

Κατανομή και κατακόρυφη μετανάστευση μεσοπελαγικών ψαριών στον Κορινθιακό Κόλπο

Ζαχαρίας Καπελώνης, Απόστολος Σιαπάτης, Αθανάσιος Μαχιάς, Στυλιανός Σωμαράκης, Κωνσταντίνος Μαρκάκης, Μαριάννα Γιαννουλάκη, Μαρία Μυρτώ Πυρουνάκη, Σταυρούλα Τσουκάλη, Κωνσταντίνος Τσαγκαράκης

Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών
E-mail: zkapelonis@hcmr.gr

ABSTRACT

Zacharias Kapelonis, Apostolos Siapatis, Athanassios Machias, Stylianos Somarakis, Konstantinos Markakis, Marianna Giannoulaki, Maria Myrto Pyrounaki, Stavroula Tsoukali, Konstantinos Tsagarakis: Distribution and vertical migration of mesopelagic fish in Korinthiakos Gulf

Mesopelagic fish, small species which inhabit the mesopelagic zone, constitute the most abundant vertebrate group in the marine environment. Together with other organisms they form Deep Scattering Layers (DSLs) detected by echosounders, while several species perform diel vertical migrations. The current work reports on results of an acoustic cruise carried onboard the R/V PHILIA in Korinthiakos Gulf in November 2018, aiming to study the species composition as well as the horizontal and vertical distribution of the DSLs. Mesopelagic fish dominated the pelagic ecosystem of the gulf. In total, 12 species were caught, which formed three main echotrace types: a) shoals and schools formed by *Maurolicus muelleri* along the shelf break, b) a non-migrating thin scattering layer found throughout the Gulf at 160-250 m, dominated by juvenile *Argyrops leucostictus* and c) a thick partially migratory deep scattering layer at 250-600 m, consisting of a mix of mesopelagic species, mainly Myctophids.

Keywords: Mesopelagic fish, Deep Scattering Layers, acoustics, lanternfish, ecosystem based fisheries management

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μεσοπελαγικά ψάρια αποτελούν την πιο άφθονη ομάδα σπονδυλωτών στο θαλάσσιο περιβάλλον και στη γη γενικότερα (Catul *et al.* 2011). Πρόκειται για είδη μικρού μεγέθους που απαντώνται στη μεσοπελαγική ζώνη, συνήθως σε βάθη 100-1000 m. Μαζί με άλλους οργανισμούς, όπως το μακροζωοπλαγκτόν και τα κεφαλόποδα, σχηματίζουν Βαθιά Στρώματα Σκέδασης (Deep Scattering Layers, εφεξής "στρώματα") που ανιχνεύονται από ηχοβολιστικά όργανα. Πολλά από τα μεσοπελαγικά είδη εκτελούν κατακόρυφες νυχθήμερες μεταναστεύσεις ανεβαίνοντας προς τα ανώτερα υδάτινα στρώματα κατά τη διάρκεια της νύχτας. Τα μεσοπελαγικά ψάρια αποτελούν σημαντικό μέρος της διατροφής χαρακτηριστικών ειδών (π.χ., κητώδη και χονδριχθύες), και άλλων θηρευτών αποτελώντας σημαντικό σύνδεσμο μεταξύ αυτών και του ζωοπλαγκτού (Smith *et al.* 2011). Συμβάλλουν στην ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ βενθικού και πελαγικού περιβάλλοντος, εμπλέκονται σημαντικά στις ροές άνθρακα στους ωκεανούς και συμβάλλουν ουσιαστικά στη «βιολογική αντλία», δηλαδή στη διαδικασία δέσμευσης του ατμοσφαιρικού άνθρακα από τους ωκεανούς (Irigoien *et al.* 2014). Επιπλέον, δείχνουν προσαρμογές σε χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου και η κατανομή τους σχετίζεται συχνά με ζώνες ελάχιστου οξυγόνου, οι οποίες και αυξάνονται στους ωκεανούς παγκοσμίως ως αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής (Bertrand *et al.* 2010).

Πρόσφατες εκτιμήσεις δείχνουν ότι η αφθονία τους σε παγκόσμια κλίμακα είναι 10-30 φορές υψηλότερη από την προηγούμενη εκτίμηση των 10^9 τόνων (Irigoien *et al.* 2014), γεγονός το οποίο επιτάσσει την επανεξέταση του οικολογικού ρόλου τους. Παρά τη μεγάλη αφθονία τους και τη σημαντική συμβολή τους στις διεργασίες του θαλάσσιου τροφικού πλέγματος, η έρευνα για μεσοπελαγικά ψάρια είναι ακόμα σε σχετικά πρώιμο στάδιο. Ειδικά στη Μεσόγειο, και ιδιαίτερα στην ανατολική λεκάνη, οι μελέτες που τα αφορούν είναι λιγοστές. Ωστόσο, η πρόσφατη αναβαθμισμένη εκτίμηση της αφθονίας τους, συνεπικουρούμενη από την ανάγκη για μια Οικοσυστημική Προσέγγιση στον τομέα της Αλιείας (Ecosystem Approach to Fisheries) έχει προκαλέσει αυξημένο ενδιαφέρον για τη βιολογία, την πληθυσμιακή οικολογία, την αφθονία, την κατανομή και τον οικολογικό ρόλο αυτής της ομάδας ειδών.

Στη διάρκεια των τελευταίων ετών, γίνονται προσπάθειες προσαρμογής της υδρακουστικής μεθοδολογίας για την εκτίμηση της βιομάζας τους. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή των στρωμάτων, η μετανάστευσή τους και η σύνθεση ειδών των μεσοπελαγικών ψαριών στον Κορινθιακό Κόλπο.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο Κορινθιακός Κόλπος χαρακτηρίζεται από στενή υφαλοκρηπίδα και έντονη κλίση της ηπειρωτικής κατωφέρειας η οποία καταλήγει σε ένα βαθύ πλατώ μέγιστου βάθους 930 m. Αποτελεί μια σχετικά απομονωμένη λεκάνη που συνδέεται δυτικά με το Ιόνιο μέσω του σχετικά ρηχού Πατραϊκού Κόλπου (μέγιστο βάθος ~140 m, και βάθος στην περιοχή που ενώνεται με τον Κορινθιακό <50 m), ενώ με το Αιγαίο επικοινωνεί μόνο μέσω της ρηχής (8 m) διώρυγας της Κορίνθου. Προηγούμενες μελέτες ιχθυοπλαγκτού αναφέρουν την ύπαρξη σημαντικού αριθμού μεσοπελαγικών ειδών ψαριών (Somarakis *et al.* 2011), ωστόσο η βιοκοινωνία των ενηλίκων δεν έχει μελετηθεί επαρκώς.

Στο πλαίσιο του προγράμματος MESOBED (Mesopelagic fish: biology, ecological role and distribution of a disregarded trophic link - ΕΛΙΔΕΚ, ΓΓΕΤ) και της Δράσης MEDIAS (Mediterranean International Acoustic Surveys) του ΕΠΣΑΔ (Εθνικό Πρόγραμμα Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων - ΥΠΑΤΤ), πραγματοποιήθηκε ακουστική δειγματοληψία με το Ε/Σ ΦΙΛΙΑ στον Κορινθιακό Κόλπο το Νοέμβριο 2018 προκειμένου να επιβεβαιωθεί η ύπαρξη στρωμάτων και να ταυτοποιηθούν τα είδη που τα αποτελούν. Πραγματοποιήθηκε ηχοβολισμός σε εννιά προκαθορισμένες παράλληλες διατομές απόστασης 5 nmi μεταξύ τους, ενώ στο δυτικό και πιο στενό τμήμα του κόλπου πραγματοποιήθηκαν άλλες πέντε διατομές που είχαν μορφή ζιγκ-ζαγκ. Χρησιμοποιήθηκε ηχοβολιστικό σχιστής δέσμης SIMRAD EK80 38KHz ενώ για την επεξεργασία των ηχογραμμάτων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό Echowiew. Η επεξεργασία περιλάμβανε αναγνώριση των τύπων του ανακλώμενου ήχου και ολοκλήρωση του ήχου για κάθε Στοιχειώδη Δειγματοληπτική Μονάδα (Elementary Distance Sampling Unit, EDSU, το μήκος της πορείας του σκάφους κατά μήκος της οποίας γίνεται ολοκλήρωση των ακουστικών μετρήσεων), η οποία ορίστηκε στο 1 nmi (McLennan & Simmonds 1992). Για τη μελέτη της κατακόρυφης κατανομής στην διάρκεια της ημέρας, υπολογίστηκε επιπλέον το άθροισμα της έντασης ανάκλασης όγκου S_v (ακουστικό μέγεθος σε dB που συδέεται με την πυκνότητα των οργανισμών) σε σχέση με το βάθος, για όλους τους ακουστικούς παλμούς και όλες τις ακουστικές διατομές. Πραγματοποιήθηκαν επίσης κατακόρυφες σύρσεις με CTD (SeaBird SBE-19 plus V2) σε 18 σταθμούς για συλλογή υδρολογικών παραμέτρων.

Παράλληλα, για τη συλλογή βιολογικών δειγμάτων και την ταυτοποίηση της σύνθεσης των στρωμάτων σκέδασης, πραγματοποιήθηκαν σύρσεις σε κάθε στρώμα, τόσο τη μέρα όσο και τη νύχτα, με τρία δειγματοληπτικά εργαλεία. Συγκεκριμένα, πραγματοποιήθηκαν: α) πέντε σύρσεις (τρεις μέρα και δύο νύχτα) με πελαγική τράτα ανοίγματος 7 m και μεγέθους ματιού 16 mm η οποία στοχεύει κυρίως ψάρια και λουπή μεγαπανίδα, β) τέσσερις σύρσεις (δύο μέρα και δύο νύχτα) δειγματοληπτική Methot τετράγωνου ανοίγματος 1,5 m με μάτι 1 mm ο οποίος στοχεύει κυρίως σε μεγάλο ζωπλαγκτόν, ιχθυονύμφες και μικρά ψάρια, καθώς και γ) τέσσερις σύρσεις (όλες μέρα) με multinet τετράγωνου ανοίγματος 0,5 m με μάτι διχτού 300 μm που στοχεύει κυρίως σε μεσοζωπλαγκτόν και ιχθυοπλαγκτόν και παρέχει δυνατότητα σύρσης σε πέντε διαφορετικές βαθυμετρικές ζώνες.

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά αλιεύτηκαν 12 taxa από τέσσερις οικογένειες μεσοπελαγικών ψαριών στις πειραματικές σύρσεις με πελαγική τράτα (Πίνακας I). Όλα τα είδη, με την εξαίρεση του *Notoscopelus elongatus* (Costa, 1844), έχουν αναφερθεί στην περιοχή από δειγματοληψίες ιχθυοπλαγκτού (Somarakis *et al.* 2011), στις οποίες επιπλέον έχει βρεθεί το *Lobianchia dofleini* (Zygmayer, 1911) που δεν εντοπίστηκε στην παρούσα δειγματοληψία.

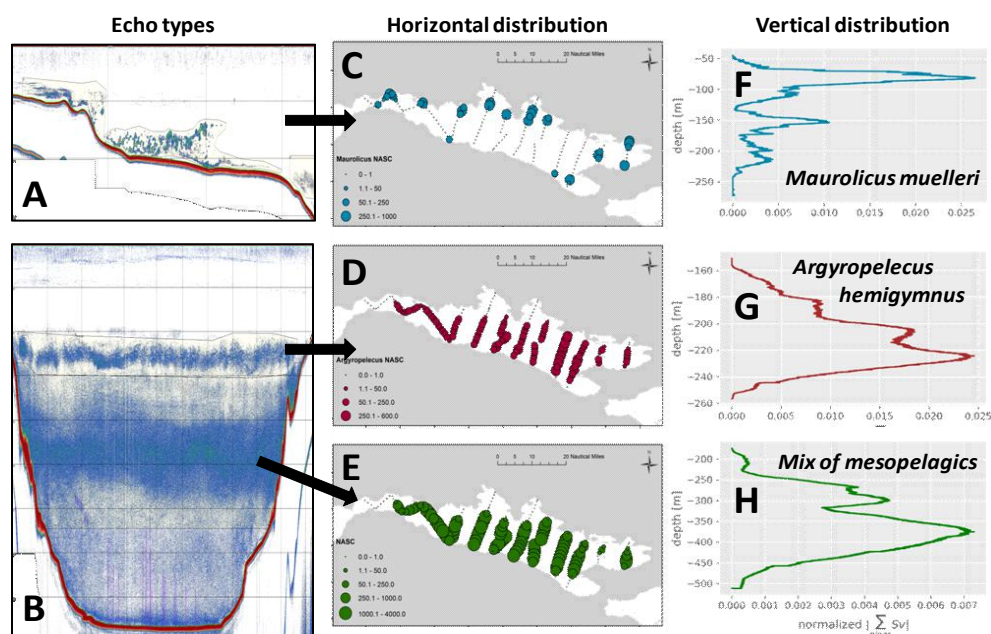
Η χρήση των τριών δειγματοληπτικών εργαλείων επιβεβαίωσε ότι ο ανακλώμενος ήχος οφείλεται κυρίως στα μεσοπελαγικά ψάρια και όχι στο ζωπλαγκτόν και ιχθυοπλαγκτόν, καθώς η ποσότητα και η σύνθεση των τελευταίων δεν αιτιολογεί την μετρούμενη ένταση του ανακλώμενου ήχου. Κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών και την επεξεργασία των ηχογραμμάτων ταυτοποιήθηκαν κυρίως τρεις τύποι ανακλώμενου ήχου εντός του κόλπου. Ο πρώτος τύπος βρισκόταν ως επί το πλείστον στο όριο την υφαλοκρηπίδας και στην αρχή της ηπειρωτικής κατωφέρειας και αποτελούσαν από δύο υποδιαίρεσεις, α) χαλαρές συναθροίσεις σε μικρότερα βάθη (75-150 m) και β) καλά

Πίνακας I: Είδη μεσοπελαγικών ψαριών που αλιεύτηκαν στις σύρσεις με πελαγική τράτα.
Table I: Mesopelagic fish species caught in the pelagic trawls.

Family	Species
Myctophidae	<i>Benthosema glaciale</i>
	<i>Ceratoscopelus maderensis</i>
	<i>Diaphus holti</i>
	<i>Hygophum benoiti</i>
	<i>Lampanyctus crocodilus</i>
	<i>Myctophum punctatum</i>
Paralepididae	<i>Arctozenus risso</i>
	<i>Lestidiops sp.</i>
Sternoptychidae	<i>Argyropelecus hemigymnus</i>
	<i>Maurolicus muelleri</i>
Stomiidae	<i>Stomias boa</i>

σηματισμένα σχολεία σε μεγαλύτερα βάθη (150-250m) (Εικ. 1A,F). Ο τύπος αυτός αποτελούταν αποκλειστικά από το είδος *Maurolicus muelleri* (Gmelin, 1789), το οποίο δεν εντοπίστηκε σε κανένα άλλο τύπο ανακλώμενου ήχου και η κατανομή του ήταν περιορισμένη κοντά στις ακτές (Εικ. 1C). Ο δεύτερος τύπος ανακλώμενου ήχου ήταν ένα στρώμα σε βάθη κυρίως 160-250 m (Εικ. 1B, G), το οποίο ήταν παρόν σε όλη σχεδόν την έκταση του κόλπου όπου απαντώνται τέτοια βάθη (Εικ. 1D), και αποτελούταν κυρίως από νεαρά άτομα του είδους *Argyropelecus hemigymnus* Coco, 1838. Ο τρίτος τύπος αντιστοιχούσε σε ένα παχύ στρώμα σε βάθη κυρίως 250-600 m (Εικ. 1B, H), που αποτελούνταν από πολλά είδη, κυρίως της οικογένειας Myctophidae, με επικρατέστερα τα

Benthosema glaciale (Reinhardt, 1837), *Ceratoscopelus maderensis* (Lowe, 1839), *Hygophum benoiti* (Coco, 1838) και *Myctophum punctatum* Rafinesque, 1810. Το βαθύτερο αυτό στρώμα, ήταν επίσης παρόν σε όλη την έκταση του κόλπου όπου το επέτρεπε το βάθος του βυθού. Τέλος, ασθενέστερα στρώματα ήχου ήταν ενίοτε παρόντα και σε μεγαλύτερα βάθη (600 m έως το βυθό), τα οποία ωστόσο δεν ήταν ιδιαίτερα διαχωρισμένα από το στρώμα των 350-600 m και στα οποία δεν πραγματοποιήθηκε βιολογική δειγματοληψία. Τα κατακόρυφα προφίλ του διαλυμένου οξυγόνου πάντως έδειξαν συγκέντρωση οξυγόνου σε επαρκή επίπεδα (>4 ml/l) σε όλη τη στήλη του νερού που δεν αποτελούσε περιοριστικό παράγοντα για την κατανομή ψαριών σε μεγάλα βάθη, όπως έχει αναφερθεί για μεσοπελαγικά είδη σε άλλες περιπτώσεις (Bertrand *et al.* 2010).

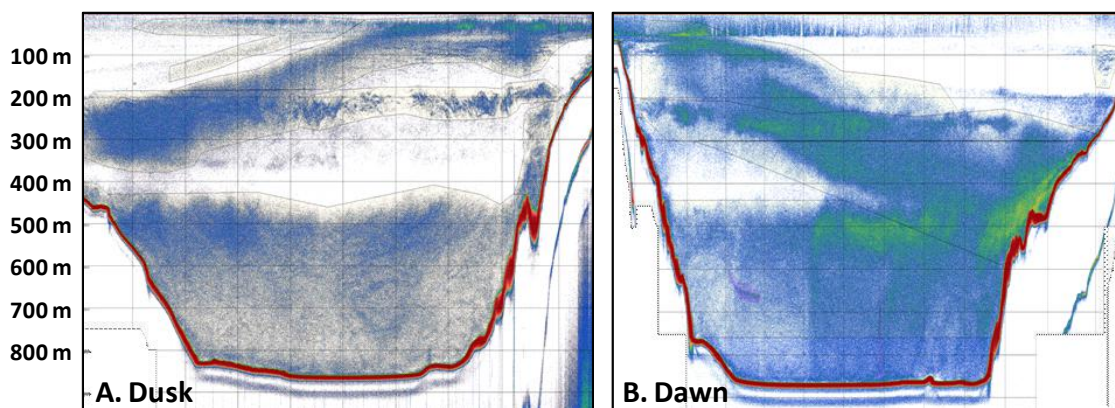


Εικ. 1: Τύποι ανακλώμενου ήχου (A,B), οριζόντια (C,D,E) και κατακόρυφη/βαθυμετρική (F,G,H) κατανομή τους. Οι εικόνες A, C και F αντιστοιχούν στο είδος *M. muelleri*, οι B (ρηχότερο στρώμα), D και G αντιστοιχούν στο *A. hemigymnus* και οι B (βαθύτερο στρώμα), E και H αντιστοιχούν σε ομάδα μεσοπελαγικών ψαριών, κυρίως της οικογένειας Myctophidae.

Fig. 1: Echo types (A,B) and their horizontal (C,D,E) and vertical/bathymetric (F,G,H) distribution. Figures A, C and F correspond to *M. muelleri*, B (shallower layer), D and G correspond to *A. hemigymnus* and figures B (deeper layer), E and H correspond to a mix of mesopelagic fish, mainly of the family Myctophidae.

Όσον αφορά στην κατακόρυφη μετανάστευση των στρωμάτων, το στρώμα που είχε ως κυρίαρχο είδος το *A. hemigymnus* δεν ανερχόταν σε πιο επιφανειακά στρώματα κατά το σούρουπο (Εικ. 2Α) και παρέμενε κατά τη διάρκεια της νύχτας σε παρόμοια βάθη με την ημέρα. Αντιθέτως, ένα μεγάλο μέρος των ψαριών που σχημάτιζαν το βαθύτερο στρώμα, στο σούρουπο ανερχόταν σε πιο επιφανειακά νερά, διασχίζοντας το στρώμα των *A. hemigymnus* και κατέληγαν πολύ κοντά στην επιφάνεια (Εικ. 2Α). Ωστόσο, όπως φαίνεται στα ηχογράμματα (Εικ. 2Α) και επιβεβαιώθηκε με τις πελαγικές καλάδες, ένα τμήμα των ψαριών παρέμενε σε μεγαλύτερα βάθη, λίγο μικρότερα ή/και αντίστοιχα με αυτά που εντοπιζόνταν κατά τη διάρκεια της ημέρας. Με την αυγή, παρατηρούνταν οι ακριβώς αντίθετες μετακινήσεις σε σχέση με το σούρουπο, δηλαδή κατάδυση των μετακινούμενων πληθυσμών στα μεγαλύτερα βάθη (Εικ. 2Β).

Τα αποτελέσματα της παρούσας δειγματοληψίας αποκαλύπτουν σημαντικούς πληθυσμούς μεσοπελαγικών ψαριών, τα οποία κυριαρχούν στο πελαγικό οικοσύστημα του Κορινθιακού Κόλπου, επιδεικνύοντας κατανομή σε μεγάλο εύρος βαθών. Οι μελλοντικές δράσεις περιλαμβάνουν εκτίμηση της βιομάζας των διαφορετικών στρωμάτων του κόλπου με χρήση διαφορετικών τιμών ηχοανακλαστικού δυναμικού ώστε να ληφθεί υπόψη και να υπολογιστεί η σχετιζόμενη αβεβαιότητα, καθώς και ολοκλήρωση εποχιακών δειγματοληψιών ώστε να μελετηθεί αν υπάρχουν μεταβολές στην αφθονία, συμπεριφορά (π.χ., κατακόρυφη μετανάστευση) και στη σύνθεση της βιοκοινωνίας των μεσοπελαγικών ψαριών, όπως έχουν αναφερθεί αλλού (π.χ., Peña *et al.* 2014).



Εικ. 2: Κατακόρυφη μετανάστευση των στρωμάτων μεσοπελαγικών ψαριών στο σούρουπο (Α) και την αυγή (Β).

Fig. 2: Vertical migration of Deep Scattering Layers during dusk (A) and dawn (B).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bertrand A, Ballon M, Chaigneau A (2010) Acoustic Observation of Living Organisms Reveals the Upper Limit of the Oxygen Minimum Zone. *PLoS ONE* 5: e10330.
- Catul V, Gauns M, Karuppasamy PK (2011) A review on mesopelagic fishes belonging to family Myctophidae. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 21: 339-354.
- Irigoin X, Klevjer TA, Røstad A, Martinez U, Boyra G, *et al* (2014) Large mesopelagic fishes biomass and trophic efficiency in the open ocean. *Nature Communications* 5: 3271.
- McLennan DN, Simmonds EJ (1992) *Fisheries Acoustics*. Chapman & Hall, London
- Peña M, Olivar MP, Balbín R, López-Jurado JL, Iglesias M, Miquel J (2014) Acoustic detection of mesopelagic fishes in scattering layers of the Balearic Sea (western Mediterranean). *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 71: 1186-1197.
- Smith ADM, Brown CJ, Bulman CM, Fulton EA, Johnson P, Kaplan IC, Lozano-Montes H, Mackinson S, Marzloff M, Shannon LJ, Shin Y-J, Tam J (2011) Impacts of Fishing Low-Trophic Level Species on Marine Ecosystems. *Science* 333: 1147-1150.
- Somarakis S, Isari S, Machias A (2011) Larval fish assemblages in coastal waters of central Greece: reflections of topographic and oceanographic heterogeneity. *Scientia Marina* 75: 605-618.