# 18° Πανελληνιο Συνεδριο Ιχθυολογων

## ΥΔΡΟΒΙΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ:
## Ανάδειξη-Προστασία-Βιώσιμη ανάπτυξη

**ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ**

- Αλιεία & Θαλάσσια Οικοσυστήματα
- Εσωτερικά ύδατα & Παράκτια Ζώνη
- Υδατοκαλλιέργειες, Εμπορία & Μεταποίηση Αλιευτικών προιόντων

# ΠΡΑΚΤΙΚΑ

3-6 Νοεμβρίου 2022, Μεσολόγγι

## Οργανωτική Επιτροπή

***Πρόεδρος***

Γεώργιος Κατσέλης, Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστημίου Πατρών

***Αντιπρόεδρος***

Άλκηστις-Χρυσάνθη Παρπούρα, Προϊσταμένη Τμήματος Αλιείας, Διεύθυνσης Αγροτικής Οικονομίας & Κτηνιατρικής, Περιφερειακής Ενότητας Αιτωλοακαρνανίας (ΠΔΕ)

***Γραμματέας***

Ευθύμιος Σπίνος, Τμήμα Αλιείας, Διεύθυνσης Αγροτικής Οικονομίας, Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας (ΠΔΕ)

***Ταμίας***

Παναγιώτης Χριστόπουλος, Τμήμα Αλιείας, Διεύθυνσης Αγροτικής Οικονομίας & Κτηνιατρικής, Περιφερειακής Ενότητας Αχαΐας (ΠΔΕ)

***Μέλη***

Δημήτριος Βάτσος, Τμήμα Αλιείας Περιφερειακής Ενότητας Ανατολικής Αττικής (ΠΑ), Πρόεδρος του Πανελληνίου Συλλόγου Ιχθυολόγων

Παρασκευή Ντζούφρα, Τμήμα Αλιείας, Διεύθυνσης Αγροτικής Οικονομίας & Κτηνιατρικής, Περιφερειακής Ενότητας Αιτωλ/νίας (ΠΔΕ)

Αντιγόνη Χατζηαθανασίου, Διεύθυνση Αλιείας, Περιφέρειας Αττικής (ΠΑ), Ταμίας του Πανελληνίου Συλλόγου Ιχθυολόγων

**Επιστημονική Επιτροπή**

**Πρόεδρος**

Κωνσταντίνος Κουτσικόπουλος, Καθηγητής Τμήμα Βιολογίας Πανεπιστημίου Πατρών

**Συντονιστές ανά θεματική ενότητα**

*Αλιεία και Θαλάσσια Οικοσυστήματα*

Αθανάσιος Μαχιάς, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

Δημήτρης Μουτόπουλος, Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήμα Αλιείας και Υδατ/γειών Πανεπιστημίου Πατρών

*Εσωτερικά ύδατα και Παράκτια Ζώνη*

Μαρία Στουμπούδη, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

Δρόσος Κουτσούμπας, Καθηγητής Τμήμα Ωκεανογραφίας και Θαλασσίων Βιοεπιστημών Πανεπιστήμιο Αιγαίου

*Υδατοκαλλιέργειες, Εμπορία και Μεταποίηση Αλιευτικών προϊόντων*

Παύλος Μακρίδης, Αναπληρωτής Καθηγητής Τμήμα Βιολογίας Πανεπιστημίου Πατρών

Παντελής Καθάριος Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, ΕΛΚΕΘΕ

**ΚΡΙΤΕΣ**

Στο συνέδριο θα παρουσιαστούν 97 εργασίες, από τις οποίες 60 με τη μορφή προφορικής παρουσίασης και 37 με τη μορφή αναρτημένης ανακοίνωσης (poster). Ειδικότερα, στην ενότητα Αλιεία και Θαλάσσια Οικοσυστήματα θα παρουσιαστούν 46 εργασίες (25 προφορικές ανακοινώσεις και 21 posters), στην ενότητα Εσωτερικά ύδατα και Παράκτια Ζώνη θα παρουσιαστούν 17 εργασίες (12 προφορικές ανακοινώσεις και 5 posters) και στην ενότητα Υδατοκαλλιέργειες, Εμπορία και Μεταποίηση Αλιευτικών προϊόντων θα παρουσιαστούν 34 εργασίες (23 προφορικές ανακοινώσεις και 11 posters).

Κάθε εργασία αξιολογήθηκε από δύο κριτές. Η αξιολόγηση από τρίτο κριτή ήταν απαραίτητη σε περιπτώσεις διχογνωμίας των αρχικών κριτών ως προς την αποδοχή ή απόρριψη μιας εργασίας. Οι κρίσεις ήταν ανώνυμες. Σε αλφαβητική σειρά οι 65 κριτές των εργασιών του 18ου Συνεδρίου Ιχθυολόγων:

**Αναστασιάδου Αικατερίνη**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Αναστασιάδου Χρύσα**, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα

**Αποστολίδης Απόστολο**ς, Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ

**Βαρδάκας Λεωνίδας**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Βιδάλης Κοσμάς**, Τμήμα Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Βουλτσιάδου Ελένη**, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ

**Γιάντσης Ιωάννης**, Τμήμα Γεωπονίας, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας

**Γκάνιας Κωνσταντίνος**, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ

**Γκάφας Γεώργιος**, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Γκουμπίλη Χρύσα**, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα

**Γρηγοράκης Κρίτων,** Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας & Υδατοκαλλιεργειών, ΕΛΚΕΘΕ

**Δαμαλάς Δημήτριος**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Δημητρίου Ευάγγελος**, Αγριλιά, Μεσολόγγι

**Ιμσιρίδου Αναστασία**, Τμήμα Επιστήμης & Τεχνολογίας Τροφίμων, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

**Καθάριος Παντελής**, Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας & Υδατοκαλλιεργειών, ΕΛΚΕΘΕ

**Καλογήρου Στέφανος**, Τμήμα Ζωικης Παραγωγής, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

**Καμίδης Νικόλαος**, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα

**Καραχλέ Παρασκευή**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Κατσέλης Γεώργιος**, Τμήμα Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Κεβρεκίδης Κοσμάς**, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μακεδονίας-Θράκης

**Κλαδάς Ιωάννης**, Τμήμα Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Κλαουδάτος Δημήτριος**, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας

**Κοκκινάκης Αντώνης**, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, Τμήμα Δασολογίας & Φυσικού Περιβάλλοντος, ΑΠΘ

**Κοκοκύρης Λάμπρος**, Τμήμα Επιστημών Διατροφής & Διαιτολογίας, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

**Κονίδης Αλέξης**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Κουμουνδούρος Γεώργιος,** Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης

**Κουστένη Βασλική**, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα

**Κουτράκης Εμμανουήλ**, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα

**Κουτσικόπουλος Κωνσταντίνος**, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Κρέη Γρηγόρης**, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα

**Κυρίτση Σταυρούλα**, Τμήμα Γεωπονίας, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

**Λιοντάκης Άγγελος**, Τμήμα Διοίκησης Γεωργικών Επιχειρήσεων & Συστημάτων Εφοδιασμού, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΓΠΑ)

**Λογοθέτης Παναγιώτης**, Τμήμα Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Μακρίδης Παύλος,** Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Μαντζούνη Ειρήνη**, Διεύθυνση Ελέγχου Αλιευτικών Δραστηριοτήτων, Γενική Διεύθυνση Αλιείας, ΥΠΑΑΤ

**Μίνος Γεώργιος**, Τμήματος Νοσηλευτικής, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος

**Μοσχανδρέου Κίμων**, Διεύθυνση Υδατοκαλλιεργειών, ΥΠΑΑΤ

**Μουτόπουλος Δημήτριος**, Τμήμα Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Μπαξεβάνης Αθανάσιος**, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ

**Μπαταργιάς Κωνσταντίνος**, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Μπατζάκας Ιωάννης**, Τμήμα Ωκεανογραφίας & Θαλασσίων Βιοεπιστημών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου

**Μπόμπορη Δήμητρα**, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ

**Νταϊλιάνης Στέφανος,** Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Ορφανίδης Σωτήρης**, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα

**Παπαντωνίου Γεωργία**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Παπανδρουλάκης Νικόλαος**, Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας & Υδατοκαλλιεργειών, ΕΛΚΕΘΕ

**Περδικάρης Κώστας**, Τμήμα Αλιείας, Περιφερειακή Ενότητα Θεσπρωτίας, Περιφέρεια Ηπείρου

**Πετρίκη Όλγα**, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ

**Πολιτικός Δημήτριος**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Ράμφος Αλέξιος**, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Σαπουνίδης Αργύρης**, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα

**Σπίνος Ευθύμιος**, Τμήμα Αλιείας, Διεύθυνσης Αγροτικής Οικονομίας, Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας

**Σωμαράκης Στυλιανός**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Τζανάτος Ευάγγελος**, Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών

**Τζοβενής Ιωάννης,** Τμήμα Βιολογίας, ΕΚΠΑ

**Τριανταφυλλιά Περιβολιώτη**, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ

**Τριανταφυλλίδης Στέλιος**, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα

**Τσαγκαράκης Κωνσταντίνος**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Τσερπές Γεώργιος**, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ

**Τσίκληρας Αθανάσιος**, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ

**Τσιρώνη Θεοφανία**, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών

**Φειδάντσης Κωνσταντίνος**, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ

**Χατζηευσταθίου Μιχαήλ**, Τμήμα Κοινής Αλιευτικής Πολιτικής & Κοινής Οργάνωσης της Αγοράς, Γενική Διεύθυνση Αλιείας, ΥΠΑΑΤ

**Χατζηφώτης Σταύρος,** Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας & Υδατοκαλλιεργειών, ΕΛΚΕΘΕ

**Χώτος Γεώργιος**, Τμήμα Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών

# Table of Contents

**ΑΛΙΕΙΑ & ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ** ..... 10

**Κατηγορία «Φαγκριά-Μερτζάνια»: Αύξηση αλιευτικών πόρων, ή αφορμή για σκέψεις;** ..... 11

**Προκαταρκτικά αποτελέσματα της εποχικής δίαιτας του μπλε καβουριού *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 από την εκβολική περιοχή του ποταμού Έβρου (ΒΑ Αιγαίο Πέλαγος)** ..... 17

**Εκτίμηση ηλικίας και παραμέτρων αύξησης του *Lophius budegassa* (Spinola 1807) στο Βόρειο Αιγαίο, προκαταρτικά αποτελέσματα** ..... 23

**Καταγραφή της αλιευτικής δραστηριότητας στον Αμβρακικό κόλπο** ..... 29

**Ανάλυση χάσματος στη βιολογική πληροφορία των θαλάσσιων θηλαστικών, ερπετών και πτηνών στη Μεσόγειο Θάλασσα** ..... 35

**Ανάλυση του χάσματος της βιολογικής πληροφορίας των κεφαλόποδων και καρκινοειδών της Μεσογείου** ..... 41

**Προκαταρκτική μελέτη της αλιείας του κοινού χταποδιού στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος** ..... 46

**Περιγραφή των μορφοανατομικών χαρακτηριστικών του ξενικού είδους *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) και καταγραφή της εξάπλωσης του στο Βόρειο Αιγαίο** ..... 52

**Διαδικασίες επιλογής κατά την αλιεία με τράτα βυθού και συνέπειες στα αποθέματα και την αλιεία** 58

**Πιλοτική έρευνα πεδίου 2019-2021 για την ερασιτεχνική αλιεία στις περιοχές της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης, Ιονίου Πελάγους και Σαρωνικού Κόλπου: Προκαταρκτικά αποτελέσματα** ..... 62

**Ανάλυση των περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών επιδράσεων στο οικοσύστημα του Σαρωνικού κόλπου με την ανάπτυξη της χρονικής προσομοίωσης του μοντέλου Ecopath with Ecosim (EwE)** ..... 68

**Μελέτη του αλιευτικού στόλου που δραστηριοποιείται στην περιοχή του Τορωναίου κόλπου με έμφαση στην αλιεία του μεσογειακού μπακαλιάρου** ..... 74

**Χωροχρονική μεταβολή του Ελληνικού αλιευτικού στόλου για την περίοδο 1991-2021 με τη χρήση του προγράμματος KAMviewer** ..... 80

**Μελέτη της διατροφής του αλλόχθονου είδους καλαμαριού *Sepioteuthis cf. lessoniana* στην Κρήτη με ανάλυση μετακωδικοποίησης DNA** ..... 86

**Αναπαραγωγική βιολογία των αρσενικών ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) στον Παγασητικό κόλπο** ..... 92

**Τροφικές προτιμήσεις του μπακαλιάρου *Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758 στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο κατά το διάστημα 2019 - 2021: Προκαταρκτικά αποτελέσματα** ..... 95

**Προκαταρτική μελέτη της αναπαραγωγικής βιολογίας του λαγοκέφαλου *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin 1789)** ..... 101

**Προφίλ φθορών από ρινοδέλφινα στο αλίευμα και το υλικό των απλαδιών δικτυών στον Θερμαϊκό Κόλπο** ..... 105

**Βαθυμετρική και γεωγραφική κατανομή του Μοσχοχτάποδου *Eledone moschata* (Lamarck 1798) στο Βόρειο Αιγαίο** ..... 109

**Αύξηση της γλώσσας (*Solea solea* Linnaeus, 1758) στο Θρακικό Πέλαγος: Μια καινοτόμα προσέγγιση για την εκτίμηση της πρώτης ηλιακής κλάσης** ..... 113

**Γενετική διερεύνηση του πολλαπλού ζευγαρώματος του είδους *Callinectes sapidus* (Rathbun 1896) στη Δυτική Ελλάδα, με χρήση μικροδορυφορικών δεικτών (SSRs)** ..... 118

**Αλιευτική βιολογία του μπλε καβουριού *Callinectes sapidus* στην εκβολική περιοχή του ποταμού Έβρου (ΒΑ Αιγαίο Πέλαγος): Προκαταρκτικά αποτελέσματα** ..... 122

**Αναλογία φύλου και αλλομετρικές σχέσεις του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*) στο βόρειο Αιγαίο** ..... 127

**Πληθυσμιακή δομή του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*) στο βόρειο Αιγαίο** ..... 132

**Σύγχρονες αντιλήψεις για τις επιπτώσεις επιλεγμένων χωροκατακτητικών ξενικών ειδών ιχθύων: Προκαταρκτικά αποτελέσματα** ..... 138

**Μοντελοποίηση του ενδιαιτήματος της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κάνοντας χρήση ακουστικών χαρακτηριστικών του πυθμένα και περιβαλλοντικών παραμέτρων** ..... 144

**Ποσοτικός προσδιορισμός ενδο-ειδικού και δια-ειδικού ανταγωνισμού σε βενθικά και βενθοπελαγικά είδη νηκτού του Αιγαίου Πελάγους.** ..... 149

**Ανέκδοτα στοιχεία της πρώιμης περιόδου της ελληνικής αλιείας** ..... 155

**Μελέτη του πολυ-εργαλειακού χαρακτήρα της ελληνικής αλιείας στο Ιόνιο Πέλαγος** ..... 160

**Πρώτη καταγραφή του είδους *Tylosurus imperialis* (Rafinesque 1810) στο Κρητικό πέλαγος** ..... 166

**Εκτίμηση της κατάστασης τεσσάρων μη-αυτόχθονων ειδών σε Ελλάδα και Κύπρο: Προκαταρκτικά αποτελέσματα** ..... 170

**Μέγεθος σύλληψης και αναπαραγωγική κατάσταση των πιο κοινών οστεϊχθύων που αλιεύονται με απλάδια στην παράκτια αλιεία του Θερμαϊκού Κόλπου** ..... 175

**Γενετική πληθυσμιακή μελέτη του μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*, L.) στη Μεσόγειο Θάλασσα με τη χρήση μιτοχονδριακού DNA** ..... 180

**Η χρήση του περιβαλλοντικού DNA στη Μεσόγειο για την ανίχνευση ξενικών ειδών** ..... 184

**Βιολογικά χαρακτηριστικά και κατανομή της *Raja clavata* στο Βόρειο Αιγαίο** ..... 189

**Φυλογενετική Κατάταξη του δίθυρου μαλάκιου *Solecurtus strigilatus* (σαμάρι) με τη χρήση 16S-rRNA** ..... 195

**Αυτόματη ανάγνωση ηλικίας ωτολίθων του λυθρινιού (*Pagellus erythrinus*): Προκαταρκτικά αποτελέσματα** ..... 199

**Οικολογία του λεοντόψαρου *Pterois miles* (Bennett 1828) στις παράκτιες περιοχές της δυτικής Ελλάδας** ..... 204

**Τυπολογία των παραβάσεων της ερασιτεχνικής αλιείας στο Κεντρικό Ιόνιο** ..... 208

**Συσχετισμός πολυπαθογονικής λοίμωξης και πολυπαραγοντικής παθογένεσης στο φαινόμενο μαζικής θνησιμότητας του είδους *Pinna nobilis* στην Ελλάδα** ..... 213

**Πρώτα αποτελέσματα παρακολούθησης της πίννας *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) μετά το φαινόμενο μαζικής θνησιμότητας και της πληθυσμιακής κατάρρευσης του είδους στη Μεσόγειο** ..... 217

**Μικροπλαστικά στη φρίσσα *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 από τον Θερμαϊκό Κόλπο** ..... 223

**Η εναλλαγή στη χρήση διαφορετικών αλιευτικών εργαλείων από τον Ελληνικό αλιευτικό στόλο για τα έτη 2017-2021** ..... 227

**Εκτίμηση της ηλικίας και της αύξησης του προστατευόμενου δίθυρου *Pinna nobilis* (πίννα) από τρεις Ελληνικούς ημίκλειστους κόλπους: Προκαταρκτικά αποτελέσματα** ..... 233

**Προκαταρκτική εκτίμηση της δέσμευσης του άνθρακα από τα δίθυρα όστρακα του Αμβρακικού κόλπου** ..... 239

**Οικονομικές επιπτώσεις του εισβολικού ψαριού *Lagocephalus sceleratus*, Tetraodontidae, Gmelin 1789, λαγοκέφαλος στην παράκτια αλιεία της Κρήτης: Προκαταρκτικά αποτελέσματα** ..... 245

**ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΥΔΑΤΑ & ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ** ..... 249

**Προκαταρκτικά αποτελέσματα της μελέτης της ποιότητας θαλάσσιου περιβάλλοντος στις περιοχές των υποθαλάσσιων αγωγών των Βιολογικών Καθαρισμών Καβάλας και Παληού** ..... 250

**Παρακολούθηση και καταγραφή πληθυσμών δελφινιών του Θερμαϊκού κόλπου μέσω φωτο-αναγνώρισης**..... 256

**Διερεύνηση των τροφικών προτύπων της Ιχθυοπανίδας των Εσωτερικών Υδάτων της Ελλάδας σε πολλαπλά χωρικά επίπεδα**..... 258

**Ιστορικές μεταβολές χρήσης γης υγροτόπων: Η περίπτωση της λιμνοθάλασσας Χαλικιοπούλου στην Κέρκυρα** ..... 262

**Φωλεοποίηση του ηλιόψαρου *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), στην Τεχνητή Λίμνη Πηγών Αώου** ..... 269

**Απόδοση πιλοτικής εφαρμογής της ηλεκτραλιείας, για τη διαχείριση του εισβολικού είδους *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), στην Τεχνητή Λίμνη Πηγών Αωού** ..... 275

**Εκτίμηση παραμέτρων αύξησης και θνησιμότητας του μη ενδημικού είδους *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), στην τεχνητή λίμνη πηγών Αώου**..... 280

**Ζώνη παραγωγής δίθυρων μαλάκιων της λιμνοθάλασσας «Πάπας»** ..... 285

**Μαζική θανή ψαριών στην αλιευτική εκμετάλλευση του εκβολικού συστήματος της Λίμνης Βιστωνίδας**..... 290

**Εκτίμηση εποχικών μεταβολών επιφάνειας στις φραγμαλίμνες Αώου, Πουρναρίου και Πολυφύτου με χρήση Τηλεπισκόπησης**..... 297

**Εγκατάσταση και ανάπτυξη του πολυχαίτου *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) στη λιμνοθάλασσα Προκόπου**..... 303

**Εκτίμηση της ποιότητας υδάτων στις προστατευόμενες θαλάσσιες περιοχές GR1270008 και GR1270010 (Κασσάνδρα Χαλκιδικής)**..... 309

**GFCM ερευνητικό έργο για το Ευρωπαϊκό χέλι, μια Μεσογειακή συντονισμένη προσπάθεια για την κοινή προστασία και διαχείριση του αποθέματος**..... 314

**Η Ιχθυοπανίδα των ρεόντων υδάτων των Τεναγών Φιλίππων και η παρουσία δύο σπάνιων ενδημικών ειδών** ..... 320

**Επίδραση του ποτάμιου πλουμίου στη φυσικοχημική κατάσταση των παράκτιων υδάτων των εκβολών Καλαμά (Ιόνιο Πέλαγος)** ..... 325

**Συλλογή, μεταφορά και εγκλιματισμός του νανογωβιού *Economidichthys trichonis* σε κλειστό σύστημα διατήρησης**..... 331

**Σημειακές Τροχιές και βελτίωση της υδραυλικής ανταλλαγής μέσω διαφορικής παλιρροϊκής φόρτισης** ..... 335

**ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ, ΕΜΠΟΡΙΑ & ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ**..... 340

**Χρήση του όζοντος στις συσκευασίες εμπορίας του νωπού γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) στη χώρα μας: Χημικά, μικροβιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά**..... 341

**Η επίδραση της χρήσης του κωπηπόδου *Acartia tonsa* τις πρώτες ημέρες της νυμφικής εκτροφής στην οντογένεση του σκελετού και τις σκελετικές παραμορφώσεις στο μαγιάτικο *Seriola dumerili*** ..... 345

**Το πρώτο γονιδίωμα σε επίπεδο χρωμοσώματος για τον κρανιό *Argyrosomus regius*, ενός είδους ψαριού με αυξανόμενη σημασία για την Ευρωπαϊκή βιομηχανία υδατοκαλλιέργειας** ..... 349

**Ανάλυση πατρότητας και εκτίμηση γενετικών παραμέτρων σε διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια στον κρανιό *Argyrosomus regius*** ..... 352

**Ανάπτυξη μοριακών δοκιμών PCR για την ανίχνευση και ποσοτικοποίηση βασικών παθογόνων βακτηρίων των ιχθύων** ..... 356

**Κατανομή των λιπαρών οξέων στις κατηγορίες λιπιδίων στο μυϊκό ιστό του γαύρου (*Engraulis encrasicolus*, Lineus 1758)** ..... 361

**Εποχικές αλλαγές των ενεργειακών αποθεμάτων του εκτρεφόμενου είδους *Pagrus pagrus*** ..... 365

**Εστιασμένες ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις μετά από εμβολιασμό εκτρεφόμενου λαβρακιού *Dicentrarchus labrax* (L. 1758) με δύο εμπορικά εμβόλια** ..... 370

**Χαρτογράφηση δυνητικών θέσεων επέκτασης μεσογειακής ιχθυοκαλλιέργειας σε κλωβούς, στην Ελληνική παράκτια ζώνη** ..... 375

**Οικονομοτεχνική ανάλυση εμπορικής αξιοποίησης του στρειδόκτενου *Pinctada imbricata radiata* (Leach 1814)** ..... 379

**Μελέτη της φαρμακοκινητικής της πραζικουαντέλης (PZQ) στην εκτρεφόμενη τσιπούρα, *Sparus aurata*** ..... 384

**Αποτίμηση του βακτηριακού προφίλ σε ιχθυοκαλλιέργειες με τη χρήση γονιδιωματικών τεχνολογιών** ..... 388

**Προκαταρκτικά αποτελέσματα εμπορικής διακίνησης ενός νέου προϊόντος διθύρου: το μη αυτόχθονο στρειδόκτενο *Pinctata imbricata radiata*** ..... 392

**Πιλοτική καλλιέργεια του χλωροφύκους *Chlorella vulgaris* σε Φωτοβιοαντιδραστήρα (ΦΒΑ) τύπου "καταρράκτη λεπτής στοιβάδας", με τη χρήση τεχνολογίας μικρο-φυσαλίδων. Πρώτα αποτελέσματα** ..... 397

**Η συμβολή της Φυσιολογίας Διατήρησης στην διαχείριση της βιοεναπόθεσης εισβολικών ασκιδίων στις μυδοκαλλιέργειες λόγω της κλιματικής αλλαγής** ..... 403

**Επίδραση της διατροφικής χορήγησης των μυκοτοξινών δεοξυνιβαλενόλης και φουμονισίνης B1 σε δείκτες αύξησης και υγείας σε τσιπούρα (*Sparus aurata* L.)** ..... 408

**Η παραγωγή μέσων παραγωγής στη θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια της Ελλάδας** ..... 412

**Το *Vibrio harveyi* ως κύριο αίτιο δονακίωσης στην Ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια** ..... 417

**Χρήση της Φασματοφωτομετρίας και της φθορισομετρίας για τον υπολογισμό της πυκνότητας φυτοπλαγκτονικών καλλιεργειών** ..... 422

**Η επίδραση της έντασης φωτισμού και της αλατότητας στην καλλιέργεια δύο μικροφυκών *Dunaliella* sp. και *Tetraselmis* sp. από τις αλυκές Μεσολογγίου** ..... 426

**Η επίδραση της αλατότητας και διαφόρων μικροφυκών ως τροφή, στην επιβίωση και γονιμότητα των αρπακτικοειδών κωπηπόδων *Tisbe* sp. και *Tigriopus* sp.** ..... 431

**Γενετική ταυτοποίηση ειδών Ασκιδίων σε εγκαταστάσεις μυδοκαλλιέργειας του Ελλαδικού χώρου** 436

**Ταυτοποίηση δειγμάτων από φυσικούς και εκτρεφόμενους πληθυσμούς φαγκριών στην Ελλάδα: αναζήτηση απλών κριτηρίων διάκρισης** ..... 440

**Μικροβιολογικές μεταβολές και διάρκεια ζωής ελαφρά αλατισμένων φιλέτων λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) κατά την συντήρηση σε αερόβιες συνθήκες, κενό και τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 4ºC** ..... 444

**Περιεκτικότητα λίπους, σύσταση λιπαρών οξέων και οξείδωση λίπους στη σάρκα κρανιών που αναπτύχθηκαν με διαφορετικό ρυθμό σωματικής αύξησης** ..... 448

**Βελτιστοποίηση εργαστηριακών μεθόδων για τη μελέτη της γενετική ποικιλότητας του είδους *Pinna nobilis*** ..... 452

**Αντιμικροβιακή δράση μικροφυκών: Ένας τρόπος βελτίωσης της βιωσιμότητας στην υδατοκαλλιέργεια** ..... 455

**Η επίδραση του ογκομετρικού ρυθμού οξείδωσης της αμμωνίας (VTR) στην απόδοση και λειτουργία ενός συστήματος ενυδρειοπονίας με υφάλμυρο νερό** ..... 458

**Πολύ-τροφική υδατοκαλλιέργεια σε ένα σύστημα ενυδρειοπονίας: Η περίπτωση της συνδυασμένης εκτροφής τσιπούρας, λαβρακιού και η καλλιέργεια σαλικόρνιας σε θαλασσινό νερό** ..... 463

**Εκτίμηση της γενετικής προόδου με την υποβοήθηση γενετικού δείκτη (MAS) και την κλασσική μέθοδο επιλογής για την απόκριση στην καταπόνηση με τη χρήση των επίπεδων γαλακτικού οξέος ως βιοδείκτη** ..... 468

**Πρόβλεψη του γενετικού κέρδους με τη χρήση της μετατρεψιμότητας της τροφής σε δείκτη επιλογής για την τσιπούρα** ..... 472

**Ανάπτυξη ορθών πρακτικών διαχείρισης βιοεναπόθεσης γόνου του επαπειλούμενου *είδους Pinna nobilis* στις εγκαταστάσεις υδατοκαλλιεργειών** ..... 476

**Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση λιπαρών οξέων του μικροφύκους *Chlorella vulgaris* καλλιεργημένο σε συνθήκες Φωτοβιοαντιδραστήρα τύπου "καταρράκτη λεπτής στοιβάδας", με τη χρήση τεχνολογίας μικρο-φυσαλίδων. Πρώτα αποτελέσματα** ..... 480

**Εκτίμηση του οξειδωτικού στρες προκαλούμενου από την επικάθιση επιβιωτικών ασκιδίων σε καλλιεργούμενα μύδια (*Mytilus galloprovincialis*)** ..... 485

**ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ** ..... 489

**Οικοκεντρική διαχείριση της αλιείας στο Αιγαίο Πέλαγος (EcoScope project)** ..... 490

**Innovative blockchain traceability technology and Stakeholders' Engagement strAtegy for boosting Sustainable sEafood visibility, social acceptance and consumption in Europe** ..... 492

**Έργο «Μετρητής Νωπότητας ψαριών» - "FRESQO"** ..... 494

# ΑΛΙΕΙΑ & ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΟΙΚΟΣΥΣΤΗΜΑΤΑ

# Κατηγορία «Φαγκριά-Μερτζάνια»: Αύξηση αλιευτικών πόρων, ή αφορμή για σκέψεις;

**Δημήτριος Κ. Μουτοπουλος[1*], Βλάσης Κετσιλής-Ρίνης[2], Κωνσταντίνος Κουτσικόπουλος[2], Γιάννης Κλαδάς[1]**

[1]Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών, 302 00, Μεσολόγγι, jkladas@upatras.gr
[2]Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας, 265 00, Ρίο-Πάτρα, ckoutsi@upatras.gr

## ABSTRACT

**Dimitrios K. Moutopoulos, Yannis Cladas, Vlasis Ketsilis-Rinis, Constantin Koutsikopoulos: Catch statistics category "Fagria-Mertzania": Increase in fishery resources or reason for thoughts?**

The analysis of official Hellenic Statistical Authority data for the period 1990-2017 for the fishery landings of the category "Fagri, merzani" reveals a paradox: while total Greek marine captured landings decreased by 34.1 percent between 2005 and 2020, the average annual fishery production of this category increased by 23.5 percent. Two hypotheses were proposed to explain this phenomenon. The first suggested that the increase could be attributed to an increase in the production of red porgies from fish farming, with a portion of the latter being traded as wild fish. The second suggested that the increase could be attributed to a change in technology-related fishing practices. The coexistence of different species within the category "Fagri, merzani" raises the question of whether the increase in fishery production pertains to the same species from the start. In any case, educating authorities and other stakeholders on the differences between these species is an important first step toward their management and protection.

**Keywords**: *Pagrus* fishery, porgies' farming, Greece

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

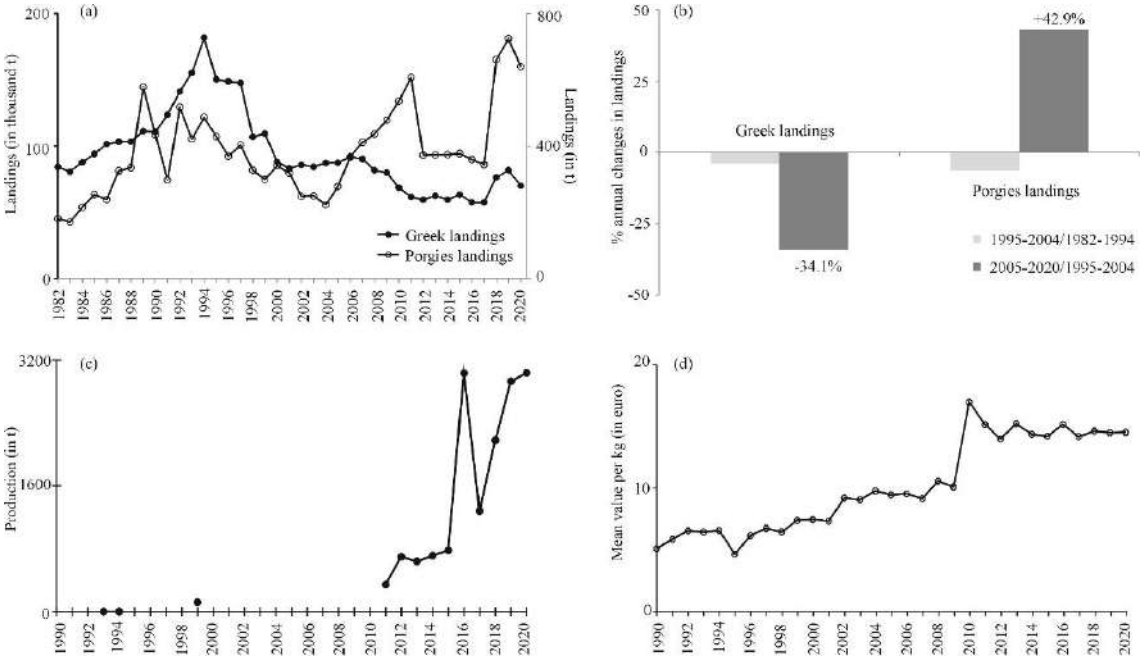
Συχνά, τα εμπορικά αλιεύματα, σκοπίμως ή ακούσια, αναφέρονται εσφαλμένα ή λανθασμένα και καταγράφονται σε άλλη ομάδα παρόμοιων ειδών, διακυβεύοντας την ακριβή αναφορά σχετικά με την ταξινόμηση τους και δημιουργώντας οικονομικά κίνητρα για παράνομη αλιεία (Stawitz *et al*. 2017). Μελέτες στις Ελληνικές Θάλασσες αναδεικνύουν αυτό το θέμα εστιάζοντας στο παράνομο εμπόριο (Giovos *et al*. 2020), στην εσφαλμένη επισήμανση (Pazartzi *et al*. 2019, Giovos *et al*. 2020, Minoudi *et al.* 2020) και στην παράνομη αλιεία (Moutopoulos *et al*. 2016). Έτσι, αλιεύματα από τις Ελληνικές θάλασσες με την ετικέτα «φαγκρί» πωλούνται στην αγορά μαζί με άλλα είδη ερυθρού χρώματος ιχθύων της οικογένειας Sparidae. Τα είδη του γένους *Pagrus* με καταγεγραμμένη παρουσία στις Ελληνικές θάλασσες είναι τα *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758), *Pagrus auriga* Valenciennes, 1843 και *Pagrus caeruleostictus* (Valenciennes, 1830), καθώς και το *Pagrus major* Temminck & Schlegel, 1843 (Papaconstantinou 2014), το τελευταίο ως αντικείμενο υδατοκαλλιέργειας ήδη από την δεκαετία του 1990 (Sweetman 1992). Οι κοινές ονομασίες των Μεσογειακών ειδών (Froese & Pauly 2020) είναι «φαγκρόπουλο» ή «μερτζάνι» για το *P. pagrus*, «ζωνοφαγγρί» ή «φαγκρί» για το *P. auriga,* «στικτοφαγκρί» ή «φαγκρί» για το *P. Caeruleostictus*. Ως «φαγκριά κορωνάτα» αναφέρονται και τα μεγάλα άτομα του είδους *Dentex gibbosus* με ανεπτυγμένο το μετωπιαίο ύβο, ενώ άλλα άτομα χωρίς ήβο παρουσιάζονται στην αγορά ως «φαγκρί». Η μερική ασάφεια που δημιουργείται από την απαρίθμηση των κοινών ονομασιών γι' αυτά τα είδη αποτελεί την αντανάκλαση μιας αντίστοιχης σύγχυσης στο επίπεδο των αλιέων, των ιχθυεμπόρων και του καταναλωτικού κοινού, η οποία δεν αφορά μόνον την Ελλάδα (Chemmam-Abdelkader 2004). Ως συνέπεια αυτής της κατάστασης, στα δελτία καταγραφής των αλιευμάτων της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ) η κατηγορία «Φαγκριά, μερτζάνια» περιλαμβάνει είδη πολύ διαφορετικά μεταξύ τους, ως αναφορά τη σωματική αύξηση και την οικολογία, όπως είναι οι αντιπρόσωποι του γένους *Pagrus* και *Dentex,* και έτσι, σίγουρα δεν προσφέρεται τίποτε στην αλιευτική τους διαχείριση. Με την εργασία αυτή επιχειρείται να αποδειχθεί πώς αυτή η σύγχυση είναι ικανή να εμποδίσει την προστασία αυτών των πολύ σημαντικών από πλευράς αλιευτικού ενδιαφέροντος ειδών. Χρειάζεται επίσης να σημειωθεί, ότι στο πρόσφατο ΦΕΚ 343/τΒ/31-1-2021, Παράρτημα 2, οι εμπορικές ονομασίες των ειδών του γένους Pagrus έχουν ως ακολούθως: Φαγκρί για το *P. pagrus*, Ζωνοφαγκρί Ατλαντικού για το *P. auriga*, Στικτοφαγκρί το *P. caeruleostictus* και Φαγκρί βραχύπτερο για για το *P. major*.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν τα επίσημα δεδομένα αλιευτικής παραγωγής της Ελληνικής Στατιστικής Αρχής (ΕΛΣΤΑΤ) ανά είδος, θαλάσσια περιοχή και αλιευτικό εργαλείο (μηχανότρατες, γρι-γρι, βιτζότρατες και άλλα παράκτια σκάφη) των αλιευτικών σκαφών με ιπποδύναμη μεγαλύτερη των 20 ίππων για την περίοδο 1990-2017 (ΕΛΣΤΑΤ 1966-2022, ΕΛΣΤΑΤ 2002-2022). Ο δειγματοληπτικός σχεδιασμός της ΕΛΣΤΑΤ περιλαμβάνει την καταγραφή σε μηνιαία ερωτηματολόγια ανά σκάφος της αλιευτικής παραγωγής από τους επαγγελματίες και την κατάθεσή τους μέσα στο πρώτο πενθήμερο του επόμενου μήνα στις Τελωνειακές Αρχές. Στη συνέχεια τα στοιχεία αυτά υποβάλλονται σε έλεγχο από την ΕΛΣΤΑΤ. Στα παραπάνω στοιχεία δεν περιλαμβάνονται οι καταγραφές των υπερπόντιων αλιευτικών σκαφών που δραστηριοποιούνται εκτός της Ελληνικής επικράτειας. Επίσης, χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα αξίας που αφορούν στα μηνιαία στοιχεία αξίας ανά είδος αλιεύματος για το σύνολο των περιοχών και αλιευτικών εργαλείων της περιόδου 1990-2020 που προήλθαν από την Εταιρία Ανάπτυξης Αλιείας ΑΕ (ΕΤΑΝΑΛ) (1990-1999) και την ΕΛΣΤΑΤ (2000-2020). Για λόγους συμβατότητας οι αξίες σε δραχμές (2000-2002) μετατράπηκαν σε ευρώ (€=δραχμές/340,75). Όσον αναφορά στην ετήσια παραγωγή φαγκριών από υδατοκαλλιέργεια στην Ελλάδα διαχρονικά αυτή προέκυψε επίσης από στοιχεία της Στατιστικής Υπηρεσίας της Ελλάδας αφορούν δε και τα δύο είδη *P. pagrus* και *P. major* μαζί, καθώς δε διακρίνονται ως ξεχωριστά στις σχετικές αναφορές. Στα δεδομένα εφαρμόστηκαν γραμμικές συναρτήσεις και εκτιμήθηκαν οι κλίσεις που ήταν σημαντικά ($P<0,05$) διαφορετικές από 0. Για τις αναλύσεις συγκρίσεων εφαρμόστηκε ο παραμετρικός έλεγχος της ανάλυσης διακύμανσης (ANOVA) για ποσοτικά δεδομένα και ο μη παραμετρικός έλεγχος $\chi^2$ για τις περιπτώσεις που αφορούσαν ποσοστά αλιευτικής παραγωγής.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Η τάση της αλιευτικής παραγωγής διακρίνεται από δυο πρότυπα, ένα σημαντικά ($P<0,05$) πτωτικό για την περίοδο 1988-2004 και ένα σημαντικά ($P<0,05$) αυξητικό για την περίοδο 2005-2011 (Εικόνα 1a) κατά την οποία, επίσης, αυξάνεται η ποσοστιαία συμμετοχή του «φαγκριού» στο αλίευμα των Ελληνικών θαλασσών.




**Εικόνα 1: (a) Ετήσιες συνολικές και εκφορτώσεις «φαγκριών» (σε τόνους) από την ΕΛΣΤΑΤ κατά την περίοδο 1982-2020, (b) % ετήσιες μεταβολές του συνόλου των ετήσιων εκφορτώσεων και των αντίστοιχων εκφορτώσεων «φαγκριών» μεταξύ διαφορετικών περιόδων, (c) Ετήσια παραγωγή φαγκριών ιχθυοτροφείου κατά την περίοδο 1990-2020 και (d) μέσες ετήσιες αξίες της τιμής «φαγκριών» (σε ευρώ) κατά την περίοδο 1990-2020.**

**Figure 1: (a) Annual total and porgy landings (in t) from Hellenic Statistical Authority (HELSTAT) during 1982-2020 (b) % annual changes of the annual total and porgy landings among different periods, (c) Annual fish farm porgy production during 1990-2020 and (d) Mean annual porgy price values (in euro) during 1990-2020.**

Σημαντικό στοιχείο που ενισχύει το γεγονός της αύξησης της αλιευτικής παραγωγής του φαγκριού στις ελληνικές θάλασσες αποτελεί το γεγονός πως ενώ κατά την περίοδο 2005-2020 η μέση ετήσια αλιευτική παραγωγή όλων των ειδών στις ελληνικές θάλασσες μειώθηκε κατά 34,1 %, η μέση ετήσια αλιευτική παραγωγή του φαγκριού αυξήθηκε κατά 42,9 % (Εικόνα 1b). Η αύξηση αυτή είναι περισσότερο εμφανής κατά την περίοδο 2005-2011 (αύξηση κατά 118,2%), καθώς κατά την περίοδο 2012-2017 η αλιευτική παραγωγή του «φαγκριού» κυμάνθηκε γύρω στους 350 t ετησίως, ενώ κατά την περίοδο 2018-2020 η μέση ετήσια παραγωγή σχεδόν διπλασιάστηκε και κυμάνθηκε γύρω στους 675 t. Εν τω μεταξύ, η μέση ετήσια ποσοστιαία αύξηση της ελληνικής παραγωγής φαγκριών από ιχθυοκαλλιέργεια αυξήθηκε κατά 352% ανάμεσα στις περιόδους 2011-2015 (μέση ετήσια παραγωγή 707 t) και 2016-2020 (μέση ετήσια παραγωγή 2492 t), ενώ τα προηγούμενα χρόνια η καταγεγραμμένη παραγωγή ήταν ελάχιστη και σποραδική (37 kg το 1993 και 130 kg το 1994: Εικόνα 1c).

Κατά την περίοδο 2005-2020, περισσότερο από το 70% των ετήσιων εκφορτώσεων «φαγκριών» προέρχονταν από έξι από τις 16 ελληνικές υποπεριοχές αλιείας S17, S16, S10, S15 και S14 (Εικόνα 2), από τις οποίες μόνο τέσσερις από αυτές τις υποπεριοχές παρουσίασαν σημαντικές ($\chi^2$-test, F=11,5, P<0,05) αυξήσεις εκφορτώσεων «φαγκριών» (Εικόνα 2): Ευβοϊκός (Σ10: +914%), Δωδεκάνησα (Σ16: +207%), Κεντροανατολικό Αιγαίο (S15: +142%), και Κυκλάδες (S17: +57%). Οι υποπεριοχές αυτές συνεισέφεραν σωρευτικά περισσότερο από το ήμισυ των συνολικών εκφορτώσεων «φαγκριών» (53%) από το 2005 και έπειτα. Σε όλες τις Ελληνικές υποπεριοχές, τα εργαλεία αλιείας μικρής κλίμακας (δίχτυα και παραγάδια βυθού) συνέβαλαν σε μεγάλο βαθμό στην πλειονότητα των εκφορτώσεων «φαγκριών» στις Ελληνικές θάλασσες (85,4%), ακολουθούμενα σε πολύ μικρότερο βαθμό από τις μηχανότρατες (9,6%), τα γρι-γρι (2,7%) και τις βιτζότρατες (2,3%). Οι αναλύσεις των οικονομικών στοιχείων έδειξαν ότι η μέση ετήσια αξία των «φαγκριών» κυμάνθηκε από 2,5 €, το 1999 έως 16,53, € το 2010, παρουσιάζοντας μια σημαντικά (P<0,05) αυξητική τάση την περίοδο 1989-2020 (Εικόνα 1d). Η μακροπρόθεσμη τάση των ετήσιων τιμών των «φαγκριών» τα τελευταία 30 χρόνια (1989-2020) εμφάνισε μια μετάβαση των μέσων ετήσιων τιμών από χαμηλές μέσες ετήσιες τιμές (6,1 €) κατά την περίοδο 1989-2001 σε άνω του διπλάσιου τιμές (14,4 €) την περίοδο 2010-2020 (Εικόνα 1d). Οι μηνιαίες τιμές από τις ιχθυόσκαλες διέφεραν σημαντικά (One-Way ANOVA, F=5,63, P<0,05) εντός του έτους, με τη μέγιστη μηνιαία τιμή να είναι υψηλότερη από 7% έως 40% των μέσων ετήσιων τιμών, ανάλογα με το έτος.

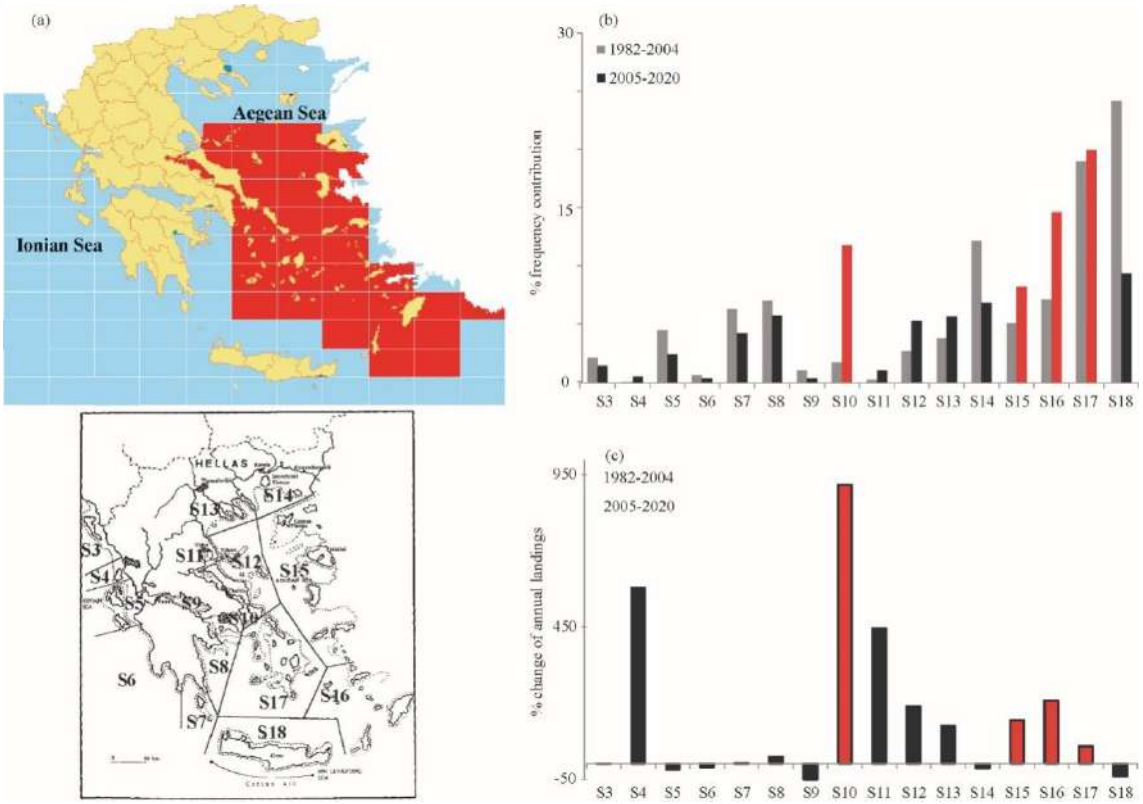
## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας δύναται να αποδοθούν είτε σε διοχέτευση δειγμάτων ψαριών υδατοκαλλιέργειας στην ιχθυαγορά που καταγράφονται ως αλιευμένα ή σε μια πραγματική αύξηση των εκφορτώσεων της κατηγορίας «Φαγκριά, μερτζάνια» που σχετίζονται με πρόσφατες αλλαγές στην αλιευτική τεχνολογία των παράκτιων σκαφών σχετική με μεθόδους αλιείας και εντοπισμό μεταναστευτικών οδών.

Η πρώτη υπόθεση σχετίζεται με το ότι η αυξητική τάση της αλιευτικής παραγωγής του είδους συμπίπτει χρονικά με την έκρηξη της παραγωγής φαγκριού από τις υδατοκαλλιέργειες (Εικόνα 1a & 1c). Επιπλέον, η δηλωθείσα παραγωγή από τις ιχθυοκαλλιέργειες εμφανίζει ένα κενό δεκαπέντε περίπου χρόνων (1995-2011). Ωστόσο, σε κάθε περίπτωση υπάρχουν παραγωγές που δεν έχουν συμπεριληφθεί στα δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ, όπως για παράδειγμα εκείνη των 130 kg του 1994, η οποία αναφέρεται σε στοιχεία του Οργανισμού Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO 2008) και των 100 τόνων του 1999 (Εικόνα 1c) της Ομοσπονδίας Ευρωπαίων Παραγωγών Υδατοκαλλιέργειας (Souto & Villanueva 2003). Αυτό φαίνεται παράδοξο για μία επιχειρηματική δραστηριότητα σε ένα προϊόν με ιδιαίτερα υψηλή τιμή στην Ανατολική Μεσόγειο (Boudet *et al*. 2011),ενώ είναι γνωστό ότι φαγκριά μακρύπτερα (*P. major*) που εκτρέφονται στη χώρα μας από τη δεκαετία του 1990 (Sweetman 1992).

Η διοχέτευση προϊόντων υδατοκαλλιέργειας στους ψαράδες και στο λιανικό εμπόριο είναι μια γνωστή δραστηριότητα, το μέγεθος της οποίας διαφεύγει επί του παρόντος. Αφορά κυρίως μεγάλα, καλοσχηματισμένα ψάρια από εκτρεφόμενα είδη. Σε αυτό το πλαίσιο, στην ιχθυόσκαλα της Πάτρας, ανακαλύψαμε πρόσφατα δείγματα *P. caeruleostictus*, τα οποία είχαν θανατωθεί με τρύπημα, όλα στην δεξιά πλευρά, στο πάνω μέρος της κεφαλής, ένδειξη ότι πρόκειται για ψάρια εκτροφής (Εικόνα 3a). Από όσο γνωρίζουμε, η υδατοκαλλιέργεια αυτού του είδους λαμβάνει χώρα στην Τουρκία (Çoban *et al*. 2020). Ωστόσο, αν υποθέσουμε ότι η διοχέτευση φαγκριών από τη ιχθυοκαλλιέργεια στις ιχθυόσκαλες είναι ο μοναδικός παράγων που ευθύνεται για την αύξηση των καταγραφών των εκφορτώσεων, δεν θα μπορέσουμε να εξηγήσουμε το ότι η αύξηση της αλιευτικής παραγωγής δεν αφορά το Ιόνιο Πέλαγος,

όπου συγκεντρώνονται οι περισσότερες μονάδες εκτροφής φαγκριού μακρύπτερου στη χώρα (Κλαδάς και συν. αδημοσίευτα στοιχεία).

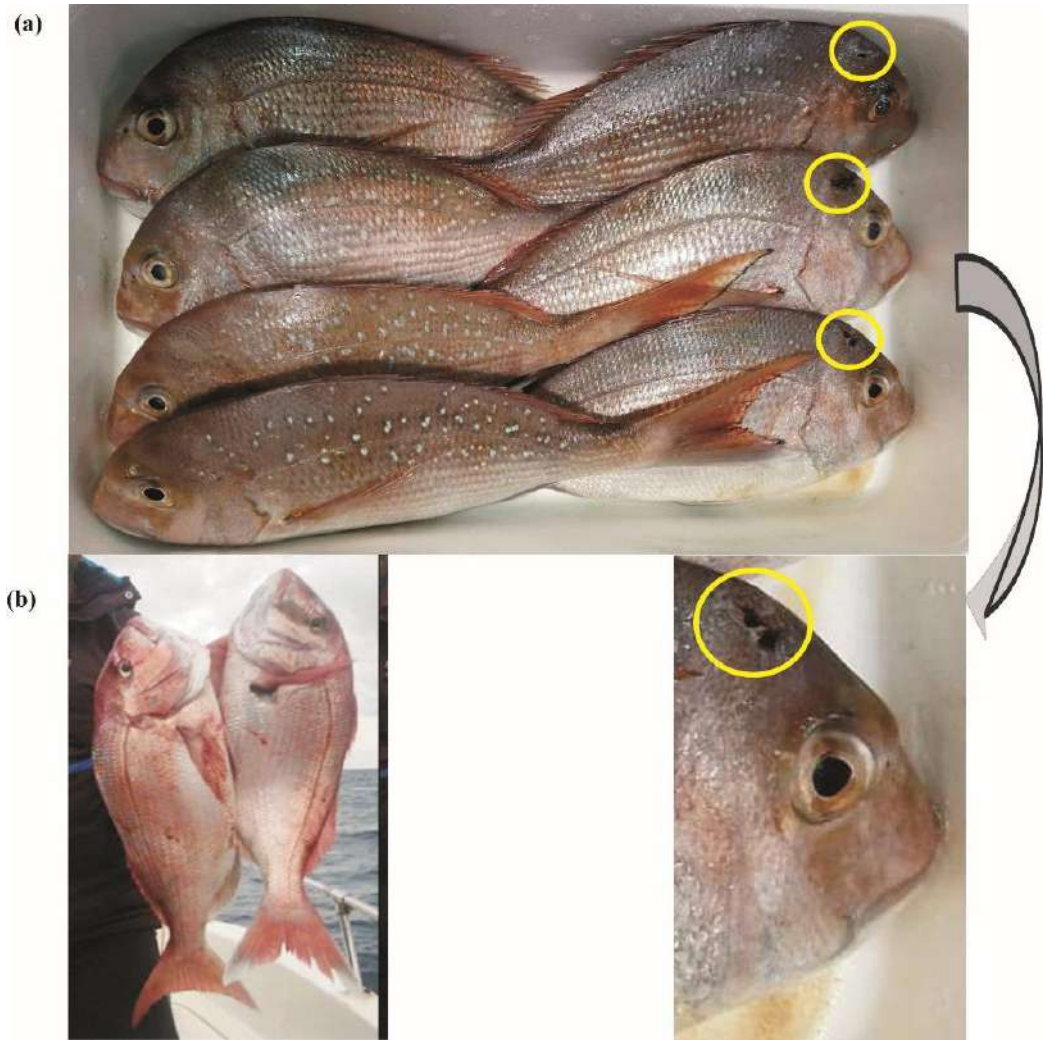



**Εικόνα 2: (a) Χάρτης των Ελληνικών θαλασσών που δείχνει τις υποπεριοχές HELSTAT (διαχωρισμός υποπεριοχών S3 έως S18 που εμφανίζεται στο πλαίσιο) με τη μεγαλύτερη αύξηση εκφορτώσεων «φαγκριών» κατά την περίοδο 2005-2020, (b) Ποσοστιαία μεταβολή των ετήσιων εκφορτώσεων «φαγκριών» ανά αλιευτική υποπεριοχή (κόκκινο χρώμα δείχνει τις υποπεριοχές με τη μεγαλύτερη αύξηση) και (c) Ποσοστιαία συνεισφορά της εκφόρτωσης «φαγκριών» ανά υποπεριοχή στις συνολικές εκφορτώσεις «φαγκριών» στα Ελληνικά ύδατα.**
**Figure 2: (a) Map of Greek Seas showing the HELSTAT (subareas disaggregation S3 to S18 shown in the box) subareas with the highest increase of Porgy landings during 2005-2020, (b) Percentage change of the annual porgy landings per fishing subarea (red colour indicates the subareas with the highest increase) and (c) Percentage contribution of Porgy landing per subarea to the total Porgy landings in Greek waters.**

Η δεύτερη υπόθεση υποστηρίζεται από τα αποτελέσματα της αλιευτικής παραγωγής, ωστόσο δημιουργείται ένα μεγάλο ερώτημα: *ποιο είδος πιστώνεται αυτή την αύξηση και μάλιστα στο Αιγαίο*; Όπως προαναφέρθηκε, τα ενήλικα άτομα του είδους *D. gibbosus*, κυκλοφορούν στην αγορά ως «Φαγγριά κορωνάτα» και «Φαγκριά». Για τα μικρότερα μεγέθη (<40 cm) δεν παρουσιάζεται σύγχυση, καθώς η δεύτερη και η τρίτη ακτίνα του ραχιαίου πτερυγίου φέρουν μακριές νηματώδεις αποφύσεις εν είδει λοφίου, ένα διακριτό χαρακτηριστικό που τους δίνει το κοινό όνομα Τσαούσης (παράφραση της τουρκικής προέλευσης λέξης Çavuş: Οθωμανός λοχίας). Αυτό το χαρακτηριστικό χάνεται στα ενήλικα (Fernández-Palacios *et al*. 1994), ωστόσο μπορεί να αποτελέσει στοιχείο σύγχυσης με τα είδη *P. auriga* και *P. caeruleostictus* που φέρουν επίσης νηματώδεις προεκτάσεις στην 3η, 4ηκαι 5η σκληρή ακτίνα του ραχιαίου πτερυγίου σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους. Με δεδομένο ότι το *P. caeruleostictus* και ακόμη περισσότερο το *P. auriga* σπανίζουν στην Ανατολική Μεσόγειο, όπως προκύπτει από την εμπειρία της εφαρμογής του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων, είναι χρήσιμη η δυνατότητα διάκρισης των *P. pagrus και P. major* από το *D. gibbosus.* Από ιχθυολογικής σκοπιά, στο εργαστήριο η διάκριση των γενών *Pagrus* και *Dentex* είναι σχετικά εύκολη, με πρώτο κριτήριο την μορφολογία των πλευρικών οδόντων, γομβιόμορφων στα *Pagrus*, μικρών αιχμηρών στα *Dentex*(Κασπίρης 2000). Επίσης, στα ενήλικα άτομα του γένους *Dentex* οι κυνόδοντες προεξέχουν σαφώς εκτός του στόματος. Όμως τα κριτήρια αυτά δεν είναι προσιτά από το απλό κοινό στα μικρότερα μεγέθη. Μόνο το ουραίο πτερύγιο, στην περίπτωση του *P. pagrus*, με τις δύο λευκές άκρες μπορεί να το διαφοροποιήσει με ασφάλεια από

*D. gibbosus* (Εικόνα 3b), όπως επίσης και το μαύρο στίγμα στη μασχάλη του ραχιαίου πτερυγίου του *D. gibbosus* και ίσως, περισσότερο ή λιγότερο, το ανάγλυφο της κεφαλής στα *Pagrus* λόγω της ύπαρξης των γομφίων, όταν το στόμα είναι κλειστό.

Τόσο το *P. pagrus* όσο και το *D. gibbosus* είναι είδη με μεγάλη οικονομική σημασία και η διαχείρισή τους οφείλει να στηρίζεται στα βιολογικά τους χαρακτηριστικά, τα οποία διαφέρουν (Froese & Pauly 2020). Συγκεκριμένα το πρώτο χαρακτηρίζεται από μέσο μήκος πρώτης ενηλικίωσης m τα 26,6 cm TL και φθάνει σε τελικό βάρος τα 7,7 kg, ενώ το δεύτερο είδος από μέσο μήκος πρώτης ενηλικίωσης στα 34,7 cm TL, φθάνει σε τελικό βάρος στα 16,4 kg. Η διαφορά στα συνήθη μεγέθη (35 cm SL έναντι 60 cm TL, αντίστοιχα), είναι τόσο μεγάλη που μπορεί να επηρεάσει δραματικά τα στατιστικά δεδομένα της αλιείας και να οδηγήσει σε λανθασμένες εκτιμήσεις. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η σύγχυση μεταφέρεται και σε επιστημονικούς ιστότοπους, έστω και υπό τη μορφή εξωτερικών πληροφοριών, που δημοσιεύονται επί μακρόν, χωρίς να έχουν, ωστόσο, προηγουμένως επαληθευτεί. Έτσι για το *P. pagrus* διαβάζουμε: «Reported weights of caught individuals were between 9 to 17 kg (9-10 off the west coast of Greece)» (Hans Bollnert, hassebollnert@yahoo.gr, προσ. επικ. 12/09) (Froese & Pauly 2020).




**Εικόνα 3: (α) Δείγματα *P. caeruleostictus* εκτροφής στην ιχθυαγορά της Πάτρας (Ιόνιο Πέλαγος). Η μεγέθυνση της εικόνας στα δεξιά δείχνει την τεχνική θανάτωσης με τρύπημα στη δεξιά πλευρά στο πάνω μέρος του κεφαλιού (φωτογραφία Βλάσης Κετσίλης-Ρίνης), (β) *D. gibbosus* (αριστερά) *και P. pagrus* (δεξιά) πιάστηκε χρησιμοποιώντας παραγάδι στην ανατολική Εύβοια (Κεντρικό Αιγαίο: S12) τον Μάιο του 2019 (φωτογραφία Φωτεινή Πιστόλη).**

**Figure 3: (a) Specimens of farmed *P. caeruleostictus* in the fish market of Patras (Ionian Sea). The magnification of the image on the right shows the killing technique by pithing at the right side in the top of the head (photo taken by Vlasis Ketsilis-Rinis), (b) *D. gibbosus* (left) and *P. pagrus* (right) caught using longline in east Evia Island (Central Aegean: S12) at May 2019 (photo taken by Fotini Pistoli).**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**


Boudet MP, Abbal S, Drouin H (2011) *The market for farmed Red porgy in France, Greece, Italy and Spain.* 24p.In: Pavlidis MA & Mylonas CC (Eds) *Sparidae, Biology and Aquaculture of Gilthead Sea Bream and other Species.* Online ISBN:9781444392210

Chemmam-Abdelkader B (2004) *Les Dentés (poissons Sparidés) des côtes tunisiennes: Étude éco-biologique et dynamique des populations.* Thèse de doctorat, Université de Tunis el Manar, Tunis, 316 pp.

Çoban D, Demircan MD, Tosun DD (2020) *Marine Aquaculture in Turkey: Advancements and Management.* Turkish Marine Research Foundation (TUDAV) Publication No: 59, İstanbul, Turkey.

FAO-FishStat Plus 2008, in Pavlidis MA, Mylonas CC (2011) *Sparidae: Biology and Aquaculture of Gilthead Sea Bream and other Species*. Online ISBN: 9781444392210.

Fernández-Palacios H, Montero D, Socorro J, Izquierdo MS, Vergara JM (1994) First studies on spawning, embryonic and larval development of *D.gibbosus* (Rafinesque, 1810) (Osteichthyes, Sparidae) under controlled conditions. *Aquaculture*, 122: 63-73.

Froese R, Pauly D Editors 2022) *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (06/2022).

Giovos I, Arculeo M, Doumpas N, Katsada D, Maximiadi M, Mitsou E, Paravas V, Aga-Spyridopoulou RN, Stoilas VO, Tiralongo F, Tsamadias IE, Vecchioni L, Moutopoulos DK (2020). Assessing multiple sources of data to detect illegal fishing, trade and mislabelling of elasmobranchs in Greek markets. *Marine Policy* 112: 103730.

Minoudi S, Karaiskou N, Avgeris M, Gkagkavouzis K, Tarantili P, Triantafyllidou D, Palilis L, Avramopoulou V, Tsikliras A, Barmperis K, Triantafyllidis A (2020) Seafood mislabeling in Greek market using DNA barcoding. *Food Control* 113: 107213.

Moutopoulos DK, Prodromitis G, Mantzouni I, Koutsikopoulos C (2016) Quantifying the implementation of Common Fisheries Policy: Patterns of fisheries violations and penalties imposed in Greek waters. *Marine Policy*, 70: 65-76.

Papaconstantinou C (2014) *Fauna Graeciae. An updated checklist of the fishes in the Hellenic Seas*. Monographs on Marine Sciences, 7, Athens 2014, HCMR, 340 pp.

Pazartzi, T., Siaperopoulou, S., Gubili, C., Maradidou, S., Loukovitis, D., Chatzispyrou, A., Griffiths, A.M., Minos, G., Imsiridou, A. (2019) High levels of mislabeling in shark meat. Investigating patterns of species utilisation with DNA barcoding in Greek retailers. *Food Control*, 98: 179-186.

Souto FB, Villanueva RXL (2003) *European Fish Farming Guide*. Instituto Galego de Formacion en Acuicultura, (IGAFA), Pontevedra, Spain. ISBN: 84-453-3470-0, pp.68

Stawitz CC, Siple MC, Munsch SH, Lee Q, Derby SR (2017) Financial and Ecological Implications of Global Seafood Mislabeling. *Conservation Letter*, 10: 681-689.

Sweetman JW (1992) Larviculture of Mediterranean Marine Fish Species: Current Status and Future Trends. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23(4): 330-337.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή), 1966-2019. Κεφάλαιο Γ, Αποτελέσματα θαλάσσιας αλιείας με μηχανοκίνητα σκάφη. 44 τεύχη (για τα έτη 1964-2017), Αθήνα.

ΕΛΣΤΑΤ (Ελληνική Στατιστική Αρχή), 2002-2019. Αποτελέσματα θαλάσσιας αλιείας με μηχανοκίνητα σκάφη, Κεφάλαιο Δ, Διακίνηση αλιευμάτων. 9 τεύχη (για τα έτη 1999-2017), Αθήνα.

Κασπίρης ΠΦ (2000). *Τα ψάρια της Ελλάδος (Κλείδες προσδιορισμού)*. Ιδιωτική Έκδοση.

# Προκαταρκτικά αποτελέσματα της εποχικής δίαιτας του μπλε καβουριού *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 από την εκβολική περιοχή του ποταμού Έβρου (ΒΑ Αιγαίο Πέλαγος)

**Χαρτόσια Ν.[1,2]*, Κεβρεκίδης Κ.[3]*, Ξυναρή Ι.[1,2], Simon L.[1,2], Μπουμπόναρη Θ.[4], Μόγιας Α.[4], Μαλέα Π.[5] & Κεβρεκίδης Θ.[4]***

[1] Τμήμα Βιολογικών Επιστημών, Λεωφόρος Πανεπιστημίου 1, Αγλαντζιά, Λευκωσία, Κύπρος
[2] Ωκεανογραφικό Κέντρο Πανεπιστημίου Κύπρου – nchartos@ucy.ac.cy
[3]Δνση Αγροτικών Υποθέσεων ΚΜ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μ-Θ– kkevre@damt.gov.gr
[4] Εργαστήριο περιβαλλοντικής Έρευνας και Εκπαίδευσης, ΔΠΘ – tkebreki@eled.duth.gr ,
[5] Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
*Συγγραφείς για επικοινωνία

## ABSTRACT

**Chartosia N., Kevrekidis K., Xinari I., Simon L., Boubonari T., Mogias A., Malea P., Kevrekidis T.: Preliminary data for the seasonal diet of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun in the estuarine area of Evros River (NE Aegean Sea)**

The seasonal feeding habits of the blue crab *Callinectes sapidus* were studied, from samples taken from the estuarine area of Evros River (NE Aegean Sea) during the year 2021 (spring, summer, autumn). Although omnivory was evident in all size classes, three major trophic groups were isolated based on the analysis of the stomach contents recorded mainly through the frequency of occurrence and abundance of prey. Concerning the general diet of *C. sapidus* in the Evros Delta, during the spring and summer it is mainly composed of polychaetes followed by crustaceans, predominantly crabs. In autumn, the most frequent and abundant preys are crustaceans possibly due to their higher abundance in the habitat. Bivalves were also participating in the diet of the blue crab with lower frequencies. The main preys of *C. sapidus* are thus the most abundant species of the delta and the feeding habits of the crabs are dependent on whatever food items are locally available. This result enhances the fact of the high adaptability of *C. sapidus*.

**Keywords:** Blue crab, Monolimni Lagoon, seasonal diet, stomach content analysis

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το δεκάποδο *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 (μπλε καβούρι) είναι ενδημικό είδος του Δ. Ατλαντικού Ωκεανού και ένα από τα πιο γνωστά χωροκατακτητικά ξενικά είδη (ΧΞΕ) στη Μεσόγειο και στις ελληνικές θάλασσες (Kevrekidis & Antoniadou 2018). Κατά την προηγούμενη δεκαετία το είδος επέκτεινε την εξάπλωσή του σε όλη σχεδόν τη Μεσόγειο Θάλασσα, με παράλληλη αύξηση της πληθυσμιακής του αφθονίας (Chartosia et al. 2018, Mancinelli et al. 2021). Ειδικότερα, στο Β. Αιγαίο Πέλαγος (Θερμαϊκός Κόλπος, λιμνοθάλασσες Αν. Μακεδονίας και Θράκης και εκβολική περιοχή του ποταμού Έβρου) το μπλε καβούρι έχει αναπτύξει πληθυσμούς σημαντικού μεγέθους στους οποίους ασκείται εντατική αλίευση (Kevrekidis 2018).

Το μπλε καβούρι εξαπλώνεται στην παράκτια ζώνη (συνήθως σε αβαθή νερά) και αποτελεί τυπικό κάτοικο εκβολών, ενώ απαντά και σε λιμνοθαλάσσια συστήματα, έχοντας οικολογικό ρόλο κορυφαίου θηρευτή (Hines et al 1987). Είναι γενικά γνωστό ότι το μπλε καβούρι είναι παμφάγο και ευκαιριακός καταναλωτής και στο ιθαγενές ενδιαίτημά του τρέφεται με φυτά, ασπόνδυλα και σπονδυλωτά ζώα (Dittel *et al.* 2006, Seitz *et al.* 2011). Ειδικότερα, θεωρείται κύριος θηρευτής δίθυρων μαλακίων, καρκινοειδών αλλά και ψαριών ενώ τρέφεται και με φύκη (algae) και οργανικά θρύμματα (detritus) (Hines et al 1990, Belgrad & Griffen 2016). Στις περιοχές εξάπλωσής του έχει πολύ σημαντικό ρόλο ως καταναλωτής στα βενθικά τροφικά πλέγματα (Baird & Ulanowicz 1989, Dittel et al. 2000), είτε ως σημαντικό είδος που ρυθμίζει τη ροή του άνθρακα στο σύστημα (Baird & Ulanowicz 1989) ή μειώνοντας την αφθονία της λείας (Mancinelli et al. 2017).

Παρόλη την ευρεία κατανομή του μπλε καβουριού τόσο στις Μεσογειακές όσο και στις ελληνικές ακτές, τα στοιχεία για τη δίαιτά του με τη μέθοδο ανάλυσης του στομαχικού περιεχομένου είναι ελάχιστα, ειδικότερα για τις ελληνικές ακτές. Οι Rady et al (2018) μελέτησαν τη δίαιτα του είδους αυτού από την Αίγυπτο, ενώ αντίστοιχες πληροφορίες για πληθυσμούς από τις ελληνικές θάλασσες δεν υπάρχουν. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των προκαταρκτικών αποτελεσμάτων από την ανάλυση της δίαιτας του μπλε καβουριού *C. sapidus* από τη λιμνοθάλασσα Μονολίμνη (εκβολική

περιοχή του π. Έβρου) και την παρακείμενη παράκτια θαλάσσια περιοχή, μέσω της ανάλυσης του στομαχικού του περιεχομένου.

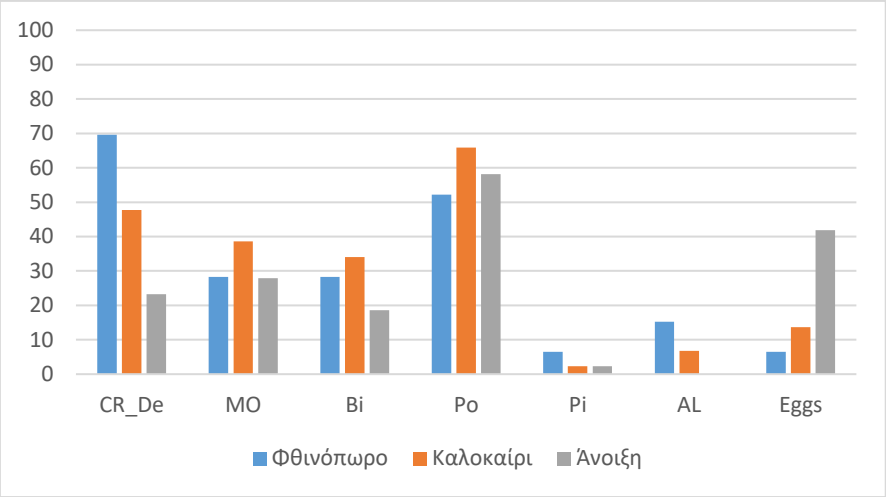
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Κατά το έτος 2021 πραγματοποιήθηκαν εποχικές δειγματοληψίες (άνοιξη, καλοκαίρι, φθινόπωρο) στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Μονολίμνη και στην παρακείμενη θαλάσσια περιοχή. Οι δειγματοληψίες έγιναν με τη χρήση βολκών, που χρησιμοποιούνται για την αλιεία του μπλε καβουριού. Σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας τοποθετήθηκαν 10 ζεύγη βολκών με μάτι δικτύου 18-20 mm, όπου παρέμειναν για δυο ημέρες (≈48 h) μέχρι την ανάσυρσή τους. Στα ζώα μετά την αλίευσή τους έγινε η διάκριση του φύλου και σε κάθε άτομο μετρήθηκαν το μήκος (ΜΚ, mm) και το πλάτος κεφαλοθώρακα (ΠΚ, mm). Άτομα με ΠΚ <60mm θεωρήθηκαν ως νεαρά.

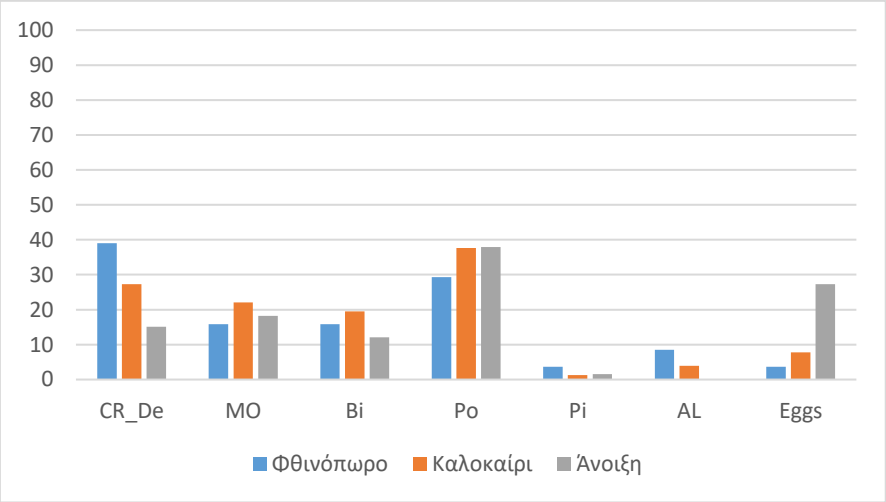
Για να αφαιρεθεί το στομάχι ανοιγόταν η νωτιαία περιοχή του κεφαλοθώρακα, αφαιρούνταν το στομάχι το οποίο τοποθετείτο σε διάλυμα φορμόλης 7%. Έπειτα, τα στομάχια στεγνώνονταν με απορροφητικό χαρτί και ζυγίζονταν γεμάτα για την καταγραφή του υγρού τους βάρους. Για να αναλυθούν, τοποθετούνταν σε δίσκο petri και ανοίγονταν με τη χρήση λαβίδας και ψαλιδιού. Στη συνέχεια το άδειο στομάχι ζυγιζόταν στον ηλεκτρονικό ζυγό ακριβείας. Η ανάλυση των τροφικών μεριδίων γινόταν με τη χρήση στερεοσκοπίου και τα μικρότερα μερίδια τροφής παρατηρούνταν στο μικροσκόπιο για περαιτέρω ανάλυση και εξακρίβωση του τροφικού περιεχομένου. Έγινε προσπάθεια καταγραφής των μεριδίων της λείας στο χαμηλότερο ταξινομικό επίπεδο με τη βοήθεια βιβλιογραφίας σχετικά με τα είδη της βενθικής πανίδας της περιοχής (Gouvis & Koukouras, 1993). Ωστόσο, αυτό σε πολλές περιπτώσεις δεν ήταν εφικτό λόγω της προχωρημένης πέψης και έτσι κατατάσσονταν στο χαμηλότερο δυνατό ταξινομικό επίπεδο. Μετά τα μερίδια της λείας καταμετρούνταν και ζυγίζονταν, και έπειτα υπολογίζονταν οι παρακάτω δείκτες: α) Συντελεστής κενότητας στομαχιών: Για την καταγραφή των άδειων στομαχιών, χρησιμοποιήθηκε ο συντελεστής κενότητας στομάχων (Vacuity Index, VI) (Molinero & Flos 1992) ο οποίος υπολογίζεται από το λόγο των άδειων στομαχιών ως προς τον συνολικό αριθμό στομαχιών που εξετάστηκαν και εκφράζεται από τη σχέση VI = αριθμός άδειων στομαχιών/ αριθμός στομαχιών που εξετάστηκαν, β) συχνότητα εμφάνισης (F%) λείας, γ) η αριθμητική μέθοδος ποσοστού λείας ή αφθονία λείας (N%) και η δ) βαρομετρική μέθοδος (W%) (Chartosia et al., 2010) έτσι όπως εκφράζονται από τις παρακάτω σχέσεις: %F = το ποσοστό όλων των μη άδειων στομάχων που περιέχουν μια συγκεκριμένη λεία προς το συνολικό αριθμό των στομάχων που φέρουν λεία, %N = το ποσοστό του αριθμού των μεριδίων λείας σε όλα τα μη άδεια στομάχια, προς το συνολικό αριθμό όλων των μεριδίων λείας που υπολογίστηκε, %W = ο λόγος του συνολικού βάρους του κάθε μεριδίου λείας προς το συνολικό βάρος της λείας.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

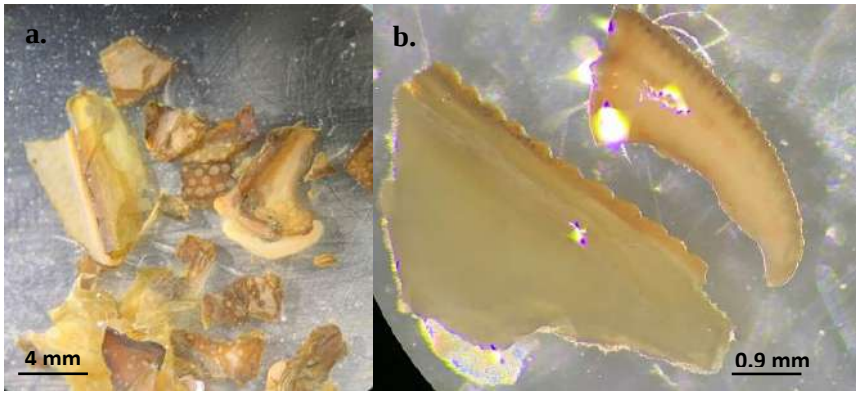
Μελετήθηκαν 157 στομάχια από 101 αρσενικά και 56 θηλυκά άτομα, με μήκος και πλάτος κεφαλοθώρακα που κυμαίνονταν από 40,30 mm έως 76,42 mm (τυπική απόκλιση SD= 6,12) και από 100,42 mm έως 198,08 mm (SD = 18.08), αντίστοιχα. Από το σύνολο των στομαχιών που μελετήθηκαν 57 προέρχονταν από άτομα που συλλέχθηκαν το καλοκαίρι, 50 από το φθινόπωρο και 50 από την άνοιξη. Συνολικά καταγράφηκαν 24 άδεια στομάχια (VI = 15.29%). Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της ανάλυσης του στομαχικού περιεχομένου του μπλε καβουριού, έδειξαν ότι υπάρχει εποχική διαφοροποίηση της δίαιτας (Εικ. 1, Εικ. 2). Ειδικότερα, φάνηκε ότι εκτός από το καλοκαίρι όπου επικρατούν τα Crustacea Decapoda και κυρίως τα καβούρια (Εικ. 3), τα Polychaeta είναι η πιο συχνή (F%) και άφθονη (N%) λεία, αλλά όχι και η πιο βαριά (W%) (Εικ. 4). Αυτό οφείλεται στο ότι η συγκεκριμένη λεία εντοπιζόταν κυρίως εξαιτίας των σμηριγγών των Polychaeta που παρέμεναν άπεπτες στο στομάχι του καβουριού. Μια ακόμα κατηγορία λείας η οποία φαίνεται να είναι σημαντική για τα μπλε καβούρια είναι τα Mollusca και κυρίως τα Bivalvia (Εικ. 1-3). Τα αβγά, τα μακροφύκη (Algae) και τα ψάρια (Pisces) ήταν τρεις ακόμα κατηγορίες λείας οι οποίες συμπλήρωναν τη δίαιτα του καβουριού, με τα αβγά να εμφανίζονται πιο συχνά και άφθονα την άνοιξη, πιθανότατα εξαιτίας του γεγονότος ότι αυτή την εποχή είναι πιο άφθονα στο ενδιαίτημα του καβουριού. Σημειώνεται δε ότι τα μακροφύκη έλειπαν εντελώς από τη δίαιτα του καβουριού την άνοιξη, ενώ βρέθηκαν ελάχιστα το καλοκαίρι. Αυτό θα πρέπει να αποδοθεί στο γεγονός ότι το καβούρι, το οποίο φαίνεται ότι είναι παμφάγο με προτίμηση σε ζωική λεία, καλύπτει τις ενεργειακές του ανάγκες με ζωική λεία τις συγκεκριμένες εποχές, επειδή πιθανότατα αυτή είναι διαθέσιμη και άφθονη. Διερευνήθηκε και η περίπτωση του κανιβαλισμού, καθώς είναι ευρέως γνωστό ότι σε ορισμένες περιπτώσεις το μπλε καβούρι καταναλώνει και άτομα του ίδιου είδους (Ryer et al., 1997). Παρόλα αυτά, από τις αναλύσεις δεν ήταν δυνατό αυτό να επιβεβαιωθεί, λόγω προχωρημένης πέψης και δυσκολίας ταυτοποίησης του συγκεκριμένου είδους.



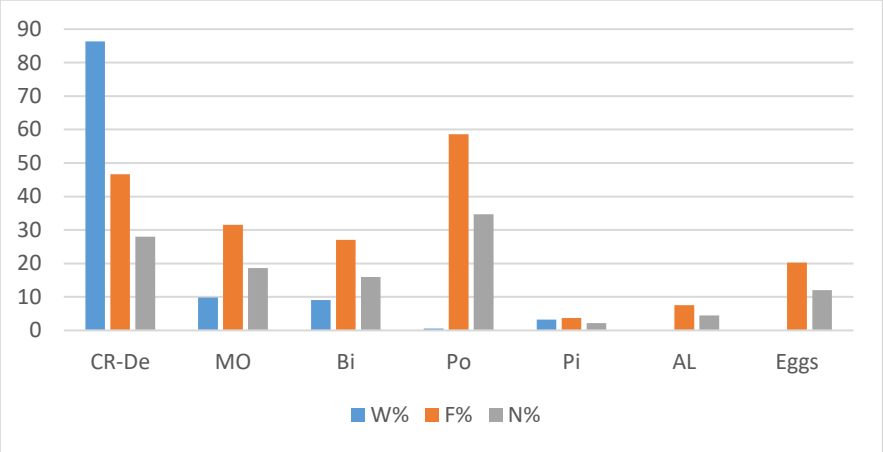

**Εικόνα 1. Συχνότητα εμφάνισης λείας (F%) που βρέθηκε στα στομάχια του μπλε καβουριού για το φθινόπωρο, την άνοιξη και καλοκαίρι του 2021. CR-De: Crustacea Decapoda, MO: Mollusca, Bi: Bivalvia, Po: Polychaeta, Pi: Pisces, AL: Algae.**
**Figure 1. Frequency of occurrence (F%) found in the blue crab stomachs for autumn, spring and summer 2021. CR-De: Crustacea Decapoda, MO: Mollusca, Bi: Bivalvia, Po: Polychaeta, Pi: Pisces, AL: Algae.**




**Εικόνα 2: Αφθονία λείας (N%) που βρέθηκε στα στομάχια του μπλε καβουριού για το φθινόπωρο, την άνοιξη και καλοκαίρι του 2021. CR-De: Crustacea Decapoda, MO: Mollusca, Bi: Bivalvia, Po: Polychaeta, Pi: Pisces, AL: Algae.**
**Figure 2: Abundance of prey (N%) found in the blue crab stomachs for autumn, spring and summer 2021. CR-De: Crustacea Decapoda, MO: Mollusca, Bi: Bivalvia, Po: Polychaeta, Pi: Pisces, AL: Algae.**

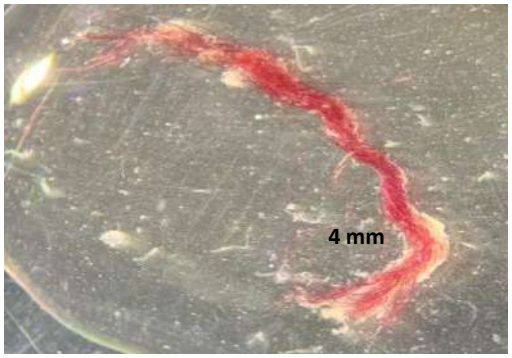



**Εικόνα 3: Κομμάτια κεφαλοθώρακα (a) και χηλής (b) από καβούρι που βρέθηκε σε στομάχι του μπλε κάβουρα, όπως παρατηρήθηκε κάτω από στερεοσκόπιο.**
**Figure 3: Pieces of carapace (a) and chela (b) from a crab found in a stomach of a blue crab, as seen under the stereoscope.**




**Εικόνα 4: Συχνότητα εμφάνισης (F%), αφθονίας (N%) και συνολικού βάρους λείας (W%), που υπολογίστηκαν συγκεντρωτικά για τα στομάχια του μπλε καβουριού που εξετάστηκαν. CR-De: Crustacea Decapoda, MO: Mollusca, Bi: Bivalvia, Po: Polychaeta, Pi: Pisces, AL: Algae.**
**Figure 4: Frequency of occurrence (F%), abundance (N%) and total weight (W%), calculated for all the stomachs of the blue crab. CR-De: Crustacea Decapoda, MO: Mollusca, Bi: Bivalvia, Po: Polychaeta, Pi: Pisces, AL: Algae.**

Σε 85 στομάχια, που αντιστοιχούν στο 64% του συνόλου των στομαχιών που εξετάστηκαν, βρέθηκαν υπολείμματα πλαστικού. Η πλειονότητα αυτών είχαν σχετικά μικρό μέγεθος, όμως βρέθηκαν, αν και με μικρότερη συχνότητα, μεγαλύτερα κομμάτια πλαστικού (Εικ. 5). Το γεγονός αυτό δείχνει ότι υπολείμματα πλαστικού τα οποία βρίσκονται στο περιβάλλον λόγω ρύπανσης, καταναλώνονται τυχαία από το μπλε καβούρι. Η ρύπανση με πλαστικό μπορεί να έχει αρνητικές επιδράσεις σε αυτό το είδος (βλέπε Renzi et al., 2020) αλλά και σε είδη ανώτερων τροφικών επιπέδων τα οποία τρέφονται με το μπλε καβούρι όπως έχει διαπιστωθεί και για άλλα είδη καβουριών (Wójcik-Fudalewska et al., 2016).




**Εικόνα 5: Κομμάτι πλαστικού που βρέθηκε σε στομάχι του μπλε κάβουρα, όπως παρατηρήθηκε κάτω από στερεοσκόπιο.**
**Figure 5: Piece of plastic found in a stomach of a blue crab, as seen under the stereoscope.**

Τα αποτελέσματα της έρευνας συμφωνούν με την υπάρχουσα βιβλιογραφία, όπου αναφέρεται ότι το μπλε καβούρι καταναλώνει μια ευρεία ποικιλία λείας, καθιστώντας το έτσι ένα πολύ σημαντικό οικολογικά είδος (Hines et al. 1987). Για παράδειγμα, η θηρευτική του δραστηριότητα μπορεί να έχει ως αποτέλεσμα τη διακύμανση της θνησιμότητας των δίθυρων, η οποία συχνά συσχετίζεται με την αφθονία του μπλε καβουριού (Ventura et al. 2018). Επιπλέον, είναι γνωστό ότι οι οργανισμοί μπορούν να διαφοροποιήσουν τη δίαιτά τους για ποικίλους λόγους, ενώ αυτή μπορεί να μεταβάλλεται και οντογενετικά, καθώς τα ώριμα ενήλικα καταναλώνουν διαφορετική λεία από τα ανώριμα άτομα εξαιτίας αναπτυξιακών αλλαγών, οι οποίες έχουν ως αποτέλεσμα τη διαφορά στο μέγεθος του ζώου και στην ικανότητα ανταγωνισμού αλλά και εξαιτίας άλλων μεταβολικών διαδικασιών (Belgrad & Griffen, 2016 και περιεχόμενη βιβλιογραφία). Η δίαιτα μπορεί να μεταβάλλεται και εξαιτίας αλλαγών του περιβάλλοντος, όπως είναι οι εποχικές μεταβολές, ή η εισβολή ξενικών ειδών, αλλαγές που μπορεί να επηρεάσουν τη δίαιτα του μπλε καβουριού εξαιτίας κυρίως της διαθεσιμότητας της λείας (Belgrad & Griffen, 2016 και περιεχόμενη βιβλιογραφία). Η θέση αυτή ενισχύεται και από τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας.

**Η μελέτη εντάσσεται στο ερευνητικό πρόγραμμα «Εξάπλωση του ΧΞΕ *Callinectes sapidus* (μπλε καβούρι) στις Ελληνικές θάλασσες: Πληθυσμιακή μελέτη, οικολογικές επιπτώσεις και διαχειριστικό σχέδιο ελέγχου και εμπορικής εκμετάλλευσης των πληθυσμών του» Χρηματοδότηση: ΕΠΑΛ 2014-2020 (Κωδικός ΟΠΣ_MIS_5050125).**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Belgrad BA, Griffen BD (2016) The Influence of diet composition on fitness of the Blue Crab, *Callinectes sapidus*. PLoS ONE 11(1): e0145481.
Baird D, Ulanowicz R (1989) The seasonal dynamics of the Chesapeake Bay ecosystem. Ecological Monographs 59: 329-364.
Chartosia N, Kitsos MS, Koukouras A (2010) Seasonal diet of *Portumnus latipes* (Pennant, 1777) (Decapoda, Portunidae). Crustaceana 83: 1101-1113.
Chartosia N, Anastasiadis D, Bazairi H, Crocetta F, Deidun A, Despalatović M, et al. (2018) New Mediterranean Biodiversity Records (July 2018). Mediterranean Marine Science 19: 398–415.
Hines AH, Lipcius HRN, Haddon AM (1987) Population dynamic sand habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crabs *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake Bay. Marine Ecology Progress Series 36: 55-64
Hines AH, Haddon AM, Wiechert LA (1990) Guild structure and foraging impact of blue crabs and epibenthic fish in a subestuary of Chesapeake Bay. Marine Ecology Progress Series 67: 105-126.
Dittel, A., Epifanio, C., Fogel, M., 2006. Trophic relationships of juvenile blue crabs (*Callinectes sapidus*) in estuarine habitats. Hydrobiologia, 568 (1): 379-390
Dittel A., Epifanio CE, Schwalm SM, Fantle MS, Fogel ML (2000) Carbon and nitrogen sources for juvenile blue crabs *Callinectes sapidus* in coastal wetlands. Marine Ecology Progress Series 194:103-112.
Gouvis N, Koukouras A (1993) Macrozoobenthos assemblages of the Evros Delta (North Aegean Sea). Internationale Revue der gesamten Hydrobiologie und Hydrographie 78: 59-82.

Kevrekidis K, Antoniadou C (2018) Abundance and population structure of the blue crab *Callinectes sapidus* (Decapoda, Portunidae) in Thermaikos Gulf (Methoni Bay), northern Aegean Sea. Crustaceana 91: 641-657.

Kevrekidis K (2018) Fishery characteristics and landings of blue crab *Callinectes sapidus* in Thermaikos Gulf, northern Aegean Sea. 11th Synposium of Ocenaography and Fisheries, Corfu. May 2018

Mancinelli G, Bardelli R, Zenetos A. (2021). A global occurrence database of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus*. Scientific Data. 2021 Apr. 8(1):111. DOI: 10.1038/s41597-021-00888-w. PMID: 33863897; PMCID: PMC8052346.

Mancinelli G, Chainho P, Cilenti L, Falco S, Kapiris K, Katselis G, Ribeiro F (2017) The Atlantic blue crab *Callinectes sapidus* in southern european coastal waters: distribution, impact and prospective invasion management strategies. Marine Pollution Bulletin 119: 5-11.

Molinero A, Flos R (1992). Influence of season on the feeding habits of the common sole *Solea solea*. Marine Biology 113:499-507.

Rady A, Sallam WS, Abdou NEI, El-Sayed AAM (2018) Food and feeding habits of the blue crab, *Callinectes sapidus* (Crustacea: Decapoda: Portunidae) with special reference to the gastric mill structure. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries 22: 417-431.

Renzi M, Cilenti L, Scirocco T, Grazioli E, Anselmi S, Broccoli A, Pauna V, Provenza F, Specchiulli A (2020) Litter in alien species of possible commercial interest: The blue crab (*Callinectes sapidus* Rathbun, 1896) as case study. *Marine Pollution Bulletin* 157:111300. doi: 10.1016/j.marpolbul.2020.111300.

Ryer CH, van Montfrans J, Moody KE (1997). Cannibalism, refugia and the molting blue crab. Marine Ecology Progress Series 147: 77-85.

Seitz RD, Knick KE, Westphal M (2011) Diet Selectivity of Juvenile Blue Crabs (*Callinectes sapidus*) in Chesapeake Bay. Integrative and Comparative Biology, 51(4), 598-607.

Ventura Pla M, Quiñonero Salgado S, Hernández Núñez de Arenas J, Velázquez Cano J, Risueño Mata P, López Soriano J (2018). Predation of the blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 on freshwater bivalves (Unionidae & Corbiculidae) in eastern Iberian Peninsula. Folia Conchyliologica 47: 3–9.

Wójcik-Fudalewska D, Normant-Saremba M, Anastácio P (2016) Occurrence of plastic debris in the stomach of the invasive crab *Eriocheir sinensis*. Marine Pollution Bulletin 113: 306-311.

# Εκτίμηση ηλικίας και παραμέτρων αύξησης του *Lophius budegassa* (Spinola 1807) στο Βόρειο Αιγαίο, προκαταρτικά αποτελέσματα

Λουκία Χατζηαναστασίου[1], Αργύριος Σαπουνίδης[1], Παρασκευή Παπαδοπούλου[1], Γεώργιος Α. Ορφανίδης[1], Μάνος Κουτράκης[1]
[1]ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, 64007 Νέα Πέραμος, Καβάλα - manosk@inale.gr

## ABSTRACT

**Loukia Chatzianastasiou, Argyrios Sapounidis, Paraskevi Papadopoulou, Georgios A. Orfanidis, Manos Koutrakis: Estimation of age and growth parameters of the *Lophius budegassa* (Spinola 1807) in the northern Aegean, preliminary results**

*Lophius budegassa* samples were collected from March 2020 to December 2021 by bottom trawlers. Total length ranged from 89 to 614 mm. Length - net weight, length frequency distribution, sex ratio, length at first maturity (L50) and finally length – age correlation with ololiths and illicium were also examined. Regarding age determination, the predominant age group was age four, while the maximum age observed using otoliths, was eight years attained by a specimen of 470 mm length, while when the illicium was used, the maximum age was again eight years but attained by a specimen of 410 mm length. The $L_{50}$ of females at 352 mm, of males was determined at 295 mm, and for all samples at 327 mm. The observed differences with previous studies seems to be the result of the combined impact of a variety of environmental and anthropogenic factors.

**Keywords**: *Lophius budegassa*, black-bellied angler, sex ratio, age, Northern Aegean Sea

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Μαύρη Πεσκανδρίτσα, *Lophius budegassa* (Spinola 1807), είναι βενθικό είδος με ευρεία εξάπλωση, από την περιοχή του Ανατολικού Ατλαντικού (από τις Βρετανικές Νήσους έως και τη Σενεγάλη) έως και τη Μεσόγειο (Froese & Pauly 2022), απαντάται κυρίως σε παράκτια ύδατα βάθους 70 m έως και βάθη 650 m (Duarte *et al.* 2001, La Mesa & De Rossi 2008, Froese & Pauly 2022). Το 2005, στο πλαίσιο ερευνητικών πλοών που πραγματοποιήθηκαν στο Ανατολικό Ιόνιο Πέλαγος το είδος αυτό, βρέθηκε σε βάθος μέχρι και τα 1.013 m (Mytilineou *et al.* 2005). Η Μαύρη Πεσκανδρίτσα παρουσιάζει μεγάλο εμπορικό ενδιαφέρον, καθώς αποτελεί ένα από τα κύρια αλιεύματα της εμπορικής αλιείας στην Ευρώπη (Farina *et al.* 2004).

Οι μέχρι σήμερα μελέτες, επικεντρώθηκαν στην κατανόηση του κύκλου ζωής του *L. budegassa* (Farina *et al.* 2004) και κυρίως τη βιολογία (σχέσεις μήκους-βάρους, ηλικία κ.λπ.) (Tsimenidis 1984, Landa et al. 2001), την οικολογία, την διατροφή, την αναπαραγωγή του είδους κ.λπ. (βλ. Duarte *et al.* 2001 Şenbahar & Özaydin 2020 & 2021, Yigin *et al*. 2021). Για τον προσδιορισμό της ηλικίας του είδους έχουν αναπτυχθεί διάφορες μεθοδολογικές προσεγγίσεις (Tsimenidis & Ondrias 1980, Dupouy *et al*. 1986, Crozier 1989, Peronnet *et al.* 1992, Duarte et al. 2001, Landa et al. 2001,Wright *et al*. 2002, Woodroffe *et al*. 2003, Landa *et al*. 2007), οι καταλληλότερες αφορούν τη χρήση και επεξεργασία των σκελετικών δομών όπως οι ωτόλιθοι και τα λοφία (ICES 2005, Landa *et al*. 2007).

Η εκτίμηση της ηλικίας με την χρήση των ωτόλιθων είναι μία δύσκολη διαδικασία, εξαιτίας δευτερογενών δομών που δημιουργούνται στην επιφάνεια τους, όπως κρυσταλλικές δομές ή δομές βατερίτη, οι οποίες καθιστούν δύσκολη την επεξεργασία τους και την διάκριση των ετήσιων δακτυλίων (Crozier 1989, Woodroffe *et al*. 2003, Brophy *et al.* 2021). Για το λόγο αυτό, τα τελευταία χρόνια, η χρήση των λοφίων έχει γίνει η βασική μέθοδος εκτίμηση της ηλικίας του *L. budegassa* σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, όπως η Γαλλία και η Ιρλανδία (Landa *et al.* 2008, Brophy *et al.* 2021).

Στην Ελλάδα, οι μελέτες που αφορούν το *L. budegassa* είναι περιορισμένες και αφορούν κυρίως τη βιολογία του είδους (Tsimenidis & Ondrias 1980, Tsimenidis 1984). Στόχος της παρούσας μελέτης αποτελεί η παρουσίαση των προκαταρτικών αποτελεσμάτων της εκτίμησης ηλικίας με τη χρήση τόσο των ωτόλιθων όσο και των λοφίων, καθώς και των παραμέτρων αύξησης και της γενετικής ωριμότητας του είδους *L. budegassa* στο Βόρειο Αιγαίο.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ως περιοχή μελέτης ορίστηκε το Βόρειο Αιγαίο (Εικόνα 1). Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν μηνιαία σε διαφορετικές περιοχές του Βορείου Αιγαίου κατά την περίοδο Μάρτιου 2020 - Δεκέμβριου 2021, στο πλαίσιο υλοποίησης των δράσεων του έργου «Εθνικό Προγράμμα Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων 2020-21».

Τα δείγματα που συλλέχθηκαν μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου καταγράφηκαν για κάθε άτομο οι απαραίτητες βιολογικές παράμετροι, όπως το ολικό μήκος (TL, cm), το ολικό και το καθαρό βάρος (TW, g), προσδιορίστηκε το φύλο και το στάδιο γεννητικής ωρίμανσης (κλίμακα Nikolsky). Στη συνέχεια αφαιρέθηκαν οι ωτολίθοι και τα λοφία για τον προσδιορισμό της ηλικίας.

**Εικόνα 1: Περιοχή μελέτης στο Βόρειο Αιγαίο.**
**Figure 1: Sampling area in North Aegean Sea.**

Η εκτίμηση της Σχέσης Μήκους – Καθαρού Βάρους (Length NetWeight Relationship – LNWR) βασίστηκε στην εξίσωση $NW= aTL^b$, (Le Cren 1951, Koutrakis & Tsikliras 2003), όπου NW το καθαρό βάρος, TL το ολικό μήκος του *L. budegassa*. Οι συντελεστές a και b σχετίζονται με την μορφή του σώματος και την σωματική αύξηση του είδους αντίστοιχα. Οι παράμετροι a και b εκτιμήθηκαν για το κάθε φύλο ξεχωριστά αλλά και για το σύνολο των ατόμων ανεξαρτήτως φύλου με τη Γραμμική Παλινδρόμηση των Ελαχίστων Τετραγώνων του λογαριθμημένου μοντέλου LNWR: log (NW) = log (a) + b log (TL), όπου η παράμετρος a εκφράζει τη διαφορά ύψους (intercept) και η b την κλίση (slope) του μοντέλου. Μέσω της Ανάλυσης Συνδιακύμανσης (ANCOVA), ελέγχθηκε εάν οι τιμές των παραμέτρων a και b διαφέρουν στατιστικά σημαντικά ανάμεσα στα δύο φύλα. Οι τιμές της παραμέτρου b συγκρίθηκαν με τη θεωρητική τιμή 3, η οποία περιγράφει την ισομετρική αύξηση των ψαριών (Le Cren 1951), με την χρήση της Ανάλυσης Διακύμανσης (ANOVA).

Για την εκτίμηση της ηλικίας χρησιμοποιήθηκαν οι δύο σκελετικές δομές, οι ωτόλιθοι και τα λοφία. Για την επεξεργασία της κάθε δομής ακολουθήθηκε διαφορετική μεθοδολογική προσέγγιση. Συγκεκριμένα, οι ωτόλιθοι παρατηρήθηκαν ολόκληροι (in toto), σε μαύρο υπόβαθρο, με απεσταγμένο νερό, με προσπίπτοντα φωτισμό και φωτογραφήθηκαν με τη χρήση ψηφιακής φωτογραφικής μηχανής NIKON DS Fi3. Τα λοφία αφού καθαρίστηκαν, τοποθετήθηκαν σε εποξική ρητίνη και κόπηκαν με τη χρήση ρομβοειδούς τροχοφόρου πριονιού χαμηλής ταχύτητας, σε μικροτόμο Megatome T330 (Duarte *et al.* 2005). Από τη διαδικασία αυτή, προέκυψαν λεπτές κάθετες τομές πάχους 0,50 mm, οι οποίες παρατηρήθηκαν σε στερεομικροσκόπιο NIKON SMZ18, παρουσία μικρής ποσότητας γλυκερίνης, με προσπίπτοντα φωτισμό και φωτογραφήθηκαν με ψηφιακή φωτογραφική μηχανή NIKON DS Fi3. Οι φωτογραφίες επεξεργάστηκαν στο λογισμικό Image Pro Plus (Version 4.5.0.29).

Το μήκος της πρώτης γεννητικής ωριμότητας των ατόμων *L. budegassa* ($L_{50}$), δηλαδή το μήκος κατά το οποίο το 50% των ατόμων είναι γεννητικά ώριμα (Στάδια III, IV, V), υπολογίσθηκε για το σύνολο των ατόμων που συλλέχθηκαν κατά την περίοδο αναφοράς. Για την εκτίμηση του $L_{50}$, χρησιμοποιήθηκε η λογιστική καμπύλη P = 100/ 1+exp[ a+b TL] (Pope et al. 1975), όπου P = το ποσοστό των ώριμων ατόμων σε συνάρτηση με την κατηγορία μεγέθους (TL) και a και b = συγκεκριμένες παράμετροι που μπορούν να αλλάξουν κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής.

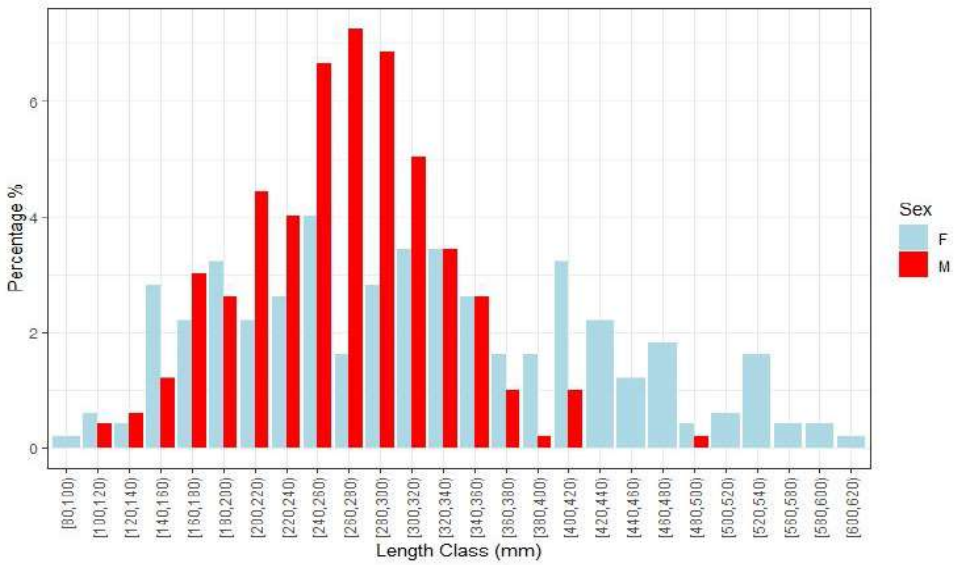
Όλες οι στατιστικές αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον της γλώσσας R και στο λογισμικό StatPoint STATGRAPHICS Centurion XVI.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Για τις ανάγκες αυτής της μελέτης συλλέχθηκαν συνολικά 479 άτομα του είδους *L. budegassa* σε διαφορετικές περιοχές του Βορείου Αιγαίου.

Το ολικό μήκος (TL) των ατόμων *L. budegassa* κυμάνθηκε από 89 έως 614 mm, με τα περισσότερα άτομα να εμφανίζονται στις κλάσεις μήκους 270-289 mm και 240-260 mm για τα αρσενικά και τα θηλυκά αντίστοιχα (Εικόνα 2). Το μέγιστο μήκος στα θηλυκά άτομα ήταν 610 mm, ενώ αντίστοιχα στα αρσενικά 480 mm. Τα αποτελέσματα αυτά έρχονται σε συμφωνία με παλαιότερες μελέτες που αναφέρουν ότι το

μέσο μέγεθος των θηλυκών *L. budegassa* είναι μεγαλύτερο από αυτό των αρσενικών ατόμων (Carlucci *et al.* 2009).



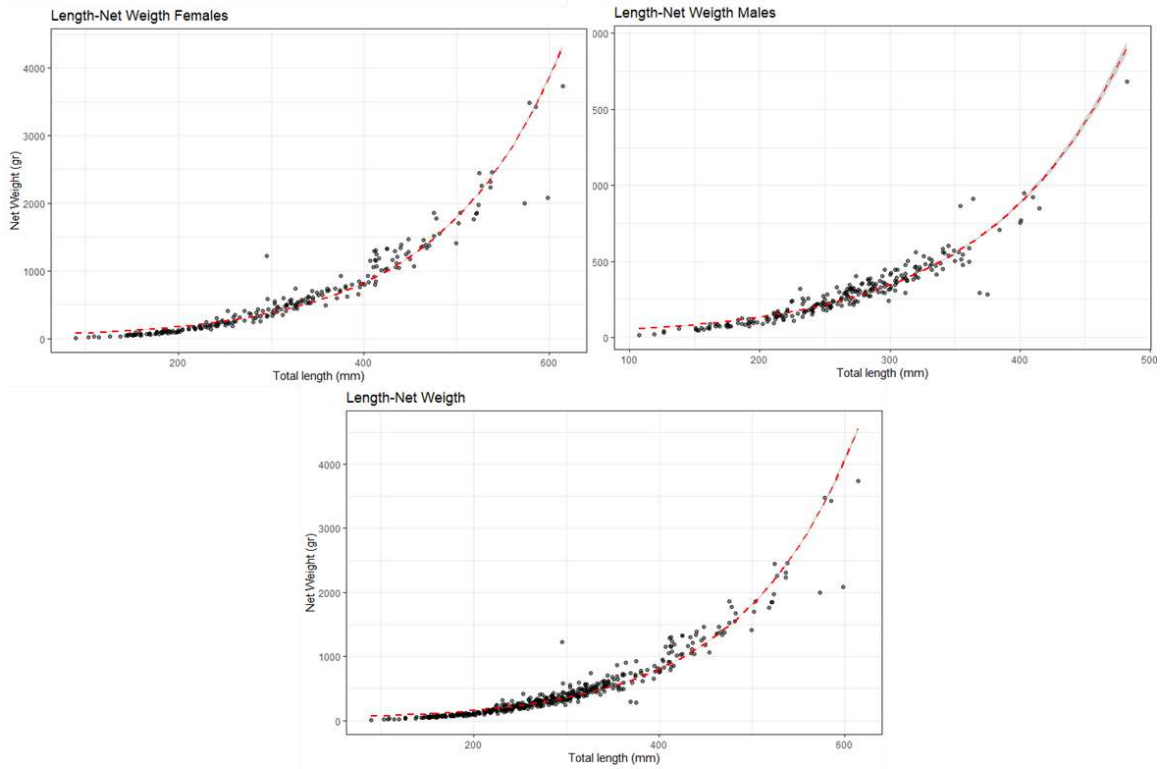

**Εικόνα 2: Κατά μήκος σύνθεση θηλυκών και αρσενικών ατόμων *L. budegassa* κατά την περίοδο αναφοράς στο Β. Αιγαίο.**
**Figure 2: Length-frequency distribution females and males of *L. budegassa* during the reference period in N. Aegean Sea.**

Από την σύγκριση των Σχέσεων Μήκους - Καθαρού Βάρους του είδους *L. budegassa*, για τα δύο φύλα, προέκυψε πως τόσο η παράμετρος a, όσο και η παράμετρος b διαφέρουν στατιστικά σημαντικά μεταξύ των δύο φύλων παρουσιάζοντας τιμές p<0,001 και p=0,0011 αντίστοιχα. Η ανάλυση της σχέσης Μήκους - Καθαρού Βάρους για το κάθε φύλο ξεχωριστά αλλά και συνολικά για τα δύο φύλα έδειξε ότι οι τιμές της παραμέτρου b (Πίνακας Ι) παρουσιάζουν στατιστικά σημαντική διαφορά από την τιμή 3 (p=0,001). Το γεγονός αυτό υποδηλώνει αρνητική αλλομετρική αύξηση (Le Cren 1951).

**Πίνακας 1:Σχέσεις Μήκους - Καθαρού Βάρους του είδους *L. budegassa* κατά τα έτη 2020-2021 στο Β. Αιγαίο. Όπου N: αριθμός ατόμων, $TL_{min}$ και $TL_{max}$: Ελάχιστο και μέγιστο ολικό μήκος (σε mm) αντίστοιχα, a και b: παράμετροι της εξίσωσης SE(b): τυπικό σφάλμα του b, $r^2$: συντελεστής προσδιορισμού, A(-): αρνητική αλλομετρία.**
**Table 2: Length - Net Weight Relationships of *L. budegassa* during the years 2020-2021 in N. Aegean Sea. Where N: number of individuals, TLmin and TLmax: Minimum and maximum total length (in mm) respectively, a and b: parameters of the equation SE(b): standard error of b, $r^2$: coefficient of determination, A(-): negative allometry.**

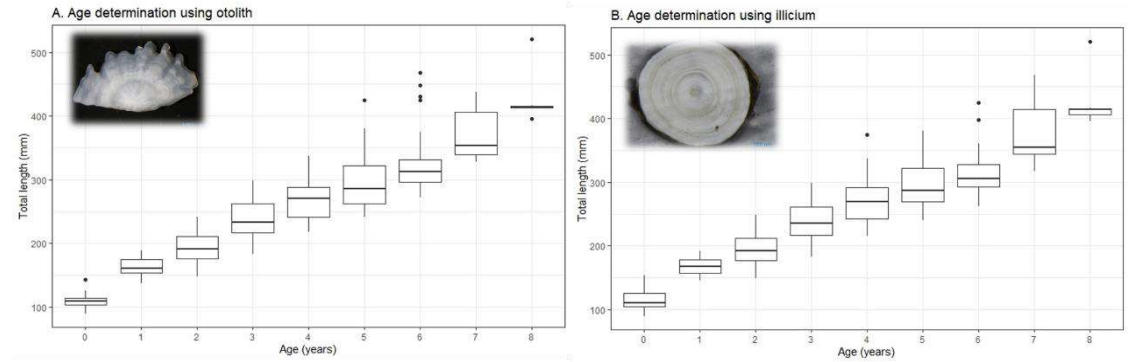
| Sex | N | $TL_{min}$-$TL_{max}$ | a | b | SE(b) | $r^2$ | Allometry |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| M | 251 | 107-482 | 0,000038 | 2.78943* | 0,034037 | 0,9643 | A(-) |
| F | 236 | 89-614 | 0,0000199 | 2.915* | 0,019699 | 0,9894 | A(-) |
| Total | 487 | 89-614 | 0,0000217 | 2.8945* | 0,017895 | 0,9818 | A(-) |

Παρόμοια αποτελέσματα δείχνουν και οι Σχέσεις Μήκους - Καθαρού Βάρους, για κάθε φύλο ξεχωριστά συνολικά για τα δύο φύλα (Εικόνα 3). Συγκεκριμένα, παρατηρείται μικρή διαφορά στο ρυθμός αύξησης του είδους μεταξύ των δύο φύλλων, με τα θηλυκά να εμφανίζουν το μεγαλύτερο ρυθμός αύξησης.



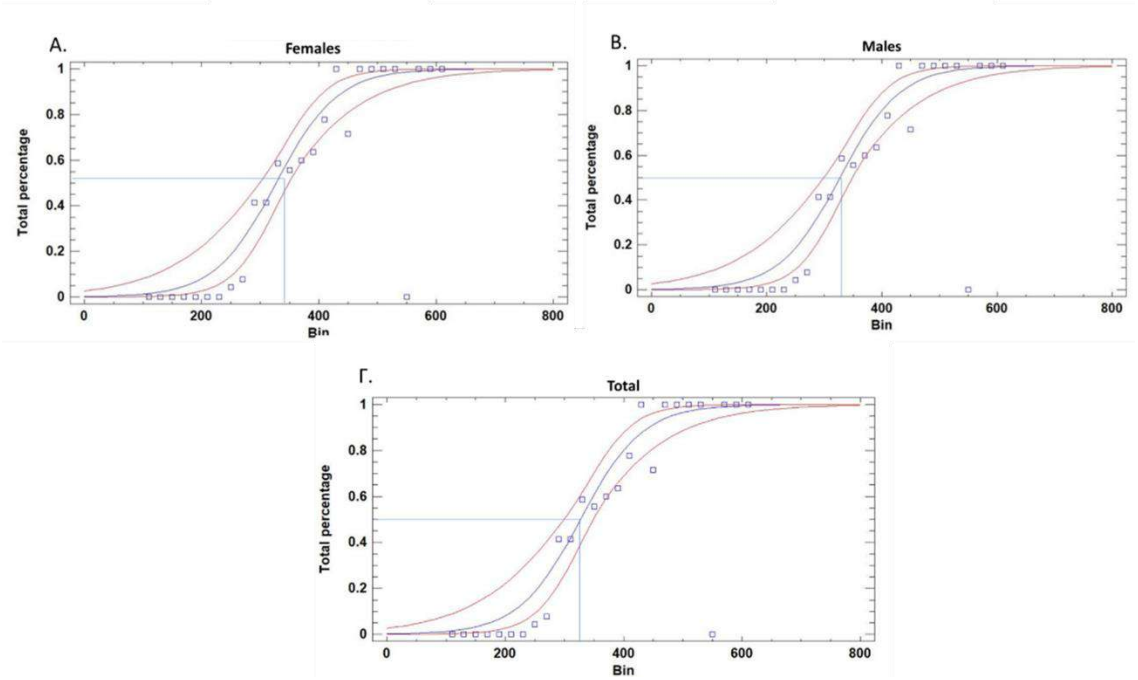

**Εικόνα 3: Σχέσεις Μήκους - Καθαρού Βάρους για Α. τα θηλυκά άτομα, Β. τα αρσενικά και Γ. το σύνολο των ατόμων του είδους L. budegassa στο Β. Αιγαίο.**
**Figure 3: Length - Net Weight relationships for A. females, B. males and Γ. total individuals L. budegassa in N. Aegean.**

Η εκτίμηση της ηλικίας πραγματοποιήθηκε, χρησιμοποιώντας ωτόλιθους και λοφία, από 323 άτομα *L. budegassa.* Η απόρριψη των υπολοίπων ατόμων οφείλεται είτε στο μικρό μέγεθος τους και επομένως δεν ήταν εφικτή η ανάγνωση της ηλικίας, είτε γιατί οι ωτόλιθοι ήταν κρυσταλλικοί ή έφεραν δομές πάνω στην επιφάνεια τους που δυσχεραίναν την ανάγνωσή τους. Κυρίαρχη ηλικιακή κλάση, και στις δύο περιπτώσεις, είναι η ηλικία 4, ενώ υψηλά ποσοστά εμφάνισαν και οι ηλικίες 3 έως 6 (Εικόνα 4 Α & Β). Από την ανάλυση των δεδομένων παρατηρήθηκε ότι από το δείγμα υπάρχει απουσία μεγάλων ατόμων, γεγονός που έρχεται σε συμφωνία με τους Carlucci *et al.* (2009), καθώς τα άτομα αυτά, είναι δύσκολο να αλιευτούν από τα υπάρχοντα αλιευτικά εργαλεία, λόγω του ότι διαβιούν σε μεγάλα βάθη και σε περιοχές όπου απαγορεύεται η αλιεία.




**Εικόνα 4: Θηκόγραμμα μέσου ολικού μήκους ανά ηλικία για το σύνολο των ατόμων του είδους L. budegassa στο Β. Αιγαίο (όρια εμπιστοσύνης 95%). Η εκτίμηση της ηλικίας έγινε με τη χρήση Α. ωτόλιθων και Β. λοφίων.**
**Figure 4: Boxplots of the mean total length for each age of L. budegassa in N. Aegean (95% confidence intervals). The age determination caried out using A. otoliths and B. illicium.**

Ο προσδιορισμός του ολικού μήκους των ατόμων κατά την πρώτη τους γενετική ωρίμανση ($L_{50}$) είναι σημαντική πληροφορία για την ανάπτυξη και εφαρμογή διαχειριστικών σχεδίων για την προστασία και ανάκαμψη των ιχθυοαποθεμάτων (Pope *et al.* 1975). Το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης για το είδους *L. budegassa* στο Β. Αιγαίο υπολογίστηκε για τα αναπαραγωγικά άτομα, για κάθε φύλο ξεχωριστά και συνολικά για τα δύο φύλα. Το $L_{50}$ των θηλυκών προσδιορίστηκε στα 352 mm, των αρσενικών 295 mm και για το σύνολο των δειγμάτων στα 327 mm (Εικόνα 5 Α, Β & Γ). Σε προηγούμενες μελέτες καταγράφηκαν τιμές 240 mm και 340 mm για τα αρσενικά και τα θηλυκά, αντίστοιχα στο Αιγαίο Πέλαγος (Tsimenidis & Ondrias 1980). Αυτές οι διαφορές θα μπορούσαν να σχετίζονται με περιβαλλοντικούς (π.χ. ωκεανογραφία και τοπογραφία βυθού) και ανθρωπογενείς παράγοντες (π.χ. υπεραλίευση) που ασκούν πίεση στο απόθεμα (Ungaro *et al* 2002).




**Εικόνα 5: Ποσοστό (%) ώριμων Α. θηλυκών ατόμων, Β. αρσενικών ατόμων και Γ. του συνόλου των ατόμων L. budegassa στην περιοχή του Β. Αιγαίου, στην παρούσα μελέτη.**
**Figure 5: Percentage (%) of mature A. females, B. males and C. of the total individuals L. budegassa, by size class in the N. Aegean, in the present study.**

Όπως ήδη αναφέρθηκε, σε πολλές ευρωπαϊκές χώρες, η εκτίμηση της ηλικίας του είδους *L. budegassa* γίνεται αποκλειστικά με χρήση των λοφίων (Landa et al. 2008, Brophy et al. 2021). Στην παρούσα μελέτη η εκτίμηση της ηλικίας έγινε με τη χρήση και των δύο δομών. Σε μελλοντικό χρόνο και μετά από τις κατάλληλες διεργασίες και τη συλλογή των απαραίτητων δειγμάτων, θα πραγματοποιηθεί σύγκριση των δύο μεθόδων έτσι ώστε να επιλεχθεί η καταλληλότερη.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του έργου «Εθνικό Πρόγραμμα Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων 2020-2011». Το έργο αυτό χρηματοδοτείται από το ΕΣΠΑ 2020-2021.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Brophy D, Pérez-Mayol S, Duncan R, Hüssy K, Geffen, AJ, Gerritsen HD, Morales-Nin B (2021) Elemental composition of illicia and otoliths and their potential application to age validation in white anglerfish (*Lophius piscatorius* linnaeus, 1758). Estuarine, Coastal and Shelf Science, 261

Carlucci R, Capezzuto F, Maiorano P, Sion L, D'Onghia G (2009) Distribution, population structure and dynamics of the black anglerfish (*Lophius budegassa*) (Spinola, 1987) in the Eastern Mediterranean Sea. Fisheries Research, 95, 1, 76-87

Crozier WW (1989) Age and growth of angler-fish (*Lophius piscatorius* L.) in the north Irish Sea. Fisheries Research, 7: 267 –278

Duarte R, Azevedo M. Landa J and Pereda P (2001) Reproduction of anglerfish (*Lophius budegassa* Spinola and *Lophius piscatorius* Linnaeus) from the Atlantic Iberian coast. Fisheries Research, 51: 349–361
Duarte et al 2005_Angler illicia-otolith ageing WK_ICES
Dupouy H, Pajo, R and Kergoat B (1986) E´tude de la croissance des baudroies, *Lophius piscatorius* et *L. budegassa*, de L'Atlantique nord-est obtenue a` partir de l´ illicium. Revue des Travaux de l'Institut des Peches Maritimes, 48: 107–131
Koutrakis ET and Tsikliras AC (2003) Length-weight relationships of fishes from three northern Aegean estuarine systems (Greece) Journal of Applied Ichthyology, 19:258-269
Farina AC, Duarte RAM, Landa J, Quincoces I, S´ anchez JA (2004) Multiple stock identification approaches of Anglerfish (*Lophius piscatorius* and *L. budegassa*) in Western and Southern European Waters. ICES Document CM 2004/EE, p. 25
Froese R, Winker H, Coro G, Demirel N, Tsikliras AC, Dimarchopoulou D et al. (2018) Status and rebuilding of European fisheries. Mar. Pol. 93, 159-170
Froese R and Pauly D (Eds) (2022) FishBase World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (02/2022)
ICES 2005 Report of the Anglerfish Illicia/Otoliths Ageing Workshop IPIMAR Lisbon, Portugal 8-12 November 2004, ICES Planning Group on Commercial Catch, Discards and Biological Sampling p. 118
ICES 2011 Report of the Anglerfish *(Lophius piscatorius*) Illicia and Otoliths Exchange 2011. ICES Planning Group on Commercial Catch, Discards and Biological Sampling
La Mesa M and De Rossi F (2008) Early life history of the black anglerfish *Lophius budegassa* Spinola, 1807 in the Mediterranean Sea using otolith microstructure. Fish. Res., 93(1-2): 234-239.
Landa J, Pereda P, Duarte R and Azevedo M (2001) Growth of anglerfish (*Lophius piscatorius* and *L. budegassa*) in Atlantic Iberian waters. Fisheries Research. 51: 363–379
Landa J, Duarte R and Quincoces I (2007) Growth of white anglerfish (*Lophius piscatorius*) tagged in the Northeast Atlantic, and a review of age studies on anglerfish. – ICES Journal of Marine Science, 65: 72–80
Le Cren CD (1951) The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in perch, Perca fluviatilis. Journal of Animal Ecology, 20, 201-219
Mytilineou C, Politou CY, Papaconstantinou C, Kavadas S, D'Onghia G, Sion L (2005) Deep-water fish fauna in the Eastern Ionian Sea. Belgian Journal of Zoology 135(2): 229-233
Peronnet I, Dupouy H, Rivoalen JJ, and Kergoat B (1992) Techniques de lecture d'age a partir des rayone epineux de la nageoire caudale pour la Cardine, *Lepidorhombus wiffiagonis*, et a partir des sections d'illicium pour les baudroies*, Lophius piscatorius* et *Lophius budegassa*. In Tissus durs et age individuel des Verte´bre´s, pp. 307–324
Şenbahar MA and Özaydin O (2020) Age and growth of black-bellied anglerfish *Lophius budegassa* (Spinola,1807) from the central Aegean Sea, Turkey. Croatian Journal of Fisheries, 2020, 78: 45-51
Tsimenidis NC, Ondrias JC (1980) Growth studies on the angler-fishes *Lophius piscatorius* L., 1758 and *Lophius budegassa* Spinola, 1807 in Greek waters. Thalassographica 3(2): 63–94
Tsimenidis NC (1984) The growth pattern of otoliths of *Lophius piscatorius* L., 1758 and *Lophius budegassa* Spinola, 1807 in the Aegean Sea. Cybium, 8: 35-42
Ungaro N, Marano G, Auteri R, Voliani A, Massutí E, García-Rodríguez M, Osmani K. Distribution, abundance and biological features of anglerfish (Lophius piscatoirus and Lophhius budegassa) (Osteichthyes: Lphiiformes) in the Mediterranean Sea. 66 (Suppl. 2): 55-63
Woodroffe DA, Wright PJ and Gordon JDM (2003) Verification of annual increment formation in the white anglerfish, *Lophius piscatorius* using the illicia and sagitta otoliths. Fisheries Research, 60: 345–356.
Wright PJ, Woodroffe DA, Gibb FM and Gordon JDM (2002) Verification of the first annulus formation in the illicia and otoliths of white anglerfish, *Lophius piscatorius* using otolith microstructure. ICES Journal of Marine Science, 59: 587.

# Καταγραφή της αλιευτικής δραστηριότητας στον Αμβρακικό κόλπο

**Χαρά Ιωάννου, Δημήτριος Κ. Μουτόπουλος**
Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, dmoutopo@upatras.gr

## ABSTRACT

**Chara Ioannou, Dimitrios K. Moutopoulos: Description of fishing activity in Amvrakikos Gulf**

The purpose of the present study is to describe the professional small-scale fisheries in Amvrakikos Gulf through in-situ interviews with the professional fishers. The analysis of the questionnaires showed that coastal fishing: (a) is a traditional and a personal affair (no crew) profession, (b) practiced by low education level people, (c) characterized as an intensive daily fishing activity (240 days a year) with professionals fully dependent on fishing (>75%), (d) characterized by a reduction of the maximum fisheries landings by 69.3% during the last 30 years and (e) competing for space and fish stocks with other anthropogenic activities (recreational fishery, aquaculture) and marine organisms (cetaceans, monk seal seas and sea turtles). The fishers participated in the survey, ranked in order of importance, the competitiveness of the fishing activity as follows: illegal fishing > recreational fishing > fish farming.

**Keywords:** Small-scale fishery, fisher knowledge, Mediterranean

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αλιευτική δραστηριότητα στον Αμβρακικό κόλπο αποτελεί μια παραδοσιακή εκμετάλλευση βασισμένη στις εποχιακά μεταναστευτικές κινήσεις των ειδών ψαριών από/προς τη θάλασσα και τον κόλπο (Καραγκίτσου & Βασιλοπούλου 2003), όπου λόγω της μειωμένης αλατότητας και των αφθονίας των θρεπτικών αλάτων μέσα στον κόλπο παρατηρείται η προσέλκυση μεγάλου αριθμού ψαριών, κυρίως γόνου από το Ιόνιο (Ανώνυμος 1989, 2008). Μέσα στον κόλπο επιτρέπεται η χρήση μόνο παράκτιων αλιευτικών εργαλείων, καθώς σύμφωνα με το Βασιλικό Διάταγμα 23.3/8-4-53 (ΦΕΚ Α' 81 19530508) απαγορεύεται ολόκληρο το έτος η αλιεία στον κόλπο με εργαλεία της ανοικτής θάλασσας (μηχανότρατες και γρι-γρι). Τα τελευταία 20 χρόνια, η αλιεία στον κόλπο αντιμετωπίζει βαθμιαία αυξανόμενα προβλήματα που σχετίζονται με τη μείωση των αποθεμάτων ορισμένων ειδών (Ανώνυμος 2008), τη χωρική εξάπλωση του ανοξικού/υποξικού στρώματος (Ferentinos *et al.* 2010), τον αυξημένο ανταγωνισμό με είδη της θαλάσσιας μεγαπανίδας (δελφίνια, θαλάσσιες χελώνες, ελασμοβράγχια) (Gonzalvo *et al.* 2015) και της υπερπληθώρας των ανθρωπογενών παρεμβάσεων (ρύπανση, και εξάπλωση των μονάδων ιχθυοκαλλιεργειών) (Ανώνυμος 2008). Στην παρούσα μελέτη επιχειρείται, μέσω συνεντεύξεων, αφενός μεν μια προσπάθεια σκιαγράφησης της αλιευτικής δραστηριότητας στον κόλπο και του προφίλ του επαγγελματία αλιέα, αφετέρου η ανάπτυξη μιας τυπολογίας των προβλημάτων κατά την άσκηση της αλιευτικής δραστηριότητας.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

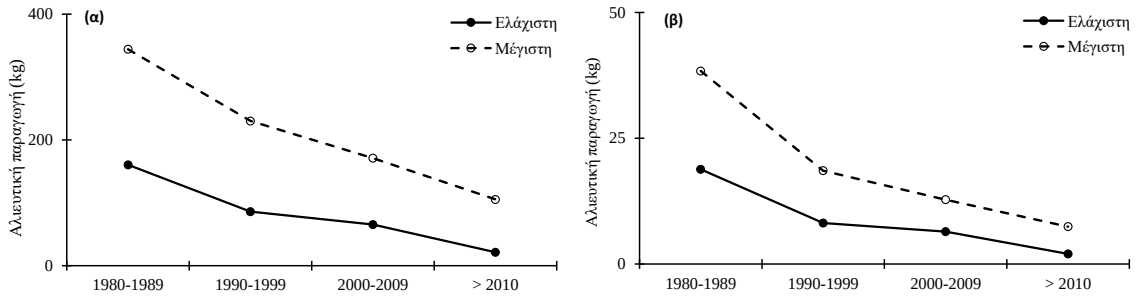
Η έρευνα διεξάχθηκε από τον Φεβρουάριο έως τον Σεπτέμβριο 2018 σε επαγγελματίες ψαράδες της περιοχής με κριτήριο επιλογής την αποκλειστική τους ενασχόληση μέσα στον Αμβρακικό. Οι περιοχές διεξαγωγής των συνεντεύξεων ήταν η Βόνιτσα, η Πρέβεζα, η Κορωνησία Άρτας, τα Παλιάμπελα Βόνιτσας και το Μενίδι, που αποτελούν τα πιο σημαντικά αλιευτικά κέντρα του Αμβρακικού αναφορικά με τον όγκο των σκαφών και των αλιέων (Ανώνυμος 2008). Στην έρευνα χρησιμοποιήθηκε ειδικά σχεδιασμένο ερωτηματολόγιο το οποίο περιλάμβανε 4 άξονες ερωτήσεων: (α) εξάρτηση από την αλιεία, (β) αλιευτικές ενασχολήσεις, (γ) ανταγωνιστικές σχέσεις και (δ) δημογραφικά χαρακτηριστικά. Κατά τη διάρκεια εκπόνησης της έρευνας, τηρήθηκαν οι κανόνες ηθικής και δεοντολογίας, η συμμετοχή των αλιέων ήταν εθελοντική και η συμπλήρωση του ερωτηματολογίου ανώνυμη. Η ανάλυση των απαντήσεων έγινε με την εκτίμηση της συχνότητας των απαντήσεων ανά ερώτημα σε όλο το δείγμα της έρευνας. Όλες οι αναλύσεις έγιναν με το στατιστικό πακέτο BM SPSS Statistics 27.0.1.0 (SPSS 2020).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην έρευνα έλαβαν μέρος συνολικά 54 αλιείς, όλοι άνδρες, με μέση ηλικία τα 52,5 έτη (Τυπική Απόκλιση, ΤΑ=12,04). Οι περισσότεροι (46,2%) ήταν απόφοιτοι δημοτικού ή απόφοιτοι γυμνασίου – λυκείου (44,2%) και το 9,6% απόφοιτοι ΑΕΙ. Περισσότερο από το 75% των επαγγελματιών εξαρτάται απόλυτα από την αλιεία, χωρίς να έχουν κάποια άλλη παράλληλη απασχόληση. Σχεδόν οι μισοί

συμμετέχοντες αλιείς είχαν πατέρα επαγγελματία αλιέα (44,2%), ενώ στο 28,8% ήταν αγρότης. Παρόλο που οι συμμετέχοντες είχαν κατά μέσο όρο από 2 παιδιά, μόνο στο 14% των αλιέων ένα παιδί τους ασχολείται με την αλιεία επαγγελματικά. Το έτος έναρξης της αλιευτικής ενασχόλησης κυμάνθηκε από το 1950 έως και το 2015, με μέσο χρόνο απασχόλησης τα 30 περίπου έτη (ΤΑ = 14,60 έτη). Το μήκος των σκαφών που έχουν στην κατοχή τους οι συμμετέχοντες κυμάνθηκε από 4,2 m έως 11,5 m (μέσο μήκος 7,1 m και ΤΑ = 1,44) με μέση ιπποδύναμη 26, 9 ίππους (ΤΑ = 28,4) και εύρος από 8 έως 130 ίππους. Το έτος κατασκευής των σκαφών κυμάνθηκε από 7 έως 80 έτη με την πλειοψηφία να έχει κατασκευαστεί προ 30ετίας. Η πλειονότητα των συμμετεχόντων δεν έχει επιπλέον πλήρωμα (63,0%), ενώ για τους υπόλοιπους αλιείς που έχουν πλήρωμα αυτό κυρίως αποτελείται από τα αδέρφια ή τις γυναίκες των αλιέων, ενώ ελάχιστοι από τους ερωτηθέντες είχαν τους γιούς τους.

Σε συντριπτικό ποσοστό (88,9%) οι επαγγελματίες αλιείς δήλωσαν πως χρησιμοποιούν μανωμένα δίχτυα, ενώ σε λίγο μικρότερο ποσοστό (75,0%) χρησιμοποιούνται τα απλάδια. Μόλις το 10%-15% των αλιέων χρησιμοποιούν παραγάδια, ενώ τα άλλα εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι το καμάκι, η πετονιά και η συρτή – κοφίνια. Ο ετήσιος αριθμός ημερών αλιείας μεταβάλλονταν μεταξύ των δεκαετιών. Ειδικότερα, η μέση ετήσια απασχόληση αυξήθηκε την τελευταία 40ετία, από 220 ημέρες (τη δεκαετία 1980-1989), σε 248 περίπου ημέρες τη δεκαετία 2010-2019. Αντίθετα, ήταν εμφανής η μείωση της μέγιστης δηλωθείσας ποσότητας των εμπορικών και των απορριπτόμενων αλιευμάτων, οι οποίες βαθμιαία μειώνονταν κατά 69,3% και 80,6%, αντίστοιχα τα τελευταία 30 έτη (Εικόνα 1). Η μείωση αυτή ήταν περισσότερο έντονη στις δεκαετίες 1990-1999 και 2010-2019 και περισσότερο στα απορριπτόμενα από ότι στα εμπορικά αλιεύματα (Εικόνα 1). Αναφορικά με τη σύνθεση του αλιεύματος (Πίνακας 1), 11 εμπορικά είδη μετέχουν στο μεγαλύτερο ποσοστό του αλιεύματος των επαγγελματιών αλιέων του Αμβρακικού κόλπου, με τους περισσότερους αλιείς να στοχεύουν στη γαρίδα (73,4%) και σε μικρότερο βαθμό στη(ν) γλώσσα (29,7%), κουτσομούρα (25,5%), σουπιά (20,7%), τσιπούρα (18,9%) και μουρμούρα (18,9%). Τα απορριπτόμενα είδη αποτελούνταν κυρίως από τις φρίσσες, τις ράγιες (60%) και σε μικρότερο βαθμό τον μπαλά (40%), τα καβούρια (20%), τα σαλάχια (5%-20%), τον γαύρο (10%-30%) και τον σπάρο (10%-30%). Στα είδη που θεωρούνται ότι έχουν «εξαφανισθεί» από το αλίευμα του Αμβρακικού κόλπου, κυριαρχεί η απουσία μεγάλων σε μεγέθη ειδών, όπως τα μαγιάτικα, το γοφάρι, ο μπαλάς και τα ροφοειδή, αλλά και ελασμοβράγχιων όπως τα μικρά καρχαριοειδή και οι ράγιες (Πίνακας 2). Οι περισσότερες από τις «εξαφανίσεις» των εμπορικών ειδών θεωρούνταν ότι έλαβαν χώρα τη δεκαετία του 1990. Σημαντικό στοιχείο είναι το γεγονός ότι μετά το 2013 οι αλιείς παρατηρήσαν αύξηση της ποσότητας του φαγκριού.




**Εικόνα 1: Μέγιστη και ελάχιστη ημερήσια αλιευτική εκφόρτωση (σε kg) ανά αλιέα των: (α) εμπορικών και (β) απορριπτόμενων αλιευμάτων από το 1980 ανά δεκαετία.**
**Figure 1: Maximum and minimum daily fisheries landings (in kg) per fisher for: (a) commercial and (b) discarded catches since 1980 per decade.**

Οι περισσότεροι αλιείς ανέφεραν ότι υπάρχει μεγάλος ανταγωνισμός με την παράνομη αλιεία πρωτίστως για οικονομικούς λόγους (98,1%), αποθέματος (98,1%) και χώρου (87,0%). Με την ίδια συχνότητα οι αλιείς δήλωσαν σημαντικό ανταγωνισμό με την ερασιτεχνική αλιεία, για λόγους οικονομικούς (94,4%) και ανταγωνισμού αποθέματος (98,1%) και σε μικρότερο βαθμό λόγο έλλειψης χώρου (81,5%). Σε αντίθεση με τα παραπάνω, ο ανταγωνισμός της παράκτιας αλιείας με τις μονάδες ιχθυοκαλλιεργειών ήταν κυρίως λόγω αποθέματος (74,1%) και χώρου (73,3%) και σε μικρότερο ποσοστό λόγω οικονομίας (59,3%). Σημαντική ήταν και η αναφορά για αλληλεπίδραση με τα θαλάσσια θηλαστικά

πρωτίστως λόγω οικονομικών αιτιών (96,3%) και σε μικρότερο βαθμό λόγω στόχευσης κοινών αποθεμάτων (66,7%) και επικάλυψης χώρου (43%).

**Πίνακας 1: Μέση (και τυπική απόκλιση ΤΑ) ποσοστιαία σύνθεση του αλιεύματος των επαγγελματιών και ερασιτεχνών αλιέων, σύμφωνα με τις δηλώσεις των αλιέων που μετείχαν στην έρευνα.**
**Table 1: Mean (and standard deviation) percentage species composition for the fisheries landings from professional and recreational fishers, according to fishers' responses.**

| | Επαγγελματίες | | Ερασιτέχνες | | | Επαγγελματίες | | Ερασιτέχνες | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Είδη | Μέσο% | ΤΑ% | Μέσο% | ΤΑ% | | Μέσο | ΤΑ% | Μέσο% | ΤΑ% |
| Γαρίδα | 71,9 | 17,3 | 55,0 | 32,0 | Μουσμούλια | 15,0 | | | |
| Γαύρος | 20,3 | 7,4 | | | Μπαλάς | 40,0 | | | |
| Γλώσσες | 27,5 | 21,9 | 10,0 | | Παλαμίδα | 10,0 | | | |
| Γοφάρια | | | 32,0 | 30,3 | Ράγες | 60,0 | | | |
| Δράκενα | 10,0 | | | | Ροφοειδή | | | 70,0 | |
| Καβούρια | 20,0 | | | | Σαλάχια | 20,1 | 23,7 | | |
| Καλαμάρια | | | 28,8 | 23,1 | Σάλπες | 10,0 | | | |
| Κεφαλοειδή | | | 25,6 | 7,3 | Σαρδέλες | 60,0 | | | |
| Κεφαλόπουλα | 42,7 | 36,0 | | | Σουπιές | 23,4 | 16,5 | 70,4 | 23,8 |
| Κολιοί | | | 20,0 | | Σπάροι | 12,6 | 12,4 | 40,0 | 42,4 |
| Κουτσομούρα | 24,0 | 13,3 | 13,6 | 4,8 | Τσιπούρα | 19,1 | 17,3 | 32,3 | 24,2 |
| Λαβράκια | 12,5 | 3,5 | 15,0 | 5,5 | Φρίσσες | 69,2 | 27,5 | | |
| Μαγιάτικο | 20,0 | 14,1 | 31,8 | 23,1 | Χταπόδια | | | 10,0 | |
| Μουρμούρια | 21,4 | 15,9 | 29,0 | 25,1 | Άλλα είδη | | | 10,0 | |

**Πίνακας 2: Ποσοστιαία αλλαγή (+/-, αύξηση/μείωση) της αλιευτικής εκφόρτωσης εμπορικών ειδών τα τελευταία 60 έτη σύμφωνα με δηλώσεις των αλιέων. Έτος, είναι το έτος με τη μέγιστη αλιευτική παραγωγή.**
**Table 2: Percentage change (+/-, increase/decrease) of fisheries catches for the commercial important species during the last 60 years according to fishers' knowledge. Year, is the year of the maximum fisheries catches.**

| Κοινό είδος | % | Έτος | Κοινό είδος | % | Έτος |
|---|---|---|---|---|---|
| Μπακαλιάρος | -34,6% | 1950 | Προσφυγάκι | -1,9% | 2011 |
| Μεγάλα πελαγικά | -48,1% | 1990 | Ξιφίας | -3,8% | |
| Κολιοί | -65,4% | 1990 | Μικρά καρχαριοειδή | -80,8% | |
| Πεσκανδρίτσες | -21,2% | | Ράγιες | -80,8% | |
| Μπαλάς | -78,8% | | Μαγιάτικο | -82,7% | 2002 |
| Ροφοειδή | -61,5% | 2015 | Γοφάρι | -94,2% | 2002 |
| Σκαθάρι | -21,2% | | Φαγκρί | +73,1% | 2013 |

Το σύνολο των αλιέων δήλωσε ότι οι μηχανότρατες παρανομούν αλιεύοντας μέσα στον κόλπο, ενώ λίγο μικρότερο ποσοστό αφορούσε στην παράνομη αλιεία των παράκτιων (96%) και των ερασιτεχνών (85%) αλιέων. Μικρότερο, αλλά σημαντικό ποσοστό των αλιέων (68,5%) κρίνει πως δεν είναι σωστή η ολική απαγόρευση της μέσης αλιείας στον κόλπο που ισχύει από το 1953. Οι αλιείς εκτιμούν ότι η δραστηριότητα της παράνομης αλιείας στον κόλπο κυμαίνεται από 3 έως 12 μήνες, με την πλειοψηφία να συμφωνεί για καθημερινή παράνομη αλιεία. Αντίθετα, οι αλιείς θεωρούν ότι δεν υπάρχει παράνομη αλιεία με γρι-γρι, καθώς αυτά αντιμετωπίζουν πρόβλημα με το βάθος του κόλπου. Η μέγιστη παραγωγή του παράνομου αλιέα μπορεί να φθάσει τα 500 Kg, ενώ ο αριθμός των παράνομων αλιέων εκτιμήθηκε σύμφωνα με τις δηλώσεις μεταξύ 50 – 1.000 ατόμων. Η πλειοψηφία των αλιέων της έρευνας θεωρεί ότι η ερασιτεχνική αλιεία είναι παρούσα στην περιοχή καθημερινά (365 ημέρες/έτος) και σύμφωνα με τις δηλώσεις, οι ερασιτέχνες ψαράδες αλιεύουν ένα μεγάλο εύρος ψαριών με τη γαρίδα να αποτελεί και για τους ερασιτέχνες, όπως και για τους επαγγελματίες αλιείς, είδος-στόχο (Πίνακας 1). Άλλα είδη που αλιεύουν σε σημαντικές ποσότητες είναι οι σουπιές (15%-100%), σπάροι (10%-70%), τσιπούρες (5%-80%), ροφοειδή (70%), μαγιάτικα (5%-70%), καλαμάρια (10%-60%), κολιοί (20%), μουρμούρια (10%-70%) και κεφαλοειδή (10%-30%).

Περισσότερο από το 4/5 των ερωτηθέντων αλιέων της έρευνας (83,3%) πιστεύει πως οι ιχθυοκαλλιέργειες επηρεάζουν, αρνητικά, την αλιευτική παραγωγή. Η πρωταρχική, σύμφωνα με τις δηλώσεις των επαγγελματιών αλιέων, αρνητική επίδραση των μονάδων στην παράκτια αλιεία οφείλεται

στη θαλάσσια ρύπανση (74,1%). Άλλες αιτίες που αναφέρθηκαν από τους επαγγελματίες σε μικρότερο ποσοστό ήταν η προσέλκυση «άγριων ψαριών» γύρω από τα κλουβιά (6,9%), η υπερσυγκέντρωση των μονάδων γύρω από ένα περιορισμένο χώρο στο στόμιο του κόλπου δημιουργώντας πρόβλημα κατά την άσκηση της αλιείας (6,9%), ο ανταγωνισμός των τιμών των ψαριών της ιχθυοκαλλιέργειας με τις αντίστοιχες των παράκτιων ειδών (5,2%), η παράνομη αλιεία «άγριων ψαριών» από τις μονάδες (3,4%) και το ότι τα φώτα των μονάδων απομακρύνουν τα ψάρια από την περιοχή (3,4%). Οι αλιείς δήλωσαν, επίσης, ως έμμεση επίδραση των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας τις ατυχηματικού τύπου διαφυγές από τις μονάδες. Το σύνολο των ερωτηθέντων (100%) έχει παρατηρήσει στα αλιεύματά του άτομα τσιπούρας ιχθυοκαλλιέργειας, σε ποσοστό που προσεγγίζει το 30% του συνολικού αλιεύματος, αλλά και φαγκριού, ιδιαίτερα μετά το 2013.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι δηλώσεις των επαγγελματιών αλιέων του Αμβρακικού κόλπου έδειξε ότι η παράκτια αλιεία: (α) αποτελεί ένα παραδοσιακό επάγγελμα που αποτελεί προσωπική υπόθεση (απουσία πληρώματος), (β) ασκείται από άτομα χαμηλού μορφωτικού επιπέδου (βασικής εκπαίδευσης), (γ) χαρακτηρίζεται ως εντατική καθημερινή αλιευτική δραστηριότητα (κατά μέσο όρο 240 ημέρες το χρόνο) με επαγγελματίες πλήρως εξαρτώμενους από την αλιεία (>75%), (δ) χαρακτηρίζεται από τη μείωση της μέγιστης δηλωθείσας ποσότητας των αλιευμάτων κατά 69,3% τα τελευταία 30 έτη και (ε) ανταγωνίζεται για χώρο και απόθεμα άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες (ερασιτέχνες αλιείς, υδατοκαλλιέργειες) και θαλάσσιους οργανισμούς (κητώδη και θαλάσσιες χελώνες).

Το χαμηλό μορφωτικό επίπεδο μεγάλου ποσοστού των επαγγελματιών αλιέων αναδεικνύει την εγγενή έλλειψη οργάνωσης της επαγγελματικής αλιείας, η οποία έχει ως αποτέλεσμα την έλλειψη συμμετοχής των άμεσα ενδιαφερομένων στις αποφάσεις των αλιευτικών ζητημάτων. Σημαντικό ζήτημα που, επίσης, δυσχεραίνει στη λήψη διαχειριστικών προτάσεων αποτελεί το γεγονός της γήρανσης του επαγγέλματος και της απουσίας εισόδου νέων ηλικιακά επαγγελματιών αλιέων (Gonzalvo *et al.* 2015). Αν και ένα 44,2% των αλιέων της έρευνας ακολούθησε το επάγγελμα του πατέρα του, μόνο το 15,0% των παιδιών του ασχολείται επαγγελματικά με την αλιεία. Το γεγονός αυτό οφείλεται, σύμφωνα με τις δηλώσεις των αλιέων, στην απουσία κινήτρων για την αλιεία.

Η ένταση της αλιείας, σύμφωνα με τις δηλώσεις των επαγγελματιών (περίπου 240 ημέρες αλιείας, ετησίως) βρίσκεται στο πλαίσιο της αλιευτικής δραστηριότητας εξαρτώμενων από την αλιεία περιοχών (220-240 ημέρες: Tzanatos *et al.* 2005) αναδεικνύοντας τον αλιευτικό χαρακτήρα της περιοχής. Οι ενασχολήσεις των αλιέων επιβεβαίωσαν τον πολύ-ειδικό και πολύ-εργαλειακό χαρακτήρα της παράκτιας αλιείας στην Ελλάδα, όπου τα δίχτυα αποτελούν το βασικό εργαλείο της παράκτιας αλιείας (Tzanatos *et al.* 2005). Τα είδη-στόχοι των αλιέων είναι τα χαρακτηριστικά είδη της περιοχής (Κέντρου 2005), όπως η γαρίδα, η σαρδέλα, η γλώσσα και η κουτσομούρα, ενώ δήλωσαν σε σημαντικό ποσοστό την αλιεία ειδών, των οποίων τα αλιεύματα είχαν μειωθεί τις προηγούμενες δεκαετίες, όπως τα μουρμούρια (18,9%) και τα χταπόδια (10,0%). Επίσης, οι αλιείς της έρευνας δεν ανέφεραν την παρουσία στα αλιεύματά τους ειδών όπως η μένουλα και το καλαμάρι, τα οποία αποτελούσαν χαρακτηριστικά είδη μέχρι τα μέσα της δεκαετίας του 1980 (Κέντρου 2005), αλλά στη συνέχεια οι παραγωγές τους είχαν σημαντικά μειωθεί, στοιχείο που επιβεβαιώνεται και από τις δηλώσεις των αλιέων. Σύμφωνα με στοιχεία της Διεύθυνσης Αλιείας Πρεβέζης, αλλά και από μαρτυρίες επαγγελματιών αλιέων την τελευταία δεκαπενταετία παρατηρείται μια σαφής μείωση των αποθεμάτων των βενθοπελαγικών ειδών, ενώ αντίθετα τα πελαγικά είδη εμφανίζουν μια σχετική σταθερότητα. Ειδικότερα, παρατηρήθηκε μια σταδιακή αύξηση της βιομάζας του γαύρου, ενώ αυτή της σαρδέλας παρουσιάζει διακύμανση (2013-2015: Σταματάς και συν. 2016), που πιθανά.

Οι αλιείς της έρευνας κατέταξαν, κατά σειρά σημαντικότητας, τις ανταγωνιστικές σχέσεις της παράκτιας αλιείας με άλλες ανθρωπογενείς δραστηριότητες ως ακόλουθα: παράνομη αλιεία > ερασιτεχνική αλιεία > μονάδες ιχθυοκαλλιεργειών. Η παράνομη αλιεία αποτελεί ένα σημαντικό πρόβλημα της παράκτιας αλιείας και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας που παρουσιάζουν έντονη συγκέντρωση διαφορετικών τύπων αλιείας τόσο στην ηπειρωτική χώρα όσο και στις νησιωτικές περιοχές (Moutopoulos *et al.* 2016). Επίσης, η παράκτια αλιεία δέχεται πιέσεις τόσο από την υποβάθμιση του οικοσυστήματος στη θάλασσα όσο και από τις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις και τις δραστηριότητες στην παράκτια ζώνη (Ανώνυμος 2008). Η εμφανής μείωση της αλιευτικής παραγωγής τις τελευταίες δυο δεκαετίες, όπως, επίσης και η απουσία ειδών με μεγάλα μεγέθη αλλά και μεγάλων μεγεθών ψαριών των

άλλων ειδών (Πίνακας 2), μπορεί να αποδοθεί και στη γενικότερη υποβάθμιση του οικοσυστήματος, λόγω αύξησης των ανοξικών στρωμάτων, ιδιαίτερα σε ένα ημίκλειστο σύστημα όπως ο Αμβρακικός κόλπος. Τα στοιχεία αυτά αναδεικνύουν την αναγκαιότητα θέσπισης μέτρων προστασίας των αλιευτικών αποθεμάτων, ιδιαίτερα στην παράκτια ζώνη, η οποία αποτελεί το βασικό ενδιαίτημα προστασίας, διατροφής και αναπαραγωγής των ψαριών. Τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας συμφωνούν με αυτά που προήλθαν από παρόμοια, προ δεκαετίας, έρευνα στην ίδια περιοχή (Gonzalvo *et al.* 2015), στην οποία οι αλιείς του Αμβρακικού δήλωσαν ομόφωνα ότι τα αλιευτικά αποθέματα της περιοχής έχουν μειωθεί σημαντικά κατά τη διάρκεια των τελευταίων δύο δεκαετιών και τάχθηκαν υπέρ της εισαγωγής μέτρων για τον περιορισμό της υποβάθμισης των υδάτων. Η σταδιακή μείωση της απορριπτόμενης ποσότητας των αλιευμάτων ιδιαίτερα μετά το 2000 οφείλεται στην αλλαγή του κανονιστικού πλαισίου, έπειτα από την εισαγωγή του πρώτου (ΕΚ 1624/1994) και δεύτερου (ΕΚ 1967/2006) Μεσογειακού κανονισμού για την αλιεία, όπου θεσπίστηκαν ελάχιστα επιτρεπόμενα μεγέθη για 16 είδη και στη συνέχεια 20 είδη ψαριών.

Τα θαλάσσια θηλαστικά, τα οποία βρίσκονται σε αφθονία στον Αμβρακικό κόλπο (Gonzalvo *et al.* 2015), ανταγωνίζονται τους παράκτιους αλιείς για κοινά αλιευτικά αποθέματα γεγονός που έχει προκαλέσει σημείο έντονης διαμάχης ανάμεσα στους παράκτιους αλιείς και τις οικολογικές οργανώσεις. Σε περιοχές εξαρτημένες από την επαγγελματική αλιεία, όπως στην περιοχή μελέτης, ιδιαίτερα σημαντική είναι και η αλιευτική πίεση που εξασκείται στους ιχθυοπληθυσμούς από την ερασιτεχνική αλιεία. Η εύκολη πρόσβαση, όπως έχει δειχθεί σε ανάλυση των καταγεγραμμένων παραβάσεων στην ελληνική επικράτεια (Moutopoulos *et al.* 2016) και το πλούσιο σε αλιεύματα οικοσύστημα συγκεντρώνουν πλήθος ερασιτεχνών αλιέων, ιδιαίτερα στην είσοδο του κόλπου, με σημαντική δραστηριότητα και παραγωγή. Η έντονη παρουσία της ερασιτεχνικής αλιείας, ιδιαίτερα σε σημεία αλιευτικής δραστηριότητας των επαγγελματιών παράκτιων αλιέων αυξάνει τον ανταγωνισμό ανάμεσα στις παραπάνω κατηγορίες αλιείας ιδιαίτερα για κοινά αποθέματα. Ταυτόχρονα, το αποτύπωμα της ερασιτεχνικής αλιείας ενδεχόμενα να είναι πολύ πιο σημαντικό από ότι θεωρείτο μέχρι σήμερα, κυρίως όσον αφορά στα είδη των ανώτερων τροφικών επιπέδων που είναι και τα πλέον ευάλωτα (Lloret *et al.* 2019).

Είναι γεγονός, σε συμφωνία με τις δηλώσεις των αλιέων, ότι η εγκατάσταση των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας στην είσοδο του κόλπου και μάλιστα μέσα στο δίαυλο επικοινωνίας με το Ιόνιο παρεμποδίζει το μεταναστευτικό κύκλο των ψαριών μέσα και έξω από τον κόλπο. Έρευνες έχουν δείξει ότι όσο πιο κοντά στην ακτή και όσο μεγαλύτερο το μέγεθος μιας μονάδας τόσο μεγαλύτερη βιομάζα και αριθμός ειδών προσελκύεται και συγκρατείται κάτω και γύρω από τους κλωβούς (Dempster *et al.* 2002). Σύμφωνα με τις δηλώσεις των αλιέων η αύξηση της συμμετοχής της τσιπούρας στα αλιεύματα της παράκτιας αλιείας του Αμβρακικού πιθανά έχει τη βάση του σε έναν «ατυχηματικό» ή μη επιδιωκόμενο εμπλουτισμό από διαφυγές και αναπαραγωγή στους ιχθυοκλωβούς λόγω αλλαγής της ηλικιακής δομής των εκτρεφόμενων πληθυσμών της εντατικής ιχθυοκαλλιέργειας του είδους (Dimitriou *et al.* 2007). Παρόμοιο πρόβλημα με την αύξηση της τσιπούρας στα αλιεύματα της παράκτιας αλιείας φαίνεται να παρουσιάζεται και με το φαγκρί, για το οποίο οι μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας έχουν εντατικοποιήσει την καλλιέργειά του τα τελευταία χρόνια και οι πρώτες ενδείξεις της επίδρασης των καλλιεργούμενων ψαριών πιθανά να έχουν αρχίσει να γίνονται ορατές στους άγριους πληθυσμούς (Cladas *et al.* 2019).

Σε μικρότερο ποσοστό από αυτό που πιστεύουν οι αλιείς ότι οι ιχθυοκαλλιέργειες επηρεάζουν αρνητικά την παραγωγή τους, θεωρούν ότι η αλιευτική απαγόρευση στον κόλπο δεν κρίνεται ως σωστή (83,3% & 68,5, αντίστοιχα). Το αποτέλεσμα αυτό ενδεχόμενα να οφείλεται στο φαινόμενο της «μετατόπισης της βάσης αναφοράς» (*Shifting the baseline*: Pauly 1995) της γνώσης των αλιέων και στον επηρεασμό των απόψεων των αλιέων από το πιο πρόσφατο συμβάν. Καθώς το σύνολο των αλιέων της έρευνας ξεκίνησε την αλιευτική δραστηριότητα μετά την απαγόρευση της αλιείας με μηχανότρατα και γρι-γρι στον κόλπο (1953), το μεγαλύτερο ποσοστό τους θεωρεί ότι οι ιχθυοκαλλιέργειες, οι οποίες πρώτο-εγκαταστάθηκαν στην περιοχή το 1988, επηρεάζουν αρνητικά την αλιευτική παραγωγή.

Καταληκτικά, στην παρούσα εργασία διερευνήθηκαν οι επιχειρησιακές τακτικές των επαγγελματιών αλιέων του Αμβρακικού κόλπου και τα προβλήματα που αντιμετωπίζουν κατά την άσκηση της αλιευτικής δραστηριότητας. Η έρευνα ήταν διερευνητική στη φύση της και προφανώς, υπάρχουν και άλλες μεταβλητές που δε συμπεριλήφθηκαν στο ερωτηματολόγιο και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν. Περαιτέρω έρευνα σε μεγαλύτερο δείγμα και σε περισσότερες περιοχές του Αμβρακικού κόλπου θα βελτιώσουν σημαντικά την εγκυρότητα των αποτελεσμάτων της παρούσας έρευνας και θα συμβάλλουν στη βελτίωση της αξιοπιστίας της καταγραφής της αλιευτικής παραγωγής

από τις ελληνικές θάλασσες και του προσδιορισμού της κατάστασης αναφοράς των αλιευτικών αποθεμάτων.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Ευχαριστούμε θερμά όλους τους επαγγελματίες αλιείς που μετείχαν στην έρευνα.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Ανώνυμος (1989) Ωκεανογραφική μελέτη Αμβρακικού κόλπου. Υ.ΠΕ.ΧΩ.ΔΕ. Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Αθήνα.

Ανώνυμος (2008) Αλιευτική δραστηριότητα στον Αμβρακικό Κόλπο: Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας 2000-2006: Μέτρο 4.4 «Ενέργειες που τίθενται σε εφαρμογή από τους επαγγελματίες». Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα.

Cladas Y, Spala K, Doudoumis V, Ketsilis-Rinis V, Batargias C, Koutsikopoulos C (2019) Presence Confirmation of Non-Native Species *Pagrus major* (Temminck and Schlegel, 1843) in the Eastern Mediterranean. Oceanography and Fisheries, 9(2): 1-2

Dempster T, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Giménez-Casalduero F, Valle C (2002) Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: spatial and short-term temporal variability. Marine Ecology Progress Series, 242: 237–252.

Dimitriou E, Katselis G, Moutopoulos DK, Akovitiotis C, Koutsikopoulos C (2007) Interactions of reared and wild gilthead sea bream stocks (*Sparus aurata*, L.) in the area of the Messolonghi lagoon (Ionian Sea, Greece). Aquaculture Research, 38: 398-408.

Ferentinos G, Papatheodorou G, Geraga M, Iatrou M, Fakiris E, Christodoulou D, Dimitriou E, Koutsikopoulos C (2010) Fjord water circulation patterns and dysoxic/anoxic conditions in a Mediterranean semi-enclosed embayment in the Amvrakikos Gulf, Greece. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 88: 473–481.

Gonzalvo J, Giovos I, Moutopoulos DK (2015) Fishermen perception on the sustainability of small-scale fisheries and dolphin-fisheries interactions in two increasingly fragile coastal ecosystems in Western Greece. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 25: 91-106.

Καραγκίτσου Η, Βασιλοπούλου Β (2003). Συμβολή στη μελέτη του ιχθυοπλαγκτού του Αμβρακικού κόλπου. Πρακτικά 11ου Πανελληνίου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, 11: 35-38.

Κέντρου Α (2005) Διαχρονικές αλλαγές και εποχικές διακυμάνσεις της αλιευτικής παραγωγής των λιμνοθαλασσών του νομού Πρέβεζας. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΠΠ Πατρών, 56 σελίδες.

Lloret J, Biton SP, Carreño, A.,…, Font T (2019) Recreational and small-scale fisheries may pose a threat to vulnerable species in coastal and offshore waters of the western Mediterranean. ICES Journal of Marine Science, 77(6): 2255-2264.

Moutopoulos DK, Prodromitis G, Mantzouni I, Koutsikopoulos C (2016) Quantifying the implementation of Common Fisheries Policy: Patterns of fisheries violations and penalties imposed in Greek

Pauly D (1995) Anecdotes and the shifting base-line syndrome of fisheries. Trends in Ecology and Evolution, 10(10): 430.

Σταματάς Σ, Μαχιάς Α, Πυρουνάκη Μ-Μ, Τσαγκαράκης Κ, Καπελώνης Ζ, Σωμαράκης Σ, Κουτσικόπουλος Κ, Γιαννουλάκη Μ (2016) Η κατανομή των πληθυσμών των μικρών πελαγικών στον Αμβρακικό κόλπο. Τι μας λένε οι ακουστικές έρευνες. 16ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, 16: 177-180.

SPSS. SPSS BASE 27.0.1.0. (2020) Applications Guide; SPSS Inc.: Chicago, IL, USA.

Tzanatos E, Dimitriou E, Katselis G, Georgiadis M, Koutsikopoulos C (2005) Composition, temporal dynamics and regional characteristics of small-scale fisheries in Greece. Fisheries Research, 73: 147-158.

Zar JH (2010). Biostatistical Analysis. 5th Edition, Prentice-Hall/Pearson, Upper Saddle River, xiii, 944 p.

# Ανάλυση χάσματος στη βιολογική πληροφορία των θαλάσσιων θηλαστικών, ερπετών και πτηνών στη Μεσόγειο Θάλασσα

**Ευάγγελος Κούφαλης, Εύα Δασκαλάκη, Αθανάσιος Τσίκληρας**
Εργαστήριο Ιχθυολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης atsik@bio.auth.gr

## ABSTRACT

**Evangelos Koufalis, Eva Daskalaki, Athanassios C. Tsikliras: Gap analysis on the biology of marine mammals, reptiles, and seabirds in the Mediterranean Sea.**

The knowledge gap regarding the abundance and diet of Mediterranean marine mammals, reptiles, and seabirds was evaluated based on the number of species that have been fully or partially studied, including the most/least studied ones. Data were collected for all Mediterranean marine mammal, reptile and seabird species, as listed in SeaLifeBase. The study revealed that the abundance and diet of marine mammals were studied for 68% and 79% of the listed species, respectively. Similarly, the abundance and diet of seabirds were studied for 54% and 38% of the listed species, respectively, while the abundance and diet of reptiles were studied for 67% of the listed species. According to the analysis, the knowledge gap differs among the four subregions of the Mediterranean (western, central and eastern Mediterranean and Adriatic Sea) and is wider in the Adriatic Sea and narrower in the western Mediterranean.

**Keywords:** abundance, diet, megafauna, knowledge gap, Mediterranean Sea

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συλλογή δεδομένων στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι ιδιαίτερα δύσκολη και απαιτείται ακριβός εξοπλισμός και εντατικές προσπάθειες από το ερευνητικό προσωπικό (Richardson & Poloczanska 2008). Ως αποτέλεσμα, η διαθέσιμη πληροφορία σχετικά με την κατανομή, την πυκνότητα και τα βιολογικά χαρακτηριστικά της θαλάσσιας μεγαπανίδας είναι ελλιπή, αναδεικνύοντας την ανάγκη για μελέτη και αξιολόγηση της επάρκειας της υπάρχουσας βιολογικής πληροφορίας των μεγάλων ωκεάνιων λεκανών, όπως είναι η Μεσόγειος (Mannocci *et al.* 2018).

Η ανάλυση χάσματος (gap analysis) στην βιολογική πληροφορία έχει σκοπό τη σύγκριση της υπάρχουσας πληροφορίας σε σχέση με την επιθυμητή (Brown & Dodd 1998). Πιο συγκεκριμένα, λαμβάνοντας υπόψη τη διεθνή βιβλιογραφία, θα πρέπει να καθοριστεί το χάσμα ανάμεσα στο επίπεδο της υπάρχουσας και το επίπεδο της επιθυμητής γνώσης σχετικά με τα βιολογικά χαρακτηριστικά των θαλάσσιων θηλαστικών, ερπετών και πτηνών. Η επισήμανση αυτής της διαφοράς του πού βρισκόμαστε και του πού θέλουμε να φτάσαμε, σε γνωστικό επίπεδο, θα πυροδοτήσει τις μελλοντικές έρευνες. Επομένως, ο εντοπισμός αυτών των χασμάτων αποτελεί ένα απαραίτητο βήμα, καθώς η οικοκεντρική διαχείριση της αλιείας (Ecocentric Fisheries Management) προϋποθέτει την εκτίμηση και την εις βάθος γνώση των χαρακτηριστικών όλων των λειτουργικών ομάδων ενός οικοσυστήματος (De Lucia 2015).

Ο στόχος της παρούσας εργασίας είναι η ανασκόπηση της διεθνούς βιβλιογραφίας και η καταγραφή των γνωσιακών κενών και η ταυτοποίηση των ειδών με την περισσότερη, λιγότερη ή και καθόλου δημοσιευμένη πληροφορία, αναφορικά με την αφθονία και τη διατροφή των θαλάσσιων θηλαστικών, ερπετών και πτηνών στις τέσσερις υποπεριοχές της Μεσογείου (ανατολική, κεντρική, δυτική Μεσόγειος και Αδριατική θάλασσα). Τα ψάρια και τα θαλάσσια ασπόνδυλα εξαιρέθηκαν καθώς αποτελούν το αντικείμενο άλλης εργασίας.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε το χάσμα στη βιολογική πληροφορία για την αφθονία και τη διατροφή τριών ομάδων μεγαπανίδας: των θαλάσσιων θηλαστικών, ερπετών και πτηνών, λαμβάνοντας υπόψη τις 4 υποπεριοχές της Μεσογείου: ανατολική, κεντρική, δυτική Μεσόγειος και Αδριατική Θάλασσα, ακολουθώντας το παράδειγμα των Colloca *et al.* (2017). Σε πρώτο στάδιο έγινε ανασκόπηση των εργασιών που αφορούν στις προαναφερθείσες ομάδες μεγαπανίδας μέσω της βάσης δεδομένων SeaLifeBase. Πιο αναλυτικά, καταγράφηκε η παρουσία/απουσία και το εύρος εξάπλωσης κάθε είδους στις 4 υποπεριοχές. Συνολικά η ανάλυση περιλάμβανε 19 θαλάσσια θηλαστικά, 6 θαλάσσια ερπετά και 50 θαλάσσια πτηνά, όπως είναι αυτά καταγεγραμμένα στη SeaLifeBase. Στη συνέχεια συλλέχθηκαν αναφορές σχετικά με την αφθονία (A) και τη διατροφή (D) κάθε είδους από τη Sealifebase καθώς και από εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση στις μηχανές αναζήτησης Scopus και Google Scholar. Η

συγκεκριμένες παράμετροι επιλέχτηκαν, γιατί τα δεδομένα αφθονίας των ειδών, είναι απαραίτητα για την κατασκευή μοντέλων κατανομής των ειδών και μοντέλων πρόβλεψης (McGill *et al.* 2007), ενώ τα δεδομένα της διατροφής είναι αναγκαία για την κατασκευή μοντέλων τροφικών πλεγμάτων και την κατανόηση των αλληλεπιδράσεων μεταξύ των οργανισμών (Nielsen *et al.* 2017).

Επιπλέον καταγράφηκε το καθεστώς κινδύνου εξαφάνισης κάθε είδους βάσει της Κόκκινης Λίστας Απειλούμενων Ειδών (IUCN) (LC: least concern; EN: endangered; DD: data deficient; NE: not evaluated; NT near threatened; VU: vulnerable; CR: critically endangered). Για τα είδη των οποίων το καθεστώς κινδύνου χαρακτηρίζεται ως NT, VU, EN και CR, διεξήχθη μια παρόμοια ανάλυση χάσματος στις υποπεριοχές της Μεσογείου αποκλειστικά για τα χαρακτηρισμένα ως «απειλούμενα» Μεσογειακά είδη.

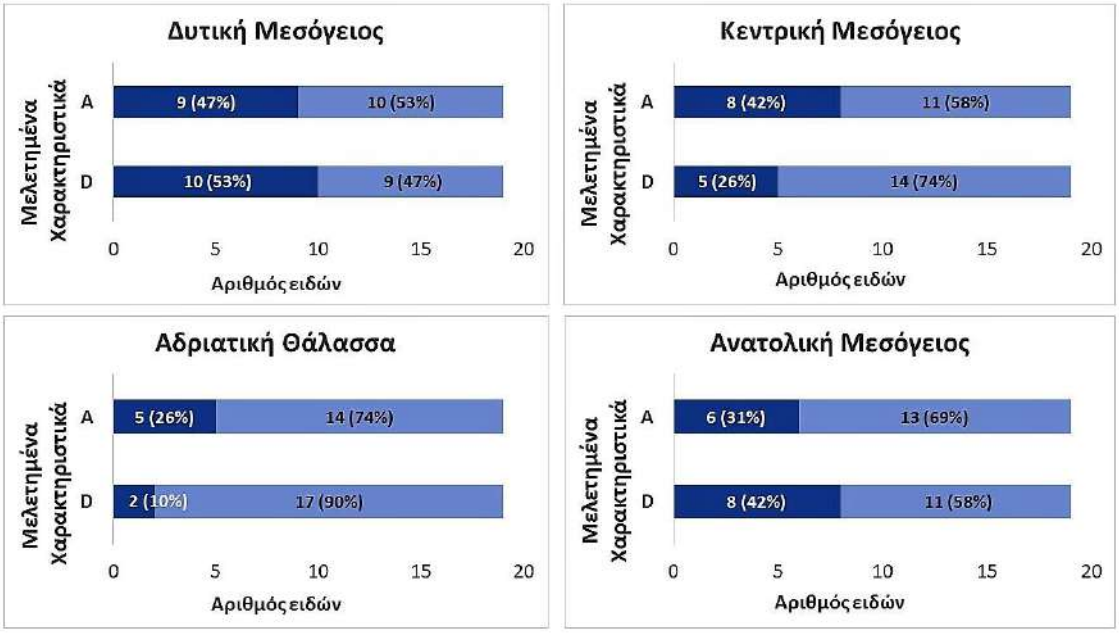
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### Θαλάσσια θηλαστικά

Σύμφωνα με την ανάλυση η αφθονία έχει μελετηθεί για το 68% (13 είδη) των καταγεγραμμένων θηλαστικών και η διατροφή για το 79%, ενώ η διαθέσιμη πληροφορία για την αφθονία και τη διατροφή των απειλούμενων θαλάσσιων θηλαστικών (5 είδη) ανέρχεται στο 80%, αντίστοιχα..

Τα πιο μελετημένα είδη ως προς την αφθονία και τη διατροφή είναι το ρινοδέλφινο (*Tursiops truncatus*, Montagu, 1821, Bottlenose dolphin) με 73 συνολικές αναφορές, το ζωνοδέλφινο (*Stenella coeruleoalba*, Meyen, 1833, Striped dolphin) με 63 αναφορές και η πτεροφάλαινα (*Balaenoptera physalus*, Linnaeus, 1758, Fin Whale) με 39 αναφορές. Στον αντίποδα, τα είδη με μηδενικές καταγραφές ήταν η σπάνια πτεροφάλαινα (*Balaenoptera brydei*, Olsen, 1913, Bryde's whale), η σπερμοφάλαινα (*Kogia sima*, Owen, 1866, Dwarf sperm whale), και οι ζιφιοί (*Hyperoodon ampullatus*, Forster, 1770, North Atlantic bottlenose whale; *Mesoplodon bidens*, Sowerby, 1804, Sowerby's beaked whale; *Mesoplodon densirostris*, Blainville, 1817, Blainville's beaked whale).

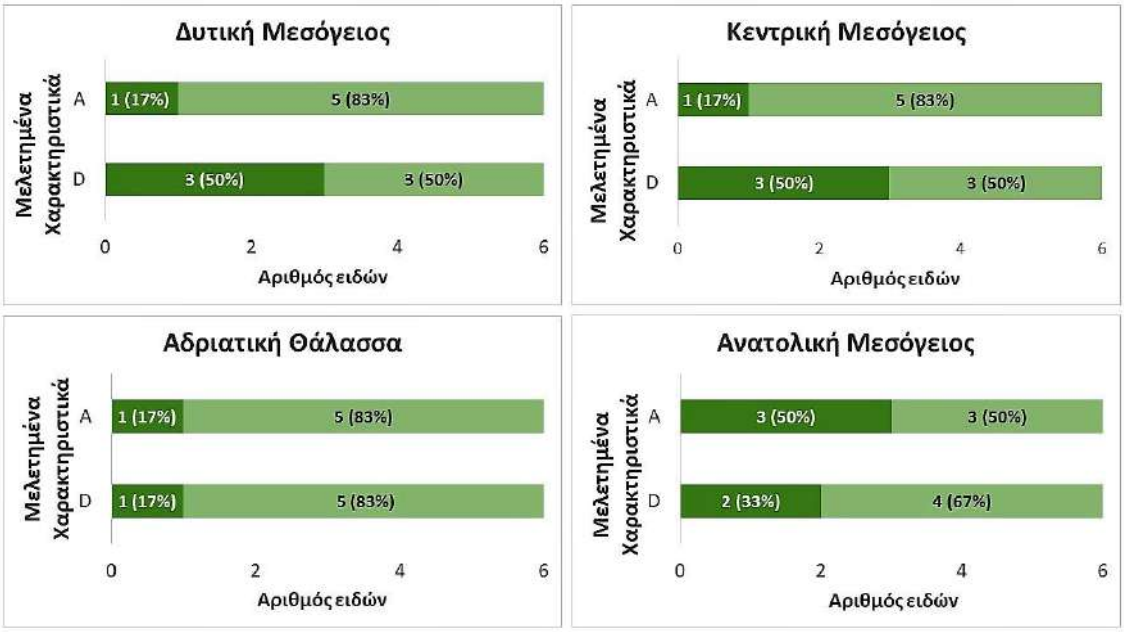
Το χάσμα είναι μικρότερο όσον αφορά τη διατροφή των ειδών συγκριτικά με την αφθονία τους. Επιπλέον, το ποσοστό των μελετημένων ειδών που σχετίζεται με την αφθονία και τη διατροφή, είναι υψηλότερο στη δυτική Μεσόγειο και χαμηλότερο στην Αδριατική Θάλασσα (Εικ. 1).




**Εικόνα 1: Ποσοστό των μελετημένων θαλάσσιων θηλαστικών με διαθέσιμη πληροφορία (σκούρο μπλε) και χωρίς πληροφορία (ανοιχτό μπλε) σχετικά με την Αφθονία (A) και τη Διατροφή (D) στη δυτική, κεντρική και ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα, και στην Αδριατική Θάλασσα.**
**Figure 1: Percentage of marine mammal species with (dark blue) and without (light blue) available information about the Abundance (A) and Diet (D) in the western, central, and eastern Mediterranean Sea, and the Adriatic Sea.**

**Θαλάσσια ερπετά**

Σύμφωνα με τη SeaLifeBase και τα 6 καταγεγραμμένα είδη ερπετών χαρακτηρίζονται ως «απειλούμενα» (VU, EN ή CR). Η αφθονία και διατροφή των θαλάσσιων ερπετών μελετήθηκε για το 67% (4 είδη) των καταγεγραμμένων ειδών στη Μεσόγειο. Τα πιο μελετημένα είναι η χελώνα καρέτα (*Caretta caretta,* Linnaeus, 1758, Loggerhead turtle) και η πράσινη χελώνα (*Chelonia mydas*, Linnaeus, 1758, Green sea turtle) με 30 και 25 αναφορές, αντίστοιχα. Η αφθονία και η διατροφή των θαλάσσιων ερπετών παρουσιάζει το ίδιο βαθμό χάσματος, με την πρώτη παράμετρο να έχει μελετηθεί περισσότερο στην ανατολική Μεσόγειο και τη δεύτερη στη δυτική και κεντρική Μεσόγειο (Εικ. 2).



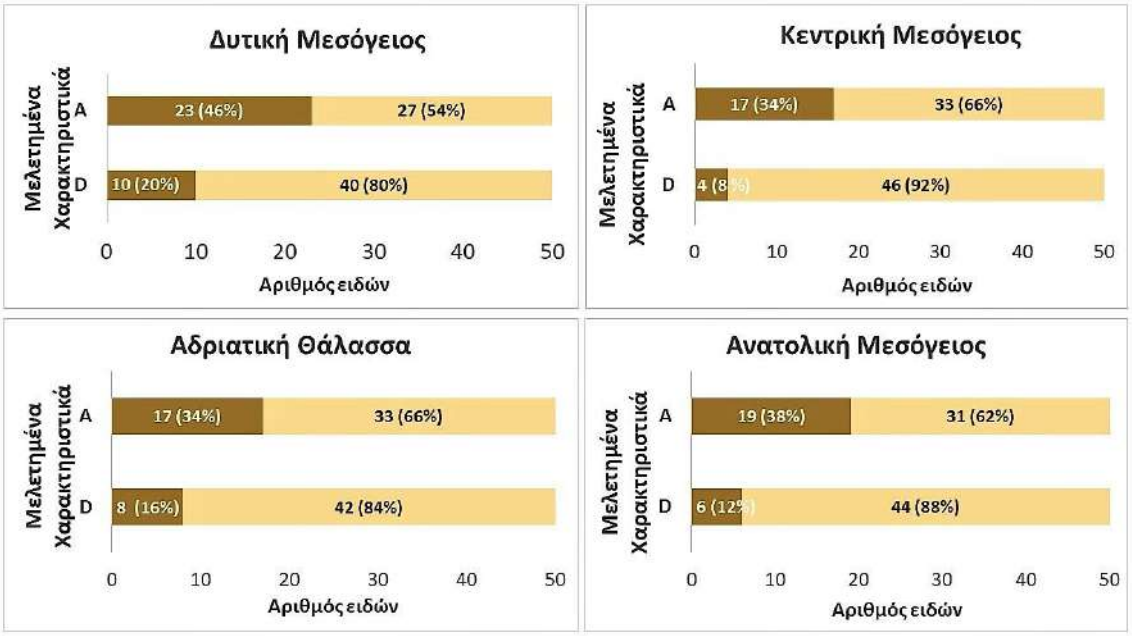

**Εικόνα 2: Ποσοστό των μελετημένων θαλάσσιων ερπετών με διαθέσιμη πληροφορία (σκούρο πράσινο) και χωρίς πληροφορία (ανοιχτό πράσινο) σχετικά με την Αφθονία (A) και τη Διατροφή (D) στη δυτική, κεντρική και ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα, και στην Αδριατική Θάλασσα.**
**Figure 2: Percentage of marine reptile species with (dark green) and without (light green) available information about the Abundance (A) and Diet (D) in the western, central, and eastern Mediterranean Sea, and the Adriatic Sea.**

**Θαλάσσια πτηνά**

Για τα θαλασσοπούλια η αφθονία είναι μελετημένη για το 54% (27 είδη) των καταγεγραμμένων ειδών και η διατροφή για το 38% (19 είδη). Το χάσμα στην πληροφορία φαίνεται να είναι μικρότερο για τα απειλούμενα είδη (7 είδη) με την αφθονία να έχει μελετηθεί για το 71% και η διατροφή για το 57% των θαλάσσιων πτηνών.

Τα πιο μελετημένα είδη είναι ο καστανοκέφαλος γλάρος (*Larus ridibundus*, Linnaeus, 1766, Common black-headed gull) με 38 αναφορές, ο αιγαιόγλαρος (*Larus audouinii*, Payraudeau, 1826 Audouin's gull) με 37 και το νανογλάρονο (*Sternula albifrons,* Pallas*,* 1764, Little tern) με 36. Είδη με λιγοστές καταγραφές στη Μεσόγειο και καμία μελέτη σχετικά με την αφθονία και τη διατροφή τους είναι ο σφηνοειδής μύχος (*Puffinus pacificus*, Gmelin, 1789, Wedge-tailed shearwater), ο σταχτόγλαρος (*Larus hemprichii*, Bruch, 1853, Sooty gull) και ο αετόγλαρος (*Larus ichthyaetus*, Pallas, 1773, Great black-headed gull).

Σε αντίθεση με τα θαλάσσια θηλαστικά και ερπετά, στην περίπτωση των θαλάσσιων πτηνών η κεντρική Μεσόγειος είναι η λιγότερο μελετημένη. Όσον αφορά την αφθονία, το χάσμα είναι μικρότερο στη δυτική Μεσόγειο (Εικ. 3).




**Εικόνα 3: Ποσοστό των μελετημένων θαλάσσιων πτηνών με διαθέσιμη πληροφορία (καφέ) και χωρίς πληροφορία (κίτρινο) σχετικά με την Αφθονία (A) και τη Διατροφή (D) στη δυτική, κεντρική και ανατολική Μεσόγειο Θάλασσα, και στην Αδριατική Θάλασσα.**
**Figure 3: Percentage of seabird species with (brown) and without (yellow) available information about the Abundance (A) and Diet (D) in the western, central, and eastern Mediterranean Sea, and the Adriatic Sea.**

Από τα παραπάνω είναι εμφανές, ότι η αφθονία και η διατροφή έχουν μελετηθεί για αρκετά υψηλό αριθμό ειδών. Το χάσμα στην πληροφορία διαφέρει μεταξύ των υποπεριοχών της Μεσογείου, με λιγότερο μελετημένη την Αδριατική Θάλασσα. Γενικότερα, οι έρευνες φαίνεται να στοχεύουν κυρίως σε απειλούμενα είδη. Πιθανώς, το μικρότερο χάσμα που παρατηρείται στα απειλούμενα είδη θηλαστικών και πτηνών να οφείλεται και στο ότι αριθμητικά είναι πολύ λιγότερα του συνόλου των προς μελέτη θηλαστικών και πτηνών. Η εντοπισμένη έλλειψη πληροφορίας εξηγείται από το γεγονός ότι η παρακολούθηση και η μελέτη των συγκεκριμένων οργανισμών είναι δύσκολη και κοστοβόρα (Mannocci *et al.* 2018).

Σε ό,τι αφορά τα θαλάσσια θηλαστικά η κατανομή της πληροφορίας κυρίως για την αφθονία συμφωνεί με άλλες μελέτες που προτείνουν ότι η βορειοδυτική και κεντρική Μεσόγειος είναι πιο μελετημένες σε σχέση με τη υπόλοιπη (Notarbartolo di Sciara 2016, Mannocci *et al*. 2018). Η διαθεσιμότητα πληροφορίας εστιάζεται στο στενό του Γιβραλτάρ, το οποίο αποτελεί είσοδο ειδών από τον Ατλαντικό (Boisseau *et al.* 2010), καθώς και στη δημιουργία θαλάσσιων πάρκων για την προστασία θαλάσσιων θηλαστικών στην κεντρικό-δυτική Μεσόγειο (Mannocci *et al.* 2018). Όσον αφορά την Αδριατική Θάλασσα, το μεγάλο χάσμα ίσως οφείλεται στη γεωμορφολογία της καθώς χαρακτηρίζεται από μια έντονα ετερογενή γεωμορφολογία, με μέσο βάθος λίγων δεκάδων μέτρων στο βόρειο τμήμα της και >1200 μέτρα βάθος στα νότια (Vilibić & Orlić 2001) . Τέλος, η ανατολική Μεσόγειος είναι από τις περιοχές που χαρακτηρίζεται από μεγάλη έλλειψη δεδομένων όσον αφορά τις κατανομές των θαλάσσιων θηλαστικών (Kerem *et al.* 2012). Η αιτία πιθανώς γι' αυτό είναι ότι χαρακτηρίζεται ολιγοτροφική, οπότε τα είδη εμφανίζονται μόνο κάποιους μήνες στην περιοχή, όταν η τροφή είναι άφθονη (Kerem *et al.* 2012). Αντίθετα, το χάσμα στη διατροφή είναι μικρότερο, γιατί πολλές πληθυσμιακές εκτιμήσεις στηρίζονται σε άτομα που βρέθηκαν στην ακτή ή ως τυχαία αλιεύματα, τα οποία χρησιμοποιηθήκαν για ερευνητικούς σκοπούς, όπως η καταγραφή της διατροφής τους με ανάλυση του περιεχομένου του στομάχου τους (Kerem *et al.* 2012).

Όσον αφορά τα ερπετά, καταγραφές τους έχουν γίνει σε όλη τη Μεσόγειο, αλλά μικρότερο χάσμα παρατηρείται στην Ανατολική Μεσόγειο, πιθανώς γιατί εκεί συναντώνται οι βασικοί τόποι ωοτοκίας τους και ο μεγαλύτερος αριθμός φωλιών (Casale & Margaritoulis 2010). Τέλος, το χάσμα στα θαλασσοπούλια είναι παρόμοιο και στις 4 οικοπεριοχές της Μεσογείου με καταγραφές ατόμων σε όλη τη Μεσόγειο. Το γεγονός ότι η Αδριατική Θάλασσα είναι περισσότερο μελετημένη από την κεντρική Μεσόγειο οφείλεται στο ότι χαρακτηρίζεται από υψηλότερη παραγωγικότητα σε σχέση με τη νότια, με αποτέλεσμα να

παρατηρείται μεγαλύτερη αφθονία ειδών, ένα μοτίβο που παρατηρείται κατά σε επίπεδο γεωγραφικού πλάτους στη Μεσόγειο, όπου οι βόρειες περιοχές να εμφανίζουν μεγαλύτερους πληθυσμούς διαφορετικών ειδών (Coll *et al.* 2010).

Η συμπλήρωση των κενών της υπάρχουσας πληροφορίας είναι αναγκαία προς ενημέρωση της επιστημονικής κοινότητα και των φορέων διαχείρισης και χρηματοδότησης για τον καλύτερο σχεδιασμό των ερευνητικών προγραμμάτων (Dimarchopoulou *et al.* 2017). Όσο περισσότερη γνώση υπάρχει για τα βιολογικά χαρακτηριστικά των Μεσογειακών ειδών, τόσο πιο κατανοητή θα γίνει η πολυπλοκότητα του οικοσυστήματος (Stergiou *et al.* 2016) και επομένως μπορούν να αναπτυχθούν πιο ρεαλιστικά και αποδοτικά διαχειριστικά σχέδια (Dimarchopoulou *et al.* 2017). Παραδείγματος χάρη, είναι απαραίτητη η κάλυψη των γεωγραφικών, οικολογικών και βιολογικών κενών για τα απειλούμενα είδη αλλά και των ειδών που έχουν αντίκτυπο στην αλιεία, προκειμένου να μελετηθεί η πιθανότητα επέκτασης των προστατευόμενων θαλάσσιων περιοχών (MPA) ή η δημιουργία νέων προστατευόμενων περιοχών (Virtanen *et al.* 2018).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


Boisseau O, Lacey C, Lewis T, Moscrop A, Danbolt M, McLanaghan R (2010) Encounter rates of cetaceans in the Mediterranean Sea and contiguous Atlantic. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 90: 1589- 1599.

Brown FW, Dodd NG (1998) Utilizing organizational culture gap analysis to determine human resource development needs. Leadership & Organization Development Journal 19(7): 374-385.

Casale P, Margaritoulis D (2010) Sea turtles in the Mediterranean: Distribution, threats and conservation priorities. Gland, Switzerland: IUCN.

Coll M, Piroddi C, Steenbeek J, Kaschner K, Ben Rais Lasram F, Aguzzi J, Ballesteros E, Bianchi CN, Corbera J, Dailianis T, Danovaro R, Estrada M, Froglia C, Galil BS, Gasol JM, Gertwagen R, Gil J, Guilhaumon F, Kesner-Reyes K, Kitsos MS, Koukouras A, Lampadariou N, Laxamana E, Lopez-Fede la Cuadra CM, Heike K, Lotze HK, Martin D, Mouillot D, Oro D, Raicevich S, Rius-Barile J, Jose, Saiz-Salinas JI, Vicente CS, Somot S, Templado J, Turon X, Vafidis D, Villanueva R, Voultsiadou E (2010) The Biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, Patterns, and Threats. PLoS ONE 5(8): e11842.

Colloca F, Enea M, Ragonese S, Di Lorenzo M (2017) A century of fishery data documenting the collapse of smooth hounds (*Mustelus* spp.) in the Mediterranean Sea. Aquatic Conservation 27(6): 1145-1155.

De Lucia Vito (2015) Competing Narratives and Complex Genealogies: The Ecosystem Approach in International Environmental Law. Journal of Environmental Law 27(1): 91-117.

Dimarchopoulou D, Stergiou KI, Tsikliras AC (2017) Gap analysis on the biology of Mediterranean marine fishes. PLoS One 12(4): e0175949.

Kerem D, Hadar N, Goffman O, Scheinin A, Kent R, Boisseau O, Schattner U (2012) Update on the Cetacean Fauna of the Mediterranean Levantine Basin. The Open Marine Biology Journal 6: 6-27.

Mannocci L, Roberts JJ, Halpin PN, Authier M, Boisseau O, Bradai MN, Cañadas A, Chicote C, David L, Di-Méglio N, Fortuna CM, Frantzis A, Gazo M, Genov T, Hammond PS, Holcer D, Kaschner K, Kerem D, Lauriano G, Lewis T, Notarbartolo di Sciara G, Panigada S, Raga JA, Scheinin A, Ridoux V, Vella A, Vella J (2018) Assessing cetacean surveys throughout the Mediterranean Sea: a gap analysis in environmental space. Scientific Reports 8(1): 3126.

McGill B, Etienne RS, Gray JS, Alonso D, Anderson MJ, Benecha HK, Dornelas M, Enquist BJ, Green JL,He F, Hurlbert AH, Magurran AE, Marquet PA, Maurer BA, Ostling A, Soykan CU, Ugland KI, White EP (2007) Species abundance distributions: moving beyond single prediction theories to integration within an ecological framework. Ecology Letters 10: 995–1015.

Nielsen JM, Clare EL, Hayden B, Brett MT, Kratina P (2017) Diet tracing in ecology: Method comparison and selection. Methods in Ecology and Evolution 9:278–291.

Notarbartolo di Sciara G (2016) Marine Mammals in the Mediterranean Sea: An Overview. In: Notarbartolo di Sciara G, Podestà M, Curry BE (eds) Advances in Marine Biology Mediterranean Marine Mammal Ecology and Conservation 75: 1-36.

Richardson AJ & Poloczanska ES (2008) Under-resourced, under threat. Science 320: 1294-1295.

Stergiou KI, Somarakis S, Triantafyllou G, Tsiaras KP, Giannoulaki M, Petihakis G, Machias G, Tsikliras AC (2016) Trends in productivity and biomass yields in the Mediterranean Sea large marine ecosystem during climate change. Environmental Development 17(1): 57-74.

Virtanen EA, Viitasalo M, Lappalainen J, Moilanen A (2018) Evaluation, Gap Analysis, and Potential Expansion of the Finnish Marine Protected Area Network. Frontiers in Marine Science 5: 402.

Vilibić Ivica, Orlić Mirko (2001) Least-squares tracer analysis of water masses in the South Adriatic (1967–1990). Deep Sea Research Part I: Oceanographic Research Papers 48(10): 2297-2330.

# Ανάλυση του χάσματος της βιολογικής πληροφορίας των κεφαλόποδων και καρκινοειδών της Μεσογείου

**Ευάγγελος Κούφαλης, Εύα Δασκαλάκη, Αθανάσιος Τσίκληρας**
Εργαστήριο Ιχθυολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – atsik@bio.auth.gr

## ABSTRACT

**Evangelos Koufalis, Eva Daskalaki, Athanassios C. Tsikliras: Gap analysis on the biology of Mediterranean cephalopods and crustaceans.**

This study evaluated the knowledge gap for eight biological characteristics (length-weight relationships, growth, maximum age, maturity, spawning, fecundity, diet, and predation) of commercial cephalopods and crustaceans of the Mediterranean Sea, divided into four ecoregions (East, Central, Adriatic, West). In general, for cephalopods' biological characteristics the narrowest knowledge gap is for maturity (studied for 74% of the recorded species) and the widest one for age (studied for 22% of the recorded species). For crustaceans, the knowledge gap for age is the largest (studied for 25% of the recorded species), while for length-weight relationships is the smallest (studied for 54% of the recorded species). On a subregional level, the knowledge gap was wider in the Adriatic region, while the gap differs among all four of them.
**Keywords**: literature review, abundance, diet, knowledge gap,

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Παγκοσμίως η αλιεία των καρκινοειδών έχει αυξηθεί ραγδαία και γρηγορότερα από άλλα αποθέματα (Boenish *et al.* 2022), ενώ πολλά κεφαλόποδα είναι σημαντικά για την Ευρωπαϊκή αλιεία και αποτελούν στόχους της παράκτιας αλιείας μικρής κλίμακας (Pierce *et al.* 2010). Η λεπτομερής γνώση των βιολογικών χαρακτηριστικών (αύξηση, θνησιμότητα, ωριμότητα) των θαλάσσιων ασπόνδυλων είναι σημαντική για μοντέλα εκτίμησης της κατάστασης των αποθεμάτων που αποτελούν τη βάση για τη λήψη διαχειριστικών αποφάσεων στην αλιεία (Hart & Reynolds 2002). Επιπλέον, τα βιολογικά χαρακτηριστικά (διάρκεια ζωής, ηλικία, μέγεθος γεννητικής ωρίμασης/ωριμότητα, γονιμότητα) χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση της ανθεκτικότητας των ειδών στην αλιεία (Froese 2016), αλλά και στην επίδραση της κλιματικής αλλαγής στους πληθυσμούς τους (Wang *et al.* 2020).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η καταγραφή των διαθέσιμων πληροφοριών για βασικά βιολογικά χαρακτηριστικά των εμπορικών κεφαλόποδων και καρκινοειδών στις τέσσερεις οικοπεριοχές της Μεσογείου, με στόχο τον εντοπισμό κενών στη διαθέσιμη γνώση. Πιο συγκεκριμένα, με βάση τη διαθέσιμη πληροφορία που είναι δημοσιευμένη στη βιβλιογραφία, καθορίζεται η διαφορά της υπάρχουσας από την επιθυμητή γνώση για συγκεκριμένα χαρακτηριστικά των εμπορικών ειδών. Η ανάλυση του χάσματος στην πληροφορία (gap analysis) έχει σκοπό τη σύγκριση της υπάρχουσας πληροφορίας, ως προς τα επιλεγμένα χαρακτηριστικά, σε σχέση με την επιθυμητή (Brown & Dodd 1998) που είναι η πλήρης μελέτη όλων των ειδών (Dimarchopoulou *et al.* 2017).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στην παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε μια μελέτη ανάλυσης του χάσματος της βιολογικής πληροφορίας κεφαλόποδων και των καρκινοειδών, για τη Μεσόγειο, αλλά και για τις 4 επιμέρους οικοπεριοχές της (Ανατολική, Κεντρική, Δυτική και Αδριατική). Πιο αναλυτικά, επιλέχθηκαν οικογένειες, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως υψηλού οικονομικού ενδιαφέροντος και τα είδη τους που έχουν καταγραφεί στη Μεσόγειο, σύμφωνα με τη βάση δεδομένων της SeaLifeBase. Για τα κεφαλόποδα, επιλέχθηκαν τέσσερις οικογένειες (Loliginidae, Octopodidae, Ommastrephidae και Sepiidae*)* και για τα καρκινοειδή έξι οικογένειες (Aristeidae, Crangonidae, Nephropidae, Pandalidae, Portunidae και Squillidae*)*. Συνολικά η ανάλυση περιλάμβανε 23 είδη εμπορικών κεφαλόποδων και 48 είδη καρκινοειδών.

Για τα 23 είδη κεφαλοπόδων συλλέχθηκαν πληροφορίες για τις σχέσεις μήκους-βάρους, τη σωματική αύξηση, τη μέγιστη ηλικία, την περίοδο ωοτοκίας, το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης, τη γονιμότητα, τη διατροφή και τη θήρευση τους, από τη SeaLifeBase (Palomares & Pauly 2022), καθώς και από εκτεταμένη βιβλιογραφική ανασκόπηση μέσω της μηχανής αναζήτησης Scopus. Η αναζήτηση αφορούσε μόνο τους μεσογειακούς πληθυσμούς. Για τις σχέσεις μήκους-βάρους (LWR) χρησιμοποιήθηκαν αναφορές με την κλίση (b) και τον συντελεστή (a) της εξίσωσης, για τη διάρκεια ζωής

αναφορές με καταγεγραμμένη τη μέγιστη ηλικία (Tmax, y), ενώ για τη σωματική αύξηση (Gr) αναφορές με το ασύμπτωτικό μήκος ($L_\infty$, cm) και τον ρυθμό προσέγγισής του (K, $y^{-1}$). Για την περίοδο ωοτοκίας χρησιμοποιήθηκαν αναφορές, οι οποίες περιλάμβαναν την αρχή και το τέλος της ωοτοκίας (Sp), για την γονιμότητα τον σχετικό και τον απόλυτο αριθμό ωοκυττάρων (Fec) και για την ωρίμαση αναφορές που περιλάμβαναν το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης (Mat). Για τη διατροφή (Diet) χρησιμοποιήθηκαν αναφορές που περιλάμβαναν τα είδη των θηραμάτων, το περιεχόμενο στομάχου και τις διατροφικές προτιμήσεις, ενώ για τη θήρευση τους χρησιμοποιηθήκαν καταγραφές, οι οποίες περιλάμβαναν τουλάχιστον το επίπεδο της οικογένειας του θηρευτή.

Τέλος, καταγράφηκε η κατάσταση κινδύνου εξαφάνισης κάθε είδους βάσει της Κόκκινης Λίστας Απειλούμενων Ειδών (IUCN) (LC: least concern; EN: endangered; DD: data deficient; NE: not evaluated; NT near threatened; VU: vulnerable; CR: critically endangered) και η οικονομική τους σημασία (Val) η οποία καταγράφεται ως «price category» (VH: very high, H: high, M: medium, L: low, U: unknown) στη SeaLifeBase.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

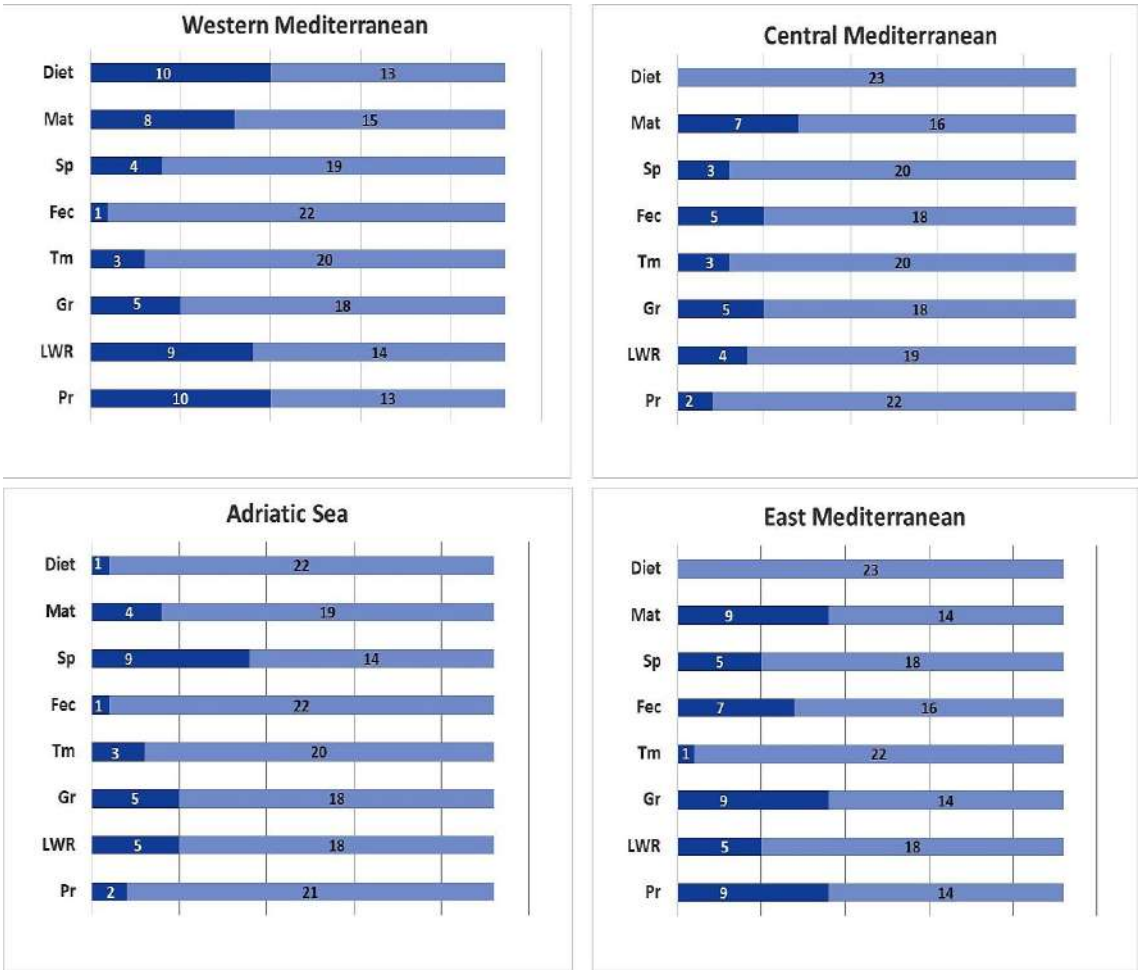
Για τα κεφαλόποδα, τα πιο μελετημένα είδη είναι το κόκκινο θραψαλο (*Illex coindetii* Vérany, 1839, Shortfin squid) με μελετημένα και τα 8 βιολογικά χαρακτηριστικά και 34 συνολικές αναφορές στη Μεσόγειο, το καλαμάρι (*Loligo vulgaris* Lamarck, 1798, European squid) και η σουπιά (*Sepia officinalis* Linnaeus, 1758, Common cuttlefish) με 7 μελετημένα χαρακτηριστικά και 21 αναφορές το καθένα, το θράψαλο (*Todarodes sagittatus* Lamarck, 1798, European flying squid) και το χταπόδι (*Octopus vulgaris* Cuvier, 1797, Common octopus) το καθένα μελετημένο για 7 χαρακτηριστικά με 16 αναφορές. Επιπλέον, η μελέτη έδειξε ότι κάποια κεφαλόποδα υψηλού εμπορικού ενδιαφέροντος, είναι μερικώς μελετημένα ή και δεν υπάρχει διαθέσιμη πληροφορία για τα βιολογικά χαρακτηριστικά τους. Δύο τέτοια παραδείγματα είναι το ψευτοκαλάμαρο (*Loligo forbesii* Steenstrup, 1856, Veined squid) με μία μόνο αναφορά που αφορά την διατροφή του και το σουπιοκαλάμαρο (*Sepioteuthis lessoniana* Férussac, 1831, Bigfin reef squid) με καμία αναφορά όσον αφορά την βιολογία του.

Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, το χάσμα στην πληροφορία είναι μικρότερο για την ωρίμαση με μελετημένο το 74% (17 είδη) των επιλεγμένων ειδών, ακολουθούν οι σχέσεις μήκους-βάρους και η γονιμότητα μελετημένα για το 57% (13 είδη), η διατροφή για το 52% (12 είδη), η ωοτοκία για το 39% (9 είδη), η αύξηση για το 30% (7 είδη) και η ηλικία για το 22% (5 είδη). Ελαφρώς διαφορετικά αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και για τα είδη υψηλού οικονομικού ενδιαφέροντος (15 είδη), με την ωρίμαση και τη γονιμότητα να έχουν μελετηθεί για το 73% των ειδών, οι σχέσεις μήκους-βάρους για το 67%, η διατροφή για το 53%, η περίοδος ωοτοκίας και η αύξηση για το 40% και η ηλικία για το 27%.

Για τις 4 οικοπεριοχές της Μεσογείου, η διατροφή είναι από τα λιγότερο μελετημένα χαρακτηριστικά των κεφαλόποδων με καμία αναφορά στην κεντρική και ανατολική Μεσόγειο, ενώ και στις 4 περιοχές η ηλικία είναι από τα λιγότερο μελετημένα χαρακτηριστικά (Εικ. 1).

Για τα καρκινοειδή, τα πιο μελετημένα είδη είναι η χρυσή γαρίδα (*Plesionika martia* Milne-Edwards, 1883, Golden shrimp) με 29 συνολικές αναφορές και για τα 8 επιλεγμένα χαρακτηριστικά, η ζαβογαρίδα (*Squilla mantis* Linnaeus, 1758, Spottail Mantis shrimp) με 26 αναφορές επίσης και για τα 8 επιλεγμένα χαρακτηριστικά και η γαλαζοκόκκινη γαρίδα (*Aristeus antennatus* Risso, 1816, Blue and Red shrimp) με 7 μελετημένα χαρακτηριστικά και συνολικά 66 αναφορές. Από την ανάλυση, όπως και στα κεφαλόποδα, είναι εμφανές ότι κάποια είδη υψηλού οικονομικού ενδιαφέροντος είναι μερικώς μελετημένα ή και ακόμα απουσιάζει πληροφορία όσον αφορά τα βιολογικά χαρακτηριστικά τους. Τέτοια είδη είναι οι γαρίδες (*Aristaeopsis edwardsiana* Johnson, 1867, Scarlet shrimp; *Philocheras monacanthus* Holthuis, 1961; *Erugosquilla massavensis* Kossmann, 1880, Red Sea mantis shrimp; *Platysquilla eusebia* Risso, 1816).

Όσον αφορά το χάσμα της πληροφορίας στα βιολογικά χαρακτηριστικά, αυτό είναι μικρότερο για τις σχέσεις μήκους-βάρους καθώς έχει μελετηθεί για το 40% των επιλεγμένων ειδών (19 είδη), ακολουθεί η διατροφή για το 35% (17 είδη), η ωοτοκία για το 31% (15 είδη), η αύξηση και η γονιμότητα για το 29% (14 είδη), η ωρίμαση για το 25% (12 είδη) και η ηλικία για το 15% (7 είδη). Παρόμοια αποτελέσματα παρατηρήθηκαν και για τα είδη υψηλού οικονομικού ενδιαφέροντος (28 είδη), με τις σχέσεις μήκους-βάρους να έχουν μελετηθεί για το 54% των ειδών, η περίοδος ωοτοκίας και η αύξηση για το 46%, η διατροφή για το 43%, η γονιμότητα για το 39%, η ωρίμαση για το 36% και τέλος η ηλικία για το 25%.




**Εικόνα 1: Ποσοστό των μελετημένων κεφαλόποδων με (σκούρο μπλε) και χωρίς (ανοιχτό μπλε) πληροφορία για τη δίαιτα (Diet), την ωρίμαση (Mat), την ωοτοκία (Sp), τη γονιμότητα (Fec), την ηλικία (Tm), την αύξηση (Gr), τις σχέσεις μήκους-βάρους (LWR) και τη θήρευση (Pr) στη δυτική, κεντρική και ανατολική Μεσόγειο και στην Αδριατική Θάλασσα.**

**Figure 1: Percentage of cephalopods with (dark blue) and without (light blue) information on diet, maturity (Mat), spawning (Sp), fecundity (Fec), age (Tm), growth (Gr), length-weight relationships (LWR), and predation (Pr) across the western, central, and eastern Mediterranean and the Adriatic Sea.**

Η διαμόρφωση των ποσοστών είναι παρόμοια και για τις επιμέρους οικοπεριοχές της Μεσογείου με τις σχέσεις μήκους-βάρους να είναι οι πιο μελετημένες, ενώ η ηλικία είναι η λιγότερο μελετημένη. Το μεγαλύτερο κενό στην πληροφορία εμφανίζεται στην Αδριατική Θάλασσα στην οποία για κάθε βιολογικό χαρακτηριστικό έχουν μελετηθεί λιγότερα από 5 είδη (Εικ. 2).

Από τα παραπάνω αποτελέσματα παρατηρείται ότι η ανατολική Μεσόγειος είναι από τις πιο καλά μελετημένες οικοπεριοχές και όσο αφορά τα καρκινοειδή παρουσιάζει το μικρότερο χάσμα για περισσότερα βιολογικά χαρακτηριστικά σε σχέση με τις υπόλοιπες. Το μικρότερο χάσμα στην πληροφορία μπορεί να οφείλεται στη διώρυγα του Σουέζ, η οποία αποτελεί συνεχή δίοδο πολλών ειδών από την Ερυθρά Θάλασσα όπως το σουπιοκαλάμαρο και κάποια είδη γαρίδων όπως το *E. massavensis*, τα οποία σχηματίζουν πληθυσμούς στις χώρες της συγκεκριμένης οικοπεριοχής πριν εξαπλωθούν στην υπόλοιπη Μεσόγειο και επομένως έχουν μελετηθεί κάποια βιολογικά χαρακτηριστικά τους.

Ήταν αναμενόμενο ότι τα βιολογικά χαρακτηριστικά, όπως οι σχέσεις μήκους-βάρους, που απαιτούν λιγότερη δαπάνη σε χρόνο και χρήμα (Froese 2006) θα είναι πιο μελετημένα από χαρακτηριστικά, για τα οποία απαιτείται παρακολούθηση όλων των σταδίων ζωής του οργανισμού. Όμως πολλά από τα βιολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία χρησιμοποιήθηκαν στη συγκεκριμένη μελέτη (π.χ. αύξηση, γονιμότητα, διατροφή, ωρίμαση) είναι απαραίτητα για μοντέλα που χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση των αποθεμάτων και τη λήψη διαχειριστικών αποφάσεων (Hart & Reynolds 2002). Οπότε

προτείνεται οι μελλοντικές μελέτες να εστιάσουν και σε αυτά τα βιολογικά χαρακτηριστικά, τα οποία απαιτούν περισσότερο χρόνο και κόστος μελέτης.

**Εικόνα 2: Ποσοστό των μελετημένων καρκινοειδών με (σκούρο κίτρινο) και χωρίς (ανοιχτό κίτρινο) πληροφορία για τη δίαιτα (Diet), την ωρίμαση (Mat), την ωοτοκία (Sp), τη γονιμότητα (Fec), την ηλικία (Tm), την αύξηση (Gr), τις σχέσεις μήκους-βάρους (LWR) και τη θήρευση (Pr) στη δυτική, κεντρική και ανατολική Μεσόγειο και στην Αδριατική Θάλασσα.**
**Figure 2: Percentage of crustaceans with (dark yellow) and without (light yellow) information on diet, maturity (Mat), spawning (Sp), fecundity (Fec), age (Tm), growth (Gr), length-weight relationships (LWR), and predation (Pr) across the western, central, and eastern Mediterranean and the Adriatic Sea.**

Η οικοκεντρική διαχείριση της αλιείας (Ecocentric Fisheries Management) απαιτεί την εκτίμηση κατάστασης όλων των ομάδων του οικοσυστήματος. Συνεπώς, η συμπλήρωση του χάσματος στην υπάρχουσα πληροφορία είναι απαραίτητη για τη λήψη των κατάλληλων μέτρων διαχείρισης (Dimarchopoulou *et al.* 2017).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Boenish R, Kritzer JP, Kleisner K, Steneck RS, Werner KM, Zhu W, Schram F, Rader D, Cheung W, Ingles J, Tian Y, Mimikakis J (2022) The global rise of crustacean fisheries. Frontiers in Ecology and the Environment 20(2): 102–110.
Brown FW, Dodd NG (1998) Utilizing organizational culture gap analysis to determine human resource development needs. Leadership & Organization Development Journal 19(7): 374±385.
Dimarchopoulou D, Stergiou KI, Tsikliras AC (2017) Gap analysis on the biology of Mediterranean marine fishes. PLoS One 12(4): e0175949.
Froese R (2006) Cube law, condition factor, and weight±length relationships: history, meta-analysis, and recommendations. Journal of Applied Ichthyology 22: 241±253.

Froese R (2016) Fish biology/Adults: moderator's synthesis. Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée 41: 333.
Hart PJB, Reynolds JD, editors. Handbook of Fish Biology and Fisheries: 2 Volume Set. Wiley; 2002.
Palomares MLD, Pauly D Editors. 2022. SeaLifeBase. World Wide Web electronic publication. www.sealifebase.org, version (04/2022).
Pierce GJ, Allcock L, Bruno I, Bustamante P, González Á, Guerra Á, Jereb P, Lefkaditou E, Malham S, Moreno A, Pereira J, Piatkowski U, Rasero M, Sánchez P, Santos MB, Santurtún M, Seixas S, Sobrino I, Villanueva R (2010) Cephalopod biology and fisheries in Europe. ICES Cooperative Research Report No. 303. 175 pp.
Wang HY, Shen SF, Chen YS, Kiang YK, Heino M (2020) Life histories determine divergent population trends for fishes under climate warming. Nature communications 11: 4088.

# Προκαταρκτική μελέτη της αλιείας του κοινού χταποδιού στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος

**Βασιλική Κουστένη[1], Αγγελική Αδαμίδου[1], Κωνσταντίνος Τουλούμης[1], Γεώργιος Γκιταράκος[1], Ευγενία Λευκαδίτου[2], Μάνος Κουτράκης[1]**

[1]ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, 64007 Νέα Πέραμος, Καβάλα – kousteni@inale.gr, adamidou@inale.gr, touloumisk@inale.gr, geogitar@inale.gr, manosk@inale.gr

[2]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων (ΙΘΑΒΙΠΕΥ), P.O. Box 712, Ανάβυσσος 19013, Αττική, Greece – teuthis@hcmr.gr

## ABSTRACT

**Vasiliki Kousteni[1], Angeliki Adamidou[1], Konstantinos Touloumis[1], Georgios Gitarakos[1], Eugenia Lefkaditou[2], Manos Koutrakis[1]: Preliminary study of the common octopus fishery in the northern Aegean Sea**

The common octopus *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 is one of the most commercially important cephalopods in the Mediterranean Sea. Nevertheless, information about its fisheries is quite limited, due, most probably, to its multi-gear exploitation and the difficulties in undertaking stock assessments in cephalopod species considering their unique life-history traits, including short life-cycles, and highly variable growth and recruitment. The present study aims to present preliminary results about the fishery of the common octopus in the northern Aegean Sea, characterized as one of the most important fishing grounds of the species at Mediterranean scale. Data from commercial fisheries and experimental surveys collected in the frame of the Data Collection Framework between 2016-2021 are analyzed considering the fishing gears with the highest species catches, namely traps, trammel nets and bottom trawlers. The multi-gear effect, and the inter- and intra-year variation in the species catches are analyzed and discussed.

**Keywords:** cephalopods, DCF, eastern Mediterranean, MEDITS, *Octopus vulgaris*, small-scale fisheries

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το κοινό χταπόδι *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 είναι το πιο σημαντικό εμπορικό είδος κεφαλοπόδου στη Μεσόγειο Θάλασσα, συμπεριλαμβανομένων των Ελληνικών υδάτων (Tsangridis et al. 2002, Pita et al. 2021). Παρουσιάζει ευρεία κατανομή στην ηπειρωτική υφαλοκρηπίδα και ανεκτικότητα σε ευρύ φάσμα αλατότητας και θερμοκρασίας νερού, με την ωοτοκία να λαμβάνει χώρα σε μεσαία βάθη και σκληρά υποστρώματα (Moreno et al. 2014, Guerra et al. 2015). Το είδος αλιεύεται κυρίως σε βάθη από 20 έως 100-150 m στον βορειοανατολικό Ατλαντικό Ωκεανό και στη Μεσόγειο Θάλασσα, κυρίως από αλιευτικά σκάφη της μικρής παράκτιας αλιείας που χρησιμοποιούν κουτιά, βολκούς, παραλληλεπίπεδες δικτυωτές παγίδες, μπρακαρόλα και δίχτυα, αλλά επίσης από τράτες μέχρι τα όρια της υφαλοκρηπίδας (Belcari et al. 2002a, Tsangridis et al. 2002, Jereb et al. 2015, Sauer et al. 2020). Παρά την υψηλή οικονομική αξία του είδους σε Μεσογειακό επίπεδο, η επίδραση της αλιείας στους πληθυσμούς του δεν είναι εύκολο να κατανοηθεί, λόγω της πολυεργαλειακής φύσης της σε συνδυασμό με τα ιδιαίτερα βιολογικά χαρακτηριστικά του είδους.

Όμοια με τα υπόλοιπα Κεφαλόποδα, το κοινό χταπόδι παρουσιάζει ιδιαίτερα βιολογικά χαρακτηριστικά, όπως ο μικρός κύκλος ζωής, τα υψηλά ποσοστά φυσικής θνησιμότητας, η ταχεία αύξηση και η σύνθετη πληθυσμιακή δομή (Arkhipkin et al. 2021, Geraci et al. 2021). Στην Ελλάδα, το Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος (Θρακικό Πέλαγος και Θερμαϊκός Κόλπος) αποτελεί το σημαντικότερο αλιευτικό πεδίο του κοινού χταποδιού (Tsagarakis et al. 2020), και συγκαταλέγεται ανάμεσα στα σημαντικότερα αλιευτικά πεδία του είδους στα Ευρωπαϊκά ύδατα (Pita et al. 2021).

Στο Βόρειο Αιγαίο το κοινό χταπόδι συγκαταλέγεται ανάμεσα στα κύρια είδη-στόχους της μικρής παράκτιας αλιείας και ταυτόχρονα αποτελεί σημαντικό παρεμπίπτον αλίευμα, και ενίοτε επιδιωκόμενο, της αλιείας με τράτα βυθού (Katsanevakis et al. 2010). Παρά το μεγάλο αριθμό των δημοσιευμένων εργασιών για το κοινό χταπόδι σε Ευρωπαϊκό επίπεδο (51 εργασίες καταγράφηκαν μεταξύ 2013-2019), η βιολογία και η αλιεία του κοινού χταποδιού χρήζουν περαιτέρω έρευνας (Lishchenko et al. 2021), ειδικά σε περιοχές (με έντονη στόχευση του είδους από διαφορετικές αλιευτικές δραστηριότητες) σαν το Βόρειο Αιγαίο, όπου το δημοσιευμένο επιστημονικό έργο είναι περιορισμένο.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η ανάλυση των διαθέσιμων δεδομένων του ΕΠΣΑΔ για την περίοδο 1996-2021, από εμπορική και πειραματική αλιεία στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος. εστιάζοντας στα

πρότυπα μεταβολής του μέσου βάρους των αλιευμένων ατόμων του κοινού χταποδιού στο χώρο και στον χρόνο, καθώς και στην χρονική μεταβολή των εκφορτώσεων και της βιομάζας του είδους.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η συλλογή δεδομένων πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων (ΕΠΣΑΔ με ανάδοχο το ΥΠΑΑΤ και χρηματοδότηση από το ΕΠΑΛΘ) στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος. Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν τρεις κύριες πηγές δεδομένων: α) δεδομένα ατομικού ολικού βάρους (g) του κοινού χταποδιού που καταγράφηκαν σε δειγματοληψίες επί σκαφών εμπορικής αλιείας από τον Ιανουάριο του 2016 έως το Δεκέμβριο του 2021, β) δεδομένα μηνιαίων εκφορτώσεων που συγκεντρώθηκαν με τη βοήθεια δομημένων ερωτηματολογίων από αλιείς που δραστηριοποιούνται στην περιοχή του βορείου Αιγαίου (Θρακικό Πέλαγος και Θερμαϊκός Κόλπος) για την ίδια περίοδο, και γ) δεδομένα βιομάζας (kg/km$^2$) του κοινού χταποδιού της ετήσιας πειραματικής αλιείας με τράτα βυθού (MEDITS, Mediterranean International Bottom Trawl Survey) από το 1996 έως το 2021. Σημειώνεται ότι το “MEDITS”, δράση του ΕΠΣΑΔ από το 2003, δεν υλοποιήθηκε τα έτη 2002, 2007, 2009-2012, 2015 και 2017.

Όσον αφορά την εμπορική αλιεία, αναλύθηκαν δεδομένα από τρεις τύπους αλιευτικών εργαλείων, τις ιχθυοπαγίδες (FPO), τα μανωμένα δίχτυα (GTR), και την τράτα βυθού (OTB), απ' όπου προέρχεται το μεγαλύτερο ποσοστό των εκφορτώσεων του είδους (Touloumis et al. 2020), με σκοπό να διερευνηθούν για κάθε τύπο αλιευτικού εργαλείου: α) οι διακυμάνσεις του μέσου ατομικού ολικού βάρους του κοινού χταποδιού σε σχέση με το βάθος αλίευσης και ανά μήνα, και β) η διαχρονική εξέλιξη των μηνιαίων εκφορτώσεων του κοινού χταποδιού σε μετρικούς τόνους (t) (στην περίπτωση της τράτας βυθού χρησιμοποιήθηκαν τα δεδομένα εκφορτώσεων του είδους από το Ολοκληρωμένο Σύστημα Παρακολούθησης Αλιείας, ΟΣΠΑ, που παραχωρήθηκαν από τη Διεύθυνση Αλιείας του ΥΠΑΑΤ).

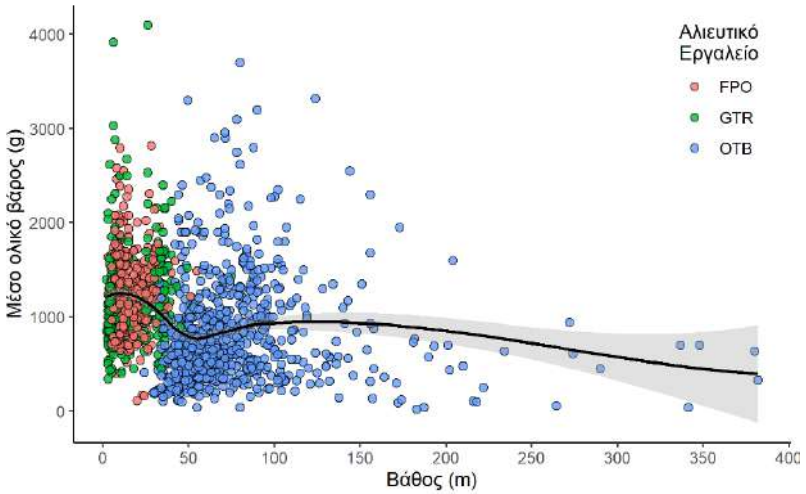
Τέλος, εξετάστηκε η ετήσια διακύμανση του μέσου δείκτη βιομάζας του είδους με βάση τα δεδομένα της πειραματικής αλιείας με τράτα βυθού “MEDITS”.

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν σε περιβάλλον προγραμματισμού R v3.6.1 (R Core Team, 2019).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

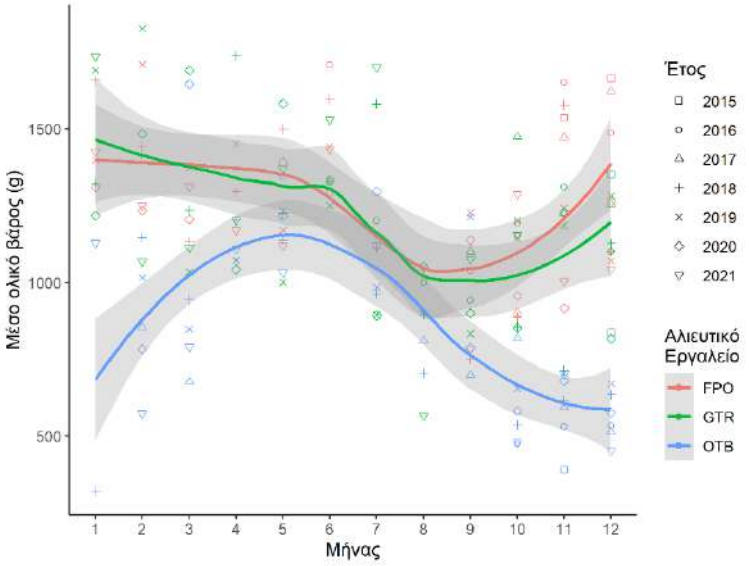
Η διακύμανση του μέσου ατομικού βάρους του κοινού χταποδιού με το βάθος αλίευσης και ανά εξεταζόμενο τύπο αλιευτικού εργαλείου κατά την περίοδο μελέτης (Εικ. 1), υποδεικνύει σαφή διαχωρισμό των δραστηριοτήτων της μικρής παράκτιας (FPO και GTR) από αυτή της μέσης αλιείας (OTB), με την τελευταία να πραγματοποιείται αποκλειστικά σε βάθη >50 m. Το εύρος του ατομικού βάρους του χταποδιού που αλιεύθηκε με τράτα βυθού ήταν μεγαλύτερο ιδιαίτερα σε βάθη μέχρι 150 m, αλλά μετά περιορίστηκε σημαντικά με τη μέση τιμή (μέση τιμή±Τ.Α.=825±579 g) να μειώνεται με το βάθος. Οι ιχθυοπαγίδες και τα μανωμένα δίχτυα χρησιμοποιήθηκαν σε παρόμοια βάθη και αλίευσαν χταπόδια με παρόμοιο εύρος βάρους και μέση τιμή (μέση τιμή±Τ.Α.=1271±405 και 1222±557 g, αντίστοιχα).

Η μηνιαία διακύμανση του μέσου ατομικού βάρους του αλιεύματος του κοινού χταποδιού για την περίοδο 2016-2021 (Εικ. 2) δείχνει ότι τα εργαλεία της μικρής παράκτιας αλιείας (FPO και GTR) παρουσιάζουν παρόμοια δραστηριότητα αλιεύοντας χταπόδια μεγαλύτερα του ενός κιλού σχεδόν σε όλη τη διάρκεια του χρόνου, με εξαίρεση τους μήνες από τον Ιούλιο έως το τέλος του Σεπτεμβρίου. Αντίθετα, στην περίπτωση της μέσης αλιείας (OTB), μεγαλύτερα χταπόδια αλιεύθηκαν κατά το τέλος της άνοιξης-αρχές του καλοκαιριού, περίοδο που συμπίπτει με την εποχή της μέγιστης συχνότητας εμφάνισης των ώριμων ατόμων στο αλίευμα των παγίδων (Lefkaditou et al. 2003). Επιπρόσθετα, η κλειστή περίοδος Ιούνιος-Σεπτέμβριος για την αλιεία με τράτα βυθού σε συνδυασμό με τη μετακίνηση των μεγαλύτερων ώριμων ατόμων προς τις ακτές κατά το τέλος της άνοιξης-αρχές καλοκαιριού (Kallianiotis et al. 2001) και πιθανότατα την είσοδο νεαρών ατόμων στα αλιευτικά πεδία της μηχανότρατας ευθύνονται για την απότομη μείωση του μέσου βάρους των αλιευμάτων του κοινού χταποδιού που παρατηρήθηκε αυτήν την περίοδο (Εικ. 2).



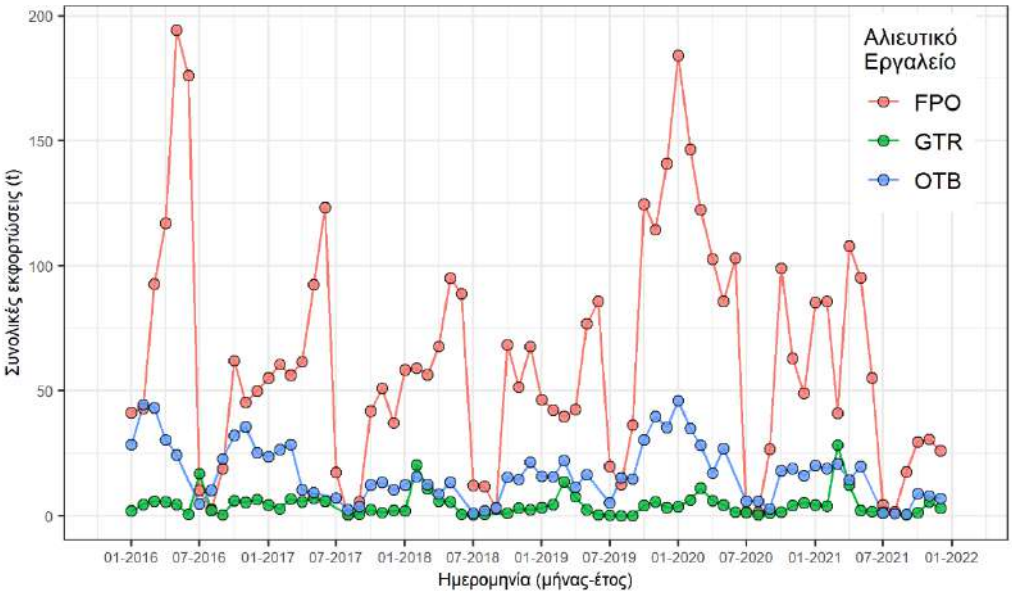

**Εικόνα 1: Μέσο ατομικό ολικό βάρος του κοινού χταποδιού που αλιεύεται από επαγγελματικά αλιευτικά σκάφη (εκφορτώσεις και απορριπτόμενα) ανά τύπο αλιευτικού εργαλείου (FPO: ιχθυοπαγίδες, GTR: μανωμένα δίχτυα, OTB: τράτα βυθού) και ζώνη βάθους (m) στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος για την περίοδο 2016-2021. Η γραμμή τάσης αντιστοιχεί στο συνδυασμό δεδομένων από όλα τα αλιευτικά εργαλεία. Η γκρι σκιασμένη περιοχή αντιστοιχεί στο 95% διάστημα εμπιστοσύνης.**

**Figure 1: Mean individual total weight of common octopus from commercial catches (landings and discards) by sampling gear type (FPO: pots and traps, GTR: trammel nets, OTB: bottom otter trawler) and depth stratum (m) in the northern Aegean Sea for the period 2016-2021. The trend line corresponds to the combined dataset from all fishing gear types. The gray shaded area corresponds to the 95% confidence interval.**

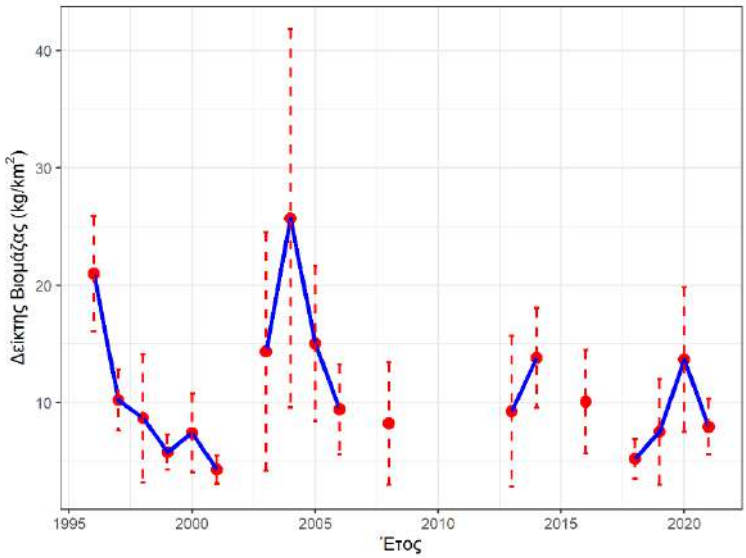



**Εικόνα 2: Μηνιαία διακύμανση του μέσου ατομικού ολικού βάρους του κοινού χταποδιού που αλιεύεται από επαγγελματικά αλιευτικά σκάφη (εκφορτώσεις και απορριπτόμενα) ανά τύπο αλιευτικού εργαλείου (FPO: ιχθυοπαγίδες, GTR: μανωμένα δίχτυα, OTB: τράτα βυθού) στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος για την περίοδο 2016-2021. Οι γκρι σκιασμένες περιοχές αντιστοιχούν στα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης.**

**Figure 2: Monthly variation of the mean individual total weight of common octopus from commercial catches (landings and discards) by sampling gear type (FPO: pots and traps, GTR: trammel nets, OTB: bottom otter trawler) in the northern Aegean Sea for the period 2016-2021. The gray shaded areas correspond to the 95% confidence intervals.**




**Εικόνα 3: Εξέλιξη των μηνιαίων συνολικών εκφορτώσεων του κοινού χταποδιού που αλιεύεται από επαγγελματικά αλιευτικά σκάφη σε μετρικούς τόνους (t) ανά τύπο αλιευτικού εργαλείου (FPO: ιχθυοπαγίδες, GTR: μανωμένα δίχτυα, OTB: τράτα βυθού) στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος για την περίοδο 2016-2021.**
**Figure 3: Evolution of monthly total landings in metric tons (t) of common octopus from commercial catches (landings and discards) by sampling gear type (FPO: pots and traps, GTR: trammel nets, OTB: bottom otter trawler) in the northern Aegean Sea for the period 2016-2021.**




**Εικόνα 4: Ετήσια μεταβολή του μέσου δείκτη βιομάζας (kg/km²) του κοινού χταποδιού με βάση τα δεδομένα της πειραματικής αλιείας με τράτα βυθού "MEDITS" στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος για την περίοδο 1996-2021 (τα έτη 2002, 2007, 2009-2012, 2015 και 2017 δεν υλοποιήθηκε το πρόγραμμα). Οι διακεκομμένες κάθετες γραμμές εκπροσωπούν τις τυπικές αποκλίσεις από τη μέση τιμή.**
**Figure 4: Annual evolution of the mean biomass index (kg/km²) of common octopus based on MEDITS experimental survey with OTB in the northern Aegean Sea for the period 1997-2021 (in 2002, 2007, 2009-2012, 2015 and 2017 the survey was not realized). The dashed vertical lines represent the standard deviations from the mean value.**

Στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος, οι συνολικές εκφορτώσεις του κοινού χταποδιού με FPO, GTR και OTB έφτασαν σε 5.893,3 t για την περίοδο 2016-2021, με τις εκφορτώσεις του είδους από FPO να αντιστοιχούν στο 75,4% των συνολικών εκφορτώσεων του είδους από τα τρία εξεταζόμενα αλιευτικά εργαλεία. Οι εκφορτώσεις του κοινού χταποδιού στην περιοχή μελέτης ήταν κατά μέσο όρο: 741 t ετησίως (εύρος=581-986 t) για FPO, 52 t ετησίως (εύρος=40-65 t) για GTR, και 189 t ετησίως (εύρος=121-

302 t) για OTB. Η χρονική μεταβολή στις συνολικές εκφορτώσεις του κοινού χταποδιού ανά αλιευτικό εργαλείο για την περίοδο 2016-2021 φαίνεται στην Εικ. 3. Σε ετήσια βάση παρατηρείται ένα σχεδόν όμοιο πρότυπο μεταβολής των εκφορτώσεων του είδους για όλους τους τύπους των αλιευτικών εργαλείων παρουσιάζοντας κορύφωση κατά το τέλος της άνοιξης-αρχές του καλοκαιριού, περίοδος που αυξάνεται η αφθονία των μεγαλύτερων ώριμων ατόμων (Lefkaditou et al. 2003). Αυτό το πρότυπο μεταβολής είναι πιο έντονο στην περίπτωση των ιχθυοπαγίδων, πιθανόν λόγω της επέκτασης και εντατικοποίησης της αλιείας με ιχθυοπαγίδες και σε αλιευτικά πεδία της μηχανότρατας ή/και της συγκέντρωσης ώριμων ατόμων για αναπαραγωγή, ενώ σημαντική πτώση παρατηρείται από τον Ιούλιο έως το τέλος του Σεπτεμβρίου, περίοδο που συμπίπτει με την περίοδο εποχικής απαγόρευσης της αλιείας με ιχθυοπαγίδες (Π.Δ. 144/24-4-1986). Φαίνεται, λοιπόν, ότι η ισχύουσα νομοθεσία και οι πρακτικές αλιείας σε συνδυασμό με τη βιολογία του κοινού χταποδιού αντικατοπτρίζονται στην εποχική διακύμανση των αλιευμάτων του όπως έχει παρατηρηθεί και σε άλλα είδη κεφαλόποδων (π.χ., Belcari et al. 2002b).

Η μελέτη της ετήσιας μεταβολής του μέσου δείκτη βιομάζας (Εικ. 4), δείχνει γενικά μια πτωτική τάση με περιοδικές (περίπου ανά εξαετία) κορυφώσεις, κάτι που παρατηρείται συχνά στην αφθονία των κεφαλοπόδων λόγω της μικρής διάρκειας ζωής τους και της εξάρτησης της ετήσιας αφθονίας από τη μεταβλητότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών (Jereb et al. 2015) . Η υψηλότερη μέση τιμή του δείκτη βιομάζας του είδους εκτιμήθηκε το 2004 (25,71 kg/km$^2$) και η χαμηλότερη το 2001 (4,31 kg/km$^2$).

Συμπερασματικά, η αλιεία του κοινού χταποδιού στο Βόρειο Αιγαίο Πέλαγος είναι πολυεργαλειακή, με τους κύριους τύπους αλιευτικών εργαλείων που αλιεύουν το είδος (FPO, GTR, και OTB) να διαφοροποιούνται ως προς το βάθος στο οποίο επιχειρούν, τα μεγέθη των ατόμων που αλιεύουν, καθώς και τη μηνιαία-εποχική απόδοση. Οι σημαντικές διακυμάνσεις που παρατηρήθηκαν τόσο στην ετήσια εκτίμηση της βιομάζας, όσο και στις μηνιαίες εκφορτώσεις χρήζουν περαιτέρω διερεύνησης και απαιτούν την αδιάλειπτη παρακολούθηση της αλιευτικής δραστηριότητας των κύριων αλιευτικών ενασχολήσεων και των βιολογικών παραμέτρων των ατόμων που συνθέτουν το μηνιαίο αλίευμα τους στο πλαίσιο του ΕΠΣΑΔ, έτσι ώστε να μπορεί να κατανοηθεί και να διαχωριστεί η επίδραση της αλιευτικής πίεσης από τη επίδραση της περιβαλλοντικής μεταβλητότητας στη δυναμική του πληθυσμού του είδους.

Δεδομένου ότι η αλιευτική δραστηριότητα με ιχθυοπαγίδες στο Αιγαίο Πέλαγος είναι εντονότερη στο Θρακικό Πέλαγος (Touloumis et al. 2020), όπου και αντιπροσωπεύει σημαντικά μεγαλύτερο ποσοστό του αλιεύματος του κοινού χταποδιού σε σχέση με τα υπόλοιπα αλιευτικά εργαλεία αναδεικνύεται η ανάγκη για περαιτέρω έρευνα εστιασμένη στην περιοχή αυτή ενισχύοντας τη δειγματοληπτική συχνότητα, όπως απαιτείται για τη διαχείριση της αλιείας κεφαλοπόδων (Arkhipkin et al. 2021) και εξειδικεύοντας την αλιευτική ενασχόληση (métier) ιχθυοπαγίδες σε ενασχολήσεις με κουτιά και βολκούς οι οποίες διαφοροποιούνται ως προς τα τεχνικά χαρακτηριστικά του εργαλείου, τα ενδιαιτήματα όπου εξασκούνται κ.α. (Kallianiotis et al. 2001). Επιπρόσθετα, λαμβάνοντας υπόψη την εκτεταμένη υφαλοκρηπίδα στο Θρακικό Πέλαγος και το γεγονός ότι τα διεθνή ύδατα καλύπτουν μεγάλο μέρος των αλιευτικών πεδίων του κοινού χταποδιού, δηλαδή των περιοχών με βάθη <50 m (Pita et al. 2021), κρίνεται ιδιαίτερα σημαντική η μελέτη των επιπτώσεων της αλιευτικής δραστηριότητας σε αυτά τα πεδία καθ' όλη τη διάρκεια του έτους συμπεριλαμβανόμενης της κλειστής αλιευτικής περιόδου για βολκούς-κουτιά (Ιούλης-Σεπτέμβρης), λόγω κορύφωσης της αναπαραγωγής του είδους (Kallianiotis et al. 2001), κατά την οποία εξακολουθούν να καταγράφονται εκφορτώσεις από αυτά τα εργαλεία (Εἴκ. 3), κυρίως από παράκτια αλιευτικά σκάφη που χρησιμοποιούν ειδική άδεια αλιείας σε διεθνή ύδατα ή/και από παράνομη ανάκτηση παγίδων σε εθνικά ύδατα οι οποίες είχαν ήδη ποντιστεί κατά τη διάρκεια της αλιευτικής περιόδου (Pita et al. 2021). Η πιο ολοκληρωμένη μελέτη της αλιείας του είδους θα συμβάλλει σε πιο ασφαλείς εκτιμήσεις σε ότι αφορά την αλιευτική παραγωγή και στην περαιτέρω λήψη διαχειριστικών μέτρων που θα βοηθήσουν την παράκτια αλιευτική δραστηριότητα, από την οποία εξαρτώνται σημαντικά οι τοπικές αλιευτικές κοινωνίες.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Arkhipkin AI, Hendrickson LC, Payá I, Pierce GJ, Roa-Ureta RH, Robin J-P, Winter A (2021) Stock assessment and management of cephalopods: advances and challenges for short-lived fishery resources. ICES Journal of Marine Science 78(2): 714-730

Belcari P, Cuccu D, González M, Srairi AII, Vidoris P (2002a) Distribution and abundance of *Octopus vulgaris* Cuvier, 1797 (Cephalopoda: Octopoda) in the Mediterranean Sea. Scientia Marina 66(S2): 157-166

Belcari P, Sartor P, Sanchez P, Demestre M, Tsangridis A et al. (2002b) Exploitation patterns of the cuttlefish, *Sepia officinalis* in the Mediterranean Sea. Bulletin of Marine Science 71: 187-196

Geraci ML, Falsone F, Gancitano V, Scannella D, Fiorentino F and Vitale S (2021) Assessing Cephalopods Fisheries in the Strait of Sicily by Using Poor Data Modeling. Frontiers in Marine Science 8: 584657

Guerra A, Hernández-Urcera J, Garci ME, Sestelo M, Regueira M et al. (2015) Spawning habitat selection by *Octopus vulgaris*: new insights for a more effective management of this resource. Fisheries Research 167: 313-322

Jereb P, Allcock AL, Lefkaditou E, Piatkowski U, Hastie LC, Pierce GJ (Eds.) (2015) Cephalopod biology and fisheries in Europe: II. Species Accounts. ICES Cooperative Research Report No. 325. 360 pp. International Council for the Exploration of the Sea, Copenhagen.

Kallianiotis A, Vidoris P, Kokkinakis A (2001) Common octopus (*Octopus vulgaris*, Cuvier, 1797) coastal fishery, during the peak of species reproduction. Rapport du Congrès de la Commission Internationale Pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée. 36, p. 279

Katsanevakis S, Maravelias CD, Vassilopoulou V (2010) Otter trawls in Greece: Landing profiles and potential mıtiers. Mediterranean Marine Science 11(1): 43-60

Lefkaditou E, Adamidou A, Leondarakis P, Tsangridis A, Papaconstantinou C (2003) Fyke net fishery of the common octopus, *Octopus vulgaris*, in the Thracian Sea. Proceedings of the 11th Panhellenic Ichthyological Congress. Preveza, Greece, April 2003 (in Greek, Abstract in English): 295-298

Lishchenko, F. Perales-Raya C, Barrett C, Oesterwind D, Poweret AM et al. (2021) A review of recent studies on the life history and ecology of European cephalopods with emphasis on species with the greatest commercial fishery and culture potential. Fisheries Research 236: 105847

Moreno A, Lourenço S, Pereira J, Gaspar M, Cabral H, Pierce G, Santos A (2014) Essential habitats for pre-recruit Octopus vulgaris along the Portuguese coast. Fisheries Research 152: 74-85

Pita C, Roumbedakis K, Fonseca T, Matos LF, Pereira J et al. (2021) Fisheries for common octopus in Europe: socioeconomic importance and management. Fisheries Research 235: 105820

Sauer WH, Gleadall IG, Downey-Breedt N, Doubleday Z, Gillespie G, Haimovici M et al. (2021) World octopus fisheries. Reviews in Fisheries Science and Aquaculture 29(3): 279-429

R Core Team (2019). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/

Touloumis K, Lefkaditou E, Adamidou A, Kostopoulou E, Koutrakis E, Tsagarakis K (2020) Annex III: D4 – Deeper mapping of small-scale fisheries targeting octopus in the Aegean Sea (GSA22). 27 pp

Tsagarakis K, Kostopoulou E, Tserpes G, Kavadas S, Touloumis K et al. (2020) Fast Scan - Greek fisheries (in GSA 20 and 22). HellasFish Project, 63 pp

Tsangridis A, Sánchez P, Ioannidou D (2002) Exploitation patterns of *Octopus vulgaris* in two Mediterranean areas. Scientia Marina 66(1): 59-68.

# Περιγραφή των μορφοανατομικών χαρακτηριστικών του ξενικού είδους *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) και καταγραφή της εξάπλωσης του στο Βόρειο Αιγαίο

**Καλανταρίδου Γεωργία[1], Αργύριος Σαπουνίδης[1], Χρυσούλα Γκουμπίλη[1], Κωνσταντίνος Τουλούμης[1], Γεώργιος Α. Ορφανίδης[1], Παρασκευή Παπαδοπούλου[1], Αθανάσιος Ευαγγελόπουλος[1], Μάνος Κουτράκης[1]**

[1]ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, 64007 Νέα Πέραμος, Καβάλα - asapoun@inale.gr

## ABSTRACT

**Kalantaridou Georgia[1], Argyrios Sapounidis[1], Chrysoula Gubili[1], Konstantinos Touloumis[1], Georgios A. Orfanidis[1], Paraskevi Papadopoulou[1], Athanasios Evangelopoulos[1], Manos Koutrakis[1]: Description of the morphoanatomical characteristics of the non-indigenous fish species *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) and its distribution in the North Aegean.**

Since 2008, the Lessepsian migrant fish species Nakedband gaper *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895), has been recorded 19 times in the Eastern Mediterranean. *Champsodon* species are considered difficult to distinguish by examining their morphoanatomical diagnostic characteristics. So, a wide range of morphometric and meristic characteristics of 21 specimens belonging to the genus *Champsodon* and captured in the Aegean Sea during 2019 – 2021 were analyzed, aiming to validate species identification. The results showed that all the specimens had similar morphoanatomical and meristic characteristics, which they shared with the specimens recorded from previous studies in the Eastern Mediterranean and belonged to the species *C. nudivittis.*

**Key words:** Champsodontidae, Eastern Mediterranean Sea, Lessepsian migration, morphoanatomical characteristics

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες η Ανατολική Μεσόγειος αποτελεί «σημείο ενδιαφέροντος» («hotspot») επιτυχημένης εισαγωγής ξενικών ειδών, τα οποία ακολούθως εξαπλώθηκαν σε αυτή εγκαθιστώντας βιώσιμους πληθυσμούς (Galil 2009, Albano *et al*. 2021). Τα είδη αυτά προέρχονται κυρίως από τον Ινδο-Ειρηνικό Ωκεανό και την Ερυθρά Θάλασσα και δευτερευόντως από τον Ατλαντικό Ωκεανό. Η είσοδος τους στην Α. Μεσόγειο είναι αποτέλεσμα δράσης μιας σειράς μηχανισμών, με κυριότερους το άνοιγμα της Διώρυγας του Σουέζ, που έσπασε το μακροχρόνιο βιογεωγραφικό φράγμα μεταξύ της Μεσογείου και της Ερυθράς θάλασσας (Zenetos *et al.* 2010, 2017), της ακούσιας μεταφοράς τους μέσω της ναυτιλίας και της διαφυγής τους από μονάδες υδατοκαλλιέργειας. Επιπλέον, η αύξηση της θερμοκρασίας της θάλασσας στην Α. Μεσόγειο, λόγω της κλιματικής αλλαγής θεωρείται πως ευνοεί την επιτυχή εγκατάσταση των θερμόφιλων ξενικών ειδών (Kalogirou & Corsini-Foka 2012). Σύμφωνα με τους Zenetos & Galanidi (2020), έως το 2019, έχουν καταγραφεί στη Μεσόγειο συνολικά 666 ξενικά είδη (εξαιρουμένων των τρηματοφόρων).

Η μετανάστευση ξενικών θαλάσσιων οργανισμών μέσω της Διώρυγας του Σουέζ ονομάζεται "Λεσσεψιανή Μετανάστευση" και αναγνωρίζεται ως η μεγαλύτερη θαλάσσια βιολογική εισβολή στον κόσμο (Galil *et al.* 2019). Οι Λεσσεψιανοί Μετανάστες ανήκουν σε διάφορες ομάδες οργανισμών, όπως το ζωοπλαγκτό, το ζωοβένθος, το φυτοβένθος, τα παράσιτα, τα ψάρια κ.ά. (Zenetos *et al.* 2010, 2017, Zenetos & Galanidi 2020). Η πιο καλά μελετημένη ομάδα ξενικών ειδών στην Μεσόγειο, είναι τα ψάρια, λόγω της εμπορικής τους σημασίας και της συγκριτικά εύκολης ταξινομικής αναγνώρισης τους (Golani 1998).

Ένα από τα ξενικά είδη ψαριών που έχουν καταγραφεί στην Α. Μεσόγειο είναι το *Champsodon nudivittis* (Ogilby 1895, Nakedband gaper). Είναι το μοναδικό είδος από τα 13 μέλη της μονογενικής οικογένειας των Champsonidontidae, του οποίου η παρουσία έχει καταγραφεί στη Μεσόγειο. Η πρώτη καταγραφή του έγινε το 2008 στην περιοχή του Ισκεντερούν (Αλεξανδρέττα) στην Τουρκία (Cicek & Bilecenoglu 2009) και μέχρι σήμερα ήταν γνωστό πως έχει εξαπλωθεί κατά μήκος των ακτών των χωρών της Ανατολικής Μεσογείου έως και βόρεια του νησιού Ίμβρος στο Βόρειο Αιγαίο (Πίνακας Ι) (Dalyan *et al.* 2021). Σύμφωνα με τον Nemeth (1994, 2001), τα είδη της οικογένειας αυτής, εμφανίζουν αλληλοεπικαλυπτόμενα μορφολογικά χαρακτηριστικά και δεν είναι εύκολη η ταυτοποίησή τους. Το *C. nudivittis* είναι μικρού μεγέθους είδος, με χαρακτηριστικό μεγάλο στόμα, μακρύ σώμα και μικρά

οδοντωτά λέπια, τα οποία δεν καλύπτουν την περιοχή της κοιλίας (ανάμεσα στα πλευρικά και κοιλιακά πτερύγια) και το σαγόνι, αλλά μόνο ένα μικρό κομμάτι στο κέντρο του στήθους (Nemeth 1994). Επιπλέον, η ραχιαία πλευρά του κεφαλιού, από το ρύγχος προς την περιοχή ανάμεσα στα μάτια, καταλαμβάνεται από 5 - 9 ζευγάρια αισθητήριων δομών (Nemeth 1994). Η διάταξη των αισθητήριων δομών της κεφαλής και των λεπιών στο σώμα αποτελούν βασικά μορφολογικά διαγνωστικά χαρακτηριστικά για την αναγνώριση των ειδών του γένους Champsodon, τα οποία παρουσιάζουν παρόμοια φαινοτυπικά χαρακτηριστικά (Stern et al. 2019). Το *C. nudivittis* δεν έχει εμπορική αξία, αλλά αποτελεί παρεμπίπτον αλίευμα της εμπορικής αλιείας (Ergüden & Turan, 2011). Το είδος αυτό ακολουθεί στρατηγική ιστορίας ζωής τύπου r, εμφανίζει δηλαδή μεταξύ άλλων, υψηλό ρυθμό αύξησης και καιροσκοπικά χαρακτηριστικά, γεγονός που συμβάλει στην εύκολη και γρήγορη προσαρμογή του σε νέα περιβάλλοντα και συνεπώς, στην γρήγορη εξάπλωσή του (Dalyan *et al.* 2021).

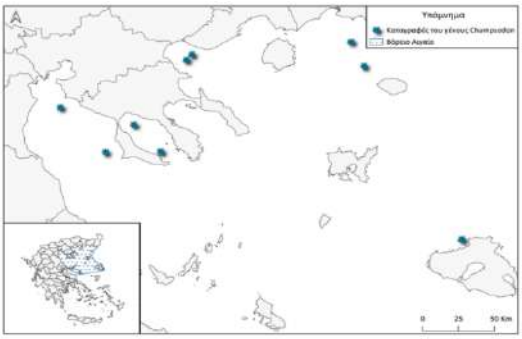
**Πίνακας 1: Καταγραφές του C. nudivittis στην Ανατολική Μεσόγειο (Dalyan et al. 2021).**
**Table 1: Records of C. nudivittis in the Eastern Mediterranean (Dalyan et al. 2021).**

| Χρονιά | Περιοχή | Βιβλιογραφική αναφορά |
|---|---|---|
| 2008 | Κόλπος Ισκεντερούν, Τουρκία | Cicek & Bilecenoglu 2009 |
| 2010 | Ακτές Μπατρούν, Λίβανος | Bariche 2010 |
| 2011 | Ακτές Μπατρούν, Λίβανος | Bariche 2011 |
| 2011 | Κόλπος Αττάλεια, Τουρκία | Gökoğlu et al. 2011 |
| 2011 | Κόλπος Φίνικε, Τουρκία | Ergüden & Turan 2011 |
| 2011 | Ακτές της Ασντόντ, Ισραήλ | Goren et al. 2011 |
| 2012 | Ακτές της Ρόδου, Ελλάδα | Kalogirou & Corsini-Foka 2012 |
| 2012 | Κόλπος Ισκεντερούν, Τουρκία | Dalyan et al. 2012 |
| 2013 | Κόλπος Αττάλεια, Τουρκία | Gökoğlu & Özvarol 2013 |
| 2013 | Κόλπος Αττάλεια, Τουρκία | Gökoğlu & Özvarol 2013 |
| 2014 | Κόλποι Φετίγιες & Εκινκικ, Τουρκία | Filiz et al. 2014 |
| 2015 | Κεραμεικός Κόλπος, Τουρκία | Akyol & Unal 2015 |
| 2015 | Κόλπος Σμύρνης, Τουρκία | Aydın & Akyol 2015 |
| 2016 | Κόλπος Κουσαντάσι, Τουρκία | Kebapcioglu & Dereli 2016 |
| 2016 | Κεραμεικός Κόλπος | Yapıcı et al. 2016 |
| 2016 | Κόλπος Ισκεντερούν, Τουρκία | Demirci et al. 2016 |
| 2017 | Ακτές της Συρίας | Ali et al. 2017 |
| 2019 | Σαρωνικός Κόλπος, Ελλάδα | Kousteni & Christidis 2019 |
| 2021 | Βόρεια της Ίμβρου, Τουρκία | Dalyan et al. 2021 |

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η καταγραφή της εξάπλωσης του είδους *C. nudivittis* στο Βόρειο Αιγαίο, καθώς και η περιγραφή των μορφοανατομικών του χαρακτηριστικών.

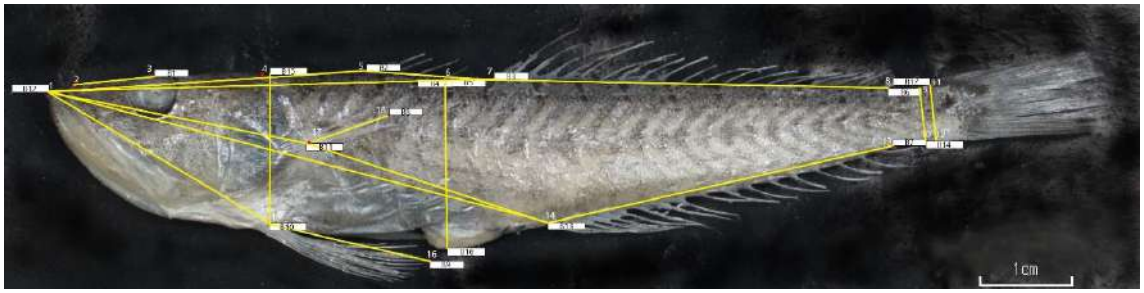
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Δείγματα του γένους *Champsodon* καταγράφηκαν σε διάφορα σημεία του Βόρειου Αιγαίου ως παρεμπίπτων αλίευμα της εμπορικής αλιείας (Εικόνα 1). Τα δείγματα αυτά, συντηρήθηκαν σε αιθυλική αλκοόλη 70%, και μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο, όπου έγιναν οι βασικές μορφομετρικές μετρήσεις (ολικό TL, μεσουραίο FL και σταθερό SL μήκος) και καταγράφηκαν επιλεγμένα μεριστικά χαρακτηριστικά σημαντικά για τα είδη του γένους *Champsodon* (αριθμός ακτίνων πτερυγίων, καταγραφή λεπιών της κοιλιακής πλευράς στις περιοχές του σαγονιού, του στήθους και της κοιλιάς, μέτρηση των αισθητήριων δομών στο πάνω μέρος του κεφαλιού χαρακτηριστικά τους), σε κάθε άτομο. Πέραν των παραπάνω βασικών μετρήσεων, ελήφθησαν επιπλέον 27 (17 στο σώμα και 10 στην κεφαλή) αποστάσεις/μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών (Πίνακας 2, Εικόνα 2) με βάση το Τροποποιημένο Δίκτυο Αποστάσεων (Truss Network) (Strauss & Bookstein 1982), χρησιμοποιώντας 31 ομόλογα σημεία (Πίνακας ΙΙ). Η φωτογράφηση των




**Εικόνα 1: Χάρτης κατανομής των ατόμων του γένους Champsodon της παρούσας μελέτης στο Β. Αιγαίο.**
**Figure 1: Distribution map of the present study's specimens of the genus Champsodon in the N. Aegean.**

ατόμων πραγματοποιήθηκε με τη χρήση συσκευής NIKON Digital Sight DS – L2, με κάμερα τύπου NIKON DS – Fi1 και προσαρμοσμένο φακό NIKKOR AF 1:2,8D. Η επεξεργασία των φωτογραφιών έγινε στο λογισμικό Image J και οι μετρήσεις πραγματοποιήθηκαν με την βοήθεια του λογισμικού tpsDig232.




**Εικ. 2. Μορφομετρικές αποστάσεις σε δείγμα του Champsodon nudivittis.**
**Fig. 2.Morphometric distance measurements on a specimen of Champsodon nudivittis**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά συλλέχθηκαν 21 άτομα του γένους *Champsodon*, από παρεμπίπτοντα αλιεύματα μηχανότρατας σε διαφορετικές περιοχές του Βορείου Αιγαίου κατά την περίοδο 2019-2022 (Εικόνα 1).

Ο μέσος όρος των μετρήσεων των μορφομετρικών παραμέτρων στα υπό μελέτη άτομα, ήταν γενικά εντός του εύρους που δίνεται για κάθε παράμετρο στην μελέτη του Nemeth (1994). Από το σύνολο των παραμέτρων, μόνο ο λόγος «Οριζόντια διάμετρος ματιού: Μήκος ρύγχους», διαφοροποιείται σημαντικά από τα αποτελέσματα του Nemeth (1994), καθώς τα άτομα της παρούσας μελέτης φαίνεται να εμφανίζουν μικρότερη αναλογία (0,584) (Πίνακας 3). Η διαφοροποίηση αυτή ενδέχεται να οφείλεται στην συρρίκνωση, που μπορεί να προκαλέσει το συντηρητικό μέσο (αιθυλική αλκοόλη 70%) όπου αποθηκευτήκαν τα δείγματα (Shields & Carlson 1996). Επιπλέον, πραγματοποιήθηκε σύγκριση των μορφομετρικών χαρακτηριστικών με τις υπόλοιπες καταγραφές του *C. nudivittis* στην Ανατολική Μεσόγειο, στις οποίες υπήρχαν τα αντίστοιχα μορφομετρικά δεδομένα, όπου σε κάποια χαρακτηριστικά έχουμε διαφοροποιήσεις.

Από τη σύγκριση των αποτελεσμάτων των μεριστικών χαρακτηριστικών, μεταξύ των ατόμων της παρούσας μελέτης και με τις υπάρχουσες καταγραφές στην Ανατολική Μεσόγειο, ο αριθμός των ακτινών των ραχιαίων και εδρικών πτερυγίων των ατόμων του *C. nudivittis* είναι παρόμοιος (Πίνακας 4). Μικρές διακυμάνσεις καταγράφηκαν στον αριθμό των ακτινών των πλευρικών και κοιλιακών πτερυγίων (Πίνακας 4), εξαιτίας της θέσης των πτερυγίων αυτών, το γεγονός αυτό μπορεί να οφείλεται στο μη ορθό χειρισμό των παρεμπιπτόντων αλιευμάτων επάνω στα σκάφη, στο συντηρητικό μέσο αποθήκευσης που μπορεί να αφυδατώσει τις ακτίνες με αποτέλεσμα να αποκοπούν από το σώμα του υπό μελέτη ατόμου.

Όσον αφορά την παρουσία ή απουσία λεπιών στις γνάθους, στο στήθος και στην κοιλιά, καθώς και στα αισθητήρια όργανα, βρέθηκε ένα άτομο, που αλιεύτηκε στον Τορωναίο Χαλκιδικής, το οποίο ενώ δεν φέρει λέπια ούτε στην κάτω γνάθο, ούτε στην περιοχή της κοιλιάς, όπως όλα τα υπόλοιπα άτομα της παρούσας μελέτης, εμφανίζονται αρκετά λέπια στην περιοχή του στήθους συγκριτικά με τα υπόλοιπα δείγματα που συλλέχθηκαν. Αντίθετα, η διάταξη των αισθητήριων οργάνων στο πάνω τμήμα της κεφαλής είναι ίδια για όλα τα άτομα. Οι παραπάνω διαφοροποιήσεις μπορούν χαρακτηριστούν ως φαινοτυπικές παραλλαγές του είδους. Τέτοιου είδους διαφοροποιήσεις έχουν καταγραφεί και στην εργασία των Stern *et al.* (2019), όπου τα άτομα έχουν περισσότερα λέπια στην περιοχή του στήθους, όμως σε γενετική ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στα συγκεκριμένα δείγματα προκύπτει ότι όλα ανήκουν στο ίδιο είδος. Συμπερασματικά, τα δείγματα που συλλέχθηκαν στο πλαίσιο της παρούσας μελέτης εμφανίζουν παρόμοια μορφοανατομικά χαρακτηριστικά με εξαίρεση το άτομο, όπως αναφέρθηκε παραπάνω.

**Πίνακας 2: Μορφομετρικά χαρακτηριστικά, που μετρήθηκαν στα άτομα του C. nudivittis, της παρούσας εργασίας.**
**Table 2: Morphometric characteristics, measured in the present study's specimens of C. nudivittis.**

| Σώμα/Ολόκληρο Άτομο | | |
|---|---|---|
| **Παράμετρος** | **Ομόλογα Σημεία** | **Περιγραφή** |
| B1 | 2-3 | Μήκος ρύγχους |
| B2 | 1-5 | Μήκος από το ρύγχος έως την αρχή του πρώτου ραχιαίου πτερυγίου |
| B3 | 1-7 | Μήκος από το ρύγχος έως την αρχή του δεύτερου ραχιαίου πτερυγίου |
| B4 | 6-7 | Μήκος ανάμεσα στα δύο ραχιαία πτερύγια |
| B5 | 5-6 | Μήκος βάσης πρώτου ραχιαίου πτερυγίου |
| B6 | 7-8 | Μήκος βάσης δεύτερου ραχιαίου πτερυγίου |
| B7 | 13-14 | Μήκος βάσης εδραίου πτερυγίου |
| B8 | 17-18 | Μήκος πλευρικού πτερυγίου |
| B9 | 15-16 | Μήκος κοιλιακού πτερυγίου |
| B10 | 1-15 | Μήκος από το ρύγχος έως την αρχή του κοιλιακού πτερυγίου |
| B11 | 1-17 | Μήκος από το ρύγχος έως την αρχή του πλευρικού πτερυγίου |
| B12 | 1-14 | Μήκος από το ρύγχος έως την αρχή του εδρικού πτερυγίου |
| B13 | 17-14 | Απόσταση από την αρχή του πλευρικού έως την αρχή του εδρικού πτερυγίου |
| B14 | 9-10 | Βάθος ουραίου πτερυγίου |
| B15 | 15-4 | Ύψος σώματος από την αρχή του κοιλιακού πτερυγίου |
| B16 | | Μέγιστο ύψος σώματος |
| B17 | 11-12 | Ουραίο πτερύγιο |
| **Κεφαλή** | | |
| **Παράμετρος** | **Ομόλογα Σημεία** | **Περιγραφή** |
| H1 | 2-3 | Μήκος ρύγχους |
| H2 | 2-4 | Μήκος άνω γνάθου |
| H3 | 4-5 | Μετακογχική απόσταση έως το τέλος της κεφάλης |
| H4 | 1-5 | Μήκος κεφάλης |
| H5 | 10-11 | Κάθετη διάμετρος ματιού |
| H6 | 12-13 | Οριζόντια διάμετρος ματιού |
| H7 | 9-11 | Ελάχιστη απόσταση του ματιού με την άνω γνάθο |
| H8 | 1-12 | Απόσταση από την αρχή της κεφάλης έως την αρχή του ματιού |
| H9 | 1-8 | Μέγεθος της κάτω γνάθου |
| H10 | 6-7 | Μέγεθος αγκαθιού |

**Πίνακας I: Σύγκριση των αποτελεσμάτων των μορφομετρικών μετρήσεων του C. nudivittis της παρούσας εργασίας με τα αποτελέσματα του Nemeth (1994) και των υπόλοιπων καταγραφών του στην Ανατολική Μεσόγειο.**
**Table 3: Comparison of the mormophmetric measurements of C. nudivittis of the present study and the measurements of Nemeth (1994) and its other records in Eastern Mediterranean.**

| Παράμετροι | Παρούσα εργασία | Nemeth (1994) | Cicek & Bilecenoglu (2009) | Ergüden & Turan (2011) | Kalogirou & Corsini-Foka (2012) | Kousteni & Christidis (2019) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| SL/ H4 | 3,71 (±0,16) | 3,2-3,8 | 3,48 | 3,54–3,42 (3,46) | 3,47 | 3,63 |
| H4/ H1 | 3 (±0,14) | 3,3-5,4 | 3,86 | 3,91-4,59 (4,25) | 3,78 | 4,03 |
| H6 / H1 | 0,584 (±0,045) | 0,8-1,13 | 1,27 | - | 0,76 | - |
| H4 / H6 | 5,156 (±0,33) | 3,8-5,1 | 4,91 | 5,67–5,79 (5,72) | 5,02 | 4,70 |
| H4 / B9 | 1,525 (±0,15) | 0,9-1,5 | 1,42 | - | 1,34 | - |
| H6 / H7 | 0,720 (±0,062) | 0,35-0,74 | 0,55 | - | 1,59 | - |
| B13 / SL | 0,520 (±0,023) | 0,41-0,54 | 0,52 | 0,51-0,55 (0,53) | 0,52 | 0,54 |
| SL / B14 | 15,545 (±1,09) | 14,4-19,4 | 15,67 | - | 15,38 | 17,97 |
| SL / B10 | 3,86 (±0,25) | - | 4,95 | - | - | 3,50 |
| SL / B2 | 3,08 (±0,15) | - | 3,36 | 2,65–2,84 (2,75) | 3,27 | 2,89 |
| SL / B15 | 6,42 (±0,69) | - | 5,11 | - | 6,34 | 6,60 |
| SL / B16 | 5,82 (±0,66) | - | - | - | - | 4,96 |
| SL / B5 | 11,02 (±1,06) | - | - | - | - | 11,34 |
| SL / B6 | 2,41 (±0,12) | - | - | - | - | 2,35 |
| SL / B3 | 2,17 (±0,10) | - | - | - | - | 2,03 |
| SL / B13 | 4,25 (±0,38) | - | - | - | - | 3,96 |

**Πίνακας 4: Αποτελέσματα των μεριστικών μετρήσεων του C. nudivittis της παρούσας εργασίας σε σύγκριση με τα αποτελέσματα του Nemeth (1994) και των υπόλοιπων καταγραφών του στην Ανατολική Μεσόγειο.**
**Table 4: Meristic measurements of C. nudivittis of the present study compared to the measurements of Nemeth (1994) and its other records in Eastern Mediterranean.**

| Μελέτες | Αριθμός Ακτινών Πτερύγιων | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Ραχιαίο | Εδρικό | Πλευρικό | Κοιλιακό | Ουραίο |
| Παρούσα Μελέτη (Θερμαϊκός) | 5, 20 | 18 | 8 | 9 | 20 |
| Παρούσα Μελέτη (Χαλκιδική) | 5, 20 | 18 | 10 | 8 | 17 |
| Παρούσα Μελέτη (Θρακικό Πέλαγος) | 5, 20 | 18 | 10 | 11 | 20 |
| Παρούσα Μελέτη (Λέσβος) | 5, 20 | 18 | 9 | 9 | 16 |
| Nemeth (1994) | 4-5, 19-20 | 17-19 | 13-15 | - | - |
| Cicek & Bilecenoglu (2009) | 4, 20 | 19 | 14 | - | - |
| Erguden & Turan (2011) | 4, 19-20 | 18-19 | 14 | - | - |
| Goren *et al.* (2011) | 5, 20 | 18 | 13 | 5 | - |
| Gokoglu *et al.* (2011) | 4, 20 | 19 | 11 | 5 | 17 |
| Kalogirou & Corsini-Foka (2012) | 5, 20 | 18 | 12-14 | 6 | - |
| Akyol & Unal (2015) | 5, 20 | 18 | 14 | 5+5 | - |
| Ali *et al.* (2017) | 5, 9+11 | 18 | 12 | 5 | 18 |
| Kousteni & Christidis (2019) | 5,20 | 18 | 12 | 5 | 18 |
| Dalyan *et al.* (2021) | 5,19 | 17, 18 | 13 | - | - |

Όπως διαπιστώθηκε τα άτομα του γένους *Champsodon* που συλλέχθηκαν στο Βόρειο Αιγαίο ανήκουν στο είδος *C. nudivittis,* παρά τις μορφολογικές παραλλαγές, οι οποίες μπορεί να οφείλονται στην φαινοτυπική πλαστικότητα που εμφανίζει το είδος και την ικανότητα να προσαρμόζεται εύκολα και γρήγορα σε νέα περιβάλλοντα (κύκλος r) (Dalyan *et al.* 2021). Τα είδη αυτού του γένους αυτού, όπως ήδη αναφέρθηκε, εμφανίζουν αλληλοεπικαλυπτόμενα μορφολογικά χαρακτηριστικά και δεν είναι εύκολη η ταυτοποίησή τους (Nemeth 1994), επομένως, προκειμένου όμως να επιβεβαιωθούν τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, είναι αναγκαίο να πραγματοποιηθεί και γενετική ανάλυση των συλλεχθέντων δειγμάτων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Akyol O & Ünal V (2015) Occurrence of the Indo-Pacific *Champsodon nudivittis* (Perciformes, Champsodontidae) in the Bay of Gökova (Southern Aegean Sea, Turkey). Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 15: 187–190

Albano PG, Steger J, Bakker PAJ *et al.* (2021) Numerous new records of tropical non-indigenous species in the Eastern Mediterranean highlight the challenges of their recognition and identification. ZooKeys 1010: 1–95

Ali M, Saad A, Jabour R, Rafrafi-Nouira S, Capapé C (2017) First record of nakedband gaper *Champsodon nudivittis* (Osteichthyes: Champsodontidae) off the Syrian Coast (Eastern Mediterranean). Journal of Ichthyology 57: 161–163

Aydın İ & Akyol O (2015) First Record of an Indo-Pacific Gaper, *Champsodon vorax* (Actinopterygii: Perciformes: Champsodontidae), from the Aegean Sea, Turkey. Acta Ichthyologica Et Piscatoria 45(2): 207–209

Bariche M (2010) *Champsodon vorax* (Teleostei: Champsodontidae), a new alien fish in the Mediterranean. Aqua International Journal of Ichthyology 16(4): 197-200

Bariche M (2011) First record of the cube boxfish *Ostracion cubicus* (Ostraciidae) and additional records of *Champsodon vorax* (Champsodontidae), from the Mediterranean. Aqua. International Journal of Ichthyology 17(4): 181–184

Çiçek E & Bilecenoğlu M (2009) A new alien fish in the Mediterranean Sea: *Champsodon nudivittis* (Actinopterygii: Perciformes: Champsodontidae). Acta Ichthyologica et Piscatoria 39: 67–69

Dalyan C, Yemişken E, Eryılmaz L (2012) A new record of gaper (*Champsodon capensis* Regan, 1908) in the Mediterranean Sea. Journal of Applied Ichthyology 28(5): 834-835

Dalyan C, Gönülal O, Kesici NB, Yapici S (2021) The northernmost record of *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) in the Mediterranean Sea. Aquatic Sciences and Engineering 36(2): 85-88.

Demirci S, Şimşek E, Demirci A (2016) Assessment of age and growth parameters of the nakedband gaper *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) with different models in the Eastern Mediterranean. Pakistan Journal of Zoology 48(3): 891–894

Ergüden D & Turan C (2011) Occurrence of the nakedband gaper, *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) (Osteichthyes: Champsodontidae), in Finike Bay, eastern Mediterranean, Turkey. Journal of Applied Ichthyology 27: 1397–1398

Filiz H, Akçimar SC, Irmak E (2014) Occurrence, length-weight and length-length relationships of *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) in the Aegean Sea. Journal of Applied Ichthyology 30: 415–417

Galil BS (2009) Taking stock: inventory of alien species in the Mediterranean Sea. Biological Invasions 11: 359–372. https://doi.org/10.1007/s10530-008-9253-y

Galil BS, Danovaro R, Rothman SBS, Gevili R, Goren M (2019) Invasive biota in the deep-sea Mediterranean: an emerging issue in marine conservation and management. Biological Invasions 21(2): 281-288

Gökoğlu M, Ünlüsayın M, Balcı BA, Özvarol Y, Çolak H (2011) Two alien fish in the Gulf of Antalya: *Apogon queketti* Gilchrist, 1903 (Apogonidae) and *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) (Champsodontidae). Zoology in the Middle East 54: 138–140

Gökoğlu M & Özvarol Y (2013) Additional Records of *Champsodon vorax* and *Champsodon capensis* (Actinopterygii: Perciformes: Champsodontidae) From The Eastern Mediterranean Sea. Acta Ichthyologica Et Piscatoria 43(1): 79-82

Golani D (1998) Distribution of Lessepsian migrant fish in the Mediterranean. Italian Journal of Zoology 65(sup1): 95–99. doi:10.1080/11250009809386801

Goren M, Stern N, Galil BS, Diamant A (2011) On the occurrence of the Indo-Pacific *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1985) (Perciformes, Champsodontidae) from the Mediterranean coast of Israel, and the presence of the species in the Red Sea. Aquatic Invasions 6: 115–117

Kalogirou S & Corsini-Foka M (2012) First record of the Indo-Pacific *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) (Perciformes, Champsodontidae) in the Aegean waters (eastern Mediterranean Sea). BioInvasions Records 1: 229–233

Kebapçıoğlu T & Dereli H (2016) First record of gaper (Champsodon capensis Regan, 1908) in the Aegean Sea. Mediterranean Marine Science 17(3): 794-821

Kousteni V & Christidis G (2019) Westward range expansion of the Indo-Pacific nakedband gaper *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895) in Saronikos Gulf, Greece. BioInvasions Records 8(1): 167 – 174

Nemeth D (1994) Systematics and distribution of fishes of the family Champsodontidae (Teleostei: Perciformes), with descriptions of three new species. Copeia 2: 347–371

Nemeth D (2001) Champsodontidae. In: Carpenter K.E., Niem V.H. (eds.) FAO Species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Vol. 6. Bony fishes part 4 (Labridae to Latimeriidae), estuarine crocodiles, sea turtles, sea snakes and marine mammals, Rome, FAO, p. 3497–3499

Shields AP & Carlson RS (1996) Effects of Formalin and Alcohol Preservation on Lengths and Weights of Juvenile Sockeye Salmon. Alaska Fishery Research Bulletin, 3(2):81-93

Stern N, Gouws G, Golani D, Goren M, Gon O (2019) Champsodontidae (Pisces: Trachinoidei) in the Eastern Mediterranean: how many species are there? Journal of Natural History 53(47-48): 2869-2881

Strauss R E, & Bookstein F L (1982) The truss: body form reconstructions in morphometrics. Systematic Biology 31(2): 113-135.

Yaglioglu D, Deniz T, Erguden D, Gurlek M, & Turan C (2014) Age and growth of the nakedband gaper, *Champsodon nudivittis* (Ogilby, 1895), from the Iskenderun Bay, Northeastern Mediterranean. Cahiers de biologie marine 55(3): 347-351

Yapici S, Fricke R, Filiz H (2016) Champsodontids at the gates: first record of *Champsodon vorax* Günther, 1867 from the Aegean Sea (Teleostei: Champsodontidae). Journal of Applied Ichthyology 32(1): 120-122

Zenetos A, Gofas S, Verlaque M *et al.* (2010) Alien species in the Mediterranean Sea by 2010. A contribution to the application of European Union's Marine Strategy Framework Directive (MSFD). Part I. Spatial distribution. Mediterranean Marine Science 11: 381. https://doi.org/10.12681/mms.87

Zenetos A, Çinar ME, Crocetta F *et al*. (2017) Uncertainties and validation of alien species catalogues: The Mediterranean as an example. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 191: 171–187

Zenetos A & Galanidi M (2020) Mediterranean non indigenous species at the start of the 2020s: recent changes. Mar Biodivers Rec 13, 10 https://doi.org/10.1186/s41200-020-00191-4

# Διαδικασίες επιλογής κατά την αλιεία με τράτα βυθού και συνέπειες στα αποθέματα και την αλιεία

**Χρυσούλα Μυτιληναίου[1], Bent Herrmann[2,3,4], Δανάη Μαντοπούλου-Παλούκα[1,5], Antonello Sala[6], Περσεφόνη Μεγαλοφώνου[7]**

[1]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων (ΙΘΑΒΙΠΕΥ), P.O. Box 712, Ανάβυσσος 19013, Αττική, Greece – chryssi@hcmr.gr

[2]SINTEF Ocean, Fishery Technology, Willemoesvej 2, 9850 Hirtshals, Denmark, [3] University of Trømso, Norway, [4]DTU Aqua, Technical University of Denmark, Hirtshals, Denmark - Bent.Herrmann@sintef.no

[1]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων (ΙΘΑΒΙΠΕΥ), – danaim@hcmr.gr, new address: [5] Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης (ΑΠΘ). Θεσσαλονίκη, Τ.Κ. 54124, Ελλάδα – mantopoulou.danai@gmail.com

[6]Italian National Research Council (CNR), Institute of Marine Sciences (ISMAR), Ancona, Italy – antonello.sala@cnr.it

[7]Τμήμα Βιολογίας, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών (ΕΚΠΑ), Πανεπιστημιούπολις, Ιλίσσια, 15784 Αθήνα, Ελλάδα, - pmegalo@biol.uoa.gr

## ABSTRACT

**Chryssi Mytilineou, Bent Herrmann, Danai Mantopoulou-Palouka, Antonello Sala, Persefoni Megalofonou: Selection processes during bottom-trawl fishery and their effects on stocks and fisheries**

Gear selectivity and discards are related to fisheries management. In the present work, trawl codend selectivity parameters and fisher's selection parameters (for discards and landings) are presented for 14 species (targets or bycatch in trawl fishery) using an innovative model. Three different trawl codends were tested to identify the best case in terms of stocks and fisheries sustainability. Results provided information useful in multispecies Mediterranean trawl fishery.

**Keywords:** [selectivity, trawl, codend, mesh size, model, fisheries management, Mediterranean]

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

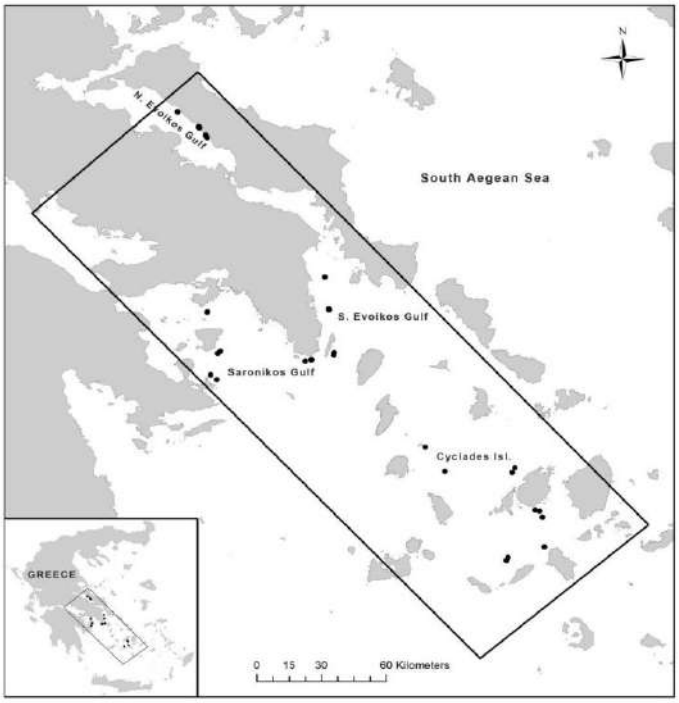
Η αλιεία με τράτα βυθού στη Μεσόγειο, χαρακτηρίζεται ως μία πολυειδική αλιεία της οποίας η διαχείριση αποτελεί πάντα μια πρόκληση. Η επιλεκτικότητα του σάκου της τράτας βυθού και οι απορρίψεις είναι ζητήματα που σχετίζονται με τη διαχείριση της αλιείας, αλλά έχουν μελετηθεί και μοντελοποιηθεί χωριστά μέχρι σήμερα. Οι Mytilineou et al. (2018) ανέπτυξαν ένα μοντέλο που εκτιμά ταυτόχρονα τόσο την επιλεκτικότητα του σάκου τράτας βυθού (που λαμβάνει χώρα στη θάλασσα από το εργαλείο και έχει σαν αποτέλεσμα τα διαφυγόντα και το παρακρατηθέν στο σάκο αλίευμα) όσο και το πρότυπο επιλογής του αλιέα (που λαμβάνει χώρα επί του σκάφους και έχει σαν αποτέλεσμα τις απορρίψεις και τις εκφορτώσεις). Πιο ειδικά, το μοντέλο εκτιμά την τις πιθανότητες (καμπύλες) διαφυγής, απόρριψης και εκφόρτωσης και τις παραμέτρους επιλεκτικότητας του εργαλείου (μήκος με πιθανότητα διαφυγής ή παρακράτησης 50%: $L_{50gear}$ και εύρος επιλογής $SR_{gear}$), την επιλογή του αλιέα ($L_{50fisher}$ και $SR_{fisher}$) και το μήκος με 50% πιθανότητα εκφόρτωσης και το εύρος επιλογής για την πιθανότητα εκφόρτωσης ($L_{50land}$ και εύρος επιλογής $SR_{land}$), παράμετροι χαρακτηριστικές των καμπυλών επιλογής.

Στην παρούσα εργασία, με βάση το προαναφερόμενο μοντέλο, διερευνήθηκαν ταυτόχρονα η επιλεκτικότητα του σάκου της τράτας και η επιλογή των αλιέων κατά την αλιεία με τράτα βυθού για 14 είδη και για 3 σενάρια ως προς το μάτι του σάκου της τράτας. Τα είδη που μελετήθηκαν περιλάμβαναν 5 είδη-στόχους [*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) μπακαλιάρος, *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758 κουτσομούρα, *Mullus surmuletus* Linnaeus, 1758 μπαρμπούνι, *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758) λυθρίνι, *Lophius budegassa* Spinola, 1807 πεσκανδρίτσα] και 9 παρεμπίπτοντα είδη [*Micromesistius poutassou* (Risso, 1810) προσφυγάκι, *Boops boops* (Linnaeus, 1758) γόπα, *Serranus cabrilla* (Linnaeus, 1758) χάνος, *Trachurus trachurus* μαυροσαύριδο, *Lepidorhombus boscii* κηλιδοζαγκέτα, *Chelidonichthys lastoviza* (Bonnaterre, 1788) γραμμοκαπόνι, *Helicolenus dactylopterus* (Delaroche, 1809) λειψός, *Citharus linguatula* (Linnaeus, 1758) κιθαροζαγκέτα, *Spicara smaris* (Linnaeus, 1758) μαρίδα]. Τα είδη αυτά είχαν διαφορετικά σωματικά (στρογγυλεμένο σώμα ή πλατύψαρα), οικονομικά (υψηλή ή χαμηλή αξία) και διαχειριστικά χαρακτηριστικά (με ή χωρίς ελάχιστο μήκος αναφοράς διατήρησης-MCRS). Τα δίχτυα που χρησιμοποιήθηκαν για το σάκο της τράτας βυθού ήταν: α) δίχτυ με ρομβοειδή μάτια 40 mm (40D), β) δίχτυ με τετράγωνα μάτια 40 mm (40S) ή γ) δίχτυ με ρομβοειδή μάτια 50 mm (50D). Το πρώτο δίχτυ δεν επιτρέπεται πλέον στις μεσογειακές χώρες της ΕΕ αλλά χρησιμοποιείται σε άλλους μεσογειακούς

στόλους, ενώ τα δύο τελευταία δίχτυα, είναι σε χρήση σύμφωνα με κανονισμούς της ΕΕ (Council Regulation (EC) No 1967/2006, Regulation (EU) 2019/1241). Το δεύτερο δίχτυ μπορεί να χρησιμοποιηθεί αν η επιλεκτικότητα του είναι καλύτερη από αυτήν του τετράγωνου. Στόχος της παρούσας έρευνας ήταν η αξιολόγηση του καταλληλότερου ματιού στο δίχτυ του σάκου της τράτας και η διαπίστωση των επιπτώσεων των διαδικασιών επιλογής στα αποθέματα και την αλιεία της τράτας, κάτω από το πρίσμα της οικοσυστημικής προσέγγισης στη διαχείριση της αλιείας για μείωση των συλλήψεων των νεαρών ατόμων ψαριών και μείωση των απορρίψεων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν κατά τη διάρκεια πειραματικής αλιείας, που πραγματοποιήθηκε στα αλιευτικά πεδία της τράτας βυθού του Νοτίου Αιγαίου (Εικ. 1). Η πειραματική αλιεία έλαβε χώρα το Σεπτέμβριο-Οκτώβριο 2014 και το Μάιο-Ιούνιο 2015, σε βάθη μεταξύ 50 και 310 m, με επαγγελματική μηχανότρατα και τράτα βυθού εμπορικής αλιείας, ώστε να επιτευχθούν συνθήκες κατά το δυνατόν πλησιέστερες σε εκείνες της εμπορικής αλιείας. Συνολικά, διεξήχθησαν 162 έγκυρες καλάδες (54 καλάδες ανά σάκο), χρησιμοποιώντας τη μέθοδο κάλυψης του σάκου με κάλυμμα (Wileman et al. 1996) που σχεδιάστηκε σύμφωνα με τους Sala et al. (2015) και εφαρμόστηκε όπως αναφέρεται από την Μυτιληναίου (2022). Η δειγματοληψία βασίστηκε στο καινοτόμο δειγματοληπτικό σχήμα τριών κλασμάτων (Mytilineou et al., 2018, Μυτιληναίου, 2022): διαφυγόντα (που συλλέγονται στο κάλυμμα), απορριπτόμενα και εκφορτούμενα (που προέρχονται από την διαλογή του παρακρατηθέντος αλιεύματος από τους αλιείς επί του σκάφους), σε αντίθεση με το μέχρι σήμερα χρησιμοποιούμενο στις μελέτες επιλεκτικότητας σχήμα των δύο κλασμάτων (διαφυγόντα/παρακρατηθέν αλίευμα). Η εκτίμηση της μέσης καμπύλης επιλεκτικότητας και των σχετικών παραμέτρων βασίστηκαν στη μέθοδο που πρότεινε ο Millar (1993), δηλ. την ένωση των δεδομένων όλων των καλάδων, ενώ προκειμένου να εκτιμηθεί με ακρίβεια η αβεβαιότητα των καμπυλών, προτάθηκε η μέθοδος διπλής δειγματοληψίας με επανάθεση, ώστε να ληφθεί υπόψη η διακύμανση τόσο μεταξύ των καλάδων όσο και εντός των καλάδων. Όλες οι αναλύσεις υλοποιήθηκαν χρησιμοποιώντας το λογισμικό SELNET (Herrmann et al. 2012, 2013).




**Εικόνα 1: Περιοχή μελέτης, όπου παρουσιάζονται οι θέσεις των καλάδων που πραγματοποιήθηκαν.**
**Figure 1: Map of the study area. The location of the hauls carried out are also shown.**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα του μοντέλου για το σύνολο των διαδικασιών επιλογής, τόσο δηλαδή για την εκτίμηση της επιλεκτικότητας του σάκου της τράτας όσο και της επιλογής του αλιέα έδειξαν ότι ο σάκος

της τράτας 40D ήταν επιζήμιος για τα αποθέματα όλων των ειδών. Ο σάκος της τράτας 40S ήταν καταλληλότερος για τη βιωσιμότητα των 5 από τα υπό μελέτη είδη (κουτσομούρα, μπαρμπούνι, προσφυγάκι, γόπα, χάνος), με παραμέτρους επιλεκτικότητας του εργαλείου παραπλήσιες με το ελάχιστο μήκος αναφοράς διατήρησης (MCRS) και το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμασης (LFM) του κάθε είδους. Το στοιχείο αυτό συνοδευόταν επίσης από νόμιμα αλιεύματα, σύμφωνα με τις παραμέτρους επιλογής του αλιέα, μεγαλύτερη συμμόρφωση του αλιέα στους κανονισμούς, μικρότερες ή αμελητέες απορρίψεις και μικρότερες οικονομικές απώλειες για τον αλιέα ή απώλειες που συνδέονται με μη νόμιμα αλιεύματα από υπομεγέθη άτομα. Οι οικονομικές απώλειες ήταν συγκριτικά εντονότερες στον σάκο 50D σε σχέση με τους άλλους δύο, λόγω διαφυγής μεγάλων εμπορικού ενδιαφέροντος ατόμων εξ αιτίας του μεγαλύτερου SR σε αυτό το σάκο. Ο σάκος της τράτας 50D βρέθηκε καταλληλότερος από τον σάκο 40S για τη βιωσιμότητα του γλωσσοειδούς κιθαροζαγκέτα, ωστόσο, λόγω της επιλογής από τον αλιέα μόνο των μεγαλύτερων ατόμων ως εκφορτώσεις, αυτός ο σάκος χαρακτηρίστηκε από υψηλή πιθανότητα απόρριψης. Τόσο ο σάκος 40S όσο και ο σάκος 50D ήταν κατάλληλοι για τη βιωσιμότητα των αποθεμάτων του είδους μαρίδα και με παρόμοια αποτελέσματα για την αλιεία. Κανείς από τους υπό εξέταση σάκους δεν ήταν κατάλληλος για τα είδη μπακαλιάρος, μαυροσαύριδο, γραμμοκαπόνι, λειψός, λυθρίνι και κηλιδοζαγκέτα ως προς το MCRS ή LFM του κάθε είδους, αν και ο σάκος 40S ευνοούσε περισσότερο τη διαφυγή των νεαρών *M. merluccius* (Εικ. 2), ενώ ο 50D των νεαρών *P. erythrinus*. Όλοι οι σάκοι της τράτας ήταν ιδιαίτερα επιβλαβείς για το πεσκανδρίτσα καθώς σχεδόν όλα τα νεαρά παρακρατούνται από τον σάκο της τράτας, με αποτέλεσμα αμελητέα διαφυγόντα, υψηλή πιθανότητα απόρριψης και εκφορτούμενα με μέγεθος πολύ μικρότερο από το μήκος πρώτη γεννητικής ωρίμασης του είδους (δεν υπάρχει MCRS). Ο σάκος με ρομβοειδές μάτι 50D δεν φάνηκε να πληροί τις απαιτήσεις της ισχύουσας ευρωπαϊκής νομοθεσίας για τη μεσογειακή τράτα βυθού όσον αφορά την καλύτερη επιλεκτικότητα σε σύγκριση με τον σάκο 40S. Θα πρέπει επομένως να εξεταστεί η κατάργηση του ή η χρήση του μόνο σε αλιευτικά πεδία πλατύψαρων. Σχεδόν σε όλες τις περιπτώσεις, η συμπεριφορά του ψαρά για κάθε είδος ήταν σταθερή σε όλους τους σάκους, επιλέγοντας για ορισμένα είδη άτομα μικρότερα από το MCRS ή το LFM (π.χ. μπακαλιάρος, γραμμοκαπόνι), μεγαλύτερα για είδη κυρίως παρεμπιπτόντων αλιευμάτων (π.χ. μαυροσαύριδο, κηλιδοζαγκέτα, λειψός) ή παρόμοια με το MCRS ή το LFM, εάν δεν υπήρχαν διαθέσιμα νεαρά άτομα στο αλίευμα, λόγω της επιλεκτικότητας του εργαλείου (π.χ. *κουτσομούρα, προσφυγάκι, χάνος*). Γενικά, η συμπεριφορά των ψαράδων ήταν πιο νόμιμη όταν γινόταν χρήση του σάκου 40S. Ωστόσο, ακόμη και στην περίπτωση του σάκου 40S, φαίνεται να απαιτείται βελτίωση της επιλεκτικότητας για πολλά είδη. Για κάποια από αυτά όμως, ήταν προφανές, ότι η μόνη λύση για την προστασία των νεαρών τους ήταν η προστασία των νηπιοτροφείων τους (π.χ. μπακαλιάρος, πεσκανδρίτσα), δεδομένου ότι η απαιτούμενη αύξηση του ματιού στο σάκο της τράτας θα οδηγούσε σε απώλεια πολλών άλλων σημαντικού εμπορικού ενδιαφέροντος αλιευμάτων. Επιπλέον μελέτες και για άλλα είδη θα είναι χρήσιμο να υλοποιηθούν, καθώς η αλιεία με τράτα στη Μεσόγειο είναι μια πολυειδική αλιεία.

Συνοψίζοντας, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η χρήση του μοντέλου μπορεί να δώσει ταυτόχρονα πολλές χρήσιμες για τη διαχείριση της αλιείας πληροφορίες (Mytilineou et al., 2018). Ιδιαιτέρως αναγκαίες φάνηκε να είναι μελέτες για την τροποποίηση του εργαλείου, ώστε να βελτιωθεί η επιλεκτικότητα του εργαλείου και η αποφυγή σύλληψης των νεαρών ατόμων πολλών ειδών, δεδομένου ότι και ο σάκος 40S αν και ικανοποιητικότερος συγκριτικά με τους άλλους δύο, εξακολουθεί να μην μπορεί να διασφαλίσει τη βιωσιμότητα πολλών αποθεμάτων (Μυτιληναίου, 2022 και εργασίες σε αυτή).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Herrmann B, Sistiaga M, Nielsen KN, Larsen RB (2012) Understanding the size selectivity of redfish (*Sebastes* spp.) in North Atlantic trawl codends. Journal of Northwest Atlantic. Fisheries Science 44: 1–13

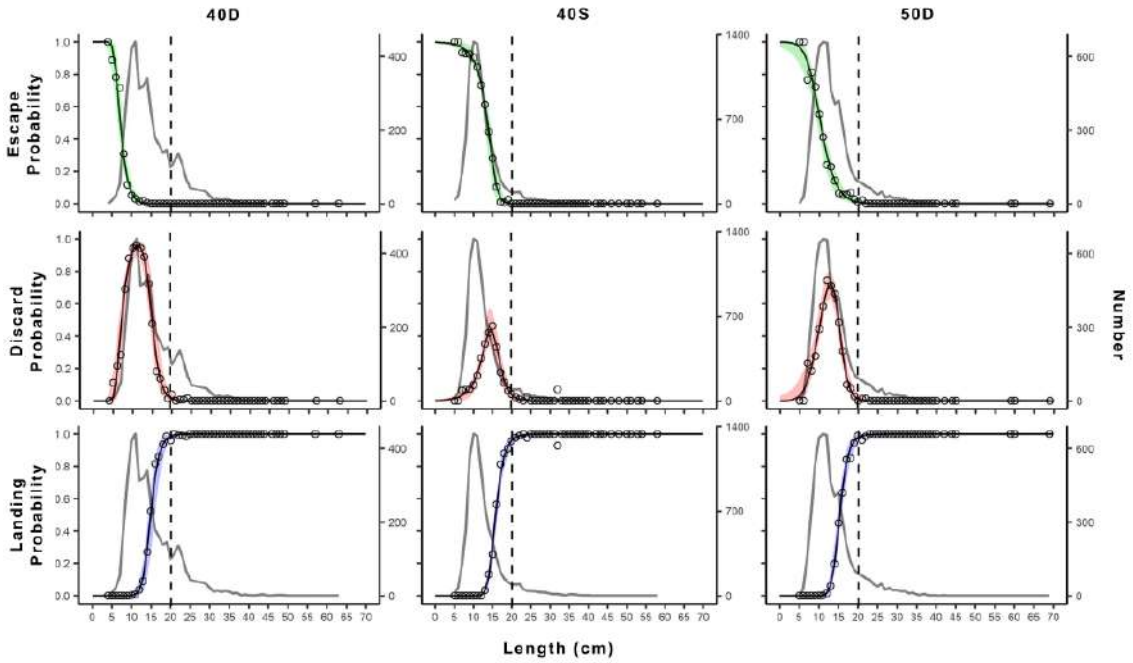
Herrmann B, Mieske B, Stepputtis D, Krag LA, Madsen N, Noack T (2013) Modelling towing and haul-back escape patterns during the fishing process: a case study for cod, plaice, and flounder in the demersal Baltic Sea cod fishery. ICES Journal of Marine Science 70: 850–863

Mytilineou C, Herrmann B, Mantopoulou-Palouka D, Sala A, Megalofonou P (2018) Modelling gear and fishers size selection for escapees, discards, and landings: a case study in Mediterranean trawl fisheries. ICES Journal of Marine Science 75(5): 1693-1709

Sala A, Lucchetti A, Perdichizzi A, Herrmann B, Rinelli P (2015) Is square -mesh better selective than larger mesh? A perspective on the management for Mediterranean trawl fisheries. Fisheries Research 161: 182-190

Wileman D, Ferro RST, Fonteyne R, Millar RB (1996) Manual of methods of measuring the selectivity of towed fishing gear. ICES Cooperative Research Report No. 215: 126 pp. Copenhagen

Μυτιληναίου Χ (2022) Επιπτώσεις της επιλεκτικότητας του αλιευτικού εργαλείου τράτα βυθού σε ιχθυοπληθυσμούς, αλιεία και βιοποικιλότητα. Διδακτορική Διατριβή, ΕΚΠΑ, Αθήνα 2022




**Εικόνα 2: Καμπύλες του συνολικού μοντέλου επιλογής για το μπακαλιάρο *M. merluccius*. Πρώτη σειρά: καμπύλες για τη πιθανότητα διαφυγής (escape probability). Δεύτερη σειρά: καμπύλες για την πιθανότητα απόρριψης (discard probability). Τρίτη σειρά: καμπύλες για την πιθανότητα εκφόρτωσης (landing probability). Αριστερή στήλη: καμπύλες για το σάκο με 40 mm ρομβοειδή μάτια (40D). Μεσαία στήλη: καμπύλες για το σάκο με τετράγωνα μάτια 40 mm (40S). Δεξιά στήλη: καμπύλες για το σάκο με 50 mm ρομβοειδή μάτια (50D). Γκρι γραμμές: διάγραμμα συνολικού πληθυσμού που εισέρχεται στον σάκο της τράτας. Κυκλικά σημεία: πειραματικά δεδομένα. Χρωματισμένες περιοχές (πράσινες, κόκκινες, μπλε): διαστήματα εμπιστοσύνης 95% CI. Διακεκομμένη κάθετη γραμμή: ελάχιστο μήκος αναφοράς διατήρησης (MCRS).**

**Figure 2: Curves of the total selection model for hake *M. merluccius*. First line: escape probability curves. Second line: discard probability curves. Third line: landing probability curves. First column: curves for the 40D codend (40 mm diamond meshes). Second column: curves for the 40S codend (40 mm square meshes). Third column: curves for the 50D codend (50 mm diamond meshes). Grey lines: plots of the total entering the codend population. Coloured areas (green, red, blue): confidence intervals 95%. Dashed vertical line: Minimum conservation reference size (MCRS).**

# Πιλοτική έρευνα πεδίου 2019-2021 για την ερασιτεχνική αλιεία στις περιοχές της Ανατολικής Μακεδονίας & Θράκης, Ιονίου Πελάγους και Σαρωνικού Κόλπου: Προκαταρκτικά αποτελέσματα

**Anastasios Papadopoulos [1], Paraskevi Karachle[2], Emmanouil Tziolas [1], Pavlos Vidoris[1], Manos Koutrakis [1]**

[1]ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, Νέα Πέραμος, Καβάλα, 64007, e-mail: – apapadop@inale.gr, tziolasm@inale.gr, pvidoris@inale.gr, manosk@inale.gr

[2]ΕΛΚΕΘΕ – pkarachle@hcmr.gr

## ABSTRACT

**Anastasios Papadopoulos, Paraskevi Karachle, Manos Tziolas, Pavlos Vidoris, Manos Koutrakis: Pilot on-site Survey 2019-2021 on recreational fishing in the regions of Eastern Macedonia & Thrace, Ionian Sea and Saronic Gulf: Preliminary results**

During 2019-2021, Greece conducted an on-site survey using personal interviews in selected areas of East Macedonia & Thrace (EMT), Ionian Sea and Saronikos Gulf to estimate aspects of marine recreational fishing activity. Estimation of avidity in the two areas revealed that this is higher in the Ionian Sea compared with EMT. Regarding species/taxa, 28 and 21 species/taxa represent 90% of retained and released species respectively in the area of EMT. In the region of Ionian Sea, 25 and 24 species/taxa represent 90% of retained and released species respectively. In Saronikos Gulf 24 and 23 species/taxa represent 90% of retained and released species respectively. Fishing by boat is the most efficient way of fishing in both studied regions. The introduction of a licensing system for recreational fisheries in the country is considered essential.

**Keywords:** Marine recreational fisheries, fishing methods, on-site survey, Mediterranean, Greece

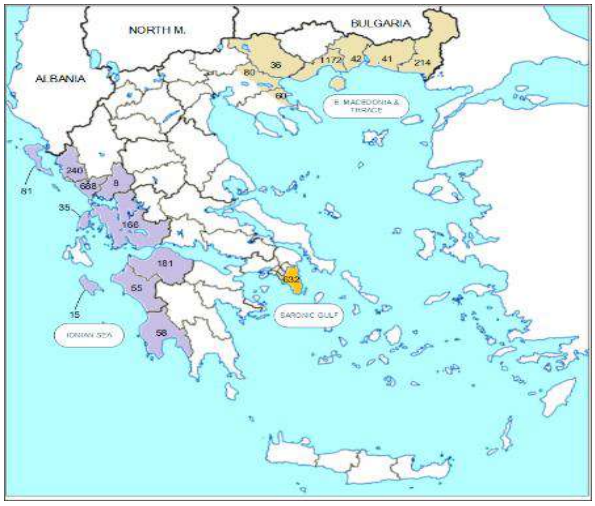
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ερασιτεχνική αλιεία είναι μια δημοφιλής δραστηριότητα με μεγάλη οικονομική και κοινωνική αξία στην Ελλάδα. Από την άνοιξη του 2014 όμως δεν υπάρχει σύστημα αδειοδότησης με αποτέλεσμα να δημιουργούνται πολλαπλές δυσκολίες για τον εντοπισμό, την καταγραφή και την αξιολόγηση της ερασιτεχνικής αλιευτικής δραστηριότητας Ελλήνων και αλλοδαπών ερασιτεχνών αλιέων. Επιπλέον η χώρα στα πλαίσια του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων (ΕΠΣΑΔ), πρέπει να συγκεντρώσει και αναφέρει στοιχεία για την ερασιτεχνική στην ΕΕ. Στο πλαίσιο αυτό, ξεκίνησε το 2018 πιλοτική έρευνα για την εκτίμηση ορισμένων παραμέτρων που σχετίζονται με την θαλάσσια ερασιτεχνική αλιεία κατά την οποία χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές ερευνητικές προσεγγίσεις (τηλεφωνικές έρευνες, έρευνα πεδίου με προσωπικές συνεντεύξεις, εργαλεία αυτοαναφοράς).

Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η παρουσίαση των προκαταρκτικών αποτελεσμάτων από την έρευνα πεδίου στις περιοχές που ερευνήθηκαν από το ΙΝΑΛΕ: Ανατολική Μακεδονία & Θράκη (ΑΜΘ) και Ιόνιο Πέλαγος και από το ΕΛΚΕΘΕ: Σαρωνικός κόλπος. Η μελέτη καλύπτει τις κύριες μεθόδους αλιείας α) από την ακτή, β) με βάρκα και γ) με υποβρύχια αλιεία, όπως αυτές εντοπίστηκαν μέσω τηλεφωνικής έρευνας που προηγήθηκε (Papadopoulos *et al*. 2022), είναι πολυ-ειδική και καταγράφει όλα τα αλιευμένα είδη θαλάσσιας πανίδας τόσο αυτά που διατηρούνται από τους αλιείς όσο και αυτά που απελευθερώνονται.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε κατά την περίοδο 2019-2021. Οι συνεργάτες του ΙΝΑΛΕ και του ΕΛΚΕΘΕ κατέγραφαν συστηματικά παραμέτρους της ερασιτεχνικής αλιευτικής δραστηριότητας, σε τυχαία επιλεγμένες ακτές, προκυμαίες και λιμάνια της Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης (ΑΜΘ), του Ιονίου και του Σαρωνικού (Εικ. 1) χρησιμοποιώντας ένα ad-hoc ερωτηματολόγιο που δημιουργήθηκε για αυτό το σκοπό. Η έρευνα υιοθέτησε δύο καθιερωμένες μεθόδους έρευνας με σκοπό να καταγράψει ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα των αλιευτικών ταξιδιών: η μέθοδος roving creel ακολουθήθηκε για ψάρεμα από την ακτή και η μέθοδος access point για ψάρεμα με σκάφος. Περιγραφή και μέθοδοι για την ανάλυση τους, δίνονται από τους Pollock *et al*. (1994, 1997) και μια κριτική επισκόπηση δίνεται από τον Jones (2012).

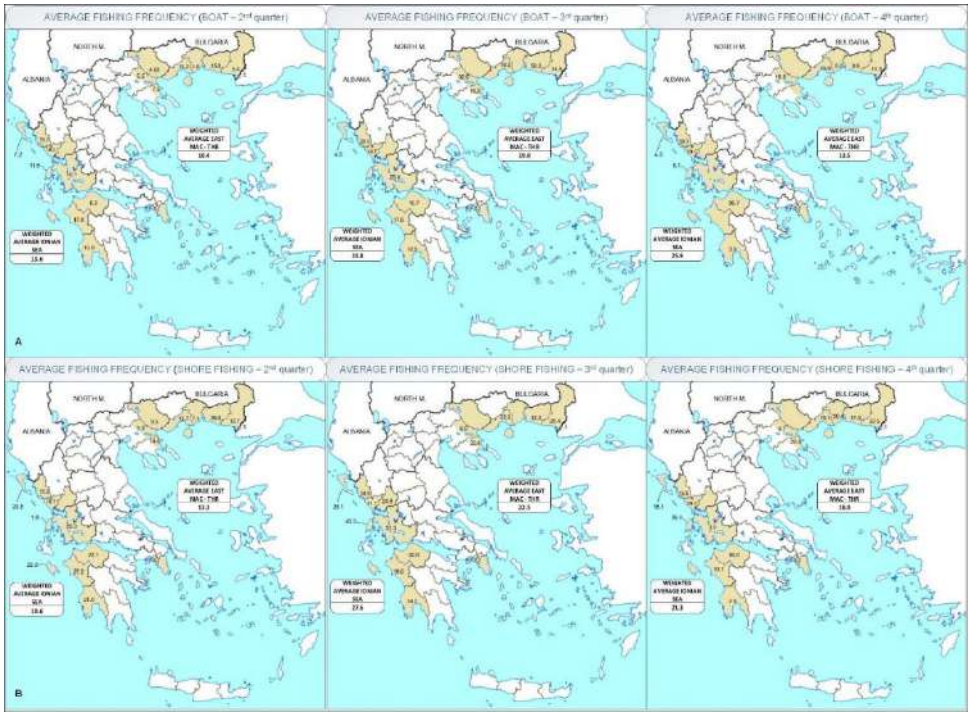



**Εικόνα 1: Περιοχές δειγματοληψίας (σημασμένες/έγχρωμες περιοχές) κατά την περίοδο δειγματοληψίας 2019-2022. Οι γραμμές δείχνουν τα σύνορα μεταξύ των περιφερειακών ενοτήτων. Οι αριθμοί δείχνουν τον αριθμό των συνεντεύξεων σε κάθε περιφερειακή ενότητα.**
**Figure 1: On-site sampling areas (labeled/coloured areas) during 2019-2022 sampling period. The lines indicate the borders between the Greek regional units. Numbers indicate the number of interviews in each regional unit.**

Κάθε έτος χωρίστηκε σε τέσσερα τρίμηνα: 1ο: Ιανουάριος, Φεβρουάριος, Μάρτιος, 2ο: Απρίλιος, Μάιος, Ιούνιος, 3ο Ιούλιος, Αύγουστος, Σεπτέμβριος, 4ο Οκτώβριος, Νοέμβριος, Δεκέμβριος. Προγραμματίστηκαν τέσσερις ετήσιες εποχικές δειγματοληψίες (μία κάθε τρίμηνο για την κάλυψη της εποχικότητας των ποσοστών και των ειδών αλιευμάτων ψαριών), τεσσάρων ημερών το καθένα που περιλάμβανε δύο καθημερινές και ένα Σαββατοκύριακο προκειμένου να καταγραφούν τα μοτίβα ψαρέματος κατά τη διάρκεια της εβδομάδας. Οι δειγματοληψίες του πρώτου τριμήνου 2020 & 2021 αναβλήθηκαν εξαιτίας των περιορισμών που επιβλήθηκαν στην ερασιτεχνική αλιεία λόγω της πανδημίας COVID-19. Κάποιες δειγματοληψίες χρειάστηκε να επαναπρογραμματιστούν για υλικοτεχνικούς λόγους (διαθεσιμότητα προσωπικού) ή λόγω καιρικών συνθηκών. Συνολικά καταγράφηκαν 4.204 ερασιτεχνικά αλιευτικά ταξίδια, 1.645 από αυτά στην περιοχή ΑΜΘ, (1202 ακτή, 394 βάρκες, 49 υποβρύχια αλιεία), 1.527 στην περιοχή του Ιονίου (1043 ακτή, 464 βάρκες, 20 υποβρύχια αλιεία) και 1.032 στην περιοχή Αττικής-Σαρωνικού κόλπου (880 ακτή, 116 σκάφη, 36 υποβρύχια αλιεία). Στην ανάλυση δεν περιλαμβάνονται οι καταγραφές με υποβρύχια αλιεία λόγω του χαμηλού αριθμού δειγμάτων.

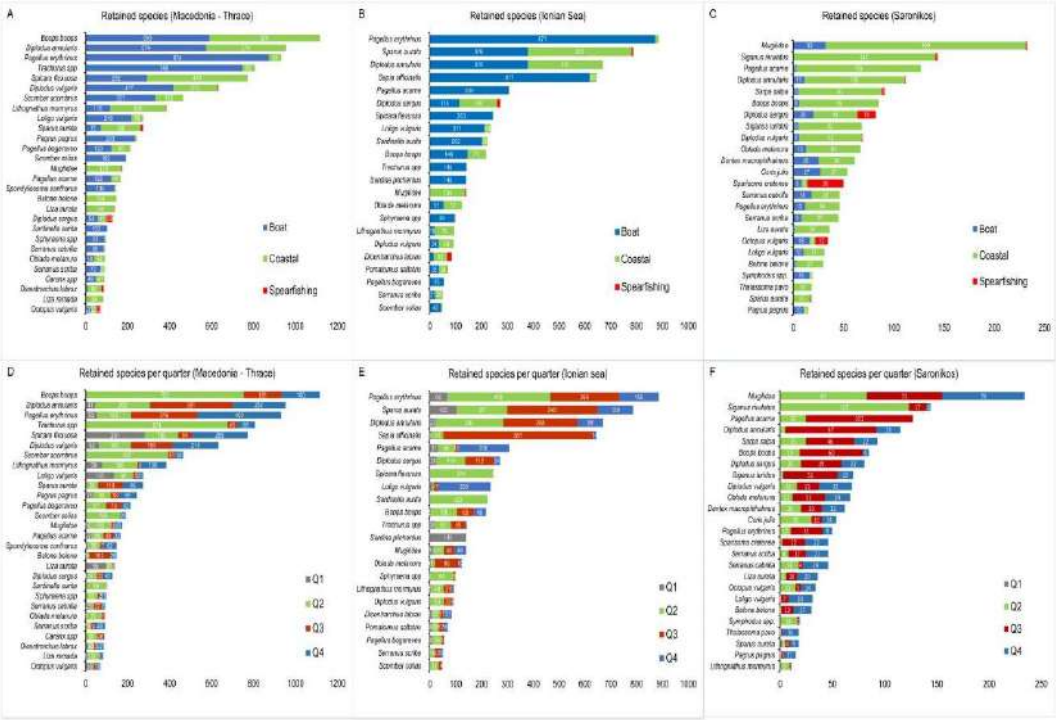
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η συχνότητα αλιείας (Εικ. 2), τόσο από την ακτή όσο και με βάρκα είναι μεγαλύτερη στο Ιόνιο σε σύγκριση με την περιοχή της ΑΜΘ σε όλες τις εποχές. Είναι ένα αποτέλεσμα σύμφωνο με αυτά της τηλεφωνικής έρευνας που προηγήθηκε (Papadopoulos *et al.* 2022) όπου το Ιόνιο Πέλαγος και η περιοχή της Πελοποννήσου απεικονίζουν υψηλότερο ετήσιο μέσο όρο αλιευτικής συχνότητας για όλες τις μεθόδους αλιείας σε σύγκριση με την περιοχή της ΑΜΘ.




**Εικόνα 2: Συχνότητα ερασιτεχνικής αλιείας ανά εποχή στις περιοχές της Αν. Μακεδονίας και Θράκης και του Ιονίου για αλιεία Α) από την ακτή και Β) με βάρκα κατά την περίοδο αναφοράς 2019-2022. Οι αριθμοί στις περιφερειακές ενότητες υποδεικνύουν τον μέσο όρο ημερών σε κάθε περιφερειακή ενότητα.**
**Figure 2: Frequency of recreational fishing by season in the areas of East Macedonia and Thrace and the Ionian by fishing A) from the shore and B) by boat for the sampling period 2019-2022. The numbers in the regional units indicate the average days spent in each regional unit.**

Στην Εικόνα 3 φαίνεται η αφθονία (αριθμός ατόμων) των κύριων ειδών/taxa που αποτελούν περισσότερο από το 90% του συνόλου των ειδών που αλιεύονται και διατηρούνται (δεν απελευθερώνονται), ανά μέθοδο αλιείας, ανά περιοχή δειγματοληψίας και ανά εποχή, στις περιοχές του δείγματος. Στην περιοχή της ΑΜΘ (Εικ. 3Α), 28 είδη/taxa αποτελούν το 90% των διατηρούμενων αλιευμάτων. Από αυτά, 6 είδη/taxa και συγκεκριμένα τα *Boops boops, Diplodus annularis, Pagellus erythrinus, Trachurus spp, Spicara flexuosa* και *Diplodus vulgaris* αποτελούν το 51% του συνόλου των ειδών που διατηρούνται από τους ερασιτέχνες αλιείς. Ο χαμηλός αριθμός συνεντεύξεων με υποβρύχιους αλιείς δεν επιτρέπει έγκυρες εκτιμήσεις, αλλά τα είδη *Diplodus sargus, Octopus vulgaris, Sparus aurata* και *Dicentrarchus labrax* φαίνεται να είναι τα κύρια είδη που διατηρούνται από τους αλιείς κατά την υποβρύχια αλιεία. Στην περιοχή της ΑΜΘ, 21 είδη/taxa αποτελούν το 90% των αλιευμάτων που απελευθερώθηκαν με πέντε από αυτά, τα *D. annularis, Trachurus Spp, D. vulgaris, S. flexuosa, B. boops* να αποτελούν το 58% των αλιευμάτων.
Όσον αφορά στην εποχικότητα των διατηρούμενων ειδών (Εικ. 3D) για όλες τις μεθόδους αλιείας, το *S. flexuosa* να είναι το κύριο αλίευμα που διατηρείται το πρώτο τρίμηνο (Q1) και ακολουθούν τα *Loligo vulgaris, Lithognathus mormyrus, D. vulgaris* και *P. erythrinus*. Το *B. boops* είναι το κύριο αλίευμα κατά το δεύτερο τρίμηνο (Q2) και ακολουθούν τα *Trachurus spp, Scomber scombrus, D. annularis* και *Scomber colias*. Αυτό οφείλεται στη βιολογία των τεσσάρων από τα πέντε κύρια είδη (με εξαίρεση το *D. annularis*) που σχηματίζουν κοπάδια μεγάλου αριθμού ατόμων προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος θήρευσης και επομένως είναι εύκολο να αλιευθούν σε μεγάλο αριθμό ατόμων. Τα κύρια είδη κατά το τρίτο τρίμηνο (Q3) είναι τα D. *annularis, P. erythrinus, D. vulgaris, B. boops και S. Aurata*, ενώ για το τέταρτο τρίμηνο (Q4) τα είδη *P. erythrinus, S. flexuosa, D. annularis B. boops* και *L. mormyrus*.




**Εικόνα 3: Αφθονία διατηρούμενων ειδών/taxa, ανά μέθοδο ερασιτεχνικής αλιείας (A:Μακεδονία & Θράκη, B:Ιόνιο πέλαγος, C:Σαρωνικός κόλπος) και ανά τρίμηνο (D:Μακεδονία & Θράκη, E:Ιόνιο πέλαγος, F:Σαρωνικός κόλπος) στις περιοχές έρευνας κατά την περίοδο δειγματοληψίας 2019-2021.**
**Figure 3: Abundance of retained species/taxa, by recreational fishing method (A:Macedonia & Thrace, B:Ionian Sea, C:Saronikos gulf) and by quarter (D:Macedonia & Thrace, E:Ionian Sea, F:Saronikos gulf) in the survey areas during the 2019-2021 sampling period.**

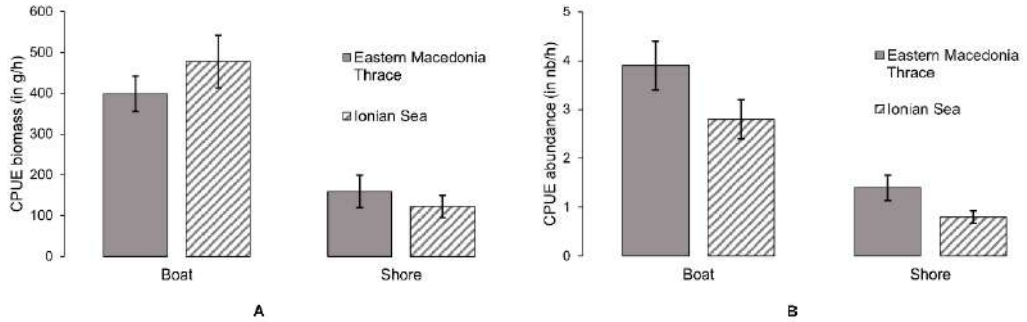
Το κύριο συμπέρασμα που εξάγεται είναι η κυριαρχία των ειδών της οικογένειας Sparidae, κάτι που είναι σύμφωνο και με την τηλεφωνική έρευνα *Papadopoulos et al.* (2022). Επίσης πέντε είδη αποτελούν τη μεγάλη πλειοψηφία (>50%) των αλιευμάτων στην ΑΜΘ. Πάνω από το 90% του συνόλου των ειδών που αλιεύθηκαν (Εικ. 3B) δείχνει την αφθονία των διατηρούμενων ειδών ανά μέθοδο αλιείας στην περιοχή του Ιονίου. Πέντε είδη αποτελούν τα κύρια διατηρούμενα αλιεύματα (58%). Το είδος *P. erythrinus* είναι το πιο διατηρημένο είδος κατά την αλιεία με βάρκα στο Ιόνιο Πέλαγος (καθώς και στην ΑΜΘ), ακολουθούμενο από τα είδη *Sepia officinalis, S. aurata, D. annularis και P. acarne*. Ο επίσης μικρός αριθμός συνεντεύξεων από αλιείς που δραστηριοποιούνται στην υποβρύχια αλιεία δεν επιτρέπει έγκυρες εκτιμήσεις, αλλά τα είδη *D. labrax, D. sargus, S. aurata* και Mugilidae φαίνεται να είναι τα κύρια είδη που αλιεύονται στην υποβρύχια αλιεία. Στην περιοχή του Ιονίου Πελάγους, 24 είδη/taxa αποτελούν το 90% των αλιευμάτων που απελευθερώθηκαν με 4 από αυτά τα *D. annularis, S. aurata, D. sargus, P. erythrinus* να αποτελούν πάνω από το 60% του συνόλου των αλιευμάτων.
Το *S. aurata* να είναι το κύριο αλίευμα που διατηρήθηκε κατά το πρώτο τρίμηνο (Q1) (Εικ. 3E) ακολουθούμενο από το *P. erythrinus, το P. acarne και το D. sargus*. Το δεύτερο τρίμηνο (Q2) επικρατούν τα είδη *P. erythrinus, D. annularis, S. flexuosa και Sardinella aurita* που συχνά αλιεύονται και διατηρούνται για να χρησιμοποιηθούν ως δόλωμα όταν οι αλιείς στοχεύουν άλλα είδη. Το κύριο αλίευμα κατά το τρίτο τρίμηνο (Q3) είναι το *S. officinalis*, με τα *S. aurata, P. erythrinus, D. annularis να ακολουθούν*. Για το τέταρτο τρίμηνο (Q4) τα *L. vulgaris, P. acarne, P. erythrinus, S. aurata* και *D. annularis* είναι τα κύρια είδη. Όπως και στην περιοχή της ΑΜΘ, το κύριο συμπέρασμα που συνάγεται είναι η κυριαρχία των ειδών της οικογένειας Sparidae. Ανεξάρτητα από την εποχικότητα, πέντε είδη (τέσσερα από αυτά Sparidae) *P. erythrinus, S. aurata, D. annularis, S. officinalis* και *P. acarne* κυριαρχούν και αποτελούν σχεδόν το 60% του συνόλου. Οι σπαρίδες (*D. annularis S. aurata, D. sargus, P. erythrinus*) είναι για άλλη μια φορά τα πιο απελευθερωμένα είδη/taxa όλες τις εποχές με την προσθήκη του *S. officinalis* να αποτελούν το 64% του συνόλου των ειδών που απελευθερώνονται.
Στον Σαρωνικό Κόλπο, 24 είδη/taxa αποτελούν το 90% των διατηρούμενων αλιευμάτων (Εικ. 3C). Από αυτά τα Mugilidae, *Siganus rivulatus, P. acarne, το D. annularis και το Sarpa salpa* αποτελούν το 41% των

συνολικών αλιευμάτων που διατηρούνται. Τα Mugilidae είναι μακράν το πιο διατηρημένο taxa κατά την αλιεία με βάρκα στον Σαρωνικό Κόλπο, ακολουθούμενο από τα *Coris julis,* το *Dentex macrophthalmus,* το *D. sargus* και το *S. cabrilla*. Τα Mugilidae, *Siganus rivulatus, P. acarne, D. annularis και Sarpa salpa* είναι τα κύρια είδη που διατηρούνται κατά το ψάρεμα από την ακτή. Και στην περίπτωση του Σαρωνικού Κόλπου, ο χαμηλός αριθμός συνεντεύξεων με υποβρύχιους αλιείς δεν επιτρέπει έγκυρες εκτιμήσεις, αλλά το *Sparisoma cretense*, το *D. sargus* και το *Octopus vulgaris* φαίνεται να είναι τα κύρια είδη που αλιεύονται και διατηρούνται. Τα αλιεύματα που ελευθερώνονται αποτελούνται από 23 είδη/taxa με πέντε από αυτά να αποτελούν το 70% του συνόλου. Το *Siganus luridus* είναι μακράν το πιο απελευθερωμένο είδος, ακολουθούμενο από το *D. annularis,* το *C. julis* και τα Mugilidae.

Όσον αφορά στην εποχικότητα (Εικ. 3F), πέντε είδη/taxa είναι τα κύρια είδη που διατηρούνται (44%), τα *Mugilidae, S. rivulatus, P. acarne D. annularis, S. Salpa. Τα S. rivulatus,* Mugilidae*, C. julis και P. acarne* είναι τα κύρια είδη το δεύτερο τρίμηνο (Q2), τα *P. acarne, D. anularis, Mugilidae και B. boops* (Q3) ενώ τα Mugilidae είναι τα κύρια είδη κατά το τέταρτο τρίμηνο (Q4), με όλα τα άλλα είδη ειδών να συμμετέχουν με ισορροπημένο τρόπο. Τα πέντε κύρια (68%) απελευθερωμένα είδη/taxa είναι τα *S. luridus, D. annularis, C. julis, Mugilidae και S. cabrilla*. Τόσο σε ψάρεμα από την ακτή όσο και με σκάφος σε όλες τις περιοχές δειγματοληψίας, μεμονωμένα ψάρια απελευθερώνονται κυρίως, αν όχι αποκλειστικά, λόγω μικρού μεγέθους των ατόμων. Ο χαμηλός αριθμός συνεντεύξεων με υποβρύχιους αλιείς δεν επιτρέπει έγκυρες εκτιμήσεις, αλλά οι αλιείς ανέφεραν ότι δεν υπάρχουν απελευθερώσεις/απορρίψεις, λόγω του γεγονότος ότι το υποβρύχιο ψάρεμα είναι μια επιλεκτική μέθοδος αλιείας και επομένως κάθε μεμονωμένο ψάρι που επιλέγεται να αλιευθεί, διατηρείται από τους αλιείς.

Τα αλιεύματα ανά μονάδα προσπάθειας (CPUE) σε α) αριθμό ψαριών ανά ώρα ανά ψαρά και β) βάρος (gr) ανά ώρα ανά ψαρά, στις περιοχές της ΑΜΘ και του Ιονίου φαίνονται στην Εικόνα 1. Όσον αφορά τον αριθμό των ψαριών, η πιο αποδοτική μέθοδος αλιείας τόσο στην ΑΜΘ όσο και στο Ιόνιο Πέλαγος είναι η αλιεία με βάρκα ακολουθούμενη από την αλιεία από την ακτή. Όσον αφορά το βάρος, το ψάρεμα με βάρκα παραμένει η πιο αποτελεσματική από οποιαδήποτε άλλη μέθοδο αλιείας. Η αλιεία από την ακτή και στις δύο περιοχές είναι η λιγότερο παραγωγική μέθοδος αλιείας.

Η έρευνα πεδίου αποδείχθηκε μια εξαιρετικά πολύτιμη πηγή δεδομένων και ευρημάτων. Τα ακριβή δεδομένα, η δυνατότητα έρευνας σε βάθος, η χαρτογράφηση της δραστηριότητας στις περιοχές του δείγματος, η εσφαλμένη αναγνώριση των ειδών από τους ψαράδες και η μεγάλη συμμετοχή αλλοδαπών ερασιτεχνών αλιέων που δεν θα μπορούσαν να εντοπιστούν διαφορετικά, ήταν τα κύρια ευρήματα. Η εισαγωγή ενός ισχυρού και ολοκληρωμένου συστήματος αδειοδότησης προκειμένου να ληφθούν βασικές πληροφορίες για την αξιολόγηση της ερασιτεχνικής αλιείας στη χώρα θεωρείται απαραίτητη.




**Εικόνα 4: Αλιεύματα ανά μονάδα αλιευτικής προσπάθειας Α) βάρος (gr) ανά ώρα ανά αλιέα, και Β) σε αφθονία ψαριών (αριθμό ατόμων) ανά ώρα ανά αλιέα στις περιοχές της Α. Μακεδονίας & Θράκης και του Ιονίου Πελάγους αντίστοιχα. Μαύρες μπάρες: Διάστημα εμπιστοσύνης (a=0,95).**

**Figure 4: Catches per unit of effort in A) weight (gr) per hour per fisher and B) abundance (number of individuals) of fish per hour per fisher, in the regions of E. Macedonia & Thrace and the Ionian Sea. Black bars: Confidence interval (a=0.95).**

## Ευχαριστίες:

Το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, υπεύθυνο για το πολυετές πρόγραμμα για τη συλλογή δεδομένων στους τομείς αλιείας και υδατοκαλλιέργειας (EU Map). Ιδιαίτερες ευχαριστίες οφείλονται στις ομάδες έρευνας πεδίου του ΙΝΑΛΕ: Αντώνιος Γερόπουλος, Πάνος Λεονταράκης, Αμαλία Μηνά, Νίκος

Μπάγκος, Θωμάς Μπούσδρας, Γιώργος Ορφανίδης, Ελίνα Σαμαρά, Αθανάσιος Σπετσιώτης, Άρης Χρηστίδης, , όπως επίσης και στους ανταποκριτές του ΙΝΑΛΕ: Κλεοπάτρα Αλιδρομίτη, Σπύρος Αραβαντινός, Έκτορας Γιούργης, Ιάσων Ζαφειρίδης, Ιωάννης Κεραμίδας, Ευαγγελία Κυπραίου, Βασιλική Κωνσταντέλια, Δημήτρης Λαχοβάρης, Κατιάνα Μαλαμίδου, Ευαγγελία Παπανικολάου, Σπύρος Σαϊτάνης. Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε τον Κώστα Χαραλάμπους, για την βοήθειά του στην εισαγωγή των δεδομένων στη βάση δεδομένων IMAS-Fish του ΕΛΚΕΘΕ. Πολλές ευχαριστίες οφείλονται και στην ομάδα του ΕΛΚΕΘΕ που διεξήγαγε τις συνεντεύξεις: Σωτήρης Γλυκοκόκαλος, Μαρία Λαϊάκη, Αγλαΐα Λεγάκη, Δανάη Μαντοπούλου, Αμαλία Μηνά, Νίκος Μπαντούβας, Βασιλική Νικηφορίδου, Ιάσονας-Σπύρος Πετρούτσος, Χρύσα Ροκανά, Κατερίνα Σταμούλη, Ιωάννης Φυτιλάκος, Κώστα Χαραλάμπους, Γιώργος Χρηστίδης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Jones CM (2012) Creel surveys. In: Encyclopedia of Environmetrics Second Edition, A.H. El-Shaarawi and W. Piegorsch (eds). John Wiley & Sons Ltd, Chichester, UK, pp.574-576. DOI: 10.1002/9780470057339.vac058.pub2.

Papadopoulos A, Touloumis K, Tziolas E, Boulamatsis D, Koutrakis E (2022) Evaluation of Marine Recreational Fisheries and Their Relation to Sustainability of Fisheries Resources in Greece. Sustainability, 14, 3824. https://doi.org/10.3390/su14073824

Pollock KH, Hoenig, JM, Jones, CM, Robson, DS, Greene, CJ (1997) Catch rate estimation for roving and access point surveys. North American Journal of Fisheries Management, 17(1): 11-19.

Pollock KH, Jones CM and Brown TL (1994) Angler survey methods and their applications in fisheries management. American Fisheries Society Special Publication 25. 371pp.

# Ανάλυση των περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών επιδράσεων στο οικοσύστημα του Σαρωνικού κόλπου με την ανάπτυξη της χρονικής προσομοίωσης του μοντέλου Ecopath with Ecosim (EwE)

**Γεωργία Παπαντωνίου[1], Ευγενία Λευκαδίτου[1], Σουλτάνα Ζερβουδάκη[2], Γεωργία Ασημακοπούλου[2], Μαρία Στουμπούδη[1], Κωνσταντίνος Τσαγκαράκης[1]**

[1]Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Αργυρούπολη,Τ.Κ. 164 52Λ. Βουλιαγμένης 576, Αττική - geopapant@hcmr.gr, teuthis@hcmr.gr, mstoum@hcmr.gr, kontsag@hcmr.gr

[2]Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, 46,7 χλμ. Αθηνών – Σουνίου, Τ.Θ. 712, Τ.Κ. 19013 Ανάβυσσος, Αττική, Ελλάδα - tanya@hcmr.gr, gogo@hcmr.gr

## ABSTRACT

**Georgia Papantoniou, Evgenia Lefkaditou, Soultana Zervoudaki, Georgia Assimakopoulou, Maria Stoumpoudi, Konstantinos Tsagarakis: Retrospective analysis of environmental and anthropogenic influences on the ecosystem of Saronikos Gulf using a time-dynamic food-web model (EwE)**

The increasing number and intensity of natural and anthropogenic stressors often lead to cumulative effects with eroding consequences for coastal ecosystems. In order to retrospectively explore the environmental and anthropogenic drivers underpinning the dynamics of the ecosystem of Saronikos Gulf we developed the time dynamic component Ecosim of an already developed Ecopath base food web model. The model was fitted against observed biomass and catch data of the main functional groups of the ecosystem from 2000 to 2020. Model simulations suggest that Sea Surface Temperature (SST), trophic interactions, fishing pressure and primary production were the main factors explaining the historical trends of marine resources, highlighting the cumulative effect of environmental and anthropogenic processes during the hindcast period. This study provides a baseline for future spatiotemporal simulations that will help towards the implementation of ecosystem-based management in Saronikos gulf.

**Keywords:** Food web, Cumulative impacts, Fishing impact, Climate change

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ολοένα αυξανόμενες περιβαλλοντικές και ανθρωπογενείς πιέσεις στα παράκτια οικοσυστήματα έχει αποτιμηθεί ότι δρουν συνεργιστικά με διαβρωτικές επιπτώσεις στη δομή και τη λειτουργία τους. Πολλές μελέτες καταδεικνύουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας προκαλεί την ανακατανομή της βιοποικιλότητας σε παγκόσμιο επίπεδο (Pecl *et al.* 2017), ενώ σε μικρότερες κλίμακες φαίνεται να δρα αθροιστικά με τις εκάστοτε προϋπάρχουσες τοπικές πιέσεις, επιβαρύνοντας περαιτέρω την τρωτότητα των τροφικών πλεγμάτων (Nagelkerken *et al.* 2020). Τα οικοσυστημικά μοντέλα Ecopath with Ecosim (EwE) (Christensen & Walters, 2004) έχουν χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για την εκτίμηση των επιπτώσεων ποικίλων περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών πιέσεων στα τροφικά πλέγματα, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, ο ευτροφισμός, η αλιευτική πίεση και η εισβολή ξενικών ειδών (Corrales *et al.* 2018).

Αναλογιζόμενοι την ανάγκη για οικοσυστημική διαχείριση (Ecosystem Based Management) των παράκτιων οικοσυστημάτων σε μικρές κλίμακες, η παρούσα εργασία χρησιμοποιεί το οικοσυστημικό μοντέλο βάσης Ecopath που έχει κατασκευαστεί για τον Σαρωνικό κόλπο για να αναπτύξει τη δυναμική προσομοίωσή του στο χρόνο Ecosim. Ο κύριος στόχος είναι η εξερεύνηση της δυναμικής των θαλάσσιων βιολογικών πόρων του Σαρωνικού κόλπου υπό την επίδραση των αλιευτικών δραστηριοτήτων και περιβαλλοντικών πιέσεων από το 2000 έως το 2020 προκειμένου να γίνει εκτίμηση της συνεισφοράς των παραμέτρων στις οικολογικές μεταβολές που συντελέστηκαν κατά τη διάρκεια της εν λόγω περιόδου.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το οικοσυστημικό μοντέλο βάσης Ecopath του Σαρωνικού αναπαριστά το οικοσύστημα κατά την περίοδο 1998-2000 με 40 λειτουργικές μονάδες (ΛΟ) και 7 αλιευτικούς στόλους (τράτες βυθού, γρι-γρι, βιτζότρατες, δίχτυα, παραγάδια, παγίδες και ερασιτεχνική αλιεία) (Papantoniou *et al.* 2021), ενώ το Ecosim επεκτείνεται από το 2000 έως το 2020. Προκειμένου να προσομοιωθούν οι τάσεις της βιομάζας και της αλιευτικής παραγωγής των κύριων ΛΟ του οικοσυστήματος χρησιμοποιήθηκαν 46 χρονοσειρές δεδομένων οι οποίες συμπεριλαμβάνουν: α) εκτιμήσεις συγκεντρώσεων Chl-a και βιομάζας

ζωοπλαγκτού από ποσοτικές δειγματοληψίες του Ινστιτούτου Ωκεανογραφίας (Ι.Ω.) του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσιών Ερευνών (ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε), β) εκτιμήσεις βιομάζας για 18 ΛΟ (βενθοπελαγικά και βενθικά ψάρια, κεφαλόποδα, καραβίδες) από δειγματοληψίες με τη πειραματική τράτα βυθού MEDITS (Bertrand et al., 2002) από το Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων (Ι.ΘΑ.ΒΙ.Π.Ε.Υ.) του ΕΛ.ΚΕ.Θ.Ε, γ) τιμές βιομάζας τόνου και ξιφία από μοντέλα πληθυσμιακών εκτιμήσεων (ICCAT, 2016; 2019), και δ) δεδομένα αλιευτικής παραγωγής από την ΕΛΣΤΑΤ (ELSTAT, 2021).

Η αλιευτική προσπάθεια στον Κόλπο εκφράστηκε ως αριθμός σκαφών και εξετάστηκαν τρία αλιευτικά σενάρια: το πρώτο (Fishing 1) δεν λάμβανε υπόψιν την τεχνολογική βελτίωση της αποτελεσματικότητας των αλιευτικών εργαλείων με την πάροδο του χρόνου (technology creep), το δεύτερο (Fishing 2) συνυπολόγιζε 0,79% ετήσια αύξηση μόνο για τις τράτες βυθού (Damalas *et al.* 2014), ενώ το τρίτο (Fishing 3) 0,79% για τις τράτες βυθού και 2% για τα υπόλοιπα 6 αλιευτικά εργαλεία (Sartor *et al.* 2011).

Ως προς την αξιολόγηση των επιπτώσεων της αύξησης της θερμοκρασίας της θάλασσας στο τροφικό πλέγμα αυτή έγινε με τον προσδιορισμό της λειτουργικής απόκρισης κάθε ΛΟ στη θερμοκρασία, η οποία επηρεάζει τους ρυθμούς κατανάλωσης (*Q/B*). Τα δεδομένα των λειτουργικών αποκρίσεων των ειδών προήλθαν από την ηλεκτρονική βάση δεδομένων AQUAMAPS (www.aquamaps.org) (Kaschner *et al.* 2021).

Οι προσομοιώσεις του μοντέλου προσαρμόστηκαν στα δεδομένα παρατήρησης με τη χρήση μιας αυτοματοποιημένης λειτουργίας του λογισμικού EwE προκειμένου να προσδιοριστεί ο συνδυασμός παραμέτρων που παρέχει την βέλτιστη στατιστική απόκριση (Scott *et al.* 2016). Η ρουτίνα Monte-Carlo χρησιμοποιήθηκε για την εύρεση εναλλακτικών αρχικών συνθηκών ισορροπίας των μοντέλων Ecopath και η ρουτίνα Ecosampler (Steenbeek *et al.* 2018) για την αποθήκευσή τους (136 εναλλακτικά μοντέλα). Χρησιμοποιώντας τα μοντέλα αυτά πραγματοποιήθηκε ανάλυση αβεβαιότητας και συγκεκριμένα εκτιμήθηκε η επίδραση εναλλακτικών τιμών εισόδου του Ecopath (*B, P/B, Q/B* and *Diets*) στο τελικό μοντέλο Ecosim.

Τέλος, προκειμένου να αποφευχθεί η υπερπροσαρμογή του μοντέλου κατά τη βαθμονόμηση, αξιολογήσαμε μοντέλα των οποίων η διακύμανση της πρωτογενούς παραγωγής (PP anomaly) είχε λιγότερα από 6 σημεία καμπής (spline points).

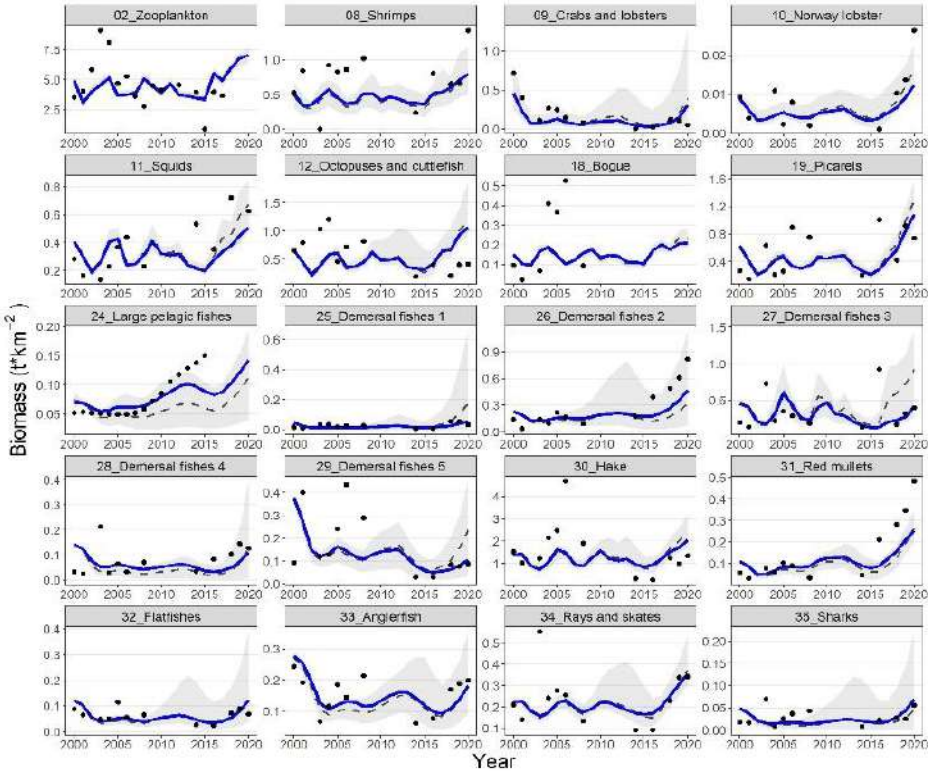
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η βέλτιστη στατιστική προσαρμογή προέκυψε όταν συμπεριλήφθηκαν στο μοντέλο το τρίτο αλιευτικό σενάριο, η πρωτογενής παραγωγή (με 6 σημεία καμπής), οι τροφικές αλληλεπιδράσεις (30 ζεύγη λείας θηρευτή) και η θερμοκρασία, βελτιώνοντας το άθροισμα των τετραγώνων (SS) κατά 57,72% και μειώνοντας το AIC (δείκτης της ποιότητας των προβλέψεων ενός μοντέλου) από 109,77 σε -451,48 σε σχέση με το μοντέλο βάσης (Baseline) (Πίνακας Ι). Τα εν λόγω αποτελέσματα αναδεικνύουν τη συνεργιστική συμβολή των περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών πιέσεων στις οικολογικές μεταβολές που συντελέστηκαν στον Σαρωνικό κόλπο σε συμφωνία με άλλα θαλάσσια οικοσυστήματα της Μεσογείου (Corrales *et al.* 2018).

Το βέλτιστο μοντέλο απέδωσε ικανοποιητικά τις τάσεις της βιομάζας στο σύστημα του Σαρωνικού κόλπου κατά τη διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών (Εικόνα 1). Ειδικότερα, η αναπαράσταση της χρονικής διακύμανσης της βιομάζας για κάποιες ΛΟ, όπως τα καβούρια και οι αστακοί, οι καραβίδες, τα βενθοπελαγικά ψάρια 1 έως 4 (Πίνακας ΙΙ), οι κουτσομούρες, οι γλώσσες, οι πεσκανδρίτσες, τα σαλάχια και οι καρχαρίες ήταν ιδιαίτερα ικανοποιητική. Οι λιγότερο επιτυχείς προσομοιώσεις για άλλες ΛΟ, όπως π.χ. των χταποδιών και σουπιών, της γόπας και των βενθοπελαγικών ψαριών 5 (Πίνακας ΙΙ), ενδεχομένως οφείλονται στην χαμηλή αξιοπιστία της πειραματικής τράτας MEDITS ως εργαλείο για την εκτίμηση της βιομάζας των εν λόγω ΛΟ καθώς και στις ελλιπείς χρονοσειρές δεδομένων. Με λίγες εξαιρέσεις οι προβλέψεις του μοντέλου εμπίπτουν στα όρια των 5 έως 95% εκατοστημορίων του εύρος διακύμανσης του ελέγχου Monte-Carlo και είναι παραπλήσιες των μέσων όρων των τιμών αυτών (Εικόνα 1), αναδεικνύοντας την ικανοποιητική ποιότητα των προσομοιώσεων.

Η παρούσα έρευνα προβάλλει την ανάπτυξη πολυετών προσομοιώσεων με οικοσυστημικά μοντέλα ως μια σημαντική μέθοδο για την μελέτη των συνεργιστικών επιδράσεων των περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών πιέσεων σε σύνθετα πολυειδικά συστήματα όπως τα τροφικά πλέγματα. Το μοντέλο που προέκυψε μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη διερεύνηση των χωροχρονικών επιπτώσεων που θα επιφέρουν ενδεχόμενες περιβαλλοντικές και ανθρωπογενείς μεταβολές (π.χ., κλιματική αλλαγή,

αλιευτική δραστηριότητα) στο οικοσύστημα του Σαρωνικού και κατά συνέπεια αποτελεί χρήσιμο εργαλείο για το σχεδιασμό διαχειριστικών μέτρων στο πλαίσιο της οικοσυστημικής διαχείρισης.




**Εικόνα 1: Προβλέψεις του μοντέλου (μπλε γραμμές) και παρατηρούμενες βιομάζες (τελείες) για τις 20 ΛΟ. Οι γκρι περιοχές οριοθετούν το 5%-95% διάστημα εμπιστοσύνης από τις 136 Monte-Carlo προσομοιώσεις.**
**Figure 1: Predicted (blue lines) and observed (dots) biomasses for 20 FGs. The dashed grey lines and shaded areas are the mean and the 5%-95% percentiles of the Monte-Carlo simulations.**

**Πίνακας 1: Περιγραφή των μοντέλων με λιγότερα από 6 σημεία καμπής στην καμπύλη της πρωτογενούς παραγωγής (PP Anomaly spline points). Το βέλτιστο μοντέλο σημειώνεται με έντονα γράμματα ενώ παρουσιάζονται ο αριθμός των τροφικών αλληλεπιδράσεων (Trophic interactions) και των συνολικών παραμέτρων (Parameters estimated), το άθροισμα των τετραγώνων (SS), το κριτήριο πληροφορίας Akaike (AIC) και η επί τοις εκατό μείωση του SS κάθε μοντέλου σε σχέση με το αρχικό σενάριο (%SS reduction) από επιλεγμένα βήματα κατά την αυτοματοποιημένη βαθμονόμηση του μοντέλου.**
**Table 1: Description of models, Sum of Squares (SS) and Akaike Information Criterion (AIC) of selected steps of the stepwise fitting. Only steps with 6 PP Anomaly spline points are shown, in line with the finally selected model (indicated in bold). The % improvement of the SS of each model compared to the baseline scenario is also presented.**

| Model | Trophic interactions | PP Anomaly spline points | Parameters estimated | SS | AIC | %SS reduction |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Baseline | - | - | - | 858,33 | 109,77 | 0,00% |
| PP anomaly | - | 6 | 6 | 669,03 | -62,48 | -22,05% |
| Trophic interactions | 35 | - | 35 | 857,02 | 182,22 | -0,15% |
| SST | - | - | - | 813,22 | 69,82 | -5,26% |
| Fishing 1 | - | - | - | 582,88 | -176,60 | -32,09% |
| Fishing 2 | - | - | - | 584,52 | -174,53 | -31,9% |
| Fishing 3 | | | | 594,74 | -161,70 | -30,71 |
| **Fishing 3 + PP anomaly + Trophic interactions + SST** | 30 | 6 | 36 | 362,89 | -451,48 | -57,72% |

**Πίνακας 2: Ο κωδικός και οι επιστημονικές ονομασίες των σημαντικότερων ειδών από άποψη βιομάζας και συμμετοχής τους στις εκφορτώσεις, που συνιστούν τις λειτουργικές ομάδες (ΛΟ) βενθοπελαγικά ψάρια 1-5.**
**Table 2: Code and scientific names of the most important species in terms of biomass and landings comprising functional groups (FGs) Benthopelagic fishes 1-5.**

| Κωδικός είδους | Επιστημονική ονομασία | ΛΟ |
|---|---|---|
| Arge_sph | *Argentina sphyraena* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Call_rub | *Callanthias ruber* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Capr_ape | *Capros aper* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Cent_cir | *Centracanthus cirrus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Cepo_mac | *Cepola macrophthalma* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Chro_chr | *Chromis chromis* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Coel_cae | *Coelorinchus caelorhincus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Cubi_gra | *Cubiceps gracilis* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Macr_gra | *Macroramphosus gracilis* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Syng_tae | *Syngnathus taenionotus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 1 |
| Acan_pal | *Acantholabrus palloni* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Blen_oce | *Blennius ocellaris* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Call_mac | *Callionymus maculatus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Call_ris | *Callionymus risso* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Chel_las | *Chelidonichthys lastoviza* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Dipl_pun | *Diplodus puntazzo* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Dipl_sar | *Diplodus sargus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Dipl_vul | *Diplodus vulgaris* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Lapp_fas | *Lappanella fasciata* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Page_ery | *Pagellus erythrinus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Spar_aur | *Sparus aurata* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Trac_sca | *Trachyrincus scabrus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Xyri_nov | *Xyrichthys novacula* | Βενθοπελαγικά ψάρια 2 |
| Anth_ant | *Anthias anthias* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Call_lyr | *Callionymus lyra* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Cori_jul | *Coris julis* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Delt_qua | *Deltentosteus quadrimaculatus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Dent_mar | *Dentex maroccanus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Dipl_ann | *Diplodus annularis* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Glos_lei | *Glossanodon leioglossus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Gobi_cob | *Gobius cobitis* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Gobi_nig | *Gobius niger* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Gobi_pag | *Gobius paganellus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Hipp_hip | *Hippocampus hippocampus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Hopl_med | *Hoplostethus mediterraneus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Lepi_cav | *Lepidotrigla cavillone* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Macr_sco | *Macroramphosus scolopax* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Nezu_scl | *Nezumia sclerorhynchus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Page_aca | *Pagellus acarne* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Peri_cat | *Peristedion cataphractum* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Pseu_den | *Pseudocaranx dentex* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Serr_scr | *Serranus scriba* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Spon_can | *Spondyliosoma cantharus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Symp_cin | *Symphodus cinereus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Symp_med | *Symphodus mediterraneus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Syng_acu | *Syngnathus acus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Trac_ara | *Trachinus araneus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |

| Κωδικός είδους | Επιστημονική ονομασία | ΛΟ |
|---|---|---|
| Trig_las | *Trigloporous lastoviza* | Βενθοπελαγικά ψάρια 3 |
| Aulo_fil | *Aulopus filamentosus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Cong_con | *Conger conger* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Dent_den | *Dentex dentex* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Dent_gib | *Dentex gibbosus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Dent_mac | *Dentex macrophthalmus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Eche_myr | *Echelus myrus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Epin_aen | *Epinephelus aeneus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Gaid_med | *Gaidropsarus mediterraneus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Lepi_die | *Lepidotrigla dieuzeidei* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Lith_mor | *Lithognathus mormyrus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Merla_mer | *Merlangius merlangus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Mura_hel | *Muraena helena* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Ophi_ser | *Ophisurus serpens* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Page_bog | *Pagellus bogaraveo* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Pagr_pag | *Pagrus pagrus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Phyc_phy | *Phycis phycis* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Poma_inc | *Pomadasys incisus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Scor_elo | *Scorpaena elongata* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Scor_por | *Scorpaena porcus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Scor_scr | *Scorpaena scrofa* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Serr_cab | *Serranus cabrilla* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Syno_sau | *Synodus saurus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Trac_dra | *Trachinus draco* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Trac_rad | *Trachinus radiatus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Uran_sca | *Uranoscopus scaber* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Zeus_fab | *Zeus faber* | Βενθοπελαγικά ψάρια 4 |
| Aspi_cuc | *Aspitrigla cuculus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Chel_luc | *Chelidonichthys lucerna* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Chel_obs | *Chelidonichthys obscurus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Eutr_gur | *Eutrigla gurnardus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Gadi_arg | *Gadiculus argenteus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Gaid_vul | *Gaidropsarus vulgaris* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Heli_dac | *Helicolenus dactylopterus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Hyme_ita | *Hymenocephalus italicus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Lepi_cau | *Lepidopus caudatus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Phyc_ble | *Phycis blennoides* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Scor_not | *Scorpaena notata* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Serr_hep | *Serranus hepatus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Symp_ros | *Symphodus rostratus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Trachi_tra | *Trachipterus trachypterus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Trig_lyr | *Trigla lyra* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |
| Tris_cap | *Trisopterus capelanus* | Βενθοπελαγικά ψάρια 5 |

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bertrand JA, de Sola LG, Papaconstantinou C, Relini G, Souplet A (2002). The general specifications of the MEDITS surveys. Scientia Marina 66: 9-17.

Corrales X, Coll M, Ofir E, Heymans JJ, Steenbeek J, Goren M, Edelist D, Gal G (2018). Future scenarios of marine resources and ecosystem conditions in the Eastern Mediterranean under the impacts of fishing, alien species and sea warming. Scientific reports 8: 1-16.

Damalas D, Maravelias CD, Kavadas S (2014). Advances in fishing power: a study spanning 50 years. *Reviews in* Fisheries Science & Aquaculture 22: 112-121.
ELSTAT, 2021. Quantity of fish landed by fishing area and fishing tools. http://www.statistics.gr.
ICCAT, 2016. Report of the 2016 Mediterranean Swordfish stock assessment session Collective Volume of Scientific Papers, 62, International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, 951-1038.
ICCAT, 2019. Report of the 2019 Atlantic Bluefin Tuna stock assessment session Collective Volume of Scientific Papers, 60, International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas, 652-880.
Kaschner K, Kesner-Reyes K, Garilao C, Rius-Barile J, Rees T, Froese R (2021). AquaMaps: Predicted range maps for aquatic species. World wide web electronic publication. www.aquamaps.org.
Nagelkerken I, Goldenberg SU, Ferreira CM, Ullah H, Connell SD (2020). Trophic pyramids reorganize when food web architecture fails to adjust to ocean change. Science 369: 829-832.
Papantoniou G, Giannoulaki M, Stoumboudi MT, Lefkaditou E, Tsagarakis K (2021). Food web interactions in a human dominated Mediterranean coastal ecosystem. Marine environmental research 172: 105507.
Pecl GT, Araújo MB, Bell JD, Blanchard J, Bonebrake TC, Chen IC, Clark TD, Colwell RK, Danielsen F, Evengård B, Falconi L (2017). Biodiversity redistribution under climate change: Impacts on ecosystems and human well-being. Science 355: 9214.
Scott E, Serpetti N, Steenbeek J, Heymans JJ (2016). A Stepwise Fitting Procedure for automated fitting of Ecopath with Ecosim models. SoftwareX 5: 25–30.
Serpetti N, Baudron AR, Burrows MT, Payne BL, Helaouët P, Fernandes PG, Heymans JJ (2017). Impact of ocean warming on sustainable fisheries management informs the Ecosystem Approach to Fisheries. Scientific Reports 7: 13438.
Steenbeek J, Corrales X, Platts M, Coll M (2018). Ecosampler: a new approach to assessing parameter uncertainty in Ecopath with Ecosim. SoftwareX 7: 198-204.

# Μελέτη του αλιευτικού στόλου που δραστηριοποιείται στην περιοχή του Τορωναίου κόλπου με έμφαση στην αλιεία του μεσογειακού μπακαλιάρου

**Ροδίτη Κυριακούλα[1], Δημήτριος Κλαουδάτος[1*], Γεώργιος Α. Γκάφας[1], Νικόλαος Νεοφύτου[1], Γεώργιος Μιχαήλ[1], Δημήτριος Βαφείδης[1], Απόστολος Αποστολίδης[2], Αλέξιος Κονίδης[3], Αθανάσιος Εξαδάκτυλος[1]**

[1]Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 38446, Βόλος

[2]Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστημιούπολη Θεσσαλονίκης, 54624, Θεσσαλονίκη

[3]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, 46.7 χμ Αθηνών-Σουνίου, 19013, Ανάβυσσος Αττικής,

*E-mail: dklaoud@uth.gr

## ABSTRACT

A survey of the fishing fleet active in the Gulf of Toroneos was carried out using structured questionnaires. The existence of two main groups was recognized, the first one uses gill and seine nets, operating in the Toroneos area and targets European hake (50%), while a second group operates in the Thermaikos area and uses bottom trawl, gill, and seine nets, targeting European hake (32%) and other species (18%). The choice of European hake as a target species in the study area is mainly determined by the port of departure, the choice of the fishing area and the fishing gear in use. Accordingly, the choice of fishing area is mainly determined by the port of departure, the fishing gear used and the target species. Non-linear multi-dimensional visualization indicates the different perception of the problems faced by small scale fishermen compared to bottom trawlers in the area.

**Keywords:** Fishing fleet, Toroneos gulf, European hake.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Ελληνική αλιεία αποτελεί μία μικτή αλιεία που χρησιμοποιεί μια ποικιλία εργαλείων, τα οποία μπορούν να κατηγοριοποιηθούν σε δύο κύρια τμήματα του στόλου, τον στόλο της τράτας βυθού (OTB) και τον αλιευτικό στόλο της μικρής παράκτιας αλιείας (SSF) που δραστηριοποιείται κοντά στην ακτή χρησιμοποιώντας κυρίως στατικά παραγάδια και δίχτυα. Η διαχείριση της γίνεται μέσω του ελέγχου της αλιευτικής προσπάθειας, με περιορισμούς στον αριθμό των αλιευτικών αδειών, χωροχρονικό κλείσιμο περιοχών και με εφαρμογή τεχνικών μέτρων (SoHelFI, 2007).Ο μεσογειακός μπακαλιάρος (*Merluccius merluccius*) αποτελεί το τρίτο πολυτιμότερο είδος της αλιείας του Βορειοανατολικού Ατλαντικού και της Μεσογείου (FAO, 2020) και σημαντικό μέρος της Ελληνικής αλιείας (6,04% επί του συνόλου το 2021, ΕΛΣΤΑΤ). Στη Μεσόγειο ο μεσογειακός μπακαλιάρος αλιεύεται κυρίως από την τράτα βυθού, το απλάδι και το παραγάδι (STECF, 2022). Οι μεγαλύτερες ποσότητες αλιευμάτων σύμφωνα με την ΕΛΣΤΑΤ το 2021 εντοπίζονται στην περιοχή του Θερμαϊκού και Χαλκιδικής (14.379,2 τόνοι, ποσοστό 24,6%) με τα μεγαλύτερα κέντρα ανάπτυξης τη Νέα Μηχανιώνα - Αγγελοχώρι, τη Θεσσαλονίκη και τα Ν. Μουδανιά. Η παρούσα μελέτη έχει σκοπό την αποτύπωση των χαρακτηριστικών του αλιευτικού στόλου που δραστηριοποιούνται στην περιοχή του Τορωναίου κόλπου και στοχεύουν στο μεσογειακό μπακαλιάρο.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την καταγραφή και μελέτη του αλιευτικού στόλου που δραστηριοποιείται στην περιοχή του Τορωναίου Κόλπου (Εικ. 1) πραγματοποιήθηκε συλλογή ερωτηματολογίων με προσωπική συνέντευξη χρησιμοποιώντας δομημένο ερωτηματολόγιο σε αλιείς που δραστηριοποιούνται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης (Νέα Μηχανιώνα, Νέα Μουδανιά, Νέα Ποτίδαια). Η συλλογή των δεδομένων περιελάμβανε δημογραφικά και οικονομικά στοιχεία, εξοπλισμό, λιμάνι εξόρμησης, χρησιμοποιούμενο αλιευτικό εργαλείο, είδη στόχους, εκφορτώσεις και προβλήματα που αντιμετωπίζουν οι αλιείς. Συνολικά συμπληρώθηκαν 38 ερωτηματολόγια (32 μικρή παράκτια, 5 μέση) στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος: «Εκτίμηση των αποθεμάτων του μπακαλιάρου στον Τορωναίο Κόλπο, ΠΕ Χαλκιδικής, κωδ. Έργου 2413ΧΑΛ001ΙΔΠ19».

**Εικόνα 1: Χάρτης περιοχής μελέτης και λιμένες συλλογής ερωτηματολογίων (Α: Νέα Μηχανιώνα, Β: Νέα Μουδανιά, Γ: Νέα Ποτίδαια).**
**Figure 1: Map of the study area and questionnaire collection ports (A: Nea Michaniona, B: Nea Moudania, Γ: Nea Potidea).**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

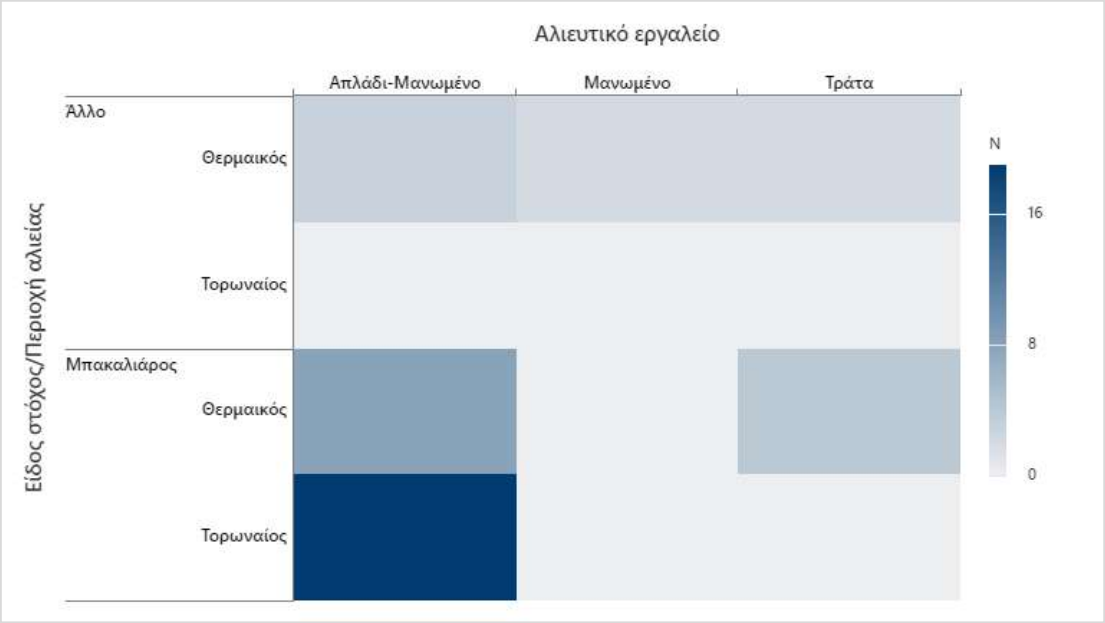
Η πλειοψηφία των ερωτηθέντων αλιέων στην περιοχή μελέτης (84,2 %) δραστηριοποιείται στον κλάδο της μικρής παράκτιας αλιείας και ένα μικρότερο ποσοστό (15,8 %) στον κλάδο της μέσης αλιείας (μηχανότρατα). Τα χαρακτηριστικά των αλιευτικών σκαφών ανά είδος αλιείας περιγράφονται στον Πίνακα Ι.

**Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά του αλιευτικού στόλου που δραστηριοποιείται στην περιοχή του Τορωναίου κόλπου.**
**Table 1: Characteristics of the fishing fleet that is active in Toroneos gulf.**

| | Κατηγορία αλιείας | Μήκος (m) | Πλάτος (m) | Ιπποδύναμη (hp) | Χωρητικότητα (GT) | Ταχύτητα πλεύσης (knots) |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Μέσος όρος** | Μέση | 25.6 | 6.63 | 500 | 96.67 | 25.6 |
| | Παράκτια | 7.29 | 2.94 | 45.57 | 2.84 | 7.29 |
| **Διάμεσος** | Μέση | 25 | 6.5 | 500 | 75 | 25 |
| | Παράκτια | 7.72 | 2.63 | 26.5 | 2.5 | 7.72 |
| **Τυπική απόκλιση** | Μέση | 3.7 | 1.08 | 0 | 59.22 | 3.7 |
| | Παράκτια | 1.54 | 1.55 | 49.58 | 1.77 | 1.54 |
| **Ελάχιστο** | Μέση | 21.8 | 5.5 | 500 | 44 | 21.8 |
| | Παράκτια | 4.5 | 1 | 4.41 | 0.48 | 4.5 |
| **Μέγιστο** | Μέση | 30 | 7.9 | 500 | 171 | 30 |
| | Παράκτια | 11 | 9.7 | 240 | 10.5 | 11 |

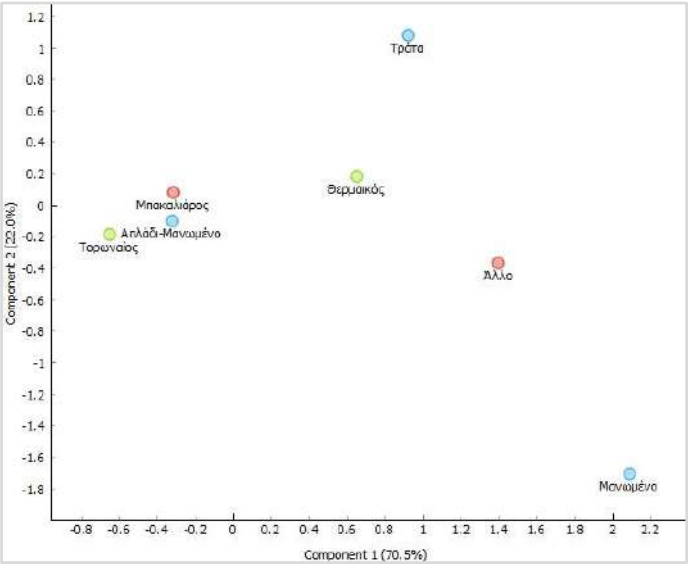
Η μέση ετήσια απασχόληση ήταν 205 ημέρες (παράκτιοι αλιείς), και τα κύρια αλιευτικά εργαλεία περιλάμβαναν τα απλάδια και μανωμένα δίχτυα, με εποχική εναλλαγή (μανωμένα δίχτυα τον χειμώνα

και απλάδια κυρίως το καλοκαίρι). Το 50 % των αλιέων άλλαζε λιμάνι εξόρμησης κατά τη διάρκεια του έτους, ενώ το άλλο μισό είχε ένα κύριο λιμάνι εξόρμησης καθ' όλη τη διάρκεια του έτους.
Η χρήση απλαδιού-μανωμένου περιλάμβανε στη συντριπτική πλειοψηφία το μεσογειακό μπακαλιάρο (90% των περιπτώσεων) στα είδη στόχο, ενώ στο αλιευτικό εργαλείο της τράτας βυθού ο μεσογειακός μπακαλιάρος αποτελούσε είδος στόχο σε μικρότερο ποσοστό (66.7% των περιπτώσεων) (Εικ. 2).




**Εικόνα 2: Είδος στόχος ανά περιοχή αλιείας και χρησιμοποιούμενο αλιευτικό εργαλείο.**
**Figure 2: Target species according to fishing area and fishing gear used.**

Τα σκάφη που δραστηριοποιούνται στην περιοχή του Τορωναίου κόλπου έχουν ως λιμένα εξόρμησης το λιμάνι της νέας Μηχανιώνας και δευτερευόντως το λιμάνι των Μουδανιών.
Η ανάλυση αντιστοιχίας (Εικ. 3) υπέδειξε την ύπαρξη δύο κύριων ομάδων.

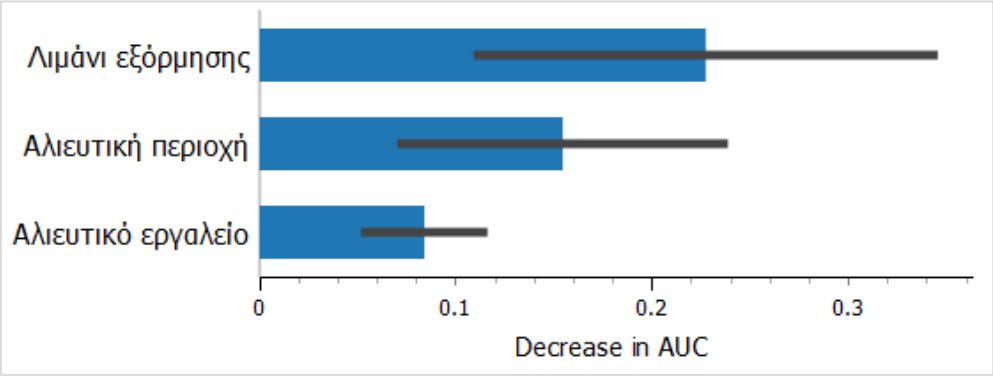



**Εικόνα 3: Ανάλυση αντιστοιχίας του είδους στόχο, χρησιμοποιούμενο αλιευτικό εργαλείο και περιοχή αλιείας.**
**Figure 3: Correspondence analysis of the target species, fishing gear and fishing area.**

Η πρώτη ομάδα χρησιμοποιεί απλάδι και μανωμένο δίχτυ δραστηριοποιείται στην περιοχή του Τορωναίου και στοχεύει κυρίως στον μεσογειακό μπακαλιάρο (50% του συνόλου), ενώ η δεύτερη

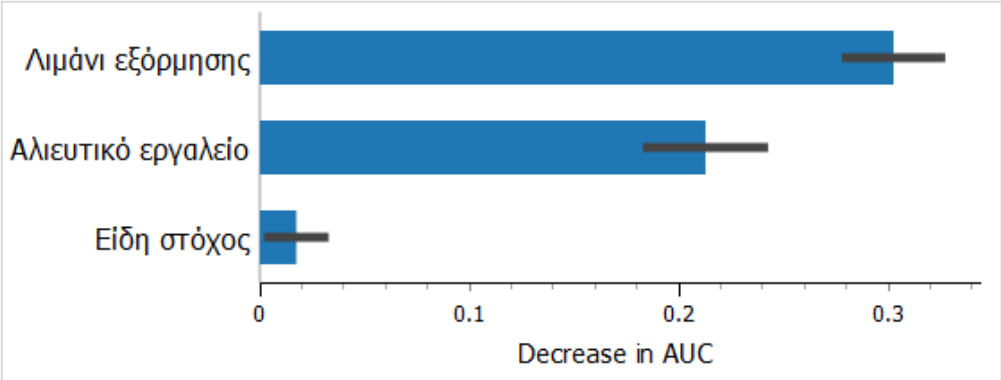
δραστηριοποιείται στην περιοχή του Θερμαϊκού περιλαμβάνει το αλιευτικό εργαλείο της τράτας το απλάδι και το μανωμένο δίχτυ και στοχεύει στον Μεσογειακό μπακαλιάρο (32%) και σε άλλα είδη (Mullidae, mugilidae, *Nephrops norvegicus*, *Parapenaeus longirostris*, *Sepia* sp, *Solea* sp) (18%).

Χρησιμοποιώντας αλγόριθμους κατάταξης (CN2 and tree classification algorithms) (Lavrac et al. 2004), υποδεικνύεται ότι η επιλογή του μεσογειακού μπακαλιάρου ως είδους στόχου στην περιοχή μελέτης καθορίζεται πρωταρχικά από τον λιμένα εξόρμησης, δευτερευόντως από την επιλεγμένη αλιευτική περιοχή και τέλος από το χρησιμοποιούμενο αλιευτικό εργαλείο (Εικ. 4).



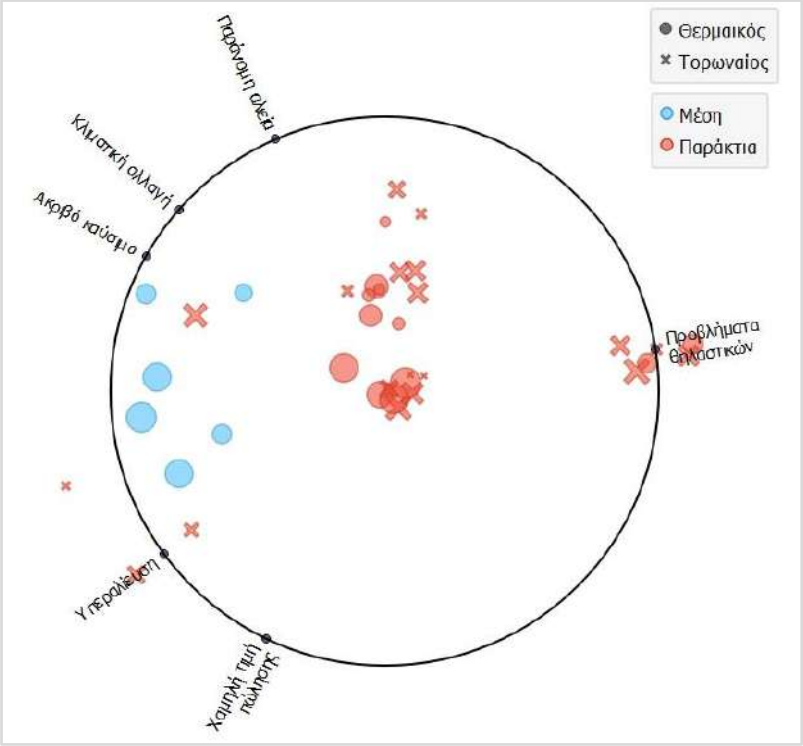

**Εικόνα 4: Κατηγοριοποίηση των τριών κυριότερων παραγόντων που καθορίζουν το είδος στόχο, με τη χρήση του αλγόριθμου κατάταξης CN2, βάση αξιολόγησης του δείκτη AUC.**
**Figure 4: Classification of the main three factors that define the target species selection, using the CN2 algorithm.**

Η επιλογή της περιοχής αλιείας καθορίζεται πρωταρχικά από το λιμάνι εξόρμησης, δευτερευόντως από το χρησιμοποιούμενο αλιευτικό εργαλείο και τέλος από το είδος στόχο (Εικ. 5).




**Εικόνα 5: Κατηγοριοποίηση των τριών κυριότερων παραγόντων που καθορίζουν την επιλογή της περιοχής αλιείας, με τη χρήση του αλγόριθμου κατάταξης CN2.**
**Figure 5: Classification of the main three factors that define the fishing area selection, using the CN2 algorithm.**

Η μελέτη υπέδειξε τη διαφορετική αντίληψη των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι αλιείς της μέσης σε σχέση με την παράκτια αλιεία (Εικόνα 6). Συγκεκριμένα, το 34% των παράκτιων αλιέων θεωρεί σημαντικό πρόβλημα τις καταστροφές που δημιουργούν στα αλιευτικά εργαλεία τα θηλαστικά, ενώ το πρόβλημα αυτό δεν αναφέρεται καθόλου από τους αλιείς μέσης αλιείας. Το πρόβλημα της ακριβής τιμής των καυσίμων αναγνωρίζεται από το 26% των παράκτιων αλιέων και το 11% των μέσων αλιέων. Η υπεραλίευση αναγνωρίζεται ως πρόβλημα από το 11% των μέσων αλιέων και το 5% των παράκτιων αλιέων. Η χαμηλή τιμή πώλησης αποτελεί πρόβλημα για το 5% της μέσης αλιείας και δεν αναφέρεται από τους αλιείς της παράκτιας αλιείας. Το πρόβλημα της παράνομης αλιείας αναγνωρίζεται από το 5% των αλιέων της μέσης αλιείας και του 3% της παράκτιας αλιείας. Τέλος, η κλιματική αλλαγή αναγνωρίζεται ως πρόβλημα από το 5% των αλιέων μέσης αλιείας και όχι από τους αλιείς την παράκτιας αλιείας.




**Εικόνα 6: Μη γραμμική πολυδιάστατη απεικόνιση (Radviz, Hoffman et al. 1997) των προβλημάτων που αντιμετωπίζουν οι αλιείς (το μέγεθος του συμβόλου υποδηλώνει την ηλικία του ερωτώμενου).**
**Figure 6: Non-linear multi-dimensional visualization (Radviz, Hoffman et al. 1997) of the problems that the fishermen face (the magnitude of the symbol size indicates the age of the respondent).**

Η παρούσα μελέτη αναγνώρισε 2 κύριες ομάδες που δραστηριοποιούνται στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Η πρώτη ομάδα αποτελείται από μικρούς παράκτιους αλιείς που αλιεύουν στον Τορωναίο με δίχτυα στοχεύοντας κυρίως στον μεσογειακό μπακαλιάρο (50% του συνόλου). Η δεύτερη ομάδα περιλαμβάνει και τα δύο τμήματα του στόλου, δραστηριοποιείται στην περιοχή του Θερμαϊκού με το αλιευτικό εργαλείο της τράτας και το δίχτυ στοχεύοντας τόσο στο Μεσογειακό μπακαλιάρο όσο και σε άλλα είδη. Οι τρείς κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή του μεσογειακού μπακαλιάρου ως είδους στόχου στην περιοχή μελέτης κατά σειρά σημαντικότητας είναι ο λιμένας εξόρμησης, η επιλεγμένη αλιευτική περιοχή και το χρησιμοποιούμενο αλιευτικό εργαλείο. Τέλος οι τρείς κυριότεροι παράγοντες που καθορίζουν την επιλογή της αλιευτικής περιοχή κατά σειρά σημαντικότητας είναι το λιμάνι εξόρμησης, το χρησιμοποιούμενο αλιευτικό εργαλείο και το είδος στόχος.

Η Ελληνική αλιεία (96,22% επι του συνόλου μικρή παράκτια, ΕΛΣΤΑΤ 2022) αποτελεί μια ουσιαστική πηγή εισοδήματος στις τοπικές κοινωνίες ειδικά για τις απομακρυσμένες και απομονωμένες περιοχές συμβάλλοντας καθοριστικά στην οικονομική ζωή, και ενισχύοντας την κοινωνική συνοχή. Ο μεσογειακός μπακαλιάρος αποτελεί βασικό απόθεμα της βενθοπελαγικής αλιείας του Αιγαίου Πελάγους, το οποίο επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό την οικονομική παραγωγή. Αυτό το απόθεμα αλιεύεται σε μεγάλες ποσότητες και από τα δύο τμήματα του στόλου αποτελώντας την τρίτη μεγαλύτερη εκφόρτωση το 2021 (3.525,0 τόνοι, ΕΛΣΤΑΤ) για την Ελληνική αλιεία.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΕΛΣΤΑΤ (2022) Έρευνα Θαλάσσιας Αλιείας με Μηχανοκίνητα Σκάφη. Δελτίο τύπου.
Παπακωνσταντίνου Κ., Πολίτου Χ.-Γ., Καραγκίτσου Η., Μυτιληναίου Χ., Βασιλοπούλου Β., Φουρτούνη Α., Καρκάνη Μ., Καββαδάς Σ., Πετράκης Γ., Λευκαδίτου Ε. 1997. Αλιευτική κατάσταση των βενθοπελαγικών ιχθυαποθεμάτων που παρουσιάζουν εμπορική σπουδαιότητα στον Θερμαϊκό κόλπο και θρακικό πέλαγος. 5ο Πανελλήνιο συμπόσιο ωκεανογραφίας & αλιείας. 79-82σελ.
Charbuty B, Abdulazeez A (2021) Classification based on decision tree algorithm for machine learning. Journal of Applied Science and Technology Trends 2(01): 20-28.

FAO (2020) The state of the Mediterranean and Black Sea fisheries, General Fisheries Commission for the Mediterranean. FAO, Rome.
Hoffman P, Grinstein G, Marx K, Grosse I, Stanley E (1997) DNA visual and analytic data mining. In Proceedings of the IEEE Visualization. Phoenix, AZ, pp. 437-441.
Lavrac N, Kavsek B, Flach P, Todorovski L (2004) Subgroup discovery with CN2-SD. J. Mach. Learn. Res., 5(2): 153-188.
SoHelFI, (2007) in: Papaconstantinou C, Zenetos C, Vassilopoulou V, Tserpes G (Eds.), State of Hellenic Fisheries, HCMR Publ., 2007, p. 466.
STECF (2022) Scientific STECF Technical and Economic Committee for Fisheries Stock assessment in the Mediterranean Sea 2021. Mannini A., Simmonds J. (Eds.). Adriatic and Ionian Seas (SETCF-21-15), Publications office of the European Union, Luxembourg.

# Χωροχρονική μεταβολή του Ελληνικού αλιευτικού στόλου για την περίοδο 1991-2021 με τη χρήση του προγράμματος KAMviewer

**Λάζαρος Τσιριδης[1], Αναστασία Παπαδοπούλου[1], Κωνσταντίνος Τουλούμης[1], Αγγελική Αδαμίδου[1] , Εμμανουήλ Κουτράκης[1]**

[1]ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, Νέα Πέραμος, Καβάλα, 64007, e-mail: tsiridis@inale.gr

## ABSTRACT

**Lazaros Tsiridis[1], Anastasia Papadopoulou[1], Konstantinos Touloumis[1], Angeliki Adamidou[1], Emmanouil Koutrakis[1]: Spatiotemporal changes in the Greek fishing fleet during the years 1991-2021 with the use of KAMviewer program**

The Greek fishing fleet comprise a large number of vessels with an extended spatial distribution. In order to support the complete tracking of each vessel individually, a large number and variety of information should be integrated. This need led to the development of an integrated fleet management program, the "KAMviewer". Through its modules, it is possible to study several aspects of the fishing fleet, in combination with a variety of data and sources. Using one of the KAMviewer's module, the "historical data", the spatiotemporal changes in the Greek fishing fleet during the years 1991-2021 were examined. A decrease in the number of vessels between July 1991 (22,358) and December 2021 (14,553) was noticed that led to a series of changes, such as the relative importance of the sub-areas and the spatial distribution of the fleet. Moreover, since the fishing fleet is a dynamic system, the exchanges of vessels between the sub-areas reinforces the need for integrated management and tracking.

**Keywords:** KAMviewer, fishing fleet, fishing vessels, fleet registry

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Σύμφωνα με το Κοινοτικό Αλιευτικό Μητρώο (Κ.Α.Μ.) στις 31/12/2021 δραστηριοποιούταν στην ελληνική επικράτεια 14.553 σκάφη εγγεγραμμένα σε 225 κατά τόπους λιμενικές αρχές καθιστώντας τον ελληνικό αλιευτικό στόλο τον πολυπληθέστερο στην Ευρωπαϊκή Ένωση (6ος σε ολική χωρητικότητα και 5ος σε ολική ισχύ μηχανών) (EU Fleet Register), ενώ τα σκάφη αυτά εμφανίζουν μεγάλη διασπορά σε πληθώρα λιμένων και αλιευτικών καταφυγίων (Lleonart & Maynou 2003, Stergiou *et al* 1997).

Τα παραπάνω, σε συνδυασμό με την εκτεταμένη ακτογραμμή και την ποικιλομορφία των αλιευτικών εργαλείων (Τζανάτος 2006, Adamidou 2007), καθώς και την ανάγκη για την ύπαρξη ενός συστήματος παρακολούθησης της αλιευτικής τους δραστηριότητας, κατέστησαν επιτακτική τη δημιουργία ενός συστήματος απογραφής, καταγραφής και παρακολούθησης της δραστηριότητας όλων των σκαφών.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι, κάνοντας χρήση μιας από τις δυνατότητες του KAMviewer, για την ανάλυση ιστορικών δεδομένων, (α) να εξετάσει τη μηνιαία μεταβολή του ελληνικού αλιευτικού στόλου για την περίοδο 1991-2021, (β) να διερευνήσει την μεταβολή της σχετικής συνεισφοράς των υποπεριοχών και (γ) να αναλύσει τις μετανηολογήσεις αλιευτικών σκαφών σε επίπεδο στατιστικού τετραγώνου (GFCM Statistical grid) στην ίδια χρονική ανάλυση.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το KAMviewer αποτελεί ένα πρόγραμμα ολοκληρωμένης διαχείρισης του αλιευτικού στόλου, του οποίου η σύλληψη, ο σχεδιασμός και η ανάπτυξη πραγματοποιήθηκε εξ 'ολοκλήρου στο Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝΑΛΕ) στο πλαίσιο του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων (Ε.Π.Σ.Α.Δ.).

Μέσω του KAMviewer είναι δυνατή: (α) η εισαγωγή πληροφορίας από ποικίλες πηγές (Κοινοτικό Αλιευτικό Μητρώο Κ.Α.Μ., International Commission for the Conservation of Atlantic Tunas ICCAT, δεδομένα AIS, επιτόπιες καταγραφές, Ελληνική Στατιστική Αρχή ΕΛ.ΣΤΑΤ.), (β) η συνδυαστική επεξεργασία και ανάλυση της παραπάνω πληροφορίας σε διαφορετικές χρονικές και χωρικές αναλύσεις (π.χ. ανά μήνα, τρίμηνο, έτος, ανά λιμένα, νήσο, υποπεριοχή), (γ) η εξαγωγή αποτελεσμάτων με τη μορφή πινάκων, γραφημάτων και χαρτών και (δ) η παρακολούθηση όλων των μεταβολών που συμβαίνουν σε κάθε σκάφος μεμονωμένα (π.χ. είσοδος στο στόλο, μετανηολόγηση, μεταβολή αλιευτικών εργαλείων, μεταβίβαση, κ.ά.).

Η πληροφορία η οποία εισάγεται στο KAMviewer ακολουθεί μια σειρά αυστηρά καθορισμένων σχέσεων και κανόνων, με τα πλεονεκτήματα της χρήσης ενός τέτοιου προγράμματος να περιλαμβάνουν: (α) την ταχύτητα στην εισαγωγή και επεξεργασία των δεδομένων, (β) την ύπαρξη μιας κανονικοποιημένης βάσης δεδομένων, (γ) την εστιασμένη θέση επερωτημάτων και (δ) την ολοκληρωμένη επισκόπηση των δεδομένων πριν την λήψη αποφάσεων.

Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν με βάση την τελευταία ενημέρωση του KAMviewer στις 30/06/2022. Η ενημέρωση του KAMviewer έγινε από το Κ.Α.Μ. του Ελληνικού αλιευτικού στόλου όπως προέρχεται από το Fleet Register της Ευρωπαϊκής Ένωσης και ημερομηνία αναφοράς την 31/12/2021 (EU Fleet Register 2022).

Δημιουργήθηκαν 366 εικονικά αλιευτικά μητρώα με ημερομηνία αναφοράς τις 15 για κάθε μήνα του έτους (15/07/1991, 15/08/1991,...,15/12/2021), με μήνα έναρξης τον Ιούλιο του 1991 και μήνα λήξης τον Δεκέμβριο του 2021. Κάθε σκάφος αντιστοιχήθηκε με βάση το λιμένα καταχώρησης του στην αντίστοιχη υποπεριοχή (Πίνακας Ι) και στατιστικό τετράγωνο.

**Πίνακας 1: Οι κωδικοί των υποπεριοχών στις οποίες ανατέθηκαν τα σκάφη με βάση το λιμένα καταγραφής τους όπως χρησιμοποιούνται στο Ε.Π.Σ.Α.Δ.**
**Table 1: Sub-areas' code in which the fishing vessels were assigned to, according to their registration port as used in the DCF.**

| Κωδικός | Υποπεριοχή |
|---|---|
| ARGSAR | Αργοσαρωνικός |
| C-ION | Κεντρικό Ιόνιο |
| CHIO-MIT | Βορειοανατολικό Αιγαίο |
| CRETE | Κρήτη |
| CYCL | Κυκλάδες |
| DODEC | Δωδεκάνησα |
| EVIA | Εύβοια |
| N-ION | Βόρειο Ιόνιο |
| S-ION | Νότιο Ιόνιο |
| THERM | Θερμαϊκός |
| THR-LIM | Θρακικό |
| VOL-SPOR | Βόλος- Σποράδες |

Η σχετική συνεισφορά (relative importance) υπολογίστηκε σύμφωνα με την εξίσωση (Gelchu & Pauly 2007, τροποποιημένο):

$$RPIF_i = \frac{V_i GT_i}{\sum_{i=1}^{n} V_i GT_i}$$

όπου $PRIF_i$ η σχετική συνεισφορά της υποπεριοχής *i*, $V_i$ ο αριθμός των σκαφών, $GT_i$ η χωρητικότητα του σκάφους (Gross Tonnage). Για κάθε υποπεριοχή δημιουργείται ένας δείκτης κατάταξης ανά μήνα, που δείχνει την κατάταξη της υποπεριοχής στο σύνολο των υποπεριοχών σύμφωνα με τη σχετική συνεισφορά της υποπεριοχής.

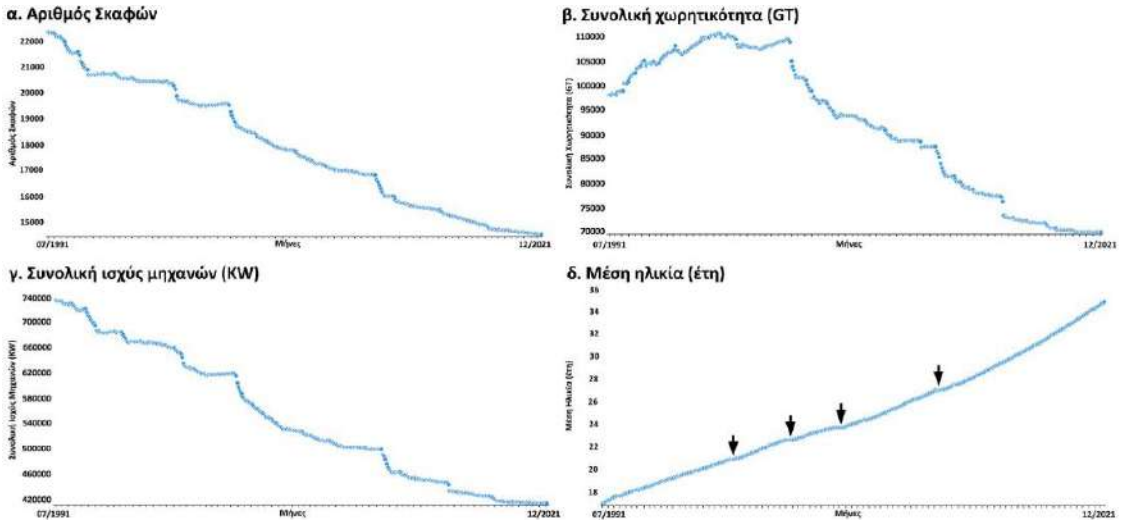
Οι εισαγωγές και οι εξαγωγές αλιευτικών σκαφών προς και από το αλιευτικό μητρώο υπολογίστηκαν ανά μήνα, τόσο για το σύνολο της επικράτειας, όσο και για κάθε στατιστικό τετράγωνο. Ως εισαγωγή αλιευτικού σκάφους στο μητρώο θεωρήθηκε η ύπαρξη του σκάφους στο προς εξέταση μηνιαίο μητρώο και η ταυτόχρονη μη ύπαρξη του στο αμέσως προηγούμενο ημερολογιακά μηνιαίο μητρώο. Αντίστοιχα ως εξαγωγή αλιευτικού σκάφους η μη ύπαρξη του σκάφους στο προς εξέταση μηνιαίο μητρώο και η ταυτόχρονη ύπαρξη του στο αμέσως προηγούμενο ημερολογιακά μηνιαίο μητρώο.

Η ύπαρξη ενός σκάφους σε διαφορετική υποπεριοχή στο προς εξέταση μηνιαίο μητρώο από αυτή στο αμέσως προηγούμενο ημερολογιακά μητρώο λογίζεται ως εισροή για την υποπεριοχή που βρίσκεται και εκροή για την υποπεριοχή από όπου αφαιρέθηκε. Η ανάλυση των μετανηολογήσεων των αλιευτικών σκαφών πραγματοποιήθηκε σε επίπεδο υποπεριοχής (Πίνακας Ι).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τον Ιούλιο του 1991 ήταν καταχωρημένα στο ελληνικό Κ.Α.Μ. 22.358 αλιευτικά σκάφη με αυτό τον αριθμό να μειώνεται σταδιακά φτάνοντας τον Δεκέμβριο του 2021 τα 14.553 σκάφη (Εικ. 1α). Την

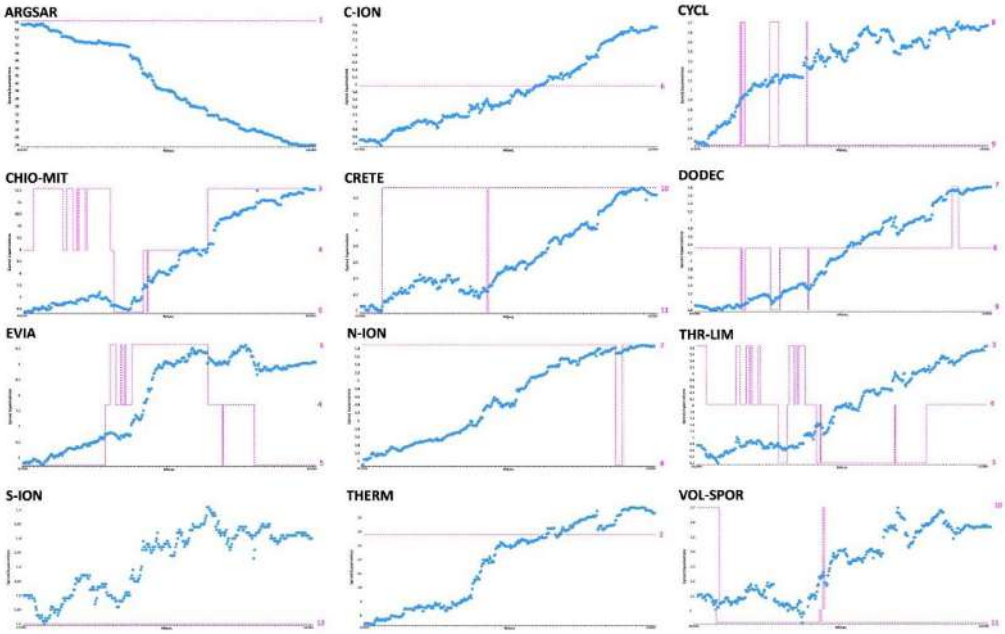
ίδια φθίνουσα πορεία ακολουθούν τόσο η συνολική χωρητικότητα του στόλου (από 97.123,7 σε 68.998,7 GT), μετά από μια αρχική αύξηση (Εικ. 1β), όσο και η συνολική ισχύς των μηχανών (από 733.459 σε 414.694 KW) (Εικ. 1γ), κατ' εφαρμογή των κανόνων της Κοινής Αλιευτικής Πολιτικής και μέτρων οριστικής παύσης των αλιευτικών δραστηριοτήτων. Παράλληλα έχει αυξηθεί η μέση ηλικία του αλιευτικού στόλου από περίπου 17 έτη τον Ιούλιο του 1991, σε περίπου 35 έτη το Δεκέμβριο του 2021. Ο διπλασιασμός της μέσης ηλικίας του αλιευτικού στόλου δείχνει την μεγάλη γήρανση του ελληνικού αλιευτικού στόλου (Εικ. 1δ).



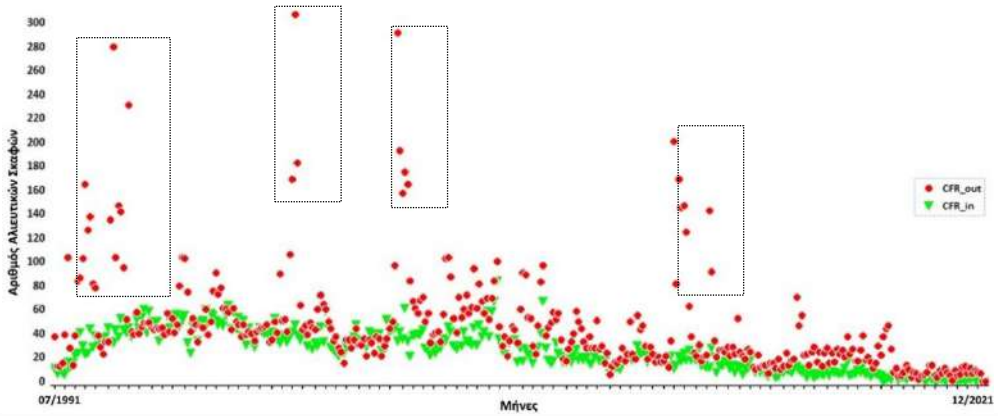

**Εικ. 1: Χαρακτηριστικά του αλιευτικού στόλου ανά μήνα για τα έτη 1991-2021, (α) αριθμός των σκαφών, (β) συνολική χωρητικότητα (GT), (γ) συνολική ισχύς μηχανών (KW) και (δ) μέση ηλικία.**
**Fig. 1: The characteristics of the fishing fleet per month for the years 1991- 2021, (a) the number of vessels, (b) the total capacity (GT), (c) the total engine power (KW) and (d) the average age (years).**

Η σχετική συνεισφορά των υποπεριοχών εμφανίζει μεταβολές οι οποίες σχετίζονται με τις μεταβολές του αριθμού των σκαφών τα οποία είναι εγγεγραμμένα στα νηολόγια και λεμβολόγια των λιμενικών αρχών που εμπεριέχει η κάθε υποπεριοχή. Οι 11 από τις 12 υποπεριοχές παρουσιάζουν αύξηση στην σχετική συνεισφορά (Εικ. 2). Ο Αργοσαρωνικός (ARGSAR ) είναι η μοναδική υποπεριοχή που εμφάνισε μείωση στη σχετική συνεισφορά του. Όμως παρότι η σχετική συνεισφορά του μειώνεται σταδιακά, ο Αργοσαρωνικός παραμένει η πρώτη περιοχή ως προς την συνεισφορά μεταξύ των δώδεκα υποπεριοχών. Στον αντίποδα βρίσκεται το Νότιο Ιόνιο (S-ION) το οποίο παρά την αύξηση της σχετικής συνεισφοράς του, παρέμεινε τελευταίο σε συνεισφορά μεταξύ των δώδεκα υποπεριοχών. Σταθερότητα ως προς τη δεύτερη θέση παρουσιάζει ο Θερμαϊκός (Εικ. 2).

Συνολικά διαγράφηκαν από το αλιευτικό μητρώο (εξαγωγές), είτε με απόσυρση από την επαγγελματική αλιεία είτε με διάλυση του σκάφους 17.009 αλιευτικά σκάφη, ενώ για την αντίστοιχη περίοδο εισήλθαν (εισαγωγές) 9.204 σκάφη, είτε ως επανείσοδοι πρώην αποσυρμένων σκαφών, είτε ως νέα ναυπηγημένα σκάφη (Εικ. 3). Η κατανομή αυτών των μεταβολών στα στατιστικά τετράγωνα δίνει μια χωρική κατανομή και εικόνα των εισροών και εκροών καθώς και του ισοζυγίου αλιευτικών σκαφών. Η περιοχή με τις περισσότερες εξαγωγές είναι η περιοχή της Θεσσαλονίκης με 913 σκάφη (στατιστικό τετράγωνο M21F7), ακολουθεί η περιοχή του Πειραιά με 900 σκάφη (στατιστικό τετράγωνο M15F9) με την πρώτη να παραμένει ψηλά και στις εισαγωγές με 619 σκάφη. Σε επίπεδο ισοζυγίου η περιοχή του Πειραιά εμφανίζει το μεγαλύτερο έλλειμα με 605 σκάφη με τη γειτνιάζουσα περιοχή της Ανατολικής Αττικής (στατιστικό τετράγωνο M15G0) να εμφανίζει το μεγαλύτερο θετικό ισοζύγιο με 169 σκάφη (Εικ. 4).

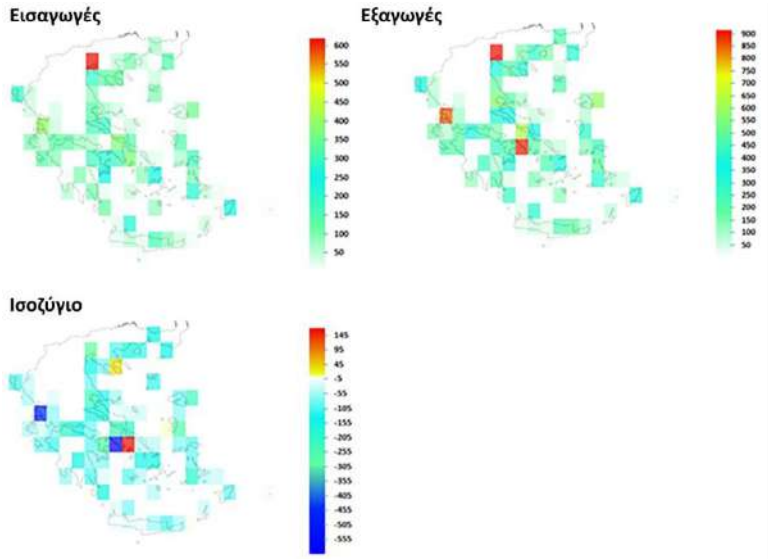



**Εικ. 2: Η σχετική συνεισφορά (μπλε) και ο δείκτης κατάταξης κάθε υποπεριοχής (μωβ) ανά μήνα για τα έτη 1991-2021 (οι κωδικοί των υποπεριοχών δίνονται στον Πίνακα Ι).**
**Fig. 2: Relevance importance (blue) and the rating index (magenta) per sub-area per month for the years 1991-2021 (the subareas' codes derived from Table I).**




**Εικ. 3: Οι είσοδοι (εγγραφές, CFR in) και έξοδοι (διαγραφές, CFR out) αλιευτικών σκαφών από το αλιευτικό μητρώο ανά μήνα για την περίοδο 1991-2021.**
**Fig. 3: Entries (CFR in) and deletions (CFR out) of fishing vessels from the registry per month for the years 1991-2021.**

Η αντιστοίχιση των γεγονότων υψηλού αριθμού εξαγωγών (Εικ. 3 στα ορθογώνια) με τη μέση ηλικία του αλιευτικού στόλου (Εικ. 1δ με βέλη) εξηγεί τα "σκαλοπάτια" που εμφανίζονται στην καμπύλη της ηλικίας, καθώς η εξαγωγή σκαφών, συνήθως μεγαλύτερων σε ηλικία, οδηγεί σε "στιγμιαία" μείωση της μέσης ηλικίας του στόλου. Σε αντίστοιχα γεγονότα εξόδου οφείλεται και η αρχική αύξηση στην καμπύλη της χωρητικότητας (Εικ. 1α) καθώς εξέρχονται σκάφη που στο μητρώο εμφανίζονται με χωρητικότητα μηδέν (0 GT), σφάλμα που πιθανά οφείλεται στην μεθοδολογία καταγραφής της χωρητικότητας σε παλαιές άδειες αλιείας.




**Εικ. 4: Οι εισαγωγές, εξαγωγές και το ισοζύγιο αλιευτικών σκαφών ανά στατιστικό τετράγωνο, για το σύνολο των ετών 1991-2021.**
**Fig. 4: Imports and exports of fishing vessels and their total balance per statistical square, for the years 1991-2021.**

Οι συνολικές μετανηολογήσεις αλιευτικών σκαφών μεταξύ των υποπεριοχών ήταν 3.711, με αρκετά σκάφη να μετανηολογούνται πάνω από μια φορές μεταξύ διαφορετικών υποπεριοχών. Τις περισσότερες εκροές εμφανίζει ο Αργοσαρωνικός (1.072), με την πλειονότητα αυτών να καταλήγουν στο Ιόνιο (Βόρειο, Κεντρικό, Νότιο). Για την ίδια περίοδο ο Αργοσαρωνικός εμφανίζει και τις περισσότερες εισροές (591) κυρίως από Κεντρικό Ιόνιο και την Εύβοια (Πίνακας ΙΙ). Επιμέρους ανάλυση των εκροών και των εισροών ως προς το κύριο αλιευτικό εργαλείο φανερώνει ότι την πλειονότητα των μετανηολογήσεων αποτελούν παράκτια σκάφη (Πίνακας ΙΙΙ).

**Πίνακας ΙΙ: Οι μετανηολογήσεις αλιευτικών σκαφών μεταξύ των υποπεριοχών δίνονται από αριστερά προς τα δεξιά στις στήλες του πίνακα (π.χ. από τον Αργοσαρωνικό προς το Κεντρικό Ιόνιο 220 σκάφη, από το Κεντρικό Ιόνιο προς τον Αργοσαρωνικό 105 σκάφη) (οι κωδικοί των υποπεριοχών δίνονται στον Πίνακα Ι).**
**Table II: Vessel exchanges between the sub-areas as given from left to right in the table columns (e.g. 220 vessels change their registry from ARGSAR to C-ION, 105 vessel change their registry from C-ION to ARGSAR) (the subareas' codes derived from Table I).**

| | | Προς | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | ARGSAR | C-ION | CHIO-MIT | CRETE | CYCL | DODEC | EVIA | N-ION | S-ION | THERM | THR-LIM | VOL-SPOR | Σύνολο |
| Από | ARGSAR | | 220 | 99 | 62 | 170 | 77 | 144 | 76 | 136 | 36 | 37 | 15 | 1072 |
| | C-ION | 105 | | 4 | 20 | 19 | 17 | 34 | 71 | 25 | 16 | 13 | 7 | 331 |
| | CHIO-MIT | 55 | 20 | | 15 | 24 | 87 | 20 | 7 | 7 | 17 | 25 | 6 | 283 |
| | CRETE | 23 | 17 | 5 | | 21 | 23 | 5 | 7 | 16 | 12 | 5 | 1 | 135 |
| | CYCL | 97 | 24 | 18 | 21 | | 38 | 36 | 13 | 14 | 6 | 6 | 3 | 276 |
| | DODEC | 12 | 3 | 10 | 21 | 14 | | 6 | 3 | 3 | 2 | 5 | 3 | 82 |
| | EVIA | 131 | 66 | 21 | 23 | 29 | 21 | | 33 | 22 | 37 | 26 | 32 | 441 |
| | N-ION | 27 | 53 | 4 | 8 | 5 | 5 | 10 | | 3 | 12 | 6 | 4 | 137 |
| | S-ION | 66 | 38 | 6 | 12 | 6 | 12 | 8 | 9 | | 7 | 1 | 6 | 171 |
| | THERM | 31 | 17 | 37 | 7 | 7 | 9 | 29 | 21 | 5 | | 132 | 44 | 339 |
| | THR-LIM | 19 | 11 | 21 | 6 | 8 | 12 | 25 | 13 | 1 | 132 | | 10 | 258 |
| | VOL-SPOR | 25 | 9 | 3 | 11 | 6 | 7 | 64 | 4 | 7 | 37 | 13 | | 186 |
| | Σύνολο | 591 | 478 | 228 | 206 | 309 | 308 | 381 | 257 | 239 | 314 | 269 | 131 | 3711 |

**Πίνακας III: Οι μετανηολογήσεις ανάμεσα στις υποπεριοχές του Αργοσαρωνικού και του Κ. Ιονίου ανά αλιευτικό εργαλείο για τα έτη 1991-2021 (οι κωδικοί των υποπεριοχών δίνονται στον Πίνακα Ι).**
**Table III: Vessel exchanges between ARGSAR and C-ION per main fishing gear during the years 1991-2021 (the subareas' codes derived from Table I).**

| Από ARGSAR σε C-ION | | |
|---|---|---|
| Κύριο Εργαλείο | Αριθμός Σκαφών | Μέσο Ολ. Μήκος (m) |
| DRB | 1 | 7,4 |
| FPO | 1 | 6,2 |
| GNS | 40 | 7,5 |
| GTN | 3 | 8,2 |
| GTR | 35 | 8,1 |
| LHM | 2 | 6,6 |
| LHP | 5 | 6 |
| LLD | 8 | 7,9 |
| LLS | 98 | 7,7 |
| OTB | 10 | 22,3 |
| PS | 9 | 15,8 |
| SB | 8 | 9 |

| Από C-ION σε ARGSAR | | |
|---|---|---|
| Κύριο Εργαλείο | Αριθμός Σκαφών | Μέσο Ολ. Μήκος (m) |
| DRB | 1 | 6,7 |
| GNS | 29 | 6,3 |
| GTN | 3 | 7,4 |
| GTR | 7 | 6,9 |
| LHP | 4 | 6,9 |
| LLD | 1 | 17 |
| LLS | 44 | 6,1 |
| OTB | 3 | 20,4 |
| PS | 7 | 16,4 |
| SB | 6 | 7,8 |

Συμπερασματικά φαίνεται ότι οι μεταβολές στη σύσταση και την κατανομή του αλιευτικού στόλου συμβαίνουν σε μηνιαία βάση, φανερώνοντας έτσι τη δυναμική του συστήματος. Η θεώρηση του αλιευτικού στόλου ως δυναμικό σύστημα απαιτεί τη διερεύνηση των σχέσεων του και με γεωγραφικούς, κοινωνικοοικονομικούς και πολιτισμικούς παράγοντες, ακολουθώντας καινοτόμες πρακτικές (Salas & Gaertner 2004) προς μια ολιστική προσέγγιση της αλιευτικής διαχείρισης. Μέσω ενός προγράμματος όπως το KAMviewer η διαχείριση, η διασύνδεση και η συνδυαστική ανάλυση των δεδομένων γίνεται με ευκολία, μέσα από αυστηρά καθορισμένους κανόνες, προσφέροντας τη δυνατότητα πληθώρας αναλύσεων μέσα από ένα ευρύ φάσμα επερωτημάτων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


Adamidou A (2007) Commercial fishing gears and methods used in Hellas. In: State of Hellenic Fisheries (Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou C. and G. Tserpes eds) pp. 118-131, SoHelFi, HCMR Publ., Athens.

EU Fleet Register (2022) Προσβάσιμο στο https://webgate.ec.europa.eu/fleet-europa, ανακτήθηκε στις 30/06/2022.

Gelchu A, Pauly D (2007) Growth and distribution of port-based global fishing effort within countries' EEZs from 1970 to 1995. Fisheries Centre Research Reports 15(4). Fisheries Centre, University of British Columbia [ISSN 1198-6727].

General Fisheries Commission for the Mediterranean – GFCM Statistical grid. Προσβάσιμο στο https://www.fao.org/gfcm/data/maps/grid/en/, ανακτήθηκε στις 30/06/2022.

Lleonart J, Maynou F (2003) Fish stock assessment in the Mediterranean: state of the art. Scientia Marina 67(1): 37-49.

Salas S, Gaertner D (2004) The behavioral dynamics of fishers: management implications. Fish and Fisheries 5: 153-167.

Stergiou KI, Christou ED, Georgopoulos D, Zenetos A, Souvermezoglou C (1997) The Hellenic Seas: Physics, chemistry, biology and fisheries. Oceanography and Marine Biology 35: 415-538.

Τζανάτος Ε (2006) Δομή, χαρακτηριστικά και διαχείριση της μικρής παράκτιας αλιείας στην Ελλάδα. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βιολογίας Ζώων.

# Μελέτη της διατροφής του αλλόχθονου είδους καλαμαριού *Sepioteuthis cf. lessoniana* στην Κρήτη με ανάλυση μετακωδικοποίησης DNA

**Ρούλα Αλ Μπελμπέισι[1,2], Jon-Bent Kristoffersen[3], Παναγιώτα Περιστεράκη[1], Παναγιώτης Κασαπίδης[3]**

[1]Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Θαλασσόκοσμος, 71500 Γούρνες, Κρήτη

[2]Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας - Πανεπιστημιούπολη Ηρακλείου, 70013 Βούτες, Κρήτη

[3]Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Θαλασσόκοσμος, 71500 Γούρνες, Κρήτη

## ABSTRACT

**Roula Al Belbeisi[1], Panagiota Peristeraki[1], Jon-Bent Kristoffersen[2], Panagiotis Kasapidis[2]: Diet analysis of the non-indigenous squid *Sepioteuthis cf. lessoniana* in Crete, using DNA metabarcoding analysis**

Stomach content analysis by DNA metabarcoding was performed in 12 individuals of the non-indigenous squid *Sepioteuthis cf. lessoniana* in Crete. The small sample size was due to the high number of empty stomachs found. The diet analysis was done through the metabarcoding of two gene regions, cytochrome c oxidase subunit 1 (CO1) and 16S rRNA. Both barcodes identified multiple fish species as prey taxa, whereas CO1 also detected an ascidian species, *Herdmania momus,* as well as the alien species *Sepioteuthis lessoniana*. Nine different species of fish were identified in the examined stomach contents, the majority of which were benthopelagic and common at depths down to 100m. Each stomach contained from 1 to 4 different prey taxa. The most frequently found prey species were *Chromis chromis*, *Boops boops,* and *Herdmania momus.*

**Keywords:** Stomach content – DNA metabarcoding – *Sepioteuthis lessoniana* – CO1 – 16S

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ανάλυση στομαχικών περιεχομένων είναι μια ευρέως χρησιμοποιούμενη μέθοδος για την περιγραφή των αλληλεπιδράσεων λείας και θηρευτή. Σε πολλές όμως περιπτώσεις, είναι δύσκολος ή και αδύνατος ο ταξινομικός προσδιορισμός της λείας μέσω μορφολογικής ανάλυσης. Σήμερα, μέσω της τεχνικής της μετακωδικοποίησης DNA (DNA metabarcoding) είναι δυνατή η ταυτόχρονη ταυτοποίηση, μέσω αλληλούχισης DNA, ενός μεγάλου εύρους ταξινομικών ομάδων της λείας με ανάλυση των στομαχικών περιεχομένων ή των περιττωμάτων (Günther *et al.* 2021). Η μέθοδος αυτή αναπτύσσεται ταχέως και αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο, που αυξάνει την ακρίβεια στον ταξινομικό προσδιορισμό της λείας, ενώ μπορεί να προσφέρει και μια εκτίμηση της σχετικής αφθονίας της λείας στη διατροφή του θηρευτή.

Το *Sepioteuthis lessoniana Lesson*, 1830 (bigfin reef squid ή σουπιοκαλάμαρο) είναι ένα από τα πιο ευρέως εξαπλωμένα είδη καλαμαριών της οικογένειας Loliginidae στην περιοχή του Δυτικού Ινδο-Ειρηνικού ωκεανού, ενώ συναντάται σε παράκτια οικοσυστήματα έως και τα 100m βάθος. Το είδος αυτό εισήλθε στη Μεσόγειο μέσω της διώρυγας του Σουέζ και καταγράφηκε για πρώτη φορά το 2002 (Salman 2002), ενώ παρατηρείται πλέον όλο και συχνότερα σε περιοχές της Ανατολικής Μεσογείου. Το *S. lessoniana* αποτελεί σύμπλεγμα κρυπτικών ειδών, με επιμέρους γενετικούς κλάδους στην περιοχή εξάπλωσής του (Cheng *et al.* 2014, Byron 2016). Από προκαταρκτική γενετική ανάλυση, ο πληθυσμός που συναντάται στην Κρήτη φαίνεται να ανήκει σε διαφοροποιημένη γενετική ομάδα του είδους (Τσαπάρης: προσωπική επικοινωνία), η οποία περιγράφηκε για πρώτη φορά στην Ερυθρά Θάλασσα ως *S. cf. lessoniana* (Byron 2016).

Τα κεφαλόποδα αποτελούν ένα πολύ σημαντικό κομμάτι των τροφικών πλεγμάτων, τόσο στα παράκτια όσο και στα πελαγικά οικοσυστήματα και η ανάλυση της διατροφής τους είναι χρήσιμη για την καλύτερη κατανόηση των πολύπλοκων τροφικών σχέσεων. Ωστόσο, ο ισχυρός τεμαχισμός της τροφής από τα μασητικά όργανα και η ταχεία διαδικασία της πέψης, καθιστούν πρακτικά αδύνατη την αναγνώριση της λείας σε επίπεδο είδους με άμεση παρατήρηση των στομαχικών περιεχομένων (Guerra 1978, Ibáñez *et al.* 2021). Μέχρι σήμερα, δεν υπάρχουν μελέτες για τη διατροφή του είδους *S. lessoniana*, ωστόσο αναφέρεται ως σαρκοφάγος οργανισμός, που τρέφεται κυρίως με άλλα μαλάκια και ψάρια, αλλά καταναλώνει και ορισμένα αρθρόποδα, ζωοπλαγκτό και άλλα ασπόνδυλα ανάλογα με το στάδιο του κύκλου ζωής και τη διαθεσιμότητα της τροφής, ενώ παρουσιάζει περιστασιακά κανιβαλισμό προς τα

μικρότερα άτομα του είδους (Hanlon & Messenger 1998). Στην παρούσα μελέτη έγινε ανάλυση της διατροφής του *S. cf. lessoniana* στην Κρήτη με τη μέθοδο της μετακωδικοποίησης DNA (DNA metabarcoding). Η ανάλυση της δίαιτας του είδους έγινε με χρήση δύο γενετικών δεικτών που είναι τμήματα των μιτοχονδριακών γονιδίων, της πρώτης υπομονάδας της κυτοχρωμικής οξειδάσης (CO1) και του 16S rRNA, αντίστοιχα. Το μιτοχονδριακό DNA, παρουσιάζει γενικά υψηλούς εξελικτικούς ρυθμούς και έτσι θεωρείται κατάλληλο για διάκριση μεταξύ ειδών.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Έγινε αλίευση 70 ατόμων *S. cf. lessoniana* στην περιοχή της Κρήτης, μέσω εμπορικής και ερασιτεχνικής αλιείας. Η ανάλυση διατροφής πραγματοποιήθηκε για 12 άτομα από το συνολικό δείγμα, καθώς μόνο σε αυτά βρέθηκαν υπολείμματα τροφής στο στομάχι. Έγινε απομόνωση των στομαχιών και προσεκτική αφαίρεση της μεμβράνης τους, με σκοπό την αποφυγή της επιμόλυνσης των περιεχομένων με το DNA του καλαμαριού. Τα εργαλεία που χρησιμοποιήθηκαν κατά τη διαδικασία αυτή, καθώς και όλες οι επιφάνειες, αποστειρώθηκαν με διάλυμα χλωρίνης κατά το ξεκίνημα, αλλά και πριν τη χρήση τους σε κάθε νέο δείγμα. Στη συνέχεια, ομογενοποιήθηκε το στομαχικό περιεχόμενο κάθε ατόμου με χρήση υγρού αζώτου.

Για την εξαγωγή του γενετικού υλικού χρησιμοποιήθηκαν περίπου 25 χιλιοστογραμμάρια (mg) από το ομογενοποιημένο στομαχικό περιεχόμενο κάθε ατόμου. Η εξαγωγή του DNA έγινε με το DNeasy Blood & Tissue Kit (QIAGEN) και κατά τη διαδικασία αυτή χρησιμοποιήθηκαν και δείγματα αρνητικού ελέγχου (extraction blank). Για την παρασκευή της βιβλιοθήκης DNA χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο Illumina MiSeq Dual-barcoded Two-step PCR Amplicon Sequencing Protocol. Αρχικά, έγινε ενίσχυση μέσω PCR δύο γενετικών δεικτών, του CO1 και του 16S (Πίνακας I). Οι εκκινητές που χρησιμοποιήθηκαν για το CO1 πολλαπλασιάζουν θεωρητικά ένα μεγάλο εύρος ζωϊκών ευκαρυωτικών οργανισμών, ενώ αυτοί για το 16S rRNA είναι σχεδιασμένοι για να πολλαπλασιάζουν μόνο χορδωτά (Πίνακας 1). Το ζεύγος εκκινητών για το CO1 πολλαπλασιάζει ένα τμήμα του μιτοχονδριακού DNA με μήκος 313 ζεύγη βάσεων (bp), ενώ αυτό για το 16S πολλαπλασιάζει τμήμα με μήκος περίπου 80 bp. Η προετοιμασία των διαλυμάτων για την αντίδραση PCR έγινε σε θάλαμο νηματικής ροής (laminar flow) με εργαλεία που αποστειρώθηκαν με υπεριώδη ακτινοβολία. Ο τελικός όγκος της αντίδρασης PCR ήταν 25μL, και περιλάμβανε για κάθε δείγμα 2,5μL DNA, 1μL από κάθε εκκινητή συγκέντρωσης 10mM, 12,5μL από το μίγμα Taq Πολυμεράσης (PCRBIO Taq Mix) και 8μL απιονισμένο νερό ($dH_20$). Για κάθε γενετικό τόπο, χρησιμοποιήθηκε κατά την PCR ένα αρνητικό control (PCR blank).

**Πίνακας I: Τα ζεύγη των εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ενίσχυση των γενετικών τόπων CO1 και 16S rRNA για την ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου.**
**Table I: Primer pairs for the gene regions CO1 and 16S rRNA that were used for the DNA metabarcoding analysis of the stomach content.**

| Γονίδιο | Εκκινητής | Αλληλουχία (5'→ 3') | Πηγή |
|---|---|---|---|
| **CO1** | mlCO1intF | GGWACWGGWTGAACWGTWTAYCCYCC | Leray *et al.*, 2013 |
| | jgHCO2198 | TAIACYTCIGGRTGICCRAARAAYCA | Geller *et al.*, 2013 |
| **16S** | Chord_16S_F2_1L | CGAGAAGACCCTRTGRAGCT | Deagle *et al.*, 2009 (τροποποιημένος) |
| | Chord_16S_R2_Short_1L | CCRNGGTCRCCCCAAC | Deagle *et al.*, 2009 (τροποποιημένος) |

Για την ενίσχυση του γονιδίου CO1 χρησιμοποιήθηκε ένα πρόγραμμα με κλιμακωτή μείωση της θερμοκρασίας πρόσδεσης των εκκινητών (touchdown PCR, Leray *et al*. 2013). Πραγματοποιήθηκαν 16 αρχικοί κύκλοι: αποδιάταξη για 15 δευτερόλεπτα στους 95°C, υβριδισμός για 30 δευτερόλεπτα στους 62°C (−1°C/κύκλο) και επιμήκυνση για 30 δευτερόλεπτα στους 72°C, ενώ ακολούθησαν 25 κύκλοι με θερμοκρασία υβριδισμού στους 46°C. Στην περίπτωση του 16S, το πρόγραμμα της PCR περιλάμβανε 35 κύκλους: αποδιάταξη για 15 δευτερόλεπτα στους 95ºC, υβριδισμό για 15 δευτερόλεπτα στους 64°C και επιμήκυνση για 15 δευτερόλεπτα στους 72°C. Ο καθαρισμός των προϊόντων PCR έγινε με το kit NucleoMag της Macherey-Nagel. Τα προϊόντα της PCR ελέχθηκαν με ηλεκτροφόρηση σε πήκτωμα

αγαρόζης, ενώ η ποσοτικοποίηση της συγκέντρωσης του γενετικού υλικού έγινε με το φθορισμόμετρο Qubit 2.0 (Thermo Fisher Scientific).

Για την προετοιμασία της βιβλιοθήκης ακολούθησε ένα επιπλέον βήμα PCR κατά το οποίο προστέθηκαν προσαρμογείς (adapters) απαραίτητοι για την αλληλούχηση με τον αυτόματο γενετικό αναλυτή Illumina Miseq, καθώς και δείκτες, οι οποίοι είναι ειδικοί για κάθε δείγμα και επιτρέπουν των διαχωρισμό τους μετά την ολοκλήρωση της αλληλούχησης. Η αλληλούχηση της βιβλιοθήκης έγινε στην πλατφόρμα Αλληλούχησης Επόμενης Γενιάς, Illumina MiSeq, του Ι.ΘΑ.Β.Β.ΥΚ., χρησιμοποιώντας το MiSeq Reagent Kit v3 (600 cycles). Η βιοπληροφορική ανάλυση των δεδομένων έγινε με τη βοήθεια του πακέτου ανάλυσης OBITools 3 (Boyer *et al*., 2016) με χρήση του υπολογιστικού συστήματος υψηλών επιδόσεων "zorbas" του Ι.ΘΑ.Β.Β.ΥΚ.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τα 70 άτομα *S. cf. lessoniana* που εξετάστηκαν, τα 58 (83%) είχαν κενό στομάχι. Συνολικά, αναλύθηκαν 12 δείγματα στομαχικών περιεχομένων μέσω DNA metabarcoding, αλλά αποτελέσματα έδωσαν τα 7 από αυτά. Συγκεκριμένα, το σύνολο των 7 δειγμάτων έδωσε διατροφικά αποτελέσματα για το γενετικό δείκτη 16S rRNA, ενώ μόνο τα 5 από αυτά για το δείκτη CO1. Οι περισσότερες μελέτες που έχουν επιχειρήσει να αναλύσουν τη διατροφή άλλων ειδών κεφαλοπόδων μέσω στομαχικών περιεχομένων αναφέρουν ότι το ποσοστό άδειων στομαχιών είναι υψηλό και επηρεάζει το μέγεθος του δείγματος προς εξέταση (Ibáñez *et al*. 2021), καθιστώντας έτσι την ανάλυση της διατροφής τους εξαιρετικά δύσκολη.

Οι αλληλουχίες που ανακτήθηκαν για τα γονίδια 16S και CO1 ήταν 141.662 και 145.214, αντίστοιχα, ενώ μετά την ολοκλήρωση της βιοπληροφορικής ανάλυσης, οι αλληλουχίες που αφορούσαν τη λεία του *S. cf. lessoniana* ήταν 92.975 και 22.562, για το γονίδιο 16S και CO1, αντίστοιχα. Οι περισσότερες από τις αλληλουχίες απομακρύνθηκαν κατά τα πρώτα στάδια της βιοπληροφορικής ανάλυσης, καθώς δεν πληρούσαν ορισμένα ποιοτικά κριτήρια (π.χ. επικάλυψη των οπίσθιων και εμπρόσθιων εκκινητών, αναγνώριση των αλληλουχιών των εκκινητών, επιθυμητό μήκος αλληλουχίας). Το είδος *S. cf. lessoniana* ταυτοποιήθηκε σε λίγες από τις αλληλουχίες του CO1, σε μόνο ένα από τα δείγματα. Αυτό οφείλεται πιθανότατα σε πολλαπλασιασμό του DNA του θηρευτή, ενώ δεν μπορεί να αποκλειστεί και η περίπτωση του κανιβαλισμού.

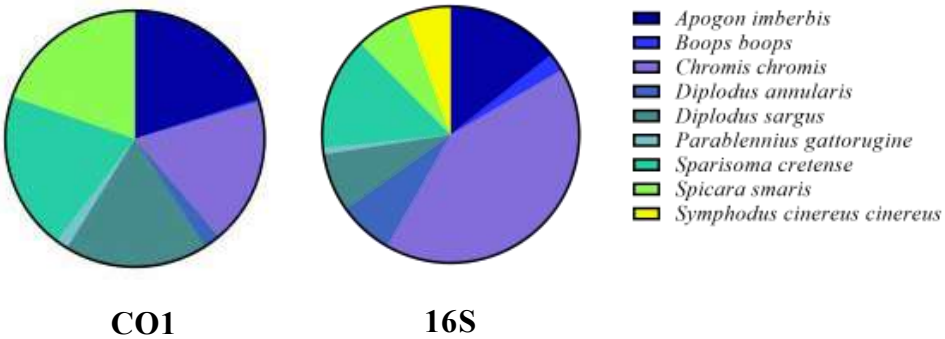
Οι Jereb & Roper (2006) αναφέρουν ότι το *S. lessoniana* είναι ένα βενθοπελαγικό είδος, που συναντάνται σε ενδιαιτήματα με θαλάσσια λιβάδια, κοραλλιογενείς και βραχώδεις υφάλους, αλλά και σε αμμώδη υποστρώματα, σε βάθη από την ακτή μέχρι και τα 100m. Τα περισσότερα είδη λείας, που ταυτοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη, είναι κοινά βενθοπελαγικά είδη της παράκτιας ζώνης, που συναντώνται κυρίως σε βραχώδη υποστρώματα και σε λιβάδια θαλάσσιων φανερόγαμων, σε βάθη μέχρι 50 ή 100m. Η πλειοψηφία των ειδών της λείας εντοπίστηκε και με τους δύο δείκτες. Ωστόσο, με τον γενετικό δείκτη 16S αναγνωρίστηκαν μόνο είδη ιχθύων, ενώ με το CO1 αναγνωρίστηκε επιπλέον και ένα είδος ασκιδίου, το *Herdmania momus*, το οποίο είναι αλλόχθονο στην περιοχή. Όλα τα είδη ιχθύων που εντοπίστηκαν στα στομαχικά περιεχόμενα ήταν κοινά και για τους δύο δείκτες, με εξαίρεση το είδος *Symphodus cinereus cinereus* που εντοπίστηκε μόνο με το δείκτη 16S.

Σε κάθε δείγμα στομαχικού περιεχομένου εντοπίστηκαν από 1 έως 4 διαφορετικά είδη λείας (Μ.Ο. 2,4) (Πίνακας ΙΙ). Το είδος ιχθύος που συναντήθηκε συχνότερα στη διατροφή *του S. cf. lessoniana* ήταν το *Chromis chromis*, το οποίο ήταν παρόν σε 3 από τα 7 δείγματα. Το είδος αυτό παρουσιάστηκε σε μεγάλη μέση σχετική αφθονία στα στομαχικά περιεχόμενα. Αντιθέτως, το είδος *Boops boops* βρέθηκε σε 2 από τα 7 δείγματα στομαχικών περιεχομένων, αλλά παρουσιάστηκε σε πολύ χαμηλή μέση σχετική αφθονία. Τα υπόλοιπα είδη λείας της ομάδας των ιχθύων εντοπίστηκαν σε ποικίλες αφθονίες, αλλά μόνο σε μεμονωμένα δείγματα στομαχικών περιεχομένων. Το ασκίδιο *Herdmania momus* βρέθηκε σε 3 από τα 7 δείγματα και το *Sepioteuthis lessoniana* σε 1 από αυτά.

**Πίνακας ΙΙ: Δεδομένα παρουσίας-απουσίας των ειδών λείας στα 7 δείγματα στομαχικών περιεχομένων του *S. cf. lessoniana* στην Κρήτη (συνδυασμένα αποτελέσματα από τους δύο γενετικούς δείκτες CO1 και 16S rRNA). N=συνολικός αριθμός δειγμάτων στομαχικών περιεχομένων όπου εντοπίστηκε το είδος.**
**Table II: Presence-absence of *S. cf. lessoniana* prey species in each of the 7 stomach content samples (combined results from two genetic markers, CO1 and 16S rRNA). N=total number of stomach content samples in which each species was detected.**

| Species | S1 | S2 | S6 | S7 | S8 | S11 | S12 | N |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Diplodus sargus* | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| *Diplodus annularis* | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| *Spicara smaris* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| *Sparisoma cretense* | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| *Chromis chromis* | 1 | 0 | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 3 |
| *Parablennius gattorugine* | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| *Apogon imberbis* | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| *Boops boops* | 1 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 2 |
| *Symphodus cinereus cinereus* | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 |
| *Herdmania momus* | 0 | 1 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 | 3 |
| *Sepioteuthis lessoniana* | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| **Είδη λείας ανά στομάχι** | 2 | 3 | 1 | 4 | 1 | 1 | 4 | |

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζεται σχηματικά η μέση σχετική αφθονία κάθε είδους λείας για τα γονίδια CO1 και 16S. Τα πιο άφθονα είδη με βάση το δείκτη CO1 ήταν το *Sparisoma cretense* και το *Apogon imberbis* (20%), ενώ ακολουθούσαν τα *Spicara smaris* (19,7%), *Chromis chromis* (18,5%) και *Diplodus sargus* (17,9%). Στην περίπτωση του δείκτη 16S, τα πιο άφθονα είδη ιχθύων στα στομαχικά περιεχόμενα ήταν το *Chromis chromis* (41,7%), και ακολουθούσε το *Sparisoma cretense* (14,3%) και το *Apogon imberbis* (14,3%). Τα υπόλοιπα είδη παρουσιάστηκαν σε αρκετά χαμηλότερες σχετικές αφθονίες.




**Εικόνα 1: Σχηματική απεικόνιση της μέσης σχετικής αφθονίας των ειδών λείας του S. cf. lessoniana στην Κρήτη με τους γενετικούς δείκτες 16S και CO1 (μόνο είδη της Κλάσης Actinopterygii).**
**Figure 1: Mean relative abundance of *S. cf. lessoniana* prey species in Crete, using two barcoding gene regions, 16S and CO1 (only species that belong in the Actinopterygii Class).**

Στη διατροφή των καλαμαριών περιλαμβάνονται κυρίως ψάρια, καρκινοειδή και μαλάκια (Rodhouse & Nigmatullin, 1996). Συγκεκριμένα, σε μοριακή μελέτη διατροφής που έγινε στην περιοχή της Κρήτης φάνηκε ότι το θράψαλο *O. bartramii* τρέφεται με μια ποικιλία ειδών λείας που περιλαμβάνει ψάρια, κεφαλόποδα, θαλάσσια γαστερόποδα και καρκινοειδή (Ντουντούμης *et al.* 2019). Ωστόσο, έχουν εντοπιστεί και άλλες ταξινομικές ομάδες στη διατροφή των καλαμαριών, όπως είναι τα ασκίδια (Rosas-Luis *et al*. 2014), τα κνιδόζωα (Vafidis *et al.* 2008) και οι πολύχαιτοι (Vafidis *et al.* 2008). Ομοίως, στη διατροφή του *S. cf. lessoniana* στην Κρήτη (παρούσα μελέτη) εντοπίστηκε, εκτός από τα είδη ιχθύων, το ασκίδιο *Herdmania momus*. Οι Rosas-Luis & Sánchez (2015) διατύπωσαν την άποψη ότι τα ασκίδια,

κνιδόζωα και πολύχαιτοι που έχουν βρεθεί σε στομαχικά περιεχόμενα ορισμένων καλαμαριών, ίσως δεν αποτελούν στοχευμένα είδη λείας, αλλά τυχαίες συλλήψεις κατά την τροφοληψία των καλαμαριών κοντά στον πυθμένα ή τη στήλη του νερού.

Τα ευρήματα της παρούσας μελέτης αποτελούν μια πρώτη συμβολή στην κατανόηση της επίπτωσης ενός ξενικού είδους στα αυτόχθονα είδη, μέσω της θήρευσης. Το συγκεκριμένο κεφαλόποδο φαίνεται να διατρέφεται στην περιοχή της Κρήτης με ποικιλία αυτόχθονων ειδών, κυρίως ψαριών που ζουν σε παράκτια βραχώδη υποστρώματα και σε λιβάδια Ποσειδωνίας. Συνεπώς, το *S. cf. lessoniana* θα μπορούσε να χαρακτηριστεί ως ένας οργανισμός κυρίως ιχθυοφάγος, με βασικά θηράματα ψάρια της παράκτιας ζώνης, που ευκαιριακά μπορεί να παρουσιάζει κανιβαλιστική συμπεριφορά. Μάλιστα, προηγούμενες μελέτες δείχνουν ότι ορισμένα από τα είδη-λείας του (π.χ. *C. chromis* και *S. smaris*) αποτελούν θηράματα και του χωροκατακτητικού ξενικού είδους *Pterois miles* (Skarvelis *et al*. 2019), που παρουσιάζει μεγάλη εξάπλωση στην περιοχή της Κρήτης. Αυτά τα είδη της λείας είναι από τα πλέον κοινά είδη παράκτιων ιχθύων της περιοχής. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι τα λεσσεψιανά ξενικά είδη εξαπλώνονται κυρίως στην παράκτια ζώνη (Galil *et al.* 2009), καθώς και τη σημασία της παράκτιας ζώνης στον κύκλο ζωής πολλών θαλάσσιων οργανισμών, είναι ενδιαφέρον να μελετηθούν ευρύτερα οι πιθανές επιπτώσεις της θήρευσης στους πληθυσμούς των παράκτιων ιχθύων, από τους αυξανόμενους πληθυσμούς νέων εισβολικών ειδών στην περιοχή.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Boyer F, Mercier C, Bonin A, Le Bras Y, Taberlet P, Coissac E (2016) obitools: a unix-inspired software package for DNA metabarcoding. Molecular Ecology Resources 16(1): 176-82

Byron G (2016) Phylogenetic Diversity of Cephalopoda (Animalia: Mollusca) Along the Saudi Arabian Red Sea Coastline. KAUST Research Repository.

Cheng SH, Anderson FE, BergmanA, Mahardika GN, Muchlisin ZA, Dang BT, *et al.* (2014) Molecular evidence for co-occurring cryptic lineages within the *Sepioteuthis cf. lessoniana* species complex in the Indian and Indo-West Pacific Oceans. Hydrobiologia 725: 165–188

Deagle BE, Kirkwood R, Jarman SN (2009) Analysis of Australian fur seal diet by pyrosequencing prey DNA in faeces. Molecular Ecology 18(9): 2022-38

Galil BS, Gollasch S, Minchin D, Olenin S (2009) Alien marine biota of Europe. In Handbook of Alien Species in Europe. Edited by: DAISIE. Dordrecht: Springer: 93-104

Geller JB, Meyer CP, Parker M, Hawk H (2013) Redesign of PCR primers for mitochondrial Cytochrome c oxidase subunit I for marine invertebrates and application in all-taxa biotic surveys. Molecular Ecology Resources 13(5): 851-61

Guerra A (1978) Sobre la alimentacion y el comportamiento alimentario de *Octopus vulgaris*. Inv. Pesq., 42: 351–364

Günther B, Fromentin JM, Metral L, Arnaud-Haond S (2021) Metabarcoding confirms the opportunistic foraging behaviour of Atlantic bluefin tuna and reveals the importance of gelatinous prey. PeerJ. 13; 9: e11757

Hanlon R, Messenger J (1998) Cephalopod Behaviour. Cambridge, United Kingdom: Cambridge University Press

Ibáñez CM, Riera R, Leite T, Díaz-Santana-Iturrios M, *et al*. (2021) Stomach content analysis in cephalopods: past research, current challenges, and future directions. Reviews in Fish Biology and Fisheries 31: 505–522

Jereb P, Roper CFE (2006) Cephalopods of the Indian Ocean. A review. Part I. Inshore squids (Loliginidae) collected during the International Indian Ocean Expedition. Proceedings of the biological society of Washington 119(1): 91-136

Leray M, Yang JY, Meyer CP *et al*. (2013) A new versatile primer set targeting a short fragment of the mitochondrial COI region for metabarcoding metazoan diversity: application for characterizing coral reef fish gut contents. Frontiers in Zoology 10 :34

Rodhouse PG, Nigmatullin CM (1996) Role as consumers. Philosophical Transactions of the Royal Society B 351(1343): 1003–1022

Rosas-Luis R & Sánchez P (2015) Food and feeding habits of *Alloteuthis media* in the Western Mediterranean Sea. Marine Biology Research 11(4): 438-442

Rosas-Luis R, Villanueva R, Sánchez P (2014) Trophic habits of the ommastrephid squid *Illex coindetii* and *Todarodes sagittatus* in the northwestern Mediterranean Sea. Fisheries Research 152: 21–28

Salman A (2002) New report of the loliginid squid *Sepioteuthis lessoniana* Lesson, 1830 in the Mediterranean. Israel Journal of Zoology 48: 249-250

Vafidis D, Koutsoubas D, Chartosia N, Koukouras A (2008) The Teuthoidea (Cephalopoda, Mollusca) fauna of the Aegean Sea: comparison with the neighbouring seas and notes on their diet composition. Journal of Biological Research-Thessaloniki 10: 191 – 205

Ντουντούμης Β, Περιστεράκη Π, Σαπουνάς Α, Belmokhtar N, Ασημάκης Η, Τσιάμης Γ, Μπαταργιάς Κ (2019) Ταυτοποίηση των θηραμάτων των ιπτάμενων θραψάλων *Todarodes sagittatus* και *Ommastrephes bartramii* με τη χρήση Αλληλούχισης Νέας Γενιάς. Στο: 17ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Ηράκλειο Κρήτης, Ελλάδα, Πρακτικά: 110-113

Σκαρβέλης Κ, Μουρίκη Δ, Λαζαράκης Γ, Περιστεράκη Π (2019) Προκαταρκτικά αποτελέσματα ανάλυσης στομαχικών περιεχομένων του λεοντόψαρου (*Pterois miles / volitans*) στις ακτές της Κρήτης. Στο: 17ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, Ηράκλειο. Πρακτικά: 90-93.

# Αναπαραγωγική βιολογία των αρσενικών ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) στον Παγασητικό κόλπο

**Μαρία Βλάχου, Αλέξανδρος Θεοχάρης, Χρήστος Ντάβαρος, Δημήτριος Κλαουδάτος, Αποστολογάμβρου Χρυσούλα**

Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 38446, Βόλος

E-mail: chapostol@uth.gr

## ABSTRACT

European hake, a multiple batch spawner with indeterminate fecundity, exhibits variable maturity stages for different sexes at different stages of life cycle with earlier maturity in males. Male reproductive biology in Pagasitikos gulf was assessed through histological examination. Spawning cycle of *Merluccius merluccius*, in Pagasitikos gulf is yet to be determined with further investigation warranted to assess its reproductive cycle. This study is the first complete histological depiction of every male reproductive stage of this species.

**Keywords:** *Histology, European hake, reproduction, Pagasitikos gulf, testes*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος (*Merluccius merluccius*), αποτελεί σημαντικό εμπορικό είδος και εντοπίζεται κυρίως στις ακτές του Ατλαντικού, στη Βορειοδυτική Αφρική, βόρεια της Νορβηγίας, στην Ισλανδία και νότια στη Μαυριτανία. Σύμφωνα με το FAO βρίσκεται σε αφθονία τόσο στη Μεσόγειο όσο και κατά μήκος της νότιας ακτής της Μαύρης Θάλασσας (FAO 1990). Αναπαράγεται καθ' όλη τη διάρκεια του έτους και παρουσιάζει σημαντικές πληθυσμιακές διακυμάνσεις. Στη Μεσόγειο η αναπαραγωγή λαμβάνει χώρα κυρίως μεταξύ Δεκεμβρίου και Ιουνίου και η ωοτοκία μεταξύ 100 και 300 μέτρων (FAO 1990).

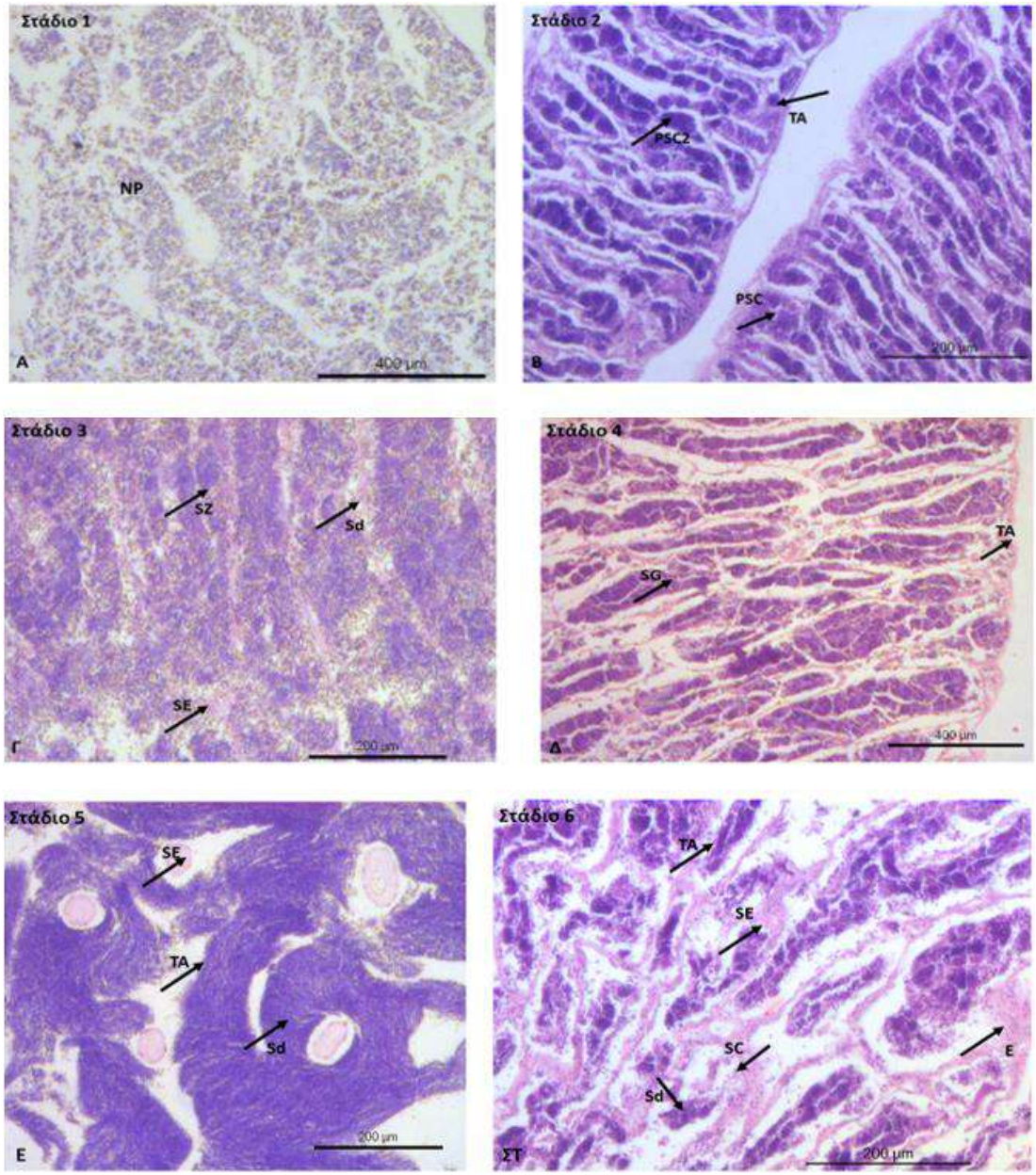
Η αναπαραγωγή του μπακαλιάρου αναφέρεται ως πολλαπλώς τμηματική και χαρακτηρίζεται από απροσδιόριστη γονιμότητα, που σχετίζεται με την ασύγχρονη ανάπτυξη των ωοκυττάρων (Murua *et al*. 1998). Τα αρσενικά και τα θηλυκά ωριμάζουν σε διαφορετικά μεγέθη, πιθανώς σε διαφορετικές ηλικίες, με τα αρσενικά να ωριμάζουν νωρίτερα από τα θηλυκά (Dominguez-Petit 2007). Η βιολογία του, ωστόσο, δεν έχει μελετηθεί επαρκώς. Η παρούσα μελέτη εξετάζει την αναπαραγωγική βιολογία του αρσενικού ευρωπαϊκού μπακαλιάρου στον Παγασητικό κόλπο.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Συνολικά συλλέχθηκαν 300 αρσενικά άτομα από τον Παγασητικό κόλπο, από τον Μάιο έως τον Νοέμβριο του 2021. Ύστερα από την ανατομή τους, οι γονάδες ζυγίστηκαν και μονιμοποιήθηκαν σε ουδέτερα ρυθμισμένο διάλυμα φορμόλης 10% και ακολούθησε ιστολογική τεχνική. Τμήματα των γονάδων τοποθετήθηκαν σε ιστοκινέτα (Leica TP 1020, Leica Microsystems GmbH, Nussloch, Γερμανία) για αφυδάτωση (εμβύθιση σε διάλυμα αιθανόλης αυξανόμενων συγκεντρώσεων), καθαρισμό (βύθιση σε διαλύματα ξυλόλης για την αντικατάσταση της αιθανόλης με οργανικό διαλύτη), και ενσωμάτωση σε παραφίνη. Τα μπλοκ της παραφίνης που περιείχαν τον ιστό των γονάδων αφέθηκαν για ψύξη (Leica EG 1150H Leica Microsystems GmbH, Nussloch, Γερμανία). Το καλούπι αφαιρέθηκε και τα μπλοκ τοποθετήθηκαν σε μικροτόμο (Slee Mainz Cut 5062, SLEE medical GmbH, Mainz, Γερμανία) για τομή (τομές 10 μm). Οι τομές χρωματίστηκαν με διαδικασία χρώσης αιματοξυλίνης-ηωσίνης, καλύφθηκαν με μέσο στήριξης Canada balsam και παρατηρήθηκαν σε μικροσκόπιο φωτός συνδεδεμένο με ψηφιακή κάμερα (ProgRes Plus 2.1, JENOPTIC Optical Systems GmbH, Jena, Γερμανία). Οι ιστολογικές τομές φωτογραφήθηκαν σε κατάλληλη κλίμακα μεγέθυνσης χρησιμοποιώντας το λογισμικό Progress Capture 2.1.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το πρότυπο ανάπτυξης των αρσενικών γονάδων, ακολουθώντας τον Al-Absawy (2010), χωρίστηκε σε 6 στάδια (Εικόνα 1).




**Εικόνα 1: Αναπαραγωγικός κύκλος αρσενικών ατόμων μπακαλιάρου. Μικροσκοπικά στάδια ωριμότητας. NP; Θρεπτικά φαγοκύτταρα, Sc; Σπερματοκύτταρα, TA; Τοίχωμα όρχεως, PSC; Πρώιμα σπερματοκύτταρα, PSC2; Πρώιμα σπερματοκύτταρα 2, Sd: σπερματίδες, SG; Σπερματογόνια, SE; κύτταρα σερτολί, E; Επιθηλιακά κύτταρα. Στάδιο I = παρθένο, Στάδιο II = παρθένο σε ανάπτυξη, Στάδιο III = ανώριμο, Στάδιο IV = σε ωρίμανση, Στάδιο V = ώριμο, Στάδιο VI = ανάπαυσης. Χρώση H&E; Κλίμακα: A 400μm; B, 500μm; Γ, 200μm; Δ, 400μm; E, 200μm; ΣΤ, 200μm.**

**Figure 1. Male European hake reproductive cycle. Microscopic maturity stages. NP; Nutrient phagocytes, Sc; Spermatocytes, TA; Testes wall, PSC; Premature spermatocytes, PSC2; Premature spermatocytes 2, Sd: spermatids, SG; Spermatogonia, SE; Sertoli cells, E; Epithelial cells. Stage I = virgin, Stage II = virgin developing, Stage III = immature, Stage IV = maturing, Stage V = mature, Stage VI = resting. Stain H&E; Scale: A 400μm; B, 500μm; Γ, 200μm; Δ, 400μm; E, 200μm; ΣΤ, 200μm.**

Στάδιο I Παρθένοι όρχεις, όπου περιέχουν μόνο θρεπτικά φαγοκύτταρα. Στους παρθένους σε ανάπτυξη όρχεις (Στάδιο II), βρίσκονται οι σπερματίδες και τα σπερματοκύτταρα, τα οποία θα αναπτυχθούν περαιτέρω σε σπερματοζωάρια. Στο ανώριμο στάδιο III, τα σπερματοζωάρια αρχίζουν να γεμίζουν τον όρχι και ξεκινούν να ωριμάζουν (Στάδιο IV). Στο ώριμο στάδιο (Στάδιο V) τα σπερματοζωάρια

συσσωρεύονται πυκνά στον όρχι, ενώ στο στάδιο VI μόνο λίγα υπολείμματα από σπερματοζωάρια παρατηρούνται στον αυλό των όρχεων.

Στην παρούσα μελέτη, ένα σαφές σημαντικό γεγονός ωοτοκίας εμφανίζεται το φθινόπωρο και συγκεκριμένα τους μήνες Οκτώβριο-Νοέμβριο, όπως τεκμηριώθηκε με βάση την ιστολογία του. Ο ευρωπαϊκός μπακαλιάρος αποτελεί σημαντικό εμπορικό είδος που παρουσιάζει μείωση των ετήσιων εκφορτώσεων στην Ευρώπη από τη δεκαετία του 1960 (Groison *et al*. 2008). Υπάρχει έλλειψη διαθέσιμης πληροφορίας σχετικά με την βιολογία και αναπαραγωγή του αρσενικού *M. Merluccius*, σημαντική για τη βιώσιμη αλιευτική διαχείριση. Η παρούσα εργασία αποτελεί την πρώτη ολοκληρωμένη μελέτη όλων των σταδίων ανάπτυξης των αρσενικών ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου, και θα αποτελέσουν βάση για επόμενες μελέτες της αναπαραγωγικής βιολογίας του είδους στον Παγασητικό κόλπο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Al-Absawy, AG (2010) The reproductive biology and the histological and ultrastructural characteristics in ovaries of the female gadidae fish *Merluccius merluccius* from the Egyptian Mediterranean water. *African Journal of Biotechnology*, *9*(17): 2544–2559. http://www.academicjournals.org/AJB

Cohen DM, Inada T, Iwamoto T, Scialabba N (1990) FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO Fish. Synop. 125(10). Rome: FAO. 442 p.

Follesa MC, Carbonara P (2019) Atlas of the maturity stages of Mediterranean fishery resources (Issue April).

Groison AL, Suquet M, Cosson J, Le Coz JR, Jolivet A, Garren F (2008) Biological characteristics of European hake (*Merluccius merluccius*) sperm. Cybium 32: 178.

Hatziioannou M, Vafidis D (2015) *Εργαστηριακές ασκήσεις ιστολογίας*. [ebook] Athens: Hellenic Academic Libraries Link. chapter 6. Available Online at: http://hdl.handle.net/11419/5131

Murua H, Motos L, Lucio P (1998) Reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius Merluccius* L.) in the Bay of Biscay. California Cooperative Oceanic Fisheries, Investigations Reports. 196–203.

Domínguez-Petit R (2007) Study on reproductive potential of *Merluccius merluccius* in the Galician shelf. Thesis Doctoral. http://hdl.handle.net/10261/4377.

# Τροφικές προτιμήσεις του μπακαλιάρου *Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758 στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο κατά το διάστημα 2019 - 2021: Προκαταρκτικά αποτελέσματα

**Αντώνιος Γερόπουλος[1], Αθανάσιος Ευαγγελόπουλος[2], Νικόλαος Καμίδης[3], Μάνος Κουτράκης[4]**

[1]Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛ.Γ.Ο. "Δήμητρα", Νέα Πέραμος Καβάλας – ageropoulos@inale.gr
[2]Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛ.Γ.Ο. "Δήμητρα", Νέα Πέραμος Καβάλας – a.evangelopoulos@inale.gr
[3]Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛ.Γ.Ο. "Δήμητρα", Νέα Πέραμος Καβάλας – nikkami@inale.gr
[4]Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛ.Γ.Ο. "Δήμητρα", Νέα Πέραμος Καβάλας – manosk@inale.gr

## ABSTRACT

**Antonios Geropoulos, Athanasios Evangelopoulos, Nikolaos Kamidis, Manos Koutrakis: Trophic preferences of European hake *Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758 in the North and Central Aegean Sea during 2019 - 2021: Preliminary results**

Most of the published information on the diet of European hake *Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758 in the Greek seas is dated, the ontogenetic shift in its trophic preferences has not been comprehensively studied, and no data on the inter-annual variability in its diet have been published. This study describes preliminary results of an assessment of the inter-annual and ontogenetic variations in the trophic preferences of hake in the North and Central Aegean Sea during 2019 – 2021, based on analysis of stomach contents. The results revealed mainly an ontogenetic shift in the diet of the species that was similar to the findings of other related studies, whereas the interannual variations in the diet of the species were comparatively less important.

**Keywords:** diet, stomach contents analysis, ontogenetic diet shift

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο μπακαλιάρος *Merluccius merluccius* Linnaeus, 1758 (European hake) είναι ένας σημαντικός παραβενθικός και βενθοπελαγικός θηρευτής των οικοσυστημάτων της υφαλοκρηπίδας και της ανώτερης ηπειρωτικής κατωφέρειας της Μεσογείου (Lloris *et al.* 2005) και αποτελεί ένα από τα κύρια είδη-στόχους της αλιείας στην περιοχή κατανομής του (Pitcher & Alheit 1995). Δέχεται μεγάλη αλιευτική πίεση σε όλη τη Μεσόγειο (FAO 2020), όπως και στη χώρα μας, όπου αλιεύεται κατά κύριο λόγο με τράτα βυθού (μέση αλιεία, μηχανότρατα) και παραγάδια βυθού (παράκτια αλιεία) (Papaconstantinou & Stergiou 1995).

Ο μπακαλιάρος τρέφεται κυρίως με ψάρια και καρκινοειδή (Pitcher & Alheit 1995). Είναι επίσης γνωστό πως η δίαιτά του διαφοροποιείται κατά τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, εποχικά, με το βάθος, και την περιοχή (Papaconstantinou & Stergiou 1995; Murua 2010). Οι τροφικές προτιμήσεις του μπακαλιάρου στις Ελληνικές θάλασσες διερευνώνται εδώ και πολλά χρόνια, αλλά στην πλειοψηφία των υπαρχουσών μελετών δεν παρατίθενται ποσοτικά στοιχεία για την οντογενετική μεταβλητότητα τους (π.χ. Papacostantinou & Caragitsou 1987, Papaconstantinou & Stergiou 1995, Labropoulou & Markakis 1998, Karachle 2008), ενώ η διαθέσιμη πληροφορία στις περισσότερες περιπτώσεις δεν είναι πρόσφατη. Ποιοτική πληροφορία για την οντογενετική μετατόπιση των τροφικών προτιμήσεων του μπακαλιάρου έχει δώσει ο Yannopoulos (1977), η δίαιτα νεαρών ατόμων του είδους έχει μελετηθεί από τους Papaconstantinou & Caragitsou (1992) και οι Karachle & Dogrammatzi (2019) παρουσίασαν προκαταρκτικά αποτελέσματα για την μεταβλητότητα των τροφικών προτιμήσεων του μπακαλιάρου ως συνάρτηση του μήκους. Οι δημοσιευμένες χρονοσειρές δεδομένων που περιγράφουν την ετήσια μεταβλητότητα των τροφικών προτιμήσεων του είδους στη Μεσόγειο είναι ελάχιστες (π.χ. D'Iglio *et al.* 2022), και καμία δεν αφορά στην Ελλάδα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση προκαταρκτικών αποτελεσμάτων μελέτης της ετήσιας και οντογενετικής μεταβλητότητας των τροφικών προτιμήσεων του μπακαλιάρου με ανάλυση των στομαχικών περιεχομένων, στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο για το διάστημα 2019 – 2021.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δείγματα συλλέχθηκαν με πειραματική τράτα βυθού στο πλαίσιο του προγράμματος MEDITS από το Ινστιτούτο Αλιευτικών Ερευνών του ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο, την περίοδο Ιούνιος - Ιούλιος και τα έτη 2019 ως και 2021. Το δίχτυ είχε άνοιγμα ματιού σάκου 40 mm, και η αλιεία έγινε με σταθερή ταχύτητα 3 κόμβων. Η διάρκεια της σύρσης ήταν 30 λεπτά για βάθη μικρότερα των 200

m και 60 λεπτά για τα μεγαλύτερα βάθη. Στα άτομα του μπακαλιάρου μετρήθηκε το ολικό τους μήκος (mm) και βάρος (g), και προσδιορίστηκε το φύλο τους. Η συλλογή των στομαχιών πραγματοποιήθηκε με στόχο ένα ελάχιστο σύνολο 100 ατόμων. Διακρίθηκαν συνολικά 6 κλάσεις μήκους: <100 mm («0»), 100 – 199 mm («100»), 200 – 299 mm («200»), 300 – 399 mm («300»), 400 – 499 mm («400»), >500 mm («500»). Τα στομάχια αφαιρούνταν, άμεσα μετά την αλίευση, από τη σωματική κοιλότητα των ψαριών και διατηρούνταν κατεψυγμένα στους -20 $^{o}$C μέχρι την ανάλυσή τους.

Το περιεχόμενο των στομαχιών αναλύθηκε με βάση το πρωτόκολλο που προτάθηκε από την συνάντηση εργασίας για την ανάλυση των στομαχικών περιεχόμενων WKSTCON 2018 (RCG-Med&BS 2018).

Συλλέχθηκαν σε όλα τα έτη συνολικά 386 στομάχια μπακαλιάρου. 256 στομάχια περιείχαν λείες («γεμάτα» στομάχια), ενώ 130 ήταν άδεια. Τα ανεστραμμένα στομάχια, τα οποία βρέθηκαν κυρίως σε άτομα μεγάλου μεγέθους που αλιεύτηκαν σε μεγάλα βάθη, δεν κρατήθηκαν. Τα περιεχόμενα σε 29 γεμάτα στομάχια ήταν σε ιδιαίτερα προχωρημένο στάδιο πέψης και έτσι δεν ήταν δυνατή η ταξινομική αναγνώριση των λειών. Αυτά τα στομάχια δεν συνυπολογίστηκαν σε καμία άλλη ανάλυση πέραν του υπολογισμού του δείκτη κενότητας. Αναλύθηκαν 59, 77 και 91 στομάχια για τα έτη 2019, 2020 και 2021 αντίστοιχα, ενώ τα στομάχια που αναλύθηκαν για τις κλάσεις μήκους 0, 100, 200, 300, 400 και 500 ήταν αντίστοιχα 12, 43, 70, 82, 15 και 5.

Οι λείες που βρέθηκαν στα στομαχικά περιεχόμενα προσδιορίστηκαν στο κατώτερο δυνατό ταξινομικά επίπεδο, αλλά για την παρούσα εργασία, συναθροίστηκαν στις ακόλουθες κατηγορίες: οστεϊχθύες (Osteicthyes), δεκάποδα (Decapoda), καρκινοειδή εκτός δεκαπόδων (Crustacea), κεφαλόποδα (Cephalopoda), και κρινοειδή (Crinoidea). Τα δεδομένα των στομαχικών περιεχομένων αναλύθηκαν μέσω τριών δεικτών:

Η ένταση διατροφής εκτιμήθηκε με το δείκτη κενότητας (VI), ο οποίος υπολογίστηκε ως το ποσοστό των στομαχιών που αναλύθηκαν τα οποία ήταν κενά (Hureau, 1970): $VI(\%) = \frac{S_E}{S_E + S_F} * 100$

όπου $S_E$ είναι ο αριθμός των άδειων στομαχιών και $S_F$ ο αριθμός των γεμάτων στομαχιών.

Η συμμετοχή των ταξινομημένων λειών στα στομαχικά περιεχόμενα υπολογίστηκε με τις μεθόδους της συχνότητας εμφάνισης $F_i(\%)$ και της αριθμητικής $N_i(\%)$ και βαρυμετρικής $W_i(\%)$ ποσοστιαίας τους συμμετοχής (Hyslop 1980).

Η συχνότητα παρουσίας ενός taxon λείας στα στομαχικά περιεχόμενα υπολογίστηκε ως: $F_i(\%) = \frac{S_i}{S_F} * 100$

όπου $S_i$ είναι ο αριθμός των στομαχιών που περιείχαν την λεία i και $S_F$ ο αριθμός των γεμάτων στομαχιών.

Η αναλογία ενός taxon στο συνολικό αριθμό ατόμων των λειών στα στομαχικά περιεχόμενα υπολογίστηκε ως: $N_i(\%) = \frac{n_i}{\sum_{i=1}^{Q} n_i} * 100$

όπου $n_i$ είναι ο συνολικός αριθμός των ατόμων της εκάστοτε λείας i και $\sum_{i=1}^{Q} n_i$ ο συνολικός αριθμός ατόμων όλων των λειών (Q) σε όλα τα γεμάτα στομάχια.

Η αναλογία ενός taxon στο συνολικό βάρος των λειών στα στομαχικά περιεχόμενα υπολογίστηκε ως: $W_i(\%) = \frac{w_i}{\sum_{i=1}^{Q} w_i} * 100$

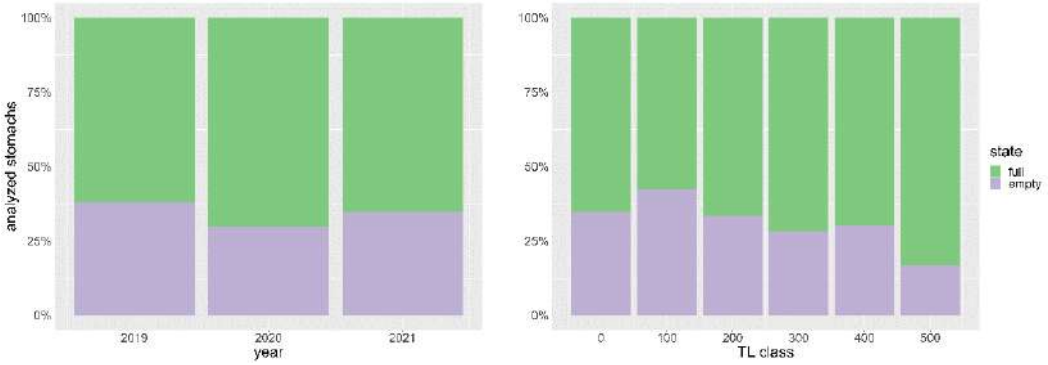
όπου $w_i$ είναι το συνολικό υγρό βάρος της εκάστοτε λείας i και $\sum_{i=1}^{Q} w_i$ το συνολικό υγρό βάρος όλων των λειών (Q) σε όλα τα γεμάτα στομάχια.

Η σχετική σπουδαιότητα κάθε taxon λείας στη δίαιτα του μπακαλιάρου εκτιμήθηκε με τον υπολογισμό της ποσοστιαίας % μορφής του δείκτη σχετικής σπουδαιότητας (IRI) του Pinkas *et al.* (1971). Ο IRI, όπως αυτός τροποποιήθηκε από τον Hacunda (1981), υπολογίζεται ως: $IRI_i = (N_i + W_i) * F_i$

Ο υπολογισμός της ποσοστιαίας μορφής του %IRI έγινε σύμφωνα με τους Cortes *et al.* (1997): $\%IRI_i = \frac{IRI_i}{\sum_{i=1}^{Q} IRI_i} * 100$

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

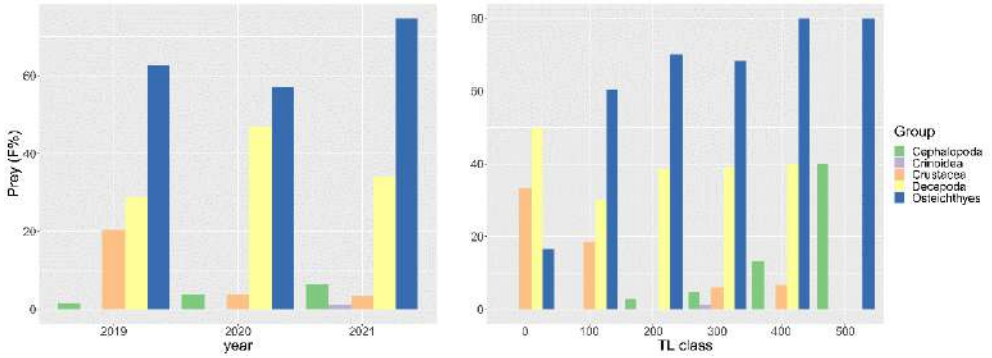
Οι μεταβολές των ποσοστών γεμάτων και άδειων στομαχιών μεταξύ των ετών και μεταξύ των κλάσεων μήκους παρουσιάζονται στην Εικ. 1. Το ποσοστό των άδειων στομαχιών επί του συνόλου (δείκτης κενότητας) κυμάνθηκε, μεταξύ των ετών, από 30 – 38%. Μεταξύ των κλάσεων μήκους ως 500 mm, ο δείκτης κενότητας κυμάνθηκε από 28 – 42%. Στην κλάση μήκους > 500 mm, το ποσοστό των άδειων στομαχιών επί του συνόλου ήταν σημαντικά χαμηλότερο, 17%.




**Εικ. 1. Μεταβολές των ποσοστών γεμάτων και άδειων στομαχιών μπακαλιάρου, μεταξύ των ετών 2019-2021 και μεταξύ των κλάσεων μήκους στην περιοχή μελέτης. Τα ποσοστά των άδειων στομαχιών αντιστοιχούν στις τιμές του δείκτη κενότητας.**

**Fig. 1. Variations of the percentages of full and empty stomachs of European hake between years 2019-2021 and between length classes in the study area. The percentages of empty stomachs correspond to the respective values of the vacuity index.**

Οι μεταβολές της συχνότητας παρουσίας των κατηγοριών των λειών στα στομαχικά περιεχόμενα μεταξύ των ετών και μεταξύ των κλάσεων μήκους παρουσιάζονται στην Εικ. 2. Από τα καρκινοειδή, τα δεκάποδα είχαν τη μεγαλύτερη συχνότητα παρουσίας στα στομάχια όλα τα έτη, ενώ η συχνότητα παρουσίας των λοιπών καρκινοειδών ήταν μεγαλύτερη το 2019. Το 2019 τα λοιπά καρκινοειδή είναι μικρά σε μέγεθος άτομα και πολλά σε αφθονία, που συνεισφέρουν σημαντικά στη αυξημένη συχνότητας παρουσίας. Η συχνότητα παρουσίας των κεφαλόποδων στα στομάχια ήταν συγκριτικά με τους οστεϊχθύες και συνολικά τα καρκινοειδή σημαντικά μικρότερη για όλα τα έτη. Η συχνότητα παρουσίας των οστεϊχθύων στα στομάχια ήταν μεγαλύτερη στις μεγαλύτερες κλάσεις μήκους, φτάνοντας το 80% στις κλάσεις > 400 mm. Αντίθετα, στην κλάση μήκους <100 mm το ποσοστό των στομαχιών που περιείχε οστεϊχθύες ήταν μικρότερο (17%). Η συχνότητα παρουσίας των κεφαλόποδων ήταν μεγαλύτερη στις μεγαλύτερες κλάσεις μεγέθους, φτάνοντας το 40% στην κλάση >500 mm. Αντίθετα, συνολικά τα καρκινοειδή βρέθηκαν σε περισσότερα στομάχια στις μικρότερες κλάσεις μεγέθους, φθάνοντας στην κλάση < 100 mm το 83%.

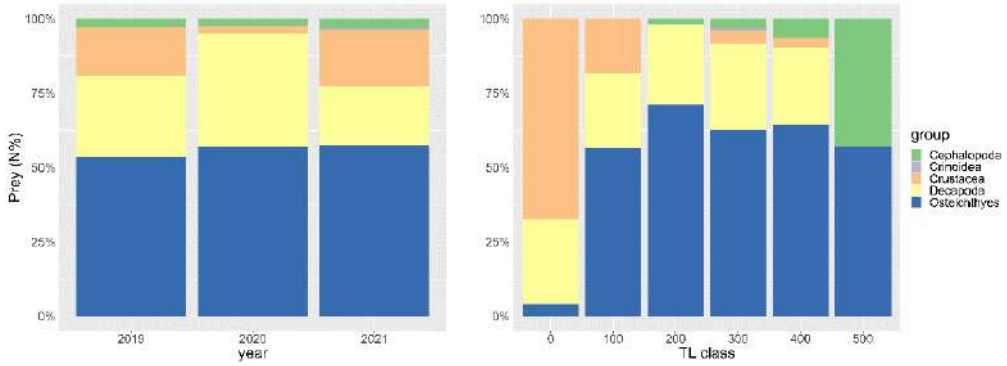



**Εικ. 2. Μεταβολές της συχνότητας παρουσίας των κατηγοριών των λειών (F%) στα στομαχικά περιεχόμενα μπακαλιάρου μεταξύ των ετών 2019-2021 και μεταξύ των κλάσεων μήκους στην περιοχή μελέτης.**

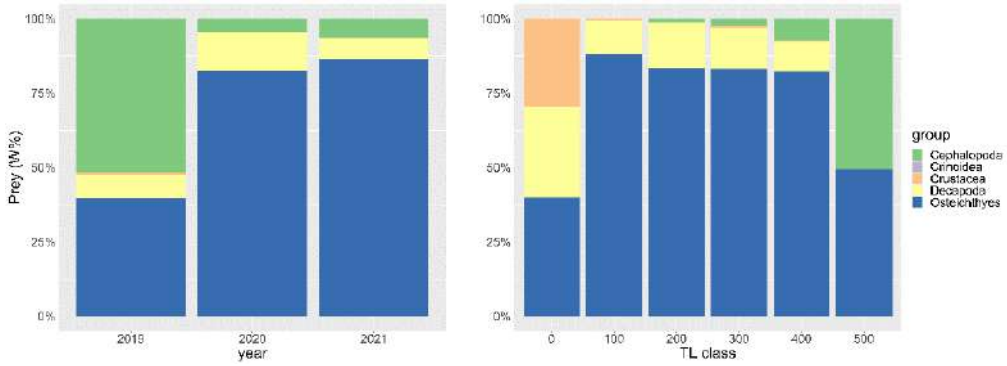
**Fig. 2. Variations of the frequency of occurrence of prey categories (F%) of European hake between years 2019-2021 and between length classes in the study area.**

Οι μεταβολές της αριθμητικής και κατά βάρους ποσοστιαίας συμμετοχής των κατηγοριών των λειών στα στομαχικών περιεχόμενα μεταξύ των ετών και μεταξύ των κλάσεων μήκους παρουσιάζονται στις Εικ. 3 και 4 αντίστοιχα. Οι οστεϊχθύες ήταν η κυρίαρχη ομάδα στα στομαχικά περιεχόμενα σε ότι αφορά την αριθμητική συμμετοχή σε όλα τα έτη (53 – 57%). Επίσης, ήταν η κυρίαρχη ομάδα σε ότι αφορά στην κατά βάρος συμμετοχή τους κατά τα έτη 2020 – 2021 (86%). Το 2019 η κυρίαρχη ομάδα κατά βάρος ήταν τα κεφαλόποδα (53%), λόγω της παρουσίας ενός ατόμου του είδους *Ilex coindetii* βάρους 266 g στα στομαχικά περιεχόμενα ενός μεγάλου μεγέθους ατόμου μπακαλιάρου (>500 mm TL). Η συμμετοχή των

δεκαπόδων στα στομαχικά περιεχόμενα ήταν μεγαλύτερη το 2020, τόσο αριθμητικά, όσο και σε βάρος. Συγκριτικά με τα δεκάποδα, η συμμετοχή των λοιπών καρκινοειδών στα στομαχικά περιεχόμενα ήταν μεγαλύτερη σε πλήθος (3 – 19%) από ότι σε βάρος (0,05 – 1%). Οι οστεϊχθύες ήταν η κυρίαρχη ομάδα αριθμητικά στα στομαχικά περιεχόμενα σε όλες τις κλάσεις (56 – 71%), εκτός της κλάσης < 100 mm (4%). Το ποσοστό τους σε βάρος ήταν μεγάλο στις ενδιάμεσες κλάσεις (82 – 88%) και μικρότερο στις κλάσεις <100 mm (40%) και >500 mm (49%). Στην κλάση <100 mm τα καρκινοειδή συνολικά ήταν κυρίαρχα στην κατά βάρος συμμετοχή τους (60%) και ιδιαίτερα στην αριθμητική τους συμμετοχή (96%), με τα λοιπά καρκινοειδή να κυριαρχούν αριθμητικά (67%) έναντι των δεκαπόδων (29%). Η συμμετοχή των κεφαλόποδων ήταν σημαντική στην κλάση >500 mm, τόσο αριθμητικά (43%) όσο και κατά βάρος (51%).

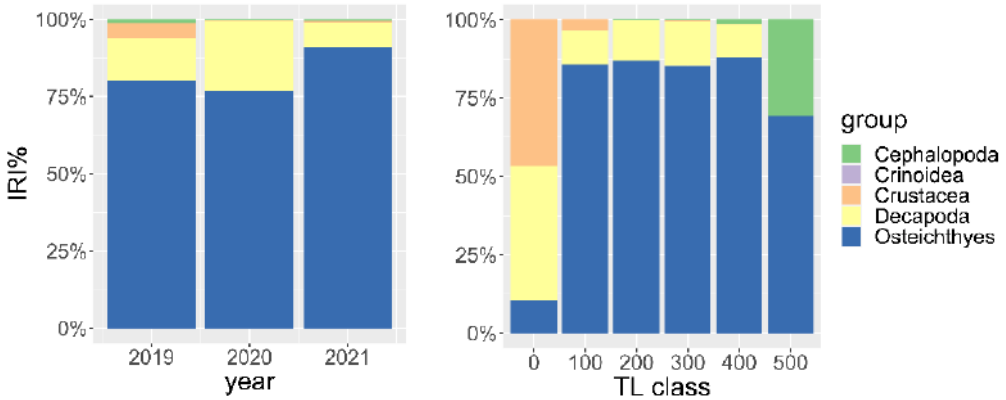



**Εικ. 3. Μεταβολές των ποσοστών των στομαχικών περιεχομένων των κατηγοριών των λειών μπακαλιάρου σε αριθμούς (N%) μεταξύ των ετών 2019-2021 και μεταξύ των κλάσεων μήκους στην περιοχή μελέτης.**
**Fig. 3. Variations of the percentages of prey categories in the stomach contents of European hake in numbers (N%) between years 2019-2021 and between length classes in the study area.**




**Εικ. 4. Μεταβολές των ποσοστών των στομαχικών περιεχομένων των κατηγοριών των λειών του μπακαλιάρου σε βάρη (W%) μεταξύ των ετών 2019 – 2021 και μεταξύ των κλάσεων μήκους στην περιοχή μελέτης.**
**Fig. 4. Variations of the percentages of prey categories in the stomach contents of European hake in weight (W%) between years 2019 – 2021 and between length classes in the study area.**

Οι μεταβολές της σχετικής σπουδαιότητας των κατηγοριών των λειών μεταξύ των ετών και μεταξύ των κλάσεων μήκους παρουσιάζονται στην Εικ. 5. Οι οστεϊχθύες ήταν η σημαντικότερη κατηγορία λειών όλα τα έτη (76 – 91%). Μεταξύ των καρκινοειδών, τα δεκάποδα ήταν η σημαντικότερη ταξινομική κατηγορία όλα τα έτη, ενώ τα λοιπά καρκινοειδή παρουσίασαν τη μεγαλύτερη σπουδαιότητα τους το 2019 (5%). Οι οστεϊχθύες ήταν η σημαντικότερη ομάδα λειών σε όλες τις κλάσεις μήκους (70 – 90%) εκτός της κλάσης <100 mm (11%). Στην κλάση <100 mm οι σημαντικότερες κατηγορίες λειών ήταν αυτές των καρκινοειδών (89%).




**Εικ. 5. Μεταβολές της σχετικής σπουδαιότητας των κατηγοριών των λειών του μπακαλιάρου (IRI%) μεταξύ των ετών 2019 – 2021 και μεταξύ των κλάσεων μήκους στην περιοχή μελέτης.**
**Fig. 5. Variations of the relative importance of prey categories of European hake (IRI%) between years 2019 – 2021 and between length classes in the study area.**

Τα προκαταρκτικά αποτελέσματα που παρουσιάζονται στην παρούσα μελέτη έδειξαν πως οι τροφικές προτιμήσεις του μπακαλιάρου στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο κατά την περίοδο 2019 – 2021 διέφεραν ανάλογα με το μέγεθος των ψαριών, και δευτερευόντως ανάλογα με το έτος. Είναι γνωστό πως η δίαιτα του μπακαλιάρου είναι δυνατό να διαφοροποιείται με το οντογενετικό στάδιο, καθώς και μεταξύ των ετών, σε συνάρτηση με χαρακτηριστικά της αυτοοικολογίας του και τη διαθεσιμότητα των δυνητικών λειών του, αντίστοιχα (Papaconstantinou & Stergiou 1995).

Οι σημαντικότερες διαφοροποιήσεις της δίαιτας του είδους μεταξύ των ετών αφορούσαν στις διαφορετικές αναλογίες των κατηγοριών των καρκινοειδών σε συχνότητα παρουσίας και αριθμητικά. Το υψηλό κατά βάρος ποσοστό των κεφαλόποδων στα στομαχικά περιεχόμενα το 2019, το οποίο οφειλόταν στην παρουσία μιας μεγάλου μεγέθους λείας σε ένα άτομο μπακαλιάρου, μπορεί να θεωρηθεί μεροληπτικό και σχετιζόμενο με γνωστή αδυναμία της βαρυμετρικής μεθόδου (Hyslop 1980). Η μεγάλη σημασία των οστεϊχθύων στη δίαιτα του μπακαλιάρου ήταν γενικά εμφανής όλα τα έτη, ανεξαρτήτως του δείκτη που χρησιμοποιήθηκε. Παρόλο που οι προτιμήσεις σε λείες δεν αλλάζουν, η σύνθεση τους μπορεί να διαφοροποιηθεί με βάση τη διαθεσιμότητα των οστεϊχθύων, άμεσα λόγω της συνεχούς αλιευτικής πίεσης ή έμμεσα από τις απότομες αλλαγές στο θαλάσσιο οικοσύστημα (King *et al.* 2015).

Τα πρότυπα που παρατηρήθηκαν σε ότι αφορά στις οντογενετικές μεταβολές της δίαιτας του μπακαλιάρου ήταν γενικά σε συμφωνία με όσα είναι γνωστά από τη βιβλιογραφία. Οι σημαντικότερες οντογενετικές μεταβολές των τροφικών προτιμήσεων αφορούσαν στις κλάσεις μήκους <100 mm και >500 mm. Στην κλάση <100 mm η δίαιτα του μπακαλιάρου βασιζόταν περισσότερο στα καρκινοειδή παρά στους οστεϊχθύες. Σε όλες τις ενδιάμεσες κλάσεις μεγέθους, οι οστεϊχθύες ήταν μακράν η σημαντικότερη κατηγορία λειών, ανεξαρτήτως του δείκτη που χρησιμοποιήθηκε. Στην κλάση > 500 mm τα κεφαλόποδα αποτέλεσαν τη δεύτερη σημαντικότερη κατηγορία λείας του είδους μετά τους οστεϊχθύες. Η μεγάλη σημασία των καρκινοειδών στη δίαιτα των νεαρών ατόμων μπακαλιάρου και η οντογενετική μετατόπιση προς μια δίαιτα βασισμένη κυρίως στους οστεϊχθύες μετά τα 100 mm έχουν καταδειχθεί και σε άλλες μελέτες (π.χ. Carpentieri *et al.* 2005; D'Iglio *et al.* 2022), και έχει θεωρηθεί πως έχουν ως αποτέλεσμα μειωμένο ενδοειδικό ανταγωνισμό (Papaconstantinou & Stergiou 1995). Τα κεφαλόποδα είχαν μεγαλύτερη σημασία στη δίαιτα των μεγαλύτερου μεγέθους ατόμων μπακαλιάρου, όπως έχει βρεθεί και σε άλλες Ελληνικές θάλασσες (π.χ. Papaconstantinou & Caragitsou 1987).

Στα στομαχικά περιεχόμενα του μπακαλιάρου στο Βόρειο και Κεντρικό Αιγαίο βρέθηκαν και πελαγικά είδη (κυρίως *Engraulis encrasicolus*, αλλά και άλλα πελαγικά taxa όπως *Sardina pilchardus*, *Sardinella aurita*, Myctophidae). Οι κατακόρυφες μετακινήσεις που πραγματοποιεί ο μπακαλιάρος στη στήλη του νερού του επιτρέπουν να θηρεύει εκτός από παραβενθικές, επίσης και πελαγικές λείες, δίνοντας του έτσι ιδιαίτερο ρόλο στα θαλάσσια τροφικά πλέγματα ως συνδέσμο μεταξύ της βενθικής και πελαγικής ενότητας (Agnetta *et al.* 2019).

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Agnetta D, Badalamenti F, Colloca F, D'Anna G, Di Lorenzo M, Fiorentino F, Garofalo G, Gristina M, Labanchi L, Patti B, Pipitone C, Solidoro C, Libralato S (2019) Benthic-pelagic coupling mediates interactions in Mediterranean mixed fisheries: An ecosystem modeling approach. PLOS ONE 14: e021065

Carpentieri P, Colloca F, Cardinale M, Belluscio A, Ardizzone G (2005) Feeding habits of European hake (*Merluccius merluccius*) in the central Mediterranean Sea. Fishery Bulletin 103: 411–416

Cortes E (1997) A critical review of methods of studying fish feeding based on analysis of stomach contents: application to elasmobranch fishes. Canadian Fisheries and Aquatic Sciences 54: 726–738

D'Iglio C, Famulari S, Albano M, Giordano M, Rinelli P, Capillo G, Spanò N, Savoca S (2022) Time-scale analysis of prey preferences and ontogenetic shift in the diet of European hake *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) in Southern and Central Tyrrhenian Sea. Fishes 7: 167

FAO (2020) The State of the Mediterranean and Black Sea Fisheries 2020. General Fisheries Commission for the Mediterranean, Rome

Hacunda S (1981) Trophic relationships among demersal fishes in a coastal area of the Gulf of Maine. Fishery Bulletin 79: 775−788

Hureau J-C (1970) Biologie comparee de quelques poissons antarctiques (Nototheniidae). Bulletin de l'Institut Oceanographique de Monaco 68: 1−244

Hyslop J (1980) Stomach content analysis: a review of methods and their application. Journal of Fish Biology 17: 411−429

Karachle (2008) Feeding ecology of the most important fish stock in the North Aegean Sea. PhD Thesis. Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki

Karachle P, Dogrammatzi A (2019) Preliminary results on the feeding habits of hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) in the Hellenic Seas. In: Karabacak E (ed) The book of abstracts and full texts of the ISBR 2019. 1st International Symposium on Biodiversity Research, Çanakkale, 2−4 May 2019. Çanakkale Onsekiz Mart University, Çanakkale, p. 659

King J, McFarlane G, Punt A (2015) Shifts in fisheries management: adapting to regime shifts. Philosophical Transactions of The Royal Society B Biological Sciences 370(1659): 20130277

Labropoulou M, Markakis G (1998) Morphological-dietary relationships within two assemblages of marine demersal fishes. Environmental Biology of Fishes 51: 309–319

Lloris D, Matallanas J, Oliver R (2005) Hakes of the world (family Merlucciidae): an annotated and illustrated catalogue of hake species known to date. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome

Murua H (2010) The Biology and Fisheries of European Hake, *Merluccius merluccius*, in the North-East Atlantic. In: M. Lesser (ed) Advances in Marine Biology 58. Elsevier, London, p. 97–154

Papaconstantinou C, Caragitsou E (1987) The food of hake (*Merluccius merluccius*) in Greek seas. Vie et Milieu 37: 21–29

Papaconstantinou C Caragitsou E (1992) Diet of juvenile hake (*M. merluccius*) on the nursery grounds. In: Armantrout NB (ed) Condition of the World's Aquatic Habitats. 1st World Fisheries Congress, Athens, 1992. Oxford & IBH, New Delhi, p. 341–350

Papaconstantinou C, Stergiou KI (1995) Biology and fisheries of eastern Mediterranean hake (*M. merluccius*). In: Alheit J, Pitcher TJ (eds) Hake: Biology, fisheries and markets. Springer Netherlands, Dordrech, p. 149–180

Pikitch EK, Santora C, Babcock EA, Bakun A, Bonfil R, Conover DO, Dayton P, Doukakis P, Fluharty D, Heneman B, Houde ED, Link J, Livingston PA, Mangel M, McAllister MK, Pope J, Sainsbury KJ (2004) Ecology. Ecosystem-Based Fishery Management. Science 305: 346−347

Pinkas L, Oliphant M, Iverson K (1971) Food habits of albacore, bluefin tuna and bonito in California waters. California State Department of Fish and Game Fish Bulletin 52: 1−150

Pitcher TJ, Alheit J (1995) What makes a hake? A review of the critical biological features that sustain global hake fisheries. In: Alheit J, Pitcher TJ (eds) Hake. Chapman & Hall, London, p. 1–14

RCG-Med & BS (2018). WKSTCON Report 2018. Workshop on sampling, processing, and analyzing the stomach contents (WKSTCON), Palma de Mallorca, 24 −27 April 2018. RCG-Med & BS, Palma de Mallorca.

Yannopoulos C (1976) The feeding niche of *Merluccius merluccius* L. and its influence on Length-Weight relationship. Rapports et procès-verbaux des réunions Commission internationale pour l'exploration scientifique de la Mer Méditerranée 25: 1−4.

# Προκαταρτική μελέτη της αναπαραγωγικής βιολογίας του λαγοκέφαλου *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin 1789)

**Μαρία Γιαννουλάκη[1], Κωνσταντίνος Μαρκάκης[1], Ευδοξία Σχισμένου[1], Γεώργιος Χρηστίδης[1] Παναγιώτα Περιστεράκη[1], Στυλιανός Σωμαράκης[1]**

[1] Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), Ηράκλειο, Ελλάδα, m.giannoulaki@hcmr.gr

## ABSTRACT

**Maria Giannoulaki, Konstantinos Markakis, Eudoxia Schismenou, Georgios Christidis, Panagiota Peristeraki, Stylianos Somarakis. Preliminary investigation on the reproductive biology of the silver-cheeked toadfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin 1789)**

In this study we used samples of female *Lagocephalus sceleratus* collected from southeast Crete in June 2019 and June 2020 to investigate basic aspects of its reproductive biology, namely, oocyte growth and maturation and pattern of oocyte development. For this purpose, we used ovarian histology and analysis of oocyte size frequency distributions. In advanced stages of vitellogenesis or final maturation, the most developed group of oocytes was clearly separated in size from the remainder, less developed oocytes. Ovaries with signs of recent spawning (presence of postovulatory follicles) had numerous smaller oocytes in initial stages of follicular atresia. These preliminary results suggest that individual females possibly spawn only once during the reproductive period.

**Keywords:** *Lagocephalus sceleratus*, reproduction, Crete, Eastern Mediterranean

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο λαγοκέφαλος (*Lagocephalus sceleratus*, Tetraodontidae, Gmelin 1789, silver-cheeked toadfish, λαγοκέφαλος) είναι ένα λεσσεψιανό, εισβολικό και τοξικό είδος (Ulman *et al.* 2021). Η πρώτη του καταγραφή στη Μεσόγειο έγινε το 2003 από τους Akyol *et al.* (2005) στην Τουρκία ενώ μέσα σε λίγα χρόνια οι πληθυσμοί του αυξήθηκαν σημαντικά στο Αιγαίο και στις ακτές της Λεβαντίνης (Katsanevakis *et al.* 2020). Η παρουσία του στη Μεσόγειο συνοδεύεται από σημαντικές οικολογικές και οικονομικές επιπτώσεις συμπεριλαμβανομένων και κινδύνων για την ανθρώπινη υγεία, λόγω της τετραδοτοξίνης (TTX) που περιέχεται στη σάρκα του (Katikou *et al.* 2009; Kosker *et al.* 2016; Christidis *et al.* 2021).

Η ικανότητα αναπαραγωγής των ξενικών ειδών είναι ένας από τους κύριους παράγοντες που καθορίζουν την ικανότητα δημιουργίας αυτοσυντηρούμενων πληθυσμών στις νέες περιοχές εξάπλωσης (Moyle & Cech 1982). Στη Μεσόγειο, η αναπαραγωγική περίοδος του λαγοκέφαλου εκτείνεται, σε επίπεδο πληθυσμού, από τα τέλη της άνοιξης έως τις αρχές φθινοπώρου (Aydin 2011; Kalogirou 2013; Sabrah *et al.* 2006; Farrag, 2014; Rousou *et al.* 2014; Peristeraki *et al.* 2010). Ωστόσο λίγα είναι γνωστά για την αναπαραγωγική δραστηριότητα των θηλυκών σε επίπεδο ατόμου. Στην παρούσα προκαταρκτική μελέτη, που αποτελεί μέρος μεταπτυχιακής διπλωματικής εργασίας, εφαρμόστηκαν ιστολογικές τεχνικές και ανάλυση κατανομών συχνοτήτων των διαμέτρων των ωοκυττάρων (oocyte size frequency distributions, OSFDs) με σκοπό την διερεύνηση του προτύπου ανάπτυξης των ωοκυττάρων και της αναπαραγωγικής στρατηγικής του είδους.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για το σκοπό αυτό μελετήθηκαν 36 ωοθήκες λαγοκέφαλου που συλλέχθηκαν με πετονιά (hand line) στην περιοχή του Αθερινόλακου (Νομός Λασιθίου, ανατολικά Ιεράπετρας), τον Ιούνιο του 2019 και του 2020. Για την καλύτερη συντήρηση τους, αμέσως μετά τη σύλληψή τους, τα ψάρια τοποθετήθηκαν σε θαλασσινό νερό με πάγο (chilled seawater).

Στο εργαστήριο, μετρήθηκαν το ολικό μήκος (TL, mm), το ολικό βάρος (TW, g), το εκσπλαγχνισμένο βάρος (EW, g) και το βάρος των ωοθηκών (GW, g) ενώ η συντήρηση των ωοθηκών έγινε σε διάλυμα φορμόλης 10%. Από το σύνολο των ατόμων επιλέχθηκαν 27 ωοθήκες για ιστολογική ανάλυση και 20 ωοθήκες για μετρήσεις των διαμέτρων των ωοκυττάρων.

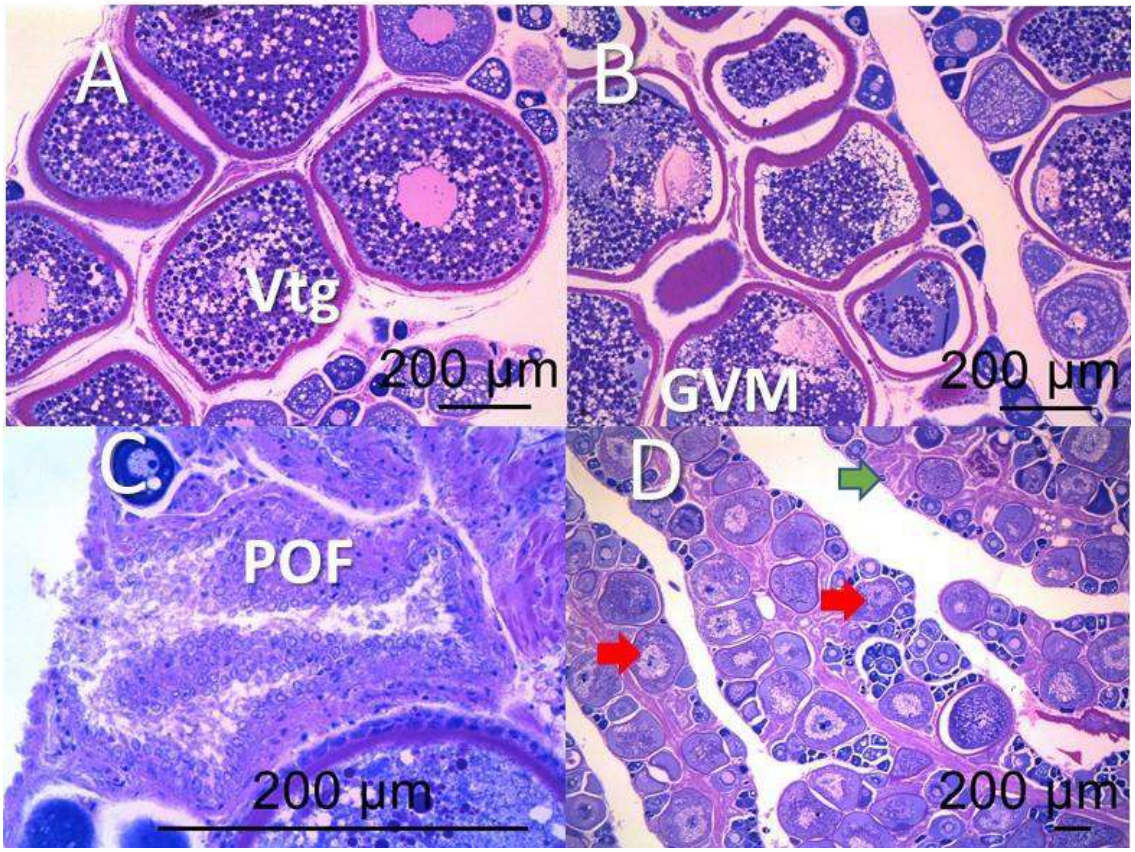
Για την ιστολογική ανάλυση πραγματοποιήθηκε έγκλιση των ωοθηκών σε ρητίνη (Historesin) και χρώση τομών πάχους 4μm με κυανό του μεθυλενίου και βασική φουξίνη. Οι ωοθήκες εξετάστηκαν μικροσκοπικά και ταξινομήθηκαν σύμφωνα με το αναπτυξιακό στάδιο της πιο προηγμένης ομάδας ωοκυττάρων και την παρουσία και βαθμό αποδιοργάνωσης των μεταωορρηξιακών (ή κενών) ωοθυλακίων (postovulatory follicles, POFs) (Schismenou *et al.* 2012). Η μέτρηση της διαμέτρου των

ωοκυτάρων, έγινε σε προζυγισμένα υποδείγματα των ωοθηκών, τα οποία φωτογραφήθηκαν (0.1207 pixels $\mu m^{-1}$) με κάμερα προσαρμοσμένη σε στερεοσκόπιο με διερχόμενο φωτισμό. Με το πρόγραμμα ImageJ (http://rsb.info.nih.gov/ij/) συνδυασμένο με το ObjectJ (http://simon.bio.uva.nl/objectj/) (Schismenou *et al.* 2012) μετρήθηκαν όλα τα ωοκύτταρα με διάμετρο μεγαλύτερη των 200 μm και κατασκευάστηκαν οι κατανομές συχνοτήτων των διαμέτρων των ωοκυττάρων (OSFDs).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

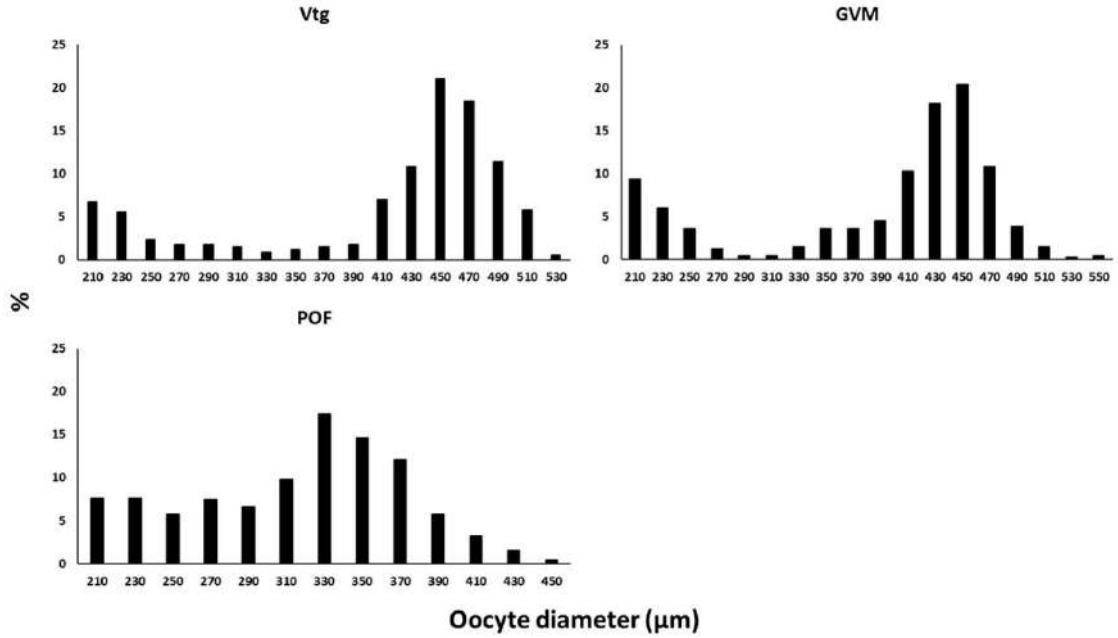
Μεταξύ των θηλυκών που εξετάστηκαν, υπήρχαν άτομα με αναπτυσσόμενες ωοθήκες, στη φάση της δευτερογενούς ανάπτυξης (λεκιθογένεση) (Εικόνα 1A) και άτομα με ενδείξεις πρόσφατης ωοτοκίας (παρουσία POFs) (Εικόνα 1C,D). Στα τελευταία, τα εναπομείναντα λεκιθικά ωοκύτταρα δεν ήταν υγιή και παρουσίαζαν χαρακτηριστικά αρχικών σταδίων ατρησίας (συρρίκνωση, αλλοιωμένος πυρήνας). Μόνο ένα θηλυκό βρέθηκε στο στάδιο της τελικής ωρίμανσης (Εικόνα 1B), γεγονός που υποδηλώνει ότι τα ώριμα θηλυκά πιθανόν να μην συλλαμβάνονται με πετονιά.

Η εξέταση των OSFDs (Εικόνα 2) έδειξε ότι στα άτομα που ιστολογικά διαπιστώθηκε ότι βρίσκονταν στο στάδιο της λεκιθογένεσης (Vtg) ή της τελικής ωρίμανσης (GVM) (βλέπε Εικόνα 1A,B), ξεχώριζε μια και μόνο ομάδα μεγαλύτερων ωοκυττάρων από τα μικρότερα, λιγότερο ανεπτυγμένα ωοκύτταρα. Όσον αφορά τις γονάδες με κενά ωοθυλάκια (POFs), δεν ξεχώριζε σαφώς προηγμένη ομάδα ωοκυττάρων (advanced batch) και τα ωοκύτταρα ήταν μικρότερα.




**Εικόνα 1. (A) Αναπτυσσόμενη ωοθήκη με λεκιθικά ωοκύτταρα (Vtg). (B) Τελική ωρίμανση με ωοκύτταρα στο στάδιο μετανάστευσης του πυρήνα (GVM). (C) και (D) Ωοθήκες ατόμων που έχουν ωοτοκήσει. Πράσινο βέλος: μετα-ωορρηξιακό ωοθυλάκιο POF. Κόκκινα βέλη: μη-υγιή λεκιθικά κύτταρα.**

**Figure 1. (A) Growing ovary with vitellogenic oocytes (Vtg). (B) Final maturation: oocytes in germinal vesicle migration (GVM). (C) and (D) Post-spawning ovaries. Green arrow: postovulatory follicle POF. Red arrows: non-healthy vitellogenic oocytes.**




**Εικόνα 2. Κατανομές συχνοτήτων των διαμέτρων των ωοκυττάρων. Vtg: ωοθήκη στο στάδιο της λεκιθογένεσης. GVM: ωοθήκη στο στάδιο της μετανάστευσης του πυρήνα. POF: ωοθήκη με μετα-ωορρηξιακά ωοθυλάκια.**
**Figure 2. Oocyte size frequency distributions. Vtg: vitellogenic ovary. GVM: ovary in migratory nucleus stage. POF: ovary with postovulatory follicles.**

Η παρούσα εργασία αποτελεί μία από τις πρώτες που μελετούν την ανάπτυξη των ωοκυττάρων του λαγοκέφαλου. Από την ιστολογική ανάλυση διαπιστώθηκε ότι δεν υπήρχαν άτομα με ωοθήκες στο στάδιο της της ενυδάτωσης (HYD). Ένας πιθανός λόγος μπορεί να είναι το αλιευτικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε, αφού τα περισσότερα άτομα πιάστηκαν με πετονιά και ενδέχεται τα θηλυκά να μην τρέφονται λίγο πριν την ωοτοκία. Άλλα είδη της οικογένειας Tetraodontidae κάνουν βενθικές φωλιές (Gladstone 1987; Sikkel 1988; Kawase *et al.* 2014) και είναι πιθανό τα είδη αυτά να μην τρέφονται κατά τη διάρκεια της ωοτοκίας.

Από τα μέχρι τώρα αποτελέσματά μας και κυρίως από την ανάλυση των OSFDs, το αρχικό συμπέρασμα είναι ότι ο λαγοκέφαλος έχει την εικόνα είδους που στρατολογεί τα ωοκύτταρα που προορίζονται για ωοτοκία πριν την έναρξη της αναπαραγωγικής περιόδου (Hunter *et al.* 1992; Murua *et al.* 2003). Οι OSFDs έδειξαν ότι, στα πιο προχωρημένα στάδια της λεκιθογένεσης (Vtg) και στην τελική ωρίμανσης (GVM), ξεχωρίζει σαφώς μία και μόνο ομάδα προηγμένων ωοκυττάρων από τα οποία θα προκύψουν τα αυγά που θα απελευθερωθούν. Επιπλέον, από τις ιστολογικές τομές διαπιστώσαμε ότι στις ωοθήκες που παρουσίαζαν σημάδια πρόσφατης ωοτοκίας (παρουσία POFs), είχαν απομείνει πολλά μικρά λεκιθικά ωοκύτταρα τα οποία, στο σύνολό τους, εμφάνιζαν σημάδια ατρησίας. Η παρουσία των ωοκυττάρων αυτών στα θηλυκά με POFs αποτελεί πρώτη ένδειξη ότι απόθεση αβγών (ωοτοκία), στο επίπεδο του ατόμου, πραγματοποιείται μόνο μία φορά κατά την αναπαραγωγική περίοδο.

Η παρούσα εργασία είναι μία προκαταρτική μελέτη με μικρό δείγμα θηλυκών, από το οποίο, με εξαίρεση ενός ατόμου, απουσιάζουν τα θηλυκά σε στάδια τελικής ωρίμανσης. Περαιτέρω δειγματοληψίες είναι απαραίτητες για την διαλεύκανση της αναπαραγωγικής στρατηγικής του είδους στη Μεσόγειο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aydin M (2011) Growth, reproduction and diet of pufferfish (*Lagocephalus sceleratus*, Gmelin, 1789) from Turkey's Mediterranean Sea Coast. Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 11: 569–576

Christidis G, Mandalakis M, Anastasiou TI, Tserpes G, Peristeraki P, Somarakis, S (2021) Keeping *Lagocephalus sceleratus* off the Table: Sources of Variation in the Quantity of TTX, TTX Analogues, and Risk of Tetrodotoxication. Toxins 13: 896

Farrag MMS (2014) Fisheries and Biological studies on Lessepsian pufferfish, *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) (Family: Tetraodontidae) in the Egyptian Mediterranean Waters. Ph.D Thesis Al-Azhar University, Assuit

Gladstone W (1987) The eggs and larvae of the sharpnose pufferfish *Canthigaster valentini* (Pisces: Tetraodontidae) are unpalatable to other reef fishes. Copeia 1: 227–230

Hunter JR, Macewicz BJ, Lo NCH, Kimbrell CA (1992) Fecundity, spawning, and maturity of female Dover sole, *Microstomus pacificus*, with an evaluation of assumptions and precision. Fishery Bulletin 90: 101-128

Kalogirou S (2013) Ecological characteristics of the invasive pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in Rhodes, Eastern Mediterranean Sea. A case study. Mediterranean Marine Science 142: 251–260

Katikou P, Georgantelis D, Sinouris N, Petsi A, and Fotaras T (2009) First report on toxicity assessment of the Lessepsian migrant pufferfish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) from European waters (Aegean Sea, Greece). Toxicon 54: 50–55

Katsanevakis S, Zenetos A, Corsini-Foka M, and Tsiamis K (2020) Biological Invasions in the Aegean Sea: temporal Trends, Pathways, and Impacts, In: Anagnostou CL, Kostianoy AG, Mariolakos ID, Panayotidis P, Soilemezidou M, Tsaltas G, (eds) The Aegean Sea Environment: The Natural System, Handbook of Environmental Chemistry, Springer Nature

Kawase H, Okata Y, Ito K, Ida A (2014) Spawning behavior and paternal egg care in a circular structure constructed by pufferfish, *Torquigener albomaculosus* (Pisces: Tetraodontidae). Bulletin of Marine Science 91: 33-43

Kosker A, Ozogul F, Durmus M, Ucar Y, Ayas D, Regenstein J (2016) Tetrodotoxin levels in pufferfish (*Lagocephalus sceleratus*) caught in the Northeastern Mediterranean Sea. Food Chemistry 210: 332–337

Moyle PB, Cech JJ Jr (1982) Fishes: An Introduction to Ichthyology In: Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey, pp. 593

Murua H, Saborido-Rey F (2003) Female reproductive strategies of marine fish species of the North Atlantic. Journal of Northwest Atlantic Fishery Science 33: 23–31.

Peristeraki P, Lazarakis G, Tserpes G (2010) First results on the maturity of the lessepsian migrant *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the eastern Mediterranean. Rapport de la Commission Internationale pour l'Exploration scientifique de la Mer Méditerranée 39: 629

Rousou M, Ganias K, Kletou D, Loucaides A, Tsinganis M (2014) Maturity of the pufferfish *Lagocephalus sceleratus* in the southeastern Mediterranean Sea. Sexuality and Early Development in Aquatic Organisms 1: 35–44

Schismenou E, Somarakis S, Thorsen A, Kjesbu OS (2012) Dynamics of *de novo* vitellogenesis in fish with indeterminate fecundity: an application of oocyte packing density theory to European anchovy, *Engraulis encrasicolus*. Marine Biology 159: 757–768

Sikkel PC (1990) Social organization and spawning in the Atlantic sharpnose puffer, *Canthigaster rostrata* (Tetraodontidae). Environmental Biology of Fishes 27: 243–254

Ulman A, Harris HE, Doumpas N, Deniz-Akbora H, Al Mabruk SAA, Azzurro E, Bariche M, Çiçek BA, Deidun A, Demirel N, Fogg AQ, Katsavenakis S, Kletou D, Kleitou P, Papadopoulou A, Ben Souissi J, Hall-Spencer JM, Tiralongo F, Yildiz T (2021) Low Pufferfish and Lionfish Predation in Their Native and Invaded Ranges Suggests Human Control Mechanisms May Be Necessary to Control Their Mediterranean Abundances. Frontiers in Marine Science 8: 670-413.

# Προφίλ φθορών από ρινοδέλφινα στο αλίευμα και το υλικό των απλαδιών δικτυών στον Θερμαϊκό Κόλπο

**Μαρία Γκαραγκούνη[1], Φοίβος Αλέξανδρος Μουχλιανίτης[1,2], Γεωργία Αυγερινού[1], Γεώργιος Μίνος[2], Κωνσταντίνος Γκάνιας[1]**

[1]Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – garagouni.m@gmail.com; gavgerinou@gmail.com; kganias@bio.auth.gr

[2] Τμήμα Νοσηλευτικής, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος – amouchl@bio.auth.gr; gminos@ihu.gr

## ABSTRACT

**Maria Garagouni, Foivos-Alexandros Mouchlianitis, Georgia Avgerinou, George Minos, Kostas Ganias: Bottlenose dolphin depredation damage profile in a gillnet fishery in the Thermaikos Gulf**

Bottlenose dolphins *Tursiops truncatus* depredating static coastal fishing nets appear to be selective in what prey they target depending on location and season, so it is important to understand any localised trophic preferences they display in order to appropriately modify fishing tactics and/or gear. We studied the damage caused by dolphin depredation to catch and gear in a gillnet fishery in the inner Thermaikos Gulf, and developed a preference index for the most frequently caught genera. Bottlenose dolphins target primarily benthic fishes such as *Mullus*, *Pagellus*, and *Diplodus*, as well as more pelagic fishes such as *Sphyraena* and *Trachurus*. Non-dolphin predators appear to favour the same species, albeit with differently ranked preferences. The vertical hole profile in the nets confirms these patterns, as in May and June, when there are large schools of *Sardinella* locally present, the proportion of holes in the upper part of the net is higher than in any other months, when the catch is primarily composed of benthic species.

**Keywords:** coastal fisheries, gillnets, bottlenose dolphins, depredation, catch damage, gear damage

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ρινοδέλφινα *Tursiops truncatus*, Montagu 1821 είναι οπορτουνιστικοί θηρευτές και συχνά τρέφονται αρπάζοντας αλιεύματα από δίχτυα. Στη Μεσόγειο συγκεκριμένα είναι έντονες οι αλληλεπιδράσεις τους με απλάδια και μανωμένα δίχτυα (Bearzi *et al.* 2002, Tixier *et al.* 2021, Jog *et al.* 2022). Η υφαρπαγή αλιευμάτων όχι μόνο μπορεί να μειώσει την συνολική ψαριά, αλλά και να φθείρει τα ψάρια που απομένουν στο δίχτυ και να προκαλέσει ζημιές στο ίδιο το εργαλείο. Έχουν δοκιμαστεί διάφορες μέθοδοι απώθησης των δελφινιών, π.χ. με ακουστική ή γευστική ενόχληση, με ελάχιστη επιτυχία. Υπάρχουσες μελέτες δείχνουν επιλεκτικότητα των ρινοδέλφινων κατά τη θήρευση (π.χ., Lauriano *et al.* 2004, Rocklin *et al*. 2009) ανάλογα με την περιοχή και την εποχή. Επομένως είναι σημαντικό να γνωρίζουμε τις τροφικές τους προτιμήσεις, ώστε να προσαρμοστούν ανάλογα οι τοπικές αλιευτικές μέθοδοι, τόσο οι τακτικές των αλιέων όσο και τα εργαλεία που χρησιμοποιούν. Η παρούσα εργασία σκοπεύει να διερευνήσει τις τροφικές προτιμήσεις των ρινοδέλφινων στον Θερμαϊκό Κόλπο, μελετώντας το προφίλ των φθορών στο αλίευμα και το υλικό των απλαδιών δικτυών με τα οποία αλληλεπιδρούν.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Πειραματικές αλιευτικές δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν κατά το 2020 και 2021, με επαγγελματικό αλιευτικό σκάφος (μήκος 8 m, 2.3 GT, 43 hp) από το λιμάνι της Νέας Μηχανιώνας στον εσωτερικό Θερμαϊκό Κόλπο. Χρησιμοποιήθηκαν απλάδια με διαγώνιο άνοιγμα ματιού 36 mm, συνολικό μήκος 900 m και ύψος 1,8 m. Τα δίχτυα τοποθετούνταν σε διάφορα σημεία εκτός του λιμανιού, σε βάθη 5–20 m, πριν την ανατολή του ηλίου, για περίπου 1,5 hr. Κατά τη διάρκεια της δειγματοληψίας, παρατηρητές επί του σκάφους ελέγχαν την περιοχή για δελφίνια ή άλλους μεγάλους θηρευτές.

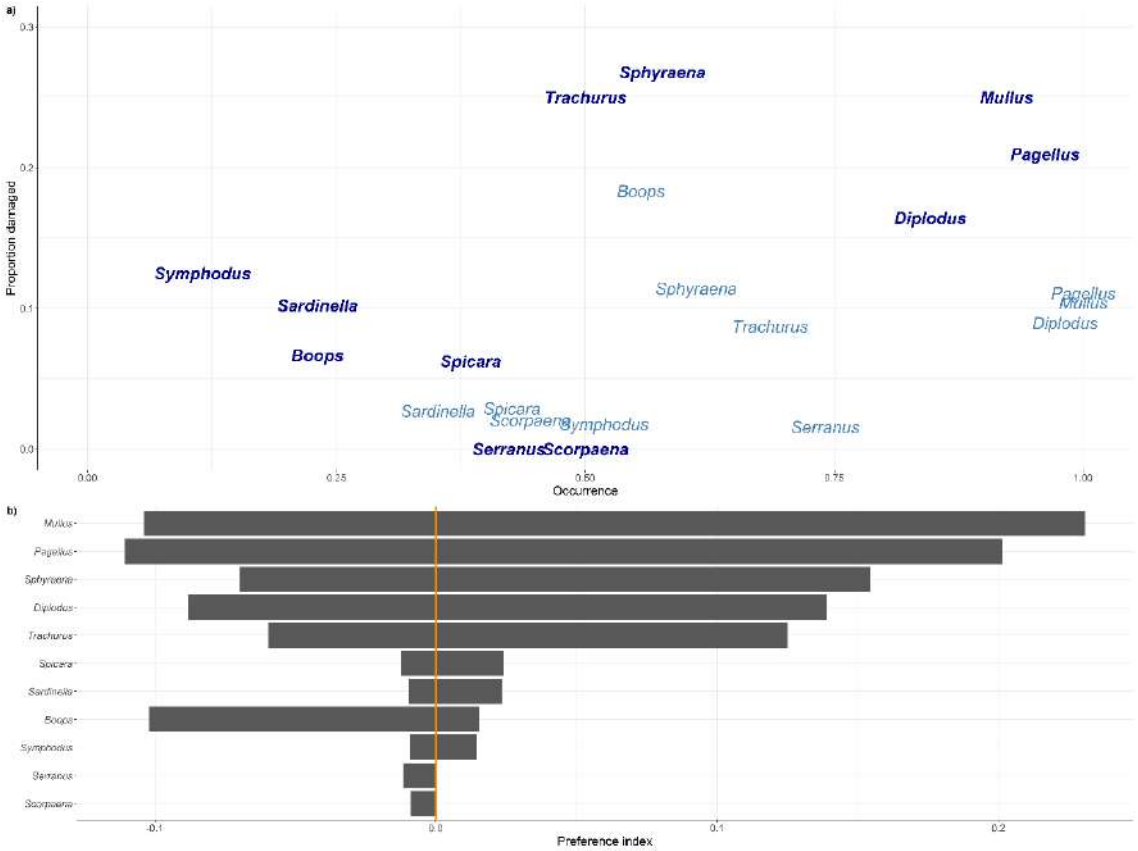
Το σύνολο του αλιεύματος μεταφερόταν νωπό στο Κέντρο Βιολογικών Εφαρμογών Αγγελοχωρίου του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Εκεί γινόταν αναγνώριση του είδους για κάθε ζωικό οργανισμό, ενώ μαζί με μορφομετρικές μετρήσεις καταγραφόταν και τυχόν φθορές από θηρευτές. Μετά την ανάσυρση των διχτυών, το καθένα ελεγχόταν για τυχόν ζημιές. Πριν επισκευαστεί η κάθε ζημιά, σημειωνόταν η κατακόρυφη θέση της στο δίχτυ (Άνω-Μέση-Κάτω/U-M-L) και το μέγεθός της.

Η τροφική προτίμηση των δελφινιών σε συγκεκριμένα αλιεύματα εξετάστηκε υπολογίζοντας τη συχνότητα εμφάνισης και το ποσοστό σωματικής φθοράς στα πιο κοινά γένη ψαριών, δηλαδή σε εκείνα

που αλιεύτηκαν τουλάχιστον στο 20% του συνόλου των δειγματοληψιών. Το γινόμενο των δύο συχνοτήτων χρησιμοποιήθηκε ως ένας τυποποιημένος δείκτης τροφικής προτίμησης για κάθε γένος. Παρομοίως, τα ίδια στοιχεία υπολογίστηκαν και για τις δειγματοληψίες στις οποίες δεν εμφανίστηκαν δελφίνια.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 80 δειγματοληψίες, μεταξύ Απριλίου και Νοεμβρίου των δύο ετών. Επιθέσεις από θαλάσσια θηλαστικά σημειώθηκαν σε 11/36 και 15/44 δειγματοληψίες αντιστοίχως, αποκλειστικά από ρινοδέλφινα. Η ανάλυση των φθορών στο αλίευμα επικεντρώθηκε σε γένη ψαριών και κεφαλοπόδων που αλιεύτηκαν πάνω από 15 φορές. Στην Εικόνα 1α διακρίνονται τα ποσοστά αλίευσης και φθοράς σε καλάδες με ή χωρίς επιθέσεις από δελφίνια. Τρία γένη ψαριών αλιεύτηκαν σχεδόν σε όλες τις δειγματοληψίες, συγκεκριμένα τα *Mullus*, *Pagellus*, και *Diplodus*. Τα δύο πρώτα γένη, μαζί με τα *Sphyraena* και *Trachurus*, είχαν και τα υψηλότερα ποσοστά φθοράς (>20%) σε δειγματοληψίες όπου καταγράφηκαν δελφίνια. Αντιθέτως, τα *Scorpaena* και *Serranus* δεν προσελκύουν καθόλου τα δελφίνια, αφού αλιεύτηκαν σε πάνω από 30% αυτών των δειγματοληψιών χωρίς να σημειωθεί φθορά σε κανένα άτομο.



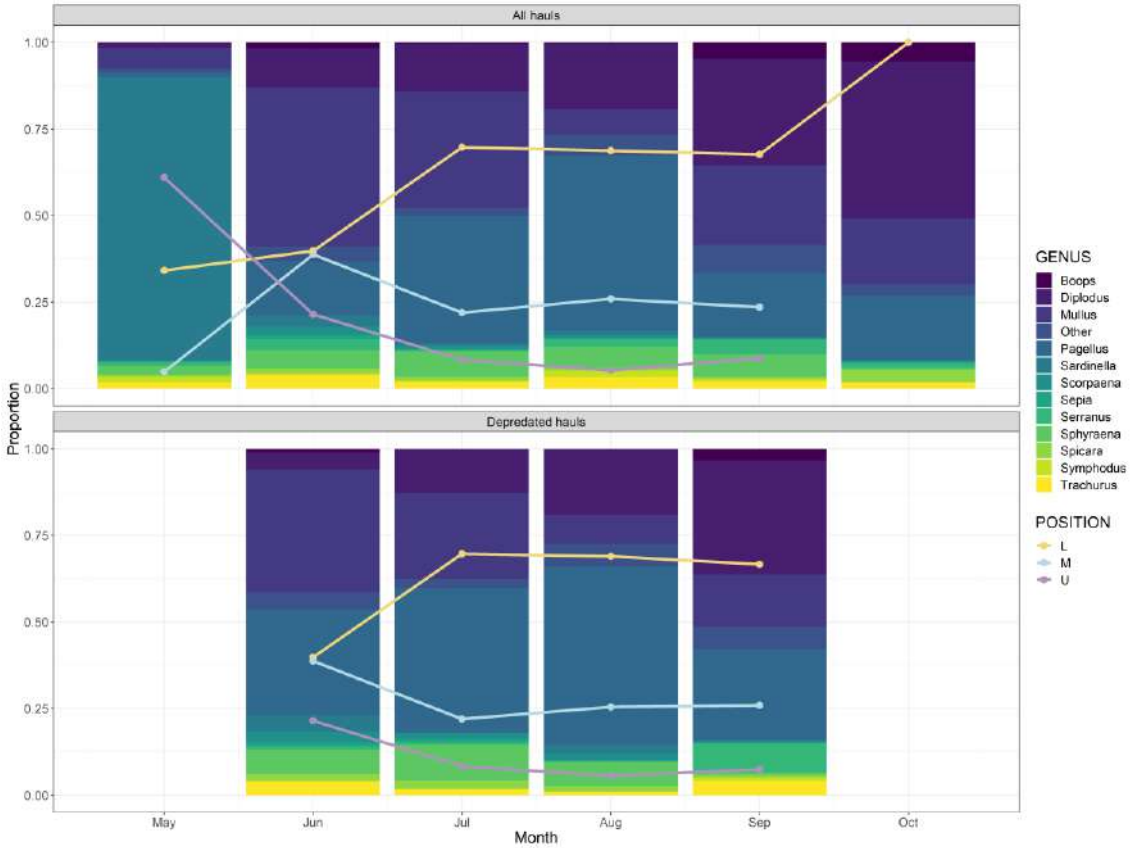

**Εικόνα 1. α) Συχνότητες αλίευσης και ποσοστά φθοράς από θηρευτές για τα κύρια γένη ψαριών σε δειγματοληψίες που δέχθηκαν (σκούρο μπλε) ή δεν δέχθηκαν (γαλάζιο) επιθέσεις από δελφίνια. β) Δείκτες προτίμησης των σημαντικότερων αλιευμάτων σε πειραματικές καλάδες. Θετικές τιμές αφορούν την προτίμηση από ρινοδέλφινα, αρνητικές αφορούν την προτίμηση από άλλους θηρευτές.**

**Figure 1. a) Occurrence and depredation damage rates of the most commonly caught fish genera in hauls that were (dark blue) or were not (light blue) depredated by dolphins. b) Preference indices of the most frequently caught fish genera in experimental hauls. Positive values correspond to preference by bottlenose dolphins, negative values correspond to preference by other predators.**

Στην Εικόνα 1β διακρίνονται οι διαφορετικές τροφικές προτιμήσεις μεταξύ θηρευτών. Τα πέντε γένη που προτιμώνται περισσότερο από τα δελφίνια έχουν υψηλό δείκτη προτίμησης και από άλλους θηρευτές, αλλά όχι κατά την ίδια σειρά. Αξιοσημείωτη είναι και η διαφαινόμενη προτίμηση άλλων θηρευτών στο *Boops*, γένος στο οποίο τα δελφίνια σπάνια φαίνεται να αφήνουν ίχνη. Παρομοίως όμως με το *Sardinella*,

η απουσία φθαρμένων ατόμων στο δίχτυ μπορεί να υποδηλώνει ότι τα δελφίνια είτε καταφέρνουν να τα αφαιρούν ολόκληρα με μεγαλύτερη ευκολία είτε τα κυνηγούν όταν κοπαδιάζουν παρά όταν αλιεύονται. Εξάλλου, τα μόνα υπολείμματα *Boops* που βρέθηκαν στα δίχτυα μας παρουσία δελφινιών ήταν κεφάλια, δηλαδή λείπει το μεγαλύτερο μέρος του ατόμου. Ρόλο σε αυτό μπορεί να παίζει η πλευρά του διχτυού από την οποία γίνεται η επίθεση, καθώς αν αυτή γίνει από την μεριά του κεφαλιού, τότε μπορεί εύκολα να αφαιρεθεί ολόκληρο το άτομο, ενώ από την αντίθετη μεριά τα βράγχια παρακωλύουν την αφαίρεση ολόκληρου του ψαριού.

Η σύνθεση του αλιεύματος σε κάθε δειγματοληψία φάνηκε ότι συνδέεται με την κατακόρυφη θέση των τρυπών στα δίχτυα. Στην Εικόνα 2 φαίνεται η μηνιαία σύνθεση του αλιεύματος, μαζί με τη συχνότητα των τρυπών σε κάθε κατακόρυφη θέση U-M-L. Όπως θα ήταν αναμενόμενο, τους μήνες όπου υπερτερούν τα παραβενθικά είδη ψαριών στα οποία έχουν προτίμηση τα δελφίνια της περιοχής, είναι αυξημένη και η συχνότητα τρυπών στο κάτω μέρος του διχτυού. Αντιθέτως, τους μήνες Μάιο και Ιούνιο όπου υπήρξαν και μεγάλα ποσοστά *Sardinella*, ήταν μεγαλύτερο το ποσοστό τρυπών στο άνω μέρος του διχτυού. Εκείνη εξάλλου είναι και η μεταβατική εποχή όπου αρχίζουν οι συστηματικές επιθέσεις από τα δελφίνια στα παράκτια εργαλεία. Εικάζεται ότι όταν υπάρχουν μεγάλα κοπάδια *Sardinella* στην περιοχή, αποτελούν εύκολη και ποιοτική πηγή τροφής για τα δελφίνια, με αποτέλεσμα αυτά να μην «αναγκάζονται» να στραφούν προς τα δίχτυα. Αξίζει να σημειωθεί επίσης ότι παρόλο που τα *Scorpaena* και *Serranus* είναι παραβενθικά είδη, δεν βρέθηκαν ποτέ φθαρμένα άτομα μετά από επίθεση δελφινιών, ακόμη και στους μήνες όπου οι χαμηλές τρύπες υπερτερούν κατά πολύ έναντι των άλλων.




**Εικόνα 2. Μηνιαία σύνθεση αλιεύματος και αριθμός τρυπών σε κάθε κατακόρυφη θέση του διχτυού σε όλες τις δειγματοληψίες του 2021 (a) και μόνο για τις δειγματοληψίες όπου καταγράφηκαν δελφίνια (b).**
**Figure 2. Monthly catch composition and proportion of holes in each vertical position on the net, for all hauls in 2021 (a) and only for hauls during which dolphins were sighted (b).**

Συνοψίζοντας, κατά τις επιθέσεις τους στα απλάδια δίχτυα, τα ρινοδέλφινα προτιμούν ψάρια κυρίως παραβενθικά ή πελαγικά υψηλής διατροφικής αξίας, αποφεύγοντας γένη με ιδιαίτερους χρωματισμούς ή/και υφή, όπως τα *Serranus* και *Scorpaena*. Ειδικά σε ό,τι αφορά το δεύτερο, ρόλο μπορεί να παίζουν και τα ισχυρά-δηλητηριώδη αγκάθια τους. Αυτές οι προτιμήσεις αντικατοπρίζονται και στο

προφίλ ζημιών στα δίχτυα. Οι υπόλοιποι θηρευτές που προκαλούν φθορές στο αλίευμα και στα δίχτυα έχουν παρόμοιες τροφικές προτιμήσεις και ανάλογο προφίλ ζημιών στα εργαλεία, ωστόσο συνολικά προκαλούν πολύ λιγότερες ζημιές σε σχέση με τα δελφίνια.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μελέτη διεξήχθη στα πλαίσια του προγράμματος «Χρήση εμποτισμένων διχτυών στην αποφυγή κητωδών στην παράκτια αλιεία» με MIS 5030544 που χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Αλιείας & Θάλασσας 2014 – 2020», «Καινοτομία στην αλιεία».

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bearzi G (2002) Interactions between cetaceans and fisheries in the Mediterranean Sea. In G. Notarbartolo di Sciara (Ed.), *Cetaceans of the Mediterranean and Black Seas: State of knowledge and conservation strategies* (Section 9). A report to the ACCOBAMS Secretariat, Monaco.

Jog K, Sutaria D, Diedrich A, Grech A, and Marsh H (2022). Marine Mammal Interactions With Fisheries: Review of Research and Management Trends Across Commercial and Small-Scale Fisheries. *Frontiers in Marine Science* 9:758013.

Lauriano G, Fortuna CM, Moltedo G, Notarbartolo di Sciara, G (2004). Interactions between common bottlenose dolphins (*Tursiops truncatus*) and the artisanal fishery in Asinara Island National Park (Sardinia): Assessment of catch damage and economic loss. *Journal of Cetacean Research and Management* 6(2): 165–173.

Tixier P, Lea MA, Hindell MA, Welsford D, Mazé C, Gourguet S, et al. (2021). When large marine predators feed on fisheries catches: Global patterns of the depredation conflict and directions for coexistence. *Fish and Fisheries* 22, 31–53.

# Βαθυμετρική και γεωγραφική κατανομή του Μοσχοχτάποδου *Eledone moschata* (Lamarck 1798) στο Βόρειο Αιγαίο

**Γιώργος Γκιταράκος, Κωνσταντίνος Τουλούμης, Μάνος Κουτράκης**
ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ - Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας – geogitar@inale.gr

## ABSTRACT

**Giorgos Gitarakos, Konstantinos Touloumis, Manos Koutrakis: Bathymetrical and geographical distribution of *Eledone moschata* in North Aegean Sea, Greece**

The Octopodidae family has been recorded in the Greek seas represented by 9 species belonging to 4 genera. Apart from *Octopus vulgaris*, most species of the family are not fished or landed for various reasons. This study, concerning the musky octopus *Eledone moschata,* is part of a bigger study that attempts to utilize data from the MEDITS survey in order to determine the distribution of the family's species in the North Aegean Sea. The species was recorded in the 10-50, 51-100, 101-200 and 201-500 m depth zones, having maximum biomass and abundance in the 10-50 m zone. It was observed throughout the sampling area, mainly between the 10 and 100 m isobaths. Abundance increases from West to the East, in the coastal areas and around the Eastern Aegean islands. Both area, depth and month of sampling were statistically significant variables concerning the distribution, contrary to shooting time.

**Keywords:** Octopodidae, spatial distribution, Eastern Mediterranean

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Octopodidae είναι μια από τις 13 οικογένειες της τάξης Octopoda και περιλαμβάνει τη συντριπτική πλειοψηφία των χταποδιών, με πάνω από 200 είδη παγκοσμίως. Έχουν οκτώ περιστοματικούς βραχίονες, κάθε ένας από τους οποίους έχει μία ή δύο σειρές μυζητήρων. Δεν έχουν πλευρικά πτερύγια στο μανδύα και ο ενδοσκελετός τους περιορίζεται σε ένα χόνδρινο υποτυπώδες εσωτερικό όστρακο. Τα Octopoda είναι η μόνη τάξη των Κεφαλοπόδων που δεν έχει προσαρμοστεί στην κολύμβηση αλλά στη βενθική ζωή (Αποστολοπούλου *et. al.* 1984). Συναντώνται σε όλους τους ωκεανούς και σε εύρος από λίγα μέτρα έως και πολύ μεγάλα βάθη (>3000 m). Στις Ελληνικές θάλασσες έχουν καταγραφεί 9 είδη που ανήκουν σε 4 γένη.

Κάποια από τα είδη της οικογένειας των Octopodidae έχουν σημαντικό ρόλο στην αλιεία παγκοσμίως αφού είναι δημοφιλής τροφή στα περισσότερα μέρη του κόσμου, αλλά τα περισσότερα είδη στον Ελλαδικό χώρο αλλά και γενικότερα στη Μεσόγειο δεν εκφορτώνονται μέσω της εμπορικής αλιείας για δύο βασικούς λόγους. Ένας είναι πως, εκτός του κοινού χταποδιού *Octopus vulgaris*, τα υπόλοιπα είδη έχουν μηδενική έως ελάχιστη εμπορική αξία. Δεν αποτελούν στόχο για την αλιεία και, ακόμα κι αν πιαστούν σαν παρεμπίπτον αλίευμα, απορρίπτονται. Ο δεύτερος λόγος είναι ότι στο μεγάλο βάθος στο οποίο ζουν κάποια από τα είδη δεν υπάρχουν αξιοποιήσιμα αλιευτικά πεδία. Η εμπορική μέση αλιεία περιορίζεται σε βάθη μέχρι το πολύ 400 μ., εκτός από ειδικές περιπτώσεις, οπότε τα Octopodidae που αφθονούν βαθύτερα είναι σχεδόν απίθανο να αλιευθούν. Τα ερευνητικά προγράμματα με πειραματικές δειγματοληψίες σε μεγάλα βάθη είναι ένας καλός τρόπος να εντοπιστούν είδη που δε θα βρίσκονταν διαφορετικά ή θα απορρίπτονταν χωρίς να μελετηθούν. Ένα από αυτά τα προγράμματα είναι και το MEDITS (Βιολογική δειγματοληψία με πειραματική αλιεία τράτας βυθού) που πραγματοποιείται στα πλαίσια του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων.

Η συγκεκριμένη εργασία παρουσιάζει τα αποτελέσματα που αφορούν το Μοσχοχτάποδο ή Μοσχιό *Eledone moschata,* Eledonidae, Lamarck 1798. Είναι ένα από τα δύο είδη του γένους Eledone που απαντώνται στη Μεσόγειο Θάλασσα. Ο Μοσχιός αφθονεί σε όλη τη Μεσόγειο (Norman *et al.* 2014), ενώ στον Ατλαντικό εμφανίζεται στις νότιες και δυτικές ακτές της Ιβηρικής (Lourenço *et al.* 2008). Καταλαμβάνει λασπώδη και αμμώδη υποστρώματα - και περιστασιακά βραχώδη κατά την αναπαραγωγική περίοδο (Mangold 1983) - σε ζώνες βάθους ως 450 m (Silva *et al.* 2004). Στη Μεσόγειο το μήκος μανδύα δεν ξεπερνάει τα 188 mm και το βάρος τα 1400 g (Akyol & Şen 2007). Η δίαιτά του βασίζεται κυρίως σε καρκινοειδή αλλά περιλαμβάνει επίσης οστεϊχθείς και σπανιότερα γαστερόποδα, δίθυρα και εχινοειδή (Şen & Akyol 2011). Το είδος αποτελεί τροφή για μεγάλη ποικιλία θηρευτών που περιλαμβάνει οστεϊχθείς, χονδριχθείς, φώκιες, χελώνες και κητώδη (π.χ. Pierce *et. al.* 2011, Saïdi *et. al.* 2009) Ο κύκλος ζωής διαρκεί ως και δύο έτη (Mangold 1983). Αλιεύεται κυρίως με τράτα βυθού και η εμπορική του αξία διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Στην Αδριατική για παράδειγμα αποτελεί

σημαντικό είδος (Belcari *et al.* 2002), ενώ στην Πορτογαλία (Moreno *et al.* 2010) και στην Τουρκία (Akyol *et al.* 2007) απορρίπτεται σχεδόν εξολοκλήρου.

Αυτή η μελέτη αποτελεί μέρος μιας μεγαλύτερης μελέτης που είχε σκοπό να ερμηνεύσει τα πειραματικά δεδομένα αλιείας και να περιγράψει την κατανομή σε βάθος των ειδών της οικογένειας Octopodidae στο Βόρειο Αιγαίο. Η απόκτηση περισσότερων γνώσεων για τα μη εμπορικά είδη σήμερα μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμη στο μέλλον, καθώς τα γνωστά εμπορικά αποθέματα ψαριών μειώνονται και η ανάγκη για τροφή είναι πιθανό να μας οδηγήσει να αλιεύουμε λιγότερο συμβατικά είδη. Επιπλέον, αυτά τα είδη συχνά διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις κοινότητες που βρίσκονται και κατά συνέπεια οι διαθέσιμες πληροφορίες για αυτά αποτελούν σημαντική εισροή για μοντέλα οικοσυστημάτων και για προγράμματα διαχείρισης αλιείας με βάση το οικοσύστημα.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η περιοχή που πραγματοποιήθηκαν οι δειγματοληψίες είναι το Βόρειο Αιγαίο, που είναι ένα από τα τρία τμήματα του Αιγαίου Πελάγους που εξαπλώνεται βορειότερα των 38ο 40’. Χαρακτηρίζεται από μια σειρά βαθέων τάφρων και λεκανών με κατεύθυνση από Βορειοανατολικά προς Νοτιοδυτικά, με βάθη που προσεγγίζουν τα 1500 m.

Όλα τα δεδομένα προέρχονται από δειγματοληψίες του προγράμματος MEDITS που πραγματοποιήθηκαν από το 1998 έως το 2016 με στόχο την παρακολούθηση των βενθικών και βενθοπελαγικών ιχθυοαποθεμάτων της Μεσογείου. Η δράση υλοποιείται στα πλαίσια του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων, όπως ορίζεται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Κανονισμοί ΕΕ 199/2008 και Απόφαση 2019/93/EU) και σύμφωνα με το εγχειρίδιο οδηγιών MEDITS (2017), υπό την εποπτεία της Γενικής Διεύθυνσης Αλιείας, του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Δυστυχώς η δράση δεν πραγματοποιήθηκε όλα τα έτη στη διάρκεια αυτής της περιόδου, οπότε τα δεδομένα προέρχονται μόνο από τα έτη που πραγματοποιήθηκε, δηλαδή 1998-2001, 2003-2006, 2008, 2013, 2014 και 2016, 12 έτη συνολικά. Οι προδιαγραφές των αλιευτικών εργαλείων (τράτες, πόρτες, σύρματα κλπ.) και η μεθοδολογία δειγματοληψίας είναι τυπικές και κοινές σε όλα τα παράκτια στη Μεσόγειο κράτη μέλη της ΕΕ που εκτελούν το πρόγραμμα, σύμφωνα με τις οδηγίες του εγχειριδίου MEDITS (2017).Η στατιστική ανάλυση είχε ως σκοπό τη διερεύνηση της συσχέτισης ανάμεσα στην αφθονία των υπό μελέτη ειδών με τον χώρο και τον χρόνο αλίευσής τους. Για τον σκοπό αυτό εφαρμόστηκαν Γενικευμένα Προσθετικά Μοντέλα (GAM, Generalized Additive Models), στα οποία εξαρτημένη μεταβλητή ήταν η αφθονία των υπό μελέτη ειδών (Nsp) και ανεξάρτητες το έτος σύλληψης (Year), το χώρο (γεωγραφικό μήκος και γεωγραφικό πλάτος, Lon-Lat), το βάθος (Depth), το μήνα (Month) και την ώρα (Hour) σύλληψης. Προκειμένου να επιλεγεί το βέλτιστο μοντέλο για την παραπάνω ανάλυση, κατασκευάστηκε και εφαρμόστηκε μια σειρά από διαφορετικά μοντέλα, εφαρμόζοντας διαφορετικούς συνδυασμούς ανεξάρτητων μεταβλητών. Η επιλογή του βέλτιστου μοντέλου έγινε με βάση το κριτήριο Akaike (AIC). Το μοντέλο είχε τη γενική μορφή:

Nsp ~ s(YEAR)+ s(Lon, Lat) +s(Depth) +s(Month) +s(Hour)+offset(log(Surf))

όπου Surf είναι ο συντελεστής σάρωσης σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας (σε $km^2$) και ο όρος offset (Surf) χρησιμοποιήθηκε για την στάθμιση της αφθονίας των ειδών (αριθμός ατόμων ανά σταθμό) με τον χρόνο σύρσης της τράτας σε κάθε σταθμό. Μια και σε πολλούς σταθμούς υπήρχαν μηδενικές συλλήψεις για τα περισσότερα είδη, θεωρήθηκε ότι τα δεδομένα της αφθονίας προέρχονται από αρνητική δυωνυμική κατανομή (Negative binomial). Για την εκτίμηση του βαθμού επιρροής κάθε ανεξάρτητης μεταβλητής στην εξαρτημένη (p-values, στατιστικά σημαντική σχέση όταν $p<0.05$), έγινε εκτίμηση της Μέγιστης Πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood estimation). Τέλος, κάθε μοντέλο που κατασκευάστηκε, χρησιμοποιήθηκε για την εκτίμηση της χωρικής κατανομής του είδους στο Βόρειο Αιγαίο. Όλες οι παραπάνω αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο προγραμματιστικό περιβάλλον R (R Core Team 2019) με τη χρήση του πακέτου mgcv.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αλιεύθηκαν συνολικά 1.633 άτομα *E. moschata* σε 209 δειγματοληψίες. Η συνολική βιομάζα ανήλθε σε 316,9 kg και το μέσο βάρος του κάθε ατόμου ήταν 194 g. Η μέση αφθονία εμφανίζει τη μέγιστη τιμή στη ρηχότερη ζώνη βάθους, μειώνεται κατακόρυφα ως τα 100 m (σχεδόν το 80% των

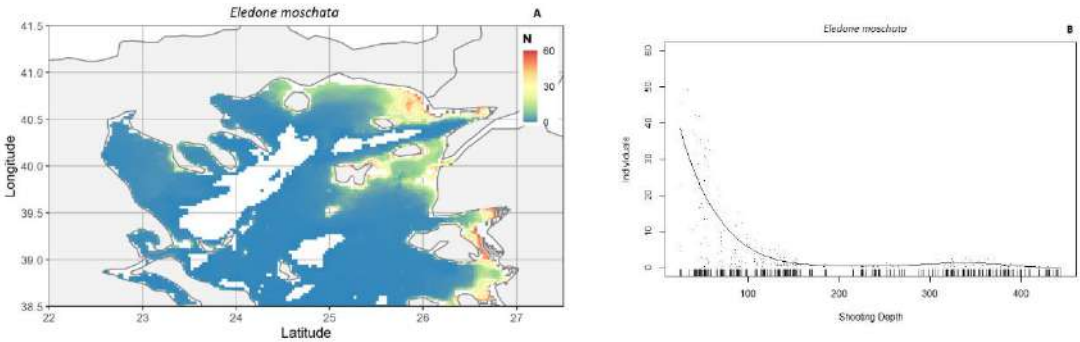
καταγεγραμμένων ατόμων αλιεύθηκε στις δύο πρώτες ζώνες) και μετά αρχίζει να έχει μια σταθερά περιστασιακή παρουσία ως και τη ζώνη 201-500 m (περίπου από 10% σε κάθε μία από τις ζώνες 101-200 και 201-500 m), ενώ απουσιάζει από τη βαθύτερη ζώνη των 501-800 m. Αντίστοιχη εικόνα παρουσίασε και η μέση βιομάζα (Πίνακας Ι).

**Πίνακας Ι.** Μέση βιομάζα (kg/haul), μέση αφθονία (N/haul) και % κατανομής του *E. moschata* ανά ζώνη βάθους στο Βόρειο Αιγαίο.
**Table I.** Mean biomass (kg/haul), mean abundance (N/haul) and % distribution per depth zone of *E. moschata* in the North Aegean.

| Ζώνη βάθους | 10-50 | 51-100 | 101-200 | 201-500 | 501-800 |
|---|---|---|---|---|---|
| kg/haul | 2,48 | 0,53 | 0,15 | 0,12 | 0,00 |
| N/haul | 11,15 | 3,28 | 0,96 | 0,56 | 0,00 |
| % distribution | 45,74 | 33,13 | 11,64 | 9,49 | 0,00 |

Αναφορικά με τη γεωγραφική εξάπλωση, παρατηρείται αυξημένη παρουσία από τη δύση προς την ανατολή, εντονότερη στις παράκτιες περιοχές και περιμετρικά των νήσων του Ανατολικού Αιγαίου (Εικόνα 1). Οι περιοχές αυτές χαρακτηρίζονται από σταθμούς δειγματοληψίας κυρίως στις ζώνες βάθους των 10-50 και 51-100 m. Και οι δύο παράγοντες (περιοχή και βάθος) είναι στατιστικά σημαντικοί ($p<0,001$) για την κατανομή της αφθονίας του είδους. Σημαντικός στατιστικά ($p<0,001$) φαίνεται να είναι και ο μήνας δειγματοληψίας. Η ώρα αλιείας ήταν η μόνη στατιστικά μη σημαντική μεταβλητή ($p>0,5$).

Το *E. moschata* σύμφωνα με τη βιβλιογραφία καταγράφεται σε βάθη έως 450 μ (Silva *et al.* 2004), γεγονός που συμφωνεί και με τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών της παρούσας μελέτης. Η αφθονία φαίνεται αυξημένη στις παράκτιες περιοχές του ΒΑ Αιγαίου και του Θρακικού Πελάγους. Αυτές οι περιοχές, που ανήκουν στις δύο ρηχότερες βαθυμετρικές ζώνες στις οποίες και ενδιαιτεί το είδος, είναι σημαντικά αλιευτικά πεδία, τόσο για την αλιείας με μηχανότρατα όσο και την αλιεία με παγίδες. Αν και το *E. moschata* δεν αποτελεί είδος στόχο για την αλιεία στην περιοχή, αυτά είναι τα δύο αλιευτικά εργαλεία με τα οποία αλιεύεται ως παρεμπίπτων αλίευμα.




**Εικόνα 1. Γεωγραφική (Α) και βαθυμετρική (Β) κατανομή του *E. moschata* στο Β. Αιγαίο (μέση αφθονία N/km²).**
**Figure 1. Geographical and bathymetrical distribution of *E. moschata* in the North Aegean (mean abundance N/km²).**

Εκτός από το βάθος και τη γεωγραφική περιοχή, στατιστικά σημαντικός παράγοντας στην κατανομή της αφθονίας του Μοσχιού είναι και ο μήνας δειγματοληψίας. Ο λόγος είναι ότι στις ρηχές ζώνες βάθους, όπου και αλιεύθηκε σχεδόν το 80% των ατόμων του είδους, η διαφορά θερμοκρασίας από μήνα σε μήνα είναι αισθητή. Τον Αύγουστο η μέση θερμοκρασία στα 50 m βάθος ήταν 18ο C, υψηλότερη δηλαδή από το μέγιστο των 17ο C που προτιμά το είδος (Kaschner *et. al.* 2016). Είναι πολύ πιθανό λοιπόν, το είδος να βρέθηκε σε μικρότερη αφθονία τον Αύγουστο, επειδή είχε μετακινηθεί σε βαθύτερα, πιο δροσερά νερά. Είναι χαρακτηριστικό ότι τις χρονιές που οι δειγματοληψίες ολοκληρώθηκαν πριν τον Αύγουστο το ποσοστό των ατόμων που αλιεύθηκαν στη ρηχότερη ζώνη βάθους των 10-50 m, ήταν 53,3%. Αντίθετα, τα έτη 2008, 2013 και 2016 που πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες και τον Αύγουστο, ο μέσος όρος των ατόμων που αλιεύθηκαν στη ζώνη βάθους 10-50 m ήταν μόλις 40,1%. Η ώρα αλιείας αντιθέτως, δεν ήταν στατιστικά σημαντική μεταβλητή, αφού όλες οι

δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν κατά τη διάρκεια της ημέρας ακολουθώντας τις οδηγίες του εγχειριδίου του προγράμματος.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**


Akyol O, Şen H (2007) A new maximum size for *Eledone moschata* (Cephalopoda: Octopodidae). JMBA2 - Biodiversity Records, Published online at www.mba.ac.uk

Akyol O, Şen H, Kinacigil HT (2007) Reproductive biology of *Eledone moschata* (Cephalopoda: Octopodidae) in the Aegean Sea (Izmir Bay, Turkey). Journal of the Marine Biological Association of the UK 87: 967–970

Belcari P, Tserpes G, Gonzáles M, Lefkaditou E, Marceta B, Piccinetti Manfrin G, Souplet A (2002) Distribution and abundance of *E. cirrhosa* (Lamarck, 1798) and *E. moschata* (Lamarck, 1798) (Cephalopoda: Octopoda) in the Mediterranean Sea. Scientia Marina 66(Suppl. 2): 143–155

Kaschner K, Kesner-Reyes K, Garilao C, Rius-Barile J, Rees T, Froese R (2016) AquaMaps: predicted range maps for aquatic species. World wide web electronic publication, www.aquamaps.org, Version 08/2016

Lourenço S, Moreno A, Pereira J (2008) Distribution and biological revision of *Eledone moschata* (Lamarck, 1978) in south and southwestern Portuguese waters. Third Congresso da Ordem dos Biólogos, Lisboa, 25–27 Fevereiro 2008

Mangold K (1983) *Eledone moschata*. In: Boyle PR (ed). Cephalopod Life Cycles. 1. Species Accounts. Academic Press, London, p. 387-400

MEDITS (2017) MEDITS Handbook. Version n. 9. MEDITS Working Group: 106 pp

Moreno A, Fernandes AC, Pereira J (2010) Portuguese fishery statistics (ICES Division IXa) - status and trends. WD4 In Report of the Working Group on Cephalopod Fisheries and Life History (WGCEPH). ICES Document CM 2010/SSGEF: 09. 95 pp

Norman MD, Finn JK, Hochberg FG (2014) Family Octopodidae. In: Jereb P, Roper CFE, Norman MD, Finn JK (eds). Cephalopods of the World. An annotated and illustrated catalogue of Cephalopod species known to date. 3. Octopods and Vampire Squids. FAO Species Catalogue for Fishery Purposes, 4/3. p. 36–215

Pierce GJ, Hernandez-Milian G, Santos MB, Dendrinos P, Psaradellis M, Tounta E, Androukaki E, (2011) Diet of the monk seal (*Monachus monachus*) in Greek waters. Aquatic Mammals 37: 284–297

R Core Team. 2019. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/

Saïdi B, Enajjar S, Bradaï MN, Bouaïn A (2009) Diet composition of smooth-hound shark, *Mustelus mustelus* (Linnaeus, 1758), in the Gulf of Gabès, southern Tunisia. Journal of Applied Ichthyology 25(S1): 113–118

Şen H, Akyol O (2011) A preliminary study on feeding preference of the musky octopus *Eledone moschata*, (Cephalopoda: Octopodidae) in Izmir Bay, Aegean Sea. Journal of Fisheries Sciences 5: 141–145

Silva L, Ramos F, Sobrino I (2004) Reproductive biology of *Eledone moschata* (Cephalopoda: Octopodidae) in the Gulf of Cádiz (south-western Spain, ICES Division IXa). Journal of the Marine Biological Association of the UK 84: 1221–1226

Αποστολοπούλου Μ, Θεσσαλού-Λεγάκη Μ, Κουσουλάκος Σ, Λεγάκης Α, Νικολαΐδου Α, (1984) Γενικές έννοιες Ζωολογίας - Ζωολογία Ασπονδύλων. Πανεπιστήμιο Αθηνών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Ζωολογίας, Αθήνα, σελ. 331.

# Αύξηση της γλώσσας (*Solea solea* Linnaeus, 1758) στο Θρακικό Πέλαγος: Μια καινοτόμα προσέγγιση για την εκτίμηση της πρώτης ηλιακής κλάσης

**Ιωάννης Δημητριάδης[1], Κωνσταντίνος Τουλούμης[1], Κωνσταντίνα Οφρυδοπούλου[1], Λάζαρος Τσιρίδης[1], Κωνσταντίνος Ευθυμιάδης[1], Εμμανουήλ Κουτράκης[1]**

[1]ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, Νέα Πέραμος, Καβάλα, 64007 - gdimitriadis@inale.gr

## ABSTRACT

**Ioannis Dimitriadis[1], Konstantinos Touloumis[1], Konstantina Ofridopoulou[1], Lazaros Tsiridis[1], Konstantinos Efthimiadis[1], Emmanouil Koutrakis[1]: Growth of common sole (*Solea solea* Linnaeus, 1758) in the Thracian Sea: An innovative approach to estimate the first age class**

The aim of this paper is to study the growth of the common sole (*Solea solea* Linnaeus 1758) in the Thracian Sea, through the comparatively use of two Back-Calculation (BC) methods. BC methods enable us to build growth trajectories and thus reconstruct missing lengths by filling the gaps in the sampled data. Monastyrsky's and Watanabe & Kuroki's BC methods were used to estimate theoretical fish length in the first age class. The $L_\infty$ of the raw data was 363.2 mm, while the Monastyrsky's was 331.5 mm and the Watanabe & Kuroki's 332.6 mm. The growth rate K was 0.248 for the raw data, 0.468 and 0.456 for the two BC methods respectively. The $t_0$ was significantly greater (>-1) in both BC methods compared to raw data (-2.463). BC methods proved to be a useful tool for accurate calculation of the von Bertalanffy's growth curve; thus, an optimization of the stocks' management approach.

**Keywords:** *Solea solea*, growth, back-calculation methods

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η *Solea solea* (Linnaeus 1758) (common sole, γλώσσα) αποτελεί ένα είδος με υψηλή εμπορική και διατροφική αξία και ευρεία χωρική εξάπλωση από τον Βόρειο Ατλαντικό μέχρι την Ανατολική Μεσόγειο (Froese & Pauly 2007). Η παρακολούθηση του ιχθυοαποθέματός της είναι κρίσιμη για την επίτευξη διαχειριστικών μέτρων με σκοπό τη βιώσιμη εκμετάλλευσή της.

Στο Θρακικό Πέλαγος δραστηριοποιείται μεγάλος αριθμός επαγγελματικών σκαφών, στα οποία περιλαμβάνονται τόσο μικρής κλίμακας παράκτια σκάφη με ποικίλα αλιευτικά εργαλεία (Παρδαλού & Τσίκληρας 2015) όσο και μεγαλύτερα σκάφη μέσης αλιείας, καθιστώντας την περιοχή ένα από τα πλέον εκμεταλλεύσιμα αλιευτικά πεδία της Ελλάδας.

Η ηλικία αποτελεί μια από τις κύριες παραμέτρους χαρακτηρισμού ενός πληθυσμού που χρησιμοποιείται στα μοντέλα εκτίμησης αποθεμάτων, ως εκ τούτου η σωστή εκτίμηση της συμβάλει στη σωστή διαχείριση των αποθεμάτων (Hilborn 2003). Έχει πραγματοποιηθεί πλήθος μελετών που περιλαμβάνουν την αύξηση της γλώσσας (Turkmen 2003, Mehanna *et al.* 2015, Cerim & Ates 2020) και την εκτίμηση της κατάστασης των αποθεμάτων της (Kahraman *et al.*2021) τόσο στο Αιγαίο Πέλαγος όσο και στην Μεσόγειο γενικότερα, με την πλειονότητα των μελετών αυτών να χρησιμοποιεί για την εκτίμηση της ηλικίας του εκάστοτε πληθυσμού το μοντέλο αύξησης von Bertalanffy. Το παραπάνω μοντέλο όμως απαιτεί ένα επαρκές μέγεθος δείγματος, ιδανικά, κατανεμημένο σε όλο το εύρος της καμπύλης αύξησης.

Ωστόσο, σε ορισμένες περιπτώσεις το μέγεθος του δείγματος είτε είναι μικρό είτε εντοπίζεται σε ένα περιορισμένο εύρος μηκών λόγω της σπανιότητας των συναθροίσεων ή της αδυναμίας των αλιευτικών εργαλείων να συλλέξουν συγκεκριμένα στάδια ζωής του ψαριού (Vigliola & Meekan 2014). Αυτοί οι περιορισμοί μπορούν να επιλυθούν ή να υπερκεραστούν με τον Ανάδρομο Υπολογισμό Μηκών (ΑΥΜ), μέθοδος η οποία παρέχει τη δυνατότητα ανακατασκευής της καμπύλης αύξησης, οδηγώντας σε φαινόμενη αύξηση του δείγματος και διασπορά των μηκών. Αντίστοιχες μεθοδολογίες έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως τόσο για την γλώσσα (Hossucu *et al.* 2013) όσο και για άλλα είδη (Morat *et al.* 2020).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της αύξησης της γλώσσας στο Θρακικό Πέλαγος μέσω της συγκριτικής χρήσης δύο μεθόδων ΑΥΜ, εφαρμοσμένες για πρώτη φορά στην Ελλάδα για το συγκεκριμένο είδος και η διερεύνηση της ικανότητας αυτών των μεθόδων να βελτιστοποιήσουν τις παραμέτρους του μοντέλου αύξησης της γλώσσας.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δείγματα συλλέχθηκαν από το 2019 έως και το 2021 από σκάφη με διαφορετικά αλιευτικά εργαλεία που δραστηριοποιούνται στο Θρακικό Πέλαγος, στο πλαίσιο του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων (Ε.Π.Σ.ΑΔ.).

Τα άτομα μετρήθηκαν νωπά. Οι βιολογικές παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν το ολικό μήκος (TL, mm) και το ολικό βάρος (TW, gr) με ακρίβεια δύο δεκαδικών (FAO 1974). Από κάθε άτομο συλλέχθηκαν οι δύο ωτόλιθοι (sagittae) οι οποίοι καθαρίστηκαν και αποθηκεύτηκαν στεγνοί σε κωνικά φιαλίδια φυγοκέντρησης.

Στη συνέχεια, οι ωτόλιθοι τοποθετήθηκαν σε διάλυμα απιονισμένου νερού και καθαρής αλκοόλης. Η φωτογράφιση τους έγινε με χρήση φωτογραφικής μηχανής NIKON DS-Fi1, προσαρμοσμένης σε στερεοσκόπιο Nikon SMZ-1500 και προσπίπτοντα φωτισμό σε μαύρο φόντο. Οι μετρήσεις έγιναν μόνο σε ωτόλιθους που ήταν ακέραιοι, χρησιμοποιώντας την πλατφόρμα λογισμικού επεξεργασίας εικόνας ImageJ (Rasband 1997-2018). Για τη διασφάλιση της ποιότητας, η ηλικία εκτιμήθηκε από δύο ανεξάρτητους αναγνώστες. Οι μετρήσεις της ολικής ακτίνας του ωτόλιθου ($R_{tot}$) και των ετήσιων ακτινών ηλικίας ($R_i$) πραγματοποιήθηκαν πάνω στον άξονα κέντρου-περιφέρειας με τη μεγαλύτερη απόσταση. Η ετήσια αύξηση καθορίστηκε στο τέλος κάθε αδιαφανούς λευκής ζώνης που ακολουθεί μια ημιδιαφανή μαύρη ζώνη. Ως θεωρητική ημερομηνία γέννησης ορίστηκε η 1η Ιανουαρίου (Carbonara & Follesa 2019).

Η μελέτη της αύξησης έγινε με βάση (a) το μοντέλο von Bertalanffy ενώ οι δύο μέθοδοι ΑΥΜ που χρησιμοποιήθηκαν ήταν (b) του Monastyrsky (Vigliola & Meekan 2009) και (c) των Watanabe & Kuroki (Vigliola & Meekan 2009), όπως δίνονται από τις εξισώσεις:

a. Von Bertalanffy $$L_t = L_\infty(1 - e^{-K(t-t_0)})$$

b. Monastyrsky $$L_t = \left(\frac{R_i}{R_{cpt}}\right)^c \times L_{cpt}$$

c. Watanabe & Kuroki $$L_t = exp\left(ln(L_{0p}) + \frac{[\ln(L_{cpt}) - \ln(L_{0p})]\times[\ln(R_i) - \ln(R_0)]}{[\ln(R_{cpt}) - \ln(R_0)]}\right)$$

Όπου, $L_t$ το ανασκευασμένο μήκος σε χρόνο t, $L_\infty$ το ασυμπτωματικό μέγιστο μήκος, K ο ρυθμός αύξησης ($year^{-1}$), $t_0$ ο θεωρητικός χρόνος (year) που το μήκος είναι 0, $L_{cpt}$ το ολικό μήκος του ψαριού κατά τη σύλληψη, $R_{cpt}$ η ολική ακτίνα ωτολίθου κατά τη σύλληψη και $R_i$ το μήκος της ακτίνας ανά ηλικιακή κλάση, στην παρούσα εργασία πάντα η ακτίνα του πρώτου έτους. Η σταθερή παράμετρος «*c*» για την εξίσωση Monastyrsky υπολογίστηκε με γραμμική παλινδρόμηση μεταξύ του ολικού μήκους ψαριού και της ολικής ακτίνας του ωτόλιθου του δείγματος. Τέλος, η Watanabe & Kuroki συνυπολογίζει και τα πρώιμα στάδια ζωής του ατόμου, γι' αυτό και χρησιμοποιήθηκαν οι σταθερές $L_{0p}$ = 4 mm και $R_0$ = 0,015 mm για το ολικό μήκος ψαριού και την ολική ακτίνα ωτόλιθου αντίστοιχα, κατά το στάδιο ζωής του ατόμου ως ιχθυονύμφη (Lagardere & Troadec 1997).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ηλικία προσδιορίστηκε σε 584 άτομα. Οι ηλικιακές κλάσεις με την μεγαλύτερη αφθονία στο δείγμα ήταν οι $3^+$, $2^+$ και $4^+$ με αντίστοιχη σειρά κατάταξης. Η μεγαλύτερη ηλικιακή κλάση που προσδιορίστηκε ήταν η $15^+$ (Πίνακας Ι).

Μετά την εφαρμογή των δύο μεθόδων ΑΥΜ (Monastyrsky και Watanabe & Kuroki) για κάθε άτομο δημιουργήθηκε το θεωρητικό μήκος του για την ηλικιακή κλάση $1^+$, με αποτέλεσμα τα συνολικά μήκη να ανέλθουν σε 1168 και αυτά του πρώτου έτους σε 629, καθιστώντας την ηλικιακή κλάση $1^+$ την πλέον άφθονη. Το ελάχιστο θεωρητικό μήκος μειώθηκε σε 112,6 mm και 116,3 mm για τις δύο μεθόδους αντίστοιχα, σε αντίθεση με τα πρωτογενή δεδομένα όπου απουσίαζαν άτομα αυτών των μηκών ($L_{min}$ = 152 mm), ενώ μειωμένο εμφανίζεται και το μέσο μήκος της ηλικιακής κλάσης $1^+$ (179,8 mm και 181,3 mm αντίστοιχα).

**Πίνακας Ι: Ηλικιακή κλάση, αριθμός ατόμων, ελάχιστο ($L_{min}$), μέγιστο ($L_{max}$) και μέσο ($L_{av}$) μήκος κάθε ηλικιακής κλάσης (mm), Raw τα πρωτογενή δεδομένα, Mon και W&K οι δύο μέθοδοι ΑΥΜ (Monastyrsky και Watanabe & Kuroki).**
**Table I: Age class, number of species, minimum ($L_{min}$), maximum ($L_{max}$) and average ($L_{av}$) length of each class (mm), Raw the raw data, Mon and W&K the two BC methods (Monastyrsky και Watanabe & Kuroki).**

| *Ηλικία* | *n* | $L_{min}$ - $L_{max}$ | $L_{av}$ | *Ηλικία* | *n* | $L_{min}$ -$L_{max}$ | $L_{av}$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **1+(Raw)** | 45 | 152-240 | 200,8 | **7+** | 11 | 312-369 | 335,3 |
| **1+(Mon)** | 629 | 112.6-240 | 179,8 | **8+** | 11 | 319-370 | 343 |
| **1+(W&K)** | 629 | 116.3-240 | 181,3 | **9+** | 4 | 337-360 | 352 |
| **2+** | 139 | 199-297 | 246,9 | **10+** | 4 | 317-371 | 346,3 |
| **3+** | 203 | 233-312 | 271,5 | **11+** | 1 | 345 | 345 |
| **4+** | 81 | 252-326 | 284,5 | **13+** | 1 | 375 | 375 |
| **5+** | 55 | 271-333 | 302,8 | **15+** | 1 | 404 | 404 |
| **6+** | 28 | 284-369 | 310,6 | | | | |

Η γραμμική παλινδρόμηση του ολικού μήκους σώματος με την ολική ακτίνα του ωτόλιθου εμφάνισε ικανοποιητική θετική συσχέτιση ($R^2$=0,67) και υπολογίστηκε η σταθερά c=0,8443 για την εξίσωση Monastyrsky.

Το ασυμπτωτικό μήκος $L_\infty$ υπολογίστηκε στα 363,2 mm για τα πρωτογενή δεδομένα, 331,5 mm για την εξίσωση Monastyrsky και 332,6 mm για την εξίσωση Watanabe & Kuroki. Ο ρυθμός αύξησης K υπολογίστηκε σε 0,248 για τα πρωτογενή δεδομένα, ενώ η τιμή για τις ΑΥΜ ήταν 0,468 για την εξίσωση Monastyrsky και 0,456 για την εξίσωση Watanabe & Kuroki. Ο χρόνος που το θεωρητικό μήκος ήταν 0 ($t_0$) υπολογίστηκε σε -2,463 για τα πρωτογενή δεδομένα, -0,682 για την εξίσωση Monastyrsky και -0,742 για την εξίσωση Watanabe & Kuroki (Πίνακας ΙΙ).

**Πίνακας ΙΙ: Παράμετροι αύξησης $L_\infty$ (mm), K ($yr^{-1}$) και $t_0$ (yr) του μοντέλου von Bertalanffy και τα διαστήματα εμπιστοσύνης τους για τα πρωτογενή δεδομένα και τις δυο μεθόδους ΑΥΜ (Monastyrsky και Watanabe & Kuroki).**
**Table II: Growth parameters $L_\infty$ (mm), K ($yr^{-1}$) and $t_0$ (yr) of the von Bertalanffy model and their confidence level for the raw data and the two BC methods (Monastyrsky και Watanabe & Kuroki).**

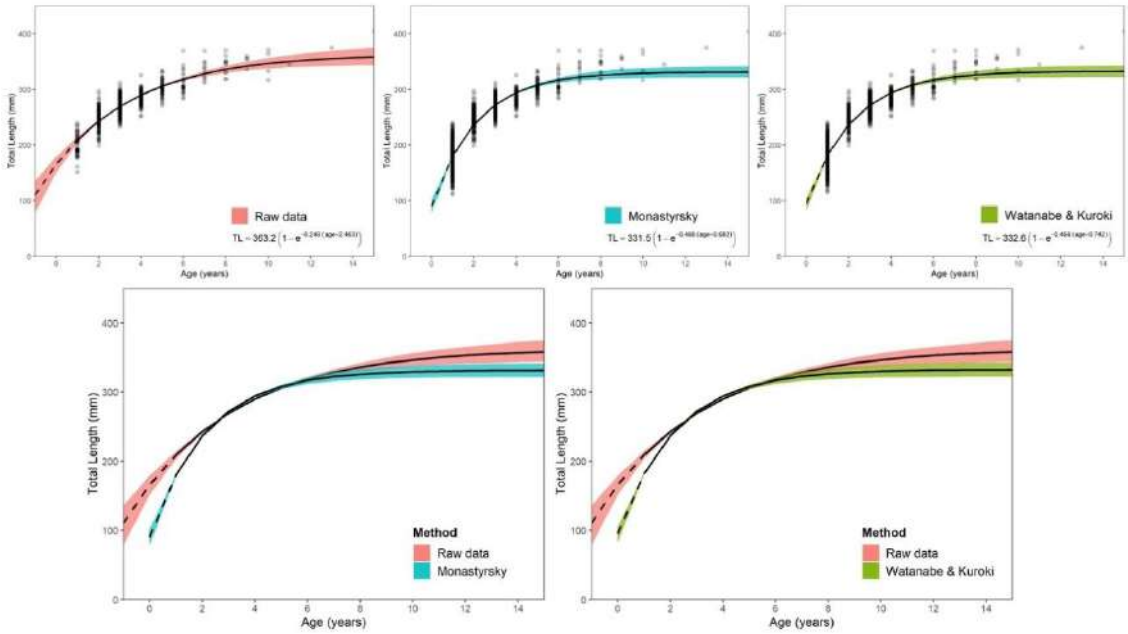
| | *n* | $L_\infty$ (mm) | *K* ($yr^{-1}$) | $t_0$ (yr) |
|---|---|---|---|---|
| **Raw** | 584 | 363,2 (350,0-379,9) | 0,248 (0,205-0,295) | -2,463 (-3,032 έως -1,995) |
| **Monastyrsky** | 1168 | 331,5 (324,1-339,7) | 0,468 (0,419-0,522) | -0,682 (-0,827 έως -0,547) |
| **Watanabe & Kuroki** | 1168 | 332,6 (325,1-340,9) | 0,456 (0,408-0,509) | -0,742 (-0,891 έως -0,603) |

Από τη σύγκριση της καμπύλης αύξησης των πρωτογενών δεδομένων με αυτές των ΑΥΜ φαίνεται η καμπύλη αύξησης των ΑΥΜ να εμφανίζει μεγαλύτερη κυρτότητα και στενότερα διαστήματα εμπιστοσύνης σε σχέση με αυτή των πρωτογενών δεδομένων και στις δύο περιπτώσεις.

Παρά τη διαφορετική προσέγγιση των δύο ΑΥΜ τα αποτελέσματα τους ήταν πιο ακριβή, καθώς φαίνεται να συγκλίνουν τόσο στην παράμετρο $t_0$ όσο και στην K, εμφανίζοντας απόκλιση από τις αντίστοιχες των πρωτογενών δεδομένων, με την παράμετρο $t_0$ να επανακαθορίζεται μεγαλύτερη του -1.

Οι προϋποθέσεις για την σωστή εφαρμογή των μεθόδων ΑΥΜ είναι (α) να υπάρχει συσχέτιση της ανάπτυξης του ωτόλιθου με την σωματική ανάπτυξη του ψαριού, (β) ο ρυθμός εναπόθεσης αυξήσεων (δακτύλιοι) να μην ποικίλλει και (γ) να μπορούν οι εναποθέσεις (δακτύλιοι) να προσδιορίζονται με ακρίβεια (Vigliola & Meekan 2014).

Η παρούσα μελέτη πληροί τις παραπάνω προϋποθέσεις καθώς (α) η παράμετρος «c» που υπολογίστηκε επιβεβαιώνει τη συσχέτιση ολικού μήκους και μεγέθους ωτολίθου, (β) κατά τη φάση της ανάγνωσης των ηλικιών παρατηρείται ότι υπάρχει ένα διαυγές μοτίβο εναπόθεσης και (γ) πριν την ηλικία των 24 μηνών οι αποθέσεις είναι χαρακτηριστικές και επαναλαμβανόμενες (Carbonara & Follesa 2019).




**Εικ. 1: Οι καμπύλες αύξησης von Bertalanffy των πρωτογενών δεδομένων και των δύο μεθόδων ΑΥΜ και οι συγκρίσεις τους ανά ζεύγη.**
**Fig. 1: The von Bertalanffy growth curves of the raw data and the two BC methods and their comparisons in pairs.**

Ο επαναϋπολογισμός των παραμέτρων αύξησης του μοντέλου von Bertalanffy για τη γλώσσα με τη χρήση μεθόδων ΑΥΜ και την ανακατασκευή των μηκών για τις ηλικιακές κλάσεις που απουσιάζουν συμβάλει άμεσα στον ακριβή υπολογισμό της καμπύλης αύξησης και έμμεσα στην βελτιστοποίηση των μεθόδων μελέτης και διαχείριση των ιχθυαποθεμάτων της.

Η διαφορετική προετοιμασία των ωτολίθων (π.χ. εγκάρσιες τομές ή/και χρώση) για την συμπερίληψη και μεγαλύτερων ηλικιακών κλάσεων (Easey & Millner 2008) καθώς και η χρήση διαφορετικών μεθόδων ΑΥΜ μπορούν να αποτελέσουν χρήσιμα εργαλεία στην περαιτέρω διερεύνηση της βέλτιστης χρήσης αυτών των μεθόδων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Carbonara P, Follesa MC (2019) Handbook on age fish determination: a Mediterranean experience. Studies and Reviews 98: 70-75.

Cerim H, Ates C (2020) Age, growth and length-weight relations of common sole (*Solea solea* Linnaeus,1758) from Southern Aegean Sea. Aquatic Sciences and Engineering 35(2): 36-42.

Easey MW, Millner RS (2008) Improved methods for the preparation and staining of thin sections of fish otoliths for age determination. Science Series Technical Report. Cefas Lowestoft 143: 12pp.

FAO (1974) Manual of fisheries science Part 2 - Methods of Resource Investigation and their Application. Rome. Available online.

Froese R, Pauly D (2007). Editors. FishBase update version (02/2022). World Wide Web electronic

Hilborn R (2003) The state of the art in stock assessment: where we are and where we are going. Scientia Marina 67(1): 15-20.

Hossucu B, Kaya M, Taskavak E (2014) An investigation of growth parameters and otolith-total length relationship of *Solea solea* (Linneaus, 1758) (Pisces: Soleidae) in Izmir Bay. Israel Journal of Zoology45 (2): 277-287.

Kahraman AE, Yildiz T, Uzer U, Canak O (2021) Growth pattern, mortality and reproductive biology of common sole, *Solea solea* (Linneaus, 1758), in the Sea of Marmara, Turkey. Oceanological and Hydrobiological Studies 50(4): 399-410.

Lagardere F, Troadec H (1997) Age estimation in common sole *Solea solea* larvae: validation of daily increments and evaluation of a pattern recognition technique. Marine Ecology Progress Series 155: 223-237.

Mehanna SF, El-Regal MA, Aid NM (2015) Age and growth of the common sole *Solea solea* from Egyptian Mediterranean coast off Alexandria. Egyptian Journal of Aquatic Biology and Fisheries 19: 10.12816/0016968.

Morat F, Wicquart J, Schiettekatte NMD,Sinéty G, Bienvenu J, Casey JM, Brandl SJ, Vii J, Carlot J, Degregori G, Mercière A, Fey P,Galzin R, Letourneur Y, Sasal P,ParraviciniV (2020) Individual back-calculated size-at-age based on otoliths from Pacific coral reef fish species. Nature 7: 370.

Rasband, WS (1997-2018) ImageJ, U. S. National Institutes of Health, Bethesda, Maryland, USA, https://imagej.nih.gov/ij/.

Παρδαλού Α, Τσίκληρας Α (2015) Αλιευτικά εργαλεία και αλιευόμενα είδη της μικρής παράκτιας αλιείας στο βόρειο Αιγαίο. 11ο Πανελλήνιο Συμπόσιο Ωκεανογραφίας & Αλιείας, Μυτιλήνη, Λέσβος, Ελλάδα: 185-188.

Turkmen M (2003) Investigation of some population parameters of common sole, *Solea solea* (Linneaus, 1758) from Üskenderun Bay. Turkish Journal of Veterinary & Animal Sciences 27: 317-323.

Vigliola L, Meekan MG (2009) The back-calculation of fish growth from otoliths. In: Green BS, Mapstone BD, Carlos G, Begg GA (eds) Tropical fish otoliths: information for assessment, management and ecology. Springer, Dordrecht, p. 174-211.

# Γενετική διερεύνηση του πολλαπλού ζευγαρώματος του είδους *Callinectes sapidus* (Rathbun 1896) στη Δυτική Ελλάδα, με χρήση μικροδορυφορικών δεικτών (SSRs)

**Γεωργία Ιωαννίδου[1], Χαρίκλεια Παπαϊωάννου[1,2], Μαρία Καμηλάρη[1,2], Κώστας Μπαταργιάς[1]**
[1]Εργαστήριο Εφαρμοσμένης Γενετικής & Γενετικής Βελτίωσης Ιχθύων, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Νέα Κτήρια, Μεσολόγγι – ioannidoug@hotmail.gr, xpapaioannou@upatras.gr, mkamilari@upatras.gr, cbatargias@upatras.gr
[2]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πανεπιστημιούπολη, Ρίο – xpapaioannou@upatras.gr, mkamilari@upatras.gr

## ABSTRACT

**Georgia Ioannidou, Charikleia Papaioannou, Maria Kamilari, Costas Batargias: Genetic investigation of multiple mating in Western Greece *Callinectes sapidus* (Rathbun, 1896) populations, using SSR markers**

The blue crab, *Callinectes sapidus (*Rathbun 1896), is a common inhabitant of the Western Atlantic coasts and an invasive species in Mediterranean Sea. Females tend to mate immediately after their pubertal molt when they reach sexual maturity. Female blue crabs where thought to mate only once in their lifetime, however multiple mating has also been reported, in their native habitats. This study aimed to investigate if the multiple mating of females is observed in the invasive populations and specifically in Western Greece populations, using microsatellite DNA analysis. Our results alone cannot support or reject the occurrence of this phenomenon in the study region.

**Keywords:** *Callinectes sapidus*, blue crabs, multiple mating, genotyping, microsatellite markers

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μπλε καβούρι (*Callinectes sapidus,* Rathbun 1896), είναι ένα κοσμοπολιτικό είδος με προέλευση από το Δυτικό Ατλαντικό Ωκεανό. Συγκαταλέγεται ανάμεσα στα πιο επιτυχημένα αλλόχθονα δεκάποδα καρκινοειδή ως προς τον βαθμό εγκλιματισμού, εγκατάστασης, εξάπλωσης, αλλά και διαχρονικής παρουσίας του στις Ελληνικές θάλασσες. Η σύζευξη θηλυκών και αρσενικών ατόμων πραγματοποιείται μία φορά κατά τη διάρκεια της ζωής των θηλυκών (Williams 1984), ενώ το θηλυκό άτομο έχει τη δυνατότητα να διατηρεί το σπέρμα στις σπερματοθήκες του και να γονιμοποιεί τα αυγά του, τόσο άμεσα όσο και σε μελλοντικό χρόνο. Τα αρσενικά άτομα προκειμένου να διαφυλάξουν την πατρότητα, καθώς και την ασφάλεια των θηλυκών, τα προστατεύουν για μερικές μέρες μετά την σύζευξη. Ωστόσο, οι Wells *et al.* (2017), διερευνώντας γενετικά, με χρήση μικροδορυφορικών δεικτών, την πιθανότητα του πολλαπλού ζευγαρώματος του είδους στον κόλπο του Chesapeake (ΗΠΑ), απέδειξαν πως τα θηλυκά άτομα είχαν αποθηκευμένο στις σπερματοθήκες τους σπέρμα από περισσότερα του ενός αρσενικά. Αυτό θα μπορούσε να οφείλεται στην ανεπαρκή ποσότητα σπέρματος των αρσενικών για τη γονιμοποίηση των αυγών των θηλυκών (μεγάλη παραγωγή αυγών), στο μικρό μέγεθος των αρσενικών ατόμων, ή και στην υπεραλίευση του είδους (Carver *et al.* 2005, Wolcott *et al.* 2005*,* Miller *et al. 2011*). Συνεπώς, η πολυανδρία, η οποία έχει παρατηρηθεί σε πολλά είδη, είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο με πολλούς δυνητικά εμπλεκόμενους παράγοντες (γενετικούς, συμπεριφορικούς, περιβαλλοντικούς), και μπορεί να έχει θετικό, αρνητικό ή ουδέτερο αντίκτυπο στη γονιμότητα και την αναπαραγωγική επιτυχία των θηλυκών (Meade *et al.* 2017, Loo *et al.* 2018).

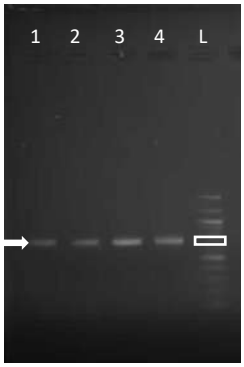
Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η διερεύνηση της ύπαρξης του φαινομένου του πολλαπλού ζευγαρώματος σε πληθυσμούς του είδους *C. sapidus* στην περιοχή της Δυτικής Ελλάδας και κατά συνέπεια της συνέχισης ή μη της αναπαραγωγικής αυτής συμπεριφοράς στους εισβολικούς πληθυσμούς, με στόχο τη διεύρυνση της γνώσης όσον αφορά την αναπαραγωγή του είδους και την καλύτερη διαχείρισή του.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Συνολικά συλλέχθηκαν 45 ώριμα θηλυκά άτομα του είδους *Callinectes sapidus* από τρεις διαφορετικές περιοχές της Δυτικής Ελλάδας (20 άτομα από Διβάρι Μπούκας, 19 άτομα από Διβάρι Πεταλά και 6 άτομα από διβάρι ανατολικής Κλείσοβας) τα οποία μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο όπου ταυτοποιήθηκαν μορφολογικά. Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε εκτομή των σπερματοθηκών και λήψη δείγματος σπέρματος από κάθε μία χωριστά, ενώ παράλληλα έγινε και λήψη μυϊκού ιστού από τις χηλές κάθε ατόμου. Τα δείγματα διατηρήθηκαν σε αιθανόλη (EtOH) 100% στους 4°C έως τη χρήση τους.

Η απομόνωση ολικού DNA από σπέρμα, πραγματοποιήθηκε με χρήση του εμπορικού kit απομόνωσης DNA Nucleospin® Tissue (Macherey-Nagel, Duren, Germany) , σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή, ενώ για την απομόνωση ολικού DNA από τους ιστούς, χρησιμοποιήθηκε το πρωτόκολλο απομόνωσης γενωμικού DNA με NaCl των Aljanabi & Martinez (1997), με ορισμένες τροποποιήσεις (ποσότητα αρχικού ιστού, χρόνοι και ταχύτητες φυγοκεντρήσεων). Ο ποιοτικός έλεγχος του απομονωμένου DNA πραγματοποιήθηκε με ηλεκτροφόρηση σε πήκτωμα αγαρόζης 1%. Τα δείγματα διατηρήθηκαν στους -20°C έως τη χρήση τους.

Στη συνέχεια, πραγματοποιήθηκε η ενίσχυση τμήματος του μιτοχονδριακού γονιδίου της υπομονάδας I της κυτοχρωμικής οξειδάσης (COI) με τη μέθοδο της αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης (PCR – Polymerase Chain Reaction) με σκοπό τη γενετική ταυτοποίηση των δειγμάτων. Για τον πολυμερισμό χρησιμοποιήθηκαν οι κοινοί (universal) εκκινητές LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') και HCO2198 (5'-TAAACTTXAGGGTGACCAAAAAATCA-3') (Folmer *et al.* 1994). Οι αντιδράσεις περιείχαν 1X Kapa Taq ρυθμιστικό διάλυμα (1,5 mM $MgCl_2$), 0,2 mM dNTPs, 0,2 μM από κάθε εκκινητή, 1 U Kapa Taq και περίπου 20ng από το απομονωμένο DNA ιστού κάθε ατόμου, σε τελικό όγκο αντίδρασης 20 μL. Οι συνθήκες της PCR είχαν ως ακολούθως: ένα αρχικό στάδιο αποδιάταξης DNA στους 94°C για 3 min, 37 κύκλοι των 30 sec στους 94°C (αποδιάταξη), 1 min στους 48°C (υβριδισμός εκκινητών), 1 min στους 72°C (πολυμερισμός) και ένα τελικό στάδιο πολυμερισμού στους 72°C για 10 min. Ο ποιοτικός έλεγχος των προϊόντων της PCR πραγματοποιήθηκε με ηλεκτροφόρηση σε πήκτωμα αγαρόζης 1% (Εικόνα 1). Ακολούθησε καθαρισμός των προϊόντων της PCR με χρήση του εμπορικού Kit NucleoSpin® Gel and PCR Clean-up (Macherey-Nagel, Germany), σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Η αλληλούχηση των προϊόντων PCR πραγματοποιήθηκε σε γενετικό αναλυτή AB3500 (Applied Biosystems). Ο ποιοτικός έλεγχος των χρωματογραφημάτων πραγματοποιήθηκε με χρήση του προγράμματος FinchTV v1.4.0 (Geospiza, Inc.; Seattle, WA, USA; http://www.geospiza.com) , ενώ ο αλγόριθμος BLAST (Altschul *et al.* 1990) χρησιμοποιήθηκε για την ταυτοποίηση των δειγμάτων.




**Εικόνα 1. Παράδειγμα ηλεκτροφόρησης προϊόντων PCR του τμήματος COI σε πήκτωμα αγαρόζης 1%. Το γράμμα 'L' υποδεικνύει το μοριακό μάρτυρα (100bp DNA ladder), το λευκό βέλος τη ζώνη του προϊόντος και το λευκό πλαίσιο τη ζώνη μεγέθους 700bp στην οποία αντιστοιχεί το προϊόν.**
**Figure 1. Example of COI gene PCR products electrophoresed in 1% agarose gel. The letter 'L' indicates the 100bp DNA ladder, the white arrow the PCR product band and the white frame the 700pb band that corresponds to the PCR product.**

Ακολούθως, για τη διερεύνηση της ύπαρξης του φαινομένου του πολλαπλού ζευγαρώματος, πραγματοποιήθηκε ανάλυση μικροδορυφορικών αλληλουχιών τόσο για τα δείγματα από τις σπερματοθήκες, όσο και από τον μυϊκό ιστό. Για το λόγο αυτό επιλέχθηκαν οι μικροδορυφορικοί δείκτες CSC-001, CSC-004, CSC-007, CSA-035, CSA-073 και MIH-SSR (Steven *et al.* 2005). Ο πολλαπλασιασμός των έξι μικροδορυφορικών δεικτών πραγματοποιήθηκε με πολλαπλή αντίδραση PCR σε πλάκες 96 θέσεων, σε συνολικό όγκο αντίδρασης 10 μL που περιείχε 1 U Kapa Taq, 1X Kapa Taq ρυθμιστικό διάλυμα (1,5 mM $MgCl_2$), 0,2 mM dNTPs, 0,2 μM από τον κάθε εκκινητή και περίπου 20ng απομονωμένου DNA. Οι συνθήκες της PCR περιλάμβαναν ένα αρχικό στάδιο αποδιάταξης στους 94°C για 3 min, ακολουθούμενο από 35 κύκλους των 30 sec στους 94°C (αποδιάταξη), 40 sec στους 51°C (υβριδισμός εκκινητών), 40 sec στους 72°C (πολυμερισμός) και ένα τελικό στάδιο πολυμερισμού στους 72°C για 10 min. Η γονοτύπηση των προϊόντων της PCR πραγματοποιήθηκε σε γενετικό αναλυτή AB3500 (Applied Biosystems),

χρησιμοποιώντας 5'- σημασμένους οπίσθιους εκκινητές και το GeneScan™ 500 LIZ™ dye Size Standard (Applied Biosystems) ως εσωτερικό μοριακό μάρτυρα. Το σκοράρισμα των αλληλομόρφων έγινε με χρήση του προγράμματος STRand v2.4.110 (Toonen & Hughes 2001).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τον προσδιορισμό της νουκλεοτιδικής αλληλουχίας των προϊόντων της PCR του COI προέκυψαν περίπου 650 βάσεις. Τα αποτελέσματα της γενετικής ταυτοποίησης έδειξαν ότι όλα τα δείγματα αντιστοιχούν στο είδος *Callinectes sapidus* με ποσοστό κάλυψης αλληλουχιών >94% και ποσοστό ομολογίας >97%.

Όσον αφορά στην ανάλυση των μικροδορυφορικών δεικτών, όλα τα άτομα γονοτυπήθηκαν επιτυχώς για όλους τους δείκτες, ενώ τα αλληλόμορφα που προέκυψαν βρίσκονται εντός του εύρους που αναφέρεται από τους Steven *et al.* (2005).

Σύμφωνα με τους Wells *et al.* (2017), ο εντοπισμός περισσότερων των δύο διαφορετικών αλληλομόρφων αρσενικής προέλευσης σε τουλάχιστον δυο μικροδορυφορικούς δείκτες, απουσία αλληλομόρφων των αντίστοιχων θηλυκών ατόμων (δείκτης πιθανής επιμόλυνσης), είναι ενδεικτικός του πολλαπλού ζευγαρώματος.

Ταυτόχρονα, μέσω της σύγκρισης των πρωτογενών δεδομένων των αλληλομόρφων μεταξύ δειγμάτων μυϊκού ιστού και σπέρματος, η απουσία των αλληλομόρφων του θηλυκού ατόμου θα μπορούσε να αποκλείσει την πιθανότητα επιμόλυνσης των δειγμάτων σπέρματος από τον ιστό των σπερματοθηκών των θηλυκών ατόμων.

Στην παρούσα μελέτη για την πλειοψηφία των δειγμάτων σπέρματος καταγράφηκαν έως δύο αλληλόμορφα για όλους τους δείκτες. Σε πέντε δείγματα σπέρματος παρουσιάστηκαν πάνω από δύο διαφορετικά αλληλόμορφα σε δύο ή τρεις δείκτες. Ωστόσο, στα δείγματα αυτά τα επιπλέον αλληλόμορφα ήταν κοινά με τα αντίστοιχα των θηλυκών ατόμων σε τουλάχιστον έναν από αυτούς τους δείκτες. Ως εκ τούτου δεν μπορεί να αποκλειστεί η πιθανότητα επιμόλυνσης από τον ιστό του θηλυκού ατόμου.

Συμπερασματικά, με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, δεν μπορεί να επιβεβαιωθεί αλλά ούτε και να απορριφθεί με βεβαιότητα η πολυανδρία μέσω της πολλαπλής εναπόθεσης σπέρματος στα θηλυκά, στην περιοχή της Δυτικής Ελλάδας, όπως συμβαίνει εμφανώς στην περιοχή καταγωγής του είδους (Wells *et al.* 2017). Η απουσία του πολλαπλού ζευγαρώματος τουλάχιστον στην περιοχή μελέτης, πιθανώς να οφείλεται στη μικρή πίεση που δέχονται οι πληθυσμοί, εφόσον η εντατική αλίευση του είδους ξεκίνησε τα τελευταία χρόνια και η παρουσία του είναι σχετικά πρόσφατη στον ελλαδικό χώρο (Perdikaris *et al.* 2016). Η μειωμένη γενετική ποικιλότητα των δεικτών που χρησιμοποιήθηκαν, σε σχέση με αυτήν που καταγράφεται στους πληθυσμούς του Ατλαντικού, μπορεί να απαιτεί τη χρήση περισσοτέρων ή/και διαφορετικών μοριακών δεικτών για την επιβεβαίωση της αναπαραγωγικής συμπεριφοράς του είδους. Η επιβεβαίωση της αλλαγής της αναπαραγωγικής συμπεριφοράς, θα αποτελούσε σημαντικό εξελικτικό εύρημα αλλαγής της ηθολογίας του εισβολικού αυτού είδους.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η δημοσίευση υλοποιήθηκε στο πλαίσιο της πράξης με τίτλο: "Κύκλος ζωής, επιπτώσεις και διαχείριση του χωροκατακτητικού είδους *Callinectes sapidus* (μπλε καβούρι)", MIS: 5049517 που συγχρηματοδοτείται από Ευρωπαϊκούς (Ευρωπαϊκό Ταμείο Θάλασσας και Αλιείας) και Εθνικούς Πόρους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aljanabi SM, Martinez I (1997) Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based technique. Nucleic Acids Research 25(22): 4692–4693.

Altschul SF, Gish W, Miller W, Myers EW, Lipman DJ (1990) Basic local alignment search tool. J Mol Biol 215:403-410.

Carver AM, Wolcott TG, Wolcott DL, Hines AH (2005) Unnatural selection: effects of male-focused size-selective fishery on reproductive potential of a blue crab population. J Exp Mar Biol Ecol 319: 29−41.

Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Mol Mar Biol Biotechnol 3(5): 294-299.

Loo J, Kennington WJ, de Lestang S, How J, Evans JP (2018) High levels of polyandry, but limited evidence for multiple paternity, in wild populations of the western rock lobster (*Panulirus cygnus*). Ecology and Evolution 8(9): 4525-4533.

Meade L, Harley E, Cotton A, Howie JM, Pomiankowski A, Fowler K (2017) Variation in the benefits of multiple mating on female fertility in wild stalk-eyed flies. Ecology and evolution 7(23):10103-15.

Miller TJ, Wilberg MJ, Colton AR, Davis GR, Sharov A, Lipcius RN, Ralph GM, Johnson EG, Kaufman AG (2011) Stock assessment of the blue crab in Cheapeake Bay. Tech Rep Ser TS-614-11. University of Maryland Center for Environmental Science, Solomons, MD

Perdikaris C, Konstantinidis E, Gouva E, Ergolavou A, Klaoudatos D, Nathanailides C, Paschos I (2016) Occurrence of the Invasive Crab Species *Callinectes sapidus* Rathbun, 1896 in NW Greece. Walailak Journal of Science and Technology 13: 503-510.

Steven CR, Hill J, Masters B, Place AR (2005) Genetic markers in blue crabs (*Callinectes sapidus*) I: Isolation and characterization of microsatellite markers. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 319(1–2): 3-14.

Toonen RJ, Hughes S (2001) Increased Throughput for Fragment Analysis on ABI Prism 377 Automated Sequencer Using a Membrane Comb and STRand Software. Biotechniques 31:1320-1324.

Wells S, McConaugha J, Horth L (2017) Multiple mating by females in the Chesapeake Bay blue crab *Callinectes sapidus* population. Marine Ecology Progress Series 564: 67-75.

Williams AB (1984) Shrimps, lobsters, and crabs of the Atlantic coast of the eastern United State, Maine to Florida. Smithsonian Inst. Press. Washington D.C.: 50pp.

Wolcott DL, Hopkins CWB, Wolcott TG (2005) Early events in seminal fluid and sperm storage in the female blue crab *Callinectes sapidus* Rathbun: effects of male mating history, male size, and season. J Exp Mar Biol Ecol 319: 43−55.

# Αλιευτική βιολογία του μπλε καβουριού *Callinectes sapidus* στην εκβολική περιοχή του ποταμού Έβρου (ΒΑ Αιγαίο Πέλαγος): Προκαταρκτικά αποτελέσματα

**Κεβρεκίδης Κ.[1#], Κεβρεκίδης Θ.[2#], Μόγιας Α.[2], Μπουμπόναρη Θ.[2], Μαλέα Π.[3], Κανταρίδου Φ.[2], Καίσαρη Ν.[2], Ντούνας Κ. & Μ. Θεσσαλού-Λεγάκη**

[1]Δνση Αγροτικών Υποθέσεων ΚΜ, Αποκεντρωμένη Διοίκηση Μ-Θ – kkevre@damt.gov.gr, [2]Εργαστήριο περιβαλλοντικής Έρευνας και Εκπαίδευσης, ΔΠΘ – tkebreki@eled.duth.gr , [3]Εργαστήριο Φυκολογίας, Τμήμα Βιολογίας, ΑΠΘ – malea@bio.auth.gr
#Συγγραφείς για επικοινωνία

## ABSTRACT

**Kevrekidis, K., T. Kevrekidis, A. Mogias, T. Boubonari, P. Malea, F. Kantaridou, N. Kaisari, C. Dounas & M. Thessalou-Legaki: Fisheries biology of the blue crab *Callinectes sapidus* in the estuarine area of Evros River (NE Aegean Sea): Preliminary results**

Population structure, catch per unit effort (CPUE), sex ratio and reproduction of the invasive blue crab *Callinectes sapidus* were studied in Momolimni Lagoon (Evros River Delta) and the adjacent marine coastal area. Size frequency distributions varied significantly between sexes with females attaining a larger size (carapace width, CW) than males. CPUE varied both seasonally and spatially; higher values were recorded in summer and autumn mainly in the lagoonal stations characterised by shallow depth (<0,5 m) and a dense meadow of the angiosperm *Ruppia maritima*. The bulk of the catch was obtained from the lagoonal stations (st1-st6), while significantly lower CPUE values were recorded in the adjacent marine area (st7-st9). Water temperature was positively correlated with CPUE ($\rho$ = 0.92). Total sex ratio was estimated at 2,45:1 (♂/♀). Males dominated in all months, except for October, when an equal sex ratio was assessed. Males dominated in all stations in the lagoon whereas females outnumbered males in the open sea. Females bearing eggs in all developmental stages were found in the marine area from May to October while spawning peak occurred in September.

**Keywords:** Blue crab, *Callinectes sapidus*, Monolimni Lagoon, CPUE, population structure, sex ratio, reproduction

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το δεκάποδο *Callinectes sapidus* Rathbun (μπλε καβούρι) προέρχεται από το Δ. Ατλαντικό Ωκεανό και είναι ένα από τα πιο γνωστά χωροκατακτητικά ξενικά είδη (ΧΞΕ) στη Μεσόγειο και τις Ελληνικές θάλασσες. Ειδικότερα, το μπλε καβούρι είναι ένα από τα πιο επιτυχημένα ΧΞΕ ως προς το βαθμό εγκλιματισμού, εγκατάστασης, εξάπλωσης αλλά και διαχρονικής παρουσίας στις Ελληνικές θάλασσες (π.χ. Serbetis 1959, Κεβρεκίδης 2010). Εξαπλώνεται στην παράκτια ζώνη και είναι τυπικός κάτοικος εκβολών, ενώ απαντά και σε λιμνοθαλάσσια συστήματα, έχοντας οικολογικό ρόλο κορυφαίου θηρευτή (π.χ., Hines et al. 1987). Κατά την προηγούμενη δεκαετία το είδος επέκτεινε την εξάπλωσή του σε όλη σχεδόν τη Μεσόγειο Θάλασσα, με παράλληλη αύξηση της πληθυσμιακής του αφθονίας (π.χ. Mancinelli et al. 2021). Ειδικότερα, από την περίοδο 2007-2009 έως και σήμερα, έχει καταγραφεί μια σημαντική αύξηση της αφθονίας του στο Βόρειο Αιγαίο, ιδιαίτερα στο Θερμαϊκό και στο Βιστωνικό Κόλπο (Kevrekidis & Antoniadou 2018), αλλά και στις λιμνοθάλασσες και την ευρύτερη εκβολική περιοχή του ποταμού Έβρου. Ωστόσο, παρά την επέκταση της εξάπλωσης του μπλε καβουριού και την αύξηση της αφθονίας του στις Ελληνικές θάλασσες, ελάχιστες πληροφορίες είναι σήμερα διαθέσιμες για την πληθυσμιακή βιολογία του είδους. Οι πληροφορίες αυτές αφορούν κυρίως στον όρμο Μεθώνης, Θερμαϊκός Κόλπος (Kevrekidis & Antoniadou 2018, Kevrekidis 2019). Αντίθετα, δεν υπάρχει αντίστοιχη πληροφορία από τα λιμνοθαλάσσια συστήματα της χώρας. Στην παρούσα εργασία παρουσιάζονται τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της μελέτης της αλιευτικής βιολογίας του ΧΞΕ *C. sapidus* στη λιμνοθάλασσα Μονολίμνη (εκβολική περιοχή του π. Έβρου) και την παρακείμενη παράκτια θαλάσσια περιοχή.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η λιμνοθάλασσα Μονολίμνη βρίσκεται στην ευρύτερη εκβολική περιοχή του π. Έβρου (ΒΑ Αιγαίο Πέλαγος). Καταλαμβάνει έκταση περίπου 112 εκταρίων και επικοινωνεί με τη θάλασσα κυρίως μέσω στενών ανοιγμάτων. Το μέγιστο βάθος στο νότιο τμήμα της λιμνοθάλασσας είναι ≈2,5m και στο

εσωτερικό, βορειότερο τμήμα ≈0,5 m. Ένας πυκνός λειμώνας του αγγειόσπερμου *Ruppia maritima* καλύπτει σχεδόν πλήρως τον πυθμένα, κυρίως στο βόρειο τμήμα της. Το μπλε καβούρι αλιεύεται στη λιμνοθάλασσα από τις αρχές του καλοκαιριού έως και το φθινόπωρο με τη χρήση αποκλειστικά βολκών. Αν και ο αριθμός των αλιέων που στοχεύουν στο είδος είναι μικρός ωστόσο χρησιμοποιείται ένας σημαντικός αριθμός βολκών.

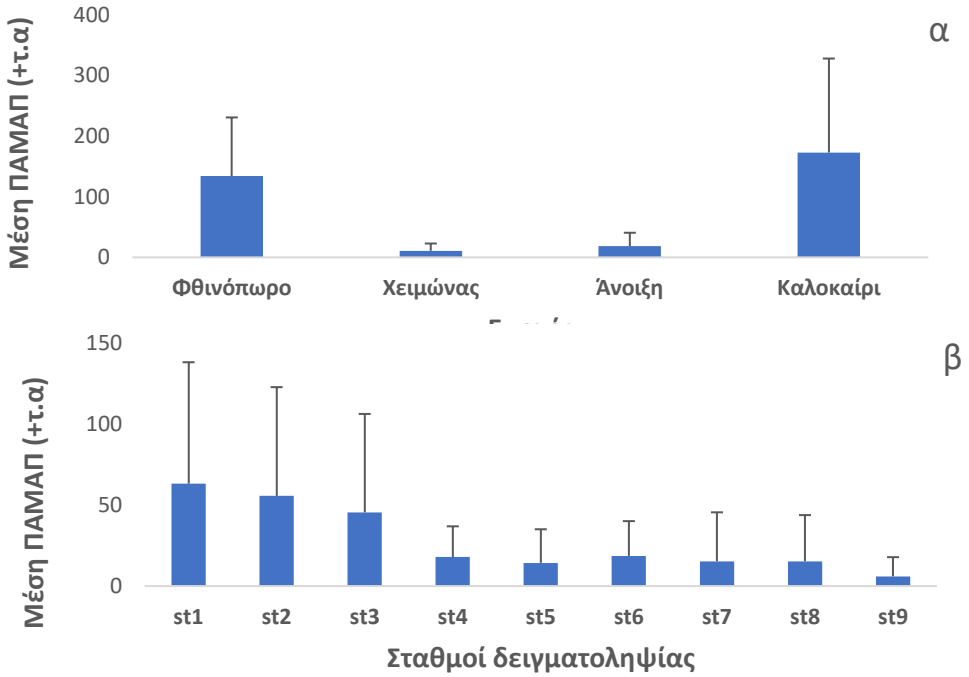
Από το Νοέμβριο 2020 έως και τον Οκτώβριο 2021 πραγματοποιήθηκαν μηνιαίες δειγματοληψίες στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Μονολίμνη και στην παρακείμενη θαλάσσια περιοχή. Επιλέχθηκαν συνολικά εννέα σταθμοί. Οι έξι από αυτούς (st1-st6) ήταν εντός της λιμνοθάλασσας και τα εισοδευτικά στόμια σε βάθη από 0,5 έως 5 m και οι τρεις (st7: 1 m, st8: 3 m, st9: 6 m) εξωτερικά στην παρακείμενη παράκτια θαλάσσια περιοχή. Η συλλογή των δειγμάτων έγινε σε συνθήκες πραγματικής αλιείας με επαγγελματικό παράκτιο σκάφος μήκους 7,43 m και με τη χρήση βολκών. Σε κάθε σταθμό δειγματοληψίας τοποθετήθηκαν 10 ζεύγη βολκών με μάτι διχτυού 18-20 mm όπου παρέμεναν για δύο ημέρες (≈48h). Σε κάθε σταθμό καταγράφονταν η θερμοκρασία (ºC) και η αλατότητα (psu) του νερού στο βυθό. Στα ζώα, μετά την αλίευση τους, έγινε η διάκριση του φύλου και σε κάθε ακέραιο άτομο μετρήθηκε το πλάτος κεφαλοθώρακα (ΠΚ, mm). Τα θηλυκά, με βάση το εξωτερικό σχήμα της κοιλιάς τους, κατηγοριοποιήθηκαν σε ανώριμα και ώριμα, ενώ αναγνωρίσθηκαν τα ωοφόρα θηλυκά, καθώς και το στάδιο ανάπτυξης των αυγών τους, με βάση τον εξωτερικό χρωματισμό τους (ανοικτό πορτοκαλί έως κίτρινο-ανοικτό καφέ: αρχικά στάδια, σκούρο καφέ έως μαύρο: τελευταία στάδια). Άτομα με ΠΚ <60 mm θεωρήθηκαν ως νεαρά. Η εκτίμηση της πληθυσμιακής αφθονίας του καβουριού έγινε άμεσα στο πεδίο μέσω της παραγωγής ανά μονάδα αλιευτικής προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ) ως ο αριθμός ατόμων που αλιεύθηκαν/10 ζεύγη βολκών. Η χωρική και η εποχική μεταβολή της ΠΑΜΑΠ εξετάστηκαν με τη δοκιμασία Kruskall-Wallis test. Για τη μελέτη της δομής του πληθυσμού υπολογίσθηκαν οι συχνότητες κατανομής του ΠΚ ανά 5mm για κάθε φύλο. Η ύπαρξη σημαντικής διαφοράς στις κατανομές συχνοτήτων του ΠΚ, στη μέση κατάταξη των τιμών και στις διαμέσους των αρσενικών και των θηλυκών ελέγχθηκε με τις δοκιμασίες Kolmogorov-Smirnov two-sample test ($z$), Mann-Whitney U-test και Independent *samples median test (T),* αντίστοιχα. Η συσχέτιση της μέσης μηνιαίας θερμοκρασίας του νερού και της αντίστοιχης ΠΑΜΑΠ εξετάστηκε με το Spearman's rank correlation coefficient ($\rho$)**.** Υπολογίσθηκε συνολικά η αναλογία φύλων, καθώς και η αναλογία φύλων ανά μήνα και περιοχή (λιμνοθάλασσα - θάλασσα), ενώ η απόκλιση από τη μονάδα για δείγματα >50 ατόμων ελέγχθηκε με τη δοκιμασία chi-square ($\chi^2$).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ελάχιστη τιμή της θερμοκρασίας νερού στο βυθό της λιμνοθάλασσας Μονολίμνη, καταγράφηκε το Δεκέμβριο στον st2 (6,1ºC) και η μεγαλύτερη τον Αύγουστο στον st3 (27ºC). Η αλατότητα κυμάνθηκε από 0,28 psu (st5, Απρίλιος) έως 32,80 psu (st6, Δεκέμβριος). Στη θαλάσσια περιοχή η ελάχιστη τιμή της αλατότητας στο βυθό ήταν 33,10 psu (st8, Φεβρουάριος) και η μέγιστη 36,7 psu (st9, Δεκέμβριος).

Υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα του *C. sapidus* καταγράφηκε στο υπόστρωμα της λιμνοθάλασσας Μονολίμνη γεγονός που επιβεβαιώνει την ικανότητα του είδους να ανέχεται ένα μεγάλο εύρος τιμών θερμοκρασίας και αλατότητας (π.χ., Milikin & Williams 1980). Η ΠΑΜΑΠ για την περίοδο της μελέτης κυμάνθηκε από 0-204 άτομα/10 ζεύγη βολκών, με μέση τιμή (±τυπική απόκλιση) 28,03(±46,25) άτομα/10 ζεύγη βολκών. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα της δοκιμασίας Kruskall-Wallis, η ΠΑΜΑΠ εμφάνισε σημαντική μεταβολή τόσο μεταξύ των σταθμών δειγματοληψίας ($\chi^2_{(8)}$ = 23,911; p = 0,002), όσο και μεταξύ των εποχών ($\chi^2_{(3)}$ = 21,784, p = 0,000). Η μέση τιμή της ΠΑΜΑΠ στη λιμνοθάλασσα ήταν μικρότερη από την αντίστοιχη που έχει καταγραφεί στον όρμο της Μεθώνης κατά την περίοδο 2011-2012 (21,72 άτομα/5 ζεύγη βολκών, μάτι διχτυού 40 mm, ≈24h παραμονής των βολκών) (Kevrekidis & Antoniadou 2018), γεγονός που υποδηλώνει την εντατική αλίευση του. Ειδικότερα, η ΠΑΜΑΠ παρουσίασε υψηλότερη μέση τιμή (±τ.α.) το καλοκαίρι (172,89±155,05 άτομα/10 ζεύγη βολκών) και το φθινόπωρο (134,22±96,57) και σημαντικά μικρότερη τον χειμώνα (10,78±12,09) και την άνοιξη (18,44±22,18). Η τιμή της ΠΑΠΑΜ το καλοκαίρι δεν διέφερε σημαντικά από αυτήν του φθινοπώρου (p = 1,00), ενώ και οι δύο αυτές τιμές ήταν σημαντικά υψηλότερες από τις τιμές του χειμώνα (p = 0,007 και p = 0,003, αντίστοιχα) και της άνοιξης (p = 0,0031 και p = 0,015, αντίστοιχα). Η τιμή της ΠΑΜΑΠ τον χειμώνα δεν διέφερε σημαντικά από εκείνη της άνοιξης (p = 1,00)(Εικόνα 1α). Η μηνιαία μεταβολή των τιμών της ΠΑΜΑΠ εμφάνισε σημαντική συσχέτιση με την αντίστοιχη μηνιαία μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού ($\rho$ = 0,92, p<0,000). Η μέση ΠΑΜΑΠ (±τ.α.) παρουσίασε σημαντική χωρική μεταβολή, με τις υψηλότερες τιμές να έχουν καταγραφεί στους σταθμούς st1-st3, στο βόρειο και κεντρικό τμήμα της λιμνοθάλασσας (εύρος τιμών ±τ.α.: 45,58±60,83 έως 63,33±75,04 άτομα/10 ζεύγη βολκών). Οι σταθμοί αυτοί

χαρακτηρίζονται από μικρό βάθος (<0,5 m) και από την παρουσία ενός πυκνού λειμώνα του *R. maritima* (Π. Μαλέα, αδημ. στοιχεία). Οι χαμηλότερες τιμές καταγράφηκαν στους σταθμούς st7-st9, στη θαλάσσια περιοχή, με τη μέση τιμή της ΠΑΜΑΠ (±τ.α.) να κυμαίνεται από 6,00(±11,87) έως 15,33(±30,26) άτομα/10 ζεύγη βολκών (Εικόνα 1β). Στη θαλάσσια παράκτια περιοχή, η ΠΑΜΑΠ αυξήθηκε μόνο προς το τέλος της θερμής περιόδου (Σεπτέμβριος-Οκτώβριος), χαρακτηριζόμενη από έντονη παρουσία θηλυκών.

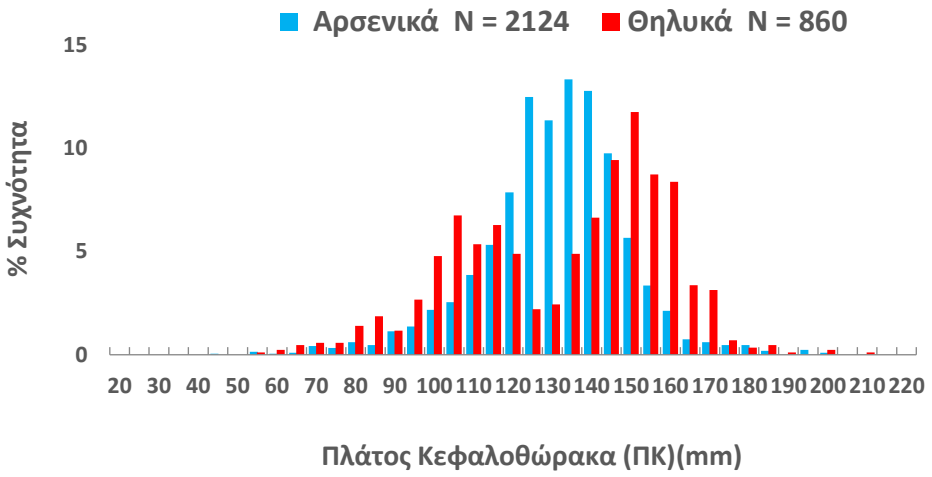



**Εικόνα 1α, β. Παραγωγή ανά μονάδα αλιευτικής προσπάθειας (ΠΑΜΑΠ) (±τ.α.) του *Callinectes sapidus* ανά εποχή (α) και σταθμό δειγματοληψίας (β) στη λιμνοθάλασσα Μονολίμνη και την παρακείμενη θαλάσσια περιοχή**
**Figure 1a, b. Catch per unit effort (CPUE) (±sd) of *Callinectes sapidus* per season (a) and station (b) in Monolimni Lagoon and the adjacent marine area**

Στη λιμνοθάλασσα Μονολίμνη και στην παρακείμενη θαλάσσια παράκτια περιοχή, συλλέχθηκαν συνολικά 3.027 άτομα. Από αυτά τα 2.150 ήταν αρσενικά και τα 877 θηλυκά. Ο αριθμός των ατόμων που συλλέχθηκαν στην λιμνοθάλασσα (N = 2.587) ήταν συγκριτικά μεγαλύτερος με αυτόν των ατόμων που αλιεύθηκαν στη θαλάσσια περιοχή (N = 440) και αντιπροσωπεύει περίπου το 85% του συνολικά αλιευμένου πληθυσμού. Η αναλογία των φύλων (♂/♀) στον αλιευμένο πληθυσμό ήταν 2,45:1 (αρσενικά: 2.150, θηλυκά: 877). Τα αρσενικά ήταν σημαντικά περισσότερο άφθονα σε όλους τους μήνες: (Φεβρουάριος, $\chi^2_{1,54}$ = 26,74, p<0,001·Απρίλιος, $\chi^2_{1,82}$ = 38,24, p<0,001·Μάιος, $\chi^2_{1,81}$ = 31,25, p<0,001·Ιούνιος, $\chi^2_{1,307}$ = 19,88, p<0,001·Ιούλιος, $\chi^2_{1,507}$ = 106,37, p<0,001·Αύγουστος, $\chi^2_{1,742}$ = 450,25, p<0,001 και Σεπτέμβριος, $\chi^2_{1,713}$ = 56,66, p<0,001) με εξαίρεση τον Οκτώβριο, όταν η αναλογία φύλων δεν διέφερε σημαντικά από την αναλογία 1:1. Ο μεγαλύτερος αριθμός αρσενικών έναντι των θηλυκών καταγράφηκε τον Αύγουστο (660 αρσενικά έναντι 82 θηλυκών, αναλογία των φύλων 8,05:1). Η σημαντική αυτή απόκλιση από την αναλογία 1:1 φαίνεται να οφείλεται στη μετανάστευση των θηλυκών προς τη θάλασσα για αναπαραγωγή. Εντός της λινοθάλασσας ο αριθμός των αρσενικών (N = 2.059) ήταν σημαντικά μεγαλύτερος από αυτόν των θηλυκών (N = 528) ($\chi^2_{1,587}$ = 907,59, p<0,001, αναλογία φύλων 3,89:1). Η τάση αυτή παρατηρήθηκε σε κάθε σταθμό της λιμνοθάλασσας. Αντίθετα, στη θαλάσσια παράκτια περιοχή αλιεύθηκαν περισσότερα θηλυκά άτομα. Συγκεκριμένα, από τον Απρίλιο έως και τον Οκτώβριο συλλέχθηκαν 440 άτομα, από τα οποία 349 ήταν θηλυκά και μόνο 91 αρσενικά ($\chi^2_{1,440}$ = 151,28, p<0,001, αναλογία φύλων 0,26:1). Ο μεγαλύτερος αριθμός θηλυκών ατόμων αλιεύθηκε τον Σεπτέμβριο και τον Οκτώβριο.

Από τα 2.984 άτομα στα οποία μετρήθηκε το πλάτος του κεφαλοθώρακα (ΠΚ), τα 2.124 ήταν αρσενικά και τα 860 θηλυκά. Στο σύνολο των ατόμων συλλέχθηκαν μόνο 8 νεαρά άτομα. Το ΠΚ των

αρσενικών κυμάνθηκε από 43,45 έως 199,92 mm (μέση τιμή±τ.α.: 128,35±18,26 mm) και των θηλυκών από 53,87 έως 205,26 mm (μέση τιμή±τ.α.: 130,33±25,89 mm). Το εύρος του ΠΚ των αρσενικών ήταν ελαφρώς μεγαλύτερο από αυτό των θηλυκών. Τα αρσενικά εμφάνισαν υψηλότερη συχνότητα στις κλάσεις μεγέθους 125-145 mm, ενώ τα θηλυκά στις κλάσεις 100-120 mm και 135-160 mm (Εικόνα 2). Η κατανομή συχνοτήτων του ΠΚ, η μέση κατάταξη των τιμών και οι διάμεσοι διέφεραν σημαντικά ανάμεσα στα δύο φύλα, με τα θηλυκά να έχουν μεγαλύτερο ΠΚ έναντι των αρσενικών: two-sample Kolmogorov-Smirnov test: z = 5,975, p<0,000, Mann-Whitney test, $U$ = 11.014.456,00, $z$ = 4,745, $p$<0,000 και median Test: T = 27,608, p<0,000, αντίστοιχα.




**Εικόνα 2. Κατανομή συχνότητας (%) του ΠΚ των αρσενικών και θηλυκών ατόμων του *Callinectes sapidus* στη λιμνοθάλασσα Μονολίμνη και την παρακείμενη θαλάσσια περιοχή.**
**Figure 2. Size (CW) frequency (%) distributions of male and female *Callinectes sapidus* in Monolimni Lagoon and the adjacent marine area.**

Κατά τη διάρκεια της έρευνας συλλέχθηκαν 656 ώριμα και 221 ανώριμα θηλυκά. Τα ανώριμα θηλυκά συλλέχθηκαν μόνο στη λιμνοθάλασσα, ενώ ώριμα θηλυκά αλιεύθηκαν τόσο στη λιμνοθάλασσα, όσο και στη θάλασσα. Ωοφόρα θηλυκά (N = 116) αλιεύθηκαν μόνο στους τρεις σταθμούς στη θάλασσα από τον Μάιο έως και τον Οκτώβριο, με εξαίρεση τον Ιούνιο. Τα περισσότερα ωοφόρα θηλυκά συλλέχθηκαν τον Σεπτέμβριο (N = 92), ενώ κατά τους υπόλοιπους μήνες ο αριθμός τους ήταν ελάχιστος. Τα αυγά τους βρέθηκαν να καλύπτουν όλα τα στάδια ανάπτυξης. Ο μεγαλύτερος αριθμός ωοφόρων ατόμων καταγράφηκε στο σταθμό st7 (1 m). Ωστόσο, υψηλότερη συχνότητα θηλυκών με αυγά στο τελευταίο στάδιο ανάπτυξης καταγράφηκε στον σταθμό st9 (6 m). Τα περισσότερα θηλυκά με αυγά στο τελικό στάδιο ανάπτυξης αλιεύθηκαν τον Σεπτέμβριο. Το εύρημα αυτό υποδηλώνει ότι η αναπαραγωγική διαδικασία κορυφώνεται στις αρχές του φθινοπώρου με την ωοφορία και την εκκόλαψη των αυγών. Η χρονική περίοδος της αναπαραγωγής στη θαλάσσια περιοχή, εξωτερικά της λιμνοθάλασσας Μονολίμνη, είναι εκτεταμένη και η κορύφωσή της φαίνεται να είναι σημαντικά μετατοπισμένη σε σύγκριση με το Θερμαϊκό Κόλπο (Ιούλιος-Αύγουστος) (Κ. Κεβρεκίδης et al., αδημ. στοιχεία). Ο κύκλος ζωής του μπλε καβουριού στη λιμνοθάλασσα Μονολίμνη είναι συμβατός με το γενικό σχήμα του κύκλου ζωής του είδους στο Δ. Ατλαντικό (π.χ. Hines et al. 1987), έχοντας ως κύριο χαρακτηριστικό τις μεταναστευτικές κινήσεις των θηλυκών από τη λιμνοθάλασσα σε νερά υψηλότερης αλατότητας με σκοπό την αναπαραγωγή.

**Η μελέτη εντάσσεται στο ερευνητικό πρόγραμμα «Εξάπλωση του ΧΞΕ *Callinectes sapidus* (μπλε καβούρι) στις Ελληνικές θάλασσες: Πληθυσμιακή μελέτη, οικολογικές επιπτώσεις και διαχειριστικό σχέδιο ελέγχου και εμπορικής εκμετάλλευσης των πληθυσμών του» Χρηματοδότηση: ΕΠΑΛ 2014-2020 (Κωδικός ΟΠΣ_MIS_5050125).**

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Hines AH, Lipcius RN, Haddon AM (1987) Population dynamics and habitat partitioning by size, sex, and molt stage of blue crab *Callinectes sapidus* in a subestuary of central Chesapeake. Marine Ecology Progress Series 36: 55-64.

Κεβρεκίδης Κ (2010) *Callinectes sapidus* (Decapoda, Brachyura): ένα αλλόχθονο είδος στον Θερμαϊκό Κόλπο. Αλιευτικά Νέα 340: 44-49 (Ιανουάριος 2010).

Kevrekidis K, Antoniadou C (2018) Abundance and population structure of the blue crab *Callinectes sapidus* (Decapoda, Portunidae) in Thermaikos Gulf (Methoni Bay), northern Aegean Sea. Crustaceana 91: 641-657.

Kevrekidis K (2019) Relative growth of the blue crab *Callinectes sapidus* in Thermaikos Gulf (Methoni Bay), northern Aegean Sea. Cahier de Biologie Marine 60: 395-397.

Mancinelli G, Bardelli R, Zenetos A (2021) A global occurrence database of the Atlantic blue crab *Callinectes sapidus.* Scientific data 8: 111.

Millikin MR, Williams AB (1984) Synopsis of biological data on the blue crab, *Callinectes sapidus* Rathbun. FAO Fisheries Technical paper 138: 1-43.

Serbetis C (1959) Un nouveau crustacé comestible en mer Egeé *Callinectes sapidus* Rath. (Decapod. Brach.). Proceedings General Council and Fisheries Commission of the Mediterranean 5: 505–507.

# Αναλογία φύλου και αλλομετρικές σχέσεις του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*) στο βόρειο Αιγαίο

**Μαρία Βλάχου[1], Αλέξανδρος Θεοχάρης[1], Χρήστος Ντάβαρος[1], Δημήτριος Κλαουδάτος[1*], Γεώργιος Α. Γκάφας[1], Νικόλαος Νεοφύτου[1], Γεώργιος Μιχαήλ[1], Δημήτριος Βαφείδης[1], Απόστολος Αποστολίδης[2], Αλέξιος Κονίδης[3], Αθανάσιος Εξαδάκτυλος[1]**

[1]Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 38446, Βόλος

[2]Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστημιούπολη Θεσσαλονίκης, 54624, Θεσσαλονίκη

[3]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, 46.7 χμ Αθηνών-Σουνίου, 19013, Ανάβυσσος Αττικής,

*E-mail: dklaoud@uth.gr

## ABSTRACT

Sex ratio and allometric relationships of European hake, an important target species of the Greek fisheries, were investigated in the northern Aegean Sea. In total 236 females (48%) and 259 males (52%) were captured by otter bottom trawler. Sex ratio was significantly affected by fishing season with males outnumbering females in spring (21.7% of total) and summer (32.7%) and predominating in autumn (63%). All allometric relationships exhibited positive allometry most statistically significant. Significantly higher allometric coefficient was indicated for male length-weight relationship compared to the female.

**Keywords:** Allometry, sex ratio, European hake, north Aegean.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Συνολικά, 14 βενθοπελαγικά είδη που ανήκουν στο γένος *Merluccius* είναι γνωστά ως μπακαλιάροι (hakes) και εμφανίζουν παγκόσμια εξάπλωση (Froese & Pauly 2018). Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος (*Merluccius merluccius*) συναντάται στις Ατλαντικές ακτές της Ευρώπης, της δυτικής Βόρειας Αφρικής, βόρεια προς τη Νορβηγία, Ισλανδία και νότια προς τη Μαυριτανία, ενώ βρίσκεται σε αφθονία στη Μεσόγειο Θάλασσα και κατά μήκος των νοτίων ακτών της Μαύρης Θάλασσας (Cohen *et al.* 1990). Το είδος έχει αναφερθεί ως ένα από τα σημαντικότερα είδη-στόχους για τις μηχανότρατες στο Ιόνιο και το Αιγαίο Πέλαγος (Katsanevakis *et al.* 2010). Η εκτίμηση των παραμέτρων ενός μοντέλου σχέσης μήκους-βάρους είναι σημαντική για την ανάλυση αλιευτικών δεδομένων και για τον υπολογισμό της βιομάζας ενός ιχθυοπληθυσμού (Anderson & Gutreuter 1983). Εκτιμήσεις του μέσου βάρους ανά κλάση μήκους απαιτούνται για την αξιολόγηση της βιομάζας μέσω αναλυτικών μοντέλων (Andrade & Campos 2002). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εκτίμηση δυνητικών διαφορών στην αναλογία φύλου και τις αλλομετρικές σχέσεις των μορφομετρικών χαρακτηριστικών του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με τράτα βυθού στο βόρειο Αιγαίο μεταξύ Μαΐου και Νοεμβρίου 2021. Η συλλογή των δειγμάτων από τον Τορωναίο Κόλπο πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος: «Εκτίμηση των αποθεμάτων του μπακαλιάρου στον Τορωναίο Κόλπο, ΠΕ Χαλκιδικής, κωδ. Έργου 2413ΧΑΛ001ΙΔΠ19». Πραγματοποιήθηκε αναγνώριση του φύλου μακροσκοπικά και μικροσκοπικά μέσω ιστολογικών τομών και μετρήθηκαν τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά κάθε ατόμου (Εικ. 1). Η εκτίμηση των αλλομετρικών σχέσεων πραγματοποιήθηκε με την προσαρμογή της εκθετικής καμπύλης (1) στα δεδομένα (Quinn II & Deriso 1999):

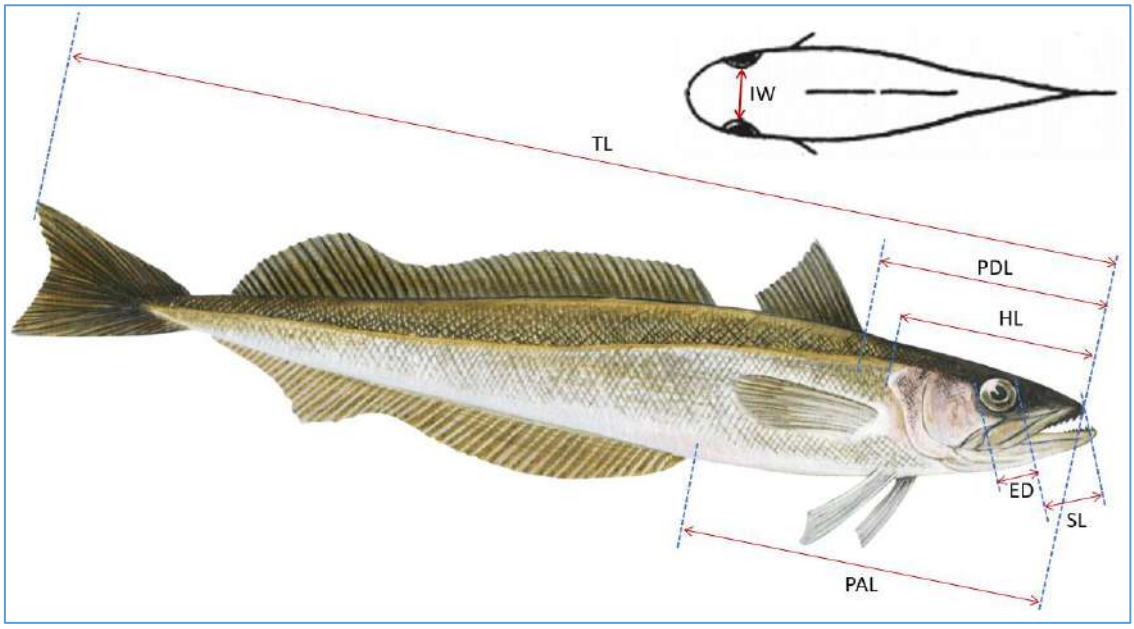
$$W = aL^b \qquad (1)$$

Όπου: W το ολικό βάρος (g), L το ολικό μήκος, a το σημείο τομής της καμπύλης με τον άξονα y (αρχικός συντελεστής ανάπτυξης ή συντελεστής ευρωστίας) και b η κλίση της καμπύλης (συντελεστής ανάπτυξης).

Η υπόθεση της ισομετρίας και η σύγκριση της αλλομετρικής σχέσης μεταξύ αρσενικών και θηλυκών ατόμων εξετάστηκε με παραμετρικές δοκιμασίες (student t-test για ανεξάρτητους ή εξαρτημένους πληθυσμούς τιμών) ή μη παραμετρικές δοκιμασίες (δοκιμασία Mann-Whitney U, δοκιμασία Wilcoxon) μετά από έλεγχο της κανονικότητας των δεδομένων (δοκιμασία Shapiro-Wilk) και

της ομοιογένειας των διακυμάνσεων (δοκιμασία Levene's tests). Οι υποθέσεις ελέγχθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

Η αναλογία του φύλου ελέγχθηκε με τη δοκιμασία $\chi^2$ καλής προσαρμογής ενώ η συνάφεια της με την εποχή εξετάσθηκε με τη δοκιμασία $\chi^2$ ανεξαρτησίας. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων πραγματοποιήθηκε με τα λογισμικά Jamovi (v.2.3.13) και Minitab (v.20 Minitab, Pennsylvania, USA).




**Εικόνα 1. Μετρήσεις που πραγματοποιήθηκαν στον Μεσογειακό μπακαλιάρο (TL: ολικό μήκος, HL: μήκος κεφαλής, PDL: μήκος ρύγχους-ραχιαίου, PAL: μήκος ρύγχους-έδρας, SL: μήκος ρύγχους-ματιού, IW: μήκος απόστασης ματιών, ED: διάμετρος ματιού).**
**Figure 1. Measurements acquired from European hake (TL: total length, HL: head length, PDL: pre dorsal length, PAL: pre anal length, SL: snout length, IW: Interorbital width, ED: eye diameter).**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα μορφομετρικά χαρακτηριστικά κάθε φύλου παρουσιάζονται στον Πίνακα Ι. Συνολικά μετρήθηκαν 236 θηλυκά (48%) και 259 αρσενικά (52%) άτομα. Η αναλογία φύλου δεν απέκλινε σημαντικά από την αναλογία 1:1 για το σύνολο του πληθυσμού ($\chi^2$=0.98, p=0.322) σε αντίθεση με τον Akalin (2004) και τους Soykan *et al* (2015) όπου καταγράφηκε στατιστικά σημαντική απόκλιση υπέρ των θηλυκών ατόμων στις Τουρκικές ακτές του κεντρικού Αιγαίου. Επιπλέον η αναλογία φύλου επηρεάστηκε σημαντικά από την εποχή αλιείας ($\chi^2$=49,87, p<0,001) με τα αρσενικά να υπολείπονται συγκριτικά των θηλυκών την άνοιξη (21,7% του συνόλου) και το καλοκαίρι (32,7%) και να κυριαρχούν το φθινόπωρο (63%).

Τα περιγραφικά στατιστικά μέτρα των μορφομετρικών γνωρισμάτων παρουσιάζονται στον Πίνακα Ι ενώ οι αλλομετρικές σχέσεις τους παρουσιάζονται στον Πίνακα ΙΙ.

**Πίνακας I. Περιγραφικά στατιστικά των μορφομετρικών γνωρισμάτων (TW: ολικό βάρος, TL: ολικό μήκος, HL: μήκος κεφαλής, PDL: μήκος ρύγχους-ραχιαίου, PAL: μήκος ρύγχους-έδρας, SL: μήκος ρύγχους-ματιού, IW: μήκος απόστασης ματιών, ED: διάμετρος ματιού) του Μεσογειακού μπακαλιάρου.**
**Table I. Descriptive statistics of the morphometric characteristics (TW: total weight, TL: total length, HL: head length, PDL: pre dorsal length, PAL: pre anal length, SL: snout length, IW: interorbital width, ED: eye diameter) of the European hake.**

| | Φύλο | TW (g) | TL (cm) | HL (mm) | PDL (mm) | PAL (mm) | SL (mm) | IW (mm) | ED (mm) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Πλήθος** | Θηλυκό | 236 | 236 | 236 | 236 | 236 | 236 | 236 | 236 |
| | Αρσενικό | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 | 258 |
| **Μέσος** | Θηλυκό | 120.16 | 24.49 | 62.94 | 73.92 | 100.72 | 18.02 | 17.89 | 11.4 |
| | Αρσενικό | 97.98 | 24.06 | 62.27 | 73.06 | 100.25 | 17.29 | 17.09 | 11.99 |
| **Διάμεσος** | Θηλυκό | 68.15 | 22.13 | 58.55 | 68.78 | 93.44 | 16.99 | 15.9 | 10.86 |
| | Αρσενικό | 79.84 | 23.65 | 61.47 | 72.8 | 98.28 | 16.63 | 16.55 | 12.02 |
| **Τυπ. Απ.** | Θηλυκό | 119.46 | 6.16 | 15.06 | 17.1 | 23.38 | 4.84 | 5.45 | 2.41 |
| | Αρσενικό | 73.27 | 4.35 | 11.51 | 12.73 | 17.97 | 3.7 | 3.74 | 2.37 |
| **Ελάχιστη** | Θηλυκό | 26.48 | 16.51 | 37.61 | 45.86 | 66.49 | 9.31 | 8.71 | 7.1 |
| | Αρσενικό | 24.5 | 16.24 | 40.85 | 49.12 | 66.37 | 10.38 | 10.6 | 6.38 |
| **Μέγιστη** | Θηλυκό | 804.5 | 47.6 | 115.98 | 133.92 | 198.43 | 32.81 | 39.12 | 19.42 |
| | Αρσενικό | 687.74 | 42.35 | 108.56 | 114.89 | 162.35 | 30.57 | 29.17 | 19.02 |

Δεν σημειώθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στα μορφομετρικά χαρακτηριστικά μεταξύ των φύλων ($p>0.05$).

**Πίνακας II. Αλλομετρικές σχέσεις μεταξύ ολικού βάρους (TW), ολικού μήκους (TL), μήκους κεφαλής (HL), διαμέτρου ματιού (ED) και μήκους ρύγχους-έδρας (PAL) του Μεσογειακού μπακαλιάρου. N: αριθμός ατόμων, $R^2$: συντελεστής προσδιορισμού, p value: στατιστική σημαντικότητα της αλλομετρικής σχέσης, ΣΑ: Συντελεστής αλλομετρίας (b), ΣΕ: Συντελεστής ευρωστίας (a), επίπεδο σημαντικότητας (ns: $p>0.05$, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***$p < 0.001$).**
**Table IV. Allometric equations between total weight (TW), total length (TL), head length (HL), eye diameter (ED) and pre anal length (PAL) of the European hake. N: number of individuals, $R^2$: coefficient of determination, p value: statistical significance of the allometric relationship, ΣΑ: allometry coefficient (b), ΣΕ: condition factor (a), significance level (ns: non-significant, *: $p < 0.05$, **: $p < 0.01$, ***$p < 0.001$).**

| Μορφομετρικές σχέσεις | | | | | | Σύγκριση εξισώσεων | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Φύλο** | **Εξισώσεις** | **N** | **$R^2$** | p value | **Αλλομετρία** | **ΣΑ** | **ΣΕ** |
| Σύνολο πληθυσμού | $TW = 0.00241299 \times TL^{3.30138}$ | 494 | 0.968 | *** | Θετική | *** | *** |
| Θηλυκά | $TW = 0.00336631 \times TL^{3.20957}$ | 236 | 0.978 | *** | Θετική | | |
| Αρσενικά | $TW = 0.00148989 \times TL^{3.43967}$ | 258 | 0.948 | *** | Θετική | | |
| Σύνολο πληθυσμού | $TW = 6.65186e\text{-}05 \times HL^{3.40965}$ | 494 | 0.882 | *** | Θετική | ns | ns |
| Θηλυκά | $TW = 0.000113875 \times HL^{3.29666}$ | 236 | 0.896 | *** | Θετική | | |
| Αρσενικά | $TW = 5.08705e\text{-}05 \times HL^{3.46013}$ | 258 | 0.856 | *** | Θετική | | |
| Σύνολο πληθυσμού | $TW = 0.0115557 \times ED^{3.62714}$ | 494 | 0.582 | *** | Θετική | ** | ns |
| Θηλυκά | $TW = 0.00674662 \times ED^{3.91498}$ | 236 | 0.755 | *** | Θετική | | |
| Αρσενικά | $TW = 0.0406832 \times ED^{3.07422}$ | 258 | 0.499 | ns | Θετική | | |
| Σύνολο πληθυσμού | $TW = 1.4634e\text{-}05 \times PAL^{3.39347}$ | 494 | 0.811 | *** | Θετική | ns | ns |
| Θηλυκά | $TW = 3.0387e\text{-}05 \times PAL^{3.25433}$ | 236 | 0.872 | ** | Θετική | | |
| Αρσενικά | $TW = 1.0107e\text{-}05 \times PAL^{3.45664}$ | 258 | 0.680 | ** | Θετική | | |

Στατιστικά σημαντική θετική αλλομετρία παρατηρήθηκε σχεδόν σε όλες τις σχέσεις (Πίνακας ΙΙ). Μεταξύ των φύλων στατιστικά σημαντική διαφορά παρατηρήθηκε στις σχέσεις μήκους-βάρους (TL-TW, $p<0.001$) και διαμέτρου ματιού-βάρους (ED-TW) μόνο για το συντελεστή αλλομετρίας (ΣΑ). Αντίθετα, δεν παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στις σχέσεις μήκους κεφαλής-βάρους και μήκους ρύγχους έδρας-βάρους.

Εκτιμήσεις του συντελεστή ευρωστίας (a) και του συντελεστή αλλομετρίας (b) μπορούν να συσχετιστούν με οικολογικές διεργασίες και την ιστορία ζωής. Υψηλές τιμές του συντελεστή αλλομετρίας υποδηλώνουν ότι το είδος κερδίζει βάρος με ταχεία αύξηση του μήκους. Παρατηρήθηκε στατιστικά σημαντική διαφορά στο συντελεστή αλλομετρίας της σχέσης μήκους-βάρους υπέρ των αρσενικών ατόμων παρόμοια με τους Papaconstantinou *et al* (1993) στο κεντρικό Αιγαίο και τους El Bouzidi *et al* (2002) στις ακτές του Μαρόκου στο βόρειο Ατλαντικό. Αντίθετα οι Pineiro & Sainza (2003) στις ακτές της Ισπανίας στον Ατλαντικού και οι Soykan *et al* (2015) στις ακτές της Τουρκίας στο κεντρικό Αιγαίο παρατήρησαν διαφορά στο συντελεστή αλλομετρίας της σχέσης μήκους-βάρους υπέρ των θηλυκών

ατόμων. Η τιμή του συντελεστή που εκτιμάται για ένα είδος μπορεί να διαφέρει μεταξύ των αποθεμάτων, ακόμη και μεταξύ των περιοχών (Andrade & Campos 2002). Οι διαφορές αυτές υποδεικνύουν μικρές διακυμάνσεις που σχετίζονται με την εκάστοτε περιοχή μελέτης, το έτος, την περίοδο δειγματοληψίας, καθώς και τις φυσικές και περιβαλλοντικές συνθήκες που αντιμετωπίζουν τα αποθέματα.

Οι σχέσεις μήκους-βάρους έχουν πολλές εφαρμογές στη βιολογία, στη φυσιολογία, στην οικολογία και στην αξιολόγηση των αλιευτικών δεδομένων. Σε βιολογικές μελέτες, οι σχέσεις μήκους-βάρους επιτρέπουν την εκτίμηση των εποχιακών διακυμάνσεων στην ανάπτυξη των αλιευμάτων, στον υπολογισμό δεικτών της φυσιολογίας του σώματος (Richter *et al.* 2000), καθώς και στη σύγκριση του κύκλου ζωής και της μορφολογίας μεταξύ διαφορετικών ειδών ή του ιδίου είδους σε διαφορετικά ενδιαιτήματα ή περιοχές (Goncalves *et al.* 1997). Επιπλέον η σχέση μήκους-βάρους είναι μια σημαντική παράμετρος για τη γνώση της βιολογίας των οστειχθύων επειδή παρέχει πληροφορίες για τα πρότυπα ανάπτυξής τους και τις συνθήκες της περιοχής που διαβιούν (Agboola & Anetekhai 2008), ενώ είναι σημαντική και για συγκριτικές μελέτες σχετικής ανάπτυξης (Moutopoulos & Stergiou 2002).

Στα ψάρια, το μέγεθος έχει γενικά μεγαλύτερη βιολογική σημασία από την ηλικία, κυρίως επειδή διάφοροι παράγοντες που σχετίζονται με την οικολογία και τη φυσιολογία εξαρτώνται περισσότερο από το μέγεθος παρά από την ηλικία. Κατά συνέπεια, η μεταβλητότητα του μεγέθους έχει σημαντικές επιπτώσεις σε διάφορες πτυχές της αλιευτικής βιολογίας και της δυναμικής των ιχθυοπληθυσμών (Erzini 1994).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Agboola JI, Anetekhai MA (2008) Length–weight relationships of some fresh and brackish water fishes in Badagry creek, Nigeria. Journal of Applied Ichthyology, 24(5), 623-625.

Akalın, S (2014). Edremit Körfezi'nde Bakalyaro'nun (Merluccius merluccius L., 1758) yaş ve büyüme özelliklerinin incelenmesi. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 31(4), 195-203.

Anderson R, Gutreuter S (1983) Length, weight, and associated structural indices. In: Nielsen L, Johnson D (Eds) Fisheries Techniques. American Fisheries Society, p. 283-300.

Andrade HA, Campos RO (2002) Allometry coefficient variations of the length–weight relationship of skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) caught in the southwest South Atlantic. Fisheries Research 55(1-3): 307-312.

Cohen DM, Inada T, Iwamoto T, Scialabba N (1990) FAO species catalogue. Vol. 10. Gadiform fishes of the world (Order Gadiformes). An annotated and illustrated catalogue of cods, hakes, grenadiers and other gadiform fishes known to date. FAO Fish Synop. 125(10) Rome: FAO 442 p.

El Bouzidi C, Abid N, Awadh H, Bakkali M, Zerrouk MH (2022) Growth and mortality of the European hake Merluccius merluccius (Linnaeus, 1758) from the North of Moroccan Atlantic coasts. The Egyptian Journal of Aquatic Research.

Erzini K (1994). An empirical study of variability in length-at-age of marine fishes. Journal of Applied Ichthyology 10: 17-41.

Froese R, Pauly D (2018) Species of *Merluccius* in FishBase. April 2018 version.

Goncalves JMS, Bentes L, Lino PG, Ribeiro J, Candrio AVM, Erzini K (1997). Weight-length relationships for selected fish species of the small-scale demersal fisheries of the south and south-west coast of Portugal. Fisheries Research 30: 253-256.

Katsanevakis S, Maravelias CD, Vassilopoulou V (2010) Otter trawls in Greece: landing profiles and potential metiers. Mediterranean Marine Science 11: 43–59.

Moutopoulos DK, Stergiou KI (2002) Length–weight and length–length relationships of fish species from the Aegean Sea (Greece). Journal of Applied Ichthyology, 18(3), 200-203.

Papaconstantınou C, Caragitsou E, Vassilopoulou V, Petrakis G, Mytilineou Ch, Fourtouni Ch, Tursi A, Politou C-Y, Giagnisi M, D' Onghia G, Siapatis A, Matarese A, Economou A, Papageorgiou E (1993) Investigation of the abundance and distribution of demersal stocks of primary ımportance to the Greek fishery in the North Aegean Sea, Greece. National Centre for Marine Research, Athens, Hellas, Technical Report, 316

Piñeiro C, Saínza M (2003) Age estimation, growth and maturity of the European hake (Merluccius merluccius (Linnaeus, 1758)) from Iberian Atlantic waters. ICES Journal of Marine Science, 60(5), 1086-1102.

Quinn TJ, Deriso RB (1999) Quantitative Fish Dynamics. Oxford University Press. New York. 542 pp.
Richter HC, Luckstadt C, Focken U, Becker K (2000). An improved procedure to assess fish condition on the basis of length-weight relationships. Archive of Fishery and Marine Research 48: 255-264.
Soykan O, Ilkyaz AT, Metın G, Kinacigıl HT (2015). Age, growth and reproduction of European hake (Merluccius merluccius (Linn., 1758)) in the Central Aegean Sea, Turkey. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 95(4), 829-837.

# Πληθυσμιακή δομή του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*) στο βόρειο Αιγαίο

**Μαρία Βλάχου[1], Αλέξανδρος Θεοχάρης[1], Χρήστος Ντάβαρος[1], Δημήτριος Κλαουδάτος[1*], Γεώργιος Α. Γκάφας[1], Νικόλαος Νεοφύτου[1], Γεώργιος Μιχαήλ[1], Δημήτριος Βαφείδης[1], Απόστολος Αποστολίδης[2], Αλέξιος Κονίδης[3], Αθανάσιος Εξαδάκτυλος[1]**

[1]Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, 38446, Βόλος

[2]Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονίας, Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Πανεπιστημιούπολη Θεσσαλονίκης, 54624, Θεσσαλονίκη

[3]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, 46.7 χμ Αθηνών-Σουνίου, 19013, Ανάβυσσος Αττικής,

*E-mail: dklaoud@uth.gr

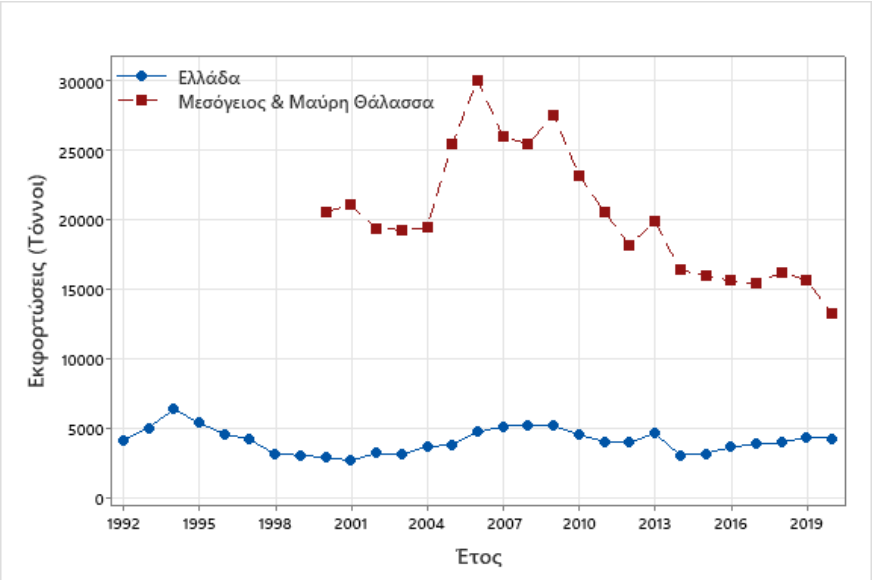
## ABSTRACT

Population dynamics of the European hake in north Aegean Sea, a highly exploited demersal fish species, was assessed. Fulton condition index exhibited significantly larger values in spring and summer, hepatosomatic index exhibited significantly larger values during summer and gonadosomatic index exhibited significantly larger values in spring and Autumn. Age composition indicated 85% of the individuals were younger than 3-year-old. Seven age classes were identified with the second class as the dominant cohort. Maximum approximate length was calculated at 56,31 cm, maximum approximate age at 11.7 years, age at first maturity at 34.8 cm and 28.7 cm for females and males respectively. Length at first maturity (L50%) was estimated at 3.49 years in 29.7 cm total weight for the total population.

**Keywords:** Population structure, growth, reproduction, age composition, condition index.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) είναι ένα βενθοπελαγικό είδος το οποίο διαβιεί σε λασπώδη υποστρώματα από 100 μέχρι 1000 μέτρα (Golani *et al*. 2006). Συναντάται στον Ατλαντικό και τη Μεσόγειο με κατανομή από τη Νορβηγία και Ισλανδία μέχρι τη Μαυριτανία. Αποτελεί ένα σημαντικό εμπορικό είδος με μεγάλη αλιευτική πίεση στη δυτική Ευρώπη και τη Μεσογειακή λεκάνη (Εικόνα 1).




**Εικόνα 1. Εκφορτώσεις του Μεσογειακού μπακαλιάρου (*Merluccius Merluccius*) στη Μεσόγειο και Μαύρη θάλασσα και στην Ελλάδα (Πηγή: Eurostat).**

**Figure 1. European hake (*Merluccius Merluccius*) landings in the Mediterranean and Black Sea and Greece (Source: Eurostat).**

Η παρούσα εργασία στοχεύει στην εκτίμηση των πληθυσμιακών χαρακτηριστικών του Μεσογειακού μπακαλιάρου, τη δομή μήκους και βάρους, αναπαραγωγή, ανάπτυξη, ηλικιακή κατανομή και βιολογικών δεικτών στο βόρειο Αιγαίο.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με το αλιευτικό εργαλείο της τράτας βυθού στο βόρειο Αιγαίο μεταξύ Μαΐου και Νοεμβρίου 2021. Η συλλογή των δειγμάτων από τον Τορωναίο Κόλπο πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος: «Εκτίμηση των αποθεμάτων του μπακαλιάρου στον Τορωναίο Κόλπο, ΠΕ Χαλκιδικής, κωδ. Έργου 2413ΧΑΛ001ΙΔΠ19».

Η σύγκριση των δεδομένων μεταξύ των φύλων εξετάστηκε με τη χρήση της παραμετρικής δοκιμασίας Student's t-test, και μη παραμετρικών δοκιμασιών Wilcoxon test και Mann-Whitney U test. Ο έλεγχος των στατιστικών υποθέσεων πραγματοποιήθηκε με το Shapiro-Wilk test, (κανονικότητα κατανομής), Variance ratio και Levene's tests (ομοιογένεια στη διακύμανση). Η μηδενική υπόθεση της μη στατιστικά σημαντικής διαφοράς των δεικτών μεταξύ των εποχών εξετάστηκε με παραμετρική δοκιμασία Welch's ANOVA (Krishnamoorthy et al. 2007) και ακολούθως χρησιμοποιήθηκε το Games–Howell post hoc test για ετερογενή διακύμανση με σκοπό την αναγνώριση πιθανών διαφορών μεταξύ των δειγμάτων. Η στατιστική επεξεργασία πραγματοποιήθηκε με τα λογισμικά Jamovi (v.2.3.13), και Minitab (v.20 Minitab, Pennsylvania, USA). Οι υποθέσεις ελέγχθηκαν σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05.

Οι κατανομές συχνότητας μήκους μετατράπηκαν σε ηλικιακές κατανομές (Bhattacharya 1967) με τη χρήση του λογισμικού FiSAT II (FAO, Rome, Italy) (v. 1.2.2.) (Gayanilo *et al*. 2005). Για την εκτίμηση των παραμέτρων αύξησης, εφαρμόστηκε η εξίσωση von Bertalanffy (1938): $\boldsymbol{L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t_0)})}$ (Lester *et al*. 2004). Όπου: Lt: Το ολικό μήκος τη χρονική στιγμή t, L∞: Το ασυμπτωτικό μήκος σώματος (το μήκος που θα αποκτούσε το ψάρι αν ζούσε απεριόριστα), K: Παράμετρος που εκφράζει το ρυθμό με τον οποίο το ψάρι πλησιάζει το L∞ (μετριέται σε 1/t), t: Η ηλικία σε έτη, t0: Η υποθετική ηλικία στην οποία το ψάρι έχει μηδενικό μήκος. Ο γοναδοσωματικός δείκτης (GSI) υπολογίστηκε ως: (βάρος γονάδας ⁄ ολικό βάρος) * 100 (Strange 1996). Ο δείκτης ευρωστίας (K) κατά Fulton υπολογίστηκε ως: $K = (W/TL^3) * 100$. Όπου: W: Ολικό βάρος (σε gr), L: Ολικό μήκος (σε cm). Ο ηπατοσωματικός δείκτης (HSI) υπολογίστηκε ως: HSI = (βάρος ήπατος/ολικό βάρος) * 100.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά συλλέχθηκαν 236 θηλυκά (48%) και 259 αρσενικά (52%) άτομα.

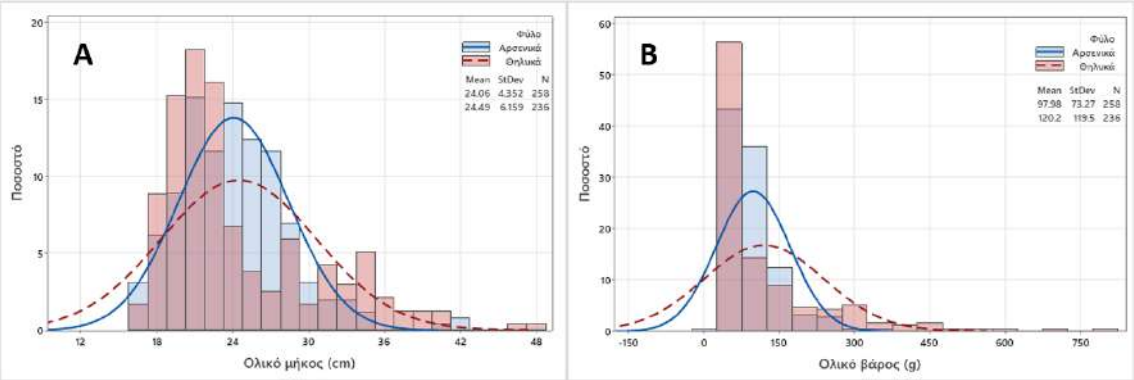
**Πίνακας Ι. Περιγραφικά μέτρα του ολικού μήκους, ολικού βάρους, γοναδοσωματικού δείκτη (GSI), ηπατικού δείκτη (HSI), δείκτη ευρωστίας κατά Fulton (K) και ηλικία των ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο.**

**Table I. Descriptive statistics of the total length, total weight, gonadosomatic index (GSI), hepatosomatic index (HSI), Fulton condition factor (K) and approximate age of Mediterranean hake in north Aegean.**

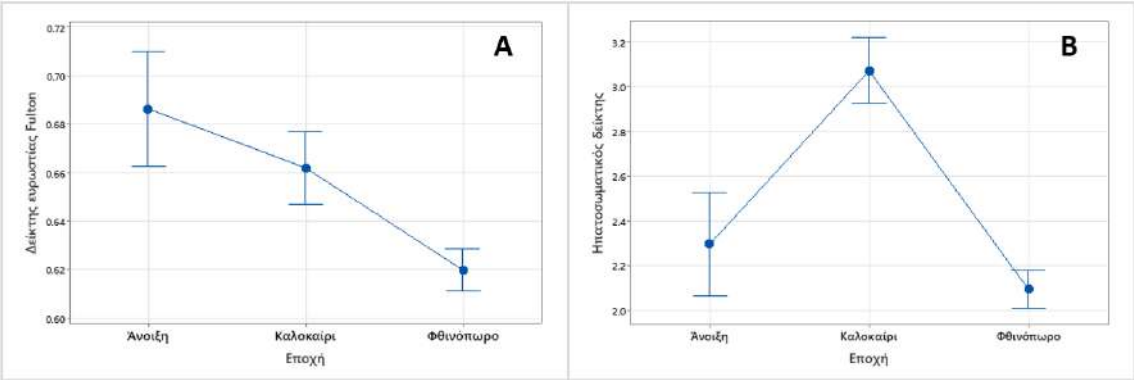
| | TL (cm) | TW(g) | GSI | HSI | K | Ηλικία |
|---|---|---|---|---|---|---|
| **Αριθμός ατόμων** | 494 | 494 | 490 | 494 | 494 | 494 |
| **Μέσος όρος** | 24.27 | 108.58 | 0.45 | 2.34 | 0.64 | 2.4 |
| **Διάμεσος** | 22.96 | 75.39 | 0.25 | 2.24 | 0.63 | 2.02 |
| **Τυπική απόκλιση** | 5.29 | 98.61 | 0.89 | 0.9 | 0.08 | 1.23 |
| **Ελάχιστο** | 16.24 | 24.5 | 0.02 | 0.5 | 0.22 | 0.97 |
| **Μέγιστο** | 47.6 | 804.5 | 8.54 | 7.83 | 1.03 | 9.48 |

Δεν παρατηρήθηκε καμία στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ ολικού μήκους, ολικού βάρους, γοναδοσωματικού δείκτη, ηπατικού δείκτη, δείκτη ευρωστίας κατά Fulton και ηλικία μεταξύ φύλων για το Μεσογειακό μπακαλιάρο στο βόρειο Αιγαίο ($p>0.05$).

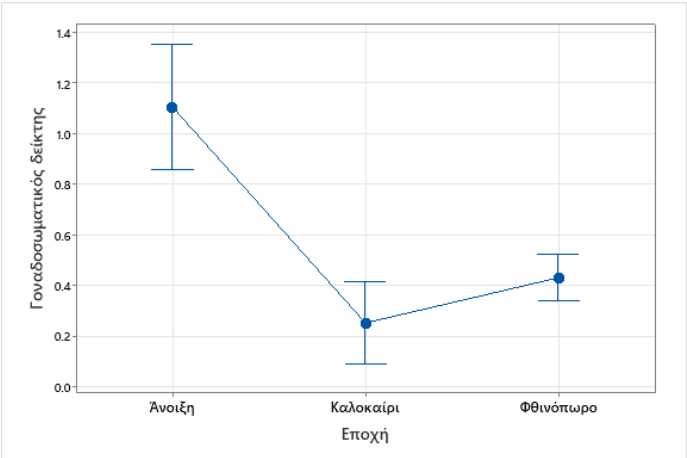
Η κατά μήκος και κατά βάρος σύνθεση του υπό μελέτη πληθυσμού παρουσιάζεται στην Εικόνα 2. Ο δείκτης ευρωστίας κατά Fulton (Εικόνα 3) εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος την άνοιξη και το καλοκαίρι σε σχέση με το φθινόπωρο ($F=18.31$, $P<0.001$). Ο ηπατοσωματικός δείκτης (Εικόνα 3) εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος το καλοκαίρι σε σχέση με την άνοιξη και το φθινόπωρο ($F=51.72$, $P<0.001$). Ο γοναδοσωματικός δείκτης (Εικόνα 4) εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος την άνοιξη και το φθινόπωρο σε σχέση με το καλοκαίρι ($F=9.37$, $P<0.001$).




**Εικόνα 2. Κατά μήκος (A) και κατά βάρος (B) σύνθεση του μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο.**
**Figure 2. European hake length (A) and weight (B) distribution in north Aegean Sea.**




**Εικόνα 3. Εποχιακή διακύμανση του δείκτη ευρωστίας κατά Fulton (A) και του ηπατοσωματικού δείκτη (B) για το Μεσογειακό μπακαλιάρο στο βόρειο Αιγαίο (διακρίνεται η μέση τιμή και το 95% του διαστήματος εμπιστοσύνης).**
**Figure 3. Seasonal variation of Fulton condition index (A) and hepatosomatic index (B) for European hake in north Aegean Sea (mean and 95% confidence interval are shown).**



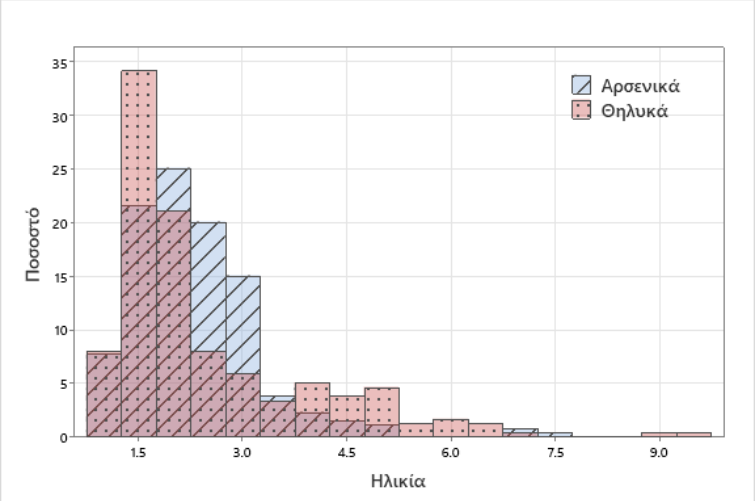

**Εικόνα 4. Εποχιακή διακύμανση του γοναδοσωματικού δείκτη των ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο (διακρίνεται η μέση τιμή και το 95% του διαστήματος εμπιστοσύνης).**
**Figure 4. Seasonal variation of gonadosomatic index for European hake in north Aegean Sea (mean and 95% confidence interval are shown).**

Η ηλικιακή σύνθεση των ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο (Πίνακας ΙΙ) υπέδειξε ότι ποσοστό μεγαλύτερο του 85% των συλληφθέντων ατόμων ήταν ηλικίας μέχρι τριών ετών.

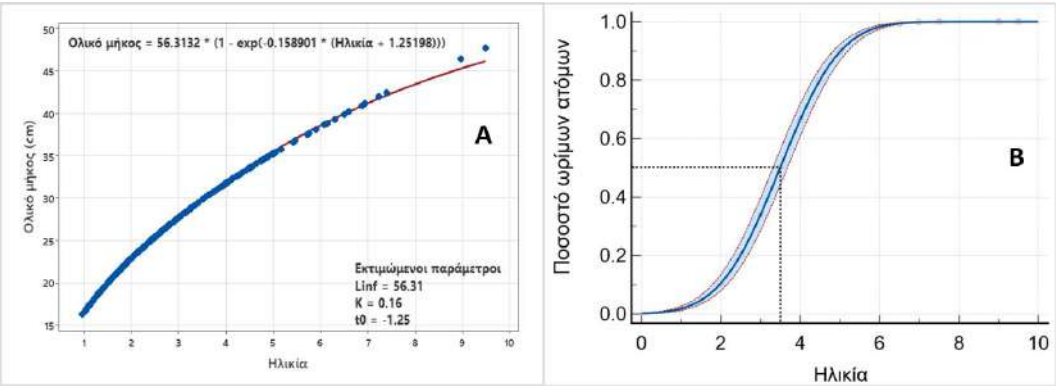
**Πίνακας ΙΙ. Ηλικιακή σύνθεση των ατόμων του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο.**
**Table II. Age distribution of European hake in north Aegean Sea.**

| Ηλικιακές κλάσεις | Μέσο ολικό μήκος (cm) | Τυπική απόκλιση | Ποσοστό πληθυσμού |
|---|---|---|---|
| 1 | 18.46 | 0.94 | 12.72 |
| 2 | 21.61 | 1.62 | 47.01 |
| 3 | 26.31 | 1.80 | 25.96 |
| 4 | 31.93 | 1.22 | 7.25 |
| 5 | 35.23 | 0.65 | 4.09 |
| 6 | 38.18 | 1.69 | 2.23 |
| 7 | 42.00 | 0.93 | 0.74 |

Συνολικά επτά ηλικιακές κλάσεις αναγνωρίστηκαν με κυρίαρχη την κλάση των δύο ετών. Είναι γνωστό ότι ο Μεσογειακός μπακαλιάρος αποτελεί ένα σχετικά μακρόβιο είδος ξεπερνώντας σε ηλικία τα δέκα έτη (Piñeiro & Saínza 2003).
Τα θηλυκά άτομα του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο Βόρειο Αιγαίο παρουσίασαν μεγαλύτερο ποσοστό μεγαλύτερων ηλικιών σε σχέση με τα αρσενικά με το 16% τον αρσενικών και το 26% των θηλυκών ατόμων να είναι μεγαλύτερα των 4 ετών (Εικόνα 5).




**Εικόνα 5. Ηλικιακή σύνθεση του Μεσογειακού μπακαλιάρου στο βόρειο Αιγαίο για κάθε φύλο.**
**Figure 5. Age composition of European hake in north Aegean Sea for each sex.**




**Εικόνα 6 Εξίσωση von Bertalanffy και οι εκτιμώμενοι παράμετροι ανάπτυξης (A), ανάλυση παλινδρόμησης probit (B) του ποσοστού των ώριμων ατόμων σε κάθε ηλικία, για το Μεσογειακό μπακαλιάρο στο βόρειο Αιγαίο.**
**Figure 6. Von Bertalanffy equation and estimated growth parameters (A), probit regression analysis (B) of the percentage of mature individuals at each age class, for European hake in north Aegean Sea.**

Το ασυμπτωτικό μήκος (Linf) υπολογίστηκε στα 56.31 cm (Εικόνα 6), μικρότερο σε σχέση με τους El Bouzidi et al (2022) στα 80.19 cm και 69.15 cm στο βορειοδυτικό Μαρόκο για τα θηλυκά και αρσενικά αντίστοιχα και παραπλήσιο σε σχέση με τους Soykan *et al* (2015) στα 54.53 cm για το σύνολο του πληθυσμού στις τουρκικές ακτές του κεντρικού Αιγαίου. Η μέγιστη ηλικία του πληθυσμού εκτιμήθηκε στα 11.7 έτη βάση ηλικίας πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας σύμφωνα με τους (Froese & Binohlan 2000), σε συμφωνία με τους El Bouzidi et al (2022) που εκτίμησαν την ηλικία του συνολικού πληθυσμού στα 10 έτη στο βορειοδυτικό Μαρόκο. Η ηλικία πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας εκτιμήθηκε στα 34.8 cm και 28.7 cm για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα αντίστοιχα, με βάση τις εμπειρικές εξισώσεις των (Froese & Binohlan 2000) σημαντικά μεγαλύτερη από τους Soykan *et al* (2015) που εκτίμησαν την ηλικία πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας στα 21.49 cm και 25.65 στις Τουρκικές ακτές του κεντρικού Αιγαίου και τους Zorica et al (2001), στα 22.38 cm και 20.74 cm στην Αδριατική για τα θηλυκά και αρσενικά άτομα αντίστοιχα.

Η ηλικία πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας (L50%) στο σύνολο του πληθυσμού υπολογίστηκε σύμφωνα με την ανάλυση παλινδρόμησης probit (Εικόνα 6) (Finney, 1947) στα 3.49 έτη (95% διάστημα εμπιστοσύνης 3.31-3.68 έτη) σε ολικό μήκος 29.7 cm, σε συμφωνία με τους Candelma *et al* (2001) στην Αδριατική θάλασσα που υπολόγισαν το μήκος πρώτης αναπαραγωγικής ωριμότητας στα 30.81 cm. Σημαντικά μεγαλύτερο μήκος αναπαραγωγικής ωριμότητας υπολόγισαν οι Recasens *et al* (2008) στα 35.8 cm στη θάλασσα της Καταλονίας και στα 35.1 cm στη βόρεια Τυρρηνική θάλασσα.

Ο γοναδοσωματικός δείκτης εκφράζει την ωριμότητα των γονάδων και οι υψηλότερες τιμές του υποδεικνύουν ότι οι γονάδες αναπτύσσονται, ενώ οι χαμηλότερες τιμές του σηματοδοτούν το τέλος της περιόδου ωοτοκίας (Lahaye 1972). Ο γοναδοσωματικός δείκτης εμφανίστηκε στατιστικά σημαντικά μεγαλύτερος την άνοιξη και το φθινόπωρο σε σχέση με το καλοκαίρι. Οι Zorica *et al* (2021) αναφέρουν υψηλότερες τιμές του γοναδοσωματικού δείκτη το χειμώνα και χαμηλότερες το καλοκαίρι και οι Candelma *et al* (2021) υψηλότερες τιμές άνοιξη-καλοκαίρι στην Αδριατική. Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος αποτελεί είδος που εμφανίζει πολλαπλή ωοτοκία με ενδιάμεση γονιμότητα, η οποία σχετίζεται με την ασύγχρονη ανάπτυξη των ωοκυττάρων (Murua *et al*. 1998). Επιπλέον, στη λεκάνη της Μεσογείου, εμφανίζει ωοτοκία κατά διαστήματα στη διάρκεια του έτους (Reňones *et al.* 1995).

Ο δείκτης ευρωστίας κατά Fulton εμφανίστηκε σημαντικά μεγαλύτερος την άνοιξη και το καλοκαίρι σε σχέση με το φθινόπωρο σε συμφωνία με τους Καρύδα & Μίνο (2008) στο Θερμαϊκό όπου ο δείκτης ευρωστίας εμφανίστηκε χαμηλότερος το φθινόπωρο και υψηλότερος της άνοιξη και το χειμώνα. Ο ηπατοσωματικός δείκτης εμφανίστηκε μεγαλύτερος το καλοκαίρι σε σχέση με την άνοιξη και το φθινόπωρο. Σε αντίθεση με τους Garcia-Fernandez *et al*. (2020) στη βορειοδυτική Ισπανία και τους Candelma *et al* (2021) στην Αδριατική όπου το φθινόπωρο εμφανίστηκε η υψηλότερη τιμή και στους δύο δείκτες. Κατά την ωρίμανση τα αποθέματα λίπους που συσσωρεύονται στο ήπαρ κινητοποιούνται στην ωογένεση των ωοθηκών και ο ηπατοσωματικός δείκτης μειώνεται ταχύτατα (Billard 1979). Οι δείκτες (ευρωστίας, ηπατοσωματικός) είναι χρήσιμοι για την εκτίμηση περιβαλλοντικών και ανθρωπογενών επιδράσεων στους αλιευόμενους πληθυσμούς (Hidalgo *et al.* 2008) και συνήθως σχετίζονται με εποχιακές αλλαγές στη διατροφή, την κατανάλωση τροφής και το ισοζύγιο ενέργειας που κατανέμεται μεταξύ ανάπτυξης και αναπαραγωγής (Alonso-Fernandez & Saborido-Rey 2012).

Ο Μεσογειακός μπακαλιάρος αποτελεί ένα σημαντικότατο εμπορικό είδος (Casey & Pereiro 1995), όχι μόνο εξαιτίας της αφθονίας του και της εκτεταμένης του κατανομής αλλά και λόγω του ρόλου του στην τροφική αλυσίδα. Δεδομένα ανάπτυξης και ηλικίας για τους αλιευόμενους πληθυσμούς είναι καθοριστικά για την κατανόηση των βιολογικών τους χαρακτηριστικών, τη μελέτη της πληθυσμιακής τους δομής και δυναμικής (Panfili *et al*. 2002), της αξιολόγησης των αποθεμάτων τους και της βελτίωσης της αλιευτικής τους διαχείρισης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Καρύδας Θ, Μίνος Γ (2008) Μελέτη της ευρωστίας του Μπακαλιάρου *Merluccius Merluccius* (Linnaeus, 1758) στο Θερμαϊκό κόλπο. 30ο Επιστημονικό συνέδριο Ελληνικής Εταιρίας Βιολογικών Επιστημών, Θεσσαλονίκη 22-24 Μαΐου.

Alonso-Fernandez A, Saborido-Rey F (2012). Relationship between energy allocation and reproductive strategy in Trisopterus luscus. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 416, 8-16.

Bhattacharya C G (1967) A simple method of resolution of a distribution into Gaussian components. Biometrics 23: 115–135

Billard R (1979) La Gametogenese, le Cycle Sexuel et le Con-trole de la Reproduction chez les Poissons Teleosteens. Bulletin Franqais de la Peche et de la Pisciculture, Vol. 273, pp. 117-136. doi:10.1051 kmae:1979008

Candelma M, Marisaldi L, Bertotto D, Radaelli G, Gioacchini G, Santojanni A, ... Carnevali O (2021). Aspects of Reproductive Biology of the European Hake (Merluccius merluccius) in the Northern and Central Adriatic Sea (GSA 17-Central Mediterranean Sea). Journal of Marine Science and Engineering, 9(4), 389.

Casey J, Pereiro J (1995) European Hake (*M. merluccius*) in the Northeast Atlantic In: Alheit J, Pitcher T J (eds) Hake: Fisheries, ecology and markets, Chapman and Hall, London, 1995 p. 125-148

El Bouzidi C, Abid N, Awadh H, Bakkali M, Zerrouk MH (2022). Growth and mortality of the European hake Merluccius merluccius (Linnaeus, 1758) from the North of Moroccan Atlantic coasts. The Egyptian Journal of Aquatic Research.

Finney D J (1947) Probit Analysis. A statistical treatment of the sigmoid response curve. Cambridge: Cambridge University Press.

Froese R, Binohlan C (2000) Empirical relationships to estimate asymptotic length, length at first maturity and length at maximum yield per recruit in fishes, with a simple method to evaluate length frequency data. Journal of Fish Biology. 56: 758–773. https://doi.org/10.1006/jfbi.1999.1194

García-Fernández C, Domínguez-Petit R, Aldanondo N, Saborido-Rey F (2020). Seasonal variability of maternal effects in European hake Merluccius merluccius. Marine Ecology Progress Series, 650, 125-140.

Gayanilo F, Sparre P, Pauly D (2005) FAO-ICLARM Stock Assessment Tools II (FiSAT II) User's Guide; FAO: Rome, Italy

Golani D, Oztürk B, Başusta N (2006) Fishes of the Eastern Mediterranean. Turkish Marine Research Foundation, Istanbul, Turkey. Pub. Number: 24, 259 p

Hidalgo M, Massutí E, Moranta J, Cartes J, Lloret J, Oliver P, Morales-Nin B (2008) Seasonal and short spatial patterns in European hake (*Merluccius merluccius* L.) recruitment process at the Balearic Islands (western Mediterranean): the role of environment on distribution and condition. Journal of Marine Systems 71(3-4): 367-384.

Krishnamoorthy K, Mathew T, Ramachandran G (2007) Upper limits for exceedance probabilities under the one-way random effects model. Annals of Occupational Hygiene. 51: 397–406.

Lahaye J (1972) Cycles Sexuels de Quelques Poissons Plats Des Cotes Bretonnes. Revue des Travaux de Γ Institute des Reches Maritimes, Vol. 36, No. 2, p. 191-207.

Lester NP, Shuter BJ, Abrams PA (2004) Interpreting the von Bertalanffy model of somatic growth in fishes: The cost of reproduction. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 271: 1625–1631. https://doi.org/10.1098/rspb.2004.2778.

Murua H, Motos L, Lucio P (1998) Reproductive modality and batch fecundity of the European hake (*Merluccius merluccius*) in the Bay of Biscay. CalCOFI Rep 39: 196–203.

Panfili J, de Pontual H, Troadec H, Wrigh PJ (2002). Manual of fish sclerochronology.

Piñeiro C, Saínza M (2003). Age estimation, growth and maturity of the European hake (*Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758)) from Iberian Atlantic waters. ICES Journal of Marine Science, 60: 1086–1102. https://doi.org/10.1016/ S1054-3139(03)00086-9.

Recasens L, Chiericoni V, Belcari P (2008). Spawning pattern and batch fecundity of the European hake (Merluccius merluccius (Linnaeus, 1758)) in the western Mediterranean. Scientia Marina, 72(4), 721-732.

Renones O, Messuti E, Morales-Nin B (1995). Life history of the red mullet *Mullus surmuletus* from the bottom-trawl fishery off the Island of Majorca (north-west Mediterranean). Mar. Biol. 123: 411-419.

Strange RJ (1996) Field examination of fishes. In: Murphy BR, Willis DW (eds) Fisheries techniques, 2nd edn. Bethesda, Maryland: American Fisheries Society, p.433–446.

Soykan O, Ilkyaz AT, Metın G, Kinacigıl HT (2015). Age, growth and reproduction of European hake (Merluccius merluccius (Linn., 1758)) in the Central Aegean Sea, Turkey. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 95(4), 829-837.

Zorica B, Isajlović I, Vrgoč N, KEČ VČ, Medvešek D, Vuletin V, ... Šestanović M (2021) Reproductive traits of the European hake, Merluccius merluccius (L. 1758), in the Adriatic Sea. Acta Adriatica, 62(2), 183-198.

# Σύγχρονες αντιλήψεις για τις επιπτώσεις επιλεγμένων χωροκατακτητικών ξενικών ειδών ιχθύων: Προκαταρκτικά αποτελέσματα

**Γεράσιμος Κονδυλάτος[1], Δημήτριος Μαυρουλέας[1], Κωνσταντίνος Καλαεντζής[1], Αλέξιος Κονίδης[2]**

[1]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Υδροβιολογικός Σταθμός Ρόδου. Οδός Κω, 85100 Ρόδος, Ελλάδα - gkondylatos@hcmr.gr, d.mavrouleas@hcmr.gr, k.kalaentzis@hcmr.gr

[2]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Ινστιτούτο Θαλασσίων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων. 46.7 χλμ. Αθηνών – Σουνίου Τ.Θ. 712, Τ.Κ.19013 Ανάβυσσος, Ελλάδα - conides@hcmr.gr

## ABSTRACT

**Gerasimos Kondylatos, Dimitris Mavrouleas, Konstantinos Kalaentzis, Alexios Conides: Contemporary perceptions on the implications of selected invasive alien fish species: Preliminary results**

Within the framework of project EXPLIAS (MIS 5049912) a questionnaire of 55 topics was addressed to owners of professional fishing vessels of the coastal fisheries based and registered on Rhodes Island, southeastern Aegean Sea. In total, 50 owners out of 239 participated in the questionnaire stating that *Lagocephalus sceleratus* is the most catastrophic species for their fishing gear, the ecosystem, and the local economy. However, *Fistularia commersonii* and *Pterois miles* are also considered harmful at some percentage. Synthesis of the catches has been altered once again by the continuous presence of *P. miles*, an edible and potentially marketable invader. Fishing data within 2002-2022 show that the number of allochthonous fish species by the use of boat seining has nearly doubled, while their number has tripled by the use of trammel nets.

**Keywords:** Coastal fisheries, Aegean Sea, invasive species, Lessepsian migration

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Αρκετά χωροκατακτητικά ξενικά είδη (ΧΞΕ) ιχθύων έχουν αναπτύξει γρήγορα μεγάλους πληθυσμούς στην ανατολική Μεσόγειο, παρουσιάζοντας ολοένα αυξανόμενα σημάδια εξάπλωσης στην κεντρική και δυτική λεκάνη (Zenetos *et al.* 2022). Σημαντικές θεωρούνται οι επιπτώσεις τους στη βιοποικιλότητα, στα οικοσυστήματα και τις υπηρεσίες τους με συνεπακόλουθες επιπτώσεις στην αλιεία και στην οικονομία (Katsanevakis *et al.* 2014). Ωστόσο, υπάρχουν και είδη που εμφανίζουν θετικά στοιχεία είτε λόγω της διαφαινόμενης εμπορικής τους σημασίας, είτε επειδή αντικαθιστούν χαμένες οικολογικές λειτουργίες λόγω της ρύπανσης και της υπεραλίευσης και ενισχύουν την πολυπλοκότητα των οικοσυστημάτων (Kleitou *et al.* 2021).

Το είδος *Lagocephalus sceleratus*, Tetraodontidae, (Gmelin, 1789), silver-cheeked toadfish, λαγοκέφαλος, είναι ένα από τα πιο διάσημα εισβολικά ΧΞΕ, καθώς στις ημέρες μας αποτελεί οξύ πρόβλημα για τις νοτιότερες θαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας, με έντονο οικολογικό και οικονομικό αντίκτυπο (Nader *et al*. 2012). Πρόκειται για έναν ευκαιριακό θηρευτή που επιτίθεται ακόμα και στα ήδη παγιδευμένα σε δίχτυα και παραγάδια αλιεύματα, προκαλώντας καταστροφές στο αλίευμα, αλλά και στα αλιευτικά εργαλεία (Nader *et al*. 2012; Ünal *et al*. 2015). Επιπλέον, αποτελεί ένα από τα πιο τοξικά είδη στον πλανήτη, καθώς οι ιστοί του περιέχουν τετροδοτοξίνη (TTX). Σε πολλές περιοχές της Α. Μεσογείου και του Ν. Αιγαίου οι τυχαίες συλλήψεις του είδους αποτελούν συχνά μεγάλο μέρος του αλιεύματος, ιδιαίτερα στην παράκτια αλιεία (Ünal & Göncüoğlu-Bodur 2017).

Έρευνες τα τελευταία χρόνια έχουν επίσης καταδείξει καταστροφικές επιπτώσεις από την εισβολή του ΧΞΕ *Pterois miles*, Scorpaenidae, (Bennett, 1828), devil firefish, λεοντόψαρο, σε Μεσογειακά οικοσυστήματα (Kletou *et al.* 2016). Το είδος μπορεί να φτάσει σε υψηλές αφθονίες μέσα σε μικρό χρονικό διάστημα αλλάζοντας την οικοσυστημική δομή και λειτουργία της περιοχής εισβολής του, κυρίως λόγω της θήρευσης άλλων αυτόχθονων και μικρότερων σε μέγεθος ειδών (Zannaki *et al.* 2019). Πρόκειται για εδώδιμο είδος, αλλά ο χειρισμός του από την αλίευση μέχρι τον καθαρισμό και το μαγείρεμά απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, καθώς περιέχει τοξίνη, όπως άλλωστε όλα τα μέλη της οικογένειας Scorpaenidae. Αυτός ίσως είναι ένας από τους λόγους που αποθαρρύνει την κατανάλωσή του. Παρότι στη Ελλάδα έχουν υλοποιηθεί ή/και έχουν ξεκινήσει προσπάθειες ενημέρωσης και προώθησης του αλιεύματος, η ζήτηση από το καταναλωτικό κοινό είναι χαμηλή.

Τέλος, ο ιχθύς *Fistularia commersonii*, Fistulariidae, (Rüppell, 1838), bluespotted cornetfish,

τρομπέτα, έχει μεγάλο ενδιαφέρον για την παρακολούθηση και διαχείριση του καθώς έχει αναφερθεί ότι το 70% κατά βάρος της διατροφής του αποτελείται από αυτόχθονα είδη ψαριών υψηλής οικονομικής αξίας [*Boops boops*, Sparidae, (Linnaeus, 1758), bogue, γόπα, *Engraulis encrasicolus*, Engraulidae, (Linnaeus, 1758), European anchovy, γαύρος, *Spicara smaris*, Sparidae, (Linnaeus, 1758), picarel, μαρίδα, και είδη της οικογένειας Mullidae] (Karachle & Stergiou 2017).

Με την εμπορική αξία και τις δυνατότητες εκμετάλλευσης τους να παραμένουν σχεδόν μηδενικές, ΧΞΕ όπως ο λαγοκέφαλος, το λεοντόψαρο και η τρομπέτα αποτελούν επιβαρυντικούς παράγοντες για την ελληνική αλιεία (Galanidi *et al* 2018). Στο πλαίσιο του έργου EXPLIAS (MIS 5049912), πραγματοποιήθηκε έρευνα υπό τη μορφή ερωτηματολογίων που εστιάστηκε σε επαγγελματίες αλιείς, ιδιοκτήτες επαγγελματικών αλιευτικών σκαφών που δραστηριοποιούνται στην θαλάσσια περιοχή γύρω από τη νήσο Ρόδο. Η τελευταία είναι μία από τις περιοχές όπου η παρουσία των τριών ΧΞΕ είναι εκτεταμένη. Σκοπός της έρευνας ήταν η συλλογή στοιχείων αλιείας (λιμένας ελλιμενισμού και εξόρμησης, αλιευτική προσπάθεια, τρόπος διάθεσης αλιεύματος, συνήθη αλιεύματα, σειρά προτίμησης αλιευμάτων, ποσότητες αλιεύματος, κ.α.). Επίσης συλλέχθηκαν στοιχεία που αφορούσαν στο ποια εργαλεία επηρεάζονται περισσότερο από τα ξενικά είδη και πόσο επιζήμιο είναι κάθε ένα από τα τρία ΧΞΕ για τα αλιευτικά εργαλεία, το οικοσύστημα και την οικονομία.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Καθώς το νοτιοανατολικό Αιγαίο και συγκεκριμένα η Ρόδος, αποτελεί μία από τις θαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας με τη μεγαλύτερη αφθονία ξενικών ειδών και όπου οι αλιείς αντιμετωπίζουν προβλήματα, το νησί επιλέχθηκε ως την περιοχή μελέτης για την προκαταρκτική εκτίμηση της κατάστασης της παράκτιας αλιείας από πλευράς προβλημάτων που επιφέρουν τα τρία ΧΞΕ. Ένα ερωτηματολόγιο δημιουργήθηκε για τους αλιείς, ιδιοκτήτες επαγγελματικών αλιευτικών σκαφών, το οποίο περιλάμβανε 55 ερωτήσεις όπου η απάντηση δινόταν είτε μέσω πολλαπλών επιλογών ή με μικρό κείμενο ή μονολεκτικά. Από τα 239 επαγγελματικά σκάφη παράκτιας αλιείας καταχωρημένα στο νησί και επτά βιντζότρατες που πλέον ασχολούνται αποκλειστικά με τη χρήση διχτυών/παραγαδιών/κιούρτων, ερωτήθηκαν οι ιδιοκτήτες των 50 εξ αυτών εντός του έτους 2020.

Μεταξύ άλλων, το ερωτηματολόγιο περιλάμβανε ερωτήσεις που αφορούσαν: την τυπολογία του σκάφους (π.χ. λιμένας εξόρμησης, ολικό μήκος σκάφους κ.α.) και της αλιείας (π.χ. αλιευτική προσπάθεια, αλιευτικό πεδίο για κάθε ξενικό είδος κ.α.), οικονομικά στοιχεία (π.χ. ετήσιο εισόδημα από αλιεία κ.α.), τα συγκεκριμένα ξενικά είδη (π.χ. με ποια εργαλεία ψαρεύονται κ.α.) και προβλήματα σχετιζόμενα με την αλιεία (βαθμολόγηση προβλημάτων της περιοχής αλιείας κ.α.).

Η διενέργεια των συνεντεύξεων με τους αλιείς πραγματοποιήθηκε επί τόπου σε λιμένες της νήσου Ρόδου όπου οι αλιείς δένουν τα σκάφη τους ή που πραγματοποιούν λοιπές εργασίες όταν δεν αλιεύουν (π.χ. επισκευή διχτυών).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά συλλέχθηκαν 50 ερωτηματολόγια. Το δείγμα που έλαβε μέρος στην συμπλήρωση των ερωτηματολογίων είναι αντιπροσωπευτικό του συνολικού αριθμού των ιδιοκτητών επαγγελματικών σκαφών παράκτιας αλιείας και φτάνει το 20,3% των σκαφών, συμπεριλαμβανομένων των επτά βιντζοτρατών.

Ως κυριότερος λιμένας ελλιμενισμού και εξόρμησης προκύπτει η πόλη της Ρόδου σε ποσοστό 62%. Κατ' ελάχιστον, η αλιευτική προσπάθεια κυμαίνεται μεταξύ 100 και 150 ημερών ανά έτος με μέγιστη τις 300 ημέρες. Σε ποσοστό 96% οι αλιείς προτιμούν να διαθέτουν το αλίευμά τους προς πώληση απευθείας σε τοπικούς καταναλωτές. Τα συνήθη αλιεύματα είναι ο λαγοκέφαλος, το λεοντόψαρο, ο *Siganus rivulatus*, Siganidae, Forsskål & Niebuhr, 1775, marbled spinefoot, λευκός γερμανός, ο *Siganus luridus*, Siganidae, (Rüppell, 1829), dusky spinefoot, μαύρος γερμανός, ο *Epinephelus marginatus*, Serranidae, (Lowe, 1834), dusky grouper, ροφός, ο *Sparisoma cretense* (Linnaeus, 1758), Scaridae, parrotfish, σκάρος, οι *Scorpaena* spp., Scorpaenidae, Linnaeus, 1758, scorpionfishes, σκορπιοί, η τρομπέτα, το *Pagrus pagrus*, Sparidae, (Linnaeus, 1758), red porgy, φαγκρί, κ.α. ενώ η σειρά προτίμησης των αλιευμάτων είναι γερμανός, ροφός, *Dentex dentex*, Sparidae, (Linnaeus, 1758), common dentex, συναγρίδα, φαγκρί, *Epinephelus aeneus*, Serranidae, (Geoffroy Saint-Hilaire, 1817), white grouper, σφυρίδα, *Epinephelus costae*, Serranidae, (Steindachner, 1878), goldblotch grouper, στήρα, *Mullus surmuletus*, Mullidae, Linnaeus, 1758, surmullet, μπαρμπούνι, κ.α. Οι ποσότητες του αλιεύματος ανά

ημέρα αλιείας κυμαίνονται από 5-10 κιλά ανά ημέρα αλιείας σε ποσοστό 60% των ερωτηθέντων ενώ 10-15 κιλά δήλωσε μόλις το 16%.

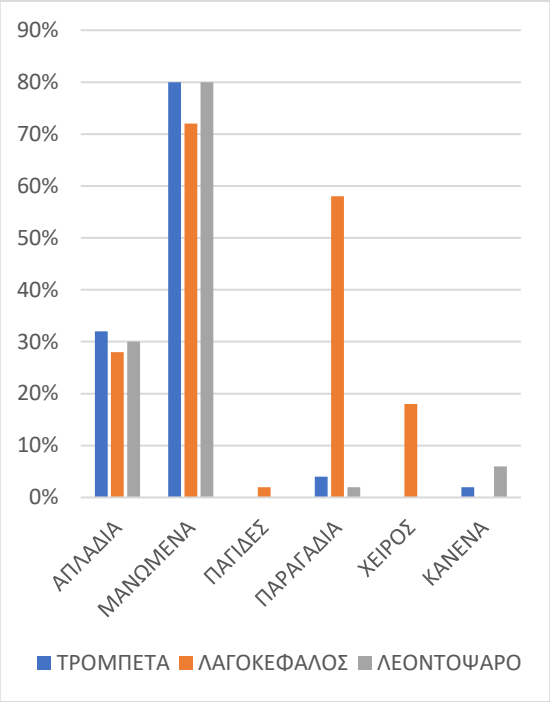
Από τα πιο κοινά εργαλεία αλιείας, αυτά που επηρεάζονται αρνητικά πιο πολύ από τα τρία ΧΞΕ είναι τα δίχτυα και περισσότερο τα μανωμένα και σε μικρότερο βαθμό τα παραγάδια από τον λαγοκέφαλο (Εικόνα 1). Ως πιο επιζήμιο είδος για τα αλιευτικά εργαλεία φαίνεται να είναι ο λαγοκέφαλος καθώς σε ποσοστό 90% των αλιέων δήλωσαν ότι προκαλεί ζημιές στη μέγιστη κλίμακα διαβάθμισης επιζημιότητας (Εικόνα 2). Ακολουθούν με μεγάλη διαφορά η τρομπέτα (20%) και το λεοντόψαρο (16%). Τα παραπάνω οφείλονται στον λαγοκέφαλο που καταναλώνει αλιεύματα, κυρίως ιχθύες και κεφαλόποδα, πάνω από τα δίχτυα (π.χ. Nader *et al*. 2012). Κατά την θήρευση αυτή αποκόπτει και τμήματα του διχτυού, όπως προκύπτει όχι μόνο από τις συνεντεύξεις και μαρτυρίες αλιέων αλλά και μέσα από τα προκαταρκτικά στοιχεία ανάλυσης στομαχικού περιεχομένου που διεξάγεται στο πλαίσιο του Έργου EXPLIAS. Η καταστροφική δράση του είδους μέσω συνεντεύξεων αναφέρεται και στους Ünal *et al*. (2015), Corsini-Foka *et al.* (2017) και Ünal & Göncüoğlu-Bodur (2017), γεγονός που σημαίνει ότι παραμένει ένα καταστροφικό είδος για τα αλιευτικά εργαλεία και δεν φαίνεται ότι υπάρχει κάποια μείωση της επιζημιότητάς του.

Σχετικά με την ζημιά που προκαλούν τα τρία ΧΞΕ στο οικοσύστημα, η πλειοψηφία των αλιέων τα κατατάσσει στην μέγιστη διαβάθμιση ζημιογόνου ρίσκου με ποσοστά 92%, 44% και 38% των ερωτηθέντων αλιέων για τον λαγοκέφαλο, την τρομπέτα και το λεοντόψαρο, αντίστοιχα (Εικόνα 3). Η εντύπωση αυτή εκ μέρους των αλιέων δημιουργείται κυρίως από τις καθημερινές παρατηρήσεις τους για την καταστροφή που προκαλούν στα αλιευτικά εργαλεία. Ωστόσο, είναι άμεσα συνδεδεμένη με τις παρατηρήσεις τους για την μείωση των αλιευόμενων κεφαλόποδων και άλλων εμπορικών ειδών ιχθύων τα τελευταία χρόνια, μετά την πρώτη εμφάνιση των ειδών αυτών στην περιοχή, κυρίως του λαγοκέφαλου και του λεοντόψαρου. Από την άλλη, πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι το λεοντόψαρο μαζί με τα δύο είδη γερμανών είναι εκείνα που εμφανίζουν τον μεγαλύτερο περιβαλλοντικό αντίκτυπο (Galanidi *et al*. 2018).

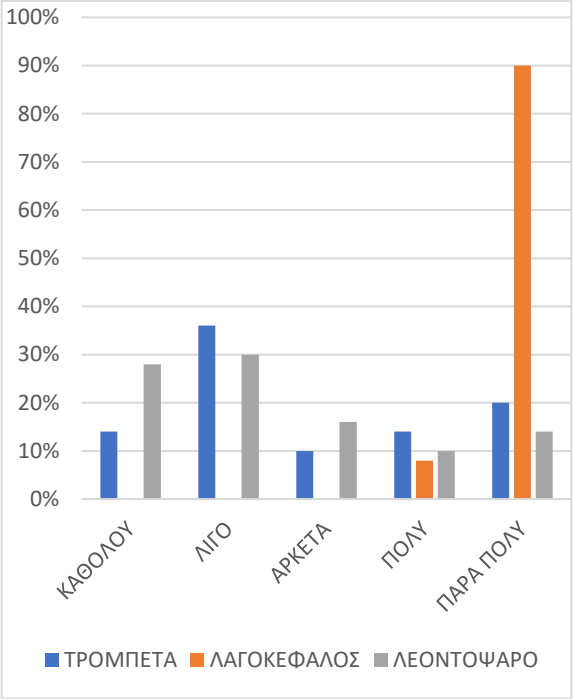
Όσον αφορά στο ετήσιο εισόδημα των αλιέων, 40% εξ αυτών δήλωσαν ότι κυμαίνεται μεταξύ 0-5.000,00€ και το 56% μεταξύ 5.001,00-10.000,00€. Από την άλλη, τα έξοδα του 82% των ερωτηθέντων κυμαίνονται μεταξύ 0-5.000,00€ και του 16% μεταξύ 5.001,00-10.000,00€. Τα τελευταία αφορούν κυρίως στον μισθό του απασχολούμενου προσωπικού και ακολουθούν τα καύσιμα και η αποκατάσταση των ζημιών στα αλιευτικά εργαλεία. Το 88% των ερωτηθέντων κατατάσσει τον λαγοκέφαλο πρώτο σε επίπεδο κινδύνου οικονομικής ζημίας (Εικόνα 4) και ακολουθεί η τρομπέτα με 44% και το λεοντόψαρο με 24% το οποίο είναι βρώσιμο είδος με προοπτική να αποτελέσει ένα νέο εμπορικό είδος. Το υψηλό ποσοστό που καταλαμβάνει στην έρευνα ο λαγοκέφαλος συνάδει με την καταγραφή του ως το είδος με τον υψηλότερο κοινωνικο-οικονομικό αντίκτυπο (Galanidi *et al.* 2018). Γενικότερα, τα μη εμπορικά είδη/απορριπτόμενα είδη (όπως και τα ξενικά) επηρεάζουν αρνητικά το εισόδημα των αλιέων μέσω της μείωσης του αριθμού/βιομάζας των εμπορικών ειδών, της αύξησης του χρόνου προετοιμασίας για το επόμενο αλιευτικό ταξίδι λόγω του χρόνου καθαρισμού των διχτυών και της πρόκλησης ζημιών στα αλιευτικά εργαλεία (Galanidi *et al.* 2018 και αναφορές εντός).

Στην περιοχή της Ρόδου έως το 2015 (εμφάνιση λεοντόψαρου), οι αυτόχθονοι βενθοπελαγικοί ιχθύες δεν εμφάνιζαν κάποια μείωση σε αριθμό ειδών λόγω εξαφάνισης κάποιων από αυτά ή λόγω εκτοπισμού τους από ξενικά, συγκριτικά με το παρελθόν (Corsini-Foka *et al.* 2017). Μέσω της επεξεργασίας των συλλεχθέντων στοιχείων από τις δειγματοληψίες του έργου EXPLIAS με στατικά δίχτυα, την περίοδο 2021-2022 και την διερεύνηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας που αφορά την ίδια περιοχή προκύπτουν τα στοιχεία του Πίνακα 1. Είναι ξεκάθαρο ότι με τη χρήση της βιντζότρατας από το 2002 έως το 2022, ο αριθμός των αλλόχθονων ειδών έχει σχεδόν διπλασιαστεί, ενώ με τη χρήση των στατικών διχτυών από το 2014 έως το 2022 έχει σχεδόν τριπλασιαστεί. Ωστόσο, δεν μπορεί να γίνει ασφαλής εξαγωγή συμπεράσματος ως προς την τάση.

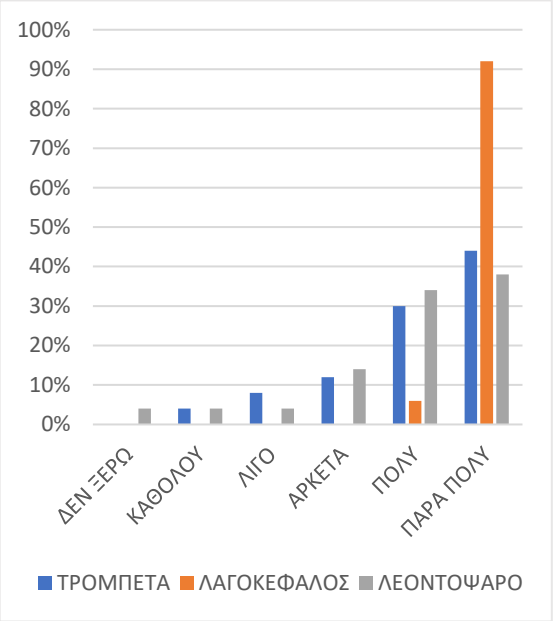
Παρά την άποψη των αλιέων, η εγκατάσταση και η δράση των ξενικών ειδών δεν είναι ο βασικός παράγοντας που εξηγεί την δραματική μείωση των αυτόχθονων ειδών στην πλειοψηφία των περιπτώσεων. Εκτιμάται ότι σημαντικότεροι λόγοι για τη μείωση των εμπορικών ειδών είναι η αύξηση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων, η υποβάθμιση των ενδιαιτημάτων και η αλιευτική πίεση (Arndt *et al.* 2018). Από την άλλη, τα ξενικά και ΧΞΕ μπορούν να συμβάλουν θετικά στην κάλυψη κενών θέσεων σε λειτουργίες του οικοσυστήματος (Kleitou *et al.* 2021).



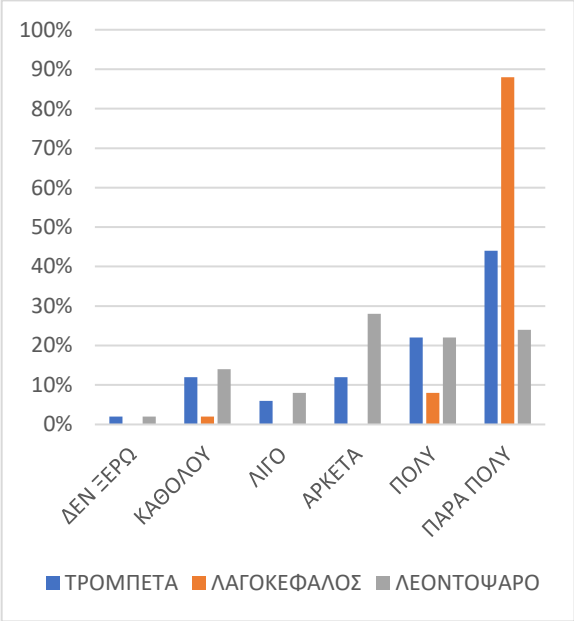

**Εικ. 1: Εργαλεία που επηρεάζονται από τα ΧΞΕ ιχθύων.**
**Fig. 1: Fishing gear affected by non-indigenous fish species.**




**Εικ. 2: Πόσο επιζήμια είναι τα ΧΞΕ για τα αλιευτικά εργαλεία.**
**Fig. 2: How damaging the non-indigenous fish species are for the fishing gear**




**Εικ. 3: Πόσο επιζήμια είναι τα ΧΞΕ για το οικοσύστημα.**
**Fig. 3: How damaging the non-indigenous fish species are for the ecosystem**




**Εικ. 4: Πόσο επιζήμια είναι τα ΧΞΕ για την οικονομία.**
**Fig. 4: How damaging the non-indigenous fish species are to the economy.**

**Πίνακας 1. Αυτόχθονα και αλλόχθονα είδη ιχθύων αλιευμένα με βιντζότρατα (Β) ή στατικά δίχτυα (Δ) στη νήσο Ρόδο. *Ελάχιστη και μέγιστη τιμή. **Αφορά μόνο τον Φεβρουάριο του 2015. ***Στο πλαίσιο του Προγράμματος "Επίδραση των Ξενικών Ιχθύων στην Παράκτια Αλιεία του ΝΑ Αιγαίου (IAFSEA)".**
**Table 1. Indigenous and non-indigenous fish species caught with boat seining (B) or static nets (Δ) on the island of Rhodes. *Minimum and maximum value. **Corresponds to February 2015. *** In the framework of the Project entitled "Impact of Alien Fish in the Southeastern Aegean Sea (IAFSEA)".**

| Έτος | Αυτόχθονα | Αλλόχθονα | % Ποσοστό αλλόχθονων | Αλιευτικό Εργαλείο | Πηγή |
|---|---|---|---|---|---|
| 2002-2010 | 27-43* | 4-7* | 9,76-18,18* | Β | Αρχείο ΥΣΡ, Corsini-Foka & Kondylatos (2015) |
| 2014 | 21 | 5 | 19,23 | Β | Corsini-Foka *et al*. (2015) |
| 2014 | 18 | 5 | 21,74 | Δ | Corsini-Foka *et al*. (2015) |
| 2014-2015 | 43 | 6 | 12,24 | Δ | Corsini-Foka *et al.* (2017) |
| 2015** | 12 | 5 | 29,41 | Β | Κονδυλάτος, αδημοσίευτα στοιχεία |
| 2019-2020 | 51 | 10 | 16,39 | Β | Κονδυλάτος, αδημοσίευτα στοιχεία*** |
| 2019-2020 | 23 | 8 | 25,81 | Δ | Κονδυλάτος, αδημοσίευτα στοιχεία*** |
| 2021-2022 | 52 | 14 | 22,06 | Δ | EXPLIAS (MIS5049912) |

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**
Η παρούσα εργασία προέκυψε στο πλαίσιο υλοποίησης του έργου EXPLIAS (MIS5049912, ID CODE: 01.3032001/001) το οποίο διεξάγεται από το Ινστιτούτο Ωκεανογραφίας, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών με συντονιστή το Εθνικό Μετσόβιο Πολυτεχνείο/Τμήμα Χημικών Μηχανικών και με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Οι συγγραφείς θέλουν να ευχαριστήσουν όλους τους επαγγελματίες αλιείς της νήσου Ρόδου που έλαβαν μέρος στην συμπλήρωση των ερωτηματολογίων.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Arndt E, Givan O, Edelist D, Sonin O, Belmaker J (2018) Shifts in Eastern Mediterranean fish communities: Abundance changes, trait overlap and possible competition between native and non-native species. Fishes 3: 19

Corsini-Foka M, Kondylatos G (2015) Native and alien ichthyofauna in coastal fishery of Rhodes (eastern Mediterranean) (2002-2010). Frontiers in Marine Science. Conference: XV European Congress of Ichthyology.

Corsini-Foka M, Zenetos A, Crocetta F, Çinar ME, Koçak F, Golani D, Katsanevakis S, Tsiamis K, Cook E, Froglia C, Triandaphyllou M, Lakkis S, Kondylatos G, Tricarico E, Zuljevic A, Almeida M, Cardigos F, Çağlar S, Durucan F, Fernandes MDA, Ferrario J, Haberle I, Louizidou P, Makris J, Marić M, Micu D, Mifsud C, Nall C, Kytinou E, Poursanidis D, Spigoli D, Stasolla G, Yapici S, Roy EH (2015) Inventory of alien and cryptogenic species of the Dodecanese (Aegean Sea, Greece): Collaboration through COST Action Training School. Management of Biological Invasions 6 (4): 351-366

Corsini-Foka M, Mastis S, Kondylatos G, Batjakas IE (2017) Alien and native fish in gill nets at Rhodes, eastern Mediterranean (2014-2015). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 97 (3): 635-642

Galanidi M, Zenetos A, Bacher S (2018) Assessing the socio-economic impacts of priority marine invasive fishes in the Mediterranean with the newly proposed SEICAT methodology. Mediterranean Marine Science 19(1): 107-123

Karachle PK, Stergiou KI (2017) An update on the feeding habits of fish in the Mediterranean Sea (2002-2015). Mediterranean Marine Science 18 (1): 43-52

Katsanevakis S, Wallentinus I, Zenetos A, Leppakoski E, Çinar ME, Ozturk B, Grabowski M, Golani D,

Cardoso AC (2014) Impacts of marine invasive alien species on ecosystem services and biodiversity: a pan-European review. Aquatic Invasions 9: 391-423
Kleitou P, Crocetta F, Giakoumi S, Giovos I, Hall-Spencer JM, Kalogirou S, Kletou D, Moutopoulos DK, Rees S (2021) Fishery reforms for the management of non-indigenous species. Journal of Environmental Management 280: 111690
Kletou D, Hall-Spencer JM, Kleitou P (2016) A lionfish (*Pterois miles*) invasion has begun in the Mediterranean Sea. Marine Biodiversity Records 9(46): 1-7
Nader M, Indary S, Boustany L (2012) The puffer fish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Eastern Mediterranean. EastMed Technical Documents (FAO) 34.
Ünal V, Göncüoğlu H, Durgun D, Tosunoğlu Z, Deval C, Turan C (2015) Silver-cheeked toadfish, *Lagocephalus sceleratus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), causes a substantial economic losses in the Turkish Mediterranean coast: A call for decision makers. Acta Ichthyologica et Piscatoria 45(3): 231-237
Ünal V, Göncüoğlu Bodur H (2017) The socio-economic impacts of the silver-cheeked toadfish on small-scale fishers: A comparative study from the Turkish coast. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 34(2): 119-127
Zannaki K, Corsini-Foka M, Kampouris TE, Batjakas IE (2019) First results on the diet of the invasive *Pterois miles* (Actinopterygii: Scorpaenidae) in the Hellenic waters. Acta Ichthyologica et Piscatoria 49(3): 311-317
Zenetos A, Albano PG, López Garcia E, Stern N, Tsiamis K, Galanidi M (2022) Established non-indigenous species increased by 40% in 11 years in the Mediterranean Sea. Mediterranean Marine Science 23(1) 196-212.

# Μοντελοποίηση του ενδιαιτήματος της κουτσομούρας (*Mullus barbatus*) κάνοντας χρήση ακουστικών χαρακτηριστικών του πυθμένα και περιβαλλοντικών παραμέτρων

Μαρία Κοσμαρίκου[1], Ζαχαρίας Καπελώνης[2], Κωνσταντίνος Τσαγκαρακης[2], Βασίλης Βαλαβάνης[2], Κωνσταντίνος Τουλούμης[3], Εμμανουήλ Κουτράκης[3], Αθανάσιος Μαχιας[2]
[1]ΠΜΣ Αλιευτική Βιολογία και Διαχείριση, ΑΠΘ – maria.kosm@yahoo.gr
[2]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) - vasilis@hcmr.gr, kontsag@hcmr.gr, amachias@hcmr.gr, zkapelonis@hcmr.gr
[3]Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝ.ΑΛ.Ε.) - touloumisk@inale.gr, manos@inale.gr

## ABSTRACT

**Maria Kosmarikou[1], Zacharias Kapelonis[2], Konstantinos Tsagarakis[2], Vasilis Valavanis[2], Konstantinos Touloumis[3], Emmanouil Koutrakis[3], Athanasios Mahias[2]**

**Habitat modeling of *Mullus barbatus* using acoustic bottom descriptors and environmental parameters**

Identification of the potential habitat of commercial fish species in relation to environmental conditions and bottom indicators is an interesting subject in both ecological and management points of view. For this purpose, biomass and the presence/absence of *M. barbatus* as estimated by experimental bottom trawl surveys in different parts of Aegean Sea spanning 10 years, were modelled using Generalized Additive Models (GAMs) along with acoustic data, environmental and bathymetry as independent variables. Depth, year and three seabed indicators were included as important factors in the GAMs both concerning presence/absence and biomass. The final models were used to produce the probability of *M. barbatus* presence in the study area as a measure of habitat suitability.

**Keywords:** *Mullus barbatus*, echosounder, habitat model, GAMs, bottom indicators

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κουτσομούρα (*Mullus barbatus*, L. 1758), ανήκει στην οικογένεια Mullidae, είναι ένα βενθοπελαγικό είδος ψαριού και συνήθως συναντάται σε αμμώδεις και λασπώδεις τύπους πυθμένα (Arslan İhsanoğlu & İşmen 2014) με εξάπλωση ανατολικά του Ατλαντικού κατά μήκος των Αφρικανικών και Ευρωπαϊκών ακτών και στη Μεσόγειο θάλασσα (Machias & Labropoulou 2002). Τα βάθη στα οποία συναντάται η κουτσομούρα συνήθως είναι σε ρηχά νερά μέχρι τα 200m (Tserpes, et al. 2002). Είναι ένα είδος με μεγάλη εμπορική αξία που ψαρεύεται με διάφορους τύπους εργαλείων, όπως τράτα βυθού, δίχτυα, απλάδια και βιτζότρατα (Carbonara et al. 2015).

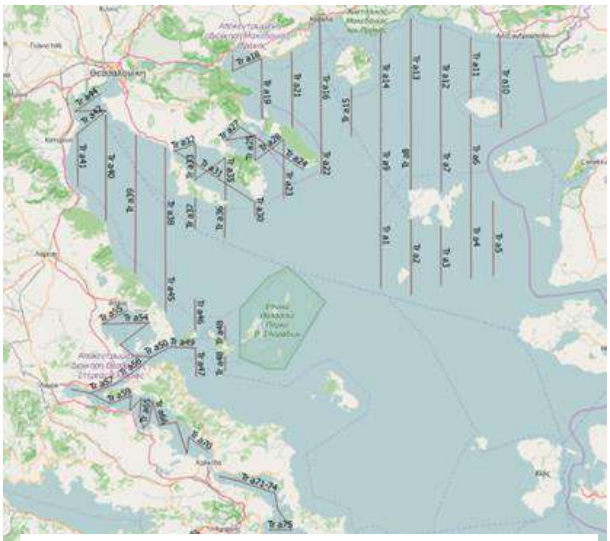
Η ανάλυση της ποιότητας του βυθού γίνεται συνήθως, πραγματοποιώντας ακουστικές δειγματοληψίες, με ηχοβολιστικά πλευρικής σάρωσης (sidescan sonar) που παρέχουν σημαντικές πληροφορίες για την επιστημονική χαρτογράφηση θαλάσσιων οικοτόπων (Anderson et al. 2008). Πληροφορίες σχετικά με τον θαλάσσιο πυθμένα, όπως η τραχύτητα, ο τύπος του θαλάσσιου εδάφους ως βραχώδης ή ιζηματώδης, η πυκνότητα του εδάφους και η κλίση, είναι ενσωματωμένα στην ακουστική ηχώ από τον βυθό. Οι πληροφορίες σχετικά με τη σύνθεση του πυθμένα λαμβάνονται από το σχήμα και την ένταση του σήματος που επιστρέφει (Fauziyah et al. 2019).

Τα μοντέλα ενδιαιτημάτων, είναι μία μέθοδος για την πρόβλεψη της καταλληλόλητας μιας τοποθεσίας για ένα είδος ή μία ομάδα ειδών, με βάση την παρατηρούμενη σχέση τους με τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Μέσω της επεξεργασίας δεδομένων και του ελέγχου πληροφοριών που αφορούν την παρουσία ειδών, είναι δυνατό να εντοπιστούν οι συνθήκες στις οποίες το είδος ευδοκιμεί.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η κατασκευή μοντέλων ενδιαιτήματος και η ανίχνευση των θέσεων που θα μπορούσαν να υποστηρίξουν την κουτσομούρα (*M. barbatus*) στην ευρύτερη περιοχή του Αιγαίου πελάγους κάνοντας χρήση περιβαλλοντικών δεδομένων και ακουστικών δεικτών που αφορούν τον θαλάσσιο πυθμένα, χρησιμοποιώντας διαθέσιμα δεδομένα βιομάζας στο διάστημα 2004 έως 2020. Οι ακουστικοί δείκτες χρησιμοποιήθηκαν για την χαρτογράφηση της ποιότητας του θαλάσσιου πυθμένα. Μαζί με την βαθυμετρία, η ποιότητα του θαλάσσιου πυθμένα αναμένεται να είναι σημαντικός παράγοντας του ενδιαιτήματος της κουτσομούρας και άλλων οργανισμών. Πέραν της βαθυμετρίας, η γενική αποτύπωσή σε χάρτη δεικτών της ποιότητας του πυθμένα, είναι κάτι που απουσιάζει από την υπάρχουσα βιβλιογραφία για τις ελληνικές θάλασσες. Διερευνήθηκαν λοιπόν δύο μοντέλα, όπου στο

ένα ως εξαρτημένη μεταβλητή ήταν η βιομάζα της κουτσομούρας (κιλά/ ώρα) ενώ στο άλλο ήταν η παρουσία/ απουσία του είδους.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ



**Εικόνα 6. Περιοχή μελέτης με ένδειξη σταθμών λήψης των ακουστικών δεδομένων (MEDIAS).**
**Figure 1. Study area map with acoustic sampling transects (MEDIAS).**

### Περιοχή μελέτης

Η περιοχή μελέτης καθορίζεται από την χωρική τομή των ακουστικών δεδομένων (θέση ανεξάρτητων μεταβλητών που αφορούν τον πυθμένα), και των διαθέσιμων δεδομένων για την βιομάζα της κουτσομούρας (εξαρτημένη μεταβλητή). Έτσι, ως περιοχή μελέτης έχουν επιλεγεί περιοχές του κεντρικού αλλά και βόρειου Αιγαίου πελάγους, όπως, ο βόρειος Ευβοϊκός κόλπος, ο Θερμαϊκός κόλπος, ο Τορωναίος κόλπος, ο Στρυμονικός κόλπος και ο κόλπος Καβάλας.

### Πηγές δεδομένων

Οι δύο κύριες πηγές δεδομένων προέρχονται από το Εθνικό Πρόγραμμα Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων (ΕΠΣΑΔ), που υλοποιείται από το Ελληνικό Κέντρο Θαλάσσιων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) και το Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας της Καβάλας (ΙΝΑΛΕ). Συγκεκριμένα, τα δεδομένα βιομάζας του *M. barbatus* προέρχονται από τη δράση MEDITS (MEDiterranean International Trawl Survey) του ΕΠΣΑΔ το οποίο υλοποιείται από το ΙΝΑΛΕ (Spedicato et al. 2019). Τα ακουστικά δεδομένα προέρχονται από το ετήσιο πρόγραμμα MEDIAS (MEDiterranean International Acoustic Survey) (Giannoulaki, et al. 2021), που αποτελεί επίσης μία δράση του ΕΠΣΑΔ, και πραγματοποιείται από το ΕΛΚΕΘΕ. Από το πρόγραμμα MEDIAS, έγινε η λήψη των ακουστικών δεδομένων που περιλαμβάνουν δεδομένα από διαφορετικές συχνότητες στη χρονική περίοδο από το 2004 έως το 2020 (2004, 2005, 2006, 2008, 2013, 2014, 2016, 2018, 2019, 2020). Εκτός από τα δεδομένα του MEDIAS, συμπεριλήφθηκαν και δεδομένα που αφορούν τη βαθυμετρία (GEBCO Bathymetric Compilation Group 2021) ,αλλά και την κλίση του βυθού η οποία υπολογίστηκε μέσω των DEM Surface Tools (Jenness 2013). Τέλος, έγινε και χρήση περιβαλλοντικών παραμέτρων (χλωροφύλλη, αλατότητα, θερμοκρασία του θαλάσσιου πυθμένα, επιφανειακή θερμοκρασία της θάλασσας, βάθος). Τα δεδομένα αυτά προήλθαν από πηγές δορυφορικών εικόνων και ωκεανογραφικών προσομοιώσεων.

### Ανάλυση ακουστικών δεδομένων

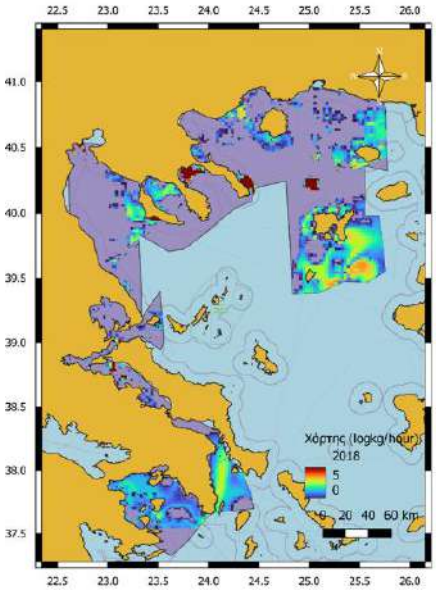
Η ανάλυση των ακουστικών δεδομένων έγινε με το λογισμικό Echoview, όπου πραγματοποιήθηκε η παραγωγή και εξαγωγή των ακουστικών δεικτών που αφορούν τον πυθμένα κατά μήκος των προκαθορισμένων πορειών του MEDIAS (Εικόνα 1) και ευκαιριακών δεδομένων. Τα ακουστικά δεδομένα περιλαμβάνουν τους παρακάτω δείκτες: Bottom Roughness (η τραχύτητα του βυθού), Bottom Hardness (η σκληρότητα του βυθού), First Bottom Length (το μήκος του πρώτου βυθού), Second Bottom Length (το μήκος του δεύτερου βυθού), Bottom Rise Time (ο μέσος όρος του χρόνου ανύψωσης βάθους της πρώτης ανάκλασης), Bottom Line Depth Mean (το μέσο βάθος της θέσης του βυθού), Bottom Max sv (προέρχεται από την ηχώ του πρώτου βυθού), Bottom Kurtosis (ο μέσος όρος κύρτωσης της ανάκλασηςτου πρώτου πυθμένα) και Bottom Skewness (ο μέσος όρος της ασυμμετρίας της ανάκλασηςτου πρώτου πυθμένα). Στην συνέχεια έγινε εισαγωγή των δεδομένων σε ένα Γεωγραφικό Σύστημα Πληροφοριών (QGIS) (Q. D. Team 2022), όπου εφαρμόστηκε η μέθοδος παρεμβολής IDW (Inverse Distance Weighting) για την παραγωγή χωροπληθικών χαρτών.

### Μοντελοποίηση

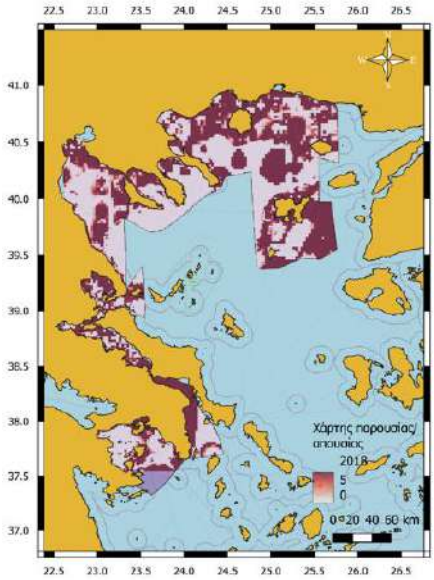
Η επιλογή των τελικών μοντέλων στις δύο περιπτώσεις αναλύσεων (βιομάζας και παρουσίας/ απουσίας) έγινε μετά από την ανάλυση 457 σταθμών που σχετίζονται με πληροφορίες των βιολογικών, περιβαλλοντικών αλλά και δεδομένων που αφορούν τον θαλάσσιο πυθμένα, με τη χρήση της γλώσσας προγραμματισμού R . Με βάση μια σειρά από κριτήρια όπως το AIC (Akaike Information Criterion) και GCV (Generalized Cross-Validation), έγινε βαθμιαία η επιλογή των παραμέτρων των τελικών μοντέλων (βιομάζα σε κιλά/ώρα, παρουσία/απουσία). Τέλος, στα πλαίσια της ανάλυσης σφαλμάτων, πραγματοποιήθηκε μία διαδικασία τυχαίας απόκρυψης του 20% των δεδομένων βιομάζας κατά την παραγωγή του μοντέλου, με σκοπό την αξιολόγηση της ικανότητας πρόβλεψης.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως φαίνεται και στις εικόνες 2α-2β, τόσο για το μοντέλο βιομάζας, όσο και για το μοντέλο παρουσίας/απουσίας του *M. Barbatus,* τα σημεία στα οποία υπήρχε η μεγαλύτερη βιομάζα της κουτσομούρας, ταυτίζονται και με τις ετήσιες δειγματοληψίες και με τα σημεία όπου όντως βρίσκεται το είδος. Φαίνεται η παρουσία να εντοπίζεται σε μικρά βάθη, το οποίο επιβεβαιώνεται από την υπάρχουσα βιβλιογραφία (Tserpes, et al. 2002). Παράλληλα, υπάρχει καλή συμφωνία στα σημεία εντοπισμού της κουτσομούρας μεταξύ των δύο χαρτών (Εικόνα ) (βιομάζα και παρουσία/απουσία).




(α)




(β)

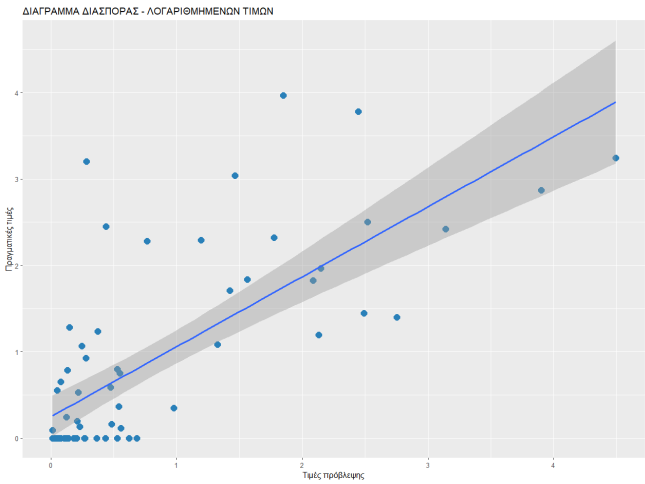
**Εικόνες 2α-2β. Χάρτης εκτίμησης χωρικής κατανομής για την κουτσομούρα (logkg/hour) τη χρονιά 2018 (α). Κλίμακα χρωμάτων: 5 (κόκκινο, μεγάλη παρουσία), 0(μπλε, απουσία). Χάρτης εκτίμησης παρουσίας/ απουσίας για την κουτσομούρα τη χρονιά 2018 (β). Κλίμακα χρωμάτων: 5 (κόκκινο σκούρο, παρουσία), 0 (ροζ, απουσία). Η κλίμακα χρωμάτων αφορά την εκτίμηση εντός του πολυγώνου.**

**Figure 2a-2b. Spatial distribution estimation map of *Mullus barbatus* (log kg/hour) the year 2018 (a). Color scale: 5 (red, abundance), 0 (blue, absence). Presence/absence of *Mullus barbatus* the year 2018 (b). Color scale: 5 (dark red, appear), 0 (pink, absence). The above color scale concerns the estimation within the polygon.**

Τόσο στο τελικό μοντέλο αφθονίας όσο και στο τελικό μοντέλο παρουσίας/απουσίας υπάρχουν οι ίδιες ανεξάρτητες μεταβλητές (Πίνακας 2). Αυτό μπορεί να θεωρηθεί ως μια ένδειξη εξάρτησης της παρουσίας της κουτσομούρας από τους δείκτες που αφορούν τον πυθμένα, εκτός από το βάθος που είναι ήδη γνωστό ότι είναι σημαντική παράμετρος (Machias & Labropoulou 2002). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των συγκεκριμένων μοντέλων, οι περιβαλλοντικές παράμετροι δεν επηρεάζουν σημαντικά την παρουσία της κουτσομούρας στην περιοχή μελέτης. Τα ποσοστά εξήγησης της απόκλισης των μοντέλων είναι 61.50% για το μοντέλο αφθονίας και 65.30% για το μοντέλο παρουσίας/απουσίας. Μία πιθανή εξήγηση για τις αποκλίσεις, είναι η απόσταση μεταξύ των ακουστικών διατομών και της επαγόμενης ανακρίβειας στα δεδομένα παρεμβολής που χρησιμοποιήθηκαν κατά την κατασκευή των μοντέλων.

**Πίνακας 2. Τελικά μοντέλα για βιομάζα(kg log) και παρουσία/ απουσία κουτσομούρας (appear).**
**Table 2. Final models for dependent variables log/hour and appearance/ nonappearance of *Mullus barbatus*.**

| Family | Link Function | Formula | Adjusted $R^2$ | Deviance Explained |
|---|---|---|---|---|
| **Tweedie** | log | **kg_log ~ s(FBL38) + s(Bris38) + s(BMsv38) + as.factor(YEAR) + s(DEP)** | 0.614 | 61.50% |
| **Binomial** | logit | **appear ~ s(FBL38) + s(Bris38) + s(BMsv38) + as.factor(YEAR) + s(DEP)** | 0.658 | 65.30% |




**Εικόνα 3. Διάγραμμα διασποράς πραγματικών τιμών σε σχέση με τις τιμές πρόβλεψης λογαριθμημένων τιμών αφθονίας κουτσομούρας ανά ώρα.**
**Figure 3. Scatter plot of real data compared to predicted data which concern log kg/hour.**

Για την ποσοτικοποίηση των σφαλμάτων, έγινε ο υπολογισμός του Root Mean Square Error (RMSE). Στις λογαριθμημένες τιμές αφθονίας τα αποτελέσματα του RMSE είναι 0.75 για την πρόβλεψη στα κρυφά δεδομένα (20%) και 0.56 για την πρόβλεψη στα δεδομένα που χρησιμοποιήθηκαν για την παραγωγή το μοντέλου (80%). Συγκρίνοντας τις τιμές πρόβλεψης με τα κρυφά δεδομένα αφθονίας (Εικόνα 4), φαίνεται αισθητή διασπορά μεταξύ των δύο σετ δεδομένων, ενώ υπάρχει μία τάση υπερεκτίμησης κυρίως σε περιπτώσεις απουσίας του είδους. Το τελευταίο είναι αναμενόμενο, καθώς το μοντέλο προβλέπει το δυνητικό ενδιαίτημα του *M. Barbatus* βάσει των παραμέτρων που έχουν ληφθεί υπόψη κατά την παραγωγή του μοντέλου.

Οι μελλοντικές ενέργειες που θα μπορούσαν να βοηθήσουν στη δημιουργία ενός καλύτερου μοντέλου ενδιαιτήματος με μεγαλύτερη αξιοπιστία, ίσως να σχετίζονται με τη χρήση ανεξάρτητων μεταβλητών οι οποίες δεν είχαν ληφθεί υπόψιν αλλά επηρεάζουν την κατανομή του είδους. Η ανάλυση δεδομένων που καλύπτουν μεγαλύτερο εύρος περιοχών, θα μπορούσε επίσης να βοηθήσει στη βελτιστοποίηση του μοντέλου, όπως επίσης και η πραγματοποίηση δειγματοληψιών προσαρμοσμένων στο είδος ενδιαφέροντος αλλά και σε περισσότερους σταθμούς με εποχική και χρονική συχνότητα.

## Ευχαριστίες

Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν τα προγράμματα ΕΠΣΑΔ και REPHIL, MIS 5002582 (NSRF, ERDF) για την πρόσβαση στα βιολογικά και ακουστικά δεδομένα καθώς επίσης και το πλήρωμα του Ε/Α ΦΙΛΙΑ του ΕΛΚΕΘΕ.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Anderson J. T. , Holliday D. Van, Kloser Rudy, Reid Dave G.,Simard Yvan (2008). Acoustic seabed classification: current practice and future directions. *ICES Journal of Marine Science*: 1004-1011.

Arslan İhsanoğlu, Mukadder, Ali İşmen. (2014). "Age, growth, reproduction and feeding of Mullus barbatus in Saros Bay (North Aegean Sea)." J. Black Sea/Mediterranean Environment 20: 184-199.

Carbonara P., Intini S., Modugno E., Maradonna F., Spedicato M. T., Lembo G., Zupa W., Carnevali O. (2015). Reproductive biology characteristics of red mullet (*Mullus barbatus* L., 1758) in Southern Adriatic Sea and management implications. Aquatic Living Resoures 01 01: 21-31.

Fauziyah, Purwiyanto F. A. I. S., Agustriani F., Putri W. A. E., Liyani M., Aryawati R., Ningsih E. N., Suteja Y (2019). Detection of bottom substrate type using single beam echo sounder backscatter: a case study in the east coastal of Banyuasin. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science 19 12.

Machias, A. & Labropoulou, M., 2002. Intraspecific Variation in Resource Use by Red Mullet, *Mullus barbatus*. Estuarine Coastal and Shelf Science - ESTUAR COAST SHELF SCI 01 10: 565-578.

Giannoulaki M., Zwolinski J., Gucu A. C., Felice A., Somarakis S. (2021). "The "MEDiterranean International Acoustic Survey": An introduction." *Mediterranean Marine Science* 22. doi:10.12681/mms.29068.

Spedicato MT, Massutí E., Mérigot B., Tserpes G., Jadaud A., Relini G. (2019) The MEDITS trawl survey specifications in an ecosystem approach to fishery management. Scientia Marina 83: 9–20.

Tserpes, G., Fiorentino F., Levi D., Cau A., Murenu M., Zamboni A., Papakontsantinou C. (2002). Distribution of *Mullus barbatus* and M. surmuletus (Osteichthyes: Perciformes) in the Mediterranean continental shelf: Implications for management. Scientia Marina 01 07: 39-54.

# Ποσοτικός προσδιορισμός ενδο-ειδικού και δια-ειδικού ανταγωνισμού σε βενθικά και βενθοπελαγικά είδη νηκτού του Αιγαίου Πελάγους.

**Μάρθα Κουτσίδη[1], Αλέξης Λάζαρης[1], Παναγιώτα Περιστεράκη[2],Ευάγγελος Τζανάτος[1]**
[1]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πάτρα, Ρίο - koutsidi@upatras.gr
[2]Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Ηράκλειο, Κρήτη

## ABSTRACT

**Martha Koutsidi, Alexis Lazaris, Panagiota Peristeraki, Evangelos Tzanatos: Quantification of intra-specific and inter-specific competition in benthic and benthopelagic nekton species of the Aegean Sea.**

Competition plays a central role in maintaining biodiversity. Intra and interspecific competition, and diversity of resources are important factors leading to species specialization. A dataset of 108 species catches from MEDITS was combined with a dataset of six traits related to resource exploitation. The aim of this study was to use an asymmetric index in order: to determine whether the competition for a species is mainly intra or interspecific, and to examine the effect of depth and seabed type on intra- and inter-specific competition for a selection of species. The different depths and seabed types had a statistically significant effect on the level of intraspecific competition for 21 species. The composition of competitors for the most of the 108 species was found to be significantly dependent on depth and seabed type. The effects of intraspecific and interspecific competition can be severe if environmental resources are not abundant.

**Keywords:** competition, intraspecific, interspecific, asymmetric index, ecology, niche, fish

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ανταγωνισμός παίζει κεντρικό ρόλο στη συγκρότηση των βιοκοινωνιών και στη διατήρηση της βιοποικιλότητας, αφού ευνοεί την συνύπαρξη ειδών που ανταγωνίζονται μεταξύ τους, συρρικνώνοντας τους οικολογικούς τους θώκους, αποφεύγοντας την επικάλυψη τους. Ωστόσο, η ανταγωνιστική επίδραση εξαρτάται από την ποικιλομορφία και την ποσότητα των διαθέσιμων πόρων στο περιβάλλον (Costa-Pereira *et al*., 2019). Επιστημονικά στοιχεία υποδεικνύουν ότι ο ενδο-ειδικός και ο δια-ειδικός ανταγωνισμός (η αρνητική επίδραση της παρουσίας ατόμων ενός είδους στην αρμοστικότητα ατόμων του ίδιου είδους ή άλλων ειδών, αντίστοιχα) και η ποικιλομορφία των διαθέσιμων πόρων είναι σημαντικοί παράγοντες που οδηγούν στη διαφοροποίηση και την εξειδίκευση των ατόμων μέσα στους πληθυσμούς (Araújo *et al*., 2011). Ο δια-ειδικός ανταγωνισμός, ορίζεται ως οι αρνητικές επιπτώσεις ενός είδους σε ένα άλλο (είτε άμεσα είτε έμμεσα με την αλλαγή στη διαθεσιμότητα των πόρων), και θεωρείται από τις πιο σημαντικές διαδικασίες που καθορίζουν τη δομή των φυσικών κοινοτήτων (Cody & Diamond 1975).

Τα είδη συνήθως επιλέγουν ενδιαιτήματα που ευνοούν την προσαρμοστικότητα τους και πιθανώς ανταγωνίζονται για την πρόσβαση σε αυτά (Wakefield *et al*., 2014). Όμως, ο ανταγωνισμός μεταξύ των ειδών είναι ασύμμετρος και μπορεί συχνά να οδηγήσει στον αποκλεισμό ασθενέστερων ανταγωνιστών από κοινά ενδιαιτήματα προτίμησης (Young 2004), και να τους αναγκάσει να στραφούν προς ενδιαιτήματα τα οποία δεν είναι πρώτα στην προτίμησή τους (Bonin *et al*., 2015). Κατά συνέπεια, τόσο ο ενδο-ειδικός όσο και ο δια-ειδικός ανταγωνισμός μπορεί να επηρεάσουν τα πρότυπα εκμετάλλευσης των πόρων και την εξειδίκευση των ειδών. Το μέγεθος του οικολογικού θώκου ενός είδους, αντανακλά την ισορροπία μεταξύ των επιδράσεων του ενδο-ειδικού και του δια-ειδικού ανταγωνισμού (Grant & Price 1981). Επομένως, είναι πολύ σημαντικός ο προσδιορισμός της σχετικής έντασης αυτών και της συμμετρίας των ανταγωνιστικών αλληλεπιδράσεων (δηλαδή, το αν η ανταγωνιστική επίδραση του είδους-Α στο είδος-Β είναι αντίστοιχη αυτής του είδους-Β στο είδος-Α - Aarssen 1983). Έτσι, θα μπορούσε να προσδιοριστεί η δυνατότητα ανταγωνιστικού αποκλεισμού η κατανόηση του ρόλου του ανταγωνισμού στη συνύπαρξη των ειδών και την δομή των πληθυσμών τους (Aarssen 1983).

Σκοπός αυτής της εργασίας ήταν να χρησιμοποιηθεί ένας ασύμμετρος δείκτης ανταγωνισμού προκειμένου: (α) να προσδιοριστεί εάν ο ανταγωνισμός για ένα είδος προέρχεται κυρίως από άτομα του ίδιου είδους ή από άλλα είδη (β) να εξετάσει εάν το πρότυπο του ενδο-ειδικού ανταγωνισμού επηρεάζεται από τις διαφορετικές κατηγορίες βαθών και τύπων βυθού και (γ) να διερευνήσει εάν το

πρότυπο της σύνθεσης των ανταγωνιστών ενός είδους επηρεάζεται από τις διαφορετικές κατηγορίες βαθών και τύπων βυθού.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δεδομένα που εξετάστηκαν αποτελούν δεδομένα πειραματικής αλιείας βενθοπελαγικών και βενθικών ειδών αλιευμάτων (94 ψάρια, 9 κεφαλόποδα, 5 καρκινοειδή) και χρησιμοποιήθηκαν για την εκτίμηση της αφθονίας του κάθε είδους. Συλλέχθηκαν στην περιοχή του νοτίου Αιγαίου και της Κρήτης, με μηχανότρατα, στα πλαίσια της Διεθνούς Μεσογειακής Έρευνας με Μηχανότρατα/Mediterranean International Trawl Survey (MEDITS) (Bertrand *et al*., 2002). Συγκεκριμένα, περιλαμβάνουν την βιομάζα του κάθε είδους ανά καλάδα, από δειγματοληψίες 471 καλάδων, από το 2001 έως το 2016, με πληροφορίες για το βάθος (από 22 m έως 709 m) και τον τύπο υποστρώματος: “βλάστηση”, “μαλακό”, “ποικίλο” (συνδυασμός άμμου/λάσπης/πέτρας) και “βιογενές” (τραγάνα/κρινοειδή/συνδυασμός), καταλήγοντας σε έναν πίνακα αφθονίας 108 ειδών νηκτού. Οι παραπάνω πληροφορίες (τύπος ενδιαιτήματος, εύρος βαθών, τύπος υποστρώματος), παρέχουν πληροφορίες για τη συνύπαρξη των ειδών σε όμοια ενδιαιτήματα, άρα πιθανό ανταγωνισμό.

Σε συνδυασμό με τη βιομάζα, για την ανάλυση των δεδομένων, χρησιμοποιήθηκαν έξι βιολογικά χαρακτηριστικά για κάθε ένα από τα 108 είδη, σχετικά με την εκμετάλλευση των περιβαλλοντικών πόρων: μέγιστο μήκος, τροφικό επίπεδο, διατροφή, τρόπος θήρευσης, περίοδος αναπαραγωγής και ενδιαίτημα αναπαραγωγής. Το κάθε ένα από τα έξι χαρακτηριστικά περιλαμβάνει 2-5 κατηγορίες, με τέτοιο τρόπο ώστε να μπορεί να συμπεριληφθεί στην ανάλυση η ετερογένεια των χαρακτηριστικών μεταξύ και εντός των ειδών. Έτσι, κάθε είδος δεν συμπεριλαμβάνεται αποκλειστικά σε μία κατηγορία (100%) του κάθε χαρακτηριστικού, αλλά το σύνολο των κατηγοριών ενός χαρακτηριστικού αθροίζουν στο 100%. Για παράδειγμα αναφορικά με τη διατροφή του *Merluccius merluccius*, Linnaeus 1758, European hake, μπακαλιάρος, με βάση διάφορες έρευνες, είναι πρωταρχικά σαρκοφάγο (~72%) και δευτερεύοντος ζωοβενθοφάγο (~21%), ενώ οι υπόλοιπες διατροφικές κατηγορίες (φυτοφάγο και πλανγκτονοφάγο) αποτελούν λιγότερο από το 4% της διατροφής του μπακαλιάρου.

Ο πίνακας που περιλαμβάνει τις αφθονίες των ειδών ανά έτος και ανά καλάδα, πολλαπλασιάστηκε εξωτερικά με τον πίνακα των ποσοστιαίων κατηγοριών των χαρακτηριστικών ανά είδος, καταλήγοντας σε έναν τελικό πίνακα αφθονιών κατηγοριών χαρακτηριστικών ανά είδος, καλάδα και έτος (Πίνακας1, *k* κατηγορίες χαρακτηριστικών με *n* είδη-δεν παρουσιάζεται).

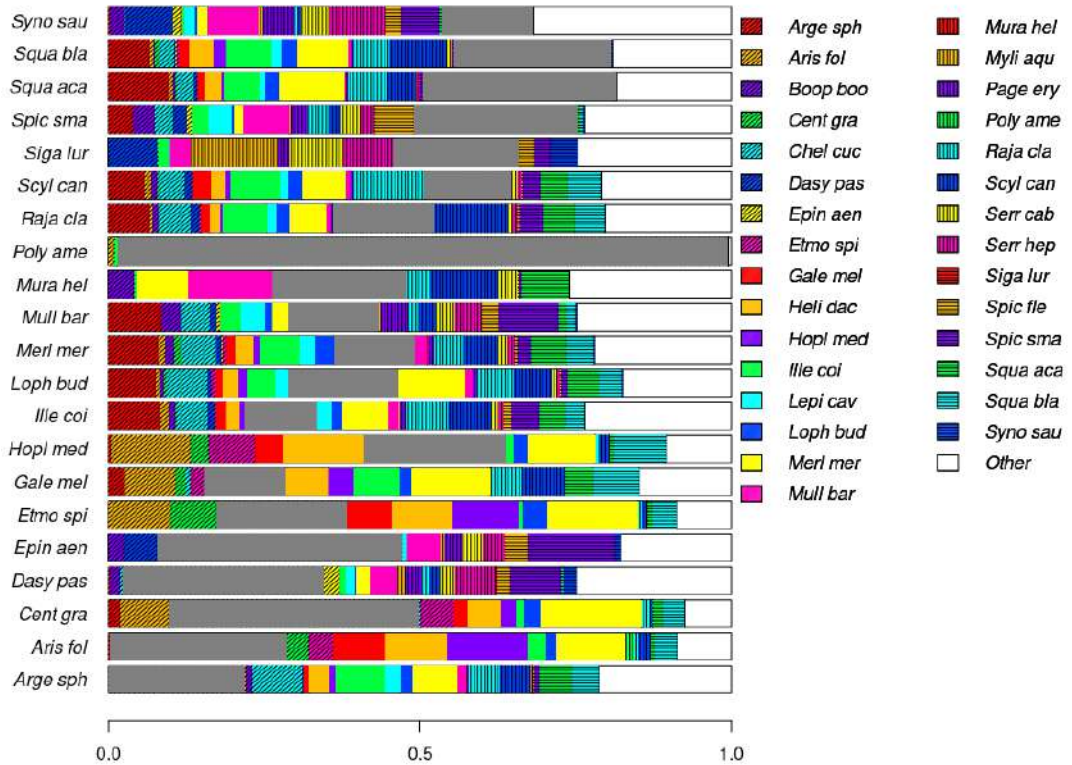
Για την ποσοτικοποίηση του ανταγωνισμού μεταξύ όλων των ζευγαριών των ειδών, συμπεριλήφθηκε η βιομάζα του κάθε είδους (μεγαλύτερη βιομάζα, περισσότερα άτομα του πληθυσμού που ανταγωνίζονται), και η επικάλυψη των χαρακτηριστικών που έχει κάθε ζεύγος ειδών που εξετάστηκε. Για αυτό το λόγο, υπολογίστηκε ένας ασύμμετρος δείκτης (όπως οι ανταγωνιστικές σχέσεις μεταξύ των ειδών) που έχει προταθεί από τους Lleonart *et al*. (2013). Για τον υπολογισμό του δείκτη χρησιμοποιήθηκε ο Πίνακας 1, από τον οποίον προέκυψαν δύο νέοι Πίνακες Α και Β ίδιων διαστάσεων με τον Πίνακα 1. Στον Πίνακα Α υπολογίστηκε πόσο σημαντικό είναι κάθε είδος (το σχετικό του βάρος) για μία συγκεκριμένη κατηγορία χαρακτηριστικού, διαιρώντας κάθε γραμμή του Πίνακα 1 με το άθροισμα της (για παράδειγμα, πόσο σημαντικός είναι ο μπακαλιάρος για την κατηγορία «σαρκοφάγο»). Στον Πίνακα Β υπολογίστηκε πόσο σημαντική είναι κάθε κατηγορία χαρακτηριστικού (το σχετικό της βάρος) για ένα είδος, διαιρώντας κάθε στήλη του Πίνακα 1 με το άθροισμα της (για παράδειγμα, πόσο σημαντική είναι η κατηγορία «σαρκοφάγο», του χαρακτηριστικού διατροφή, για τον μπακαλιάρο). Εάν το Α-είδος i έχει μεγάλο μερίδιο της κατηγορίας k, τότε στερεί από τα άλλα είδη αυτόν τον πόρο. Εάν ταυτόχρονα, η κατηγορία k είναι σημαντική για το Β-είδος i τότε το Α-είδος i είναι ισχυρός ανταγωνιστής του Β-είδους i. Το άθροισμα των αλληλεπιδράσεων όλων των συνδυασμών Α-είδος i και Β-είδος i για όλες τις κατηγορίες χαρακτηριστικών, αποτελεί τη μέση τιμή του ασύμμετρου δείκτη, που έχει εύρος από 0 (καθόλου ανταγωνισμός) έως 1 (μέγιστος ανταγωνισμός) για όλους τους συνδυασμούς ειδών, περιλαμβανομένου για κάθε είδος και του ιδίου. Έτσι ποσοτικοποιήθηκε σχετικά η ανταγωνιστική επίδραση που έχουν για ένα άτομο ενός είδους όλα τα άλλα άτομα που συνυπάρχουν με αυτό, είτε πρόκειται για άτομα του ιδίου (ενδο-ειδικός ανταγωνισμός) είτε άλλων (δια-ειδικός) ειδών.

Τα δεδομένα αναλύθηκαν στην γλώσσα προγραμματισμού R 4.1.2 (R Core Team 2021). Η επίδραση του βάθους και των τύπων βυθού στο επίπεδο ενδο-ειδικού ανταγωνισμού αναλύθηκε με την χρήση GAMs (Hastie & Tibshirani 1990). Η δυναμική των προτύπων του δια-ειδικού ανταγωνισμού, για κάθε είδος, αναλύθηκε χρησιμοποιώντας την παλινδρόμηση Dirichlet (Douma & Weedon 2019) που είναι

μια επέκταση της πολυωνυμικής παλινδρόμησης για δεδομένα σύνθεσης βιοκοινωνίας, όπου εξετάστηκε πώς μεταβάλλεται η σύνθεση ανταγωνιστών κάθε είδους συναρτήσει βάθους και βυθού. Οι αναλύσεις πραγματοποιήθηκαν στο περιβάλλον της R με την χρήση των επεκτάσεων *mgcv* (Wood 2017) και *DirichletReg* (Maier 2020).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

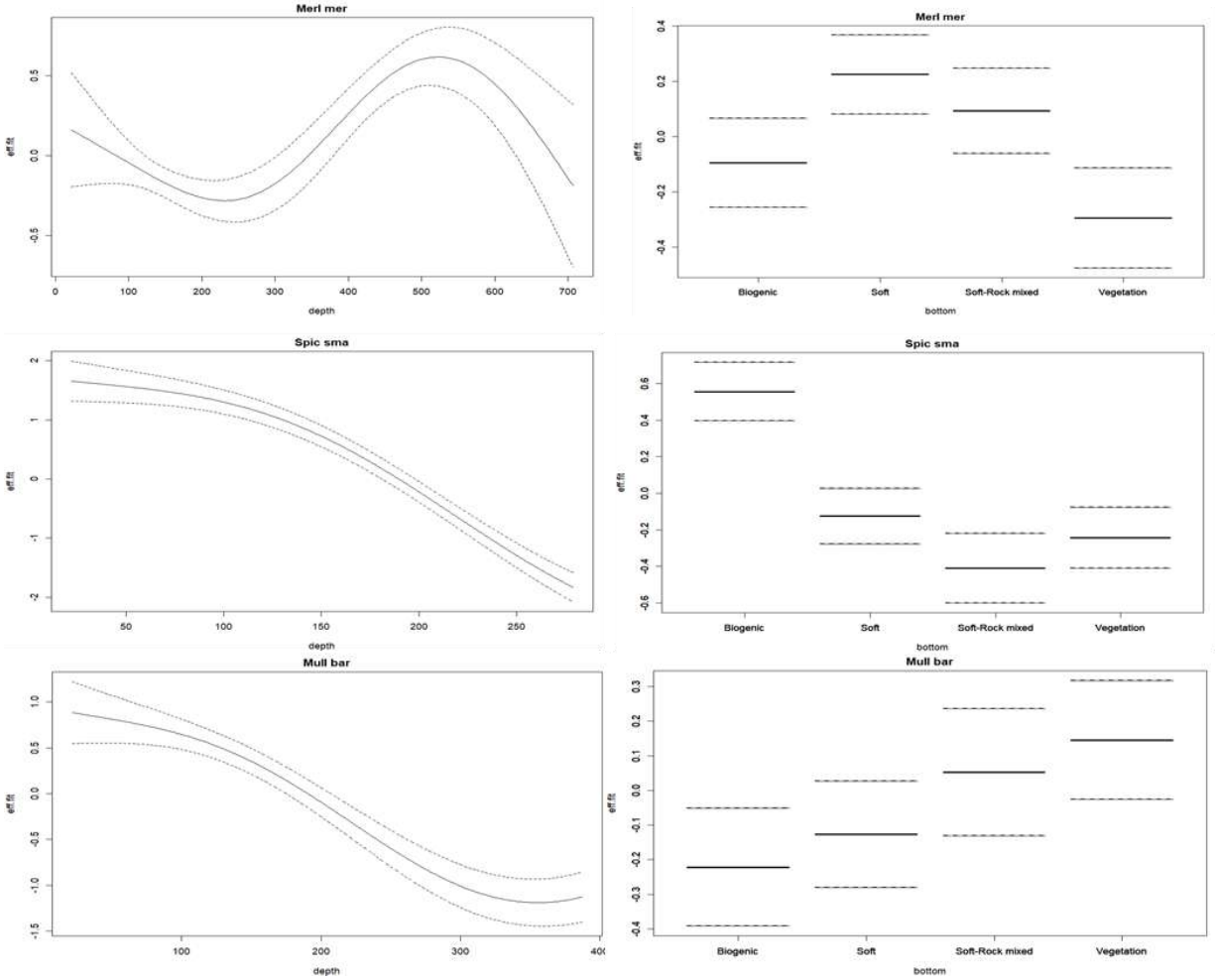
Από τα 108 είδη που εξετάστηκαν, αυτά που είχαν τον μεγαλύτερο αριθμό ανταγωνιστών ανεξάρτητα από την τιμή του δείκτη, δηλαδή την ένταση του ανταγωνισμού, ήταν τα: *Mullus barbatus*, Linnaeus 1758, red mullet, κουτσομούρα με 99 ανταγωνιστές, *Mullus surmuletus*, Linnaeus 1758, surmullet, μπαρμπούνι (98 ανταγωνιστές), *Zeus faber*, Linnaeus 1758, John dory, χριστόψαρο (97 ανταγωνιστές) και *Spicara smaris*, Linnaeus 1758, picarel, μαρίδα (96). Περίπου 30 είδη είχαν περισσότερους από 80 ανταγωνιστές (π.χ. μπακαλιάρος ή *Diplodus annularis*, Linnaeus 1758, annular seabream, σπάρος. Τα περισσότερα είδη είχαν περισσότερους από 50 ανταγωνιστές. Για 21 από τα 108 είδη, το υψηλότερο επίπεδο ανταγωνισμού προερχόταν από τον ενδο-ειδικό ανταγωνισμό για παράδειγμα *Centrophorus granulosus*, Bloch & Schneider 1801, gulper shark (40.30%), *Epinephelus aeneus*, Linnaeus 1758, white grouper, σφυρίδα (39.30%), μαρίδα (26.52%). Τα υπόλοιπα 87 είδη, βιώνουν περισσότερο δια-ειδικό παρά ενδο-ειδικό ανταγωνισμό. Για παράδειγμα, το είδος *Sparus aurata*, Linaeus 1758, gilthead seabream, τσιπούρα είχε 61 ανταγωνιστές από τους οποίους επηρεαζόταν κυρίως ανταγωνιστικά από τα είδη: *Diplodus vulgaris*, Linaeus 1758, σαργόπαπας (14.97%), κουτσομούρα (12.29%), Pagellus erythrinus, Linaeus 1758, common pandora, λιθρίνι (9.52%), ενώ επηρεάζεται ελάχιστα από τα υπόλοιπα άτομα του είδους (1.62%)-Εικ. 1.




**Εικόνα 1. Παραδειγματική απεικόνιση 20 ειδών με τους σημαντικότερους ανταγωνιστές τους. Το μέγεθος του πλαισίου δείχνει το ποσοστό του ανταγωνισμού, ενώ τα γκρι πλαίσια δείχνουν το ποσοστό του ενδο-ειδικού ανταγωνισμού κάθε είδους.**

**Figure 1. Exemplary illustration of 20 species with their most important competitors. The size of the box indicates the percentage of competition, while the grey boxes indicate the percentage of intraspecific competition of each species.**

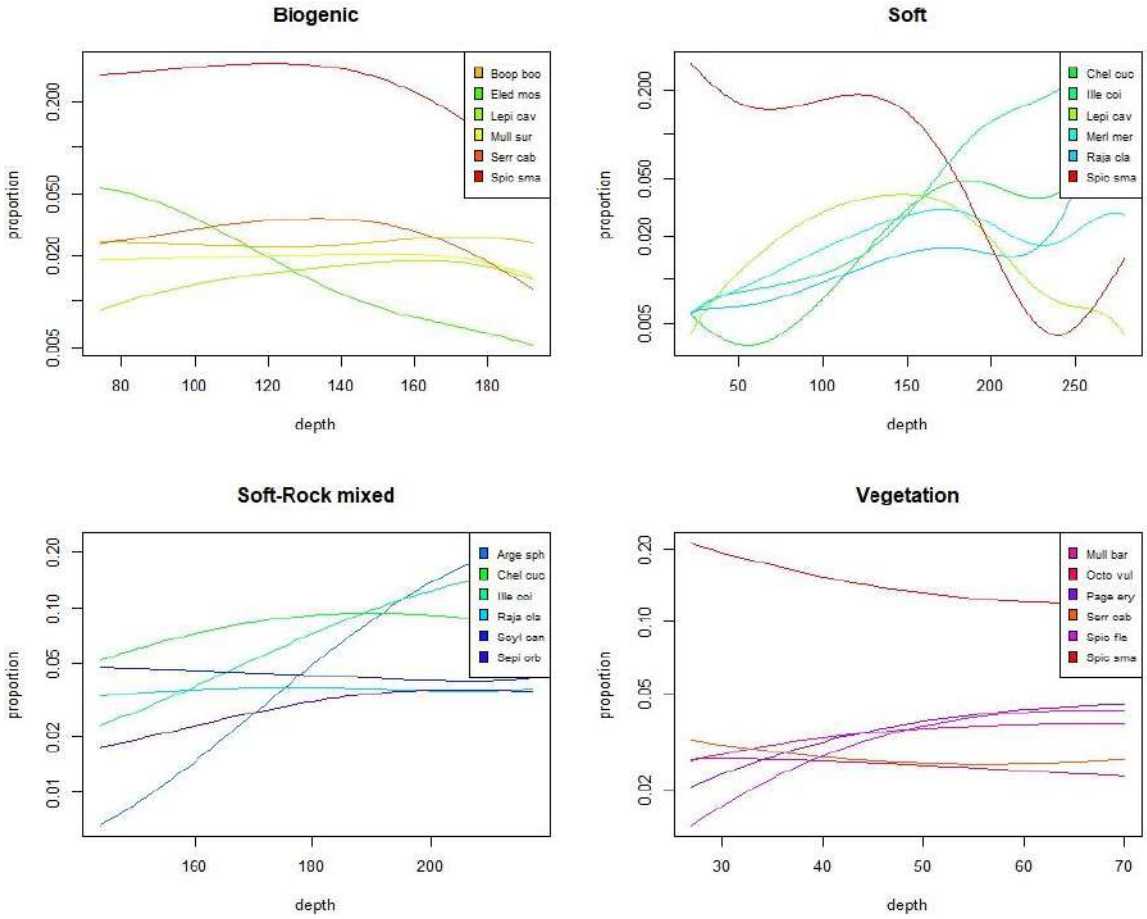
Τα GAMs έδειξαν πως στατιστικά σημαντική επίδραση στο επίπεδο ενδο-ειδικού ανταγωνισμού είχαν τα διαφορετικά βάθη και οι τύποι βυθών (Εικ. 2) για τα περισσότερα είδη με έντονο ενδο-ειδικό ανταγωνισμό. Για παράδειγμα, η κουτσομούρα και η μαρίδα είχαν το υψηλότερο επίπεδο ενδο-ειδικού ανταγωνισμού σε βάθη μεταξύ 0-100 m και στα υποστρώματα «βλάστηση» και «βιογενές», αντίστοιχα. Ο μπακαλιάρος είχε το υψηλότερο επίπεδο ενδο-ειδικού ανταγωνισμού σε «μαλακό» υπόστρωμα και μεταξύ των βαθών των 450-550 m. Κάποια από τα είδη βρέθηκαν να έχουν σταθερό επίπεδο ενδο-ειδικού ανταγωνισμού σε βάθη και τύπους βυθού. Η παλινδρόμηση Dirichlet έδειξε ότι η σύνθεση των ανταγωνιστών για τα περισσότερα από τα 108 είδη ήταν σημαντικά διαφορετική για τις περισσότερες κατηγορίες βάθους και τύπους βυθού. Ένα παράδειγμα αποτελεί η μαρίδα (Εικ. 3), όπου σε όλες τις κατηγορίες βάθους ο ενδο-ειδικός ανταγωνισμός ήταν σημαντικότερος σε βιογενή υποστρώματα και στη βλάστηση. Σε μαλακό τύπο βυθού, το πρότυπο έδειξε μείωση της ενδο-ειδικής έντασης του ανταγωνισμού σε βάθη μεγαλύτερα από 150 m. Σε αυτά τα βάθη, το είδος *Illex coindetii*, Vérany 1839, θράψαλο είναι πιο ανταγωνιστικό έναντι της μαρίδας. Το *Serranus cabrilla*, Linaeus 1758, χάνος και η κουτσομούρα εμφανίστηκαν ως σημαντικοί ανταγωνιστές της μαρίδας μόνο σε βιογενής βυθούς και βυθούς με βλάστηση, αντίστοιχα.




**Εικόνα 2. Τα πρότυπα ενδο-ειδικού ανταγωνισμού για τον μπακαλιάρο (πάνω), την μαρίδα (μέση) και την κουτσομούρα (κάτω) σε συνάρτηση με το βάθος (αριστερά) και τους διάφορους τύπους βυθού (δεξιά).**
**Figure 2. Patterns of intraspecific competition for *M. merluccius* (top), *M. barbatus* (middle) and *S. smaris* (bottom) as a function of depth (left) and different bottom types (right).**

Στην παρούσα εργασία 21 από τα 108 είδη, έχουν ισχυρό ανταγωνισμό από άτομα του ίδιου είδους, ενώ τα υπόλοιπα 87 είδη, βιώνουν περισσότερο ανταγωνισμό από διαφορετικά είδη και λιγότερο από άτομα του ίδιου είδους. Οι Prati *et al*. 2021 υποστήριξαν ότι ο χαλαρός ενδο-ειδικός ανταγωνισμός μειώνει την περιβαλλοντική εξειδίκευση των ατόμων του ίδιου είδους, με αποτέλεσμα ο πληθυσμός να

μειώνει τον οικολογικό του θώκο. Από την άλλη πλευρά, μελέτες έχουν δείξει ότι ο έντονος ενδο-ειδικός ανταγωνισμός (Huss *et al*. 2008, Araújo *et al*. 2011) αυξάνει το μέγεθος του οικολογικού θώκου του πληθυσμού λόγω της ατομικής εξειδίκευσης των ατόμων. Η διαφοροποίηση, για παράδειγμα, στη διατροφή λόγω διαφορετικών τύπων θηραμάτων αυξάνει την ποικιλομορφία μεταξύ των ομοειδών ατόμων και προωθεί τον καταμερισμό των πόρων και έτσι ανακουφίζει τις επιπτώσεις του ισχυρού ενδο-ειδικού ανταγωνισμού, εφόσον οι περιβαλλοντικές συνθήκες το επιτρέπουν (Xia *et al*. 2020).




**Εικόνα 3. Η σύνθεση των έξι πρώτων πιο σημαντικών ανταγωνιστών της μαρίδας σε όλα τα υποστρώματα σε όλα τα βάθη.**

**Figure 3. The composition of the first six most important competitors of *S.smaris* in all different depths with all seabed types.**

Μια αύξηση του δια-ειδικού ανταγωνισμού μεταξύ ειδών που ανταγωνίζονται ασύμμετρα, για παράδειγμα, από την παρούσα εργασία, ανάμεσα στον μπακαλιάρο που υπερέχει ανταγωνιστικά στη ασύμμετρη ανταγωνιστική του σχέση με το *Micromesistius poutassou*, Linnaeus 1758, προσφυγάκι, πιθανώς να οδηγήσει μετατόπιση των οικολογικών θώκων, με συνέπειες για την ανάπτυξη, την επιβίωση, την αναπαραγωγή (Bonin *et al*. 2015) και την αφθονία του ασθενέστερου ανταγωνιστή (Huss *et al*. 2008). Ωστόσο, εάν ο πιο αδύναμος ανταγωνιστής καταφύγει σε άλλους τύπους, για παράδειγμα, διατροφής (διαφορετικά θηράματα) που δεν εκμεταλλεύονται από τον κυρίαρχο ανταγωνιστή, μπορεί να οδηγηθούμε σε διαχωρισμό των πόρων που πιθανώς να μειώσει τις επιπτώσεις του δια-ειδικού ανταγωνισμού (Juncos *et al*. 2015). Παρόλα αυτά, οι επιπτώσεις του δια-ειδικού και ενδο-ειδικού ανταγωνισμού ελαχιστοποιούνται, εάν δεν υπάρχει περιορισμός στη διαθεσιμότητα των πόρων, οι περιβαλλοντικές συνθήκες είναι κατάλληλες (Orlova *et al*. 2010) και δεν υπάρχουν επικαλυπτόμενες εξειδικευμένες απαιτήσεις μεταξύ των ειδών (Huss *et al*., 2008). Στην παρούσα εργασία δεν συμπεριλήφθηκε στις αναλύσεις η διαθεσιμότητα των πόρων (π.χ. η ποσότητα της διαθέσιμης τροφής). Επιπλέον, η πειραματική αλιεία με μηχανότρατα παρέχει πληροφορίες μόνο για βενθικά και βενθοπελαγικά είδη, επομένως στην παρούσα εργασία δεν έχουν συμπεριληφθεί αλληλεπιδράσεις

αυτών των ειδών με πελαγικά είδη. Θα ήταν καλό, να πραγματοποιηθεί έρευνα στο μέλλον σε σχέση με τις πολύπλοκες σχέσεις μεταξύ της ατομικής συμπεριφοράς και της περιβαλλοντικής ετερογένειας, συμπεριλαμβανομένης της σχετικής σημασίας των περιβαλλοντικών παραγόντων και των βιολογικών χαρακτηριστικών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aarssen LW (1983). Ecological combining ability and competitive combining ability in plants: toward a general evolutionary theory of coexistence in systems of competition. The American Naturalist. 122: 707-731.

Araújo MS, Bolnick DI, Layman CA (2011). The ecological causes of individual specialization. Ecology letters, 14(9), 948-958.

Bertrand J, De Sola L, Papaconstantinou C, Relini G, Souplet A (2002). The general specifications of the MEDITS surveys. Scientia Marina 66: 9–17

Bonin M, Boström-Einarsson LE, Munday PL, Jones GP (2015). The prevalence and importance of competition among coral reef fishes. Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics46: 169−190.

Cody ML, Diamond JM (1975). Ecology and Evolution of Communities. Belknap Press of Harvard University Press, Cambridge, Massachisetts.

Costa-Pereira R, Araújo MS, Souza FL, Ingram T (2019). Competition and resource breadth shape niche variation and overlap in multiple trophic dimensions. Proceedings of the Royal Society B, 286(1902), 20190369.

Douma JC, Weedon JT (2019). Analysing continuous proportions in ecology and evolution: A practical introduction to beta and Dirichlet regression. Methods in Ecology and Evolution 10, 1412-1430.

Grant PR, Price TD (1981). Population variation in continuously varying traits as an ecological genetics problem. American Zoologist.21, 795 – 811

Hastie T, Tibshirani R (1990). Exploring the nature of covariate effects in the proportional hazards model. Biometrics, 1005-1016.

Huss M, Byström P, Persson L (2008). Resource heterogeneity, diet shifts and intra-cohort competition: effects on size divergence in YOY fish. Oecologia, 158(2), 249-257.

Juncos R, Milano D, Macchi PJ, Vigliano PH (2015). Niche segregation facilitates coexistence between native and introduced fishes in a deep Patagonian Lake. Hydrobiologia, 747(1), 53-67.

Lleonart J, Maynou F, Salat J (2013). An analysis of fishing gear competition. Catalan fisheries as case studies. Scientia Marina, 77(1), 81-93.

Maier MJ (2020). DirichletReg: Dirichlet Regression in R. R package version 0.7-0. Available at: http://dirichletreg.r-forge.r-project.org/

Orlova EG, Rudneva P, Renaud K, Eiane V, Savinov V, Yurko A (2010). Climate impacts on feeding and condition of capelin Mallotus villosus in the Barents Sea: evidence and mechanisms from a data set spanning 30 years. Aquatic Biology 10:105–118.

Prati S, Henriksen EH, Smalås A, Knudsen R, Klemetsen A, Sánchez-Hernández J, Amundsen PA (2021). The effect of inter-and intraspecific competition on individual and population niche widths: a four-decade study on two interacting salmonids. Oikos, 130(10), 1679-1691.

R Core Team (2022). R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. https://www.R-project.org/

Wakefield ED, Phillips RA, Matthiopoulos J (2014). Habitatmediated population limitation in a colonial centralplace forager: the sky is not the limit for the blackbrowed albatross. Proceedings of the Royal Society B, 281:20132883

Young KA (2004). Asymmetric competition, habitat selection, and niche overlap in juvenile salmonids. Ecology 85:134–149

Wood SN (2017). Generalized Additive Models: An Introduction with R (2nd ed.). Chapman and Hall/CRC.

Xia Y, Li Y, Zhu S, Li J, Li S, Li X (2020). Individual dietary specialization reduces intraspecific competition, rather than feeding activity, in black amur bream (Megalobrama terminalis). Scientific Reports, 10(1), 1-11.

# Ανέκδοτα στοιχεία της πρώιμης περιόδου της ελληνικής αλιείας

**Ευριδίκη Λάζαρη, Δημήτριος Κ. Μουτόπουλος**
Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, dmoutopo@upatras.gr

## ABSTRACT

**Evridiki Lazari, Dimitrios K. Moutopoulos: Anecdotal archives of the early period of Greek fisheries.**

A significant contribution was made through newspaper collection of the National Library of Greece covering both the Athenian and provincial press. The aim of the present study is to analyse the primary information describing the Greek fisheries during the early and development phase of the fisheries (1910-early 1980s). These elements reflect the nature of local ecosystems, the cultural environment but also the interests and priorities of local communities in relation to fisheries. The creation of a historical fisheries-related information can help to exploit and reconcile the available sources of fisheries information, which are recorded by independent bodies of the Greek state.

**Keywords:** historical accounts, historical ecology, marine environmental history

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Για την ορθολογική διαχείριση των υδάτινων εκμεταλλευόμενων φυσικών πόρων είναι απαραίτητο να διευρυνθεί ο χρονικός ορίζοντας μέσα στον οποίο εξετάζεται η δυναμική αυτών των οργανισμών και των οικοσυστημάτων. Χωρίς αυτήν την ιστορική προοπτική, η αντίληψή για το περιβάλλον μπορεί να είναι μεροληπτική και επηρεασμένη από τη γνώση πρόσφατων γεγονότων. Τα τελευταία χρόνια ένας αυξανόμενος αριθμός άρθρων στο πλαίσιο της Θαλάσσιας Ιστορικής Οικολογίας (για ανασκόπηση της βιβλιογραφίας: Engelhard et al. 2016) απέδειξε ότι η εστίαση της έρευνας σε στενό χρονικό ορίζοντα, χωρίς να λαμβάνεται υπόψη η ιστορική εξέλιξη της επιστήμης, θα μπορούσε να οδηγήσει σε «ιστορική μυωπία» των επιστημόνων (Fortibuoni et al. 2010). Για το λόγο αυτό η μετάβαση της γνώσης σε προγενέστερες χρονικές περιόδους όπου η ανθρωπογενής επίδραση ήταν μικρότερης έντασης συγκριτικά με πιο πρόσφατες περιόδους θα αποτελέσει μια χρήσιμη «αποθήκη» γνώσεων για τον καθορισμό σημείων αναφοράς στη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων (McClenachan et al. 2012), καθώς και για την αξιολόγηση της ποιότητας των αλιευτικών δεδομένων (παγκόσμια: Engelhard et al. 2016, ελληνικές θάλασσες: Moutopoulos & Stergiou 2011).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αποτυπωθούν πρωτογενή στοιχεία και πληροφορίες που περιγράφουν την ελληνική αλιεία κατά τον 20ο αιώνα και ιδιαίτερα κατά τη «φτωχή», σε επίσημα στοιχεία, περίοδο μέχρι το 1970. Η ανάσυρση και αποτύπωση «γκρίζων» αλιευτικών δεδομένων και η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων μπορεί να βοηθήσει σημαντικά στη βελτίωση της αξιοπιστίας των προγενέστερων αλιευτικών δεδομένων προκειμένου να έχουμε μια καλύτερη εικόνα της κατάστασης των ελληνικών αλιευτικών αποθεμάτων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τους σκοπούς της παρούσας εργασίας ανακτήθηκαν κείμενα από ημερήσιες εκδόσεις των διαθέσιμων εφημερίδων του 20ου αιώνα που υπάρχουν ψηφιοποιημένες στην ιστοσελίδα http://efimeris.nlg.gr/ns/main.html?fbclid=IwAR0n__4AKJQ-ci7BFEwxCxZmu-90qQRZhlGhyMSmmcpkvB9gThXnwQmwi8E. Η αναζήτηση των στοιχείων κάλυπτε κάθε αναφορά στην αλιεία και την αλιευτική οικολογία, καθώς και την κοινωνικο-οικονομική της διάσταση σε εγχώρια και παγκόσμια κλίμακα. Στη συνέχεια δημιουργήθηκε μια βάση σε πρόγραμμα MS Office Excel για κάθε διαφορετικό άρθρο (γραμμή του λογιστικού φύλλου) περιλαμβάνοντας την εφημερίδα όπου έγινε η εύρεση του άρθρου, το έτος αναφοράς, το θέμα του άρθρου (γενικά αλιεία, αλιείς, αλιευτικά σκάφη-αλιευτικό εργαλείο και αλιευόμενο είδος), περιληπτικές πληροφορίες για το άρθρο και ποσοτικά στοιχεία όπου δίνονταν (αλιευτικής παραγωγής, οικονομικά στοιχεία, αριθμός σκαφών, κ.α.).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συνολικά αποκωδικοποιήθηκε η πληροφορία από 303 άρθρα έξι, ημερήσιας κυκλοφορίας, εφημερίδων της Αθήνας («Ελευθερία», «Εμπρός», «Ριζοσπάστης», «Σκριπτ» και «Ταχυδρόμος») και της Θεσσαλονίκης («Μακεδονία») για την περίοδο 1908-1987, με τη συντριπτική πλειοψηφία των άρθρων

(93,5%) να εντοπίζεται μετά το 1948 (Εικόνα 1α). Τα περισσότερα άρθρα αφορούσαν στις ελληνικές θάλασσες και σε μικρότερο βαθμό τα διεθνή ύδατα, τα εσωτερικά ύδατα και τις λιμνοθάλασσες (Εικόνα 1β). Αναφορικά με τη χωρική διάσταση των άρθρων, τα περισσότερα αφορούσαν ημίκλειστους κόλπους του Αιγαίου Πελάγους πλησίον των μεγάλων αστικών κέντρων (Παγασητικός, Σαρωνικός, Θερμαϊκός), τα Δωδεκάνησα και σε μικρότερο βαθμό το Ιόνιο Πέλαγος (Εικόνα 1γ). Οι εφημερίδες που εξετάστηκαν παρουσίαζαν μια ετερογένεια ως προς την περιοχή μελέτης των θεμάτων. Ειδικότερα, η εφημερίδα «Μακεδονία» είχε τα μοναδικά άρθρα που αφορούσαν την αλιεία στο Θερμαϊκό Κόλπο, τα περισσότερα άρθρα για τα εσωτερικά ύδατα (λίμνες), τη δεύτερη μεγαλύτερη συχνότητα άρθρων για τις λιμνοθάλασσες και διεθνών θεμάτων, ιδιαίτερα αυτά που αφορούσαν σε επεισόδια με Τούρκους αλιείς στο Βόρειο Αιγαίο. Αντίθετα, η εφημερίδα «Ελευθερία» εμφάνισε το μεγαλύτερο αριθμό χωρικής κάλυψης (17), είχε τα περισσότερα άρθρα για τον Παγασητικό και Σαρωνικό Κόλπο, καθώς και άρθρα από τη διεθνή επιστημονική κοινότητα. Από τις υπόλοιπες εφημερίδες, ξεχωρίζει ο «Ριζοσπάστης» με μεγάλο ποσοστό των άρθρων του να καλύπτουν τα εσωτερικά ύδατα και τις λιμνοθάλασσες.

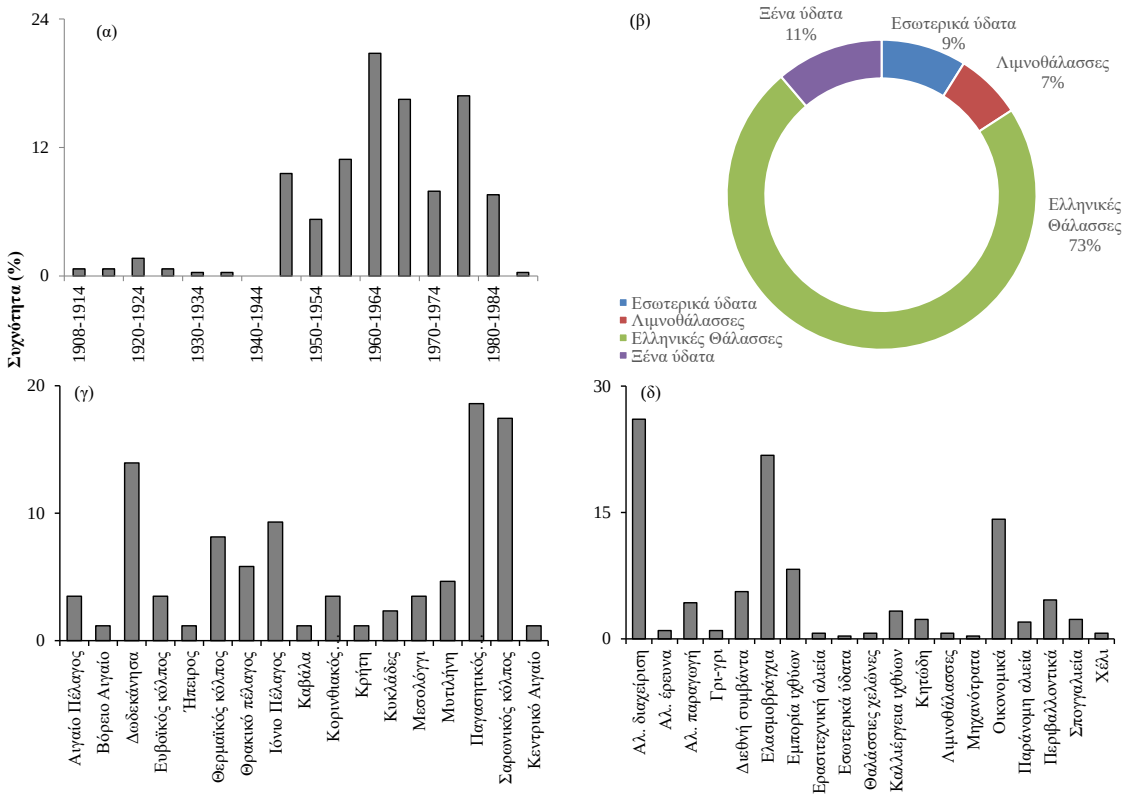
Περισσότερο από τα 4/5 των άρθρων (82,8%) πραγματεύονταν τα εξής, με φθίνουσα σειρά συχνότητας, θέματα (Εικόνα 1δ): αλιευτική διαχείριση (26,1%), ελασμοβράχγια και θαλάσσια κήτη (24,1%), οικονομικά στοιχεία της αλιείας (14,2%), εμπορία ιχθύων (8,3%), διεθνή συμβάντα (5,6%) και περιβαλλοντικά θέματα (4,6%). Ειδικότερα, τα άρθρα των θεμάτων της αλιευτικής διαχείρισης πραγματεύονται σε μεγάλο βαθμό τις σχέσεις μεταξύ επαγγελματιών διαφόρων τύπων αλιευτικών εργαλείων και ερασιτεχνών αλιέων, τα θαλάσσια κήτη και ειδικότερα τα καρχαριοειδή, όπου γίνονται πολλές αναφορές για θανάτωσή τους, όχι ως κύριου αλιευτικού στόχου, αλλά ως παράπλευρο αλίευμα ή/και προστασία των λουόμενων, αλλά και οικονομικά στοιχεία που αφορούν στις διακυμάνσεις των τιμών των ψαριών και θέματα εμπορίας και διακίνησης των ψαριών.

Σταχυολογώντας, από απόσπασμα της εφημερίδας «Μακεδονία» το έτος 1976 αναφέρεται ότι «*Οι παράκτιοι αλιείς των περιοχών από την Νέα Μηχανιώνα μέχρι τον Πλαταμώνα εξακολουθούν να διαμαρτύρονται διότι δεν λαμβάνονται μέτρα προστασίας του ενάλιου πλούτου που καταστρέφεται από τα γρι-γρι*». Στην ίδια εφημερίδα το έτος 1977 αναφέρεται, μεταξύ άλλων, ότι «*οι ιδιοκτήτες των μηχανοτρατών έδεσαν τα σκάφη τους στην παραλία της Θεσσαλονίκης, διότι στα ανοιχτά του Θερμαϊκού υπεισέρχονται οι παράκτιοι αλιείς οι οποίοι με τα δίχτυα τους παρεμποδίζουν την κίνηση των μηχανοτρατών*». Σημαντικό θέμα αποτελούσαν οι προσπάθειες για εκσυγχρονισμό της νομοθεσίας. Σε παράθεσή της η εφημερίδα «Εμπρός» αναφέρει το έτος 1948 ότι «*…Λίαν όμως ατυχώς δια την χώραν μας και τας δυο φοράς είς την υπόθεσιν της αλιείας, όπως πάντοτε, ανεμίχθησαν πρόσωπα χωρίς καμμίαν ειδίκευσιν, επιλεχθέντα εκ των συνήθων της ρουτίνας υπαλληλικών κύκλων, ως να καθιερωθή εις αυτούς η εξουσία του να χειρίζωνται τα της αλιείας ρηξικελεύθως*». Από απόσπασμα της εφημερίδας «Ελευθερία» το έτος 1965 περιγράφεται η οικονομική στήριξη της αλιείας «*Ενεκρίθη υπο της Νομισματικής Επιτροπής, εισηγήσει του υπουργού Βιομηχανίας, η χορήγησις κατά το 1964 μεσοπρόθεσμων αλιευτικών δανείων εκ μέρους της Αγροτικής Τραπέζης, συνολικού ύψους 10 εκατ. Δραχμών με επιτόκιο 2% ετησίως, δια την ανανέωσιν του εξοπλισμού των αλιευτικών και σπογγαλιευτικών πλοίων*».

Η έννοια της υπεραλίευσης αναδεικνύεται σε αρκετά άρθρα ως υπαίτια, όπως αναφέρεται σε απόσπασμα από την εφημερίδα «Μακεδονία» το έτος 1976, «*η ανά σκάφος απόδοση σε αλιεύματα στην Ελλάδα βρίσκεται σε χαμηλά επίπεδα ... . Η διαφορά αυτή πρέπει να αποδοθή και στην συνεχή μείωση παραγωγής των ελληνικών αλιευτικών πεδίων από την εντατική εκμετάλλευση, που ωδήγησε στην βαθμιαία εξάντληση των Ιχθυοαποθεμάτων των βυθών*», υπεύθυνη είναι και η ρύπανση των θαλασσών. Ενδεικτικά, το πρόβλημα της μείωσης των αποθεμάτων αποδίδεται κυρίως στη ρύπανση των θαλασσών «*Βασική αιτία του φαινομένου η εκτεταμένη και πολύμορφη μόλυνση των ελληνικών θαλασσών από τα πετρέλαια, τα απόβλητα και άλλες τοξικές ουσίες, που ξεπερνούν τα όρια ασφαλείας, που έχουν ορίσει οι ειδικοί επιστήμονες*».

Σημαντικό μέρος των άρθρων αποτελούν είδη που σπάνια συναντώνται στις ελληνικές θάλασσες και λόγω αυτής της σπανιότητας, αλλά και των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους (μέγεθος, σχήμα, ηθολογία), συχνά αποτελούν στοιχεία υπερβολής και εντυπωσιασμού. Ενδεικτικά παραδείγματα αποτελούν δημοσιεύματα της εφημερίδας «Ριζοσπάστης» το έτος 1925, όπου «*Κατά τηλεγράφημα του Λιμεναρχείου Πατρών προς το υπουργείον της Εθνικής Οικονομίας η προ τενος εμφανισθείσα εις τον Κορινθιακόν κόλπο φάλαινα εσημειώθη ήδη εις τον κόλπον των Πατρών, προκαλέσασα πανικόν των αλιέων. Το υπουργείον κατόπιν τούτου παρεκάλεσε το υπουργείον των Ναυτικών να διατάξη μικρόν πολεμικόν να πλεύση εις τον κόλπον των Πατρών δια την καταδίωξιν της φαλαίνης*». Στην εφημερίδα

«Εμπρός» το έτος 1953 αναφέρεται «*Καρχαρίας τεραστίων διαστάσεων επετέθη τας πρωινάς ώρας της σήμερον εναντίον αλιευτικού συγκροτήματος γρι-γρι των αδελφών Κατικού πλησίον του ορμού Πλατανίδια. Τα μέλη του πληρώματος διήλθον δραματικάς στιγμάς. Το κήτος παρ'ολίγον ν' ανατρέψη λέμβον της οποίας επέβαινεν αλιεύς όστις διεσώθη κατόπιν επεμβάσεως των συναδέλφων του. Εστάλη περιπολικόν προς εξόντωσιν του κήτους*».




**Εικόνα 1. Κατανομή του αριθμού των άρθρων με αλιευτικό ενδιαφέρον στις ημερήσιες εφημερίδες την περίοδο 1908-1988 με βάση: (α) το έτος αναγραφής του άρθρου, (β) το οικοσύστημα μελέτης, (γ) την περιοχή και (δ) τα θέματα που ανέλυαν.**

**Figure 1. Frequency (%) of the number of articles with fisheries information in Greek newspapers during 1908-1988 in terms of: (a) year of the articles, (b) the ecosystem type, (c) area involved and (d) aspects studied.**

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κατά την παρούσα μελέτη συγκεντρώθηκαν και κατηγοριοποιήθηκαν άρθρα του ημερήσιου εγχώριου τύπου που αφορούσαν στην ελληνική αλιεία κατά τον 20ο αιώνα. Παρεμφερείς μελέτες από γειτονικά θαλάσσια οικοσυστήματα υπογραμμίζουν τη χρησιμότητα της ύπαρξης ιστορικών αλιευτικών δεδομένων που θα συμβάλουν στην καλύτερη ερμηνεία μακροπρόθεσμων αλλαγών για τα εκμεταλλευόμενα αποθέματα (Fortibuoni *et al*. 2017), την εφαρμογή οικολογικών δεικτών (Libralato *et al*. 2004) και πολύπλοκων στατιστικών αναλύσεων (Ferreti *et al*. 2013). Αξίζει να σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια της περιόδου που εξετάστηκε έλαβαν χώρα στην ελληνική επικράτεια μια σειρά από σημαντικές κοινωνικο-οικονομικές ανακατατάξεις (Moutopoulos and Stergiou 2012), οι οποίες πιθανά να επηρεάζουν τις αλιευτικές δραστηριότητες, την εξέλιξη της αλιευτικής παραγωγής και την απασχόληση.

Εξετάζοντας τα άρθρα και τις εφημερίδες, παρατηρήθηκε μια θεματική και τοπική ομοιογένεια στα θέματα που παρουσιάζονταν ανάλογα με την εφημερίδα. Έτσι, στις εφημερίδες της Βορείου Ελλάδας («Μακεδονία» & «Θεσσαλονίκη») αποτυπώνονται τα περισσότερα άρθρα για τα εσωτερικά ύδατα, καθώς εκεί εντοπιζόταν ο μεγαλύτερος όγκος των λιμνών της ελληνικής επικράτειας, αλλά και τα άρθρα για το Βόρειο Αιγαίο, αλλά, παραδόξως και στα Δωδεκάνησα. Το τελευταίο οφείλεται στο μεγάλο αριθμό άρθρων για τα καρχαριοειδή και γενικότερα στα υπερμεγέθη θαλάσσια κήτη, τα οποία προσελκύουν

τους αναγνώστες, λόγω του ανεξερεύνητου στοιχείου που τα διέκρινε εκείνη την εποχή. Αντίθετα, σε εφημερίδες των Αθηνών (π.χ. εφημερίδα «Εμπρός») εντοπίστηκαν τα περισσότερα άρθρα για το Κεντρικό και Νότιο Αιγαίο και ειδικότερα για περιοχές όπως ο Παγασητικός και ο Σαρωνικός Κόλπος.

Από τη μελέτη των άρθρων γίνεται φανερό ότι οι περισσότερες αναφορές πραγματεύονται στοιχεία της αλιείας όπως είναι η αλιευτική παραγωγή και αλιευτική προσπάθεια. Τα στοιχεία αυτά αντανακλούν το χαρακτήρα των τοπικών οικοσυστημάτων, το πολιτιστικό περιβάλλον αλλά και τα ενδιαφέροντα και τις προτεραιότητες των τοπικών κοινωνιών σχετικά με την αλιεία. Το μεγαλύτερο πλήθος των άρθρων που εξετάστηκαν εντοπίζονταν χρονικά στην μεταπολεμική περίοδο (μετά το 1948). Το στοιχείο αυτό αντανακλά τις σημαντικές προσπάθειες που κατεβλήθησαν για την ανοικοδόμηση του αλιευτικού κλάδου ιδιαίτερα μετά το Β' Παγκόσμιο Πόλεμο (1940-1945), ο οποίος καθυστέρησε κάθε προσπάθεια εκσυγχρονισμού της ελληνικής αλιείας και επανέφερε την ελληνική αλιεία στα επίπεδο του μεσοπολέμου (1925-1935) (Moutopoulos & Stergiou 2011).

Μετά το τέλος του Β' Παγκοσμίου Πολέμου και έως τα μέσα της δεκαετίας του 1950 (1946-1954), η Ελλάδα χρηματοδοτήθηκε από διεθνείς οργανισμούς για την αποκατάσταση των βασικών λειτουργιών της (Σχέδιο Μάρσαλ), όπου ένα σημαντικό ποσοστό αυτής της βοήθειας (12,1%) κατευθύνθηκε και στον αλιευτικό τομέα (Ανανιάδης 1968). Η χρηματοδότηση αυτή ήταν σε απόλυτους αριθμούς μεγαλύτερη από το διπλάσιο ποσό της χρηματοδότησης που δόθηκε στον αλιευτικό τομέα κατά την περίοδο του μεσοπολέμου (Σερμπέτης 1949) και υποστήριξε την αλιεία κατά την περίοδο της αυξητικής φάσης (1946-1969). Έτσι, η ελληνική αλιεία ξεκίνησε να εκσυγχρονίζεται (Ananiadis 1970) και σε συνδυασμό με την προσάρτηση των Δωδεκανήσων στην υπόλοιπη Ελλάδα (1948), επεκτάθηκε σε νέα αλιευτικά πεδία και είδη. Το ίδιο σημαντική, όπως φαίνεται και από μερικά άρθρα της εποχής, κρίνεται και η πρώτη προσπάθεια «πρώιμης» ενίσχυσης της αλιείας (*early capacity-enhanceing subsidies*: Sumaila *et al*. 2010) που πραγματοποιήθηκε μετά τη μικρασιατική καταστροφή, η οποία ουσιαστικά εκκίνησε κάθε προσπάθεια ανάπτυξης της ελληνικής αλιείας στον 20ο αιώνα.

Η έννοια της υπεραλίευσης αναδεικνύεται σε αρκετά άρθρα, είτε με την παράθεση ποσοτικών στοιχείων αλιευτικής παραγωγής ή/και αλιευτικής προσπάθειας (αριθμός σκαφών) και σύγκριση ανάμεσα στα έτη, ή και με άλλες μεσογειακές χώρες. Το στοιχείο αυτό αποτελεί από μόνο του ιδιαίτερο ενδιαφέρον, καθώς με βάση τα επίσημα αλιευτικά δεδομένα (Moutopoulos & Stergiou 2011) η αλιευτική παραγωγή από την έναρξη της στατιστικής παρακολούθησής της (1928) είναι κατά 11 φορές μικρότερη από τη μέγιστη παραγωγή (1994), ενώ και η μέση αλιευτική παραγωγή κατά τις δεκαετίες που αναφέρονται τα περιστατικά υπεραλίευσης (1960-1970) υπολείπεται σχεδόν κατά 50% της αλιευτικής παραγωγής μετά το 2000 (Moutopoulos *et al*. 2015). Το αποτέλεσμα αυτό ενδεχομένως να οφείλεται στο φαινόμενο της «μετατόπισης της βάσης αναφοράς» (Shifting the baseline: Pauly 1995) της γνώσης των αλιέων και στον επηρεασμό των απόψεων των αλιέων από το πιο πρόσφατο συμβάν. Ωστόσο, κρίνεται σημαντικό το στοιχείο της παρουσίας άρθρων σε ημίκλειστους κόλπους (Πατραϊκός, Αμβρακικός, Σαρωνικός) με αναφορές που δέχονται τα αλιευτικά αποθέματα από την υποβάθμιση του θαλάσσιου οικοσυστήματος, αλλά και τις παρεμβάσεις και τις δραστηριότητες στην παράκτια ζώνη. Το στοιχείο αυτό αναδεικνύει την αναγκαιότητα της θέσπισης μέτρων προστασίας των αλιευτικών αποθεμάτων, ιδιαίτερα στην παράκτια ζώνη, η οποία αποτελεί το βασικό ενδιαίτημα προστασίας, διατροφής και αναπαραγωγής των ψαριών (Ανώνυμος 2008α,β).

Ένα επιπρόσθετο πρόβλημα της ελληνικής αλιείας, το οποίο αναδεικνύεται μέσα από την ιστορική αναζήτηση πληροφοριών και ενισχύει το διαχρονικό του χαρακτήρα αποτελεί ο ανταγωνισμός ανάμεσα στις διάφορες κατηγορίες αλιέων (ερασιτεχνών-επαγγελματιών, παράκτιων αλιέων-δυναμικών εργαλείων). Από το στοιχείο αυτό, γίνεται φανερό ότι ο ανταγωνισμός αυτός παρόλο που σήμερα έχει την γενεσιουργό του αιτία στη μειωμένη αλιευτική απόδοση (Gonzalvo *et al*. 2015), σε εκείνες τις περιόδους της ελάχιστης, σε σύγκριση με το σήμερα, αλιευτικής πίεσης, πιθανά να οφειλόταν σε ανταγωνισμό για μεγαλύτερο κέρδος ανάμεσα στους αλιείς. Επίσης, όπως και σήμερα, έτσι και πριν μισό και παραπάνω αιώνα, σημαντική ήταν η αλληλεπίδραση της αλιείας με τη θαλάσσια μεγαπανίδα (κητώδη, καρχαριοειδή, θαλάσσιες χελώνες), που είτε προκαλούσε ζημιά στα αλιευτικά εργαλεία ή απλά αποτελούσε φόβο και δέος στην τότε κοινωνία της ελάχιστης πληροφόρησης και εκπαίδευσης.

Καταληκτικά, τα στοιχεία της παρούσας μελέτης αποτελούν μοναδικές αναφορές για την επαγγελματική δραστηριότητα τόσο στη θάλασσα όσο και στα ιχθυοτρόφα (λιμνοθάλασσες) και τα εσωτερικά ύδατα σε μια περίοδο που μπορεί να χαρακτηριστεί ως «ελάχιστης αλιευτικής πίεσης» (Moutopoulos and Stergiou 2011). Η δημιουργία μιας βάσης δεδομένων αλιευτικής παραγωγής μπορεί να βοηθήσει στην αξιοποίηση και τον συγκερασμό των διαθέσιμων πηγών αλιευτικής παραγωγής, τα

οποία καταγράφονται από ανεξάρτητους φορείς του ελληνικού κράτους. Με τον τρόπο αυτό, τα δεδομένα μπορούν εύκολα να αναλυθούν και να μελετηθούν, ώστε να χρησιμοποιηθούν σε ένα εκτεταμένο εύρος επιστημονικών αντικειμένων, όπως η αλιευτική έρευνα, οι οικονομικές αναλύσεις και διαχειριστικά σχέδια. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Επιτροπή για τη Θαλάσσια Γνώση 2020 (European Commission Marine Knowledge 2020) η ανάκτηση και η ψηφιοποίηση ιστορικών δεδομένων διευκολύνει τη χρήση τους σε ακαδημαϊκό και διαχειριστικό πλαίσιο μέσω του Ευρωπαϊκού Θαλάσσιου Δικτύου Παρατήρησης και Δεδομένων (EMODnet), για να χρησιμοποιηθούν στην εφαρμογή πολιτικών για τη θαλάσσια στρατηγική (EU REG 2008).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


Ανανιάδης ΚΙ (1968) Ελληνική Αλιεία. Προοπτικές και δυνατότητες ανάπτυξης. Αθήνα, Κέντρο Προγραμματισμού και Οικονομικών Ερευνών, 281 σελ.

Ananiadis KI (1970) The effects of trawl fishing on the stocks of different commercial species in Greek waters. Proceedings of the Hydrological Institute of Athens Academy: 493-497.

Ανώνυμος (2008α) Αλιευτική δραστηριότητα στον Αμβρακικό Κόλπο: Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας 2000-2006: Μέτρο 4.4-«Ενέργειες που τίθενται σε εφαρμογή από τους επαγγελματίες».

Ανώνυμος (2008β) Αλιευτική δραστηριότητα στον Κορινθιακό και τον Πατραϊκό Κόλπο: Υφιστάμενη κατάσταση και προοπτικές. Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας 2000-2006: Μέτρο 4.4-«Ενέργειες που τίθενται σε εφαρμογή από τους επαγγελματίες».

Engelhard GH, Thurstan RH, MacKenzie BR, … , Lescrauwaet A-K (2016) ICES meets marine historical ecology: placing the history of fish and fisheries in current policy context. ICES Journal of Marine Science 73: 1386–1403.

EU Reg. (2008) European Parliament, Council of the European Union. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for community action in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive) (Text with EEA relevance), OJ L 164, 25.6.2008, 19–40 (European Council, 2008).

Fortibuoni T, Libralato S, Arneri E (2017) Fish and fishery historical data since the 19th century in the Adriatic Sea, Mediterranean. Scientific Data, 4:170104.

Fortibuoni T, Libralato S, Raicevich S, Solidoro C (2010) Coding Early Naturalists' Accounts into Long Term Fish Community Changes in the Adriatic Sea (1800–2000). Plos One 5(11): e15502.

Gonzalvo J, Giovos I, Moutopoulos DK (2015) Fishermen perception on the sustainability of small-scale fisheries and dolphin-fisheries interactions in two increasingly fragile coastal ecosystems in Western Greece. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 25: 91-106.

Libralato S, Pranovi F, Raicevich S, Da Ponte F, Giovanardi O, Pastres R, Torricelli P, Mainardi D (2004) Ecological stages of the Venice Lagoon analysed using landing time series data. Journal of Marine Systems 51: 331–344).

McClenachan L, Ferretti F, Baum JK (2012) From archives to conservation: Why historical data are needed to set baselines for marine animals and ecosystems. Conservation Letter 5: 349–359.

Moutopoulos DK, Stergiou KI (2012) Spatial disentangling of Greek commercial fisheries landings by gear between 1928-2007. Journal of Biological Research 18: 265-279.

Moutopoulos DK, Stergiou KI (2011) The evolution of the Greek fisheries during the 1928-1939 period. Acta Adriatica 52(2): 183-200.

Moutopoulos DK, Tsikliras AC, Stergiou KI (2015) Reconstruction of Greek fishery catches by fishing gear and area (1950-2010). Fisheries Centre Working Paper #2015-11, University of British Columbia, Vancouver, 14 p. http://www.seaaroundus.org/doc/publications/wp/2015/Moutopoulos-et-al-Greece.pdf

Pauly D (1995) Anecdotes and the shifting base-line syndrome of fisheries. Trends in Ecology and Evolution 10(10):430.

Σερμπέτης Χ (1949) Τα οικονομικά της αλιείας το 1947. Εκδόσεις Υπουργείου Εθνικής Οικονομίας-Γενική Διεύθυνση αλιείας. Δελτίο εργαστηρίου αλιευτικής έρευνας 1948. Αθήνα, σελ. 94-131.

Sumaila UR, Khan AS, Dyck AJ, Watson R, Munro G, Tyedmers P, Pauly D (2010) A bottom-up re-estimation of global fisheries subsidies. Journal of Bioeconomics 12: 201-225.

# Μελέτη του πολυ-εργαλειακού χαρακτήρα της ελληνικής αλιείας στο Ιόνιο Πέλαγος

**Αλέξης Λάζαρης[1], Παναγιώτα Στάππα[1], Γεώργιος Τσερπές[2], Ευάγγελος Τζανάτος[1]**
[1]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 26504, Ρίο, Πάτρα, alexislaz@upatras.gr
[2]Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, ΤΘ 2214, 71003, Ηράκλειο

## ABSTRACT

**Alexis Lazaris, Panagiota Stappa, George Tserpes, Evangelos Tzanatos: Exploring the multi-gear aspect of Greek fisheries in the Ionian Sea.**

The effect of multiple gears targeting a common pool of mixed species stocks is hard to assess because a standard unit of reference cannot be suggested thus hindering efficient management of these fisheries. This work aims to analyze the complex interactions between multiple gears fishing a set of unit stocks in the eastern Ionian Sea. CPUE and length distribution data, for each of five selected commercial species, were modeled in order to examine spatial and temporal variation of their abundance and size occurrence. A set of covariates, obtained from commercial fisheries, were found to have a significant effect on all species. Although some areas/seasons were found to act as spots of fisheries/protection interest, a general trend of high spatiotemporal variability was observed which shows the need to adapt our current management schemes.

**Keywords:** mixed fisheries, gear interactions, multi-gear, Mediterranean Sea, data-poor stocks, standardization, fisheries management

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ελληνική αλιεία, ως τυπικό παράδειγμα της ευρύτερης αλιείας στην Μεσόγειο Θάλασσα, έχει πολυ-ειδικό και πολυ-εργαλειακό χαρακτήρα καθώς πολλά εργαλεία αλιεύουν ένα κοινό απόθεμα ποικιλίας ειδών. Η ποικιλία στην τρωτότητα, συμπεριφορά και αλιευσιμότητα των ειδών η οποία είναι διαφορετική για τα διαφορετικά εργαλεία οδηγεί σε δυσκολία εύρεσης και εφαρμογής ενός ενιαίου σχεδίου διαχείρισης των πληθυσμών με κοινό όφελος για όλα τα είδη (Samy-Kamal *et al.* 2015, Ulrich *et al.* 2016). Οι επίσημες εκτιμήσεις αποθεμάτων για τους ιχθυοπληθυσμούς της Μεσογείου (STECF, GFCM, ICCAT) αφορούν σε λίγα είδη σε σχέση με το πόσα είδη θεωρούνται εμπορικώς εκμεταλλεύσιμα (28 από τα 100 και πλέον είδη, Osio *et al.*, 2018). Επίσης, οι εκτιμώμενες καταστάσεις εκμετάλλευσης αυτών των ειδών είναι μεγαλύτερες της μέγιστης αειφόρου παραγωγής (MSY), κάτι που ενισχύει την ανάγκη για αποτελεσματικότερη και πρακτικότερη διαχείριση των αποθεμάτων. Η διαχείριση τέτοιου τύπου αλιείας μεικτού τύπου γίνεται με μέτρα "στην είσοδο" (περιορισμοί στην αλιευτική προσπάθεια αναφορικά με τα εργαλεία, τεχνικά χαρακτηριστικά των καϊκιών καθώς και χωροχρονικούς περιορισμούς) και "στην έξοδο" (περιορισμοί στις εκφορτώσεις) της αλιευτικής δραστηριότητας (Yildiz & Ulman 2020). Στην Μεσόγειο Θάλασσα, η διαχείριση γίνεται με περιορισμούς στην αλιευτική προσπάθεια σε εθνικό επίπεδο ενώ οι περιορισμοί που αφορούν "στην έξοδο" καθιερώνονται σε ευρωπαϊκό επίπεδο μέσω της Κοινής Αλιευτικής Πολιτικής. Σε γενικές γραμμές, μέχρι στιγμής, η κατάσταση των μεσογειακών αποθεμάτων είναι σε αρκετά δυσμενέστερη κατάσταση από τις ευρωπαϊκές προδιαγραφές (Cardinale *et al.* 2017, Sanchez-Lizaso *et al.*, 2020). Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να αναλυθεί η αλληλεπίδραση μεταξύ εργαλείων παράκτιας και μέσης αλιείας, χρησιμοποιώντας δεδομένα που συλλέγονται τυπικά στην παρακολούθηση της αλιευτικής δραστηριότητας (αφθονία και κατά μήκος σύνθεση), ώστε να διερευνηθεί το κατά πόσον μπορεί να αξιοποιηθεί η πληροφορία από την εμπορική αλιεία με τελικό στόχο την πρόταση εναλλακτικών διαχειριστικών σχεδίων. Ως περιπτώσεις μελέτης αναλύθηκαν τα είδη *Boops boops (*Linnaeus 1758, bogue, γόπα)*, Merluccius merluccius* (Linnaeus 1758, european hake, μπακαλιάρος)*, Mullus barbatus* (Linnaeus 1758, red mullet, κουτσομούρα)*, Mullus surmuletus* (Linnaeus 1758, stripped mullet, μπαρμπούνι) και *Sparus aurata* (Linnaeus 1758, gilthead seabream, τσιπούρα).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε αλιευτικά σκάφη την περίοδο Μάρτιος 2018 με Μάρτιος 2019 στο Ιόνιο Πέλαγος (GSA 20) στα πλαίσια του ΕΠΣΑΔ. Τα δεδομένα αφορούν σε καταγραφές παραγωγών και κατά μήκος σύνθεσης ανά αλιευόμενο είδος καθώς και στοιχεία αλιευτικής προσπάθειας. Το Ιόνιο Πέλαγος χωρίζεται χωρικά σε τρεις υπο-περιοχές (νότιο, κεντρικό και βόρειο

Ιόνιο). Η παραγωγή ανά μονάδα αλιευτικής προσπάθειας (CPUE) ορίστηκε ως κιλά/1000 μέτρα διχτυού (για τα εργαλεία με δίχτυα), κιλά/1000 αγκίστρια (για τα παραγάδια) και κιλά/ώρα σύρσης (για τις μηχανότρατες). Τα δεδομένα αναλύθηκαν, για κάθε είδος ξεχωριστά, με την χρήση GAMs (Wood, 2017), σε δύο ενότητες, μία για την CPUE και μία για την κατά μήκος σύνθεση. Η CPUE αναλύθηκε ανά εργαλείο ελλείψει συγκρισιμότητας των διαφορετικών CPUE μεταξύ των εργαλείων. Λόγω της υψηλής συχνότητας μηδενικών τιμών, η CPUE συνηθίζεται να αναλύεται σε ένα κομμάτι που αφορά την παρουσία/απουσία (μελετώντας την πιθανότητα παρουσίας) και σε ένα κομμάτι που αφορά στην αφθονία (μελετώντας την κατανομή αφθονίας μόνο στις περιπτώσεις παρουσίας) ενός είδους. Στην παρούσα εργασία τα δύο μεγέθη μοντελοποιήθηκαν ενιαία με την χρήση μικτής Poisson-Gamma κατανομής η οποία είναι κατάλληλη να ενσωματώσει στα μοντέλα τις μηδενικές τιμές μαζί με τις θετικές τιμές αφθονίας (Lorance *et al.* 2010). Η κατά μήκος σύνθεση αναλύθηκε ενιαία συμπεριλαμβάνοντας όλα τα εργαλεία, κάτι που βοηθάει στην συμπλήρωση (χωρικά και χρονικά) πληροφορίας μεταξύ των διαφορετικών εργαλείων. Οι μεταβλητές οι οποίες συλλέχθηκαν και θεωρήθηκαν σχετικές με την αφθονία και την κατά μήκος σύνθεση των ειδών ήταν το βάθος, η εποχικότητα που θεωρήθηκε ότι αλλάζει αναλόγως της μελετούμενης υπο-περιοχής καθώς και τα τεχνικά χαρακτηριστικά του αλιευτικού εργαλείου (άνοιγμα ματιού διχτυού, νούμερο αγκιστριού παραγαδιού). Σε απλή σημειογραφία τα μοντέλα ήταν της μορφής:

$$g(\mu_i) = \beta_0 + f(\textit{βάθος}_i) + f(\textit{ημερομηνία}_i * \textit{περιοχή}_{\alpha i}) + \beta_{\textit{εργαλείο}_\chi}\textit{εργαλείο}_{\chi i} + \beta_{\textit{περιοχή}_\alpha}\textit{περιοχή}_{\alpha i} + \varepsilon_i$$

, όπου $\mu_i$ είναι η μέση τιμή CPUE ή μήκους, $g$ είναι η συνάρτηση λογαρίθμησης, η μεταβλητή $g(\mu_i)$ ακολουθεί μικτή Poisson-Gamma, *βάθος* είναι το βάθος, *ημερομηνία* είναι η ημερομηνία, $\textit{περιοχή}_\alpha$ είναι μία εκ των τριών περιοχών (νότιο, κεντρικό, βόρειο Ιόνιο), $\textit{εργαλείο}_\chi$ είναι το εργαλείο σύλληψης (συνδυασμός εργαλείου με τεχνικά χαρακτηριστικά, π.χ. απλάδι με μικρό μάτι κ.ο.κ.) της κάθε δειγματοληψίας, και $\varepsilon_i$ είναι το τυχαίο σφάλμα που ακολουθεί κανονική κατανομή. Οι συντελεστές της κάθε εξαρτημένης μεταβλητής απεικονίζονται με $\beta$ ή με $f$, αναλόγως του αν η μεταβλητή έχει οριστεί να έχει παραμετρική ή μη παραμετρική (μέσω splines) επίδραση στην εξαρτημένη μεταβλητή.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι περισσότερες εξαρτημένες μεταβλητές είχαν σημαντική επίδραση στα μοντέλα της CPUE και της κατά μήκος σύνθεσης για όλα τα είδη. Στην Εικόνα 1 απεικονίζονται ενδεικτικά τα αποτελέσματα των μοντέλων για την μεταβολή της CPUE ενός από τα πέντε είδη και συγκεκριμένα της κουτσομούρας που είναι ένα είδος στο οποίο φαίνονται σαφώς οι επιδράσεις του χώρου, του χρόνου και του εργαλείου στην παραγωγή ανά μονάδα αλιευτικής προσπάθειας (μόνο οι μεταβλητές που επιδρούν με στατιστικά σημαντικό τρόπο) και στην Εικόνα 2 τα αποτελέσματα για την μεταβολή της κατά μήκος σύνθεσης όλων των ειδών. Πιο συγκεκριμένα και επιγραμματικά, για το κάθε είδος ξεχωριστά έχουμε τα εξής:

Η αφθονία της γόπας στα δίχτυα δείχνει να εμφανίζει ένα μέγιστο στα 20 m βάθους καθώς επίσης η μέγιστη παραγωγή της διαφέρει χωρικά (αρχή φθινοπώρου στο νότιο Ιόνιο, αρχή άνοιξης στο υπόλοιπο Ιόνιο). Στα γριγρί, η παραγωγή της γόπας είναι μεγαλύτερη προς το βόρειο Ιόνιο. Τα μήκη των αλιευόμενων ατόμων γόπας αυξάνονται με το βάθος μέχρι τα 50 m. Χρονικά, τα μεγαλύτερα άτομα εντοπίζονται προς το καλοκαίρι και χωρικά, προς το βόρειο Ιόνιο.

Η αφθονία του μπακαλιάρου αυξάνεται με το βάθος καθώς επίσης εντοπίζεται μεγάλη αφθονία την περίοδο του χειμώνα. Στο κεντρικό Ιόνιο η μεγάλη αφθονία του μπακαλιάρου εντοπίζεται κυρίως στις μηχανότρατες ενώ στο νότιο Ιόνιο εντοπίζεται στα παραγάδια. Το αλιευόμενο μήκος επίσης αυξάνεται με το βάθος. Τα μεγαλύτερα άτομα εντοπίζονται στα απλάδια δίχτυα και στα παραγάδια ενώ τα μικρότερα, στις μηχανότρατες.

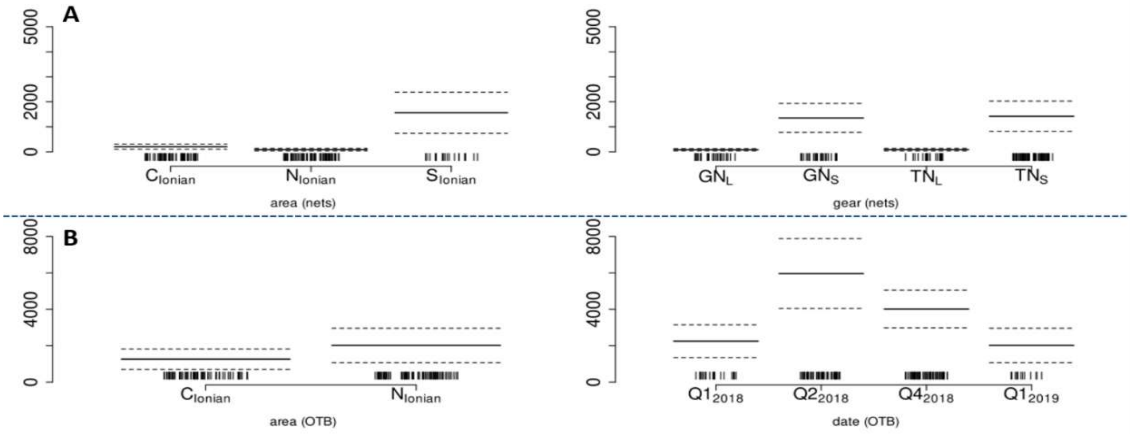
Η αφθονία της κουτσομούρας είναι μεγαλύτερη στα μανωμένα δίχτυα και συγκεκριμένα σε αυτά με μικρό άνοιγμα ματιού. Τα δίχτυα στο κεντρικό Ιόνιο φαίνεται να αλιεύουν μεγαλύτερες ποσότητες σε σύγκριση με το υπόλοιπο. Αντιθέτως, η αφθονία κουτσομούρας στις μηχανότρατες ήταν μεγαλύτερη στο βόρειο Ιόνιο και συγκεκριμένα την άνοιξη. Τα αλιευόμενα μήκη εμφάνισαν αύξηση με το βάθος μέχρι τα 100 m. Μεγαλύτερα άτομα εντοπίζονται στο κεντρικό Ιόνιο και συγκεκριμένα σε μανωμένα δίχτυα μεγάλου ανοίγματος ματιού.

Η αφθονία του μπαρμπουνιού ήταν μεγαλύτερη στα ρηχά νερά με μέγιστο γύρω στα 25 m αλιευόμενου με μανωμένα δίχτυα. Οι μεγαλύτερες αφθονίες εντοπίζονται την άνοιξη στο βόρειο και νότιο Ιόνιο ενώ το φθινόπωρο, στο κεντρικό Ιόνιο. Μεγάλα αλιευόμενα άτομα εντοπίζονται στα ρηχότερα νερά και συγκεκριμένα την περίοδο του καλοκαιριού σε όλο το Ιόνιο.

Οι μεγαλύτερες αφθονίες της τσιπούρας εντοπίζονται στα ρηχότερα νερά και συγκεκριμένα σε ψαρέματα με μανωμένα δίχτυα μεγάλου ανοίγματος ματιού. Οι υψηλότερες αφθονίες, ασχέτως εργαλείου αλίευσης, εντοπίζονται στο κεντρικό Ιόνιο. Τα μεγαλύτερα άτομα εντοπίζονται στα ρηχότερα νερά που αλιεύονται από μανωμένα δίχτυα.

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε ο πολυ-εργαλειακός χαρακτήρας της ελληνικής αλιείας σε σχέση με τα πέντε εμπορικά είδη. Η ανάλυση δεδομένων που συλλέγονται σε πλαίσια παρακολούθησης της αλιευτικής δραστηριότητας δείχνει έντονες αντιθέσεις και χωροχρονική ετερογένεια (π.χ. Pappa *et al.* 2017 για την ίδια περιοχή) και αυτά τα ευρήματα μπορούν να αξιοποιηθούν για την βελτίωση των σχεδίων διαχείρισης των αποθεμάτων.

Η γόπα θεωρείται πως βρίσκεται υπό μεγάλη αλιευτική πίεση (STECF 2012). Στο Ιόνιο ψαρεύεται από δίχτυα, γριγρί και μηχανότρατες με την μεγαλύτερη αφθονία της στο αλίευμα να εμφανίζονται μεταξύ Φεβρουαρίου και Απρίλη, την περίοδο ωοτοκίας του είδους (Bottari *et al.* 2014).Τα μικρότερα μήκη γόπας εντοπίζονται στο κεντρικό Ιόνιο, ενισχύοντας την άποψη για τον ρόλο του Πατραϊκού κόλπου ως πεδίο ενηλικίωσης νεαρών ατόμων.




**Εικόνα 1. Επίδραση των στατιστικά σημαντικών ανεξάρτητων μεταβλητών στην CPUE της κουτσομούρας ανά αλιευτικό εργαλείο. A: μοντέλο διχτυών, B: μοντέλο μηχανότρατας. Συντμήσεις εργαλείων: GN: απλάδια δίχτυα, OTB: μηχανότρατα, PS: γριγρί, TN: μανωμένα δίχτυα, LL: παραγάδια. Με μικρό γράμμα L και S σημειώνονται μεγάλο (>24mm) και μικρό (<=24mm) άνοιγμα ματιού αντίστοιχα. $Q_{1-4}$: τα τέσσερα τρίμηνα του χρόνου με αρχή τον Ιανουάριο.**

**Figure 1. Effects of the statistically significant predictors for the CPUE fluctuations of *Mullus barbatus*. A: nets model, B: trawl model. Gear abbreviations: GN: gillnet, OTB: otter trawl, PS: purse seine, TN: trammel net, LL: longline. Subscripts L or S denote large (>24mm) or small (<=24mm) mesh size, respectively. $Q_{1-4}$: the four trimesters of a year starting from January.**

Ο μπακαλιάρος αποτελεί είδος-στόχο διχτυών, παραγαδιών και μηχανότρατας και θεωρείται υπερ-αλιευόμενο (STECF 2017, STECF 2020). Τα βάθη έως τα 200μ αποτελούν πεδία ενηλικίωσης (Carlucci *et al.* 2009) και ωοτοκίας (Cantafaro *et al.* 2017), κάτι που σημαίνει πως η αλιευτική δράση από όλα τα εργαλεία σε αυτά τα βάθη επηρεάζει σημαντικά οντογενετικά στάδια του είδους. Οι μηχανότρατες του κεντρικού Ιονίου εμφανίζουν την μεγαλύτερη παραγωγή καθώς και την αλίευση των μικρότερων ατόμων. Με βάση τα μικρά άτομα που εντοπίζονται στο κεντρικό Ιόνιο από Δεκέμβριο μέχρι και Φεβρουάριο, φαίνεται ότι ο Πατραϊκός κόλπος έχει ρόλο πεδίου ενηλικίωσης του είδους (βλέπε και Tserpes et al. 2008).

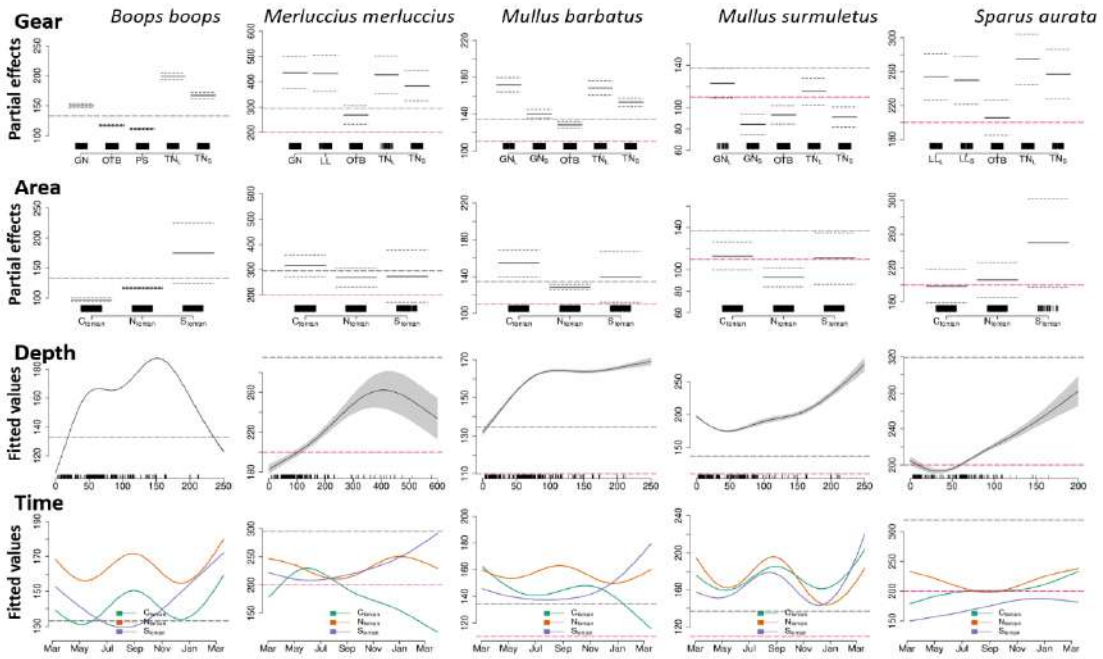
Η κουτσομούρα αποτελεί είδος-στόχο διχτυών και μηχανοτρατών. Η κατάσταση του αποθέματός της δεν έχει διευκρινιστεί προς το παρόν (STECF 2017). Η παραγωγή κουτσομούρας είναι αυξημένη στα δίχτυα με μικρό άνοιγμα ματιού τα οποία αλιεύουν τα μικρότερα άτομα. Στην αλιεία μηχανότρατας, οι μεγαλύτερες παραγωγές εντοπίζονται την άνοιξη και οι μικρότερες τον χειμώνα. Το μήκος των ατόμων αυξάνεται συναρτήσει του βάθους κάτι που ενισχύει την άποψη ότι βάθη μικρότερα από 50 m αποτελούν πεδία ενηλικίωσης (Carlucci *et al.* 2009). Η απαγόρευση της αλιείας με μηχανότρατα την περίοδο του καλοκαιριού, που είναι η αναπαραγωγή του είδους, δείχνει να βοηθάει το είδος να

αντιστέκεται στην υπερ-εκμετάλλευση και βρίσκεται σε μια κατάσταση, όπως έχει χαρακτηριστεί, "σταθερής υπεραλίευσης" (Tserpes 2019).

Το μπαρμπούνι εμφανίζει πιο σύνθετα πρότυπα αλίευσης από την κουτσομούρα αν και είναι στενά συγγενικά είδη. Θεωρείται αειφορικά αλιευόμενο (STECF 2012). Στα δίχτυα, οι μεγαλύτερες παραγωγές και τα μικρότερα μήκη εντοπίζονται σε βάθη μέχρι 40 m. Τα μεγαλύτερα άτομα, σε όλο το Ιόνιο, εμφανίζονται δύο φορές ετησίως, μία τον Αύγουστο-Σεπτέμβριο και μία τον Φεβρουάριο-Μάρτιο. Η καλοκαιρινή απαγόρευση της αλιείας με μηχανότρατα φαίνεται ότι προστατεύει τα νεαρά άτομα (Machias *et al.* 1998).

Η παραγωγή της τσιπούρας είναι μεγάλη σε μανωμένα δίχτυα με μεγάλο άνοιγμα ματιού και μάλιστα σε βάθη μικρότερα των 10 m. Τα μεγαλύτερα άτομα αλιεύονται την περίοδο μεταξύ Νοεμβρίου και Ιανουαρίου, που είναι και η περίοδος που το είδος μεταναστεύει από λιμνοθάλασσες, όπου ενηλικιώνεται, προς το πέλαγος όπου ωοτοκεί (Katselis *et al.* 2013).

Τα δίχτυα αλιεύουν σε μικρότερα βάθη από τα υπόλοιπα εργαλεία και αλιεύουν καθ' όλο το έτος. Τα μανωμένα έχουν διαφορετικά είδη-στόχους από τα απλάδια δίχτυα (μπακαλιάρος). Μανωμένα δίχτυα με μικρό άνοιγμα ματιού έχουν μεγάλες παραγωγές από κουτσομούρα και μπαρμπούνι ενώ, οι μεγάλες παραγωγές της τσιπούρας εντοπίζονται σε μανωμένα με μεγάλο άνοιγμα ματιού. Η στρατηγική των μανωμένων διχτυών για το γένος *Mullus* είναι να τα συλλαμβάνουν την περίοδο (πρώιμο καλοκαίρι) που συνυπάρχουν και ενήλικα αλλά και νεαρά άτομα στα ρηχά νερά. Πιθανά, εξαιτίας της ιδιαιτερότητας του Πατραϊκού κόλπου ως κλειστού/προστατευόμενου συστήματος που, όπως αναφέρθηκε, αποτελεί πεδίο αναπαραγωγής και ενηλικίωσης αρκετών ειδών ενδιαφέροντος, στο κεντρικό Ιόνιο παρατηρούνται οι μεγαλύτερες παραγωγές του γένους *Mullus*.




**Εικόνα 2. Επίδραση των ανεξάρτητων μεταβλητών στα αλιευόμενα μήκη για κάθε είδος. Συντμήσεις εργαλείων: GN: απλάδια δίχτυα, OTB: μηχανότρατα, PS: γριγρί, TN: μανωμένα δίχτυα, LL: παραγάδια. Με μικρό γράμμα L και S σημειώνονται μεγάλο (>24mm) και μικρό άνοιγμα ματιού (<=24mm) αντίστοιχα. Συντμήσεις περιοχών: $C_{IONIAN}$: κεντρικό Ιόνιο, $N_{IONIAN}$: βόρειο Ιόνιο, $S_{IONIAN}$: νότιο Ιόνιο. Γκρι διακεκομμένη γραμμή: Μήκος σε ωριμότητα (Tsikliras and Stergiou 2014). Ροζ διακεκομμένη γραμμή: Ελάχιστο επιτρεπόμενο μήκος εκφόρτωσης (Ευρωπαϊκή Επιτροπή 2006).**

**Figure 2. Effects of the variables examined on catch length for the length models of each species. Gear abbreviations: GN: gillnet, OTB: otter trawl, PS: purse seine, TN: trammel net, LL: longline. Subscript L or S denote large (>24mm) or small mesh size (<=24mm), respectively. Area abbreviations: $C_{IONIAN}$: Central (eastern) Ionian Sea, $N_{IONIAN}$: North (eastern) Ionian Sea, $S_{IONIAN}$: South (eastern) Ionian Sea. Grey dashed line: Length at maturity according to Tsikliras & Stergiou (2014). Pink dashed line: Minimum landing size according to European Commission (2006).**

Η αλιεία με μηχανότρατα εμφανίζει την μικρότερη εξειδίκευση σε είδη-στόχους. Αντιθέτως εμφανίζει εξειδίκευση στην αλίευση συγκεκριμένων μεγεθών καθώς συλλαμβάνει τα μικρότερα άτομα όλων των ειδών. Οι παραγωγές μπακαλιάρου και τσιπούρας, στην μηχανότρατα, είναι μεγάλες τον χειμώνα ενώ της κουτσομούρας και του μπαρμπουνιού είναι μεγάλες εκατέρωθεν της καλοκαιρινής απαγόρευσης του εργαλείου. Για όλα τα είδη, οι μεγαλύτερες παραγωγές τους σε αλιεία με μηχανότρατα συμπίπτουν με τις περιόδους ωοτοκίας. Επίσης, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, εξαιτίας της ιδιαίτερης φύσης του Πατραϊκού κόλπου, οι μεγαλύτερες παραγωγές τσιπούρας και μπακαλιάρου εντοπίζονται στο κεντρικό Ιόνιο.

Σε αντίθεση με τα δίχτυα και τις μηχανότρατες, τα γριγρί και τα παραγάδια αλίευαν μόνο ένα από τα πέντε είδη που επιλέξαμε να μελετήσουμε στην παρούσα εργασία. Και τα δύο αυτά εργαλεία δεν εμφανίζουν μεγάλη πολυ-ειδικότητα. Η διαχείριση αυτών των εργαλείων είναι εύκολο να βασιστεί μόνο στα βασικά είδη που στοχεύουν.

Οι τρεις υπο-περιοχές του Ιονίου εμφανίζουν μεγάλη ετερογένεια στις παραγωγές των ειδών που μελετήσαμε. Οι παραγωγές κουτσομούρας από μηχανότρατα και γόπας από γριγρί είναι μεγάλες στο βόρειο Ιόνιο. Οι παραγωγές τσιπούρας και μπακαλιάρου από μηχανότρατα καθώς και κουτσομούρας/μπαρμπουνιού από μανωμένα δίχτυα είναι μεγάλες στο κεντρικό Ιόνιο. Στο νότιο Ιόνιο παρατηρείται μεγάλη αφθονία σε γόπες αλιευόμενες από δίχτυα και μπακαλιάρου αλιευόμενου από παραγάδι. Τα αλιεύομενα μεγέθη επίσης διαφέρουν πολύ μεταξύ των τριών υπο-περιοχών. Η γόπα και η τσιπούρα εμφανίζουν μικρά αλιευόμενα μεγέθη στο κεντρικό Ιόνιο, ενώ ο μπακαλιάρος, η κουτσομούρα και το μπαρμπούνι εμφανίζουν μικρά αλιευόμενα άτομα στο βόρειο Ιόνιο. Ενδιαφέρον έχει ότι τα πρότυπα αφθονίας και κατά μήκους σύνθεσης διαφέρουν αρκετά μεταξύ των τριών υπο-περιοχών του Ιονίου, κάτι που, εν μέρει, οφείλεται στις διαφορετικές αλιευτικές στρατηγικές μεταξύ των περιοχών και, εν μέρει, στην διαφορετική συμπεριφορά και οικολογία των ειδών αναλόγως των περιοχών.

Στην παρούσα εργασία αναλύσαμε τις παραγωγές ειδών που αλιεύονται από πολλαπλά εργαλεία στην χωρική κλίμακα μίας γεωγραφικής μονάδας διαχείρισης αλιευτικών αποθεμάτων (GSA 20). Οι έντονες αντιθέσεις σε παραγωγές και κατά μήκος συνθέσεις που παρατηρούνται ακόμα και σε κοντινές περιοχές και διαδοχικές εποχές οδηγούν σε συζήτηση σε σχέση με το ποιά χρειάζεται να είναι η χωρική ή/και χρονική μονάδα αναφοράς για την εφαρμογή διαχειριστικών σχεδίων. Πιθανά η χωρική διακριτική ικανότητα ενός GSA ως μονάδα αναφοράς για διαχείριση να μην επαρκεί για να αναδείξει αυτήν την ετερόγενεια η οποία εκφράζεται σε μικρότερη χωρική κλίμακα.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


Bottari T, Micale V, Liguori M, Rinelli P, Busalacchi B, Bonfiglio R, Ragonese S (2014) The reproductive biology of *Boops boops* (Linnaeus, 1758) (Teleostei: Sparidae) in the southern Tyrrhenian Sea (Central Mediterranean). Cah. Biol. Mar. 55, 281-292.

Cantafaro A, Ardizzone G, Enea M, Ligas A, Colloca F (2017) Assessing the importance of nursery areas of European hake (*Merluccius merluccius*) using a body condition index. Ecol. Indic. 2017, 81, 383–389.

Cardinale M, Osio GC, Scarcella G (2017) Mediterranean Sea: A Failure of the European Fisheries Management System. Frontiers in Marine Science, 4, 72.

Carlucci R, Giuseppe L, Porzia M, Francesca C, Alessandra MC, Letizia S, et al. (2009) Nursery areas of red mullet (*Mullus barbatus*), hake (*Merluccius merluccius*) and deep-water rose shrimp (*Parapenaeus longirostris*) in the eastern-central Mediterranean Sea. Estuar. Coast. Shelf Sci. 83, 529–538.

European Union (2013) Regulation (EU) No 1380/2013 of the European Parliament and of the Council of 11 December 2013 on the Common Fisheries Policy, amending Council Regulations (EC) No 1954/2003 and (EC) No 1224/2009 and repealing Council Regulations (EC) No 2371/2002 and (EC) No 639/2004 and Council Decision 2004/585/EC. Official Journal of the European Communities, L354: 22–61.

Gargano F, Garofalo G, Fiorentino F (2017) Exploring connectivity between spawning and nursery areas of *Mullus barbatus* (L., 1758) in the Mediterranean through a dispersal model. Fish. Oceanogr. 26, 476–497 (2017).

Katselis G, Moutopoulos D, Dimitriou E, Koutsikopoulos C (2013) Long-term changes of fisheries landings in enclosed gulf lagoons (Amvrakikos gulf, W Greece): Influences of fishing and other human impacts. Estuar. Coast. Shelf Sci., 131, 31-40.

Lorance P, Pawlowski L, Trenkel VM (2010) Standardizing blue ling landings per unit effort from industry haul-by-haul data using generalized additive models. ICES J. Mar. Sci., 67, 1650–1658.

Machias A et. al. (1998) Bathymetric distribution and movements of red mullet *Mullus surmuletus*. Mar. Ecol. Prog. Ser. 166, 247–257.

Osio GC, Gibin M, Mannini A, Villamor A, Orio A (2018) The Mediterranean and Black Sea STECF Stock Assessment Database. EUR 29294 EN, Publications Office of the European Union, Luxembourg.

Pappa M, Chychykalo A, Koutsidi M, Mavraki N, Lefkaditou E, Koutsikopoulos C, Tzanatos E (2017). Biology and fisheries of the spotted flounder (*Citharus linguatula*) caught by multiple gears with partial spatiotemporal overlaps. Aquat. Living Resour. 30, 32

R Core Team (2021) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Samy-Kamal M, Forcada A, Sanchez Lizaso JL (2015) Effects of seasonal closures in a multi-specific fishery. Fish. Res. 172, 303–317.

Sánchez Lizaso JL, Sola I, Guijarro-García E, Bellido JM, Franquesa R (2020). A new management framework for western Mediterranean demersal fisheries. Mar. Policy 112, 103772.

STECF (2012) Report of the Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STEFC) on assessment of *Merluccius merluccius*, *Mullus barbatus*, *Mullus surmuletus*, *Boops boops*, *Spicara smaris*, *Spicara flexuosa* and *Nephrops norvegicus* in Aegean and Ionian Waters (STECF 12-21), STECF.

STECF (2017) Scientific, Technical and Economic Committee for Fisheries (STECF) - 2017 Mediterranean Stock Assessments - Part 2 (STECF-17-15); Publications Office of the European Union, Luxembourg, ISBN 978-92-79-67494-5.

Tserpes G, Massuti E, Fiorentino F, Facchini MT, Viva C, Jadaud A, Joksimovic A, Pesci P, Piccinetti C, Sion L, Thasitis I, Vrgoc N (2019) Distribution and spatio-temporal biomass trends of red mullets across the Mediterranean. Sci. Mar. 83S1, 43-55.

Tserpes G, Politou CY, Peristeraki P, Kallianiotis A, Papaconstantinou C (2008) Identification of hake distribution pattern and nursery grounds in the Hellenic seas by means of generalized additive models (2008) Hydrobiologia, 612 (1), 125-133.

Tsikliras AC, Stergiou KI (2014) Size at maturity of Mediterranean marine fishes. Reviews in Fish Biology and Fisheries 24:219–268.

Tzanatos E, Somarakis S, Tserpes G, Koutsikopoulos C (2006) Identifying and classifying small-scale fisheries metiers in the Mediterranean: a case study in Patraikos Gulf, Greece. Fish. Res. 81, 158–168.

Ulrich C, Vermard Y, Dolder PJ, Brunel T, Jardim E, Holmes SJ, Kempf A, Mortensen LO, Poos JJ, Rindorf A (2017) Achieving maximum sustainable yield in mixed fisheries: a management approach for the North Sea demersal fisheries, ICES J. Mar. Sci. 74, 2, 566–575.

Wood SN (2017) Generalized Additive Models: An Introduction with R (2nd edition). Chapman and Hall/CRC.

Yildiz T and Ulman A (2020) Analyzing gaps in policy: evaluation of the effectiveness of minimum landing sizes (MLS) regulations in Turkey. Mar. Policy, 115, 103829.

# Πρώτη καταγραφή του είδους *Tylosurus imperialis* (Rafinesque 1810) στο Κρητικό πέλαγος

**Εμμανουήλ Μεταξάκης[1] , Ιωάννης Κοσόγλου[1], Αμαλία Γιαννακάκη[1]**
[1]Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, ΕΛΚΕΘΕ, Γούρνες, Κρήτη, email: m.metaxakis@hcmr.gr

## ABSTRACT

**Emmanouil Metaxakis, Ioannis Kosoglou, Amalia Giannakaki: First record of *Tylosurus imperialis* (Rafinesque 1810) in the Cretan Sea**

Two specimens belonging to the species *Tylosurus imperialis* were identified for the first time in the Cretan Sea. The specimens were caught in 2018, by boatseine and gillnets, in depths between 6 and 18 m. Detailed morphological and meristic features are provided in the present study.
**Keywords:** *Tylosurus imperialis, agujon needlefish, Mediterranean Sea, Creta*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

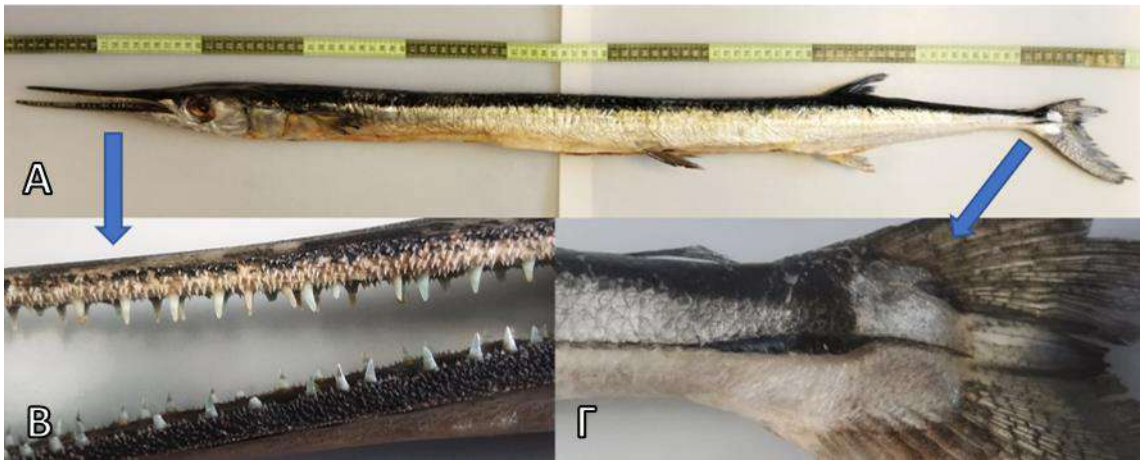
Τρία είδη του γένους *Tylosurus* απαντώνται στη Μεσόγειο, το *Tylosurus imperialis* (υποείδος *Tylosurus acus imperialis*) το *Tylosurus choram* (Rüppell 1837) και το *Tylosurus crocodilus* (Péron & Lesueur 1821), με τα δύο τελευταία να θεωρούνται σπάνιοι λεσσεψιανοί μετανάστες (Collette & Parin 1986; Froese & Pauly 2022). Το *T. imperialis* ή βασιλοζαργάνα (agujon needlefish) όπως αποκαλείται στην Ελλάδα (Kokokiris *et al.* 2014) είναι ένα επιπελαγικό είδος των παράκτιων περιοχών και απαντάται συνήθως μοναχικό ή σε μικρά κοπάδια (Golani *et al.* 2006). Οι Froese & Pauly (2022) αναφέρουν μια ευρύτερη κατανομή του είδους από το Πράσινο Ακρωτήρι έως το Μαρόκο και τη Μεσόγειο Θάλασσα, με πιθανή την παρουσία του και στο Νησί της Αναλήψεως.

Σποραδικές καταγραφές του είδους έχουν γίνει παλιότερα στη Μεσόγειο, στην Τυνησία, Λίβανο, Τουρκία, Ιταλία, Κροατία, Ισραήλ και Ελλάδα (Bauchot 1987; Chaari *et al*. 2014; Zorica *et al*. 2016; Imsiridou *et al*. 2016), ενώ πληροφορίες για τα βιολογικά του χαρακτηριστικά παραμένουν σπάνιες (Sabrah *et al*. 2018). Το 2014 έγινε μια πρώτη μελέτη της γεννητικής ωριμότητας του είδους στην Ελλάδα από τους Kokokiris *et al*. (2014) και το 2015 μια εκτίμηση της σχέσης μήκους-βάρους από τους Minos & Kokokiris (2015) με ψάρια αλιευμένα από τον Θερμαϊκό Κόλπο (Β. Αιγαίο), ενώ οι Minos & Imsiridou (2015) ταυτοποιούν για πρώτη φορά με συστηματική αναγνώριση την παρουσία του είδους στο Θερμαϊκό Κόλπο το 2015. Μια εμπεριστατωμένη καταγραφή του είδους με τη χρήση γενετικών και φαινοτυπικών γνωρισμάτων πραγματοποιείται στην ίδια περιοχή το 2016 (Imsiridou *et al*. 2016). Η πιο πρόσφατη αναφορά του είδους στις ελληνικές θάλασσες έγινε στον Πατραϊκό κόλπο το 2020 (κεντρικό Ιόνιο Πέλαγος: Michailidis *et al*. 2020). Καμία καταγραφή δεν έχει γίνει στην ευρύτερη περιοχή του Κεντρικού ή Νοτίου Αιγαίου και στο Κρητικό πέλαγος. Αυτή, επομένως, είναι η πρώτη καταγραφή του είδους στην Κρήτη και η νοτιότερη στην Ελλάδα.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Δυο άτομα του είδους *T. imperialis* συλλέχθηκαν σε δειγματοληψίες επί σκάφους και σε αλιευτικές εκφορτώσεις στο λιμάνι, από επιστημονικό προσωπικό του Ινστιτούτου Θαλασσίων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων (ΙΘΑΒΙΠΕΥ) του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών. Από αυτά, ένα θηλυκό άτομο (Specimen 1) αλιεύθηκε στις 23/3/2018 στην Ελούντα (Β. Κρήτη) από Βιντζότρατα, σε βάθος 8 με 16 μέτρα και ένα αρσενικό άτομο (Specimen 2) στις 18/4/2018 στη Χερσόνησο (Β. Κρήτη) με απλάδι δίχτυ, τύπου «καρτέρι» σε βάθος μικρότερο των 6 μέτρων.

Στη συνέχεια πραγματοποιήθηκε μακροσκοπική εξέταση και καταγραφή των μορφομετρικών και μεριστικών χαρακτηριστικών τους στο εργαστήριο. Επιπλέον, για την αναγνώριση σε επίπεδο είδους, χρησιμοποιήθηκαν οι αναλογίες συγκεκριμένων μορφομετρικών χαρακτηριστικών σύμφωνα με τη βιβλιογραφία: Σωματικό μήκος/Μήκος πλευρικού πτερυγίου (BL/PL), Σωματικό μήκος/Μήκος κοιλιακού πτερυγίου (BL/VL), Σωματικό μήκος/Βάθος ραχιαίου πτερυγίου BL/D, Σωματικό μήκος/Βάθος εδρικού πτερυγίου (BL/A).




**Εικ. 1: Άτομο του είδους *Tylosurus imperialis* (Α) που συλλέχθηκε στην Κρήτη. Λεπτομέρειες των δοντιών (Β) και του ουραίου μίσχου (Γ).**
**Fig. 1: Specimen *Tylosurus imperialis* (A) caught in Crete. Teeth (B) and caudal fin (Γ) detail.**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το σώμα των ψαριών ήταν επίμηκες και κυλινδρικό. Το χρώμα τους ήταν μπλε στη ράχη και ασημί-άσπρο κοιλιακά, ενώ πλευρικά στη μέση του ουραίου μίσχου υπήρχε μια σκουρόχρωμη προεξοχή (καρίνα) (Εικόνα 1Γ). Δεν υπήρχαν βραχγιακές άκανθες στο βραγχιακό τόξο. Τα δύο τελευταία αποτελούν χαρακτηριστικά του γένους *Tylosurus* (Collette & Parin 1986). Το ουραίο πτερύγιο ήταν διχαλωτό με τον κάτω λοβό να είναι εμφανώς μεγαλύτερος του άνω (Εικόνα 1Α). Το στόμα είχε μονή σειρά μεγαλύτερων δοντιών, σαν καρφίτσες, σε κάθε γνάθο, τα οποία περιβάλλονταν από μεγάλο αριθμό πολύ μικρότερων οδοντώσεων (Εικόνα 1Β). Τα δόντια στην άνω γνάθο ήταν μεγαλύτερα σε σχέση με την κάτω. Η κάτω γνάθος ήταν ελαφρώς μακρύτερη της άνω. Η αρχή του εδρικού πτερυγίου ήταν ελάχιστα πιο μπροστά από τη βάση του ραχιαίου, ενώ και τα δύο άτομα ήταν γεννητικά ανώριμα. Τα μεριστικά και μορφομετρικά χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στους Πίνακες Ι και ΙΙ. Τα αποτελέσματα έρχονται σε συμφωνία με προηγούμενες αναφορές στην Ελλάδα και στη Μεσόγειο.

Τα τελευταία χρόνια φαίνεται πως το *T. imperialis* παρουσιάζει εποχιακές εμφανίσεις στο Βόρειο Αιγαίο, κυρίως την καλοκαιρινή περίοδο, με επιστημονικές και προφορικές αναφορές από αλιείς της περιοχής να το επιβεβαιώνουν (Imsiridou *et al*. 2014; Kokokiris *et al*. 2014; Türker Çakır & Zengin 2013; Minos & Imsiridou 2015). Οι Kokokiris *et al*. (2014) αναφέρουν πως το είδος αποτελεί μέρος της παραγωγής της παράκτιας αλιείας στο Θερμαϊκό Κόλπο από το 2012, ενώ αλιείς της περιοχής δηλώνουν πως το ψάρι παρουσιάστηκε πρώτη φορά το 2010 (Minos & Imsiridou 2015).

Στην παρούσα εργασία, γίνεται για πρώτη φορά αναφορά του είδους στη θαλάσσια περιοχή της Κρήτης, με τη συλλογή δύο ανώριμων γεννητικά ατόμων την άνοιξη (Μάρτη-Απρίλη) στη Βόρεια Κρήτη. Πληροφορίες από μικρό αριθμό αλιέων στην περιοχή της Χερσονήσου, της Ελούντας και του Ηρακλείου υποδεικνύουν ότι το είδος έχει εμφανιστεί την τελευταία δεκαετία στη Β. Κρήτη και πιάνεται σπανίως σε πολύ παράκτια εργαλεία, κυρίως την περίοδο φθινοπώρου-χειμώνα. Όπως φαίνεται από προηγούμενες εργασίες, η αναπαραγωγική περίοδος του είδους στη Μεσόγειο είναι τους θερινούς μήνες (Kokokiris *et al.* 2014) οπότε και έχει αναφερθεί η εμφάνιση του στο Β. Αιγαίο και σε άλλες Μεσογειακές περιοχές. Σύμφωνα με τις πληροφορίες από τους αλιείς, στην Κρήτη εμφανίζεται διαφορετικές εποχές, κυρίως φθινόπωρο και χειμώνα. Αυτές οι εποχικές διαφορές εμφάνισης του είδους στις διαφορετικές περιοχές όπου αναφέρεται, πιθανόν να υποδηλώνουν εποχιακές μετακινήσεις μεταξύ περιοχών, λόγω ευνοϊκών συνθηκών. Οι Minos & Imsiridou (2015), αναφέρουν ότι πιθανώς εμφανίζεται τους καλοκαιρινούς μήνες σε παράκτιες περιοχές για να αναπαραχθεί, λόγω κατάλληλων συνθηκών (π.χ. υψηλότερη θερμοκρασία, διαθεσιμότητα τροφής, έλλειψη θηρευτών).

Παρόλο που το είδος *T. imperialis* είναι ενδημικό στη Μεσόγειο (Collette & Parin 1986; Collette 2003; Imsiridou *et al*. 2016) καμία παρατήρηση ή καταγραφή του δεν είχε γίνει πριν το 2014 στις Ελληνικές θάλασσες, παρόλο που υπάρχει συστηματική επιστημονική παρακολούθηση της ελληνικής αλιείας, στα πλαίσια του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων (ΕΠΣΑΔ), από το 2003, ενώ δεν αναφέρεται και από τους επαγγελματίες αλιείς παλαιότερη εμφάνισή του είδους.

Η εμφάνιση του είδους τα τελευταία χρόνια σε καινούριες περιοχές, ίσως να σχετίζεται την πιθανή αύξηση του πληθυσμού του. Ωστόσο, η έλλειψη επαρκούς σχετικής βιβλιογραφίας για τη βιολογία και τη συμπεριφορά του είδους *T. imperialis* δε βοηθά στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων. Περαιτέρω μελέτη της εξάπλωσης και της βιολογίας του είδους είναι αναγκαία για την καλύτερη κατανόηση του κύκλου ζωής του.

**Πίνακας Ι. Μορφομετρικά χαρακτηριστικά των ατόμων του είδους *Tylosurus imperialis* που καταγράφηκαν στην Κρήτη.**
**Table I. Morphometric characteristics of specimens of *Tylosurus imperialis* recorded in Crete.**

| Morphometric Measurements (mm) | Specimen1 ♀ | Specimen2 ♂ |
|---|---|---|
| Total Length (TL) | 608 | 1103 |
| Standard Length | 555 | 1012 |
| Total Weight (g) | 188.8 | 1738.2 |
| Head Length (HL) | 155 | 282 |
| Head Depth at the end of the gill slit | 26 | 58 |
| Head Width (HW) at gill slit | 20 | 51 |
| Head Width (HW) at orbits | 18 | 43.5 |
| Pre-Orbital Length (Snout length) | 85 | 171 |
| Body Depth (BD) (maximum) | 28.5 | 61 |
| Body Depth (BD) (minimum) | 7 | 17 |
| Body Length (distance from posterior opercular margin to caudal base) | 408 | 740 |
| Depth of Dorsal Fin (D) | 29.6 | 60.16 |
| Depth of Anal Fin (A) | 25.51 | 50.24 |
| Length of Pectoral Fin (PL) | 25.85 | 80.17 |
| Length of Pelvic Fin (VL) | 31 | 60.5 |

**Πίνακας ΙΙ. Μεριστικά και διαγνωστικά χαρακτηριστικά της παρούσας εργασίας σε σύγκριση με δημοσιευμένες εργασίες.**
**Table II. Meristic and diagnostic features on this study compared to published data.**

| Meristic-Diagnostic features | *Tylosurus imperialis* (Rafinesque, 1810) | *Tylosurus choram* (Ruppell, 1837) | *Tylosurus crocodilus crocodilus* (Peron & LeSueur, 1821) | Specimen 1 | Specimen 2 |
|---|---|---|---|---|---|
| **Dorsal Fin Rays** | 23-25 | 19-24 | 21-25 | 24 | 24 |
| **Anal Fin Rays** | 22-24 | 19-22 | 19-22 | 22 | 21 |
| **Pectoral Fin Rays** | 12-14 | 12-14 | 13-15 | 13 | 14 |
| **Body Length/Pectoral Length** | 8.8-9.8 | 6.6-8.3 | 6.6-8.3 | 10.55 | 9.23 |
| **Body Length/Ventral Length** | 10.8-15 | 7.9-10.6 | 7.3-10.6 | 12.64 | 12.2 |
| **Body Length/Depth of Dorsal Fin** | 11.6-13.9 | 5.4-10.6 | 5.4-10.6 | 12.07 | 12.3 |
| **Body Length/Depth of Anal Fin** | 10.6-11.8 | 5.5-8 | 5.5-8 | 10.41 | 14.7 |
| **References** | Ketsilis-Rinis V & Koutsidi M (2020), Michailidis N (2020) | Randall JE (1995), Collette BB & Parin NV (1986) | Collette BB (1999) | Present study | Present study |

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bauchot ML (1987) Poissons osseux. In: Fiches FAO identification des espèces pour les besoins de la pêche (Révision 1). Méditerranée et Mer Noire. Zone de pêche 37. Vertébrées, Volume 2. Fischer W, Bauchot ML, Schneider M. (Eds). p. 761-1530. FAO, Rome.

Chaari M, Boudaya L, Gancitano S, Gancitano V, Fiorentino F, Neifar L (2014) First information on biology of the needlefish *Tylosurus acus imperialis* (Belonidae) off the Tunisian coast (Central Mediterranean). Cybium, 38(4): 273-278.

Collette BB, Parin NV (1986) Belonidae. In: Fishes of the north-eastern Atlantic and the Mediterranean, Whitehead PJP, Bauchot M-L, Hureau J-C, Nielsen J, Tortonese E. (eds), p. 604-609. UNESCO: Paris.

Collette BB (1999) Belonidae. Needlefishes. In: FAO species identification guide for fishery purposes. The living marine resources of the Western Central Pacific. Volume 4. Bony fishes part 2 (Mugilidae to Carangidae). Carpenter, K.E.; Niem, V.H. (eds). Rome, FAO. pp. 2069-2790.

Collette BB (2003) Family Belonidae Bonaparte, 1832 - Needlefishes. California Academy of Sciences, Annotated Checklists of Fishes, 16: 22 pp.
Froese R, Pauly D (2022) FishBase. www.fishbase.org
Golani D, Öztürk B, Başusta N (2006) Fishes of the eastern Mediterranean. Turkish Marine Research Foundation. Publication No. 24, Istanbul, Turkey, pp. 259. ISBN 975 8825-12-7.
Imsiridou, A., Minos G., Kokokiris L. (2014). Documentray appearance of *Tylosurus acus imperialis* individuals in Thermaikos gulf. 1st International Congress of Applied Ichthyology & Aquatic Environment - Hydromedit 2014*,* 13-15 November 2014, Volos, Greece: 276-281.
Imsiridou A, Minos G, Kokokiris L, Alexandrou M, Kyriakidou M, Karidas T (2016) Genetic and phenotypic identification of *Tylosurus acus imperialis* in Thermaikos Gulf, North Aegean Sea. Cahiers de Biologie Marine. 57(1): 9-15.
Kokokiris L, Minos G, Kiriakidou M, Alexandrou M, Papadaki M, Karidas T, Economidis PS (2014) Sexual maturity of the agujon needlefish *Tylosurus acus imperialis.* 1st International Congress of Applied Ichthyology & Aquatic Environment - Hydromedit 2014, November 13-15, Volos, Greece: 427-432.
Michailidis (2020). First confirmed record of the agujon needlefish *Tylosurus imperialis* (Rafinsque, 1810) from Cyprus. In: Gerovasileiou V, Akyol O, Al-Hosne Z, Alshiki Rasheed R, Ataç E, Bello G, Ćetkovic I, Corsini-Foka M, Crocetta F, Denitto F, Guidetti P, Gül B, Insacco G, Jimenez C, Licchelli C, Lipej L, Lombardo A, Mancini E, Marletta G, Michailidis N, Pešić A, Poursanidis D, Refes W, Sahraoui H, Thasitis I, Tiralongo F, Tosunoğlu Z, Trkov D, Azzana A, Zava B (2020) New records of rare species in the Mediterranean Sea. Mediterranean Marine Science. 21, 2: 340–359.
Minos G, Imsiridou A, Kokokiris L (2015) Morphometric identification of *Tylosurus acus imperialis* in the Aegean Sea. Frontiers in Marine Science. 2: 113. XV European Congress of Ichthyology, Porto, Portugal.
Minos, G & A. Imsiridou (2015). On the presence of agujon needlefish *Tylosurus acus imperialis* (Rafinesque, 1810) in the North Aegean Sea (Eastern Mediterranean). In: Zenetos, A., Akel, E.H.KH., Apostolidis, C., Bilecenoglu, M., Bitar G., Buchet V., Chalari N., Corsini-Foka, M., Crocetta, F., Dogrammatzi, A., Drakulić, M., Fanelli, G., Ggiglio, G., Imsiridou, A., Kapiris, K., Karachle, P.K., Kavadas, S., Kondylatos, G., Lefkaditou, E., Lipej, L., Mavrič, B., Minos, G., Moussa, R., Pancucci-Papadopoulou, M.A., Prato, E., Renda, W., RÍos, N., Rizkalla, S.I., Russo, F., Servonnat, M., Siapatis, A., Sperone, E., Theodorou, J.A., Tiralongo, F. & I. Tzovenis (2015). New Mediterranean Biodiversity Records (April 2015). *Mediterranean Marine Science, Collective Article A,* 16(1): 266-284.
Minos, G & L. Kokokiris (2015). Weight-Length relationships of agujon needlefish *Tylosurus acus imperialis* (Rafinesque, 1810) in the Aegean Sea, Greece. In: Karachle, P.K., Başusta, A., Başusta, N., Bostanci, D., Buz, K., Girgin, H., Chater, I., Kokokiris, L., Kontaş S., Ktari, M.-H., Maravelias, C.D., Minos, G., Ozer, E.I., Romdhani, A., Tiralongo, F., Tibullo, D. & G. Tserpes (2015). New Fisheries-related data from the Mediterranean Sea (April 2015). *Mediterranean Marine Science, Collective Article B,* 16(1): 285-293.
Randall JE (1995) Coastal fishes of Oman. University of Hawaii Press, Honolulu, Hawaii. 439 p.
Sabrah M, Amin A, Attia A (2018) Family Belonidae from the Suez Canal, Egypt: Age, growth, mortality, exploitation rate and reproductive biology. The Egyptian Journal of Aquatic Research. 44: 29-35.
Türker D, Zengin K (2013) Occurrence of *Tylosurus acus imperialis* (Rafinesque, 1810) (Osteichthyes: Belonidae) in Edremit Bay (Northern Aegean Sea). Journal of Applied Ichthyology. 29: 671-672.
Zorica B, Cikes Kec V, Pallaoro A, Zanki K, Brzulja G, Kraljevic V (2016) First record of agujon needlefish, *Tylosurus acus imperialis* (Rafinesque, 1810) (Osteichthyes: Belonidae) in the Croatian part of the Adriatic Sea. Acta Adriatica, 57: 183-186.

# Εκτίμηση της κατάστασης τεσσάρων μη-αυτόχθονων ειδών σε Ελλάδα και Κύπρο: Προκαταρκτικά αποτελέσματα

**Βασίλειος Μηνασίδης[1,2], Αλεξάνδρα Σ. Δουληγέρη[1], Αλέξανδρος Καμινάς[2], Αθηνά Ζίου[1], Περικλής Κλείτου[2,3], Ιωάννης Γιώβος[1,2,3], Νικόλαος Δούμπας[1], Δημήτριος Κ. Μουτόπουλος[1]**

[1]Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Νέα Κτίρια, Μεσολόγγι, 30200, Ελλάδα, vasileios.minasidis@upatras.gr, adouligeri@upatras.gr, athinaziou@gmail.com, dmoutopo@upatras.gr

[2]iSea, Περιβαλλοντική Οργάνωση για την Προστασία των Υδάτινων Οικοσυστημάτων, Κρήτης 12, 54645, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, ioannis.giovos@isea.com.gr, nikolaos.doumpas@isea.com.gr, kaminas.alex@gmail.com

[3]Marine & Environmental Research (MER) Lab., Λεωφόρος Αμαθούντος 202, Marina Gardens, Block B, Λεμεσός 4533, Κύπρος, pkleitou@merresearch.com

## ABSTRACT

**Vasileios Minasidis, Alexandra S. Douligeri, Alexandros Kaminas, Athina Ziou, Periklis Kleitou, Ioannis Giovos, Nikolaos Doumpas, Dimitrios K. Moutopoulos: Assess the status of four non-indigenous species in Greece and Cyprus: Preliminary results**

Citizen science methods, such as online questionnaires disseminated on social media platforms, can provide a cost-effective and easy-to-use way to collect data that is otherwise difficult to obtain. Studying non-indigenous species with conventional methods is a challenge that often requires a high budget for field research. In this paper, we present the application of citizen science to the study of non-indigenous species. Specifically, an online questionnaire was distributed on a social media platform to Greek and Cypriot recreational fishers regarding the distribution, seasonality and environmental impact of four non-indigenous species. The results of the study show that most species show a clear seasonality in both study areas, while recreational fishers note that they can negatively affect local ecosystems and native fauna.

**Keywords:** Recreational fishers, Citizen science, Online surveys, non-indigenous species

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Μεσόγειος Θάλασσα αντιμετωπίζει την εισβολή μη-αυτόχθονων ή αλλόχθονων ειδών (non-indigenous species - NIS), καταγράφοντας περισσότερα από 800 τέτοια είδη (Zenetos *et al.* 2017). Ορισμένα από αυτά, προκαλούν αρνητικές επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα και στην τοπική οικονομία ή στον άνθρωπο και συχνά μπορούν να διαταράξουν τις οικολογικές ισορροπίες, να αποσταθεροποιήσουν τη δομή της κοινότητας και να προκαλέσουν μεταβολές του οικοσυστήματος (Korsu *et al.* 2012; Arndt & Schembri 2015; Corrales *et al.* 2020).

Οι παραδοσιακές μέθοδοι παρακολούθησης της παρουσίας χωροκατακτητικών ξενικών ειδών έχουν περιορισμούς όσον αφορά στην παροχή πληροφοριών σε ευρεία γεωγραφική κλίμακα, ιδιαίτερα κατά τις πρώτες φάσεις της εισβολής, όταν τα είδη αυτά είναι σχετικά σπάνια και δύσκολο να αναγνωριστούν. Σε αντίθεση με το ρυθμό και την κλίμακα των θαλάσσιων βιοεισβολών, οι παραδοσιακές πρακτικές μελέτης μπορεί να είναι δαπανηρές, χρονοβόρες και σε κάποιο βαθμό αναποτελεσματικές (Ojaveer *et al.* 2018).

Στην παρούσα εργασία, έγινε χρήση ενός ηλεκτρονικού ερωτηματολογίου για την παρακολούθηση της οικολογικής κατάστασης τεσσάρων θαλάσσιων μη-αυτόχθονων ειδών σε Ελλάδα και Κύπρο, βάσει των γνώσεων των ερασιτεχνών αλιέων. Η συλλογή δεδομένων χρησιμοποιώντας πρακτικές επιστήμης των πολιτών κερδίζει σταθερά αναγνώριση ως μια οικονομικά αποδοτική και άμεσα διαθέσιμη επιλογή (Burgess *et al.* 2017; Giovos *et al.* 2021; Langeneck *et al.* 2022). Η χρήση διαδικτυακών ερωτηματολογίων είναι μία από τις εφαρμογές της επιστήμης των πολιτών και μπορούν να κοινοποιηθούν σε πλατφόρμες μέσων κοινωνικής δικτύωσης (Giovos *et al.* 2019).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι πληροφορίες στις οποίες βασίστηκε η παρούσα μελέτη προήλθαν από διαδικτυακό ερωτηματολόγιο που δημιουργήθηκε με τη βοήθεια του λογισμικού διαχείρισης ερευνών της Google (Google Forms: https://docs.google.com/forms). Το ερωτηματολόγιο συμπλήρωσαν Ελλαδίτες και Κύπριοι ερασιτέχνες αλιείς κατά την περίοδο Φεβρουαρίου 2020 – Μαρτίου 2022. Οι ερωτηθέντες απάντησαν ανώνυμα και εθελοντικά, στον ηλεκτρονικό σύνδεσμο του ερωτηματολογίου που κοινοποιήθηκε σε ομάδες στο Facebook αφιερωμένες στην ψυχαγωγική αλιεία των δύο χωρών.

Το ερωτηματολόγιο με ερωτήσεις κλιμάκωσης από το 1 έως το 5 (1=σπάνια … 5=πολύ συχνά) και τριχοτομικές ερωτήσεις (κωδικοποιημένες ως «ναι»=0, «όχι»=1, «δε γνωρίζω»=2) αποτελούνταν από τέσσερεις ενότητες. Η ενότητα Α περιλάμβανε τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των συμμετεχόντων όπως το φύλο, την ηλικία, τον τόπο διαμονής, τα έτη αλιευτικής δραστηριότητας και τον τύπο της αλιευτικής πρακτικής (π.χ. καλάμι από ακτή/βάρκα, ψαροτούφεκο, παραγάδια). Η ενότητα Β, με μία ερώτηση, ζητούσε από τους συμμετέχοντες να επιλέξουν εάν στο παρελθόν (εντός των τελευταίων 12 μηνών) είχαν αλιεύσει ένα από τα προεπιλεγμένα μη-αυτόχθονα είδη της μελέτης (*Sepioteuthis lessoniana,* Loliginidae, Férussac 1831, Bigfin reef squid, *Parupeneus forsskali,* Mullidae, Fourmanoir & Guézé 1976, Red Sea goatfish, *Fistularia commersonii,* Fistulariidae, Rüppell 1838 Bluespotted cornetfish, *Siganus luridus/rivulatus,* Siganidae, Rüppell 1829/Forsskål & Niebuhr 1775, Dusky spinefoot/Marbled spinefoot, Αγριόσαλπα μαύρη/Αγριόσαλπα άσπρη). Αυτή η ενότητα περιλάμβανε επίσης την επιλογή «κανένα από τα παραπάνω» και, αν αυτή επιλέγονταν, η διαδικασία λάμβανε τέλος. Η ενότητα Γ επικεντρώθηκε σε πρόσθετες πληροφορίες σχετικά με τα αλιευθέντα μη-αυτόχθονα είδη. Οι ερωτήσεις αφορούσαν στον αριθμό των ατόμων που αλιεύθηκαν, στον τύπο υποστρώματος της περιοχής και με σχόλια για την αλιευτική δραστηριότητα της εκάστοτε περιοχής. Η τελευταία ενότητα Δ περιλάμβανε ερωτήσεις με σκοπό τη διερεύνηση από τους συμμετέχοντες σχετικά με το αντίστοιχο μη-αυτόχθονο είδος στην περιοχή τους, σχολιάζοντας τη συχνότητα, τη χωρική και χρονική μεταβλητότητα της εμφάνισής του. Στο τέλος αυτής της ενότητας, οι συμμετέχοντες ερωτήθηκαν εάν πίστευαν ότι η εμπορική εκμετάλλευση των μη-αυτόχθονων ειδών θα μπορούσε να βοηθήσει θέτοντας υπό έλεγχο τον πληθυσμό τους, εάν θα επέλεγαν κάποιο από τα προαναφερθέντα μη-αυτόχθονα είδη για κατανάλωση και εάν ναι, εάν θα αγόραζαν αυτά τα είδη σε τιμές παρόμοιες με τα παραδοσιακά είδη.

Τα αποτελέσματα υπολογίστηκαν σε επίπεδο περιγραφικής στατιστικής και τα αντίστοιχα ποσοστά εξήχθησαν με τη βοήθεια των υπολογιστικών φύλλων Excel.

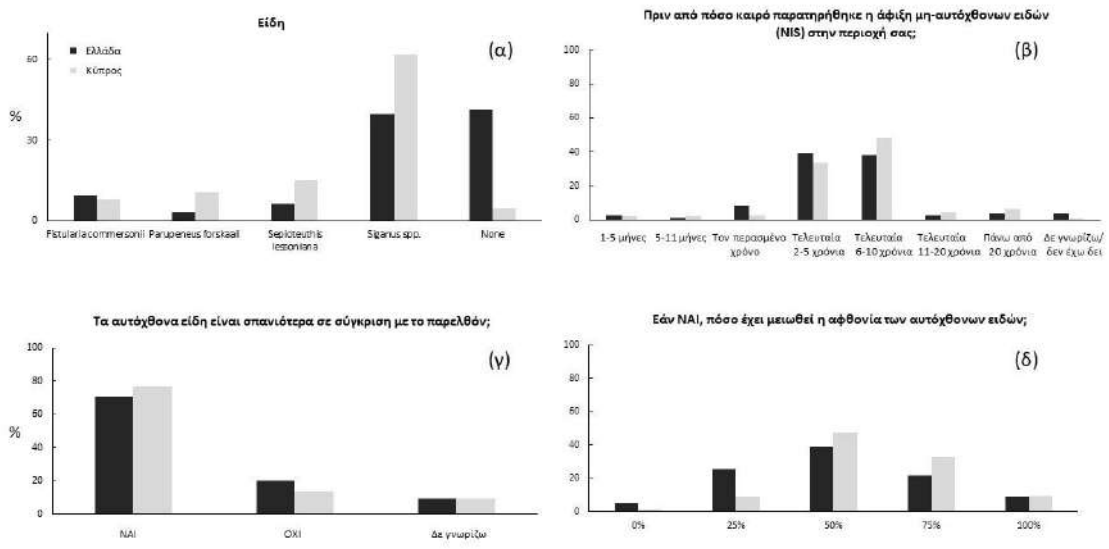
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Χαρακτηρισμός δείγματος

Συνολικά συλλέχθηκαν 431 συμπληρωμένα διαδικτυακά ερωτηματολόγια από την Ελλάδα (64,5%) και την Κύπρο (35,5%). Το δείγμα αποτελείτο σχεδόν εξ ολοκλήρου από άνδρες συμμετέχοντες (96,1%). Η Κρήτη (17,0%), ο Σαρωνικός Κόλπος (13,7%) και τα Νότια Δωδεκάνησα (12,3%) αποτέλεσαν τις συχνότερες επιλογές της κύριας περιοχής δραστηριοτήτων των Ελλήνων συμμετεχόντων, ενώ των Κυπρίων, η Λεμεσός (41,4%) και η Λάρνακα (39,5%). Οι περισσότεροι από τους ερωτηθέντες τόσο στην Ελλάδα όσο και στην Κύπρο ήταν μεταξύ 21 και 50 ετών (75,2% και 79,1%, αντίστοιχα). Περισσότερο από το 1/3 των Ελλήνων συμμετεχόντων ασχολούνταν με το ψάρεμα για περισσότερα από 20 χρόνια, ενώ ένας στους τέσσερις Κύπριους συμμετέχοντες ψάρευαν τα τελευταία 11-15 χρόνια ή περισσότερα από 20 χρόνια (το κάθε ένα υποσύνολο με 26,1%). Οι περισσότεροι Έλληνες και Κύπριοι συμμετέχοντες ψάρευαν όλο το χρόνο (81,7% και 86,9% αντίστοιχα), κατά μέσο όρο 1 με 4 μήνες (84,9% και 83,0%, αντίστοιχα), με καλάμι από την ακτή (44,5% και 65,1%, αντίστοιχα) ή με ψαροτούφεκο χωρίς σκάφος (27,9% και 16,4%, αντίστοιχα).

Δηλώσεις και αντιλήψεις ερασιτεχνών αλιέων για τα μη-αυτόχθονα είδη (NIS)

Η δημοφιλέστερη επιλογή μη-αυτόχθονου είδους τόσο από Έλληνες όσο και από Κύπριους ερωτηθέντες ήταν τα *Siganus* spp. (39,9% και 61,8%, αντίστοιχα). Ωστόσο, ένα ποσοστό 41,4% των Ελλήνων συμμετεχόντων δήλωσε ότι δεν έπιασε κανένα από τα μη-αυτόχθονα είδη της μελέτης ενώ το ποσοστό ήταν μόλις 4,6% για τους Κύπριους αλιείς (Εικόνα 1α). Στην ερώτηση «Πριν πόσο καιρό παρατηρήσατε την άφιξη των ξενικών ειδών στην περιοχή δραστηριοτήτων σας;», Έλληνες και Κύπριοι συμμετέχοντες απάντησαν, «Τα τελευταία 6-10 χρόνια» (38,8% και 47,9% αντίστοιχα) ή «Τα τελευταία χρόνια (2-5 χρ.)» (39,5% και 33,3%, αντίστοιχα) (Εικόνα 1β). Τόσο οι Έλληνες όσο και οι Κύπριοι συμμετέχοντες, δήλωσαν πως παρατηρούν μείωση της αφθονίας των αυτόχθονων ειδών στην περιοχή που αλιεύουν (70,6% και 76,7%, αντίστοιχα) σε ποσοστό 50% (38,7% και 47,2%, αντίστοιχα) (Εικόνα 1γ, δ).




**Εικ. 1: Ερωτήσεις σχετικά με (α) τα μη αυτόχθονα είδη - NIS που αλιεύθηκαν, (β) το χρόνο άφιξης των μη-αυτόχθονων ειδών στην περιοχή που δήλωσαν οι ερασιτέχνες αλιείς, (γ) τη σπανιότητα των αυτόχθονων ειδών στη δηλωθείσα περιοχή και (δ) το ποσοστό μείωσης της αφθονίας των αυτόχθονων ειδών σε Ελλάδα και Κύπρο.**
**Fig 1: Questions regarding the (a) non-indigenous species - NIS caught, (b) the arrival of NIS in the recreational fisher's observed area, (c) the rareness of native species in the observed area, and (d) the decrease in the abundance of native species in Greece and Cyprus.**

Σε κλίμακα από το 1 έως το 5 (1=σπάνια … 5=πολύ συχνά) σχετικά με τη συχνότητα παρουσίας των μη-αυτόχθονων ειδών, οι Έλληνες και οι Κύπριοι συμμετέχοντες κατέταξαν ως 5 τα *F. commersonii* (36,0% και 41,7%, αντίστοιχα), *P. forsskali* (77,8% και 31,3% αντίστοιχα), και *Siganus* spp. (53,7% και 50,0%, αντίστοιχα). Για το *S. lessoniana,* οι περισσότεροι Έλληνες συμμετέχοντες έδωσαν βαθμολογία 1 (47,1%), ενώ οι Κύπριοι έδωσαν βαθμολογία 4 (43,5%) (Εικόνα 2α).

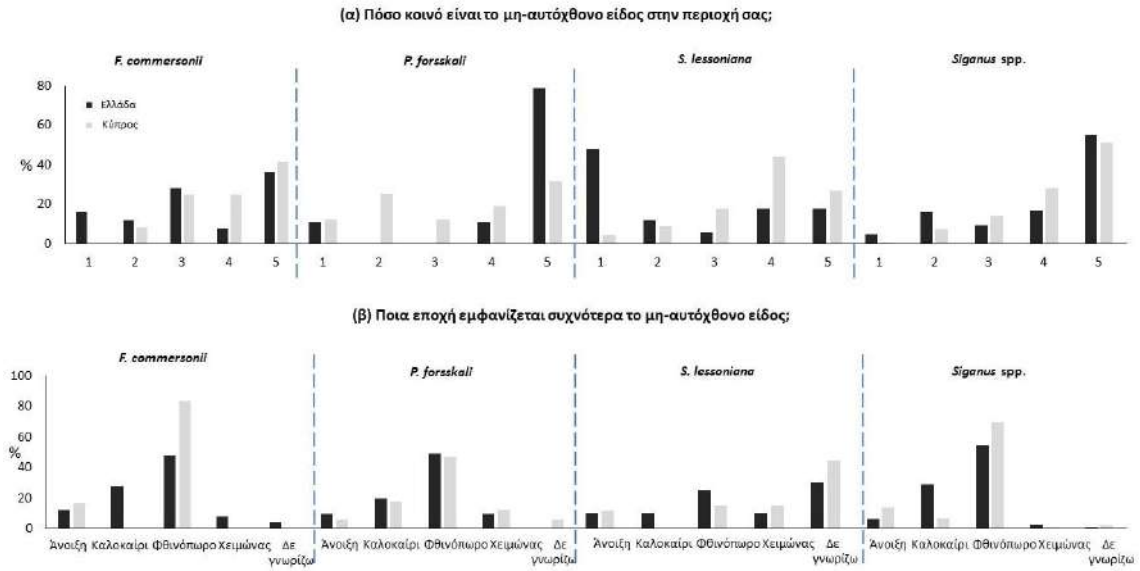
Όσον αφορά την εποχή που συχνότερα εμφανίζεται κάθε ένα από τα μη-αυτόχθονα είδη της μελέτης, Έλληνες και Κύπριοι συμμετέχοντες δήλωσαν το φθινόπωρο για τα είδη *F. commersonii* (48,0% και 83,3%, αντίστοιχα), *P. forsskali* (55,6% και 53,3%, αντίστοιχα) και *Siganus* spp. (58,5% και 74,5%, αντίστοιχα). Για το *S. lessoniana* η εικόνα δεν είναι ξεκάθαρη, με τους συμμετέχοντες και των δύο χωρών να μη γνωρίζουν ποια εποχή εμφανίζεται συχνότερα ή ένα κομμάτι των Ελλήνων συμμετεχόντων να υποστηρίζει πως το είδος εμφανίζεται συχνότερα το φθινόπωρο (29,4%), ενώ μέρος των Κυπρίων συμμετεχόντων, το φθινόπωρο (17,4%) ή το χειμώνα (17,4%) (Εικόνα 2β).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η διερεύνηση της κατάστασης των μη-αυτόχθονων ειδών από τους ερασιτέχνες αλιείς είναι μία από τις προκλήσεις για την παρακολούθηση της οικολογικής συμπεριφοράς αυτών των ειδών αλλά και της ολιστικής διαχείρισής τους λαμβάνοντας υπόψη όλες τις επιπτώσεις, θετικές ή αρνητικές, στον αλιευτικό τομέα και στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η παρούσα μελέτη παρουσιάζει, για πρώτη φορά στην ανατολική Μεσόγειο, τη χρησιμοποίηση στοχευμένων ερωτηματολογίων με τρόπο που επιτρέπει την εξαγωγή χρήσιμων συμπερασμάτων σχετικά με την παρουσία και τις αλληλεπιδράσεις μη-αυτόχθονων ειδών με την ερασιτεχνική αλιεία. Ο όγκος των δεδομένων που μπορεί να ληφθεί από διαδικτυακά ερωτηματολόγια πιθανά να είναι εξαιρετικά δύσκολο να αποκτηθεί με πιο παραδοσιακές τεχνικές και μπορεί να αποτελέσει σημαντικό εργαλείο έρευνας για συλλογή συμπληρωματικών δεδομένων με ελάχιστο κόστος και φόρτο εργασίας. Δεδομένα που αποκτήθηκαν από αυτήν την εργασία σχετικά με τις παρατηρούμενες τάσεις για την περίοδο άφιξης των μη-αυτόχθονων ειδών και τη σπανιότητά τους σε σύγκριση με τις προηγούμενες αλιευτικές περιόδους, υποδεικνύουν ότι τα είδη έχουν επεκταθεί στις περιοχές σε σύγκριση με το παρελθόν και ότι η αυτόχθονη θαλάσσια πανίδα έχει «μειωθεί» κατά το χρονικό πλαίσιο που παρουσιάζεται και η αύξηση των μη-αυτόχθονων ειδών.

Η υψηλή εμφάνιση των ειδών του γένους *Siganus* στις συλλήψεις των ερασιτεχνών αλιέων των δύο χωρών, πιθανά συνδέεται με την πολύχρονη παρουσία του γένους στις δύο χώρες. Συγκεκριμένα, το

είδος *S. rivulatus* καταγράφεται στην Ελλάδα και την Κύπρο από το 1925 και το 1928, αντίστοιχα (Norman 1929; Zachariou-Mamalinga 1990), ενώ το *S. luridus* από το 1964 (Kavallakis 1968; Demetropoulos & Neocleous 1969). Η σύνδεση αυτή, ενισχύεται από το γεγονός της υψηλής κατάταξης του γένους από τους συμμετέχοντες (κατηγορία 5) αναφορικά με τη συχνότητα παρουσίας του στις δύο χώρες (εικόνα 2α). Σε ότι αφορά τις δυνητικές επιπτώσεις και δεδομένης της ικανότητας ορισμένων ξενικών ειδών, όπως το *F. commersonii*, να επηρεάζουν τα αυτόχθονα είδη, ιδιαίτερα τα εμπορικά σημαντικά (Kalogirou *et al.* 2007), η συνέχιση της έρευνας είναι απαραίτητη. Τεχνικές μοντελοποίησης είναι χρήσιμο να αποτελέσουν, μελλοντικά, μέρος αυτής της έρευνας, αναδεικνύοντας τα πιο «επιδραστικά» μη-αυτόχθονα είδη καθώς και τα οικοσυστήματα με χαμηλή ανθεκτικότητα στις βιοεισβολές (Tsiamis *et al.* 2020).




**Εικ. 2: Ερωτήσεις σχετικά με (α) τη συχνότητα εμφάνισης των 4 μη αυτόχθονων ειδών της μελέτης (*F. commersonii, P. forsskali, S. lessoniana, Siganus* spp.) στην περιοχή των ερασιτεχνών αλιέων (1=σπάνια … 5=πολύ συχνά) και (β) την εποχικότητα της εμφάνισής τους σε Ελλάδα και Κύπρο.**

**Figure 2. Questions regarding the (a) commonness of the study's 4 non-indigenous species (*F. commersonii*, *P. forsskali*, *S. lessoniana*, *Siganus* spp.) in recreational fisher's area (1=seldom … 5=very often), and (b) the seasonality of their appearance in Greece and Cyprus.**

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Arndt E, Schembri PJ (2015) Common traits associated with establishment and spread of Lessepsian fishes in the Mediterranean Sea. Marine Biology 162: 2141-2153, https://doi.org/10.1007/s00227-015-2744-3

Burgess HK, DeBey LB, Froehlich HE, Schmidt N, Theobald EJ, Ettinger AK, HilleRisLambers J, Tewksbury J, Parrish JK (2017) The science of citizen science: Exploring barriers to use as a primary research tool. Biological Conservation 208: 113-120

Corrales X, Katsanevakis S, Coll M, Heymans JJ, Piroddi C, Ofir E, Gal G (2020) Advances and challenges in modelling the impacts of invasive alien species on aquatic ecosystems. Biological Invasions 22: 907-934, https://doi.org/10.1007/s10530-019-02160-0

Demetropoulos A, Neocleous D (1969) The fishes and crustaceans of Cyprus. Fisheries Bulletin, Ministry of Agriculture and Natural Resources, Fisheries Department, 1: 1-21

Giovos I, Kleitou P, Poursanidis D, Batjakas I, Bernardi G, Crocetta F, Doumpas N, Kalogirou S, Kampouris TE, Keramidas I, Langeneck J, Maximiadi M, Mitsou E, Stoilas VO, Tiralongo F, Romanidis-Kyriakidis G, Xentidis NJ, Zenetos A, Katsanevakis S (2019) Citizen-science for monitoring marine invasions and stimulating public engagement: a case project from the eastern Mediterranean. Biological Invasions 21(12): 3707-3721, https://doi.org/10.1007/s10530-019-02083-w

Giovos I, Serena F, Katsada D, Anastasiadis A, Barash A, Charilaou C, Hall-Spencer JM, Crocetta F, Kaminas A, Kletou D, Maximiadi M, Minasidis V, Moutopoulos DK, Naasan Aga-Spyridopoulou R, Thasitis I, Kleitou P (2021) Integrating literature, biodiversity databases, and citizen-science to reconstruct the checklist of Chondrichthyans in Cyprus (Eastern Mediterranean Sea). Fishes 6(3): 24, https://doi.org/10.3390/fishes6030024

Kalogirou S, Corsini M, Kondilatos G, Wennhage H (2007) Diet of the invasive piscivorous fish *Fistularia commersonii* in a recently colonized area of the eastern Mediterranean. Biological Invasions 9: 887-896, https://doi.org/10.1007/s10530-006-9088-3

Kavallakis G (1968) *Siganus luridus* and *Siganus rivulatus* in the Dodecaneses Islands. Haliia 248: 307-308

Korsu K, Heino J, Huusko A, Muotka T (2012) Specific niche characteristics facilitate the invasion of an alien fish invader in Boreal Streams. International Journal of Ecology: 813016. https://doi.org/10.1155/2012/813016

Langeneck J, Minasidis V, Doumpas N, Giovos I, Kaminas A, Kleitou P, Tiralongo F, Crocetta F (2022). Citizen science helps in tracking the range expansions of non-indigenous and neo-native species in Greece and Cyprus (Eastern Mediterranean Sea). Journal of Marine Science and Engineering. 10(2): 256, https://doi.org/10.3390/jmse10020256

Norman JR (1929) Notes on the fishes of the Suez Canal. Proceedings of the Zoological Society, London, 2: 616

Ojaveer H, Galil BS, Carlton JT, Alleway H, Goulletquer P, Lehtiniemi M, Ruiz GM (2018) Historical baselines in marine bioinvasions: implications for policy and management. PLoS One 13 (8): e0202383.

Tsiamis K, Azzurro E, Bariche M et al. (2020) Prioritizing marine invasive alien species in the European Union through horizon scanning. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 30(4): 794-845

Zachariou-Mamalinga H (1990) The fishes of Symi, Dodecanese. Their scientific, vernacular, common modern Greek and ancient Greek names. Annales dei Musei Goulandris 8: 309-416

Zenetos A, Çinar ME, Crocetta F, Golani D, Rosso A, Servello G, Shenkar N, Turon X, Verlaque M (2017) Uncertainties and validation of alien species catalogues: The Mediterranean as an example. Estuarine, Coastal and Shelf Science 191: 171-187, https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.03.031

# Μέγεθος σύλληψης και αναπαραγωγική κατάσταση των πιο κοινών οστεϊχθύων που αλιεύονται με απλάδια στην παράκτια αλιεία του Θερμαϊκού Κόλπου

**Φοίβος Αλέξανδρος Μουχλιανίτης[1,2], Μαρία Γκαραγκούνη[2], Κωνσταντίνος Γκάνιας[2], Γεώργιος Μίνος[1]**

[1]Τμήμα Νοσηλευτικής, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος – amouchl@bio.auth.gr; gminos@ihu.gr
[2]Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης – garagouni.m@gmail.com; kganias@bio.auth.gr

## ABSTRACT

**Foivos Alexandros Mouchlianitis, Maria Garagouni, Kostas Ganias, George Minos: Catching size and reproductive state of the most common fishes caught by gillnets in the small-scale fishery of Thermaikos Gulf**

The catch composition of gillnets in the coastal fishery of inner Thermaikos Gulf was analyzed through a two-year experimental fishing survey. The gear was shown to be highly selective with regards to fish size, exhibiting low discards ratio. Twelve out of the 43 fish species caught occurred systematically in the hauls and 9 of these species were caught at commercial body sizes. Red mullet, *Mullus surmuletus*, was the most abundant and systematically caught species. Given that almost all red mullets were larger than their minimum landing size, the exploitation of this population can be characterized as sustainable. However, we also found that 3 commercial species were caught systematically as undersized and that the operational season of gillnets overlaps completely with the spawning period of 5 commercial species.
**Keywords:** coastal fisheries, minimum landing size, spawning season, Aegean Sea

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι μεγαλύτερες ποσότητες αλιευμάτων εντοπίζονται στις περιοχές αλιείας του Θερμαϊκού κόλπου και του Θρακικού πελάγους (Ελληνική Στατιστική Αρχή 2021). Ο Θερμαϊκός Κόλπος φιλοξενεί το μεγαλύτερο αλιευτικό στόλο της χώρας και εντός αυτού διενεργείται σημαντικής κλίμακας παράκτια αλιεία, με σημαντικό τμήμα της παραγωγής να διακινείται από την ιχθυόσκαλα της Νέας Μηχανιώνας, ενώ ταυτόχρονα αποτελεί και ένα από τα σημαντικότερα αναπαραγωγικά πεδία ψαριών (Φάμελλος κ.α. 2008). Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να καταγράψει τα είδη που αλιεύονται συστηματικά με τη χρήση απλαδιών δικτυών στην παράκτια αλιεία του εσωτερικού Θερμαϊκού Κόλπου, να εντοπίσει την κύρια αναπαραγωγική περίοδο των ειδών αυτών και να διαπιστώσει εάν με τη χρήση του εν λόγω αλιευτικού εργαλείου αλιεύονται υπομεγέθη άτομα εμπορικών ειδών για τα οποία υφίσταται θεσμοθετημένο ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος (Απόφαση Αριθμ. 931/330234).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

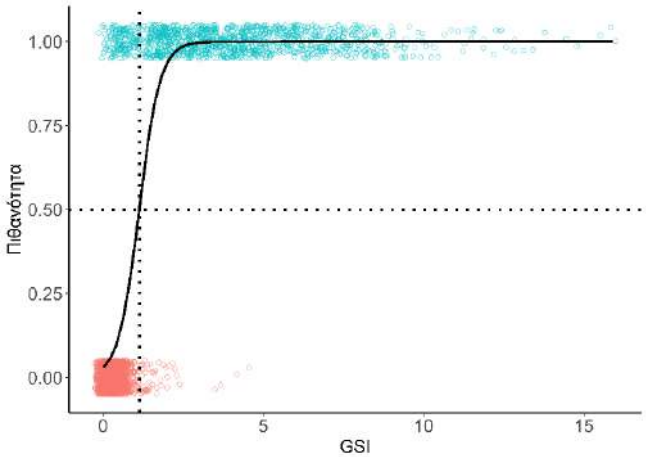
Δειγματοληψίες πειραματικής αλιείας πραγματοποιήθηκαν εντός του Θερμαϊκού Κόλπου, πλησίον του λιμανιού της Νέας Μηχανιώνας, κατά την περίοδο Άνοιξη έως Φθινόπωρο του 2020 και 2021, με επαγγελματικό αλιευτικό σκάφος της παράκτιας αλιείας (μήκος καϊκιού: 8 m, 2,3 GT, 43 hp). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 80 δειγματοληψίες (36 το 2020 και 44 το 2021), με ώρα έναρξης μεταξύ 06:00 και 07:00 π.μ. (αλλά πάντα πριν την ανατολή του ηλίου) και διάρκειας αλιείας μεταξύ 1 και 1,5 ώρας. Για τις δειγματοληψίες χρησιμοποιήθηκαν απλάδια συνολικού μήκους 900 m, ύψους 1,8 m, με άνοιγμα ματιού 36 mm (διαγώνιος). Για τη διεξαγωγή των δειγματοληψιών εκδόθηκε άδεια δοκιμαστικής αλιείας από το Τμήμα Αλιείας της Περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας.

Έπειτα από κάθε δειγματοληψία, το αλίευμα μεταφερόταν νωπό στο Κέντρο Βιολογικών Εφαρμογών του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης στο Αγγελοχώρι του Νομού Θεσσαλονίκης. Ακολούθως, για κάθε ψάρι, γινόταν αναγνώριση του είδους, του φύλου και του σταδίου γεννητικής ωριμότητας (πενταβάθμια κλίμακα με βάση την εργασία των Brown-Peterson *et al*. 2011), λαμβάνονταν βιομετρικές μετρήσεις (ολικό μήκος, ολικό βάρος, καθαρό βάρος, βάρος γονάδος) και υπολογίζονταν ο γοναδοσωματικός δείκτης (GSI = βάρος γονάδος / καθαρός βάρος * 100). Τα δεδομένα από τις δειγματοληψίας δύο ετών αναλύθηκαν μαζί. Επιπροσθέτως, για την ανάλυση του GSI, δεν έγινε διαχωρισμός ως προς το φύλο. Για τον υπολογισμό της τιμής GSI που διαχωρίζει τα αναπαραγωγικά ώριμα από τα ανώριμα ή αναπαραγωγικά ανενεργά ψάρια χρησιμοποιήθηκε η γοναδομετρική μέθοδος (Flores *et al*. 2019).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά αλιεύθηκαν 8147 άτομα οστεϊχθύων από 48 διαφορετικά είδη. Οι αναλύσεις επικεντρώθηκαν στο 25% (n = 12) των πιο κοινών και άφθονων (αριθμητικά) ειδών τα οποία αλιεύονταν συστηματικά κατά τη διάρκεια της έρευνας. Τα είδη αυτά ήταν τα εξής: *Boops boops, Diplodus annularis*, *Mullus barbatus, Mullus surmuletus, Pagellus acarne, Pagellus erythrinus, Sardinella aurita, Serranus scriba, Sphyraena sphyraena, Spicara flexuosa, Symphodus tinca* και *Trachurus trachurus*. Το κύριο είδος-στόχος της παράκτιας αλιείας με απλάδια δίχτυα στην περιοχή ήταν το *M. surmuletus* καθώς αλιευόταν συστηματικά καθ' όλη τη διάρκεια των δειγματοληψιών και διότι αποτέλεσε το 27,3% της συνολικής αλιευμένης βιομάζας αφαιρουμένης της βιομάζας του είδους *S. aurita*.

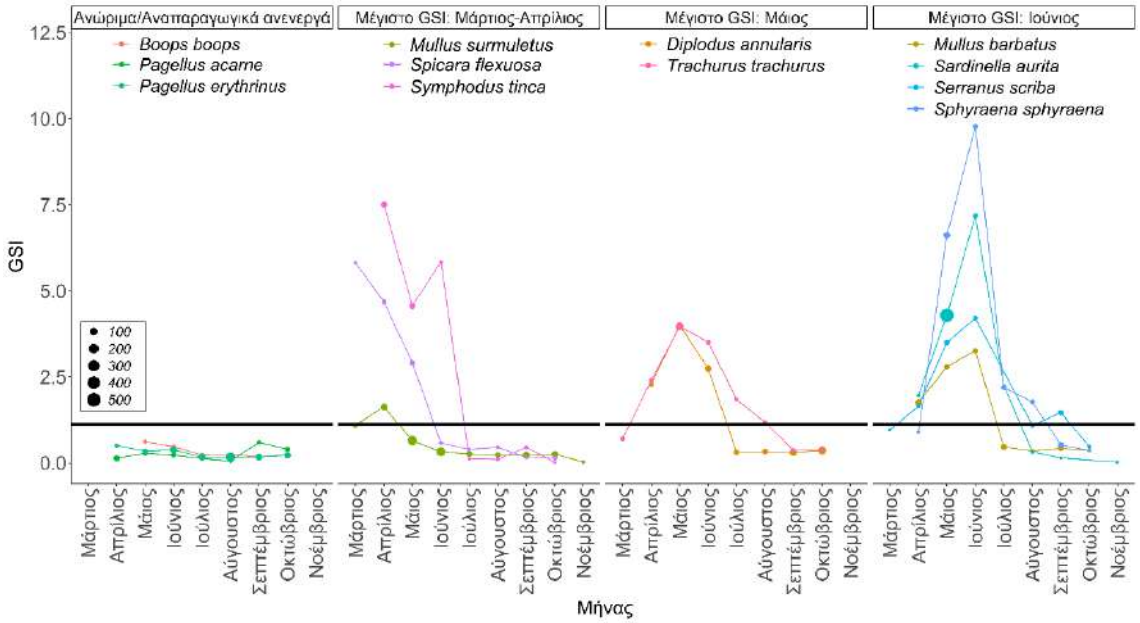
Η τιμή GSI που διαχωρίζει τα αναπαραγωγικά ενεργά από τα ανώριμα ή αναπαραγωγικά ανενεργά άτομα για τα 12 πιο κοινά και άφθονα είδη της παρούσας μελέτης υπολογίστηκε σε 1,12 (Εικόνα 1). Οι μέσες τιμές GSI ανά μήνα των ειδών αυτών φαίνονται στην Εικόνα 2. Τα άτομα τεσσάρων εξ' αυτών των ειδών (*B. boops, M. surmuletus, P. acarne* και *P. erythrinus*) αλιεύονταν αποκλειστικά ή συστηματικά ως ανώριμα ή αναπαραγωγικά ανενεργά. Για τα υπόλοιπα είδη, με βάση τη χρονική μεταβολή των τιμών του GSI, η περίοδος αναπαραγωγής τους εντοπίστηκε μεταξύ των μηνών Μαρτίου και Ιουνίου. Ωστόσο, υπήρχε ένα καθαρό πρότυπο διαδοχής της περιόδου μέγιστης αναπαραγωγικής δραστηριότητας μεταξύ των ειδών αυτών (Εικόνα 2). Συγκεκριμένα, το είδος *S. flexuosa* εμφάνισε μέγιστη αναπαραγωγική δραστηριότητα τον Μάρτιο, το είδος *S. tinca* τον Απρίλιο, τα είδη *D. annularis* και *T. trachurus* τον Μάιο, και τα είδη *M. barbatus*, *S. aurita*, *S. scriba* και *S. sphyraena* τον Ιούνιο. Προηγούμενες εκτιμήσεις από τον Ελλαδικό χώρο τοποθετούν χρονικά την κύρια περίοδο αναπαραγωγής του *S. flexuosa* μεταξύ Μαρτίου-Μαΐου (Mytilineou 1988, Karidas *et al*. 2009), του *D. annularis* μεταξύ Απριλίου-Μαΐου (Στάππα 2000), του *T. trachurus* μεταξύ Μαρτίου-Μαΐου (Karlou-Riga & Economidis 1996), του *M. barbatus* μεταξύ Απριλίου-Ιουλίου (Papaconstantinou *et al*. 1981) και του *S. aurita* μεταξύ Μαΐου-Ιουλίου (Tsikliras & Antonopoulou 2006).




**Εικόνα 1. Πιθανότητα κατηγοριοποίησης της αναπαραγωγικής κατάστασης (ενεργή/ανενεργή) των ατόμων των 12 πιο κοινών και άφθονων ειδών με βάση τον γοναδοσωματικό δείκτη (GSI) μέσω λογιστικής παλινδρόμησης. Η τιμή που αντιστοιχεί σε πιθανότητα 50% υπολογίστηκε σε 1,12.**

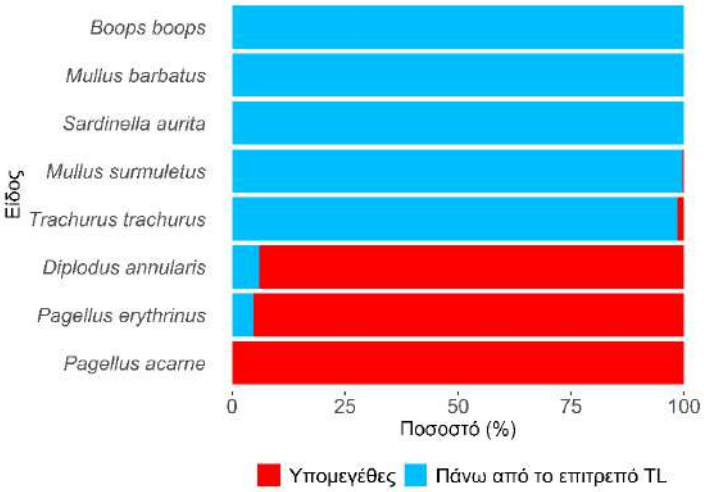
**Figure 1. Probability estimated from logistic regression to classify the maturity stage (active/inactive) of fish for the 12 most common and abundant species based on gonadosomatic index (GSI) values. The $GSI_{cut\text{-}off}$ value of 50% probability was estimated at 1.12.**

Ταυτόχρονα, παρατηρήθηκαν διαφορές στη δυναμική της αναπαραγωγής των ειδών εντός της αναπαραγωγικής περιόδου, με τη μέγιστη μέση τιμή του GSI να διαφέρει κατά πολύ μεταξύ αυτών (Εικόνα 2). Οι διαφορές αυτές πιθανώς αντικατοπτρίζουν διαφορές μεταξύ των ειδών ως προς το πρότυπο γονιμότητας, την ολική ετήσια γονιμότητα, τον αριθμό των ωοτοκιών, τη συχνότητα ωοτοκίας, το ρυθμό ανάπτυξης και το μέγεθος των ωοκυττάρων.




**Εικόνα 2. Μηνιαία μεταβολή του μέσου γοναδοσωματικού δείκτη (GSI) των 12 πιο κοινών και άφθονων ειδών ψαριών που αλιεύτηκαν με απλάδια δίχτυα στο Θερμαϊκό Κόλπο. Η οριζόντια μαύρη γραμμή (=1,12) διαχωρίζει τα αναπαραγωγικά ώριμα από τα ανώριμα ή αναπαραγωγικά ανενεργά ψάρια.**
**Figure 2. Monthly mean gonadosomatic index (GSI) values for the 12 most common and abundant fish species sampled with gill nets at Thermaikos Gulf. Black horizontal line (=1.12) separates the reproductively active from the inactive fishes.**

Τα 9 από τα 12 πιο κοινά και άφθονα είδη της παρούσας εργασίας αποτελούν εμπορικά είδη και για 8 από αυτά υφίσταται καθιερωμένο ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος (Απόφαση Αριθμ 931/330234) με εξαίρεση το είδος *S. sphyraena*. Από τα 8 εμπορικά είδη με καθιερωμένο ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος (*B. boops* = 10 cm, *S. aurita* = 10 cm, *D. annularis* = 12 cm, *Mullus* sp = 11 cm, *P. acarne* = 17 cm, *P. erythrinus* = 15 cm, *Trachurus* sp. = 15 cm), τα 5 είδη (*B. boops, M. barbatus, S. aurita, M. surmuletus, T. trachurus*) αλιεύονταν αποκλειστικά ή κατά συντριπτική πλειοψηφία άνω του επιτρεπτού μεγέθους, ενώ 3 είδη εξ' αυτών (*D. annularis, P. acarne* και *P. erythrinus*) αλιεύονταν συστηματικά ως υπομεγέθη άτομα (Εικόνα 3).




**Εικόνα 3. Ποσοστιαία κατανομή ψαριών που αλιεύθηκαν κάτω και πάνω από το ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος (TL), αντίστοιχα, για τα 8 πιο κοινά και άφθονα είδη με καθιερωμένο ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος.**
**Figure 3. Percentage of fish caught below and above the minimum landing size (TL) values for the 8 most common and abundant fish species with minimum landing size.**

Με βάση τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας, προκύπτει το συμπέρασμα ότι τα απλάδια δίχτυα που χρησιμοποιούνται συστηματικά στην παράκτια αλιεία αποτελούν ένα αρκετά επιλεκτικό εργαλείο – τουλάχιστον στην περιοχή του εσωτερικού Θερμαϊκού Κόλπου. Ταυτόχρονα, τα απλάδια δίχτυα αποτελούν και ένα αποτελεσματικό εργαλείο, καθώς το 75% των πιο κοινών και άφθονων ειδών που αλιεύονται είναι εμπορικά. Επίσης, η αλιεία του κύριου είδους-στόχου (*M. surmuletus*) αλλά και του είδους *B. boops* με τη χρήση του εν λόγω εργαλείου στην παράκτια αλιεία είναι αειφορική, καθώς τα άτομα και των δύο ειδών συλλαμβάνονται αποκλειστικά ή κυρίως εκτός αναπαραγωγικής περιόδου και σε μεγέθη μεγαλύτερα του ελάχιστου επιτρεπόμενου.

Στα μειονεκτήματα του εν λόγω εργαλείου περιλαμβάνεται το γεγονός ότι 3 εμπορικά είδη (*D. annularis, P. acarne* και *P. erythrinus*) αλιεύονταν συστηματικά ως υπομεγέθη άτομα και ότι 5 εκ των πιο κοινών, άφθονων και εμπορικών ειδών (*D. annularis*, *M. barbatus, S. aurita, S. sphyraena, T. trachurus*) βρίσκονταν εντός αναπαραγωγικής περιόδου. Εξαιρουμένου του είδους *T. trachurus* που χαρακτηρίζεται ως "τρωτό" (*Vulnerable, VU*) (IUCN 2021), τα υπόλοιπα 4 είδη χαρακτηρίζονται ως "μειωμένου ενδιαφέροντος'' (*Least Concern, LC*) (IUCN 2021). Ωστόσο, συνίσταται η ανάλυση της πληθυσμιακής κατάστασης των ειδών αυτών εντός του Θερμαϊκού Κόλπου. Επίσης, προτείνεται και η θέσπιση ελάχιστου επιτρεπόμενου μεγέθους για το είδος *S. sphyraena*, καθώς πρόκειται για είδος που συλλαμβάνεται συστηματικά και σε αφθονία με τη χρήση απλαδιών διχτυών στην παράκτια αλιεία του εσωτερικού Θερμαϊκού Κόλπου. Στην παρούσα εργασία δεν ήταν δυνατή η εκτίμηση του μήκους πρώτης ωρίμανσης του είδους αυτού λόγω έλλειψης επαρκούς αριθμού ανώριμων ατόμων. Ωστόσο, τα άτομα του είδους φαίνεται να ωριμάζουν αναπαραγωγικά γύρω στα 210 mm, καθώς το μικρότερο αναπαραγωγικά ώριμο άτομο που αλιεύθηκε είχε μήκος 214 mm.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα μελέτη διεξήχθη στα πλαίσια του προγράμματος «Χρήση εμποτισμένων διχτυών στην αποφυγή κητωδών στην παράκτια αλιεία» με MIS 5030544 που χρηματοδοτήθηκε από το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Αλιείας & Θάλασσας 2014 – 2020», «Καινοτομία στην αλιεία».

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική Στατιστική Αρχή (2021) Δελτίο Τύπου. Έρευνα Θαλάσσιας Αλιείας με Μηχανοκίνητα Σκάφη: Έτος 2020.

Απόφαση Αριθμ 931/330234 (2021) ΦΕΚ 343/τ.Β'/31-01-2021. Τροποποίηση της υπ' αρ. 1750/32219/19-3-2015 απόφασης του Αναπληρωτή Υπουργού Παραγωγικής Ανασυγκρότησης, Περιβάλλοντος και Ενέργειας «Συμπληρωματικά μέτρα εφαρμογής των Ενωσιακών διατάξεων της Κοινής Οργάνωσης Αγοράς (ΚΟΑ) των προϊόντων αλιείας και υδατοκαλλιέργειας και του Κοινοτικού Συστήματος Ελέγχου της αλιείας σχετικά με τη διακίνηση και την εμπορία των προϊόντων του τομέα» (Β' 475).

Στάππα Π (2020) Βιολογία του σπάρου (*Diplodus annularis*) στον Πατραϊκό Κόλπο και στη γύρω περιοχή. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών.

Φάμελλος Σ, Κρεστενίτης Ι, Γεωργιάδης Γ (2008) Θερμαϊκός Κόλπος - Πολυπαραμετρικότητα, αξίες και απόθεμα. Ημερίδα "Θερμαϊκός. Η θάλασσα Δίπλα μας", 20-3-2008, Θεσσαλονίκη.

Brown-Peterson NJ, Wyanski DM, Saborido-Rey F, Macewicz BJ, Lowerre-Barbieri SK (2011) A Standardized Terminology for Describing Reproductive Development in Fishes. Marine and Coastal Fisheries: Dynamics, Management, and Ecosystem Science, 3: 52-70.

Flores A, Wiff R, Ganias K, Marshall CT (2019) Accuracy of gonadosomatic index in maturity classification and estimation of maturity ogive. Fisheries Research 210: 50-62.

IUCN (2021) The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2021-3. https://www.iucnredlist.org. Accessed on [May 2022].

Karidas Th, Argiridis N, Minos G (2009). Sex identification on hermaphrodite picarel *Spicara flexuosa* (Rafinesque, 1810) based on external characteristics and length frequency analysis. Proceedings of the 31st Scientific Conference of Hellenic Association for Biological Sciences, Patra, May 14-16, 2009.

Karlou-Riga C, Economidis PS (1996) Ovarian atretic rates and sexual maturity of horse mackerel, *Trachurus trachurus* (L.) in the Saronikos Gulf (Greece). Fishery Bulletin US 94: 66-76.

Mytilineou C (1988) L'hermaphrodisme et le cycle sexuel de la Gerie *Spicara flexuosa* (Centracanthidae) dans le golfe de Patraikos, Grèce. Rapp Comm Int Mer Médit 31: 272.

Papaconstantinou C, Tsimenides N, Daoulas C (1981) Age, growth and reproduction of red mullet (*Mullus barbatus* L. 1758) in the gulfs of Saronikos and Thermaikos. Thalassographica 4: 39-66.

Tsikliras AC, Antonopoulou E (2006) Reproductive biology of round sardinella (*Sardinella aurita*) in the north-eastern Mediterranean. Scientia Marina 70: 281-290.

# Γενετική πληθυσμιακή μελέτη του μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*, L.) στη Μεσόγειο Θάλασσα με τη χρήση μιτοχονδριακού DNA

**Ευανθία Μπέλλου, Γεώργιος Α. Γκάφας, Δημήτριος Βαφείδης, Απόστολος Αποστολίδης, Δημήτριος Κλαουδάτος, Νικόλαος Νεοφύτου, Γεώργιος Μιχαήλ, Κυριακούλα Ροδίτη, Ιωάννα Σαραντοπούλου, Αθανάσιος Εξαδάκτυλος[1]**

Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου,

**ABSTRACT**

**Evanthia Bellou, Georgios A. Gkafas, Dimitrios Vafidis, Apostolos Apostolidis, Dimitrios Klaoudatos, Nikolaos Neofitou, Georgios Michael, Kiriakoula Roditi, Joanna Sarantopoulou, Athanasios Exadactylos**

It is well documented that population structure needs to be defined for fishery management purposes. However, studies are scarce and information about finer scale population structure, which is important for stock assessments and fishery management, is largely lacking. In the present study the population genetics of the European hake (*Merluccius merluccius*, L.) was evaluated using the Cytochrome Oxidase subunit I (COI) MtDNA. Results show that the species in the limit of its distribution is dominated by the same unique haplotype, suggesting a low heterozygosity and possibly a vulnerable population with respect to fitness. On the other hand, in the southern Aegean there is a unique haplotype, suggesting local adaptation of the species. Fst pairwise differences suggest in general a differentiation within the Mediterranean basin.

**Keywords**: population genetics, COI, Mediterranean, European hake

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Λόγω ισχυρών περιβαλλοντικών πιέσεων τα παγκόσμια ιχθυαποθέματα έχουν μειωθεί, κυρίως λόγω υπεραλίευσης, οπότε κρίνεται απαραίτητη η επικαιροποίηση των υφιστάμενων μέτρων στο πλαίσιο της Κοινής Αλιευτικής Πολιτικής. Ένας από τους μεγαλύτερους σε εμπορική αξία ιχθύες είναι ο μπακαλιάρος, *Merluccius merluccius*, L, ο οποίος έχει χαρακτηριστεί ως "υπερεκμεταλλευόμενο" (overexploited) είδος στη Μεσόγειο Θάλασσα (FAO 2020). Ως εκ τούτου, απαιτείται ιδιαίτερη προσέγγιση όσον αφορά τη διαχείριση των αποθεμάτων του, οπότε για την ορθή και αειφορική διαχείριση του είδους προτείνεται ο προσδιορισμός της γενετικής πληθυσμιακής δομής. Αν και ο μπακαλιάρος εμφανίζει εκτεταμένη γεωγραφική εξάπλωση (Casey & Pereiro 1995, Oliver & Massutí 1995, Ardizzone & Corsi 1997, Abaunza *et al.* 2001), ωστόσο πρέπει να διερευνηθεί η πιθανότητα παρουσίας γενετικά διαφοροποιημένων πληθυσμών σε διαφορετικά πεδία αναπαραγωγής (Cadrin 2020).

Συγκεκριμένα, οι πληθυσμοί του Βορειοανατολικού Ατλαντικού και της Μεσογείου θεωρούνται σταθερά ξεχωριστές μονάδες (Abaunza *et al.* 2001, Cimmaruta & Bondanelli 2005, Milano *et al.* 2014). Οι Milano *et al.* (2014), περιέγραψαν επίσης μια σημαντική γενετική διαφοροποίηση μεταξύ της Δυτικής, Κεντρικής και Ανατολικής Μεσογείου. Στην περιοχή της Μεσογείου έχουν πραγματοποιηθεί ελάχιστες έρευνες σχετικά με τη γενετική πληθυσμιακή δομή του είδους και την ενδεχόμενη διαφοροποίηση μεταξύ του δυτικού και του ανατολικού τμήματος αυτής (e.g. Castillo *et al.* 2004). Στην παρούσα έρευνα χρησιμοποιήθηκε το γονίδιο που κωδικοποιεί την υπομονάδα Ι της κυτοχρωμική οξειδάση υπομονάδα Ι για τη μελέτη της πληθυσμιακής δομής του είδους. Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες έρευνες, χρησιμοποιήθηκαν και περιοχές που βρίσκονται κοντά στα όρια της γεωγραφικής εξάπλωσης του είδους, όπως το Βόρειο Αιγαίο (Τορωναίος Κόλπος) και η Μαύρη Θάλασσα. Εξετάστηκε η υπόθεση, εάν στα όρια της εξάπλωσής του ο μπακαλιάρος είναι γενετικά διαφοροποιημένος, όπως συμβαίνει και σε πολλούς άλλους υδρόβιους οργανισμούς (Konstantinidis *et al.* 2022).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η συλλογή των δειγμάτων από τον Τορωναίο Κόλπο (Εικ. 1), που βρίσκεται στο βόρειο Αιγαίο, καθώς και από το Ιόνιο και την Κρήτη (νότιο Αιγαίο), έγινε με το συρόμενο αλιευτικό εργαλείο της τράτας βυθού (Ερευνητικό Πρόγραμμα με τίτλο: "Εκτίμηση των αποθεμάτων του μπακαλιάρου (*Merluccius merluccius*) στον Τορωναίο Κόλπο", ΠΕ Χαλκιδικής, κωδ. Έργου 2413ΧΑΛ001ΙΔΠ19). Τα δείγματα

μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Ιχθυολογίας-Υδροβιολογίας του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, όπου και διατηρήθηκαν στους -20ºC μέχρι την ανάλυσή τους.

Δείγμα μυϊκού ιστού από 20 άτομα ανά περιοχή χρησιμοποιήθηκε για την εξαγωγή DNA με το κιτ PureLink™ Genomic DNA Mini Kit (Invitrogen), ακολουθώντας το πρωτόκολλο των κατασκευαστών. Το ζεύγος των εκκινητών που χρησιμοποιήθηκε (Folmer *et al.* 1994) στοχεύει στο γονίδιο της κυτοχρωμικής οξειδάσης υπομονάδα I (Cytochrome Oxidase subunit I, COI), του μιτοχονδριακού DNA. Τα προϊόντα της PCR αλληλουχήθηκαν με τη μέθοδο Sanger σε αυτόματο αναλυτή (ABI3730, Applied Biosystems).

Οι αλληλουχίες από Μαύρη Θάλασσα (10 άτομα), Αδριατική Θάλασσα (20 άτομα), Ισπανία (20 άτομα) και Αγγλία (7 άτομα) ανακτήθηκαν από τη διεθνή βάση δεδομένων NCBI (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/, 15 Ιουνίου 2022). Όλες οι αλληλουχίες συστοιχήθηκαν με το πρόγραμμα AliView (Larsson 2014). Για τη στατιστική ανάλυση χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα Arlequin v.3.5.2.2 (Excoffier & Lischer 2010) και το πρόγραμμα popArt (Leigh & Bryant 2015).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το ζεύγος των εκκινητών απομόνωσε 556 βάσεις του γονιδίου της κυτοχρωμικής οξειδάσης υπομονάδα I του μιτοχονδριακού DNA. Η ανάλυση των αλληλουχιών έδειξε ότι υπάρχουν 4 απλότυποι στην περιοχή μελέτης. Η περιοχή του Τορωναίου κόλπου και της Μαύρης Θάλασσας χαρακτηρίζεται από τον απλότυπο 4, καθιστώντας τον μοναδικό απλότυπο στα όρια της περιοχής εξάπλωσης του είδους. Αυτός ο απλότυπος εμφανίζεται ως μοναδικός επίσης, στο άλλο άκρο της περιοχής εξάπλωσης, στον Ατλαντικό ωκεανό (Αγγλία). Επίσης, ο απλότυπος 1 είναι χαρακτηριστικός μόνο των δειγμάτων που προέρχονται από την Κρήτη. Η ανάλυση μας δείχνει ότι υπάρχουν 3 διαφορετικοί απλότυποι στην ανατολική Μεσόγειο (h1, h2, h4), γεγονός που υποδηλώνει τη γενετική διαφοροποίηση εντός της λεκάνης της Μεσογείου. Επίσης, ο απλότυπος 3 δεν εμφανίζεται καθόλου στην ανατολική λεκάνη, παρά μόνο στα δυτικά της ελληνικής επικράτειας (Ιόνιο πέλαγος) και επεκτείνεται συνεχόμενα μέχρι το δυτικό όριο της Μεσογείου (Ισπανία).

Ο δείκτης παραλλακτικότητας $F_{ST}$ (Πίνακας I) έδειξε ισχυρή γενετική διαφοροποίηση εντός της Ανατολικής Μεσογείου, μεταξύ του Νότιου Αιγαίου (Κρήτη) και του Τορωναίου, και του Νότιου Αιγαίου (Κρήτη) και της Μαύρης Θάλασσας. Σύμφωνα με τις τιμές του δείκτη παραλλακτικότητας υπάρχει μια σχετική διαφορά μεταξύ ανατολικής και δυτικής Μεσογείου, χωρίς να είναι στατιστικά σημαντική για όλες τις περιπτώσεις. Αυτό οφείλεται στους 3 κοινούς απλότυπους που υπάρχουν σε όλη τη Μεσόγειο.

**Πίνακας I. Τιμές του δείκτη παραλλακτικότητας FST μεταξύ των πληθυσμών του μπακαλιάρου από τις διαφορετικές περιοχές. Οι τιμές με έντονη σήμανση εμφανίζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.**

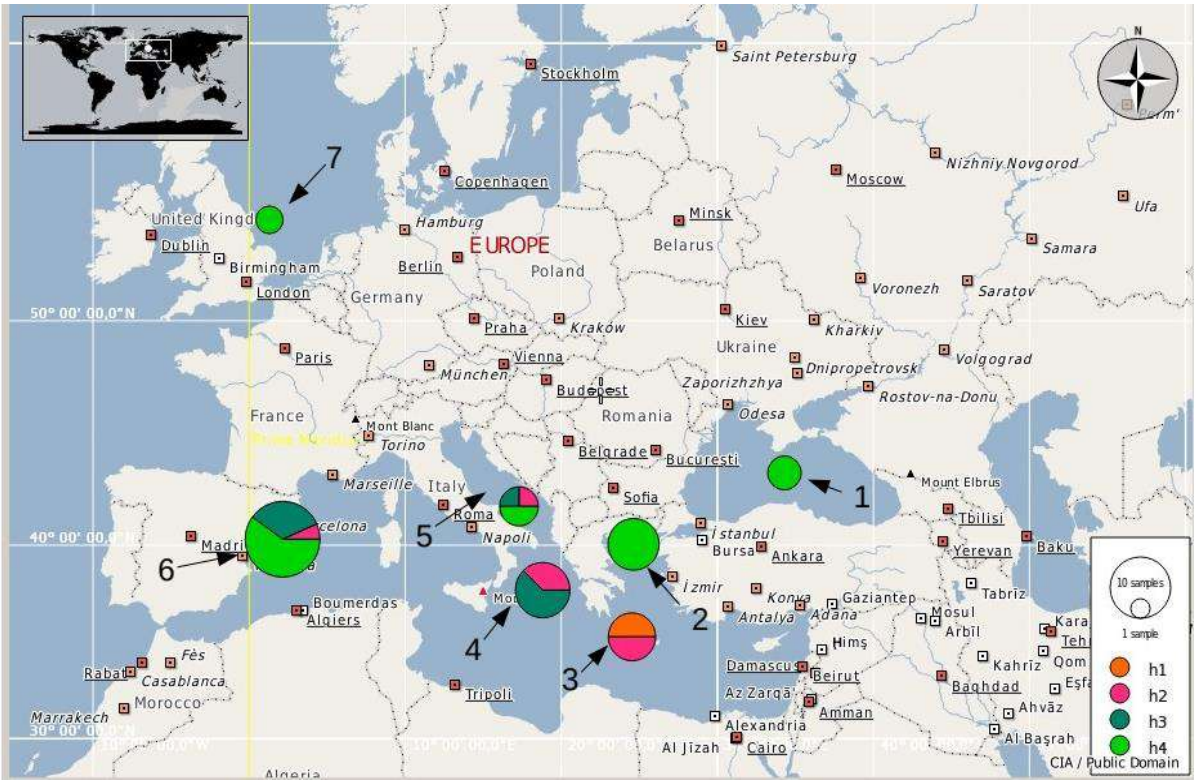
| | Αδριατική | Δυτική Μεσόγειος | Μαύρη Θάλασσα | Κρήτη | Ιόνιο | Τορωναίος | ΒΑ Ατλαντικός |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Αδριατική** | | | | | | | |
| **Δυτική Μεσόγειος** | -0.109 | 0 | | | | | |
| **Μαύρη Θάλασσα** | -0.091 | 0.016 | 0 | | | | |
| **Κρήτη** | **0.442** | **0.646** | 0.600 | 0 | | | |
| **Ιόνιο** | -0.040 | 0.123 | 0.290 | 0.498 | 0 | | |
| **Τορωναίος** | 0.156 | 0.142 | 0 | **0.722** | 0.441 | 0 | |
| **ΒΑ Ατλαντικός** | -0.264 | -0.087 | 0 | 0.539 | 0.203 | 0.002 | 0 |

Η ανάλυση κατά Tajima's D (Tajima 1989) δεν έδειξε φαινόμενο στενωπού ή εξάπλωσης του είδους στις περιοχές μελέτης (Πίνακας II).

**Πίνακας ΙΙ. Δείκτης Tajima's D για κάθε γεωγραφική περιοχή του μπακαλιάρου. Στον πίνακα αναφέρεται και η σημαντικότητα των τιμών.**

| | Αδριατική | Δυτική Μεσόγειος | Μαύρη Θάλασσα | Κρήτη | Ιόνιο | Τορωναίος | ΒΑ Ατλαντικός | Mean (s.d.) |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Tajima's D** | -0.709 | -0.024 | 0 | 1.753 | 1.449 | 0 | 0 | 0.353 (0.89) |
| **p-value** | 0.248 | 0.438 | 1 | 0.985 | 0.956 | 1 | 1 | 0.804 (0.32) |

Στην Εικόνα 1 φαίνεται το δίκτυο των απλότυπων κατά Neighbor-Joining και δίνεται η σχηματική απεικόνιση της εξάπλωσής τους στην περιοχή έρευνας.




**Εικόνα 1. Γεωγραφικοί πληθυσμοί και σχηματική απεικόνιση των 4 απλότυπων του μπακαλιάρου στην περιοχή έρευνας. 1: Μαύρη Θάλασσα (42°55'32.7"N 30°37'42.0"E), 2: Τορωναίος Κόλπος (40°09'00.8"N 23°33'15.0"E), 3: Κρήτη (35°31'15.9"N 24°32'27.7"E), 4: Ιόνιο Πέλαγος (39°01'34.3"N 20°24'36.5"E), 5: Αδριατική (43°41'24.5"N 14°50'37.0"E), 6: Δυτική Μεσόγειος (39°29'03.0"N 0°57'00.9"E), 7: Βόρειοατλαντικός ωκεανός (56°31'23.5"N 0°02'11.2"W). Οι αλληλουχίες των πληθυσμών 1, 2, 3 και 4 έγιναν εξολοκλήρου στο Εργαστήριο Ιχθυολογίας-Υδροβιολογίας του Τμ. Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, ΠΘ.**
**Figure 1: Sampling sites and structure pes based on the four haplotypes of the *M. merluccius* in the study area.1: Black sea (42°55'32.7"N 30°37'42.0"E), 2: Toroneos Gulf Κόλπος (40°09'00.8"N 23°33'15.0"E), 3: Crete (35°31'15.9"N 24°32'27.7"E), 4: Ionian sea (39°01'34.3"N 20°24'36.5"E), 5: Adriatic (43°41'24.5"N 14°50'37.0"E), 6: western Mediterranean Sea (39°29'03.0"N 0°57'00.9"E), 7: North-east Atlantic (56°31'23.5"N 0°02'11.2"W). Sequences from 1, 2, 3 and 4 populations were analyzed in the Laboratory of Ichthyology-Hydrobiology, Dept. Of Ichthyology and Aquatic Environment, University of Thessaly.**

Τα παραπάνω μας υποδηλώνουν ότι ο μπακαλιάρος εμφανίζει μεγάλα ποσοστά γονιδιακής ροής, ακόμα και σε πληθυσμούς οι οποίοι βρίσκονται σε μεγάλες σχετικά αποστάσεις. Από την άλλη όμως, στα όρια εξάπλωσης εντοπίζεται ένας απλότυπος (h1), ο οποίος είναι κοινός. Στα όρια εξάπλωσης λόγω δεδομένων περιβαλλοντικών/οικολογικών συνθηκών οι κατανομές συχνότητας των αλληλομόρφων ενός

πληθυσμού αναμένεται είτε να επεκταθούν (expansion) είτε να συρρικνωθούν (decline). Στη συγκεκριμένη περίπτωση της παρούσας εργασίας φαίνεται ότι μειώνεται η συχνότητα των απλοτύπων του είδους δίνοντας τον μοναδικό απλότυπο. Βέβαια, εάν οι συνθήκες το επιτρέπουν ο απλότυπος αυτός ίσως να είναι μέσω επιλογής ο αρμοστικότερος για την εξάπλωση του είδους σε αυτές τις περιοχές. Οπότε στα όρια εξάπλωσης το είδος εμφανίζει γενετική ομοιομορφία, καθιστώντας το ευάλωτο σε ακραίες περιβαλλοντικές πιέσεις, προφανώς λόγω της ομοιογένειας στο γενετικό του προφίλ είτε εμφανίζεται ο πιο αρμοστηκός τύπος (Gkafas *et al.* 2020) .
Διαφορές τόσο εντός της λεκάνης της Μεσογείου (Gkafas *et al.* 2017) όσο και εντός του Αιγαίου (Gkafas *et al.* 2016, Konstantinidis *et al.* 2017) έχουν καταγραφεί και σε άλλα είδη .

**Χρηματοδότηση:** Η παρούσα εργασία χρηματοδοτήθηκε από τα ερευνητικά προγράμματα:
1. «Εκτίμηση των αποθεμάτων του μπακαλιάρου στον Τορωναίο Κόλπο, ΠΕ Χαλκιδικής, κωδ. Έργου 2413ΧΑΛ001ΙΔΠ19»
2. ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΥΘΕΝΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΝΟΘΕΙΑΣ ΑΛΙΕΥΜΑΤΩΝ ΤΗΣ ΕΛΛΗΝΙΚΗΣ ΑΓΟΡΑΣ ΜΕ ΜΟΡΙΑΚΗ ΤΑΥΤΟΠΟΙΗΣΗ – FISHMID, ΕΠΑΛ 2014-2020 MIS: 5033599

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abaunza P, Mattiucci S, Nascetti GM, Cimmaruta R, Bullini L (2001) Morphometric and meristic variation in European hake, *Merluccius merluccius*, from the Northeast Atlantic and Mediterranean Sea. ICES 01: 20
Ardizzone GD, Corsi F (1997) Atlas of Italian Demersal Fishery Resources. Biologia Marina Meditterranea 4: 568
Casey J, Pereiro J (1995) European hake (*M. merluccius*) in the North-east Atlantic. In: Alheit J, Pitcher T (eds.) Hake: Biology, Fisheries and Markets, Chapman & Hall, London, p. 125-147
Castillo AG, Martinez JL, Garcia-Vazquez E (2004) Fine spatial structure of Atlantic hake (*Merluccius merluccius*) stocks revealed by variation at microsatellite loci. Marine Biotechnology 6: 299–306 https://doi.org/10.1007/s10126-004-3027-z
Cimmaruta R, Bondanelli PN (2005) Genetic structure and environmental heterogeneity in the European hake (*Merluccius merluccius*) Molecular Ecology 14(8): 2577-2591, 10.1111/j.1365-294X.2005.02595.x
Excoffier L, Lischer HEL (2010) Arlequin suite ver 3.5: A new series of programs to perform population genetics analyses under Linux and Windows. Molecular Ecology Resources 10: 564-567
FAO (2020) The state of the Mediterranean and Black Sea fisheries 2020, General Fisheries Commission for the Mediterranean, Rome, Italy
Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Molecular Marine Biology and Biotechnology 3(5): 294-9
Gkafas GA, Orfanidis S, Vafidis D, Panagiotaki P, Küpper FC, Exadactylos A (2016) Genetic diversity and structure of *Cymodocea nodosa* meadows in the Aegean sea, eastern Mediterranean. Applied Ecology and Environmental Research 14(1): 145-160, DOI:10.15666/aeer/1401_145160
Gkafas GA, Exadactylos A, Rogan E, Raga JA, Reid R, Hoelzel (2017) Biogeography and temporal progression during the evolution of striped dolphin population structure in European waters. Journal of Biogeography 44: 2681 – 2691
Gkafas GA, de Jong M, Exadactylos A, Aznar FJ, Raga JA, Hoelzel (2020) Sex-specific impact of inbreeding on pathogen load in the striped dolphin. Proceedings of the Royal Society B 287: 20200195
Konstantinidis I, Gkafas GA, Karamitros G, Lolas A, Antoniadou C, Vafidis D, Exadactylos A (2017) Population structure of two benthic species with different larval stages in the eastern Mediterranean sea. Journal of Environmental Protection and Ecology 18(3): 930-939
Konstantinidis I, Gkafas GA, Papathanasiou V, Orfanidis S, Küpper FC, Arnaud-Haond S, Exadactylos A (2022) Biogeography pattern of the marine angiosperm *Cymodocea nodosa* in the eastern Mediterranean Sea related to the quaternary climatic changes. Ecology and Evolution 12, e8911, https://doi.org/10.1002/ece3.8911
Larsson A (2014) AliView: a fast and lightweight alignment viewer and editor for large data sets. Bioinformatics 30(22): 3276-3278
Leigh JW, Bryant D (2015) PopART: Full-feature software for haplotype network construction. Methods Ecology and Evolution 6(9): 1110–1116
Milano I, Babbucci M, Cariani A, Atanassova M, Bekkevold D, Carvalho GR, Espiñeira M, Fiorentino F, Garofalo G, Geffen AJ, Hansen JH, Heylar SJ, Nielsen EE, Ogden R, Patarnello T, Stagioni M, FishPopTrace Consortium, Tinti F, Bargelloni L (2014) Outlier SNP markers reveal fine-scale genetic structuring across European hake populations (*Merluccius merluccius*) Molecular Ecology 23(1): 118-135, 10.1111/mec.12568
Oliver P, Massutí E (1995) Biology and fisheries of western Mediterranean hake (*Merluccius*). In: Alheit J, Pitcher T (eds.) Hake: Biology, Fisheries and Markets, Chapman & Hall, London, p. 125-147
Tajima F (1989) Statistical method for testing the neutral mutation hypothesis by DNA polymorphism. Genetics 14: 585–595.

# Η χρήση του περιβαλλοντικού DNA στη Μεσόγειο για την ανίχνευση ξενικών ειδών

**Παναγιώτα Ξανθοπούλου[1,2], Νικόλαος Καμίδης[1], Βασίλης Παπαθανασίου[1], Γρηγόρης Κρέη[1], Ιωάννης Μπατζάκας[2], Στέλιος Κατσανεβάκης[2], Χρυσούλα Γκουμπίλη[1*]**

[1]ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ – Ινστιτούτο Αλιευτικής Ερευνας, 64007 Ν. Πέραμος, Καβάλα – e-mails: xanthopop@inale.gr; nikkami@inale.gr; vpapathanasiou@inale.gr; krey@inale.gr; c.gubili@inale.gr.

[2]Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Ωκεανογραφίας και Θαλασσίων Βιοεπιστημών, 81100, Μυτιλήνη – e-mails: jbatzakas@marine.aegean.gr; katsanevakis@marine.aegean.gr.

**ABSTRACT**

**Panagiota Xanthopoulou[1,2], Nikolaos Kamidis[1], Vasilis Papathanasiou[1], Grigoris Krey[1], Ioannis Batjakas[2], Stelios Katsanevakis[2], Chrysoula Gubili[1]: The use of eDNA across the Mediterranean Sea to detect non-indigenous species**

The rising rate of biological invasions is among the most serious threats to biodiversity loss. The Mediterranean Sea is a hotspot of biological invasions and traditional monitoring methods often fail to early detect new species introductions or effectively monitor established invasive populations. The early detection of alien species is necessary to efficiently plan management measures. Environmental DNA analysis can improve early detection and monitoring of alien species, complementing traditional methods. The aim of this work was to review all studies that have applied eDNA for the detection of alien species in the Mediterranean Sea, and examine the strengths and potential limitations of the method in regional scale. Surprisingly, we found 11 studies that fit the scope of this query and most of them originated from the Eastern Mediterranean. We conclude that eDNA is a valid tool for the detection and monitoring of alien species and propose that it could be implemented for the effective management of marine invasions in the region.

**Keywords**: invasion, biodiversity loss, eDNA, DNA-metabarcoding, Next Generation Sequencing, Mediterranean.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας από τους στόχους της Ευρωπαϊκής Ένωσης για να την ανάκαμψη της βιοποικιλότητας μέχρι το 2030 αφορά στη μείωση κατά 50% των ειδών που περιλαμβάνονται στην κόκκινη λίστα της IUCN που απειλούνται από χωροκατακτητικά ξενικά είδη (European Commission 2020). Ξενικά είναι τα είδη εκείνα που, μέσω ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και υποδομών, έχουν εισέλθει σε περιοχές πέρα από τη φυσική τους κατανομή, ξεπερνώντας βιογεωγραφικούς φραγμούς (Essl et al. 2018). Η Μεσόγειος αποτελεί ένα hotspot βιοποικιλότητας με περίπου 17,000 θαλάσσια είδη (Coll et al. 2010), συμπεριλαμβανομένων 1000 ξενικών ειδών (Zenetos *et al.* 2017). Πιο συγκεκριμένα, στην Ελλάδα έχουν καταγραφεί 214 ξενικά είδη ενώ ακόμα συναντώνται άλλα 62 με αβέβαιο βιογεωγραφικό καθεστώς (κρυπτογενή; Zenetos *et al.* 2018). Επιπλέον, πολλά μπορούν να γίνουν «χωροκατακτητικά» ή «εισβολικά» με σημαντικές επιπτώσεις στη βιολογική ποικιλότητα, την ανθρώπινη υγεία και τις οικοσυστημικές υπηρεσίες. Οι οικολογικές επιπτώσεις των εισβολικών ειδών είναι τόσο σημαντικές που συγκαταλέγονται μεταξύ των σημαντικότερων αιτίων των απώλειας βιοποικιλότητας παγκοσμίως (MEA 2005).

Η ανίχνευση των ξενικών ειδών πραγματοποιείται συνήθως με παραδοσιακές μεθόδους εκτίμησης της βιοποικιλότητας, όπως π.χ. δειγματοληψίες με τράτα βυθού και υποβρύχιες οπτικές παρατηρήσεις (Katsanevakis *et al.* 2012). Ωστόσο, η πεπερασμένη ανιχνευτική ή/και συλληπτική ικανότητα τέτοιων αλιευτικών εργαλείων και μεθόδων οπτικής παρατήρησης, μπορεί να οδηγήσει σε λανθασμένα συμπεράσματα, υποεκτιμώντας τις μεταβλητές κατάστασης των πληθυσμών ή των βιοκοινοτήτων (Katsanevakis *et al.* 2012). Επιπρόσθετα, αυτές οι τεχνικές βιοπαρακολούθησης ενέχουν πρακτικούς περιορισμούς όπως η δύσκολη προσέγγιση δυσπρόσιτων/απαιτητικών περιοχών, π.χ. λόγω βάθους, τύπου υποστρώματος του βυθού ή υδροδυναμικής κυκλοφορίας στο πεδίο υπό εξέταση, άμεσης εξάρτησης από τις ατμοσφαιρικές συνθήκες, χρόνου και κόστους δειγματοληψίας (Deiner *et al.* 2017).

Σήμερα, έχουν αναπτυχθεί διάφορες μοριακές μέθοδοι για τη γρήγορη και αξιόπιστη μελέτη των θαλάσσιων βιοκοινοτήτων, όπως η χρήση κωδικοποιητικών αλληλουχιών DNA (DNA barcodes) που παρέχουν τη δυνατότητα ταυτοποίησης σε επίπεδο είδους (Hebert *et al.* 2003). Η Αλληλούχιση Νέας

Γενιάς (Next Generation Sequencing, NGS) δίνει τη δυνατότητα ανάγνωσης των DNA barcodes από ετερογενή δείγματα (DNA metabarcoding; Yu *et al.* 2012). Η εφαρμογή της NGS σε περιβαλλοντικά δείγματα, αποτελεί τη τεχνική του «Περιβαλλοντικού DNA» (eDNA), το οποίο ορίζεται ως ένα μείγμα γενετικού υλικού που εμπεριέχει ολόκληρα κύτταρα και εξω-κυτταρικό DNA και το οποίο μπορεί να προέρχεται από ποικίλα περιβαλλοντικά δείγματα όπως χώμα, νερό ή αέρα (Taberlet *et al.* 2012). Αυτή η τεχνική βασίζεται στην ανάκτηση, ενίσχυση και αλληλούχιση του ίχνους DNA που αφήνουν στο πέρασμα τους διάφοροι θαλάσσιοι οργανισμοί και παρέχει μια καινοτόμο προσέγγιση για την παρακολούθηση των υδρόβιων ειδών (Thomsen *et al.* 2012, Deiner *et al.* 2017). Η διαδικασία της δειγματοληψίας στην θάλασσα είναι απλή και γρήγορη, συλλέγοντας και φιλτράροντας δείγματα νερού από τις περιοχές στόχους, ελαχιστοποιώντας το λειτουργικό κόστος και τη διατάραξη του τοπικού οικοσυστήματος (Taberlet *et al.* 2012). Το περιβαλλοντικό DNA έχει σημαντική χρησιμότητα στη βελτίωση των μοντέλων κατανομής ειδών καθώς μπορεί να παράσχει δεδομένα παρουσίας ακόμα και σε περιπτώσεις χαμηλής αφθονίας, όπως συμβαίνει και κατά τα πρώτα στάδια εισβολής ξενικών ειδών, και να αυξήσει ουσιαστικά τη διαθεσιμότητα δεδομένων παρουσίας με σχετικά χαμηλό κόστος (Muha *et al.* 2017).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να συλλέξει όλες τις εργασίες που αφορούν στη μελέτη περιβαλλοντικών θαλάσσιων δειγμάτων από περιοχές της Μεσογείου ώστε να αναγνωρίσουμε την εφαρμοσιμότητα, την χρησιμότητα και την αποτελεσματικότητα της μεθόδου στην περιοχή μέχρι σήμερα.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

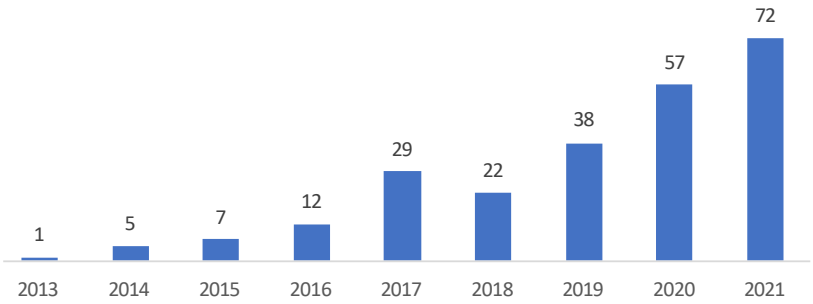
Για την υλοποίηση της συστηματικής ανασκόπησης, ακολουθούμε την προσέγγιση Προτιμώμενων Αναφορών για Συστηματικές Ανασκοπήσεις και Μετα-Αναλύσεις (PRISMA; Moher *et al.* 2010). Η προσέγγιση PRISMA περιλαμβάνει τρεις φάσεις: 1) συστηματική συλλογή επιστημονικών εργασιών με χρήση μηχανής αναζήτησης, 2) έλεγχο άρθρων και 3) εξαγωγή πληροφοριών από τα σχετικά με το θέμα άρθρα. Σε αυτήν την εργασία χρησιμοποιήσαμε τη μηχανή αναζήτησης Scopus της βάσης δεδομένων Elsevier (ES; www.scopus.com) και αυτήν του Web of Science (WOS; www.webofscience.com). Όπου ήταν δυνατόν από τις επιλογές της μηχανής, βιβλία, κεφάλαια βιβλίων και άρθρα κριτικής αφαιρέθηκαν από το πεδίο της αρχικής αναζήτησης. Οι όροι αναζήτησης και στις δύο μηχανές τέθηκαν ως εξής:

- “Mediterranean”,
- “marine” or “coast” or “coast* or “sea” or “lagoon” or “bay” or “gulf” or “port”,
- "invasive species" or “invasion” or "invaders" or "invading species" or "introduced” or “non-indigenous species” or “allochthonous species” or “exotic species” or “alien species” or “non-native species”,
- "environmental DNA" or “eDNA” or “e-DNA” or “metabarcoding”.

Το τελευταίο σύνολο όρων (σχετικό με το eDNA) αφορά μόνο στον τίτλο, την περίληψη και τις λέξεις-κλειδιά κατά τη χρήση της αναζήτησης ES, προκειμένου να αποκλειστούν μη σχετικά ευρήματα. Επιπλέον, η αναζήτηση αφορούσε μόνο εργασίες που δημοσιεύθηκαν από το 2000 μέχρι το 2021 (Ημερομηνία αναζήτησης: 29/05/2022).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η μηχανή ES έδωσε 238 αποτελέσματα και η WOS έδωσε 16, ωστόσο μετά τη διαγραφή των διπλότυπων εγγραφών διατηρήθηκαν μόνο 243 άρθρα (Εικ. 1). Έπειτα από τη διαδικασία ελέγχου και επιλογής καταλήξαμε σε εννιά άρθρα τα οποία χρησιμοποιήσαν την τεχνική του eDNA για να ανιχνεύσουν ξενικά είδη στην Μεσόγειο (Πίνακας Ι). Επιπλέον, προστέθηκαν δύο εργασίες οι οποίες δεν αποδόθηκαν από τις παραπάνω μηχανές αναζήτησης, αυτές των Bariche *et al.* (2020) και των Elsaeed *et al*. (2021). Συνολικά 11 άρθρα βρέθηκαν να εφαρμόζουν την ανάλυση περιβαλλοντικού DNA σε δείγματα από την περιοχή της Μεσογείου στα οποία ανιχνεύθηκαν αλλόχθονα είδη (Πίνακας Ι). Οι εργασίες αφορούσαν δείγματα τα οποία προέρχονταν από την Κρήτη (Ηράκλειο), τις Κροατικές ακτές της Αδριατικής, τον κόλπο Νάπολης, τις μεσογειακές ακτές της Γαλλίας (λιμνοθάλασσα Canet-Saint-Nazaire), από την Κύπρο και την ανατολική Μεσόγειο (Αίγυπτος και Ισραήλ). Επιπλέον, η πλειονότητα εστίαζε σε δείγματα νερού, ενώ οι αναλύσεις στόχευαν σε υπολείμματα γενετικού υλικού.




**Εικόνα 1. Αριθμός εργασιών ανά χρονιά οι οποίες πληρούσαν τα κριτήρια των αναζητήσεων για τη συστηματική ανασκόπηση ανάλυσης eDNA για την ανίχνευση ξενικών θαλάσσιων ειδών στη Μεσόγειο.**
**Figure 1. Number of studies per year that met the criteria of our query for the systematic review of eDNA use for the detection of non-indigenous marine species across the Mediterranean Sea.**

Η πιο ευρέως αλληλουχούμενη περιοχή απομονωμένου γενετικού υλικού ήταν το μιτοχονδριακό γονίδιο για την υπομονάδα 1 της οξειδάσης του κυτοχρώματος c (COI), χρησιμοποιώντας το σετ εκκινητών Leray-XT (Leray *et al.* 2013), οι οποίοι στοχεύουν σε ένα εύρος ευκαρυωτικών οργανισμών και μεταζώων. Αυτοί οι εκκινητές χρησιμοποιήθηκαν στις εργασίες των Stefanni *et al.* (2018), Bariche *et al.* (2020), Obst *et al.* (2020), Schroeder *et al.* (2020) και Suarez-Menendez *et al.* (2020), σε συμφωνία με τους Zangaro *et al.* (2021) και τους Duarrte *et al.* (2021). Επιπλέον, στα αποτελέσματα μας βρέθηκαν εργασίες στις οποίες, εκτός από εκκινητές για την ενίσχυση του COI, χρησιμοποιήθηκε ποικιλία εκκινητών, ειδικοί για συγκεκριμένα είδη όπως το *Brachidontes pharaonis*) (Mohammed-Geba *et al.* 2020), ή για συγκεκριμένες ομάδες οργανισμών όπως το γένος *Pseudo-nitzschia* (Ruggiero *et al.* 2015). Ωστόσο, παρά την ύπαρξη πλήθους διαθέσιμων εκκινητών, ο πιο σημαντικός περιορισμός που τίθεται για την οριζόντια εφαρμογή του eDNA παραμένει η απουσία αλληλουχιών ή η ατελής και μη εξακριβωμένη καταγραφή αλληλουχιών για το σύνολο των ξενικών ειδών σε βάσεις αναφοράς (Duarrte *et al.* 2021). Στις παρακάτω εργασίες παρατηρήθηκε πλήθος ειδών στα διάφορα δείγμα, αυξάνοντας την ικανότητα ανίχνευσης σπάνιων ή δύσκολα αναγνωρίσιμων ειδων και επιβεβαιώνοντας πως η τεχνική eDNA θα πρέπει να χρησιμοποιείται στη βιοπαρακολούθηση θαλάσσιων ειδών στη Μεσόγειο.

**Πίνακας Ι. Λίστα εργασιών οι οποίες χρησιμοποίησαν την ανάλυση eDNA για την ανίχνευση ξενικών θαλάσσιων ειδών στη Μεσόγειο, η περιοχή λήψης των δειγμάτων και ο τύπος του δείγματος.**
**Table I: List of studies that used the eDNA analysis to detect non-indigenous marine species across the Mediterranean Sea, indicating the region of sample collection and the sample type.**

| Συγγραφείς (Χρονιά) | Τίτλος | Περιοχή | Τύπος δείγματος |
|---|---|---|---|
| Ruggiero *et al.* (2015) | Diversity and temporal pattern of *Pseudo-nitzschia* species (Bacillariophyceae) through the molecular lens | Κόλπος της Νάπολης, Ιταλία | Νερό |
| Stefanni *et al.* (2018) | Multi-marker metabarcoding approach to study mesozooplankton at basin scale | Βορειοδυτική Αδριατική Θάλασσα | Νερό |
| Bariche *et al.* (2020) | New Alien Mediterranean Biodiversity Records (March 2020) | Ηράκλειο, Ελλάδα | Προσκολλημένη βενθική κοινότητα |
| Mohammed-Geba *et al.* (2020) | Molecular and morphological signatures for extreme environmental adaptability of the invasive mussel *Brachidontes pharaonis* (Fischer, 1870) | Βορειοανατολική Αίγυπτος | Νερό |
| Obst *et al.* (2020) | A Marine Biodiversity Observation Network for Genetic Monitoring of Hard-Bottom Communities (ARMS-MBON) | Ηράκλειο, Ελλάδα | Μίγμα κλασμάτων βενθικής κοινότητας |
| Schroeder *et al.* (2020) | DNA metabarcoding and morphological analysis - Assessment of zooplankton biodiversity in transitional waters | Βενετία, Ιταλία | Νερό |

| | | | |
|---|---|---|---|
| Suarez-Menendez *et al.* (2020) | Early Alert of Biological Risk in a Coastal Lagoon Through eDNA Metabarcoding | Canet-Saint Nazair, Γαλλία | Νερό |
| Di Capua *et al.* (2021) | Metazoan diversity and seasonality through eDNA metabarcoding at a Mediterranean long-term ecological research site | Κόλπος της Νάπολης, Ιταλία | Νερό |
| Elsaeed *et al.* (2021) | Bacterial Taxa Migrating from the Mediterranean Sea into the Red Sea Revealed a Higher Prevalence of Anti-Lessepsian Migrations | Νοτιοανατολική Μεσόγειος, Αίγυπτος | Νερό |
| Wesselmann *et al.* (2021) | Seagrass (*Halophila stipulacea*) invasion enhances carbon sequestration in the Mediterranean Sea | Ανατολική Κρήτη, Ελλάδα και Λεμεσός, Κύπρος | Ίζημα |
| Lin *et al.* (2021) | Plankton diversity in Anthropocene: Shipping vs. aquaculture along the eastern Adriatic coast assessed through DNA metabarcoding | Αδριατική Θάλασσα | Νερό |

Γενικότερα, ο αριθμός των εργασιών που απάντησαν στο ερώτημα μας ήταν μικρός και αυτές περιορίστηκαν στην κεντρική και ανατολική Μεσόγειο. Ωστόσο, λόγω των περιορισμών που θέτουν οι παραδοσιακές μέθοδοι για την ανίχνευση των ξενικών ειδών (Katsanevakis *et al.* 2012) και του αυξημένου ρυθμού εισαγωγής νέων ειδών στη Μεσόγειο (Zenetos *et al.* 2017; Bariche *et al.* 2020), καθίσταται προφανές πως η συνδυαστική χρήση των μεθόδων θα μπορούσε να ενισχύσει την άμεση ανταπόκριση σε οποιαδήποτε εισαγωγή ή μεταβολή ξενικού πληθυσμού (Stefanni *et al.* 2022; Duarrte *et al.* 2021) ή να μας βοηθήσει να κατανοήσουμε πρότυπα βιοποικιλότητας μη ανιχνεύσιμα μέχρι τώρα (Boulanger *et al.* 2021; Elsaeed *et al.* 2021).

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε το Ε. Π. Αλιείας και Θάλασσας 2014-2020 και το έργο «Παρακολούθηση και έλεγχος των χωροκατακτητικών ξενικών ειδών στην Ελλάδα με καινοτόμες τεχνικές υπό τις παρούσες και μελλοντικές κλιματικές συνθήκες» με κωδικό ΟΠΣ 5049543.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bariche, M., Al-Mabruk, S., Ates, M., Büyük, A. D. N. A. N., Crocetta, F., Dritsas, M., ... & Zangaro, F. (2020). New alien Mediterranean biodiversity records (March 2020). *Mediterranean Marine Science*, *21*(1).

Boulanger, E., Loiseau, N., Valentini, A., Arnal, V., Boissery, P., Dejean, T., ... & Mouillot, D. (2021). Environmental DNA metabarcoding reveals and unpacks a biodiversity conservation paradox in Mediterranean marine reserves. *Proceedings of the Royal Society B*, *288*(1949), 20210112.

Coll, M., Piroddi, C., Steenbeek, J., Kaschner, K., Ben Rais Lasram, F., Aguzzi, J., Ballesteros, E., …. & Voultsiadou, E. (2010). The biodiversity of the Mediterranean Sea: Estimates, patterns, and threats. *PlosOne*, *e11842*.

Deiner, K., Bik, H. M., Mächler, E., Seymour, M., Lacoursière-Roussel, A., Altermatt, F., ... & Bernatchez, L. (2017). Environmental DNA metabarcoding: Transforming how we survey animal and plant communities. *Molecular ecology*, *26*(21), 5872-5895.

Di Capua, I., Piredda, R., Mazzocchi, M. G., & Zingone, A. (2021). Metazoan diversity and seasonality through eDNA metabarcoding at a Mediterranean long-term ecological research site. *ICES Journal of Marine Science*, *78*(9), 3303-3316.

Duarte, S., Vieira, P. E., Lavrador, A. S., & Costa, F. O. (2021). Status and prospects of marine NIS detection and monitoring through (e) DNA metabarcoding. *Science of the Total Environment*, *751*, 141729.

Elsaeed, E., Fahmy, N., Hanora, A., & Enany, S. (2021). Bacterial Taxa Migrating from the Mediterranean Sea into the Red Sea Revealed a Higher Prevalence of Anti-Lessepsian Migrations. *OMICS: A Journal of Integrative Biology*, *25*(1), 60-71.

Essl, F., Bacher, S., Genovesi, P., Hulme, P. E., Jeschke, J. M., Katsanevakis, S., Kowarik, I., Kühn, I., Pyšek, P., Rabitsch, W., Schindler, S., van Kleunen, M., Vilà, M., Wilson, J. R. U., Richardson, D. M. (2018). Which taxa are alien? Criteria, applications, and uncertainties. *BioScience*, *68*, 496–509.

European Commission. (2020). EU Biodiversity Strategy for 2030. Bringing nature back into our lives. Brussels: Office for Official Publications of the European Communities.

Hebert, P. D., Cywinska, A., Ball, S. L., & DeWaard, J. R. (2003). Biological identifications through DNA barcodes. *Proceedings of the Royal Society of London. Series B: Biological Sciences*, *270*(1512), 313-321.
Katsanevakis, S., Weber, A., Pipitone, C., Leopold, M., Cronin, M., Scheidat, M., ... & Vöge, S. (2012). Monitoring marine populations and communities: methods dealing with imperfect detectability. *Aquatic Biology*, *16*(1), 31-52.
Leray, M., Yang, J.Y., Meyer, C.P., Mills, S.C., Agudelo, N., Ranwez, V., Boehm, J.T., Machida, R.J. (2013). A new versatile primer set targeting a short fragment of the mitochondrial COI region for metabarcoding metazoan diversity: application for characterizing coral reef fish gut contents. Frontiers in Zoology, 10, 34.
Lin, Y., Vidjak, O., Ezgeta-Balić, D., Varezić, D. B., Šegvić-Bubić, T., Stagličić, N., ... & Briski, E. (2022). Plankton diversity in Anthropocene: Shipping vs. aquaculture along the eastern Adriatic coast assessed through DNA metabarcoding. *Science of the Total Environment*, *807*, 151043.
MEA, 2005 (Millennium Ecosystem Assessment). Ecosystems and Human Wellbeing: Biodiversity Synthesis. World Resources Institute, Washington, DC, 86 pp.
Mohammed-Geba, K., Sheir, S. K., Hamed, E. A. E. A., & Galal-Khallaf, A. (2020). Molecular and morphological signatures for extreme environmental adaptability of the invasive mussel Brachidontes pharaonis (Fischer, 1870). *Molecular and cellular probes*, *53*, 101594.
Moher D, Liberati A et al (2010) Preferred reporting items for systematic reviews and meta-analyses: the PRISMA statement. Int J Surg 8(5):336–341.
Muha, T. P., Rodríguez-Rey, M., Rolla, M., & Tricarico, E. (2017). Using environmental DNA to improve species distribution models for freshwater invaders. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *5*, 158.
Obst, M., Exter, K., Allcock, A. L., Arvanitidis, C., Axberg, A., Bustamante, M., ... & Pavloudi, C. (2020). A marine biodiversity observation network for genetic monitoring of hard-bottom communities (ARMS-MBON). *Frontiers in Marine Science*, *7*, 572680.
Ruggiero, M. V., Sarno, D., Barra, L., Kooistra, W. H., Montresor, M., & Zingone, A. (2015). Diversity and temporal pattern of Pseudo-nitzschia species (Bacillariophyceae) through the molecular lens. *Harmful Algae*, *42*, 15-24.
Schroeder, A., Stanković, D., Pallavicini, A., Gionechetti, F., Pansera, M., & Camatti, E. (2020). DNA metabarcoding and morphological analysis-Assessment of zooplankton biodiversity in transitional waters. *Marine Environmental Research*, *160*, 104946.
Stefanni, S., Mirimin, L., Stanković, D., Chatzievangelou, D., Bongiorni, L., Marini, S., ... & Aguzzi, J. (2022). Framing Cutting-Edge Integrative Deep-Sea Biodiversity Monitoring via Environmental DNA and Optoacoustic Augmented Infrastructures.
Stefanni, S., Stanković, D., Borme, D., de Olazabal, A., Juretić, T., Pallavicini, A., & Tirelli, V. (2018). Multi-marker metabarcoding approach to study mesozooplankton at basin scale. *Scientific Reports*, *8*(1), 1-13.
Suarez-Menendez, M., Planes, S., Garcia-Vazquez, E., & Ardura, A. (2020). Early alert of biological risk in a coastal lagoon through eDNA metabarcoding. *Frontiers in Ecology and Evolution*, *8*, 9.
Taberlet, P., Coissac, E., Pompanon, F., Brochmann, C., & Willerslev, E. (2012). Towards next-generation biodiversity assessment using DNA metabarcoding. *Molecular Ecology*, *21*, 2045–2050.
Thomsen, P. F., Kielgast, J., Iversen, L. L., Møller, P. R., Rasmussen, M., & Willerslev, E. (2012). Detection of a diverse marine fish fauna using environmental DNA from seawater samples. *PLoS ONE, 7(8), e41732.*
Wesselmann, M., Geraldi, N. R., Duarte, C. M., Garcia-Orellana, J., Díaz-Rúa, R., Arias-Ortiz, A., ... & Marbà, N. (2021). Seagrass (Halophila stipulacea) invasion enhances carbon sequestration in the Mediterranean Sea. *Global Change Biology*, *27*(11), 2592-2607.
Yu, D. W., Ji, Y., Emerson, B. C., Wang, X., Ye, C., Yang, C., & Ding, Z. (2012). Biodiversity soup: metabarcoding of arthropods for rapid biodiversity assessment and biomonitoring. *Methods in Ecology and Evolution*, *3*(4), 613-623.
Zenetos, A., *et al.* (2017). Uncertainties and validation of alien species catalogues: The Mediterranean as an example. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, *191*, 171–187.
Zenetos, A., *et al.*, (2018). Deep cleaning of alien and cryptogenic species records in the Greek Seas (2018 update). *Management of Biological Invasions*, *9*(3), 209-226.

# Βιολογικά χαρακτηριστικά και κατανομή της *Raja clavata* στο Βόρειο Αιγαίο

**Παναγιώτα Ξανθοπούλου[1,2], Χρυσούλα Γκουμπίλη[1], Κωνσταντίνος Τουλούμης[1], Αγγελική Αδαμίδου[1], Γεώργιος Α. Ορφανίδης[1], Αθανάσιος Ευαγγελόπουλος[1], Ιωάννης Ε. Μπατζάκας[2], Νικόλαος Καμίδης[1], Εμμανουήλ Κουτράκης[1]**

[1] ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ – Ινστιτούτο Αλιευτικής Ερευνας, 64007 Ν. Πέραμος, Καβάλα – e-mails: xanthopop@inale.gr; c.gubili@inale.gr; touloumisk@inale.gr; adamidou@inale.gr; gorfanid@gmail.com; a.evangelopoulos@inale.gr; nikkami@inale.gr; manosk@inale.gr.
[2] Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Τμήμα Ωκεανογραφίας και Θαλασσίων Βιοεπιστημών, 81100, Μυτιλήνη – e-mail: jbatzakas@marine.aegean.gr.

## ABSTRACT

**Panagiota Xanthopoulou, Chrysoula Gubili, Konstantinos Touloumis, Angeliki Adamidou, Georgios A. Orfanidis, Athanasios Evangelopoulos, Ioannis E. Batjakas, Nikolaos Kamidis, Emmanuil Koutrakis: Biological characteristics and species distribution of *Raja clavata* across the North Aegean Sea, Greece**

The purpose of this study was to assess biological and ecological aspects of *Raja clavata* across the North Aegean Sea (NAS), Greece from 2017 to 2021. Biological parameters such as length-weight and the length at 50% maturity ($L_{50}$), were estimated. Moreover, Generalized Additive Models were fitted to evaluate their effectiveness in predicting the species´ distribution across the NAS. Overall, females were larger than males and $L_{50}$ estimates were amongst the lowest in the Mediterranean Sea. *Raja clavata* exhibited a wide distribution covering homogeneously the NAS. Moreover, reproductive mature and immature individuals provoked statistically differences in their geographical and bathymetric distribution. These findings raise our knowledge of batoid life-history strategies and distribution in the NAS and could help develop effective national conservation and management plans.

**Keywords:** Elasmobranchs, MEDITS, GSA22, Eastern Mediterranean, SDMs

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Κατά τις τελευταίες δεκαετίες έχει παρατηρηθεί έντονη μείωση στις εκφορτώσεις ελασμοβραγχίων (FAO 2016). Η μείωση αυτή αποδίδεται κυρίως στην υπεραλίευση, στην υποβάθμιση των παράκτιων περιοχών και τη ρύπανση (Dulvy *et al*. 2021), καθώς τα αποθέματα ελασμοβραγχίων των δεν μπορούν εύκολα να ανακάμψουν λόγω των ιδιαίτερων χαρακτηριστικών τους (αργή ανάπτυξη, καθυστερημένη αναπαραγωγική ωρίμανση, παρατεταμένη περίοδος κύησης, χαμηλή γονιμότητα και σχετικά μεγάλο μέγεθος σώματος). Η γνώση σχετικά με τα βιολογικά χαρακτηριστικά των διαφόρων ειδών είναι απαραίτητη για την κατανόηση της επίδρασης των πιέσεων, αλλά και για τη εφαρμογή αποδοτικών μέτρων προστασίας και διαχείρισης των πληθυσμών (Cashion et al., 2019; Geraci et al., 2021). Συγκεκριμένα, οι σχέσεις μήκους-βάρους και το μήκος κατά το οποίο το 50% του πληθυσμού έχει φτάσει στην αναπαραγωγική ωριμότητα, αποτελούν χρήσιμες παραμέτρους κατά την εκτίμηση αποθεμάτων και την θέσπιση περιορισμών ελάχιστου μεγέθους αλιεύματων (Caddy & Mahon 1995; Froese 2006).

Ωστόσο, για το σχεδιασμό αποδοτικών πλάνων διαχείρισης και προστασίας των πληθυσμών είναι απαραίτητη η κατανόηση των προτύπων κατανομής των ειδών στο χώρο, ιδιαίτερα για τον σχεδιασμό προστατευόμενων περιοχών (Cashion *et al*. 2019). Τα μοντέλα κατανομής μεμονωμένων ειδών (Species Distribution Models; SDMs) συσχετίζουν δεδομένα κατανομής από γνωστές τοποθεσίες με περιβαλλοντικές ή/και χωρικές παραμέτρους και μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία προβλέψεων ως προς μια γεωγραφική περιοχή (Elith & Leathwick 2009). Τα SDMs έχουν εφαρμοστεί για κοινά και εμπορικά σημαντικά είδη, ωστόσο, η χρήση τους σε είδη με χαμηλή αφθονία και περιορισμένη κατανομή αποτελεί πρόκληση (Breiner et al. 2018).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι ο υπολογισμός χρήσιμων βιολογικών παραμέτρων για την κατανόηση των αποθεμάτων του είδους *R. clavata* και η μελέτη της κατανομής τους στο Βόρειο Αιγαίο.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δεδομένα συλλέχθηκαν στο πλαίσιο του «Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων» και της «Διεθνούς Έρευνας με Τράτα Βυθού στη Μεσόγειο (*MEDITS*)» για το Βόρειο Αιγαίο, καθώς και από δειγματοληψίες με είδη στόχους βάτους από εμπορικούς αλιείς από το 2017 έως το 2021. Οι

βιολογικές παράμετροι που καταγράφηκαν για κάθε άτομο περιλαμβάνουν το ολικό μήκος (TL), το ολικό βάρος (TW), το φύλο και το στάδιο αναπαραγωγικής ωριμότητας. Η σχέση μήκους-βάρους υπολογίστηκε με μοντέλα γραμμικής παλινδρόμησης (Linear Regression) στις λογαριθμημένες τιμές των μεταβλητών καταλήγοντας στη σχέση $TW= a\times TL^{b}$, όπου οι παράμετροι a και b για το σύνολο του δείγματος και για κάθε φύλο ξεχωριστά. Ο βαθμός συσχέτισης μεταξύ των μεταβλητών αποτυπώθηκε από το συντελεστή προσδιορισμού (Determination Coefficient) $R^2$ και με ανάλυση της συνδιακύμανσης (ANCOVA) εξετάστηκαν οι διαφορές μεταξύ των φύλων στην κλίση και την τομή. Το μήκος πρώτης γεννητικής ωρίμανσης ($L_{50}$) υπολογίστηκε με ανάλυση λογιστικής παλινδρόμησης (Logistic Regression): $P_m = 1 / (1+ e^{(-(\alpha+\beta\times TL))})$, όπου $P_m$ η πιθανότητα ένα άτομο να είναι αναπαραγωγικά ώριμο, α και β οι παράμετροι της λογιστικής εξίσωσης, ενώ το $L_{50}$ ισούται με -α/β. Διωνυμικά μοντέλα γενικευμένης γραμμικής παλινδρόμησης (Binomial Generalized Linear Models) χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των παραμέτρων α και β για κάθε φύλο, θέτωντας το φύλο ως παραγοντική μεταβλητή της εξίσωσης και η εκτίμηση της μέγιστης πιθανοφάνειας (Maximum Likelihood) χρησιμοποιήθηκε για τον υπολογισμό της διαφοράς των παραμέτρων α και β ανάμεσα στα φύλα.

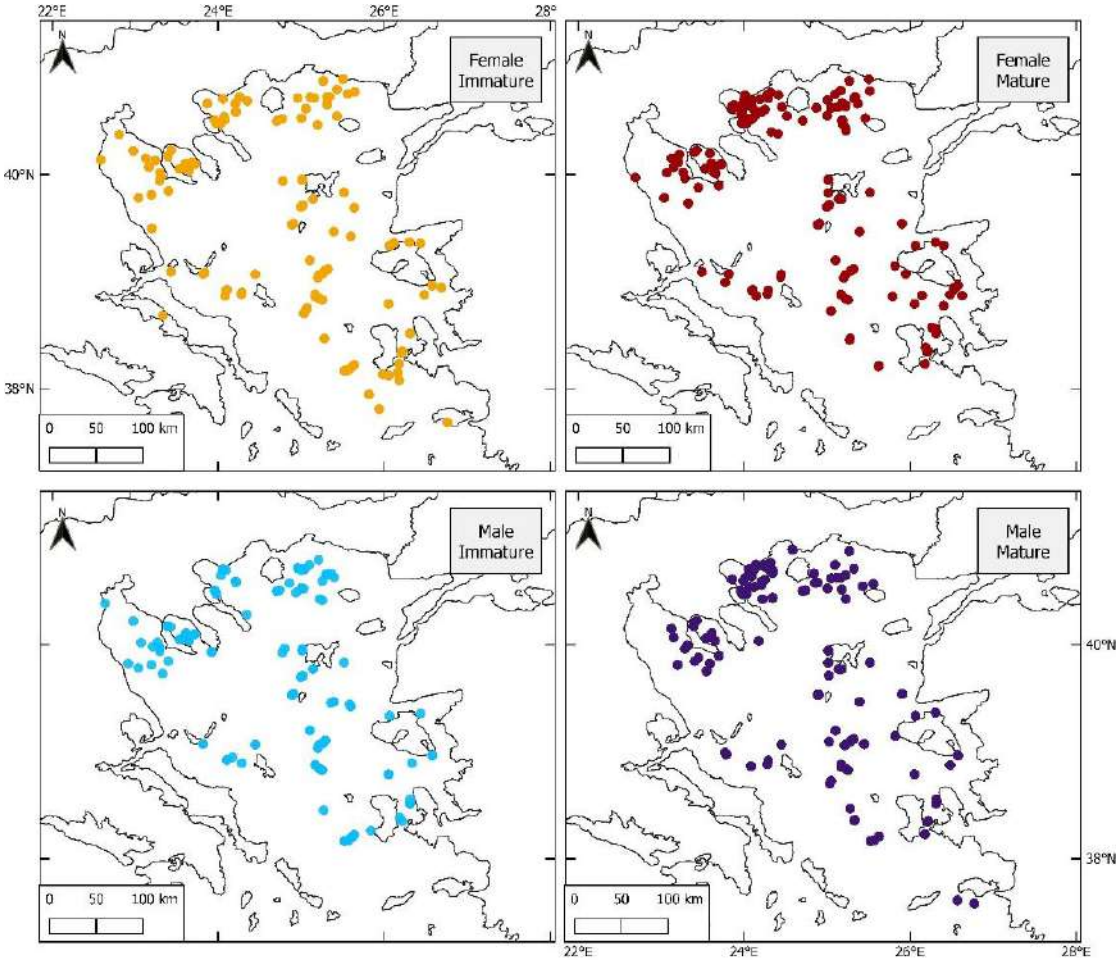
Επιπλέον, χρησιμοποιώντας τα δεδομένα του *MEDITS* αναλύθηκε η κατανομή του είδους στο βόρειο Αιγαίο με τη χρήση Γενικευμένων Προσθετικών Μοντέλων (Generalized Additive Models; GAM) και προσπαθήσαμε να ανιχνεύσουμε πιθανές διαφορές σε αυτήν ανάμεσα στα φύλα ή μεταξύ αναπαραγωγικά ώριμων και ανώριμων ατόμων. Ως μεταβλητές χρησιμοποιήθηκαν η γεωγραφική θέση (γεωγραφικό μήκος και πλάτος), το βάθος, το φύλο και η αναπαραγωγική ικανότητα (ώριμο/ανώριμο), καταλήγοντας στην παρακάτω φόρμουλα:

N~ s(λ, φ) + s(Βάθος) + s(λ, φ, by= x) + s(βάθος, by= x) + as.factor(x) + as.factor(Χρονιά) + offset (Επιφάνεια Σάρωσης),

όπου s μια συνάρτηση εξομάλυνσης, το λ συμβολίζει το γεωγραφικό πλάτος, το φ το γεωγραφικό μήκος, το x την κατηγορική μεταβλητή (φύλο ή αναπαραγωγική ωριμότητα) και η επιφάνεια σάρωσης αφορά στην επιφάνεια που σαρώνει η τράτα σε κάθε καλάδα. Επιπρόσθετα, η αρνητική διωνυμική οικογένεια (negative binomial) κατανομών χρησιμοποιήθηκε για την εφαρμογή του μοντέλου. Το επίπεδο σημαντικότητας τέθηκε στο 0.05, τα σημεία δειγματοληψίας χαρτογραφήθηκαν στο QGIS 3.14 (https://www.qgis.org), όλες οι αναλύσεις διενεργήθηκαν στην R 4.1 (https://cran.r-project.org), και οι εικόνες τροποποιήθηκαν στο Inkscape 1.1 (https://inkscape.org/).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά βρέθηκαν 1318 άτομα *R. clavata* τα οποία κατανεμήθηκαν σε όλο το Β. Αιγαίο εκτός από την περιοχή της τάφρου του Β. Αιγαίου στην οποία δεν διενεργήθηκαν δειγματοληψίες (Εικόνα 1). Από τα 1318 δείγματα, 798 συλλέχθηκαν από το Εθνικό Πρόγραμμα Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων, 488 από το *MEDITS και 82 από ανεξάρτητες δειγματοληψίες από εμπορικούς ψαράδες. Η σχέση μήκους βάρους υπολογίστηκε ως* $TW=0.0019xTL^{3.30}$ (Adj. $R^2$=0.96) για το σύνολο του δείγματος, ωστόσο υπήρχε στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ αρσενικών και θηλυκών καταλήγοντας στις σχέσεις $TW=0.0013xTL^{3.40}$ (Adj. $R^2$=0.96) για θηλυκά και $TW=0.0031xTL^{3.16}$ (Adj. $R^2$=0.95) για αρσενικά. Σε σχέση με τις υπόλοιπες περιοχές της Μεσογείου δεν παρατηρήθηκε κάποιο πρότυπο στις τιμές των a και b, ωστόσο το b ήταν πάντα μεγαλύτερο του 3 (θετική αλλομετρία) και το b των αρσενικών ήταν μικρότερο αυτού των θηλυκών υποδηλώνοντας πως η μάζα των θηλυκών αυξάνεται γρηγορότερα σε σχέση με το μήκος (Krstulovic Šifner et al. 2009; Ramırez-Amaro et al. 2015; Geraci et al. 2021). Τα $L_{50}$ υπολογίστηκαν ως 53.2 εκ. ($R^2$= 0,87) για τα θηλυκά και 49.0 εκ. ($R^2$=0,86) για τα αρσενικά, τιμές μικρότερες από αυτές που έχουν παρατηρηθεί τόσο στη Μεσόγειο (Krstulovic Šifner et al. 2009; Ramırez-Amaro et al. 2015; Geraci et al. 2021), όσο και στον Ατλαντικό ωκεανό (Serra-Pereira et al. 2011; McCully et al. 2012). Μεταβολές στα μήκη πρώτης γεννητικής ωριμότητας και σε βιολογικές παραμέτρους μπορούν να προκληθούν είτε από το ερευνητικό πλάνο ή/και μεθοδολογία, τη γεωγραφική κατανομή του δείγματος, ενώ συγκεκριμένα μείωση προκαλείται από ανθρωπογενείς πιέσεις, όπως η υπεραλίευση και η υποβάθμιση των οικοτόπων (Froese 2006; Lombardi-Carlson et al. 2003; Olsen eta l. 2004; Wheeler et al. 2020).



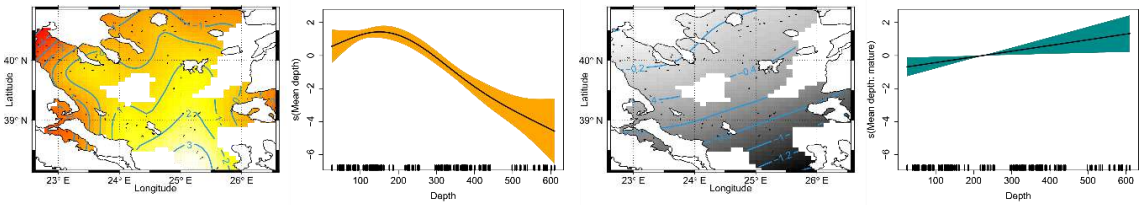

**Εικόνα 1. Χάρτες προέλευσης δειγμάτων *Raja clavata* από το Βόρειο Αιγαίο που συλλέχθηκαν μεταξύ 2017 και 2021, ανάλογα με το φύλο και την αναπαραγωγική ικανότητα.**
**Figure 1. Sampling location maps for *Raja clavata* specimens collected across the North Aegean Sea from 2017 to 2021, separated by sex and reproductive capacity.**

Από τα GAM μοντέλα για την κατανομή του είδους, το μοντέλο *Model_1* για το σύνολο του είδους εξήγησε το μεγαλύτερο ποσοστό της διακύμανσης της αφθονίας 70.3% (Πίνακας Ι). Από τα μοντέλα που προσπάθησαν να εκτιμήσουν την διαφορά της αφθονίας με βάση το φύλο και την ωριμότητα, μόνο η αναπαραγωγική ικανότητα έδωσε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των υπό εξέταση ομάδων. Σύμφωνα με τα γραφήματα μερικών επιπτώσεων (partial effects) για το Model_3 το οποίο περιλαμβάνει την επίδραση της αναπαραγωγικής ωριμότητας, είδαμε πως συνολικά για το είδος μεγαλύτερες αφθονίες παρατηρούνται στο κεντρικό Βόρειο Αιγαίο και φτάνουν ένα πλατό στα 200 μ. βάθος, σε συμφωνία με τους Gouraguine *et al*. (2011). Ως προς την απόλυτη διαφορά της αφθονίας των αναπαραγωγικά ώριμων και ανώριμων ατόμων, βρέθηκε πως αυξάνεται καθώς πηγαίνουμε νοτιότερα όπου συναντάμε περισσότερα ανώριμα. Παράλληλα, οδεύοντας προς τα μεγαλύτερα βάθη ανιχνεύθηκε αύξηση της διαφοράς με τα ώριμα άτομα να υπερτερούν των ανώριμων (Εικόνα 2). Παρόμοια συμπεριφορά έχει παρατηρηθεί στη Μεσόγειο ως προς το βάθος, το οποίο αναγνωρίζεται ως η πιο σημαντική περιβαλλοντική παράμετρος που επηρεάζει την κατανομή των ελασμοβραγχίων στη Μεσόγειο (Follesa et al. 2019). Στα δικά μας αποτελέσματα, τα αναπαραγωγικά ώριμα άτομα κυριαρχούσαν σε μεγαλύτερα βάθη (Εικόνα 2), σε συμφωνία με προηγούμενες εργασίες (Santos et al. 2021). Επιπλέον, πάρα το γεγονός ότι έχει παρατηρηθεί διαχωρισμός με βάση το φύλο (Rousset 1990), η αδυναμία ανακάλυψης τέτοιου προτύπου στα δικά μας δεδομένα ήταν αναμενόμενη καθώς το δείγμα συλλέχθηκε κατά την καλοκαιρινή περίοδο (Ιούνιο-Ιούλιο), συμπίπτοντας με την ακμή της αναπαραγωγικής περιόδου (Holden 1975).

**Πίνακας Ι. Γενικευμένα προσθετικά μοντέλα (GAMs) για την εκτίμηση της αφθονίας της *Raja clavata* στο Β. Αιγαίο χρησιμοποιώντας την τοποθεσία (γεωγραφικό μήκος και πλάτος), την χρονιά ή/και το φύλο (ή την αναπαραγωγική ικανότητα) ως μεταβλητές. Edfs: ενεργοί βαθμοί ελευθερίας; s(συνάρτηση εξομάλυνσης);DE: διασπορά που εξηγείται από το μοντέλο; *: p<0.05; **:0.01; ***: p<0.001; significance levels set at 0.05.**
**Table I. Generalized additive models (GAMs) of the *Raja clavata* abundance across the North Aegean Sea using location (longitude and latitude), depth, year and/or sex (or reproductive capability) as predictors. Edfs: effective degrees of freedom; s(smoother function);DE: deviance explained; *: p<0.05; **:0.01; ***: p<0.001; significance levels set at 0.05.**

| Model | intercept | Year | | | Sex (as factor) | Edfs | | | | DE |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 2019 | 2020 | 2021 | Male | s(longitude, latitude) | s(depth) | s(longitude, latitude)* male or mature (=1) | s(depth)* male or mature (=1) | |
| *Null* | 3.3335*** | | | | | | | | | <0.001 % |
| *Model_1* | 2.0199*** | -0.1812 | 0.2386 | 0.3466 | | 17.445*** | 4.836*** | | | 70.3% |
| ***Sex*** | | | | | | | | | | |
| *Model_2* | 1.3196*** | -0.1888 | 0.2202 | 0.3228 | 0 | 19.423*** | 3.399*** | 2.000 | 2.000 | 63.5% |
| ***Maturity*** | | | | | | | | | | |
| *Model_3* | 1.4969*** | -0.1274 | 0.2650 | 0.3998* | 0 | 18.950*** | 3.358*** | 3.944** | 1.001* | 63.1% |

Τα αποτελέσματα αυτής της εργασίας αποτελούν μια πρώτη συνδυαστική προσέγγιση της βιολογίας και της κατανομής του είδους *R. clavata* στο Β. Αιγαίο. Η λεπτομερής γνώση για την κατάσταση των αποθεμάτων κρίνεται απαραίτητη για την αειφόρο διαχείριση τους και τη θέσπιση κανόνων προστασίας οι οποίοι ανταποκρίνονται στις ανάγκες του είδους. Αυτή η εργασία ανέδειξε πως τα αποθέματα στο Β. Αιγαίο υφίστανται πιέσεις με τον παγκόσμιο πληθυσμό να φθίνει σύμφωνα με την κόκκινη λίστα της IUCN, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη για το σχεδιασμό ολοκληρωμένων πλάνων διαχείρισης τόσο για τη *R. clavata* όσο και για σπανιότερα είδη βάτων τα οποία είναι λιγότερο μελετημένα.




**Εικόνα 2. Γραφήματα μερικών επιπτώσεων της γεωγραφικής θέσης και του βάθους στην αφθονία της *Raja clavata* στο Β. Αιγαίο, όπως προέκυψαν από γενικευμένα προσθετικά μοντέλα (αριστερά). Τα διαγράμματα για τη διαφορά μεταξύ αναπαραγωγικά ώριμων ατόμων εκφράζουν το πώς η συνάρτηση εξομάλυνσης για τα ώριμα άτομα διαφέρει από αυτήν που υπολογίστηκε για το σύνολο του δείγματος (δεξιά). Για τα γραφήματα θέσης τα ανοιχτότερα χρώματα δηλώνουν υψηλότερες τιμές και τα σκουρότερα χαμηλότερες, ενώ οι σκιασμένες περιοχές στα διαγράμματα του βάθος υποδηλώνουν τα 95% διαστήματα εμπιστοσύνης.**
**Figure 2. Partial effects of the geographical position and depth, estimated by generalized additive models, on the abundance of *Raja clavata* across the North Aegean Sea, Greece (left). The plots of the difference between gonadal mature and immature express how the smoother produced for mature specimens is different from the general one (right). For the position plots, lighter colors indicate higher predicted values; shaded areas on the depth plots are 95% confidence intervals.**

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**
Ευχαριστούμε το Εθνικό Πρόγραμμα Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων (ΕΠΣΑΔ) και το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων (ΥΠΑΑΤ) για την παραχώρηση των δεδομένων.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Breder, C. M., & Rosen, D. E. (1966). *Modes of reproduction in fishes*. New Jersey: T. F. H. Publications.

Breiner, F. T., Nobis, M. P., Bergamini, A., & Guisan, A. (2018). Optimizing ensembles of small models for predicting the distribution of species with few occurrences. *Methods in Ecology and Evolution*, *9*(4), 802–808. https://doi.org/10.1111/2041-210X.12957

Caddy, J. F., & Mahon, R. (1995). Reference point for fisheries management. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

Cashion, M. S., Bailly, N., & Pauly, D. (2019). Official catch data underrepresent shark and ray taxa caught in Mediterranean and Black Sea fisheries. *Marine Policy*, *105*, 1–9. https://doi.org/10.1016/j.marpol.2019.02.041

Dulvy, N. K., Pacoureau, N., Rigby, C. L., Pollom, R. A., Jabado, R. W., Ebert, D. A., Finucci, B., Pollock, C. M., Cheok, J., Derrick, D. H., Herman, K. B., Sherman, C. S., VanderWright, W. J., Lawson, J. M., Walls, R. H. L., Carlson, J. K., Charvet, P., Bineesh, K. K., Fernando, D., … Simpfendorfer, C. A. (2021). Overfishing drives over one-third of all sharks and rays toward a global extinction crisis. *Current Biology*, *31*(21), 4773-4787.e8. https://doi.org/10.1016/j.cub.2021.08.062

Elith, J., & Leathwick, J. R. (2009). Species distribution models: Ecological explanation and prediction across space and time. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics*, *40*, 677–697. https://doi.org/10.1146/annurev.ecolsys.110308.120159

Follesa, M. C. & Carbonara, P. (2019). Atlas of the maturity stages of Mediterranean fishery resources. *General Fisheries Commission for the Mediterranean. Studies and Reviews* **99**, I–259

Froese, R. (2006). Cube law, condition factor and weight-length relationships: History, meta-analysis and recommendations. *Journal of Applied Ichthyology*, *22*(4), 241–253. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2006.00805.x

Geraci, M. L., Ragonese, S., Scannella, D., Falsone, F., Gancitano, V., Mifsud, J., Gambin, M., Said, A., & Vitale, S. (2021). Batoid abundances, spatial distribution, and life history traits in the strait of sicily (Central mediterranean sea): Bridging a knowledge gap through three decades of survey. *Animals*, *11*(8). https://doi.org/10.3390/ani11082189

Gouraguine, A., Hidalgo, M., Moranta, J., Bailey, D. M., Ordines, F., Guijarro, B., Valls, M., Barberá, C., & De Mesa, A. (2011). Elasmobranch spatial segregation in the western Mediterranean. *Scientia Marina*, *75*(4), 653–664. https://doi.org/10.3989/scimar.2011.75n4653

Holden, M. J. (1975). The fecundity of *Raja clavata* in British waters. *ICES Journal of Marine Science*, *36*(2), 110-118.

Krstulović Šifner, S., Vrgoč, N., Dadić, V., Isajlović, I., Peharda, M., & Piccinetti, C. (2009). Long-term changes in distribution and demographic composition of thornback ray, Raja clavata, in the northern and central Adriatic Sea. *Journal of Applied Ichthyology*, *25*(SUPPL. 1), 40–46. https://doi.org/10.1111/j.1439-0426.2008.01204.x

Lombardi-Carlson, L. A., Cortés, E., Parsons, G. R., & Manire, C. A. (2003). Latitudinal variation in life-history traits of bonnethead sharks, Sphyrna tiburo, (Carcharhiniformes : Sphyrnidae) from the eastern Gulf of Mexico. *Marine and Freshwater Research*, *54*(7), 875–883. https://doi.org/10.1071/MF03023

McCully, S. R., Scott, F., & Ellis, J. R. (2012). Lengths at maturity and conversion factors for skates (Rajidae) around the British Isles, with an analysis of data in the literature. *ICES Journal of Marine Science*, *69*(10), 1812–1822. https://doi.org/10.1093/icesjms/fss150

Olsen, E. M., Heino, M., Lilly, G. R., Morgan, M. J., Brattey, J., Ernande, B., & Dieckmann, U. (2004). Maturation trends indicative of rapid evolution preceded the collapse of northern cod. *Nature*, *428*(6986), 932–935. https://doi.org/10.1038/NATURE02430

Ramírez-Amaro, S., Ordines, F., Terrasa, B., Esteban, A., García, C., Guijarro, B., & Massutí, E. (2016). Demersal chondrichthyans in the western Mediterranean: Assemblages and biological parameters of their main species. In *Marine and Freshwater Research* (Vol. 67, Issue 5, pp. 636–652). https://doi.org/10.1071/MF15093

Rousset, J. (1990). Population structure of thornback rays Raja clavata and their movements in the Bay of

Douarnenez. *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *70*(2), 261–268. https://doi.org/10.1017/S0025315400035384

Santos, R., Medeiros-Leal, W., Novoa-Pabon, A., Crespo, O., & Pinho, M. (2021). Biological Knowledge of Thornback Ray (*Raja clavata*) from the Azores: Improving Scientific Information for the Effectiveness of Species-Specific Management Measures. *Biology*, *10*(7), 676.

Serra-Pereira, B., Figueiredo, I., & Gordo, L. S. (2011). Maturation, fecundity, and spawning strategy of the thornback ray, Raja clavata: Do reproductive characteristics vary regionally? *Marine Biology*, *158*(10), 2187–2197. https://doi.org/10.1007/s00227-011-1723-6

Wheeler, C. R., Gervais, C. R., Johnson, M. S., Vance, S., Rosa, R., Mandelman, J. W., & Rummer, J. L. (2020). Anthropogenic stressors influence reproduction and development in elasmobranch fishes. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, *30*, 373–386. https://doi.org/10.1007/s11160-020-09604-0

# Φυλογενετική Κατάταξη του δίθυρου μαλάκιου *Solecurtus strigilatus* (σαμάρι) με τη χρήση 16S-rRNA

**Δημήτριος Πάφρας, Αθανάσιος Εξαδάκτυλος, Δημήτριος Βαφείδης, Γεώργιος Α. Γκάφας**
Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Οδός Φυτόκου, ΤΚ 38446, Βόλος, exadact@uth.gr, dvafidis@uth.gr, gkafas@uth.gr, dpafras@uth.gr

## ABSTRACT

**Dimitrios Pafras, Athanasios Exadactylos, Dimitrios Vafidis, Georgios A. Gkafas: The molecular classification of the bivalve Solecurtus strigilatus using the 16S-rRNA**

In the present study, the molecular classification of the marine bivalve *Solecurtus strigilatus* (Solecurtidae) was constructed using the region of 16S-rRNA as a molecular marker. Sequences of various bivalve species were used to create the phylogenetic correlations with respect to abiotic parameters such as morphology. The results showed that the *S. strigilatus* is placed as a monophyletic taxon with the most recent common ancestor of the bivalve species.

**Keywords:** phylogenetic analysis, bivalves, *Solecurtus strigilatus*, 16S-rRNA

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένα από τα μεγαλύτερα Φύλα, σε αριθμό ειδών, των Ασπόνδυλων αποτελούν τα δίθυρα με περισσότερα από 20.000 είδη να έχουν καταγραφεί μέχρι σήμερα (Γαληνού, Μητσουδη 2007) παγκοσμίως στη θάλασσα, στα γλυκά και στα υφάλμυρα νερά, στην οποία ανήκουν τα πιο γνωστά όστρακα όπως τα μύδια, τα κυδώνια, τα στρείδια, οι πίννες, τα χτένια κ.ά. (Βαρδαλά-Θεοδώρου, 2007). Στην Ελλάδα όπου χαρακτηρίζεται από ποικίλους τύπους βυθού (βραχώδεις και αμμώδεις) και με ακτογραμμή μήκους 17.000 χιλιόμετρα, εντοπίζονται περισσότερα από 300 καταγεγραμμένα είδη δίθυρων, τα οποία κατατάσσονται σε 65 οικογένειες, όπου ανάλογα τον οικότοπο τα Δίθυρα διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες: α) Σκαπτικά Δίθυρα, β) Δίθυρα με Βύσσο, γ) Προσκολλημένα-Ελεύθερα Δίθυρα, δ) Νεκτονικά Δίθυρα και ε) Διατρητικά Δίθυρα (Zenetos et al., 2005).

Παρόλα αυτά, αρκετά είδη δεν έχουν κατατεθειμένες αλληλουχίες στις παγκόσμιες βάσεις δεδομένων, με αποτέλεσμα η ταξινόμηση και η εξελικτική συσχέτιση μεταξύ των διθύρων να είναι ακόμη υπό διερεύνηση. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί το σαμάρι (*Solecurtus strigilatus*) όπου δεν υπάρχει καμία αναφορά στις παγκόσμιες ηλεκτρονικές βάσεις δεδομένων αποθετηρίων αλληλουχιών.

Στη παρούσα εργασία συλλέχθηκαν δείγματα του *S. strigilatus* από το Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο προκειμένου να αναλυθεί η κατάταξη του φυλογενετικά. Ο Ευβοϊκός κόλπος εκτείνεται μεταξύ των ανατολικών ακτών της Αττικοβοιωτίας και των δυτικών ακτών της Εύβοιας. Χωρίζεται σε βόρειο και νότιο Ευβοϊκό από τα στενά της Αυλίδας και του Ευρίπου (40 m πλάτος, 60 m μήκος και 8 m βάθος). Ο μοριακός δείκτης που χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή του φυλογενετικού δέντρου ήταν ο 16S-rRNA, για το λόγο ότι ήταν ο δείκτης με τις περισσότερες κατατεθειμένες αλληλουχίες στα δίθυρα.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η συλλογή των δειγμάτων του είδους *S. strigilatus* (σαμάρι) έγινε στο Νότιο Ευβοϊκό Κόλπο στην περιοχή Αμάρυνθος (38°23'03.8"N 23°53'24.7"E). Τα δείγματα συλλέχθηκαν σε βάθος που κυμαίνεται από 2 έως και 40 μέτρα από αυτόνομη και ελεύθερη κατάδυση και αποθηκεύτηκαν στο Εργαστήριο Ιχθυολογίας-Υδροβιολογίας του Τμ. Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος στους -20ºC μέχρι την ανάλυση τους.

Οι αλληλουχίες για τα είδη (Πίνακας 1) που χρησιμοποιήθηκαν για την κατασκευή του φυλογενετικού δεντρου ανακτήθηκαν από τη βάση ncbi (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/, 20 Μαιου 2022). Για την εξαγωγή του DNA ακολουθήθηκε το πρωτόκολλο της φαινόλης-χλωροφορμίου (Sambrook and Russel, 2006). Για την ενίσχυση του τμήματος του μιτοχονδριακού που κωδικοποιεί το γονιδίο 16S-rRNA (ρεφ) έγινε PCR με τα εξής βήματα: Αρχική Αποδιάταξη για 15’ στους 95ºC, 30 κύκλοι των 95ºC για 1’ Αποδιάταξη – 50ºC για 30’’

Υβριδοποίησης – 72ºC για 1' Επιμήκυνση, και τελικό στάδιο Επιμήκυνσης στους 72ºC για 15'. Έγινε έλεγχος των προϊόντων της PCR με ηλεκτροφόρηση σε πήκτωμα αγαρόζης 1,2% w/v, και στη συνέχεια αλληλουχήθηκε το προϊόν σε αυτόματο αλληλουχητή ABI3730.

Για τη συστοιχία των αλληλουχιών, χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα AliView (Larsson, A. 2014), και η κατασκευή του φυλογενετικού δέντρου έγινε με το πρόγραμμα MrBayes (Huelsenbeck, J.P., and F. Ronquist. 2001), με βάση τη μέθοδο Bayesian Inference και τις εξής παραμέτρους: 1,500,000 generations, burn-in 25% of generations). Το είδος *Mytilus edulis* χρησιμοποιήθηκε ως outgroup. Το φυλογενετικό δέντρο δημιουργήθηκε με το πρόγραμμα FigTree (http://tree.bio.ed.ac.uk/software/figtree/).

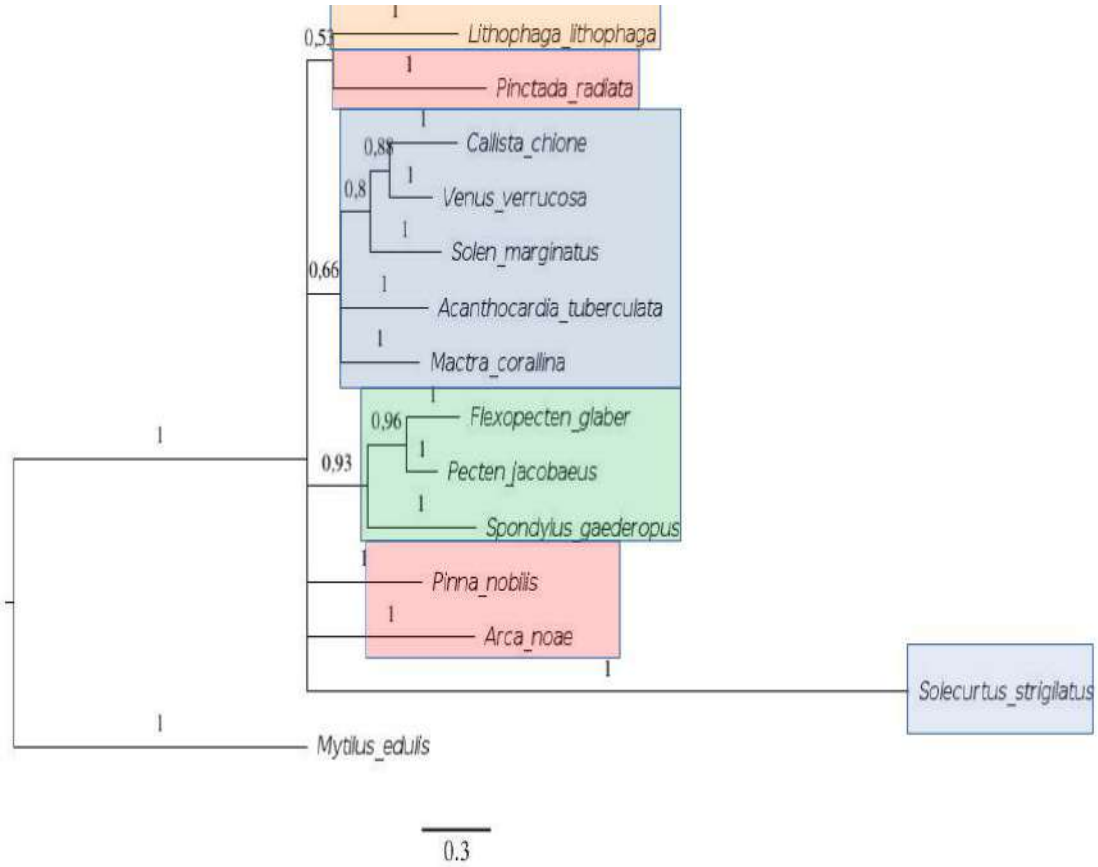
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το φυλογενετικό δέντρο των δίθυρων από την Bayesian ανάλυση (Εικόνα 1) που συγκροτήθηκε από 14 διαφορετικές αλληλουχίες του γονιδίου 16S-rRNA έδειξε ότι τα συμπεριλαμβανόμενα είδη συγκρότησαν 7 βασικές ομαδοποιήσεις. Ανάλογα με την οικολογία/μορφολογία τους τα Δίθυρα που έχουμε συλλέξει διακρίνονται στις ακόλουθες κατηγορίες: Σε σκαπτικά δίθυρα και αυτά με βύσσο (Πίνακας 1).

**Πίνακας 1. Είδη διθύρων που χρησιμοποιήθηκαν στην κατασκευή του φυλογενετικού δέντρου. N: Accession number**

**Table 1. Used Bivalve species for the phylogenetic tree constructon. N: accession number.**

| Είδος | Οικογένεια | Οικολογία | N |
|---|---|---|---|
| *Acanthocardia tuberculata* | Cardiidae | | KR422880 |
| *Solen marginatus* | Solenidae | | AJ548772 |
| *Solecurtus strigilatus* | Solecurtidae | Σκαπτικό | This study |
| *Callista chione* | Veneridae | | AJ548772 |
| *Venus verrucosa* | Veneridae | | KC429301 |
| *Arca noae* | Arcidae | | KX713192 |
| *Pinctada radiata* | Margaritidae | | AB214442 |
| *Mytilus edulis* | Mytilidae | | JF902159 |
| *Lithophaga lithophaga* | Mytilidae | Με βύσσο | JF496757 |
| *Pecten jacobaeus* | Pectinidae | | JQ611455 |
| *Flexopecten sp* | Pectinidae | | MH490816 |
| *Pinna nobilis* | Pinnidae | | KC811483 |
| *Spondylous gaederopus* | Spondylidae | | KR676345 |




**Εικόνα 1. Φυλογενετικό δέντρο διθύρων μαλάκων με τη χρήση 16S-rRNA. Μπλε χρώμα: Σκαπτικά, Πράσινο: Με βύσσο με μόνιμη θέση, Κόκκινο: Με βύσσο προσωρινής στερέωσης – Νεκτονικά, Πορτοκαλί: Με βύσσο προσωρινής στερέωσης – Διατρητικά.**
**Figure 1. Phylogenetic tree of bivale species using 16S-rRNA. Blue: Green: Permanent byssaly attached bivalves, Red: non-permanent byssaly attached Nectonic bivalves, Orange: non-permanent byssaly attached perforated bivalves.**

Τα δίθυρα των δειγμάτων μας που ανήκουν στα σκαπτικά είναι τα *Solen marginatus*, *Callista chione*, *Venus verrucosa*, Acanthocardia tuberculata, *Solecurtus strigilatus* και *Mactra corallina*. Με βάση το γενεαλογικό δέντρων τα σκαπτικά δίθυρα χωρίζονται σε δυο κλάδους. Στο ένα κλάδο ανήκουν τα είδη *C. Chione*, *V. Verrucosa*, *A. tuberculata* ομαδοποιούνται μαζί ως παραφυλετική ομάδα, ενώ το σαμάρι (*S. strigilatus*) ανήκει σε άλλο κλάδο και περιγράφεται ως μονοφυλετικό. Η οικογένεια Veneridae είναι μια μεγάλη ομάδα δίθυρων, σε μεγάλο βαθμό άλυτο φυλογενετικό ιστορικό και ασταθή ταξινόμηση παρά τις πρόσφατες μοριακές και μορφολογικές μελέτες (Chen et al., 2011). Από την άλλη, τα Δίθυρα με βύσσο, χωρίζονται σε α) αυτά που θα στερεωθούν με βύσσο και ζουν μόνιμα στη θέση αυτή, και β) σε αυτά που στερεώνονται με βύσσο προσωρινά σε κάποιο στάδιο της ανάπτυξής τους. Τα δίθυρα που ανήκουν στην πρώτη κατηγορία είναι *Pinctada radiata*, *Arca noae*, *Pinna nobilis* και το *Mytilus edulis*. Τα δίθυρα με μόνιμη θέση σύμφωνα με το γενεαλογικό δέντρο βλέπουμε ότι έχουν χωριστεί ως παραφυλετική ομάδα. Οι προσκολλημένες και ελεύθερες μορφές δίθυρων (προσκολλώνται σε σταθερό υπόστρωμα ή άλλο κέλυφος με τη μια θυρίδα ή μικρό τμήμα αυτής και συνήθως το σχήμα τους προσαρμόζεται με τη μορφή του υποστρώματος). Τα δίθυρα των δειγμάτων μας που ανήκει σε αυτή την κατηγορία είναι Βασιλικό στρείδι (*Spondylus gaederopus*). Το *S. gaederopus* είναι μορφή που ζει σήμερα προσκολλημένη σε βράχια σε μικρό βάθος. Άλλη μια κατηγορία είναι τα Νεκτονικά Δίθυρα (με

ικανότητα κολύμβησης). Τα δίθυρα των δειγμάτων μας που ανήκουν σε αυτή την κατηγορία είναι το *Pecten jacobaeus* και το *Flexopecten sp.*. Σύμφωνα με το γενεαλογικό δέντρο τα είδη ομαδοποιούνται στον ίδιο κλάδο. Στην τελευταία κατηγορία είναι τα διατρητικά δίθυρα (διατρυπούν σκληρά ασβεστολιθικά υποστρώματα ή πιο μαλακά ιζήματα). Το δίθυρο των δειγμάτων μας που ανήκει σε αυτή την κατηγορία είναι το *Lithophaga lithophaga*.

Συγκρίνοντας λοιπόν, παρόμοια μοτίβα από μελέτες που έχουν γίνει σε άλλα είδη δίθυρων, σε συνδυασμό και με τη σύγκριση της γενεαλογίας βάση μιτοχρονδιακών γονιδίων, μπορούμε να εξάγουμε και τα ανάλογα συμπεράσματα κάθε φορά, ελέγχοντας μια σειρά οικολογκών παραγόντων που μαρτυρούν πολλά σχετικά με την διατήρηση αλλά και τον έλεγχο των ειδών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Ωστόσο, γενικά η ταξινομία και η φυλογένειά των δίθυρων μαλάκιων παραμένουν ασαφείς ακόμη λόγω των διφορούμενων μορφολογικών και ανατομικών χαρακτήρων μεταξύ ορισμένων ταξινομικών ομάδων.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Bayne, B. L., J. Widdows and R. J. Thompson: Physiological integrations. In: Marine mussels, pp 261–299. Ed. by B. L. Bayne. Cambridge: Cambridge University Press 1976

Bagur, M., Richardson, C., Gutierrez, J., Arribas, L., Doldan, M. and Palomo, M., 2013. Age, growth and mortality in four populations of the boring bivalve Lithophaga patagonica from Argentina. pp.49-56.

Canapa, A., Schiaparelli, S., Marotta, I. and Barca, M., 2003. Molecular data from the 16S rRNA gene for the phylogeny of Veneridae (Mollusca: Bivalvia).

Colsoul, B., Boudry, P., Pérez-Parallé, M., Cetinić, A., Hugh-Jones, T., Arzul, I., Mérou, N., Wegner, K., Merk, V., Peter, C. and Pogoda, B., 2021. Sustainable large-scale production of European flat oyster (Ostrea edulis) seed for ecological restoration and aquaculture: a review.

Derbali, A., ELHASNI, K., Jarboui, O. and Ghorbel, M., 2012. Distribution, abundance and biological parameters of Cerastoderma glaucum (Mollusca: Bivalvia) along the Gabes coasts (Tunisia, Central Mediterranean).

Metaxatos A. (2004). Population dynamics of the venerid bivalve Callista chione in a coastal area of the eastern Mediterranean. Journal of Sea Research.

Morrow, L. and Yonge, C., 1964. Physiology of Mollusca.

MUTLU, E. and ERGEV, M., 2011. Distribution of soft-bottom mollusks (Mollusca) in Mersin Bay (eastern Mediterranean Sea).

# Αυτόματη ανάγνωση ηλικίας ωτολίθων του λυθρινιού (*Pagellus erythrinus*): Προκαταρκτικά αποτελέσματα

Δημήτρης Β. Πολιτικός[1,*], Γεώργιος Πετάσης[2], Αρχοντία Χατζησπύρου[1], Χρύση Μυτιληναίου[1], Αικατερίνη Αναστασοπούλου[1]

[1]Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, 16452, Αργυρούπολη, Ελλάδα – dimpolit@hcmr.gr; a.chatzispyrou@hcmr.gr; chryssi@hcmr.gr; kanast@hcmr.gr

[2]Ινστιτούτο Πληροφορικής και Τηλεπικοινωνιών, ΕΚΕΦΕ "ΔΗΜΟΚΡΙΤΟΣ" 60228, Αγία Παρασκευή, Ελλάδα - petasis@iit.demokritos.gr

## ABSTRACT

**Dimitris V. Politikos[1,*], Georgios Petasis[2], Archontia Chatzispyrou[1], Chryssi Mytilineou[1], Aikaterini Anastasopoulou[1]: Automatic age reading of red pandora (*Pagellus erythrinus)* otoliths: Preliminary results**

In this study, we used a deep learning approach to provide an automatic estimation of fish age from otolith images. To do so, we applied a Convolutional Neural Network (CNN) with transfer learning on a novel dataset of 1417 otolith images of Greek red pandora (*Pagellus erythrinus*). Preliminary results showed an accuracy in age estimates of 83% within a range of one year. CNN training needs to be improved to better distinguish the annuli in the otoliths of older individuals.The integration of the red pandora on the DeepOtolith platform (http://otoliths.ath.hcmr.gr/) is also discussed.

**Keywords:** Fish age; Convolutional Neural Networks; Otoliths

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

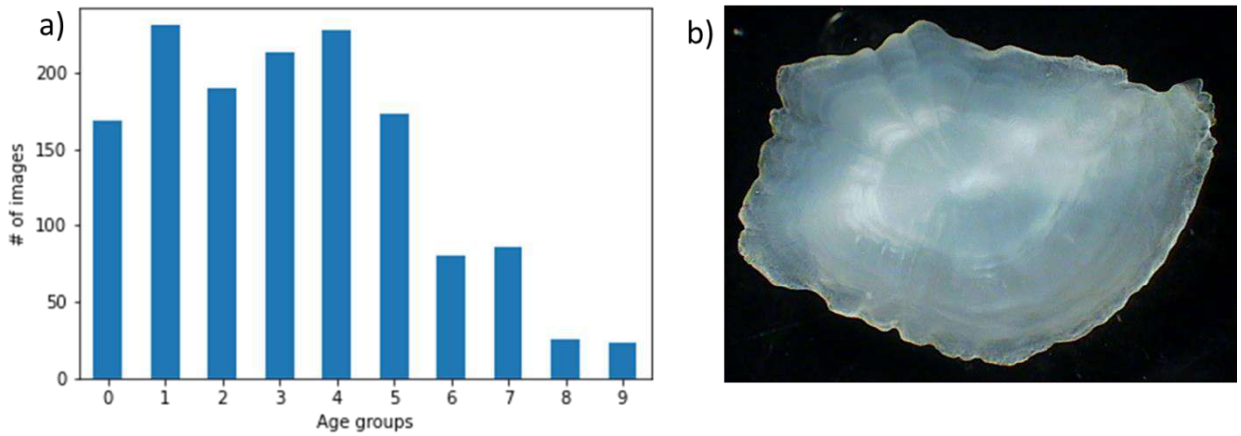
Η ανάγνωση της ηλικίας των ωτολιθών των ψαριών είναι ένας ερευνητικός τομέας υψηλής σημασίας στην επιστήμη της αλιείας, καθώς η γνώση της στρατολόγησης, της ανάπτυξης, της ωριμότητας, της φυσικής θνησιμότητας και της δημογραφικής δομής των ιχθυαποθεμάτων συνδέεται στενά με πληροφορίες σχετικά με την ηλικία (Carbonara & Follesa 2019; Vitale *et al.* 2019). Η εξαγωγή πληροφοριών για την ηλικία είναι, ωστόσο, χρονοβόρα, απαιτώντας από ειδικούς αναγνώστες να εξετάσουν ετήσιους σχηματισμούς δακτυλίων σε χιλιάδες ωτόλιθους. Έτσι, η ανάπτυξη αυτοματοποιημένων μεθόδων θα μπορούσε να διευκολύνει την ανάγνωση σε εργαστήρια αναγνώρισης ηλικίας ψαριών.

Οι τεχνικές βαθιάς μάθησης, και ιδιαίτερα τα Συνελικτικά Νευρωνικά Δίκτυα (ΣΝΔ), έχουν προταθεί όλο και περισσότερο, τα τελευταία χρόνια, για την αυτοματοποίηση της ανάγνωσης ηλικίας από εικόνες ωτολίθων (Moen *et al.* 2018; Moore *et al.* 2018; Ordonez *et al.* 2020; Politikos *et al*. 2021; Vabo *et al.* 2020). Η αποτελεσματικότητα των ΣΝΔ αποδίδεται στην ικανότητά τους να καταγράφουν τη χωρική αλληλεπίδραση μεταξύ γειτονικών pixel σε μια εικόνα, να εξάγουν σημαντικές πληροφορίες από τις εικόνες και να καθορίζουν ποια χαρακτηριστικά είναι πιο σημαντικά για τη διαφοροποίηση του περιεχομένου κάθε εικόνας (LeCun *et al.* 2015).

Σε αυτή τη μελέτη, προτείνουμε ένα Συνελικτικό Νευρωνικό Δίκτυο για την αυτόματη πρόβλεψη της ηλικίας των ψαριών από εικόνες ωτολίθων. Για να το επιτύχουμε, χρησιμοποιούμε ένα νέο σύνολο δεδομένων εικόνων ωτολίθων από το λυθρίνι *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758) από τον Ελλαδικό χώρο.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

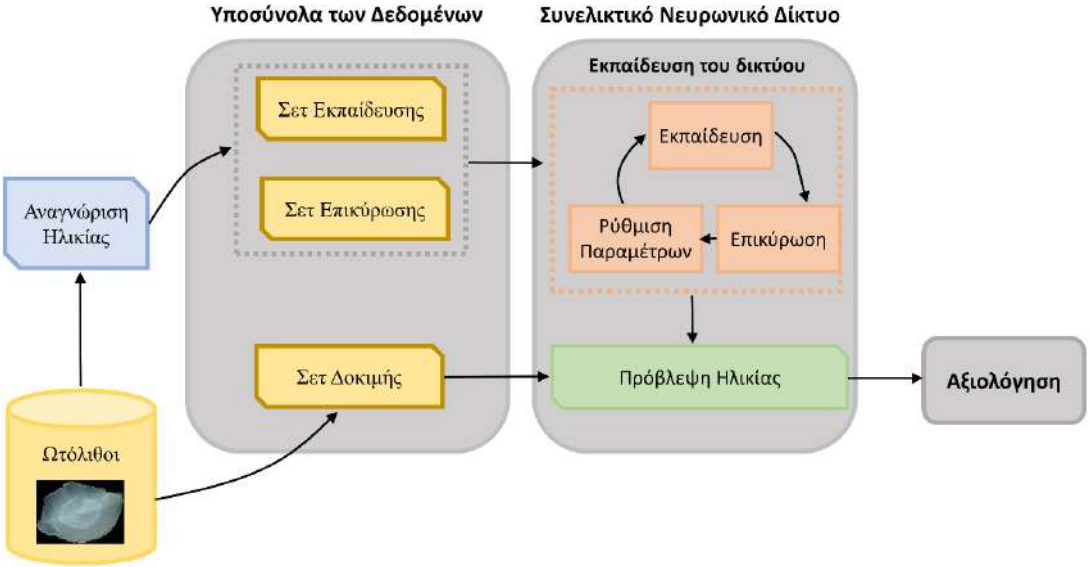
Το λυθρίνι *P. erythrinus* είναι ένα εμπορικό βενθοπελαγικό είδος, ένα από τα κύρια είδη-στόχους του εθνικού προγράμματος Ελληνικής Συλλογής Δεδομένων Αλιείας. Συστηματική ανάγνωση της ηλικίας των ωτολίθων του λυθρινιού διεξάγεται επίσης από ειδικούς αναγνώστες του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών και τα αποτελέσματα αποθηκεύονται σε μια βάση δεδομένων. Για την ανάλυσή μας, χρησιμοποιήσαμε 1417 εικόνες από ωτόλιθους διαφορετικών ατόμων. Η κατανομή της ηλικίας στο σύνολο των δεδομένων φαίνεται στην Εικόνα 1α. Σημειώνουμε ότι ψάρια με ηλικία > 9 ετών συγχωνεύτηκαν στην ηλικιακή ομάδα 9, λόγω του μικρού αριθμού εικόνων. Ένα δείγμα εικόνας ωτόλιθου φαίνεται στην Εικόνα 1β.




Εκόνα 1. α) Ηλικιακή κατανομή των ωτολίθων του λυθρινιού; β) Δείγμα εικόνας ωτόλιθου του λυθρινιού.
Figure 1. α) Age distribution of red pandora otoliths; b) Sample otolith image of red pandora.

Η αρχιτεκτονική Inceptionv3 CNN χρησιμοποιήθηκε σε αυτήν τη μελέτη (Szegedy *et al.* 2016) για την επεξεργασία των εικόνων μας και την ταξινόμηση των εικόνων ωτολίθων του λυθρινιού σε μία από τις 10 ηλικιακές κλάσεις (Ηλικία-0 έως Ηλικία-9; Εικ. 1). Το Inception v3 είναι μια αρχιτεκτονική αιχμής για ταξινόμηση εικόνων που έχει προεκπαιδευτεί στο ImageNet, ένα μεγάλο σύνολο δεδομένων με πάνω από ~1,2 εκατομμύρια εικόνες εκπαίδευσης και 1000 κατηγορίες αντικειμένων (Russakovsky *et al.* 2015). Η ροή εργασίας για την πρόβλεψη της ηλικίας του λιθρινιού φαίνεται στην Εικόνα 2. Πρώτον, το σύνολο δεδομένων χωρίστηκε σε ένα σετ εκπαίδευσης (training set), επικύρωσης (validation set) και αξιολόγησης (testing), που περιέχουν το 70%, το 15% και το 15% των εικόνων, αντίστοιχα. Το σύνολο επικύρωσης χρησιμοποιήθηκε για τον έλεγχο (και τον τερματισμό) της εκπαιδευτικής διαδικασίας, ενώ οι τελικές μετρήσεις απόδοσης εκτιμήθηκαν χρησιμοποιώντας το σετ αξιολόγησης . Η διαμόρφωση της εκπαιδευτικής διαδικασίας καθορίζεται από ένα σύνολο υπερπαραμέτρων. Το μέγεθος παρτίδας καθορίζει τον αριθμό των εικόνων που πρέπει να υποβληθούν σε επεξεργασία κάθε φορά κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης (ορίστηκε σε 16), ο ρυθμός εκμάθησης καθορίζει πόσο προσαρμόζουμε τα βάρη του δικτύου μας (ορίστηκε σε 0,004) και ο αριθμός των εποχών καθορίζει τον αριθμό των φορών που το σύνολο δεδομένων εκπαίδευσης μεταβιβάζεται προς τα εμπρός και προς τα πίσω μέσω του δικτύου για να τελειοποιηθούν τα βάρη του μοντέλου (ορίστηκε σε 200). Οι υπόλοιπες υπερπαράμετροι ορίστηκαν στις προεπιλεγμένες τους τιμές. Το Inception v3 υλοποιήθηκε χρησιμοποιώντας τα πακέτα Keras-Tensor Flow (Abadi *et al.* 2016) που υλοποιήθηκαν στην Python.

Για την αξιολόγηση της προγνωστικής απόδοσης του εκπαιδευμένου δικτύου στο σετ δοκιμών, συγκρίναμε τις προβλέψεις ηλικίας του Inception v3 CNN με εκτιμήσεις ηλικίας από αναγνώστες ωτολίθων.




**Εικόνα 2. Επισκόπηση ροής εργασίας που εφαρμόστηκε στις εικόνες ωτολίθων του λυθρινιού.**
**Figure 2. Overview of the workflow implemented on red pandora otolith imagery.**

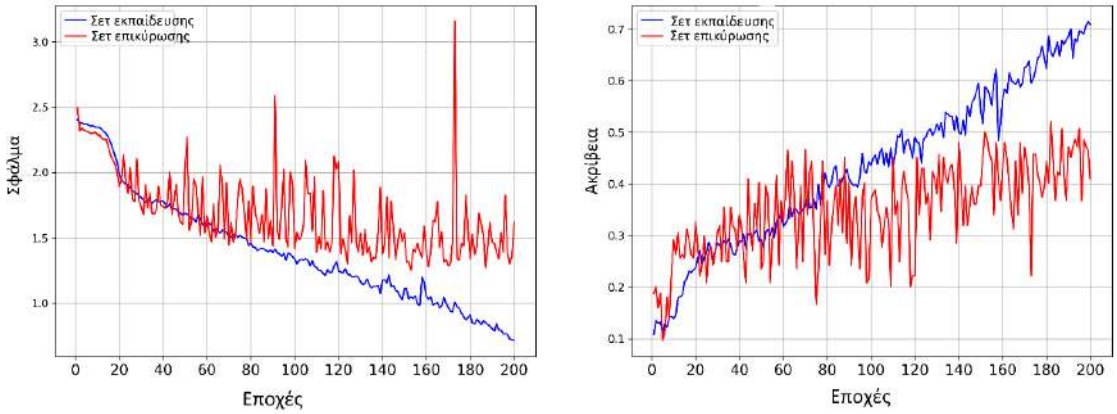
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η απόδοση του συνελικτικού δικτύου κατά τη διάρκεια της εκπαίδευσης σε σχέση με το σφάλμα και την ακρίβεια παρουσιάζεται στην Εικόνα 3. Το σφάλμα στην εκτίμηση της ηλικίας στο σετ εκπαίδευσης μειώθηκε σταδιακά κατά τη διάρκεια των 200 εποχών[1] σε μία ελάχιστη τιμή γύρω στο 0,22 (Εικόνα 3 αριστερά, μπλε γραμμή), ενώ στο σετ επικύρωσης, το σφάλμα ακολούθησε μια πτωτική τάση μέχρι την εποχή 150 σε ένα ελάχιστο ~1,3 και στη συνέχεια άρχισε ελαφρώς να παρουσιάζει διακυμάνσεις, υποδηλώνοντας σημάδια υπερπροαρμογής (Εικόνα 3 αριστερά, κόκκινη γραμμή). Η ακρίβεια έφτασε στο μέγιστο 0,7 (Εικόνα 3 δεξιά, μπλε γραμμή) στο σετ εκπαίδευσης, ενώ η ακρίβεια επικύρωσης έφτασε στο 0,5 (Εικ. 3 δεξιά, κόκκινη γραμμή).

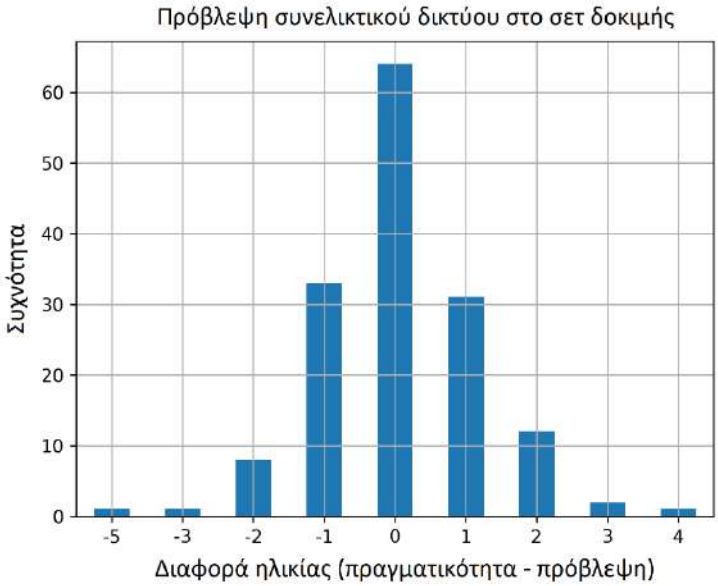
Στο σετ δοκιμών των 153 εικόνων ωτόλιθου, το συνελικτικό δίκτυο προέβλεψε σωστά την ηλικία 63 εικόνων (41,1 %), ενώ σε 127 από τις 153 εικόνες (83%) έδειξε διαφορά ενός έτους σε σύγκριση με την ηλικία που εκτιμήθηκε από τους ειδικούς (Εικ. 4). Ανά ηλικιακή κλάση, παρατηρούμε καλύτερη πρόβλεψη στις εικόνες που έχουν νεαρότερες ηλικίες και μείωση προβλεψιμότητας στις μεγαλύτερες ηλικίες (Ηλικία-0+ = 67%, Ηλικία-1+ = 57%, Ηλικία-2+ = 43%, Ηλικία-3+ =36%, Ηλικία-4+ = 38%, Ηλικία-5+ =17%, Ηλικία-6+ = 19%, Ηλικία-7+ = 20%, Ηλικία-8+ = 27%, Ηλικία-9+ =12%).

Η χαμηλή ακρίβεια στις μεγαλύτερες ηλικίες του λυθρινιού αποδίδεται στη δυσκολία του συνελικτικού δικτύου να εντοπίσει τους δακτυλίους οι οποίοι είναι πιο δυσδιάκριτοι σε σχέση με τα νεαρότερα ψάρια. Αυτό είναι σε γενική συμφωνία με τις εκτιμήσεις ηλικίας ψαριών από αναγνώστες σε workshops (ICES, 2017) δείχνοντας υψηλό συντελεστή διακύμανσης για τις μεγαλύτερες ηλικίες, αντικατοπτρίζοντας τη δυσκολία στη διάκριση τωνδακτυλίων σε άτομα μεγαλύτερης ηλικίας.

[1] Εποχές (epochs): Αριθμός φορών όπου το σετ εκπαίδευσης περνάει προς τα εμπρός και προς τα πίσω μέσα από το νευρωνικό δίκτυο ώστε να βελτιώσει τις τιμές των παραμέτρων του. Οι παράμετροι αυτές καθορίζουν το πόσο καλά εκπαιδεύτηκε το δίκτυο ώστε μετά να κάνει προβλέψεις.




**Εικόνα 3. Γραφήματα που εμφανίζουν το σφάλμα (αριστερά) και την ακρίβεια (δεξιά) των σετ εκπαίδευσης (μπλε γραμμές) και επικύρωσης (κόκκινες γραμμές) στις 200 εποχές.**
**Figure 3. Plots displaying the loss (left) and accuracy (right) of training (blue lines) and validation (red lines) subsets over 200 epochs.**




**Εικόνα 4. Ιστόγραμμα της διαφοράς ηλικίας: Πραγματική ηλικία – Προβλεπόμενη ηλικία (έτη) στο σετ δοκιμής (συνολικά 153 εικόνες).**
**Figure 4. Histogram of the age difference: Predicted age – True age (years) calculated in the testing set (in total 153 images).**

Σε αυτή την εργασία, χρησιμοποιήσαμε μία μεθοδολογία βαθιάς μάθησης για να επιτύχουμε την αυτόματη αναγνώριση ηλικίας του λυθρινιού. Τα πρώτα αποτελέσματα είναι ικανοποιητικά, όμως η βελτίωση της διαδικασίας εκπαίδευσης είναι απαραίτητη για την επίτευξη μεγαλύτερης ακρίβειας ειδικά στις μεγαλύτερες ηλικίες ψαριών. Η συλλογή περισσοτέρων ωτολίθων θα βοηθήσει επίσης στη κατεύθυνση αυτή. Τέλος, η προοπτική ενσωμάτωσης του εκπαιδευμένου δικτύου του λυθρινιού στην πλατφόρμα DeepOtolith (http://otoliths.ath.hcmr.gr/) θα δώσει τη δυνατότητα σε εργαστήρια ανά το κόσμο να αυτοματοποιήσουν τη διαδικασία αναγνώρισης ηλικίας του συγκεκριμένου είδους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abadi M, Barham P, Chen J, Wicke M, Yu Y, Zheng X (2016). TensorFlow: Large-scale machine learning on heterogeneous distributed systems. Available from https://www.tensorflow.org/.

Carbonara P, Follesa, M.C. (Eds.) (2019). Handbook on Fish Age Determination: a Mediterranean Experience. Studies and Reviews. No. 98. FAO, Rome, 192pp.

ICES, 2017. Workshop on Ageing Validation Methodology of *Mullus* species (WKVALMU), 15-19 May 2017, Conversano. ICES CM 2017/ SSGIEOM:31, Italy, 74pp.

LeCun Y, Bengio Y, Hinton G (2015). Deep learning. Nature 521 (7553): 436–444.

Moen E, Handegard NO, Allken V, Albert OT, Harbitz A, Malde K (2018). Automatic interpretation of otoliths using deep learning. PLOS ONE 13: 87.

Ordoñez A, Eikvil L, Salberg AB, Harbitz A, Murray AM, Kampffmeyer MC (2020). Explaining decision of deep neural networks used for fish age prediction. PLoS ONE 15(6): e0235013.

Politikos D, Petasis G, Chatzispyrou A, Mytilineou C, Anastasopoulou A (2021). Automating fish age estimation combining otolith images and deep learning: the role of multitask learning. Fisheries Science 242: 106033.

Russakovsky O, Deng J, Su H, Krause J, Satheesh S, Ma S, Huan Z, Karpathy A, Khosla A, Bernstein M, Berg AC, Fei-Fei L (2015). ImageNet large scale visual recognition challenge. International Journal of Computer Vision 115: 211–252.

Szegedy C, Vanhouke V, Ioffe S, Shlens J, Wojna Z (2016). Rethinking the inception architecture for computer vision. In: IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR). arXiv, 1512.00567. https://arxiv.org/abs/1512.00567.

Vabø R, Moen E, Smolinksi S, Husebo A, Handegard NO, Malde K, (2020). Automatic interpretation of salmon scales using deep learning. Ecological Informatics 63: 101322.

Vitale F, Clausen LW, NíChonchúir GN (2019). Handbook of fish age estimation protocols and validation methods. ICES Cooperative Research Report No. 346, 180pp.

# Οικολογία του λεοντόψαρου *Pterois miles* (Bennett 1828) στις παράκτιες περιοχές της δυτικής Ελλάδας

**Αντιγόνη Σαμουρδάνη[1], Βλάσιος Κετσιλής-Ρίνης[1], Μάρθα Κουτσίδη[1], Αλέξης Λάζαρης[1], Παναγιώτα Περιστεράκη[2], Ευάγγελος Τζανάτος[1]**

[1]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 26504, Ρίο, Πάτρα – a.samourdani@gmail.com

[2]Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, ΤΘ 2214, 71003, Ηράκλειο

## ABSTRACT

**Antigoni Samourdani, Vlasios Ketsilis-Rinis, Martha Koutsidi, Alexis Lazaris, Panagiota Peristeraki, Evangelos Tzanatos: Ecology of the lionfish *Pterois miles* (Bennett 1828) in the coastal areas of western Greece**

The lionfish, *Pterois miles*, is a species native to the Red Sea and the Indo-Pacific, invasive to the Atlantic Ocean and the Mediterranean. In recent years the lionfish has spread in the Greek seas but few are known about its habitat preferences and ecology in the recently invaded area. The present work aims to study the abundance fluctuations of the lionfish in the coasts of western Greece. Over the course of a year (May 2021–2022) 72 morning visual census transects were conducted in six sampling stations of three areas of western Greece. Lionfish density was found to fluctuate with time, was affected by the broader sampling area and was also found to be higher in sampling stations under anthropogenic influence. As global warming sets favorable conditions for this species in the Mediterranean, the identification of factors shaping its expansion can help determine distribution hotspots and identify management implications.

**Keywords:** invasive species, visual census, anthropogenic habitat, dynamics

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το λεοντόψαρο, *Pterois miles* (Bennett 1828) είναι ένα είδος ψαριού ενδημικό του Ινδικού Ωκεανού και της Ερυθράς Θάλασσας. Στο φυσικό τους περιβάλλον, τα λεοντόψαρα συναντώνται σε μικρές αφθονίες, έχουν όμως καταφέρει να εξαπλωθούν στον Ατλαντικό Ωκεανό σε μια από τις πιο επιτυχημένες εγκαταστάσεις ξενικών ειδών. Στη Μεσόγειο η πρώτη καταγραφή του λεοντόψαρου έγινε το 1991 στο Ισραήλ (Golani & Sonin 1992). Μετά από δύο δεκαετίες υπάρχει πληθώρα καταγραφών στη Μεσόγειο (Zannaki *et al.* 2019) και πλέον η κατανομή του λεοντόψαρου παρουσιάζει τυπικό πρότυπο λεσσεψιανής εισβολής –δηλαδή της εισβολής ξενικών ειδών μέσω της Διώρυγας του Σουέζ– με τις πρώτες καταγραφές να σημειώνονται στην Λεβαντίνη Θάλασσα (Bariche *et al.* 2013) και με την πάροδο των ετών το είδος να εξαπλώνεται βορειότερα (Di Martino & Stancanelli 2021).

Η Διώρυγα του Σουέζ λειτουργεί ως ανοιχτό κανάλι επικοινωνίας της Μεσογείου με την Ερυθρά Θάλασσα από το τέλος του 19ου αιώνα και αποτελεί την κυριότερη δίοδο εισαγωγής ξενικών ειδών στη μεσογειακή λεκάνη (Galil *et al.* 2017). Η διαφορά θερμοκρασίας του νερού μεταξύ της Ερυθράς Θάλασσας και της Μεσογείου αποτελεί τον κύριο περιοριστικό παράγοντα για την εξάπλωση των εισβολικών ειδών (Raitsos *et al.* 2010), καθώς αν η ελάχιστη θερμοκρασία στο νέο ενδιαίτημα είναι χαμηλότερη από το εύρος ανοχής του είδους τότε αυτό δεν θα μπορέσει να εγκατασταθεί. Τα τελευταία χρόνια παρατηρείται θέρμανση της Μεσογείου με τις θερμοκρασίες του νερού να μην είναι πλέον περιοριστικές για την επιβίωση των θερμόφιλων τροπικών ειδών (Bianchi & Morri 2003). Έτσι, οι ευνοϊκές συνθήκες του περιβάλλοντος σε συνδυασμό με χαρακτηριστικά της βιολογίας του λεοντόψαρου έχουν αυξήσει το εύρος εξάπλωσής του. Μια τέτοια εξάπλωση ενδέχεται να έχει δυσμενείς συνέπειες στη σύνθεση των βιοκοινωνιών, λόγω αλλαγών στα πρότυπα των διαειδικών σχέσεων (π.χ. θήρευση, ανταγωνισμός). Σε αυτό τα πλαίσιο είναι μεγάλης σημασίας η μελέτη της εξάπλωσης και των διακυμάνσεων αφθονίας του είδους, ώστε να γίνει κατανοητή η οικολογία του και να αναγνωριστούν περιοχές με ενδεχόμενο διαχειριστικό ενδιαφέρον.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των χωροχρονικών διακυμάνσεων της πυκνότητας του λεοντόψαρου σε παράκτιες περιοχές της δυτικής Ελλάδας.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η μελέτη της πυκνότητας του λεοντόψαρου πραγματοποιήθηκε σε τρεις περιοχές της δυτικής Ελλάδας, στον Αστακό, στο Κατάκολο και στην ανατολική Μάνη, στις οποίες ήταν γνωστή η παρουσία

του είδους από καταγραφές αλιέων και δυτών. Επιλέχθηκαν δύο σταθμοί σε κάθε περιοχή με σκληρό υπόστρωμα, φυσικό με βράχια και πλάκες ή τεχνητό από τσιμεντόλιθους και βαρέλια, κατάλληλο για τη διαβίωση του είδους (Dimitriadis *et al.* 2020). Στους σταθμούς αυτούς πραγματοποιήθηκαν από δύο επαναλήψεις δειγματοληψιών ανά δίμηνο από τον Μάιο 2021 ως τον Μάιο 2022, σύμφωνα με το πρότυπο: 3 περιοχές × 2 σταθμοί × 2 επαναλήψεις × 6 δίμηνα = 72 διατομές. Δύο από τους σταθμούς δειγματοληψίας χαρακτηρίστηκαν ως «τεχνητοί» λόγω της ανθρωπογενούς επιρροής που δέχονται· ο ένας με εμπλουτισμό σε οργανικό υλικό λόγω υδατοκαλλιεργειών στην περιοχή του Αστακού κι ο άλλος με παρέμβαση στη δομή του υποστρώματος εξαιτίας του εκτεταμένου λιμενοβραχίονα στο Κατάκολο. Οι υπόλοιποι σταθμοί χαρακτηρίστηκαν ως «φυσικοί» καθώς βρίσκονται μακριά από εκτεταμένη ανθρωπογενή όχληση.

Για τη συλλογή δεδομένων αφθονίας του λεοντόψαρου πραγματοποιήθηκε οπτική δειγματοληπτική μέθοδος (visual census) με ελεύθερη κατάδυση, σε διατομές (strip transects), κατά τις πρωινές ώρες όταν τα λεοντόψαρα είναι περισσότερο ενεργά κι ο εντοπισμός τους ευκολότερος (Morris & Akins 2009). Οι τάξεις μεγέθους πυκνότητας του είδους στις ακτές του Αστακού και του Κατακόλου, σε εκτάσεις βυθού χιλιάδων $m^2$, ήταν αρκετά μικρότερες απ' ότι στη νότια Πελοπόννησο, γι' αυτό επιλέχθηκε η κάλυψη εκτεταμένων διατομών (650–950m) σε κάθε δειγματοληψία, ώστε να αποφευχθούν οι πολλές μηδενικές καταμετρήσεις στους σταθμούς αυτούς. Στις δειγματοληψίες συμμετείχαν συνολικά τέσσερις παρατηρητές (τουλάχιστον δύο σε κάθε δειγματοληψία) και ακολουθήθηκε το δειγματοληπτικό πρωτόκολλο, όπως είχε οριστεί κατά τις προκαταρκτικές δειγματοληψίες. Κάθε παρατηρητής ακολουθούσε μια πορεία κατά μήκος κάθε διατομής, ενώ η απόσταση μεταξύ των παρατηρητών ήταν τέτοια ώστε να αποφευχθεί η επικάλυψη στις ζώνες καταμέτρησης και η διπλή καταγραφή του ίδιου ατόμου.

Εκτός από τα δεδομένα αφθονίας που συλλέχθηκαν, σημειωνόταν το μήκος και η διάρκεια κολύμβησης κάθε διατομής (ως μονάδα ονομαστικής δειγματοληπτικής προσπάθειας), αλλά και το πλάτος του οπτικού πεδίου το οποίο διορθωνόταν βάσει της διαύγειας του νερού. Από το μήκος της διατομής και το πλάτος των ζωνών παρατήρησης προέκυψε η έκταση της διατομής (σε $m^2$). Ο λόγος των δύο μεγεθών αποτέλεσε την πυκνότητα (αριθμός ατόμων/1000$m^2$) του είδους.

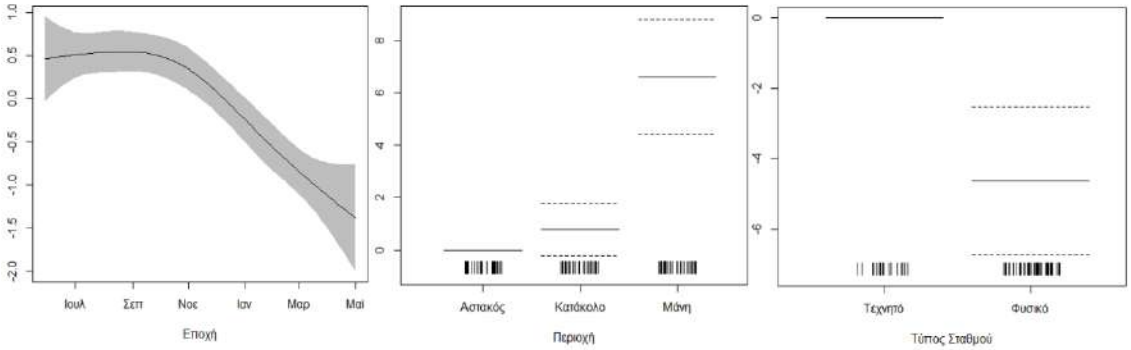
Τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση Γενικευμένων Προσθετικών Μοντέλων (Generalized Additive Models – GAMs) μέσω του πακέτου mgcv (v1.8-38, Wood 2017) στη γλώσσα προγραμματισμού R 4.1.2 (R Core Team 2021). Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να μελετηθεί αν επηρεάζεται η πυκνότητα των λεοντόψαρων συναρτήσει της εποχής δειγματοληψίας (σε επίπεδο ημερολογιακής ημέρας), της περιοχής δειγματοληψίας (στο επίπεδο των τριών διακριτών γεωγραφικών περιοχών) και του συγκεκριμένου δειγματοληπτικού σταθμού εντός κάθε περιοχής, καθώς και του τύπου κάθε σταθμού (φυσικού ή τεχνητού).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα των Γενικευμένων Γραμμικών Μοντέλων (GAMs) έδειξαν πως οι παράμετροι της εποχής, της περιοχής δειγματοληψίας και του τύπου σταθμού (φυσικού ή τεχνητού) είχαν στατιστικά σημαντική επίδραση στην πυκνότητα των λεοντόψαρων ($p < 0,001$), σε επίπεδο στατιστικής σημαντικότητας $\alpha = 0,05$, ενώ ο δειγματοληπτικός σταθμός οριακά δεν είχε ($p = 0,063$). Αναφορικά με τις περιοχές δειγματοληψίας, η μέση πυκνότητα που συναντήθηκε στον Αστακό είναι η μικρότερη, με 0,065 άτομα/1000$m^2$, στο Κατάκολο είναι ίση με 0.159 άτομα/1000 $m^2$ και στη Μάνη μέγιστη με 1.516 άτομα/1000$m^2$ (Εικ.1). Με την εξάπλωση του λεοντόψαρου να ακολουθεί το τυπικό πρότυπο των λεσσεψιανών εισβολέων, φτάνοντας τα τελευταία χρόνια βορειοδυτικότερα μέχρι το Ιόνιο και την Αδριατική (Di Martino & Stancanelli 2021), φαντάζει λογικό πως η σαφής διαφοροποίηση σε σχέση με το γεωγραφικό πλάτος των τριών δειγματοληπτικών περιοχών που επιλέχθηκαν διαφοροποιεί τις αναμενόμενες αφθονίες του λεοντόψαρου, αφού νοτιότερα ο βαθμός εποικισμού του είδους είναι μεγαλύτερος. Επιπλέον, οι δειγματοληπτικοί σταθμοί κάθε περιοχής επιλέχθηκαν έτσι ώστε να έχουν μορφολογική ομοιογένεια στο υπόστρωμα. Επιλέγοντας δειγματοληπτικούς σταθμούς με σκληρό υπόστρωμα που προτιμάται από το είδος (Dimitriadis *et al.* 2020), είναι λογικό να μην προκύπτει στατιστικά σημαντική διαφοροποίηση στην αφθονία των λεοντόψαρων από τους σταθμούς καθαυτούς, αλλά ως απόρροια της δειγματοληπτικής περιοχής στην οποία βρίσκονται.

Το χαρακτηριστικό του σταθμού που φαίνεται να επηρεάζει τη συγκέντρωση των λεοντόψαρων είναι εάν βρίσκεται υπό ανθρωπογενή επιρροή. Από την ανάλυση των GAMs –τα οποία λαμβάνουν ήδη

υπόψιν την επίδραση της δειγματοληπτικής περιοχής στις αναμενόμενες αφθονίες– προκύπτει ότι το τεχνητό υπόστρωμα έχει θετική επίδραση στην αναμενόμενη αφθονία λεοντόψαρων (Εικ.1), ιδιαίτερα αν αναλογιστούμε ότι οι δύο τεχνητοί σταθμοί βρίσκονται στις περιοχές με σχετικά χαμηλή πυκνότητα λεοντόψαρων (τεχνητοί: 0.285 άτομα/1000m$^2$, φυσικοί: 0.802 άτομα/1000m$^2$). Φαίνεται, δηλαδή, να εποικίζονται γρηγορότερα υποστρώματα με τεχνητές δομές με την απαραίτητη δομική πολυπλοκότητα, αποτέλεσμα που συμφωνεί με την υπάρχουσα βιβλιογραφία σχετικά με το εισβολικό λεοντόψαρο στον Ατλαντικό Ωκεανό (Smith & Shurin 2010). Κάτι τέτοιο μπορεί να συμβαίνει γιατί το τεχνητό υπόστρωμα αποτελεί νεότερη προσθήκη στο ενδιαίτημα και δεν έχει προλάβει να εποικιστεί από τα αυτόχθονα είδη ή ενδεχομένως δεν αποτελεί κατάλληλο ενδιαίτημα για άλλα αυτόχθονα είδη, με αποτέλεσμα το λεοντόψαρο να καλύπτει τον κενό οικολογικό θώκο χωρίς ιδιαίτερο ανταγωνισμό. Στο σταθμό κοντά στη μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας, όπως διαπιστώθηκε κατά τις παρατηρήσεις, το οργανικό υλικό ήταν αυξημένο συγκριτικά με όλους τους υπόλοιπους σταθμούς. Λόγω της τροφής και του οργανικού υλικού που διαχέεται από την μονάδα στο γειτονικό περιβάλλον η συγκέντρωση των άγριων ψαριών είναι αυξημένη στις περιοχές κοντά και κάτω από τους ιχθυοκλωβούς (Dempster *et al.* 2002). Η αυξημένη αφθονία, ιδιαίτερα νεαρών, συνεπάγεται αυξημένη διαθεσιμότητα τροφής για το λεοντόψαρο, το οποίο αποτελεί γενικευμένο θηρευτή (Zannaki *et al.* 2019). Έτσι, η ανθρωπογενής προσθήκη τροφής στον συγκεκριμένο σταθμό προσελκύει μεγαλύτερες αφθονίες ψαριών τα οποία αποτελούν με τη σειρά τους τροφή του λεοντόψαρου, ευνοώντας την εγκατάσταση και εξάπλωσή του.




**Εικ. 1: Αποτελέσματα των GAMs για την επίδραση της εποχής (αριστερά), της δειγματοληπτικής περιοχής (μέση) και του τύπου σταθμού (δεξιά) στην πυκνότητα των λεοντόψαρων.**
**Fig. 1: GAMs results on the effect of season (left), sampling area (middle) and station type (right) on the lionfish population density.**

Μια άλλη παράμετρος που διαφοροποίησε την πυκνότητα του λεοντόψαρου είναι η εποχικότητα. Το πρότυπο της πυκνότητας αλλάζει με την πάροδο του χρόνου (Εικ.1), με τις μεγαλύτερες συγκεντρώσεις να συναντώνται το καλοκαίρι και το φθινόπωρο (μέγιστη μέση τιμή το δίμηνο Σεπτεμβρίου–Οκτωβρίου με 1.214 άτομα/1000m$^2$), και τις μικρότερες τον χειμώνα και την άνοιξη (ελάχιστη μέση τιμή το δίμηνο Μαρτίου–Απριλίου με 0.191 άτομα/1000m$^2$). Αυτή η τάση παρουσιάζει συνάφεια με τη διακύμανση της θερμοκρασίας της θάλασσας η οποία ακολουθεί αντιστρόφως ανάλογο πρότυπο, δηλαδή είναι υψηλότερη το καλοκαίρι και το φθινόπωρο, και χαμηλότερη τον χειμώνα και την άνοιξη –με τη χαμηλότερη θερμοκρασία να σημειώνεται το δίμηνο Φεβρουαρίου–Μαρτίου στους 14,0°C, όπως αυτή μετρήθηκε κατά τη διάρκεια των οπτικών δειγματοληψιών. Το λεοντόψαρο είναι ένα τροπικό εισβολικό είδος, με φυσικό περιβάλλον όπου οι θερμοκρασίες που επικρατούν είναι υψηλότερες από αυτές της Μεσογείου (Kimball *et al.* 2004). Προκειμένου ένα θερμόφιλο εισβολικό είδος να μπορέσει να επιβιώσει και να εγκατασταθεί σε νέο περιβάλλον, η ελάχιστη θερμοκρασία τον χειμώνα στο νέο περιβάλλον πρέπει να είναι υψηλότερη από το ελάχιστο θνησιγόνο όριο, κάτω από το οποίο το είδος δεν μπορεί να επιβιώσει (Ben-Tuvia 1996). Για το λεοντόψαρο φαίνεται πως το μέσο ελάχιστο θνησιγόνο όριο θερμοκρασίας κυμαίνεται στους 10,0°C, ενώ η μέση θερμοκρασία που σταματά την πρόσληψη τροφής είναι στους 16,1°C (Kimball *et al.* 2004). Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε παράκτιες περιοχές, σε σχετικά μικρά βάθη (μέγιστο βάθος σταθμών 13m) τα οποία είναι άμεσα επηρεαζόμενα από την ατμοσφαιρική θερμοκρασία. Θα μπορούσε έτσι να υποτεθεί ότι τα άτομα εγκαταλείπουν την παράκτια ζώνη (όπου έγιναν οι δειγματοληψίες) μετακινούμενα σε βαθύτερα στρώματα όπου η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλότερη, καθώς γνωρίζουμε ότι εκτείνονται και σε αρκετά μεγάλα βάθη (Kulbicki *et al.* 2012).

Από τον 20ο αιώνα διαφαίνονται οι συνέπειες της κλιματικής αλλαγής και στη Μεσόγειο, με μεγάλο μέρος της ανατολικής Μεσογείου και ιδιαίτερα του Αιγαίου και Ιονίου Πελάγους να παρουσιάζει θέρμανση (Raitsos *et al.* 2010). Η αύξηση της θερμοκρασίας ανοίγει νέα κατάλληλα ενδιαιτήματα για θερμόφιλα τροπικά είδη όπως το λεοντόψαρο, τα οποία αυξάνουν το εύρος κατανομής τους με επιπτώσεις ακόμα άγνωστες για τους αυτόχθονες πληθυσμούς ψαριών και τη λειτουργία του οικοσυστήματος. Η μελέτη της κατανομής του είδους μπορεί να συμβάλει στην κατανόηση της οικολογίας του αλλά και να αναδείξει θερμά σημεία συγκέντρωσης των ατόμων με προεκτάσεις για τη διαχείριση.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο της πράξης με τίτλο: «Ανάπτυξη καινοτόμων μέτρων καταγραφής, χαρτογράφησης και περιορισμού των πληθυσμών των εισβολικών ειδών λαγοκέφαλου (*Lagocephalus sceleratus*) και λεοντόψαρου (*Pterois sp.*) στις ελληνικές θάλασσες (LIONHARE)», MIS: 5049087, με τη συγχρηματοδότηση από τους Ευρωπαϊκούς (Ευρωπαϊκό Ταμείο Θάλασσας και Αλιείας) και Εθνικούς Πόρους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bariche M, Torres M, & Azzurro E (2013) The Presence of the invasive Lionfish Pterois miles in the Mediterranean Sea. Mediterranean Marine Science 14: 292–294

Ben-Tuvia A (1966) Red Sea Fishes Recently Found in the Mediterranean. Copeia 1966: 254–275

Bianchi CN, & Morri C (2003) Global sea warming and “tropicalization” of the Mediterranean Sea: biogeographic and ecological aspects. Biogeographia - The Journal of Integrative Biogeography, 24

Dempster T, Sanchez-Jerez P, Bayle-Sempere JT, Giménez-Casalduero F, & Valle C (2002) Attraction of wild fish to sea-cage fish farms in the south-western Mediterranean Sea: Spatial and short-term temporal variability. Marine Ecology Progress Series 242: 237–252

Di Martino V, & Stancanelli B (2021) The alien lionfish, Pterois miles (Bennett, 1828), enters the Adriatic Sea, Central Mediterranean Sea. Journal of the Black Sea/Mediterranean Environment 27: 104–108

Dimitriadis C, Galanidi M, Zenetos A, Corsini-Foka M, Giovos I, Karachle PK, Fournari-Konstantinidoy I, Kytinou E, Issaris Y, Azzurro E, Castriota L, Falautano M, Kalimeris A, & Katsanevakis S (2020) Updating the occurrences of Pterois miles in the Mediterranean Sea, with considerations on thermal boundaries and future range expansion. Mediterranean Marine Science 21: 62–69

Galil B, Marchini A, Occhipinti-Ambrogi A, & Ojaveer H (2017) The enlargement of the Suez Canal – Erythraean introductions and management challenges. Management of Biological Invasions 8: 141–152

Golani D, & 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: 167-169

Kimball ME, Miller JM, Whitfield PE, & Hare JA (2004) Thermal tolerance and potential distribution of invasive lionfish (Pterois volitans / miles complex) on the east coast of the United States. Marine Ecology Progress Series 283: 269–278

Kulbicki M, Beets J, Chabanet P, Cure K, Darling E, Floeter SR, Galzin R, Green A, Harmelin-Vivien M, Hixon M, Letourneur Y, de Loma TL, McClanahan T, McIlwain J, MouTham G, Myers R, O’Leary JK, Planes S, Vigliola L, & 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

Morris JA, & Akins JL (2009) Feeding ecology of invasive lionfish (Pterois volitans) in the Bahamian archipelago. Environmental Biology of Fishes 86: 389–398

Raitsos DE, Beaugrand G, Georgopoulos D, Zenetos A, Pancucci-Papadopoulou AM, Theocharis A, & Papathanassiou E (2010) Global climate change amplifies the entry of tropical species into the eastern Mediterranean Sea. Limnology and Oceanography 55: 1478–1484

R Core Team (2022) R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Wood SN (2017) Generalized Additive Models: An Introduction with R (2nd ed.). Chapman and Hall/CRC.

Zannaki K, Corsini-Foka M, Kampouris TE, & Batjakas IE (2019) First results on the diet of the invasive pterois miles (Actinopterygii: Scorpaeniformes: Scorpaenidae) in the hellenic waters. Acta Ichthyologica et Piscatoria 49: 311–317.

# Τυπολογία των παραβάσεων της ερασιτεχνικής αλιείας στο Κεντρικό Ιόνιο

**Ευθύμιος Σπίνος[1], Άλκηστις Παρπούρα[2], Μιχαήλ Χατζηευσταθίου[3], Γεώργιος Προδρομίτης[4], Δημήτριος Κ. Μουτόπουλος[5]**

[1]Τμήμα Αλιείας, Δ/νσης Αγροτικής Οικονομίας Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας, Πάτρα, e.spinos@pde.gov.gr
[2]Τμήμα Αλιείας, Δ/νσης Αγροτικής Οικονομίας & Κτηνιατρικής Π.Ε. Αιτ/νίας Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας, Μεσολόγγι ta2@aitnia.pde.gov.gr
[3]Εργαστήριο Τοπικής & Νησιωτικής Ανάπτυξης, Τμήμα Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Μυτιλήνη, mhatzi@env.aegean.gr
[4]Ελληνική Ακτοφυλακή, Υπουργείο Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής, Αρχηγείο Λιμενικού Σώματος, Ακτή Βασιλειάδη, Πειραιάς
[5]Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Μεσολόγγι, dmoutopo@upatras.gr

## ABSTRACT

**Efthimios Spinos, Alkistis Parpoura, Michael Chatziefstathiou, Georgios Prodromitis, Dimitrios K. Moutopoulos: Typology of the infringements of the recreational fishery in the Central Ionian Sea.**

Illegal fishing has been identified as a global issue in achieving sustainable fisheries. In the present study, the typology of the monthly recorded fisheries infringements of the recreational fishery in Central Ionian Sea during 2019-2021 were analysed. Results revealed a peak of the infringements during summer, mostly related to fishery with illegal fishing gears. The findings are critical for defining the critical zones and designing an efficient control system to achieve sustainability. These may control the efficiency of the fisheries, increasing the credibility of the Common Fisheries Policy.

**Keywords:** illegal fishery, fisheries management, protected areas, recreational fishery

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εντατικοποίηση της αλιευτικής προσπάθειας προκειμένου να ανταπεξέλθει στο πρόβλημα της μείωσης των ιχθυαποθεμάτων (Vasilakopoulos *et al.* 2014) σε συνδυασμό με την αύξηση της κατανάλωσης ψαριών τα τελευταία 50 χρόνια (FAO 2020) οδηγεί στην αύξηση των παράνομων αλιευτικών δραστηριοτήτων (Miller *et al.* 2014, Moutopoulos *et al.* 2016), η οποία έχει αναγνωριστεί ως παγκόσμιο πρόβλημα (Flothmann *et al.* 2014). Στην πραγματικότητα, η παράνομη αλιεία έχει οικολογικές, διαχειριστικές και κοινωνικοοικονομικές προεκτάσεις λόγω της: (α) υποβάθμισης της θαλάσσιας βιοποικιλότητας (Agnew *et al.* 2009), (β) υποεκτίμησης της αλιευτικής κατάστασης των ιχθυαποθεμάτων (Beddington *et al*. 2007), (γ) δυσκολίας εφαρμογής της Κοινής Αλιευτικής Πολιτικής (EC 2008), και, (δ) μείωσης των τιμών των ψαριών για τους αλιείς που αλιεύουν με νόμιμα μέσα (Mare A4/PS D(2009).

Οι κανονισμοί που διέπουν την ελληνική αλιευτική νομοθεσία διαχωρίζονται σε πρώτο επίπεδο στους περιορισμούς που αφορούν το σύστημα αδειοδότησης και τα τεχνικά χαρακτηριστικά των αλιευτικών σκαφών και σε δεύτερο επίπεδο διακρίνονται σε νόμους που αφορούν χωρο-χρονικές απαγορεύσεις της άσκησης της αλιευτικής δραστηριότητας. Το γενικό πλαίσιο άσκησης της αλιευτικής δραστηριότητας καθορίζεται με ευρωπαϊκούς κανονισμούς (ΕΚ 1967/2006, 1380/2013, 1241/2019, κ.α.) και εγχώρια νομοθεσία (Ν.Δ. 420/70), ενώ βοηθητικά μέτρα (subsidiary) συμπληρώνουν τη διαχείριση της αλιευτικής προσπάθειας και της αλιευτικής ικανότητας. Σε αυτά τα βοηθητικά μέτρα περιέχονται χωροχρονικές απαγορεύσεις και άλλα παραδοσιακά μέτρα διαχείρισης, όπως: (α) κλειστές εποχές και προσωρινή αναστολή της αλιείας, (β) απαγορευμένες περιοχές και ζώνες αλιείας, (γ) απαγόρευση τύπων αλιευτικών εργαλείων και μεθόδων αλιείας, (δ) ελάχιστο επιτρεπόμενο μέγεθος αλιευμάτων. Η ερασιτεχνική - αθλητική αλιεία στην Ελλάδα διέπεται από τις διατάξεις του Προεδρικού Διατάγματος (ΠΔ) 373/1985 (ΦΕΚ 131 Α΄) όπως τροποποιήθηκε με το άρθρο 6 του Π.Δ. 86/1998 (ΦΕΚ 78 Α΄), καθώς και κυρίως από τον ΕΚ 1967/2006. Η ερασιτεχνική αλιεία είναι η αλιεία που σκοπό έχει τη ψυχαγωγία ή την άθληση και όχι το βιοπορισμό ή την απόκτηση εισοδήματος.

Στην παρούσα μελέτη θα περιγραφεί η μηνιαία μεταβολή για το Κεντρικό Ιόνιο Πέλαγος του αριθμού των καταγεγραμμένων παραβάσεων της ερασιτεχνικής αλιείας την περίοδο 2019-2021. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας θα βοηθήσουν στην αποτύπωση των αλιευτικών παραβάσεων και τη διαχρονική εξέλιξή τους στις ελληνικές θάλασσες, με σκοπό να συμβάλλουν στην αποτελεσματικότητα της αλιευτικής διαχείρισης.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα στοιχεία προέρχονται από την ψηφιοποίηση των βεβαιωμένων αλιευτικών παραβάσεων της ερασιτεχνικής αλιείας. Τα δεδομένα προήλθαν από τις αντίστοιχες καταγραφές του Κεντρικού Λιμεναρχείου Πατρών και των Λιμεναρχείων Μεσολογγίου, Ναυπάκτου, Πλατυγιαλίου, Κατακόλου, Κυλλήνης και Λευκάδας. Οι βεβαιωμένες παραβάσεις από τα προαναφερθέντα Λιμεναρχεία είχαν κοινοποιηθεί στην Υπηρεσία Αλιείας της Δ/νσης Αγροτικής Οικονομίας της Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας και αφορούν στις Περιφερειακές Ενότητες Αιτ/νίας, Αχαΐας και Ηλείας για την περίοδο 2019-2021, αφού διαγράφηκαν τα στοιχεία των παραβατών. Τα δεδομένα περιελάμβαναν τη Λιμενική Αρχή που βεβαίωσε την παράβαση, τον τύπο της αλιευτικής παράβασης, την ημερομηνία βεβαίωσης της παράβασης και την περιοχή της παράβασης.

Η διαδικασία του ελέγχου της αλιευτικής δραστηριότητας ξεκινάει από τη στιγμή που ένα σκάφος της εκάστοτε Λιμενικής Αρχής ξεκινάει για επιτόπιο έλεγχο. Το νομικό πλαίσιο για την διαδικασία ελέγχου και βεβαίωσης των παραβάσεων είναι κυρίως το ΝΔ 420/70 κι ο Κανονισμός 1224/2009 («Κανονισμός Ελέγχου»). Οι έλεγχοι γίνονται με τυχαία δειγματοληψία στους διαφορετικούς τύπους σκαφών και ο αριθμός των σκαφών στα οποία γίνεται ο έλεγχος εξαρτάται από τον αριθμό των σκαφών σε κάθε διαφορετική κατηγορία σκάφους. Κατά τη διαδικασία του ελέγχου σε ένα σκάφος γίνεται επιτόπια σύντομη συνέντευξη αναφορικά με τα στοιχεία του σκάφους-ιδιοκτήτη και έλεγχος των απαραίτητων ναυτιλιακών εγγράφων και η ύπαρξη ή μη σωστικών μέσων. Η ίδια διαδικασία ακολουθείται και στην περίπτωση της αλιείας με απαγορευμένα αλιευτικά εργαλεία. Στην περίπτωση που σε ένα αλιευτικό σκάφος βρεθούν απαγορευμένα εργαλεία γίνονται οι διεργασίες για την έκδοση αυτοφώρου στον εισαγγελέα και στη συνέχεια γίνεται κατάσχεση των αλιευμάτων ή και του σκάφους . Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες ένα σκάφος-ιδιοκτήτης δεν διαθέτει τα απαραίτητα έγγραφα, ή έχει γίνει αλιεία υπομεγεθών αλιευμάτων, τότε ο κυβερνήτης του περιπολικού σκάφους της Λιμενικής Αρχής κρίνει ποια διαδικασία θα ακολουθηθεί, η οποία περιλαμβάνει από την καταγραφή απλής παράβασης με κλήση έως ακόμη και την μη καταγραφή της παράβασης. Στην περίπτωση όπου η παράβαση προϋποθέτει την αυτόφωρη δέσμευση του ιδιοκτήτη (π.χ. ψαροντούφεκο τη νύχτα με φακό), τότε γίνεται κατάσχεση των αλιευμάτων, προσαγωγή και ανάκριση από το Δικαστικό Τμήμα του Λιμεναρχείου και ο παραβάτης αφήνεται ελεύθερος μέχρι ο προϊστάμενος της Λιμενικής Αρχής να εκδόσει και να κοινοποιήσει το ανάλογο πρόστιμο.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

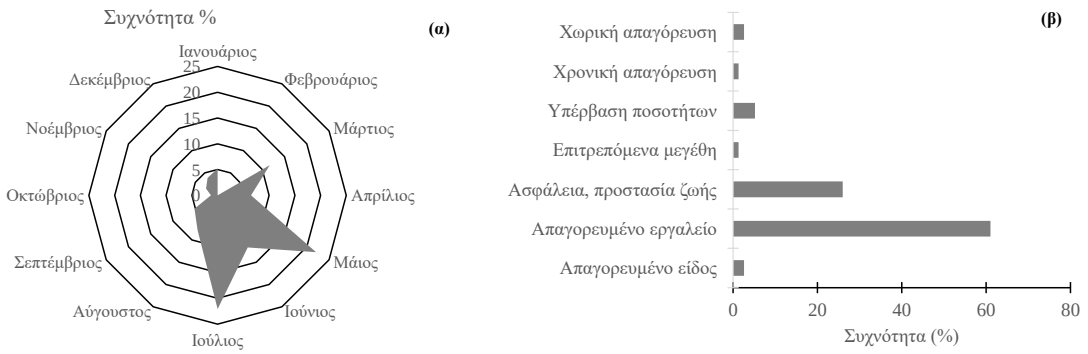
Στην περιοχή του κεντρικού Ιονίου βεβαιώθηκαν 77 αλιευτικές παραβάσεις ερασιτεχνικής αλιείας κατά την περίοδο 2019-2021, με τις περισσότερες από τις μισές εξ' αυτών (Εικόνα 1α) να καταγράφονται την περίοδο του καλοκαιριού και το Μάρτιο. Η κυριότερη κατηγορία παράβασης ήταν η αλιεία με απαγορευμένο εργαλείο (Εικόνα 1β) και ακολουθούσαν σε μικρότερο βαθμό η προστασία και η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής και η υπέρβαση της αλιευτικής ποσότητας. Ειδικότερα, τα απαγορευμένα αλιευτικά εργαλεία αφορούσαν στην παράνομη αλιεία με παντός τύπου δίχτυα, στην υπέρβαση του αριθμού των αγκιστριών στο παραγάδι και στη χρήση ψαροντούφεκου με τη χρήση φωτός ή την απουσία σήμανσης. Η χωρική κατανομή των παραβάσεων έδειξε ότι (Εικόνα 2) οι περισσότερες από αυτές εντοπίστηκαν στην περιοχή ευθύνης του Λιμεναρχείου Κατάκολου (41,6%) και σε μικρότερο βαθμό στο Κεντρικό Λιμεναρχείο Πατρών (19,5%) και το Λιμεναρχείο Μεσολογγίου (16,9%).

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

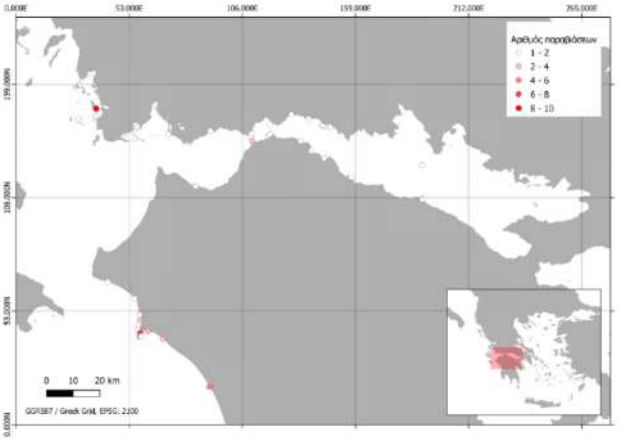
Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας έδειξαν ότι οι περισσότερες αλιευτικές παραβάσεις καταγράφονται στην περιοχή Κατακόλου, ένα μικρό ψαροχώρι, στο οποίο αλιεύουν ερασιτέχνες κυρίως τους καλοκαιρινούς μήνες, και προέρχονται από την ευρύτερη περιοχή του Πύργου, την Πάτρα και ενίοτε από την Αθήνα. Χωρικά η συχνότητα των παραβάσεων μπορεί να συσχετιστεί, όχι με τις πυκνοκατοικημένες περιοχές, αλλά με την παρουσία/απουσία επαγγελματιών αλιέων που δρουν αποτρεπτικά στις παραβάσεις ή στην καταγραφή τους (Moutopoulos *et al*. 2020). Χρονικά, οι παραβάσεις της ερασιτεχνικής αλιείας ακολουθούν ένα ξακάθαρο εποχικό πρότυπο με μέγιστο τους καλοκαιρινούς μήνες κατά την περίοδο εντατικοποίησης του τουρισμού (Keramidas *et al.* 2018). Το πρότυπο αυτό βρίσκεται σε συμφωνία με το πρότυπο των αλιευτικών παραβάσεων της ερασιτεχνικής αλιείας στην ελληνική επικράτεια (Moutopoulos *et al.* 2016) με τη μέγιστη παραβατικότητα να εντοπίζεται το μήνα Μάιο (εκτός του Ιουλίου), κατά τον οποίο έχει θεσπιστεί γενικευμένη απαγόρευση της ερασιτεχνικής

αλιείας σύμφωνα με το Π.Δ.435/1985. Από τα αποτελέσματα παρατηρείται ότι οι κυριότερες κατηγορίες παραβάσεων ήταν η αλιεία με απαγορευμένο εργαλείο, η προστασία και η ασφάλεια της ανθρώπινης ζωής και η υπέρβαση της αλιευτικής ποσότητας, γεγονός που αναδεικνύει ότι οι ερασιτέχνες αλιείς παίρνουν το ρίσκο να τους επιβληθούν μεγάλα χρηματικά πρόστιμα και συχνά ρισκάρουν την ασφάλειά τους, προκειμένου αλιεύσουν παράνομα.

Η εθνική νομοθεσία, και κατ' επέκταση ο έλεγχος της δραστηριότητας των ερασιτεχνών αλιέων, βασίζονται σε μέτρα που θεσπίστηκαν σε χρονική περίοδο (1985) κατά την οποία ο αριθμός τους ήταν αρκετά μικρότερος από ότι σήμερα (Anagnopoulos *et al.* 1998). Ο τρέχων Ευρωπαϊκός Κανονισμός 1967/2006 (EC 2006 «Κανονισμός της Μεσογείου»), όπως έχει τροποποιηθεί, με τον Κανονισμό 1241/2019 («Τεχνικά Μέτρα»), κινείται στη σωστή κατεύθυνση, έπειτα και από την απαγόρευση της χρήσης παντός τύπων διχτυών από τους ερασιτέχνες αλιείς. Ωστόσο, η αναθεώρηση της νομοθεσίας για την ερασιτεχνική αλιεία είναι χρήσιμο να λαμβάνει υπόψη τη διαφορετικότητα των οικοσυστημάτων και το βαθμό της ανθρωπογενούς παρέμβασης σε αυτά, καθώς είναι δυνατό να αποτελούν την ύπαρξη «ευαίσθητων σημείων» για τα υπό εκμετάλλευση είδη (Moutopoulos *et al.* 2020). Ένα σημαντικό, επίσης, μέτρο για τη ρύθμιση της ερασιτεχνικής αλιείας, με το μικρότερο κόστος παρακολούθησης και ελέγχου δύναται να είναι ο περιορισμός των ημερών αλιείας, όπως γίνεται σε άλλα μεσογειακά κράτη.




**Εικόνα 1. Κατανομή του αριθμού των καταγεγραμμένων παραβάσεων της ερασιτεχνικής αλιείας σε συνάρτηση με: (α) το μήνα παράβασης και (β) τον τύπο της παράβασης, για την περίοδο 2019-2021 στο κεντρικό Ιόνιο.**
**Figure 1. Frequency (%) of the number of recorded infringements of the recreational fishery in terms of: (a) month and (b) type of infringement, for the period 2019-2021 in the Central Ionian Sea.**




**Εικόνα 2. Χωρική κατανομή του αριθμού των καταγεγραμμένων παραβάσεων της ερασιτεχνικής αλιείας για την περίοδο 2019-2021 στο κεντρικό Ιόνιο.**
**Figure 2. Spatial distribution of the recorded infringements of the recreational fishery for the period 2019-2021 in the Central Ionian Sea.**

Ο μικρός αριθμός των βεβαιωμένων παραβάσεων (77) κατά την περίοδο 2019-2021 ενισχύει την ανάγκη της στελέχωσης των Λιμενικών Αρχών για τον έλεγχο των αλιευτικών δραστηριοτήτων. Το στοιχείο αυτό αναδεικνύει και τα προβλήματα που προκύπτουν από την εφαρμογή και τον έλεγχο της

αλιευτικής νομοθεσίας που πραγματοποιείται από τους επίσημους φορείς, λόγω της βαθμιαίας μείωσης του προσωπικού τους. Για το λόγο αυτό απαιτείται: (α) ενεργοποίηση των υπεύθυνων φορέων για την αστυνόμευση της εφαρμογής της νομοθεσίας (Λιμενικό Σώμα - Ελληνική Ακτοφυλακή, στο Υπουργείο Εμπορικής Ναυτιλίας και Νησιωτικής Πολιτικής) και (β) επανεξέταση της διαδικασίας ελέγχων. Η έλλειψη μιας ικανής μάζας ατόμων για την αστυνόμευση και τον έλεγχο από τα αρμόδια όργανα ίσως να αποτελεί την αρχική προϋπόθεση για τη διαφύλαξη των θαλάσσιων αποθεμάτων. Ο μικρός αριθμός καταγεγραμμένων παραβάσεων μπορεί να συσχετιστεί επίσης με την περίοδο της πανδημίας του κορονοϊού, όπου δεν μπορούσαν να γίνουν περιπολίες από τις τοπικές Λιμενικές Αρχές λόγω των πρωτοκόλλων ασφάλειας.

Τελευταία πληθαίνουν οι απόψεις για την επαναφορά των ερασιτεχνικών αδειών αλιείας (εκφρασμένες τόσο κατά την δημόσια διαβούλευση σχεδίου νόμου για την ερασιτεχνική αλιεία, όσο και σε δημόσιες τοποθετήσεις επιστημονικών φορέων, φορέων των αλιέων, αλλά και αρμόδιων υπηρεσιών των Περιφερειών) και ένταξη της παραγωγής της ερασιτεχνικής αλιείας στο Ολοκληρωμένο Σύστημα Παρακολούθησης της Αλιείας (Ο.Σ.Π.Α.), του οποίου η διαχείριση γίνεται από την Γενική Διεύθυνση Αλιείας του Υπουργείου Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων. Αυτό είναι κάτι το οποίο εντάσσεται σε διατάξεις Κανονισμών της ΕΕ και την Κοινή Αλιευτική Πολιτική για την προστασία των υδρόβιων οργανισμών και τη διατήρηση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας. Κρίνεται επιβεβλημένη η τροποποίηση και ο εκσυγχρονισμός της αλιευτικής νομοθεσίας για την καλύτερη αντιμετώπιση της παράνομης ερασιτεχνικής αλιείας και την προστασία των ιχθυοαποθεμάτων.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε τις Λιμενικές Αρχές Πατρών, Μεσολογγίου, Κατακόλου, Κυλλήνης, Πλατυγιαλίου, Λευκάδας και Ναυπάκτου για τα στοιχεία που παρείχαν χωρίς τα οποία δεν θα ήταν εφικτό να δημιουργηθεί η παρούσα εργασία.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Agnew DJ, Pearce J, Pramod G, Peatman T, Watson R, Beddington JR, Pitcher TJ (2009) Estimating the Worldwide Extent of Illegal Fishing. PLoS ONE, 4(2): e4570.

Anagnopoulos N, Papaconstantinou K, Oikonomou A, Fragoudes K, Kavadas S, Markatatos G, Laliotou V, Theodorou J, Congolani N, Belardinelli A, Santojanni A, Colella S, Donato F, Penna R, Sdogati C (1998) Sport fisheries in eastern Mediterranean (Greece and Italy). Final Report, EU 96/018. 234 p.

Beddington JR, Agnew DJ, Clark CW (2007) Current Problems in the Management of Marine Fisheries. Science, 316: 1713–1716.

EC Council Regulation No 1224/2009 of 20 November 2009 establishing a Community control system for ensuring compliance with the rules of the common fisheries policy, amending Regulations … and repealing Regulations … and (EC) No 1966/2006.

EC Council Regulation No 1967/2006 of 21 December 2006 concerning management measures for the sustainable exploitation of fishery resources in the Mediterranean Sea.

EU Regulation No 2019/1241 of the European Parliament and the Council of 20 June 2019 on the conservation of fisheries resources and the protection of marine ecosystems through technical measures, amending Council Regulations (EC) No 1967/2006, (EC) No 1224/2009 and Regulations.

FAO (2020) The State of World Fisheries and Aquaculture. Rome 2020; SBN: 978-92-5-132692-3, 223 pp.

Flothmann S, von Kistowski K, Dolan E, Lee E, Meere F, Album G (2010) Closing Loopholes: Getting Illegal Fishing Under Control. Science, 328: 1235-1236.

Gonzalvo J, Giovos I, Moutopoulos DK (2015) Fishermen perception on the sustainability of small-scale fisheries and dolphin-fisheries interactions in two increasingly fragile coastal ecosystems in Western Greece. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 25: 91-106.

Keramidas I, Dimarchopoulou D, Pardalou A, Tsikliras AC (2018) Estimating recreational fishing fleet using satellite data in the Aegean and Ionian Seas (Mediterranean Sea). Fisheries Research, 208: 1–6.

Mare A4/PS D(2009) A/12880. Handbook on the practical application of Council Regulation (EC) No. 1005/2008 of 29 September 2008 establishing a Community system to prevent, deter and eliminate illegal, unreported and unregulated fishing (The IUU Regulation).

Miller AMM, Bush SR, Mol APJ (2014) Power Europe: EU and the illegal, unreported and unregulated tuna fisheries regulation in the West and Central Pacific Ocean. Marine Policy, 45: 138-145.

Moutopoulos DK, Prodromitis G, Katselis G, Koutsikopoulos C (2020) Mapping fisheries hot-spot and high-violated fishing areas in professional and recreational small-scale fisheries. Aquaculture and Fisheries, 5(5): 265-272.
Moutopoulos DK, Prodromitis G, Mantzouni I, Koutsikopoulos C (2016) Quantifying the implementation of Common Fisheries Policy: Patterns of fisheries violations and penalties imposed in Greek waters. Marine Policy, 70: 65-76.
Vasilakopoulos P, Maravelias CD, Tserpes G (2014) The Alarming Decline of Mediterranean Fish Stocks. Current Biology, 24(14): 1643-1648.

# Συσχετισμός πολυπαθογονικής λοίμωξης και πολυπαραγοντικής παθογένεσης στο φαινόμενο μαζικής θνησιμότητας του είδους *Pinna nobilis* στην Ελλάδα

**Κουτάντε Ευαγγελία[1], Πούλος Κωνσταντίνος[1], Λάττος Αθανάσιος[2], Γιαντσής Ιωάννης[3], Θεοδώρου Ιωάννης[1], Μιχαηλίδης Βασίλειος[2]**

[1]Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών- ekoutante@upatras.gr, kpoulos@upatras.gr, jtheo@upatras.gr

[2]Εργαστήριο Φυσιολογίας Ζώων, Τμήμα Ζωολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα- lattosad@bio.auth.gr , michaeli@bio.auth.gr

[3]Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 53100, Φλώρινα, Ελλάδα- igiantsis@uowm.gr

## ABSTRACT

**Koutante Evangelia[1], Poulos Konstantinos[1], Lattos Athanasios[2], Giantsis Ioannis[3], Theodorou Ioannis[1],Mixaelidis Basile[2]: Correlation of the multipathogen infection and the multifactor pathogenesis of Mass Mortality Event in *Pinna nobilis* in Greece.**

Mass Mortality Events (MME) have affected the Noble Penshell (*Pinna nobilis*), causing it's near extinction. Primary investigation focused on a novel protozoan *Haplosporidium pinnae* responsible for Mass Mortality Events (MMEs) have affected the noble pen shell (*Pinna nobilis*, Pinnidae, Linnaeus 1758). Further investigations suggested that concomitant polymicrobial infection events could have been associated with MMEs, even in the absence of *H. pinnae*. Furthermore, when moribund specimens were collected during MMEs in Greece and other countries a systemic syndrome was observed, associated with the presence of the *Mycobacterium simiae* complex. Therefore, the hypothesis of a unique protozoan agent causing the extinction of *P. nobilis* populations in the Mediterranean Sea needs further research investigations.

**Keywords:** Mass Mortality Events, Bivalves, *Haplosporidium*, *Mycobacterium*, *Vibrio*.

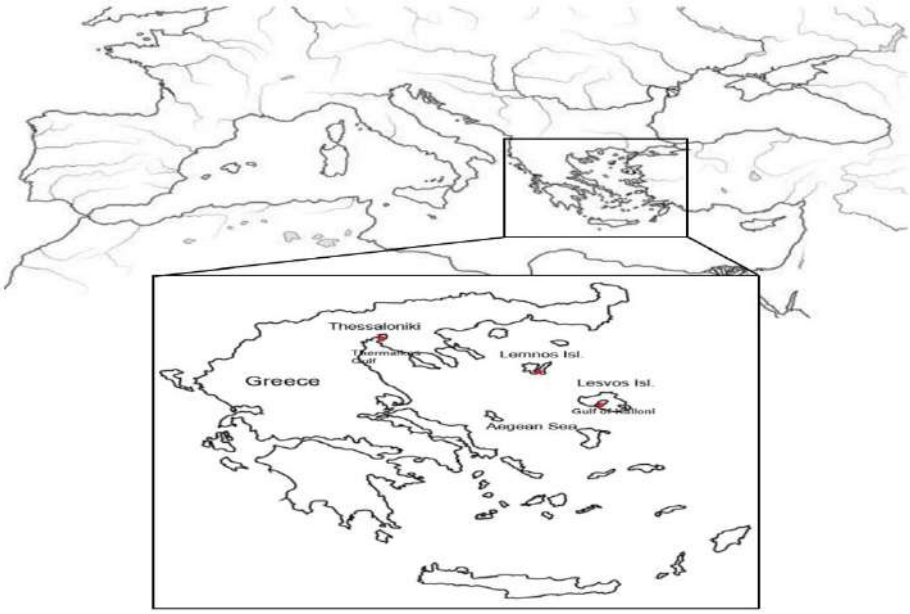
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πίννα (*Pinna nobilis*) είναι ενδημικό είδος, το μεγαλύτερο δίθυρο μαλάκιο της Μεσογείου και φτάνει σε μήκος έως και 120 εκ. και απαντάται σε μαλακό υπόστρωμα (Zavodnik et al. 1991)(1). Τα τελευταία χρόνια ο πληθυσμός της πίννας έχει μειωθεί δραματικά, ξεκινώντας με μαζικές θνησιμότητες πληθυσμών στην Ισπανία και -πλέον- σε όλη τη Μεσόγειο, συμπεριλαμβανομένης και της Ελλάδας. Είναι απαραίτητη η αξιολόγηση της κατάστασης των εναπομενόντων πληθυσμών πίννας στην Ελλάδα και ο προσδιορισμός της αιτιολογίας θανάτου. Πρόσφατα οι διαγνωστικές έρευνες επιβεβαίωσαν επανειλημμένα την ταυτόχρονη παρουσία ποικίλων παθογόνων στα δίθυρα που είχαν προσβληθεί. Παρατηρήθηκε μεγάλη συχνότητα του *Mycobacterium (Actinomycetota),* όπως και η παρουσία του *Haplosporidium pinnae (Haplosporida)* ενώ τα βακτήρια *Vibrio mediterranei* (Pacini , 1854) και *Perkinsus sp.* ( Levine, 1978 ) απομονώθηκαν επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις, υποδηλώνοντας πως η έκθεση σε πολλαπλά παθογόνα θα μπορούσε να αυξήσει την πολυπλοκότητα της παθογένειας της νόσου (Carella et al. 2020)(2).

## ΣΥΝΤΟΜΟ ΙΣΤΟΡΙΚΟ ΤΟΥ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟΥ

Τα φαινόμενα μαζικής θνησιμότητας επηρέασαν την πιννα (*Pinna noblis*) προκαλώντας σχεδόν την εξαφάνιση της το 2016. Οι αρχικές διαγνωστικές έρευνες επικεντρώθηκαν σε ένα νέο πρωτόζωο, το *Haplosporidium pinnae.* Τα απλοσπορίδια αποτελούν σημαντικά ενδοπαράσιτα των ασπόνδυλων με ένα ευρύ φάσμα ξενιστών δίθυρων ,καρκινοειδών, χιτωνοφόρων και πολυχαιτών. Στα δίθυρα , το απλοσπορίδιο έχει συσχετιστεί με επιζωοτικές θνησιμότητες εκτρεφόμενων μαλακίων που προσβλήθηκαν από καταγεγραμμένη νόσο λόγω του *Haplosporidium nelsoni*. Το παράσιτο εντοπίστηκε σε πολλές άλλες περιοχές όπως στην Ελλάδα, στην Ιταλία, στην Ισπανία , Κροατία και Τουρκία. (Katsanevakis et al. 2019, Saric et al. 2021)(3). Θεωρείται ένας από τους κύριους αιτιολογικούς παράγοντες αυτών των φαινομένων μαζικού θανάτου. Λόγω του επικρατέστερου και εντονότερου

παθογόνου, η δυναμική του στους ξενιστές τους μπορεί να είναι εποχιακή και εξαρτάται από περιβαλλοντικές παραμέτρους , εντούτοις , αρκετά πρόσφατες μελέτες έδειξαν ότι τα φαινόμενα θνησιμότητας του *P. nobilis* προκαλούνται από συνδιασμό πολυμικροβιακής μόλυνσης, ακόμα και χωρις την παρουσία του *H.pinnae*. (Lattos et al. 2021)(4). Δείγματα *από ημαθανή άτομα* που συλλέχτηκαν κατά την διάρκεια του φαινομένου στην Τυρρηνικη Θάλασσα , έδειξαν συστεμικό σύνδρομο που σχετίζεται με την παρουσία του *Mycobacterium simiae.* Περαιτέρω αναφορές που δημοσιεύτηκαν από άλλες παράκτιες περιοχές της Μεσογείου επιβεβαίωσαν την παρουσία τόσο του *H.pinnae* όσο και των μυκοβακτηριακών παθογόνων σε πολλαπλά φαινόμενα μαζικού θανάτου, αλλά και ταυτόχρονα εμφάνιση άλλων παθογόνων (Lattos et al. 2021)(4). Η αρχική υπόθεση για ένα μεμονωμένο παθογόνο πρωτόζωο που προκαλεί την εξαφάνιση των πληθυσμών του *P.nobilis* είναι υπό διερεύνηση. Περαιτέρω φυλογενετική ανάλυση των απομονωμένων παθογόνων από ημιθανή άτομα έδειξε υψηλή ομοιογένεια όλων των στελεχών *Mycobacterium* και του *H. pinnae* που έχουν αναφερθεί στην Ελλάδα στην Ισπανία και την Ιταλια (Carella et al. 2019)(2).




**Εικ 1.Πεδίο έρευνας.**
**Fig1. Research field**

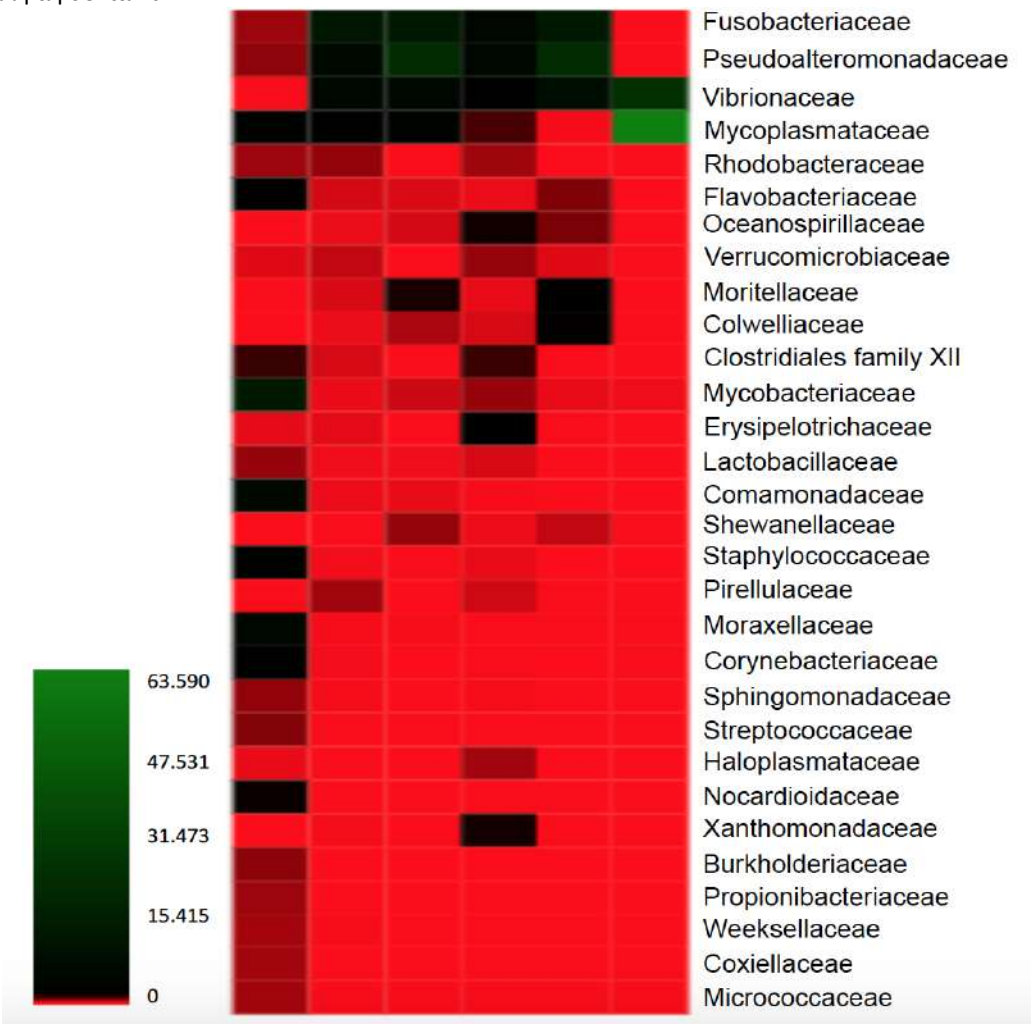
## ΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΣΤΗΝ ΕΛΛΑΔΑ

Σε δείγματα του Θερμαϊκού Κόλπου, στην Ελλάδα, ιστοπαθολογικά αποτελέσματα εντόπισαν την παρουσία *Mycobacterium sp*. και *H. pinnae*. Ωστόσο, ενώ το *Mycobacterium sp* ανιχνεύτηκε σε όλα τα εξεταζόμενα δείγματα, το *H. pinnae* δεν ανιχνεύτηκε σε όλα τα προσβεβλημένα άτομα. Είναι ενδιαφέρον πως η παρακολούθηση του πληθυσμού του *P. nobilis* στο **Θερμαϊκό Κόλπο** (Εικ.1), αποκάλυψε την παρουσία και των δυο παθογόνων σε μερικά (ωστόσο λίγα) δείγματα σε μεγάλη ποσότητα, χωρίς, όμως, κλινικά συμπτώματα της ασθένειας (Lattos et al. 2020)(4). Η μαζική θνησιμότητα του πληθυσμού στο Θερμαϊκό Κόλπο το Φθινόπωρο, συνεπεσε με μια παρατεταμένη περίοδο αυξημένης θερμοκρασίας στην θάλασσα προκαλώντας τον αφανισμό όλων των πληθυσμών σε ρηχά νερά (4-10 μ). Στο **Αιγαίο Πέλαγος**, η μόλυνση εξαπλώθηκε σε όλους σχεδόν τους βιότοπους στα τέλη της άνοιξης την ίδια χρονιά, περιορίζοντας τους επιζώντες πληθυσμούς μυδιών στον κόλπο της Καλλονής της Λέσβου και στο Μαλιακό Κόλπο Φθιώτιδας (Lattos et al. 2020)(4). Παρά την πτώση της θερμοκρασίας το χειμώνα του 2019 ( αν και εξακολουθεί να είναι υψηλότερη από τις κανονικές τιμές ως γενική συνέπεια της κλιματικής αλλαγής) , η θνησιμότητα των πληθυσμών συνεχίστηκε με χαμηλό ρυθμό σε σχέση με τους καλοκαιρινούς μήνες της προηγούμενης χρονιάς. Ιστοπαθολογικά, η σοβαρότητα των παθολογικών αλλοιώσεων ήταν πιο εκτεταμένη. Ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις , συνδέθηκαν με την μοναδική παρουσία του *Mycobacterium sp.* Εστίες φλεγμονής παρατηρήθηκαν όταν το *H. pinnae* ανιχνέυθηκε στο στάδιο της σπορόκύστης. Στη τελευταία περίπτωση, ήπιες φλεγμονώδεις αντιδράσεις συσχετίστηκαν με τις

φάσεις σπορίωσης του παρασίτου, ενώ οι βλάβες απουσίαζαν με την ταυτόχρονη παρουσία πλασμώδιων, υποδηλώνοντας ότι η ανίχνευση των διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης αυτού του παρασίτου θα μπορούσε να έχει διαγνωστική αξία κατά την διάρκεια των λοιμώξεων από το *Haplosporidium sp.* Στα περισσότερα από τα εξεταζόμενα προσβεβλημένα/ετοιμοθάνατα δείγματα παρατηρήθηκε η ταυτόχρονη ανίχνευση και των δυο παθογόνων και η παρουσία τους στις φλεγμονώδεις αλλοιώσεις (Lattos et al. 2020)(4). Η παρουσία του φαινομένου της θνησιμότητας σε περιοχές όπου τα παθογόνα δεν εντοπίζονταν υποστηρίζουν την υπόθεση πως αμφότερα τα ***Mycobacterium sp.*** και ***Haplosporidium pinnae*** **συνεργούν** στην εξέλιξη της παθογένειας.

**ΑΝΙΧΝΕΥΣΗ ΕΠΙΠΛΕΟΝ ΔΥΝΗΤΙΚΑ ΠΑΘΟΓΟΝΩΝ ΜΙΚΡΟΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ**

Στελέχη του γένους *Vibrio sp* εντοπίστηκαν επίσης σε λίγες περιπτώσεις, υποδηλώνοντας ότι η έκθεση σε πολλαπλά παθογόνα θα μπορούσε να αυξήσει την πολυπλοκότητα της παθογένεσης. Στην Ελλάδα πραγματοποιήθηκε μια προσέγγιση της γονιδιωματικής αλληλουχίας του 16S rRNA αξιολογώντας τη βακτηριακή ποικιλομορφία του πεπτικού ιστού των προσβεβλημένων ατόμων. Τριάντα ημιθανή άτομα συλλέχθηκαν από δυο διαφορετικές περιοχές του Αιγαίου Πελάγους. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν τον Φεβρουάριο και τον Απρίλιο του 2020. Συγκεντρωτικά, εντοπίστηκαν πολυάριθμα παθογόνα βακτήρια όπως *Vibrio mediterranei*, *Allivibrio* spp., *Photobacterium* spp., *Pseudoalteromonas* spp., *Psychrilyobacter spp.* και *Mycoplasma* spp., με το τελευταίο να βρίσκεται σε μεγάλη αφθονία Εικ. 2.




**Εικ. 2. Αφθονία βακτηριακών στελεχών που ταυτοποιήθηκαν εντός του πεπτικού ιστού της πίννας**
**Fig. 2. Abundance of bacterial strains isolated and identified within digestive gland of *P. nobilis.***

**ΕΠΟΧΙΚΗ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗ**

Στο Αιγαίο, οι έρευνες των φαινομένων θνησιμότητας σε πληθυσμούς του *P. nobilis* διεξήχθησαν κατά τους χειμερινούς μήνες κατά μήκος των ελληνικών παράκτιων ζωνών και αποκάλυψαν την πρώτη ανίχνευση του βακτηρίου *V. Mediterranei* σε συνδυασμό με άλλο *Vibrio sp*p. Επιπλέον, εκτός από τη παρουσία των *Vibrio spp,* βακτήρια που ανήκουν ταξινομικά στα *Mycobacterium spp.* ανιχνεύτηκαν σε όλα τα εξεταζόμενα άτομα. Τέλος αξίζει να σημειωθεί ότι το πρωτόζωο *H. pinnae* ανιχνεύθηκε σε 3 από τα 17 δείγματα που μελετήθηκαν.

Δείγματα του *P. nobilis* που συλλέχτηκαν στο κόλπο Altacs του Έβρου, φάνηκε επίσης πως είχαν μολυνθεί από *V. mediterranei* σε διαφορετικούς ιστούς (ιδιαίτερα στους μυς και στους νεφρούς) με 60% των ατόμων να έχουν θετικό PCR αποτέλεσμα σε τουλάχιστον έναν ιστό (προσαγωγός μυς, γονάδες, νεφρούς, πεπτικός αδένας ή βράγχια) χωρίς , όμως , να εμφανίζει κάποια ένδειξη ασθένειας. Σε μια μελέτη στο πεδίο που πραγματοποιήθηκε το 2020 στον υπόλοιπο μέσο πληθυσμό του *P. nobilis* μετά την καταστροφή του πληθυσμού στο Θερμαϊκό Κόλπο, ανιχνεύθηκαν είδη *Vibrio* συμπεριλαμβανομένου του *V. mediterranei* μαζί με άλλα είδη *Vibrio spp*. σε ετοιμοθάνατα είδη (Lattos et al 2021b)(4).

Αβιοτικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία, η υγρασία και τα θρεπτικά συστατικά του εδάφους μπορούν όλα να έχουν ισχυρές επιπτώσεις στη χωρική κατανομή των παθογόνων. Οι ίδιοι αβιοτικοί παράγοντες επηρεάζουν επίσης την φυσιολογία των ζώων, όπως η ωοτοκία και η επακόλουθη 'στρατολόγηση' νεαρών που επηρεάζονται από τη θερμοκρασία του νερού. Μια απουσία στρατολόγησης έχει σημειωθεί στο παρελθόν μεταξύ των πληθυσμών του Δέλτα του Έβρου και οι έρευνες με χρήση qPCR ειδικής για P. nobilis ανίχνευσαν πολύ χαμηλά επίπεδα αυγών/προνυμφών *P. nobilis* σε δείγματα θαλασσινού νερού που συλλέχθηκαν σε αυτήν την περιοχή κατά τη διάρκεια του Αυγούστου-Σεπτεμβρίου 2016.

**ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Υπάρχει η έντονη ανάγκη για την εφαρμογή ενεργής επιτήρησης που επικεντρώνονται σε νέα αναπτυσσόμενα παθογόνα με ζωοσογόνους παράγοντες, όπως το *Mycobacterium* που ανιχνεύτηκε στο *P. nobilis* όπου είναι ιδιαίτερα σημαντικό για την διεπαφή ανθρώπου/θαλάσσιου οικότοπου της λεκάνης της Μεσόγειου, επειδή αντιμετωπίζει πρωτοφανή οικολογική πίεση που είναι πιθανό να οδηγήσει στη εμφάνιση νέων παθογόνων με απρόβλεπτους τρόπους. Ακόμη τονίζουμε την άμεση ανάγκη για μελλοντική έρευνα για απλοποιημένες υποθέσεις ασθενειών και τη ληψη υπόψην πολλαπλών πρόσθετων στοιχείων που μπορεί να έχουν αντίκτυπο στην φυσιολογία του μεγαλύτερου δίθυρου στη λεκάνη της Μεσογείου.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΊΕΣ**

*Η εργασία αποτελεί μέρος του έργου «ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ-ΑΝΑΚΑΜΨΗ-ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΠΑΠΕΙΛΟΥΜΕΝΟΥ ΕΙΔΟΥΣ (ΠΙΝΝΑ) PINNA NOBILIS» με Κωδικό ΟΠΣ 5052394 και χρηματοδοτήθηκε απο το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ 2014-2020».*

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Epidemiology of Noble Pen Shell (Pinna nobilis L. 1758) Mass Mortality Events in Adriatic Sea Is Characterised with Rapid Spreading and Acute Disease Progression(2)
https://www.mdpi.com/2076-0817/9/10/776

Pinna nobilis in the south Marmara Islands (Sea of Marmara); it still remains uninfected by the epidemic and acts as egg laying substratum for an alien invader(3)
https://ejournals.epublishing.ekt.gr/index.php/hcmr-med-mar-sc/article/view/25289

Seasonal variations in the rate of photosyntheticactivity and chemical composition of the seagrassCymodocea nodosa(Ucr.) Asch.*(1)
https://scientiamarina.revistas.csic.es/index.php/scientiamarina/article/view/975/1016

The Implication of Vibrio Bacteria in the Winter Mortalities of the Critically Endangered Pinna nobilis (3)
https://www.mdpi.com/2076-2607/9/5/922

# Πρώτα αποτελέσματα παρακολούθησης της πίννας *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) μετά το φαινόμενο μαζικής θνησιμότητας και της πληθυσμιακής κατάρρευσης του είδους στη Μεσόγειο

**Ιωάννης Ε. Τσαμαδιάς[1], Ευθύμιος Σπίνος[2], Αλέξιος Ράμφος[3], Δήμητρα Ρίζου[4], Μυρτώ Ντούνη[3], Αθανάσιος Ε. Αλεξανδρόπουλος[3], Αθανάσιος Λάττος[5], Δημήτριος Ρίζος[6], Ιωάννης Α. Γιάντσης[7], Γεώργιος Κατσέλης[3], Δημήτριος Κ. Μουτόπουλος[3], Ιωάννης Α. Θεοδώρου[3], Στάικου Αλεξάνδρα[5], Κωνσταντίνος Φειδάντσης[5], Βασίλειος Μιχαηλίδης[5]**

[1] Τμήμα Αλιείας, Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας, Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 35100 Λαμία, j.tsamadias@pste.gov.gr
[2] Τμήμα Αλιείας, Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας, Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, 26443 Πάτρα, e.spinos@pde.gov.gr
[3] Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, 30210 Μεσολόγγι, aramfos@upatras.gr, jtheo@upatras.gr, gkatselis@upatras.gr, dmoutopo@upatras.gr
[4] Philosofish SA, 35009 Άγιος Σεραφείμ, 181ο χλμ Αθηνών-Λαμίας, d.rizou@philosofish.eu
[5] Τμήμα Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, aqualattos@bio.auth.gr, astaikou@bio.auth.gr, michaeli@bio.auth.gr
[6] Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας και Κτηνιατρικής, Περιφέρεια Στερεάς Ελλάδας, 35100 Λαμία, rizos@pste.gov.gr
[7] Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 53100, Φλώρινα, Ελλάδα, igiantsis@uowm.gr

**ABSTRACT**

**Ioannis E. Tsamadias, Efthimios Spinos, Alexis Ramfos, Dimitra Rizou, Myrto Ntouni, Athanasios E. Alexandropoulos, Athanasios Lattos, Dimitrios Rizos, Ioannis A. Giantsis, George Katselis, Dimitrios K. Moutopoulos, John A. Theodorou, Staikou Alexandra, Konstantinos Feidantsis, Basile Michaelidis: Preliminary results from monitoring fan mussel *Pinna nobilis* (L. 1758) following a mass mortality event and population collapse in Mediterranean Sea**

The fan mussel *Pinna nobilis,* being the largest marine bivalve in the Mediterranean, is an endemic of this ecoregion. Since 2019 it has been ranked by the IUCN Red List of Threatened Species as "Critically Endangered", reflecting the extensive population decline the species has undergone throughout its geographic range. A plethora of scientific groups, NGOs and citizens have made efforts to locate alive and healthy individuals in an attempt to promote conservation. The aim of the present study was to provide new records of alive *P. nobilis* individuals in three marine areas in Greece, namely Cephalonia, Amvrakikos and Maliakos Gulfs. Underwater diving was performed in the three areas using distance sampling by line transect photography. In total 25 alive individuals were recorded, indicating high incidence of mass mortalities in those areas. Our results provided evidence on the existence of healthy specimens in some ecosystems that could contribute to the conservation of the species through appropriate management measures.

**Keywords**: *Pinna nobilis*, fun mussel, mass mortalities, conservation, legal framework

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πίννα *Pinna nobilis* Linnaeus, 1758, είναι ενδημικό δίθυρο της Μεσογείου, το μεγαλύτερο στην περιοχή και ένα από τα μεγαλύτερα στον πλανήτη. Το μήκος του οστράκου μπορεί να φτάσει τα 120 εκατοστά (Zavodnik *et al*. 1991) και η διάρκεια ζωής του τα 45 χρόνια (Garcia-March *et al*. 2020). Το όστρακο είναι κατά το 1/3 περίπου θαμμένο στην άμμο ή σε άλλο κινητό υπόστρωμα μέσα σε λειμώνες δύο θαλάσσιων φανερόγαμων, της *Posidonia oceanica,* Delile 1813 και της *Cymodocea nodosa,* Ascherson 1870, σε βάθη από 0,5 έως 60 μέτρα (Basso *et al*., 2015), όπως και σε λιμνοθάλασσες (Katsanevakis 2007). Η πίννα έχει αποτελέσει αντικείμενο εντατικής μελέτης καθώς παρουσιάζει ενδιαφέρον οικολογικό (Natalotto *et al*. 2015), αλιευτικό (Vafidis *et al* 2014), βιοτεχνολογικό (Marin *et al*. 2019) και ιστορικό (Voultsiadou *et al*. 2010). Ανθρωπογενείς παράγοντες, όπως η αλίευση και η υποβάθμιση του τυπικού ενδιαιτήματος του είδους (λειμώνες *P. oceanica*), έχουν φέρει τους πληθυσμούς σε οριακές συνθήκες επιβίωσης (Deudero *et al*., 2015). Ως αποτέλεσμα, κρίθηκε απαραίτητη η λήψη μέτρων προστασίας (Council of Europe 1996), το είδος συμπεριλήφθηκε στην Οδηγία

92/43 (ΕΟΚ 1992) και χαρακτηρίστηκε ως αυστηρά προστατευόμενο. Τα μέτρα προστασίας του είδους και των ενδιαιτημάτων του, οδήγησαν σε ανάκαμψη πληθυσμών.

Από το φθινόπωρο του 2016 βρίσκεται σε εξέλιξη ένα φαινόμενο μαζικής θνησιμότητας, που ξεκίνησε από τις νοτιοανατολικές ακτές της Ισπανίας (Vazquez-Luis *et al*. 2017) με κατεύθυνση προς ανατολικά και έχει επηρρεάσει σχεδόν όλους τους πληθυσμούς της πίννας στη Μεσόγειο. Οι Scarpa *et al*. (2021) στην ανασκόπηση τους σχετικά με τα αίτια της παρατηρούμενης θνησιμότητας αναφέρονται στο πρωτόζωο *Haplosporidium pinnae* αλλά και στην παρουσία *Mycobacterium* spp. Και *Vibrio* spp. Σε νεκρούς ή μολυσμένους πληθυσμούς. Πρόσφατες μελέτες από τους Lattos *et al*. (2021) επιβεβαιώνουν την επίπτωση των παραπάνω παθογόνων οργανισμών στην θνησιμότητα της πίννας.

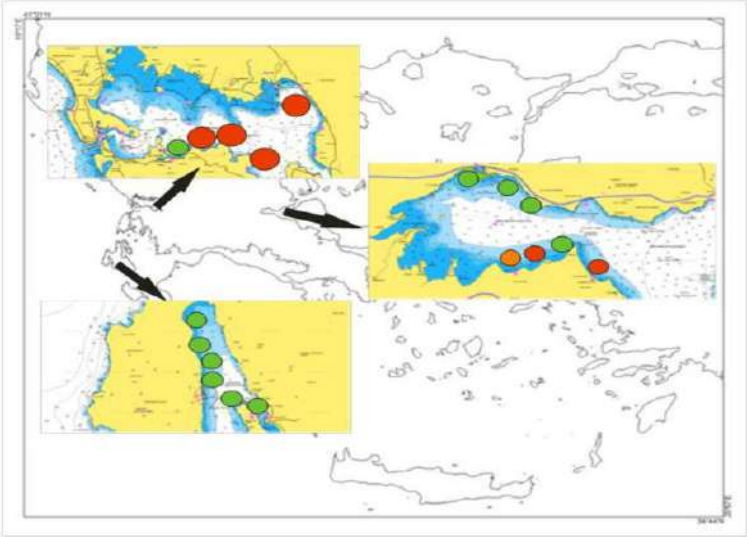
Στο πλαίσιο αυτό, ερευνητικά προγράμματα και ερευνητικές ομάδες, η κοινωνία των πολιτών, που συμπεριλαμβάνει χρήστες του θαλάσσιου περιβάλλοντος, μη κυβερνητικές οργανώσεις (ΜΚΟ) και πολίτες ευαισθητοποιημένοι στην προστασία της βιοποικιλότητας, έχουν εμπλακεί ενεργά στην αναζήτηση ζωντανών ατόμων και υγιών πληθυσμών πίννας και στην αποτύπωση των αιτιολογικών παραγόντων της μαζικής θνησιμότητας του είδους. Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι να παρουσιάσει τα πρώτα αποτελέσματα σχετικά με την ανεύρεση ζωντανών ατόμων από τον κόλπο Αργοστολίου, τον Αμβρακικό και τον Μαλιακό κόλπο. Επιπλέον, έγινε προσπάθεια να εξεταστεί διαχρονικά το καθεστώς προστασίας της πίννας και να συζητηθεί μια πτυχή που αφορά την αλληλεπίδραση πολιτείας και επιστήμης με στόχο την εύρεση λύσεων και τη λήψη μέτρων προστασίας και διαχείρισης των απομενόντων πληθυσμών της πίννας.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η έρευνα επικεντρώθηκε σε θαλάσσιες περιοχές όπου βρισκόντουσαν πληθυσμοί πίννας όπως ο Αμβρακικός (Theodorou *et al*. 2022), ο Μαλιακός κόλπος (Theodorou *et al*. 2017) και ο κόλπος Αργοστολίου (Ακριβός *et al*. 2019). Σε προεπιλεγμένες θέσεις που επιλέχθηκαν βάσει μαρτυριών επαγγελματιών αλιέων και προηγούμενων παρατηρήσεων και δημοσιεύσεων της ερευνητικής ομάδας και κατά το δυνατόν καλύπτοντας όλη την περίμετρο των κόλπων, γινόταν υποβρύχια οπτική δειγματοληψία με υποβοήθηση οξυγόνου. Η μέθοδος της δειγματοληψίας από απόσταση τέθηκε σε εφαρμογή σε ευθεία γραμμή (distance sampling by line transect), με τους περιορισμούς που αποδέχεται για εδραίους θαλάσσιους οργανισμούς (Katsanevakis 2007). Οι γραμμές οπτικής δειγματοληψίας περιορίζονταν σε βάθη 0-3 μ.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Την 1η Μαρτίου 2022 σε σημείο του νότιου Αμβρακικού κόλπου βρέθηκαν 14 ζωντανά άτομα, ενώ επιπλέον 8 άτομα βρέθηκαν ζωντανά στο Μενίδι στον μυχό του κόλπου την 9η Ιουνίου 2022. Επιπλέον, 2 ζωντανά άτομα βρέθηκαν στο νότιο Μαλιακό κόλπο την 12η Μαϊου 2022 στην περιοχή Αγίας Τριάδας, ενώ την ίδια περίοδο βρέθηκε από επαγγελματία οστρακαλιέα και 1 άτομο στο Θρόνιο (Β. Ευβοικός κόλπος) (Εικ.1). Στον κόλπο Αργοστολίου, παρ' όλη την εκτεταμένη δειγματοληψία δεν βρέθηκε ζωντανό άτομο.



**Εικ 1. Χάρτης των 3 περιοχών μελέτης. Κόλπος Αργοστολίου (κάτω αριστερά), Αμβρακικός Κόλπος (επάνω αριστερά) και Μαλιακός Κόλπος (δεξιά). Με κόκκινους κύκλους αναπαρίσταται η καταγραφή ζωντανών ατόμων πίννας (μικρότεροι κύκλοι έως 2 άτομα, μεγαλύτεροι περισσότερα από 2 άτομα), με πορτοκαλί κύκλο άτομο που είχε πεθάνει λίγο πριν την δειγματοληψία και με πράσινους κύκλους αναπαρίσταται δειγματοληψία χωρίς την καταγραφή ζωντανών ατόμων.**
**Fig. 1. Map showing the 3 study areas: Argostoli gulf (down left), Amvrakikos gulf (up left) and Maliakos gulf (right). Red circles indicate live fan mussel individuals, orange circles, recently dead specimen, and green circles indicate that no specimens were found during sampling. Circle size indicate number of individuals (small circles, sampling with two or less specimens).**

**Α Β Γ**

**Εικόνα 2. Α: Νεκρό νεαρό άτομο πίννας στον Μαλιακό κόλπο όπου φαίνεται ακόμη η βύσσος. Β και Γ: Ζωντανά άτομα πίννας στον Μαλιακό και Αμβρακικό κόλπο, αντίστοιχα.**
**Fig.2. A: Recently dead young fan mussel specimen, with byssus threads still visible. B, C alive individuals from Maliakos and Amvrakikos gulfs, respectively.**

Η ένταση και η έκταση του καταστροφικού φαινομένου της μαζικής θνησιμότητας της πίννας παρατηρείται για πρώτη φορά στη Μεσόγειο . Ο ρυθμός θνησιμότητας και η ταχύτητα εξάπλωσης των πιθανολογούμενων αιτιολογικών παραγόντων είναι χωρίς προηγούμενο (Garcia-March *et al*. 2020). Ιστορικά, οι πληθυσμιακές παράμετροι του είδους έχουν περάσει από την κατάσταση της ευημερίας, στη σχετική αφθονία εξ'αιτίας της εκμετάλλευσης του είδους (Vafidis *et al*. 2014) και άλλων ανθρωπογενών επιδράσεων, στο στάδιο όπου αποφασίστηκε ότι χρειάζονται διορθωτικά μέτρα (ΕΟΚ 1992), στο στάδιο της σχετικής ανάκαμψης (Deudero *et al*. 2015) και τελικά στη παν-Μεσογειακή μαζική θνησιμότητα (Vazquez-Luis *et al*. 2017; Marin *et al*. 2019). Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας τεκμηριώνουν την παρουσία απομονωμένων ατόμων ή και μικρών πληθυσμών σε θαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας και είναι σε συμφωνία με άλλες πρόσφατες εργασίες για περιοχές της Ισπανίας (Nebot-Colomer *et al*. 2022), της Ιταλίας (Donato *et al*. 2021), της Γαλλίας (Ruitton & Lefebvre 2021) και της Τουρκίας (Karadurmus *et al*. 2022).

Για τη θεσμική υποστήριξη της ανάκαμψης των πληθυσμών της πίννας, θα πρέπει να εκτιμηθεί κατά πόσο η υφιστάμενη Οδηγία 92/43 η οποία μνηνονεύεται σχεδόν σε όλες τις

σχετικές αναφορές συμβάλει ικανοποιητικά στην πρακτική αποκατάσταση των πληθυσμών του είδους. Συγκεκριμένα, καθώς τα αποθέματα πίννας μειώνονταν σταθερά, το 1992 η Ευρωπαϊκή Ένωση (Ε.Ε.), τότε Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα (Ε.Ο.Κ.), αναγνώρισε το είδος ως αυστηρά προστατευόμενο (Παράρτημα IV της Οδηγίας Οικοτόπων - Ε.Ο.Κ. 1992). Η Οδηγία ήταν ένα πρώτο νομοθετικό κείμενο, το οποίο όμως ipso facto δεν παράγει έγκυρες νομικές συνέπειες. Στο δίκαιο της Ε.Ε. οι Οδηγίες δεν είναι δεσμευτικές νομοθετικές πράξεις, όπως οι Κανονισμοί (Ε.Ε. 2022). Συνήθως, οι Οδηγίες είναι εργαλεία πολιτικής και θέτουν ένα στόχο, για παράδειγμα την προστασία ενός είδους, που πρέπει να πετύχουν τα Κράτη-Μέλη ενώ εναπόκειται σε κάθε χώρα να θεσπίσει τις εθνικές διατάξεις για την επίτευξη των στόχων αυτών. Το Ενωσιακό δεσμευτικό κείμενο, ονομαστικά ο Κανονισμός (Ε.Ε.) 2019/1241 με το οποίο ρητά απαγορεύεται η τυχαία ή η στοχευμένη αλίευση της πίννας εκδόθηκε είκοσι επτά χρόνια μετά την έκδοση της Οδηγίας Οικοτόπων. Στην περίπτωση της Ελλάδας, υπήρχε ήδη μια πρώτη απαγόρευση για τη (στοχευμένη) αλιεία, την κατοχή, την αγορά, την πώληση, τη μεταφορά και την εξαγωγή της πίννας μερικά χρόνια πριν την Οδηγία Οικοτόπων (Υπουργείο Γεωργίας 1981). Καθώς οι διαδικασίες επιθεώρησης και ελέγχου και η επιβολή διοικητικών ποινών δεν ήταν σαφώς οριοθετημένες, ενώ έλειπαν και οι ανάλογες παραπομπές στην εθνική αλιευτική νομοθεσία, χρειάστηκαν και μεταγενέστερες νομοθετικές πράξεις. Συγκεκριμένα, έπρεπε να δημοσιευθεί πρώτα το Προεδρικό Διάταγμα 468/1983 «Αλιεία και Εμπορία οστράκων» και στη συνέχεια το Προεδρικό Διάταγμα 109/2002 «Αλιεία και Εμπορία δολωμάτων», ώσπου να γίνει διαδικαστικά άρτια η καταγραφή παράβασης και η επιβολή κυρώσεων και να επιβληθεί όχι μόνο τυπικά αλλά και στην ουσία η απαγόρευση αλίευσης. Η αναφερόμενη στη βιβλιογραφία δημοσίευση του Ευρωπαϊκού Συμβουλίου (1996) που οδήγησε στην συμπερίληψη της πίννας στην Οδηγία 92/43 και δόθηκε προτροπή στα κράτη-μέλη, που δεν το είχαν ήδη κάνει, να νομοθετήσουν σε εθνικό επίπεδο. Επιπλέον, η εργασία των Vazquez-Luis *et al*. (2017) και πολλές παρόμοιες που ακολούθησαν, με τη δημοσιότητα που έλαβαν λόγω της εμβληματικότητας του είδους, οδήγησαν στην ουσιαστική απαγόρευση αλίευσης του είδους με τον Κανονισμό (Ε.Ε.) 2019/1241. Οι Theodorou *et al*. (2022) αναφέρουν ότι ακόμη και επαγγελματίες οστρακαλιείς δεν είναι πλήρως ενήμεροι για τον Κανονισμό (ΕΕ) 2019/1241 ούτε και για τις γενικότερες διατάξεις της αλιείας διθύρων. Συνεπώς, όσο περισσότερο οι επιστημονικές/ακαδημαϊκές δημοσιεύσεις διαχέονται στην κοινωνία και έρχονται σε γνώση των αρμόδιων για σύνταξη και υιοθέτηση μέτρων ελέγχου-παρακολούθησης, η εφαρμογή μέτρων προστασίας ειδών και οικοσυστημάτων, θα είναι βελτιωμένη.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας ενθαρρύνουν τις προσπάθειες για περαιτέρω έρευνα σε διάφορα επίπεδα βιολογικής οργάνωσης τόσο σχετικά με τα αίτια θνησιμότητας του είδους Pinna nobilis στη Μεσόγειο, όσο και για λήψη μέτρων προστασίας και διαχείρισης των πληθυσμών του με στόχο την ανάκαμψη τους. Μέσω αυτών, θα γίνει δυνατή και η παρακολούθηση των πληθυσμιακών τάσεων και της δυναμικής του είδους. Φαίνεται ότι η πιθανή ύπαρξη ανθεκτικών ατόμων ή και πληθυσμών σε συγκεκριμένα οικοσυστήματα, θα μπορούσε να αναστρέψει την πορεία του καταστρεπτικού φαινομένου.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ** *Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου «Καινοτόμες δράσεις για την παρακολούθηση-ανάκαμψη-υποβοήθηση της στρατολόγησης του επαπειλούμενου είδους (πίννα) Pinna nobilis», με φορέα χρηματοδότησης το Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, το οποίο είναι ενταγμένο στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας και Θάλασσας (ΕΠΑΛΘ) 2014-2020 (κωδικός αριθμός προγράμματος: 5052394).*

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Basso L, Vazquez-Luis M, Garcia-March JR, Deudero S, Alvarez E, Vicente N, Duarte CM, Hendriks IE (2015) The pen shell, *Pinna nobilis*: a review of population status and recommended

research priorities in the Mediterranean Sea. In Curry BE (ed) Advances in Marine Biology 71. Academic Press, Oxford, p. 109-160

Council of Europe (1996) Background information on Invertebrates of the Habitats Directive and the Bern Convention. Part III - Mollusca and Echinodermata. Nature and Environment 81. Council of Europe Publishing, Strasbourg

Deudero S, Vázquez-Luis M, Álvarez E (2015) Human stressors are driving coastal benthic long-lived sessile fan mussel *Pinna nobilis* population structure more than environmental stressors. PLoS ONE 10(7): e0134530

Donato G, Vázquez-Luis M, Nebot-Colomer E, Lunetta A, Giacobbe S (2021) Noble fan-shell, *Pinna nobilis*, in Lake Faro (Sicily, Italy): Ineluctable decline or extreme opportunity? Estuarine, Coastal and Shelf Science, 261: 107536

García-March JR, Hernandis S., Vázquez-Luis M, Prado P, Deudero S, Vicente N, Tena-Medialdea J (2020)
Age and growth of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in the western Mediterranean Sea. Marine Environmental Research 153: 104795

Karadurmus U, Sari M (2022) The last hope: the struggle for survival of fan mussels in the Gulf of Erdek, Sea of Marmara, Turkey. Mediterranean Marine Science 23(3): 473-483

Katsanevakis S, 2007. Density surface modelling with line transect sampling as a tool for abundance estimation of marine benthic species: the *Pinna nobilis* example in a marine lake. Marine Biology 152(1): 77-85

Lattos A, Feidantsis K, Georgoulis I, Giantsis IA, Karagiannis D, Theodorou JA, Staikou A, Michaelidis B (2021) Pathophysiological responses of *Pinna nobilis* individuals enlightens the etiology of mass mortality situation in the Mediterranean populations. Cells 10(11): 2838

Marin F, Jackson D, Pasche D, Harrington MJ, Perrin J, Thomas J, Garcia A, Gilletta L, Luquet D, Motreuil S (2019) «Il faut sauver le soldat Pinna! » La Grande nacre de Méditerranée, bivalve patrimonial, est en grave danger d'extinction. 16èmes Rencontres Bourgogne-Franche-Comté Nature 31: 233-242

Natalotto A, Maisano M, Mauceri A, Deudero S (2015) Biomarkers of environmental stress in gills of *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) from Balearic Island. Ecotoxicology and Environmental Safety 122: 9-16

Nebot-Colomer E, Alvarez E, Belando MD, Deudero S, Catanese G, Bernardeau-Esteller J, Garcia-Munoz R, Ramos-Segura A, Ruiz JM, Vazquez-Luis M (2022) Living under threat: Will one of the last *Pinna nobilis* populations be able to survive? Aquatic Conservation 32(1): 1-13

Ruitton S, Lefebvre C (2021) Toward a recovery of the pen shell *Pinna nobilis* in the French Mediterranean open sea? Scientific Reports of the Port-Cros National Park, 35: 429-434

Scarpa F, Sanna D, Azzena I, Cossu P, Casu M (2021) From dark to light and back again: is *Pinna nobilis*, the largest Mediterranean shellfish, on the brink of extinction? What about Pinna nobilis. Veterinaria, 70(1): 1-14

Theodorou JA, James R, Tagalis D, Tzovenis I, Hellio C, Katselis G (2017) Density and size structure of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758), in the shallow water zone of Maliakos Gulf, Greece. Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences 58(1): 63-74

Theodorou JA, Akrivos V, Katselis G, Moutopoulos DK (2022) Use of Local Ecological Knowledge on the natural recruitment of bivalve species of commercial exploitation in a Natura Area. Journal of Marine Science and Engineering 10: 125

Vafidis D, Antoniadou C, Voultsiadou E, Chintiroglou C (2014) Population structure of the protected fan mussel *Pinna nobilis* in the south Aegean Sea (eastern Mediterranean). Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom 94(4): 787-796

Vázquez-Luis M, Álvarez E, Barrajón A, García-March JR, Grau A, Hendriks IE, Jimenez S, Kersting D, Moreno D, Perez M, Ruiz JM, Sánchez J, Villalba A, Deudero S (2017). SOS *Pinna nobilis*: A Mass Mortality Event in Western Mediterranean Sea. Frontiers in Marine Science 4: 220

Voultsiadou E, Koutsoubas D, Achrapaki M (2010) Bivalve mollusc exploitation in Mediterranean coastal communities: an historical approach. Journal of Biological Research 13: 35-45

Zavodnik D, Hrs-Brenko M, Legac M (1991) Synopsis on the fan shell *Pinna nobilis* L. in the eastern Adriatic Sea. In: C. F. Boudouresque, M. Avon, V. Gravez, editors. Les Especes Marines a Proteger en Mediterranee. Marseille, Gis Posidonie Publications. pp. 169–178

Ακριβός Β, Σπίνος Ε, Ράμφος Α (2019) Προεπισκόπηση πληθυσμών πίννας και ολοθούριων στον Κόλπο του Αργοστολίου με χρήση υποβρύχιας κάμερας. Πρακτικά Πανελλήνιου Συνέδριου Ιχθυολόγων 17: 30-33

Ευρωπαϊκή Ένωση (2022) Κανονισμοί, Οδηγίες και άλλες νομοθετικές πράξεις. Accessed 7.7.2022 in https://european-union.europa.eu/institutions-law-budget/law/types-legislation_el

Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα (1992) Οδηγία 92/43/ΕΟΚ του Συμβουλίου της 21ης Μαϊου 1992 για τη διατήρηση των φυσικών οικοτόπων καθώς και της άγριας πανίδας και χλωρίδας. Φύλλο Εφημερίδας L206

Υπουργείο Γεωργίας (1981) Περί προστασίας της αυτοφυούς χλωρίδος και άγριας πανίδας και καθορισμού διαδικασίας συντονισμού και ελέγχου της έρευνης επ’ αυτών. Φύλλο Εφημερίδας της Κυβέρνησης 23/τΑ΄/1981

# Μικροπλαστικά στη φρίσσα *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 από τον Θερμαϊκό Κόλπο

**Χαραλαμπία Τσελεπιδάκη, Κωνσταντίνος Γκάνιας, Δήμητρα Μπόμπορη**
[1]*Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Βιολογίας, Εργ. Ιχθυολογίας, Θ134, 54124 Θεσσαλονίκη,*
*tselepida@bio.auth.gr, kganias@bio.auth.gr, bobori@bio.auth.gr*

**ABSTRACT**
**Charalampia Tselepidaki, Konstantinos Ganias, Dimitra Bobori: Microplastics in round sardinella *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 from Thermaikos Gulf**
The present study aimed to investigate the presence of microplastics in specimens of the marine fish species round sardinella *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 in Thermaikos Gulf. The gastrointestinal tract and part of gills, muscle, and liver tissues were isolated from 31 specimens. All samples were digested in 10% potassium hydroxide (KOH) solution and filtrated on glass fiber filters (1.2 μm, Whatman GF/C). Filters were dried at 60 °C and used for microplastics' identification under a stereomicroscope, equipped with a camera. The extracted microplastics were classified according to their shape and color. Liver was the tissue that incorporated the majority of microplastics, compared to the other tissues, with regards to the number of microplastics/g of tissue. Fibers were the most common (77%) type and black, the most common (52%) color of microplastics found in the samples examined.
**Keywords:** gastrointestinal track, liver, muscle, gills, potassium hydroxide digestion

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μικροπλαστικά, αποτελούν μία ετερογενή ομάδα σωματιδίων τα οποία έχουν διαφορετικό σχήμα, μέγεθος (<5 mm), πυκνότητα και χημική σύνθεση (Kurtela & Antolovic 2019). Η συσσώρευση μικροπλαστικών στους ωκεανούς προκαλεί μη αντιστρεπτές συνέπειες στους θαλάσσιους οργανισμούς, όπως τα ψάρια. Τα μικροπλαστικά στα ψάρια μπορούν να εισέλθουν από το στόμα με κατάποση, αλλά και μέσω των βραγχίων. Οι ίνες μικροπλαστικών μπορούν να περιορίσουν τα μονοπάτια διόδου της τροφής, να φράξουν το πεπτικό σύστημα και να δημιουργήσουν ένα λανθασμένο αίσθημα πληρότητας του στομάχου, οδηγώντας σε μείωση της κατανάλωσης τροφής (Hossain et al. 2019). Εκτιμάται ότι το 30% των ατόμων ψαριών που εξετάζονται περιέχουν μικροπλαστικά και ότι σε κάθε άτομο από αυτά εντοπίζονται 1-7,2 πλαστικά σωματίδια (Nerland et al. 2014).

Στην παρούσα εργασία, η μελέτη της παρουσίας μικροπλαστικών βασίστηκε σε δείγματα του είδους *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847 (Φρίσσα, Εικόνα 1). Το είδος, που επιλέχθηκε λόγω της χρήσης του ως βιοδείκτης για τον έλεγχο ύπαρξης μικροπλαστικών σε υδάτινα περιβάλλοντα (Adika et al. 2020), είναι μικρόσωμο, πελαγικό και με μικρή διάρκεια ζωής. Τρέφεται κυρίως με ζωοπλαγκτό, με προτίμηση στα κωπήποδα και με προνύμφες καρκινοειδών, αλλά μπορεί να καταναλώνει και φυτοπλαγκτό. Το τροφικό του επίπεδο ορίζεται σε 3,4 ± 0,5. Πρόκειται για ένα είδος με ευρεία εξάπλωση καθώς απαντά στον Ατλαντικό ωκεανό, τη Βαλτική και τη Μεσόγειο θάλασσα.

**Εικόνα 1: *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847, Φρίσσα. Πηγή: Froese & Pauly 2022**
**Figure 1: *Sardinella aurita* Valenciennes, 1847, Frissa. Source: Froese & Pauly 2022 www.fishbase.org**

Στην παρούσα έρευνα έγινε διερεύνηση της ύπαρξης μικροπλαστικών σε δείγματα ατόμων του είδους *Sadinella aurita* από το Θερμαϊκό Κόλπο με σκοπό να εκτιμηθεί η αφθονία τους και η περιεκτικότητά τους σε διαφορετικούς ιστούς και όργανα του είδους.

**ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

Τα δείγματα ψαριών συλλέχθηκαν από την περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου, που εντοπίζεται στο βορειοδυτικό Αιγαίο. Στο θαλάσσιο οικοσύστημα του Θερμαϊκού Κόλπου καταλήγουν τα ρυπαντικά φορτία μεγάλων ποτάμιων συστημάτων της χώρας. Επιπλέον δέχεται τα απόβλητα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας λυμάτων της Θεσσαλονίκης αλλά και τις ανθρωπογενείς πιέσεις από την περιοχή (βιομηχανία, υδατοκαλλιέργειες, αγροτικές δραστηριότητες), που οδηγούν σε υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών στη στήλη του νερού και στη συσσώρευση μεταλλικών στοιχείων στο ίζημα (Petala et al. 2018).

Από την περιοχή συλλέχθηκαν 31 άτομα φρίσσας, από τα οποία, αφού ζυγίστηκαν, ο γαστρεντερικός σωλήνας, τα βράγχια, το ήπαρ και τμήμα του μυϊκού ιστού. Ακολούθησε πέψη συγκεκριμένου βάρους των ιστών με 10% w/v υδροξείδιο του καλίου (KOH) σε κλίβανο στους 60 °C για 3 ημέρες (Bessa et al. 2018). Η ίδια διαδικασία ακολουθήθηκε και για τα τυφλά τα οποία αποτελούσαν το 10% του συνόλου των δειγμάτων. Μετά την ολοκλήρωση της πέψης ακολούθησε διήθηση με προζυγισμένα φίλτρα 1,2 μm (Whatman GF/C). Τα φίλτρα μετά τη διήθηση τοποθετούνταν σε κλίβανο στους 60 °C για 24 h, ζυγίζονταν και αποθηκεύονταν περεταίρω παρατήρηση. Το ζύγισμα των φίλτρων πριν και μετά τη διήθηση πραγματοποιήθηκε με σκοπό τον υπολογισμό της αποδοτικότητας της διαδικασίας της πέψης που ακολουθήθηκε, σύμφωνα με τον τύπο (Thiele et al. 2019):

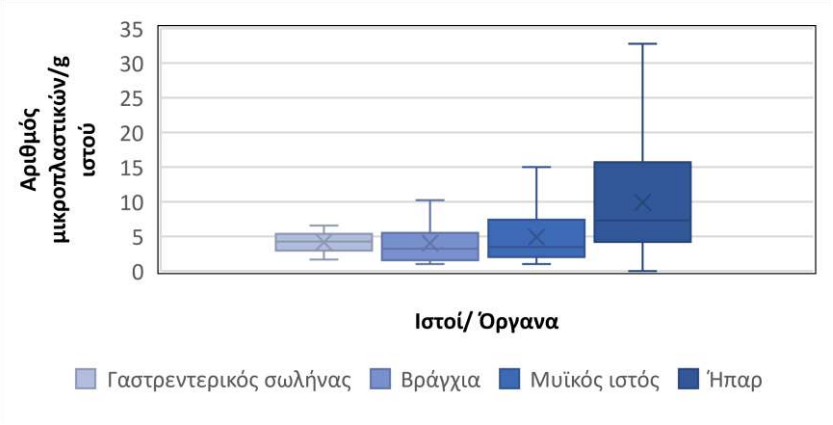
$$\text{Αποδοτικότητα (\%)} = -100 \quad \frac{\text{ξηρό βάρος φίλτρων (g)} * 100}{\text{υγρό βάρος ιστού (g)}} \qquad (1)$$

Σε όλη την εργαστηριακή διαδικασία, αποφεύγονταν η χρήση πλαστικών υλικών ενώ όλα τα αντικείμενα ξεπλένονταν με απιονισμένο νερό πριν χρησιμοποιηθούν. Παράλληλα, τηρήθηκαν όλες οι προφυλάξεις σε ότι αφορά στον ρουχισμό, προκειμένου να αποφευχθούν επιμολύνσεις των δειγμάτων.

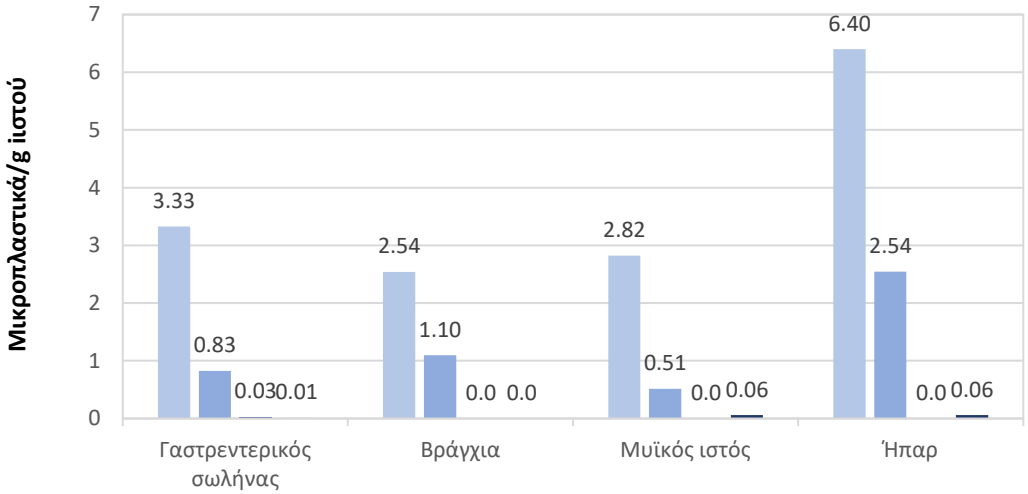
Συγκρίσεις μεταξύ του περιεχομένου των μικροπλαστικών στους ιστούς που εξετάστηκαν καθώς και μεταξύ των διαφορετικών τύπων και χρωμάτων έγιναν με την ανάλυση διασποράς κατά ένα παράγοντα (One-Way Anova) και τη χρήση του Tukey HSD-test (IBM SPSS Statistics, ver 27).

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Στα ψάρια που εξετάστηκαν, μέσου βάρους (±SD) 45,8 ± 4,2 g και μέσου μήκους (±SD) 17,3 ± 0,7 cm, βρέθηκαν συνολικά 775 πλαστικά σωματίδια (25 ± 14 ανά άτομο). Τα μικροπλαστικά, ως προς το σχήμα τους διακρίθηκαν σε ίνες, θραύσματα, σφαιρίδια και συσσωματώματα ινών. Επικρατέστερες ήταν οι ίνες (77%) και ακολουθούσαν τα θραύσματα (22%), ενώ στα δείγματα βρέθηκε μόλις 1 σφαιρίδιο. Από την ανάλυση των μικροπλαστικών, διαπιστώθηκε ότι κυριαρχούν τα χρώματα μαύρο (52%) και μπλε (31%) και σε σημαντικό ποσοστό το κόκκινο (10%) χρώμα. Τέλος, έπειτα από την εφαρμογή της εξίσωσης (1), φάνηκε ότι η αποδοτικότητα της πέψης στο μεγαλύτερο μέρος των δειγμάτων των ιστών ήταν ≥ 90%. Η επεξεργασία των δεδομένων από τους διαφορετικούς ιστούς έδειξε ότι ο πιο επιβαρυμένος ιστός ήταν το ήπαρ ($F= 36,574$, $p < 0,001$ ), με αριθμό μικροπλαστικών/g ιστού από 42,10 ως 156,79 (μέση τιμή ± SD 99±89,20) (Εικόνα 2).




**Εικόνα 2: Αριθμός μικροπλαστικών/g ιστού. Οι τιμές των μικροπλαστικών στο ήπαρ έχουν διαιρεθεί με το 10, για λόγους παρουσίασης. Στα θηκογράμματα μέσα στο πλαίσιο 50% των τιμών, κάθετες γραμμές min, max, οριζόντια γραμμή μέσος όρος, x διάμεση τιμή.**
**Figure 2: Number of microplastics/g of tissue. Values referred to liver have been divided by ten for presentation purposes. Box plots represent 50% of the values, vertical lines min, max, horizontal line the mean and, x the median values.**




**Εικόνα 3: Αριθμός μικροπλαστικών ανά τύπο / g ιστού. Οι τιμές των μικροπλαστικών στο ήπαρ έχουν διαιρεθεί με το 10, για λόγους παρουσίασης.**
**Figure 3: Types of microplastics/g of tissue. Values referred to liver have been divided by 10 for presentation purposes.**

Όσον αφορά το γαστρεντερικό σωλήνα, το εύρος τιμών των μικροπλαστικών/g ιστού ήταν 2,95-5,34 (4,15±1,58). Στον ιστό των βραγχίων, οι τιμές μικροπλαστικών/g ιστού κυμάνθηκαν από 1,56 ως 5,48 (4,01±2,93). Τέλος, στο μυϊκό ιστό βρέθηκαν 2,03-7,37 μικροπλαστικά (4,89±3,73). Ανάλογα, ο αριθμός ινών/g ιστού βρέθηκε στατιστικά υψηλότερος ($p < 0,001$) στο ήπαρ σε σχέση με τους υπόλοιπους ιστούς που εξετάστηκαν (Εικόνα 3) ενώ ο αριθμός των θραυσμάτων δεν διέφερε ($p>0,05$).
Αναφορικά με τα χρώματα των μικροπλαστικών, συχνότερη παρουσία στα δείγματα του γαστρεντερικού σωλήνα είχε το μαύρο (61%), το μπλε (21,5%), και το κόκκινο (11%). Ανάλογη

ήταν και η εικόνα στα βράγχια και το ήπαρ. Αντίθετα, στη σάρκα τα επικρατέστερα χρώματα μικροπλαστικών ήταν το μαύρο (46,4%), το μπλε (31,5%), και το πράσινο (11,7%), με τα μικροπλαστικά μαύρου χρώματος να υπερέχουν σημαντικά ($p < 0,001$) στα δείγματα του γαστρεντερικού σωλήνα.

Έρευνες για μικροπλαστικά σε ιστούς ψαριών, έχουν πραγματοποιηθεί για διαφορετικά είδη και σε άλλες περιοχές της Ελλάδας. Στη Κέρκυρα πραγματοποιήθηκε έρευνα που αφορούσε τη σαρδέλα *Sardina pilchardus* (Walbaum, 1792), το λυθρίνι *Pagellus erythrinus* (Linnaeus, 1758) και την κουτσομούρα *Mullus barbatus* Linnaeus, 1758. Η ανάλυση των μικροπλαστικών στο στομάχι και τον εντερικό σωλήνα των ιχθύων, έδειξε ότι η αφθονία τους δεν διαφέρει σημαντικά ανάμεσα στα είδη, κυμαινόμενη από 1,5 ± 0,26 ως 2 ± 0,26 (Digka et al. 2018). Τα άτομα φρίσσας από τον Θερμαϊκό κόλπο περιείχαν στον γαστρεντερικό σωλήνα κατά μέσο όρο 13 ± 7 μικροπλαστικά ανά άτομο, γεγονός που υποδηλώνει ότι δέχονται μεγαλύτερη επιβάρυνση από μικροπλαστικά σωματίδια συγκρινόμενα με τα είδη και κυρίως με τη σαρδέλα της παραπάνω αναφοράς. Το είδος *S. aurita* χρησιμοποιήθηκε ως βιοδείκτης από τους Adika et al. (2020) για τον έλεγχο του φορτίου μικροπλαστικών που δέχεται το επιβαρυμένο λιμάνι της Τέμα στη Γκάνα. Σύμφωνα με την έρευνα σε άτομα φρίσσας εντοπίστηκαν 26,0 ± 1,6 μικροπλαστικά ανά άτομο, τιμές ανάλογες με αυτές που εντοπίστηκαν στην παρούσα έρευνα.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας αποτελούν προκαταρκτικές ενδείξεις της επιβάρυνσης του θαλάσσιου περιβάλλοντος στην περιοχή του Θερμαϊκού Κόλπου καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη ελέγχου των αλιευμάτων που προέρχονται από την περιοχή ως προς το περιεχόμενό τους σε μικροπλαστικά.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Adika SA, Mahu E, Crane R, Marchant R, Montford RF, Gordon Ch (2020). Microplastic ingestion by pelagic and demersal fish species from the Eastern Central Atlantic Ocean, off the Coast of Ghana. Marine Pollution Bulletin 153: 110998.

Alabi OA, Ologbonjaye KI, Awosolu O, Alalade OE (2019). Public and Environmental Health Effects of Plastic Wastes Disposal: A Review. Toxicology and Risk Assessment 5: 021.

Bessa F, Barria P, Neto JM, Frias JPGL, Otero V, Sobral P, Marques JC (2018). Occurrence of microplastics in commercial fish from a natural estuarine environment. Marine Pollution Bulletin 128: 575-584.

Digka N, Tsangaris C, Torre M, Anastasopoulou A, Zeri Ch (2018). Microplastics in mussels and fish from the Northern Ionian Sea. Marine Pollution Bulletin 135: 30-40.

Froese R, Pauly D. Editors. 2022. FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, (02/2022)

Hossain MS, Sobhan F, Uddin MN, Sharifuzzaman SM, Chowdhury SR, Sarker S, Chowdhury MSN (2019). Microplastics in fishes from the Northern Bay of Bengal. Sience of the Total Environment 690: 821-830.

Kurtela A, Antolovic N (2019). The problem of plastic waste and microplastic in the seas and oceans: impact on marine organisms. Croatian journal of fisheries 77: 51-56.

Miliou, A., Hofer, S., Maridakis, C., Almeida, M., & Cox, R. (2016). Assessment of microplastics fibre contamination in the Eastern Aegean Sea, with the use of holothurians as indicator species. *Rapp. Comm. int. Mer Médit., 41.*

Nerland I, Halsband C, Allan I, Thomas KV (2014). Microplastics in marine environments: Occurrence, distribution, and effects. Norwegian Institute for water Research.

Petala M, Tsiridis V, Androulidakis I, Makris Ch, Baltikas V, Stefanidou A, Genitsaris S, Antoniadou C, Rammou D, Moustaka-Gouni M, Chintiroglou CC, Darakas E (2018). Monitoring the marine environment of Thermaikos gulf. In XIV Protection and Restoration of the Environment (PRE) Conference, Thessaloniki, Greece.

Thiele ChJ, Hudson MD, Russell, AE (2019). Evaluation of existing methods to extract microplastics from bivalve tissue: Adapted KOH digestion protocol improves filtration at single-digit pore size. Marine Pollution Bulletin 142: 384-393.

# Η εναλλαγή στη χρήση διαφορετικών αλιευτικών εργαλείων από τον Ελληνικό αλιευτικό στόλο για τα έτη 2017-2021

**Λάζαρος Τσιρίδης[1], Αγγελική Αδαμίδου[1], Κωνσταντίνος Τουλούμης[1], Μάνος Κουτράκης[1]**

[1]ΕΛΓΟ – ΔΗΜΗΤΡΑ, Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, Νέα Πέραμος, Καβάλα, 64007, e-mail: tsiridis@inale.gr

## ABSTRACT

**Lazaros Tsiridis[1], Angeliki Adamidou[1], Konstantinos Touloumis[1], Manos Koutrakis[1]: Heterogeneity in the fishing gear usage during the years 2017-2021**

Fishing consists of constant effort for fishers to maximize their economic yield by developing fishing strategies towards that goal and often relying on a multi-fishing gear approach. Fishing effort data, in terms of days per month per gear per vessel, were used to examine the Greek fishing fleet's multi-fishing gear strategies in four sub-areas for the period 2017-2021. The Hills evenness index was used to describe the homogeneity between the different fishing gears' usage per vessel at two different time scales, per month and year. Approximately 33.4% of vessels that occurred in the sample for more than one year changed their main fishing gear. The majority of the fishing vessels used more than one fishing gear ($H_{1,0}$<1) not only during the year but also during the month, revealing parallel fishing gear activity. Innovative approaches and practices are needed to identify the relationships between fishing gear usage and the causes behind this multi-fishing gear approach.

**Keywords:** fishing gear diversity, Shannon index, Hill evenness, fishing fleet

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η αλιεία, ως πρακτική εξασφάλισης εισοδήματος μέσα από την εκμετάλλευση ενός φυσικού πόρου, βασίζεται στην επιδίωξη των αλιέων να μεγιστοποιήσουν την οικονομική απόδοση της προσπάθειας που καταβάλουν. Υπό αυτό το πρίσμα, οι αλιείς αναπτύσσουν διάφορες στρατηγικές αλιείας, στοχεύοντας, σε γενικές γραμμές, είτε στην αύξηση του μεριδίου αλιεύματος το οποίο εκμεταλλεύονται, είτε στην βελτιστοποίηση της απόδοσής τους, ώστε να εξασφαλίζουν το μεγαλύτερο δυνατό οικονομικό όφελός με το μικρότερο δυνατό κόστος (Branch *et al* 2006). Οι αλιευτικές στρατηγικές, ωστόσο, καθώς και οι επιμέρους τακτικές τις οποίες εφαρμόζουν οι αλιείς, δεν είναι ομοιογενείς, αλλά διαφέρουν σημαντικά ως προς τον τρόπο με τον οποίο ασκούνται (Salas & Gaertner 2004). Σε γενικές γραμμές, οι βασικές αποφάσεις τις οποίες καλούνται να λάβουν οι αλιείς σχετίζονται με την επιλογή του αλιευτικού εργαλείου το οποίο θα χρησιμοποιήσουν, καθώς και την κατανομή της αλιευτικής του προσπάθειας τόσο στον χώρο όσο και στον χρόνο.

Όσον αφορά τον Ελληνικό αλιευτικό στόλο, συνήθως χαρακτηρίζεται ως πολύ-εργαλειακός, μιας και τα σκάφη εναλλάσσουν συχνά τα αλιευτικά εργαλεία τα οποία χρησιμοποιούν, αλλά και πολύ-ειδικός, δεδομένου ότι οι αλιείς συχνά στοχεύουν ταυτόχρονα σε πολλά διαφορετικά είδη αλιεύματος ή/και αλλάζουν περιοδικά τα κύρια είδη-στόχο της αλιείας τους (Adamidou 2007, Lleonart & Maynou 2003). Η επιλογή του αλιευτικού εργαλείου είναι σε αρκετές περιπτώσεις εποχιακή επιλογή, ανάλογη της ζήτησης για είδη στόχους που μεγιστοποιούν την κερδοφορία (Herron *et al* 2020), αλλά και βασισμένη στα οικοσυστημικά χαρακτηριστικά της εκάστοτε περιοχής (Τζανάτος 2006).

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι (α) να προσδιοριστεί ποσοτικά η χρήση διαφορετικών αλιευτικών εργαλείων από το ίδιο σκάφος μεταξύ συνεχόμενων ετών, (β) να εξεταστεί η άσκηση παράλληλης αλιευτικής δραστηριότητας με πρόσθετο εργαλείο και να ποσοτικοποιηθεί χρονικά η παράλληλη δραστηριότητα.

Για τον σκοπό αυτό έγινε ανάλυση των καταγραφών των ημερών αλιείας ανά μήνα και ανά αλιευτικό εργαλείο για τα έτη 2017-2021 από ένα δείγμα του αλιευτικού στόλου που προέρχεται από τέσσερις υποπεριοχές.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στο πλαίσιο της παρακολούθησης της αλιευτικής δραστηριότητας του ελληνικού στόλου για τις ανάγκες του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων (ΕΠΣΑΔ) προσδιορίζεται δείγμα του στόλου που καλύπτει όλες τις αλιευτικές δραστηριότητες. Δειγματοληπτικό πλαίσιο αποτελεί το Μητρώο Αλιευτικών Σκαφών του κάθε έτους και ακολουθείται η μέθοδος της στρωματοποιημένης

τυχαίας δειγματοληψίας με κριτήρια στρωμάτωσης το ολικό μήκος και το κύριο αλιευτικό εργαλείο των σκαφών (Tzouramani 2020, Γ.Δ.Α. 2021).

Για τα σκάφη του δείγματος γίνεται καταγραφή των ημερών αλιείας ανά αλιευτικό εργαλείο και ανά μήνα. Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν οι καταγραφές που έγιναν από το Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝΑΛΕ) σε τέσσερις υποπεριοχές του ΕΠΣΑΔ (Θρακικό/THR-LIM, Θερμαϊκός/THESS, Βόλος-Σποράδες/VOL-SPOR, Βόρειο Αιγαίο/CHIO-MIT) για τα έτη 2017- 2021.

Σε κάθε αλιευτικό σκάφος ανατέθηκε το κύριο αλιευτικό του εργαλείο ως το εργαλείο με τις περισσότερες ημέρες αλιείας μέσα στο έτος και παράλληλα για σκάφη τα οποία υπήρξαν στο δείγμα για πάνω από ένα έτος εξετάστηκε η μεταβολή του κύριου εργαλείου τους.

Προκειμένου να ποσοτικοποιηθεί ο βαθμός κατά τον οποίο κάθε αλιέας εφαρμόζει κατά τη διάρκεια ενός έτους πολύ-εργαλειακή αλιευτική στρατηγική ή όχι εφαρμόστηκε ο λόγος ισοκατανομής του Hill σύμφωνα με την εξίσωση:

$$E_{1,0} = \frac{e^{H'}}{N}$$

Όπου H' η τιμή του δείκτη Shannon και N ο συνολικός αριθμός διαφορετικών εργαλείων ανά αλιευτικό σκάφος ανά έτος (Hill 1973). Ο δείκτης ισοκατανομής του Hill προέρχεται από την οικολογία και χρησιμοποιείται για την ποσοτικοποίηση της ισοκατανομής της αφθονίας των ειδών μιας βιοκοινότητας. Εδώ χρησιμοποιείται για τη διερεύνηση της σχετικής ισοκατανομής στην χρήση των διαφορετικών αλιευτικών εργαλείων μέσα στο ίδιο έτος από ένα αλιευτικό σκάφος. Ο δείκτης του Hill λαμβάνει τη μέγιστη τιμή του 1 όταν το αλιευτικό σκάφος χρησιμοποίησε μόνο ένα αλιευτικό εργαλείο καθ' όλη τη διάρκεια του έτους ή αλίευσε τον ίδιο αριθμό ημερών με όλα τα αλιευτικά εργαλεία.

Η τιμή του δείκτη Shannon υπολογίστηκε σύμφωνα με την εξίσωση:

$$\mathrm{H}' = -\sum_{i=1}^{N} p_i * \ln(p_i)$$

όπου N ο συνολικός αριθμός διαφορετικών εργαλείων ανά αλιευτικό σκάφος i ανά έτος και pi το ποσοστό των ημερών αλιείας του κάθε αλιευτικού εργαλείου ανά έτος (Peet 1974).

Ο δείκτης Shannon εφαρμόζεται συνήθως σε μελέτες διερεύνησης της ποικιλότητας των ειδών σε μια βιοκοινότητα λαμβάνοντας υπόψη και την σχετική αφθονία των ειδών, κατά τρόπο ώστε μεγαλύτερη τιμή του δείκτη να υποδεικνύει μεγαλύτερη ποικιλότητα, ενώ οι χαμηλότερες τιμές σχετίζονται με φτωχότερες σε είδη κοινότητες. Κατά αντίστοιχο τρόπο, μεγάλες τιμές του δείκτη στην παρούσα έρευνα υποδεικνύουν αλιευτικές στρατηγικές χρήσης πολυάριθμων εργαλείων κατά τη διάρκεια της χρονιάς, ενώ μικρότερες τιμές αφορούν στρατηγικές χρήσης ενός ή λίγων αλιευτικών εργαλείων εντός του έτους.

Ο δείκτης Hill υπολογίστηκε για κάθε σκάφος τόσο για το σύνολο του έτους όσο και ανά μήνα, με σκοπό τη διερεύνηση της άσκησης παράλληλης αλιευτικής δραστηριότητας από δύο ή παραπάνω αλιευτικά εργαλεία στον ίδιο μήνα για το ίδιο σκάφος. Σε αυτή την περίπτωση ο δείκτης αφθονίας Shannon υπολογίστηκε με N ως το συνολικό αριθμό διαφορετικών εργαλείων ανά σκάφος ανά μήνα i και $p_i$ το ποσοστό των ημερών αλιείας του κάθε αλιευτικού εργαλείου ανά μήνα.

Η απεικόνιση των τιμών του δείκτη Hill έγινε σε κυκλικά διαγράμματα διασποράς με την απόσταση από το κέντρο να μεγαλώνει με την αύξηση των τιμών του δείκτη και να παίρνει την μέγιστη τιμή 1 στην περιφέρεια.

Για την επεξεργασία, ανάλυση και απεικόνιση των δεδομένων χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό RStudio με την έκδοση R-4.1.3 (R- Core -Team 2018) και το πακέτο tidyverse (Wickham 2022).

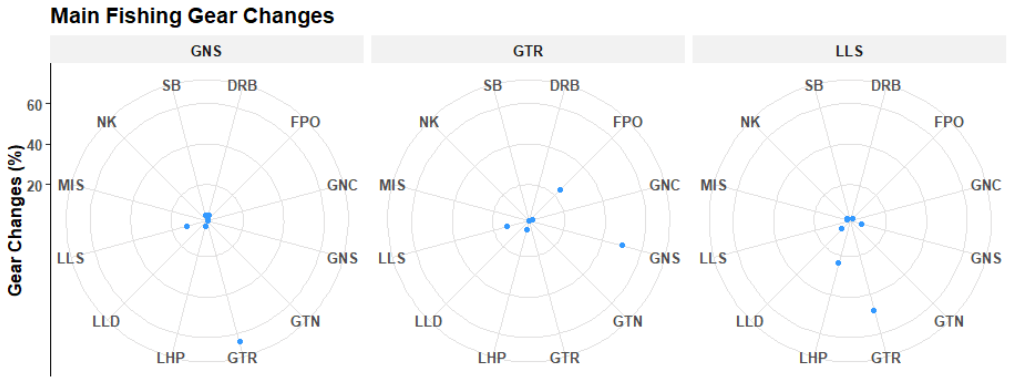
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά για τα έτη 2017-2021 πραγματοποιήθηκαν καταγραφές ημερών αλιείας ανά αλιευτικό εργαλείο ανά μήνα σε 1.320 αλιευτικά σκάφη και στις τέσσερις υποπεριοχές (Πίνακας Ι). Από τα σκάφη αυτά τα 374 σκάφη συμπεριλαμβάνονταν στο δείγμα για πάνω από ένα έτος είτε λόγω του τρόπου επιλογής του δείγματος (τυχαία στρωματοποιημένη δειγματοληψία), είτε λόγω της αναγκαστικής αντικατάστασης του σκάφους του δείγματος με άλλο με όμοια χαρακτηριστικά (ολικό μήκος, κύριο εργαλείο) εξαιτίας της άρνησης/αδυναμίας συνεργασίας του αλιέα.

Από τα 374 σκάφη που συμπεριλαμβάνονταν στο δείγμα για πάνω από ένα έτος τα 125 (33,4 %) παρουσίασαν (τουλάχιστον μία) μεταβολή του κύριου αλιευτικού τους εργαλείου μεταξύ των ετών. Χαρακτηριστικά, το 64% των αλιευτικών σκαφών που έφεραν ως κύριο αλιευτικό εργαλείο απλάδια δίχτυα (GNS) μετέβαλαν, σε επόμενο έτος, το κύριο αλιευτικό τους εργαλείο σε μανωμένα δίχτυα (GTR), το 50% των αλιευτικών σκαφών που έφεραν ως κύριο αλιευτικό εργαλείο μανωμένα δίχτυα (GTR) μετέβαλαν, σε επόμενο έτος, το κύριο αλιευτικό τους εργαλείο σε απλάδια δίχτυα (GNS) και το 48% των αλιευτικών σκαφών που έφεραν ως κύριο αλιευτικό εργαλείο παραγάδια βυθού (LLS) μετέβαλαν, σε επόμενο έτος, το κύριο αλιευτικό τους εργαλείο σε μανωμένα δίχτυα (GTR) (Εικ. 1).

**Πίνακας Ι. Αριθμός δειγμάτων ανά κύριο αλιευτικό εργαλείο ανά έτος (οι κωδικοί των αλιευτικών εργαλείων όπως χρησιμοποιούνται στο Ε.Π.Σ.Α.Δ.).**
**Table 1. Number of samples per main fishing gear per year (fishing gear codes as used in D.C.F.).**

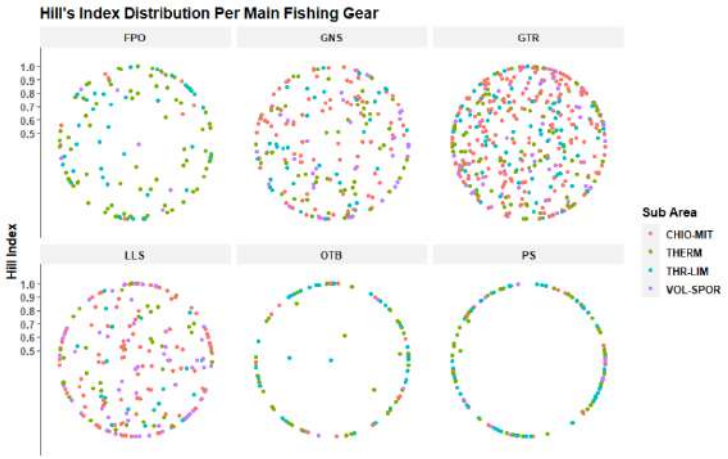
| Κωδικός Αλ. Εργαλείου | Περιγραφή | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | Σύνολο |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| DRB | Δράγες που σύρονται από σκάφος | - | - | - | 3 | 1 | 4 |
| FPO | Παγίδες- Κιούρτοι- Κοφινέλια | 37 | 28 | 25 | 24 | 22 | 136 |
| GNC | Κυκλωτικά Απλάδια Δίχτυα | 1 | 0 | 1 | 2 | 2 | 6 |
| GNS | Απλάδια Δίχτυα | 33 | 46 | 43 | 45 | 43 | 210 |
| GTN | Μισό- Μανωμένα Δίχτυα | 4 | 1 | 3 | 1 | 3 | 12 |
| GTR | Μανωμένα Δίχτυα | 65 | 86 | 89 | 98 | 97 | 435 |
| LHM | Καθετές | - | - | 2 | - | 1 | 3 |
| LHP | Πετονιές Χειρός | 2 | 4 | 8 | 7 | 9 | 30 |
| LLD | Παραγάδια Αφρού | 2 | 4 | 5 | 2 | 3 | 16 |
| LLS | Παραγάδια Βυθού | 47 | 44 | 41 | 41 | 47 | 220 |
| LTL | Συρτές | 1 | - | 1 | - | 1 | 3 |
| OTB | Τράτα Βυθού | 9 | 15 | 24 | 26 | 24 | 98 |
| PS | Γρι- Γρι | 20 | 22 | 27 | 32 | 28 | 129 |
| SB | Βιντζότρατες | 3 | 5 | 6 | 1 | - | 15 |
| NK | Φτυάρι- Πιρούνα | 1 | 0 | 0 | 0 | 2 | 3 |
| **Σύνολο** | | **225** | **255** | **275** | **282** | **283** | **1320** |




**Εικ. 1. Κατανομή της ποσοστιαίας μεταβολής κύριου αλιευτικού εργαλείου για τα αλιευτικά εργαλεία: Απλάδια δίχτυα (GNS), Μανωμένα δίχτυα (GTR) και Παραγάδια βυθού (LLS).**
**Fig. 1. Breakdown of the percentage change in main fishing gear for the fishing gears: Gillnets (GNS), Trammel nets (GTR) and Bottom longlines (LLS).**

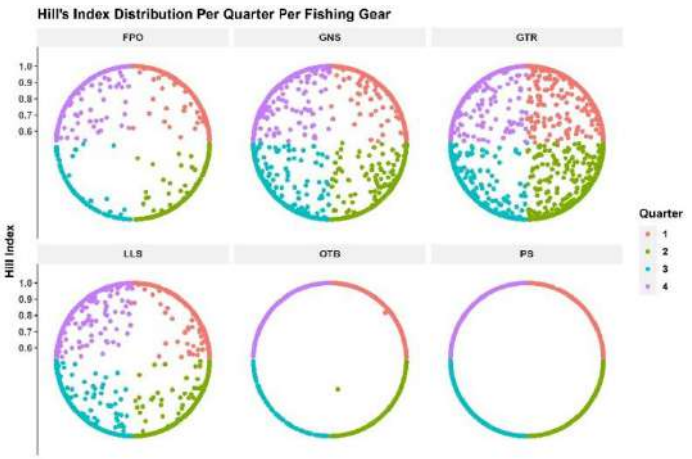
Αναφορικά με την άσκηση παράλληλης αλιευτικής δραστηριότητας με πρόσθετο εργαλείο, οι τιμές του δείκτη ομοιογένειας του Hill ($E_{1,0}$) ήταν από 0,428, για αλιευτικό σκάφος που αλίευσε με 3 διαφορετικά αλιευτικά εργαλεία (GNC, GTR, LLS με 3, 86 και 2 ημέρες αλιείας αντίστοιχα) μέχρι 1 για αλιευτικά σκάφη τα οποία αλίευσαν με μόνο ένα εργαλείο, καθώς στην παρούσα εργασία δεν εμφανίστηκαν σκάφη με ισοκατανομή ημερών αλιείας για όλα τα αλιευτικά τους εργαλεία στο σύνολο του έτους. Οι τιμές του δείκτη Shannon (H') ήταν από 0 ($E_{1,0}$=1), για αλιευτικά σκάφη που αλίευσαν με μόνο ένα αλιευτικό εργαλείο μέχρι 1,589 ($E_{1,0}$=0,816), για αλιευτικό σκάφος που αλίευσε με 6 διαφορετικά εργαλεία (LLS, FPO, GTR, GNS, GNC, LLD με 45, 32, 18, 14, 10 και 6 ημέρες αλιείας αντίστοιχα) στη διάρκεια του έτους.

Από την κατανομή των τιμών του δείκτη Hill ανά αλιευτικό εργαλείο (Εικ. 2) για όλες τις υποπεριοχές, φαίνεται η μονοεργαλειακή συμπεριφορά των γρι- γρι (PS) (νύχτας και ημέρας) και της τράτας βυθού (OTB) και στις τέσσερις υποπεριοχές για όλα τα έτη. Πολυεργαλειακή αλιεία φαίνεται να ακολουθούν τα αλιευτικά σκάφη τα οποία φέρουν κύριο αλιευτικό εργαλείο FPO, GNS, GTR και LLS, τα οποία πιθανά λειτουργούν και ως συμπληρωματικά αλιευτικά εργαλεία σε σκάφη τα οποία φέρουν κύριο αλιευτικό εργαλείο DRB, GNC, GTN, LHM, LHP, LLD και LTL.




**Εικ. 2. Η κατανομή των τιμών του δείκτη Hill ανά κύριο αλιευτικό εργαλείο ανά έτος για την περίοδο 2017-2021 (οι κωδικοί των εργαλείων όπως φαίνονται στον Πίνακα Ι).**
**Fig. 2. Hill's index distribution per main fishing gear per year for the period 2017-2021 (gear codes as described in Table I).**

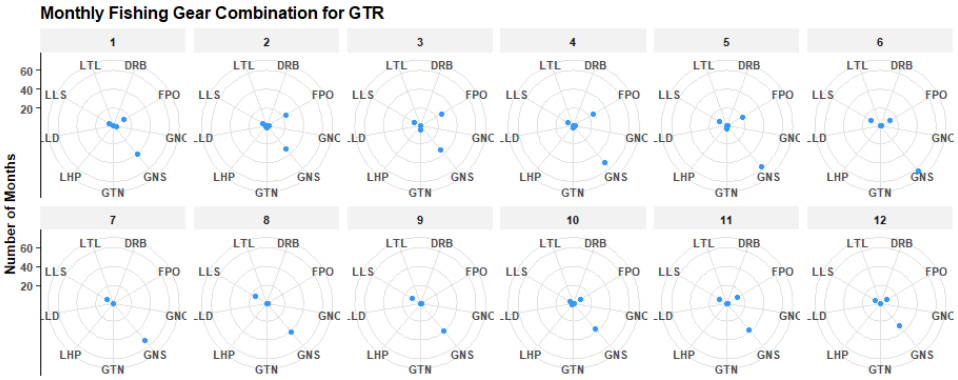
Η πλειονότητα των αλιευτικών σκαφών ασκεί παράλληλη αλιευτική δραστηριότητα με δύο ή και περισσότερα αλιευτικά εργαλεία μέσα στον ίδιο μήνα. Εξαίρεση αποτελούν τα σκάφη που αλίευσαν με το εργαλείο PS (νύχτας και ημέρας) με αποκλειστική χρήση εργαλείου ανά μήνα, για όλους τους μήνες της καταγραφής. Παράλληλη χρήση αλιευτικού εργαλείου εμφανίζουν για δύο μήνες σκάφη που έφεραν το εργαλείο OTB (Εικ. 3).



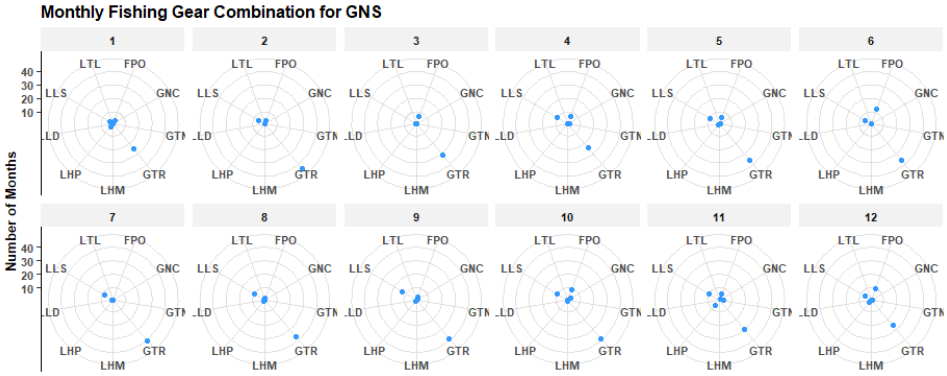

**Εικ. 3. Η κατανομή των τιμών του δείκτη Hill ανά μήνα, ανά τρίμηνο για την περίοδο 2017-2021 και για τις τέσσερις υποπεριοχές (οι κωδικοί των εργαλείων όπως φαίνονται στον Πίνακα Ι).**
**Fig. 3. Hill's index distribution per month, per quarter for the period 2017-2021 for all sub-areas (gear codes as described in Table I).**

Οι τρείς πολυπληθέστερες ομάδες αλιευτικών σκαφών στο δείγμα είναι αυτές που φέρουν τα κύρια αλιευτικά εργαλεία GTR (435), LLS (220) και GNS (210) (Πίνακας Ι). Για τα σκάφη που αλίευσαν με το αλιευτικό εργαλείο GTR, η παράλληλη δραστηριότητα στη διάρκεια των μηνών φαίνεται να είναι

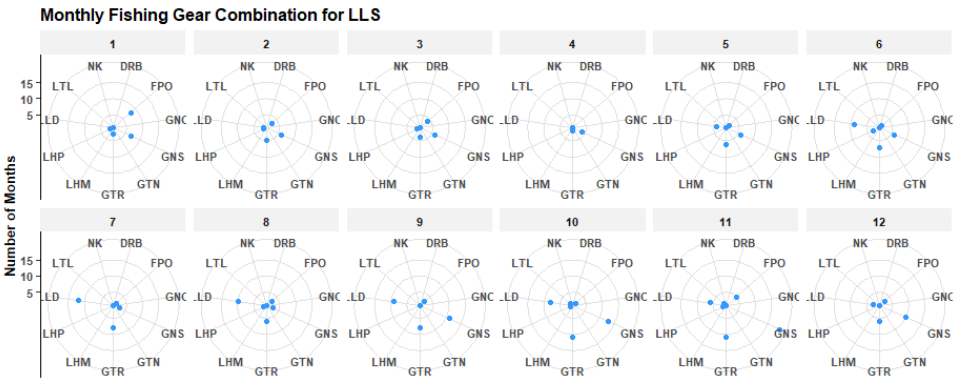
σποραδική με μόνο το 21% του χρόνου τους, τους 787 από τους συνολικά 3.752 μήνες, και αυτή να γίνεται κυρίως με GNS (61%) (Εικ. 4). Το ίδιο φαίνεται να ισχύει και για τα σκάφη που αλίευσαν με GNS, με παράλληλη δραστηριότητα το 27% του χρόνου τους, τους 582 από τους συνολικά 2.175 μήνες, και το 65% αυτής να είναι με GTR (Εικ. 5). Τα παραγάδια βυθού (LLS) εμφάνισαν την μικρότερη παράλληλη δραστηριότητα τους, μόνο το 14% του χρόνου τους, 289 από τους συνολικά 2.015 μήνες με το 31% της παράλληλης δραστηριότητας να γίνεται με GNS (Εικ. 6).




**Εικ. 4. Η μηνιαία άσκηση παράλληλης αλιευτικής δραστηριότητας για τα μανωμένα δίχτυα (οι κωδικοί των εργαλείων όπως φαίνονται στον Πίνακα Ι).**
**Fig. 4. Parallel monthly fishing activity for the trammel nets (gear codes as described in Table I).**




**Εικ. 5. Η μηνιαία άσκηση παράλληλης αλιευτικής δραστηριότητας για τα απλάδια δίχτυα (οι κωδικοί των εργαλείων όπως φαίνονται στον Πίνακα Ι).**
**Fig. 5. Parallel monthly fishing activity for the gillnets (gear codes as described in Table I).**




**Εικ. 6. Η μηνιαία άσκηση παράλληλης αλιευτικής δραστηριότητας για τα παραγάδια βυθού (οι κωδικοί των εργαλείων όπως φαίνονται στον Πίνακα Ι).**
**Fig. 6. Parallel monthly fishing activity for the bottom longlines (gear codes as described in Table I).**

Στο πλαίσιο μιας ολοκληρωμένης προσέγγισης, για την ταυτοποίηση των σχέσεων και των επιλογών στην άσκηση της αλιευτικής δραστηριότητας, είναι σημαντική η κατανόηση των αιτιών πίσω από αυτές και κυρίως η επιλογή του αλιέα για πως και που θα αλιεύσει (Fulton et al, 2011). Στο πλαίσιο αυτό, και με βάση τις παραπάνω αναλύσεις φαίνεται ότι η αλιευτική δραστηριότητα για την πλειονότητα των σκαφών της παράκτιας αλιείας ασκείται παράλληλα με διαφορετικά εργαλεία, επιβεβαιώνοντας τον πολυεργαλειακό χαρακτήρα του Ελληνικού αλιευτικού παράκτιου στόλου.

Οι αλιευτικές στρατηγικές που εφαρμόζονται, ωστόσο, φαίνεται ότι έχουν ταυτόχρονα συντηρητικά και οπορτουνιστικά χαρακτηριστικά. Πιο συγκεκριμένα, οι αλιείς, σε μεγάλο βαθμό, φαίνεται να επιλέγουν ένα αλιευτικό εργαλείο ως βασική τακτική για την εξασφάλισή του εισοδήματός τους, και εποχικά ή/και καιροσκοπικά επιλέγουν διαφορετικά εργαλεία προκειμένου να εκμεταλλευτούν περιστασιακούς πόρους-αλιεύματα. Περισσότερο οπορτουνιστικές στρατηγικές (παράλληλη, διαρκής και συνεχώς μεταβαλλόμενη χρήση εργαλείων) επίσης εντοπίζονται, σε μικρότερο ωστόσο βαθμό. Σε κάθε περίπτωση, η προκαταρκτική αυτή διερεύνηση της χρήσης διαφορετικών αλιευτικών εργαλείων, συνίσταται να διερευνηθεί περαιτέρω με επιπλέον δεδομένα, καινοτόμες προσεγγίσεις και πρακτικές (Salas & Gaertner 2004).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


Adamidou A (2007) Commercial fishing gears and methods used in Hellas. In: State of Hellenic Fisheries (Papaconstantinou C., Zenetos A., Vassilopoulou C. and G. Tserpes eds) pp. 118-131, SoHelFi, HCMR Publ., Athens

Branch TA, Hilborn R, Haynie AC, Fay G, Flynn L, Griffiths J, Marshall KN, Randall JK, Scheuerell JM, Ward EJ, Young M (2006) Fleet dynamics and fishermen behavior: lessons for fisheries managers. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63(7): 1647-1668

Γ.Δ.Α. (2021) Ελληνικός Αλιευτικός Στόλος. Έκθεση Έτους 2020. Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης & Τροφίμων. Γενική Διεύθυνση Αλιείας http://www.alieia.minagric.gr/sites/default/files/basicPageFiles/Annual%20Fleet%20Report%202020.pdf

Fulton EA, Smith AD, Smith DC, can Putten IE (2011) Human behaviour: the key source of uncertainty in fisheries management. Fish and fisheries 12: 2-17

Herrón P, Kluger LC, Castellanos- Galindo GA, Wolff M, Glaser M (2020). Understanding gear choices and identifying leverage points for sustainable tropical small-scale marine fisheries. Ocean & Coastal Management (12):105074

Hill MO (1973) Diversity and Evenness: A Unifying Notation and Its Consequences. Ecology 54(2):427-432

Lleonart J, Maynou F (2003) Fish stock assessment in the Mediterranean: state of the art. Scientia Marina 67(1): 37-49

Peet RK (1974) The measurement of species diversity. Annual Review of Ecology and Systematics 5:285-308

Salas S, Gaertner D (2004) The behavioral dynamics of fishers: management implications. Fish and Fisheries 5: 153-167. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 63: 1647-1668.

Shannon CE (1948) A mathematical theory of communication. The Bell System Technical Journal, 27, 379–423 and 623–656

Tzouramani I, Sintori A, Liontakis A, Valakas G, Mantziaris S, Maravelakis PE (2020). Methodology report for fleet socio economic variables. National Fisheries Data Collection Program. Agriculture Economics Research Institute (AGR.E.R.I.). Available at https://inale.gr/wp-content/uploads/2020/05/Methodology-and-Quality-Report_Greek-Fishing-Fleet_English-Version-3-1.pdf

Τζανάτος Ε (2006) Δομή, χαρακτηριστικά και διαχείριση της μικρής παράκτιας αλιείας στην Ελλάδα. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας, Τομέας Βιολογίας Ζώων.

Wickham H (2022). Tidyverse: Easily Install and Load the 'Tidyverse'. R Pachage version 1.3.2. https://cran.r-project.org/web/packages/tidyverse

# Εκτίμηση της ηλικίας και της αύξησης του προστατευόμενου δίθυρου *Pinna nobilis* (πίννα) από τρεις Ελληνικούς ημίκλειστους κόλπους: Προκαταρκτικά αποτελέσματα

**Κωνσταντίνος Τσολάκος, Ιωάννης Θεοδώρου, Γεώργιος Κατσέλης**
Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστημίου Πατρών, Μεσολόγγι – k.tsolakos@upatras.gr; jtheo@upatras.gr; gkatselis@upatras.gr

## ABSTRACT

**Konstantinos Tsolakos, Ioannis Theodorou, George Katselis: Age and growth estimation of the protected bivalve *Pinna nobilis* from three Greek semi-enclosed gulfs: Preliminary results**

The Mediterranean endemic fan mussel *Pinna nobilis* nowadays is considered to be at the brink of extinction which urge us to provide the utmost protection of them through efforts to recover the remain population by means of enhanced natural recruitment which focus on suitable habitats for the species. In this study a comparative assessment of the age and growth of three populations of semi-closed Greek gulfs was carried out. The results showed that fun mussel population in the estuaries of Thermaikos Gulf ($L_t = 65.82\ (1 - e^{-0,136(t-1.91)})$+4.20) differs than those in Maliakos Gulf and the Gulf of Argostoli ($L_t = 65.82\ (1 - e^{-0,136(t-1.91)})$-1.85). Lower longevity of the population of Thermaikos Gulf (10 years) was also recorded.

**Keywords:** *Pinna nobilis* (fun mussel), critical endangered, von Bertalanffy growth equation, semi-enclosed gulf, recruitment

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πίννα (*Pinna nobilis, Pinnidae*, Linnaeus 1758) είναι το μεγαλύτερο ενδημικό δίθυρο είδος της Μεσογείου με μέγιστο μήκος κελύφους τα 120cm (Zavodnik et al. 1991). Η διάρκεια ζωής του ανέρχεται στα 27 έτη (Γαληνού-Μητσούδη et al. 2007), ενώ έχει σημειωθεί από τους Rouanet et al. (2015) μέγιστη ηλικία 45-50 ετών. Επιπλέον, η πίννα εμφανίζει έναν από τους ταχύτερους ρυθμούς αύξησης κελύφους σύμφωνα με τους Richardson et al. (1999), ο οποίος είναι ιδιαίτερα αισθητός κατά τα πρώτα έτη της ζωής του είδους (Kersting & García-March 2017). Η πίννα απαντάται κυρίως σε ενδιαιτήματα που χαρακτηρίζονται από αμμώδη πυθμένα ή συνδυασμό άμμου και λάσπης (Siletic & Peharda 2003) ο οποίος καλύπτεται από θαλάσσιους λειμώνες των ειδών *Posidonia oceanica, Posidoniaceae, Delile, 1813, ποσειδωνία, Cymodocea nodosa, Cymodoceaceae, (Ucria) Asch. 1870* και *Zostera subg. Zostera marina, Zosteraceae, Linnaeus, 1753* (Richardson et al. 1999; Katsanevakis 2005; Centoducati et al. 2007). Επίσης, αποικίζει την υποπαραθαλάσσια ζώνη σε εύρος βάθους έως 60 μέτρα (Butler et al. 1993; Garcia-March et al. 2008).

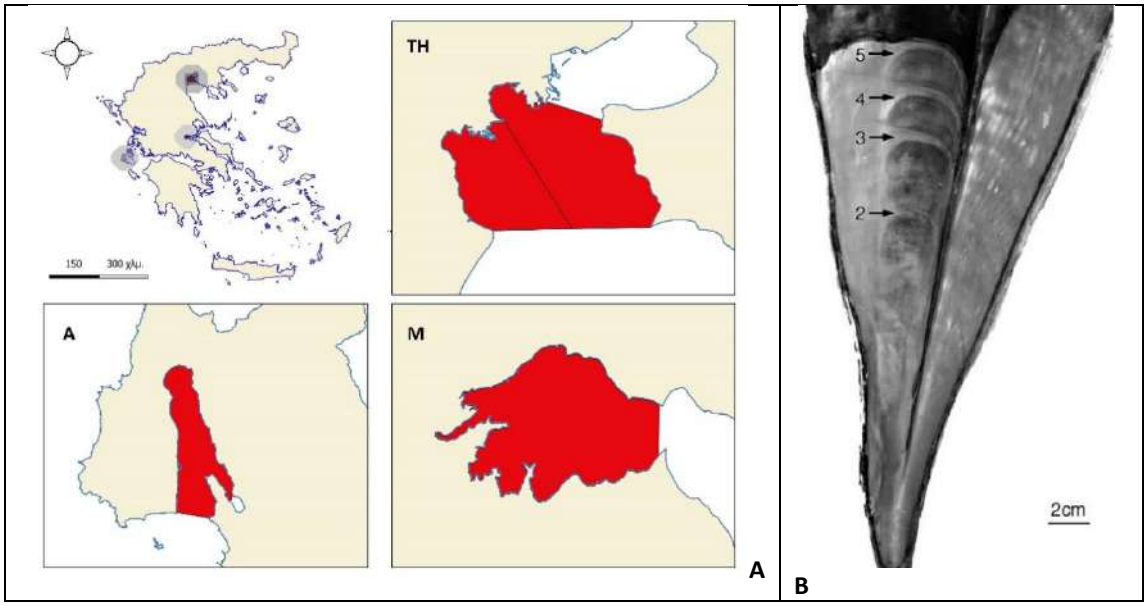
Το είδος μετά τις μαζικές θνησιμότητες που καταγράφηκαν το φθινόπωρο του 2016 στις ακτές της Ισπανίας (Vázquez-Luis et al. 2017), οι οποίες επεκτάθηκαν σε όλη την Μεσόγειο (Zotou et al. 2020), απειλείται με εξαφάνιση, με αποτέλεσμα την ένταξή του από το 2019 στην κόκκινη λίστα των απειλούμενων ειδών της IUCN ως κρίσιμο κινδυνεύον είδος (Kersting et al. 2019). Στην χώρα μας ήδη εκπονείται πρόγραμμα με «Καινοτόμες δράσεις για την παρακολούθηση-ανάκαμψη-υποβοήθηση της στρατολόγησης του επαπειλούμενου είδους (πίννα) *Pinna nobilis*» (ΕΠΑΛΘ 2014-2020 MIS/ ΚΩΔ.ΠΡΟΓΡ: 5052394).

Η μελέτη της ηλικίας και των ρυθμών αύξησης των ατόμων του είδους είναι θεμελιώδης για την αξιολόγηση των πληθυσμών του από την οποία εξαρτάται η λήψη ενημερωμένων αποφάσεων σχετικά με την προστασία του (Richardson et al. 2004). Οι καταγραφές των δακτυλίων που σχηματίζονται στο εσωτερικό του κελύφους της πίννας από τα αποτυπώματα του οπίσθιου προσαγωγού μυ κατά την ανάπτυξη του διθύρου, συνιστούν τον τρόπο υπολογισμού της ηλικίας του καθώς εναποτίθενται ετησίως όπως αναφέρεται από τους Richardson et al. (1999) και επιβεβαιώνεται από τους Garcia-March et al. (2011α). Η συγκριτική ανάλυση του ρυθμού ανάπτυξης των ατόμων διαφορετικών πληθυσμών δύναται να αποτυπώσει τα βέλτιστα ενδιαιτήματα που παρουσιάζουν γρήγορη ανάπτυξη ή/και μακροζωία αποδίδοντας στην μακροπρόθεσμη διατήρηση του είδους (Garcia-March et al. 2020).

Η παρούσα εργασία αφορά τον υπολογισμό της ηλικίας και του ρυθμού αύξησης της πίννας από τρεις Ελληνικούς ημίκλειστους κόλπους για την εκτίμηση του καταλληλότερου ενδιαιτήματος εγκατάστασης του είδους σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνθήκες και τις ανθρωπογενείς επιδράσεις.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι περιοχές δειγματοληψίας επιλέχθηκαν έτσι ώστε να αντικατοπτρίζουν ένα εύρος ανθρώπινων παρεμβάσεων αλλά ταυτόχρονα να χαρακτηρίζονται από την παρουσία λιβαδιών της Ποσειδωνίας (*Posidonia oceanica, Posidoniaceae,* Delile, 1813) και να αποτελούν περιοχές προστατευόμενες από αντίξοες συνθήκες. Οι περιοχές αυτές ήταν ο Θερμαϊκός κόλπος και ο Μαλιακός κόλπος στο βόρειο και κεντρικό Αιγαίο καθώς και ο κόλπος του Αργοστολίου στην Κεφαλλονιά (Ιόνιο Πέλαγος) [Εικόνα 1Α]. Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν από δύτες το 2021 και συλλέχθηκαν κελύφη με μήκος άνω των 30cm έτσι ώστε να δύναται να αποτυπωθεί η ηλικία και η καμπύλη αύξησης της πίννας σε κάθε περιοχή (Garcia-March & Marquez-Aliaga 2007). Τα μορφομετρικά στοιχεία των κελυφών (μήκος και πλάτος θυρίδας) καταγράφηκαν σε ακρίβεια 0.5cm. Επίσης ζυγίστηκαν οι θυρίδες, ύστερα από τον καθαρισμό τους σε διάλυμα 10% χλωριούχου νατρίου έτσι ώστε να απομακρυνθούν οι επικαλύψεις θαλάσσιων φυτών αλλά και διαφόρων οστρακοειδών. Η ηλικία του είδους καθορίστηκε από τους ετήσιους δακτυλίους που καταγράφηκαν μακροσκοπικά στα αποτυπώματα του οπίσθιου προσαγωγού μυ στο σκληρό τμήμα του κελύφους από αραγωνίτη, εφαρμόζοντας οπίσθιο φωτισμό σύμφωνα με την μέθοδο των Richardson et al. (1999) [Εικόνα 1Β].




**Εικόνα 1. Α. Περιοχές δειγματοληψίας: Θερμαϊκός κόλπος (TH) - Μαλιακός κόλπος (M) – κόλπος Αργοστολίου (A). Β. Εσωτερικό του κελύφους πίννας (*P. nobilis*) με εμφανείς τους ετήσιους δακτυλίους 2 έως 5 από τα αποτυπώματα του οπίσθιου προσαγωγού μυ (βλέπε Richardson et al. 1999).**
**Figure 1.A. Sampling areas: Thermaikos gulf (TH) – Maliakos gulf (M) – Argostoli gulf (A). B. *P. nobilis* inner shell surface showing growth rings 2 to 5 on posterior adductor- muscle scar (see Richardson et al. 1999).**

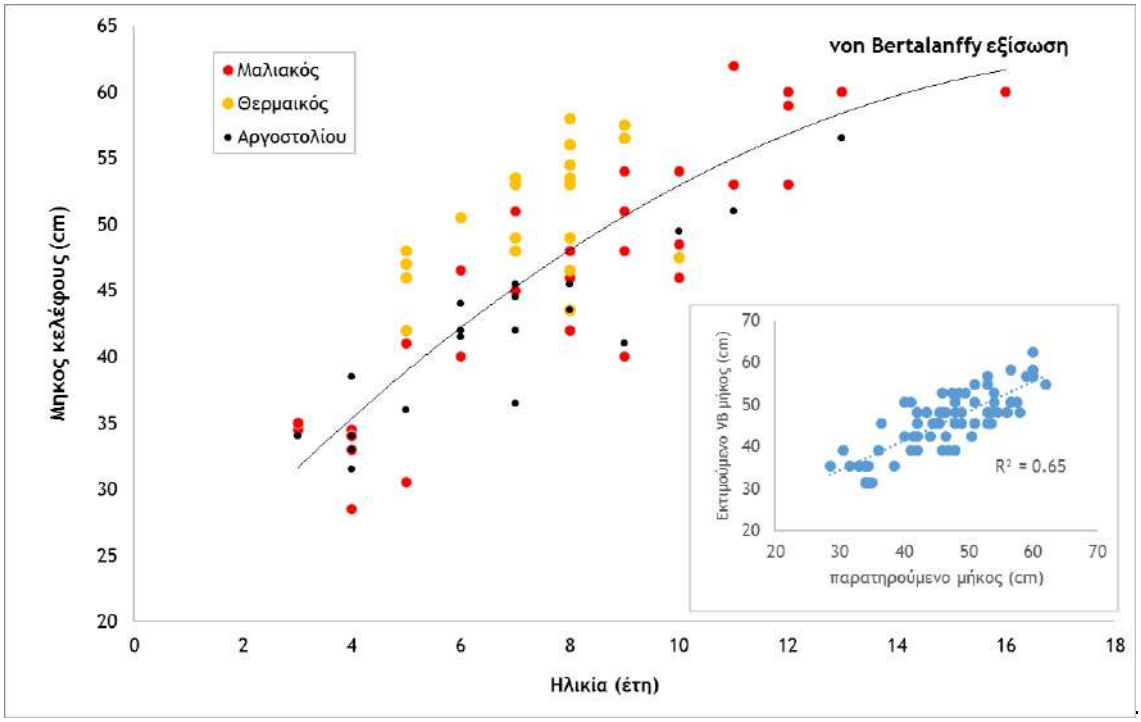
Και για τους τρεις πληθυσμούς υπολογίσθηκε η μέση αύξηση του μήκους κελύφους ανά ηλικία με βάση την εξίσωση Von Bertalanffy (VBGF): $L_t = L_\infty(1 - e^{-k(t-t0)})$ όπου $(L_t)$ είναι το μήκος στην ηλικία $(t)$, $(L_\infty)$ είναι το ασύμπτωτο μήκος, $(k)$ ο συντελεστής ανάπτυξης και $(t_0)$ ο θεωρητικός χρόνος της ηλικίας μηδέν. Οι παράμετροι της αύξησης υπολογίστηκαν με την μέθοδο της απλής μη γραμμικής παλινδρόμησης (Nonlinear regression analysis) (Zar 1999).

Η συνολική απόδοση της αύξησης υπολογίστηκε με τον δείκτη $\varphi' = \ln k + 2\ln L_\infty$, ο οποίος επιτρέπει τη σύγκριση της συνολικής απόδοσης της αύξησης μεταξύ περιοχών (Pauly και Munro 1994).

Τα υπόλοιπα (residuals) του μοντέλου VBGF αφού ελέγχθηκαν για την ικανοποίηση της ομοιογένειας (Levene test), ελέγχθηκαν για τυχόν διαφορές μεταξύ των πληθυσμών (ANOVA, P=0.05). Επιπρόσθετα, εφαρμόστηκε το Tukey HSD test, για να ελεγχθεί ποιοι πληθυσμοί διαφέρουν μεταξύ τους (Zar 1999). Οι τυχόν διαφορές αφορούν σε διαφορές στην αύξηση των πληθυσμών μεταξύ των περιοχών μελέτης.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά συγκεντρώθηκαν 72 πίννες (Θερμαϊκός: 22, Μαλιακός: 32, Αργοστόλι: 20), με μήκος κελύφους το οποίο κυμάνθηκε στον Θερμαϊκό (Θ) από 42–58cm, στον Μαλιακό (Μ) από 28.5-62cm και στον κόλπο του Αργοστολίου (Α) από 31.5-56.5cm. Οι ηλικίες που καταγράφηκαν από τα αποτυπώματα του οπίσθιου προσαγωγού μυ ήταν αντίστοιχα για την κάθε περιοχή Θ: 5-10 έτη, Μ: 3-16 έτη και Α: 3-13 έτη [Εικόνα 2]. Τα αποτελέσματα της μη γραμμικής παλινδρόμησης για τις παραμέτρους της VBGF ήταν: $L_\infty$= 65.82cm, $k$ = 0.136 $y^{-1}$ και $t_0$ = 1.91 y, $r^2$ = 0.65, τυπικό σφάλμα εκτίμησης = 5.1cm, n=70 [Εικόνα 2]. Η τιμή του φ' ήταν 2.77.




**Εικόνα 2. Αύξηση ανά ηλικία των κελυφών πίννας (*P. nobilis*) σύμφωνα με την εξίσωση *Von Bertalanffy* στις περιοχές του Θερμαϊκού, του Μαλιακού και του κόλπου του Αργοστολίου.**
**Figure 2. Age and growth of the fun mussel (*P. nobilis*) according to the *Von Bertalanffy* equation from Thermaikos gulf, Maliakos gulf and Argostoli gulf in Greece.**

Η κατανομή των υπολοίπων του μοντέλου VBGF είναι κανονική (Kolmogorov-Smirnov Test=0.06; p>0.05) γεγονός που ενισχύει την υπόθεση ότι το μοντέλο VBGF με τις παραπάνω εκτιμώμενες παραμέτρους είναι το καταλληλότερο για την περιγραφή των δεδομένων της μελέτης. Τα υπόλοιπα του μοντέλου VBGF έδειξαν στατιστικά σημαντική ομοιογένεια των διασπορών μεταξύ των πληθυσμών (Levene's test= 1.12; p>0.05), ενόσω η ανάλυση διασπορών τους έδειξε στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των πληθυσμών (ANOVA; F-ratio=17.2, df=2.69; p<0.05).

Το Tukey HSD test έδειξε ότι τα υπόλοιπα του μοντέλου VBGF μεταξύ των πληθυσμών Αργοστολίου και Μαλιακού δεν παρουσιάζουν στατιστική διαφορά (Tukey HSD test; p>0.05) ενόσω και οι δύο πληθυσμοί διαφοροποιούνται στατιστικά με αυτόν του Θερμαϊκού (Tukey HSD test; p<0.05) (Πίνακας Ι).

**Πίνακας Ι. Μέση τιμή, τυπικό σφάλμα (SE) και 95% όρια εμπιστοσύνης της μέσης τιμής των υπολοίπων του μοντέλου VBGF βάση της δοκιμασίας Tukey HSD test των τριών πληθυσμών πίννας (*P. nobilis*). Οι διαφορετικοί και ίδιοι δείκτες (a,b) στις μέσες τιμές δείχνουν ποιοι πληθυσμοί διαφέρουν ή όχι μεταξύ τους, αντίστοιχα (Tukey HSD test).**

**Table I. Mean values, standard error (SE) and 95% confidence interval of the mean value of the residuals of the VBGF model, based on the Tukey HSD test of the three pinna (*P. nobilis*) populations. The different and same indices (a,b) on the mean values show which populations differ or not from each other, respectively (Tukey HSD test).**

| Πληθυσμός | n | Μέση τιμή | Τυπικό σφάλμα | Κάτω όριο 95% | Πάνω όριο 95% |
|---|---|---|---|---|---|
| Θερμαϊκός | 22 | 4.20[a] | 0.87 | 2.73 | 5.68 |
| Αργοστόλι | 20 | -2.66[b] | 0.91 | -4.21 | -1.12 |
| Μαλιακός | 30 | -1.31[b] | 0.74 | -2.57 | -0.05 |
| Σύνολο | 72 | 0 | | | |

Δεδομένου ότι οι πληθυσμοί Αργοστολίου και Μαλιακού δεν παρουσιάζουν στατιστική διαφορά υπολογίσθηκε η κοινή μέση τιμή (± SE) των υπολοίπων του μοντέλου VBGF η οποία είναι -1.85± 0.58 cm.

Από τα παραπάνω οι εκτιμήσεις μήκους και ηλικίας για τους τρεις πληθυσμούς αφορούν στις κάτωθι εξισώσεις:

$L_t = 65.82\ (1 - e^{-0,136(t-1.91)})$+4.20 για τον πληθυσμό του Θερμαϊκού και

$L_t = 65.82\ (1 - e^{-0,136(t-1.91)})$-1.85 για τους πληθυσμούς Αργοστολίου και Μαλιακού.

Στον Θερμαϊκό Κόλπο το μέγιστο μήκος ($L_{max}$) του κελύφους της πίννας που καταγράφηκε το 2004 από τους Galinou-Mitsoudi et al. (2006) ήταν 69.10 cm. Οι Lattos et al. (2020) κατά τις δειγματοληψίες που πραγματοποίησαν την περίοδο 2018-2019 αναφέρουν μέγιστο μήκος $L_{max}$ = 61.50 cm ενώ στην παρούσα εργασία δεν βρέθηκαν άτομα με μήκος κελύφους άνω των 58.00cm.

Στην περιοχή του Μαλιακού κόλπου την περίοδο 2009-2011 καταγράφηκε μέγιστο μήκος κελύφους $L_{max}$ = 72.51cm (Theodorou et al. 2017) και στην περιοχή του κόλπου του Αργοστολίου καταγράφηκε το 2019 μέγιστο μήκος κελύφους $L_{max}$ = 70.70cm (Ακριβός 2020), ενόσω στην παρούσα μελέτη τα μέγιστα μεγέθη ήταν 62.00 και 56.5 cm αντίστοιχα.

Τα παραπάνω δείχνουν σταδιακή μείωση του μέγιστου μήκους τους είδους, η οποία μπορεί να αποδοθεί σε δειγματοληπτική μεροληψία αλλά και στο γεγονός ότι ενόσω αφορά σε ευμεγέθη άτομα πίννας αυτά αποτελούν επιλεκτικά, αντικείμενο συλλογής από κολυμβητές.

Στον Θερμαϊκό Κόλπο η μείωση του μέγιστου παρατηρούμενου μήκους του κελύφους είναι ανάλογη με την μείωση της ηλικίας των ατόμων. Αν και η ηλικία των περισσότερων ατόμων το 2004 ήταν κάτω των 15 ετών με L<55.00cm (Galinou-Mitsoudi et al. 2006), η μέγιστη καταγραφόμενη ηλικία ήταν τα 28 έτη ($L_{max}$=69.10cm), ενώ στην παρούσα εργασία η μέγιστη αναγραφόμενη ηλικία είναι τα 10 έτη, χωρίς ωστόσο διαφοροποιήσεις στην κατανομή μήκους/ηλικία με την παρούσα μελέτη [Εικόνα 2]. Τα παραπάνω υποστηρίζουν διαχρονικά μια μη μεταβολή της αύξησης του είδους με την ηλικία στην περιοχή. Από την άλλη, η τιμή του *φ'* για τις παραμέτρους αύξησης που δίνονται για την περιοχή (Galinou-Mitsoudi et al. 2006) είναι μικρότερη (2.5) της μέσης τιμής 20 πληθυσμών της Μεσογείου (Theodorou et al. 2017; García-March et al. 2020: ϕ'(±SD)=2.86±0.16), γεγονός που υποδηλώνει διαφορές στην αύξηση με την ηλικία μεταξύ του παραπάνω πληθυσμού και των άλλων πληθυσμών συμφωνώντας με τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης.

Οι García-March et al. (2020) συγκρίνοντας την ηλικία και την αύξηση του είδους από 12 πληθυσμούς διαφορετικών περιβαλλοντικών συνθηκών στην Γαλλία και στην Ισπανία, διαπίστωσαν ότι οι πληθυσμοί στις εκβολές ποταμών και στις παράκτιες λιμνοθάλασσες συνιστούν κατάλληλα ενδιαιτήματα για τη γρήγορη αύξησή του. Στην παρούσα εργασία οι πληθυσμοί της πίννας στις περιοχές του Μαλιακού και Θερμαϊκού Κόλπου επηρεάζονται από τις εκβολές του Σπερχειού και τις εκβολές του Αλιάκμονα και του Αξιού, αντίστοιχα. Ωστόσο, τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας δείχνουν αντίστοιχη αύξηση του είδους στον Μαλιακό με αυτή του Αργοστολίου, γεγονός που σημαίνει ότι το οικολογικό αποτύπωμα του Μαλιακού ως εκβολικό σύστημα, στην πίννα είναι πιθανώς αμελητέο.

Τα αποτελέσματα της μακροσκοπικής μεθόδου εκτίμησης της ηλικίας (χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα εργασία) αναμένεται να είναι υποτιμημένα ως προς την πραγματική ηλικία των ατόμων καθώς οι θέσεις του πρώτου και του δεύτερου δακτυλίου (Richardson et al. 2004) ή ακόμα και του τρίτου

(García-March et al. 2011β) είναι πολύ δύσκολο να παρατηρηθούν και να καταγραφούν. Ωστόσο, η εκτίμηση των δειγμάτων με έλεγχο της σταθερότητας σχηματισμού του κάθε δακτυλίου δύναται να προσεγγίσει την πιστότητα των ετήσιων δακτυλίων.

Επίσης, στην παρούσα εργασία η εκτίμηση των παραμέτρων αύξησης που υπολογίστηκαν προέρχονταν από μικρό αριθμό δειγμάτων. Αυτό δύναται να αντιμετωπιστεί με τον ανάδρομο υπολογισμό (back-calculation) των μηκών των ετήσιων δακτυλίων σε σχέση με το συνολικό μήκος του αποτυπώματος του προσαγωγού μυ καθώς αρκετοί συγγραφείς έχουν δείξει ότι υπάρχει μια καλή γραμμική σχέση μεταξύ αυτών των δύο διαστάσεων (Richardson et al. 1999; Richardson et al. 2004; Garcia-March & Marquez-Aliaga 2007; Garcia-March et al. 2011β).

Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας θα πρέπει να επαναξιολογηθούν σύμφωνα με τα ανωτέρω καθώς και το γεγονός της μικρότερης διάρκειας ζωής του πληθυσμού που υπολογίσθηκε στο Θερμαϊκό, καθώς αποτελεί σημαντικό κριτήριο της επιλογής του καταλληλότερου ενδιαιτήματος επανεγκατάστασης ενός πληθυσμού στο μέλλον.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του προγράμματος «Καινοτόμες δράσεις για την παρακολούθηση-ανάκαμψη-υποβοήθηση της στρατολόγησης του επαπειλούμενου είδους (πίννα) *Pinna nobilis*», Φορέας χρηματοδότησης: ΕΠΑΛΘ 2014-2020 MIS/ΚΩΔ.ΠΡΟΓΡ: 5052394. Ευχαριστούμε τους Λάττο Αθανάσιο, Ρίζο Δημήτριο και Σπίνο Ευθύμιο για την συλλογή και διάθεση των κελυφών της πίννας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ακριβός Β (2020) Μελέτη του πληθυσμού *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) στον κόλπο του Αργοστολίου. Μεταπτυχιακή διατριβή, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Μεσολόγγι.

Butler A, Vicente N, de Gaulejac B (1993) Ecology of the pterioid bivalves *Pinna bicolor* Gmelin and *Pinna nobilis* L. Marine Life 3(1-2): 37-45.

Γαληνού-Μητσούδη Σ, Βλαχάβας Γ, Μπαρδάκης Γ, Παρασκευόπουλος Κ (2007) Εγχειρίδιο αναγνώρισης οστράκων, εμπορικά και προστατευόμενα είδη. Υπουργείο αγροτικής ανάπτυξης & τροφίμων, ΕΠ.ΑΛ. 2000-2006, Α.Τ.Ε.Ι.Θ., τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, Νέα Μουδανιά.

Centoducati G, Tarsitano E, Bottalico A, Marvulli M, Lai OR, Crescenzo G (2007) Monitoring of the endangered *Pinna nobilis* Linne, 1758 in the Mar Grande of Taranto (Ionian sea, Italy). Environmental Monitoring and Assessment 131(1): 339-347.

Galinou-Mitsoudi S, Vlahavas G, Papoutsi O (2006) Population study of the protected bivalve *Pinna nobilis* (Linnaeus, 1758) in Thermaikos Gulf (north Aegean Sea). Journal of Biological Research 5: 47-53.

Garcia-March JR, Vicente N (2006) Protocol to study and monitor *Pinna nobilis* populations within marine protected area. Malta: MedPAN, Malta Environmental and Planning Authority, p. 79.

Garcia-March JR, Marquez-Aliaga A (2007) *Pinna nobilis* L., 1758 age determination by internal shell register. Marine Biology, 151(3), 1077-1085.

García-March JR, Solsona MÁS, García-Carrascosa AM (2008) Shell gaping behaviour of *Pinna nobilis* L., 1758: circadian and circalunar rhythms revealed by in situ monitoring. Marine Biology 153(4): 689-698.

García-March JR, Surge D, Lees JM, Kersting DK (2011α) Ecological information and water mass properties in the Mediterranean recorded by stable isotope ratios in *Pinna nobilis* shells. Journal of Geophysical Research: Biogeosciences 116(G2).

Garcia-March JR, Marquez-Aliaga A, Wang YG, Surge D, Kersting DK (2011β) Study of *Pinna nobilis* growth from inner record: How biased are posterior adductor muscle scars estimates?. Journal of experimental marine biology and ecology 407(2), 337-344.

García-March JR, Hernandis S, Vázquez-Luis M, Prado P, Deudero S, Vicente N, Tena-Medialdea J (2020) Age and growth of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in the western Mediterranean Sea. Marine environmental research 153: 104795.

Hendriks IE, Basso L, Deudero S, Cabanellas-Reboredo M, Álvarez E (2012) Relative growth rates of the noble pen shell Pinna nobilis throughout ontogeny around the Balearic Islands (Western Mediterranean, Spain). Journal of Shellfish Research, 31(3), 749-756.

Katsanevakis S (2005) Population ecology of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in a marine lake. Endangered species research 1: 51-59.

Kersting DK, García-March JR (2017) Long-term assessment of recruitment, early stages and population dynamics of the endangered Mediterranean fan mussel *Pinna nobilis* in the Columbretes Islands (NW Mediterranean). Marine environmental research 130: 282-292.

Kersting D, Benabdi, M, Čižmek H, Grau A, Jimenez C, Katsanevakis S, Öztürk B, Tuncer S, Tunesi L, Vázquez-Luis M, Vicente N, Otero Villanueva M (2019) *Pinna nobilis*. The IUCN Red List of Threatened Species 2019: e.T160075998A160081499. 24pp

Lattos A, Giantsis IA, Karagiannis D, Michaelidis B (2020) First detection of the invasive Haplosporidian and Mycobacteria parasites hosting the endangered bivalve *Pinna nobilis* in Thermaikos Gulf, North Greece. Marine environmental research, 155, 104889.

Moreteau JC, Vicente N (1982) Evolution d'une population de *Pinna nobilis* L. (Mollusca, Bivalvia). Malacologia 22: 341– 345.

Pauly D, Munro J (1984) Once more on growth comparison in fish and invertebrates. Fishbyte 2 (1): 21.

Richardson CA, Kennedy H, Duarte CM, Kennedy DP, Proud SV (1999) Age and growth of the fan mussel *Pinna nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. Marine Biology 133(2): 205-212.

Richardson CA, Peharda M, Kennedy H, Kennedy P, Onofri V (2004) Age, growth rate and season of recruitment of *Pinna nobilis* (L) in the Croatian Adriatic determined from Mg: Ca and Sr: Ca shell profiles. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 299(1): 1-16.

Rouanet E, Trigos S, Vicente N (2015) From youth to death of old age: The 50-year story of a *Pinna nobilis* fan mussel population at Port-Cros Island Port-cros National Park, Provence, Mediterranean Sea. Scientific Reports of the Port-Cros National Park 29: 209-222.

Siletic T, Peharda M (2003) Population study of the fan shell *Pinna nobilis* L. in Malo and Veliko Jezero of the Mljet National Park (Adriatic Sea). Scientia Marina 67(1): 91-98.

Theodorou JA, James R, Tagalis D, Tzovenis I, Hellio C, Katselis G (2017) Density and size structure of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758), in the shallow water zone of Maliakos Gulf, Greece. Acta Adriatica: International Journal of Marine Sciences 58(1): 63-74.

Vázquez-Luis M, Álvarez E, Barrajón A, García-March JR, Grau A, Hendriks IE, Jiménez S, Kersting D, Moreno D, Pérez M, Ruiz JM, Sánchez J, Villalba A and Deudero S (2017) S.O.S. *Pinna nobilis*: A Mass Mortality Event in Western Mediterranean Sea. Front. Mar. Sci. 4:220.

Zar JH (1999) Biostatistical Analysis, 4th edn. Prentice-Hall, Newark, NJ, 663 pp.

Zavodnik D, Hrs-Brenko M, Legac M (1991) Synopsis on the fan shell *Pinna nobilis L*. in the eastern Adriatic Sea. In: Boudouresque CF, Avon M, Gravez V (Eds.) Les Espèces Marines à Protégeren Méditerranée. GIS Posidonie, Marseille, p. 169-178.

# Προκαταρκτική εκτίμηση της δέσμευσης του άνθρακα από τα δίθυρα όστρακα του Αμβρακικού κόλπου

**Κωνσταντίνος Τσολάκος, Ιωάννης Θεοδώρου, Γεώργιος Κατσέλης**
Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστημίου Πατρών, Μεσολόγγι – k.tsolakos@upatras.gr; jtheo@upatras.gr; gkatselis@upatras.gr

## ABSTRACT

**Konstantinos Tsolakos, Ioannis Theodorou, George Katselis: Preliminary assessment of carbon sequestration by bivalve molluscs in the Amvrakikos Gulf (NW Greece)**

The ecosystem services of bivalve molluscs in the context of the carbon cycle are considered to be a valuable ally in restoring our planet's atmosphere. Many studies have pointed out that shellfish cultivation is the only industry that provides us with food while at the same time removes carbon which is equivalent to the afforestation of vast hectares of trees. However, the contribution of wild bivalve populations to carbon sequestration has not been assessed. In this study, shell accumulations at Amvrakikos Gulf lagoons sand strips (NW Greece), were used in order to estimate the annual carbon sequestration of bivalve molluscs. The total sequestered carbon reached the amount of 171.33tn/year while the shell of the dominant bivalve *C. glaucum* had the largest sequestered carbon at 131.93tn per year (based on a hypothesis). This amount is underestimated as it can reach 514.00 tn/year depending on the annual growth of the bivalves, offsetting the carbon footprint of driving $3.42 \times 10^6$ km/year.

**Keywords:** Amvrakikos gulf, Bivalves, Molluscs, Carbon sequestration, *Cerastoderma glaucum*, *Polititapes aureus,* Ecosystem services

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο ρόλος των δίθυρων στη δέσμευση του άνθρακα έχει αποτελέσει αντικείμενο έρευνας κυρίως όσον αφορά τα εκτρεφόμενα είδη (Filgueira et al. 2019; Van der Schatte Olivier et al. 2020; Alonso et al. 2021; Moore et al. 2021). Ωστόσο, ελάχιστες εργασίες αποτυπώνουν το μέγεθος της συμβολής των οστράκων των άγριων πληθυσμών στον κύκλο του άνθρακα (Waldbusser et al. 2013; Smith et al. 2016; Carss et al. 2020). Αναμφισβήτητα, όμως ο ρόλος των διθύρων στον κύκλο του άνθρακα, ισχύει τόσο για τους άγριους πληθυσμούς όσο και για τους εκτρεφόμενους, καθώς διακατέχονται από τις ίδιες χημικές και οικολογικές πτυχές στην λειτουργία τους (Filgueira et al. 2015; 2019).

Το κέλυφος των οστράκων αναπτύσσεται σχηματίζοντας ανθρακικό ασβέστιο ($CaCO_3$) μέσω της βιογενούς ασβεστοποίησης ($Ca^{++} + 2HCO_3^- \leftrightarrow CaCO_3 + CO_2 + H_2O$), το οποίο αποτελεί το 95% της μάζας του, ενώ το υπόλοιπο 5% αποτελείται από μαγνήσιο, β-χιτίνη και διάφορες γλυκοπρωτεΐνες (Goulletquer & Wolowicz 1989). Η δεσμευμένη ποσότητα του άνθρακα κατά την παραγωγή του κελύφους των διθύρων ανέρχεται κατά μέσο όρο περίπου στο 11,72±0,19% του κελύφους (Van der Schatte Olivier et al. 2020).

Οι εναποθέσεις των νεκρών οστράκων αντικατοπτρίζουν τη σχετική αφθονία των ζωντανών πληθυσμών (Kidwell 2001; Kidwell 2002α; Kidwell 2002β; Weber & Zuschin 2013), ενώ λόγω της μεταφοράς τους από τους εγγύς βιοτόπους τείνουν να αποτυπώσουν μία πληρέστερη εικόνα της βιοποικιλότητας σε σύγκριση με τα πρόσφατα οικολογικά αποτυπώματα (Chattopadhyay et al. 2021). Οι Smith et al. (2016) αναλύοντας τα στοιχεία του μεγέθους των εναποθέσεων των κελυφών των νεκρών οστράκων που συγκεντρώνονται στις εκβολές του ποταμού Κολοράντο αποτύπωσαν τη μείωση της απορρόφησης του διοξειδίου του άνθρακα που έχει επέλθει σε σχέση με το παρελθόν.

Οι εναποθέσεις των οστράκων στις λιμνοθαλάσσιες αμμονησίδες του Αμβρακικού κόλπου ερευνήθηκαν για πρώτη φορά ως προς την ποικιλότητά τους από τον Fischer (2005) ο οποίος κατέγραψε συνολικά 89 είδη οστράκων (45 γαστερόποδα, 1 σκαφόποδο και 43 δίθυρα). Οι Tsolakos et al. (2019; 2021β) κατά την διερεύνηση της σύστασης των εναποθέσεων στις αμμονησίδες των λιμνοθαλασσσών Λογαρού και Τσουκαλιό του Αμβρακικού κόλπου κατέγραψαν 41 είδη διθύρων και αναφέρουν ότι τα δίθυρα κυριαρχούν στο ποσοστό συμμετοχής τους στις συναθροίσεις. Η δε ανασκόπηση της μέχρι σήμερα έρευνας όσον αφορά γενικότερα τις οικοσυστημικές υπηρεσίες των διθύρων του Αμβρακικού κόλπου διαπιστώνεται ότι είναι ελλιπής καθώς αναφέρεται μόνο η συμμετοχή τους στο ίζημα (Avramidis et al. 2014) και στο ζωοπλαγκτόν ως λάρβες (Kehayias & Aposporis, 2014).

Η προκαταρκτική εκτίμηση της δέσμευσης του άνθρακα στο κέλυφος των διθύρων του Αμβρακικού κόλπου της παρούσας εργασίας υπολογίζει την ποσότητα που δεσμεύεται όπως αυτή αποτυπώνεται από τις υπάρχουσες εναποθέσεις των συσσωματώσεων των λιμνοθαλάσσιων αμμονησίδων. Επιπρόσθετα, αποσκοπεί στην διερεύνηση και καταγραφή των στοιχείων τα οποία θα πρέπει να εξεταστούν για την ορθή και συνολική αποτίμηση της οικοσυστημικής ρυθμιστικής υπηρεσίας της δέσμευσης του άνθρακα.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

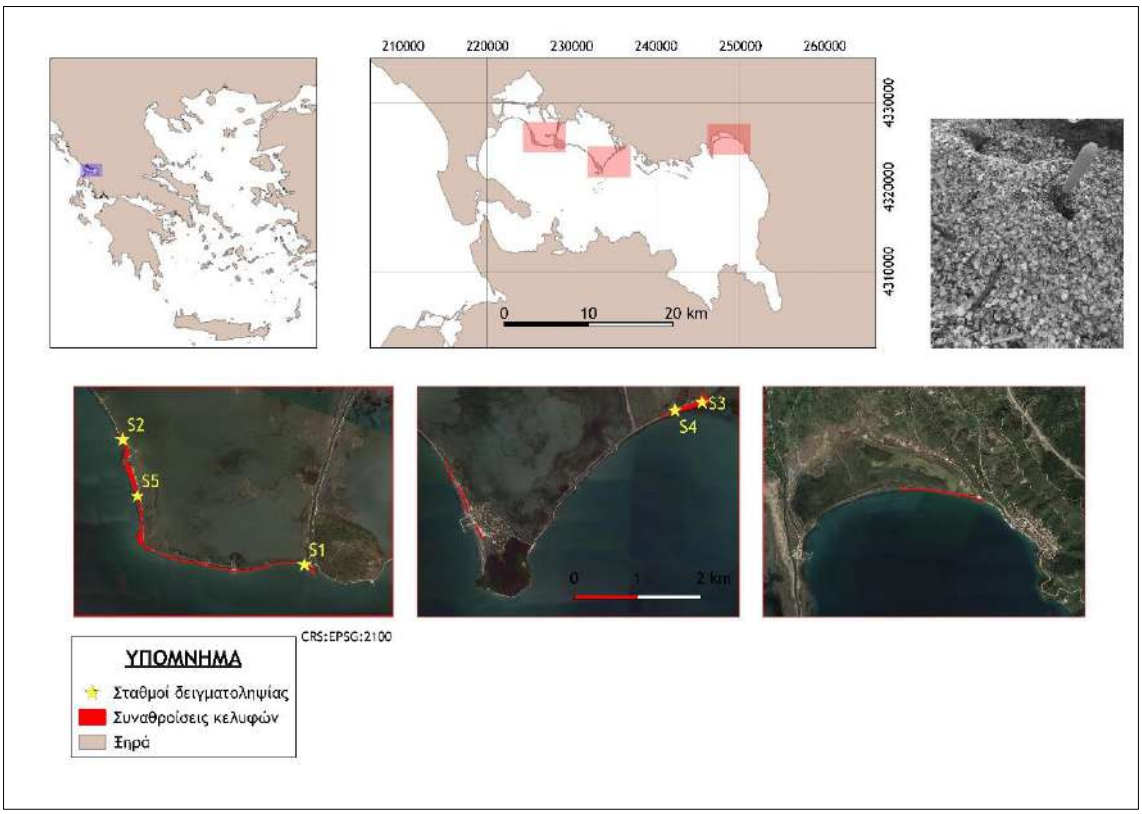
Πραγματοποιήθηκαν δειγματοληψίες (Ιούνιος – Αύγουστος 2016) στις περιοχές όπου εντοπίστηκαν οι συσσωματώσεις των κελυφών των νεκρών οστράκων, εκ των οποίων τρεις (S1, S2 και S5) στην ακτογραμμή της λιμνοθάλασσας «Τσουκαλιό» και δύο (S3 και S4) στην ακτογραμμή της λιμνοθάλασσας «Λογαρού», όπως απεικονίζονται στην Εικόνα 1. Οι επιφάνειες των συσσωματώσεων των οστράκων στην ακτογραμμή των περιοχών των λιμνοθαλασσών Τσουκαλιό, Λογαρού και Αγρίλου χαρτογραφήθηκαν και υπολογίστηκαν με την χρήση του λογισμικού QGIS ver. 3.2.2 και η προβολή των στοιχείων έγινε στο σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων ETRS89 Lambert Azimutal Equal Area (Εικόνα 1).

Η λήψη των δειγμάτων έγινε με την χρήση πλαισίου διαστάσεων 1X1m και σε βάθος 10 εκατοστών, ενώ στην συνέχεια λήφθηκαν τρία υποδείγματα σταθερού όγκου περίπου 1000cm$^3$. Τα υποδείγματα αφού κοσκινίσθηκαν με κόσκινο οπής δύο χιλιοστών (2mm) διαχωρίστηκαν σε δίθυρα είδη, γαστερόποδα είδη και διάφορα. Τα δίθυρα είδη αναγνωρίστηκαν από τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά με την χρήση της κλείδας του Poutiers (1987). Τα δίθυρα κυριαρχούν στις συσσωματώσεις των οστράκων στις ακτογραμμές των λιμνοθαλασσών του Αμβρακικού κόλπου (62,59%), ενόσω δύο είδη εξ αυτών (*Cerastoderma glaucum*, Cardiidae, Bruguiere 1789 και το *Polititapes aureus*, Veneridae, Gmelin 1791) παρουσιάζουν την μεγαλύτερη σε βάρος αφθονία (38,29% και 19,39%, αντίστοιχα) (Tsolakos et al. 2021β). Ως εκ τούτου, με δεδομένο ότι τα δύο είδη αποτελούν την κυρίαρχη μάζα διθύρων στις συσσωματώσεις των αμμονησίδων καταγράφηκε το συνολικό βάρος των ολόκληρων θυρίδων τους. Τα σπασμένα κελύφη των δύο ειδών δεν προστέθηκαν στο συνολικό βάρος προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα εκτίμησης από παρελθοντική εναπόθεση καθώς δεν μπορεί να προσδιοριστεί η κατάσταση διατήρησης τους σύμφωνα με τους Tsolakos et al. (2021α). Η μέση οντογενετική ηλικία υπολογίσθηκε από την μετατροπή του μήκους κελύφους του κάθε είδους με σχέσεις μήκους -ηλικίας από την βιβλιογραφία (Galinou-Mitsoudi et al. 2007; Galinou-Mitsoudi 2010).

Για τον υπολογισμό της δέσμευσης του άνθρακα στο κέλυφος των διθύρων χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος των Smith et al. (2016), σύμφωνα με την οποία ο δεσμευμένος όγκος άνθρακας προκύπτει από τον υπολογισμό του ανθρακικού ασβεστίου που περιέχεται στη ξηρή μάζα του κελύφους σε ποσοστό 95% και της χωρικής αφθονίας των κελυφών ανά τετραγωνικό μέτρο. Η δε ποσότητα του άνθρακα αντιπροσωπεύει το 12% της μάζας του ανθρακικού ασβεστίου και η ετήσια ποσότητα δέσμευσης του άνθρακα υπολογίζεται με την παραδοχή ότι προκύπτει από την μέση οντογενετική ηλικία του είδους.

Ως εκ τούτου, ο υπολογισμός της δεσμευμένης ποσότητας άνθρακα στο κέλυφος των διθύρων δίνεται από τον τύπο: C=Σ [(a)i x (Area/area sampling) x 0,95 x 0,12] / age, όπου C η συνολική ποσότητα του άνθρακα, a η βιομάζα του είδους i στο δείγμα, Area η έκταση των εναποθέσεων, area sampling η δειγματοληπτική επιφάνεια και age η μέση οντογενετική ηλικία του είδους.

Με δεδομένο ότι οι συναθροίσεις των νεκρών κελυφών είναι γενικά καλοί δείκτες της σχετικής αφθονίας ζωντανών πληθυσμών (Kidwell 2008), η ποσότητα των κελυφών στην επιφάνεια των συσσωματώσεων που εντοπίζονται στις αμμονησίδες των λιμνοθαλασσών αποτελούν ένα τμήμα της συνολικής παραγωγής των διθύρων (93%: Kidwell 2002α). Συνεπώς, στην παρούσα εργασία η χωρική αφθονία των κελυφών αντικαθίσταται από την ληφθείσα συνολική ξηρή μάζα των κελυφών των συσσωματώσεων των δειγματοληπτικών σταθμών. Επίσης, με δεδομένο ότι οι συσσωματώσεις στις ακτογραμμές είναι το αποτέλεσμα ενός δυναμικού συστήματος (Kowalewski et al. 2000), θεωρούμε ότι συνιστούν τη συγκέντρωση μίας γενιάς διθύρων, όπως ακριβώς υφίσταται στους ζώντες πληθυσμούς στην υποπαραλιακή ζώνη.




**Εικόνα 1. Συσσωματώσεις κελυφών οστράκων στις ακτογραμμές των λιμνοθαλασσών Τσουκαλιό (S1, S2 και S5), Λογαρού (S3, S4) και Αγρίλου στο βόρειο τμήμα του Αμβρακικού κόλπου (ΒΔ Ελλάδα) καθώς επίσης δειγματοληψία από την συσσωμάτωση κελυφών στον δειγματοληπτικό σταθμό (S1).**
**Figure 1. Shell accumulations on the sea side of sand strips at Tsoukalio (S1, S2 and S5), Logarou (S3, S4) and Agrilou lagoons in the northern part of Amvrakikos Gulf (NW Greece) and sampling from the shell accumulation at sampling station (S1).**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

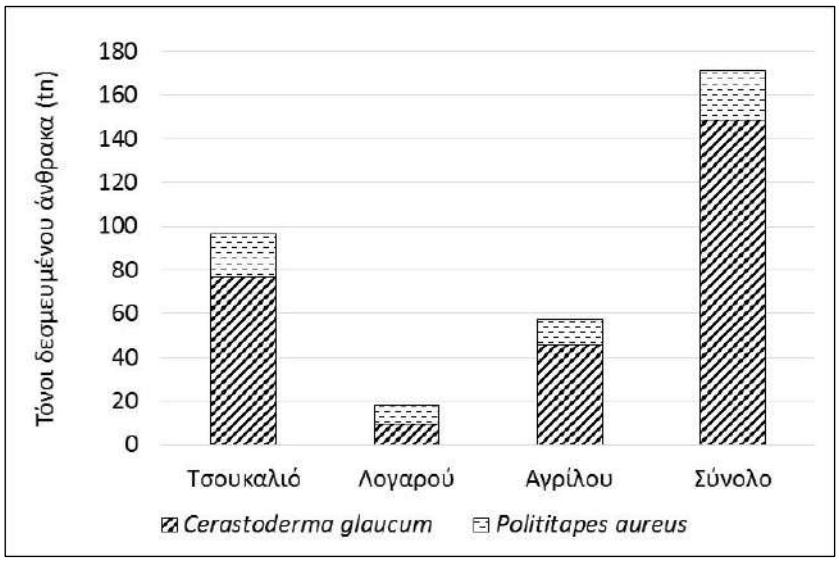
Η επιφάνεια στην οποία εντοπίστηκαν οι συσσωματώσεις των οστράκων ανέρχεται στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Τσουκαλιό περίπου σε 0,079km$^2$, στην λιμνοθάλασσα Λογαρού σε 0,051 km$^2$ και στην λιμνοθάλασσα Αγρίλου σε 0,014 km$^2$ (Εικόνα 1).

Τα δύο είδη, *C. glaucum* και *P. aureus*, διαφέρουν σημαντικά ως προς το βάρος του κελύφους τους καθώς το όστρακο του *C. glaucum* είναι αρκετά πιο σκληρό και παχύ σε σχέση με το πιο ελαφρύ και λεπτό κέλυφος του *P. aureus*. Το ποσοστιαίο βάρος του *C. glaucum* υπερισχύει και στις δύο λιμνοθάλασσες (79,75% και 53,58%, Τσουκαλιό και Λογαρού, αντίστοιχα) παρότι ο αριθμός των κελυφών *P. aureus* είναι μεγαλύτερος στην λιμνοθάλασσα Λογαρού.

Το μέσο μήκος των κελυφών κυμαίνεται από 1,51cm έως 1,73cm για το *C. glaucum* και από 1,52cm έως 1,73cm για το *P. aureus* στην Λογαρού και στο Τσουκαλιό, αντίστοιχα (Tsolakos et al. 2021α). Ο ρυθμός ανάπτυξης για το *C. glaucum* είναι *k*=0.9cm/έτος και μέγιστο μήκος 5,5cm, ενώ για το *P. aureus* είναι k=0,44 cm/έτος με μήκος 1,74cm το 1ο έτος, 2,67cm το 2ο έτος, 3,8 cm το 5ο έτος και μέγιστο μήκος τα 5cm (Galinou-Mitsoudi et al. 2007; Galinou-Mitsoudi 2010). Το μέγιστο μήκος των κελυφών ανήλθε στα 3,5cm για το *C. glaucum* και 4,00cm για το *P. aureus* και ως εκ τούτου η τριετής μέση οντογενετική ηλικία που χρησιμοποιήθηκε στην μέθοδο των Smith et al. (2016) για τον υπολογισμό της ετήσιας δέσμευσης του άνθρακα δύναται να εφαρμοστεί και στην παρούσα εργασία.

Η συνολική ποσότητα της ετήσιας δέσμευσης του άνθρακα και από τα δύο είδη ανήλθε στους 171,33tn εκ των οποίων 96,24tn στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Τσουκαλιό, 17,96tn στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Λογαρού και 57,13tn στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Αγρίλου (Εικόνα 2). Αν και δεν έγινε ανάλυση σύνθεσης ειδών στις συσσωματώσεις στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Αγρίλου, από τις επιτόπιες παρατηρήσεις υπάρχει η αίσθηση της κυριαρχίας του είδους *C. glaucum*, οπότε για τις ανάγκες της παρούσας θεωρήθηκε ότι η σύνθεση των ειδών στην περιοχή είναι ίδια με αυτή των

συσσωματώσεων της ακτογραμμής της λιμνοθάλασσας Τσουκαλιού. Το όστρακο του δίθυρου *C. glaucum* δεσμεύει την μεγαλύτερη ετήσια ποσότητα άνθρακα η οποία ανέρχεται σε 131,93tn και ακολουθεί το *P. aureus* το οποίο δεσμεύει ετήσια 39,40tn άνθρακα (Εικόνα 2).




Εικόνα 2. Συνολική ποσότητα δέσμευσης άνθρακα ανά είδος διθύρου (*C. glaucum, P. aureus*) στις αμμονησίδες των λιμνοθαλασσών Τσουκαλιό, Λογαρού και Αγρίλου του Αμβρακικού κόλπου.
Figure 2. Total annual amount of carbon sequestration per bivalve species (*C. glaucum, P. aureus*) in the sand strips of Tsoukalio, Logarou and Agrilou lagoons of the Amvrakikos Gulf (NW Greece).

Η ποσότητα του άνθρακα που δεσμεύεται στο κέλυφος των διθύρων απομακρύνεται μόνιμα από την ατμόσφαιρα σύμφωνα με τους Moore et al. (2021). Οι Van der Schatte Olivier et al. (2020) αναφέρουν ότι η ετήσια απομάκρυνση του άνθρακα σε θαλάσσιους λειμώνες και υφάλμυρα ύδατα κυμαίνεται από 1,38±0,38 έως 2,42±0,26tn/ha/έτος, ενώ η εκτίμηση των Smith et al. (2016) ανήλθε στους 0,52tn/ha/έτος. Η εκτίμηση της παρούσας εργασίας με την παραδοχή ότι η ποσότητα των συσσωματώσεων ανταποκρίνεται στο σύνολο της ακτογραμμής των λιμνοθαλασσών και με δεδομένο ότι η επιφάνεια εκτείνεται στα αβαθή τμήματα του Αμβρακικού κόλπου όπου συσσωρεύονται οι συσσωματώσεις, ανέρχεται σε 2,05tn/ha/έτος για τις λιμνοθάλασσες Τσουκαλιό και Αγρίλου και 0,34 tn/ha/έτος για την λιμνοθάλασσα Λογαρού. Αξίζει να σημειωθεί ότι η ετήσια ποσότητα της δέσμευσης άνθρακα όπως προκύπτει από την συγκόμωση των αστικών δένδρων ανέρχεται στους 2,8tn/ha (Nowak & Crane 2002).

Σύμφωνα δε με τον ιστότοπο Carbon Offsetting, μία πτήση οικονομικής θέσης με επιστροφή από Αθήνα προς Λονδίνο αντιστοιχεί σε 0,73tn $CO_2$ και κοστίζει μεταξύ 7,98€ και 24,10€, ανάλογα με το πρόγραμμα αντιστάθμισης (ανανεώσιμες πηγές ενέργειας, φύτευση δέντρων, κοινοτικά έργα, κ.λπ.) (https://www.carbonfootprint.com). Υπολογίζοντας από τον ίδιο ιστότοπο, το αποτύπωμα άνθρακα ενός οχήματος όπως χαρακτηριστικά αναφέρεται από τους Moore et al. (2021) (EU 2015 FORD All New Focus, Model Year Post 2015 1/2 1.6 Duratorq TDCi (115PS) With Stop/Start - 5 Door), ισοδυναμεί με 0,15tn $CO_2$ ανά 1000Km οι οποίοι απαιτούν ως αντιστάθμιση από 10,99€/tn (Global Portfolio carbon offset program) έως 24,18€/tn (UK Tree Planting carbon offset program). Συνεπώς, η ανωτέρω εκτιμώμενη ποσότητα δέσμευσης άνθρακα από το κέλυφος των διθύρων των λιμνοθαλασσών του Αμβρακικού κόλπου αντισταθμίζει το αποτύπωμα άνθρακα 235 εισιτηρίων οικονομικής θέσης Αθήνα-Λονδίνο μετ' επιστροφής (ισοδυναμία με περίπου 3800€ αντισταθμιστικά τέλη) ή το αποτύπωμα οδήγησης 1.142.200Km (ισοδυναμία με περίπου 15850€ αντισταθμιστικά τέλη).

Η εκτιμώμενη ποσότητα της ετήσιας δέσμευσης του άνθρακα από τα δίθυρα στον Αμβρακικό κόλπο ενδεχομένως αποτελεί υποεκτίμηση καθώς η παραδοχή των Smith et al. (2016) της ετήσιας δέσμευσης του άνθρακα ως εξαγόμενο αποτέλεσμα δια της οντογενετικής ηλικίας των διθύρων αντικρούεται στο γεγονός ότι οι συσσωματώσεις αντικατοπτρίζουν την αφθονία των ζωντανών πληθυσμών (Kidwell 2002β). Με άλλα λόγια η ετήσια ανάπτυξη των δίθυρων οστράκων καθώς συνεχίζεται μέχρι τον τερματισμό της ζωής του θα πρέπει να συνεκτιμάται και όχι να αφαιρείται από την

εξίσωση. Συνεπώς, η συνολική ποσότητα της ετήσιας δέσμευσης του άνθρακα στα κελύφη των διθύρων από τα δύο είδη στις λιμνοθάλασσες Τσουκαλιό, Λογαρού και Αγρίλου του Αμβρακικού κόλπου θα μπορούσε πιθανόν να εκτιμηθεί στους 514,00tn ανά έτος (αποτύπωμα οδήγησης 3.427.000km ετησίως).

Ωστόσο, με δεδομένο ότι η εναποτιθέμενη ποσότητα των οστράκων δεν είναι σαφές ότι αποτελεί το σύνολο της πρόσφατης παραγωγής διθύρων, θα πρέπει να εξαιρεθεί μέσα από την ταφονονομική ανάλυσή τους η ποσότητα των διθύρων τα οποία είναι τουλάχιστον στην κακή και χειρότερη κατάσταση διατήρησης καθώς πιθανόν είναι αποτέλεσμα μεγάλης διάρκειας εναπόθεσης, ενώ σύμφωνα με την Kidwell (2013) μπορεί να θεωρηθεί ότι τα δείγματα στις συσσωματώσεις δεν διαφέρουν ως προς την διατήρηση του κελύφους και την διάρκεια ζωής του είδους. Σε αυτή την διαπίστωση συνηγορεί η ταφονομική ανάλυση των Tsolakos et al. (2021α) σύμφωνα με την οποία διαφαίνεται ότι οι εναποθέσεις των συσσωματώσεων στην λιμνοθάλασσα Τσουκαλιό είναι αποτέλεσμα της συνεχόμενης τροφοδότησης της παραγωγής διθύρων του Αμβρακικού κόλπου.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Alonso AA, Álvarez-Salgado XA, Antelo LT (2021) Assessing the impact of bivalve aquaculture on the carbon circular economy. Journal of Cleaner Production 279: 123873.

Avramidis P, Iliopoulos G, Panagiotaras D, Papoulis D, Lambropoulou P, Kontopoulos N, Siavalas G, Christanis K (2014) Tracking Mid-to Late Holocene depositional environments by applying sedimentological, palaeontological and geochemical proxies, Amvrakikos coastal lagoon sediments, Western Greece, Mediterranean Sea. Quaternary International 332: 19-36.

Carss DN, Brito AC, Chainho P, Ciutat A, de Montaudouin X, Otero RMF, Filgueira MI, Garbutt A, Goedknegt MA, Lynch SA, Mahony KE, Maire O, Malham SK, Orvain F, Van der Schatte Olivier A, Jones L (2020) Ecosystem services provided by a non-cultured shellfish species: The common cockle Cerastoderm*a edule*. Marine Environmental Research 158: 104931.

Chattopadhyay D, Sarkar D, Bhattacherjee M (2021) The Distribution Pattern of Marine Bivalve Death Assemblage From the Western Margin of Bay of Bengal and Its Oceanographic Determinants. Frontiers in Marine Science, 8: 675344.

Filgueira R, Byron CJ, Comeau LA, Costa-Pierce B, Cranford PJ, Ferreira JG, Guyondet T, Jansen HM, Landry T, McKindsey CW, Petersen JL, Reid GK, Robinson SMC, Smaal A, Sonier R, Strand Ø, Strohmeier T (2015) An integrated ecosystem approach for assessing the potential role of cultivated bivalve shells as part of the carbon trading system. Marine Ecology Progress Series 518: 281-287.

Filgueira R, Strohmeier T, Strand Ø (2019) Regulating services of bivalve molluscs in the context of the carbon cycle and implications for ecosystem valuation. In Goods and Services of Marine Bivalves (pp. 231-251). Springer, Cham.

Fischer W (2005) Die marine Molluskenfauna des Amvrakischen Golfes (Epirus, Griechenland). Nachrichtenblatt der Ersten Malakologischen Gesellschaft Vorarlbergs 13: 75-80.

Galinou-Mitsoudi S, Vlachavas G, Bardakis G, Paraskevopoulos K (2007) Identification Manual of commercial and protected shells. Hellenic Ministry of Rural development and food. EPAL2000-2006. Final Rep. 223 pp.

Galinou-Mitsoudi S (2010) The exploitable shells of Greece. Final Rep. Res. Com. ATEITH, Department of Fisheries and Aquaculture Technology, Nea Moudania, Chalkidiki, Greece 218 pp.

Goulletquer P, Wolowicz M (1989) The shell of *Cardium edule*, *Cardium glaucum* and *Ruditapes philippinarum*: organic content, composition and energy value, as determined by different methods. Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom, 69(3): 563-572.

Kehayias G, Aposporis M (2014) Zooplankton variation in relation to hydrology in an enclosed hypoxic bay (Amvrakikos Gulf, Greece). Mediterranean Marine Science 15(3): 554-568.

Kidwell SM (2001) Preservation of species abundance in marine death assemblages. Science, 294(5544): 1091-1094.

Kidwell SM (2002α) Mesh-size effects on the ecological fidelity of death assemblages: a meta-analysis of molluscan live–dead studies. Geobios 35: 107-119.

Kidwell SM (2002β) Time-averaged molluscan death assemblages: palimpsests of richness, snapshots of abundance. Geology, 30(9): 803-806.

Kidwell SM (2008) Ecological fidelity of open marine molluscan death assemblages: effects of post-mortem transportation, shelf health, and taphonomic inertia. Lethaia 41(3): 199-217.

Kidwell SM (2013) Time-averaging and fidelity of modern death assemblages: building a taphonomic foundation for conservation palaeobiology. Palaeontology 56(3): 487-522.
Kowalewski M, Serrano GEA, Flessa KW, Goodfriend GA (2000) Dead delta's former productivity: two trillion shells at the mouth of the Colorado River. Geology 28(12): 1059-1062.
Moore D, Heilweck M, Petros P (2021) Saving the Planet with Appropriate Biotechnology: 2. Cultivate Shellfish to Remediate the Atmosphere/Salvando el planeta con biotecnología apropiada: 2. Cultivar mariscos para remediar la atmósfera. Mexican Journal of Biotechnology 6(1): 31-91.
Nowak DJ, Crane DE (2002) Carbon storage and sequestration by urban trees in the USA. Environmental pollution 116(3): 381-389.
Poutiers JM (1987) Bivalves (Acephales, Lamellibranches, Pelecypodes). In Fischer, W., M. Schneider, Fiches FAO D' Identification des especes pour les besoins de la peche. Mediterranee et mer noire zone de peche 37. Revision 1. (vol.1) Vegetaux et Invertebres. 371-512.
Smith JA, Auerbach DA, Flessa KW, Flecker AS, Dietl GP (2016) Fossil clam shells reveal unintended carbon cycling consequences of Colorado River management. Royal Society open science 3(9): 160170.
Tsolakos K, Katselis G, Theodorou JA (2019) Massive molluscan shell accumulation on the sea side of land strips of Amvrakikos Gulf lagoon complex (NW Greece). In Exploring the Nexus of Geoecology, Geography, Geoarcheology and Geotourism: Advances and Applications for Sustainable Development in Environmental Sciences and Agroforestry Research. Springer, Cham, p. 75-78.
Tsolakos K, Katselis G, Theodorou JA (2021α) Taphonomy of mass mollusc shell accumulation at Amvrakikos Gulf lagoon complex sandy barriers (NW Greece). Oceanologia 63(2): 179-193.
Tsolakos K, Katselis G, Theodorou JA (2021β) Species composition of shell accumulation at Amvrakikos Gulf Lagoons sand strips – (Ionian Sea, Western Greece). Biharean Biologist 15(1): 21-24.
Van der Schatte Olivier A, Jones L, Vay LL, Christie M, Wilson J, Malham S K (2020) A global review of the ecosystem services provided by bivalve aquaculture. Reviews in Aquaculture, 12(1): 3-25.
Waldbusser GG, Powell EN, Mann R (2013) Ecosystem effects of shell aggregations and cycling in coastal waters: an example of Chesapeake Bay oyster reefs. Ecology 94(4): 895-903.
Weber K, Zuschin M (2013) Delta-associated molluscan life and death assemblages in the northern Adriatic Sea: implications for paleoecology, regional diversity and conservation. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 370: 77-91.

# Οικονομικές επιπτώσεις του εισβολικού ψαριού *Lagocephalus sceleratus*, Tetraodontidae, Gmelin 1789, λαγοκέφαλος στην παράκτια αλιεία της Κρήτης: Προκαταρκτικά αποτελέσματα

**Γιώργος Χρηστίδης, Μπατζιάκας Στράτος, Παναγιώτα Περιστεράκη, Στυλιανός Σωμαράκης, Γιώργος Τσερπές**

Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων και Εσωτερικών Υδάτων, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), Θαλασσόκοσμος Γούρνες, Ηράκλειο, Κρήτη, Ελλάδα – chrisgeo@hcmr.gr

## ABSTRACT

**Georgios Christidis, Stratos Batziakas, Panagiota Peristeraki, Stylianos Somarakis, Giorgos Tserpes: Economic impacts of the invasive fish *Lagocephalus sceleratus*, Tetraodontidae, Gmelin 1789, silver-cheeked toadfish, on the small-scale fisheries in Crete: Preliminary results**

The present work investigates for the first time the economic impacts of *L. sceleratus* on small-scale fisheries in the Greek seas. For this purpose, interviews with 54 fishermen of Crete were carried out during the period August 2020-August 2021. The preliminary analysis of the data collected showed that the mean yearly monetary loss due to the silver-cheeked toadfish impacts is approximately 9.980 euro for each fisherman. The most frequently reported impact and fishing tactic shift were the extra economic cost for gear replacement/repair and the increase of fishing depth, respectively. The results of the present study provide important quantitative evidence on the magnitude of *L. sceleratus* impacts on small-scale fisheries, which can contribute to the formulation of management actions for the mitigation of such impacts.

**Keywords:** fishing tactics, Crete, Eastern Mediterranean

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η Μεσόγειος αποτελεί την θάλασσα με τις περισσότερες βιοεισβολές στον κόσμο με περίπου 1000 μη ενδημικά είδη να έχουν καταγραφεί έως σήμερα (Zenetos *et al.* 2022), ενώ περίπου το 12% αυτών έχουν χαρακτηριστεί ως εισβολικά καθώς επιφέρουν μεταξύ άλλων αρνητικές επιπτώσεις στην οικονομία των παράκτιων περιοχών (Bonanno & Orlando-Bonaca 2019). Στην Ευρώπη, οι οικονομικές απώλειες εξαιτίας της παρουσίας υδρόβιων εισβολικών ειδών εκτιμώνται στα 2.2 δις € το χρόνο. Παρόλα αυτά, η κοστολόγηση των οικονομικών επιπτώσεων των περισσότερων θαλάσσιων εισβολικών ειδών είναι ελλιπής (Otero *et al.* 2013).

Ένα από τα πιο επιζήμια θαλάσσια εισβολικά είδη στη Μεσόγειο είναι ο οστεϊχθύς *Lagocephalus sceleratus*, Tetraodontidae, Gmelin 1789, silver-cheeked toadfish, λαγοκέφαλος (Streftaris & Zenetos 2006). Η πρώτη καταγραφή του λαγοκέφαλου στη Μεσόγειο ήταν στις ακτές της Τουρκίας το 2003 (Akyol *et al.* 2005), ενώ έκτοτε, το είδος παρουσίασε ταχύτατη εξάπλωση σε όλη τη λεκάνη (Azzuro *et al.* 2020). Στις παράκτιες περιοχές της Κρήτης, το είδος καταγράφηκε πρώτη φορά το 2005 (Kasapidis *et al.* 2007), ενώ τα τελευταία χρόνια παρατηρείται σημαντική αύξηση της αφθονίας του στις εν λόγω περιοχές (Peristeraki *et al.* 2013).

Η τεχνική έκθεση του Παγκόσμιου Οργανισμού Τροφίμων (FAO, Nader *et al.* 2012) αναφέρει ότι ο λαγοκέφαλος πλήττει σημαντικά τη βιωσιμότητα της παράκτιας αλιεία της ανατολικής Μεσογείου καταστρέφοντας με τα ισχυρά του δόντια αλιευτικά εργαλεία και εμπορικά αλιεύματα που έχουν συλληφθεί σε αυτά, ενώ συνιστά την περεταίρω διερεύνηση των επιπτώσεων του είδους. Παρόλα αυτά, οι ποσοτικές εκτιμήσεις του οικονομικού αντίκτυπου των παραπάνω επιπτώσεων είναι περιορισμένες στις χώρες της Μεσογείου (Ünal *et al.* 2015; Ünal & Göncüoğlu Bodur 2017) ή αναφέρονται στις από κοινού επιπτώσεις ειδών της οικογένειας Tetraodontidae (Öndes *et al.* 2018). Περεταίρω, πιθανές προσαρμογές των αλιέων στην παρουσία του λαγοκέφαλου μέσω αλλαγών στην αλιευτική τους τακτική δεν έχουν αναφερθεί μέχρι σήμερα.

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση των οικονομικών επιπτώσεων του λαγοκέφαλου στην παράκτια αλιεία της Κρήτης, καθώς και η καταγραφή αλλαγών στην αλιευτική τακτική εξαιτίας της παρουσίας του είδους.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για το σκοπό αυτό, πραγματοποιήθηκε συλλογή οικονομικών δεδομένων μέσω προσωπικών συνεντεύξεων με 54 επαγγελματίες αλιείς που δραστηριοποιούνταν σε παράκτιες περιοχές της Κρήτης την περίοδο Αύγουστου 2020-Αύγουστου 2021.

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αφορούσαν στις ακόλουθες ποσοτικές και ποιοτικές παραμέτρους: χαμένες ημέρες/μήνα, επιπλέον εργατοώρες/μήνα, αύξηση προσωπικού (ανθρωπομήνες), επιπλέον ετήσιο κόστος για αλιευτικά εργαλεία (€), ημερήσια απώλεια βιομάζας εμπορικών ειδών (kg), πόντιση επιπλέον αλιευτικών εργαλείων ανά εποχή αλιείας και αλλαγές στην αλιευτική τακτική.

Από την ανάλυση των δεδομένων υπολογίστηκαν η μέση (± τυπική απόκλιση) και η μέγιστη τιμή για κάθε άμεση ή έμμεση οικονομική επίπτωση που επέφερε ο λαγοκέφαλος στους αλιείς, καθώς και η ποσοστιαία αναλογία των αλλαγών στην αλιευτική τακτική που αναφέρθηκαν από τους αλιείς. Για την εκτίμηση του μέσου ετήσιου κόστους κάθε επίπτωσης ορίστηκαν κατά προσέγγιση τα κόστη ανά μονάδα (μέρα αλιείας = 80 €, εργατοώρα = 7 €, ανθρωπομήνας = 700 €, μέση τιμή πώλησης αλιευμάτων = 12 €/κιλό).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

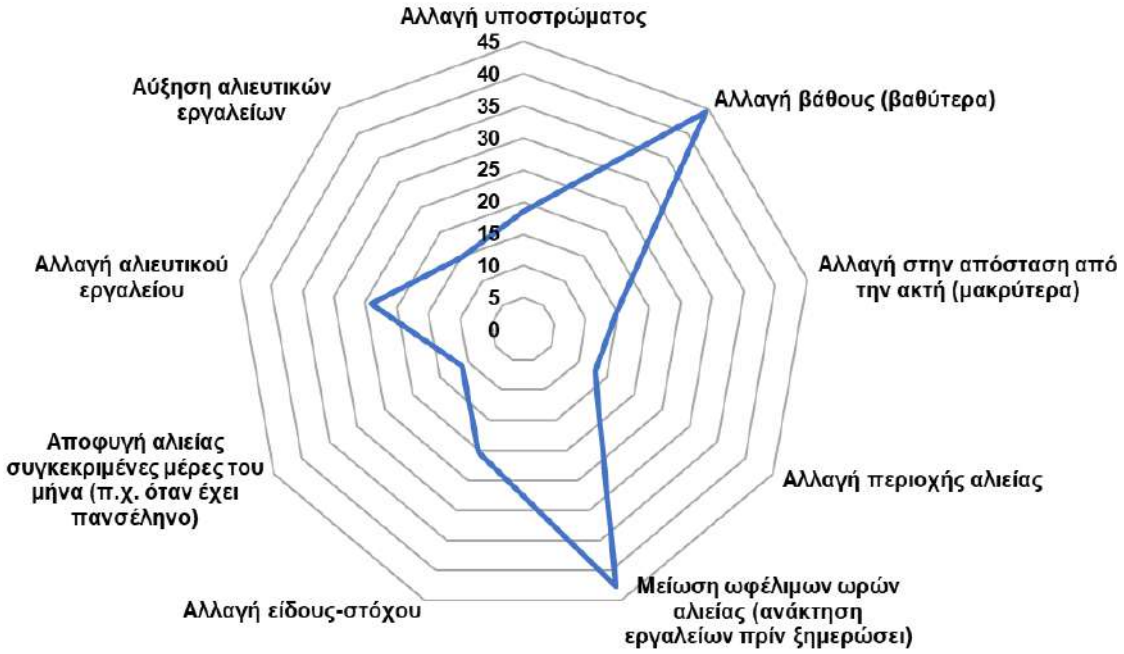
Τα κύρια αλιευτικά εργαλεία που χρησιμοποιούσαν οι αλιείς ήταν τα μανωμένα δίχτυα (GTR, 70%), τα παραγάδια (LLS, 24%) και τα απλάδια δίχτυα (GNS, 6%), ενώ η πλειοψηφία των αλιέων χρησιμοποιούσε παράλληλα δυο ή τρία από τα αναφερόμενα εργαλεία. Με βάση το ποσοστό αναφορών, οι κυριότερες επιπτώσεις ήταν η αύξηση του ετήσιου κόστους για επισκευή/αντικατάσταση αλιευτικών εργαλείων (76% των αλιέων), η αύξηση των εργατοωρών ανά μήνα (54% των αλιέων), η μείωση των ημερών αλιείας ανά μήνα (54%) και η απώλεια βιομάζας εμπορικών ειδών (50%). Η μέση τιμή του επιπλέον ετήσιου κόστους για την αντικατάσταση των φθαρμένων από τον λαγοκέφαλο εργαλείων υπολογίσθηκε στα 2132 (± 1869) € (Πίνακας Ι). Συγκριτικά, οι παράκτιοι αλιείς που δραστηριοποιούνται στα μεσογειακά παράλια της Τουρκίας καταβάλλουν περίπου 2554 (± 2759) TRY για την αντικατάσταση των εργαλείων τους (Ünal & Göncüoğlu Bodur 2017, όπου 1 € ≈ 2,7 TRY για το διάστημα που αφορά την εν λόγω έρευνα).

**Πίνακας Ι. Οικονομικές επιπτώσεις του λαγοκέφαλου σε παράκτιους αλιείς της Κρήτης για την περίοδο Αύγουστος 2020-Αύγουστος 2021. Παρουσιάζονται το ποσοστό των αναφορών, η μέση τιμή (± τυπική απόκλιση), η μέγιστη τιμή και η μέση ετήσια οικονομική απώλεια για κάθε επίπτωση. NA: δεν υπολογίστηκε.**
**Table I. Economic impacts of silver-cheeked toadfish on small scale fishers of Crete during the period 2020-2021. The percentage of reports, the mean value (± standard deviation), the max value and the mean yearly monetary loss of each reported impact are presented. NA: not applicable.**

| Επιπτώσεις | Ποσοστό αναφορών | Μέση τιμή | Μέγιστη τιμή | Μέση ετήσια απώλεια (€) |
|---|---|---|---|---|
| Χαμένες ημέρες/μήνα | 50% | 2 ± 3 | 13 | 1991 ± 1778 |
| Επιπλέον εργατοώρες/μήνα | 54% | 35 ± 50 | 210 | 2940 ± 4204 |
| Αύξηση προσωπικού (ανθρωπομήνες) | 15% | 1 ± 3 | 12 | 557 ± 1754 |
| Επιπλέον ετήσιο κόστος για αλιευτικά εργαλεία (€) | 76% | 2132 ± 1869 | 7000 | 2132 ± 1869 |
| Ημερήσια απώλεια βιομάζας εμπορικών ειδών (kg) | 50% | 1,6 ± 1,9 | 8 | 2270 ± 2775 |
| Αυξημένη πόντιση αλιευτικών εργαλείων (χειμώνας) (%) | 6% | 2 ± 8 | 50 | NA |
| Αυξημένη πόντιση αλιευτικών εργαλείων (άνοιξη) (%) | 24% | 7 ± 14 | 50 | NA |
| Αυξημένη πόντιση αλιευτικών εργαλείων (καλοκαίρι) (%) | 22% | 7 ± 14 | 50 | NA |
| Αυξημένη πόντιση αλιευτικών εργαλείων (φθινόπωρο) (%) | 13% | 4 ± 10 | 50 | NA |

Αναφορικά με τις αλλαγές στην αλιευτική τακτική, το 76% των αλιέων που ερωτήθηκαν ανέφεραν τουλάχιστον μια αλλαγή στην αλιευτική τους τακτική με σκοπό τη μείωση της πιθανότητας σύλληψης, ή εφόρμησης του λαγοκέφαλου στα αλιευτικά τους εργαλεία και αλιεύματα, ενώ μόνο το 24% των αλιέων δεν ανέφερε κάποια αλλαγή. Οι κυριότερες αλλαγές που αναφέρθηκαν ήταν η μετατόπιση της

αλιευτικής δραστηριότητας σε βάθη άνω των 90 m (44% των αλιέων), η μείωση του χρόνου παραμονής των εργαλείων στο νερό, ως απόρροια της αλιείας μόνο τις νυχτερινές ώρες (43% των αλιέων), η αλλαγή του αλιευτικού εργαλείου (24%) και η αλλαγή του είδους στόχου (20%). Λιγότερο συχνές αλλαγές στην αλιευτική τακτική ήταν η μετατόπιση της αλιείας σε μεγαλύτερη απόσταση από την ακτή, η οποία κυμαίνεται από 0,5 ως 1,5 ναυτικό μίλι (15%), η αλλαγή περιοχής αλιείας (13%) και η αποφυγή αλιείας τις νύχτες με πανσέληνο (11%) (Εικόνα 1).




**Εικόνα 1. Ποσοστό αλιέων που ανέφεραν αλλαγές στην αλιευτική τους τακτική εξαιτίας της παρουσίας του λαγοκέφαλου ανά κατηγορία αλλαγών αλιευτικής τακτικής.**
**Figure 1. Percentage of fishers who reported changes in their fishing tactic due to the presence of silver-cheeked toadfish per category of fishing tactics change.**

Η παρούσα εργασία είναι η πρώτη στην Ελλάδα που αναδεικνύει το οικονομικό μέγεθος των άμεσων (καταστροφή αλιευτικών εργαλείων και εμπορικών αλιευμάτων) και έμμεσων (αύξηση εργατοωρών και προσωπικού, μείωση ημερών αλιείας) επιπτώσεων που επιφέρει ο λαγοκέφαλος στην παράκτια αλιεία. Για να περιορίσουν τις παραπάνω επιπτώσεις οι αλιείς της Κρήτης αναφέρουν αλλαγές στην αλιευτική τους τακτική με σκοπό την αποφυγή αλληλεπίδρασης λαγοκέφαλου-αλιευτικών εργαλείων, καθώς και αύξηση της αλιευτικής τους προσπάθειας (πόντιση περισσότερων εργαλείων) με σκοπό την αναπλήρωση των φθαρμένων αλιευμάτων. Τα αποτελέσματα που παρουσιάζονται μπορούν να συνεισφέρουν στην υιοθέτηση κατάλληλων διαχειριστικών μέτρων από τους αρμόδιους φορείς με στόχο την οικονομική «ανακούφιση» των παράκτιων αλιέων.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε με υποστήριξη από το ΕΠΑΛΘ 2014-2020 (μέσω του έργου “LIONHARE”), και την Περιφέρεια Κρήτης. Οι συγγραφείς θα ήθελαν να ευχαριστήσουν τη Δρ. Ψόχιου Ελένη για τα πολύτιμα σχόλιά της κατά τη συγγραφή του άρθρου, τους συνεργάτες του εργαστηρίου Αλιείας του ΙΘΑΒΙΠΕΥ Κρήτης που συμμετείχαν στη συλλογή των δεδομένων, καθώς και τους παράκτιους αλιείς για την άριστη συνεργασία τους με το επιστημονικό προσωπικό.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Akyol O, Ünal V, Ceyhan T, Bilecenoglu M (2005) First confirmed record of *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Mediterranean Sea. Journal of Fish Biology 66: 1183-1186.

Azzurro E, Bariche M, Cerri J, Garrabou J (2020). The long reach of the Suez Canal: *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) an unwanted Indo-Pacific pest at the Atlantic gate. BioInvasions Records 9: 204-208.

Bonanno G, Orlando-Bonaca M (2019). Non-indigenous marine species in the Mediterranean Sea-Myth and reality. Environmental Science & Policy 96: 123-131.

Kasapidis P, Peristeraki P, Tserpes G, Magoulas A (2007) First record of the lessepsian migrant *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin 1789) (Osteichthyes: Tetraodontidae) in the Cretan sea (Aegean, Greece). Aquatic invasions 2: 71-73.

Nader M, Indary S, Boustany L (2012) The Puffer Fish *Lagocephalus sceleratus* (Gmelin, 1789) in the Eastern Mediterranean. In: EastMed Technical Documents 2012; GCP/INT/041/EC–GRE–ITA. FAO, Rome, Italy, p. 42.

Öndes F, Ünal V, Özbilgin Y, Deval C, Turan C (2018) By-catch and monetary loss of pufferfish in Turkey, the Eastern Mediterranean. Ege Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 35: 361-372.

Otero M, Cebrian E, Francour P, Galil B, Savini D (2013) Monitoring marine invasive species in Mediterranean marine protected areas (MPAs): a strategy and practical guide for managers. IUCN, Malaga, p. 136.

Peristeraki P, Tserpes G, Biyiakis S, Kostopoulou V, Anezaki E, Vala E (2013) Observations on the expansion pattern of the invasive species *Lagocephalus sceleratus* around Crete; Interactions with coastal fisheries. In: MARBIGEN Conference, 7-9 October 2013. Heraklion, Crete, Greece, p. 49.

Streftaris N, Zenetos, A (2006). Alien marine species in the Mediterranean-the 100 'Worst Invasives' and their impact. Mediterranean Marine Science 7: 87-118.

Ünal V, Göncüoğlu Bodur H, Durgun D, Tosunoğlu Z, Deval C, Turan C (2015) Silver-cheeked toadfish, *Lagocephalus sceleratus* (Actinopterygii: Tetraodontiformes: Tetraodontidae), causes a substantial economic loss in the Turkish Mediterranean coast: A call for decision makers. Acta Ichthyologica et Piscatoria 45: 231-237.

Ünal V, Göncüoğlu Bodur, H (2017) The socio-economic impacts of the silver-cheeked toadfish on small-scale fishers: A comparative study from the Turkish coast. Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 34: 119-127.

Zenetos A, Albano PG, Garcia EL, Stern N, Tsiamis K, Galanidi M (2022) Established non-indigenous species increased by 40% in 11 years in the Mediterranean Sea. Mediterranean Marine Science 23.

# ΕΣΩΤΕΡΙΚΑ ΥΔΑΤΑ & ΠΑΡΑΚΤΙΑ ΖΩΝΗ

# Προκαταρκτικά αποτελέσματα της μελέτης της ποιότητας θαλάσσιου περιβάλλοντος στις περιοχές των υποθαλάσσιων αγωγών των Βιολογικών Καθαρισμών Καβάλας και Παληού

**Νικόλαος Καμίδης[1], Ελένη Φλωρά[2], Στέλιος Τριανταφυλλίδης [1], Δημήτριος Καραμπέτσης[1], Νικόλαος Σταμάτης[1]**

[1]ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ-Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, Νέα Πέραμος, Καβάλα – emails: nikkami@inale.gr, floraeleni@gmail.com, striant@inale.gr, dkarampetsis@inale.gr, nikstam@inale.gr

## ABSTRACT

**Nikolaos Kamidis, Eleni Flora, Stelios Triantafillidis, Dimitrios Karampetsis, Nikolaos Stamatis: Preliminary results of the marine environment quality study in the area of the submerged pipelines of Kavala and Palio Wastewater Treatment Plants (WTPs)**

This paper presents the results of the evaluation of the marine water and sediment quality in the areas of two submerged wastewater treatment pipelines located in Kavala Gulf. The analysis showed that the trophic state in the area ranged from eutrophic to dystrophic. The influence of WTPs was overshadowed by an eutrophication event, triggered by the combination of the presence of organic mucilage patches and extreme atmospheric temperatures. Consequently, nutrient concentrations were found to be higher at the bottom, while dissolved oxygen was low throughout the column. Regarding heavy metals, high pollution according to the PLI index was recorded mainly at the stations around the pipeline of Kavala WTP and at a single station at Palio WTP. $I_{geo}$ indicated moderately high pollution for Pb, zero to moderate pollution for Cr, Cd and Zn and zero pollution for Cu, Ni.

**Keywords:** Eutrophication, WTPs, Kavala Gulf, heavy metals, pollution

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κατασκευή βιολογικών καθαρισμών για την επεξεργασία των αστικών/βιομηχανικών λυμάτων ωφελεί το φυσικό περιβάλλον καθώς έτσι, περιορίζεται η διάθεση των ανεπεξέργαστων αποβλήτων σε αυτό. Η ανεξέλεγκτη διάθεση υγρών αποβλήτων, χωρίς καμία επεξεργασία, αποτελεί έναν από τους βασικότερους παράγοντες υποβάθμισης του φυσικού περιβάλλοντος. Σύμφωνα με την ΚΥΑ 5673/400/1997 (ΦΕΚ 192/Β/14-03-1997), η οποία ενσωμάτωσε την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ «για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων», η συλλογή και επεξεργασία (τουλάχιστον δευτεροβάθμια) των αστικών λυμάτων οικισμών με ισοδύναμο πληθυσμό μεγαλύτερο των 10.000 κατοίκων (οικισμοί Β' προτεραιότητας) είναι υποχρεωτική από το τέλος του 2005. Αστοχίες στον σχεδιασμό των εγκαταστάσεων εκροής λυμάτων (ΕΕΛ), βλάβες στη λειτουργία τους ή ανεπαρκής παρακολούθησή τους δύνανται να επιβαρύνουν το φυσικό περιβάλλον ως εξής: (α) μεταφορά αιωρούμενων στερεών, οργανικού φορτίου και θρεπτικών αλάτων στο υδάτινο περιβάλλον, λόγω ανεπαρκούς απομάκρυνσής τους, (β) απελευθέρωση παθογόνων μικροοργανισμών στο φυσικό περιβάλλον, λόγω ανεπαρκούς απολύμανσης, (γ) ρύπανση με βαρέα μέταλλα (Stamatis et al. 2006), των οποίων η απομάκρυνση δεν προβλέπεται στην επεξεργασία και (δ) υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, των ιζημάτων και της βενθικής χλωρίδας και πανίδας (Melidis & Sylaios 2017).

Σκοπός αυτής της εργασίας είναι η διερεύνηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος στις περιοχές της υποθαλάσσιας διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων των ΕΕΛ Καβάλας και Παληού. Η μελέτη περιλαμβάνει τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των ανόργανων θρεπτικών αλάτων ($N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NH_4$ και $P\text{-}PO_4$), τη μέτρηση των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού (T, S, διαλυμένο οξυγόνο (DO)) σε ολόκληρη την υδάτινη στήλη και την εκτίμηση της τροφικής κατάστασης μέσω της μέτρησης της συγκέντρωσης της χλωροφύλλης-α και των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων. Επίσης, περιλαμβάνει τον προσδιορισμό έξι βαρέων μετάλλων στο ίζημα (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb και Zn), ούτως ώστε να εξακριβωθεί η επίδραση των ΕΕΛ στα ιζήματα που βρίσκονται εκατέρωθεν των υποθαλάσσιων αγωγών σε κάθε περιοχή.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την εκπλήρωση της μελέτης διενεργήθηκε μία δειγματοληψία την 27/7/2021 σε εννέα σταθμούς ανά ΕΕΛ όπως παρουσιάζεται στην Εικόνα 1. Οι σταθμοί στην ΕΕΛ Καβάλας έχουν μεταξύ τους 500 μ απόσταση, ενώ στην ΕΕΛ Παληού 500 μ στον άξονα x και 200 μ στον y. Επιπλέον, δείγματα υδάτων και ιζήματος ελήφθησαν από έναν απομακρυσμένο από κάθε αγροτική, αστική και βιομηχανική

δραστηριότητα σταθμό, που λειτουργεί ως σημείο αναφοράς. Τα βάθη των σταθμών στις περιοχές των ΕΕΛ κυμαίνονται από 18 έως 35 μ, ενώ ο σταθμός αναφοράς έχει βάθος 40 μ. Τα φυσικά χαρακτηριστικά της στήλης του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα και DO) μετρήθηκαν σε όλους τους σταθμούς με τη χρήση ενός θερμοαλατόμετρου – CTD μοντέλου SBE 19plus της εταιρείας Seabird και ενός οξυγονόμετρου τύπου Oxi 197 της WTW.

Σε κάθε σταθμό ελήφθησαν τρία δείγματα νερού (επιφάνεια, μέσο βάθος και πυθμένας) για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης-α. Ακολουθήθηκε η διήθηση των δειγμάτων μέσω προ-ξηραμένων ηθμών 0,45 μm της Millipore για τον προσδιορισμό των θρεπτικών και GFF για τον προσδιορισμό της χλωροφύλλης-α. Οι αναλύσεις των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης-α πραγματοποιήθηκαν με τη μέθοδο της φασματοφωτομετρίας μοριακής απορρόφησης, ακολουθώντας τις μεθοδολογίες που περιγράφονται από τους Parsons et al. (1984) και APHA (1988), αντίστοιχα.

Η συλλογή των δειγμάτων ιζήματος διενεργήθηκε με αρπάγη τύπου Van Veen, η οποία είναι κατασκευασμένη από ανοξείδωτο χάλυβα. Ελήφθησαν πέντε δείγματα ιζήματος από την περιοχή διάθεσης της ΕΕΛ Καβάλας (σταθμοί 2, 4, 5, 6 και 8), τέσσερα δείγματα από την περιοχή διάθεσης της ΕΕΛ Παληού (σταθμοί 11, 13, 14 και 15) και ένα δείγμα ιζήματος από τον σταθμό αναφοράς (σταθμός 19). Για τον προσδιορισμό των συγκεντρώσεων έξι βαρέων μετάλλων (Cd, Cr, Cu, Ni, Pb και Zn), χρησιμοποιήθηκε δείγμα το οποίο πέρασε από κόσκινο οπών 1 mm (Kamidis & Sylaios 2017). Η ανάλυση περιελάμβανε την ολική καταστροφή με εκχύλιση των δειγμάτων, με μίγμα ισχυρών οξέων. Η συγκέντρωση των μετάλλων μετρήθηκε μετά την χώνεψη 200 mg ξηρού δείγματος με 4 mL βασιλικού νερού (aqua regia: 3 mL $HNO_3$ και 1 mL HCl) και 1 mL πυκνό HF (Kamidis & Sylaios 2017). Η εκχύλιση πραγματοποιήθηκε μέσα σε οβίδες teflon σε φούρνο μικροκυμάτων κάτω από συνθήκες υψηλής θερμοκρασίας και πίεσης. Ο προσδιορισμός των βαρέων μετάλλων πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Φασματοσκοπίας Ατομικής Απορρόφησης (AAS), χρησιμοποιώντας την τεχνική του φούρνου γραφίτη (G.F.A.A.S.) της Ατομικής Απορρόφησης τύπου AAnalyst-800 με Zeeman background correction του οίκου PERKIN-ELMER.

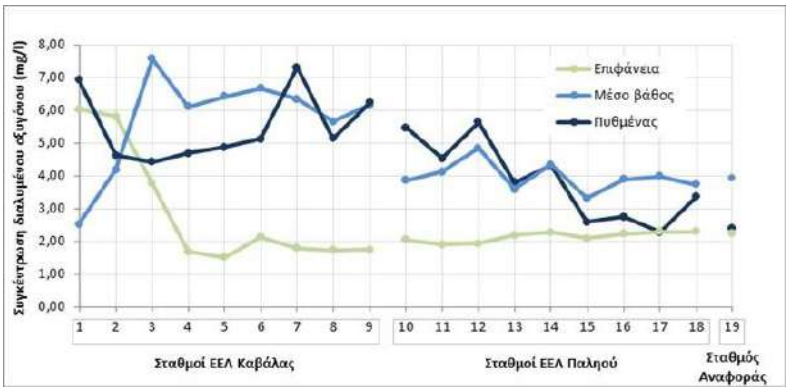
Για τον προσδιορισμό της τροφικής κατάστασης των υδάτων της περιοχής μελέτης χρησιμοποιήθηκε ο δείκτης TRIX (Vollenweider et al. 1998), ο υπολογισμός του οποίου βασίζεται στις συγκεντρώσεις του DO, της χλωροφύλλης-α και των ανόργανων θρεπτικών αλάτων αζώτου ($NO_3$, $NO_2$ και $NH_4$) και φωσφόρου ($PO_4$). Ο χαρακτηρισμός των υδάτων έγινε με βάση την προτεινόμενη κλίμακα των Primpas & Karydis (2011), οι οποίοι προσάρμοσαν την αρχική κλίμακα του TRIX στα ολιγοτροφικά θαλάσσια περιβάλλοντα, με δεδομένα από το Αιγαίο Πέλαγος. Σε ότι αφορά την ποιότητα των ιζημάτων χρησιμοποιήθηκαν οι δείκτες PLI και $I_{geo}$. Ο PLI (Pollution Load Index) υπολογίζει τον βαθμό ρύπανσης λαμβάνοντας υπόψη την συνεργστική δράση όλων των μετάλλων (Wilson 2003), ενώ ο $I_{geo}$ (Müller 1979), στηρίζεται στην αναλογία των συγκεντρώσεων των μετάλλων που μετρήθηκαν στα ιζήματα με τις συγκεντρώσεις αναφοράς ($C_{Background}$). Ως $C_{Background}$ χρησιμοποιήθηκαν οι μέσες συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στους αργιλικούς σχιστόλιθους παγκοσμίως, όπως προτάθηκαν από τους Turekian & Wedpohl (1961).

**Εικόνα 1. Σημεία δειγματοληψίας στις ΕΕΛ Καβάλας, Παληού και στη περιοχή αναφοράς.**
**Figure 1. Sampling stations in the WTPs of Kavala, Palio and the reference area.**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

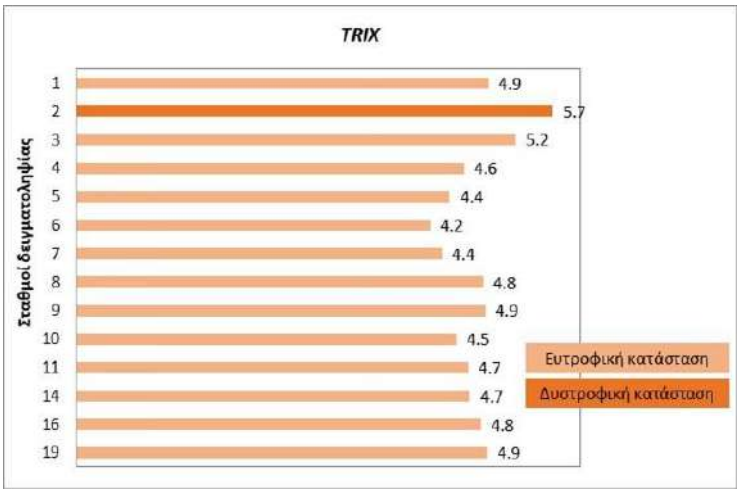
Η περιοχή χαρακτηρίζεται από έντονο θερμοκλινές (επιφάνεια: 27,6-29 ºC, πυθμένας: 15-18,9 ºC) και αλοκλινές (επιφάνεια: 33,7-34,2 psu, πυθμένας: 37,6-38,3 psu) εξαιτίας των υψηλών ατμοσφαιρικών θερμοκρασιών που καταγράφτηκαν την συγκεκριμένη περίοδο (~ 39 ºC) και την παρουσία των υδάτων της Μαύρης Θάλασσας, αντίστοιχα. Οι μέσες τιμές του DO στην επιφάνεια, το μέσο βάθος και τον πυθμένα μετρήθηκαν σε 2,51 mg/l, 4,81 mg/l και 4,55 mg/l, αντίστοιχα (Εικόνα 2). Η υψηλότερη συγκέντρωση οξυγόνου μετρήθηκε στο μέσο βάθος του σταθμού 3 (7,59 mg/l), ενώ η χαμηλότερη μετρήθηκε στα επιφανειακά νερά του σταθμού 5 (1,51 mg/l). Στον σταθμό αναφοράς οι συγκεντρώσεις κυμάνθηκαν επίσης σε χαμηλά επίπεδα (2,2-3,9 mg/l).

Τα νιτρικά άλατα εμφάνισαν τις υψηλότερες συγκεντρώσεις στο μέσο βάθος και τον πυθμένα τους σταθμού 2 (ΕΕΛ Καβάλας: 10,8-19,4 μmol/l) και στην επιφάνεια και στον πυθμένα του σταθμού 3 (ΕΕΛ Καβάλας: 13,7-17,2 μmol/l). Στους υπόλοιπους σταθμούς οι συγκεντρώσεις κυμάνθηκαν μεταξύ 0,1 και 3,8 μmol/l. Οι συγκεντρώσεις των νιτρωδών αλάτων αυξήθηκαν από τα επιφανειακά προς τα βαθύτερα στρώματα και τον πυθμένα (επιφάνεια: 0,03 μmol/l (sd: 0,03), μέσο βάθος: 0,06 μmol/l (sd: 0,05), πυθμένας: 0,71 μmol/l (sd: 0,6)). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις παρατηρήθηκαν στην περιοχή εκροής της ΕΕΛ Παληού. Παρόμοια τάση σημειώθηκε και για τα αμμωνιακά άλατα, με τις τιμές του πυθμένα (0,9 μmol/l, sd: 0,8) να υπερισχύουν τις αντίστοιχες του μέσου βάθους (0,3 μmol/l, sd: 0,3) και της επιφανείας (0,1 μmol/l, sd: 0.3). Τα αμμωνιακά βρέθηκαν υψηλότερα στον πυθμένα του σταθμού 2 (2,6 μmol/l). Η μέγιστη συγκέντρωση των φωσφορικών αλάτων μετρήθηκε στον πυθμένα του σταθμού 3 (ΕΕΛ Καβάλας: 1 μmol/l), ενώ και για αυτή την ένωση οι τιμές του πυθμένα κυμάνθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα (0,5 μmol/l). Τέλος, σε ότι αφορά την χλωροφύλλη-α το μέσο βάθος χαρακτηρίζεται από υψηλότερες τιμές (3,2 μg/l, sd: 1,7) σε σχέση με την επιφάνεια (2,9 μg/l, sd: 0,3) και τον πυθμένα (0,4 μg/l, sd: 0.2). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις μετρήθηκαν στην ΕΕΛ Καβάλας.




**Εικόνα 2. Κατανομή των συγκεντρώσεων του διαλυμένου οξυγόνου στους σταθμούς δειγματοληψίας.**
**Figure 2. Dissolved oxygen distribution among the sampling stations.**

Στην Εικόνα 3 παρουσιάζονται οι τιμές του δείκτη TRIX που υπολογίστηκαν για κάθε σταθμό δειγματοληψίας, οι οποίες εξαρτώνται από τις συγκεντρώσεις των θρεπτικών αλάτων, της χλωροφύλλης-α και του DO. Οι τροφικές συνθήκες στο υπό εξέταση θαλάσσιο περιβάλλον χαρακτηρίστηκαν από ευτροφικές έως δυστροφικές. Συγκεκριμένα, στον

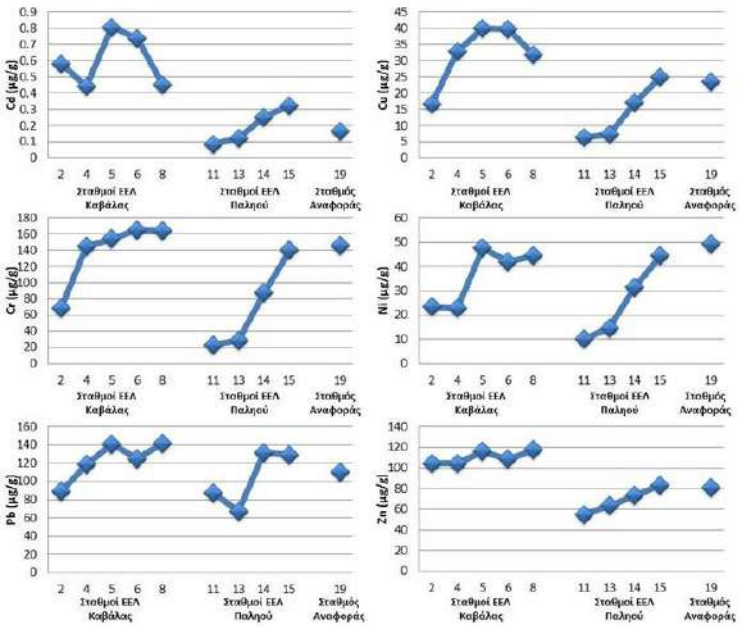



**Εικόνα 3. Τιμές του δείκτη TRIX και χαρακτηρισμός της τροφικής κατάστασης ανά σταθμό.**
**Figure 3. TRIX index values and trophic state characterization per station.**

σταθμό 2 εντός της περιοχής επίδρασης της ΕΕΛ Καβάλας, ο δείκτης TRIX πήρε τιμή μεγαλύτερη του 5,3 και η τροφική του κατάσταση χαρακτηρίστηκε δυστροφική, κυρίως εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων των νιτρικών και αμμωνιακών αλάτων. Παρατηρήθηκε επίσης ότι δεν υπάρχει διαφοροποίηση της τροφικής κατάστασης των υδάτων μεταξύ των εξεταζόμενων περιοχών και του σταθμού αναφοράς (σταθμός 19).

Τα αποτελέσματα των μετρήσεων των συγκεντρώσεων των βαρέων μετάλλων συνοψίζονται στην Εικόνα 4. Από τις εικόνες φαίνεται ότι η ΕΕΛ Καβάλας χαρακτηρίζεται από υψηλότερες συγκεντρώσεις σε όλα τα εξεταζόμενα μέταλλα σε σύγκριση με την ΕΕΛ του Παληού. Οι σταθμοί της ΕΕΛ Καβάλας στους οποίους καταγράφτηκαν οι υψηλότερες συγκεντρώσεις είναι ο 5 (αγωγός), ο 6 (ανατολικά του αγωγού και ο 8 (νότια του αγωγού), ενώ στην ΕΕΛ του Παληού ο σταθμός 14 (αγωγός) και ο σταθμός 15 (ανατολικά του αγωγού). Ο σταθμός αναφοράς έδειξε υψηλές συγκεντρώσεις σε ότι αφορά το χρώμιο και το νικέλιο ενώ σε γενικές γραμμές οι συγκεντρώσεις όλων των μετάλλων κυμάνθηκαν σε υψηλότερα επίπεδα σε σχέση με την ΕΕΛ του Παληού με εξαίρεση το κάδμιο.

Τα αποτελέσματα του υπολογισμού των δεικτών PLI και $I_{geo}$ για τα ιζήματα της περιοχής μελέτης παρουσιάζονται στον Πίνακα Ι. Σύμφωνα με τον δείκτη PLI, η ρύπανση των ιζημάτων στους σταθμούς 5, 6 και 8 στην περιοχή της ΕΕΛ Καβάλας και του σταθμού 15 στην περιοχή της ΕΕΛ Παληού χαρακτηρίζεται ως υψηλή. Οι σταθμοί 2 και 4 στη περιοχή της ΕΕΛ Καβάλας, ο σταθμός 14 στη περιοχή της ΕΕΛ του Παληού αλλά και ο σταθμός αναφοράς χαρακτηρίζεται από μέτρια ρύπανση, ενώ μηδαμινή ρύπανση βρέθηκε στους σταθμούς 11 και 13 στη περιοχή της ΕΕΛ Παληού.




**Εικόνα 4. Συγκεντρώσεις των βαρέων μετάλλων στους σταθμούς δειγματοληψίας.**
**Figure 4. Heavy metal concentrations per station.**

Σε ότι αφορά τον δείκτη $I_{geo}$, ενδιάμεση ρύπανση βρέθηκε για τους σταθμούς 1, 4, 11, 13 και τον σταθμό αναφοράς σε ότι αφορά τον μόλυβδο, ενώ ενδιάμεση ως υψηλή ρύπανση ανιχνεύτηκε στους σταθμούς 5, 6, 8, 14 και 15 για το ίδιο μέταλλο. Για τα υπόλοιπα μέταλλα η ρύπανση που κατέδειξε ο δείκτης $I_{geo}$ κυμάνθηκε από μηδαμινή έως μηδαμινή-ενδιάμεση. Μηδαμινή ρύπανση βρέθηκε για τον χαλκό και το νικέλιο σε όλους τους εξεταζόμενους σταθμούς.

Στη μελέτη αυτή παρουσιάζονται τα προκαταρκτικά αποτελέσματα της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος στις περιοχές των υποθαλάσσιων αγωγών των ΕΕΛ Καβάλας και Παληού. Την άνοιξη του 2021, εμφανίστηκαν στα επιφανειακά ύδατα του Βόρειου Αιγαίου άμορφες μάζες βλέννας, αποτελούμενες από κολλώδη μακρο-συσσωματώματα. Το φαινόμενο αυτό παρατηρείται κατά τους εαρινούς μήνες των τελευταίων ετών και έχει μεταβαλλόμενη ένταση. Τον Απρίλιο του 2021 οι μάζες βλέννας εμφανίστηκαν στον Κόλπο της Καβάλας και σε κοντινές ακτές. Βάσει αναλύσεων, βρέθηκε έντονη η παρουσία αιωρούμενων οργανικών συσσωματωμάτων καφέ χρώματος και μέτρια η συσσώρευση φυτοπλαγκτονικών κυττάρων στα δείγματα νερού. Το κυρίαρχα φυτοπλαγκτονικά είδη ήταν του γένους των δινομαστιγωτών Gonyaulax και τα γένη των διατόμων Navicula, Bidulphia και Melosira (Ορφανίδης 2021). Το καλοκαίρι του 2021, οι ακραίες θερμοκρασίες των υδάτων, επιδείνωσαν το φαινόμενο εντός του Κόλπου Καβάλας. Ποσότητες βλέννας παρέμειναν στην επιφάνεια της θάλασσας αλλά και στη στήλη του νερού. Ως εκ τούτου το φαινόμενο αυτό συντέλεσε σε πολύ μεγάλο βαθμό στη διαμόρφωση της τροφικής κατάστασης στην ευρύτερη περιοχή μελέτης. Το διαλυμένο οξυγόνο βρέθηκε

σε πολύ χαμηλά επίπεδα εξαιτίας της εμφάνισης των συσσωματωμάτων και των ακραίων ατμοσφαιρικών θερμοκρασιών. Στην περίπτωση εμφάνισης φυτοπλαγκτονικών ανθίσεων, αυξημένα οργανικά φορτία εξαπλώνονται στα θαλάσσια οικοσυστήματα, με αποτέλεσμα να μειώνεται η διαθεσιμότητα διαλυμένου οξυγόνου, τόσο στη στήλη του νερού (πελαγική ενότητα), όσο και στον θαλάσσιο πυθμένα, γεγονός που επαγωγικά, δημιουργεί σοβαρά προβλήματα στα παράκτια, κυρίως, θαλάσσια οικοσυστήματα. Οι μέγιστες συγκεντρώσεις οξυγόνου παρατηρήθηκαν στο μέσο βάθος γεγονός που συνδυάζεται με την αυξημένη φωτοσυνθετική δραστηριότητα (chl-a: 3,2 μg/l). Αντίθετα, ο πυθμένας σε όλους σχεδόν τους σταθμούς χαρακτηρίζεται από χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου και υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών, εξαιτίας του διαχωρισμού της στήλης από τη θερμική στρωμάτωση. Στα επιφανειακά ύδατα, το φυτοπλαγκτόν καταναλώνει τα θρεπτικά άλατα και σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες πεθαίνει και βυθίζεται. Στον πυθμένα, συντελείται η αποδόμηση των κυττάρων και η επανατροφοδότηση της υδάτινης στήλης με θρεπτικά, τα οποία υπό συνθήκες στρωμάτωσης παραμένουν και συσσωρεύονται στον πυθμένα (Morais at al. 2009).

Ο υπολογισμός του δείκτη TRIX έδειξε ότι η τροφική συνθήκη στην εκροή των δύο ΕΕΛ κυμάνθηκε από ευτροφική έως δυστροφική. Ωστόσο, ευτροφική κατάσταση βρέθηκε και στον σταθμό αναφοράς (σταθμός 19) ο οποίος είναι απομακρυσμένος από κάθε ανθρώπινη δραστηριότητα.

Η διερεύνηση τυχόν διαφοροποιήσεων μεταξύ των διαφορετικών βαθών (επιφάνεια, μέσο βάθος και πυθμένας) και περιοχών (ΕΕΛ Καβάλας, Παληού και περιοχή αναφοράς) σε ότι αφορά τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά πραγματοποιήθηκε με την μη-παραμετρική ανάλυση Kruskal–Wallis. Η ανάλυση έδειξε ότι δεν υπάρχει καμία στατιστική διαφοροποίηση σε ότι αφορά τα νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά, φωσφορικά άλατα και χλωροφύλλη-α μεταξύ των συνδυασμών των περιοχών ΕΕΛ Καβάλας, Παληού και σημείου αναφοράς ($p$> 0,05), γεγονός που ενισχύει την υπόθεση της υποβάθμισης των τροφικών συνθηκών, λόγω της παρουσίας των οργανικών συσσωματωμάτων και των ακραίων θερμοκρασιών.

**Πίνακας Ι. Τιμές των δεικτών PLI και $I_{geo}$ για τα ιζήματα της περιοχής μελέτης.**
**Table I. PLI and $I_{geo}$ values for the sediments of the investigated area.**

| Σταθμοί | *PLI* | $I_{geo}$ | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Cd | Cr | Cu | Ni | Pb | Zn |
| **ΕΕΛ Καβάλας** | | | | | | | |
| 2 | 0,147 | 0,37 | -0,98 | -2,02 | -2,12 | **1,57** | -0,28 |
| 4 | 0,587 | -0,03 | 0,10 | -1,04 | -2,16 | **1,98** | -0,32 |
| 5 | **7,221** | 0,84 | 0,19 | -0,75 | -1,10 | **2,23** | 0,74 |
| 6 | **4,881** | 0,71 | 0,29 | -0,76 | -1,28 | **2,06** | 0,56 |
| 8 | **3,005** | 0,01 | 0,28 | -1,08 | -1,20 | **2,24** | 0,64 |
| **ΕΕΛ Παληού** | | | | | | | |
| 11 | 0,000 | -2,39 | -2,56 | -3,43 | -3,34 | **1,55** | -1,75 |
| 13 | 0,001 | -1,88 | -2,23 | -3,21 | -2,80 | **1,17** | -1,21 |
| 14 | 0,189 | -0,83 | -0,63 | -1,98 | -1,69 | **2,13** | -0,10 |
| 15 | **1,094** | -0,48 | 0,05 | -1,43 | -1,20 | **2,11** | 0,39 |
| **Σταθμός αναφοράς** | 0,567 | -1,43 | 0,11 | -1,51 | -1,05 | **1,88** | 0,47 |

Αντίθετα, στατιστική διαφοροποίηση εντοπίστηκε μεταξύ των συγκεντρώσεων νιτρικών αλάτων ($NO_3$) στα επιφανειακά ύδατα και στα ύδατα του πυθμένα (*KW*: 13,2, $p$<0.05), ενώ στις συγκεντρώσεις νιτρωδών ($NO_2$), φωσφορικών ($PO_4$), αμμωνιακών ($NH_4$), και χλωροφύλλης-α βρέθηκαν διαφορές μεταξύ των επιφανειακών υδάτων και του πυθμένα (*KW*: 18,1-30,1, $p$<0,001) και μεταξύ του μέσου βάθους και του πυθμένα (*KW*: 15,1-25,0, $p$<0,001-0,05). Στατιστικά σημαντική διαφορά βρέθηκε επίσης, μεταξύ των συγκεντρώσεων του DO επιφανείας–μέσου βάθους (*KW*: 23,7, $p$<0,001) και επιφανείας–πυθμένα (*KW*: 22,4, $p$<0.001). Το γεγονός αυτό οφείλεται ξεκάθαρα στην αναδιανομή των θρεπτικών αλάτων που συντελείται στον πυθμένα και την απομόνωση αυτού του στρώματος εξαιτίας της θερμικής στρωμάτωσης.

Σε ότι αφορά τα βαρέα μέταλλα, υψηλή ρύπανση σύμφωνα με τον δείκτη PLI καταγράφτηκε κυρίως στους σταθμούς πέριξ του αγωγού στην εκροή της ΕΕΛ Καβάλας σε έναν σταθμό στην ΕΕΛ Παληού, ενώ οι υπόλοιποι σταθμοί συμπεριλαμβανομένου και του σταθμού αναφοράς βρέθηκαν μέτρια ρυπασμένοι. Σε αυτή τη περίπτωση είναι εμφανής η επίδραση της εκροής των Βιολογικών Καθαρισμών, η οποία επιβαρύνει το θαλάσσιο περιβάλλον σε ότι αφορά τα μέταλλα. Ο δείκτης $I_{geo}$ κατέδειξε ενδιάμεση ρύπανση σε ότι αφορά τον μόλυβδο. Φαίνεται ότι ο μόλυβδος αποτελεί πρόβλημα για την

ευρύτερη περιοχή, μιας και ενδιάμεση ρύπανση από αυτό το μέταλλο μόνο, ανιχνεύτηκε και στις εκβολές του Νέστου, ανατολικά της περιοχής μελέτης (Kamidis & Sylaios 2017). Οι τιμές που ανιχνεύτηκαν στην παρούσα μελέτη κυμάνθηκαν σε ελαφρώς υψηλότερα επίπεδα σε σύγκριση με τους αντίστοιχους σταθμούς όπως αναφέρουν οι Sylaios et al. (2012). Ωστόσο, η παρούσα εργασία επικεντρώνεται στις περιοχές των ΕΕΛ Καβάλας και Παληού, ενώ οι Sylaios et al. (2012) εξέταση την κατανομή των βαρέων μετάλλων στα ιζήματα της ευρύτερης περιοχής του Κόλπου Καβάλας.

Σε κάθε περίπτωση, η διάθεση των λυμάτων στη θάλασσα, μετά από κατάλληλη επεξεργασία, είναι υποχρεωτική σύμφωνα με την Οδηγία 91/271/ΕΟΚ για την επεξεργασία των αστικών λυμάτων. Για την προστασία τον ευαίσθητων παράκτιων οικοσυστημάτων, θα ήταν χρήσιμος ο συχνός έλεγχος όλων των παραμέτρων ποιότητας του επεξεργασμένου νερού, όχι μόνο των BOD5, COD και TSS, ή ακόμα και η αυστηροποίηση των ανώτατων τιμών εκροής, σύμφωνα με τις ιδιαιτερότητες του φυσικού αποδέκτη. Επιπλέον, η επιλογή του εμπλουτισμού του υπόγειου υδροφορέα και της επαναχρησιμοποίησης του νερού για άρδευση ή βιομηχανική χρήση, ως τρόπο διάθεσης των επεξεργασμένων λυμάτων, όπου είναι δυνατό, θα συνέβαλλε στην αναβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος.

Οι συνθήκες που επικράτησαν την εποχή της δειγματοληψίας καθόρισαν τα αποτελέσματα του παρόντος έργου. Το θαλάσσιο περιβάλλον του Κόλπου Καβάλας βρέθηκε υποβαθμισμένο και η κατάσταση των υδάτων του ευτροφική, καθώς το συμβάν ευτροφισμού που παρατηρήθηκε κατά το καλοκαίρι του 2021 επισκίασε με κάποιο τρόπο την επίδραση των ΕΕΛ. Ωστόσο επιπλέον εποχικές δειγματοληψίες είναι απαραίτητες για τον σχηματισμό μιας πιο ολοκληρωμένης εικόνας σε ότι αφορά την επίδραση των εκροών των ΕΕΛ Καβάλας και Παληού.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

American Public Health Association (APHA) (1988) Standard methods for the examination of water and wastewater. Eigenferlag, APHA, Washington D.C.

Kamidis N, Sylaios G (2017) Impact of river damming on sediment texture and trace metal distribution along the watershed and the coastal zone of Nestos River (NE Greece). Environmental Earth Science 76: 373.

Melidis P, Sylaios G (2017) Assessment of Urban Pollution Footprint in a Typical Mediterranean Semi-Enclosed Gulf. Environmental Processes 4(2): 421-437.

Ορφανίδης Σ., 2021. Δελτίο Τύπου, Εφημερίδα «Πρωινή», https://www.proininews.gr/ amorfi-vlenna-fytoplagktoy-sto-voreio-aigaio-fotografies

Morais P, Chícharo MA, Chícharo L (2009) Changes in a temperate estuary during the filling of the biggest European dam. Science of the Total Environment 407: 2245–2259.

Müller G (1979) Schwermetalle in den sedimenten des Rheins-Weranderungen seitt 1971. Umschau 79: 778-783.

Parsons TR, Maita Y, Lalli CM (1984) A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Oxford, Pergamon Press.

Primpas I, Karydis M (2011) Scaling the trophic index (TRIX) in oligotrophic marine environments. Environmental Monitoring and Assessment 178(1-4): 257-269.

Stamatis N, Kamidis N, Sylaios G (2006) Sediment and suspended matter lead contamination in the Gulf of Kavala, Greece. Environmental Monitoring and Assessment 115(1-3): 433-449.

Sylaios G, Kamidis N, Stamatis N (2012) Assessment of trace metal contamination in the suspended matter and sediments of a semi-enclosed Mediterranean gulf. Soil and Sediment Contamination 21: 673-700.

Turekian KK, Wedpohl KH (1961) Distribution of the elements in some major units of the earth's crust. Bulletin of Geological Society of America 72: 175-192.

Vollenweider RA, Giovanardi F, Montanari G, Rinaldi A (1998) Characterization of the trophic conditions of marine coastal waters with special reference to the NW adriatic sea: Proposal for a trophic scale, turbidity and generalized water quality index. Environmetrics 9(3): 329-357.

Wilson JG (2003) Evaluation of estuarine quality status at system level using the biological quality index and the pollution load index. Biological Environment 98: 179–190.

# Παρακολούθηση και καταγραφή πληθυσμών δελφινιών του Θερμαϊκού κόλπου μέσω φωτο-αναγνώρισης

**Γεώργιος Ράλλης[1], Ιωάννης Γιώβος[1,2,3] , Ρωξάνη Ναασάν Άγα – Σπυριδοπούλου[1], Joan Gonzalvo[4]**

[1]iSea, Περιβαλλοντική Οργάνωση για την Προστασία των Υδάτινων Οικοσυστημάτων, 54645 Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, giorgos.rallis@isea.com, Ioannis.giovos@isea.com

[2]Department of Biology, University of Padova, Via U. Bassi 58/B, 35121 Padova, Italy

[3]Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, 30200 Μεσολόγγι, Ελλάδα

[4]Tethys Research Institute, Viale G.B. Gadio 2, 20121 Milano, Italy

**ABSTRACT**

**Georgios Rallis, Ioannis Giovos, Roxani Naasan Aga – Spyridopoulou, Joan Gonzalvo: Monitoring dolphin population in Thermaikos Gulf through photo-identification**

Thermaikos Dolphin Project aims to systematically monitor the dolphin populations in northern Greece. Through photo-identification we aim at studying the ecology and distribution of the most common dolphin species of Thermaikos Gulf. Regular surveys have been conducted during 2021-2022 resulting in a dolphin catalogue containing all 49 individuals photo-identified from 2 different species, namely Tursiops truncatus (Montagu 1821, bottlenose dolphin, ρινοδέλφινο) and Delphinus delphis (Linnaeus 1758, common dolphin, κοινό βραχύρυγχο δελφίνι). Continuous long term dolphin monitoring of Thermaikos Gulf will help to produce accurate population estimates, look at population trends, and collect valuable behavioral data on the local cetacean populations.

**Keywords:** Cetaceans, Dolphin catalogue, Aegean Sea

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο Θερμαϊκός κόλπος αποτελεί ιδιαίτερα σημαντική περιοχή τόσο για την βιοποικιλότητα όσο και για την οικονομία της χώρας. Παρόλα αυτά μόνο λίγες μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή με στόχο τη μελέτη των κητωδών, οι οποίες εστιάζουν σε εκβρασμένα δείγματα και σε μελέτες που βασίζονται σε συνεντεύξεις για τη συλλογή τοπικών οικολογικών γνώσεων των αλιέων (Giovos et al. 2018, Pardalou & Tsikliras 2018) ή σε εναέριες έρευνες (Pierantonio et al. 2018). Η αφθονία και η κατανομή των δελφινιών της περιοχής μελετώνται για πρώτη φορά για είδη που εμφανίζονται τακτικά ή περιστασιακά στον κόλπο. Η μεθοδολογία της φωτο-αναγνώρισης (Wursig & Wursig 1977) εφαρμόστηκε κατά τη διάρκεια αυτής της μελέτης.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η διαδικασία δειγματοληψίας περιλαμβάνει την εκτέλεση διαδρομών με ταχύπλοο σκάφος για τον εντοπισμό δελφινιών. Η ομάδα πεδίου ακολουθεί τυχαίες διαδρομές με τρόπο ώστε μέσα σε κάθε μήνα να καλύπτεται η περιοχή μελέτης με επαρκή και ισόποση προσπάθεια. Μόλις εντοπιστούν άτομα δελφινιών, η ομάδα πεδίου καταγράφει τη θέση του σκάφους όπου παρατηρούνται τα δελφίνια και στη συνέχεια τη θέση της ομάδας που παρατηρείται. Η ομάδα πεδίου ακολουθεί την ομάδα δελφινιών και πραγματοποιεί προσπάθεια φωτο-αναγνώρισης και συλλογή δεδομένων συμπεριφοράς, ανά 5λεπτα διαστήματα, καθ' όλη τη διάρκεια της παρατήρησης (Stockin et al. 2006) .

Η φωτο-αναγνώριση βασίστηκε συστηματικά σε μακροχρόνια φυσικά σημάδια, όπως εγκοπές στα ραχιαία πτερύγια των δελφινιών (Wilson et al., 1997; Würsig and Würsig, 1979), καθώς και σε σημάδια σε άλλα μέρη του σώματος τους. Με τη δυνατότητα αναγνώρισης κάθε ατόμου μέσα σε μια ομάδα δελφινιών και τη δημιουργία ενός καταλόγου φωτογραφικής αναγνώρισης θα μπορέσουμε να μελετήσουμε το μέγεθος του πληθυσμού των δελφινιών, την πιστότητα προς τη συγκεκριμένη περιοχή και άλλες σημαντικές οικολογικές πληροφορίες (Wilson et al. 1999). Η παρουσία εγκοπών ανθρωπογενούς προέλευσης, όπως ουλές ή τραυματισμοί που προκλήθηκαν από προπέλα ή αλιευτικά εργαλεία, θα αξιολογηθεί επίσης για να βοηθήσει στον εντοπισμό διαφόρων τύπων πιθανών απειλών που μπορεί να αντιμετωπίζει ο τοπικός πληθυσμός.

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Η δειγματοληπτική προσπάθεια μέχρι στιγμής (51 ώρες προσπάθειας) έχει εντοπίσει 33 άτομα του *T.truncatus* και 16 άτομα του *D. delphis*. Συνολικά διεξήχθησαν 20 δειγματοληψίες, στις 13 από τις οποίες εντοπίστηκαν δελφίνια και αναγνωρίστηκαν με φωτογραφίες.

Ο Θερμαϊκός Κόλπος, μέρος της ανοιχτής θάλασσας του Βορείου Αιγαίου, φιλοξενεί μεγάλη βιοποικιλότητα θαλάσσιας ζωής, με 3 είδη δελφινιών να ζουν στην περιοχή (Giannoulaki *et al*. 2017). Συνεχίζοντας τις συστηματικές δειγματοληψίες αναμένεται να καταγραφεί και η παρουσία του *Stenella coeruleoalba* (Meyen 1833, Striped dolphin, Ζωνοδέλφινο) καθώς και άλλων ειδών κητωδών που υπάρχουν στο Βόρειο Αιγαίο, όπως *Phocoena phocoena* (Linnaeus 1758, Harbour porpoise, Φώκαινα), Ziphius cavirostris (G. Cuvier 1823, Cuvier's beaked whale, Ζιφιός) και *Physeter macrocephalus* (Linnaeus 1758, Sperm whale, Φυσητήρας) (Frantzis *et al.* 2003). Η παρούσα εργασία αποτελεί την αρχή μιας μακροπρόθεσμης συστηματικής μελέτης για την κατανόηση της ποικιλότητας των κητωδών στην περιοχή, της οικολογίας τους και για τον προσδιορισμό της πιστότητάς τους προς τη συγκεκριμένη περιοχή.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Frantzis, A., Alexiadou, P., Paximadis, G., Politi, E., Gannier, A., & Corsini-Foka, M. (2003). Current knowledge of the cetacean fauna of the Greek Seas. *Journal of Cetacean Research and Management*, *5*(3), 219-232.

Giovos I., Drougas A., Komnenou A., Gonzalvo J. 2018. The alarming case of the dolphin-fisheries interaction in Thermaic Gulf, Greece. 32nd Annual Conference of the European Cetacean Society, La Spezia, Italy 8-10 April, 2018.

Giannoulaki, M., Markoglou, E., Valavanis, V. D., Alexiadou, P., Cucknell, A., and Frantzis, A. (2017) Linking small pelagic fish and cetacean distribution to model suitable habitat for coastal dolphin species, Delphinus delphis and Tursiops truncatus, in the Greek Seas (Eastern Mediterranean). Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst., 27: 436– 451. doi: 10.1002/aqc.2669.

Gonzalvo, J., Lauriano, G., Hammond, P. S., Viaud-Martinez, K. A., Fossi, M. C., Natoli, A., & Marsili, L. (2016). The Gulf of Ambracia's common bottlenose dolphins, Tursiops truncatus: A highly dense and yet threatened population. Advances in marine biology, 75, 259-296.

Pardalou A, Tsikliras AC (2018) Anecdotal information on dolphin-fisheries interactions based on empirical knowledge of fishers in the northeastern Mediterranean Sea. Ethics Sci Environ Polit 18:1-8. https://doi.org/10.3354/esep00179

Pierantonio, Nino & Paximadis, Giorgos & Cañadas, Ana & Foutsi, Antigoni & Panigada, Simone. (2018). Occurrence and abundance of delphinids in the Northern Aegean Sea from aerial surveys. 32nd Annual Conference of the European Cetacean Society

Stockin, K. A., Weir, C. R., & Pierce, G. J. (2006). Examining the importance of Aberdeenshire (UK) coastal waters for North Sea bottlenose dolphins (Tursiops truncatus). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*, *86*(1), 201-207.

Wursig B, Wursig M. 1977. The photographic determination of group size, composition, and stability of coastal porpoises (Tursiops truncatus). Science 198: 755–756

Wilson B, Hammond PH, Thompson PM. 1999. Estimating size and assessing trends in a coastal bottlenose dolphin population. Ecological Applications 9: 288–300.

# Διερεύνηση των τροφικών προτύπων της Ιχθυοπανίδας των Εσωτερικών Υδάτων της Ελλάδας σε πολλαπλά χωρικά επίπεδα

**Γεώργιος Βαγενάς, Ανθή Οικονόμου, Παρασκεύη Κ. Καραχλέ, Μαρία Θ. Στουμπούδη**
ΕΛΚΕΘΕ, Ινστιτούτο Θαλασσίων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, Αθήνα, g.vagenas@hcmr.gr, anthioikonomou@hcmr.gr, pkarachle@hcmr.gr, mstoum@hcmr.gr

## ABSTRACT

**Georgios Vagenas, Anthi Oikonomou, Paraskevi K. Karachle, Maria Th. Stoumboudi: An investigation of the trophic patterns of the Hellenic freshwater Ichthyofauna in multiple spatial levels.**

Freshwater ecosystems provide valuable ecosystem services; however due to their vicinity with human societies they have been exposed to various ecological threats such as habitat alternation, pollution and introduction of invasive species. Ecosystem structure and functionality can be highly affected by the trophic interactions of species, especially in higher trophic level organisms (e.g., fishes). In the present study, we applied the DCA novel methodological framework to investigate the trophic patterns of the Hellenic freshwater ichthyofauna following two different approach analysis on: i) national level and ii) ecoregions. Our results exhibited that both approaches are able to produce common quantitative and qualitative patterns in terms of the clustering allocation and the feeding habit characterization of fish species. Finally, the proposed framework can be effectively applied in diet datasets with increased variability towards the management and conservation of the threatened freshwater fish species.

**Keywords:** freshwater fish; ecoregional approach; DCA; trophic level; clustering

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα εσωτερικά ύδατα ανήκουν στα πιο απειλούμενα οικοσυστήματα παγκοσμίως καθώς δέχονται πιέσεις από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες όπως η ρύπανση, εισαγωγή εισβολικών ειδών, τροποποίηση φυσικής ροής κ.α. (Dudgeon *et al.* 2007; Reid *et al.* 2018). Ειδικότερα, τα ψάρια των εσωτερικών υδάτων βρίσκονται στον χείλος της εξαφάνισης καθώς έχει εκτιμηθεί πως το ένα τρίτο της, αξιολογημένης ως προς το καθεστώς διατήρησης, ιχθυοπανίδας κινδυνεύει να εξαφανιστεί (WWF 2021). Η μελέτη των σχέσεων διατροφής των οργανισμών αποτελεί ένα κεντρικό οικολογικό ερώτημα εδώ και δεκαετίες, καθώς διερευνά τους μηχανισμούς ενδοειδικού και διαειδικού ανταγωνισμού μεταξύ των πληθυσμών και των ειδών, αντίστοιχα (βλέπε Vagenas *et al.* 2022a). Παράλληλα, η γνώση της δίαιτας σε επίπεδο είδους αποτυπώνει μια απλοποιημένη εικόνα των πολυσύνθετων τροφικών πλεγμάτων στα υδατικά οικοσυστήματα. Επιπλέον, δίνει την δυνατότητα εκτίμησης των αλλαγών που προκύπτουν στην αφθονία και την ποικιλότητα των ειδών ως αποτέλεσμα ανθρωπογενών πιέσεων όπως η υπερεκμετάλλευση, η ρύπανση και η κλιματική αλλαγή (trophic cascade: τροφική κλιμάκωση, Heath *et al.* 2013).

Η μελέτη της δομής και λειτουργίας των οικοσυστημάτων των εσωτερικών υδάτων επιτυγχάνεται μέσω της μεθοδολογικής προσέγγισης των σχέσεων διατροφής, και κατ΄ επέκταση των τροφικών προτύπων (Pereira *et al*. 2007). Μέχρι σήμερα έχουν προταθεί διαφορετικές ποσοτικές (Λίμνη Βόλβη: Bobori *et al.* 2013) και ποιοτικές (Ταμιευτήρας Hirfanli: Yoğurtçuoğlu *et al.* 2020) μεθοδολογικές προσεγγίσεις για την εκτίμηση των τροφικών ομάδων των ψαριών στα εσωτερικά ύδατα. Σε ευρύτερη χωρική κλίμακα ανάλυσης και με την εφαρμογή υπολογιστικών αλγορίθμων ομαδοποίησης καθίσταται δυνατή η εκτίμηση των τροφικών προτύπων σε Εθνικό επίπεδο (Vagenas *et al.* 2022b) ή σε επίπεδο οικοπεριφέρειας, που αποτελεί ένα χρήσιμο χωρικό μέγεθος αναφοράς καθώς αντικατοπτρίζει την κατανομή διακριτών ομάδων ψαριών (Abell *et al.* 2008; Zogaris & Economou 2017).

Η παρούσα εργασία έχει ως στόχο τη σύγκριση των τροφικών προτύπων της ιχθυοπανίδας των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας μέσω δύο προσεγγίσεων: i) Εθνικό επίπεδο, ii) Επίπεδο οικοπεριφέρειας. Τα αποτελέσματα που προκύπτουν μπορούν να αξιοποιηθούν στην μεθοδολογική βελτίωση σχετικών ερευνών με στόχο τη διαχείριση, διατήρηση και προστασία των οργανισμών των εσωτερικών υδάτων τόσο σε Εθνικό όσο και σε Διεθνές επίπεδο.

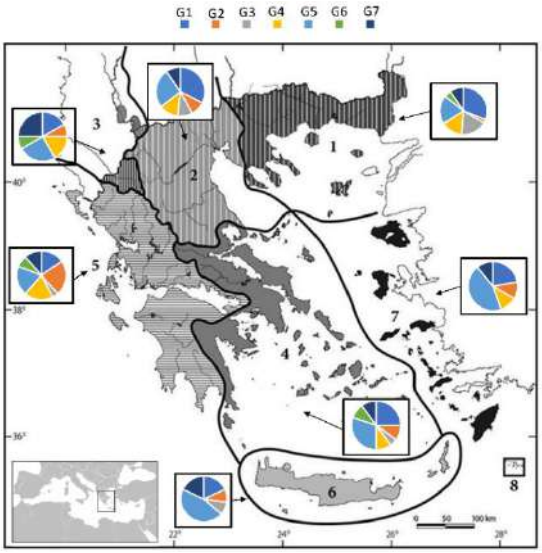
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δεδομένα και το μεθοδολογικό πρωτόκολλο ανάλυσης της παρούσας εργασίας βασίστηκαν στην πρόσφατη εργασία των Vagenas *et al.* (2022b). Ειδικότερα, τα δεδομένα διατροφής της Ελληνικής ιχθυοπανίδας εσωτερικών υδάτων συλλέχθηκαν από την βάση δεδομένων της FishBase (Froese & Pauly, 2022), από αναζήτηση σχετικών εργασιών σε μηχανές αναζήτησης επιστημονικών δημοσιεύσεων (Scopus, Web of Science, Google Scholar) καθώς και τη γκρίζα βιβλιογραφία. Η οριοθέτηση των οικοπεριφερειών της Ελλάδας βασίστηκε στους Zogaris & Economou (2017), βάσει των οποίων οι Ελληνικές ιχθυολογικές οικοπεριφέρειες αποτελούνται από: (1) Θράκη, (2) Μακεδονία-Θεσσαλία, (3) Νοτιο-Ανατολική Αδριατική, (4) Δυτικό Αιγαίο, (5) Ιόνιο, (6) Κρήτη, (7) Ανατολικό Αιγαίο και (8) Νότια Ανατολία. Η τελευταία οικοπεριφέρεια εξαιρέθηκε από την ανάλυση καθώς αποτελείται από εφήμερα υδατικά συστήματα και διότι απουσιάζουν αυτόχθονα είδη από την περιοχή.

Η τελική μήτρα δεδομένων δίαιτας (w/w%) για ένα σύνολο 60 ειδών ψαριών αφορούσε 8 τύπους διατροφής: θρύμματα, άλγη, φυτική ύλη, υδατικά και χερσαία έντομα, μικροκαρκινοειδή, γενική κατηγορία ασπονδύλων και ψάρια. Έπειτα, έγινε η εφαρμογή της μεθόδου Detrended Correspondence Analysis (DCA) ώστε να διακριθούν τα είδη και οι τύποι διατροφής σε ένα λιγότερο σύνθετο σύστημα δύο μεταβλητών ($DCA_1$-$DCA_2$). Στη συνέχεια, η ομαδοποίηση των ειδών, βάσει της γειτνίασης που προέκυψε από την προηγούμενη ανάλυση, έλαβε χώρα μέσω της μεθόδου k-means (μη-εποπτεύομενη μηχανική μάθηση). Η τιμή του βέλτιστου αριθμού τροφικών ομάδων προέκυψε μέσω της χρήσης του αλγορίθμου Silhouette. Με την ολοκλήρωση της παραπάνω αναλυτικής μεθόδου, ο χαρακτηρισμός της κάθε τροφικής ομάδας προέκυψε βάσει του τύπου τροφής με την μεγαλύτερη ποσοστιαία συνεισφορά (Vagenas *et al.* 2022b). Τέλος, η παραπάνω μεθοδολογία εφαρμόστηκε: (i) για όλη την Ελληνική επικράτεια με τις τροφικές ομάδες να καταχωρούνται στις οικοπεριοχές βάσει της κατανομής των ειδών (Barbieri *et al.* 2015), (ii) σε κάθε οικοπεριοχή ξεχωριστά. Όλες οι αναλύσεις έλαβαν χώρα στο προγραμματιστικό περιβάλλον της R v4.2.1. (R Core Team, 2022).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Βάσει της ανάλυσης, προέκυψαν οι εξής 7 τροφικές ομάδες (δηλαδή, clusters): ζωοπλαγκτοφάγα (G1), οπορτουνιστικά ιχθυοφάγα (G2), ιχθυοφάγα (G3), εντομοφάγα (G4), οπορτουνιστικά ζωοπλαγκτοφάγα (G5), φυτοφάγα (G6) και οπορτουνιστικά θρυματοφάγα (G7). Αναφορικά με την πρώτη μεθοδολογική προσέγγιση (i), καταχωρήθηκαν οι τροφικές ομάδες των ειδών στις οικοπεριφέρειες όπου τα είδη εμφανίζονται (Εικ. 1).




**Εικ. 1: Κατανομή των τροφικών ομάδων της Ελληνικής ιχθυοπανίδας εσωτερικών υδάτων (Vagenas et al. 2022b). G1: ζωοπλαγκτοφάγα, G2: οπορτουνιστικά ιχθυοφάγα, G3: ιχθυοφάγα, G4: εντομοφάγα, G5: οπορτουνιστικά ζωοπλαγκτοφάγα, G6: φυτοφάγα, G7: οπορτουνιστικά θρυματοφάγα.**

**Fig: 7. Distribution of the trophic guilds of the Hellenic freshwater ichthyofauna (Vagenas et al. 2022b). G1: zooplanktivorous; G2: opportunistic piscivorous; G3: piscivorous G4: insectivorous; G5: opportunistic zooplanktivorous; G6: herbivorous; G7: opportunistic detritivorous.**

Ως αποτέλεσμα, αναδείχθηκε πως η ηπειρωτική Ελλάδα (οικοπεριφέρειες 1-5; Εικ. 1) χαρακτηρίστηκε από την επικράτηση ζωοπλαγκτοφάγων (G1) και εντομοφάγων (G4) ψαριών σε σχέση με τις νησιωτικές οικοπεριφέρειες, οι οποίες εμφάνισαν σημαντική επικράτηση οπορτουνιστικών ειδών όπως τα οπορτουνιστικά ζωοπλαγκτοφάγα (G5) και θρυμματοφάγα (G7). Ο ποσοστιαίος δείκτης της γειτνίασης (δηλαδή cluster compactness) βάσει της ανάλυσης k-means υπολογίστηκε ως 91,7%, ένα αποτέλεσμα που δηλώνει αυξημένη εσωτερική ομοιογένεια και εξωτερική ανομοιογένεια μεταξύ των ομάδων (Vagenas *et al.* 2022b). Σύμφωνα με τη δεύτερη προσέγγιση (ii), φάνηκε πως όλες οι ομάδες εμφάνισαν εξίσου υψηλή γειτνίαση (76,3%-95,5%; Πίνακας Ι), όμως με μικρότερο αριθμό βέλτιστων ομαδοποιήσεων βάσει του αλγορίθμου Silhouette.

**Πίνακας Ι: Αριθμός των τροφικών ομάδων (trophic groups) που προέκυψαν βάσει της μεθόδου DCA ανά οικοπεριφέρεια (Ecoregion) και ο ποσοστιαίος δείκτης γειτνίασης (cluster compacteness) που υπολογίστηκε για τις προσεγγίσεις (i) και (ii).**
**Table I: Number of the trophic groups estimated through the DCA method per Hellenic ecoregion, along with the estimated cluster compactness for each cluster, observed for (i) and (ii) analysis approach.**

| Ecoregion | Trophic Groups[i] | Trophic Groups[ii] | Cluster compactness[ii] (%) |
|---|---|---|---|
| 1 | 7 | 4 | 90 |
| 2 | 6 | 5 | 85,3 |
| 3 | 6 | 4 | 89,3 |
| 4 | 7 | 4 | 93,9 |
| 5 | 7 | 5 | 95,5 |
| 6 | 5 | 2 | 76,3 |
| 7 | 5 | 4 | 95,4 |

Μολονότι τα τροφικά πρότυπα της προσέγγισης (ii) εμφάνισαν μικρότερο αριθμό ομάδων για την κάθε οικοπεριφέρεια σε σχέση με την προσέγγιση (i), τα πρότυπα των ομάδων που εξήχθησαν δεν εμφανίζουν σημαντικές αλλαγές ως προς το μέγεθος ανάλυσης της χωρικής κλίμακας (Πίνακας ΙΙ). Τα αποτελέσματα της ανάλυσης επιβεβαιώνουν την επικράτηση των ζωοπλαγκτοφάγων (G1, G5), οπορτουνιστικών ιχθυοφάγων (G2) και εντομοφάγων (G4) ψαριών σε Εθνικό επίπεδο (Vagenas *et al.* 2022b). Οι δύο προσεγγίσεις εμφανίζουν κοινά πρότυπα τόσο ως προς την αριθμητική επίλυση των διακριτών ομάδων, όσο και ως προς τη σύνθεση των ομάδων βάσει των τροφικών τους προτιμήσεων. Το παρόν μεθοδολογικό πρωτόκολλο μπορεί να αξιοποιηθεί σε αμφότερες περιπτώσεις, δηλαδή είτε στην κλίμακα ενός ευρύτερου συνόλου περιοχών (Εθνικό επίπεδο) (i), ή σε υποσύνολο περιοχών (οικοπεριφέρειες) (ii), ως ένα αποδεδειγμένο εργαλείο που διαχωρίζει αποτελεσματικά οικολογικά σύνολα μεταξύ ειδών και ενδιαιτημάτων (Friedlander *et al.* 1998).

**Πίνακας ΙΙ. Κατανομή των κοινών τροφικών ομάδων που εκτιμήθηκαν βάσει των προσεγγίσεων (i) και (ii) για κάθε οικοπεριφέρεια (Ecoregion). G1: ζωοπλαγκτοφάγα, G2: οπορτουνιστικά ιχθυοφάγα, G3: ιχθυοφάγα, G4: εντομοφάγα, G5: οπορτουνιστικά ζωοπλαγκτοφάγα, G6: φυτοφάγα, G7: οπορτουνιστικά θρυματοφάγα.**
**Table II. Distribution of the common trophic groups estimated through (i) and (ii) approach per each Hellenic ecoregion. G1: zooplanktivorous; G2: opportunistic piscivorous; G3: piscivorous G4: insectivorous; G5: opportunistic zooplanktivorous; G6: herbivorous; G7: opportunistic detritivorous.**

| Ecoregion | G1 | G2 | G3 | G4 | G5 | G6 | G7 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 1 | X | | X | X | X | | |
| 2 | X | X | X | X | X | | |
| 3 | | X | | X | X | | X |
| 4 | | X | | X | X | X | |
| 5 | X | X | X | X | X | | |
| 6 | | | X | | X | | |
| 7 | X | X | | X | X | | |

Η διερεύνηση των προτύπων δια μέσου της συνεχής παρακολούθησης και ανάλυσης των τροφικών προτιμήσεων της Ελληνικής ιχθυοπανίδας στα εσωτερικά ύδατα, είναι δυνατόν να αποτελέσουν βασικά εργαλεία διατήρησης και προστασίας των οικοσυστημικών υπηρεσιών στο παρόν και στο άμεσο μέλλον. Τόσο η μεθοδολογική προσέγγιση όσο και τα παραγόμενα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης δύναται να συνεισφέρουν σε αντίστοιχες μελέτες σχετικά με τη δομή και τη

λειτουργία των οικοσυστημάτων των εσωτερικών υδάτων σε πολλαπλά χωρικά επίπεδα, ώστε να αποκτηθεί μια ολιστική κατανόηση της βιοποικιλότητας, κυρίως στη λιγότερο μελετημένη Βαλκανική Χερσόνησο.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abell R, Thieme, ML, Revenga C, Bryer M, Kottelat M, Bogutskaya N, Coad B, Mandrak N, Balderas SC, Bussing W, Stiassny MLJ, Skelton P, Allen GR, Unmack P, Naseka A, Ng R, Sindorf N, Robertson J, Armijo E et al. (2008). Freshwater Ecoregions of the World: A New Map of Biogeographic Units for Freshwater Biodiversity Conservation. BioScience 58:403–414.

Barbieri R, Zogaris S, Kalogianni E, Stoumboudi MTh, Chatzinikolaou Y, Giakoumi S, Kapakos Y, Kommatas D, Koutsikos N, Tachos V et al. (2015). Freshwater Fishes and Lampreys of Greece: An Annotated Checklist. Hellenic Centre for Marine Research. Athens, Greece, 2015.

Bobori D, Salvarina I, Michaloudi E (2013). Fish dietary patterns in the eutrophic Lake Volvi (East Mediterranean). Journal of Biological Research-Thessaloniki 19:139-149.

Dudgeon D, Arthington AH, Gessner MO, Kawabata ZI, Knowler DJ, Lévêque C, Naiman RJ, Prieur-Richard AH, Soto D, Stiassny MLJ et al. (2007). Freshwater biodiversity: Importance, threats, status and conservation challenges. Biological Reviews 81: 163–182.

Friedlander AM, Parrish JD (1998). Habitat characteristics affecting fish assemblages on a Hawaiian coral reef. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 224:1–30.

Heath MR, Speirs DC, Steele JH (2013). Understanding patterns and processes in models of trophic cascades. In K. Lafferty (Ed.) Ecology Letters. Wiley, New Jersey, p. 101–114.

Pereira PR, Agostinho CS, Oliveira RJ, Marques EE (2007). Trophic guilds of fishes in sandbank habitats of a Neotropical River. Neotropical Ichthyology 5:399–404.

R Core Team (2022). R: A Language and Environment for Statistical Computing; R Foundation for Statistical Computing: Vienna, Austria.

Reid AJ, Carlson AK, Creed IF, Eliason EJ, Gell PA, Johnson PTJ, Kidd KA, MacCormack TJ, Olden JD, Ormerod SJ, Smol JP, Taylor WW, Tockner K, Vermaire JC, Dudgeon D, Cooke SJ (2018). Emerging threats and persistent conservation challenges for freshwater biodiversity. Biological Reviews 94: 849–873.

Vagenas G, Stoumboudi MTh, Petriki O, Andriopoulou A, Tsionki I, Karachle PK (2022a). Dietary patterns of five freshwater fish species in a large Mediterranean lake. Journal of Freshwater Ecology 37: 203–220.

Vagenas G, Oikonomou A, Karachle PK, Petriki O, Stoumboudi MTh (2022b). Trophic Patterns of Freshwater Fish across the Balkan Biodiversity Hotspot. Water 14:111.

WWF (2021). The World's Forgotten Fishes. WWF (World Wildlife Fund) International: Gland, Switzerland.

Yogurtçuoglu B, Ekmekçi FG, Karachle PK (2020). A review and assessment of fish trophic levels in a large reservoir of central Anatolia, Turkey. Marine and Freshwater Research 72:311–320.

Zogaris S, Economou AN (2017). The Biogeographic Characteristics of the River Basins of Greece. In Skoulikidis N, Dimitriou E, Karaouzas I (eds.) The Rivers of Greece. Springer: Berlin, Germany p. 53–95.

# Ιστορικές μεταβολές χρήσης γης υγροτόπων: Η περίπτωση της λιμνοθάλασσας Χαλικιοπούλου στην Κέρκυρα

**Γιάννης Κλαδάς, Σπύρος Ψαρράς, Γιώργος Κατσέλης**
Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών, 302 00, Μεσολόγγι, jkladas@upatras.gr

## ABSTRACT

**Yannis Cladas, Spyros Psarras, George Katselis: Land uses of wetlands in modern times: The case of the Kalichiopulo lagoon in Corfu**

Wetland losses in the modern era through drainage and their use for agricultural and urban development, seem to be fully justified by the crucial need to deal with the deadly malaria rather than the economic development of the countryside that followed. One such case is the Kalichiopulo lagoon system in Corfu with its peripheral marshes. The study of maps and aerial photographs of that area showed an average wetland reduction of 0.34%/y for since the beginning of the 19th century, while the corresponding rates for the latter 77 years are estimated at 0.23%/y. Nowadays, with malaria being treated and the ecosystem services of wetlands being universally recognized, the question is how the Kalichiopulo ecosystem will be effectively protected as it is situated within an urban space, and thus the pressures it receives are strong.
**Keywords**: Wetland loss, Kalichiopulo lagoon, Corfu

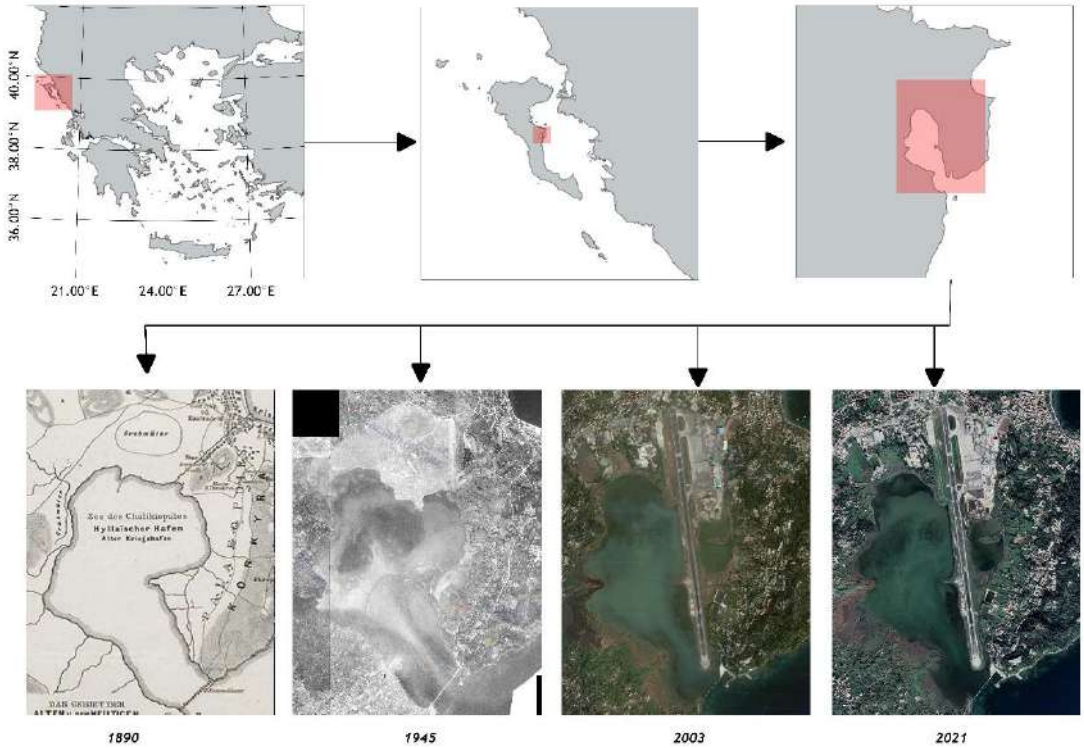
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υγρότοπος είναι κάθε έκταση κορεσμένη με νερό και η οποία χαρακτηρίζεται από είδη φυτών που αντέχουν τα υγρά εδάφη και τα χαμηλά επίπεδα οξυγόνου στις ρίζες τους (NOAA 2022). Σύμφωνα με τον ορισμό αυτό, κύριοι τύποι υγρότοπων είναι οι αλυκές, οι βάλτοι γλυκού νερού, τα θαλάσσια λιβάδια, τα μαγγρόβια έλη στις τροπικές περιοχές και οι δασικοί βάλτοι. Στις μέρες μας, τα οφέλη των υγροτόπων έχουν πλήρως κατανοηθεί και περιλαμβάνουν την ενίσχυση της οικονομίας με την παροχή τροφής .υδρόβιας προέλευσης και του οικοτουρισμού, καθώς και την προστασία του περιβάλλοντος μέσω της εξυγίανσης του νερού από γεωργικά και οικιστικά κατάλοιπα, την προστασία από πλημμύρες, και τον περιορισμό των αερίων του θερμοκηπίου μέσω της συγκράτησης του «μπλε άνθρακα» (UNESCO 2015). Ωστόσο, στους προηγούμενους αιώνες αυτές οι περιοχές θεωρούνταν καταραμένες λόγω της διάδοσης της ελονοσίας. Η αποξήρανσή τους και η απόδοση των εδαφών κύρια για γεωργική εκμετάλλευση ήταν το ζητούμενο. Όπως και στην υπόλοιπη Δυτική Ελλάδα λόγω της σημαντικής βροχόπτωσης και της αφθονίας των υγροτόπων (Mimikou 2005) , έτσι και στο νησί της Κέρκυρας, η ελονοσία ήταν ιδιαίτερα διαδεδομένη, μέσω της εξάπλωσης των κουνουπιών (Παρτς 1892, Gardikas 2018). Στην Κέρκυρα, η λιμνοθάλασσα Χαλικιοπούλου, όπως και άλλοι εσωτερικοί και παράκτιοι υγρότοποι, αποτέλεσε στόχο για αποξήρανση από τις αρχές του 190υ αιώνα, με φτωχά όμως αποτελέσματα (Καμονάχου 2008). Παρά την εγκατάλειψη της ιδέας της αγροτικής αξιοποίησης της περιοχής, καθώς επίσης και παρά την πλήρη εξάλειψη της ελονοσίας στην χώρα μας στη δεκαετία του 1970, η πλούσια ιχθυοπαραγωγική παράδοση της Χαλικιοπούλου δεν υποστηρίχτηκε, κυρίως λόγω των οικιστικών πιέσεων που δέχτηκε και δέχεται η λειτουργία της λιμνοθάλασσας ως εκ της θέσης της δίπλα σε ένα αστικό κέντρο με άλλες προτεραιότητες, όπως η ανάπτυξη ενός σύγχρονου διεθνούς αεροδρομίου στο εσωτερικό της, η ανάπτυξη πάρκινγκ και αθλητικών εγκαταστάσεων στις παρόχθιες περιοχές της κά. Να σημειωθεί ότι η λιμνοθάλασσα βρίσκεται εντός περιοχής δικτύου Natura 2000 (Δίκτυο NATURA 2000 2021), αν και εκτεταμένες περιοχές του οικοσυστήματος, ανατολικά και νοτιοδυτικά, δεν περιλαμβάνονται στην προστατευόμενη περιοχή. Στην παρούσα εργασία επιχειρείται ένας υπολογισμός της διαχρονικής μείωσης της υδάτινης επιφάνειας του οικοσυστήματος της λιμνοθάλασσας Χαλικιόπουλου μετά τον 18ο αιώνα αναδεικνύοντας παράλληλα και τις αντίστοιχες πιέσεις που εκδηλώθηκαν στο όνομα της οικονομικής ανάπτυξης.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τις ανάγκες της μελέτης αναλύθηκε η διαθέσιμη γεωχωρική πληροφορία τεσσάρων χρονικών περιόδων (Εικ.1) με τη μορφή ενός χάρτη αποτύπωσης της περιοχής για το 1890 (Schmidt 1890), αεροφωτογραφίες από την βάση του Ελληνικού Κτηματολογίου για το 1945 (Ελληνικό Κτηματολόγιο 2022), καθώς και δορυφορικές απεικονίσεις από την βάση Google Earth pro, Ver. 7.3.4. 642 για τα έτη 2003 (17-5-2003) και 2019 (2-3-2019). Η αποτύπωση του 1890 γεωαναφέρθηκε με την χρήση κοινών γεωγραφικών σημείων που αναγνωρίζονται στην παραπάνω αποτύπωση και σε έναν δεύτερο χάρτη ο

οποίος διαθέτει στοιχεία γεωτροπισμού. Ως αφορά στις αποτυπώσεις λοιπών ετών, η γεωαναφορά έγινε μέσω της αποτύπωσης σημείων ελέγχου εδάφους Ground Control points (USGS 2022) στις αντίστοιχες εικόνες. Ακολούθως, σε κάθε απεικόνιση έγινε ταξινόμηση και αποτύπωση σε διανυσματική μορφή των χρήσεων γης. Η αναγνώριση των χρήσεων γης έγινε οπτικά σε ορισμένη επιφάνεια κοινή για όλες τις απεικονίσεις, στηριζόμενη σε γενικά χαρτογραφικά στοιχεία αναγνώρισης για κάθε μία από αυτές και αφορούν στις: *Καλλιέργειες, Εγκαταστάσεις Αεροδρομίου, Διάδρομος Προσγείωσης, Γυμνό ή Αλμυρήθρες, Γυμνό/Αμμόβουρκος, Αποστραγγιστικά Κανάλια, Δάσος, Περιορισμένη Λιμνοθαλάσσια Έκταση Με Ιχθυοφραγμούς, Μη Περιορισμένη Λιμνοθαλάσσια Έκταση, Παλιά Πόλη, Αγροικίες, Θάλασσα, Ημιαστική Περιοχή, Γυμνό ή Έλος, Δάσος ή Καλλιέργεια.* Οι εκτιμήσεις επιφανειών για κάθε χρήση γης και η παραγωγή των σχετικών χαρτών έγινε με το λογισμικό GIS QGIS 3.16., ενόσω οι αποτυπώσεις των παραγόμενων διανυσμάτων έλαβε χώρα στο Γεωγραφικό σύστημα αναφοράς EPSG: 2100. Τέλος, διάφορες πήγες χρησιμοποιήθηκαν για την ιστορία της περιοχής και την τεκμηρίωση των μεταβολών χρήσης γης στην περιοχή μελέτης.




**Εικ.1. Επάνω: η θέση της λιμνοθάλασσας Χαλικιοπούλου. Κάτω: η λιμνοθάλασσας Χαλικιοπούλου όπως απεικονίζεται σε χάρτης του 1890, αεροφωτογραφία του 1945 και σε δορυφορικές φωτογραφίες του 2003 και 2019. Σε αυτήν του 1945 διακρίνεται η θέση του ημικυκλικού καλαμωτού ιχθυοφραγμού. Σε όλες δε τις φωτογραφίες, η περιοχή αποξήρανσης επί Αγγλοκρατίας.**
**Fig. 1. Above, the location of the Kalichiopulo lagoon. Below, 1890 map, 1945 aerial photograph, and satellite photographs of 2003 and 2019. In that of 1945, the location of the semicircular reed fish barrier can be seen. In all the photos, the drying area during British rule.**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Τα αποτελέσματα στην επιλεγείσα για μετρήσεις γεωγραφική επιφάνεια δείχνουν ότι τα τελευταία 132 χρόνια έλαβε χώρα μία αστικοποίηση της τάξης του περίπου 41% (Πίν.1) εις βάρος της ευρύτερης υγροτοπικής περιοχής που περιλάμβανε την λιμνοθάλασσα Χαλικιοπούλου, τις παρόχθιες εκτάσεις στα βόρεια και τα έλη της περιοχής Χελάνων στα δυτικά. Στην τελευταία περιοχή, τμήματα των ημιτελών προσπαθειών αποξήρανσης επί Αγγλοκρατίας (κανάλια σε γεωμετρικές διατάξεις) δεν διακρίνονται ευκρινώς στην φωτογραφία του 1945 (και καθόλου στον προηγούμενο χάρτη) και έτσι η υπολογισθείσα αύξηση της επιφάνειας τους είναι πλασματική και δεν πρέπει να ληφθεί υπόψη, αντίθετα η έκτασή τους χρειάζεται να εξετασθεί συνολικά μαζί με τους γειτονικούς υγρότοπους (λαδί χρώμα, Εικ.

2). Η υδάτινη έκταση της λιμνοθάλασσας Χαλικιοπούλου περιορίστηκε κατά περίπου 26% κυρίως στο διάστημα 1945 έως 2003. Συνολικά η αρχική έκταση των υγροτόπων της ευρύτερης περιοχής της λιμνοθάλασσας βάσει των μετρήσεών μας εκτιμάται στα 4,17 $km^2$

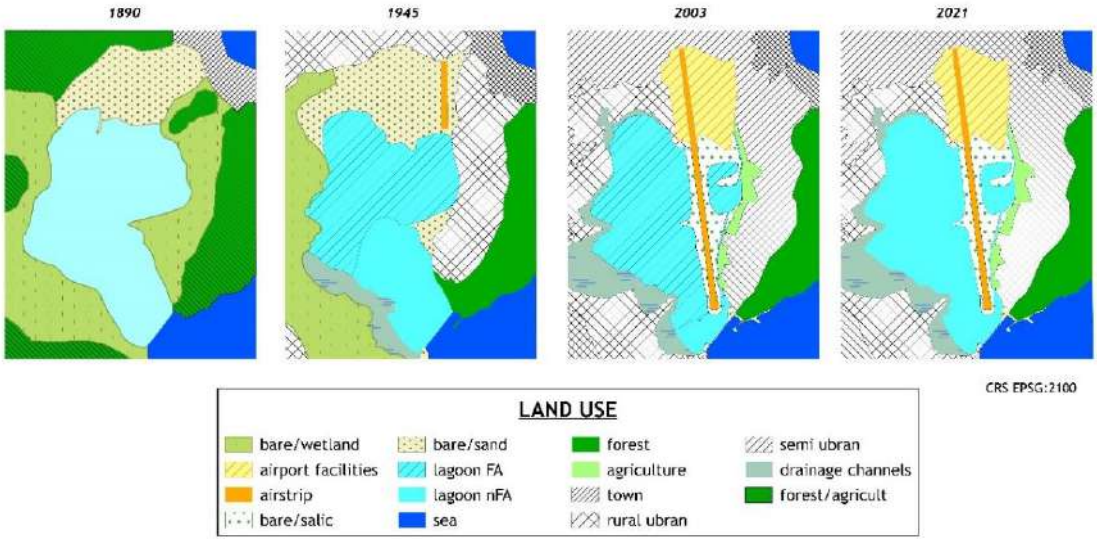
**Πίνακας 1. Έκταση (σε $km^2$) των κυρίων (MLUC) και δευτερευουσών (SLUC) χρήσεων γης ανά έτος λήψης στοιχείων, ποσοστό της έκτασης των MLUC στο σύνολο της έκτασης περιοχής μελέτης (SA=6.99 $km^2$) και μεταβολή του ποσοστού αυτού σε σχέση με το 1890. Agriculture=καλλιέργειες, airport facilities=εγκαταστάσεις αεροδρομίου, airstrip,=διάδρομος προσγείωσης, bare/salic=γυμνό /ή Salicornia (αρμυρήθρες), bare/sand=γυμνό/αμμόβουρκος, drainage channels=αποστραγγιστικά κανάλια, forest=δάσος, lagoon FA=έκταση περιορισμένη με ιχθυοφραγμούς, lagoon nFA=μη περιορισμένη έκταση, old town=πόλη, rural ubran=αγροικίες, sea=θάλασσα, semi urban=ημιαστική περιοχή, bare/wetland=γυμνό ή έλος, forest/agricult=δάσος ή καλλιέργεια**
**Table 1. Area of main (MLUC) and secondary (SLUC) of land use categories per year, percentage of MLUC's to total study area (SA=6.99 $km^2$) and year changes of MLUC'S percentage since 1890.**

| | | Έτος | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| MLUC | SLUC | 1890 | 1945 | 2003 | 2021 |
| Airport | airstrip | | 0.03 | 0.13 | 0.13 |
| | airport facilities | | | 0.44 | 0.44 |
| | *% επί της SA* | *0.00* | *0.49* | *8.05* | *8.05* |
| | *Μεταβολή % από 1890* | | *0.49* | *8.05* | *8.05* |
| Bare/Wetland | bare | 0.67 | 0.90 | | |
| | bare/salicornia | | | 0.28 | 0.28 |
| | bare/sand | | | 0.02 | 0.02 |
| | bare/wetland | 1.78 | 1.10 | | |
| | *% επί της SA* | *35.05* | *28.63* | *4.31* | *4.31* |
| | *Μεταβολή % από 1890* | | *-6.43* | *-30.75* | *-30.75* |
| Forest/Agriculture | forest/agricult | 1.77 | | | |
| | agriculture | | 1.45 | 0.12 | 0.12 |
| | forest | | 0.68 | 0.53 | 0.53 |
| | *% επί της SA* | *25.30* | *30.49* | *9.21* | *9.21* |
| | *Μεταβολή % από 1890* | | *5.19* | *-16.09* | *-16.09* |
| Lagoon | lagoon | 1.94 | | | 1.44 |
| | lagoon FA | | 1.18 | 1.33 | |
| | lagoon nFA | | 0.62 | 0.11 | |
| | *% επί της SA* | *27.69* | *25.78* | *20.54* | *20.54* |
| | *Μεταβολή % από 1890* | | *-1.90* | *-7.14* | *-7.14* |
| Drainage Channels | drainage channels | | 0.25 | 0.46 | 0.46 |
| | *% επί της SA* | *0* | *3.54* | *6.56* | *6.56* |
| | *Μεταβολή % από 1890* | | *3.54* | *6.56* | *6.56* |
| Ubranization | old town | 0.25 | 0.25 | 0.25 | 0.25 |
| | rural ubran | | | 1.02 | 1.02 |
| | semi ubran | | | 1.85 | 1.85 |
| | *% επί της SA* | *3.58* | *3.58* | *44.55* | *44.55* |
| | *Μεταβολή % από 1890* | | *0.00* | *40.98* | *40.98* |
| Sea | sea | 0.55 | 0.55 | 0.53 | 0.53 |
| | *% επί της SA* | *7.87* | *7.80* | *7.53* | *7.53* |
| | *Μεταβολή % από 1890* | | *-0.06* | *-0.34* | *-0.34* |

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η λιμνοθάλασσα Χαλικιοπούλου βρίσκεται εντός των ορίων του Κεντρικού Δήμου της Κέρκυρας, συγκεκριμένα στο νότιο τομέα της πόλης. Ο Θουκυδίδης αναφέρει την περιοχή ως Υλλαϊκό λιμένα (Schmidt 1890) , έναν από τους δύο που διέθετε η Κέρκυρα κατά την αρχαιότητα, αν και δεν είναι γνωστή η ακριβής τοποθεσία του, καθώς ίχνη του λιμανιού δεν υπάρχουν σήμερα. Συνεχίζοντας την πορεία της στον χρόνο, η περιοχή μαζί με τα παρακείμενα έλη των Χελάδων στα αριστερά και των Καστράδων στα δεξιά, θα αποτελέσει τόπο αλιευτικής εκμετάλλευσης και παραγωγής αλατιού. Επί ενετοκρατίας, από το 1386 μέσω του καθεστώτος «vetustas» (Anonymous 2021), η λιμνοθάλασσα ήταν αντικείμενο εκμετάλλευσης της οικογένειας Χαλικιόπουλου (Kalichiopulo), εξ ου και η ονομασία της. Μέσω

μισθώσεων στην οικογένεια οι περίοικοι εκμεταλλευόντουσαν την λίμνη και το παρακείμενο έλος των Χελάνων στα νοτιοδυτικά, το οποίο περιείχε και αλυκές (Καμονάχου 2008). Οργανωμένη αποξήρανση αυτής της ευρείας περιοχής προβλέφθηκε από τις αρχές ήδη της Αγγλοκρατίας στην απόφαση της Γερουσίας «Περί Πραγμάτων Γεωργικής, Κοινωνικής Υγείας Και Εθνικής Φιλοτεχνίας» της 13ης/9/1819. Τα πρώτα σχέδια αποξήρανσης εκπονήθηκαν από την Πρώτη Γεωργική Εταιρεία Ιονίων Νήσων με το ΠΒ 57-19/6/1837, όπου επικαλούνται λόγοι αναγκαιότητας για ανάπτυξη της γεωργικής καλλιέργειας και της προφύλαξης της δημόσιας υγείας (Καμονάχου 2008).




**Εικόνα 2. Χρήσεις γης στην περιοχή μελέτης στο διάστημα 1890 έως 2021. Στον πίνακα 1 δίνεται η ερμηνεία των διάφορών επιφανειών.**
**Figure 2. Land usages ta the study area during the period of 1890 to 2021.**

Το 1843 ξεκινούν τα έργα αποστράγγισης στην Κοιλάδα των Χελάνων. Ωστόσο, όπως αποκαλύπτεται από εκθέσεις αξιωματούχων της εποχής, υπήρχε μεγάλη απροθυμία των περίοικων, κυρίως ψαράδων της περιοχής, λόγω του προτεινόμενου συστήματος «αγγαρείας» (έναντι μελλοντικής ωφέλειας, λόγω της εξυγίανσης της περιοχής) που τους ήταν ασαφές, καθώς και λόγω δικών τους οικονομικών πιέσεων, αφού έπρεπε να ανταποκριθούν στις μισθώσεις τους προς την οικογένεια Χαλικιόπουλου (Καμονάχου 2008). Το ιδιοκτησιακό καθεστώς της περιοχής ως πρόβλημα στις διαδικασίες αποξήρανσης αναφέρεται και σε άλλες περιγραφές (Παρτς 1892) Τελικά, με την Πράξη ΙΘ της 1ης /11/1843 της κυβέρνησης της Ιονίου Πολιτείας συγκεκριμενοποιούνται οι αποζημιώσεις των ψαράδων, προβλέποντας απόδοση των αποξηραμένων εδαφών στην κοινότητα και στην συνέχεια το μοίρασμά της στους συμμετέχοντες στην αποξήρανση περιοίκους. Ωστόσο, το πρόβλημα δεν ήταν μόνον αυτό καθώς χρειάζονταν να αντιμετωπιστεί και η μεγάλη περιεκτικότητα των προς αξιοποίηση εδαφών σε αλάτι. Σχετικά, από την Γεωργική Εταιρεία προτάθηκε εκείνα τα χρόνια η εισαγωγή από το εξωτερικό σπόρων του φυτού «σοδία» (σ.σ. δεν κατορθώθηκε να εντοπιστεί το είδος) για αφαλάτωση των εδαφών αυτών (Καμονάχου 2008). Τελικά η προσπάθεια αποξήρανσης εγκαταλείφτηκε. Τα κανάλια που φτιάχτηκαν για την αποξήρανση σε όλο το τμήμα νότια και δυτικά της λιμνοθάλασσας διακρίνονται στην αεροφωτογραφία του 1945 όπως και στους σημερινούς δορυφορικούς χάρτες (Εικ.1). Διαχρονικά τα κανάλια αυτά αποδείχτηκαν σωτήρια για την διατροφή φτωχών ανθρώπων, ειδικά στην περίοδο της κατοχής. Οι χωρικοί ψάρευαν ψάρια της λιμνοθάλασσας που είχαν εγκλωβιστεί μέσα σε αυτά, αφού προηγουμένως άδειαζαν το νερό με αυτοσχέδιες ξύλινες τραπεζοειδείς λεκάνες. Ακόμη και σήμερα γηραιοί ψαράδες ισχυρίζονται με συγκίνηση ότι τα κανάλια φτιάχτηκαν επι τούτου «με τα χέρια τους». Ωστόσο η συνολική έκταση αυτής της επιφάνειας είναι τεράστια για έναν τέτοιο ισχυρισμό, καθώς, με βάση τη μελέτη παλαιοτέρων χαρτών (Anstalt von 1908) , αλλά και οδηγούμενοι από την γεωμετρία των καναλιών αποξήρανσης, την εκτιμήθηκε σήμερα στα 1,909 $km^2$.

Αλυκές λειτουργούσαν και στα βορειοανατολικά της λίμνης, ανατολικά του σημερινού αεροδρομίου που στην συνέχεια, στη δεκαετία του 30 χρησίμευσαν ως τόπος προσγείωσης των πρώτων αεροσκαφών. Ο διάδρομος αυτού του πρώτου μικρού αεροδρομίου διακρίνεται αμυδρά στην αεροφωτογραφία του 1945. Στην ίδια φωτογραφία διακρίνεται το ημικυκλικό σχήμα ιχθυοφραγμού από

πυκνό καλάμι πού κάλυπτε ένα μήκος, άνω των 900 μέτρων. Η εντυπωσιακή αυτή κατασκευή λειτουργούσε έως το τέλος της δεκαετίας του 70, όπως αποδεικνύεται από σκηνές ελληνικής ταινίας του 1968 (Boem Webradio 2022) , αποδεικνύοντας την οικονομική σπουδαιότητα της λιμνοθάλασσας Χαλικιοπούλου ως ιχθυοτροφείο. Στην επόμενη δεκαετία, με την επέκταση του αεροδρομίου, οι εγκαταστάσεις, με σύγχρονα πιά υλικά, είχαν μετατοπιστεί πολύ πιο μπροστά, διατεταγμένες σε μέτωπο παράλληλο με την ακτογραμμή. Αλιευτικά δεδομένα παρελθόντων δεκαετιών (Ανώνυμος 2001) δείχνουν ότι κατά την δεκαετία του ’70 η ΛΘ Χαλικιόπουλου ήταν ένα ιδιαίτερα παραγωγικό σύστημα με ετήσιες αποδόσεις που έφθαναν τα επίπεδα των 25-40 t/έτος, παραγωγές που αντιστοιχούν σε πάνω από 20 kg/στρέμμα. Στο παρελθόν ιδιαίτερα σημαντική ήταν η παραγωγή του χελιού, για την αλίευση του οποίου χρησιμοποιούνταν εκτεταμένα δίκτυα βολκών. Το χέλι, ένα ιδιαίτερα ακριβό προϊόν, εξαγόμενο ζωντανό στην Ιταλία ευδοκιμούσε ιδιαίτερα στο περιβάλλον της λιμνοθάλασσας Χαλικιοπούλου αναδεικνύοντάς την, σύμφωνα με εκτιμήσεις της Διεύθυνσης Ζωικής Παραγωγής της Αγροτικής Τράπεζας της Ελλάδος, ως τη δεύτερη πιο παραγωγική λιμνοθάλασσα της Ελλάδας σε χέλι με 16,5 περίπου κιλά ανά στρέμμα ανά έτος, απόδοση περίπου τριπλάσια από τον πανελλήνιο μέσο όρο (Τσουκνίδης & Γεωργουλόπουλος 1998) . Στη συνέχεια η αλιευτική αξιοποίηση της λιμνοθάλασσας ήταν σποραδική με αποτέλεσμα να ατονήσει. Οι αλιευτικές παραγωγές των τελευταίων περιόδων 1990 και 1991 πριν το κλείσιμο του ιχθυοτροφείου φέρονται να ήταν απογοητευτικές, της τάξης των 1-2 kg/στρ (Ανώνυμος 2001). Ήδη όμως είχε ξεκινήσει μία δικαστική διαμάχη για το ιδιοκτησιακό καθεστώς της λιμνοθάλασσας με αποτέλεσμα να τερματιστεί η λειτουργία της ως ιχθυοτροφείο. Αντικείμενο αυτής της διένεξης που έφερε αντιμέτωπους αλιείς της λιμνοθάλασσας και το Υπουργείο Οικονομικών, ήταν η προβολή από τους πρώτους εμπραγμάτων δικαιωμάτων κυριότητος επί της λιμνοθάλασσας. Έκτοτε εκδόθηκαν τέσσερις δικαστικές αποφάσεις από το 2002 έως και το 2021, μία του Πολυμελούς Πρωτοδικείου Κερκύρας, μία του Εφετείου Κερκύρας, μία του Αρείου Πάγου (αριθμοί αποφάσεων 67/2004, 221/2007, 1380/2014) και μία του Ευρωπαϊκού Δικαστηρίου Ανθρωπίνων Δικαιωμάτων (Anonymous 2021) . Και με τις τέσσερεις αυτές αποφάσεις η κυριότητα του Δημοσίου επί της λιμνοθάλασσας δεν αμφισβητείται. Σήμερα η όποια αλιεία παραμένει παράνομη και μόνο κατά καιρούς εμφανίζονται στον τοπικό τύπο ειδήσεις για κατασχέσεις ποσοτήτων μπλε καβουριού *Callinictes sapidus* που φαίνεται να ευδοκιμεί ιδιαίτερα στην λιμνοθάλασσα την τελευταία δεκαετία. Ξαναγυρίζοντας στην κύρια χρήση της λιμνοθάλασσας μεταπολεμικά, ας εκθέσουμε περιληπτικά τις επεκτάσεις του αεροδρόμιου «Ιωάννης Καποδίστριας» (Βικιπαίδεια 2022) . Ιδρύθηκε το 1937 και κατά τη διάρκεια του Δεύτερου Παγκοσμίου Πολέμου χρησιμοποιήθηκε από τις Ιταλικές και Γερμανικές δυνάμεις ως βάση μεταφορικών και μαχητικών αεροσκαφών. Στα τέλη του 1945 το μήκος του διαδρόμου προσγείωσης έφτανε τα 600 μέτρα, 1949 τα 800 μέτρα, το 1959 τα 2.375 μέτρα. Το 1962 κατασκευάστηκε το μικρό κτίριο επιβατικού σταθμού το οποίο στη συνέχεια στέγαζε την Αερολέσχη Κέρκυρας. Το 1965 το Αεροδρόμιο έγινε Διεθνές και η κατασκευή του πρώτου τερματικού ολοκληρώθηκε το 1972. Φαίνεται ότι για τις επεκτάσεις αυτές εις βάρος της λειτουργίας της λιμνοθάλασσας ως ιχθυοτροφείο, το κράτος καθόρισε κατά καιρούς αποζημιώσεις στους ψαράδες-χρήστες της, οι οποίες, όπως δικαστικά έχει αποφασιστεί, δεν τεκμηριώνουν, τίτλους ιδιοκτησίας επί της λιμνοθάλασσας (Anonymous 2021) . Οι τελευταίες επεκτάσεις των εγκαταστάσεων του αεροδρομίου αφορούν το πάρκινγκ στην περιοχή Κόλλα και τον χώρο στάθμευσης πυροσβεστικών αεροσκαφών στην ανατολική πλευρά του διαδρόμου το 1994. Μετέπειτα παρόχθιες επεμβάσεις στην περιοχή αφορούν τη δημιουργία αθλητικών κέντρων, την εγκατάσταση βιομηχανίας σκυροδέματος και το αντλιοστάσιο. Όλες αυτές αθροίζουν μία συνολική επιφάνεια 0,872 $km^2$, που δεν μπορεί να καταχωριστεί ως μείωση της υδάτινης επιφάνειας της λιμνοθάλασσας, καθώς δημιουργήθηκαν και σε παρόχθιες περιοχές. Ωστόσο διαταράσσουν σαφώς τη λειτουργία των περιφερειακών ζωνών που είναι καθοριστικές για την ισορροπία όλου του οικοσυστήματος (Guelorget 1987) .

Τελικά η μείωση της επιφάνειας όλων των υγροτόπων των συνδεδεμένων με το σύστημα της λιμνοθάλασσας Χαλικιοπούλου από την Γαλλική κατοχή της Κέρκυρας το 1805 έως σήμερα εκτιμήθηκε στα 2,92 $km^2$, κάτι που αντιστοιχεί σε μέσο ετήσιο ρυθμό 0,34% ανά έτος, ενώ στην περίοδο 1945 έως σήμερα σε 0,23 % ανά έτος. Συγκρινόμενοι αυτοί οι ρυθμοί με τον 0,986 % ανά έτος, αντίστοιχο ευρωπαϊκό των τελευταίων τριών αιώνων (Davidson 2014) , δείχνουν σαφώς μικρότεροι. Ωστόσο δεν πρέπει να μας διαφεύγει ότι στον ευρωπαϊκό μέσο ετήσιο ρυθμό συμπεριλαμβάνεται η αποξήρανση εκτεταμένων εσωτερικών υγρότοπων γλυκού νερού και η δημιουργία των Κάτω Χωρών (Ολλανδία). Συμπερασματικά, η περιοχή της λιμνοθάλασσας Χαλικιόπουλου αποτελεί το επίκεντρο πολλών ανθρώπινων δραστηριοτήτων και έτσι είναι λογικό να δέχεται ισχυρές πιέσεις που της έχουν επιφέρει

σημαντική περιβαλλοντική υποβάθμιση ως υγρότοπο. Η οικιστική είναι η σημαντικότερη από αυτές, καθώς η λιμνοθάλασσα Χαλικιόπουλου βρίσκεται κοντά σε αστικό κέντρο. Το ενδιαφέρον της τοπικής κοινωνίας είναι, μέσω της εντατικής λειτουργίας του αεροδρόμιου, η διατήρηση και η εξυπηρέτηση ενός ιδιαίτερα σημαντικού τουριστικού ρεύματος. Ωστόσο, η προστασία της παρόχθιας ζώνης με την ιδιαίτερη υδροχαρή βλάστηση και η ποιότητα των νερών, παράγοντες καθοριστικοί για την ισορροπία του οικοσυστήματος χρειάζεται να παρακολουθούνται. Η μη ένταξη της εκτεταμένης βουρκώδους περιοχής δυτικά της λιμνοθάλασσας στην ζώνη προστασίας Natura 2000 σαφώς δεν διευκολύνει αυτόν τον στόχο. Επιπλέον, με την ανάπτυξη ιδιωτικών περιφράξεων στην περίμετρο της λιμνοθάλασσας, εμποδίζεται η πρόσβαση και ο έλεγχος στο οικοσύστημα. Αναπόφευκτες λοιπόν είναι οι επιχωματώσεις και οι καταπατήσεις, καθώς και οι εγκαταλελειμμένοι σιδερένιοι πάσσαλοι, βολκοί και διβάρια ακόμη και μέσα στη λιμνοθάλασσα. Με λίγα λόγια σκουπίδια και μπάζα παντού. Λαμβάνοντας υπόψη όλα αυτά προκύπτει το ερώτημα του κατά πόσο η εγκατάλειψη της παραδοσιακής αλιείας και άρα η απουσία της συνεχούς επιτήρησης, βοηθά ή όχι στην προστασία του οικοσυστήματος. Από την άλλη, μία λιμνοθάλασσα ελεύθερη από ιχθυοφραγμούς μπορεί και επιτελεί καλύτερα έναν από τους κύριους ρόλους που έχει ως σύστημα-τροφοδότης των γειτονικών παράκτιων θαλάσσιων βιοτόπων σε ζωντανά θηράματα, γόνο και γεννήτορες διαφόρων ειδών ψαριών και άλλων οργανισμών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


Anonymous (2021) Requête no 24865/15 Spyridon TRYFONAS contre la Grèce, Décision European Court of Human Rights (première section), 15 p.

Anstalt von (1908) *Old map of the Isle of Corfu and Corfu (Kerkyra) town in Greece by Wagner & Debes, Leipzing. Vintage Historical Maps of Europe and the World in around 1900*. πρόσβαση στις 9 Ιουνίου 2022. https://www.discusmedia.com/maps/greek_cities_and_towns/4631/

Boem Webradio (2022) *Το σάουντρακ της ταινίας «Η Αρχόντισσα κι ο Αλήτης» και οι άγνωστες λεπτομέρειες της ταινίας,* πρόσβαση στις 9 Ιουνίου 2022 https://www.boemradio.com/gr/el/news/to-saountrak-tis-tainias-laquoi-archontissa-ki-o-alitisraquo-kai-oi-agnostes-leptomereies-tis-tainias/

Davidson, N. C. (2014) How much wetland has the world lost? Long-term and recent trends in global wetland area. *Marine and Freshwater Research*, 65(10), 934-941.

Gardikas K (2018) *Landscapes of Disease: Malaria in Modern Greece*. Budapest, New York: Central European University Press, 348p

Guelorget O (1987) *Aquaculture Development ιn Greek Lagoons. A report prepared for the project Development of Marine and Inland Aquaculture in Greece*, FI:DP/GRE/85/002, Field Document 2, September 1987. Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Rome.

Δίκτυο NATURA 2000 (2020) *Όρια περιοχών του Ευρωπαϊκού Οικολογικού Δικτύου 2000 στην Ελλάδα* https://ypen.gov.gr/perivallon/viopoikilotita/diktyo-natura-2000

Mimikou MA (2005) Water resources in Greece: present and future. *Global NEST Journal*, 7: 313-322

NOAA (2022) *Coastal Wetland Habitat*, πρόσβαση στις 9 Ιουνίου 2022, https://www.fisheries.noaa.gov/national/habitat-conservation/coastal-wetlands-too-valuable-lose

Schmidt, B (1890) *Korkyraeische Studien: Beiträge zur Topographie Korkyras und zur Erklärung des Thukydides, Xenophon und Diodoros,* https://doi.org/10.11588/diglit.11628#0121

UNESCO (2015) *Blue carbon,* Intergovernmental Oceanographic Commission, πρόσβαση στις 9 Ιουνίου USGS (2022) *Landsat-Missions,* πρόσβαση στις 6 Ιουλίου 2022 https://www.usgs.gov/landsat-missions/ground-control-points2022 https://ioc.unesco.org/our-work/blue-carbon

Ανώνυμος (2001) Επιχειρησιακό πρόγραμμα PESCA. Κλαδικές μελέτες. Οργάνωση και λειτουργία αλιευτικής εκμετάλλευσης στις ελληνικές λιμνοθάλασσες. Χρηματοδότηση: Υπ. Γεωργίας.

Βικιπαίδεια (2022) *Κρατικός Αερολιμένας Κέρκυρας «Ιωάννης Καποδίστριας»,* πρόσβαση στις 6 Ιουλίου 2022 , https://el.wikipedia.org

Ελληνικό Κτηματολόγιο (2022) *Θέαση*. πρόσβαση στις 9 Ιουνίου 2022 https://gis.ktimanet.gr/wms/ktbasemap/default.aspx

Καμονάχου (2008). *Θεσμοί αγροτικού εκσυγχρονισμού στην Κέρκυρα τον 19ο αιώνα (1815-1864)*. Διδακτορική διατριβή, Τμήμα Ιστορίας Ιονίου Πανεπιστημίου, Κέρκυρα.

Παρτς Ι (1892) *Η Νήσος Κέρκυρα Γεωγραφική Μονογραφή*, μτφρ. Περικλής Βέγιας, Δαπάνη Πετρίδειου Κληροδοτήματος, Κέρκυρα

Τσουκνίδης Α, Γεωργουλόπουλος Α (1998) Υφιστάμενη Κατάσταση-Προβλήματα-Προοπτικές στις Λιμνοθάλασσες και τα Εσωτερικά Νερά (Λίμνες-Ποτάμια). *Αλιευτικά Νέα, Φεβρ. 1992*:70-84.

# Φωλεοποίηση του ηλιόψαρου *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), στην Τεχνητή Λίμνη Πηγών Αώου

**Αθηνά Ζίου[1], Αλεξάνδρα Σ. Δουληγέρη[1], Αθανάσιος Κοράκης[2], Αντώνης Σταγκογιάννης[2], Αθανασία Καραμπίνα[2], Δημήτριος Κ. Μουτόπουλος[1], Γεώργιος Κατσέλης[1]**

[1] Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Ιερά Πόλη Μεσολογγίου 302 00 - email: athinaziou@gmail.com, adouligeri@upatras.gr, dmoutopo@upatras.gr, gkatselis@upatras.gr

[2] Ο.ΦΥ.ΠΕ.Κ.Α, Μονάδα Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου, Ασπράγγελοι Τ.Κ. 44007, Δήμου Ζαγορίου, Ιωάννινα - email: mdpp.northernpindos@necca.gov.gr

## ABSTRACT

**Athina Ziou, Alexandra S. Douligeri, Athanasios Korakis, Antonis Stagogiannis, Athanasia Karabina, Dimitrios K. Moutopoulos, George Katselis: Nesting of pumpkinseed *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), at Dam of Aoos springs.**

Pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) is an invasive species recently introduced into Aoos lake. The study of the species reproductive and nesting habits is crucial. The nesting areas in the lake were identified and mapped, where various parameters of the successful reproduction of the species were evaluated. The largest percentage of nests was found in areas with silty-sand bottom (53,4%) and low vegetation. Nesting in the lake takes place mainly in its southwestern part. The area of the potential nesting area was estimated to be 1.97 km$^2$ and the area of confirmed nesting was estimated to be 0.33 km$^2$. Thus, the species appears to nest in a small area, comparatively to the potential nesting area.

**Keywords:** Pumpkinseed, *Lepomis gibbosus*, nests, reproduction

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το είδος *Lepomis gibbosus*, Linnaeus 1758, ηλιόψαρο, είναι γηγενές της βορείου Αμερικής και έχει εισαχθεί και εγκατασταθεί στα οικοσυστήματα της Ευρώπης. Στην Ελλάδα έφτασε στα μέσα της δεκαετίας του 1970, διαμέσου των διασυνοριακών ποταμών στα βόρεια της χώρας (Γιαπής 2003).

Το *L. gibbosus* προτιμά ενδιαιτήματα ρηχά, με μικρή κίνηση του νερού και αρκετή βλάστηση και το εύρος της θερμοκρασίας που διαβιεί κυμαίνεται από τους 4°C έως τους 30°C (Riehl & Baensch 1991). Κατά την αναπαραγωγική περίοδο τα αρσενικά άτομα του είδους συνωστίζονται στην ίδια περιοχή και δημιουργούν φωλιές. Η αναπαραγωγική του συμπεριφορά βασίζεται στη γονική φροντίδα, με τα αρσενικά άτομα του είδους να προφυλάσσουν και να φροντίζουν τα αβγά και τα νεοεκκολαπτόμενα ιχθύδια στη φωλιά (Maitland & Campbell 1992). Η εκκόλαψη των αβγών διαρκεί από τρεις ως έξι ημέρες, ανάλογα με τη θερμοκρασία του νερού (Maitland & Campbell 1992; Shao 1997). Το *L. gibbosus* πραγματοποιεί πολλαπλές αναπαραγωγικές προσπάθειες κατά τη διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου. Στη Γαλλία έχει εκτιμηθεί ότι το είδος κάνει 2,9 - 3,1 αναπαραγωγικές προσπάθειες ανά αναπαραγωγική περίοδο (Fox & Crivelli 1998).

Το ηλιόψαρο είναι ένα πλήρως εισβολικό είδος, καθώς μπορεί να επιβιώσει και να αναπαραχθεί σε ένα ευρύ φάσμα ενδιαιτημάτων (Blackburn *et al.* 2011) και στα ελληνικά οικοσυστήματα προκαλεί σημαντικές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα των οικοσυστημάτων όπου εγκαθίσταται (Zogaris 2017). Έτσι προβάλλεται η ανάγκη μετριασμού ή εξάλειψης του είδους από τα οικοσυστήματα αυτά ως μη γηγενές (Zogaris 2017). Η εξάλειψη του *L. gibbosus* είναι δύσκολη εφόσον έχει εγκατασταθεί σε ένα οικοσύστημα, ωστόσο η μέθοδος της αφαίρεσης του είδους μέσω της ηλεκτραλιείας είναι ένα πιθανό μέτρο αντιμετώπισης, καθώς έχει τη μικρότερη ποσότητα παράπλευρων συλλήψεων άλλων ειδών και αρνητικών επιπτώσεων στους γηγενείς πληθυσμούς των ψαριών, σε σχέση με άλλες μεθόδους αφαίρεσης (West *et al.* 2007, Zogaris 2017). Επίσης, η χρήση της ηλεκτραλιείας ως μέθοδος αφαίρεσης του ηλιόψαρου από τα υδάτινα οικοσυστήματα προτιμάται λόγω της ιδιαίτερης αναπαραγωγικής συμπεριφοράς του είδους.

Η εισαγωγή του είδους στην τεχνητή λίμνη των πηγών Αώου εκτιμάται ότι έγινε αρκετά πρόσφατα, στα μέσα της προηγούμενης δεκαετίας (Κατσέλης *et al.* 2020). Ο φορέας Διαχείρισης Βόρειας Πίνδου, στο πλαίσιο δράσεων για τη διατήρηση της βιοποικιλότητας, έθεσε ως προτεραιότητα την διαχείριση του είδους ως εισβολικό, με στόχο την απομάκρυνσή του ή τον μετριασμό των επιπτώσεων από την είσοδό του στο οικοσύστημα της Τεχνητής Λίμνης Πηγών Αώου. Δεδομένου μάλιστα ότι οι αναπαραγωγικές συνήθειες του είδους στο εν λόγω οικοσύστημα δεν είναι γνωστές, σκοπός της

εργασίας είναι η διερεύνηση της φωλεοποίησης του είδους στην τεχνητή λίμνη πηγών Αώου, η οποία αποτελεί καταλυτικό στοιχείο για τον στενευμένο περιορισμό του πληθυσμού του είδους κατά την ευαίσθητη περίοδο της αναπαραγωγής του.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η Τεχνητή λίμνη Πηγών Αώου είναι ένα οικοσύστημα "αλπικού τύπου" και βρίσκεται στα 1343 m υψόμετρο, στον ορεινό όγκο της βόρειας Πίνδου κοντά στο Μέτσοβο. Η επιφάνεια της είναι 11,5 $km^2$ με χωρητικότητα 260 x $10^6$ $m^3$ και μέγιστο βάθος που φτάνει τα 40 m. Η τεχνητή λίμνη είναι ολιγότροφη, με ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας από 4 $^oC$ έως 26 $^oC$ ενώ η διακύμανση της στάθμης της επιφάνειας είναι περίπου 10 m ετησίως. Η Τεχνητή λίμνη Πηγών Αώου είναι μονομικτική όταν δεν υπάρχει σχηματισμός πάγου, ωστόσο γίνεται διμικτική όταν σχηματίζεται πάγος (Οικονόμου *κά.* 1998). Στο σύστημα απαντούν τα ενδημικά είδη ιχθύων *Salmo farioides, Barbus prespensis, Squalius* sp. *Aoos* και έχουν εισαχθεί τα *Oncorhynchus mykiss, Cyprinus sp.,* και *Carassius gibelio* (Κατσέλης *et al.* 2020).

Ο εντοπισμός των περιοχών φωλεοποίησης του ηλιόψαρου πραγματοποιήθηκε κατά την αναπαραγωγική του περίοδο (Μάιο έως Σεπτέμβριο, Γιαπής 2003) και εκτός αυτής. Συνολικά πραγματοποιήθηκαν τρεις δειγματοληψίες, από τον Ιούλιο έως το Νοέμβριο του 2021.

Η καταγραφή των φωλιών του είδους έγινε κατά μήκος της ακτής, όπου καταμετρούνταν όλες οι ορατές φωλιές μέσα στο νερό, αλλά και στον αποξηραμένο πυθμένα, ύστερα από πτώση της στάθμης του νερού (Ιούλιος, Σεπτέμβριος και Νοέμβριος του 2021), λόγο της λειτουργίας του υδροηλεκτρικού σταθμού.

Για τον προσδιορισμό της ζώνης φωλεοποίησης του είδους, αναλύθηκαν και συσχετίστηκαν τα στοιχεία της χωρικής κατανομής των φωλιών από τις επισκέψεις στο πεδίο, με δορυφορικές εικόνες από την αποστολή Sentinel-2 (https://scihub.copernicus.eu/dhus/#/home) και τις ημερήσιες καταγραφές της στάθμης της λίμνης από τον σταθμό της ΔΕΗ. Με βάση αυτά τα δεδομένα εκτιμήθηκε η οριακή κατώτερη στάθμη, πέραν της οποίας δεν καταγράφεται παρουσία φωλιών, και η εποχική μεταβολής της επιφάνειας της λίμνης την περίοδο αναπαραγωγής του είδους. Οι ημερήσιες καταγραφές της στάθμης της λίμνης, από τον σταθμό της ΔΕΗ αφορούν σε 11686 ημερήσιες τιμές στάθμης νερού, για το χρονικό διάστημα 1/11/1990 έως 31/10/2021.

Από το ημερολόγιο καταγραφής της στάθμης προσδιορίστηκε η ημερομηνία της μέγιστης στάθμης (19/4/2004). Ακολούθως αναζητήθηκαν δορυφορικές εικόνες της αποστολής Sentinel-2 της ίδιας ή το δυνατόν πλησιέστερης αυτής της ημερομηνίας, που καλύπτουν την περιοχή έρευνας χωρίς νεφοκάλυψη. Από τις διαθέσιμες δορυφορικές εικόνες της αποστολής Sentinel-2 επιλέχθηκε η εικόνα που λήφθηκε στις 14/4/2016, στην οποία η στάθμη της λίμνης αντιστοιχεί σε 1342,04m. Με την παραπάνω εικόνα προσδιορίστηκε η έκταση της λίμνης κατά τη φάση της μέγιστης στάθμης της. Ακολούθως με διάφορες δοκιμές δορυφορικών εικόνων αναζητήθηκε εικόνα στην οποία φαίνεται η επιφάνεια της λίμνης με τον ελάχιστο καταγεγραμμένο αριθμό φωλιών του είδους, ο οποίος χωροθετείται εντός της υδάτινης επιφάνειας. Η δορυφορική διαθέσιμη εικόνα που δίνει έκταση λίμνης που περιέχει τον ελάχιστο αριθμό φωλιών του είδους και η αμέσως επόμενη διαθέσιμη εικόνα που η έκταση της λίμνης δεν περιέχει φωλιές του είδους, προσδιορίζουν την κατώτερη υποζώνη κατανομής της φωλεοποίησης του ηλιόψαρου. Από τις ημερομηνίες των δύο τελευταίων εικόνων και το ημερολόγιο σταθμών, βρέθηκε η κατώτερη στάθμη φωλεοποίησης του είδους ως μέση τιμή των δύο τελευταίων σταθμών, ενόσω η έκταση λίμνης που προσδιορίζεται από τη δεύτερη εικόνα (με μηδενικό αριθμό φωλιών), θεωρήθηκε ως η ακτογραμμή της επιφάνειας της λίμνης που ορίζει το κατώτερο χωρικό όριο φωλεοποίησης του είδους. Από τα παραπάνω θεωρήθηκε ως οριακή κατώτερη στάθμη αυτή που εκτιμήθηκε από τη δορυφορική εικόνα Sentinel-2 στις 8/6/2019 ενώ η στάθμη της λίμνης ήταν ίση με 1339,45m. Στη συνέχεια, προσδιορίστηκε η ζώνη φωλεοποίησης ως η διαφορά μεταξύ της έκτασης της μέγιστης στάθμης της λίμνης και της έκτασης του κατώτερου ορίου φωλεοποίησης του είδους.

Η οριοθέτηση του νερού και της ξηράς (προσδιορισμός έκτασης της λίμνης) έγινε με τη χρήση των καναλιών B03 και B08 στο Q.GIS, για την κάθε εικόνα και υπολογίσθηκε ο δείκτης NDWI (https://custom-scripts.sentinel-hub.com/custom-scripts/sentinel-2/ndwi/), με χωρική ανάλυση εικονοστοιχείου 10m.

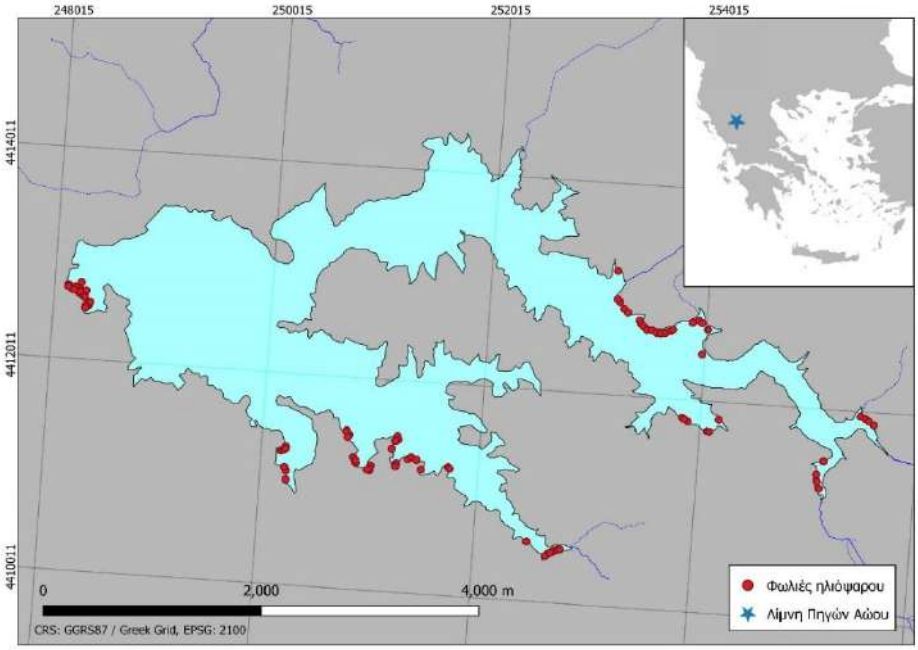
$$NDWI = \frac{DN(G) - DN(NIR)}{DN(G) + DN(NIR)}$$

όπου DN(NIR) η τιμή του εικονοστοιχείου στο εγγύς υπέρυθρο και DN(G) στο πράσινο κανάλι. Τα στοιχεία που συλλέχθηκαν χαρτογραφήθηκαν και αναλύθηκαν στην πλατφόρμα Q.GIS 3.18.2. Η στατιστική ανάλυση των δεδομένων έγινε στο πρόγραμμα SPSS Statistics 27.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

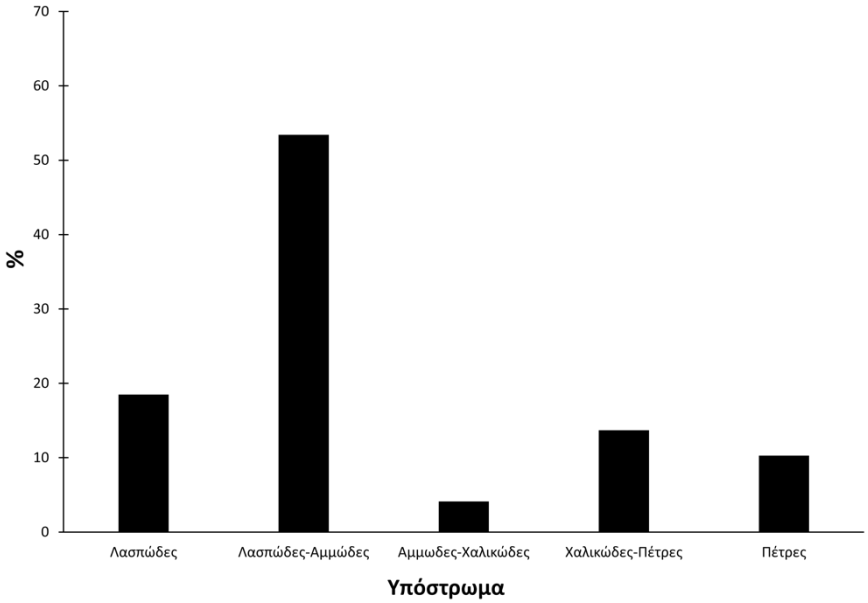
Συνολικά καταγράφηκαν 440 φωλιές του είδους σε 205 θέσεις (Εικ. 1). Πάνω από τις μισές φωλιές (53,4%) καταγράφηκαν σε λασπώδες-αμμώδες υπόστρωμα (Εικ. 2). Το 54,1% των φωλιών βρέθηκαν σε περιοχές με μηδενική κάλυψη υδρόβιας βλάστησης και το 45,2% βρέθηκαν σε περιοχές με μικρή επικάλυψη υδρόβιας βλάστησης. Το μεγαλύτερο ποσοστό των φωλιών (56,8 %) βρίσκονταν σε περιοχές που δεν υπήρχε απορροή ρυακιού. Σύμφωνα με τους Tomecek *et al.* (2007), οι φωλιές που δημιουργούνται στις λίμνες έχουν διάμετρο από 40 έως 125 cm, ενώ στη λίμνη πηγών Αώου η διάμετρος τους ήταν από 25 έως 45 cm, γεγονός που σχετίζεται με το μέγεθος των αρσενικών ατόμων του είδους που κατασκευάζουν τη φωλιά (Miller 1963).

Η έκταση της δυνητικής ζώνης φωλεοποίησης εκτιμήθηκε ίση με 1,97 $km^2$ και η έκταση των επιβεβαιωμένων περιοχών αναπαραγωγής εκτιμήθηκε ίση με 0,33 $km^2$, το οποίο αποτελεί το 16,9% της πιθανής ζώνης αναπαραγωγής. Η φωλεοποίηση φαίνεται να λαμβάνει χώρα στο νότιο και νοτιοδυτικό τμήμα της λίμνης, που χαρακτηρίζεται από κολπίσκους με ήρεμα νερά, ήπια κλίση του βυθού, με υπόστρωμα που προτιμάται από το ηλιόψαρο. Η επιφάνεια αυτή καταλαμβάνει μια σχετικά μικρή έκταση στη πιθανή ζώνη φωλεοποίησης (συνολικά 0,031 $km^2$). Ένα ποσοστό φωλιών βρέθηκε στο βόρειο και βορειοανατολικό τμήμα της λίμνης, κοντά στις κύριες εκροές των ποταμών στον ταμιευτήρα Αώου. Αυτές οι περιοχές καταλαμβάνουν μια μεγάλη έκταση της πιθανής ζώνης φωλεοποίησης (0,052 $km^2$ και 0.046 $km^2$) και τόσο η κλίση του βυθού όσο και το υπόστρωμα συνθέτουν τις κατάλληλες συνθήκες για την φωλεοποίηση του είδους, όμως βρίσκονται σε εγγύτητα με ενσταβλήσεις και περιοχές βόσκησης μεγαλόσωμων ζώων. Σε αυτά τα σημεία παρατηρήθηκε αναμόχλευση και ανατάραξη της ακτής από ποδοπατήματα κοπαδιών. Στο βόρειο τμήμα της λίμνης δεν καταγράφηκε φωλεοποίηση, καθώς η περιοχή αυτή χαρακτηρίζεται από βραχώδες υπόστρωμα, έντονη κλίση ακτογραμμής και διαμορφωμένη ακτογραμμή με λιθορριπή. Συνεπώς, οι φωλιές στην πιθανή ζώνη φωλεοποίησης εντοπίστηκαν κυρίως σε ρηχές περιοχές κοντά στην ακτή της λίμνης, με ήρεμα νερά και ήπια κλίση του βυθού, ενώ η πυκνότητα των φωλιών στις περιοχές που καταγράφηκαν υπολογίστηκε από 0,27 έως 15 φωλιές ανά 490 $m^2$ (Εικ. 3).




**Εικ. 1. Χαρτογράφηση περιοχών φωλεοποίησης του ηλιόψαρου (*L. gibbosus*).**
**Fig.1. Mapping of Pumpkinseed (*L. gibbosus*) nesting.**

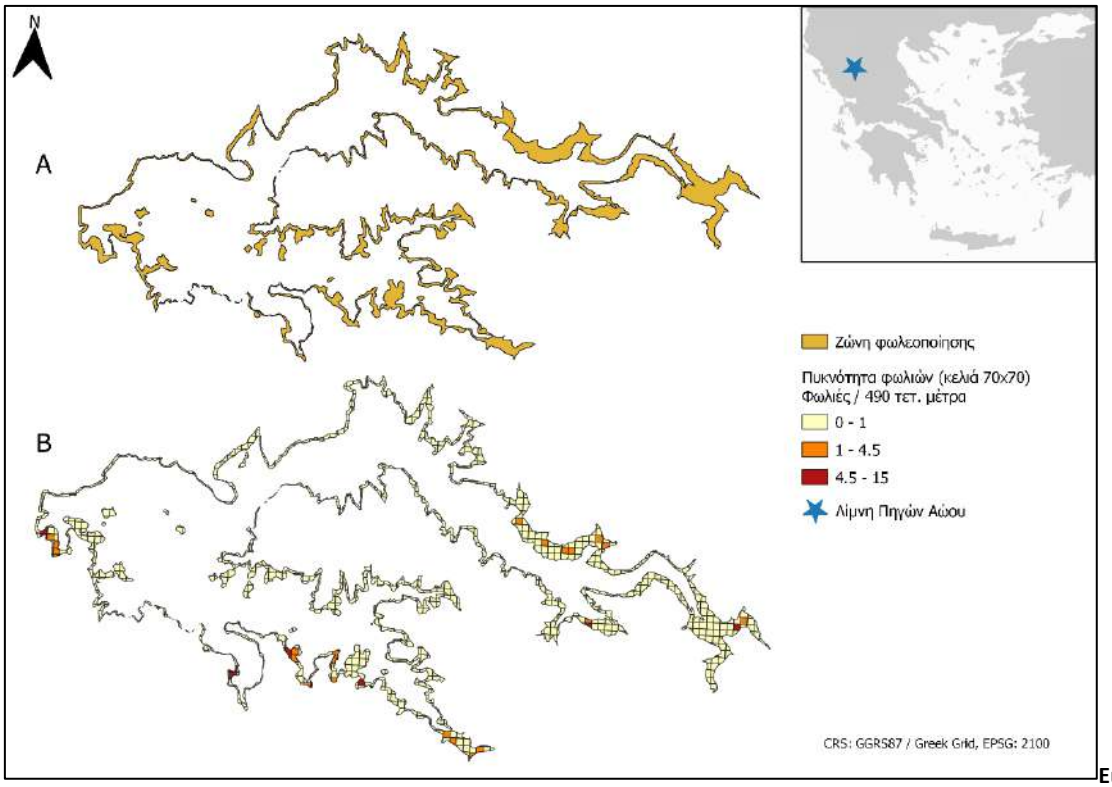
Όσον αφορά τη φωλεοποίηση του *L. gibbosus*, έχει διαπιστωθεί ότι το υπόστρωμα παίζει σημαντικό ρόλο (Colgan & Early 1973) ενώ η πυκνή λάσπη αποφεύγεται (Breder 1935a, 1936; Ingram & Odum 1941). Ωστόσο, από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι το κυρίαρχο υπόστρωμα για τη φωλεοποίηση του *L. gibbosus* στην λίμνη πηγών Αώου είναι το λασπώδες-αμμώδες, ενώ στα υπόλοιπα (χαλικώδες, πετρώδες) καταγράφεται μικρό ποσοστό (4 – 18%) του συνόλου των φωλιών. Ωστόσο, σύμφωνα με τους Czeglédi *et al.* (2019), στη λίμνη Μπάλατον στην κεντρική Ευρώπη (Ουγγαρία), τα ηλιόψαρα είχαν μεγαλύτερη προτίμηση σε βραχώδεις περιοχές και λιθορριπή προστασίας καθ΄ όλη τη διάρκεια του έτους, αλλά την άνοιξη, που ξεκινάει η αναπαραγωγική περίοδος, τα ψάρια βρίσκονταν κυρίως σε περιοχές με λασπώδες-αμμώδες υπόστρωμα. Στη λίμνη Αώου η πρόσβαση στις βραχώδεις περιοχές ήταν δύσκολη λόγο της μεθοδολογίας της δειγματοληψίας και έτσι υποτιμήθηκαν αυτά τα σημεία σε σχέση με τα υπόλοιπα. Στις περιοχές που καταγράφηκαν οι φωλιές δεν υπήρχε υδρόβια βλάστηση ή ήταν μικρό το ποσοστό της επικάλυψης, καθώς το είδος προτιμά ‘’καθαρές’’ περιοχές για τη δημιουργία των φωλιών του (Colgan & Early 1973). Η προτίμηση αυτή, πιθανώς παραβλέπετε από το είδος όταν υπάρχουν εξωτερικοί περιορισμοί στην αναπαραγωγή, όπως θηρευτές και ο ανταγωνισμός για την τροφή ή για περιοχές φωλεοποίησης κατά την κορύφωση της αναπαραγωγικής περιόδου (Colgan 1973).




**Εικ. 2. Ποσοστό φωλεοποίησης του ηλιόψαρου (L. gibbosus) σε σχέση με το υπόστρωμα.**
**Fig. 2. Nesting rate of Pumpkinseed (L. gibbosus) in relation to substrate.**

Η επιτυχής φωλεοποίηση του *L. gibbosus* είναι αποτέλεσμα βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων. Οι βιοτικοί παράγοντες αφορούν την πυκνότητα και δομή της κοινότητας των ψαριών και τον ενδοειδικό ανταγωνισμό, καθώς τα άτομα του είδους έχουν προτίμηση σε συγκεκριμένα βάθη και σε συγκεκριμένα υποστρώματα για τις φωλιές τους (Pflieger 1966; Gross & Nowell 1980). Οι αβιοτικοί παράγοντες σχετίζονται κυρίως με τις καιρικές μεταβολές όπως οι ισχυροί άνεμοι, οι καταιγίδες (Goff 1986) και στην περίπτωση της λίμνης πηγών Αώου σημαντικό ρόλο έχει η πτώση της στάθμης της λίμνης κατά τους θερινούς μήνες. Επιπροσθέτως, στη λίμνη παρατηρήθηκε αναμόχλευση της ακτής από ποδοπατήματα ζώων (αιγοπρόβατα, βοοειδή και άλογα) κατά την περίοδο φωλεοποίησης του είδους σε περιοχές που αποτελούν αναπαραγωγικά πεδία, γεγονός που πιθανότατα να οδηγεί σε αποτυχημένη αναπαραγωγή στα σημεία που παρατηρείται αυτό το φαινόμενο.

Συμπερασματικά το είδος φαίνεται ότι αναπαράγεται σε μικρή έκταση (0,33 $km^2$) σε σχέση με την δυνητική επιφάνεια φωλεοποίησης (1,96 $km^2$), η οποία μάλλον μπορεί να καλυφθεί επιχειρησιακά (χρήση ηλεκτραλιείας) για αποτροπή της αναπαραγωγικής διαδικασίας.




**Εικ. 3. Α) Πιθανή Ζώνη φωλεοποίησης του ηλιόψαρου και Β) κατανομή της πυκνότητας των φωλιών.**
**Fig. 3. A) Pumpkinseed nesting zone and B) nest density distribution.**

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου «*Εφαρμογή και αξιολόγηση διαχειριστικών μέτρων για την ιχθυοπανίδα της τεχνητής λίμνης πηγών Αώου με έμφαση στα ξενικά είδη*», της Πράξης: «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ, ΕΙΔΩΝ ΚΑΙ ΤΥΠΩΝ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΥΘΥΝΗΣ ΤΟΥ ΤΕΩΣ ΦΟΡΕΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΘΝΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΙΝΔΟΥ» η οποία έχει ενταχθεί στο Ε.Π «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2014-2020» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ταμείο Συνοχής) και από Εθνικούς Πόρους μέσω του Προγράμματος Δημοσίων Επενδύσεων ΠΔΕ 2020 του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Blackburn TM, Pyšek P, Bacher S, Carlton JT, Duncan RP, Jarošík V, ... & Richardson DM (2011) A proposed unified framework for biological invasions. Trends in ecology & evolution, 26(7): 333-339.

Breder CJ JR. (1936) The reproductive habits of the North American sun fishes (Family Centrarchidae). Zoologica, 21:1-48.

Breder CM JR. (1935a) The physical limitations of centrarchid nest construction. Anatomical Record, 64: 1-18

Colgan P (1973) Motivational analysis of fish feeding. Behaviour, 45(1-2): 38-65.

Colgan P, Ealey D (1973) Role of woody debris in nest site selection by pumpkinseed sunfish, Lepomis gibbosus. Journal of the Fisheries Board of Canada, 30(6): 853-856.

Czeglédi I, Preiszner B, Vitál Z, Kern B, Boross N, Specziár A, Takács P, Erős T (2019) Habitat use of invasive monkey goby (Neogobius fluviatilis) and pumpkinseed (Lepomis gibbosus) in Lake Balaton (Hungary): a comparison of electrofishing and fyke netting. Hydrobiologia, 846: 147–158

Fox MG & Crivelli AJ (1998) Body size and reproductive allocation in a multiple spawning cendrarchid. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 55: 737-748.

Goff GP (1985) Environmental influences on annual variation in nest success of smallmouth bass, Micropterus dolomieui, in Long Point Bay, Lake Erie. Environmental biology of fishes, 14(4): 303-307.

Gross MR & Nowell WA (1980) The reproductive biology of rock bass, Ambloplites rupestris (Centrarchidae), in Lake Opinicon, Ontario. Copeia, 482-494.

Ingram WM & Odum EP (1941) Nests and behavior of Lepomis gibbosus (Linnaeus) in Lincoln Pond, Rensselaerville, New York. American Midland Naturalist, 26: 182-193.

Koutsikos N, Zogaris S, Vardakas L, Kalantzi OI, Dimitriou E, Economou AN (2019) Tracking non-indigenous fishes in lotic ecosystems: Invasive patterns at different spatial scales in Greece. Science of the Total Environment 659: 384–400

Maitland PS & R N Campbell (1992) Freshwater fishes, p. 369

Miller H C (1963) The Behavior of the Pumpkinseed Sunfish, Lepomis Gibbosus (Linneaus), With Notes On the Behavior of Other Species of Lepomis and the Pigmy Sunfish, Elassoma Evergladei. Behaviour, 22.1-2: 88-150

Pflieger WL (1966) Reproduction of the smallmouth bass (Micropterus dolomieui) in a small Ozark stream. American Midland Naturalist, 410-418.

Riehl R & Baensch HA (1991) Aquarien Atlas. Band. 1. Melle: Mergus, Verlag für Natur-und Heimtierkunde, Germany. p.992

Shao B. (1997) Effects of golden shiner (Notemigonus crysoleucas) nest association on host pumpkinseeds (Lepomis gibbosus): evidence for a nonparasitic relationship. Behavioral Ecology and Sociobiology, 41: 399-406.

Tomecek JV, Kovac K, Stanislav K (2007) The biological flexibility of the pumpkinseed: a successful colonizer throughout Europe. Chapter 16 in Francesca Gherardi, Biological invaders in inland waters: Profiles, distribution, and threats, p. 307–336.

West P, Brown A, Hall K (2007) Review of alien fish monitoring techniques, indicators and protocols: Implications for national monitoring of Australia's inland river systems. Invasive Animals Cooperative Research Centre, Canberra.

Zogaris S (2017) Information on measures and related costs in relation to species considered for inclusion on the Union list: Lepomis spp. Technical note prepared by IUCN for the European Commission.

Γιαπής ΑΙ (2003) Οικολογική μελέτη του σπαρακιού (Lepomis gibossus (L.) στη λίμνη Κερκίνη. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, 240 σελίδες.

Κατσέλης Γ, Μουτόπουλος Δ, Ράμφος Α (2020) Προκαταρκτική εκτίμηση της κατάστασης των ιχθυοπληθυσμών και της ποιότητας των υδάτων των πηγών Αώου, με στόχο την αειφόρο διαχείριση του οικοσυστήματος και τον περιορισμό των ξενικών ειδών. Τελική εκθεση, σελ.99. Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου.

Οικονόμου ΑΝ, Κουσουρής Θ, Νταουλάς Χ, Μπαρμπιέρι-Τσελίκη Ρ, Στουμπούδη Μ, Ψαρράς Θ, Μπερταχάς Η, Ζαχαρίας Ι, Πατσιάς Α, Γιακουμή Σ, Σκουλικίδης Ν, Διαπούλης Α, Γκρίτζαλης Κ, Μπόγδανος Κ, Κυριάκου Γ, Madurel T (1998) Μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης στους ταμιευτήρες Αώου και Πουρναρίου της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού. Τελική Έκθεση, Τόμος Α: Αποτελέσματα, 160 σελ.

# Απόδοση πιλοτικής εφαρμογής της ηλεκτραλιείας, για τη διαχείριση του εισβολικού είδους *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), στην Τεχνητή Λίμνη Πηγών Αωού

**Αθηνά Ζίου[1], Αλεξάνδρα Σ. Δουληγέρη[1], Αθανάσιος Κοράκης[2], Νικόλαος Κυριαζής[2], Νικόλαος Πέτσης[2], Δημήτριος Κ. Μουτόπουλος[1], Γεώργιος Κατσέλης[1]**

[1] Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Ιερά Πόλη Μεσολογγίου 302 00 - email: athinaziou@gmail.com, adouligeri@upatras.gr, dmoutopo@upatras.gr, gkatselis@upatras.gr
[2]ΟΦΥΠΕΚΑ, Μονάδα Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου, Ασπράγγελοι Τ.Κ. 44007, Δήμου Ζαγορίου, Ιωάννινα - email: mdpp.northernpindos@necca.gov.gr

## ABSTRACT

**Athina Ziou, Alexandra S. Douligeri, Athanasios Korakis, Nikolaos Kiriazis, Nikolaos Petsis Dimitrios K. Moutopoulos, George Katselis: Performance of pilot application of electrofishing, for the management of the invasive species *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), at dam of Aoos springs.**

The Pumpkinseed, *Lepomis gibbosus* is an invasive freshwater fish species which may cause adverse effects on aquatic ecosystems and their biota. Within this study, we performed experimental samplings to assess the effectiveness of electrofishing as an active method to manage the population of *L. gibossus* in the Aoos springs reservoir. Our results indicated that a significant percentage of the target species (65.9% of the total number of species) was removed, with an average time per sampling of 1.49±1.04 hours. At the same time, the catch and mortality rates of native species in the lake were relatively low. These results are important for designing and implementing programs for eradication or reduction of *L. gibbosus* in the dam lake of Aoos.

**Keywords:** Lepomis gibbosus, pumpkinseed, electrofishing, invasive species, management

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα εσωτερικά υδάτινα οικοσυστήματα απειλούνται παγκοσμίως από την εισαγωγή ξενικών εισβολικών ειδών (Moyle & Light 1996). Τα εισβολικά είδη είναι γνωστό ότι προκαλούν δυσμενείς περιβαλλοντικές, οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις, όπως αλλαγές στους πληθυσμούς των αυτόχθονων ειδών, μεταφορά παθογόνων και σημαντικές μη αναστρέψιμες αλλαγές στο φυσικό περιβάλλον (Magliozzi *et al.* 2020). Ως αποτέλεσμα αυτών, τα εισβολικά είδη έχουν αποτελέσει αντικείμενο διεθνών συμφωνιών, πρωτοβουλιών, κανονισμών και στρατηγικών διατήρησης με στόχο, την πρόληψη της εξάπλωσης τους, τη διατήρηση της βιοποικιλότητας και την έγκαιρη εξάλειψη και διαχείριση των εγκατεστημένων πληθυσμών (Magliozzi *et al.* 2020).

Η Ελλάδα διαθέτει μια μοναδική ιχθυοπανίδα των εσωτερικών υδάτων και κατέχει έναν από τους υψηλότερους βαθμούς ενδημικότητας στην Ευρώπη (Reyjol *et al.* 2007; Barbieri *et al.* 2015). Ωστόσο, οι πληθυσμοί αυτοί βρίσκονται υπό σοβαρές πιέσεις, λόγω των περιβαλλοντικών συνθηκών και τις ανθρώπινες δραστηριότητες, οι οποίες ενισχύονται περαιτέρω με την εισαγωγή και την εξάπλωση των εισβολικών ειδών (Economidis *et al.* 2000; Hermoso *et al.* 2011; Kalogianni *et al.* 2019).

Το *Lepomis gibbosus,* Linnaeus 1758, ηλιόψαρο, αναφέρθηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα το 1885 (Holčik 1991) και ο πρώτος εγκατεστημένος πληθυσμός καταγράφηκε 100 χρόνια αργότερα (Economidis *et al.* 1981). Το είδος αυτό διαβιεί σε ενδιαιτήματα με ρηχά νερά, μικρή κίνηση του νερού και αρκετή βλάστηση και αντέχει σε θερμοκρασίες από τους 4°C έως τους 30°C (Riehl & Baensch 1991). Η αναπαραγωγική συμπεριφορά του είδους βασίζεται στη γονική φροντίδα, καθώς τα αρσενικά άτομα κατασκευάζουν μαζικά φωλιές σε ρηχά νερά, όπου προφυλάσσουν και φροντίζουν τα αβγά και τα νεοεκκολαπτόμενα ιχθύδια (Maitland & Campbell 1992).

Το *L. gibbosus* αποτελεί ένα πλήρως χωροκατακτητικό είδος (Koutsikos *et al*. 2019). Η εισαγωγή του είδους στην τεχνητή λίμνη πηγών Αώου εκτιμάται ότι έγινε αρκετά πρόσφατα, στα μέσα της προηγούμενη δεκαετίας (Κατσέλης *et al.* 2020). Ο φορέας Διαχείρισης Βόρειας Πίνδου στο πλαίσιο της διατήρησης της βιοποικιλότητάς, έθεσε ως προτεραιότητα την διαχείριση του είδους, με στόχο την εξάλειψη του ή τον μετριασμό των επιπτώσεων του στο οικοσύστημα.

Η ηλεκτραλιεία είναι μια μη θανατηφόρα τεχνική ενεργητικής δειγματοληψίας, αποτελεσματική σε καθαρά, ρηχά νερά. Μπορεί να πραγματοποιηθεί με διάφορους τρόπους, όπως με φορητές συσκευές

ή από σκάφος, κάνοντας χρήση ηλεκτρικού ρεύματος για να αναισθητοποιηθούν στιγμιαία τα ψάρια ή για να αναγκαστούν να κολυμπήσουν παρά τη θέλησή τους προς ένα πεδίο για συλλογή (Backiel & Welcomme 1980). Επίσης, σύμφωνα με τους Czeglédi *et al.* (2019), στη λίμνη Μπάλατον (Ουγγαρία), η ηλεκτραλιεία απέδωσε καλύτερα και αλιεύτηκαν περισσότερα άτομα ηλιόψαρου σε σχέση με άλλες μεθόδους σε ρηχές περιοχές.

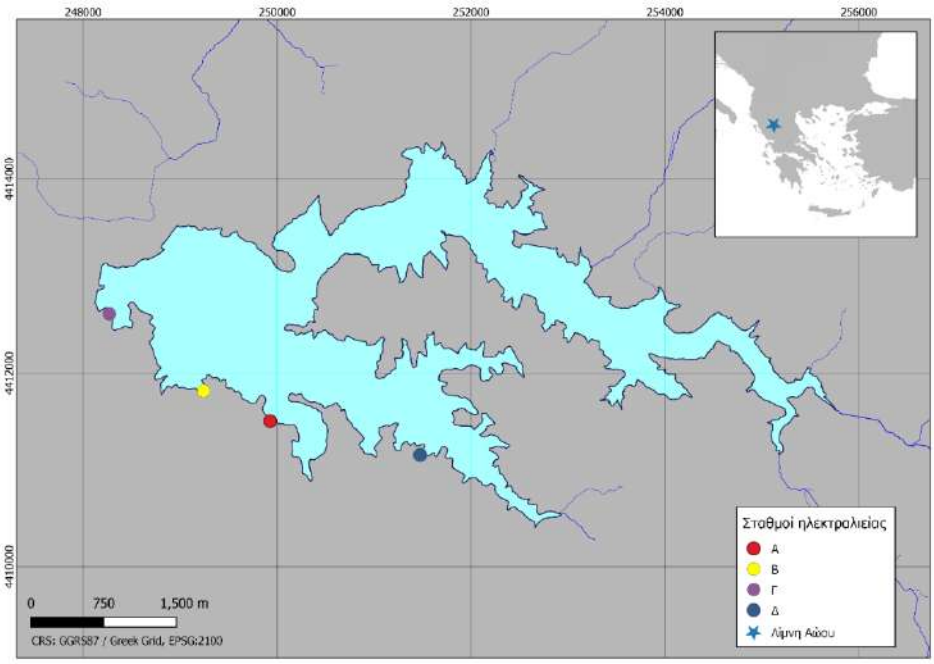
Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η αξιολόγηση της μεθόδου της ηλεκτραλιείας ως μέτρο εξάλειψης ή μείωσης του πληθυσμού του *L. gibbosus* στην τεχνητή λίμνη πηγών Αώου.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η τεχνητή λίμνη πηγών Αώου βρίσκεται στον ορεινό όγκο της βόρειας Πίνδου, κοντά στο Μέτσοβο και είναι "αλπικού τύπου". Βρίσκεται σε υψόμετρο 1343 m, έχει επιφάνεια 11,5 $km^2$ και χωρητικότητα 260 x 106 $m^3$, ενώ το μέγιστο βάθος της φτάνει τα 40 m. Αποτελεί ολιγότροφη, μονομικτική λίμνη όταν δεν υπάρχει πάγος, αλλά μετατρέπεται σε διμικτική κατά την περίοδο σχηματισμού πάγου στην επιφάνεια της (Οικονόμου *et al.* 1998). Η ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας παρουσιάζει εύρος από 4 $^oC$ έως 26 $^oC$ και η διακύμανση της στάθμης της επιφάνειας είναι περίπου 10 m ετησίως.

Η ιχθυοπανίδα της τεχνητής λίμνης αποτελείται τόσο από τα ενδημικά είδη όπως το *Salmo farioides,* Karaman 1938*, Barbus prespensis,*Karaman 1924, *Squalius* sp. *Aoos* ('unnamed and undescribed taxa' σύμφωνα με τους Economou *et al.* 2007*)* και *Alburnoides bipunctatus*, Bloch 1782, όσο και από τα εισαχθέντα σε αυτή είδη όπως το *Oncorhynchus mykiss,* Walbaum 1792, *Cyprinus carpio*, Linnaeus 1758 και *Carassius gibelio*, Bloch 1782 (Κατσέλης *et al.* 2020).

Για την αξιολόγηση της εξάλειψης ή μείωσης του πληθυσμού του *L. gibbosus* από την λίμνη Αώου, εφαρμόστηκε περιμετρικά του ταμιευτήρα, κατά τη διάρκεια της ημέρας, πειραματική ηλεκτραλιεία από την ακτή, με τη χρήση φορητής συσκευής ηλεκτραλιείας Hans-Grassel GmbH battery-powered backpack, Model IG200-2, DC (pulsed), 1,5 KW output power, 35-100 Hz, max. 850V (Schönau, Germany), ακολουθώντας τα Ευρωπαϊκά πρότυπα (CEN, 2003). Η δειγματοληψία γινόταν από τον χειριστή της συσκευής ηλεκτραλιείας, που κινούνταν μέσα στο νερό, ακολουθούμενος από ένα ή δύο άτομα που συνέλεγαν τα αναισθητοποιημένα ψάρια.




**Εικ. 1. Σταθμοί εφαρμογής ηλεκτραλιείας.**
**Fig. 1. Electrofishing stations.**

Η ηλεκτραλιεία εφαρμόστηκε σε τέσσερεις σταθμούς (Α, Β, Γ και Δ) στο νότιο τμήμα της λίμνης, σε κολπίσκους, με ρηχά αβαθή νερά και με βάση την παρουσία ή μη φωλιών σε αυτά τα σημεία (Εικ. 1). Ειδικότερα, οι σταθμοί Γ και Δ αποτελούν σημεία στα οποία έχει καταγραφεί φωλεοποίηση του είδους, ενώ στους σταθμούς Α και Β δεν καταγράφηκε φωλεοποίηση και παρουσιάζουν ομοιότητα ως προς τα

χαρακτηριστικά του υποστρώματος (τροποποιημένη ακτογραμμή με λιθορριπή). Ο εντοπισμός των φωλιών του ηλιόψαρου πραγματοποιήθηκε κατά την αναπαραγωγική περίοδο του είδους, από Μάιο έως Σεπτέμβριο του 2021 (Γιαπής 2003). Η εφαρμογή της ηλεκτραλιείας πραγματοποιήθηκε κατά το διάστημα Μάιος - Οκτώβριος 2021, διατηρώντας το δυνατόν συχνότητα ανά δεκαήμερο σε κάθε σταθμό.

Σε κάθε δειγματοληψία συλλέγονταν όλα τα άτομα ψαριών, όπου οδηγούνταν σε λεκάνη ανάνηψης και καταγράφονταν το είδος και ο αριθμός τους. Ακολούθως τα άτομα των λοιπών ειδών που ανένηψαν καταγραφόταν και επέστρεφαν στη λίμνη. Τα άτομα του *L. gibbosus* θανατώνονταν με υπερδόση ηλεκτρισμού και διατηρούνταν σε φορμόλη για περαιτέρω μελέτη τους στο εργαστήριο. Για κάθε δειγματοληψία καταγράφονταν η ώρα έναρξης και λήξης της δειγματοληψίας.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 26 δειγματοληψίες κατανεμημένες, από το Μάιο μέχρι τον Οκτώβριο του 2021. Στους σταθμούς Α και Β, έλαβαν χώρα 6 δειγματοληψίες, ενώ στους σταθμούς Γ και Δ , έγιναν 7. Τον μήνα Σεπτέμβριο σε κάθε ημερήσια αποστολή, πραγματοποιούνταν δειγματοληψίες σε δύο σταθμούς. Συνολικά συλλέχθηκαν 1150 άτομα ψαριών, η πλειονότητα των οποίων συλλέχθηκε στον σταθμό Α (625), ενώ τα λιγότερα άτομα συλλέχθηκαν στον σταθμό Β (Πίνακας Ι).

**Πίνακας Ι: Στοιχεία συνολικών δειγματοληψιών ανά σταθμό.**
**Table I: Data of total samplings per station.**

| Σταθμός | Αριθμός δειγματοληψιών | Αλιευμένα άτομα | Μέσος χρόνος προσπάθειας (h) | Τυπική απόκλιση χρόνου (h) |
|---|---|---|---|---|
| Α | 6 | 625 | 1.34 | 1.22 |
| Β | 6 | 135 | 1.09 | 0.20 |
| Γ | 7 | 206 | 2.33 | 1.14 |
| Δ | 7 | 184 | .52 | 0.42 |
| Σύνολο σταθμών | 26 | 1150 | 1.49 | 1.04 |

Συνολικά από όλες τις προσπάθειες, αλιεύτηκαν 1150 άτομα ιχθύων, εκ των οποίον 758 (65,9%) ανήκαν στο είδος *L. gibbosus* και 392 (34,1%) αποτελούσαν άλλα είδη της λίμνης.

Ο μέσος χρόνος δειγματοληψίας ανά ημέρα εκτιμήθηκε ίσος με 1.49±1.04 ώρες. Ο σταθμός Γ ήταν εκείνος με τον μεγαλύτερο μέσο χρόνο ανά δειγματοληψία (2.33±1.14 ώρες) λόγω της μη ομαλής κλίσης του πυθμένα που δυσκολεύει την σταθερή ταχύτητα κίνησης του πληρώματος της ηλεκτραλιείας, ενώ στο σταθμό Β πραγματοποιούταν κατά μέσο όρο 1.09±0.20 ώρες δειγματοληψίας (Πίνακας Ι). Στον χρόνο επιχείρησης δεν περιλαμβάνεται η προετοιμασία του εξοπλισμού και η μετακίνηση από περιοχή σε περιοχή. Εμπειρικά η προετοιμασία του εξοπλισμού δεν ξεπερνά τα 15 λεπτά ανά επιχείρηση, ενώ η μετακίνηση δεν ξεπερνά τα 30 λεπτά, καθώς σε όλους τους σταθμούς υπάρχει πρόσβαση στην ακτή με το αυτοκίνητο. Σύμφωνα με τα παραπάνω, εκτιμάται ότι μια ομάδα, αποτελούμενη από 2 άτομα, θα μπορούσε ανά ημέρα, να καλύψει από 2 έως 7 θέσεις, σε διάρκεια 8 ωρών, ενώ σε 6 ώρες εργασίας θα μπορούσαν να καλυφθούν αντίστοιχα 1 έως 5 θέσεις.

Στη θέση Α αλιευτήκαν πάνω από τα μισά άτομα ιχθύων (625 άτομα, 54,3%) των συνολικών αλιευμάτων, εκ των οποίων τα 408 ήταν ηλιόψαρα και υπήρχαν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ τους ($\chi2$-test, $p<0,05$). Τα λιγότερα άτομα ιχθύων (135 άτομα, 11,7%) αλιευτήκαν στο σταθμό Β. Στο σταθμό Γ αλιεύτηκαν μόνο άτομα των ειδών *L. gibbosus* και *A. bipunctatus*, ενώ στο σταθμό Δ εκτός από αυτά αλιεύτηκαν και 11 άτομα του είδους *C. carpio* (Πίνακας ΙΙ). Η σύνθεση σε είδη μεταξύ των σταθμών αλιείας διάφεραν στατιστικά ($\chi2$-test, $p<0,05$), ενόσω δεν καταγράφηκαν στατιστικά σημαντικές διαφορές στην σύνθεση ειδών μεταξύ των σταθμών Α και Β (μη αναπαραγωγικά πεδία) και μεταξύ των σταθμών Γ και Δ (αναπαραγωγικά πεδία) ($\chi2$-test, $p>0,05$).

Το ποσοστό ανάνηψης κυμάνθηκε από 55,2% και 64,3% για τα είδη *B. prespensis* και *C. carpio,* αντίστοιχα, ενώ για τα υπόλοιπα είδη το ποσοστό αυτό έφτασε το 80-83%. Παρόλο το σχετικά μεγάλο ποσοστό θνησιμότητας στα είδη *B. prespensis* και *C. carpio*, αυτά αντιπροσωπεύουν στο δείγμα 2.3% (27 άτομα) και 3.6% (42 άτομα) πιθανόν λόγω περιστασιακής εμφάνισης στα πεδία μελέτης, και συνεπώς η επίδραση της ηλεκτραλιείας στην άμεση θνησιμότητα σε αυτούς τους πληθυσμούς θα πρέπει να θεωρηθεί ελάχιστη.

**Πίνακας ΙΙ: Αριθμός ατόμων ψαριών ανά είδος και σταθμό που συλλέχθηκαν με ηλεκτραλιεία.**
**Table II: Number of individuals per species and station collected with electrofishing.**

| Είδος | Α | Β | Γ | Δ | Σύνολο |
|---|---|---|---|---|---|
| *A.bipuntactus* | 112 | 12 | 73 | 30 | 227 |
| *B. prespensis* | 13 | 14 | 0 | 0 | 27 |
| *C.carpio* | 19 | 12 | 0 | 11 | 42 |
| *C.gibellio* | 13 | 11 | 0 | 0 | 24 |
| *L. gibbosus* | 408 | 74 | 133 | 143 | 758 |
| *S. sp. Aoos* | 60 | 12 | 0 | 0 | 72 |
| Σύνολο | 625 | 135 | 206 | 184 | 1150 |

Συμπερασματικά, φαίνεται ότι η χρήση της ηλεκτραλιείας, κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, δηλαδή εστιάζοντας στα αναπαραγωγικά πεδία, ή στους τόπους συγκέντρωσης του είδους, είναι αποδοτική για το είδος *L. gibbosus.* Έτσι το εργαλείο αυτό καθιστάτε επαρκές, για τη διαχείριση του πληθυσμού του ηλιόψαρου στη λίμνη πηγών Αώου. Από την άλλη η χρήση της ηλεκτραλιείας με κατάλληλη διαχείριση, επιφέρει σχετικά μικρή -τουλάχιστον άμεση- θνησιμότητα στα άλλα είδη της λίμνης. Τέλος, ο χρόνος που απαιτείται ανά σταθμό επιτρέπει την κάλυψη, όλων των πιθανών σημείων συγκέντρωσης του είδους σε λιγότερο του ενός μήνα εργασιών πεδίου. Τα παραπάνω αφορούν σημαντικά στοιχεία για τον σχεδιασμό και οργάνωση προγραμμάτων για την εξάλειψη ή μείωση του πληθυσμού του είδους στην τεχνητή λίμνη του Αώου.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**
Οργανισμός Φυσικού Περιβάλλοντος & Κλιματικής Αλλαγής (ΟΦΥΠΕΚΑ), Μονάδα Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου.
Η εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου *«Εφαρμογή και αξιολόγηση διαχειριστικών μέτρων για την ιχθυοπανίδα της τεχνητής λίμνης πηγών Αώου με έμφαση στα ξενικά είδη»*, της Πράξης: «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ, ΕΙΔΩΝ ΚΑΙ ΤΥΠΩΝ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΥΘΥΝΗΣ ΤΟΥ ΤΕΩΣ ΦΟΡΕΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΘΝΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΙΝΔΟΥ» η οποία έχει ενταχθεί στο Ε.Π «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2014-2020» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ταμείο Συνοχής) και από Εθνικούς Πόρους μέσω του Προγράμματος Δημοσίων Επενδύσεων ΠΔΕ 2020 του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Backiel T, Welcomme RL (1980) Guidelines for sampling fish in inland waters.

Barbieri R, Zogaris S, Kalogianni E, Stoumboudi MTh, Chatzinikolaou Y, Giakoumi S, Kapakos Y, Kommatas D, Koutsikos N, Tachos V, Vardakas L, Economou AN (2015) Freshwater Fishes and Lampreys of Greece: An annotated checklist. Monographs on Marine Sciences No. 8. Hellenic Centre for Marine Research: Athens, Greece, 128 pp

CEN (European Committee for Standardization) (2003) Water quality: sampling of fish with electricity. Brussels, 18p

Czeglédi I, Preiszner B, Vitál Z, Kern B, Boross N, Specziár A, Takács P, Erős T (2019) Habitat use of invasive monkey goby (Neogobius fluviatilis) and pumpkinseed (Lepomis gibbosus) in Lake Balaton (Hungary): a comparison of electrofishing and fyke netting. Hydrobiologia, 846: 147–158

Economidis PS, Dimitriou E, Pagoni R, Michaloudi E, Natsis L (2000) Introduced and translocated fish species in the inland waters of Greece. Fisheries Management and Ecology, 7 (3), 239-250

Economidis PS, Kattoulas ME, Stephanidis A (1981) Fish fauna of the Aliakmon River and the adjacent waters (Macedonia, Greece). Cybium, 5, 89–95.

Economou AN, Giakoumi S, Vardakas L, Barbieri R, Stoumboudi MT, Zogaris S (2007) The freshwater ichthyofauna of Greece – Anupdate based on a hydrographic basin survey. Mediterranean Marine Science, 8, 91–166.

Hermoso V, Clavero M, Blanco-Garrido F, Prenda J (2011) Invasive species and habitat degradation in Iberian streams: an analysis of their role in freshwater fish diversity loss. Ecological Applications, 21 (1), 175-188

Holčik J (1991) Fish introductions in Europe with particular reference to its Central and Eastern part. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 48(Suppl. 1), 13–23

Kalogianni E, Koutsikos N, Vardakas L, Giakoumi S, Chatzinikolaou Y, Oikonomou A (2019) Impacts of the alien mosquitofish on the abundance and condition of two Mediterranean native fish. Mediterranean Marine Science, 20 (4), 727

Koutsikos N, Zogaris S, Vardakas L, Kalantzi OI, Dimitriou E, Economou AN (2019) Tracking non-indigenous fishes in lotic ecosystems: Invasive patterns at different spatial scales in Greece. Science of the Total Environment 659: 384–400

Magliozzi C, Tsiamis K, Vigiak O, Deriu I, Gervasini E, Cardoso AC (2020) Assessing invasive alien species in European catchments: Distribution and impacts. Science of the Total Environment, 732, 138677

Maitland PS, Campbell RN (1992) Freshwater fishes, p. 369

Moyle PB, Light T (1996) Biological invasions of fresh water: empirical rules and assembly theory. Biological conservation, 78(1-2), 149-161

Reyjol Y, Hugueny B, Pont D, Bianco PG, Beier U, Caiola N, Casals F, Cowx I, Economou A, Ferreira T, Haidvogl G, Noble R, De Sostoa A, Vigneron T, Virbickas T (2007) Patterns in species richness and endemism of European freshwater fish. Global Ecology and Biogeography, 16: 65-75

Riehl R, Baensch HA (1991) Aquarien Atlas. Band. 1. Melle: Mergus, Verlag für Naturund Heimtierkunde, Germany. p.992

Γιάπης ΑΙ (2003) Οικολογική μελέτη του σπαρακιού (Lepomis gibossus (L.) στη λίμνη Κερκίνη. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, 240 σελ

Κατσέλης Γ, Μουτόπουλος Δ, Ράμφος Α (2020) Προκαταρκτική εκτίμηση της κατάστασης των ιχθυοπληθυσμών και της ποιότητας των υδάτων των πηγών Αώου, με στόχο την αειφόρο διαχείριση του οικοσυστήματος και τον περιορισμό των ξενικών ειδών. Τελική Έκθεση. Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου. σελ.99

Οικονόμου ΑΝ, Κουσουρής Θ, Νταουλάς Χ, Μπαρμπιέρι-Τσελίκη Ρ, Στουμπούδη Μ, Ψαρράς Θ, Μπερταχάς Η, Ζαχαρίας Ι, Πατσιάς Α, Γιακουμή Σ, Σκουλικίδης Ν, Διαπούλης Α, Γκρίτζαλης Κ, Μπόγδανος Κ, Κυριάκου Γ, Madurel T (1998) Μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης στους ταμιευτήρες Αώου και Πουρναρίου της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού. Τελική Έκθεση, Τόμος Α: Αποτελέσματα, 160 σελ.

# Εκτίμηση παραμέτρων αύξησης και θνησιμότητας του μη ενδημικού είδους *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758), στην τεχνητή λίμνη πηγών Αώου

**Αλεξάνδρα Σ. Δουληγέρη[1], Αθηνά Ζίου[1], Αθανάσιος Κοράκης[2], Νικόλαος Κυριαζής[2], Νικόλαος Πέτσης[2], Δημήτριος Κ. Μουτόπουλος[1], Γεώργιος Κατσέλης[1]**

[1]Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Νέα Κτίρια, Μεσολόγγι, 30200, Ελλάδα
adouligeri@upatras.gr, athinaziou@gmail.com, dmoutopo@upatras.gr, gkatselis@upatras.gr
[2]ΟΦΥΠΕΚΑ, Μονάδα Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου, Ασπράγγελοι Τ.Κ. 44007, Δήμου Ζαγορίου, Ιωάννινα, e-mail: mdpp.northernpindos@necca.gov.gr

## ABSTRACT

**Alexandra S. Douligeri, Athina Ziou, Athanasios Korakis, Nikolaos Kiriazis, Nikolaos Petsis, Dimitrios K. Moutopoulos, George Katselis: Growth and mortality estimates of the non-native *Lepomis gibbosus* (Linnaeus, 1758) in a recently constructed dam (Aoos springs)**

Pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*) is a species indigenous to America's inland waters that was introduced to Europe in 1877 and in Greece in 1970. Today it has been recorded in 32 inland waters systems throughout Greece, although its biology has only been studied in Kerkini lake. The present study aims to estimate growth and mortality parameters of the population of the species in Aoos springs lake based on 389 individuals caught by electrofishing in summer (July-August) and autumn (September-October) of 2021. Asymptotic length ($L\infty$) and growth rate (K) were estimate 108mm and 0.40 years$^{-1}$, respectively, while $t_0$ value was estimated -0.53 years and $t_{max}$ estimated 7 years. Total mortality was estimated 1.05 ±0.087 y$^{-1}$ and natural mortality 0.88 y$^{-1}$ indicating the absence of fishing pressure on the species. Some growth parameters (as $L\infty$, $t_{max}$) support that the dam lake of Aoos maybe is a habitat on the species' survival limits.

**Keywords:** Pumpkinseed, life-history traits, Length-frequency, invasive species, Aoos springs, inland waters

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το είδος *Lepomis gibbosus*, Ηλιόψαρο, αποτελεί αυτόχθονο είδος στην Βορειοανατολική Αμερική (Scott & Grossman 1973) και εισήχθη στα εσωτερικά ύδατα της Ευρώπης μέσω απελευθερώσεων του από ενυδρεία, καθώς αποτελεί διακοσμητικό είδος (Przybylski & Zięba 2011). Η πρώτη καταγραφή του είδους στην Ευρώπη, έγινε στην Γαλλία το 1877 (Arnold 1990) και μέσω δικτύων των καναλιών και των ποταμών, το είδος καταγράφηκε για πρώτη φορά στην Ελλάδα, στον ποταμό Αξιό στα μέσα του 1970 (Γιαπής 2003), ενώ η εισαγωγή του είδους στην τεχνητή λίμνη πηγών Αώου εκτιμάται ότι έγινε στα μέσα της προηγούμενη δεκαετίας (Κατσέλης *et al.* 2020). Σήμερα το ηλιόψαρο έχει καταγραφεί σε 32 συστήματα εσωτερικών υδάτων σε όλη την Ελλάδα (Vardakas *et al.* 2021).

Το ηλιόψαρο μπορεί να φτάσει σε ηλικία έως και 12 ετών (Hubbell 1966), όμως στην Ευρώπη δεν έχει βρεθεί άτομο που να ξεπερνά τα 8 έτη (Crivelli & Mesrte 1988). Διαβιεί σε λίμνες με βλάστηση, σε μικρούς λιμναίους κολπίσκους και μικρά ποτάμια (Page & Burr 2011). Τρέφεται με μικρά ψάρια, σπονδυλωτά (Scott & Crossman 1973) και αυγά ψαριών (Berg 1965). Τα ενήλικά άτομα σπάνια σχηματίζουν κοπάδια, σε αντίθεση με τα μικρά άτομα τα οποία συναντώνται σε μεγάλα κοπάδια (Jordan et al. 2009).

Η εισαγωγή του είδους στην τεχνητή λίμνη πηγών Αώου εκτιμάται ότι έγινε αρκετά πρόσφατα, στα μέσα της προηγούμενη δεκαετίας (Κατσέλης *et al.* 2020). Ο Φορέας Διαχείρισης Βόρειας Πίνδου στο πλαίσιο της διατήρησης της βιοποικιλότητάς, έθεσε ως προτεραιότητα την διαχείριση του είδους ως εισβολικό, με στόχο την εκρίζωσή του ή τον μετριασμό των επιπτώσεων από την είσοδο του στο οικοσύστημα.

Στην παρούσα εργασία εκτιμήθηκαν για πρώτη φορά οι παράμετροι αύξησης ($L\infty$, K, $t_0$, tmax), καθώς και η ολική (Z) και φυσική (M) θνησιμότητα του *L. gibbosus*, στην τεχνητή λίμνη πηγών Αώου, στοιχεία τα οποία είναι βασικά για την διαχείριση του είδους ως εισβολικό.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Ο "αλπικού τύπου" ταμιευτήρας Αώου, βρίσκεται στα 1343 m υψόμετρο, έχει επιφάνεια 11,5 km$^2$ και χωρητικότητα 260 x 10$^6$ m$^3$, στον ορεινό όγκο της βόρειας Πίνδου, κοντά στο Μέτσοβο. Είναι

μονομικτική κατά τις περιόδους που δεν υπάρχει σχηματισμός πάγου και μετατρέπεται σε διμικτική όταν σχηματίζεται πάγος. Έχει μέγιστο βάθος τα 40 m, είναι ολιγότροφη με ετήσια διακύμανση της θερμοκρασίας από 4 °C έως 26 °C και διακύμανση της στάθμης της επιφάνειας περίπου 10 m, με μέγιστο τους ανοιξιάτικους μήνες και ελάχιστο τον Νοέμβριο-Δεκέμβριο (Οικονόμου *et al.* 1998). Η λίμνη υποστηρίζει αλιεία αναψυχής και η ιχθυοπανίδα της αποτελείται από τα ενδημικά είδη *Salmo farioides, Barbus prespensis, Squalius sp. Aoos* και τα εισαγόμενα σε αυτή *Cyprinus carpio, Oncorhynchus mykiss και Carassius gibelio*, εκ των οποίον τα δύο τελευταία αποτελούν ξενικά είδη (Κατσέλης *et al.* 2020).

Δείγματα του είδους *L. gibbosus* συλλέχθηκαν με χρήση πειραματικής φορητής συσκευής ηλεκτραλιείας Hans-Grassel GmbH battery-powered backpack, Model IG200-2, DC (pulsed), 1,5 KW output power, 35-100 Hz, max. 850V (Schönau, Germany, σε διάστημα 4 μηνών (Ιούλιος 2021 – Οκτώβρης 2021), σε βάθος έως 1,5 m. Η δειγματοληψία πραγματοποιήθηκε σε εβδομαδιαία συχνότητα. Τα άτομα που συλλέγονταν διατηρούνταν σε φορμόλη και μεταφέρονταν στο εργαστήριο Εφαρμοσμένης Οικολογίας και Υδάτινων Οικοσυστημάτων, όπου και μετρούνταν το ολικό μήκος και το βάρος τους.

Τα δεδομένα μήκους που ελήφθησαν χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό του ρυθμού αύξησης (K) και του ασυμπωτικού μήκους (L∞), με τη χρήση της μεθόδου ELEFAN I (Pauly 1984) του προγράμματος FISAT II (Gayanilo *et al.* 1996). Ο δείκτης προσαρμογής Rn, χρησιμοποιήθηκε για να βρεθεί η βέλτιστη καμπύλη, σε ένα σύνολο δεδομένων μήκους-συχνότητας (Pauly 1984). Το $t_0$, υπολογίστηκε με τη χρήση της εξίσωσης του Pauly (1979):

$$\mathrm{Log}(-t_0) = -0{,}3922 - 0{,}.2752 * \mathrm{Log}L\infty - 1{,}038 * \mathrm{Log}K.$$

Ο δείκτης απόδοσης ανάπτυξης υπολογίστηκε με τη εξίσωση (Pauly & Munro 1984):

$$\phi' = \mathrm{Log}K + 2 * \mathrm{Log}L\infty.$$

Στη συνέχεια οι τιμές των L∞ και K, χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό της ολικής θνησιμότητας Z (Pauly 1983), από την καμπύλη θνησιμότητας.

Η φυσική θνησιμότητα υπολογίστηκε με τη χρήση των παραμέτρων L∞ και K, σύμφωνα με την εμπειρική εξίσωση του Pauly (1984):

$$\mathrm{Log}(M) = -0{,}0066 – 0{,}2790 * \mathrm{Log}(L\infty) + 0{,}6543 * \mathrm{Log}(K) + 0{,}4634 * \mathrm{Log}(T),$$

όπου T, η μέση ετήσια θερμοκρασία της λίμνης η οποία στην παρούσα εργασία ήταν T= 12ºC (Οικονόμου *et al.* 1998).

Η σύγκριση του μέσου ολικού μήκους με τις εποχές (Άνοιξη-Καλοκαίρι) έγινε με το Student t-test ($P<0.05$), ενώ η σύγκριση των αντίστοιχων κατανομών μεταξύ των δυο διαφορετικών εποχών έγινε με την ανάλυση Kolmogorov-Smirnov (K-S test) (Zar 2010).

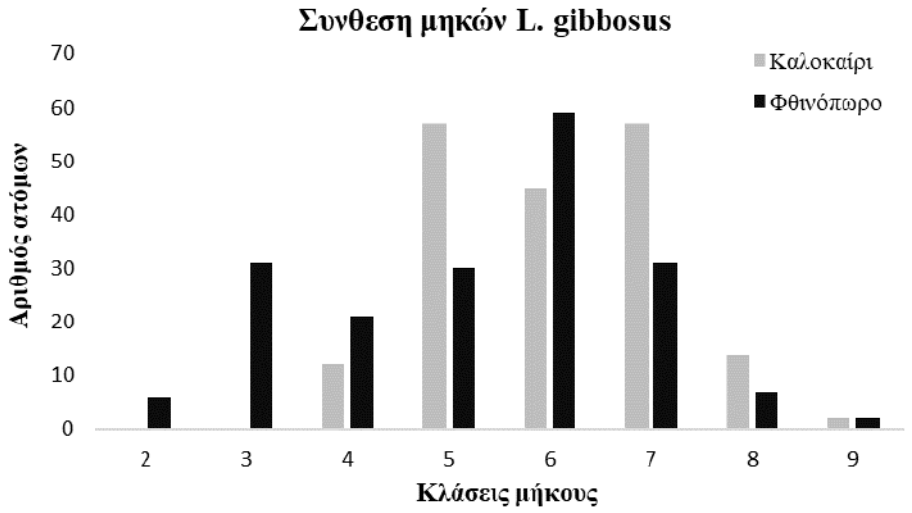
Για την εκτίμηση της μέγιστης ηλικίας (tmax), του είδους στη λίμνη, χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση του von Bertalanffy (von Bertalanffy 1938):

$$L_{max} = L\infty(1 – e^{(-K(t_{max} - t_0)}), \text{ όπου } L_{max}=0.95L\infty$$

Η ολική θνησιμότητα (Z) υπολογίστηκε από την μετασχηματισμένη καμπύλη σε συχνότητα εμφάνισης ηλικίας των μηκών σύλληψης (length-converted catch curve) με το λογισμικό FISAT II (Gayanilo *et al.* 1996).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

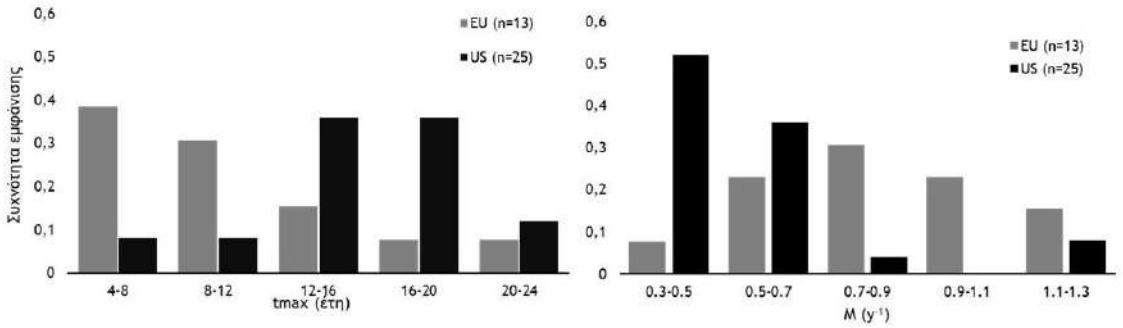
Το ολικό μήκος και το βάρος μετρήθηκε σε συνολικά 374 άτομα, εκ τω οποίων 187 προέρχονταν από την καλοκαιρινή (Ιούλιος – Αύγουστος) και 187 από τη φθινοπωρινή (Σεπτέμβρης – Οκτώβρης) δειγματοληψία. Το εύρος μηκών κυμάνθηκε από 24 mm έως 95 mm (Εικ. 1). Η σύγκριση των μέσων μηκών για τις δυο εποχές έδειξε ότι το καλοκαίρι εκτιμήθηκε σημαντικά (t-test, $P<0{,}01$) μεγαλύτερο μέσο μήκος από ότι το φθινόπωρο (64,4 και 56,8 mm, αντίστοιχα). Το μήκος του ηλιόψαρου είναι πολύ μικρότερο στην υπό μελέτη λίμνη, σε σχέση με άλλες λίμνες της υπόλοιπης Ελλάδας, όπου έχει καταγραφεί το είδος (μέγιστο μήκος 150 – 200 mm) (Γιαπής 2003), ενώ είναι επίσης μικρότερο από τις περιοχές που το είδος είναι αυτόχθονο, στις οποίες συναντάται με μέγιστο μήκος τα 400mm (Βόρεια Αμερική: Page & Burr 2011). Εποχιακά οι κατά μήκος συνθέσεις διέφεραν σημαντικά μεταξύ τους (K-S=2,59, $P<0{,}001$) υποδηλώνοντας μια μετατόπιση των μηκών προς τα μεγαλύτερα άτομα κατά την περίοδο του καλοκαιριού (>70mm) (Εικ. 1), καθώς τα γεννητικά ώριμα άτομα του είδους πλησιάζουν στην ακτή προκειμένου να δημιουργήσουν φωλιές και να αναπαραχθούν κατά τους καλοκαιρινούς μήνες (Γιαπής 2003).




**Εικ. 1: Σύνθεση μηκών (TL) του είδους L. *gibbosus*, στην τεχνητή λίμνη πηγών Αώου, ανά εποχή.**
**Fig. 1: Length composition (TL), of the species *L. gibbosus*, in Aoos springs.**

Το ασυμπτωτικό μήκος L∞ εκτιμήθηκε ίσο με 108mm και η τιμή του K ίση με 0,40 έτη$^{-1}$. Ο δείκτης Rn για τις συγκεκριμένες τιμές ήταν ίσος με 0,558. Η τιμή του $t_0$, εκτιμήθηκε -0,53 έτη. Οι τιμές αυτές συμφωνούν με τις αντίστοιχες τιμές που έχουν υπολογιστεί σε άλλα συστήματα εσωτερικών υδάτων στην Ευρώπη, αλλά και στην Ελλάδα. Ειδικότερα, το L∞, έχει εκτιμηθεί από 81,3mm στον ταμιευτήρα Tapada Pequena (Πορτογαλία), έως 162,7mm στον ποταμό Odra (Πολωνία), με μέση εκτιμώμενη τιμή για τα ευρωπαϊκά εσωτερικά ύδατα ίση με 110,5mm (Copp *et al.* 2004). Στη μοναδική εργασία εκτίμησης παραμέτρων αύξησης του *L. gibbosus* στα ελληνικά εσωτερικά ύδατα, στη λίμνη Κερκίνη, το L∞ εκτιμήθηκε ίσο με 163,5mm (Γιαπής 2003), τιμή μεγαλύτερη από την παρούσα εργασία. Οι τιμές του K για την Ευρώπη, έχουν εύρος από 0,13 έτη$^{-1}$ στη λίμνη Κερκίνη (Ελλάδα), έως 0,57 έτη$^{-1}$ στη λίμνη Banyoles (Ισπανία), με μέση τιμή 0,40 έτη$^{-1}$ (Copp *et al.* 2004). Επιπλέον, το $t_0$ στην Ευρώπη έχει υπολογιστεί από -2,729 έτη στην Κερκίνη έως 0,367 έτη στη λίμνη Banyoles. Σε περιοχές της Β. Αμερικής το L∞ έχει εύρος από 123,3 mm (λίμνη Welsh, New Brunwick, Καναδάς) έως 280,5 mm (σε μη προσδιορισμένη λίμνη, Β. Καρολίνα, Αμερική), το K έχει τιμές <0,27 έτη$^{-1}$, με εξαίρεση τη λίμνη Welsh που εκτιμήθηκε 0,56 έτη$^{-1}$, ενώ το $t_0$ στην περίπτωση των περιοχών ενδημίας του είδους παρουσιάζεται στην πλειονότητα των περιπτώσεων μεγαλύτερο από 0,014 έτη (Copp et al. 2004). Ο δείκτης απόδοσης ανάπτυξης φ΄, υπολογίστηκε σε 3,67, τιμή παραπλήσια με τις αντίστοιχες τιμές άλλων περιοχών στην Ευρώπη (Copp *et al.* 2004). Καθώς η τιμή του L∞ παρουσιάζεται μεγαλύτερη στις περιοχές ενδημίας του, σε σχέση με τις περιοχές που είναι εισβολικό, η τιμή του K παρουσιάζεται αντίστοιχα μικρότερη στην πρώτη περίπτωση σε σχέση με τη δεύτερη. Η τιμή του φ' επιβεβαιώνει αυτό το γεγονός παρουσιάζοντας μεγαλύτερες τιμές στην Β. Αμερική και μικρότερες στην Ευρώπη. Συγκεκριμένα η μέση τιμή του δείκτη φ' για τα εσωτερικά Ευρωπαϊκά ύδατα εκτιμήθηκε σύμφωνα με τα δεδομένα που παρατίθενται στην εργασία των Copp *et al.* (2004), ίση με 3,62 ± 0,22 έτη, ενώ για τα εσωτερικά ύδατα της Βόρειας Αμερικής ίση με 3,83 ± 0,17 (t-test;p<0.05).

Το tmax και η φυσική θνησιμότητα (M) εκτιμήθηκαν ίσο με 7 έτη και 0.88 ανά έτος αντίστοιχα, για το είδος στην λίμνη πηγών Αώου. Η τιμή της μέγιστης ηλικίας ανήκει στις μικρότερες εκτιμώμενες τιμές στην Ευρώπη και έχει μεγάλη διαφορά με την αντίστοιχη μέγιστη ηλικία που εκτιμήθηκε για την Κερκίνη, στην οποία βρέθηκε ίση με 20 έτη. Επιπλέον στις χώρες ενδημίας του, η αντίστοιχη μέση τιμή του tmax εκτιμήθηκε ίση με 15 έτη. Ειδικότερα, στην Ευρώπη οι τιμές του tmax εκτιμήθηκαν από 4 έως 10 έτη με μικρές εξαιρέσεις περιοχών όπου η μέγιστη ηλικία βρέθηκε πάνω από 10 έτη, ενώ στην Β. Αμερική το εύρος μετατοπίζεται από 10 έως 25 έτη, με εξαίρεση έρευνες που είχαν πραγματοποιηθεί στο Delaware της Αμερικής και στη λίμνη Welsh στο New Brunwich (Καναδάς), όπου οι τιμές tmax εκτιμήθηκαν ίσες με 5 και 6 έτη αντίστοιχα. Αντίστροφη εικόνα φαίνεται για την φυσική θνησιμότητα υπολογισμένη για τις παραπάνω τιμές VB και για θερμοκρασία 15 ˚C (t-test;p<0.05) (Εικ. 2).




**Εικ.2: Συχνότητα εμφάνισης εκτιμώμενης μέγιστης ηλικίας σε έτη (αριστερα) και φυσικής θνησιμότητας (δεξιά), σε εσωτερικά υδάτινα συστήματα της Ευρώπης και της Αμερικής.**
**Fig. 2: left: Frequency of occurrence of estimated maximum age (tmax in years) and Right: natural mortality (M in year$^{-1}$), in inland water systems of Europe and North America.**

Η τιμή της ολικής θνησιμότητας Z εκτιμήθηκε ίση με 1.05 ±0.087 $y^{-1}$ ($r^2$=0.98, n=7) με διάστημα εμπιστοσύνης 95% μεταξύ του 0.83-1.27 $y^{-1}$. Το γεγονός ότι η φυσική θνησιμότητα του είδους στην περιοχή (M=0.88 $y^{-1}$) είναι εντός των ορίων εμπιστοσύνης 95% της εκτίμησης του Z είναι αναμενόμενο δεδομένου ότι το είδος δεν αλιεύεται στην περιοχή μελέτης. Επομένως, η αλιευτική θνησιμότητα του ηλιόψαρου θεωρείται ίση με το μηδέν και επομένως η τιμή της φυσικής θνησιμότητας M, αναμένεται να είναι σχεδόν ίση με την ολική θνησιμότητα.

Συνοψίζοντας φαίνεται ότι το ηλιόψαρο στην περιοχή μελέτης παρουσιάζει συντελεστές ανάπτυξης και δυναμικής πληθυσμού μέσα στα όρια της διακύμανσης των αντίστοιχων συντελεστών των πληθυσμών σε άλλες περιοχές όπου έχει εισαχθεί, οι οποίοι σαφώς διαφοροποιούνται από αυτούς των αντίστοιχων πληθυσμών του είδους στις περιοχές που είναι γηγενές. Επιπλέον στην περιοχή μελέτης μερικές από τις παραμέτρους (πχ L∞, tmax) εντάσσονται στις μικρότερες παρατηρούμενες, υποδηλώνοντας ότι μάλλον το οικοσύστημα της λίμνης πηγών Αώου, προσφέρει περιβαλλοντικές συνθήκες κοντά στα όρια διαβίωσης του είδους.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οργανισμός Φυσικού Περιβάλλοντος & Κλιματικής Αλλαγής (ΟΦΥΠΕΚΑ), Μονάδα Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου.
Η εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου «Εφαρμογή και αξιολόγηση διαχειριστικών μέτρων για την ιχθυοπανίδα της τεχνητής λίμνης πηγών Αώου με έμφαση στα ξενικά είδη», της Πράξης: «ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΤΙΚΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΟΜΕΝΩΝ ΠΕΡΙΟΧΩΝ, ΕΙΔΩΝ ΚΑΙ ΤΥΠΩΝ ΟΙΚΟΤΟΠΩΝ ΣΤΗΝ ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΥΘΥΝΗΣ ΤΟΥ ΤΕΩΣ ΦΟΡΕΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ ΕΘΝΙΚΟΥ ΠΑΡΚΟΥ ΒΟΡΕΙΑΣ ΠΙΝΔΟΥ» η οποία έχει ενταχθεί στο Ε.Π «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον και Αειφόρος Ανάπτυξη 2014-2020» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ταμείο Συνοχής) και από Εθνικούς Πόρους μέσω του Προγράμματος Δημοσίων Επενδύσεων ΠΔΕ 2020 του Υπουργείου Περιβάλλοντος και Ενέργειας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Arnold A (1990) Eingebürgerte Fischarten. Die Neue Brehm-Bücherei Band 602: 144 pp

Berg LS (1965) Freshwater fishes of the U.S.S.R. and adjacent countries. volume 3, 4th edition. Israel Program for Scientific Translations Ltd, Jerusalem. (Russian version published 1949)

Copp GH, Fox MG, Przybylski M, Godinho FN, Vila i Gispert A (2004) Life-time growth patterns of pumpkinseed *Lepomis gibbosus* introduced to Europe, relative to North American populations. © Folia Zoologica: International Journal of Vertebrate Zoology, 2004, vol. 53, núm. 3, p. 237-254

Crivelli AJ, Mestre D (1988) Life history traits of pumpkinseed, *Lepomis gibbosus*, introduced into the Camargue, a Mediterranean wetland. Arch. Hydrobiolol. 111 (3): 449-466

Gaynilo, FC, Parre PS, Pauly D (1996) The FAO ICLARM stock assessment tools (FISAT). User's guide. FAO Computerized Information Series Fisheries, Rome, p. 126

Γιαπής ΑΙ (2003) Οικολογική μελέτη του σπαρακιού (*Lepomis gibossus* (L.)) στη λίμνη Κερκίνη. Διδακτορική διατριβή, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος, 240 σελ

Hubbell PM (1966) Pumpkinseed sunfish, in Inland Fisheries Management, Calhoun. Calif. Dept. Fish. Game 402-404, 405-407

Jordan C, Backe N, Wright MC, Tovey CP (2009) Biological synopsis of pumpkinseed (*Lepomis gibbosus*). Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2886: iv + 16 p

Κατσέλης Γ, Μουτόπουλος Δ & Ράμφος Α (2020) Προκαταρκτική εκτίμηση της κατάστασης των ιχθυοπληθυσμών και της ποιότητας των υδάτων των πηγών Αώου, με στόχο την αειφόρο διαχείριση του οικοσυστήματος και τον περιορισμό των ξενικών ειδών. Φορέας Διαχείρισης Εθνικού Πάρκου Βόρειας Πίνδου. Τελική έκθεση, σελ.99

Οικονόμου ΑΝ, Κουσουρής Θ, Νταουλάς Χ, Μπαρμπιέρι-Τσελίκη Ρ, Στουμπούδη Μ, Ψαρράς Θ, Μπερταχάς Η, Ζαχαρίας Ι, Πατσιάς Α, Γιακουμή Σ, Σκουλικίδης Ν, Διαπούλης Α, Γκρίτζαλης Κ, Μπόγδανος Κ, Κυριάκου Γ, Madurel T (1998) Μελέτη της υφιστάμενης κατάστασης στους ταμιευτήρες Αώου και Πουρναρίου της Δημόσιας Επιχείρησης Ηλεκτρισμού. Τελική Έκθεση, Τόμος Α: Αποτελέσματα, 160 σελ

Page LM, Burr BM (2011) A field guide to freshwater fishes of North America north of Mexico. Boston: Houghton Mifflin Harcourt, 663 p

Pauly D (1979). Gill size and temperature as governing factors in fish growth: a generalization of von Bertalanffy's growth formula. Ber. Inst. f. Meereskunde Univ. Kiel. No 63, xv + 156 pp

Pauly D (1983) Some simple methods for the assessment of tropical fish stocks. FAO Fisheries Technical Paper, Rome, No. 234, viii + 52 pp

Pauly D (1984) Fish population dynamics in tropical waters: a manual for use with programmable calculators. ICLARM Studies Review, 8: 1-325

Pauly D, Munro JL (1984) Once more on the comparisons of growth in fish and invertebrates. ICLARM Fishbyte, 2(1): p. 21

Przybylski M, Zięba G (2011) NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Lepomis gibbosus*. – From: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species

Scott WB, Grossman EJ (1973) Freshwater Fishes of Canada. Fish. Res. Bd. Canada Bull., 184: 1-966

Scott WB, Crossman EJ (1973) Freshwater fishes of Canada. Bull. Fish. Res. Board Can. 184: xi+1-966

Vardakas L, Koutsikos N, Perdikaris C, Petriki O, Bobori D, Zogaris S, Giakoumi S, Fitoka E, Tompoulidou M, Tsiaoussi V, Kommatas D, Konstantinidis E, Economou AN (2021) The fish fauna in lentic ecosystems of Greece. Mediterranean Marine Science, 23(1), 223–265

von Bertalanffy L (1938) A quantitative theory of the organic growth (inquires on growth laws. II). Human Biology 10:181–213

Zar JH (2010) Biostatistical Analysis. 5th Edition, Prentice-Hall/Pearson, Upper Saddle River, xiii, 944 p.

# Ζώνη παραγωγής δίθυρων μαλάκιων της λιμνοθάλασσας «Πάπας»

**Κωνσταντίνος Μήλιος[1], Γεώργιος Κατσέλης[2], Γεώργιος Τσαγκαράκης[3], Ευθύμιος Σπίνος[4], Κωνσταντίνα Χωρέμη[1]**

[1] Διεύθυνση Κτηνιατρικής Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας, Παπαδιαμάντη 14 & Αρέθα, 264 43 Πάτρα, k.millios@pde.gov.gr
[2] Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών του Παν/μιου Πατρών, Νέα Κτίρια, 302 00 Μεσολόγγι, gkatselis@upatras.gr
[3] ADENS Α.Ε. Σύμβουλοι Μηχανικοί, Βασιλίσσης Σοφίας 98Α, 115 28 Αθήνα, g.tsagkarakis@adens.gr
[4] Τμήμα Αλιείας, Διεύθυνση Αγροτικής Οικονομίας Περιφέρειας Δυτικής Ελλάδας, Παπαδιαμάντη 14 & Αρέθα, 264 43 Πάτρα, e.spinos@ yahoo.gr

## ABSTRACT

**Konstantinos Milios, Georgios Katselis, Georgios Tsagkarakis, Efthimios Spinos, Konstantina Choremi: Production zone of bivalve molluscs in lagoon "Papas".** Samples of live Palourde clams *Ruditapes decussatus* were collected, from two points of the lagoon "Papas", as much representative for the health status of the production area, on the basis of probable sewage inflows, currents and presence for *E. coli* in the flesh and intravalvular fluid of live bivalve molluscs from each specified sampling point. Samples were collected for a minimum of six months for the preliminary categorization of the area. The results support the granting of a permit for the collection of live bivalve molluscs and human consumption after processing at a sanitization and cleaning centers.

**Keywords***: Ruditapes decussatus***,** clam, Papas lagoon, *E. coli,* microbiological criteria.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λιμνοθάλασσα του Αράξου ή Πάπα χαρακτηρίζεται από υψηλή ιχθυοπαραγωγή. Τα κυριότερα είδη ιχθύων που υπόκεινται σε αλιευτική εκμετάλλευση είναι ο κέφαλος *(Mugil cephalus*), η τσιπούρα (*Sparus aurata),* το χέλι (*Anguilla anguilla*) και σε μικρότερο ποσοστό το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*). Η υψηλή ιχθυοπαραγωγή προσδίδει στο οικοσύστημα αντίστοιχα υψηλή οικονομική αξία, η απόδοσή του χαρακτηρίζεται ως μέση και την πενταετία 1995-1999 κυμαινόταν κατά μέσο όρο σε 3,78kg/στρέμμα (Ανώνυμος 2001), ενώ ενδεικτικά αναφέρεται ότι η απόδοση το 1996 ήταν 12,3kg/στρέμμα (Ε.Κ.Θ.Ε 2000). Στον Πάπα απαντώνται επίσης, μαλάκια, ανθόζωα, ολιγόχαιτοι, εχινόδερμα, καρκινοειδή όπως π.χ. αμφίποδα (Χρυσανθακοπούλου 2008), διάφορα είδη πολύχαιτων και γαστερόποδα (Reizopoulou & Nikolaidou 2004). Η ποικιλότητα των βενθικών πληθυσμών θεωρείται χαμηλή, εξαιτίας της παρουσίας αντίξοων συνθηκών στη λιμνοθάλασσα (Ε.Κ.Θ.Ε. 2000).

Πολύ συχνά στα δίθυρα μαλάκια, η παρουσία επιβλαβών παραγόντων, δεν γίνεται εύκολα αντιληπτή, ώστε να οδηγήσει στην άμεση απόρριψή τους και στην αποφυγή της κατανάλωσής τους. Συνεπώς η θεσμοθέτηση και η πιστή εφαρμογή ενός συστήματος ελέγχου της υγιεινής κατάστασης των δίθυρων μαλακίων αποτελεί ασφαλή δικλείδα προστασίας της δημόσιας υγείας. Για τον έλεγχο του μικροβιολογικού κινδύνου στα δίθυρα μαλάκια, οι τρέχοντες κανονισμοί υιοθετούν την προσέγγιση αξιολόγησης του επιπέδου μόλυνσης στις περιοχές συλλογής, κατηγοριοποιώντας αυτές. Οι βασικοί τύποι ελέγχου είναι ο μικροβιολογικός έλεγχος (*Esherichia coli, Salmonella sp.*), ο έλεγχος της ανίχνευσης βιοτοξινών (λιπόφιλων, αμνησιακών και παραλυτικών) και τοξικού φυτοπλαγκτού, καθώς και εκείνος των χημικών ρυπαντών (βαρέων μετάλλων, διοξινών, PCBs, PAHs), οι οποίοι διενεργούνται στο στάδιο της παραγωγής/αλίευσης. Στην Ελλάδα, οι προαναφερόμενοι έλεγχοι διενεργούνται από τις τοπικές Κτηνιατρικές Υπηρεσίες. Ανάλογα με την ταξινόμηση της περιοχής παραγωγής, απαιτείται ένα ελάχιστο επίπεδο επεξεργασίας μετά τη συγκομιδή και πριν από την κατανάλωση. Η εκτίμηση επικινδυνότητας της περιοχής παραγωγής βασίζεται γενικά στην υγειονομική μελέτη της περιοχής παραγωγής και στην παρακολούθηση βακτηρίων, συνήθως του *E. coli*, είτε στη σάρκα των δίθυρων μαλακίων, είτε στο νερό. Στην Ευρώπη, οι περιοχές παραγωγής δίθυρων μαλακίων ταξινομούνται ως κατηγορίες Α, Β ή Γ με βάση τα επίπεδα του *E. coli* που ανιχνεύονται στη σάρκα των δίθυρων μαλακίων (ΕΚ 2004/853). Τα δίθυρα μαλάκια ως διηθηματοφάγοι οργανισμοί (filter-feeding) τρέφονται με φυτοπλαγκτό, βακτήρια και οργανικά θρύμματα που βρίσκονται υπό αιώρηση στο νερό του ενδιαιτήματός τους. Εξαιτίας της μη επιλεκτικής τροφοληψίας τους, είναι δυνατόν να γίνουν φορείς διαφόρων παθογόνων μικροοργανισμών αλλά και τοξικών ουσιών που συσσωρεύονται στη σάρκα τους, μπορεί κάτω από συγκεκριμένες συνθήκες, να αποτελέσει κίνδυνο για την ανθρώπινη υγεία καθώς επικίνδυνων για την υγεία των καταναλωτών (Μίντζα 2020).

Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε η παρουσία *E. coli* στη σάρκα και στο ενδοθυρικό υγρό των ζώντων δίθυρων μαλακίων, έτσι ώστε η περιοχή παραγωγής να αρχίσει να έχει εμπορική δραστηριότητα. Σύμφωνα με εκτιμήσεις πρόσφατης μελέτης (Κατσέλης κ.α. 2019), η προσδοκώμενη παραγωγή (αφθονία) είναι 77,51 tn για την Αχιβάδα και 44,85 tn για το *Cerastoderma glaucum* (κν. Πουρλίδα) το σύνολο των ζωντανών ατόμων στον Πάπα, μπορεί να αλιευθούν με το αλιευτικό εργαλείο «τσουγκράνα» και.

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η μελέτη ανίχνευσης *E. coli* στη σάρκα και στο ενδοθυρικό υγρό των δειγμάτων του δίθυρου μαλακίου *Ruditapes decussatus* (κν. Αχιβάδα), όσον αφορά στη διαδικασία κατηγοριοποίησης των περιοχών παραγωγής του στη λιμνοθάλασσα και την παρουσίαση προγράμματος παρακολούθησης των περιοχών αυτών, ώστε να ελεγχθεί η δυνατότητα να διοχετευτούν τα συγκεκριμένα δίθυρα μαλάκια στην κατανάλωση χωρίς να απειλείται η Δημόσια Υγεία.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

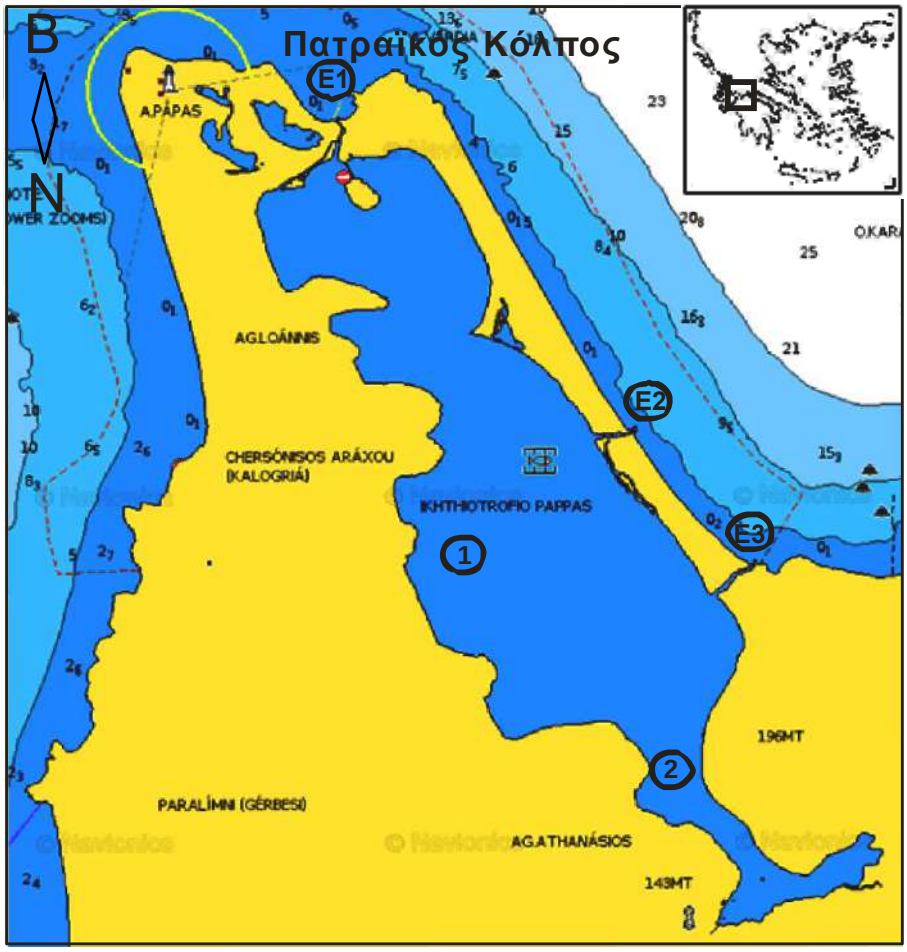
Η λιμνοθάλασσα του Αράξου ή Πάπα, βρίσκεται στο ΒΔ ακρωτήριο της Πελοποννήσου, σε απόσταση περίπου 40 km δυτικά της Πάτρας (Βόρεια: 38°11΄, Ανατολικά: 21°23΄), προστατεύεται από Εθνικούς και Ευρωπαϊκούς Κανονισμούς και εμπίπτει στην δικαιοδοσία προστασίας του Φορέα Διαχείρισης Υγροτόπων Κοτυχίου - Στροφυλιάς και Κυπαρισσιακού Κόλπου (Ν. 4685/2020). Αποτελεί ιδιοκτησία του Ταμείου Εθνικού Στόλου (Τ.Ε.Σ) του Γ.Ε.Ν. και η εκμετάλλευσή της παραχωρείται σε ιδιώτη κατόπιν πλειστηριασμού, ο οποίος επαναλαμβάνεται κάθε 5 χρόνια, σύμφωνα με το ΝΔ 420/70 του αλιευτικού κώδικα. Η λιμνοθάλασσα είναι επιμήκους σχήματος, με κύριο άξονά της αυτόν κατά μήκος της κατεύθυνσης ΒΔ-ΝΑ, μήκους 5 Km, έχει περίπου 1 km πλάτος και καλύπτει μια έκταση περίπου 4 $km^2$. Χαρακτηρίζεται από την παρουσία μιας διπλής αμμονησίδας (tombolo) που τη χωρίζει από το Ιόνιο Πέλαγος και τον Πατραϊκό Κόλπο (Papatheodorou et al., 2012). Η λιμνοθάλασσα έχει μέσο βάθος 1,8 m, μέγιστο βάθος 3,5 m και είναι υπερύαλη, με τιμές αλατότητας μεγαλύτερες από 40 psu ενώ κατά περιόδους (συχνά κι όχι πάντοτε) εμφανίζει συνθήκες ανοξίας. Θα πρέπει να αναφερθεί ότι κατά τα έτη 1979, 1984, 1987, 1996, 1997 (Ε.Κ.Θ.Ε. 2000), 2006 (Christia & Papastergiadou, 2007) και 2012 (Cladas et al., 2016) καταγράφηκαν περιστατικά εκτεταμένης θνησιμότητας ψαριών, εξ αιτίας υπερ-ευτροφικών καταστάσεων και επακόλουθης μείωσης του διαλυμένου οξυγόνου στη στήλη του νερού.

Η επικοινωνία με τη θάλασσα γίνεται μέσω τριών εισοδευτικών στομίων Ε1, Ε2, Ε3 (Εικόνα 1). Το εισοδευτικό στόμιο Ε1 βρίσκεται στο βόρειο, το εισοδευτικό στόμιο Ε2 βρίσκεται στο ΒΑ (μεσαίο) και το εισοδευτικό στόμιο Ε3 βρίσκεται στο ΝΑ τμήμα της λιμνοθάλασσας. Στη λιμνοθάλασσα υπάρχουν δύο τάφροι διαχείμασης που καταλαμβάνουν έκταση περίπου 7 στρέμματα. Επίσης υπάρχουν φραγμοί, οι οποίοι είναι τεχνητές κατασκευές εγκλωβισμού και αλίευσης ψαριών, με στόχο την απελευθέρωση μικρών ιχθύων ή τον εγκλωβισμό ιχθύων που βρίσκονται σε εμπορικό μέγεθος. Σε κάποιους φραγμούς παρατηρείται εποχική συσσώρευση μέσα στο δίαυλο, μεγάλης ποσότητας του χλωροφύκους *Ulva rigida* και του φανερόγαμου *Posidonia oceanica*, (συσσώρευση φύλλων στα κανάλια επικοινωνίας που εμποδίζουν την λειτουργία της ανανέωσης των νερών τα οποία εισέρχονται στη λιμνοθάλασσα από το πέλαγος) τα οποία φράζουν τα ανοίγματα των θυροφραγμάτων, δημιουργώντας τοπικές δυστροφικές καταστάσεις καθώς και το φαινόμενο του καθρέφτη (μείωση της ποσότητας ανταλλαγής του νερού κατά την πλήμμη ή την ρηχία) (Ε.Κ.Θ.Ε. 2000).

Το σχέδιο δειγματοληψίας οστράκων αποφασίστηκε με βάση τα βιβλιογραφικά δεδομένα και την εμπειρία των μελών της Δημόσιας Επιτροπής που εποπτεύει τη λειτουργία και την κατάσταση της λιμνοθάλασσας. Ορίσθηκαν δύο σημεία προκειμένου να υπάρξει αντιπροσωπευτική απεικόνιση της υγειονομικής κατάστασης της λιμνοθάλασσας με βάση τις πιθανές εισροές λυμάτων, την κυκλοφορία των υδάτων και την παρουσία δίθυρων μαλακίων: το σημείο 1 με Γ.Π. 38°11'29.68" και Γ.Μ. 21°23'15.16"Α και το σημείο 2 με Γ.Π. 38°10'46.22" και Γ.Μ. 21°24'7.94"Α (Εικόνα 1). Στη μελέτη χρησιμοποιήθηκε ως αλιευτικό εργαλείο η «τσουγκράνα». Η επιλογή των σταθμών έγινε με τρόπο ώστε τα δείγματα να συλλέγονται κατά το δυνατόν πλησιέστερα σε σημεία όπου κατά την παρακολούθηση της ποιοτικής κατάστασης των υδάτων της Λ/Θ, στα πλαίσια σχετικού προγράμματος παρακολούθησης του Τ.Ε.Σ.

Μετά από κάθε δειγματοληψία και συλλογή των Αχιβάδων, αυτές συσκευάζονταν και αποστέλλονταν στο Τμήμα Υγιεινής Τροφίμων ΕΕΑ (Διεύθυνση Κτηνιατρικού Κέντρου Αθηνών) για εργαστηριακές εξετάσεις ανίχνευσης *E. coli* σε σάρκα και σε ενδοθυρικό υγρό. Κατά την παραλαβή του

δείγματος από το εργαστήριο (περίπου 4 ώρες από τη στιγμή της δειγματοληψίας) ελεγχόταν η θερμοκρασία του η οποία θα πρέπει να διατηρείται στους 0-10ºC.




**Εικόνα 1. Περιοχή μελέτης με τα σημεία δειγματοληψίας 1 και 2 τα οποία επελέγησαν για την καλύτερη απεικόνιση της υγειονομικής κατάστασης της λιμνοθάλασσας Πάπας, καθώς και τα εισοδευτικά στόμια επικοινωνίας με τη θάλασσα E1, E2, E3.**
**Figure 1. Study area with sampling points 1 and 2 were chosen to best represent the health status of the Papas lagoon, as well as the inlets communicating with the sea E1, E2, E3.**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Μετά από 13 δειγματοληψίες και εργαστηριακές αναλύσεις από κάθε καθορισμένο σημείο δειγματοληψίας για την χρονική περίοδο των έξι μηνών, προέκυψαν τα παρακάτω αποτελέσματα. Σύμφωνα με τα Μικροβιολογικά Πρότυπα του ΥΠ.Α.Α.Τ, στις περιοχές δειγματοληψίας κατά τη διάρκεια της υπό εξέτασης περιόδου, στο 80% των δειγμάτων ζώντων δίθυρων μαλακίων δεν θα πρέπει η τιμή των παθογόνων παραγόντων να υπερβαίνει τα 230 MPN *E. coli*/100g σάρκας και ενδοθυρικού υγρού. Αν στο εναπομείναν 20% των δειγμάτων, στα ζώντα δίθυρα μαλάκια οι παθογόνοι παράγοντες δεν υπερβαίνουν την τιμή των 700 MPN *E. coli*/100 g σάρκας και ενδοθυρικού υγρού, τότε κατατάσσονται στην κατηγορία Α. Τα σημεία 1 και 2 της λιμνοθάλασσας κατατάσσονται στην κατηγορία κατηγορία Β, όπου επιτρέπεται η συλλογή ζώντων δίθυρων μαλακίων και η κατανάλωση από τον άνθρωπο έπειτα από επεξεργασία σε κέντρο εξυγίανσης και καθαρισμού (στα στοιχεία της δειγματοληψίας υπήρχαν τιμές >230 MPN *E. coli*/100g σάρκας).

**Εικόνα 2. Γράφημα με τα αποτελέσματα δειγματοληψίας οστράκων από το μεσαίο σημείο (1) και το νότιο σημείο (2) της λιμνοθάλασσας Πάπα.**
**Figure 2. Graph of shell sampling results from the middle point (1) and south point (2) of Papa Lagoon.**

Στο γράφημα της εικόνας 2 φαίνεται ότι για τον σταθμό δειγματοληψίας 2 τα δείγματα είχαν τις υψηλότερες τιμές του παθογόνου *E. coli* τον μήνα Μάϊο, ενώ τον Σεπτέμβριο και μέχρι τα μέσα Οκτωβρίου παρατηρούνται επίσης υψηλές τιμές. Στον σταθμό δειγματοληψίας 1 παρατηρούνται υψηλές τιμές του παθογόνου στα δείγματα (χαμηλότερες από τις τιμές που παρατηρήθηκαν στον σταθμό 2) στο δεύτερο μισό του Μαρτίου και από τα μέσα Σεπτεμβρίου έως τα μέσα Οκτωβρίου. Τα αποτελέσματα των δειγματοληψιών κατά την «Προκαταρκτική κατηγοριοποίηση» θα συμβάλλουν στην κατάταξη της περιοχής παραγωγής.

Οι διακυμάνσεις των τιμών του παθογόνου που παρατηρήθηκαν στον σταθμό δειγματοληψίας 1 και στον σταθμό 2, στις 5 από τις 13 δειγματοληψίες, πιθανώς οφείλονται στα καιρικά φαινόμενα που υπήρχαν σε αυτές τις ημερομηνίες έως και 6 ημέρες πιο πριν. Τα πρώτα στοιχεία, δείχνουν μια συσχέτιση των αυξημένων τιμών του *E. coli* ανά 100 g σάρκας σε ημέρες που επικρατούσαν ισχυροί ΒΑ άνεμοι. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στην είσοδο από τα εισοδευτικά στόμια θαλασσινού νερού από τον Πατραϊκό Κόλπο. Κατά τη δειγματοληψία στις 28/9/2020, επικρατούσε ασθενής νότιος άνεμος, αλλά δύο ημέρες πριν καθώς και την ίδια ημέρα υπήρχε βροχόπτωση. Επομένως η παρέκκλιση μπορεί να οφείλεται στις απορροές ομβρίων υδάτων κυρίως στις νότιες περιοχές της λιμνοθάλασσας. Επιπρόσθετα, θα πρέπει να σημειωθεί ότι υπάρχουν ακαλλιέργητες εκτάσεις, λιβάδια και λίγες ενεργές καλλιέργειες με αποτέλεσμα την μικρή επιβάρυνση της λιμνοθάλασσας από λιπάσματα. Πλην ελαχίστων αγελαίων βοοειδών, δεν εκτρέφονται ζώα που θα μπορούσαν να επιβαρύνουν μικροβιολογικά την λιμνοθάλασσα. Επισημαίνεται ότι σημαντική πηγή ρύπανσης για τη λιμνοθάλασσα αποτελούν τα γειτνιάζοντα ρέοντα ύδατα μέσω των οποίων οδηγούνται στη λιμνοθάλασσα βαρέα μέταλλα, αλλά και θρεπτικά.

Η περιοχή παραγωγής θα μπορούσε να έχει εμπορική δραστηριότητα, αλλά θα πρέπει να συνεχιστούν οι δειγματοληψίες που αφορούν τα μικροβιολογικά κριτήρια ανά 15νθήμερο έως την ολοκλήρωση ενός έτους. Στο χρονικό διάστημα αυτό συμπεριλαμβάνεται και η περίοδος για την προκαταρκτική κατηγοριοποίηση. Στο πρόγραμμα «Παρακολούθησης ζώνης», αν αρχίσει η εμπορική δραστηριότητα, απαιτείται επιπλέον να ξεκινήσουν δειγματοληψίες παράλληλα με τις ανωτέρω, που αφορούν: α) την παρουσία τοξινογόνου πλαγκτού στο νερό, σε εβδομαδιαία βάση, β) την παρουσία βιοτοξινών (λιπόφιλων, παραλυτικών και αμνησιακών) στα ζώντα δίθυρα μαλάκια, σε εβδομαδιαία βάση και γ) την παρουσία χημικών προσμίξεων στα ζώντα δίθυρα μαλάκια (Καν. 1881/2006) σε εξαμηνιαία βάση. Τα στοιχεία που θα ληφθούν θα πρέπει να εξετάζονται για να καθοριστεί εάν η «προκαταρκτική κατηγοριοποίηση» θα συνεχίσει να ισχύει. Μετά από ένα έτος θα μπορεί να γίνει μια «αρχική πλήρης κατηγοριοποίηση» σύμφωνα με τα κριτήρια που αναφέρονται στην νομοθεσία. Επειδή το είδος στόχος Ruditapes *decussatus* έχει εποχική αλιεία, από 1η Νοεμβρίου έως 31 Μαρτίου, προτείνεται αφού ολοκληρωθεί η «πλήρης κατηγοριοποίηση», αυτή να περιοριστεί σε «μικρής χρονικής διάρκειας

κατηγοριοποίηση», δηλαδή την περίοδο της αλίευσης, οπότε τότε θα γίνονται οι ανωτέρω υποχρεωτικές δειγματοληψίες και έλεγχοι.

Η διακίνηση των ζώντων δίθυρων μαλακίων σύμφωνα με τον ΕΚ 2019/627 και η συγκομιδή τους για διάθεση στην αγορά, μπορεί να γίνεται μόνο από κατηγοριοποιημένες περιοχές παραγωγής. Σε κάθε διακίνηση των δίθυρων μαλακίων, πρέπει να εξασφαλίζεται η ιχνηλασιμότητά τους. Σύμφωνα με την νομοθεσία πρέπει να συνεχιστούν οι δειγματοληψίες. Προτείνεται η εκπόνηση μιας μελέτης για το κόστος των δειγματοληψιών, της αποστολής των οστράκων σε κέντρο καθαρισμού σε συνδυασμό με την εκτίμηση των αποθεμάτων της Αχιβάδας στη λιμνοθάλασσα Πάπας και ο προσδιορισμός της ορθολογικής αλιευτικής εκμετάλλευσής της.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ανώνυμος (2001) Επιχειρησιακό πρόγραμμα PESCA. Κλαδικές μελέτες. Οργάνωση και λειτουργία αλιευτικής εκμετάλλευσης στις λιμνοθάλασσες των νομών: Έβρου, Ροδόπης, Ξάνθης, Καβάλας, Κέρκυρας, Άρτας, Πρέβεζας, Λευκάδας, Αχαΐας, Ηλείας, Αργολίδας, Αττικής, Μεσσηνίας, Εύβοιας, Λάρισας, Πιερίας, Αιτωλοακαρνανίας, Θεσπρωτίας. Χρηματοδότηση: Υπουργείο Γεωργίας.

Απόφαση αριθ. Η.Π. 8600/416/Ε103, (2009). Ποιότητα και μέτρα διαχείρισης των υδάτων κολύμβησης, σε συμμόρφωση με τις διατάξεις της οδηγίας 2006/7/ΕΚ «σχετικά με την διαχείριση της ποιότητας των υδάτων κολύμβησης και την κατάργηση της οδηγίας 76/160/ΕΟΚ», του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 15ης Φεβρουαρίου 2006, ΦΕΚ 356/Β/26-2-2009.

Christia C., Papastergiadou E., (2007). Spatial and temporal variations of aquatic macrophytes and water quality in six coastal lagoons of Western Greece. *Belg. J. Bot*., 140: 39-50.

Cladas Y., Papantoniou G., Bekiari V., Fragopoulou N., (2016). Dystrophic event in Papas lagoon, Araxos Cape, western Greece in the summer 2012. *Medit. Mar. Sci.,* 17(1), 32-38.

Papatheodorou, G., Avramidis, P., Fakiris, E., Christodoulou, D., Kontopoulos, N., (2012). Bed diversity in the shallow water environment of Pappas lagoon in Greece. *Inter. J. Sedim. Res*., 27(1)

Reizopoulou S., Nikolaidou A. (2004). Benthic diversity of coastal brackish-water lagoons in western Greece. *Aquatic Conserv: Mar. Freshw. Ecosyst.* 14, 93-102.

Εθνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (Ε.Κ.Θ.Ε.), (2000). *Τελική τεχνική έκθεση: Παρακολούθηση του οικοσυστήματος της λιμνοθάλασσας ΠΑΠΑ ακρωτηρίου Αράξου/Αχαΐας και προτάσεις διαχείρισης και προστασίας αυτής*. Αθήνα: Αύγουστος 2000.

Εκτελεστικός Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2019/627, (2019). Επιτροπή της 15ης Μαρτίου 2019 περί καθορισμού ενιαίων πρακτικών ρυθμίσεων για τη διενέργεια των επίσημων ελέγχων στα προϊόντα ζωικής προέλευσης που προορίζονται για κατανάλωση από τον άνθρωπο σύμφωνα με τον κανονισμό ΕΕ, L(131), p. 64. Available at: https://eur-lex.europa.eu.

Κανονισμός (ΕΚ) αριθ. 2004/853, (2004). Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο και Συμβούλιο της 29ης Απριλίου 2004, για τον καθορισμό ειδικών κανόνων υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης', ΕΕ L, 139. Available at: https://eur-lex.europa.eu.

Κατσέλης Γεώργιος, Ράμφος Αλέξιος, Μουτόπουλος Δημήτριος, Θεόδωρου Ιωάννης, Κλαδάς Ιωάννης, Χριστόπουλος Παναγιώτης, (2019). *Τελική Έκθεση Έργου με τίτλο: «Εκπόνηση Τεχνικοοικονομικής Μελέτης Επανελέγχου των Αποθεμάτων Αχιβάδας και Πουρλίδας στη Λιμνοθάλασσα ΠΑΠΑΣ Αράξου».* Πανεπιστήμιο Πατρών, Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας.

Μίντζα Διονυσία, (2020). *«Υγειονομικοί έλεγχοι σε ζώντα δίθυρα μαλάκια- η κατάσταση στην Ελλάδα τα έτη 2015-2018»*, Διπλωματική εργασία, Πανεπιστήμιο Δυτικής Αττικής, Αθήνα 2020

Χρηστιά Χρυσούλα, (2013). *Οικολογική εκτίμηση των λιμνοθαλασσών της Δυτικής Ελλάδας με χρήση υδρόβιων μακροφυτών ως βιολογικών δεικτών.* Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας.

Χρυσανθακοπούλου Β., (2008). *Βιολογία του είδους Ruditapes decussatus (Linnaeus, 1758) από τη λιμνοθάλασσα του Αράξου και το εκβολικό σύστημα Ευήνου*. Διδακτορική Διατριβή. Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας.

# Μαζική θανή ψαριών στην αλιευτική εκμετάλλευση του εκβολικού συστήματος της Λίμνης Βιστωνίδας

**Αναστασία Μιρλή[1], Αργύριος Σαπουνίδης[2], Νικόλαος Καμίδης[2], Δημήτρης Καραμπέτσης[2], Παρασκευή Παπαδοπούλου[2], Ματίνα Κατσιαπή[4], Μαρία Μουστάκα[4], Δημήτρης Τσιάνης[3], Μάνος Κουτράκης[2],**

[1] Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, ΔΠΘ, Πανεπιστημιούπολη Κιμμερίων Ξάνθης, amirli@civil.duth.gr

[2] Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα, Νέα Πέραμος, Καβάλα - manosk@inale.gr

[3] Τμήμα Αλιείας ΔΑΟΚ ΠΕ Ξάνθης, Διοικητήριο Ξάνθης, tsianis75@yahoo.gr

[4] Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας., ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη, mmustaka@bio.auth.gr

## ABSTRACT

**Anastasia Mirli[1], Argyrios Sapounidis[2], Nikolaos Kamidis[2], Dimitris Karampetsis[2], Paraskevi Papadopoulou[2], Matina Katsiapi[4], Maria Moustaka[4], Dimitris Tsianis[3], Manos Koutrakis[2]: Massive fish mortality in the fishing exploitation, of the estuarine system of Lake Vistonida.**

Lagoons are one of the most productive ecosystems providing humans a set of goods and ecosystem services. They are seriously threatened by eutrophication, pollution, urbanization, and diverse forms of modification in their watersheds, caused by human activity. In Greek aquatic ecosystems, small or large-scale fish mortality phenomena are occasionally observed. The present study describes the phenomenon of mass fish mortality in the estuarine system of Lake Vistonis and Porto Lagos lagoon that occurred in September 2020. The results indicate that the death was caused by suffocation associated with a combination of factors (high temperatures, eutrophic waters, excessive phytoplankton growth), which resulted in anoxic conditions within the "Mandri" wintering basin. The establishment of an effective monitoring system in the area is necessary in order to prevent future similar incidents and allow both fishermen and the stakeholders to prioritize responses and management measures.

**Keywords:** fish mass mortality, lagoon, Vistonida, eutrophic, *Prorocentrum minimum*, *Cylindrotheca closterium*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ευημερία και ανάπτυξη των ανθρώπινων κοινωνιών είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την υγεία των οικοσυστημάτων (Haines-Young & Potschin 2010). Ένα υγιές υδάτινο οικοσύστημα είναι ικανό να προσφέρει ποικίλες οικοσυστημικές υπηρεσίες στις ανθρώπινες κοινωνίες (Maes *et al.* 2018), όπως νερό για ύδρευση και άρδευση, αλιεία, ευκαιρίες αναψυχής και τουρισμού κ.ά. (Scavia *et al.* 2002). Στα οικοσυστήματα αυτά ανήκουν και οι λιμνοθάλασσες, οι οποίες αποτελούν ένα από τα πιο παραγωγικά οικοσυστήματα. Καθώς δέχονται την επίδραση της θάλασσας, των εσωτερικών υδάτων και της ξηράς, καθίστανται ευαίσθητες στις περιβαλλοντικές διακυμάνσεις και στις ανθρωπογενείς παρεμβάσεις (Cataudella *et al.* 2015). Επιπλέον, προσφέρουν καταφύγιο και πεδία ανάπτυξης σε πολλά είδη πανίδας και μεγάλη ποικιλία οικοτόπων, όπως επίσης αγαθά και υπηρεσίες στον άνθρωπο (De Groot *et al.* 2012), η διατήρηση και βελτίωση των οποίων δύναται να αυξήσει την βιωσιμότητα του συστήματος, επιτυγχάνοντας τους στόχους βιώσιμης ανάπτυξης του ΟΗΕ (Mirli *et al.* 2022).

Οι λιμνοθάλασσες καταλαμβάνουν το 13% της ακτογραμμής παγκοσμίως (Barnes 1980). Στην Ελλάδα συνολικά υπάρχουν 76 λιμνοθάλασσες, εκ των οποίων οι 56 χρησιμοποιούνται για αλιευτική εκμετάλλευση (Economidis et al 2001, Koutrakis et al. 2007). Σε κάθε περίπτωση, η οικονομική εκμετάλλευση των λιμνοθαλασσών γίνεται για ορισμένο χρονικό διάστημα, κυρίως από αλιευτικούς συνεταιρισμούς, οι οποίοι μισθώνουν τις λιμνοθάλασσες και κατέχουν το αποκλειστικό δικαίωμα αξιοποίησης των ψαριών σε αυτές (Koutrakis *et al.* 2007).

Κατά περιόδους στα υδάτινα οικοσυστήματα της Ελλάδας παρατηρούνται φαινόμενα μαζικής θανής ψαριών μικρής ή μεγάλης κλίμακας, όπως ενδεικτικά αναφέρονται στον Πίνακα Ι. Τα φαινόμενα αυτά είναι αποτέλεσμα συνεργατικής δράσης ποικίλων παραγόντων φυσικής ή ανθρωπογενούς προέλευσης με κυριότερους τις ακραίες διακυμάνσεις της θερμοκρασίας, την έλλειψη τροφής, τις ασθένειες, την εξάντληση του διαλυμένου οξυγόνου, τις αυξημένες συγκεντρώσεις αμμωνιακών και φωσφορικών αλάτων, τα περιστατικά άνθισης φυτοπλαγκτικών οργανισμών κ.ά. Για να χαρακτηριστεί ένα φαινόμενο θανής ψαριών ως «φαινόμενο μαζικής θανής» τα νεκρά ψάρια θα πρέπει να ξεπερνάνε

σε αριθμό τα 25 άτομα ανά τετραγωνικό χιλιόμετρο του υδάτινου οικοσυστήματος, η θανή να γίνει εντός 48 ωρών και να μην οφείλεται σε φυσική θνησιμότητα ή θήρευση (Koutrakis *et al.* 2016).

**Πίνακας Ι. Ενδεικτικές περιπτώσεις μαζικής θανής ψαριών.**
**Table I. Indicative incidents of mass fish kills.**

| Ημερομηνία | Τόπος συμβάντος | Περιγραφή | Αναφορά |
|---|---|---|---|
| 08/2013 | Λίμνη Ισμαρίδα | Ανθρωπογενείς ευτροφικές συνθήκες (χαμηλή συγκέντρωση O2 στα νερά της λίμνης, υψηλό οργανικό και βακτηριακό φορτίο, ύπαρξη δυνητικά τοξικών δινομαστιγωτών) | Koutrakis et al 2016 |
| 07/2014 | Λίμνη Βιστωνίδα | Έλλειψη οξυγόνου από bloom κυανοβακτηρίων (πρώτη καταγραφή *Aphanizomenon favaroloi*) | Moustaka et al 2016, Ορφανίδης 2014 |
| 08/2020 | Ποταμός Κομψάτος | Ασφυξία λόγω μειωμένης ροής νερού και απομόνωσης ψαριών εξαιτίας ιρλανδικής διάβασης | Μιρλή κα 2020 |

Φαινόμενο μαζικής θανής καταγράφηκε, στις αρχές Σεπτεμβρίου 2020, στο νότιο τμήμα του εκβολικού συστήματος της Λίμνης Βιστωνίδας και συγκεκριμένα στη λεκάνη διαχείμασης «Μαντρί». Σκοπός της παρούσας μελέτης είναι η καταγραφή και η ανάλυση του συμβάντος αυτού και η πρόταση πιθανών λύσεων για την αποφυγή ανάλογων φαινομένων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Περιοχή μελέτης: Η Λίμνη Βιστωνίδα, έκτασης περίπου 45 km$^2$ και μέγιστου βάθους 3,8 m, ανήκει στο εκβολικό σύστημα Λίμνης Βιστωνίδας και Λιμνοθάλασσας Πόρτο Λάγους. Αποτελεί έναν από τους σημαντικότερους βιοτόπους που προστατεύεται από την Εθνική και Διεθνή Νομοθεσία, ως τμήμα του Εθνικού Πάρκου Ανατολικής Μακεδονίας και Θράκης και του δικτύου Natura 2000 (GR1130009 & GR1130010) και επίσης περιλαμβάνεται στη Σύμβαση Ramsar. Στο βόρειο τμήμα της εκβάλουν κυρίως τρεις χείμαρροι, δημιουργώντας βιότοπους γλυκού νερού, ενώ το νότιο τμήμα της χαρακτηρίζεται από υφάλμυρους βιότοπους, εξαιτίας τριών σημείων επικοινωνίας με τη θάλασσα (Εικ 1) (Γκίκας 2002, Gikas *et al.* 2006a). Η Λίμνη Βιστωνίδα από το 1980 χαρακτηρίζεται ως ευτροφική (Γιαννακοπούλου 1989). Σήμερα, εξαιτίας των αγροτοκτηνοτροφικών απορροών που εισρέουν από την λεκάνη απορροής, χαρακτηρίζεται ως ευτροφική-υπερτροφική (Γκίκας 2002, Χαραλαμπίδου *et al.* 2005, Gikas *et al.* 2006b, Markou *et al.* 2007, Πισινάρας *et al.* 2016). Η φόρτιση της Βιστωνίδας με θρεπτικά στοιχεία (N, P) γίνεται και από τα ιζήματα του πυθμένα (Χαραλαμπίδου *et al.* 2005).

**Εικόνα 1. Εκβολικό σύστημα Βιστωνίδας-Λαγού *Σύνδεση με τη θάλασσα:* Α-Γ. *Σημεία δειγματοληψίας:* 1-6. *Λεκάνη διαχείμασης «Μαντρί»:* 6.**
**Figure 1. Estuarine system of Vistonis & Lagos. Connection with the sea: Α-Γ. Sampling points: 1-6. Wintering basin «Mantri»: 6.**

Το σύστημα εκμισθώνεται από τον Αλιευτικό Συνεταιρισμό Βιστωνίδας και Βιστωνικού Κόλπου "Άγιος Νικόλαος", ο οποίος έχει την αποκλειστική αλιευτική εκμετάλλευση τους, που πραγματοποιείται

κυρίως με τη χρήση ιχθυοφραγμών και μόνιμων ιχθυοσυλληπτικών εγκαταστάσεων στα σημεία επικοινωνίας των λιμνοθαλασσών με τη θάλασσα. Η μέση παραγωγή αλιευμάτων ανέρχεται στους 250 t, με μέγιστη παραγωγή το 1996 που ξεπέρασε τους 560 t (Τσιάνης 2020). Η παρέμβαση των αλιέων περιορίζεται στην αξιοποίηση των λεκανών διαχείμασης (χειμαδιών) για τη διαχείριση της αλιείας και τη διαχείμαση νεαρών ψαριών κατά τη μεταναστευτική τους πορεία στη θάλασσα. Τα χειμαδιά είναι συνήθως φυσικά κανάλια που εκβαθύνονται και χρησιμοποιούνται για την φύλαξη των υπομεγεθών (μη εμπορεύσιμων) ψαριών και την προστασία τους από τις χαμηλές θερμοκρασίες και τους παγετούς, καθώς και για την ρυθμιζόμενη διάθεση των εμπορεύσιμων ψαριών στις περιόδους μαζικών συλλήψεων τους. Η λεκάνη διαχείμασης με το όνομα «Μαντρί» (Εικ. 1) έχει έκταση 7,25 στρέμματα και μέγιστο βάθος 4 μέτρα (Τσιάνης 2020). Το συγκεκριμένο χειμαδιό έχει άμεση επικοινωνία με τη θάλασσα και για αυτό παρουσιάζει και υψηλές τιμές αλατότητας, ενώ μπορεί να εμφανίζει και προβλήματα στην κυκλοφορία των υδάτων λόγω μείωσης του βάθους του καναλιού επικοινωνίας με τη θάλασσα και της παρουσίας των πυκνών ιχθυοφραγμών.

Περιγραφή συμβάντος: Κατά τις βραδινές ώρες της 4ης Σεπτεμβρίου 2020 παρατηρήθηκε αλλαγή του χρώματος του νερού (καφέ-κίτρινη απόχρωση) και μη φυσιολογική συμπεριφορά των ψαριών (κίνηση προς στην επιφάνεια του νερού με ανοιχτό στόμα). Στις 5 Σεπτεμβρίου καταγράφηκε σημαντικός αριθμός νεκρών ψαριών κυρίως, στη λεκάνη διαχείμασης (χειμαδιό) «Μαντρί». Το μεσημέρι της ίδιας μέρας αφαιρέθηκαν οι ιχθυοφραγμοί, ώστε να γίνει ανανέωση των υδάτων και το απόγευμα τέθηκε σε λειτουργία το σύστημα αερισμού των νερών του χειμαδιού. Βελτίωση των συνθηκών, η οποία οδήγησε σε λήξη του φαινομένου, παρατηρήθηκε στις 7 Σεπτεμβρίου.

Δειγματοληψία και αναλύσεις: Για την διερεύνηση του φαινομένου μαζικής θανής στην περιοχή αυτή πραγματοποιήθηκε δειγματοληψία νερού και ιχθύων (Εικ. 1), στις 5 και 7 Σεπτεμβρίου 2020, από το Φορέα Διαχείρισης Δέλτα Νέστου, Βιστωνίδας και Ισμαρίδας και Θάσου (σημερινή Μ.Δ. Εθνικών Πάρκων Νέστου – Βιστωνίδας και Ροδόπης του ΟΦΥΠΕΚΑ) σε συνεργασία με το Τμήμα Αλιείας της Π.Ε. Ξάνθης. Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού μετρήθηκαν *in situ*, με φορητό πολύμετρο δύο καναλιών HQ40d.

Δείγματα αναλύθηκαν από το Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝΑΛΕ) ως προς τη χημική σύσταση του νερού, την αναγνώριση των ειδών των οργανισμών και την εύρεση της αιτίας της μαζικής θανής. Η χημική ανάλυση των δειγμάτων νερού πραγματοποιήθηκε σύμφωνα με τη μέθοδο Parsons *et al.* (1984) για τον προσδιορισμό πέντε θρεπτικών αλάτων (νιτρικά, νιτρώδη, αμμωνιακά, φωσφορικά και πυριτικά άλατα). Το Κέντρο Κτηνιατρικών Ιδρυμάτων Θεσσαλονίκης (ΚΚΙΘ) πραγματοποίησε μικροβιολογική και παρασιτολογική εξέταση στα δείγματα ψαριών και το εργαστήριο του Τομέα Βοτανικής του Τμήματος Βιολογίας ΑΠΘ την μικροσκοπική ανάλυση φυτοπλαγκτού. Η μικροσκοπική ανάλυση των δειγμάτων νερού έγινε σε ανάστροφο μικροσκόπιο σύμφωνα με τα Ευρωπαϊκά πρότυπα (CEN 2006, CEN 2015).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από τη μακροσκοπική ανάλυση του δείγματος νεκρών ψαριών, αναγνωρίστηκαν τέσσερα είδη ψαριών και ένα είδος δεκάποδου (Πίνακας ΙΙ). Στο χειμαδιό υπήρχαν κυρίως τσιπούρες ως αποτέλεσμα της αλιευτικής διαχείρισης από τον συνεταιρισμό. Ο μεγάλος αριθμός των νεκρών ψαριών δικαιολογεί τον χαρακτηρισμό της θανής ως μαζική. Δεν εντοπίστηκαν αλλοιώσεις στο σώμα και στα βράγχια των ψαριών, που να δηλώνουν την ύπαρξη κάποιου λοιμώδους ή παρασιτικής φύσεως νοσήματος, ενδείξεις που συμφωνούν με τα αποτελέσματα τόσο της μικροβιολογικής εξέτασης των ιστών των ψαριών (ήπατος, νεφρών και σπλήνα), όσο και της παρασιτολογικής εξέτασης δέρματος και βραγχίων, καθώς δεν απομονώθηκαν παθογόνοι παράγοντες. Επιπλέον, στο σύνολο των νεκρών ψαριών, από το φωτογραφικό υλικό, παρατηρήθηκαν ενδείξεις ασφυξίας (ανοιχτό στόμα και βράγχια) (Εικ. 2).

**Πίνακας ΙΙ. Είδη νεκρών οργανισμών .**
**Table II. Species of dead organisms**

| Είδος | Κοινό όνομα |
|---|---|
| *Anguilla anguilla* | Ευρωπαϊκό χέλι, European eel |
| *Dicentrarchus labrax* | Λαβράκι, European seabass |
| *Solea solea* | Γλώσσα, Common sole |
| *Sparus aurata* | Τσιπούρα, Gilthead seabream |
| *Callinectes sapidus* | Μπλε καβούρι, Blue crab |

**Εικόνα 2. Νεκρά ψάρια στην τάφρο διαχείμασης.**
**Figure 2. Dead fish in the wintering basin.**

Η ανάλυση των χημικών παραμέτρων στα δείγματα νερού που λήφθηκαν από τη Βιστωνίδα, επιβεβαιώνει την εύτροφη και κακή χημική κατάσταση του συστήματος. Συγκεκριμένα παρατηρήθηκε ιδιαίτερα υψηλή τιμή στις συγκεντρώσεις αμμωνιακών και φωσφόρου η οποία πιθανόν να οφείλεται σε εκπλύσεις που δέχεται η Λίμνη Βιστωνίδα από τις παρακείμενες καλλιέργειες, σε απορροές εκτάσεων όπου διαβιούν και εκτρέφονται αγροτικά ζώα, καθώς και στα φορτία που δέχθηκε από τον ποταμό Κομψάτο. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών εντός του χειμαδιού «Μαντρί» κατά τη διάρκεια της εμφάνισης του φαινομένου ήταν υψηλή (Πίνακας ΙΙΙ), που δικαιολογεί την υψηλή θολερότητα του δείγματος.

**Πίνακας ΙΙΙ. Χημικές παράμετροι στους σταθμούς δειγματοληψίας στη Βιστωνίδα.**
**Table III. Chemical parameters at various stations of Vistonis.**

| Σταθμός | | Συγκέντρωση Φυσικοχημικών Παραμέτρων | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | $PO_4^-$ (μmol/L) | $NO_2^-$ (μmol/L) | $NO_3^-$ (μmol/L) | $NH_4^+$ (μmol/L) | Chl-a (μg/L) | Si (μmol/L) | TSS (mg/L) |
| 05/09/20 | Μαντρί | | | | 2,96 | | | 150 |
| 07/09/20 | Μαντρί | 0,37 | 0,01 | 6,52 | 7,88 | 10,64 | 162,06 | 36,43 |
| Λίμνη Βιστωνίδα 07/09/20 | Κέντρο | 1,64 | 0,01 | 24,71 | 10,13 | 15,45 | 287,16 | 26,67 |
| | ΝΔ Βιστωνίδα | 0,88 | 0,28 | 26,26 | 3,42 | 17,14 | 222,91 | 29,47 |
| | Εκβολές Ποταμού Κόσυνθου | 0,78 | 0,09 | 7,00 | 8,11 | 26,84 | 254,75 | 37,86 |
| | Εκβολές Ποταμού Κομψάτου | 1,49 | 0,03 | 12,86 | 12,66 | 19,64 | 246,79 | 34,00 |
| | Εκβολές Ποταμού Τραύου | 0,47 | 0,20 | 8,40 | 2,86 | 18,80 | 210,40 | 36,67 |

**Πίνακας IV.** Χρονική εξέλιξη της συγκέντρωσης διαλυμένου οξυγόνου, θερμοκρασίας, αλατότητας και pH, στη λεκάνη διαχείμασης «Μαντρί».
**Table IV. Temporal variation of the dissolved oxygen concentration, temperature, salinity and pH, in the wintering basin "Mantri".**

| Ημερομηνία | Λεκάνη Διαχείμασης | Ώρα | O2 (mg/lt) | °C | Αλατότητα PSU | pH |
|---|---|---|---|---|---|---|
| 05/09/2020 | Μαντρί | 12:55 μμ | 0,45 | | | |
| | | | 0,65 | | | |
| | | | 0,81 | | | |
| | Μαντρί | 13:30 μμ | 1,01 | 29 | 28,3 | 8,42 |
| 06/09/2020 | Μαντρί | 08:00 μμ | 3,31 | 25 | 22,5 | |
| 07/09/2020 | Μαντρί | 13:00 μμ | 6,53 | 28 | | 8,82 |

**Πίνακας V. Μικροσκοπική ανάλυση του φυτοπλαγκτού (**υψηλή αφθονία).**
**Table V. Phytoplankton microscopic analysis (**high abundance).**

| Σταθμός | Διάτομα | Δινομαστιγωτά | Ευγληνοφύκη | Κρυπτοφύκη |
|---|---|---|---|---|
| Χειμαδιό Μαντρί | *Cylindrotheca closterium, Chaetoceros* sp., *Cyclostephanos* sp. | *Prorocentrum minimum, Gymnodynium* sp., *Gonyaulax verior* | | *Plagioselmis* sp. *Cryptomonas* sp. |
| ΝΔ Βιστωνίδα | *Chaetoceros* sp., *Cylindrotheca closterium, Thalassiosira* sp. | *Gymnodynium/Karlodyniu m* sp. | | |
| Εκβολές Ποταμού Κόσυνθου | *Cyclostephanos* sp., *Cylindrotheca closterium, Coscinodiscus* sp. | *Prorocentrum minimum**, *Gymnodynium/Karlodinium* sp.,*Karenia* sp***. | | |
| Εκβολές Ποταμού Κομψάτου | *Cylindrotheca closterium, Cyclostephanos* sp., *Coscnodiscus* sp. | *Prorocentrum minimum (βιομάζα > 5 mg/L)* | *Eutreptiella* sp. *Limnothrix/Jaag inema* sp. | *Plagioselmis* sp. *Cryptomonas* sp. |
| Εκβολές Ποταμού Τραύου | *Cyclostephanos* sp. *και Coscinodiscus* | *Prorocentrum minimum Gymnodynium/Karlodinium* sp., *Karenia* sp***. | | |

Η άνθιση του φυτοπλαγκτού, παρόλο που αυξάνει την παραγωγή οξυγόνου κατά τη διάρκεια της ημέρας, προκαλεί κατανάλωση του κατά τη διάρκεια της νύχτας, έχοντας ως αποτέλεσμα τη δημιουργία υποξικών συνθηκών. Η κατάσταση αυτή επιδεινώνεται με τις υψηλές θερμοκρασίες του νερού, όπως συνέβη και την ημέρα του συμβάντος (29oC). Ο συνδυασμός των παραπάνω γεγονότων, οδήγησε στη μαζική θανή των ψαριών στην τάφρο διαχείμασης «Μαντρί». Το φαινόμενο δεν επεκτάθηκε κυρίως εξαιτίας της χρήσης των συσκευών οξυγόνωσης των νερών του χειμαδιού και της καλύτερη κυκλοφορία των υδάτων λόγω της αφαίρεσης των ιχθυοφραγμών (Πίνακας IV).

Οι ενδείξεις ασφυξίας που παρατηρήθηκαν στα νεκρά ψάρια δικαιολογούνται τόσο από τις τιμές των θρεπτικών αλάτων που βρέθηκαν στα δείγματα νερού (Πίνακας III) , σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες της καλοκαιρινής περιόδου (Πίνακας IV), όσο και από τις συγκεντρώσεις που βρέθηκε το δινομαστιγωτό Prorocentrum minimum (Πίνακας V). Η καφέ-κίτρινη ουσία που περιγράφηκε από τους ψαράδες, φαίνεται ότι αποτελείτο από τη συσσωμάτωση των φυτοπλαγκτικών κυττάρων με την παραγόμενη από αυτά βλέννη. Είναι γνωστό ότι η παραγόμενη βλέννη από φυτοπλαγκτικούς οργανισμούς και ειδικότερα από το κυρίαρχο είδος Cylindrotheca closterium στη θέση Μαντρί μπορεί να προκαλέσει μπλοκάρισμα στα βράγχια και να επιδεινώσει πιθανόν την αναπνοή στις ούτως ή άλλως υποξικές συνθήκες που επικρατούσαν (Genitsaris et. al. 2019, Yentur et al. 2013).

Για την αποφυγή παρόμοιων φαινομένων στη Λίμνη Βιστωνίδα και στις λεκάνες διαχείμασης είναι απαραίτητη η λήψη μέτρων για την μείωση των φορτίων νιτρικών και φωσφορικών ιόντων τόσο στη λίμνη, όσο και στις εκτάσεις περιμετρικά της, κυρίως με τη μείωση των κτηνοτροφικών ζώων σε εκτάσεις κοντινές με τη λίμνη. Επιπρόσθετα, η μελλοντική αποκατάσταση των μαιάνδρων στα ποτάμια που εκβάλλουν στη Βιστωνίδα, θα βοηθήσει και στη μείωση του φορτίου που μεταφέρεται από απομακρυσμένες περιοχές. Όπως φάνηκε από την εξέλιξη του φαινομένου, η βελτίωση της κυκλοφορίας των υδάτων στο σύστημα και κυρίως στα χειμαδιά, όπως επίσης και η τεχνητή οξυγόνωσή τους είναι σημαίνουσας αξίας για την αποφυγή και την αντιμετώπιση τέτοιων φαινομένων. Κατά συνέπεια, είναι απαραίτητη μία μελέτη που θα προτείνει άμεσα εφαρμόσιμα μέτρα για την βελτίωση της κίνησης των υδάτων που να αφορούν τόσο τη διαχείριση των χειμαδιών, όσο και την αποκατάσταση της φυσικής ροής, όπου αυτό είναι αναγκαίο. Επίσης, οτι αφορά στον Αλιευτικό Συνεταιρισμό οφείλει να διατηρεί σε άριστη κατάσταση τα συστήματα παροχής αέρα και μελλοντικά να έχει τη δυνατότητα ρίψης είτε θαλασσινού, είτε νερού από γεωτρήσεις, έτσι ώστε να μειώνεται η ένταση παρόμοιων φαινομένων, αλλά και να χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις παγετού.

Τέλος, κρίνεται απαραίτητη η αποκατάσταση των σταθμών μέτρησης φυσικοχημικών παραμέτρων στη λίμνη και η τοποθέτηση νέων στις λεκάνες διαχείμασης όπου τοποθετούνται μεγάλες ποσότητες ψαριών. Με τον τρόπο αυτό θα υπάρχει άμεση ειδοποίηση (alert), είτε για μεγάλη αύξηση της θερμοκρασίας το καλοκαίρι (>26°C) ή για μεγάλη μείωση τον χειμώνα (<5°C), ώστε να λαμβάνονται άμεσα μέτρα για την αποφυγή φαινομένων μαζικής θανής ψαριών.

Σε κάθε περίπτωση είναι απαραίτητη η συνεχής παρακολούθηση του συστήματος για το σύνολο των υπηρεσιών και αγαθών που προσφέρει, τόσο για την βελτίωση των οικοσυστημικών υπηρεσιών της, όσο και για την σύνταξη ενός εφαρμόσιμου διαχειριστικού σχεδίου, το οποίο θα στηρίζεται στις αρχές της βιώσιμης ανάπτυξης.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Barnes, R.S.K. (1980) Coastal lagoons. Cambridge Univ. Press, New York. 106 p

CEN (2006) Water quality - Guidance standard on the enumeration of phytoplankton using inverted microscopy (Utermöhl technique) (EN 15204)

CEN (2015) Water quality - Guidance on the estimation of microalgal biovolume (EN 16695)

Γιαννακοπούλου Τ (1989) Δομή – διαχείριση υφάλμυρων συστημάτων. Η περίπτωση ευτροφισμού της Βιστωνίδας. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης

Γκίκας ΓΔ (2002) Μελέτη του Υδατικού Οικοσυστήματος της Βιστωνίδας. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πολυτεχνική Σχολή, Δ.Π.Θ., Πανεπιστημιακή Βιβλιοθήκη, 454 σελ

Cataudella S, Crosetti D, Massa F (2015). Mediterranean coastal lagoons: sustainable management and interactions among aquaculture, capture fisheries and the environment Studies and Reviews. General Fisheries Commission for the Mediterranean. No 95. Rome, FAO. 278 pp.

De Groot R, Brander L, Van Der Ploeg S, Costanza R, Bernard F, Braat L, Christie M, Crossman N, Ghermandi A, Hein L, Hussain S (2012) Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. Ecosyst. Serv., 1 (1): 50-61

Economidis PS, Athanasopoulos T, Dimitriou E, Kapareliotis A, Katselis G, Koutrakis E, Koutsikopoulos K, Liourdi M, Manios V, Roussi A & RogdakisI (2001). Study of the organization and function of fishery use in lagoons. PESCA Unpublished study. ICHTHIKA S.A., Department of Fish-farming and Inland Waters, Hellenic Ministry of Agriculture. 166 pp.

Genitsaris S, Stefanidou N, Sommer U, Moustaka-Gouni M (2019) Phytoplankton Blooms, Red Tides and Mucilaginous Aggregates in the Urban Thessaloniki Bay, Eastern Mediterranean. Diversity, 11(8): 136

Gikas GD, Yiannakopoulou T, Tsihrintzis VA (2006a) Modeling of non-point source pollution in a Mediterranean drainage basin. Environmental Modeling and Assessment, 11: 219-233

Gikas GD, Yiannakopoulou T, Tsihrintzis VA (2006b) Water quality trends in a lagoon impacted by non-point source pollution after implementation of protective measures. Hydrobiologia, 563: 385-406

Haines-Young R, Potschin M (2010) The links between biodiversity, ecosystem services and human well-being. In: Raffaelli D & Frid C (eds.) Ecosystem Ecology: a new synthesis. BES Ecological Reviews Series, CUP, Cambridge, Cambridge University Press 1: 110-139

Koutrakis ET, Conides A, Parpoura AC, van Ham EH, Katselis G, Koutsikopoulos C (2007) Lagoon Fisheries' Resources in Hellas. In. Papaconstantinou C, Zenetos A, Vassilopoulou V, Tserpes G (eds), State of Hellenic Fisheries. Hellenic Centre for Marine Research, Athens, Greece.

Koutrakis E, Emfietzis G, Sylaios G, Zoidou M, Katsiapi M, Moustaka-Gouni M (2016) Massive fish mortality in Ismarida Lake, Greece: identification of drivers contributing to the fish kill event. Mediterranean. Marine Science, 17(1): 280–291

Maes J, Teller A, Erhard M, Grizzetti B, Barredo JI, Paracchini ML, Condé S, Somma F, Orgiazzi A, Jones A, Zulian A, Vallecilo S, Petersen JE, Marquardt D, Kovacevic V, Abdul Malak D, Marin AI, Czúcz B, Mauri A, Loffler P, BastrupBirk A, Biala K, Christiansen T, Werner B (2018) Mapping and Assessment of Ecosystems and their Services: An analytical framework for ecosystem condition. Publications office of the European Union, Luxembourg, pp 78

Markou DA, Sylaios GK, Tsihrintzis VA, Gikas GD, Haralambidou K (2007) Water quality of Vistonis Lagoon, Northern Greece: seasonal variation and impact of bottom sediments. Desalination, 210(1): 83-97

Μιρλή Α, Σαπουνίδης Α, Καμίδης Ν, Κραμπέτσης Δ, Παπαδοπούλου Π, Τσιάνης Δ, Κουτράκης Ε (2020) Μαζική θανή ψαριών στον ποταμό Κόσυνθο και στη λίμνη Βιστωνίδα. Τεχνική Έκθεση ΙΝΑΛΕ- ΦΔ Δέλτα Νέστου- Βιστωνίδας- Ισμαρίδας & Θάσου

Mirli A, Kamidis N, Latinopoulos D, Kagalou I (2022) Assessing the Ecosystem Services of Nestos Delta lagoons – Greece: Coupling with Sustainability Indicators. Fresenius Environmental Bulletin, 31(08A): 8335-8341

Moustaka M, Hiskia A, Genitsaris S, Katsiapi M, Manolidi K, Zervou S, Christophoridis C, Triantis T, Kaloudis T, Orfanidis S (2016) First report of Aphanizomenon favaloroi occurrence in Europe associated with saxitoxins and a massive fish kill in Lake Vistonis, Greece. Marine and Freshwater Research 68, 793-800

Ορφανίδης Σ (2014) Μετρήσεις αβιοτικών και βιοτικών παραμέτρων του εκβολικού συμπλέγματος Βιστωνίδα-Πόρτο Λάγος τον Ιούλιο 2014, με σκοπό τη διάγνωση των αιτιών του αιφνίδιου θανάτου ψαριών. Τεχνική Έκθεση για Βιστωνίδα-Πόρτο Λάγος, ΙΝΑΛΕ (ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ)

Parsons TR, Maita Y & Lalli CM (1984) A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Oxford: Pergamon Press, 173 p

Πισινάρας Β, Κουτράκης Μ, Καμίδης Ν, Παναγόπουλος Α, Συλαίος Γ (2016) Διερεύνηση της σχέσης μεταξύ των κλιματικών παραμέτρων και των περιστατικών μαζικής θανής ψαριών στη Βιστωνίδα με βάση τις υφιστάμενες και τις μελλοντικές κλιματικές συνθήκες. 16ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων Πρακτικά Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων 16: 317-320

Scavia D, Field JC, Boesch DF, Buddemeier RW, Burkett V, Cayan DR, Foraty M, Harwell MA, Howarth RW, Mason c, Reed DJ, Royer TC, Sallenger AH, Titus JD (2002) Climate change impacts on US Coastal and Marine Ecosystems. Estuaries, 25:149–164

Τσιάνης Δ. (2020). Έκθεση αξιολόγησης της ιχθυοτροφικής εκμετάλλευσης των λιμνοθαλασσών Βιστωνίδας-Λαγού για τα έτη 2020-2022. Τμήμα Αλιείας ΔΑΟΚ ΠΑΜΘ.

Yentur R.E., Buyukates Y., Ozen O. & Altin A. (2013). The environmental and socio-economical effects of a biologic problem: Mucilage. Marine Science and Technology Bulletin (2013) 2(2):13-15

Χαραλαμπίδου Κ, Γκίκας ΓΔ, Δημητρίου Δ, Τσιχριντζής ΒΑ, Συλαίος ΓΚ, Μάρκου Δ (2005) Μεταβολές θρεπτικών σε λιμνοθάλασσες της Βόρειας Ελλάδας. Συνέδριο HELLECO, Αθήνα, 3-5/6/2005.

# Εκτίμηση εποχικών μεταβολών επιφάνειας στις φραγμαλίμνες Αώου, Πουρναρίου και Πολυφύτου με χρήση Τηλεπισκόπησης

**Κυριακή Μυλωνά, Γεώργιος Κατσέλης**
[1] Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών Πανεπιστήμιου Πατρών – email: kmylona@gmail.com

## ABSTRACT

**Kyriaki Mylona[1], George Katselis[2]: Estimation of seasonal area changes in the dam lakes of Aoos, Pournari and Polyphytos using Remote Sensing**

In this study estimated the seasonal changes in dam Lake Aoos, Pournari and Polyphytos using Sentinel-2 imagery. The satellite images were geometrically corrected and the Normalized Difference Water Index (NDWI) was used for the extraction of surface water from image data. Based on the results of the analysis of shoreline changes, it was found that the shoreline development index ranges from 4.38 to 7.08. In May 2021 the surface area of dam Lake Polyphytos was 63.86km$^2$ while it decreased by 7.9% in August of the same year. In the lakes of Aoou and Pournari the surface area reduced about 14% during the May and October of the same year. Considering that the level of water faces seasonal differentiation, changes in the ichthyofauna might happen as results of adaptation of each species needs on the above seasonal modifications of dam lake's biotopes.

**Keywords:** Sentinel-2, shoreline, NDWI, lake, area

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι τεχνητές λίμνες οφείλονται σε ανθρωπογενείς παρεμβάσεις, ως αποτέλεσμα της κατασκευής φράγματος ποταμού ή δεξαμενών αποθήκευσης. Η ανθρώπινη αυτή επέμβαση δημιουργεί την κατάκλιση μεγάλων εκτάσεων καθώς και τη διακοπή της ροής του ποτάμιου συστήματος και αυτό μπορεί να επιφέρει αλλαγή της χλωρίδας και πανίδας της περιοχής (Kanbar, 2011). Οι περισσότερες λίμνες στην Ελλάδα περιλαμβάνονται σε λεκάνες απορροής ποταμών και αποτελούν κέντρα ενδημισμού (π.χ. Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα, Βεγορίτιδα, Παμβώτιδα) (Kryštufek & Reed, 2004). Δεδομένου ότι η στάθμη του νερού διαφοροποιείται περιοδικά, η περιοχή μπορεί να αλλάξει σε ελώδη γη ή γη καλαμιώνων εξαρτώμενη από τη δομή του εδάφους, την κλίση, και αυτό μπορεί να επιφέρει μεταβολές ή να ελέγχει την βιοποικιλότητα τους. Η Οδηγία 2000/60/ΕΚ αποτελεί μια συνολική προσπάθεια προστασίας και διαχείρισης των υδατικών πόρων συνδυάζοντας ποιοτικούς, οικολογικούς και ποσοτικούς στόχους για την προστασία των λιμνών και επιδιώκει την «καλή οικολογική κατάσταση» των επιφανειακών υδάτων. Προσδιορίζει με λεπτομέρεια βασικά βήματα, όπως η δημιουργία τυπολογίας με την οποία σύμφωνα με το Παράρτημα ΙΙ της 2000/60/ΕΚ η διάκριση των τύπων των λιμνών μπορεί να γίνει είτε μέσω του Συστήματος Α (υψόμετρο, μέσο βάθος, επιφάνεια και γεωλογία), είτε μέσω του Συστήματος Β (υποχρεωτικοί παράγοντες του συστήματος Α και φυσικοχημικοί παράγοντες).

Η ανάγκη για συνεχή καταγραφή και παρατήρηση του υδάτινου οικοσυστήματος, κατέστησε απαραίτητη τη χρήση της Τηλεπισκόπησης και των Γεωγραφικών Συστημάτων Πληροφοριών προκειμένου να είναι εφικτή η γρήγορη και ακριβής παρατήρησή τους. Μέσω των δορυφορικών δεδομένων μπορούν να αντληθούν πληροφορίες υψομέτρου, μεταβολής της επιφάνειας της λίμνης, γεωλογίας καθώς και φυσικοχημικών παραγόντων όπως chl-a, διαλυμένο οξυγόνο και άλλα. Αρκετές μελέτες έχουν χρησιμοποιήσει ανάλυση πολυφασματικών αποτυπώσεων για μια ποικιλία εφαρμογών σε διαφορετικά υδάτινα οικοσυστήματα, συμπεριλαμβανομένων των ωκεανών και των λιμνών. Για παράδειγμα, ο Wang et al. (2018) αξιολόγησε την τροφική κατάσταση των παγκόσμιων εσωτερικών υδάτων χρησιμοποιώντας έναν δείκτη Forel-Ule (FU) που προέρχεται από το MODIS διαπιστώνοντας ότι οι ολιγοτροφικές μεγάλες λίμνες συγκεντρώνονται σε περιοχές οροπεδίων στην κεντρική Ασία και τη Νότια Αμερική, ενώ ευτροφικές μεγάλες λίμνες συγκεντρώνονται στην κεντρική Αφρική, ανατολική Ασία και τη μέση βόρεια και νοτιοανατολική Βόρεια Αμερική. Ωστόσο, οι περισσότερες μελέτες βασίζονται σε δεδομένα μίας ημερομηνίας, παραμελώντας την εποχική διαφοροποίηση που μπορεί να έχει ένα υδάτινο οικοσύστημα εξαιτίας του κύκλου της βλάστησης και των υδατικών αλλαγών. Οι Perivolioti et al. (2016) χρησιμοποίησαν εικόνες από τον δορυφόρο Landsat 30 ετών (1984-2016) για να εκτιμήσουν την ποιότητα του νερού στη λίμνη Κορώνεια.

Στην παρούσα εργασία χρησιμοποιήθηκαν δορυφορικά δεδομένα προερχόμενα από το Sentinel-2 ώστε να εκτιμηθεί με τη βοήθεια του GIS η εποχική μεταβολή της επιφάνειας τριών τεχνητών λιμνών

της Βορειοδυτικής Ελλάδας. Οι δορυφόροι Sentinel-2 αναπτύχθηκαν από τον Ευρωπαϊκό Οργανισμό Διαστήματος (ESA), ως μέρος του Προγράμματος Copernicus. Ο σχεδιασμός του πολυφασματικού οργάνου του δορυφόρου Sentinel-2, βασίστηκε στην ανάγκη για μεγάλο εύρος πληροφορίας, υψηλής γεωμετρικής και φασματικής ακρίβειας.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι εικόνες Sentinel-2 που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη αποκτήθηκαν μέσω του Γεωλογικού Ινστιτούτου των Η.Π.Α (USGS) (https://earthexplorer.usgs.gov/) και προέρχονται από τον αισθητήρα Multi-Spectral Imager (MSI). Ο αισθητήρας καταγράφει σε 13 φασματικά κανάλια από 443nm έως 2190nm. Η χωρική ανάλυση είναι στα 10 m (μπλε, πράσινο, κόκκινο, εγγύς υπέρυθρο – B,G,R, NIR), 20 m (ακμές του κόκκινου, εγγύς και μέσο υπέρυθρο – Red Edges 5,6,7, NIR2, SWIR1, SWIR2) και 60 m (κανάλια ατμοσφαιρικής διόρθωσης – B1, B9, B10).Για κάθε περιοχή ενδιαφέροντος αντλήθηκαν 2 εικόνες διαφορετικής εποχής και νεφοκάλυψης μικρότερης του 10%. (Πίνακας Ι).

**Πίνακας Ι. Συνοπτική περιγραφή των δεδομένων που χρησιμοποιήθηκαν.**
**Table I. Summary of the data used.**

| ΔΟΡΥΦΟΡΟΣ | ΥΠΟ ΜΕΛΕΤΗ ΠΕΡΙΟΧΕΣ | ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΚΑΤΑΓΡΑΦΗΣ | TILE ΑΡΙΘΜΟΣ |
|---|---|---|---|
| **Sentinel-2** | Τεχνητή Λίμνη Πολυφύτου | 08/05/2021 & 01/08/2021 | T34TEK |
| | Τεχνητή λίμνη Πηγών Αώου | 08/05/2021 & 05/10/2021 | T34TEK |
| | Τεχνητή λίμνη Πουρναρίου | 23/05/2021 & 30/10/2021 | T34SDJ |

Στις εικόνες Sentinel-2 πραγματοποιήθηκε ραδιομετρική και ατμοσφαιρική διόρθωση στο περιβάλλον του QGIS 3.16 μέσω του Semi-Automatic Classification Plugin (SCP). Έπειτα, στο ίδιο πρόγραμμα, επιλέχθηκε ένα πολύγωνο που να περιλαμβάνει κάθε φορά την περιοχή μελέτης ώστε να μειωθεί το μέγεθος των εικόνων. Τα κανάλια της εικόνας τόσο της άνοιξης όσο και του φθινοπώρου χρησιμοποιήθηκαν με χωρική ανάλυση 10m στο προβολικό σύστημα αναφοράς του WGS84, UTM Zone 34. Ακολούθησε η εφαρμογή του φασματικού δείκτη νερού NDWI (McFeeters, 1996), ο οποίος χρησιμοποιεί τα φασματικά κανάλια B3 (πράσινο – G) και B8 (εγγύς υπέρυθρο – NIR) (σχέση 1) και είναι ο καταλληλότερος δείκτης για την απεικόνιση μαζών.

$$NDWI = \frac{GREEN-NIR}{GREEN+NIR} \quad (1)$$

Ο δείκτης NDWI μεγιστοποιεί την ανάκλαση του νερού και το εύρος των τιμών του κυμαίνεται από -1 έως 1. Τείνει όμως, να είναι πολύ ευαίσθητος στις μη διαπερατές επιφάνειες και αυτό μπορεί να οδηγήσει στην υπερεκτίμηση των υδάτινων περιοχών (Du et al., 2016). Για τον λόγο αυτό δημιουργήθηκε μία μάσκα νερού στο QGIS, σε κάθε εικόνα, για τον καλύτερο διαχωρισμό των περιοχών που καλύπτονται από νερό σε σχέση με αυτές που δεν καλύπτονται (Ji et al., 2009). Με τη χρήση του Raster Calculator πραγματοποιήθηκε μια δυαδική ταξινόμηση, όπου εικονοστοιχεία με παρόμοια φασματική ανάκλαση, αντιστοιχούν σε ίδια αντικείμενα. Η πρώτη κλάση θεωρείται το νερό (1-TRUE) ενώ η δεύτερη θεωρείται οτιδήποτε άλλο (0-FALSE). Επιπρόσθετα, με τη βοήθεια του plugin “serval selection” επιλέχθηκαν και τροποποιήθηκαν εικονοστοιχεία των raster αρχείων με λάθος τιμές εξαιτίας είτε συννεφοκάλυψης, είτε εναπόθεσης ιλύος. Λαμβάνοντας υπόψη τον δείκτη NDWI υπολογίστηκε η εποχική μεταβολή της επιφάνειας των τριών τεχνητών λιμνών. Ακολούθως οριοθετήθηκε για κάθε περίπτωση η ακτογραμμή και υπολογίσθηκε ο δείκτης ακτογραμμής (shoreline development index) $D_L$ (σχέση 2): $D_L = \frac{L}{2\sqrt{\pi A}}$ (2) όπου L είναι η περίμετρος της λίμνης και A η επιφάνειά της. Όταν η λίμνη είναι κυκλική το Dl =1 ενόσω για Dl>1 και αυξάνοντας η τιμή υποδηλώνει αντίστοιχα αυξημένο βαθμό περιπλοκότητας (μαιάνδρους) της ακτογραμμής (Wetzel, 2001).

Για τον υπολογισμό της εποχικής μεταβολής της επιφάνειας της υπό μελέτη λίμνης δεν λήφθηκαν υπόψιν τμήματα αυτής όπου οι εποχικές διαφοροποιήσεις της επιφάνειας τους ήταν $10^{-6}$ $km^2$ ( (1 στρέμμα). Επιπρόσθετα, λαμβάνοντας υπόψη τους λογαρίθμους της επιφάνειας των τμημάτων της κάθε λίμνης τα οποία μεταβάλλονται ανά εποχή ελέγχθηκε αν υπάρχουν στατιστικά σημαντικές διαφορές στις μέσες τιμές τους, χρησιμοποιώντας ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one way-ANOVA) με επίπεδο σημαντικότητας 5%,. Η ομοιογένεια των κατανομών ελέγχθηκε με Levene’s test και με Tukey test αν οι μέσοι όροι μεταξύ των λιμνών παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές.

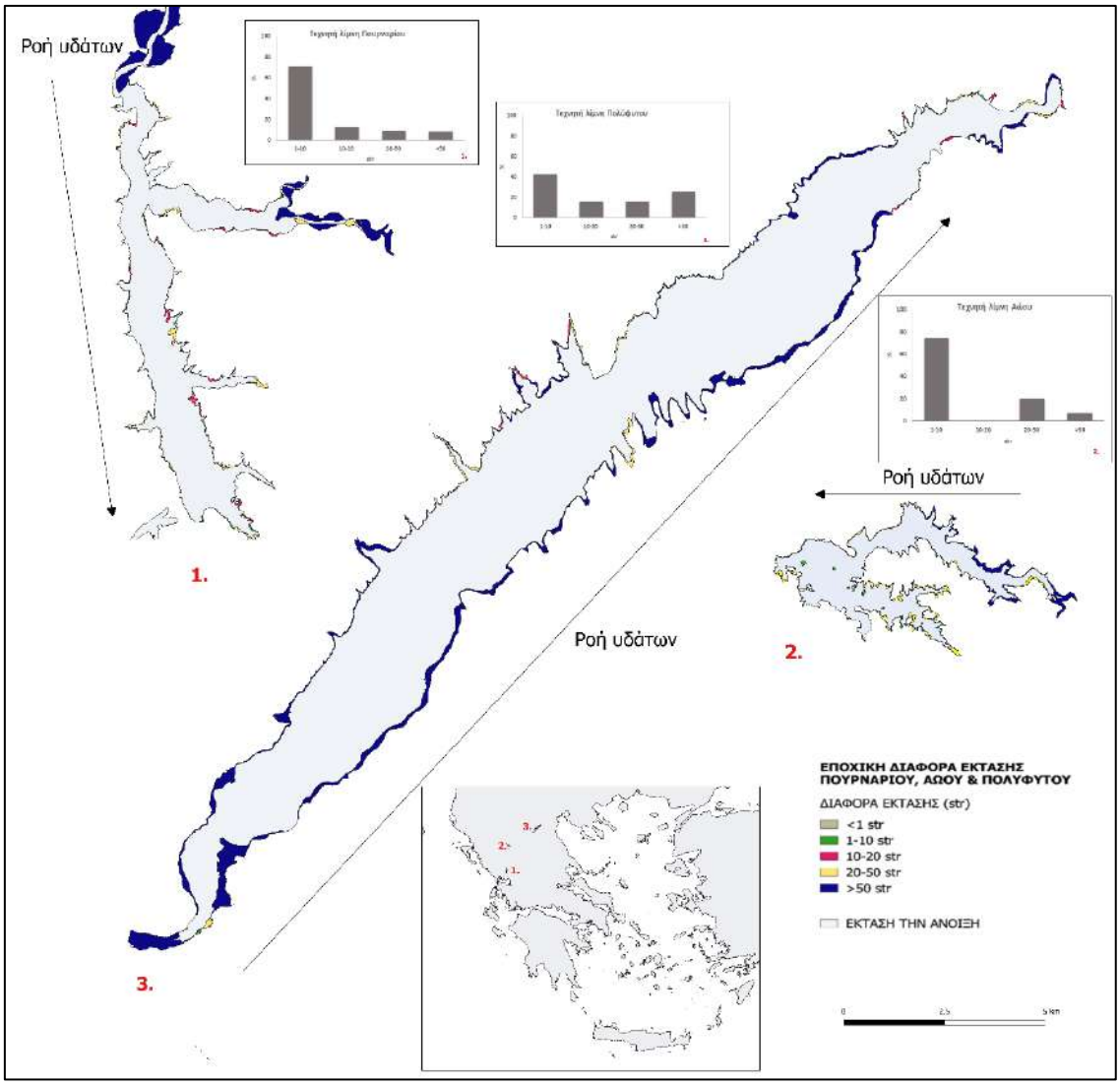
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα μορφομετρικά στοιχεία των τριών λιμνών και οι μεταβολές τους φαίνονται στον Πίνακα ΙΙ. Παρατηρείται μια εποχική διαφορά της επιφάνειας και στις τρεις τεχνητές λίμνες. Γενικά διακυμάνσεις της επιφάνειας των λιμνών μπορεί να είναι αποτέλεσμα των παρατεταμένων περιόδων ξηρασίας, πλημμυρικής εισροής και των έντονων βροχοπτώσεων τους χειμερινούς μήνες (Jørgensen et al., 2012), ενόσω επιπρόσθετα αιτίες μείωσης της επιφάνειας είναι και η υπεράντληση των υδάτων για άρδευση και ύδρευση, διαρροές από φυσικές καταβόθρες (McVicar et al., 2012). Στην περίπτωση των φραγμαλιμνών με βασικό σκοπό δημιουργίας τους την ηλεκτροπαραγωγή, ο προγραμματισμός της ζήτησης του νερού για παραγωγή ρεύματος αποτελεί ρυθμιστικό παράγοντα της μεταβολής της στάθμης τους και κατά συνέπεια της επιφάνειας τους. Συγκεκριμένα, το Μάιο του 2021 η επιφάνεια της λίμνης Πολυφύτου υπολογίστηκε στα 63.86km$^2$ ενώ μειώθηκε κατά 7.9% τον Αύγουστο του ίδιου έτους. Η επιφάνεια της τεχνητής λίμνης των πηγών Αώου και της τεχνητής λίμνης Πουρναρίου μειώθηκε περίπου κατά 14% της επιφάνειάς της μεταξύ Μαΐου και Οκτωβρίου 2021. Η λίμνη Πολυφύτου παρουσιάζει μικρότερο βαθμό περιπλοκότητας της ακτογραμμής της (μαιάνδρους) (DL=4.38-4.68) έναντι των λιμνών Αώου και Πουρναρίου (DL=6.37-7.08). Λαμβάνοντάς υπόψιν ότι ο δείκτης DL εξαρτάται από το μέγεθος της υπό μελέτη λίμνης, που συνδέεται με υπερεκτίμηση του δείκτη σε λίμνες μεγαλύτερης επιφάνειας έναντι του δείκτη μικρότερης επιφάνειας λιμνών με το ίδιο σχήμα (Seekell et al., 2022), είναι σαφές ότι η πολυπλοκότητα ακτογραμμής θα αφορά σε Πολυφύτου<Πουρναρίου<Αώου, κάτι το οποίο είναι ξεκάθαρο στην οπτικοποίηση της ακτογραμμής των παραπάνω λιμνών (Εικόνα 1).

**Πίνακας ΙΙ. Μεταβολή της υδάτινης επιφάνειας των υπό μελέτη λιμνών σε δύο χρονικές περιόδους το 2021.**
**Table II. Seasonal water body area change.**

| ΛΙΜΝΕΣ | SENTINEL-2 | ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ (Km$^2$) | ΠΕΡΙΜΕΤΡΟΣ (Km) | ΔΕΙΚΤΗΣ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΗΣ $D_L$ | ΕΠΟΧΙΚΗ ΔΙΑΦΟΡΑ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ (%) |
|---|---|---|---|---|---|
| Τεχνητή Λίμνη | 8/5/2021 | 63.86 | 131.08 | 4.63 | 7.94 |
| Πολυφύτου | 1/8/2021 | 58.79 | 119.02 | 4.38 | |
| Τεχνητή λίμνη | 8/5/2021 | 7.68 | 62.55 | 6.37 | 14.13 |
| Πηγών Αώου | 5/10/2021 | 6.60 | 59.79 | 6.57 | |
| | 23/05/2021 | 16.67 | 93.91 | 6.49 | 14.10 |
| Τεχνητή λίμνη Πουρναρίου | 30/10/2021 | 14.31 | 94.90 | 7.08 | |

Στην εικόνα 1 απεικονίζονται οι εποχικές μεταβολές της επιφάνειας στις τεχνητές λίμνες Πουρναρίου, πηγών Αώου και Πολυφύτου. Η λίμνη Πουρναρίου, η οποία είναι καναλόμορφη, διατηρώντας το σχήμα του ποταμού, με ένα στενόμακρο στέλεχος προς τα ανατολικά, παρουσιάζει έντονες εποχικές διαφοροποιήσεις στην επιφάνεια στη βόρεια και ανατολική πλευρά της, στη σύνδεση με τον ποταμό Άραχθο από τον οποίο και τροφοδοτείται. Η λίμνη Πολυφύτου, επιμήκης με ήπια διαπλάτυνση στο μέσο της, δέχεται κυρίως τα νερά του ποταμού Αλιάκμονα και παρουσιάζει εντονότερη μεταβολή της επιφάνειας νοτιοανατολικά. Η λίμνη Αώου, παρουσιάζει μεγαλύτερη εποχική διαφοροποίηση επιφάνειας στο ανατολικό τμήμα της, όπου και τροφοδοτείται από τις πηγές Αώου. Στο νότιο τμήμα η μεταβολή της έκτασης πιθανόν να οφείλεται στο ήπιο πρανές της περιοχής.




**Εικόνα 1. Μεταβολή της έκτασης των λιμνών Πουρναρίου, Αώου, Πολυφύτου και η συχνότητα κλάσεων επιφάνειας των αποκαλυπτόμενων τμημάτων (Επιφάνεια<1 στρέμματος (str), από 1 έως 10 str, από 10 έως 20 str, 20 έως 50 str και μεγαλύτερες των 50 str) .**

**Figure 1. Surface seasonal changes of the dam lakes Pournari, Aoos, Polyphytos and the frequency of water uncovered parts area (Area <1 str, 1-10 str, 10-20 str, 20-50 str and <50 str).**

Λαμβάνοντας υπόψη τα εποχικά αποκαλυπτόμενα τμήματα της κάθε λίμνης, υπολογίστηκε η μέση τιμή, η τυπική απόκλιση και ο συντελεστής μεταβλητότητας για τις επιφάνειες που ήταν μεγαλύτερες του ενός στρέμματος (πίνακας ΙΙΙ). Το μέγεθος των εποχικά αποκαλυπτόμενων τμημάτων στις τεχνητές λίμνες Αώου και Πουρναρίου ήταν 17.02±29.91 και 23.04±71.04 str ενόσω του Πολύφυτου ήταν 81.35 ±190.14 str παρουσιάζοντας στατιστικά σημαντική διαφορά έναντι των δύο πρώτων (anova, $P<0.05$; Tukey t-test<0.05).

**Πίνακας ΙΙΙ. Μέση τιμή επιφάνειας (Ε), τυπική απόκλιση (SD) και συντελεστής μεταβλητότητας (CV%) των αποκαλυπτόμενων τμημάτων λόγω εποχικών μεταβολών επιφάνειας.**
**Table III. Average area (E), standard deviation (SD) and coefficient of variance (%CV) of water uncovered parts due to seasonal changes of dam lake surface.**

| ΛΙΜΝΕΣ | E (str) | SD | %CV |
|---|---|---|---|
| Τεχνητή Λίμνη Πολυφύτου | 81.35[b] | 190.14 | 233.74 |
| Τεχνητή λίμνη Πηγών Αώου | 17.02[a] | 29.91 | 175.75 |
| Τεχνητή λίμνη Πουρναρίου | 23.04[a] | 71.04 | 308.38 |

Οι μέσοι όροι κάθε παραμέτρου μεταξύ των μεταχειρίσεων που φέρουν τον ίδιο εκθέτη δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (anova, P>0.05).
*Χρησιμοποιήθηκαν τμήματα μεγαλύτερα του 1 στρέμματος

Οι μεγαλύτερου μεγέθους αποκαλυπτόμενες περιοχές καταγράφονται και στις τρεις λίμνες στις εισόδους των ποταμών που τις τροφοδοτούν και πέραν αυτών στο βόρειο τμήμα της λίμνης του Αώου και επί ολόκληρης της νοτιοανατολικής πλευράς της λίμνης του Πολυφύτου συνέπεια της ήπιας κλίσης των περιοχών αυτών. Το μέγεθος των αποκαλυπτόμενων εποχικά περιοχών παρουσιάζει υψηλή ετερογένεια (CV:175-308%) αλλά με την σχετικά μικρότερη στην λίμνη του Αώου και τη μεγαλύτερη στην λίμνη του Πολύφυτου, αναδεικνύοντας πιθανή σύνδεση της ετερογένειας των μεγεθών των αποκαλυπτόμενων εποχικά περιοχών με το μέγεθος της λίμνης κατά αντιστοιχία του δείκτη DL (Seekell et al., 2022).

Η απόκτηση δεδομένων για τις ανάγκες της παρακολούθησης φραγμαλιμνών είναι συχνά δύσκολη λόγω της πολυπλοκότητας των εν λόγω περιοχών. Η επιστήμη της Τηλεπισκόπησης προσφέρει την δυνατότητα να αποκτώνται -συχνά χωρίς καθόλου κόστος- δορυφορικά δεδομένα, σε τακτά χρονικά διαστήματα, και σε συνδυασμό με τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών να αντλούνται πληροφορίες για τα λιμναία συστήματα, όπως η εποχική μεταβολή της επιφάνειάς τους. Η εκτόξευση νέων, εξελιγμένων οργάνων για την παρατήρηση της Γης, όπως η σειρά των δορυφόρων Sentinel, δημιουργεί νέες ευκαιρίες για την ανάπτυξη τεχνικών που θα βοηθήσουν στην παρακολούθηση των υδάτινων οικοσυστημάτων ώστε να επιτευχθεί η ολοκληρωμένη προστασία και ορθολογική διαχείριση των υδατικών πόρων της χώρας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

### Ελληνική Βιβλιογραφία

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23ης Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L327/1, Luxembourg.

### Ξένη Βιβλιογραφία

Du, Y., Zhang, Y., Ling, F., Wang, Q., Li, W., & Li, X. (2016). Water bodies' mapping from Sentinel-2 imagery with Modified Normalized Difference Water Index at 10-m spatial resolution produced by sharpening the swir band. *Remote Sensing*, *8*(4). https://doi.org/10.3390/rs8040354

Ji, L., Zhang, L., & Wylie, B. (2009). Analysis of dynamic thresholds for the normalized difference water index. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, *75*(11), 1307–1317. https://doi.org/10.14358/PERS.75.11.1307

Jørgensen, S. E., Tundisi, J. G., & Tundisi, T. M. (2012). Rivers as Ecosystems. *Handbook of Inland Aquatic Ecosystem Management*, *May*, 61–82. https://doi.org/10.1201/b13038-5

Kanbar, H. J. (2011). *Impacts of Dams on Biodiversity*. *September*, 1.

Kryštufek, B., & Reed, J. M. (2004). Pattern and Process in Balkan Biodiversity — An Overview. *Balkan Biodiversity*, 1–8. https://doi.org/10.1007/978-1-4020-2854-0_1

McFeeters, S. K. (1996). The use of the Normalized Difference Water Index (NDWI) in the delineation of open water features. *International Journal of Remote Sensing*, *17*(7), 1425–1432. https://doi.org/10.1080/01431169608948714

McVicar, T. R., Roderick, M. L., Donohue, R. J., Li, L. T., Van Niel, T. G., Thomas, A., Grieser, J., Jhajharia, D., Himri, Y., Mahowald, N. M., Mescherskaya, A. V., Kruger, A. C., Rehman, S., & Dinpashoh, Y. (2012). Global review and synthesis of trends in observed terrestrial near-surface wind speeds:

Implications for evaporation. *Journal of Hydrology*, *416–417*, 182–205. https://doi.org/10.1016/j.jhydrol.2011.10.024

Perivolioti, T., Mouratidis, A., Doxani, G. and Bobori, D. (2016). Monitoring the Water Quality of Lake Koronia Using Long Time- Series of Multispectral Satellite Images. 54124 (August), pp. 9–13.

Seekell, D., Cael, B. B., & Byström, P. (2022). Problems With the Shoreline Development Index — A Widely Used Metric of Lake Shape Geophysical Research Letters. *Geophysical Research Letters*, *49*(10), 1–7. https://doi.org/10.1029/2022GL098499

Wetzel, R. G. (2001). Limnology , Lake and River Ecosystems. *Academic Press*, 1146–1147.

# Εγκατάσταση και ανάπτυξη του πολυχαίτου *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) στη λιμνοθάλασσα Προκόπου

**Ντζουμάνη Αθανασία-Βιολέτα[1], Faulwetter Sarah[2], Κουτσικόπουλος Κωνσταντίνος[1], Αβραμίδης Παύλος[2], Ράμφος Αλέξιος[3]**

[1]Τμήμα Βιολογίας – Σχολή Θετικών Επιστημών – Πανεπιστήμιο Πατρών – ntzoumaniath@gmail.com, ckoutsi@upatras.gr
[2] Τμήμα Γεωλογίας – Σχολή Θετικών Επιστημών – Πανεπιστήμιο Πατρών – sfaulwetter@upatras.gr
[3] Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών – Σχολή Γεωπονικών Επιστημών – Πανεπιστήμιο Πατρών – aramfos@upatras.gr

## ABSTRACT

**Athanasia - Violeta Ntzoumani[1], Sarah Faulwetter[2], Constantin Koutsikopoulos[1], Pavlos Avramidis[2], Alexis Ramfos[3]: Settlement and growth of the polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel, 1923) in Prokopos lagoon (Western Greece).**

The species *Ficopomatus enigmaticus* is considered an ecosystem engineer due to the formation of the massive reefs it creates in the coastal zone and lagoons. Under favorable conditions, the species' reefs may have a significant effect on the hydrological regime, mainly by altering the water circulation and exchange. Moreover, due to its filtering capacity and creation of complex habitats capable for hosting increased invertebrate biodiversity and biomass it affects the trophic web of the habitat. In the present study, a settlement-growth experiment of *F. enigmaticus* was conducted in Prokopos lagoon (Western Greece), during September 2021 – May 2022. The species' larval settlement was observed during September and October and again during May and coincided with rapid changes in salinity, whereas growth was more intense during the warm months. *F. enigmaticus* density in the reefs ranged between 10,000 and 88,000 ind/m$^2$, whereas wet biomass reached 10.2–14.4 kg/m$^2$ at the end of the 244-day experiment.

**Keywords:** *Ficopomatus enigmaticus*, Serpulidae, reef, lagoon, settlement, growth

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η λιμνοθάλασσα του Προκόπου είναι μια σχετικά μικρή και ρηχή λιμνοθάλασσα με έκταση περίπου 1500 στρέμματα και βάθος που κυμαίνεται από 0,5 έως 1,5m.Βρίσκεται στο Εθνικό Πάρκο Υγροτόπων Κοτυχίου – Στροφυλιάς, προστατεύεται από την συνθήκη Ramsar και είναι ενταγμένη στο δίκτυο Natura 2000, λόγω της υψηλής οικολογικής σημασίας της περιοχής. Σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Οδηγία Πλαίσιο για τα νερά (WFD 2000/60), τα κράτη-μέλη οφείλουν να παίρνουν μέτρα και να πραγματοποιούν δράσεις προς την κατεύθυνση της βελτίωσης της οικολογικής κατάστασης όλων των υδάτινων συστημάτων όπου αυτό χρειάζεται, ενώ η συστηματική παρακολούθηση τους είναι ανάμεσα στις υποχρεώσεις που προκύπτουν από την ένταξη τους στο δίκτυο NATURA 2000.

Στη λιμνοθάλασσα του Προκόπου έχουν εμφανιστεί *βιογενείς ύφαλοι «κατασκευασμένοι» από πολύχαιτους* της οικογένειας Serpulidae, και συγκεκριμένα από το είδος *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel 1933). Τα Serpulidae είναι εδραίοι σκώληκες, οι οποίοι κατασκευάζουν ασβεστολιθικούς σωλήνες στους οποίους ζουν. Το σώμα τους αποτελείται από τρία τμήματα: κοιλιά, θώρακας και κεραϊκό στέμμα. Το κεραϊκό στέμμα είναι ένα εξάρτημα σε σχήμα "άνθους" που χρησιμοποιείται για τη συλλογή της τροφής τους. Αυτοί οι οργανισμοί θεωρούνται «μηχανικοί περιβάλλοντος» (environmental engineers) και συμβάλλουν σε σημαντικές λειτουργίες του οικοσυστήματος άλλοτε με θετικό και άλλοτε με αρνητικό πρόσημο. Οι σημαντικότερες επιδράσεις τέτοιου τύπου υφάλων σε λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα φαίνεται να σχετίζονται με αλλαγές στο υδρολογικό καθεστώς και την κυκλοφορία του νερού, με την απομάκρυνση σημαντικών ποσοτήτων φυτοπλαγκτού και αιωρούμενων σωματιδίων από την υδάτινη στήλη και με την αύξηση της βιοποικιλότητας και της βιομάζας βενθικών ασπονδύλων λόγω της δημιουργίας περίπλοκων δομών σκληρού υποστρώματος, οι ύφαλοι δημιουργούν μικροενδιαιτήματα για πολλά μαλάκια, πολυχαίτους και αμφίποδα (Euzet & Poujol 1963; Bianchi & Morri 1996) και αποτελούν συνήθως τον πιο πλούσιο σε είδη βενθικό βιότοπο στις λιμνοθάλασσες. Επιπλέον, διευκολύνουν την καθίζηση του ιζήματος από τη στήλη του νερού και την απόθεση αυτού στον πυθμένα, δημιουργώντας κατάλληλα υποστρώματα τροφοληψίας για μεγαλύτερους οργανισμούς, όπως τα πτηνά. Ως αρνητικές επιδράσεις αναφέρονται ότι οι ύφαλοι μπορεί να περιορίζουν τη φυσική ροή του νερού με συνέπεια την αύξηση της πιθανότητας εμφάνισης υποξικών ή/και ανοξικών συνθηκών, σε συνδυασμό

με την κατανάλωση οξυγόνου. Σε αντίθεση με τα παραπάνω, αναφέρεται επίσης ότι οι μεγάλοι πληθυσμοί του *F. enigmaticus* μπορούν να βελτιώσουν την ποιότητα του νερού, αφαιρώντας μεγάλες ποσότητες αιωρούμενων σωματιδίων, μειώνοντας το φορτίο θρεπτικών ουσιών και βελτιώνοντας έτσι τα επίπεδα οξυγόνου (Davies et al. 1989; Thomas & Thorp 1994). Με τον τρόπο αυτό πιθανώς αποτρέπεται ο ευτροφισμός σε περιοχές με υψηλή αφθονία του *F. enigmaticus* (Bruschetti et al. 2008).

Το *F. Enigmaticus* συναντάται σε πολλά υφάλμυρα, παράκτια ύδατα παγκοσμίως, αλλά η παρουσία του συνήθως γίνεται αισθητή όταν η αφθονία του είναι μεγάλη και αρχίζει να σχηματίζει υφάλους. Η μορφολογία των υφάλων ποικίλλει ανάλογα με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, ειδικότερα με το βάθος και τα ρεύματα του νερού. Σε ρηχά νερά οι βιογενείς ύφαλοι σχηματίζουν κυκλικές δομές, ενώ όπου υπάρχει αυξημένη ροή του νερού σχηματίζονται επιμήκεις σχηματισμοί παράλληλα τοποθετημένοι με την κατεύθυνση των ρευμάτων (Dittman et al. 2009). Σε βαθύτερα νερά, τα Serpulidae συχνά δημιουργούν μορφές «τύπου κουνουπιδιού», φτάνοντας σε ύψος τα 3 μέτρα (Fornos et al. 1997).

Σημαντικό στάδιο του κύκλου ζωής του πολυχαίτου είναι τα λαρβικά στάδια, τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στην εξάπλωση του είδους εξαιτίας της μεταφοράς τους με τα ρεύματα (Straughan 1968). Μόλις αποκτήσουν μέγεθος τριών μεταμερών αναζητούν κατάλληλο μέρος για την εγκατάστασή τους στον πυθμένα. Η επιτυχία της εγκατάστασης εξαρτάται από τον τύπο του υποστρώματος αλλά και από την ένταση των ρευμάτων (Kupriyanova et al. 2001). Τα ισχυρά ρεύματα εμποδίζουν την εγκατάσταση των λαρβών, ενώ η ύπαρξη ενήλικων ατόμων του *F. enigmaticus*, ή και παλαιότερων κελυφών του είδους, τις προσελκύει και επιταχύνει την εγκατάστασή τους (Bianchi & Morri 1996; Obenat 2001).

Η κατανομή, η αφθονία, αλλά και η ανάπτυξη του *F. enigmaticus* επηρεάζονται από διάφορες περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως η αλατότητα, η διαθεσιμότητα θρεπτικών συστατικών, η ταχύτητα των ρευμάτων και η βαθυμετρία. Το είδος εμφανίζει παγκόσμια κατανομή και στη Μεσόγειο θάλασσα η παρουσία του αναφέρεται σε πληθώρα παράκτιων και μεταβατικών οικοσυστημάτων, αν και σύμφωνα με τους (Gubbay et al. 2016), οι υφιστάμενες καταγραφές θεωρούνται ακόμα ελλιπείς σε σχέση με την πραγματική του εξάπλωση. Στην Ελλάδα, η παρουσία του είναι γνωστή σε πολλά λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα στη βόρεια Ελλάδα (Faulwetter et al. 2017) και στη Δυτική Ελλάδα (Ράμφος, προσωπική παρατήρηση) χωρίς όμως να έχει πραγματοποιηθεί μέχρι σήμερα κάποια αναλυτική καταγραφή της εξάπλωσης του ή κάποια σχετική εργασία στη διεθνή βιβλιογραφία.

Στη λιμνοθάλασσα Πρόκοπος, οι ύφαλοι του είδους παρουσιάζουν σημαντική κάλυψη της επιφάνειας. Η παρουσία τους είναι εντονότερη στο βόρειο τμήμα της λιμνοθάλασσας όπου παρατηρούνται και οι μεγαλύτεροι σε μέγεθος σχηματισμοί με τρεις κύριους τύπους υφάλων: Κυκλικές δομές με διάμετρο από 0,5 έως ≈5m, κυκλικές δομές με μορφή 'ατόλης' με διάμετρο >4m και δομές με ακανόνιστο σχήμα, το οποίο πιθανώς οφείλεται σε φθορά του υφάλου ή σε συνένωση υφάλων (αδημοσίευτα δεδομένα). Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη της εγκατάστασης και του ρυθμού ανάπτυξης του είδους *F. enigmaticus* στη λιμνοθάλασσα Πρόκοπος (Ν. Αχαΐας).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το Σεπτέμβριο του 2021 τοποθετήθηκε στην βόρεια λεκάνη της λ/θ του Προκόπου κοντά στο δίαυλο επικοινωνίας με τη θάλασσα (Εικ. 1), ένα μεταλλικό πλαίσιο στο οποίο τοποθετήθηκαν 24 πλακίδια (12 ζεύγη, τοποθετημένα ένα κοντά στην επιφάνεια και ένα κοντά στον πυθμένα) από PVC, διαστάσεων 7x12cm. Το πλαίσιο σταθεροποιήθηκε στον πυθμένα και σε τακτά χρονικά διαστήματα διάρκειας 30-50 ημερών, αφαιρούνταν ένα ζεύγος πλακιδίων με σκοπό την εκτίμηση της ανάπτυξης των ατόμων του είδους. Σε κάθε επίσκεψη, μια νέα δυάδα πλακιδίων τοποθετούνταν στο πλαίσιο με σκοπό τον προσδιορισμό της εγκατάστασης νέων ατόμων. Επιπλέον, σε κάθε επίσκεψη πραγματοποιούνταν μέτρηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού (θερμοκρασία, αλατότητα, pH, οξυγόνο, χλωροφύλλη, διαφάνεια με δίσκο του Secchi). Συνολικά πραγματοποιήθηκαν 7 δειγματοληψίες κατά το χρονικό διάστημα Σεπτέμβριος 2021 – Μάιος 2022. Στο εργαστήριο, από κάθε πλακίδιο γινόταν λήψη, ενός δείγματος με σωλήνα διαμέτρου 35mm, αντιπροσωπευτικού τμήματος της δομής των πολυχαίτων. Στο τμήμα αυτό πραγματοποιούνταν διαχωρισμός των πολυχαίτων *F.enigmaticus* από τους σωλήνες τους (tubes) σε στερεοσκόπιο με τη χρήση λαβίδων χωρίς να τραυματίζεται όσο το δυνατόν, το σώμα των οργανισμών, ζύγιση του συνολικού νωπού βάρους της σάρκας και του συνολικού βάρους των κελυφών ξεχωριστά σε ζυγό ακριβείας (±0,1g), καταμέτρηση των ατόμων που περιέχονται στο υποδείγμα με τη

χρήση διαδρόμου και μέτρηση ολικού μήκους των ακέραιων ατόμων με τη χρήση του προγράμματος ανοιχτού κώδικα Image J.

**Εικ.1. Η λιμνοθάλασσα Προκόπου και το σημείο τοποθέτησης της διάταξης για το πείραμα ανάπτυξης και εγκατάστασης του είδους *F. enigmaticus*. Στην ένθετη φωτογραφία φαίνεται το πλαίσιο πριν την αρχική του τοποθέτηση το Σεπτέμβριο 2021.**

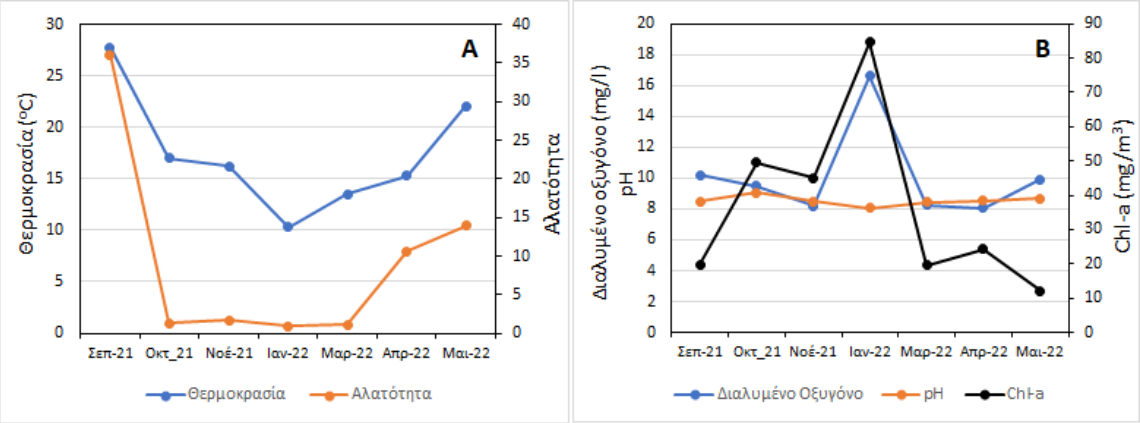
**Fig.1. Prokopos lagoon and the location of the panels' establishment for the study of growth and recruitment of *F. enigmaticus*. Inset photograph: The frame with the panels prior to its first placement in September 2021.**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κατά την περίοδο μελέτης η θερμοκρασία του νερού ήταν 27,8 $^{o}$C το Σεπτέμβριο, παρουσίασε πτώση μέχρι τον Ιανουάριο (10,3$^{o}$C) και έπειτα αύξηση μέχρι το Μάιο (Εικ. 2Α). Η αλατότητα βρέθηκε μέγιστη το Σεπτέμβριο (36,1) και παρουσίασε έντονη πτώση τον Οκτώβριο (1,3) και παρέμεινε σταθερά χαμηλή μέχρι και το Μάρτιο όπου άρχισε σταδιακά να αυξάνεται και πάλι (Εικ. 2Α). Η τιμή του pH κυμάνθηκε από 8,04 – 9,05 με τις χαμηλότερες τιμές να παρατηρούνται του ψυχρούς μήνες. Το νερό κοντά στην επιφάνεια ήταν πάντοτε καλά οξυγονωμένο με τιμές που κυμάνθηκαν από 8,07 – 16,6mg/l (Εικ. 2Β). Η διαύγεια στην υδάτινη στήλη ήταν μικρή καθ' όλη τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου με τιμές που κυμάνθηκαν μεταξύ 0,35m και 1,35m. Αντίστοιχα, οι τιμές της χλωροφύλλης-α στην επιφάνεια κυμάνθηκαν μεταξύ 12 και 84,5mg/m$^3$ με την υψηλότερη τιμή να σημειώνεται τον Ιανουάριο και τη χαμηλότερη το Μάιο (Εικ. 2Β).

Τα πρώτα άτομα του είδους *F. enigmaticus* εγκαταστάθηκαν στα panels κατά το χρονικό διάστημα Σεπτεμβρίου – Οκτωβρίου του 2021. Σε χρονικό διάστημα 42 ημερών η πυκνότητα των πολυχαίτων έφτασε τα 2,6 άτομα/cm$^2$στο panel κοντά στον πυθμένα και τα 11,6 άτομα/cm$^2$ κοντά στην επιφάνεια. Η πυκνότητα των πολυχαίτων παρουσίασε απότομη αύξηση μέχρι το Νοέμβριο και έπειτα άρχισε σταδιακά να μειώνεται μέχρι το Μάιο (Εικ. 3Α). Κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου, στα νέα panels, παρατηρήθηκε εγκατάσταση νέων ατόμων κατά τα χρονικά διαστήματα Σεπτέμβριος – Οκτώβριος 2021 και Απρίλιος – Μάιος 2022. Κατά τη δεύτερη περίοδο εγκατάστασης, η πυκνότητα των ατόμων ήταν 15,5 άτομα/cm$^2$ και 8,7 άτομα/cm$^2$ στο κάτω και στο επάνω panel, αντίστοιχα.

Το νωπό βάρος των πολυχαίτων (χωρίς το κέλυφος) παρουσίασε σταδιακή αύξηση μέχρι το Μάρτιο στο κάτω panel και μέχρι τον Απρίλιο στο επάνω, ενώ ακολούθως μέχρι το Μάιο παρουσίασε μια μικρή μείωση (Εικ. 3Β).




**Εικ.2. Μηνιαία διακύμανση των φυσικοχημικών παραμέτρων στη λιμνοθάλασσα του Προκόπου κατά το χρονικό διάστημα Σεπτέμβριος 2021 – Μάιος 2022.**
**Fig.1. Monthly variation of physicochemical parameters in Prokopos lagoon from September 2021 to May 2022.**

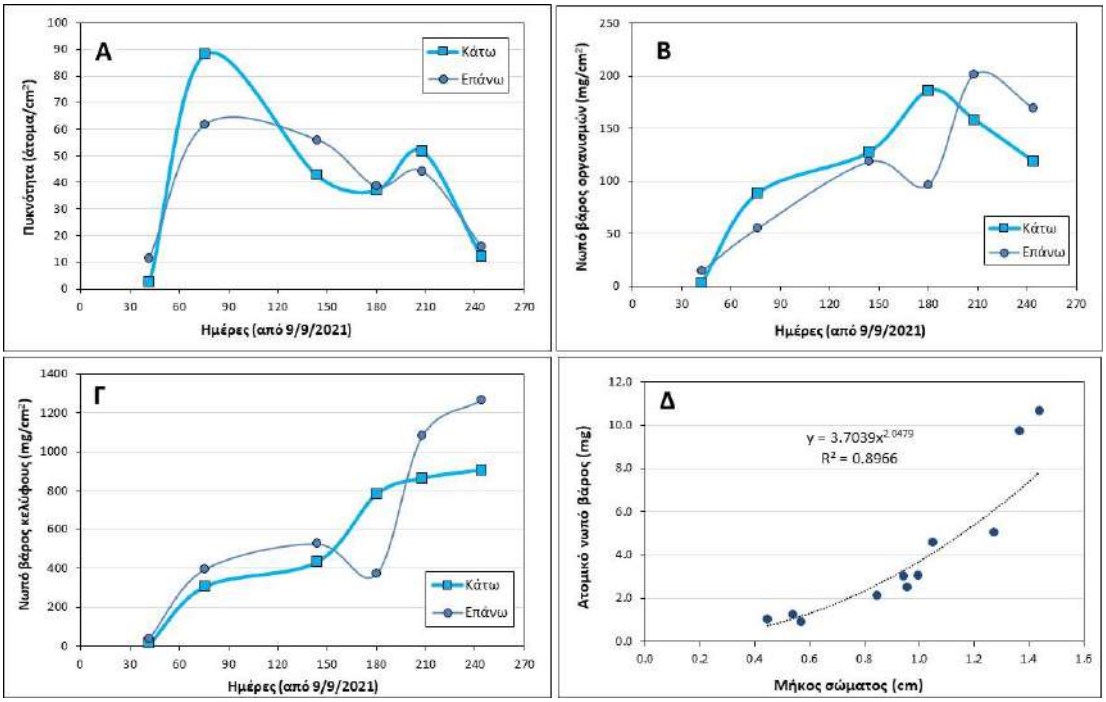
Το μέγιστο της βιομάζας των πολυχαίτων στα panels ήταν 186,1mg/cm$^2$ (κάτω) και 201,6 mg/cm$^2$ (επάνω). Αντίθετα, το νωπό βάρος των κελυφών παρουσίασε σταδιακή αύξηση καθόλη τη δειγματοληπτική περίοδο ενώ παρουσίασε εντονότερη αύξηση από τον Ιανουάριο (κάτω) και το Μάρτιο (επάνω) (Εικ. 3Γ). Στο τέλος της δειγματοληπτικής περιόδου, το νωπό βάρος των κελυφών ήταν 906,3 mg/cm$^2$ και 1268,0 mg/cm$^2$ στο κάτω και το πάνω panel, αντίστοιχα.

Από τα δεδομένα του νωπού βάρους όλων των ατόμων διά τον αριθμό τους σε κάθε δείγμα, προέκυψε μια εκτίμηση του μέσου ατομικού βάρους. Από τη συσχέτιση αυτών των τιμών με το μέσο μήκος των ατόμων κάθε δείγματος προέκυψε η σχέση μήκους-βάρους για το είδος *F. enigmaticus*, η οποία χαρακτηρίζεται από αρνητική αλλομετρία (b=2,0479,b<3) και παρουσιάζεται στην Εικ. 3Δ.

Το μήκος σώματος των ατόμων παρουσίασε επίσης σταδιακή αύξηση κατά τη διάρκεια της δειγματοληπτικής περιόδου, η οποία ήταν εντονότερη στα panels κοντά στην επιφάνεια (Εικ. 4). Το μέσο μήκος σώματος τον Οκτώβριο ήταν 0,54±0,21cm και 1,44±0,69cm το Μάιο στο επάνω panel. Αντίστοιχα, στο κάτω panel το μέσο μήκος σώματος ήταν 0,45±0,15cm το Νοέμβριο (δεν μετρήθηκε το μήκος τον Οκτώβριο) και 1,37±0,33cm το Μάιο.

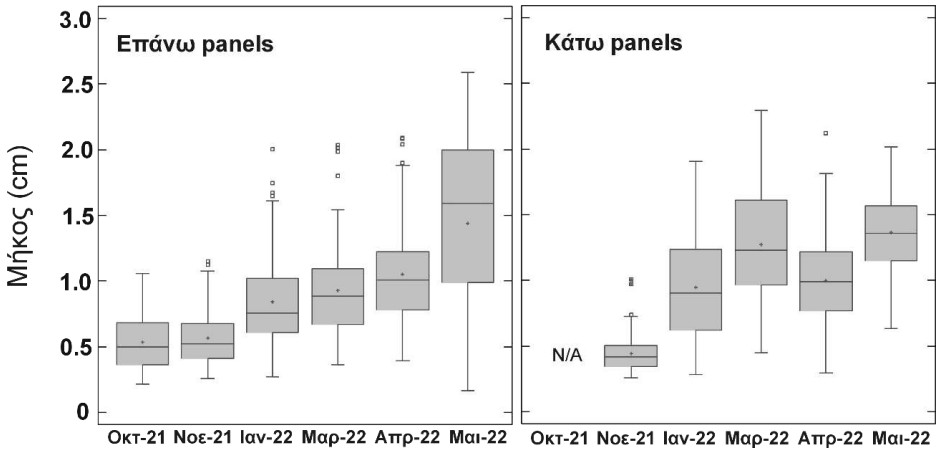
Όλα τα είδη του γένους *Ficopomatus* είναι εξαιρετικά ευρύαλα και ενδιαιτούν σε γλυκά νερά, υφάλμυρα, θαλάσσια και υπεράλμυρα περιβάλλοντα, σε αλατότητες από 0 έως 80 (Fauvel, 1933; Hill 1967; Harris 1970; Geddes & Butler 1984). Ωστόσο, ενώ το είδος μπορεί να επιβιώσει σε συνθήκες θαλασσινής αλατότητας (35–40) φαίνεται να προτιμά τα παράκτια, υφάλμυρα ύδατα, ως ιδανικό περιβάλλον με το βέλτιστο εύρος για την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή να είναι περίπου 10–30 (Bianchi & Morri 1996). Τα αυγά δεν αναπτύσσονται σε αλατότητα χαμηλότερη από 6 ppt (Straughan 1972a) ενώ οι αλλαγές στην αλατότητα φαίνεται να λειτουργούν ως έναυσμα για την αναπαραγωγή (Straughan 1972b; Thorp 1987).

Η αλατότητα στη λιμνοθάλασσα του Προκόπου φαίνεται να παρουσιάζει το παραπάνω βέλτιστο εύρος για την αύξηση και την αναπαραγωγή του είδους, η οποία φάνηκε να συνδυάζεται με τις περιόδους έντονης μεταβολής της αλατότητας (Σεπτ. – Οκτ. 2021, Μάιος 2022). Επίσης, η αναπαραγωγή του είδους λαμβάνει χώρα σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 17ºC (Fornos et al. 1997) όπως φάνηκε να συμβαίνει και στην παρούσα μελέτη. Η πυκνότητα των ατόμων στα panels επίσης κυμάνθηκε σε παραπλήσιο επίπεδο με άλλες περιοχές του πλανήτη, όπου η πυκνότητα κυμαίνεται μεταξύ 70.000 και 245.000 άτομα/m$^2$ (Bianchi & Morri 1996; Dittmann et al. 2009; Fornos et al. 1997). Στην παρούσα μελέτη, η πυκνότητα παρουσίασε μέγιστη τιμή τα 88.000 άτομα/m$^2$ το μήνα Οκτώβριο και έπειτα, παρουσίασε μείωση μέχρι το Μάιο. Τα ζωντανά άτομα συνέχισαν να μεγαλώνουν και να εναποθέτουν ανθρακικό ασβέστιο στα κελύφη καθόλη τη διάρκεια των 244 ημερών του πειράματος, όπου το είδος «κατασκεύασε» δομές με νωπό βάρος περισσότερο από 10kg/m$^2$. Η μέγιστη ανάπτυξη του είδους λαμβάνει χώρα κατά το τέλος της θερμής περιόδου και μπορεί να ξεπεράσει σε ξηρό βάρος τα 21kg/m$^2$/έτος (Fornos et al. 1997).




**Εικ. 3. Εξέλιξη της Α: πυκνότητας των ατόμων του είδους, Β: Συνολικό βάρος σώματος, Γ: Συνολικό βάρος κελύφους κατά το χρονικό διάστημα Σεπτέμβριος 2021 – Μάιος 2022. Δ: Σχέση μήκους – βάρους του είδους *F. enigmaticus* στη λιμνοθάλασσα του Προκόπου.**

**Fig.3. Seasonal evolution of A: Density of *F. enigmaticus* worms, B: Total body weight, C: Total shell weight, during the period September 2021 – May 2022. D: Length – Weight relationship of *F. enigmaticus* in Prokopos lagoon.**




**Εικ. 4. Γραφήματα τύπου Box-Whisker για το μήκος σώματος των ατόμων του είδους *F. enigmaticus* στη λιμνοθάλασσα Προκόπου κατά το χρονικό διάστημα Σεπτέμβριος 2021 – Μάιος 2022.**

**Fig. 4. Box and Whisker plots for total body length of *F. enigmaticus* individuals in Prokopos lagoon from September 2021 to May 2022.**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου με τίτλο «Υπηρεσίες παροχής συμβουλών για περιβαλλοντικά ζητήματα», ΤΜΗΜΑ 2, δράση Π.3.2: «Καταγραφή πολυχαίτων στη λιμνοθάλασσα Προκόπου και στα αλίπεδα προς παραλία Κέντρο και τρόποι αντιμετώπισής τους» για την υλοποίηση του Υποέργου 1 της πράξης «Επιχορήγηση του Φορέα Διαχείρισης Υγροτόπων Κοτυχίου Στροφυλιάς & Κυπαρισσιακού Κόλπου για Δράσεις Διαχείρισης Προστατευόμενων Περιοχών, Ειδών και Οικοτόπων», του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Υποδομές Μεταφορών, Περιβάλλον & Αειφόρος Ανάπτυξη» με κωδικό ΟΠΣ 5033024 και Κωδικό πράξης ΣΑ: 2019ΣΕ27510024. Οι συγγραφείς θα ήθελαν να εκφράσουν

τις θερμές ευχαριστίες τους στα μέλη του Φορέα Διαχείρισης Υγροτόπων Κοτυχίου Στροφυλιάς & Κυπαρισσιακού Κόλπου για τη βοήθεια τους στις δειγματοληψίες πεδίου.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Bianchi CN, Morri C (1996) *Ficopomatus* 'Reefs' in the Po River Delta (Northern Adriatic): Their Constructional Dynamics, Biology, and Influences on the Brackish-water Biota. P.S.Z.N. I: Mar. Ecol. 17 (1-3): 51-66.

Bruschetti MT, Luppi E, Fanjul A, Rosenthal A, Iribarne O (2008) Grazing effect of the invasive reef-forming polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) on phytoplankton biomass in a SW Atlantic coastal lagoon. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 354: 212-219.

Davies BR, Stuart V, de Villiers M (1989) The filtration activity of a serpulid polychaete population (*Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel)) and its effects on water quality in a coastal marina. Estuar. Coast. Shelf Sci. 29: 613-612.

Dittmann S, Rolston A, Benger SN, Kupriyanova EK (2009) Habitat requirements, distribution and colonisation of the tubeworm *Ficopomatus enigmaticus* in the Lower Lakes and Coorong. Report for the South Australian Murray-Darling Basin Natural Resources Management Board: 104.

Euzet LM, Poujol M (1963) La fauna associée à *Mercierella enigmatica* Fauvel (Annélide Serpulidae) dans quelques stations des environs de Sète. Rapp. Proc. Verb. Réun. Comm. Int. Expl. Sci. Mer Médit. 17: 833-842.

Faulwetter S, Simboura N, Katsiaras N, Chatzigeorgiou G, Arvanitidis C (2017) Polychaetes of Greece: an updated and annotated checklist. Biodiversity Data Journal 5: e20997. https://doi.org/10.3897/BDJ.5.e20997

Fauvel P (1933) Histoire de la Mercierella enigmatica Fauvel, Serpulien d'eau saumatre. Arch. Zool.Exp. Gén. 75:185-193.

Fornos JJ, Forteza V, Martinez-Taberner A (1997) Modern polychaete reefs in western Mediterranean lagoons: *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) in the Albufera de Menorca, Balearic Islands. Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol. 128: 175-186.

Geddes MC, Butler AJ (1984) Physicochemical and biological studies on the Coorong lagoons, South Australia, and the effect of salinity on the distribution of the macrobenthos. Trans. Royal Soc. SA. 108: 51-62.

Gubbay S, Sanders N, Haynes T, Janssen JAM, Rodwell JR, Nieto A, García Criado M, Beal S, Borg J, Kennedy M, Micu D, Otero M, Saunders G, Calix M (2016) European Red List of Habitats. Part 1. Marine habitats. Luxembourg: Publications Office of the European Union, 2016.

Harris T (1970) The occurrence of Manayunkia aestuarina (Bourne) and *Mercierella enigmatica* Fauvel (Polychaeta) in non-brackish localities in Britain. J. exp. mar. Biol. Ecol. 5: 105-112.

Kupriyanova EK, Nishi E, ten Hove HA, Rzhavsky AV (2001) Life-history patterns in serpulimorph polychaetes: ecological and evolutionary perspectives. Oceangr. Mar. Biol.: an Annual Review 39: 1-101.

Hill M. B. (1967) The Life Cycles and Salinity Tolerance of the Serpulids Mercierella enigmatica Fauvel and Hydroides uncinata (Philippi) at Lagos, Nigeria, Journal of Animal Ecology, Vol. 36, No. 2 (Jun., 1967), pp. 303-321

Obenat SM (2001) Biologia del anelido introducido Ficopomatus enigmaticus (Polychaeta: Serpulidae). In: Iribarne (ed.) Reserva de Biósfera Mar Chiquita: Características físicas, biológicas y ecológicas. Edición Martin, Mar del Plata. pp 101-108.

Straughan D (1968) Ecological aspects of serpulid fouling. Aust. Nat Hist. 16: 59-64.

Straughan D (1972a) Ecological studies of *Mercierella enigmatica* Fauvel (Annelida: Polychaeta) in the Brisbane River. J. Anim. Ecol. 41: 93-135.

Straughan D (1972b) The influence of seasonal rainfall and water temperature on the population of *Mercierella enigmatica* Fauvel (Annelida, Polychaeta) in the Ross River Estuary, North Queensland. J. Exp. Mar. Biol. Ecol. 9: 165-172.

Thomas NS, Thorp CH (1994) Cyclical changes in the fauna associated with tube aggregates of *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel). Mém. Mus. natl. hist. nat., 162: 575-584.

Thorp CH (1987) Ecological studies on the serpulid polychaete *Ficopomatus enigmaticus* (Fauvel) in a brackish water millpond. PorcupineNewsl. 4: 14-19.

# Εκτίμηση της ποιότητας υδάτων στις προστατευόμενες θαλάσσιες περιοχές GR1270008 και GR1270010 (Κασσάνδρα Χαλκιδικής)

**Ελένη Παπαγεωργίου[1], Χαραλαμπία Τσελεπιδάκη[1], Αθηνά Πατσιά[1], Τριανταφυλλιά-Μαρία Περιβολιώτη[1] ,Χρυσούλα Ντισλίδου[1], Λυδία Αλβανού[2], Δήμητρα Μπόμπορη[1]**

[1]Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Τμήμα Βιολογίας, Εργ. Ιχθυολογίας, Θ134, 54124 Θεσσαλονίκη,
elena14031998.ep@gmail.com, bobori@bio.auth.gr

[2] Μονάδα Διαχείρισης Εθνικών Πάρκων Κορώνειας – Βόλβης, Κερκίνης, Θερμαϊκού και Προστατευόμενων Περιοχών Κεντρικής Μακεδονίας.

## ABSTRACT

**Eleni Papageorgiou, Charalampia Tselepidaki, Athina Patsia, Triantafyllia-Maria Perivolioti, Chrysoula Ntislidou, Lydia Alvanou, Dimitra Bobori: Water quality assessment in the protected marine areas GR1270008 and GR1270010 (Kassandra, Chalkidiki)**

In the present study we assess the water quality of two protected marine areas in Kassandra, Chalkidiki. Measurements of physicochemical parameters were taken *in situ* and the concentrations of nutrients and chlorophyll-a were estimated in water samples taken seasonally from 5 sampling stations at 3 different depths. Based on the eutrophication indices applied water quality varied temporally and locally, ranging from bad to excellent.

**Keywords:** physicochemical parameters, eutrophication indices

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Βόρειο Αιγαίο, οποίο δέχεται υδάτινες μάζες από τη Μαύρη θάλασσα και τη θάλασσα της Λεβαντίνης. Η συνύπαρξη υδάτινων μαζών οι οποίες έχουν διαφορετικά φυσικοχημικά χαρακτηριστικά, έχει ως συνέπεια τη δημιουργία μεγάλων διακυμάνσεων στις τιμές των παραμέτρων του νερού στο Αιγαίο (Nittis & Perivoliotis 2002). Έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στην περιοχή επικεντρώνονται, μεταξύ άλλων, στη μελέτη των φυσικοχημικών (Nikolaidis *et al.* 2006, Christophoridis *et al.* 2009) και υδρολογικών (Vasiliev *et al.* 2019) χαρακτηριστικών του νερού, με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον να εντοπίζεται στην προέλευση των υδάτινων μαζών του Β. Αιγαίου και τη χαμηλή αλατότητά τους (Lykousis *et al.* 2002, Velaoras & Lascaratos 2005). Επιπλέον, οι αναφορές για τα επίπεδα του ευτροφισμού στο Β. Αιγαίο, αν και περιορισμένες, πιστοποιούν τον ολιγότροφο χαρακτήρα των υδάτων (Kucuksezgin *et al.* 1995, Christaki *et al.* 1999, Ignatiades *et al.* 2002).

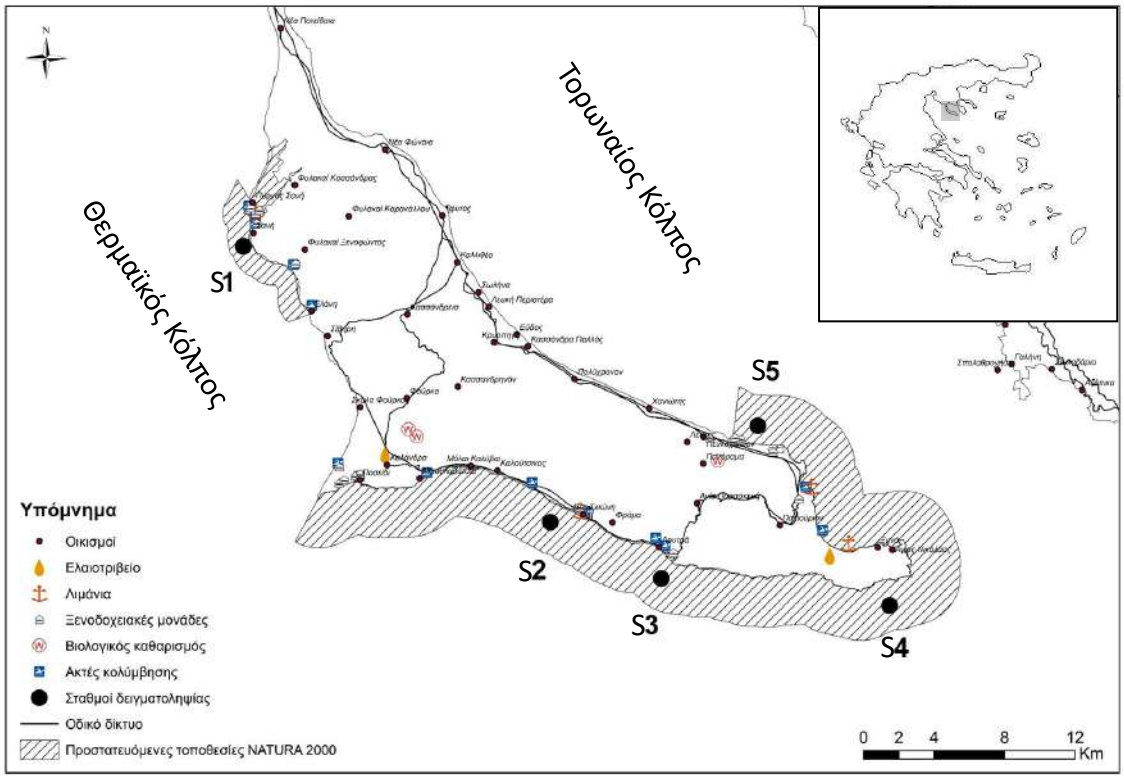
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων σε δυο προστατευόμενες περιοχές (GR1270008 και GR1270010) της Κασσάνδρας Χαλκιδικής ώστε να είναι δυνατή η διατύπωση προτάσεων για τη διαχείρισή τους.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε στο θαλάσσιο τμήμα της χερσονήσου της Κασσάνδρας (Χαλκιδική) και πιο συγκεκριμένα, στις Ειδικές Ζώνες Διατήρησης GR1270008 και GR1270010 που ανήκουν στην περιοχή αρμοδιότητας της Μονάδας Διαχείρισης Εθνικών Πάρκων Κορώνειας – Βόλβης, Κερκίνης, Θερμαϊκού και Προστατευόμενων Περιοχών Κεντρικής Μακεδονίας. Η περιοχή GR1270008 «Παλιούρι-Ακρωτήρι και θαλάσσια ζώνη» εντοπίζεται στο νοτιοανατολικό κομμάτι της χερσονήσου, από το Πευκοχώρι ως το Ποσείδι και χαρακτηρίζεται από έντονο κυματισμό και πυθμένα με μεγάλη κλίση. Η περιοχή GR1270010 «Ακρωτήριο Πύργος - Όρμος Κύψας – Μάλαμο», βρίσκεται στο βορειοδυτικό τμήμα της χερσονήσου, εκτείνεται από το ύψος του οικισμού Σάνη ως και την Ελάνη, έχει πυθμένα με μικρή κλίση, υπόστρωμα με χονδρόκοκκη άμμο και βράχους από σχιστόλιθο, ενώ παρουσιάζει ιδιαίτερη τουριστική ανάπτυξη.

Για την αξιολόγηση της ποιότητας των υδάτων πραγματοποιήθηκαν 4 εποχικές δειγματοληψίες (άνοιξη 2021-χειμώνας 2022), σε 5 αντιπροσωπευτικές θέσεις που επιλέχθηκαν ανάλογα με την ύπαρξη σημειακών πηγών ρύπανσης και ανθρωπογενών πιέσεων που εντοπίζονται κυρίως κατά μήκος της ακτογραμμής και βρίσκονται εντός των προστατευόμενων περιοχών (Εικόνα 1). Ένας εκ των σταθμών (S4) δεν βρίσκεται κοντά σε σημειακή πηγή ρύπανσης και ορίστηκε ως σταθμός αναφοράς ώστε να τεκμηριωθεί η διαφορά περιβαλλοντικής κατάστασης σε σχέση με τους υπόλοιπους σταθμούς. Σε κάθε θέση

πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις σε 3 διαφορετικά βάθη (0m, 15m, 30m) που αφορούσαν τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού [θερμοκρασία(°C), αγωγιμότητα (μS/cm), διαλυμένο οξυγόνο (D.O., mg/l), pH].




**Εικόνα 1. Χωροθέτηση σταθμών δειγματοληψίας (S1 – Σάνη, S2 – Ν. Σκιώνη, S3 – Λουτρά Αγ. Παρασκευής, S4 – Παλιούρι (σταθμός αναφοράς), S5 – Πευκοχώρι) για τον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων. Δίνονται επίσης οι σημειακές πηγές ρύπανσης.**
**Figure 1. Location of the sampling stations (S1 – Sani, S2 – N. Skioni, S3 – Ag. Paraskevi, S4 – Paliouri (reference), S5 – Pefkochori). Point sources of pollution are also provided.**

Επιπλέον, συλλέχθηκαν δείγματα νερού για τον προσδιορισμό του $BOD_5$ (mg/l), των ολικών αιωρούμενων στερεών (TSS, mg/l) (APHA, 2017), των θρεπτικών αλάτων αζώτου και φωσφόρου ($N\text{-}NO_3$, $N\text{-}NO_2$, $N\text{-}NH_4$, $P\text{-}PO_4$, mg/l) (MERC, AQUA NOVA 60A) και της χλωροφύλλης α (Chl-a) (Jeffrey & Humphrey 1975). Για την εκτίμηση του ευτροφισμού χρησιμοποιήθηκαν: α) Ο δείκτης Eutrophication Index $E.I.=aC_{PO4} + bC_{NO3} + cC_{NO2} + dC_{NH3} + C_{chl\text{-}a}$, (Primpas *et al.* 2010), όπου: $C_{PO4}$ η συγκέντρωση των φωσφορικών, $C_{NO3}$ η συγκέντρωση των νιτρικών, $C_{NO2}$ η συγκέντρωση των νιτρωδών, $C_{NH4}$ η συγκέντρωση αμμωνίας σε mmol/m$^3$ και $C_{Chla}$ η συγκέντρωση της χλωροφύλλης-α (σε mg/m$^3$). Τα a=0,279, b=0,261, c=0,296, d=0,275, e=0,214 είναι συντελεστές κλίμακας, είναι όλοι θετικοί και σχεδόν ίσοι υποδηλώνοντας ότι και οι πέντε παράμετροι συμμετέχουν εξίσου στον παραπάνω δείκτη ευτροφισμού. β) Οι τιμές των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης α, με βάση τις οποίες γίνεται αξιολόγηση των υδάτων σε πενταβάθμια κλίμακα εκτίμησης της οικολογικής ποιότητας (Simboura *et al.* 2005). Τα όρια της κάθε κλάσης αξιολόγησης σύμφωνα με τους εφαρμοζόμενους δείκτες δίνονται στον Πίνακα Ι.

**Πίνακας Ι. Όρια εκτίμησης της ποιότητας των υδάτων.**
**Table I. Class boundaries for assessing water quality status.**

| Δείκτης | Κατάσταση | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | Υψηλή | Καλή | Μέτρια | Ελλιπής | Κακή |
| Ε.Ι. | <0,04 | 0,04-0,38 | 0,38-0,85 | 0,85-1,51 | >1,51 |
| Chl-a (μg/l) | <0,1 | 0,1-0,4 | 0,4-0,6 | 0,6-2,21 | >2,21 |

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

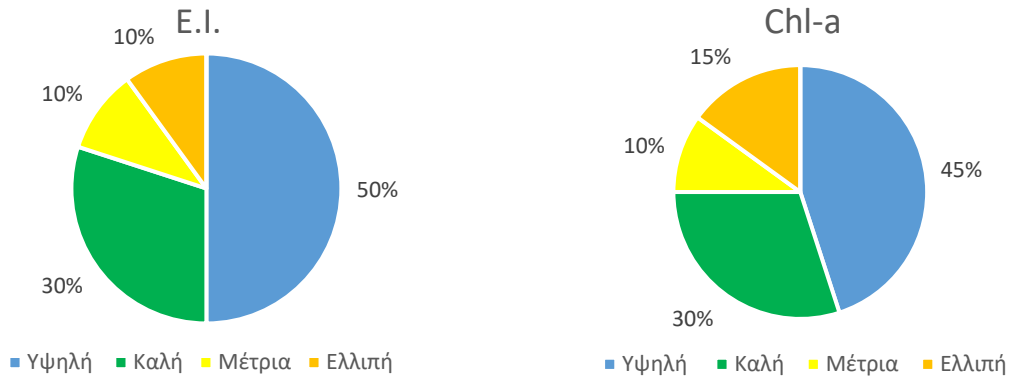
Στον Πίνακα ΙΙ παρουσιάζονται οι εκτιμήσεις της ποιότητας των υδάτων για κάθε σταθμό και περίοδο δειγματοληψίας, με βάση την πενταβάθμια κλίμακα και τον χρωματικό κώδικα ταξινόμησης, σύμφωνα με την Οδηγία 2000/60/ΕΚ.

**Πίνακας ΙΙ. Εκτίμηση της ποιότητας των υδάτων στην περιοχή της Κασσάνδρας βάσει των δεικτών Eutrophication Index και της χλωροφύλλης α. S1-S5 σταθμοί δειγματοληψίας.**
**Table II. Assessment of the water quality in Kassandra based on the Eutrophication Index and chlorophyll a. S1-S5 sampling stations.**

| Σταθμός | Άνοιξη | | Καλοκαίρι | | Φθινόπωρο | | Χειμώνας | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Ε.Ι. | Chla (μg/l) | Ε.Ι. | Chla (μg/l) | Ε.Ι. | Chla (μg/l) | Ε.Ι. | Chla (μg/l) |
| S1 | Υψηλή | Καλή | Ελλιπής | Ελλιπής | Καλή | Καλή | Υψηλή | Υψηλή |
| S2 | Υψηλή | Καλή | Ελλιπής | Ελλιπής | Καλή | Καλή | Υψηλή | Υψηλή |
| S3 | Καλή | Υψηλή | Μέτρια | Ελλιπής | Υψηλή | Καλή | Υψηλή | Υψηλή |
| S4 | Υψηλή | Υψηλή | Καλή | Μέτρια | Υψηλή | Υψηλή | Υψηλή | Υψηλή |
| S5 | Καλή | Υψηλή | Μέτρια | Μέτρια | Καλή | Καλή | Υψηλή | Υψηλή |

Με βάση τον Ε.Ι., οι σταθμοί την άνοιξη εμφάνισαν καλή έως υψηλή περιβαλλοντική κατάσταση. Το καλοκαίρι, οι σταθμοί S1 και S2 εμφάνισαν ελλιπή και οι σταθμοί S3 και S5 μέτρια κατάσταση και μόνο ο σταθμός S4 είχε καλή κατάσταση. Το φθινόπωρο, η ποιότητα των υδάτων αξιολογήθηκε από καλή ως υψηλή (Πίνακας ΙΙ), ενώ το χειμώνα η κατάσταση των υδάτων εκτιμήθηκε ως υψηλή σε όλους τους σταθμούς και με τους δύο δείκτες που εφαρμόστηκαν. Γενικότερα, τόσο το φθινόπωρο όσο και το χειμώνα, με βάση και τους δύο δείκτες, η κατάσταση των υδάτων παρουσιάζει μια εξαιρετική εικόνα. Με βάση τον δείκτη Ε.Ι. το 50% των δειγμάτων εκτιμήθηκε με υψηλή ποιότητα, το 30% με καλή, ενώ μόνο το 10% χαρακτηρίστηκε με μέτρια και ελλιπή κατάσταση (Εικόνα 2α). Ανάλογα, ως προς τις συγκεντρώσεις της χλωροφύλλης το 45% των δειγμάτων εμφάνισε υψηλή ποιότητα, το 30% καλή και το 10% και 15% μέτρια και ελλιπή, αντίστοιχα (Εικόνα 2β). Γενικώς, δεν παρατηρήθηκαν μεγάλες αποκλίσεις στην εκτίμηση του ευτροφισμού των υδάτων με βάση τους δύο δείκτες που εφαρμόστηκαν (Πίνακας ΙΙ). Η υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων που ακολούθησε τη χειμερινή περίοδο εκτιμήθηκε και με τους δυο δείκτες, ακολουθώντας γενικότερα τα έντονα φαινόμενα ευτροφισμού των υδάτων που καταγράφηκαν εκείνη την περίοδο σε όλο το Β. Αιγαίο (https://www.aegean.gr/announcement/, https://www.kathimerini.gr/society/561471529/oi-ellinikes-thalasses-den-einai-eytrofikes/).

(α) (β)




**Εικόνα 2. Εκτίμηση της της ποιότητας των υδάτων στους σταθμούς δειγματοληψίας με βάση (α) τον δείκτη Ε.Ι. και (β) τις συγκεντρώσεις Chl-a**
**Figure 2. Assessment of water quality based on (a) Eutrophication index and (b) Chl-a concentrations.**

Συμπερασματικά, ο έλεγχος της ποιότητας των υδάτων στις δύο προστατευόμενες περιοχές που ερευνήθηκαν έδειξε ότι η εκτίμηση της κατάστασης εξαρτάται από την περίοδο πραγματοποίησης των δειγματοληψιών. Την άνοιξη, το φθινόπωρο και τον χειμώνα η κατάσταση εκτιμήθηκε από καλή ως υψηλή και μόνο το καλοκαίρι, όπου παρατηρείται και η μεγαλύτερη ανθρώπινη δραστηριότητα και η ηλιακή ακτινοβολία είναι αυξημένη, επηρεάζοντας τον κύκλο του ευτροφισμού και τη θερμική στρωμάτωση των υδάτων, η ποιότητα των υδάτων ήταν μέτρια ως κακή, υποδεικνύοντας την αναγκαιότητα έγκαιρου περιορισμού των ανθρώπινων δραστηριοτήτων προς αποφυγή της περαιτέρω υποβάθμισης των υδάτων της περιοχής της Κασσάνδρας.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

APHA (2017). Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater. 23th edn, American Public Health Association, Washington D.C.

Christaki U, Van Wambeke F, Dolan JR (1999) Nanoflagellates (mixotrophs, heterotrophs and autotrophs) in the oligotrophic eastern Mediterranean: standing stocks, bacterivory and relationships with bacterial production. Marine Ecology Progress Series 181: 297-307.

Christophoridis C, Dedepsidis D, Fytianos K (2009) Occurrence and distribution of selected heavy metals in the surface sediments of Thermaikos Gulf, N. Greece. Assessment using pollution indicators. Journal of Hazardous Materials 168(2–3): 1082–1091.

Jeffrey SW, Humphrey GF (1975) New spectrophotometric equations for determining chlorophylls a, b, c1 and c in higher plants, algae and natural phytoplankton. Biochemie und Physiology der Pflanzen, 167, 191–194.

Ignatiades, L., Psarra, S., Zervakis, V., Pagou, K., Souvermezoglou, E., Assimakopoulou, G., & Gotsis-Skretas, O (2002). Phytoplankton size-based dynamics in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean). Journal of Marine Systems, 36(1–2), 11–28.

Lykousis V, Chronis G, Tselepides A, Price NB, Theocharis A, Siokou-Frangou I, van Wambeke F, Danovaro R, Stavrakakis S, Duineveld G, Georgopoulos D, Ignatiades L, Souvermezoglou A, Voutsinou-Taliadouri F (2002) Major outputs of the recent multidisciplinary biogeochemical research undertaken in the Aegean Sea. Journal of Marine Systems 33–34: 313–334.

Nikolaidis NP, Karageorgis AP, Kapsimalis V, Marconis G, Drakopoulou P, Kontoyiannis H, Krasakopoulou E, Pavlidou A, Pagou K (2006) Circulation and nutrient modeling of Thermaikos Gulf, Greece. Journal of Marine Systems 60(1–2): 51–62.

Kucuksezgin F, Balci A, Kontas A, Altay O (1995) Distribution of nutrients and chlorophyll-a in the Aegean Sea. Oceanologica Acta 18(3): 343-352.

Nittis K, Perivoliotis L (2002) Circulation and hydrological characteristics of the North Aegean Sea: a contribution from real-time buoy measurements. Mediterranean Marine Science 3(1): 21-31.

Οδηγία 2000/60/ΕΚ του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23 Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων.

Primpas I, Tsirtsis G, Karydis M, Kokkoris GD (2010) Principal component analysis: Development of a multivariate index for assessing eutrophication according to the European water framework directive. Ecological Indicators 10: 178-183.
Poulos SE, Drakopoulos PG, Collins MB (1997) Seasonal variability in sea surface oceanographic conditions in the Aegean Sea (Eastern Mediterranean): an overview. Journal of Marine Systems 13(1-4): 225-244.
Simboura N, Panayotidis P, Papathanassiou E (2005) A synthesis of the biological quality elements for the implementation of the European Water Framework Directive in the Mediterranean ecoregion: the case of Saronikos Gulf. Ecological indicators 5(3): 253-266.
Vasiliev I, Karakitsios V, Bouloubassi I, Agiadi K, Kontakiotis G, Antonarakou A, Triantaphyllou M, Gogou A, Parinos C, Pasadakis N (2019) Large sea surface temperature, salinity, and productivity-preservation changes preceding the onset of the Messinian Salinity Crisis in the eastern Mediterranean Sea. Paleoceanography and Paleoclimatology 34: 182– 202.
Velaoras D, Lascaratos A (2005) Deep water mass characteristics and interannual variability in the North and Central Aegean Sea. Journal of Marine Systems 53(1–4): 59–85.
https://www.aegean.gr/announcement/
https://www.kathimerini.gr/society/561471529/oi-ellinikes-thalasses-den-einai-eytrofikes/

# GFCM ερευνητικό έργο για το Ευρωπαϊκό χέλι, μια Μεσογειακή συντονισμένη προσπάθεια για την κοινή προστασία και διαχείριση του αποθέματος

**Αργύριος Σαπουνίδης[1], Şükran Yalçın Özdilek[2], Elsa Amilhat[3], Marouene Bdioui[4], Lamia Bendjedid[5], Fabrizio Capoccioni[6], Fateh Chebel[5], Emna Derouiche[4], Azza El Ganainy[7], Carlos Fernández Delgado[8], Edmond Hala [9], Mercedes Herrera[8], Chiara Leone[10], Ειρήνη Παπανικολάου[1], Nurbanu Partal[2], Irene Prisco[10], Noémie Regli[3], Marie Rescan[3], Samir Rouidi[5], Albetar Tamer[7], Rachid Toujani[4], Elisabetta Betulla Morello [11], Eleonora Ciccotti [10,11]**

[1]Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, Νέα Πέραμος, 64007 Καβάλα, ΕΛΛΑΔΑ
[2] Çanakkale Onsekiz Mart University, Faculty of Science and Arts, Department of Biology, Çanakkale, 17100, TÜRKIYE
[3] Université de Perpignan Via Domitia, CEntre de Formation et de Recherche sur les Environnements Méditerranéens, UMR 5110, F-66860, Perpignan, FRANCE
[4] Institut National des Sciences et Technologies de la Mer, 28 rue du 2 mars 1934 - 2035 Salammbô, TUNISIA
[5] Centre national de recherche et de développement de la pêche et de l'aquaculture, Bou Ismail, ALGERIA
[6] Centro di ricerca "Zootecnia e Acquacoltura" - Consiglio per la Ricerca in Agricoltura e l'Analisi dell'Economia Agraria (CREA), Monterotondo (Roma) - ITALY
[7] National Institute of Oceanography and Fisheries (NIOF), EGYPT
[8] Departamento de Zoología, Universidad de Córdoba, Edificio Charles Darwin, Campus de Rabanales, 14071, Córdoba, SPAIN
[9] Agricultural University of Tirana, Faculty of Agriculture and Environments, Department of Aquaculture and Fisheries, ALBANIA
[10] Dipartimento di Biologia, Università Tor Vergata, Laboratorio di Ecologia Sperimentale e Acquacoltura, via della Ricerca Scientifica snc, Rome, ITALY
[11] General Fisheries Commission for the Mediterranean (GFCM), Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO)

## ABSTRACT

**Argyrios Sapounidis, Şükran Yalçın Özdilek, Elsa Amilhat, Marouene Bdioui, Lamia Bendjedid5, Fabrizio Capoccioni, Fateh Chebel, Emna Derouiche4, Azza El Ganainy, Carlos Fernández Delgado, Edmond Hala, Mercedes Herrera, Chiara Leone, Eirini Papanikolaou, Nurbanu Partal, Irene Prisco, Noémie Regli, Marie Rescan, Samir Rouidi, Albetar Tamer, Rachid Toujani, Elisabetta Betulla Morello, Eleonora Ciccotti: GFCM European eel research project, a Mediterranean coordinated effort towards the common protection and management of the stock.**

The GFCM Eel Research Programme aimed at the achievement of a coordinated framework for eel monitoring, assessment and management at the regional level, in view of the preparation of a Management Plan for eel in the Mediterranean, and to ensure coordination with the global stock assessment and management. Specific objectives of the project were, a) the establishment of a knowledge base on local stocks of the European eel at the scale of the Mediterranean basin, their habitats, the impacts they have been undergoing, the existing exploitation patterns and management frameworks and b) the establishment of common basis for evaluating eel stocks at different scales in the Mediterranean, also considering different possible scenarios under different theoretical management conditions and building a framework for joining in the international context for the assessment of the eel global stock.

**Keywords:** Ευρωπαϊκό Χέλι, Anguilla anguilla, Μεσόγειος, GFCM, αξιολόγηση διαχειριστικών μέτρων, ESAM

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το Ευρωπαϊκό Χέλι (*Anguilla anguilla*, L. 1758) είναι ένα ευρίαλο, κατάδρομο είδος με ευρύα εξάπλωση, συμπεριλαμβανομένων των παράκτιων, μεταβατικών και εσωτερικών υδάτων των χωρών της Ευρώπης και της Μεσογείου. Το είδος αυτό, είναι μεταναστευτικό και παρουσιάζει έναν μοναδικό κύκλο ζωής, με την ωοτοκία να λαμβάνει χώρα στη Θάλασσα των Σαργασσών (Β-Δ Ατλαντικός) και τις ωκεάνιες προνύμφες (λεπτοκέφαλοι) να μεταφέρονται παθητικά στον Ατλαντικό Ωκεανό προς τις ακτές της Βόρειας Αφρικής και της Δυτικής Ευρώπης. Στη φάση αυτή, μεταμορφώνονται σε γυαλόχελα και εισέρχονται στα εσωτερικά ύδατα (Tesch 2003).

Η κατάρρευση του πληθυσμού του Ευρωπαϊκού Χελιού αποδίδεται στη συνδυαστική δράση φυσικών και ανθρωπογενών παραγόντων, οι οποίοι επηρέασαν τόσο τον πληθυσμό (σε όλα τα στάδια της ζωής του), όσο και τα ενδιαιτήματά που διαβιεί. Συγκεκριμένα, η υποβάθμιση των οικοτόπων, η υπεραλίευση, η μόλυνση, η εξάπλωση μολυσματικών ασθενειών και παρασίτων (π.χ. το παράσιτο

*Anguillicoloides crassus*), πιθανώς σε συνδυασμό με την κλιματική αλλαγή, έχουν συμβάλει σημαντικά στην κατάρρευση του είδους. Οι Belpaire et al. (2016) και οι Drouineau et al. (2018) κατέδειξαν ότι όλοι οι προαναφερθέντες παράγοντες επηρδούν όχι μόνο το αναπαραγωγικό απόθεμα, μειώνοντας των αριθμό των νεοεισερχόμενων ατόμων, αλλά και την ποιότητα (κατάσταση υγείας) των μελλοντικών γεννητόρων που μεταναστεύουν προς τη θάλασσα και επηρεάζοντας την επιτυχή αναπαραγωγή του είδους.

Το 2007, υιοθετήθηκε ο κανονισμός 1100/2007/ΕΚ, μέσω του οποίου οι Ευρωπαϊκές χώρες, στις οποίες αναπτύσσεται αλιεία χελιού (στοχεύοντας ένα ή περισσότερα στάδια της ζωής του είδους) ή υδατοκαλλιέργεια, καθιέρωσαν Ειδικά Διαχειριστικά Σχέδια (ΕΔΣ). Στόχος των ΕΔΣ ήταν/είναι η μείωση της ανθρωπογενούς θνησιμότητας (αλιεία, υποβάθμιση οικοτόπων, υδροηλεκτροπαραγωγή κ.λπ.) και η αύξηση του ποσοστού των ασημόχελων που διαφεύγουν προς αναπαραγωγή στη Θάλασσα των Σαργασσών. Το 2008, το Ευρωπαϊκό Χέλι χαρακτηρίστηκε ως «Κρισίμως Κινδυνέυων», από την Κόκκινη Λίστα των Απειλούμενων ειδών (Jacoby & Gollock, 2014). Επιπλέον, το CITES στο πλαίσιο του Παραρτήματος ΙΙ θέσπισε περιορισμούς στις εξαγωγές του είδους και απαιτεί την έκδοση ειδικής άδειας για το εμπόριο χελιών εντός της ΕΕ. Από το 2010, αναγνωρίστηκε η κρίσιμη κατάσταση του αποθέματος, καθώς και η ανάγκη συμμετοχής των μεσογειακών χωρών στις ευρωπαϊκές δράσεις για την προστασία του (Aalto et al., 2016).

Η μεγάλη εξάπλωση και η ύπαρξη ενός μόνο αναπαραγωγικού αποθέματος του πανμικτικού αυτού είδους (Dannewitz et al., 2005) απαιτεί από όλες τις χώρες εντός της περιοχής εξάπλωσής τους να επανεξετάσουν και να τροποποιήσουν, όπου απαιτείται, τα μέτρα διαχείρισης που έχουν υιοθετήσει. Κρίνεται απαραίτητο να ληφθούν κοινά μέτρα στις χώρες αυτές, ανεξάρτητα από αυτά που έχουν ήδη θεσπίσει, προκειμένου να επιτευχθεί ο απώτερος στόχος η προστασία τους είδους. Επομένως, για τη διαχείριση και την προστασία ενός είδους σε τόσο μεγάλη κλίμακα είναι απαραίτητος ο συντονισμός και η συνεργασία όλων των χωρών. Μέχρι σήμερα, οι περισσότερες χώρες της ΕΕ έχουν υιοθετήσει διαχειριστικά σχέδια για την μείωση της ανθρωπογενούς θνησιμότητας και την αύξηση του ποσοστού των ασημόχελων που διαφεύγουν προς τη θάλασσα κατά την αναπαραγωγική τους μετανάστευση, αλλά εξακολουθεί να απουσιάζει ο αποτελεσματικός συντονισμός. Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι ο κανονισμός 1100/2007/ΕΚ δεν καλύπτει χώρες εκτός Ευρωπαϊκής Ένωσης.

Στη Μεσόγειο, η σύσταση GFCM/42/2018/1 ήταν ένα πρώτο βήμα για τη θέσπιση μέτρων διαχείρισης για την αποκατάσταση του αποθέματος χελιού και έδωσε την ευκαιρία στις μεσογειακές χώρες να συντονιστούν και τη συνεργαστούν για την κατάρτιση του μακροπρόθεσμου σχεδίου διαχείρισης χελιού, ικανό να διασφαλίζει τη συμβολή στην αποκατάσταση των παγκόσμιων αποθεμάτων. Εκτός από τα ειδικά μέτρα για το χέλι, η διαχείριση του ευρωπαϊκού χελιού επηρεάζεται επίσης από ποικίλους εθνικούς και τοπικούς νόμους και κανονισμούς. Επιπλέον, σημαντικό ρολό στη διαχείριση το χελιού διαδραματίζουν οι διεθνείς συμβάσεις, τα συμβουλευτικά και διαχειριστικά όργανα στους τομείς της διατήρησης της φύσης και της αλιείας, τα οποία υποστηρίζουν την πολιτική και τις αρχές στη διαχείριση και την προστασία του χελιού.

Το GFCM-FAO χρηματοδότησε ερευνητικό έργο (Eel Research Project – ERP), με στόχο την διαμόρφωση ενός πλαισίου συντονισμένης παρακολούθησης, της κατάστασης και της διαχείρισης του πληθυσμού του είδους, ενόψει της εκπόνησης ενός περιφερειακού διαχειριστικού σχεδίου για το Ευρωπαϊκού χέλι στη Μεσόγειο. Το ERP διαρθρώθηκε ως Συντονισμένη Δράση, με στόχο τη δημιουργία μιας βάσης δεδομένων με πληροφορίες σχετικά με τα τοπικά αποθέματα στις χώρες της Μεσογείου, τα ενδιαιτήματά τους, τα υφιστάμενα πρότυπα εκμετάλλευσης και τα διαχειριστικά σχέδια. Επίσης έγινε προσπάθεια αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των διαφόρων μέτρων που έχουν ληφθεί από τις χώρες με όριο το έτος 2030 σε διαφορετικά επίπεδα (τόπος/οικότοπος/διαχειριστικές μονάδες/χώρα/περιφέρεια). Εξετάστηκαν επίσης, διαφορετικά πιθανά σενάρια υπό διαφορετικές θεωρητικές συνθήκες διαχείρισης, δημιουργώντας έτσι ένα πλαίσιο για την προστασία του είδους σε περιφερειακό επίπεδο. Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση του ερευνητικού έργου και των αποτελεσμάτων του καθώς και των πιθανών σεναρίων για την ανάκαμψη του πληθυσμού.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

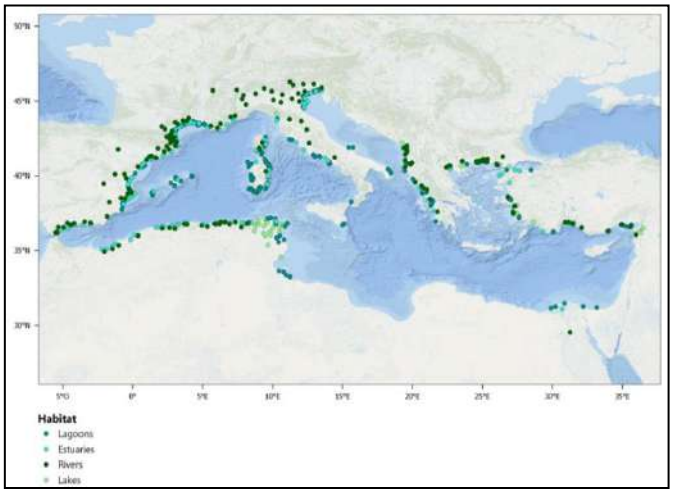
Το παρόν ερευνητικό έργο υλοποιήθηκε ως Συντονισμένη Δράση με τη συμμετοχή εννέα ερευνητικών φορέων και πανεπιστημίων από εννέα Μεσογειακές χώρες και εννέα Εθνικών Εστιακών Σημείων (Focal Points) της Αλβανία, την Αλγερία, την Αίγυπτο, τη Γαλλία, την Ελλάδα, την Ιταλία, την Ισπανία, την Τυνησία και την Τουρκία. Για τον σκοπό αυτό, δημιουργήθηκαν ειδικές βάσεις δεδομένων για την αποθήκευση και τη διαχείριση δεδομένων, σχετικά με: 1) τους οικοτόπους (π.χ., περιβαλλοντικά χαρακτηριστικά), 2) τις εκφορτώσεις χελιού, 3) την κατάσταση των τοπικών πληθυσμών (βιολογικές παράμετροι, ποιότητα χελιού), 3) την αλιεία (αλιευτικά εργαλεία, αλιευτική προσπάθεια, κτλ.), 4) την υδατοκαλλιέργεια, 5) τα διαχειριστικά μέτρα που εφαρμόζονται και 6) προγράμματα παρακολούθησης.

Οι βάσεις δεδομένων καταρτίστηκαν από τους επιστημονικούς εταίρους, και συμπληρώθηκαν από μέλη Φορέων Διαχείρισης Εθνικών Πάρκων, Αλιευτικών Συνεταιρισμών και Περιφερειακών Τμημάτων Αλιείας. Όλα τα συλλεχθέντα δεδομένα και πληροφορίες αρχειοθετήθηκαν για περαιτέρω ανάλυση, εφόσον υποβλήθηκαν σε ποιοτικό έλεγχο. Σε πρώτη φάση, η ανάλυση αφορούσε μια ποιοτική ή/και ποσοτική αξιολόγηση της κατάστασης των οικοτόπων, των τοπικών πληθυσμών, των εκφορτώσεων χελιών και των διαχειριστικών σχεδίων σε όλα τα πιθανά επίπεδα, π.χ. εθνικό, περιφερειακό επίπεδο, οικοτόπων (LAK: λίμνες, LGN: λιμνοθάλασσες, RIE: εκβολές ποταμών, RIV: ποταμοί).

Για την αξιολόγηση της αποτελεσματικότητας των καθιερωμένων διαχειριστικών σχεδίων, με βάση διάφορα σενάρια, στη διαφυγή γεννητόρων, ως βάση για την διαμόρφωση/βελτίωση των μελλοντικών διαχειριστικών σχεδίων, χρησιμοποιήθηκε το "Μοντέλο Αξιολόγησης Αποθεμάτων Χελιών" (Eel Stock Assessment Model - ESAM) (De Leo and Gatto 1995, 1996, 2001; Bevacqua et al. 2007; Andrello et al. 2011; Schiavina et al. 2015). Το ESAM είναι ένα δυναμικό μοντέλο, που στηρίζετε σε δεδομένα ηλικίας, φύλλου και είναι βαθμονομημένο ως προς την ηλικία, το φύλο και το στάδιο. Επιπλέον, εκμεταλλεύεται τις κύριες βιολογικές διεργασίες του είδους και τις περισσότερο πιθανές ανθρωπογενείς πιέσεις σε επίπεδο θέσης.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κατά την υλοποίηση του έργου πραγματοποιήθηκε εκτεταμένη βιβλιογραφική έρευνα για την συγκέντρωση πληροφοριών σχετικά με τους οικοτόπους του χελιού και τα χαρακτηριστικά τους, την αλιεία του και τις απειλές που αντιμετωπίζει. Η πρώτη βάση δεδομένων, συμπληρώθηκε με στοιχεία που συγκεντρώθηκαν από ερωτηματολόγια που κοινοποιήθηκαν σε φορείς που σχετίζονται με την αλιεία του είδους και την εφαρμογή των διαχειριστικών μέτρων. Όσον αφορά τους οικοτόπους, συγκεντρώθηκαν πληροφορίες για 700 οικοσυστήματα στην Μεσόγειο, εκ των οποίων 276 ήταν λιμνοθάλασσες, 150 ποτάμια, 150 εκβολές ποταμών και 124 λίμνες (Εικ. 1). Όπως φαίνεται από τα δεδομένα, το σημαντικότερο οικοσύστημα για το χέλι στη Μεσόγειο, είναι οι λιμνοθάλασσες. Επιπλέον σε όλες τις συμμετέχουσες χώρες, καταγράφηκε η απώλεια πρόσβασης σε ένα μεγάλο τμήμα των ρεόντων υδάτων εξαιτίας των υπαρχόντων εμποδίων (φράγματα, γέφυρες κτλ.) (Εικ. 2).



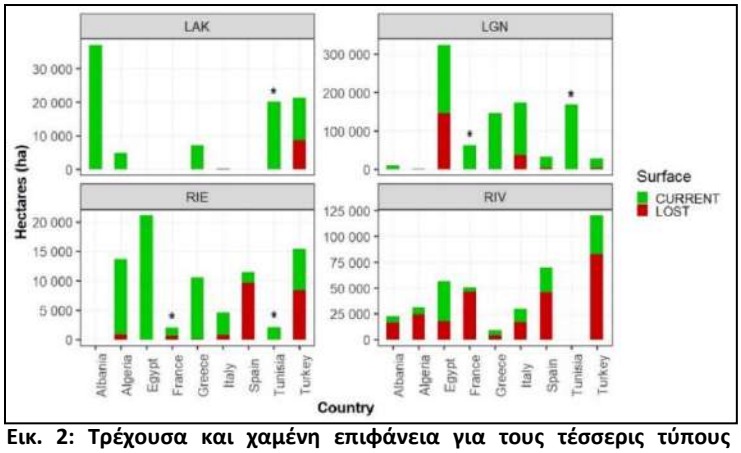

**Εικ. 1: Η γεωγραφική κατανομή των σημαντικότερων ενδιαιτημάτων του Ευρωπαϊκού χελιού στη Μεσόγειο, που προσδιορίζονται ανά τύπο οικοτόπου. Το κάθε χρώμα υποδεικνύει τον τύπο οικοτόπου των θέσεων αλιείας.**

**Fig. 1: The geographical distribution of the 366 most important eel habitats in the Mediterranean, identified by habitat type. The color of the circle shows the habitat type of the sites.**

Για πρώτη φορά υπήρξε μία ολοκληρωμένη καταγραφή στοιχείων που αφορούν τα νεοεισερχόμενα ατόμα στην Μεσόγειο με βάση την εποχικότητασύμφωνα με τις επίσημες καταγραφές. Συνολικά, βρεθήκαν καταγραφές για 79 τοποθεσίες σε όλη τη Μεσόγειο, οι οποίες ανήκουν στην τυπολογία των μεταβατικών υδάτων (LGN και RIE). Τα περισσότερα δεδομένα αφορούν το βορειοδυτικό

τμήμα της Μεσογείου. Αντίθετα, για το ανατολικό και νότιο τμήμα της, υπάρχουν καταγραφές για συλλήψεις γυαλόχελων, αλλά με πολύ χαμηλά επίπεδα αφθονίας ακόμα και για την περίοδο πριν την κατάρρευση του πληθυσμού.

Η αφθονία των γυαλόχελων στη Μεσόγειο είναι πολύ χαμηλή, μάλιστα σήμερα βρίσκεται στο χαμηλότερο ιστορικό επίπεδό, όπως καταγράφεται και στην υπόλοιπη Ευρώπη (ICES, 2021), επιβεβαιώνοντας την άποψη ότι η αλιεία γυαλόχελου δεν μπορεί να θεωρηθεί δικαιολογημένη για οποιαδήποτε χρήση, ακόμη και για δράσεις εμπλουτισμού. Με βάση αυτή την παρατήρηση και την κρίσιμη κατάσταση του πληθυσμού του είδους, η υλοποίηση προγραμμάτων παρακολούθησης της εξέλιξης της αφθονίας των νεοεισερχόμενων ατόμων θεωρείται υψίστης σημασίας.




**Εικ. 2: Τρέχουσα και χαμένη επιφάνεια για τους τέσσερις τύπους οικοτόπων (LAK: λίμνες, LGN: λιμνοθάλασσες, RIE: εκβολές ποταμών, RIV: ποτάμια) ανά χώρα (* η χαμένη επιφάνεια δεν είναι διαθέσιμη για ορισμένες τοποθεσίες). Πρέπει να σημειωθεί ότι μόνο οι σημαντικότεροι βιότοποι καταγράφηκαν λόγω της περιορισμένης διάρκειας του έργου.**
**Fig. 2: Current and lost surface for the four habitat typologies (LAK: lakes; LGN: lagoons; RIE: estuaries; RIV: rivers) by Country (*lost surface not available for some sites). It must be noted that only the most important habitats were recorded due to the limited duration of the project.**

Τα δεδομένα που συλλέχθηκαν, είτε από τα ήδη υφιστάμενα προγράμματα παρακολούθησης είτε από τις βιβλιογραφικές αναφορές, σχετικά με τις βιολογικές παραμέτρους των τοπικών πληθυσμών, συνέβαλαν στην κατανόηση και στην καταγραφή της κατάστασης των τοπικών πληθυσμών του χελιού στη Μεσόγειο. Η ύπαρξη όμως ελλιπών χρονοσειρών σε όλες τις χώρες, οδήγησε στην χρήση δεδομένων που συλλέχθηκαν μετά το 2000.

Στους διαφορετικούς οικοτόπους που φιλοξενούν το χέλι οι εκφορτώσεις και η αλιευτική προσπάθεια, ήταν μεγαλύτερες στις λιμνοθάλασσες σε ποσοστό 41,5%, ενώ στα ποτάμια, στις εκβολές ποταμών και στις λίμνες ανέρχεται στο 31,3% 23,1% και 4,1% , αντίστοιχα. Γενικά, τα αποτελέσματα των αναλύσεων έδειξαν ότι το απόθεμα του είδους στις λιμνοθάλασσες της Μεσογείου επηρεάζεται λιγότερο από την ανθρωπογενή δραστηριότητα συγκριτικά με αυτό των βόρειων χωρών, επομένως θα μπορούσε να συμβάλει αποτελεσματικά στην αποκατάσταση του παγκόσμιου πληθυσμού. Ωστόσο, λόγω της συνεχούς μείωσης των νεοεισερχόμενων ατόμων, κρίνεται αναγκαία η προστασία του στη περιοχή της Μεσογείου, με εφαρμογή ειδικών μέτρων για την εξασφάλιση της απρόσκοπτης μετανάστευσης του και την αποκατάσταση των οικοτόπων του.

Επιπλέον, η ανάλυση των δεδομένων σχετικά με την αλιεία του χελιού επέτρεψε την περιγραφή των διαφορετικών αλιευτικών εργαλείων, της εποχικότητας, των εκφορτώσεων, ενώ αντίθετα υπήρξε δυσκολία στην καταγραφή της αλιευτικής προσπάθειας λόγω της θεμελιώδους έλλειψης αυτών των δεδομένων. Από τα παραπάνω διαπιστώθηκε η συνεχής πτωτική τάση των αλιευμάτων σε ολόκληρη τη Μεσόγειο.

Όλες η Ευρωπαϊκές χώρες εφαρμόζουν μέτρα προστασίας του είδους είτε μέσω Εθνικών Διαχειριστικών Σχεδίων στο πλαίσιο της Οδηγία 1100/2007/ΕΕ, είτε μέσω εθνικών ή περιφερειακών σχεδίων. Στην Μεσόγειο τα μέτρα που έχουν εφαρμοσθεί από τις συμμετέχουσες στο πρόγραμμα χώρες έχουν άμεσο ή έμμεσο αντίκτυπο στην προστασία του Ευρωπαϊκού Χελιού. Κοινός στόχος όλων, όπως ήδη αναφέρθηκε, είναι η μείωση της ανθρωπογενούς θνησιμότητας και η παράλληλη αύξηση των διαφυγών ασημόχελων κατά την αναπαραγωγική τους μετανάστευση. Υπάρχουν επίσης μέτρα που δεν αφορούν άμεσα το Ευρωπαϊκό χέλι, αλλά αφορούν την προστασία οικοτόπων ή άλλων ειδών (π.χ. WFD, 92/43/ΕΕ, κ.λπ.), όμως το επίπεδο εφαρμογής τους και η αποτελεσματικότητά τους είναι πιο δύσκολο να αξιολογηθούν. Το κύριο πρόβλημα που επισημάνθηκε κατά την καταγραφή των διαχειριστικών μέτρων αφορούσε στην πολυπλοκότητα και την ποικιλομορφία τους. Συγκριμένα, παρατηρήθηκε μεγάλη

ποικιλότητα στα μέτρα που σχετίζονται με την αλιεία, όπως π.χ. το ελάχιστο μέγεθος, τα επιτρεπόμενα αλιευτικά εργαλεία και περίοδοι απαγόρευσης αλιείας.

Ωστόσο, και παρά τη μεταβλητότητα αυτή, σε όλες τις συμμετέχουσες χώρες εφαρμόζονται συγκρίσιμα μέτρα ή ομάδες μέτρων, εντός διαφορετικών πλαισίων που προβλέπονται είτε σε επίπεδο ΕΕ είτε σε εθνικό ε. Αυτά τα «κοινά» μέτρα παρείχαν τη βάση για την αξιολόγηση εναλλακτικών σεναρίων διαχείρισης για την αλιεία, συμβάλλοντας στον κοινό στόχο της αύξησης της δυνητικής αναπαραγωγικής βιομάζας χελιού σε επίπεδο χώρας. Η αποτελεσματικότητα των διαφόρων μέτρων ελέγχθηκε με ανώτερο όριο εφαρμογής το έτος 2030. Το ESAM, αξιολόγησε 122 τοποθεσίες σε τοπικό επίπεδο για τις οποίες ήταν διαθέσιμες πληροφορίες σχετικά με την αλιεία (εκφορτώσεις και αλιευτική προσπάθεια, τουλάχιστον οκτώ ετών), τα βιολογικά δεδομένα (μήκος και ηλικία) και τους οικοτόπους (ενδιαιτήματα, επικοινωνία με τη θάλασσα και θερμοκρασία). Τα αποτελέσματα των περιοχών με μεγάλες και πλήρης χρονοσειρές, χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση και των περιοχών με μικρές ή ελλιπής χρονοσειρές και τη λήψη αποτελεσμάτων σε μεσογειακό επίπεδο. Αν και το ESAM αναπτύχθηκε για την αξιολόγηση των λιμνοθαλασσών, οι οποίες χαρακτηρίζονται ως οι σημαντικότεροι οικότοποι χελιού στην περιοχή της Μεσογείου, καταβλήθηκε προσπάθεια να συμπεριληφθούν οι εκβολές ποταμών και οι ποταμοί, προκειμένου να υπάρξει μια πληρέστερη αξιολόγηση των διαφόρων μέτρων διαχείρισης.

Οι περιοχές για τις οποίες υπήρχαν ιστορικά στοιχεία (<1990) ή/και μεγαλύτερες χρονοσειρές εκφορτώσεων χρησιμοποιήθηκαν για την αξιολόγηση της φέρουσας ικανότητας (carrying capacity - kg/ha) και για την εκτίμηση της δυνητικής βιομάζας σε κάθε περιοχή απουσία κάθε είδους ανθρωπογενούς δραστηριότητας. Πραγματοποιήθηκε αναγωγή των αποτελεσμάτων σε άλλες περιοχές για τις οποίες, είτε δεν βρέθηκαν πλήρης χρονοσειρές είτε δεν πληρούσαν τις ελάχιστες απαιτήσεις (n = 135, Data Poor). Τα αποτελέσματα του μοντέλου έδωσαν μια εκτίμηση της επίδρασης που έχουν συγκεκριμένα μέτρα στην αλιεία και στην διαφυγή των γεννητόρων και θα μπορούσαν να εφαρμοστούν σε διαφορετικές περιοχές ή/και οικοτόπους στην Μεσογείου. Οι εκτιμώμενες επιπτώσεις των διαφόρων διαχειριστικών σεναρίων όσον αφορά τις εκφορτώσεις και τις διαφυγές συνοψίζονται στον Πίνακα Ι, στον οποίο συγχωνεύθηκαν τα αποτελέσματα για τους τρεις κύριους οικοτόπους (LGN, RIE, RIV). Οι καλύτερες επιδόσεις επιτεύχθηκαν, όπως αναμενόταν, από 1) την πλήρη απαγόρευση της αλιείας και 2) από την απαγόρευση της αλιείας σε προστατευόμενες περιοχές (πολλές λιμνοθάλασσες στη Μεσόγειο είναι ενταγμένες στο δίκτυο Ramsar και/ή περιλαμβάνονται στο δίκτυο Natura 2000). Οι περιορισμοί στην εμπορική αλιεία (σενάριο D) αποτελούν πιθανά πλαίσια διαχείρισης που παρουσιάζουν άμεση βραχυπρόθεσμη αύξηση των διαφυγών, αλλά ταυτόχρονα βρίσκονται συχνά στο επίκεντρο μεγάλων δημόσιων αντιπαραθέσεων, καθώς αυτά τα μέτρα θα επηρεάσουν χιλιάδες ανθρώπους που ασχολούνται με την αλιεία του. Η μείωση της αλιευτικής προσπάθειας κατά το ήμισυ των διαφορετικών εργαλείων (σενάριο Η) έδειξε αρκετά ενδιαφέροντα αποτελέσματα, ακολουθούμενα από μέτρα μείωσης κατά το ήμισυ της προσπάθειας σε σταθερές παγίδες, όπως στην περίπτωση της Ελλάδας. Αμελητέα αποτελέσματα διαπιστώθηκαν από τη μείωση κατά το ήμισυ της αλιευτικής προσπάθειας με τη χρήση αγκιστρωτών εργαλείων, δεδομένου ότι δεν είναι το κύριο αλιευτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται στη Μεσόγειο.

**Πίνακας Ι: Τα αποτελέσματα αξιολόγησης των διαφορετικών σεναρίων διαχείρισης σε Μεσογειακό επίπεδο με τη χρήση του μοντέλου ESAM, εφόσον διατηρηθούν μέχρι το 2030.**
**Table I: The results of the evaluation of the different management scenarios at Mediterranean level using ESAM, if they are maintained until 2030.**

| | | 2030 SCENARIOS | LANDINGS | SILVER EEL ESCAPEMENT |
|---|---|---|---|---|
| 2030 Maintenance of current measures - BASELINE | D | FULL FISHERY CLOSURE | -100,0% | +109,7% |
| | K | FULL FISHERY CLOSURE IN PROTECTED SITES (RAMSAR, Regional parks, etc.) | -65,5% | +64,3% |
| | H | REDUCTION BY HALF OF ALL FISHING EFFORT | -25,9% | +31,4% |
| | E | REDUCTION BY HALF OF FISHING EFFORTS AT BARRIERS | -15,5% | +19,2% |
| | F | REDUCTION BY HALF OF FISHING EFFORTS OF ALL NETS | -10,2% | +11,8% |
| | J | RESTOCKING IN ALL SITES (1g/ha) | +0,3% | +3,2% |
| | G | REDUCTION BY HALF OF FISHING EFFORTS OF OTHER GEARS (hooks) | +0,0% | +0,0% |
| | I | RIVER CONNECTIVITY RESTORATION (both upstream and downstream) | +0,0% | +0,4% |
| | C | ABOLITION OF CURRENT MINIMUM LANDING SIZE (where present) | +0,7% | -1,5% |
| | B | NO TIME CLOSURES (without 3 months requested by GFCM/42/2018/1 & EU Reg. 2019/124) | +4,1% | -5,7% |

Τα αποτελέσματα του μοντέλου ESAM αποτελούν μία πρώτη ένδειξη του μεγέθους των επιπτώσεων στην αλιεία του χελιού και στο ποσοστό των ασημόχελων που διαφεύγουν από την εφαρμογή διαφορετικών διαχειριστικών μέτρων. Επίσης, τα μέτρα που θεωρούνται ικανότερα για την ανάκαμψη του πληθυσμού του είδους μέσω συμβιβασμών στην μείωση της αλιείας και αύξηση των

διαφυγών είναι ουσιαστικής σημασίας για την έναρξη συζητήσεων μεταξύ Φορέων και των ενδιαφερόμενων μερών. Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι το ESAM είναι ένα εργαλείο που θα επιτρέψει στους επιστήμονες να εξετάσουν διαφορετικά μέτρα που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν σε συνεργασία με όλους τους ενδιαφερόμενους φορείς για τη αποτελεσματικότερη διαχείριση και ανάκαμψη του πληθυσμού του Ευρωπαϊκού Χελιού στην Μεσογείο.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το ερευνητικό πρόγραμμα για το χέλι χρηματοδοτήθηκε από τη GFCM – FAO. Θα θέλαμε να αναγνωρίσουμε και να εκφράσουμε την ευγνωμοσύνη μας στους Εθνικούς Αντιπροσώπους για την πολύτιμη συμβολή τους στην υλοποίηση του έργου. Όλοι οι συγγραφείς, ως επιστημονικοί εταίροι από τις εννέα συμμετέχουσες χώρες, συμμετείχαν ως πάροχοι δεδομένων στις βάσεις δεδομένων όλων των πακέτων εργασίας και όλοι τους συνέβαλαν εξίσου στην ανάλυση δεδομένων, ασχολούμενοι με συγκεκριμένες εργασίες, και στα τελικά αποτελέσματα του ERP. Ο πρώτος και ο τελευταίος συγγραφέας, που δεν ακολουθούν την αλφαβητική σειρά, διαδραμάτισαν ρόλο στο συντονισμό του έργου και ο δεύτερος υποστήριξε το πακέτο εργασίας που ασχολείται με την ανάλυση των μέτρων διαχείρισης,

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Aalto E, Capoccioni F, Mas J T, Schiavina M, Leone C, De Leo GA, Ciccotti E (2016) Quantifying 60 years of declining European eel (*Anguilla anguilla* L., 1758) fishery yields in Mediterranean coastal lagoons. ICES Journal of Marine Science 73Q: 101–110.

Andrello M, Bevacqua D, Maes GE, De Leo GA (2011) An integrated genetic-demographic model to unravel the origin of genetic structure in European eel *(Anguilla anguilla* L.). Evolutionary Applications 4: 517–533.

Bevacqua D, Melià P, Crivelli AJ, Gatto M, De Leo GA (2007). Multi-objective assessment of conservation measures for the European eel (*Anguilla anguilla*): an application to the Camargue lagoons. ICES Journal of Marine Science 64: 1483–1490.

Dannewitz J, Maes GE, Johansson L, Wickström H, Volckaert AM, Järvi T (2005) Panmixia in the European eel: a matter of time. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences 272 (1568): 1129-37, https://doi.org/10.1098/rspb.2005.3064.

De Leo GA, Gatto M (1995) A Size and Age-Structured Model of the European Eel (*Anguilla anguilla* L.). Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences 52: 1351–1367.

De Leo GA, Gatto M (1996). Trends in vital rates of the European eel: evidence for density dependence? Ecological Applications 6: 1281–1294.

De Leo GA, Gatto M (2001) A stochastic bio- economic analysis of silver eel fisheries. Ecological Applications 11(1):281–294.

Drouineau H, Durif C, Castonguay M, Mateo M, Rochard E, Verreault G, Yokouchi K, Lambert P (2018). Freshwater eels: A symbol of the effects of global change. Fish Fisheries 00: 1–28.

EU (2007) Council Regulation (EC) No 1100/2007 of 18 September 2007 establishing measures for the recovery of the stock of European eel. Official Journal of the European Union, 85 L248/17: 1–7.

GFCM (2018) Workshop on the management of European eel (WKMEASURES-EEL), Gammarth, Tunisia, 16 April 2018, REPORT.

Jacoby D, Gollock M (2014) *Anguilla anguilla*. In: The IUCN Red List of Threatened Species. Version 2014.2. Retrieved from http://www.iucnredlist.org.

Schiavina M, Bevacqua D, Melià P, Crivelli AJ, Gatto M, De Leo GA (2015). A user-friendly tool to assess management plans for European eel fishery and conservation. Environmental Modelling & Software 64: 9-17.

Tesch, F.-W. (2003). The eel ( 3rd ed.). Blackwell Science Ltd. https://doi.org/10.1002/9780470995389

# Η Ιχθυοπανίδα των ρεόντων υδάτων των Τεναγών Φιλίππων και η παρουσία δύο σπάνιων ενδημικών ειδών

**Αργύριος Σαπουνίδης[1], Παρασκευή Παπαδοπούλου[1], Φώτης Αράπογλου[1], Άρης Χρηστίδης[1], Γεωργία Καλανταρίδου[1], Στέλιος Τριανταφυλλίδης[1], Εμμανουήλ Τζιώλας[1], Εμμανουήλ Κουτράκης [1]**

[1]Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ-Δήμητρα, Νέα Πέραμος, 64007 Καβάλα - asapoun@inale.gr

## ABSTRACT

**Argyrios Sapounidis[1], Paraskevi Papadopoulou[1], Fotis Arapoglou[1], Aris Christidis[1], Georgia Kalantaridou[1], Stelios Triantafillidis[1], Emmanouil Tziolas[1], Emmanouil Koutrakis[1]: Fish fauna of in the waters of Tenagi Philippon and the presence of two rare endemic species.**

*Caspiomyzon hellenicus* and *Cobitis punctilineata* are rare endemic species living in the wetlands of Tenagi Philippon, in North Greece. The Red List of the International Union for Conservation of Nature (IUCN) classifies *C. hellenicus* as "Critically Endangered" and the *C. punctilineata* as "Vulnerable". Both species are included in Annex II of the European Directive 92/43. The aim of this work is to record the distribution of the endemic species *C. hellenicus and C. punctilineata* in the area of Tenagi Philippon. During the samplings, which were carried out in the area, the species *C. hellenicus* was recorded only in one sampling point (abundance percentage 0.37%), while *C. punctilineata* was caught in three sampling points (abundance percentage 2.20%). These low abundances and the absence of these species from other sampling points, where they were recorded in the past, are probably indications of the ecosystem's degradation in the study area or even a loss of part of their populations.

**Keywords:** endemic species, *Eudontomyzon hellenicus, Cobitis punctilineata*, freshwater fishfaunam, sensitive species

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα οικοσυστήματα των εσωτερικών υδάτων είναι ευρέως γνωστά ως «σημεία ενδιαφέροντος (hotspot)» για τη βιοποικιλότητα που φιλοξενούν και τα φαινόμενα ενδημισμού που παρουσιάζουν (Oikonomou *et al.* 2014). Σύμφωνα με τη Διεθνή Ένωση για τη Διατήρηση της Φύσης (International Union for the Conservation of Nature, IUCN) στα οικοσυστήματα αυτά, μέχρι σήμερα, έχουν εντοπιστεί και περιγραφεί περισσότερα από 126.000 είδη, συμπεριλαμβανομένων των ψαριών (Collen *et al.* 2014). Τα είδη αυτά και τα οικοσυστήματα που τα φιλοξενούν, είναι άρρηκτα συνδεδεμένα με την ευημερία και την ανάπτυξη των ανθρώπινων κοινωνιών (Vörösmarty *et al.* 2010, Hermoso *et al.* 2017). Ιδιαίτερα, τα οικοσυστήματα των εσωτερικών υδάτων προσφέρουν ποικιλία αγαθών και υπηρεσιών στις ανθρώπινες κοινωνίες που αναπτύσσονται γύρω από αυτά, όπως είναι η παροχή τροφής (αλιεία), νερού για τη γεωργία, αναψυχής, κ.ά. (Collen *et al.* 2014, Hayata & Guptab 2016).

Η ιχθυοπανίδα των εσωτερικών υδάτων εκτιμάται ότι αποτελεί την πιο απειλούμενη ομάδα σπονδυλωτών στον κόσμο (Reid *et al.* 2013). Οι απειλές που αντιμετωπίζουν τα είδη αυτά, προέρχονται κυρίως από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες που επιφέρουν αλλαγές στα υδρολογικά και υδρομορφολογικά χαρακτηριστικά των οικοτόπων ή ακόμα και την καταστροφή τους (Barbieri *et al.* 2015). Οι απειλές αυτές, ομαδοποιούνται σε έξι ευρύτερες (εκμετάλλευση, ρύπανση, κλιματική αλλαγή, απώλεια ενδιαιτημάτων, ξενικά είδη) ή σε 12 μεγάλες κατηγορίες άμεσων απειλών (εκμετάλλευση των βιολογικών πόρων, γεωργία και υδατοκαλλιέργειες, ρύπανση, κλιματική αλλαγή, ξενικά είδη κ.ά.) (IUCN, Arthington *et al.* 2016) (Freyhof & Brook 2011). Η φύση των απειλών αυτών, επηρεάζει τόσο άμεσα όσο και έμμεσα τη βιολογία, την οικολογία, τον κύκλο ζωής και την κατανομή της ιχθυοπανίδας στα οικοσυστήματα αυτά.

Στην Ελλάδα, έχουν καταγραφεί περισσότερα από 160 είδη ψαριών των εσωτερικών υδάτων, εκ των οποίων 137 θεωρούνται αυτόχθονα (Barbieri *et al.* 2015). Από το σύνολο των αυτόχθονων ειδών, τα 47 είναι ενδημικά μόνο της Ελλάδας και άλλα 14 εντοπίστηκαν και σε διασυνοριακά ύδατα (Barbieri *et al.* 2015).

Στην κατηγορία των ενδημικών ειδών κατατάσσονται και τα δύο σπάνια είδη που καταγράφηκαν στα νερά των υγροτόπων των Τεναγών Φιλίππων και στην ευρύτερη περιοχή τους (Κεφαλάρι, Αγγίτης, Πηγές Αγίας Βαρβάρας) (Κουτράκης κ.ά. 2015). Τα είδη αυτά είναι το *Caspiomyzon hellenicus* (Vladykov, Renaud, Kott & Economidis 1982, Αμμόκοιτος ή Γκαβόχελο) και το *Cobitis punctilineata* (Economidis &

Nalbant 1998, Γραμμοβελονίτσα), τα οποία περιλαμβάνονται στο Παράρτημα ΙΙ της Οδηγίας 92/43, καθώς και στον Κόκκινο Κατάλογο της IUCN (Κουτράκης *κ.ά.* 2015).

Το *C. hellenicus* είναι ενδημικό είδος της περιοχής των Τεναγών Φιλίππων, απαντάται στον Ποταμό Αγγίτη, Ρυάκι Αη Γιάννη Σερρών, Ρέμα Κεφαλαρίου και Ρέμα Μυλοποτάμου Δράμας (Economidis 1995, Renaud & Economidis 2010). Το είδος αυτό, ανήκει στους Κυκλόστομους (Cyclostomidae), όμως δεν είναι παρασιτικός οργανισμός, καθώς τρέφεται παθητικά με αιωρούμενα στο νερό σωματίδια, μέσω ενός χοανοειδούς στοματικού ανοίγματος. Το *C. hellenicus* για την επιβίωση του χρειάζεται καθαρό τρεχούμενο νερό και αμμολασπώδες έδαφος, μέσα στο οποίο κρύβεται, με το σώμα του σε κάθετη θέση. Το είδος έχει παρατεταμένη προνυμφική ζωή (5-6 έτη), ενώ η διάρκεια ζωής του ενήλικου σταδίου κυμαίνεται από 7-15 ημέρες (Economidis 2009). Χαρακτηρίζεται ως Κρισίμως Κινδυνεύον (Critically Endangered) από το Κοκκίνο Βιβλίο των Απειλούμενων Ζώων της Ελλάδας (Economidis 2009) και την IUCN (Crivelli 2018). Από την αξιολόγηση της κατάστασης του *E. hellenicus*, βρέθηκε ότι οι κύριες απειλές που αντιμετωπίζει είναι η ρύπανση των υδάτων από λύματα (όπως οικιακά και αστικά, βιομηχανικά, στρατιωτικά, γεωργικά και δασικά λύματα) και ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων που διαβιεί (Crivelli 2006, Economidis 2009).

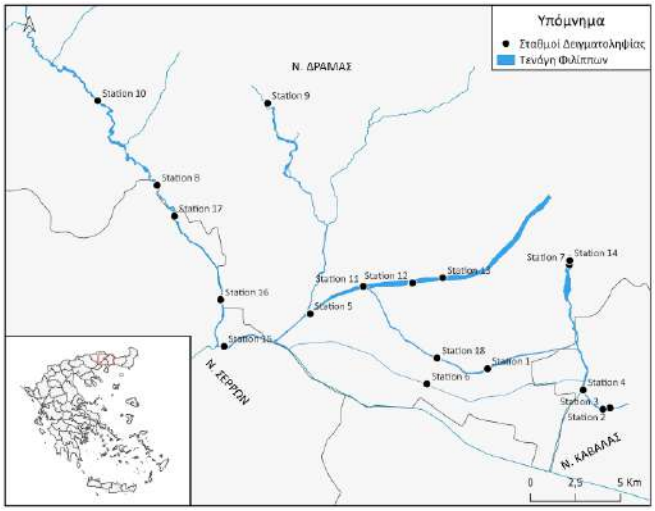
Το *C. punctilineata* είναι ενδημικό είδος της Βαλκανικής Χερσονήσου και συγκεκριμένα των αποστραγγιστικών καναλιών του Ποταμού Αγγίτη, στην περιοχή των Τεναγών Φιλίππων (Erkakan al. 1999, Economidis 1995 & 2009). Το είδος αυτό, απαιτεί ήρεμα ή ελαφρώς τρεχούμενα ύδατα και προτιμά περιοχές με υδροχαρή φυτά, λάσπη, άμμο και αρκετή οργανική ύλη, ώστε να μπορεί να εισέλθει και να κρυφτεί κατά τη διάρκεια της ημέρας. Η κρυπτική του συμπεριφορά, πραγματοποιείται προς εύρεση τροφής και αποφυγή θηρευτών. Τρέφεται κυρίως με μικροασπόνδυλα ή φυτικό υλικό, που βρίσκει στον πυθμένα (Economidis 2009). Από το 2006, το *C. punctilineata* χαρακτηρίζεται από την IUCN ως Τρωτό (Vulnerable VU) (Crivelli 2006), τον ίδιο χαρακτηρισμό έχει και στο Κοκκίνο Βιβλίο των Απειλούμενων Ζώων της Ελλάδας (Economidis 2009). Από την αξιολόγηση της κατάστασης του *C. punctilineata*, βρέθηκε ότι οι κύριες απειλές που αντιμετωπίζει είναι η υποβάθμιση των υδάτων (ρύπανση) και ο κατακερματισμός των ενδιαιτημάτων που διαβιεί (Crivelli 2006, Economidis 2009).

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η καταγραφή της εξάπλωσης των δύο ενδημικών ειδών *C. hellenicus* και *C. punctilineata* των ρεόντων υδάτων της υγροτοπικής περιοχής των Τεναγών Φιλίππων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα Τενάγη Φιλίππων βρίσκονται στην Ανατολική Μακεδονία, ανήκουν σε τρεις νομούς τον Ν. Καβάλας, τον Ν. Δράμας και τον Ν. Σερρών (Εικόνα 1) και έχουν συνολική έκταση περίπου 88 km$^2$ (Παπαζαφειρίου 2011, ΓΕΩ.ΤΕ.Ε 2016). Ένας μεγάλος αριθμός ποταμών και ρεμάτων ρέουν στην περιοχή αυτή, όπως ο Ποταμός Αγγίτης, ο Χείμαρρος Δοξάτου, αλλά και πολλά αρδευτικά κανάλια, δημιουργώντας πολυάριθμα ενδιαιτήματα για την ανάπτυξη διαφόρων ειδών χλωρίδας και πανίδας (ΓΕΩ.ΤΕ.Ε 2016).

Χαρακτηριστικό γνώρισμα της περιοχής μελέτης είναι ο τυρφώνας, κοίτασμα οργανικής φύσεως, συνολικής έκτασης περίπου, 55 km και μέσου βάθους 300 m. Ο τυρφώνας αυτός, αποτελεί το βαθύτερο κοίτασμα τύρφης σε παγκόσμιο επίπεδο, δεδομένου ότι το βάθος των τυρφώνων δεν ξεπερνά τα εφτά μέτρα (Παπαζαφειρίου 2011, ΓΕΩ.ΤΕ.Ε 2016). Από το 1930 μέχρι σήμερα, η μορφή των Τεναγών έχει αλλάξει, καθώς από έλος έγινε μία από τις πιο παραγωγικές γεωργικές εκτάσεις τόσο στην Ελλάδα, όσο




**Εικόνα 1. Χάρτης της περιοχής Τεναγών Φιλίππων. Με μαύρες κουκίδες παρουσιάζεται το δίκτυο των σταθμών δειγματοληψίας του έργου.**

**Figure 1. Map of the area of Tenagi Philippon. The network of sampling stations is presented with black dots.**

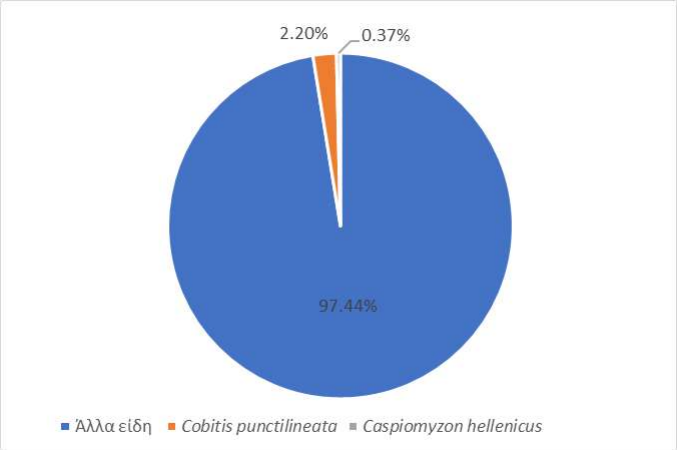
και στην Ευρώπη (Παπαζαφειρίου 2011, ΓΕΩ.ΤΕ.Ε 2016). Το χαρακτηριστικό αυτό οφείλεται στην πλούσια οργανική ύλη που συγκρατεί τα θρεπτικά υλικά, τα λιπάσματα που χρησιμοποιούν οι αγρότες, στην ιδανική δομή του εδάφους και στην πορώδη φύση του, που προσφέρει καλό αερισμό του ριζικού συστήματος και διατηρεί την κατάλληλη υγρασία για την ανάπτυξη των φυτών (Παπαζαφειρίου 2011, ΓΕΩ.ΤΕ.Ε 2016).

Στην περιοχή αυτή έχουν καταγραφεί περίπου 20 είδη ψαριών, όπως τα κοινά είδη *Cyprinus carpio* (Γριβάδι), *Barbus strumicae* (Μπριάνα του Στρυμόνα) και το *Squalius orpheus* (Ποταμοκέφαλος Θράκης), καθώς και δύο σπάνια ενδημικά το *Eudontomyzon (Caspiomyzon) hellenicus* και το *Cobitis punctilineata* (Κουτράκης κ.ά. 2015, ΓΕΩ.ΤΕ.Ε 2016).

Για τη μελέτη της κατανομής των δύο ενδημικών ειδών *C. hellenicus* και *C. punctilineata*, στην περιοχή των Τεναγών Φιλίππων επιλέχθηκαν 18 σταθμοί δειγματοληψιών (Εικόνα 1). Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν με τη χρήση φορητής ηλεκτραλιείας τύπου Hans Grassl ELT60IIHI, σύμφωνα με το πρωτόκολλο της Ε.Ε. «CEN 2003» που ακολουθείται από το Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝΑΛΕ) για τις δειγματοληψίες σε ποτάμια. Κατά τη διάρκεια της εκάστοτε δειγματοληψίας, έγινε αναγνώριση σε επίπεδο είδους των ψαριών που πιάστηκαν, καταγράφηκε το ολικό μήκος και ο αριθμός τους, συλλέχθηκε φωτογραφικό υλικό από τα είδη στόχους και έπειτα αφέθηκαν ελευθέρα.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από το σύνολο των σταθμών, λόγω της εκτεταμένης βλάστησης, της παρουσίας φραγμών, του μεγάλου βάθους ή της μεγάλης ροή του νερού, η ομάδα εργασίας είχε πρόσβαση μόνο σε δέκα. Στους σταθμούς αυτούς, συνολικά καταγράφηκαν 14 είδη ιχθυοπανίδας (Πίνακας Ι), με τα είδη *Barbus strumicae* (Μπριάνα του Στρυμόνα) και *Squalius orpheus* (Ποταμοκέφαλο της Θράκης) να κυριαρχούν σε όλους τους σταθμούς. Το ενδημικό είδος *C. hellenicus* εντοπίστηκε μόνο σε ένα σταθμό (με αφθονία 0,37% στον συνολικό αριθμό ατόμων), ενώ το *C. punctilineata*, πιάστηκε σε τρεις σταθμούς (με αφθονία 2,20% στον συνολικό αριθμό ατόμων) (Εικόνα 2).




**Εικόνα 2. Αφθονία όλων των ειδών που καταγράφηκαν στα Τενάγη Φιλίππων, στην παρούσα μελέτη.**
**Figure 2. Abundance of all fish species recorded in Tenagi Philippon, in the present study.**

Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής επιβεβαιώνουν τα αποτελέσματα της μελέτης των Κουτράκη κ.ά. (2015), οι οποίοι κατέγραψαν τις ίδιες αφθονίες για τα είδη στόχος, αν και είχαν καταγραφεί περισσότερα είδη (συνολικά 20 είδη ψαριών). Η απουσία κάποιων ειδών από την παρούσα μελέτη και οι μικρότερες αφθονίες, μάλλον αποτελεί ένδειξη υποβάθμισης των οικοσυστημάτων των Τεναγών Φιλίππων ή ακόμα και απώλεια τμήματος του πληθυσμού των δυο υπο μελέτη ενδημικών ειδών.

Στην περιοχή των Τεναγών Φιλίππων παρατηρούνται δύο σημαντικές απειλές για την ιχθυοπανίδα, η ρύπανση και η απώλεια ενδιαιτημάτων (Παπαζαφειρίου 2011, ΓΕΩ.ΤΕ.Ε 2016), οι οποίες είναι αποτέλεσμα της εντατικοποίησης των αγροτικών καλλιεργειών στην περιοχή. Συγκεκριμένα, η ανεξέλεγκτη αποστραγγιστική πρακτική που ακολουθείται σε συνδυασμό με τη μη ορθολογική γεωργική πρακτική, οδηγούν στον κατακερματισμό των ενδιαιτημάτων και τη συσσώρευση οργανικών και ανόργανων ρυπαντών. Γεγονός που οδηγεί στην συρρίκνωση της επιφάνειας του τυρφώνα, αλλά και της αύξησης του ρυπαντικού φορτίου που καταλήγει στα υδάτινα σώματα κατά την απόπλυση της χέρσου και την έμμεση ή άμεση απόρριψη φυτοπροστατευτικών προϊόντων. Επιπλέον, οι επεμβάσεις στο στραγγιστικό δίκτυο για ύδρευση και άρδευση, αλλά και τα αποστραγγιστικά έργα για την αντιμετώπιση των πλημμυρικών φαινομένων που παρατηρούνται στην περιοχή, αλλάζουν την μορφολογία των ενδιαιτημάτων δημιουργώντας περιοχές με στάσιμα νερά και περιοχές χωρίς νερό. Για την κάλυψη των αναγκών αυτών, η Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης ΑΜΑΘ έχει χορηγήσει τρεις άδειες

πολλαπλής χρήσης νερού υδρευτικής (πόση, πότισμα πρασίνου & αγροτικής) προς τον Δήμο Δοξάτου (δύο άδειες – Αποφάσεις 9428/10-5-2016 και 9429/10-5-2016) και προς τον Δήμο Καβάλας (μία άδεια – Απόφαση 10912/Φ.397/11-7-2016), οι οποίες ορίζουν την μέγιστη ποσότητα νερού που μπορεί να αντληθεί και συγκεκριμένα για τον Δήμο Δοξάτου ορίζεται ως ελάχιστη ποσότητα το 1.671.400 $m^3$/έτος έως 1.827.200 $m^3$/έτος, ενώ για τον Δήμο Καβάλας τα 7.700.000 $m^3$/έτος. Για το έτος 2022 η Διεύθυνση Υδάτων της Αποκεντρωμένης Διοίκησης ΑΜΑΘ χορήγησε άδεια για την πρόσθετη άντληση 45.621.847 $m^3$/έτος νερού για άρδευση (Απόφαση 110564/11-8-2021). Σημαντικό ρόλο παίζει και ο κατακερματισμός του οικοσυστήματος δημιουργεί εμπόδια στη μετακίνηση των ψαριών, επηρεάζει τις φυσικοχημικές ιδιότητες του νερού (δημιουργία ανοξικών συνθηκών, αυξημένες συγκεντρώσεις αμμωνιακών και φωσφορικών). Τα φαινόμενα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση των πληθυσμών της ιχθυοπανίδας της περιοχής και ιδιαίτερα των δύο σπάνιων ενδημικών ειδών *C. hellenicus* και το *C. punctilineata*, καθώς όπως ήδη αναφέρθηκε, οι κύριες απειλές που αντιμετωπίζουν τα είδη αυτά οφείλονται σε μεγάλο βαθμό στις ανθρώπινες δραστηριότητες και λιγότερο στην κλιματική αλλαγή (Crivelli 2006, Economidis 2009).

**Πίνακας 1. Λίστα των ειδών ιχθυοπανίδας και καθεστώς προστασίας τους που καταγράφηκαν στα Τενάγη Φιλίππων.**
**Table 1. List of fish fauna species recorded in the area of Tenagi Philippon and their protection status.**

| Είδος | Κοινή Ονομασία | Αξιολόγηση Κατάστασης IUCN | Οδηγία 92/43/ΕΟΚ |
|---|---|---|---|
| *Alburnoides strymonicus* | Τσιρωνάκι του Στρυμόνα | Μη Αξιολογημένα | |
| *Alburnus alburnus* | Ευρωπαϊκό Σίρκο | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | |
| *Barbus strumicae* | Μπριάνα του Στρυμόνα | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | Παράρτημα II (Y-CTC) & Παράρτημα V (Y-CTC) |
| *Carassius auratus* | Κοινό χρυσόψαρο | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | |
| *Chondrostoma vardarense* | Σύρτης | Σχεδόν Απειλούμενα | |
| *Cobitis punctilineata* | Γραμμοβελονίτσα | Τρωτό | Παράρτημα II (Y-CTC) |
| *Caspiomyzon hellenicus* | Γκαβόχελο | Κρισίμως Κινδυνεύον | Παράρτημα II (Y-HTL) |
| *Gambusia holbrooki* | Κουνουπόψαρο | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | |
| *Lepomis gibbosus* | Ηλιόψαρο | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | |
| *Oxynoemacheilus bureschi* | Πετροχείλι | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | |
| *Petroleuciscus borysthenicus* | Τσαϊλάκι | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | |
| *Phoxinus strymonicus* | Στρυμονόγαστος | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | |
| *Rhodeus amarus* | Μουρμουρίτσα | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | Παράρτημα II (Y-CTC) |
| *Squalius orpheus* | Ποταμοκέφαλος Θράκης | Μειωμένου Ενδιαφέροντος | |

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω καθίσταται αναγκαία η άμεση λήψη μέτρων διαχείρισης, για την αποκατάσταση των ενδιαιτημάτων και την επιβίωση των δύο σπάνιων ενδημικών ειδών *C. hellenicus και C. punctilineata.*

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα έρευνα πραγματοποιήθηκε στα πλαίσια του έργου «Δράσεις προστασίας για τα ενδημικά είδη ιχθυοπανίδας *Eudontomyzon hellenicus* & *Cobitis punctilineata»,* το οποίο χρηματοδοτείτε από Πράσινου Ταμείου και συγκεκριμένα το χρηματοδοτικό πρόγραμμα «Φυσικό Περιβάλλον και Καινοτόμες δράσεις: Δράσεις διατήρησης της βιοποικιλότητας».

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Arthington AH, Dulvy NK, Gladstone W, Winfield IJ (2016) Fish conservation in freshwater and marine realms: status, threats and management. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 26 (5): 838-857

Barbieri R, Zogaris S, Kalogianni E, Stoumboudi MTh, Chatzinikolaou Y, Giakoumi S, Kapakos Y, Kommatas D, Koutsikos N, Tachos V, Vardakas L, Economou AN (2015) Freshwater fishes and lampreys of Greece: An annotated checklist. Monographs on Marine Sciences No. 8. Hellenic Centre for Marine Research: Athens, Greece

CEN (2003) Water quality – sampling of fish with electricity. European standard – EN 14011: 2003

Collen B, Whitton F, Dyer EE, Baillie JEM, Cumberlidge N, Darwall WRT, Pollock C, Richman NI, Soulsby AM, Böhm M (2014) Global patterns of freshwater species diversity, threat and endemism. Global Ecology and Biogeography 23: 40–51

Crivelli AJ (2006) *Cobitis punctilineata* The IUCN Red List of Threatened Species 2006: https://dx.doi.org/10.2305/IUCN.UK.2006.RLTS.T60838A12416974.en. (Downloaded on 18/10/2020)

Economidis PS (1995) Endangered freshwater fishes of Greece. Biological Conservation, 72: 201-211.

Economidis P (2009) Freshwater Fish. In: Legakis A. & Maragou P. (eds) The red data book of threatened animals of Greece. Hellenic Zoological Society, Athens, pp. 95-158

Erkakan F, Atalay-Ekmekçi FG, Nalbant TT (1999) A review of the genus *Cobitis* in Turkey (Pisces: Ostariophysi: Cobitidae). Hydrobiologia, 403: 13–26

Freyhof J & Brooks E (2011) European Red List of freshwater fishes. Luxembourg: Publications Office of the European Union, pp. 70

Hayata S & Guptab J (2016) Kinds of freshwater and their relation to ecosystem services and human well-being. Water Policy, 18: 1229–1246

Hermoso V, Cattarino L, Linke S, Kennard MJ (2018) Catchment zoning to enhance co-benefits and minimize trade-offs between ecosystem services and freshwater biodiversity conservation. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems 28 (4):1004-1014

Oikonomou A, Leprieur F, Leonardos ID (2014) Biogeography of freshwater fishes of the Balkan Peninsula. Sringer, 738, 205–220

Reid GMcG, Contreras MacBT, Csatadi K (2013) Global challenges in freshwater fish conservation related to public aquariums and the aquarium industry. International Zoo Yearbook,47(1): 6-45

Renaud CB & Economidis PS (2010) Eudontomyzon Graecus, A New Nonparasitic Lamprey Species From Greece (Petromyzontiformes: Petromyzontidae). Zootaxa DOI: 10.5281/zenodo.195327

Vladykov VD, Renaud CB, Kott E, Economidis PS (1982) A new non parasitic species of Holarctic lamprey, genus *Eudontomyzon* Regan 191 1 (Petromyzontidae), from Greece. Canadian Journal of Zoology, 60: 2897-29 15

Vörösmarty JC, McIntyre PB, Gessner MO, Dudgeon D, Prusevich A, Green P, Glidden S, Bunn SE, Sullivan CA, Liermann CR, Davies PM (2010) Global threats to human water security and river biodiversity. Nature, 467:555–561

ΓΕΩ.ΤΕ.Ε (2016) Τα προβλήματα των Τεναγών των Φιλίππων η αντιμετώπιση τους και η αειφορική διαχείριση τους. σελ. 46

Κουτράκης Μ, Σαπουνίδης Α, Εμφιετζής Γ, Χρηστίδη Α, Αράπογλου Φ (2015) Τεχνική έκθεση Έργου «Εποπτεία και αξιολόγηση της κατάστασης διατήρησης ειδών ιχθυοπανίδας κοινοτικού ενδιαφέροντος στην Ελλάδα, 2013-2015». Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΕΘΙΑΓΕ)

Παπαζαφειρίου ΑΖ (2011) Επίδραση των εδαφικών χαρακτηριστικών στη μεταφορά βαρέων μετάλλων στην τροφική αλυσίδα μέσω της βοσκήσιμης ύλης σε περιοχές της Ελλάδας. Διδακτορική Διατριβή, Γεωπονική Σχολή Α.Π.Θ., σελ. 239

# Επίδραση του ποτάμιου πλουμίου στη φυσικοχημική κατάσταση των παράκτιων υδάτων των εκβολών Καλαμά (Ιόνιο Πέλαγος)

**Στέλιος Τριανταφυλλίδης, Δημήτριος Καραμπέτσης, Χρυσούλα Γκουμπίλη, Νικόλαος Σταμάτης, Νικόλαος Καμίδης**
Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, Νέα Πέραμος, 64007 Καβάλα - striant@inale.gr

## ABSTRACT

**Stelios Triantafillidis, Dimitrios Karampetsis, Chrysoula Gubili, Nikolaos Stamatis, Nikolaos Kamidis: River plume impact on the physicochemical status of coastal waters in Kalamas estuaries (Ionian Sea)**

Buoyant freshwater outflows (plume) from rivers to sea are vital for marine coastal ecosystems as they define their physical and chemical properties and support their productivity. This study examines the impact of the Kalamas River plume on the physicochemical status of an aquaculture intensive area in western Greece (Kalamas River estuaries, Ionian Sea). Overall, 15 samplings were conducted from June 2020 to May 2021. Water samples were collected at multiple depths and a CTD was deployed at each station to monitor the properties of the water column. Data analysis revealed that the plume was the main factor affecting the chemical composition of coastal waters. In winter, the plume expanded periodically along the northern shore of the study area displaying elevated concentrations of nitrates, nitrites, and silicates. In summer, the effect of the plume was limited near the estuaries, while occasional events of increased nitrates, nitrites, and chlorophyll-a concentrations were recorded in the fish farms.

**Keywords:** river plume, Kalamas River, coastal waters, water pollution, nutrient salts, chlorophyll-a

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα εκβολικά και παράκτια οικοσυστήματα υποστηρίζουν πλήθος οικονομικών κλάδων όπως η αλιεία, η ιχθυοκαλλιέργεια, ο τουρισμός και το εμπόριο παρέχοντας άνω του 40% του ευρωπαϊκού Ακαθάριστου Εγχώριου Προϊόντος (European Commission 2019). Οι επιφανειακές εκροές υδάτων από τα ποτάμια προς τη θάλασσα (πλούμιο) είναι εξέχουσας σημασίας για τα εν λόγω συστήματα καθώς καθορίζουν τις φυσικοχημικές τους ιδιότητες και στηρίζουν τη παραγωγικότητά τους. Το πλούμιο εξαπλώνεται επιφανειακά πάνω από τα πυκνότερα θαλάσσια ύδατα και τελικά αναμιγνύεται υπό τις μετεωρολογικές πιέσεις, τη δύναμη Coriolis, το παλιρροϊκό κύκλο και τη τοπική κυκλοφορία των υδάτων (Καμίδης 2011). Η διαδικασία αυτή επηρεάζει τη διαβάθμιση της θερμοκρασίας και της αλατότητας στα παράκτια ύδατα ενώ μεταφέρει θρεπτικά άλατα και αιωρούμενα στερεά από τη λεκάνη απορροής στην υδάτινη στήλη. Υπό την επίδραση της ηλιακής ακτινοβολίας, οι παραπάνω αλλαγές στο θαλάσσιο περιβάλλον προκαλούν θερμική στρωμάτωση και αύξηση της φωτοσυνθετικής δραστηριότητας μεταβάλλοντας την τροφική κατάσταση των υδάτων (Ménesguen *et al.* 1995). Η ανάπτυξη ευτροφικών συνθηκών στην παράκτια ζώνη υποβαθμίζει το θαλάσσιο περιβάλλον προκαλώντας υποξικές και τοξικές συνθήκες για τους θαλάσσιους οργανισμούς με αρνητικές επιπτώσεις στα οικοσυστήματα και την τοπική οικονομία. Η ανθρώπινη δραστηριότητα σε συνδυασμό με τις πιέσεις που επιφέρει η κλιματική αλλαγή στις υδρολογικές και περιβαλλοντικές συνθήκες αναμένεται να μεγενθύνουν το πρόβλημα με αυξημένες ροές θρεπτικών και εντονότερη θερμική στρωμάτωση (Rabalais *et al.* 2009). Ειδικά η Μεσόγειος Θάλασσα, λόγω της αύξησης της μέσης επιφανειακής της θερμοκρασίας και της ημίκλειστης λεκάνης της, με περιορισμένη ανταλλαγή υδάτων με τον Ατλαντικό και τη Μαύρη Θάλασσα, θεωρείται ιδιαίτερα ευπαθής.

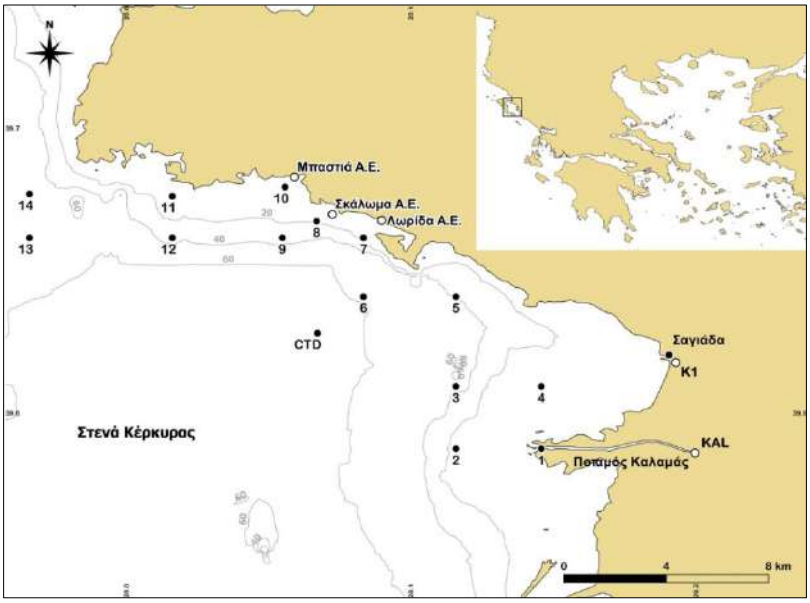
Η διασπορά του πλουμίου και οι επιπτώσεις του στα παράκτια ύδατα της ανατολικής Μεσογείου έχουν μελετηθεί εκτενώς. Η Pavlidou (2012) μελέτησε τη συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων σε επιλεγμένους κόλπους του Αιγαίου Πελάγους, αναδεικνύοντας τη σημασία των ποτάμιων εκροών και των βιομηχανικών/αστικών λυμάτων στην τροφική κατάσταση των υδάτων. Οι Sylaios *et al.* (2006) διερεύνησαν την επίδραση του πλουμίου στον Στρυμονικό Κόλπο και τεκμηρίωσαν τη συμβολή του στη χημική σύνθεση των υδάτων σε συνάρτηση με την εποχική διακύμανση των παροχών του ποταμού Στρυμόνα. Στην Αδριατική, οι Marini *et al.* (2010) αποτύπωσαν τον αντίκτυπο των πλουμίων των ποταμών Πάδου και Μπούνα και των θρεπτικών που μεταφέρουν στην τροφική κατάσταση της παράκτιας ζώνης και τόνισαν τη σχέση τους με την ανάπτυξη ευτροφικών συνθηκών. Στο Ιόνιο Πέλαγος, η μελέτη της φυσικοχημικής κατάστασης των υδάτων είναι περιορισμένη, καθιστώντας την παρακολούθησή της

σημαντική καθώς η ευρύτερη περιοχή υποστηρίζει οικοτόπους υψηλής οικολογικής αξίας και έντονη οικονομική δραστηριότητα (τουρισμός, αλιεία, ιχθυοκαλλιέργειες).

Η παρούσα εργασία διερευνά την εποχική διασπορά του πλουμίου στην παράκτια ζώνη των εκβολών του ποταμού Καλαμά (Ιόνιο Πέλαγος) και τις φυσικοχημικές μεταβολές που επιφέρει στα θαλάσσια ύδατα. Σκοπός είναι η περιγραφή της ροής των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης-α υπό μεταβαλλόμενες υδρολογικές συνθήκες. Οι εργασίες υλοποιήθηκαν στο πλαίσιο του προγράμματος «Συσχέτιση αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων για την ανάπτυξη μοντέλου πρόγνωσης των νοσημάτων σε μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας (PROGNOSIS)» (χρηματοδότηση ΕΣΠΑ 2014-2020, ΕΠΑλΘ 2014-2020).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα Στενά της Κέρκυρας βρίσκονται μεταξύ του ομώνυμου νησιού και της δυτικής ηπειρωτικής Ελλάδας στο νομό Θεσπρωτίας. Τα Στενά εκτείνονται σε μήκος 48 km από βορρά (ελληνοαλβανικά σύνορα) προς νότο (Άκρα Κουντούρης). Το πλάτος τους κυμαίνεται από 29 km στο κεντρικό τους τμήμα έως 2,2 km στο βορειότερο άκρο, ενώ το μέγιστο βάθος είναι 75 m. Η περιοχή έρευνας εκτείνεται στο ανατολικό τμήμα των Στενών στις ακτές του νομού Θεσπρωτίας (Λωρίδα Σαγιάδας) (Εικ 1).




**Εικ.1. Η περιοχή έρευνας και το δίκτυο των σταθμών δειγματοληψίας.**
**Fig. 1. Study area and the set of sampling points.**

Η τοπική θαλάσσια κυκλοφορία επηρεάζεται κυρίως από τη Δίνη του Βορείου Ιονίου (NIG) (Civitarese et al. 2010). Το παραπάνω σύστημα κυκλοφορίας περιλαμβάνει δύο διακριτές υδάτινες μάζες, τα Τροποποιημένα Ύδατα του Ατλαντικού (MAW) και τα Ενδιάμεσα Ύδατα της Λεβαντίνης (LIW). Τα MAW παρουσιάζουν τιμές αλατότητας μεταξύ 37,5 και 38,6 psu (Malanotte-Rizzoli et al. 1997) και αποτελούν το επιφανειακό υδάτινο σώμα του Ιονίου. Το καλοκαίρι, λόγω της έντονης εξάτμισης, εμφανίζεται ένα επιφανειακό υδάτινο σώμα υψηλότερης αλατότητας το οποίο διαφοροποιείται ως Επιφανειακά Ύδατα του Ιονίου (ISW) (Manca et al. 2006). Η ενδιάμεση ζώνη βάθους αποτελείται από LIW που σχηματίζονται στη Θάλασσα της Λεβαντίνης και παρουσιάζουν τις υψηλότερες τιμές αλατότητας στη Μεσόγειο (>39 psu) (Lascaratos et al. 1999).

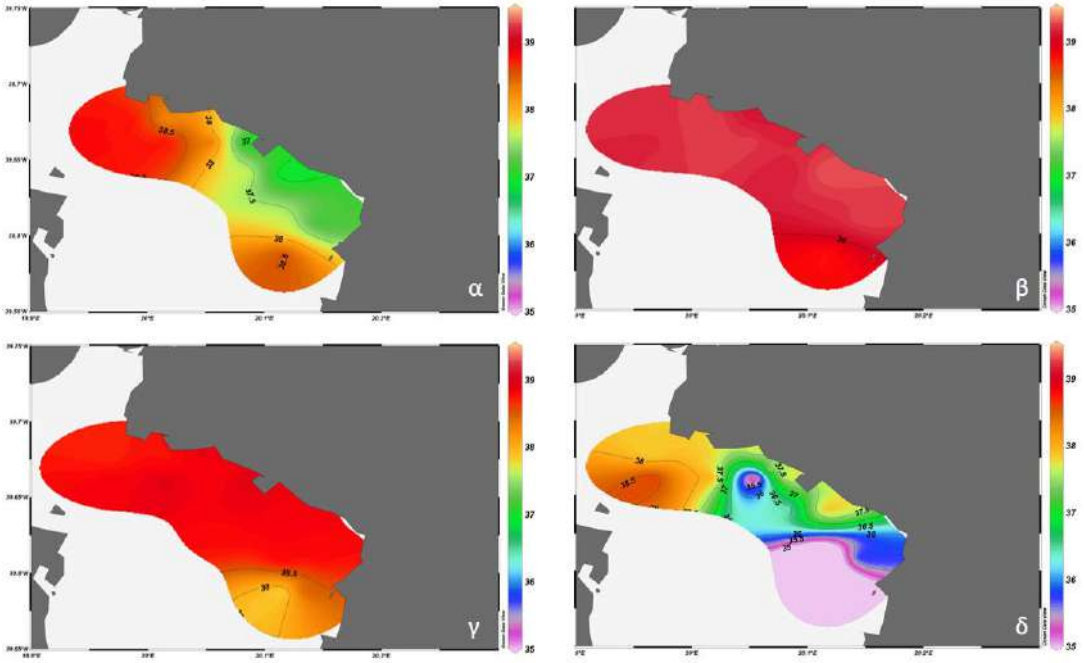
Η παρακολούθηση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού στην παράκτια ζώνη υλοποιήθηκε για ένα ολόκληρο έτος (Ιούνιος 2020 – Μάιος 2021) πραγματοποιώντας συνολικά 15 δειγματοληψίες. Για τον σκοπό αυτό σχεδιάστηκε ένα δίκτυο 20 σταθμών που καλύπτει την κοίτη του ποταμού Καλαμά, το εκβολικό σύστημα του ποταμού και την παράκτια ζώνη, συμπεριλαμβανομένων των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας. Για τη διεξαγωγή των δειγματοληψιών χρησιμοποιήθηκε πλωτό μέσο εξοπλισμένο με ηλεκτρικό βίντσι και GPS. Στη θάλασσα, σε κάθε σταθμό συλλέχθηκαν δείγματα νερού από προκαθορισμένα βάθη (επιφάνεια, 5m, 10 m, 20 m, 40 m) με τη χρήση φιάλης Niskin ενώ ποντίστηκε και θερμοαλατόμετρο για την παρακολούθηση των φυσικοχημικών παραμέτρων της υδάτινης στήλης. Στα εσωτερικά ύδατα, οι εργασίες περιλάμβαναν τη μέτρηση της παροχής ($m^3/s$), στιγμιαίες μετρήσεις περιβαλλοντικών παραμέτρων (θερμοκρασίας, αλατότητας, αγωγιμότητας, pH, κορεσμό οξυγόνου και συγκέντρωση οξυγόνου) καθώς και συλλογή δειγμάτων νερού στον ποταμό Καλαμά και το αρδευτικό κανάλι Σαγιάδας. Τα δείγματα νερού τοποθετούνταν σε προ-πλυμένες φιάλες πολυαιθυλενίου και φυλάσσονταν σε φορητά ψυγεία έως την εργαστηριακή επεξεργασία τους.

Οι εργαστηριακές αναλύσεις υλοποιήθηκαν μετά από κάθε δειγματοληψία για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων και της χλωροφύλλης-α. Η μέτρηση της συγκέντρωσης των θρεπτικών αλάτων (νιτρικά, νιτρώδη, φωσφορικά, πυριτικά, αμμωνιακά) (μΜ) βασίστηκε στη μέθοδο Parsons et al. (1984) με προσδιορισμό της φασματοφωτομετρικής μοριακής απορρόφησης διηθημένου δείγματος έπειτα από την προσθήκη κατάλληλων αντιδραστηρίων και με τη χρήση βαθμονομημένης καμπύλης. Η ανάλυση της χλωροφύλλης-α στηρίχθηκε στην τριχρωματική φωτομετρική μέθοδο (APHA 1988)· το διηθημένο δείγμα μετρούνταν φασματοφωτομετρικά σε τέσσερα μήκη κύματος υπολογίζοντας τη συγκέντρωση χλωροφύλλης-α (μg/L) έπειτα από εκχύλιση σε πυκνό διάλυμα ακετόνης.

Τα αποτελέσματα των αναλύσεων επεξεργάστηκαν και οπτικοποιήθηκαν με τη χρήση του λογισμικού Ocean Data View (Schlitzer 2006) παρέχοντας χάρτες κατανομής των περιβαλλοντικών παραμέτρων τόσο επιφανειακά όσο και σε επιλεγμένες διατομές στην υδάτινη στήλη για κάθε δειγματοληψία.

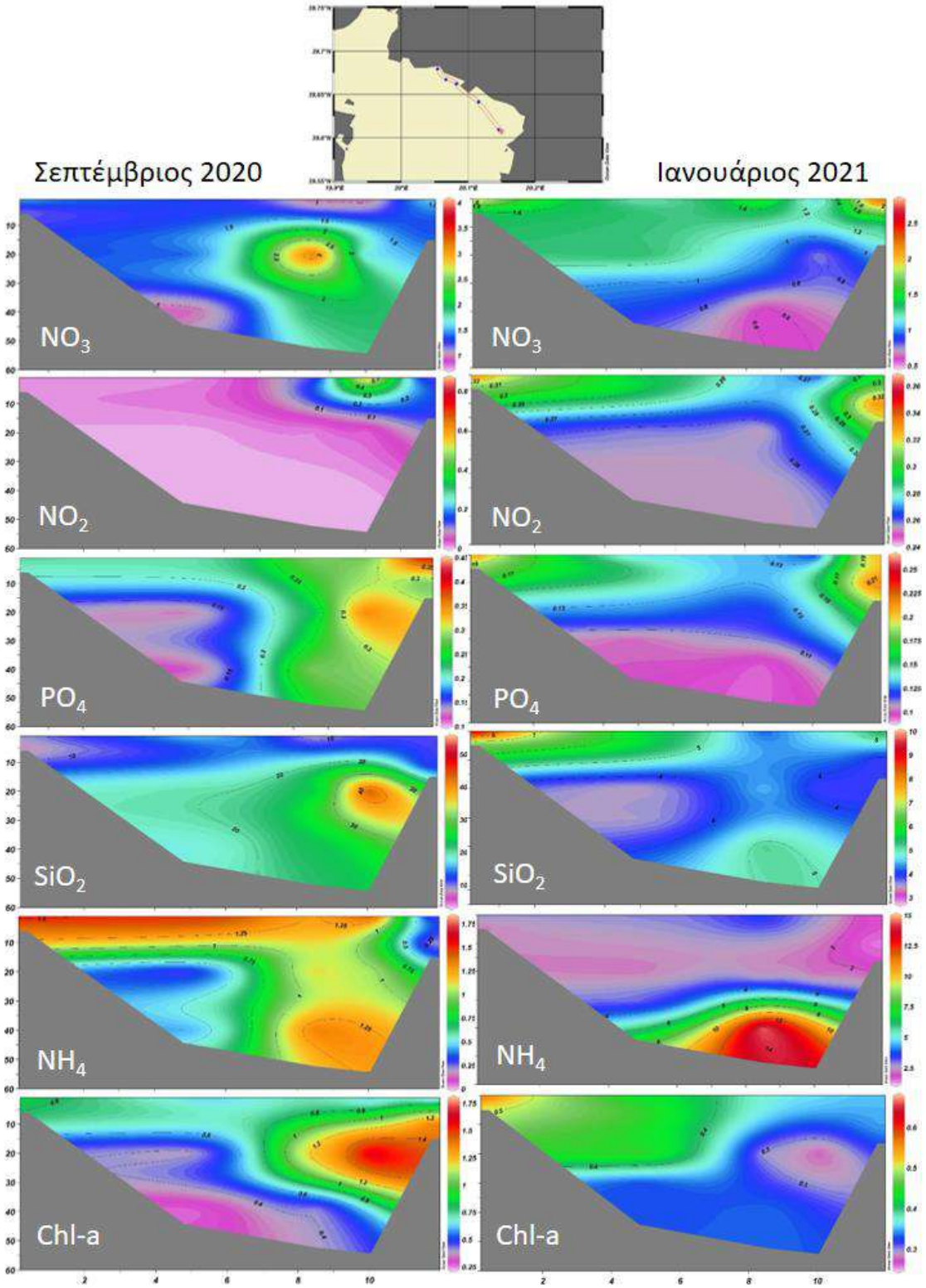
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η διασπορά του πλουμίου αναγνωρίστηκε ως ένα επιφανειακό υδάτινο σώμα χαμηλότερης αλατότητας (<37 psu) και εμφάνισε εποχικές και χωρικές διακυμάνσεις (Εικ. 2). Το Σεπτέμβριο, υπό συνθήκες ελάχιστης ποτάμιας παροχής (5,7 $m^3/s$) το πλούμιο περιορίστηκε στις εκβολές του ποταμού Καλαμά, ενώ τον Ιανουάριο (206,05 $m^3/s$) έπειτα από έντονες βροχοπτώσεις επεκτάθηκε φτάνοντας μέχρι το βόρειο τμήμα της περιοχής έρευνας. Σε ενδιάμεσες τιμές παροχών, το πλούμιο εντοπίστηκε κοντά στην εκβολή, καταλαμβάνοντας περιστασιακά το επιφανειακό στρώμα των υδάτων στο ανατολικό τμήμα. Η μέση αλατότητα μετρήθηκε από 36,75 έως 38,32 psu (min= 31,49 psu, max= 39,32 psu) ενώ η κατακόρυφη μεταβολή της δεν παρουσίασε σημαντικές διακυμάνσεις μετά τα 10 m βάθος. Σε ετήσια βάση, η επιφανειακή θερμοκρασία των υδάτων κυμάνθηκε μεταξύ 13,78 $^oC$ (Φεβρουάριος) και 28,72 $^oC$ (Αύγουστος). Το καλοκαίρι, το θερμοκλινές εντοπίστηκε σε βάθος από 5 έως 18 m (Ιούνιος - Αύγουστος).




**Εικ. 2. Κατανομή της επιφανειακής αλατότητας (psu) τον Ιούνιο 2020 (α), τον Σεπτέμβριο 2020 (β), τον Νοέμβριο 2020 (γ) και τον Ιανουάριο 2021 (δ), που εκφράζει τη διασπορά του πλουμίου.**
**Fig. 2. Distribution of surface salinity (psu) in June 2020 (α), September 2020 (β), November 2020 (γ) and January 2021 (δ), representing the dispersion of the plume.**

Η συγκέντρωση θρεπτικών αλάτων και χλωροφύλλης-α αποτυπώνεται σε ενδεικτική διατομή της υδάτινης στήλης (Εικ. 3) από βορειοδυτικά προς νοτιοανατολικά. Παρουσιάζονται οι συνθήκες μέγιστης και ελάχιστης ποτάμιας παροχής ώστε να τονιστούν οι επιπτώσεις του πλουμίου στην υδάτινη στήλη.




**Εικ. 3. Κατανομή θρεπτικών αλάτων (μM) και χλωροφύλλης-α (μg/L) στην υδάτινη στήλη από βορειοδυτικά (δεξί άκρο εικόνας) προς νοτιοανατολικά (αριστερό άκρο εικόνας) (σταθμοί 10, 8, 7, 5, 4).**
**Fig. 3. Distribution of nutrient salts (μM) and chlorophyll-a (μg/L) in the water column from northwest (right limit) to southeast (left limit) (sampling points 10, 8, 7, 5, 4).**

Τον Σεπτέμβριο 2020, οι μέγιστες τιμές νιτρικών μετρήθηκαν στα 4,25 μM επιφανειακά στο σταθμό 2 καθώς και στα 20 m βάθος στο σταθμό 7 (4,06 μM). Τα νιτρώδη παρουσίασαν μέγιστες τιμές

συγκέντρωσης (0,87 μΜ) επιφανειακά στο σταθμό 8. Η συγκέντρωση φωσφορικών έφτασε τα 3,99 μΜ στα 40 m στο σταθμό 9. Τα πυριτικά που μετρήθηκαν έφτασαν έως και 55,53 μΜ στα 20 m στο σταθμό 8. Τα αμμωνιακά, παρουσίασαν μέγιστη συγκέντρωση 1,69 μΜ επιφανειακά στο σταθμό 4 με μικρές διακυμάνσεις στην υπόλοιπη στήλη. Τέλος, η υψηλότερη συγκέντρωση χλωροφύλλης-α, 1,8 μg/L, μετρήθηκε στα 20 m βάθος στο σταθμό 8.

Τον Ιανουάριο 2021, η συγκέντρωση των νιτρικών έφτασε τα 15,13 μΜ στο σταθμό 4 (εκβολές). Οι υψηλότερες συγκεντρώσεις νιτρωδών μετρήθηκαν στους σταθμούς 6 (0,46 μΜ στα 20 m) και 2 (0,44 μΜ στην επιφάνεια). Η μέγιστη συγκέντρωση φωσφορικών, 0,58 μΜ, καταγράφηκε επιφανειακά στο σταθμό 9. Τα πυριτικά έφτασαν επιφανειακά τα 44,24 μΜ στο σταθμό 2. Η συγκέντρωση των αμμωνιακών ήταν μέγιστη (17,79 μΜ) στα 40 m κοντά στον πυθμένα στο σταθμό 7. Τέλος, η χλωροφύλλη-α παρουσίασε μέγιαστη τιμή 0,68 μg/L επιφανειακά στο σταθμό 4.

Για το σύνολο της περιόδου δειγματοληψιών, προέκυψε ότι το πλούμιο είναι ο βασικός φορέας θρεπτικών αλάτων στην περιοχή και ο ρόλος του είναι καθοριστικός στη διαμόρφωση των τροφικών συνθηκών των παράκτιων υδάτων. Η διασπορά νιτρικών, νιτρωδών και πυριτικών αλάτων φαίνεται να σχετίζονται άμεσα με τις εποχικές μεταβολές της παροχής του Καλαμά, ακολουθώντας τη μεταβολή της αλατότητας. Επιπλέον, η συγκέντρωση νιτρικών αυξάνεται με την υψηλή παροχή το χειμώνα υποδεικνύοντας επιφανειακές απορροές αγροτικής προέλευσης από τη λεκάνη του Π. Καλαμά. Οι αυξημένες συγκεντρώσεις νιτρικών, νιτρωδών και χλωροφύλλης-α, που παρατηρούνται το καλοκαίρι στην περιοχή των ιχθυοκαλλιεργειών ενδεχομένως σχετίζονται με την παραγωγική δραστηριότητα των μονάδων. Τα φωσφορικά εμφανίζονταν στο βορειοδυτικό άκρο της περιοχής και η προέλευσή τους δεν διευκρινίστηκε. Τα αμμωνιακά δεν σχετίζονταν με το πλούμιο και η ανίχνευσή τους ήταν παροδική. Τα πυριτικά είναι ρύπος φυσικής προέλευσης και μεταφέρονται από το ποτάμι. Η συστηματική παρακολούθηση του πλουμίου σε συνδυασμό με την ορθολογική ανάπτυξη του κλάδου των ιχθυοκαλλιεργειών μπορούν να λειτουργήσουν αειφορικά για την τοπική οικονομία εξασφαλίζοντας παράλληλα μια «καλή περιβαλλοντική κατάσταση» όπως αυτή ορίζεται από τις ευρωπαϊκές οδηγίες.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Ευχαριστούμε θερμά το σύνολο του προσωπικού των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων (Μπαστιά Α.Ε., Σκάλωμα Α.Ε., Λωρίδα Α.Ε.) και ειδικά τον κ. Αχιλλέα Χατζόπουλο για τη σημαντική συνεισφορά τους στην υλοποίηση των δειγματοληψιών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

APHA (1988) Standard methods for the examination of water and wastewater. Eigenferlag, APHA, Washington D.C.

Civitarese G, Gacic M, Lipizer M, Eusebi Borzelli GL (2010) On the impact of the Bimodal Oscillating System (BiOS) on the biogeochemistry and biology of the Adriatic and Ionian Seas (Eastern Mediterranean). Biogeosciences 7: 3987-3997.

European Commission (2019) The EU Blue Economy Report, 2019. Publication Office of the European Union, Luxembourg.

Malanotte-Rizzoli P, Manca BB, Ribera D' Alcala M, Theocharis A, Bergamasco A, Bregant D, Budillon G, Citarese G, Georgopoulos D, Michelato A, Sansone E, Scarazzato P, Souvermezoglou E (1997) A synthesis of the Ionian Sea hydrography, circulation and water mass pathways during POEM-Phase 1. Progress in Oceanography 39: 153-204.

Manca BB, Ibello V, Pacciaroni M, Scarazzato P, Giorgetti A (2006) Ventilation of deep waters in the Adriatic and Ionian Seas following changes in thermohaline circulation of the Eastern Mediterranean. Climate Research 31: 239-256.

Lascaratos A, Roetherb W, Nittis K., Klein B (1999) Recent changes in deep water formation and spreading in the eastern Mediterranean Sea: a review. Oceanography 44: 5-36.

Marini M, Grilli F, Guarnieri A, Jones BH, Klajic Z, Pinardi N, Sanxhaku M (2010) Is the southeastern Adriatic Sea coastal strip an eutrophic area? Estuarine, Coastal and Shelf Science 88: 395-406.

Ménesguen A, Guillaud JF, Aminot A, Hoch T (1995) Modelling the eutrophication process in a river plume: The Seine case study (France). Ophelia 42:205-225.

Parsons TR, Maita Y, Lalli CM (1984) A manual of chemical and biological methods for seawater analysis. Oxford, Pergamon Press.

Pavlidou A (2012) Nutrient distribution in selected coastal areas of Aegean Sea (East Mediterranean Sea). Journal of Environmental Science and Engineering A 1: 78-88.
Rabalais NN, Turner RE, Diaz RJ, Justić D (2009) Global change and eutrophication of coastal waters. ICES Journal of Marine Science, 66: 1528 – 1537.
Schlitzer R (2006) Ocean Data View, https://odv.awi.de.
Sylaios G, Koutrakis E, Kallianiotis A (2006) Hydrographic variability, nutrient distribution and water mass dynamics in Strymonikos Gulf (Northern Greece). Continental Shelf Research 26: 217–235.
Καμίδης Ν (2011) Περιγραφή και προσομοίωση συμπεριφοράς πλουμίου του Ποταμού Νέστου-διερεύνηση των επιπτώσεων στα εκβολικά συστήματα. Διδακτορική Διατριβή, Εργαστήριο Οικολογικής Μηχανικής και Τεχνολογίας, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη.

# Συλλογή, μεταφορά και εγκλιματισμός του νανογωβιού *Economidichthys trichonis* σε κλειστό σύστημα διατήρησης

**Ιωάννης Καπάκος, Ιωάννης Λέρης, Λεωνίδας Βαρδάκας, Ελένη Καλογιάννη**
Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, Ινστιτούτο Θαλάσσιων Βιολογικών Πόρων & Εσωτερικών Υδάτων, 46,7 χλμ, Λεωφ. Αθηνών Σουνίου, Ανάβυσσος, ΤΚ, 190 13 – ykapakos@hmcr.gr, i.leris@hcmr.gr, louisvard@gmail.com, ekalog@hcnr.gr

## ABSTRACT

**Yiannis Kapakos, Ioannis Leris, Leonidas Vardakas, Eleni Kalogianni: Collection, transfer and acclimatization of the dwarf goby *Economidichthys trichonis* in a closed circuit system**

The aim of this work is to describe the sampling, transport and acclimatization in a closed circuit system of the smallest European freshwater fish, the threatened dwarf goby *Economidichthys trichonis* for the preservation of a safety stock population in aquaria. In total, 107 individuals were collected using a drag net from the shore of Lake Trichonis, Western Greece. Three net hauls were conducted (average net hauling time 5 minutes) and care was taken to minimize fish handing to reduce fish stress. The total time for transport and acclimatization in the aquarium was 7.5 h. Mortality upon arrival (transport time 4 h) was almost 50%. Examination of the dead fish revealed parasitic worms in the intestinal system. Two treatments with different active substances ensued, with the second treatment reducing and eventually zeroing mortality. Issues related to mortality due to parasitosis of the dwarf gobies, as well as their adaptation to the use of artificial food are discussed.

**Keywords:** Dwarf goby, Fish parasites, Fish conservation, Aquariums, Acclimatisation

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ένας σημαντικός αριθμός από τα είδη ψαριών των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας έχουν περιορισμένη γεωγραφική κατανομή και απειλούνται με εξαφάνιση, κυρίως λόγω της υποβάθμισης του φυσικού τους ενδιαιτήματος και της εισαγωγής ξενικών χωροκατακτητικών ειδών (Zenetos *et al.* 2009; Barbieri *et al*. 2015). Η γνώση της διατήρησης και εκτροφής των απειλουμένων αυτών ειδών προσφέρει ένα επιπλέον εργαλείο στην οικολογική διαχείριση και προστασία τους, μέσω της μελέτης των διατροφικών τους συνηθειών, της συμπεριφοράς και της αναπαραγωγής τους. Παράλληλα, η εκτροφή τους επιτρέπει τη δημιουργία, σε προστατευόμενο περιβάλλον (απουσία παρασίτων και θηρευτών), ενός μεγάλου αριθμητικά αποθέματος απογόνων, οι οποίοι κάτω από αυστηρές προϋποθέσεις θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για την τόνωση των άγριων πληθυσμών, μέσω εμπλουτισμών στο φυσικό περιβάλλον (George *et al*. 2009).

Μεταξύ των πλέον απειλούμενων ειδών της ιχθυοπανίδας των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας είναι ο νανογωβιός *Economidichthys trichonis* Economidis & Miller 1990, ενδημικό είδος των λιμνών Τριχωνίδας και Λυσιμαχείας (λεκάνη π. Αχελώου). Σύμφωνα με τη Διεθνή Ένωση Προστασίας της Φύσης (International Union for Conservation of Nature– IUCN) το είδος έχει αξιολογηθεί ως «κινδυνεύον». Θεωρείται το μικρότερο ψάρι εσωτερικών υδάτων της Ευρώπης, με μέγιστο μήκος τα 2,5 – 3,0 εκατοστά και μονοετή κύκλο ζωής (Daoulas *et al*. 1993; Freyhof 2011). Ο σκοπός αυτής της μελέτης είναι να παρουσιάσει τα αποτελέσματα μιας πρώτης προσπάθειας συλλογής, μεταφοράς και προσαρμογής του νανογωβιού σε συνθήκες τεχνητού περιβάλλοντος, με σκοπό τη διατήρηση ενός αναπαραγωγικού πληθυσμού ώστε να διερευνηθούν όσο τον δυνατόν περισσότερες από τις πτυχές της βιολογίας και της οικολογίας του.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η συλλογή των ψαριών πραγματοποιήθηκε στα μέσα Νοεμβρίου 2021 με συρόμενο δίχτυ γόνου (μάτι διχτυού 2mm × 1,6 mm) από την παραλίμνια περιοχή της Τριχωνίδας. Δύο άτομα έσυραν το δίχτυ στον πυθμένα με κατεύθυνση από το βαθύτερο κομμάτι προς τη χέρσο, σε μια απόσταση 5-10 μέτρων. Η μέση διάρκεια σύρσης ήταν τα 5 λεπτά. Στο τέλος της κάθε σύρσης, το δίχτυ έβγαινε με προσοχή εκτός νερού για μερικά δευτερόλεπτα και το περιεχόμενο μεταφερόταν με αργές κινήσεις στη δεξαμενή διαλογής. Η δεξαμενή διαλογής περιείχε νερό από τη λίμνη με συνεχή παροχή οξυγόνου μέσω αεραντλίας (παροχή 2,5 lt/h). Η διαλογή των ψαριών γινόταν εντός της δεξαμενής. Σε αυτό το στάδιο, για την ελαχιστοποίηση του στρες των ψαριών, αυτά συλλέγονταν με πλαστικά ποτήρια σε μία προσπάθεια να μην εκτεθούν καθόλου εκτός νερού και τοποθετούνταν στο προς μεταφορά δοχείο. Το

δοχείο μεταφοράς των ψαριών ήταν μια δεξαμενή παραλληλόγραμμου σχήματος, από μη τοξικό πλαστικό υλικό συνολικού όγκου 80lt. Επιπλέον, για τη μείωση του στρες τοποθετήθηκαν υδρόβια φυτά από τον σταθμό συλλογής των ψαριών μέσα στη δεξαμενή μεταφοράς. Στην δεξαμενή υπήρχε επίσης οξυγόνωση από δυο αεραντλίες (με παροχή 2,5 lt /h εκάστη). Τέλος, στη δεξαμενή προστέθηκε υγρό δέσμευσης αμμωνίας, κατάλληλο για χρήση σε ψάρια. Η διαδικασία των σύρσεων, της διαλογής και της τοποθέτησης των νανογωβιών στο δοχείο μεταφοράς επαναλήφθηκε τρεις φορές, ώστε να συμπληρωθεί ο απαιτούμενος αριθμός των ψαριών. Το νερό στη λίμνη με το οποίο πληρώθηκε και η δεξαμενή μεταφοράς είχε τις εξής παραμέτρους: Θερμοκρασία 19 °C, Αγωγιμότητα 281 μS/cm, pH 8,46, Διαλυμένο οξυγόνο 10,24 mg/lt. Η θερμοκρασία της ατμόσφαιρας ήταν 20 °C. Κατά την διάρκεια της μεταφοράς των ψαριών στις εγκαταστάσεις του Ελληνικού Κέντρου Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ) στην Αττική, ανά μια ώρα πραγματοποιούνταν έλεγχος του οξυγόνου, της θερμοκρασίας, του pH και της αγωγιμότητας του νερού της δεξαμενής για ενδεχομένη μεταβολή. Η παράμετρος που μεταβλήθηκε ήταν η θερμοκρασία νερού η οποία μέχρι το τέλος του 4ώρου ταξιδιού αυξήθηκε 2 °C φτάνοντας στους 21 °C.

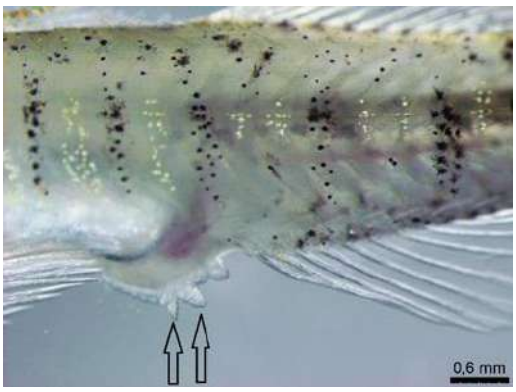
Στο εργαστήριο πειραματικών ενυδρείων του ΕΛΚΕΘΕ ακολούθησε η προσαρμογή των ψαριών στο νερό του ενυδρείου διατήρησης, με φυσικοχημικές παραμέτρους που προσομοίαζαν αυτών του νερού της λίμνης: Θερμοκρασία 20 °C, Αγωγιμότητα 400 μS/cm, pH 8,1, Διαλυμένο οξυγόνο 7,95 mg/lt. Η διαδικασία εγκλιματισμού των ψαριών πραγματοποιήθηκε ως εξής: Σταδιακά γινόταν προσθήκη νερού από το ενυδρείο εντός της δεξαμενής μεταφοράς και όταν ο όγκος νερού διπλασιάστηκε, γινόταν αφαίρεση διπλάσιας ποσότητας νερού, με τελικό σκοπό την εξομοίωση των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού της δεξαμενής μεταφοράς με αυτές του ενυδρείου διατήρησης. Για τη μείωση του στρες των ψαριών, ο εγκλιματισμός έγινε σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού και επιπλέον υπήρχε συνεχής παροχή αέρα με την χρήση αεραντλίας. Η διαδικασία εγκλιματισμού διήρκησε συνολικά 3,5 ώρες. Μετά την ολοκλήρωση του εγκλιματισμού, τα ψάρια μεταφέρθηκαν στο ενυδρείο διατήρησης με την χρήση πλαστικού δοχείου ώστε να μην εκτεθούν εκτός νερού. Σημειώνεται ότι το ενυδρείο διατήρησης δεν είχε φιλοξενήσει στο παρελθόν κανένα ψάρι, έτσι ώστε να μην υπάρχει πιθανότητα ύπαρξης παθογόνων οργανισμών σε αυτό. Οι διαστάσεις του ήταν 100 × 40 × 55 cm. Το εσωτερικό του ενυδρείου περιείχε αποστειρωμένο υπόστρωμα (χαλίκι, πέτρες και ξύλα), προστέθηκαν και φυτά από το περιβάλλον που συλλέχτηκαν τα ψάρια. Το ενυδρείο διέθετε εσωτερικό φίλτρο δυο σταδίων με σφουγγάρι και βιολογικό υλικό, η κυκλοφορία του νερού γινόταν με την χρήση κυκλοφορητή, παροχής 800lt/h στο τελευταίο στάδιο του φίλτρου. Επίσης υπήρχε τεχνητός φωτισμός LED 45W, 6500 -7500 Kelvin (3900 lm), ο οποίος ήταν μη ενεργοποιημένος τις πρώτες δυο εβδομάδες και στη συνέχεια ακολουθούσε τη φυσική φωτοπερίοδο. Πριν την εισαγωγή των ψαριών, το ενυδρείο βρισκόταν ήδη σε λειτουργία για 15 μέρες.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Συνολικά συλλέχτηκαν 107 ενήλικα άτομα του είδους *E. trichonis* με μέγεθος 1,5 έως 2,5 cm. Αμέσως μετά την τοποθέτηση των ψαριών από το δίχτυ στη δεξαμενή διαλογής υπήρξαν λίγα άτομα που έδειχναν σημάδια ασταθούς κολύμβησης. Οι πρώτοι θάνατοι παρατηρήθηκαν στα πρώτα 60 λεπτά της μεταφοράς τους. Συνολικά έφτασαν στο εργαστήριο 58 ζωντανά ψάρια (θνησιμότητα 46%). Την ίδια ημέρα, παρατηρήθηκαν και φωτογραφήθηκαν εντός του ενυδρείου ορισμένα ψάρια με μακροσκοπικές αλλοιώσεις στο σώμα τους. Πριν ακόμα από την χορήγηση τροφής, στα άτομα αυτά διακρινόταν μακροσκοπικά μια στένωση στο ύψος της μέσης του σώματος, παρόμοια με αυτήν που παρατηρείται εξαιτίας απόφραξης του εντερικού σωλήνα. Επιπλέον εξωτερικά και περιμετρικά της στένωσης, σε κάποιες περιπτώσεις παρατηρήθηκε αποχρωματισμός και αλλοίωση του επιθηλίου του δέρματος (Εικόνα 1). Τις πρώτες 24 ώρες, προστέθηκε μικρή ποσότητα από ζωντανούς ναύπλιους *Artemia*, όμως τα ψάρια τα οποία κολυμπούσαν στην μεσαία ζώνη του ενυδρείου, δεν κατανάλωσαν την προσφερόμενη τροφή. Η επιβεβαίωση της απουσίας τροφής στο πεπτικό σύστημα των νανογωβιών μπορούσε να γίνει σχετικά εύκολα, λόγω του μικρού μεγέθους τους και της σχετικής διαφάνειας του σώματος τους όταν φωτίζεται πλευρικά. Στις 48 ώρες, σημειώθηκαν περαιτέρω θάνατοι 10 ψαριών. Στα ψάρια χορηγήθηκε ξηρά τροφή (Vipan Baby Nature, Sera GmbH, Germany), μικρή ποσότητα κατεψυγμένης τροφής: Copepods 500 – 800 μm, καθώς και Daphnia. Οι νανογωβιοί πλησίαζαν τη τροφή, την έβαζαν στο στόμα τους επανειλημμένα αλλά την απέβαλλαν και σε ελάχιστες μόνο περιπτώσεις την κατανάλωσαν. Κατά την ίδια φάση, συλλέχτηκαν ορισμένα ημιθανή (και πρόσφατα νεκρά) άτομα για ανατομικό και

παρασιτικό έλεγχο με την χρήση στερεοσκοπίου μετά την ευθανασία με πάγο. Κατά τον παρασιτικό έλεγχο μετρήθηκαν και οι διαστάσεις του στόματος.

**Εικόνα 1. Άτομο *E. trichonis* στο ενυδρείο με στένωση στη μέση του σώματος (βέλη).**
**Figure 1. Individual of *E. trichonis* in the aquarium; the mid-body constriction is visible (arrows**).




**Εικόνα 2. Παρασιτικοί σκώληκες που εξέρχονται από το ημιθανές ψάρι.**
**Figure 2. Parasitic worms are exiting the half-dead fish.**

Τα αποτελέσματα του παθολογικού ελέγχου δεν έδειξαν παράσιτα στα βράγχια ή στο επιθήλιο του δέρματος. Εντός του πεπτικού συστήματος όμως εντοπίστηκαν εντερικοί παρασιτικοί σκώληκες - Έλμινθες. Επιπλέον έγινε απομόνωση των παρασίτων για ταυτοποίηση. Οι σκώληκες εντός του εντερικού σωλήνα ήταν ζωντανοί όταν απομακρύνθηκαν από το σώμα του ψαριού και απελευθέρωσαν άμεσα στο νερό ένα μεγάλο αριθμό από κύστεις (Εικόνες 2-3). Δείγματα σε αλκοόλη και φορμόλη, στάλθηκαν στο εργαστήριο της Ζωολογικής Εταιρίας του Bristol (UK) για αναγνώριση.

**Εικόνα 3. Απελευθέρωση κύστεων εντός του τριβλίου.**
**Figure 3. Release of cysts in the petri dish.**

**Εικόνα 4. Ενήλικο *E. trichonis* μετά την ολοκλήρωση της θεραπείας.**
**Figure 4. Adult *E. trichonis* after treatment.**

Την πέμπτη ημέρα, χορηγήθηκε αντιελμινθικό φάρμακο LEVOPLIX (3g/100lt) με δραστική ουσία τη Λεβαμιζόλη (Levamisole hydrochloride). Το φάρμακο δεν είχε τα αναμενόμενα αποτελέσματα και οι θάνατοι συνεχίστηκαν τις επόμενες ημέρες, με μέσο ρυθμό 2-3 ψαριών/ημέρα. Την 12η ημέρα, έγινε αλλαγή του πρωτοκόλλου θεραπείας με Sera med Professional Nematol (Sera GmbH, Germany), δραστική ουσία Βενζοϊκή Εμαμεκτίνη (Emamectin benzoate) σε δοσολογία 1ml/40lt, με αλλαγή του 80 % του νερού μετά από 2 ημέρες, σύμφωνα με το πρωτόκολλο. Η θεραπεία πραγματοποιήθηκε σε δυο κύκλους των 3 εβδομάδων. Τα ψάρια ανταποκρίθηκαν στην θεραπεία και από την 3η ημέρα της νέας θεραπείας ήταν πιο κινητικά, και άρχισαν να καταναλώνουν περισσότερη τροφή. Παράλληλα οι θάνατοι μειώθηκαν και ύστερα από 7 ημέρες σταμάτησαν. Μετά την ολοκλήρωση της θεραπείας και την προσαρμογή στην κατανάλωση κατεψυγμένης και ξηράς τροφής, ο πληθυσμός των ψαριών (12 ψάρια) διατηρείται στις εγκαταστάσεις του εργαστήριου για 11 συνεχείς μήνες (Εικόνα 4).

Από τα αποτελέσματα φαίνεται ότι η συλλογή, η μεταφορά αλλά και ο εγκλιματισμός του νανογωβιού είναι διαδικασίες που πρέπει να διεξάγονται με ιδιαίτερη προσοχή. Η πρώτη δυσκολία στη συλλογή του, είναι το εξαιρετικά μικρό μέγεθος του και η μεγάλη ευαισθησία στο χειρισμό του. Το

δεύτερο στοιχείο είναι οι συνθήκες μεταφοράς, κατά την οποία θα πρέπει να υπάρχει πρόνοια για την επαρκή οξυγόνωση του νερού και την διατήρηση της σταθερής θερμοκρασίας του. Το τρίτο στοιχείο είναι η σταδιακή προσαρμογή και η χρήση ζωντανής τροφής τις πρώτες ημέρες. Τα ενυδρεία που προσφέρουν αρκετές κρυψώνες, αληθινά φυτά και χαμηλό φωτισμό θα βοηθήσουν στη μείωση του αρχικού στρες του άγριου πληθυσμού. Πέραν των παραπάνω όμως, το σημαντικότερο πρόβλημα που παρουσιάστηκε το οποίο πιθανότατα αποτέλεσε και το κυρίαρχο παράγοντα για τις υψηλές θνησιμότητες που παρατηρήθηκαν, ήταν η παρουσία των παρασίτων εντός του εντερικού σωλήνα. Στο *E. trichonis* έχουν αναφερθεί κατά το παρελθόν μόνο εξωτερικά παράσιτα (*Gyrodactylus meelkopae* sp.) στο κεφάλι, τα βράγχια και το σώμα (Vanhove *et al*. 2014). Μια ερμηνεία του συμβάντος είναι ότι ενδεχομένως διαταράχθηκε η σχέση ισορροπίας μεταξύ του ξενιστή-νανογωβιού και των παρασίτων. Οι παράγοντες που μεταβάλουν την ισορροπία είναι η μεταβολή των περιβαλλοντικών παραμέτρων, η αντοχή του ψαριού στο παράσιτο και ο κύκλος ζωής του παρασίτου, συνδυασμός των οποίων οδηγεί στη νόσο (Cascarano *et al*. 2021). Στην περίπτωση της μεταφοράς των νανογωβιών ενδεχομένως συλλέχθηκαν ορισμένα άτομα που ήταν φορείς του παρασίτου και κατά την διάρκεια όλων των σταδίων (της συλλογής, της μεταφοράς, και του εγκλιματισμού τους στο ενυδρείο), δόθηκε η δυνατότητα στο παράσιτο να απελευθερώσει έναν μεγάλο αριθμό από κύστεις στο νερό, οι οποίες λόγω των περιορισμένων συνθήκων και του stress των ψαριών, είχαν μεγάλη πιθανότητα να μολύνουν αποτελεσματικά τα υπόλοιπα ψάρια. Οι νανογωβιοί κατανάλωσαν ξηρά τροφή μόνο μετά την ολοκλήρωση της θεραπείας. Οι νανογωβιοί άρχισαν να καταναλώνουν σταδιακά τεχνητή τροφή σε διάφορους τύπους: κόκκους, νιφάδες και κατεψυγμένα Copepods/Daphnia. Πιστεύουμε όμως ότι η ένταξη ζωντανής τροφής είναι πολύ σημαντική διότι τα ψάρια αυτά συνηθίζουν να προσεγγίζουν την κινουμένη τροφή τους εντός της υδάτινης στήλης.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η συλλογή των ψαριών πραγματοποιήθηκε με τη χρήση άδειας (9ΖΕ24653Π-ΖΟ6) στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος AFRESH που υλοποιείται από το ΕΛΚΕΘΕ, σε συνεργασία με την Zoological Society of Bristol, UK. Ευχαριστίες στον Π. Κουράκλη (ΕΛΚΕΘΕ) για τη συμβολή του στη συλλογή και μεταφορά των ψαριών

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Barbieri R, Zogaris S, Kalogianni E, Stoumboudi MTh, Chatzinikolaou Y, Giakoumi S, Kapakos Y, Kommatas D, Koutsikos N , Tachos V, Vardakas L. Economou AN, (2015) Freshwater fishes and lampreys of Greece. An annotated checklist. Monographs on marine sciences, 8:134p. Athens (Greece): Hellenic Centre for Marine Research.

Cascarano MC, Stavrakidis-Zachou O, Mladineo I, Thompson KD, Papandroulakis N, Katharios P (2021) Mediterranean aquaculture in a changing climate: temperature effects on pathogens and diseases of three farmed fish species. Pathogens *10*(9): 1205.

Daoulas C, Economou AN, Psarras T, Barbieri-Tseliki R (1993) Reproductive strategies and early development of three freshwater gobies. Journal of fish Biology. *42*(5) 749-776.

Freyhof J (2011). Diversity and distribution of freshwater gobies from the Mediterranean, the Black and Caspian Seas. The biology of gobies 279.

George AL, Kuhajda BR, Williams JD, Cantrell MA, Rakes PL, Shute JR (2009) Guidelines for propagation and translocation for freshwater fish conservation. Fisheries 34(11): 529-545.

Vanhove, MP, Economou AN, Zogaris S, Giakoumi S, Zanell D, Volckaert FA, Huyse T (2014). The Gyrodactylus (Monogenea, Gyrodactylidae) parasite fauna of freshwater sand gobies (Teleostei, Gobioidei) in their centre of endemism, with description of seven new species. Parasitology Research. 113(2): 653-668.

Zenetos A, Pancucci-Papadopoulou M, Zogaris S, Papastergiadou, E, Vardakas L, Aligizaki, K. ... (2009) Aquatic alien species in Greece (2009): tracking sources, patterns and effects on the ecosystem. Journal of Biological Research, Scientific Annals of the School of Biology 12:135-172.

# Σημειακές Τροχιές και βελτίωση της υδραυλικής ανταλλαγής μέσω διαφορικής παλιρροϊκής φόρτισης

**Ανδρονίκη Ι. Καρτσακάλη[1], Νικόλαος Θ. Φουρνιώτης[2], Ανδρέας Λαγγούσης[1], Γεώργιος Μ. Χορς[1]**

[1]Εργαστήριο Υδραυλικής Μηχανικής, Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πατρών – akartsakali@upnet.gr, andlag@upatras.gr, ghorsch@upatras.gr

[2]Τμήμα Πολιτικών Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου – nfou@uop.gr

## ABSTRACT

**Androniki I. Kartsakali, Nikolaos Th. Fourniotis, Andreas Langousis, Georgios M. Horsch: Particle tracking and the enhancement of hydraulic exchange induced by differential tidal action**

Differential tidal forcing can significantly improve water renewal time in a lagoon with at least two tidal inlets. The differential tidal forcing in a lagoon may occur from a difference in tidal amplitude between lagoon inlets. Through numerical simulations, the mechanism of water renewal improvement in a lagoon of an idealized geometry, specifically a rectangular lagoon, subjected to differential tidal forcing is investigated. Based on numerical simulations, it appears that the improvement of water renewal is due to the development of flow through conditions for each tidal cycle.

**Keywords:** idealized lagoon, water renewal, differential tidal forcing, particle tracking

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι παράκτιες λιμνοθάλασσες αποτελούν σημαντικής οικολογικής αξίας υδάτινα σώματα, ευάλωτα στην ρύπανση. Ιδιαίτερα, οι λιμνοθάλασσες που εμφανίζουν περιορισμένη υδραυλική ανταλλαγή με την ανοικτή θάλασσα και μεγάλους χρόνους ανανέωσης (Χορς κ.α. 2016). Ένα από τα σημαντικά περιβαλλοντικά προβλήματα που παρατηρείται στις λιμνοθάλασσες είναι οι δυστροφικές κρίσεις, η έναρξη των οποίων έχει παρατηρηθεί ότι συμβαίνει τοπικά πριν εξαπλωθεί σε ολόκληρη τη λιμνοθάλασσα (Cladas et al. 2016). Όλα τα παραπάνω επιφέρουν αρνητικές επιπτώσεις στην αλιευτική παραγωγή και στη λειτουργία του οικοσυστήματος. Επομένως, η μελέτη της υδροδυναμικής κυκλοφορίας και η εκτίμηση του χρόνου ανανέωσης αποτελούν σημαντικούς παράγοντες για τη λήψη αποφάσεων, σχετικά με το σχεδιασμό αποκατάστασης της λιμνοθάλασσας, τις δράσεις διαχείρισης του οικοσυστήματος, τη βελτίωση της αλιευτικής δραστηριότητας και τη χωροθέτηση πρόσθετων παλιρροιακών εισόδων (Miller et al. 1990).

Με στόχο τη λεπτομερή διερεύνηση του μηχανισμού που προκαλεί τη μείωση του χρόνου ανανέωσης σε παράκτιες περιορισμένες λιμνοθάλασσες, μέσω της ανάπτυξης διαφορικής παλιρροϊκής φόρτισης (Fourniotis et al. 2021), προσομοιώθηκε η παλιρροϊκή κυκλοφορία σε λιμνοθάλασσα εξιδανικευμένης γεωμετρίας, συγκεκριμένα ορθογωνικής κάτοψης, με δύο παλιρροϊκές εισόδους στις οποίες προκαλείται διαφορική παλιρροϊκή φόρτιση, δηλαδή φόρτιση με παλίρροια διαφορετικού πλάτους η κάθε μία.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### Γεωμετρία μελέτης

Η εξιδανικευμένη λιμνοθάλασσα ορθογωνικής κάτοψης έχει μήκος 5 km, πλάτος 1 km και βάθος 2 m (Σχήμα 1). Η λιμνοθάλασσα συνδέεται μέσω δύο παλιρροϊκών εισόδων με παρακείμενες ανοικτές θάλασσες, στα Βόρεια και στα Δυτικά. Το μήκος κάθε παλιρροϊκής εισόδου είναι 260 m, το πλάτος 50 m και το βάθος 1 m.

### Κώδικας προσομοίωσης

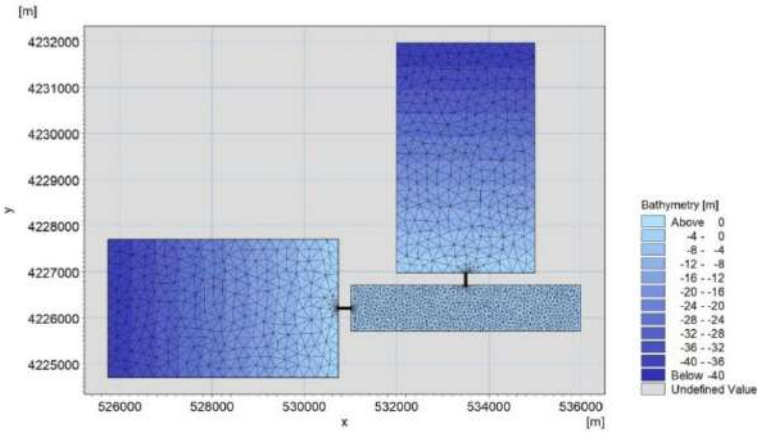
Η αριθμητική προσομοίωση βασίζεται στην μέθοδο των πεπερασμένων όγκων χρησιμοποιώντας τον κώδικα MIKE 21 FM (DHI, 2021). Συγκεκριμένα χρησιμοποιήθηκαν τα Hydrodynamic Module και Particle Tracking Module. Το MIKE 21 Flow Model FM είναι ένα σύστημα μοντελοποίησης για δισδιάστατη (2D) αριθμητική μοντελοποίηση ροών ελεύθερης επιφάνειας που αναπτύχθηκε από το Υδραυλικό Ινστιτούτο της Δανίας (Danish Hydraulic Institute, DHI). Χρησιμοποιείται για την αριθμητική προσομοίωση υδραυλικών και περιβαλλοντικών φαινομένων. Οι λεπτομέρειες του κώδικα βρίσκονται

στο DHI (DHI, 2018). Οι εξισώσεις στις οποίες βασίζεται το υδροδυναμικό ομοίωμα (Hydrodynamic Module) είναι οι εξισώσεις RANS (Reynolds Averaged Navier Stokes) για μη μόνιμη, ασυμπίεστη ροή, θεωρώντας υδροστατική την κατανομή της πίεσης κατά την κατακόρυφο. Το πρόβλημα για το «κλείσιμο» της τύρβης, για την οριζόντια διεύθυνση, αντιμετωπίζεται με την χρήση του μοντέλου Smagorinsky, (Smagorinsky, 1963). Η εξίσωση στην οποία βασίζεται το ομοίωμα παρακολούθησης σωματιδίων (Particle Tracking Module) είναι η εξίσωση Langevin.

## Πεδίο επίλυσης - Υπολογιστικό πλέγμα

Το πεδίο επίλυσης για τις δισδιάστατες προσομοιώσεις της εξιδανικευμένης, ορθογωνικής κάτοψης λιμνοθάλασσας περιλαμβάνει ολόκληρη τη λιμνοθάλασσα και τις παρακείμενες θάλασσες, που διαμορφώθηκαν για την εφαρμογή της δράσης της παλίρροιας. Το υπολογιστικό πεδίο διαμορφώθηκε εφαρμόζοντας μη δομημένο υπολογιστικό πλέγμα στην οριζόντια διεύθυνση, που αποτελείται από τρεις ζώνες όσον αφορά τη χαρακτηριστική διάσταση των υπολογιστικών κελιών.

Η πρώτη ζώνη καλύπτει την περιοχή εντός και πλησίον των παλιρροϊκών εισόδων και αποτελείται από κελιά, η χαρακτηριστική διάσταση των οποίων είναι 5 m, αυξανόμενη προς τα έξω. Σε συνέχεια της πρώτης ζώνης διαμορφώνεται η δεύτερη ζώνη που καλύπτει το σώμα της λιμνοθάλασσας όπου το χαρακτηριστικό μήκος των κελιών του πλέγματος αυξάνεται στα 100 m μέσα στη λιμνοθάλασσα. Η τρίτη ζώνη καλύπτει την παράκτια και υπεράκτια περιοχή των παρακείμενων θαλασσών όπου το χαρακτηριστικό μήκος των κελιών του πλέγματος αυξάνεται στα 300 m. Η συγκεκριμένη διακριτοποίηση διατηρεί το υπολογιστικό κόστος σε λογικό επίπεδο, ενώ επιτυγχάνει να βελτιώσει, στο βαθμό που είναι δυνατό, την ακρίβεια των αριθμητικών προσομοιώσεων.

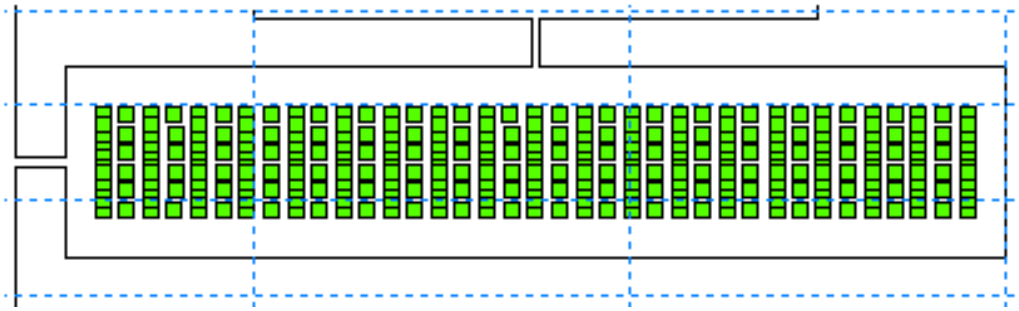



**Σχήμα 1. Υπολογιστικό πεδίο που περιλαμβάνει την εξιδανικευμένη λιμνοθάλασσα, με ισοβαθείς ανά 4 m. Επιπλέον δίδεται το μη δομημένο υπολογιστικό πλέγμα με τριγωνικά κελιά.**
**Figure 1. Computational domain of the idealized lagoon, with isobaths shown every 4 m. Superimposed is the unstructured triangular mesh.**

## Αρχικές και συνοριακές συνθήκες

Στα αριθμητικά πειράματα που πραγματοποιήθηκαν με εφαρμογή του υδροδυναμικού ομοιώματος κυκλοφορίας (Hydrodynamic Module) και του ομοιώματος παρακολούθησης σωματιδίων (Particle Tracking Module) οι συνοριακές συνθήκες διαμορφώθηκαν με βάση δύο Σενάρια. Στο Σενάριο 0 το πλάτος της παλίρροιας, στη Βόρεια και στη Δυτική ανοικτή θάλασσα, θεωρήθηκε 0,2 m. Στο Σενάριο 1 το πλάτος της παλίρροιας στη Βόρεια θάλασσα θεωρήθηκε το διπλάσιο σε σχέση με τη Δυτική θάλασσα, συγκεκριμένα στη Βόρεια θάλασσα το πλάτος ήταν 0,2 m και στη Δυτική 0,1 m.

Όσον αφορά στις αρχικές συνθήκες, για την εφαρμογή του ομοιώματος παρακολούθησης σωματιδίων (Particle Tracking Module) πραγματοποιήθηκαν τρία αριθμητικά πειράματα για την ορθογωνική λιμνοθάλασσα. Στο 1ο Πείραμα απελευθερώθηκαν 110 σωματίδια στην περιοχή εντός της λιμνοθάλασσας, ομοιόμορφα, στην αρχή της προσομοίωσης, στο 2ο Πείραμα 209 σωματίδια και στο 3ο Πείραμα 317 σωματίδια. Ενδεικτικά αποτυπώνεται η αρχική θέση των σωματιδίων στο 3ο Πείραμα (Εικόνα 1).

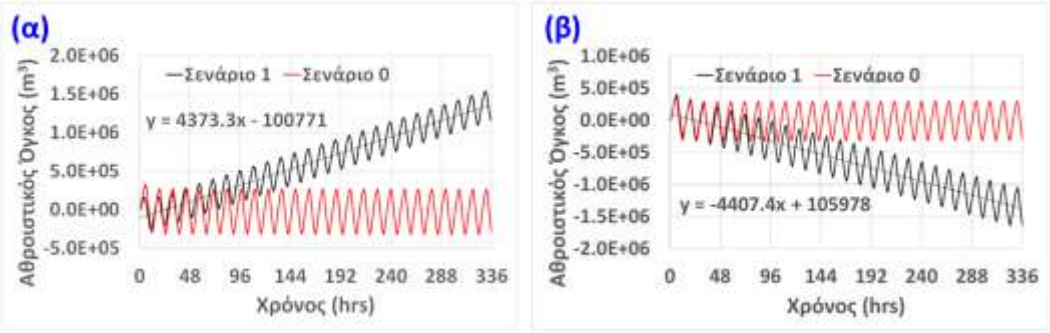


**Εικόνα 1. Κάτοψη εξιδανικευμένης λιμνοθάλασσας. Με πράσινα τετράγωνα σημειώνονται οι θέσεις των σωματιδίων στην αρχή της προσομοίωσης για το 3ο Πείραμα με εφαρμογή του ομοιώματος παρακολούθησης σωματιδίων.**
**Picture 1. Top view of the idealized lagoon. With green squares are marked the positions of particles released, at the beginning of the simulation, for the 3rd Experiment of the Particle Tracking Module.**

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

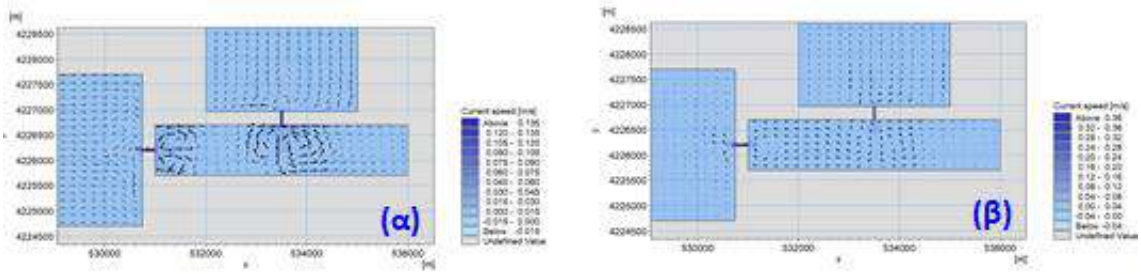
### Αποτελέσματα υδροδυναμικής προσομοίωσης

Με βάση τα αποτελέσματα των αριθμητικών προσομοιώσεων για τη μελέτη της υδροδυναμικής κυκλοφορίας, προκύπτουν τα διαγράμματα του αθροιστικού όγκου νερού, ως συνάρτηση του χρόνου (Σχήμα 2 α, β). Στο Σενάριο 0 (κόκκινη γραμμή), το παλιρροϊκό πρίσμα, δηλαδή ο όγκος του νερού που εισέρχεται μέσω του στομίου εισόδου κατά την φάση της πλημμύρας, είναι ίσος με τον όγκο νερού που εξέρχεται στη συνέχεια κατά την άμπωτη. Έτσι, ο αθροιστικός όγκος του νερού ανταλλαγής ταλαντώνεται γύρω στο μηδέν και για τις δύο εισόδους, αφού ο όγκος που εισέρχεται είναι αρνητικός ενώ αυτός που εξέρχεται θετικός. Αντίθετα, στο Σενάριο 1 (μαύρη γραμμή), σε κάθε παλιρροϊκό κύκλο στο βόρειο στόμιο εισόδου εισέρχεται περισσότερο νερό συγκρινόμενο με το νερό που εξέρχεται και, ως αποτέλεσμα, η μαύρη καμπύλη μειώνεται μονοτονικά (Σχήμα 2β). Το αντίθετο συμβαίνει στο δυτικό στόμιο εισόδου, στο οποίο εξέρχεται περισσότερο νερό από αυτό που εισέρχεται σε κάθε κύκλο και η αθροιστική καμπύλη αυξάνεται μονοτονικά (Σχήμα 2α).




**Σχήμα 2. Αθροιστικός όγκος ανταλλαγής: (α) δυτικός δίαυλος, (β) βόρειος δίαυλος.**
**Figure 2. Cumulative water volume exchanged: (a) western inlet, (b) northern inlet.**

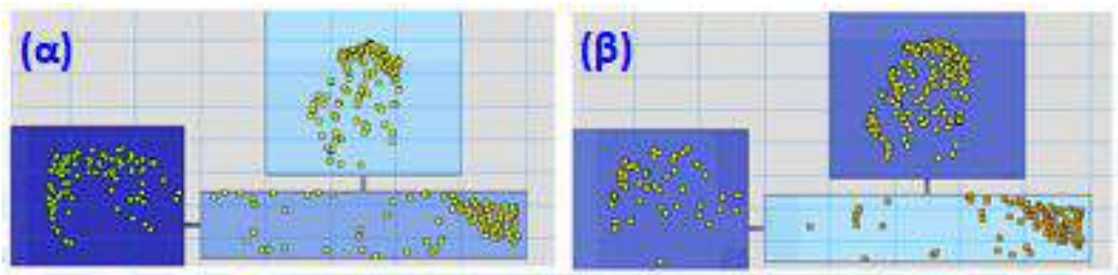
Η ερμηνεία για αυτή τη συμπεριφορά μπορεί να δοθεί παρατηρώντας το πεδίο ροής για την περίπτωση προσομοίωσης της λιμνοθάλασσας ορθογωνικής κάτοψης, σε αντίστοιχες χρονικές στιγμές για κάθε ένα από τα δύο Σενάρια. Ένα χαρακτηριστικό στιγμιότυπο με βάση τις προσομοιώσεις για το Σενάριο 0 φαίνεται στο Σχήμα 3α. Η ροή, όπως απεικονίζεται από το διανυσματικό πεδίο της μέσης ταχύτητας κατά βάθος, φαίνεται να περιορίζεται ουσιαστικά σε μια περιοχή κοντά σε κάθε δίαυλο. Αντίθετα, το ίδιο χρονικά στιγμιότυπο για το Σενάριο 1 (Σχήμα 3β), φανερώνει την ανάπτυξη ενός μοτίβου οιονεί διαμπερούς ροής, με τη ροή να εισέρχεται στο Βόρειο κανάλι εισόδου, όπου το πλάτος της παλίρροιας είναι μεγαλύτερο, και να εξέρχεται από το Δυτικό κανάλι, όπου το παλιρροϊκό πλάτος είναι μικρότερο.




**Σχήμα 3. Πεδίο μέσης ταχύτητας κατά το βάθος, για το ίδιο χρονικό βήμα (α) του Σεναρίου 0 και (β) του Σεναρίου 1.**
**Figure 3. Depth-averaged velocity field for a time instant (a) of Scenario 0 and (b) of Scenario 1.**

## Αποτελέσματα προσομοίωσης μέσω παρακολούθησης σωματιδίων

Στην ενότητα που ακολουθεί παρουσιάζονται τα κυριότερα αποτελέσματα που προέκυψαν από την εφαρμογή του ομοιώματος παρακολούθησης σωματιδίων (particle tracking module) με βάση το πεδίο ροής που αναπτύσσεται στην εξιδανικευμένη λιμνοθάλασσα. Ενδεικτικά, παρατίθενται τα αποτελέσματα που προέκυψαν μετά από 30 ημέρες προσομοίωσης (πραγματικός χρόνος) και η τελική θέση των σωματιδίων (particles) την 30η ημέρα. Οι προσομοιώσεις αφορούν στο 3ο αριθμητικό πείραμα, της ορθογωνικής λιμνοθάλασσας, (α) για το Σενάριο 1 και (β) για το Σενάριο 0 (Σχήμα 4).




**Σχήμα 4. Με κίτρινα τετράγωνα σημειώνονται οι θέσεις, στο τέλος των 30 ημερών, των σωματιδίων που απελευθερώθηκαν στο 3ο Πείραμα (α) για το Σενάριο 1, (β) για το Σενάριο 0.**
**Figure 4. With yellow squares are marked the positions, at the end of 30 days, of particles released for the 3rd Experiment (a) for the Scenario 1, (b) for the Scenario 0.**

Ενδιαφέρουσα είναι η σύνοψη των αποτελεσμάτων των τριών αριθμητικών πειραμάτων, με εφαρμογή του ομοιώματος παρακολούθησης σωματιδίων (particle tracking), η οποία παρουσιάζεται στον Πίνακα Ι. Στον Πίνακα Ι καταγράφεται το ποσοστό που ορίζεται από τον αριθμό των σωματιδίων (particles) που καταλήγουν (έχουν μετακινηθεί) στην ανοικτή παρακείμενη θάλασσα προς τον αριθμό των σωματιδίων που ελευθερώθηκαν αρχικά (έναρξη της προσομοίωσης) εντός της λιμνοθάλασσας (Εικόνα 1). Το ποσοστό αυτό ορίζεται ως Pin/Pall (%) για τη Δυτική θάλασσα, τη Βόρεια θάλασσα για τα δύο σενάρια που μελετήθηκαν. Επιπλέον, παρουσιάζεται και η διαφορά σε αυτό το ποσοστό Pin/Pall (%) μεταξύ των δύο Σεναρίων.

Ως γενικό συμπέρασμα, δεν παρατηρούνται σημαντικές διαφορές μεταξύ των αποτελεσμάτων, τα οποία προκύπτουν από τις αριθμητικές προσομοιώσεις χρησιμοποιώντας: 110 σωματίδια, 209 και 317 σωματίδια, για το 1ο, 2ο και 3ο πείραμα, αντίστοιχα, ενώ το μέγιστο σφάλμα το οποίο προέκυψε δεν υπερβαίνει το 4%. Στο Σενάριο 1 παρατηρούμε ότι τα σωματίδια που καταλήγουν στη Δυτική θάλασσα είναι είτε 12%, είτε 13%, είτε 14%, με βάση τα τρία αριθμητικά πειράματα, λαμβάνοντας τη μέση τιμή είναι περίπου 13% περισσότερα από τα σωματίδια που καταλήγουν στη Δυτική θάλασσα στο Σενάριο 0. Το ακριβώς αντίθετο συμβαίνει στη Βόρεια θάλασσα, έτσι ώστε τα σωματίδια που καταλήγουν στη Βόρεια θάλασσα στο Σενάριο 1 να είναι περίπου 13% λιγότερα από τα σωματίδια που καταλήγουν στη Βόρεια θάλασσα στο Σενάριο 0. Με βάση τα παραπάνω ενισχύεται η θεωρία της εμφάνισης διαμπερούς ροής, από τα Βόρεια με φορά προς τα Δυτικά, κατά το Σενάριο 1, τουλάχιστο για την περίπτωση της εξιδανικευμένης λιμνοθάλασσας ορθογωνικής κάτοψης.

**Πίνακας Ι. Το ποσοστό μεταξύ του αριθμού των σωματιδίων που καταλήγουν στην ανοιχτή θάλασσα και του αριθμού των σωματιδίων που χρησιμοποιήθηκαν αρχικά στη λιμνοθάλασσα (Pin/Pall (%)) για τη Δυτική θάλασσα, τη Βόρεια θάλασσα, για τα δύο Σενάρια και η διαφορά σε αυτό το ποσοστό μεταξύ των δύο Σεναρίων.**
**Table I. The rate between the number of particles ending up in the open sea and the number of particles initially used in the lagoon (Pin/Pall (%)) about the western sea, the northern sea for both Scenarios and the difference in this rate Pin/Pall (%) between both Scenarios.**

| Πείραμα | Σενάριο 1 | | Σενάριο 0 | | Διαφορά Σεν1-Σεν0 | Διαφορά Σεν1-Σεν0 |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Δυτική Θάλασσα Pin/Pall (%) | Βόρεια Θάλασσα Pin/Pall (%) | Δυτική Θάλασσα Pin/Pall (%) | Βόρεια Θάλασσα Pin/Pall (%) | Δυτική Θάλασσα Pin/Pall (%) | Βόρεια Θάλασσα Pin/Pall (%) |
| 1ο | 32 | 39 | 20 | 50 | 12 | -11 |
| 2ο | 33 | 38 | 20 | 53 | 13 | -15 |
| 3ο | 33 | 39 | 19 | 54 | 14 | - 15 |

## Συζήτηση

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι η διαμπερής ροή αναπτύσσεται για ένα μικρό χρονικό διάστημα στον κάθε παλιρροϊκό κύκλο και μάλιστα στο ίδιο χρονικό διάστημα κάθε παλιρροϊκού κύκλου. Αυτό το χρονικό διάστημα, καθώς και η ισχύς της ροής, εξαρτώνται από τα χαρακτηριστικά του φαινομένου. Με σκοπό την αποσαφήνιση αυτής της εξάρτησης και την ανάγκη εξέτασης σε τοπικό επίπεδο, λόγω των δυστροφικών κρίσεων, οι οποίες εμφανίζονται τοπικά, πολύτιμο εργαλείο αποδεικνύεται το ομοίωμα παρακολούθησης σωματιδίων (Particle Tracking Module).

Περαιτέρω πειράματα, που βρίσκονται σε εξέλιξη, στοχεύουν στην αποσαφήνιση και στην παραμετροποίηση της ακριβούς φύσης της εξάρτησης της διαμπερούς ροής από τα χαρακτηριστικά του φαινομένου. Τα παραπάνω στοιχεία είναι σημαντικά για τον ακριβή σχεδιασμό της βέλτιστης θέσης πρόσθετων διόδων (παλιρροϊκών στομίων), προκειμένου να βελτιωθεί ο χρόνος ανανέωσης των υδάτων μιας λιμνοθάλασσας. Στο παρελθόν, η έλλειψη αυτής της γνώσης οδήγησε στην προσθήκη παλιρροιακών εισόδων σε λιμνοθάλασσα οι οποίες οδήγησαν σε ελάχιστη βελτίωση του χρόνου ανανέωσης των νερών της (π.χ. Cladas et al., 2016).

## Ευχαριστίες

Ιδιαίτερες ευχαριστίες αποδίδονται στο Υδραυλικό Ινστιτούτο της Δανίας (Danish Hydraulic Institute, DHI) από το οποίο χορηγήθηκε η πρόσφατη έκδοση του MIKE 21 Flow Model FM (HD).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Χορς ΓΜ, Καρτσακάλη Α, Κοτσικόπουλος Κ, Κλαδάς Γ, Φουρνιώτης ΝΘ (2016) Χαρακτηριστικά της υδραυλικής ανανέωσης και υδροδυναμικής κυκλοφορίας των υδάτων στη λιμνοθάλασσα Πάπας (Άραξος, Αχαΐα). 16ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, 6-9 Οκτωβρίου 2016, Καβάλα, Ελλάδα.
Cladas Y, Papantoniou G, Bekiari V, Fragkopoulou N (2016) Dystrophic crisis event in Papas Lagoon, Araxos Cape, Western Greece in the summer 2012. Mediterr. Mar. Sci. 17: 32-38.
DHI (2022) MIKE 21 FLOW MODEL FM, Hydrodynamic Module, User Guide, DHI Software, 170p.
DHI (2021) MIKE 21 FLOW MODEL FM, Particle Tracking Module, User Guide, DHI Software, 64p.
Fourniotis NTh, Leftheriotis GA, Horsch GM (2021) Towards enhancing tidally-induced water renewal in coastal lagoons, Environmental Fluid Mechanics, 21: 343-360.
Miller JM, Pietrafesa LJ, Smith NP (1990) Principles of hydraulic management of coastal lagoons for aquaculture and fisheries, FAO Fisheries Technical 314: 88.

# ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ, ΕΜΠΟΡΙΑ & ΜΕΤΑΠΟΙΗΣΗ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ

# Χρήση του όζοντος στις συσκευασίες εμπορίας του νωπού γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) στη χώρα μας: Χημικά, μικροβιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά

**Ευαγγελία Αποστολίδη, Χρυσή Παπαδημητρίου, Σωτήρης Ζερβέας, Παύλος Βουτσάς, Γρηγόριος Κρέη, Νικόλαος Σταμάτης**
Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ Δήμητρα, 64007, Νέα Πέραμος, Καβάλα – nikstam@inale.gr

## ABSTRACT

**Evaggelia Apostolidi, Chrysi Papadimitriou, Sotiris Zerveas, Pavlos Voutsas, Grigorios Krey, Nikolaos Stamatis: The use of ozone in the fresh anchovy (*Engraulis encrasicolus*) marketing packages in Greece: chemical, microbiological and sensorial characteristics**

Marketing of fresh anchovy in Greece is of great importance. In the present study, the effect of ozone on some basic chemical (moisture, ash, protein, fat, fatty acids, biogenic amines), microbial (total viable count, Enterobacteriaceae and pseudomonads) and sensorial (general appearance, color and shape of eyes, color of gills, muscle and abdomen texture) characteristics was investigated at day 0 and day 4 of storage in expanded polystyrene (styropor) boxes with ozonized iced water. The concentrations of biogenic amines as well as color of eyes and gills in the organism samples showed significant differences compared to the rest of the studied quality indicators that were not affected during the storage period.
**Keywords**: anchovy, shelf-life, quality parameters, ozone

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο γαύρος αποτελεί ακόμη και σήμερα ένα από τα σημαντικότερα εμπορικά είδη, αφού το έτος 2021 κατέλαβε ποσοστό 33% των εκφορτώσεων των σημαντικότερων αλιευμάτων της χώρας μας (31 είδη). Οι ποσότητες του αλιευθέντος γαύρου καταγράφηκαν σε 21.298 τόνους το 2019, βέβαια, με τάση σημαντικής μείωσης σε 11.970 και 7.678 τόνους το 2020 και 2021 αντίστοιχα (ΥΠΑΑΤ, αδημοσίευτα στοιχεία). Η ανωτέρω μείωση της παραγωγής του γαύρου όμως, με μεγάλη πιθανότητα, δεν οφειλόταν στη μείωση του αποθέματός του, αλλά σε εξωγενείς παράγοντες, όπως κυρίως ήταν η εμφάνιση της πανδημίας το 2020 και ο συνδυασμός της εμφάνισης υψηλών ποσοτήτων φυτοπλαγκτού στο Β. Αιγαίο με την πανδημία, το 2021. Επιπλέον, μια και τα κύρια αλιευτικά πεδία του γαύρου αποτελούν το Θρακικό Πέλαγος και ο Θερμαϊκός Κόλπος, καθίσταται επιτακτική ανάγκη η εξεύρεση μιας βέλτιστης συσκευασίας εμπορίας του στην κεντρική και νότια Ελλάδα, όπου υπάρχει και η μέγιστη ζήτηση. Σύμφωνα με την υπάρχουσα τακτική αλίευσης, συσκευασίας και εμπορίας του νωπού γαύρου στην χώρα μας, που πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο με γρι-γρι, το προϊόν, αμέσως μετά την αλίευσή του τοποθετείται, πάνω στο σκάφος, σε δεξαμενές παγωμένου θαλασσινού νερού και μεταφέρεται στις ιχθυόσκαλες σε κιβώτια διογκωμένου πολυστυρενίου (φελιζόλ) με πληρωτικό μέσο μείγμα υδαρούς πάγου και θαλασσινού νερού (slurry-ice). Η θερμοκρασία διατήρησης που επιτυγχάνεται στη συγκεκριμένη συσκευασία είναι < 0ºC. Ακολουθεί η διακίνηση του προϊόντος στις κοντινές της περιοχής αλίευσης αγορές, όταν όμως πρόκειται να μεταφερθεί με φορτηγά ψυγεία στην κεντρική και νότια Ελλάδα συσκευάζεται εκ νέου σε κιβώτια φελιζόλ αφού προστεθεί αντί του θαλασσινού, αλατισμένο νερό (3,5% αλάτι) και νέος πάγος. Στην συσκευασία αυτή όμως και μετά το πέρας τριών-τεσσάρων ημερών παρατηρείται αιμορραγία στα βράγχια και στους οφθαλμούς των οργανισμών (Prabhakar *et al.* 2020), καθιστώντας το προϊόν δύσκολα εμπορεύσιμο ιδιαίτερα στα αστικά κέντρα της κεντρικής και νότιας χώρας. Για το αίτιο αυτής της υποβάθμισης στον γαύρο δεν έχουν πραγματοποιηθεί σχετικές έρευνες. Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η χρήση και η μελέτη νέων, καινοτόμων συστημάτων ψύξης και συντήρησης του νωπού γαύρου (π.χ. χρήση οζονισμένου αλατόνερου και πάγου) με σκοπό την καθυστέρηση η/και την αποφυγή των αιμορραγιών, δηλαδή την έστω και μικρή επέκταση της εμπορικής διάρκειας ζωής του προϊόντος, γεγονός που θα μπορούσε να αποφέρει σημαντικό κέρδος στους αλιείς/εμπόρους του κλάδου. Το όζον, ένα από τα πιο ισχυρά οξειδωτικά αέρια, αναγνωρίζεται ως πρόσθετο τροφίμων για άμεση επαφή με τα τρόφιμα (Brodowska *et al.* 2017; Gimenez *et al*. 2021). Σχετική Ευρωπαϊκή νομοθεσία για τις αναλογίες του όζοντος στα προϊόντα ζωικής προέλευσης δεν υπάρχει, όμως η χρήση του έχει εγκριθεί για τα προϊόντα κρέατος και πουλερικών από το Υπουργείο Γεωργίας των ΗΠΑ (USDA FSIS 2001) όταν εφαρμόζεται σύμφωνα με τα ισχύοντα βιομηχανικά πρότυπα ορθής πρακτικής στη συντήρηση και μεταποίηση τροφίμων (21 CFR 173.368; FDA 2003).Τα νουκλεϊκά οξέα, τα ένζυμα και άλλα κυτταρικά συστατικά θα μπορούσαν να επηρεαστούν από το όζον και τα

προϊόντα αποσύνθεσής του που καταστρέφουν την κυτταρική δομή των μικροοργανισμών (Gonçalves & Lira Santos 2019). Έχει αναφερθεί επίσης ότι η συνεχής ή πολλαπλή συνδυασμένη χρήση όζοντος και υδαρούς πάγου είναι μια πολλά υποσχόμενη τεχνική για την επέκταση της εμπορικής διάρκειας ζωής με παράλληλη διατήρηση της υψηλής ασφάλειας και ποιότητας ενός αλιευτικού προϊόντος (Gonçalves & Lira Santos 2019). Στις συνθήκες αυτές παρατηρείται εξαίρετη χημική και οργανοληπτική σταθερότητα ενώ καταγράφεται πολύ καλύτερη απόδοση στη μείωση του μικροβιακού φορτίου, συγκρινόμενη με μια εφάπαξ επεξεργασία του προϊόντος με όζον κατά τη διάρκεια της αποθήκευσης αλιευμάτων στους -1ºC (superchilling), (Bono *et al*. 2017). Στην παρούσα εργασία, η οποία αποτελεί μέρος του ερευνητικού έργου με τίτλο: «Επέκταση εμπορικής διάρκειας ζωής του νωπού γαύρου σε πάγο με χρήση μικρο-νανο-φυσαλίδων όζοντος» και χρηματοδοτείται από το ΕΠΑλΘ 2014-2023 (MIS/ΟΠΣ: 5010351) διερευνήθηκε η επίδραση του όζοντος σε ορισμένα βασικά χημικά, μικροβιολογικά και οργανοληπτικά χαρακτηριστικά κατά τις πρώτες 4 ημέρες διατήρησης του νωπού γαύρου σε συσκευασίες διογκωμένου πολυστυρενίου και οζονισμένο, παγωμένο νερό με 3,5 και 5,0% αλάτι ως πληρωτικό μέσο, στους 0-1 και -1ºC αντίστοιχα.

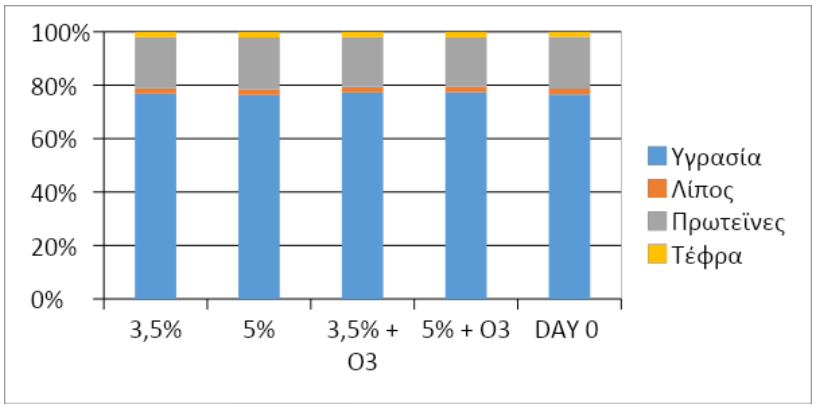
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Από τέσσερις εποχικές δειγματοληψίες του έτους 2021 λήφθηκαν δείγματα νωπού γαύρου (μηδενική ημέρα διατήρησης, day 0). Στη συνέχεια, μείγμα νερού αλατότητας 3,5 και 5,0% πριν και μετά την οζονοποίησή του με πάγο στους 0-1 και -1ºC αντίστοιχα (συγκέντρωση όζοντος στο διάλυμα 1,3 ppm) χρησιμοποιήθηκε ως πληρωτικό μέσο στις συσκευασίες του γαύρου σε κιβώτια διογκωμένου πολυστυρενίου (φελιζόλ). Ο οζονισμός του νερού πραγματοποιήθηκε στα φελιζόλ με οικιακούς οζονιστήρες παροχής όζοντος 400 mg/h (τύπου FF 3 Ozone 3 Health plus), εξοπλισμένους με πωρόλιθους μεγάλης επιφάνειας και μικρού πορώδους. Η συγκέντρωσή του όζοντος μετρήθηκε με το φωτόμετρο exactiDip σε αρκετά φθίνουσες ποσότητες αποκλειστικά μόνον κατά την πρώτη ημέρα διατήρησης του προϊόντος. Με την μέθοδο αυτή το αέριο όζον εγκλωβίστηκε κυρίως σε μικρο-φυσαλίδες 150-300 μm διαμετρήματος πόρων, οι οποίες μετρήθηκαν υπό ψύξη με το στερεοσκόπιο NIKON SMZ 1000, αλλά και σε μεγαλύτερου διαμετρήματος φυσαλίδες. Δεν παρατηρήθηκαν στο μείγμα νανο-φυσαλίδες όζοντος. Έπειτα, τα κιβώτια συσκευασίας τοποθετήθηκαν στον 1ºC και νέες δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν την 4η ημέρα συντήρησης (day 4) του προϊόντος. Συνολικά λήφθηκαν τέσσερα δείγματα νωπού και δεκαέξι δείγματα (οργανισμοί σε νερό και οζονισμένο νερό 3,5 και 5,0% αλατότητας με πάγο) διατηρημένου γαύρου, ενώ το σύνολο των παραμέτρων ποιότητας προσδιορίστηκε εις τριπλούν. Για τις αναλύσεις των χημικών παραμέτρων τηρήθηκε η εξής διαδικασία: 15 g υγρού δείγματος ιχθύος χρησιμοποιήθηκαν για την ποσοτική εκτίμηση των βασικών χημικών παραμέτρων (υγρασία, τέφρα, πρωτεΐνες και λίπος), ενώ στη συνέχεια το εξαχθέν ολικό λίπος χρησιμοποιήθηκε για την ανάλυση των μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων με αέρια χρωματογραφία (GC-FID). Πρωτεΐνες και λίπος προσδιορίστηκαν σε λυοφιλοποιημένα δείγματα (CHRIST-ALPHA 4). Επιπλέον, 10 g υγρού δείγματος ιχθύος χρησιμοποιήθηκαν για τον προσδιορισμό των βιογενών αμινών ως βενζοϋλο-παράγωγα με υγρή χρωματογραφία υψηλής απόδοσης (HPLC). Για τον προσδιορισμό των μικροβιολογικών παραμέτρων τηρήθηκε η εξής διαδικασία: υγρό δείγμα 25g ολόκληρων ατόμων μεταφέρθηκε σε πλαστική σακούλα τύπου Stomacher, προστέθηκαν 225g αποστειρωμένου αραιωτικού διαλύματος ringer, ακολούθησε ομογενοποίηση ενός λεπτού σε ομογενοποιητή (Seward Stomacher® 400). Μετά από τις απαραίτητες δεκαδικές αραιώσεις έγινε εμβολιασμός του ομογενοποιημένου δείγματος στα επιλεγμένα θρεπτικά υλικά (PCA ή TSA, VRBGA και CFC για τον ολικό αερόβιο πληθυσμό, τα εντεροβακτηριοειδή και τις ψευδομονάδες αντίστοιχα) και οι σχηματισθείσες αποικίες απαριθμήθηκαν με μετρητή αποικιών (STUART Scientific). Ο οργανοληπτικός έλεγχος πραγματοποιήθηκε από μία ομάδα 5-6 εξεταστών (panelists) με εμπειρία στην αξιολόγηση των επιλεχθέντων παραμέτρων, δηλαδή: γενική εμφάνιση, χρώμα και σχήμα οφθαλμών, χρώμα και οσμή βραγχίων, υφή σάρκας και κοιλιακής χώρας, σύμφωνα με την μέθοδο QIM (Quality Index Method) που περιγράφεται για το *Engraulis anchoita* από τους Massa *et al.* (2012).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ και ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η βασική χημική σύσταση του νωπού (day 0) και διατηρημένου (3,5 και 5,0% με ή χωρίς όζον) γαύρου δείχνεται στην Εικόνα 1. Οι μέσες τιμές (g/100g υγρού προϊόντος) της υγρασίας, τέφρας, πρωτεϊνών και λίπους μετρήθηκαν 77,90, 2,02, 19,27 και 2,09, αντίστοιχα και συμφωνούν με αυτές που αναφέρονται στη διεθνή βιβλιογραφία για τον γαύρο (*E. encrasicolus*) από άλλα οικοσυστήματα της

Μεσογείου. Η περιεκτικότητα σε όλες τις παραμέτρους της βασικής χημικής σύστασης παρουσίασε μικρή εποχική διακύμανση (day 0) ενώ οι διαφορές τους από το σύνολο των υπόλοιπων δειγμάτων (day 4) ήταν στατιστικά ασήμαντες (p>0,05).



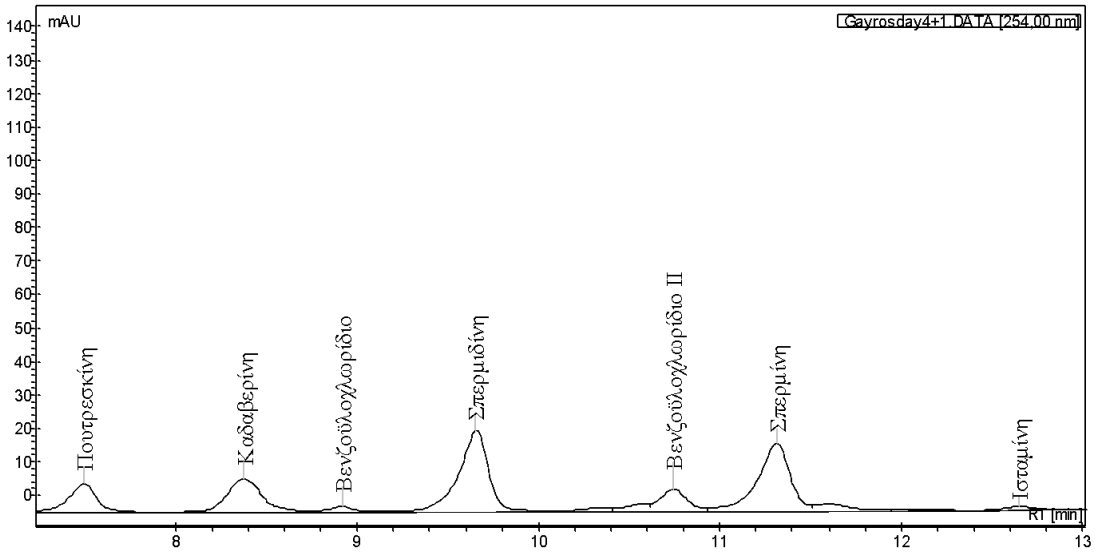

**Εικ. 1: Βασική χημική σύσταση του νωπού και διατηρημένου γαύρου από τον κόλπο της Καβάλας.**
**Fig. 1: Proximate composition of fresh and preserved anchovy from the Gulf of Kavala.**

Τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (PUFA) της σειράς ω-3 που συμμετείχαν στη σύσταση του νωπού και διατηρημένου γαύρου ήταν κυρίως το εικοσιπενταενοϊκό (EPA, C20:5 ω-3) και το εικοσιδυοεξαενοϊκό οξύ (DHA, C22:6 ω-3). Αποτέλεσαν περίπου το 38% της συγκέντρωσης των λιπαρών οξέων τόσο στο νωπό όσο και στο διατηρημένο προϊόν. Οι συγκεντρώσεις του όζοντος που χρησιμοποιήθηκαν στα πειράματα διατήρησης του προϊόντος δεν φαίνεται να επηρέασαν την αρχική σύσταση του γαύρου σε λιπαρά οξέα, συνεπώς ούτε και την αναλογία EPA:DHA (περίπου 1:5). Η πληροφορία για τον τρόπο συνεισφοράς των PUFA στην ανθρώπινη υγεία παρέχεται από πλήθος διαφορετικών μελετών της διεθνούς βιβλιογραφίας τα τελευταία τριάντα έτη.

Όσον αφορά τις βιογενείς αμίνες, αυτές δεν ανιχνεύθηκαν στα δείγματα της μηδενικής ημέρας. Αντίθετα, στην 4η ημέρα διατήρησης (day 4) διατήρησης (ενδεικτικά στον χειρισμό με 5,0% αλάτι χωρίς όζον, Εικ. 2) μετρήθηκαν ίχνη πουτρεσκίνης, καβαδερίνης, σπερμίνης, σπερμιδίνης και ισταμίνης που αποδίδουν έναν δείκτη βιογενών αμινών (ΔΒΑ) ίσο με 1,8. Είναι γνωστό ότι ένας ΔΒΑ>10 αντιπροσωπεύει σημαντική απώλεια της ποιότητας του προϊόντος. Συνεπώς, οι βιογενείς αμίνες θα μπορούσαν να αποτελέσουν αξιόλογα μετρήσιμους δείκτες ποιότητας, με τις πειραματικές διαδικασίες που ακολουθήθηκαν στην παρούσα εργασία.

Τα δείγματα του γαύρου της μηδενικής ημέρας μετρήθηκαν με χαμηλό έως μέτριο μικροβιακό φορτίο, με μηδαμινές έως μικρές εποχικές διακυμάνσεις, δηλαδή (μέσος όρος logcfu/g): 1,35 για τα εντεροβακτηριοειδή, 2,88 για τον ολικό αερόβιο πληθυσμό και 3,30 για τις ψευδομονάδες, οι οποίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν τη σημαντικότερη παράμετρο μέτρησης αλλοίωσης της ποιότητας του προϊόντος. Όμως οι μεταβολές των ανωτέρω παραμέτρων μετά από τέσσερις ημέρες διατήρησης του προϊόντος στο αλατισμένο και οζονισμένο νερό στους 0-1 και -1ºC παρουσίασαν μόνον μικρές (από 0,40 έως 1,00 logcfu/g), στατιστικά ασήμαντες διακυμάνσεις (p>0,05). Επίσης, το προϊόν στις συνθήκες ψύξης όπως αυτές εφαρμόστηκαν στο εργαστήριο με ή χωρίς οζονισμό είχαν ως αποτέλεσμα συχνά τη μείωση (σπάνια έως και μη ανιχνεύσιμα φορτία) του αρχικού μικροβιακού φορτίου. Συνεπώς, οι παραπάνω μικροβιακοί δείκτες ποιότητας δεν μπορούν να αποτελέσουν σημαντικές παραμέτρους εκτίμησης της αλλοίωσης του προϊόντος στο πλαίσιο αυτής της εργασίας.

Από τις οκτώ παραμέτρους ποιότητας του οργανοληπτικού ελέγχου που εξετάστηκαν μόνον το χρώμα των οφθαλμών και των βραγχίων έδειξε στατιστικά σημαντική αύξηση υποβάθμισης, χωρίς όμως να καταστεί δυνατόν, η υποβάθμιση αυτή να επηρεάσει σημαντικά τη συνολική εικόνα του δείκτη ποιότητας QI (Quality Index), ο οποίος μετρήθηκε σε αποδεκτές τιμές (<28, day 4), αποδεικνύοντας την υψηλή οργανοληπτική ποιότητα του προϊόντος. Οι ανωτέρω διαφορές της υποβάθμισης καταγράφηκαν και στις δύο συνθήκες αποθήκευσης (3,5 και 5% αλάτι), ενώ μετρήθηκαν εντονότερες στη συσκευασία με 3,5% αλάτι.




**Εικ. 2: Βιογενείς αμίνες του νωπού και διατηρημένου γαύρου από τον κόλπο της Καβάλας.**
**Fig. 2: Biogenic amines of fresh and preserved anchovy from the Gulf of Kavala.**

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η χρήση του όζοντος στις συσκευασίες του νωπού γαύρου στη χώρα μας έδειξε να μην επηρεάζει σημαντικά τη διατήρηση του προϊόντος τις τέσσερις πρώτες ημέρες εμπορίας του, συνεπώς ούτε να βοηθά στην επέκταση, έστω και κατά μία ημέρα, τηςεμπορικής διάρκειας ζωής του (shelf-life). Από το σύνολο των δεικτών ποιότητας που χρησιμοποιήθηκαν, μόνον οι βιογενείς αμίνες, ως χημικοί, και οι οφθαλμοί και τα βράγχια, ως οργανοληπτικοί, δείκτες ποιότητας υποβαθμίστηκαν σημαντικά και θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν αποτελεσματικά στον ποιοτικό έλεγχο του προϊόντος τις τέσσερις πρώτες ημέρες διατήρησής του σε αλατόνερο με όζον και πάγο (slurry-ice). Σε επόμενα πειράματα θα μελετηθεί η χρήση νανο-φυσαλίδων όζοντος στη συσκευασία του νωπού γαύρου, ευελπιστώντας να αρθούν οι υποβαθμίσεις των ανωτέρω παραμέτρων ποιότητας και να επεκταθεί η διάρκεια ζωής του προϊόντος, αφού το όζον αναμένεται να είναι εγκλωβισμένο στις φυσαλίδες ολόκληρο το χρονικό διάστημα των 4 ημερών της διατήρησης.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bono G, Okpala COR, Vitale S, Ferrantelli V, Di Noto A, Costa A, Di Bella C, Lo Monaco D (2017) Effects of different ozonized slurry-ice treatments and superchilling storage (1◦C) on microbial spoilage of two important pelagic fish species. Food Sciences and Nutrition, 5: 1049–1056

Brodowska AJ, Nowak A, Krzysztof S (2017) Ozone in the food industry: Principles of ozone treatment, mechanisms of action, and applications: An overview. Critical Reviews in Food Science and Nutrition, 58: 2176–220

Gimenez B, Graiver N, Giannuzzi L, Zaritzky N (2021) Treatment of beef with gaseous ozone: Physicochemical aspects and antimicrobial effects on heterotrophic microflora and listeria monocytogenes. Food Control, 121: 107-602

Gonçalves AA, Lira Santos TC (2019) Improving quality and shelf-life of whole chilled Pacific white shrimp (*Litopenaeusvannamei*) by ozone technology combined with modified atmosphere packaging. LWT-food science and technology, 99: 568–575

Massa AE, Manca E, Yeannes MI (2012) Development of Quality Index Method for anchovy stored in ice: Assessment of its shelf-life by chemical and sensory methods. Food science and technology international, 18: 339-351

Prabhakar PK, Vatsa S, Srivastav PP, Pathak SS (2020) A comprehensive review on freshness of fish and assessment: Analytical methods and recent innovations. Food Research International, 133: 109-157

# Η επίδραση της χρήσης του κωπηπόδου *Acartia tonsa* τις πρώτες ημέρες της νυμφικής εκτροφής στην οντογένεση του σκελετού και τις σκελετικές παραμορφώσεις στο μαγιάτικο *Seriola dumerili*

**Κατερίνα Λούφη[1], Δημήτρης Σφακιανάκης[2], Παύλος Μακρίδης[1]**
[1]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Ρίο, 26504
[2]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ηράκλειο, 70013 Διεύθυνση εργασίας

## ABSTRACT

**Katerina Loufi, Dimitris G. Sfakianakis, Pavlos Makridis: The effect of the copepod *Acartiatonsa*on the ontogeny of the skeleton and skeletal deformities in greater amberjack *Seriola dumerili* (Riso, 1810)**

The effect of feeding with Copepods in the osteological development and skeletal deformities in *Seriola dumerili* larvae was observed until 35 days post-hatch (DPH). In a commercial fish farm, four tanks of 3,000 L were stocked and we started feeding the larvae 3 DPH. In two tanks, the fish larvae were fed with nauplii of the calanoid copepod *Acartia tonsa* and rotifers (*Brachionus* sp.), while in the other two, only with rotifers. After 10 DPH, all the tanks were fed with rotifers and Artemia while the larvae were weaned to formulated diet at 25 DPH. The samples were fixed in formalin. Bones and cartilages were stained red and blue, respectively. In most cases, the beginning and the completion of the osteological development as well as the ossification of the cartilages were observed earlier in Copepods-fed larvae. Moreover the Copepods-fed larvae had fewer skeletal deformities.

**Keywords**: *Seriola dumerili*, larvae, Copepods, osteological development, skeletal deformities

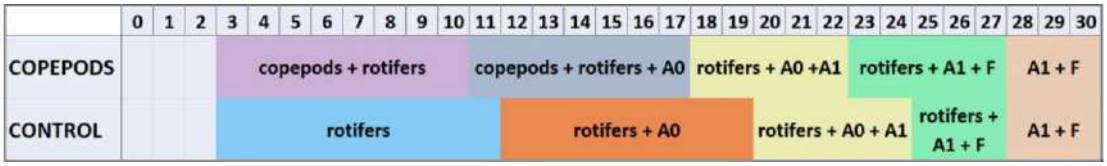
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η οντογένεση είναι μία διαδικασία ανάπτυξης και διαφοροποίησης (κυττάρων, ιστών, οργάνων και οστών) κατά την οποία μεταβάλλεται το σώμα των ιχθυονυμφών, η κολυμβητική τους ικανότητα και η συμπεριφορά. (Chambers and Leggett, 1987). Η διατροφή είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επηρεάζουν την οντογένεση του ψαριού και συνεπώς την ανάπτυξη του σκελετού και τις σκελετικές παραμορφώσεις (Chambers and Leggett 1987). Τα κωπήποδα έχουν το πλεονέκτημα ότι είναι πλούσια σε λιπαρά οξέα όπως Εικοσιδιεξαενοϊκό οξύ (DHA) και Εικοσιπενταενοϊκό οξύ (EPA), τα οποία βρίσκονται στα φωσφολιπίδια των κυτταρικών μεμβρανών. Τα κωπήποδα δεν χρειάζονται εμπλουτισμό όπως τα τροχόζωα και οι ναύπλιοι Αρτέμια και συνεπώς δεν επιβαρύνουν την επιφάνεια των δεξαμενών με επιπλέον λίπος (Conceição et al. 2010). Επιπλέον, τα κωπήποδα είναι πλούσια σε ελεύθερα αμινοξέα τα οποία βελτιώνουν την αίσθηση της όσφρησης των ιχθυονυμφών (Rønnestad et al. 2013).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Σε μία μονάδα ιχθυοκαλλιεργειών «Όμιλος εταιριών Γαλαξίδι Θαλάσσιες Καλλιέργειες Α.Ε.», σε 4 κυλινδροκωνικές δεξαμενές των 3.000 L η κάθε μία, τοποθετήθηκαν τα αυγά του μαγιάτικου για εκκόλαψη και το τάισμα των ιχθυονυμφών ξεκίνησε 3 DPH. Σε δύο δεξαμενές, οι ιχθυονύμφες ταΐζονται με ναύπλιους του καλανοειδούς κωπηπόδου *Acartia tonsa* και τροχόζωα (*Brachionus* sp.) (COPEPODS), ενώ στις άλλες δύο, μόνο με τροχόζωα (CONTROL). Μετά από 10 DPH, σε όλες τις δεξαμενές χρησιμοποιούνταν ως τροφή τροχόζωακαι ναύπλιοι Artemia (Instar 1 και 2)ενώ χορηγήθηκε τεχνητό σιτηρέσιο στις 25 DPH. Τόσο τα τροχόζωα όσο και η μεταναυπλιοι της Artemia εμπλουτιζονταν καθημερινά με πάστα μικροφυσκών Isochrysis με υψηλή περιεκτικότητα σε DHA (Εικόνα 1).

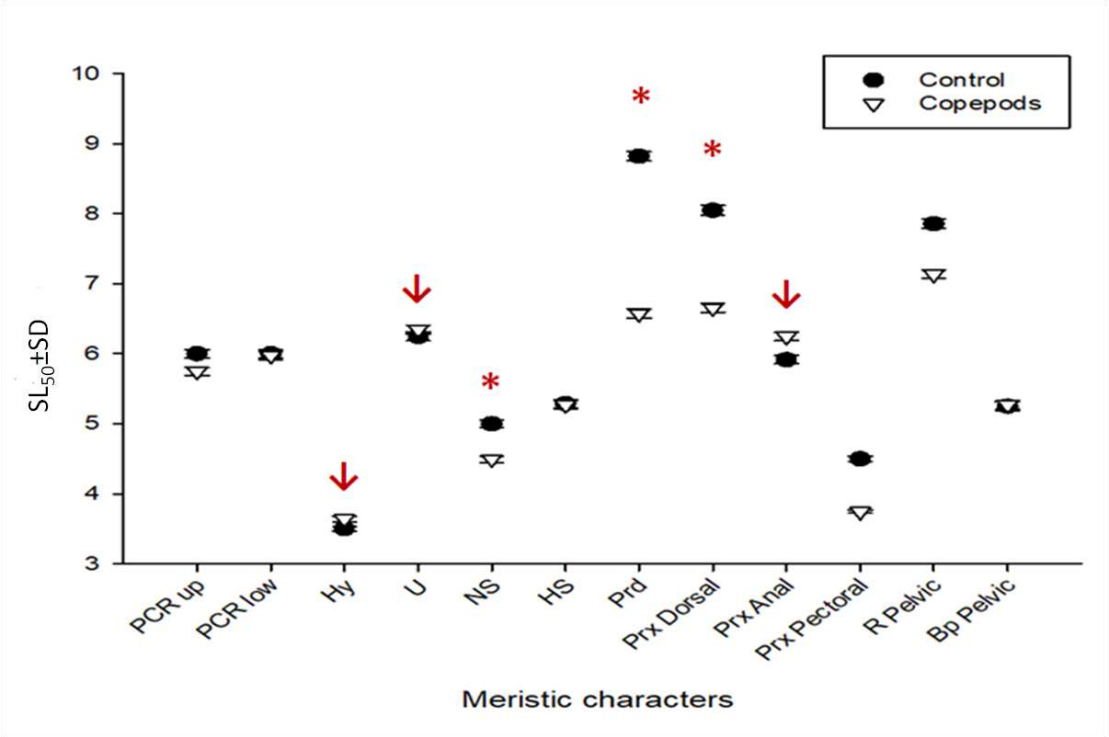
Τα δείγματα λαμβάνονταν κάθε τρεις ημέρες και σταθεροποιήθηκαν σε φορμαλίνη 5% (pH=7,2). Τα οστά και οι χόνδροι βάφτηκαν κόκκινο (Alizarin) και μπλε (Alcian), αντίστοιχα, σύμφωνα με την μεθοδολογία των Park and Kim, 1984. Στη συνέχεια τα δείγματα παρατηρήθηκαν σε στερεοσκόπιο όπου και μελετήθηκε η οντογένεση του σκελετού και καταγράφηκαν οι σκελετικές παραμορφώσεις. Συγκεκριμένα μεριστικά χαρακτηριστικά επιλέχθηκαν για να μελετηθεί η έναρξη και η ολοκλήρωση της ανάπτυξης του σκελετού καθώς και η ολοκλήρωση της οστεοποίησης.




**Εικόνα 1:** Διατροφικό πρωτόκολλο εκτροφής ιχθυονυμφών *S. Dumerili*. (A0: Artemia nauplii, A1: Artemia metanauplii, F: τεχνητό σιτηρέσιο)
**Figure 1:** Nutritional protocol of breeding *S. Dumerili* larvae (A0: Artemia Instar 1 nauplii, A1: large enriched Artemia metanauplii, F: formulated diet)

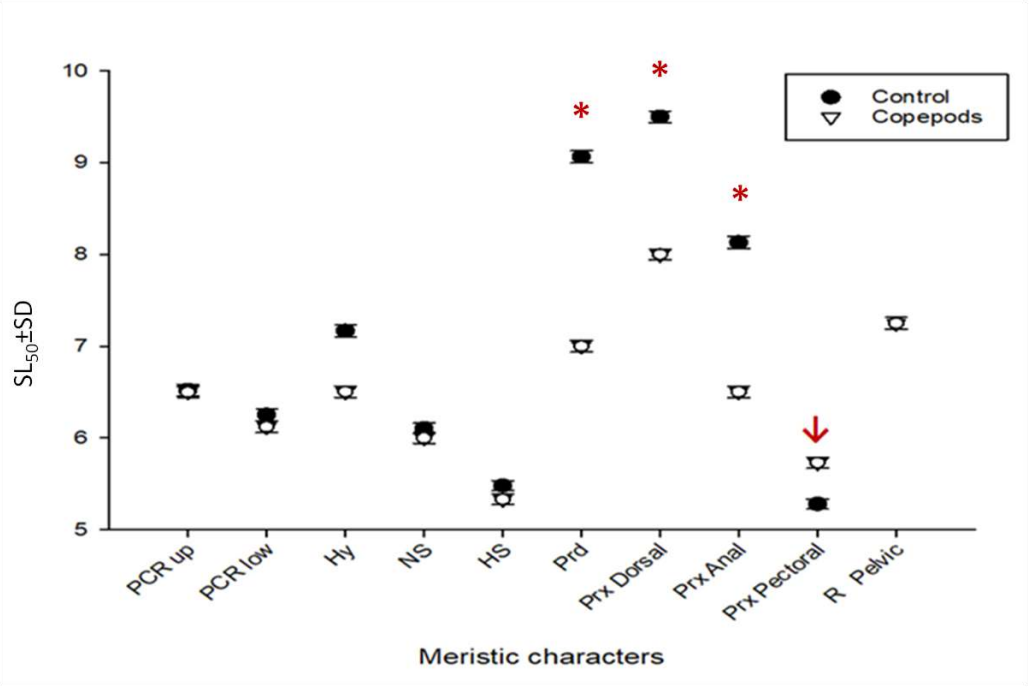
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η έναρξη της οστεολογικής ανάπτυξης παρατηρήθηκε νωρίτερα στις ιχθυονύμφες που τρέφονταν και με κωπήποδα, εκτός από τα υπουραία του ουραίου πτερυγίου, τα κέντρα των σπονδύλων και τα εγγύς πτερυγιόφορα (Prx) του εδρικού πτερυγίου. Στατιστικά σημαντικές διαφοράς παρατηρήθηκαν στις νευρικές άκανθες (NS), στα προραχιαία (Prd) και στα εγγύς πτερυγιόφορα (Prx) του εδρικου πτερυγίου (Εικόνα 2).



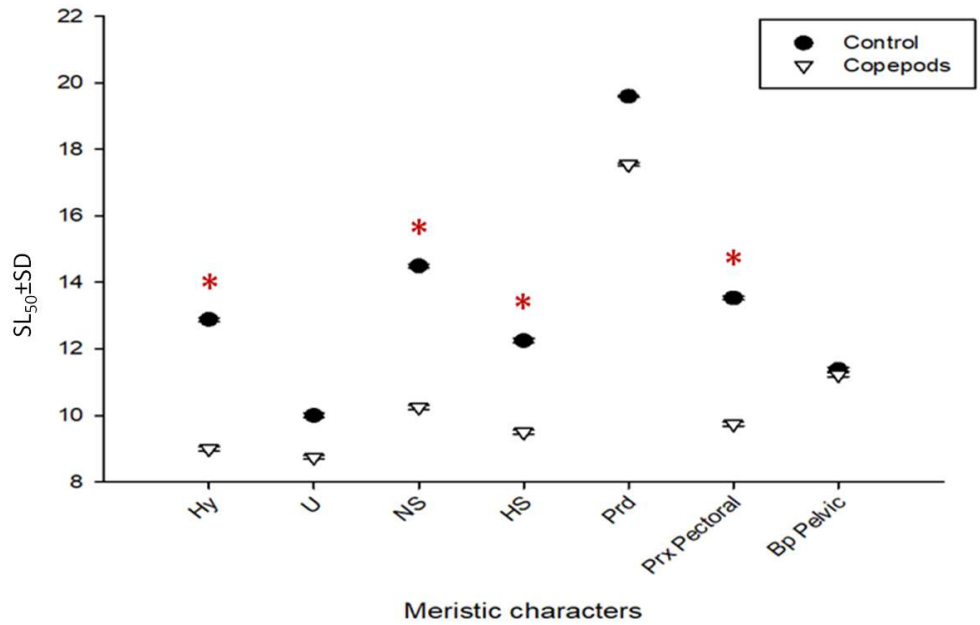

**Εικόνα 2:** Η έναρξη της οστεολογικής ανάπτυξης στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Copepods) (mean±SD).
**Figure 2:** The beginning of the osteological development in *S.dumerili* in two different breeding conditions (Control-Copepods) (mean±SD).

Η ολοκλήρωση της οστεολογικής ανάπτυξης έλαβε χώρα νωρίτερα στις ιχθυονύμφες που τρέφονταν και με κωπήποδα εκτός από Prx στα θωρακικά πτερύγια. Στατιστικά σημαντικές διαφοράς παρατηρήθηκαν στα προραχιαία (Prd) και στα εγγύς πτερυγιόφορα (Prx) του θωρακικού και εδρικου πτερυγίου (Εικόνα 3).



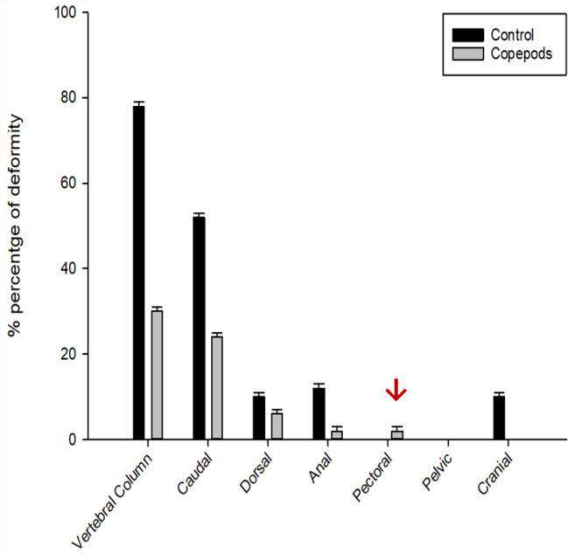

**Εικόνα 3:** Η ολοκλήρωση της οστεολογικής ανάπτυξης στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Copepods) (mean±SD).
**Figure 3:** The completion of the osteological development in *S.dumerili* in two different breeding conditions (Control -Copepods) (mean±SD).

Η οστεοποίηση ολοκληρώθηκε πρώτα στις ιχθυονύμφες που τρέφονταν και με κωπήποδα και Στατιστικά σημαντικές διαφοράς παρατηρήθηκαν στα Hy, NS, HS και Prx θωρακικού πτερυγίου (Εικόνα 4).




**Εικόνα 4:** Η ολοκλήρωση της οστεοποίησης των χόνδρων στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Copepods) (mean±SD).
**Figure 4:** The completion of the ossification of the cartilages in *S.dumerili* in two different breeding conditions (Control-Copepods) (mean±SD).

Στις ιχθυονύμφες που τρέφονταν μόνο με τροχόζωα τις πρώτες ημέρες εκτροφής παρατηρήθηκαν περισσότερες σκελετικές παραμορφώσεις με εξαίρεση τα θωρακικά πτερύγια (Εικόνα 5).




**Εικόνα 5:** Σκελετικές παραμορφώσεις στο μαγιάτικο σε δύο διαφορετικές συνθήκες εκτροφής (Control – Copepods).
**Figure 5:** Skeletal deformities in *S. dumerili* in two different breeding conditions (Control – Copepods).

Η χρήση των κωπηπόδων για τις πρώτες ημέρες εκτροφής του μαγιάτικου φάνηκε να επηρεάζει θετικά την οντογένεση του σκελετού. Πιο συγκεκριμένα εξαιτίας των λιπαρών οξέων και των ελεύθερων αμινοξέων που διαθέτουν τα κωπήποδα, καθίστανται πιο θρεπτική τροφή για τις ιχθυονύμφες και συνεπώς βελτιώθηκε η έναρξη και η ολοκλήρωση της σκελετικής ανάπτυξης και η οστεοποίηση των χόνδρων Ταυτόχρονα στις ιχθυονύμφες που τράφηκαν και με κωπήποδα παρατηρήθηκαν λιγότερες σκελετικές παραμορφώσεις.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Chambers, A, R. C., Leggett, W. C., 1987. Size and Age at Metamorphosis in Marine Fishes: An Analysis of Laboratory-Reared Winter Flounder (*Pseudopleutonectes americanus*) with a Review of Variation in Other Species. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences. 44, 1936-1947.
Conceição, L.E.C., Yúfera, M., Makridis, P., Morais, S. , Dinis, M. T. 2010, Live feeds for early stages of fish rearing. Aquaculture Research. 41, 613-640.
Park, E. H., Kim, D. S., 1984. A procedure for staining cartilage and bone of whole vertebrate larvae while rendering all other tissues transparent. Stain Technology. 59, 269-272.
Rønnestad, I., Yufera, M., Ueberschär, B., Ribeiro, L.,Sæle, Ø, Boglione C., 2013. Feeding behavior and digestive physiology in larval fish: current knowledge, and gaps, and bottlenecks in research. Reviews in Aquaculture 5(1), 59-98.

# Το πρώτο γονιδίωμα σε επίπεδο χρωμοσώματος για τον κρανιό *Argyrosomus regius*, ενός είδους ψαριού με αυξανόμενη σημασία για την Ευρωπαϊκή βιομηχανία υδατοκαλλιέργειας

**Βασίλειος Παπαδογιάννης[1], Τερέζα Μανουσάκη[1], Jon Kristoffersen[1], Αλέξανδρος Τσακογιάννης[1], Ορέστης Νούσιας[1], Κωνσταντίνος Μπαταργιάς[2], Δημήτριος Χατζηπλής[3], Κωνσταντίνος Τσιγγενόπουλος[1]**

[1]Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών (ΙΘΑΒΒΥΚ), Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), Ελλάς – v.papadog@hcmr.gr, tereza@hcmr.gr, jonbent@hcmr.gr, tsakalex@yahoo.gr, nousiaso@yahoo.com, tsigeno@hcmr.gr

[2]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών – cbatargias@upatras.gr

[3]Τμήμα Γεωπονίας, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος – chatz@ihu.gr

## ABSTRACT

**Vasileios Papadogiannis, Tereza Manousaki, Jon Kristoffersen, Alexandros Tsakogiannis, Orestis Nousias, Costas Batargias, Dimitrios Chatziplis, Costas S. Tsigenopoulos: The first chromosome level genome assembly and annotation of the meagre *Argyrosomus regius*, a fish species with increasing importance for the European aquaculture industry**

The availability and straightforward access to the complete genomic sequence of any species of commercial interest provides a prominent resource for studying quantitative trait associated loci and explore the genetic diversity of different aquaculture stocks as well as wild populations. We present the first complete nuclear genome for *A. regius*, produced through a combination of next-generation sequencing technologies resulting in long and short reads and additionally an efficient in-house developed pipeline for assembly and polishing. Moreover, scaffolding using data from a recently published linkage map in the species permitted to reconstruct a chromosome-level assembly with high completeness, finalized with careful gene annotation and repeat masking. We use this new data to study the evolution of the meagre genome into the Scianidae family, via a comparative analysis of available high-quality teleost genomes. We are confident that this genomic dataset will be of added value and a powerful state-of-the art tool for aquaculture studies and greatly facilitate aquaculture and breeding advances in the species.

**Keywords:** *Argyrosomus regius*, Chromosome level, genome assembly, breeding, comparative genomics

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι υψηλής ποιότητας πληροφορίες γονιδιώματος θεωρούνται σήμερα ως προϋπόθεση μείζονος σημασίας για κάθε στόχο επιλογής και αναπαραγωγής ζώων και φυτών. Ο κρανιός *Argyrosomus regius*, έχει γίνει πρόσφατα ένα είδος με αυξανόμενο οικονομικό ενδιαφέρον για τη Μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια και υπάρχει εκτεταμένη και έντονη ερευνητική προσπάθεια για την ενίσχυση της απόδοσης της παραγωγής. Η πρόσβαση στην πλήρη γονιδιωματική αλληλουχία θα παρείχε μια σημαντική πηγή για τη μελέτη των γενετικών τόπων που σχετίζονται με ποσοτικά χαρακτηριστικά (QTL) και τη διερεύνηση της γενετικής ποικιλότητας σε διαφορετικά αποθέματα (stocks) υδατοκαλλιέργειας και άγριων πληθυσμών.

Στην εργασία, παρουσιάζουμε το πρώτο πλήρες πυρηνικό γονιδίωμα για τον κρανιό, το οποίο έχει παραχθεί μέσω ενός συνδυασμού νέων τεχνολογιών αλληλούχησης και τη χρήση μικρών και μακριών τμημάτων DNA. Αυτή η στρατηγική αλληλούχησης, σε συνδυασμό με έναν αποτελεσματικό τρόπο για τη συναρμολόγηση και τη βελτίωση του γονιδιώματος, οδήγησε σε ένα συνεχόμενο, υψηλής ποιότητας γονιδίωμα που αναμένεται να εξασφαλίσει μια εξαιρετική βάση για μελλοντικές γονιδιωματικές μελέτες στο είδος.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η αλληλούχηση του γονιδιώματος πραγματοποιήθηκε μέσω ενός συνδυασμού τεχνολογίας μακράς ανάγνωσης τρίτης γενιάς (MinION Oxford Nanopore) που παρέχει πολλές συνεχόμενες μεγάλες αλληλουχίες DNA και μιας πλατφόρμας δεύτερης γενιάς (Illumina HiSeq4000) που παράγει ένα πολύ μεγάλο αριθμό από πολύ μικρότερες αλληλουχίες DNA με υψηλή πιστότητα, οι οποίες μπορούν να αξιοποιηθούν για τη διόρθωση των πρώτων. Έτσι, μια βασική συναρμογή έγινε για πρώτη φορά χρησιμοποιώντας το Flye Assembler (Kolmogorov et al. 2019) και τελειοποιήθηκε από τις αλληλουχίες

μεγάλου μήκους, ακολουθούμενη από διόρθωση σφαλμάτων χρησιμοποιώντας τις αλληλουχίες μικρού μήκους και χαμηλού σφάλματος με τα λογισμικά Racon (Vaser et al. 2017) και Pilon(Walket et al. 2014), ενώ όλες οι ενδιάμεσες και τελικές συναρμογές αξιολογήθηκαν ως προς την ποιότητα, τη συνάφεια και την πληρότητα με τα λογισμικά Quast (Gurevich et al. 2013), Busco (Simao et al. 2015), και Merqury (Rhie et al. 2020). Αυτή η βιοπληροφορική ροή (pipeline) είναι προσβάσιμη και δωρεάν διαθέσιμη από την ομάδα βιοπληροφορικής του ΙΘΑΒΒΥΚ/ΕΛΚΕΘΕ (https://nellieangelova.github.io/De-Novo_Genome_Assembly_Pipelines/).

Ο προσδιορισμός της αλληλουχίας του μεταγραφώματος πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας ολικό RNA που εξήχθη από 8 διαφορετικούς ιστούς (εγκέφαλος, βράγχια, γονάδες, καρδιά, συκώτι, μυς, δέρμα και σπλήνας) στην πλατφόρμα Illumina HiSeq4000. Από αυτά τα δεδομένα, ένα τελικό consensus μεταγράφωμα κατασκευάστηκε χρησιμοποιώντας το λογισμικό Mikado (Venturini et al. 2018), το οποίο ενσωματώνει την πρόβλεψη ορίων ιντρονίων, την πρόβλεψη ανοιχτών πλαισίων ανάγνωσης (ORF) και τις πληροφορίες ομολογίας. Στη συνέχεια, χρησιμοποιήθηκαν τα λογισμικά Augustus (Stanke & Morgenstern 2005) και PASA (Haas et al. 2003) για τη διεξαγωγή γονιδιακής πρόβλεψης με βάση το γονιδίωμα και το μεταγραφικό σύνολο.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η πλατφόρμα MinION παρήγαγε συνολικά 38.119.965.327 bp, με περισσότερο από 99,5% αυτών να περνάει τον ποιοτικό έλεγχο, δίνοντας τελική κάλυψη γονιδιώματος 54,5× και 3.003.301 αλληλουχίες με μέσο μήκος 12.640 bp. Η αλληλούχηση με τεχνολογία Illumina παρήγαγε συνολικά 166.912.732 αλληλουχίες των 150 bp, με περισσότερο από το 85,8% να περνούν τον ποιοτικό έλεγχο, δίνοντας 30,9× κάλυψη γονιδιώματος. Η αλληλούχηση του μεταγραφώματος παρήγαγε περισσότερες από 100.000.000 αλληλουχίες των 150 bp ανά δείγμα ιστού, με πάνω από το 90% αυτών να περνούν τον ποιοτικό έλεγχο.

Η συναρμολόγηση του γονιδιώματος που παράγεται από τα δεδομένα μικρού και μεγάλου μήκους αποτελείται από 1.012 contigs, συνολικού μεγέθους 696.249.749 bp, με N50 2.798.312 bp και L50 23. Αυτό το υψηλό επίπεδο συνάφειας (contiguity) συνδυάζεται με υψηλά επίπεδα πληρότητας, όπως υπολογίζεται και από τα δύο εργαλεία, το Merqury (9 %, με βάση καταμέτρηση kmer στα δεδομένα Illumina) και το BUSCO (98,7%, με βάση την παρουσία/απουσία συντηρημένων ορθόλογων γονιδίων), ενώ το τελικό συναινετικό (consensus) μεταγράφωμα δείχνει επίσης συγκριτικά υψηλή πληρότητα (BUSCO 96,3%). Με βάση αυτά τα δεδομένα, η βιοπληροφορική ροή πρόβλεψης γονιδίων ταυτοποίησε συνολικά 24.589 γονίδια με μέσο μέγεθος 16.437 bp και τελικό σκορ BUSCO 95,6%.

Επιπλέον, θα χρησιμοποιούμε αυτή τη νέα πηγή για να μελετήσουμε την εξέλιξη του γονιδιώματος του κρανιού καθώς και άλλων ειδών της οικογένειας Scianidae, μέσω μιας συγκριτικής ανάλυσης περισσότερων από τριάντα υψηλής ποιότητας γονιδιωμάτων τελεόστεων. Προκαταρκτικά αποτελέσματα φυλογονιδιωματικής ανακατασκευής, δείχνουν εξαιρετικά συντηρημένη συνταινία εντός της οικογένειας των Sciaenidae (Εικόνα 1).

Τέλος, προκαταρκτική ανάλυση διπλασιασμού γονιδίων καταδεικνύει τόσο επεκτάσεις της οικογένειας γονιδίων που σχετίζονται με το ανοσοποιητικό στον κρανιό όσο και διπλασιασμούς στα Scianidae που θα μπορούσαν να συνδεθούν με τις μοναδικές μυϊκές και αισθητήριες προσαρμογές τους. Οι συγκριτικές γονιδιωματικές αναλύσεις και η βασική μελέτη του εξελικτικού ρυθμού σε όλο το γονιδίωμα του κρανιού στοχεύουν στην αναγνώριση επιπλέον υποψήφιων γενετικών τόπων που σχετίζονται με την αύξηση, την ανάπτυξη και τις ανοσολογικές προσαρμογές. Αυτό το γονιδίωμα αναφοράς αναμένεται να θέσει τις βάσεις για την απόκτηση βαθύτερης κατανόησης της βιολογίας του κρανιού και να ενισχύσει τις προσπάθειες για επιλεκτική αναπαραγωγή μέσω γονιδιωματικής επιλογής.

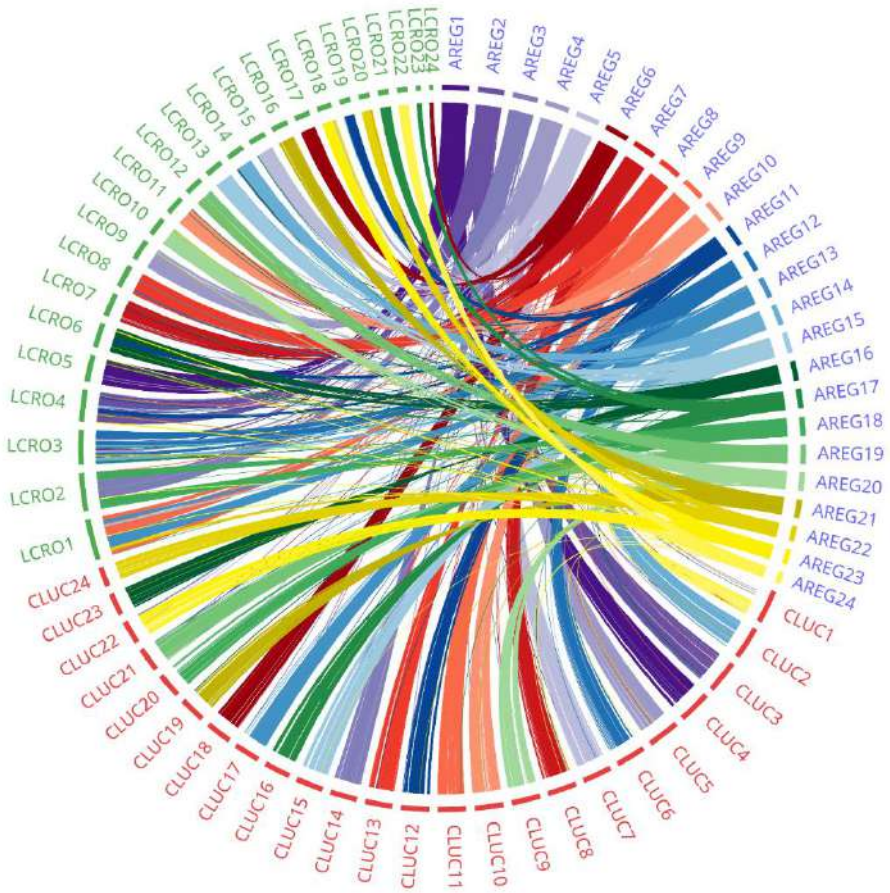
## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μελέτη έχει λάβει χρηματοδότηση από την Ελληνική Δημοκρατία μέσω του έργου «MeagreGen» στο πλαίσιο της πρόσκλησης «Ειδικές Δράσεις – ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ» στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία 2014-2020».

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Gurevich A, Saveliev V, Vyahhi N & Tesler G 2013 QUAST: Quality assessment tool for genome assemblies. Bioinformatics 29: 1072–1075.

Haas BJ et al. 2003 Improving the *Arabidopsis* genome annotation using maximal transcript alignment assemblies. Nucleic Acids Res. 31: 5654–5666.
Kolmogorov M, Yuan J, Lin Y & Pevzner P 2019 Assembly of long, error-prone reads using repeat graphs. Nat. Biotechnol. 37: 540–546.
Rhie A, Walenz BP, Koren S & Phillippy AM 2020 Merqury: Reference-free quality, completeness, and phasing assessment for genome assemblies. Genome Biol. 21: 1–29.
Simão FA, Waterhouse RM, Ioannidis P, Kriventseva EV & Zdobnov EM 2015 BUSCO: Assessing genome assembly and annotation completeness with single-copy orthologs. Bioinformatics 31: 3210–3212.
Stanke M & Morgenstern B 2005 AUGUSTUS: A web server for gene prediction in eukaryotes that allows user-defined constraints. Nucleic Acids Res. 33: 465–467.
Vaser R, Sović I, Nagarajan N & Šikić M 2017 Fast and accurate *de novo* genome assembly from long uncorrected reads. Genome Res. 27: 737–746.
Venturini L, Caim S, Kaithakottil GG, Mapleson DL & Swarbreck D 2018 Leveraging multiple transcriptome assembly methods for improved gene structure annotation. Gigascience 7: 1–15.
Walker B J et al. 2014 Pilon: An integrated tool for comprehensive microbial variant detection and genome assembly improvement. PLoS One 9(11), e112963.




**Εικόνα 1.** Συνταινία των ορθόλογων γονιδιακών τόπων ενός αντιγράφου στα γονιδιώματα των μελών της οικογένειας Scianidae (CLUC: *Collichthys lucidus*, LCRO: *Larimichthys crocea*, AREG: *Argyrosomus regius* – κρανιός-). Σε κάθε χρωμόσωμα (που απεικονίζεται ως γραμμή χρώματος πορτοκαλί για το *C. lucidus* και πράσινο για το *L. crocea*) δίνεται η σχετική θέση του κάθε γονιδιακού τόπου, ο οποίος ενώνεται με χρωματιστή γραμμή με τον αντίστοιχο ορθόλογο τόπο στο γονιδίωμα του κρανιού.
**Figure 1.** Three-way Circos plot showing highly conserved single-copy ortholog synteny within the Scianidae family.

# Ανάλυση πατρότητας και εκτίμηση γενετικών παραμέτρων σε διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια στον κρανιό *Argyrosomus regius*

**Αικατερίνη Τασιούλη[1,2], Σταυρούλα Οικονόμου[3,8], Antonio Vallecillos Quijada[4], Δημήτριος Τσαπάρης[1], Κωνσταντίνος Τζόκας[5], Νικόλαος Κατριμπούζας[5], Λεωνίδας Παπαχαρίσης[6], Κωνσταντίνος Μπαταργιάς[7], Δημήτριος Χατζηπλής[3], Κωνσταντίνος Τσιγγενόπουλος[1],**

[1]Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών (ΙΘΑΒΒΥΚ), Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών (ΕΛΚΕΘΕ), Ελλάς – tasioulik@gmail.com, tsaparis@hcmr.gr, tsigeno@hcmr.gr

[2]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Ελλάς

[3]Τμήμα Γεωπονίας, Διεθνές Πανεπιστήμιο της Ελλάδος – valiaekonomou@hotmail.com, chatz@ihu.gr

[4]Universidad Politécnica de Cartagena - antonio.vallecillos@edu.upct.es

[5]Ανδρομέδα, Καλλιέργειες Υδρόβιων Οργανισμών Α.Ε. – k.tzokas@avramar.eu, n.katribouzas@avramar.eu

[6]Νηρεύς Ιχθυοκαλλιέργειες Α.Ε. – l.Papaharisis@avramar.eu

[7]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών – cbatargias@upatras.gr

## ABSTRACT

**Katerina Tasiouli, Stavroula Oikonomou, Antonio Vallecillos Quijada, Dimitrios Tsaparis, Kostas Tzokas, Nikos Katribouzas, Leonidas Papaharisis, Costas Batargias, Dimitrios Chatziplis & Costas S. Tsigenopoulos: Parentage assignment and estimation of genetic parameters for growth-related traits at different ages in meagre *Argyrosomus regius***

Meagre is a fast-growing species with an increasing importance for the European aquaculture industry. However, the study of genetic parameters on economically important traits is limited and the aim of the current work was to investigate the family structure and parental contribution of thirteen meagre broodstock and 1,200 offspring from a mass spawning event, as well as to estimate genetic parameters for body weight and length at different ages. Parentage analysis was conducted with a multiplex of 12 microsatellite loci using an exclusion-based method but the assignment rate was low (~72%). The offspring distribution in families was unbalanced with almost half of the broodstock presenting a dominant role. These offspring formed six large families, which represented percentages ranging between 4-30%, while the rest of the families represented <2% each. Genetic parameter estimation was conducted using the Restricted Maximum Likelihood method, resulting in high estimated values of heritability for the studied traits, and therefore indicated the suitability of the studied traits to be used as selection objectives in breeding programs with elevated expected genetic gain. Furthermore, the high estimated genetic correlation between body weight and length suggests the possibility of selection using only one of the two traits, as selection criteria.

**Keywords:** *Argyrosomus regius*, SSR, parentage analysis, heritability, genetic parameters, growth, length

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο κρανιός *Argyrosomus regius,* Asso 1801) αποτελεί ένα από τα 270 είδη που εντάσσονται στην οικογένεια Sciaenidae (Duncan et al. 2013). Μορφολογικά, ο κρανιός διαθέτει επίμηκες, πλευρικά συμπιεσμένο σώμα που ξεπερνά τα 180 εκατοστά και μπορεί να φτάσει τα 50 κιλά. Το μέγιστο δημοσιευμένο μήκος στο είδος αγγίζει τα 230 εκ. (Quero & Vayne 1987), ενώ αντιστοίχως το μέγιστο βάρος τα 103 κιλά (Maigret & Ly 1986). Όπως όλα τα είδη της οικογένειας Sciaenidae, ο κρανιός είναι γονοχωριστικό είδος, με σταθερό φύλο μετά τη σεξουαλική διαφοροποίηση (Duncan et al. 2013) και παρουσιάζει μεταναστευτική συμπεριφορά τόσο για αναπαραγωγή όσο και για διατροφή. Συγκεκριμένα, την άνοιξη τα άτομα προσεγγίζουν την ακτογραμμή, γύρω στα μέσα Απριλίου, και εισέρχονται σε εκβολές ποταμών στα τέλη Μαΐου (ανάδρομη μετανάστευση), προκειμένου να λάβει χώρα η αναπαραγωγή που διαρκεί έως το τέλος του καλοκαιριού (13-23ºC).

Σύμφωνα με τον FAO, κύριες περιοχές αλιείας του κρανιού είναι οι ανατολικές ακτές του Ατλαντικού, η Μεσόγειος, η Μαύρη Θάλασσα, καθώς και οι δυτικές ακτές του Ινδικού Ωκεανού. Είναι ένα πολύτιμο είδος για τις περιοχές όπου καταναλώνεται παραδοσιακά, όπως η Μαυριτανία, η Αίγυπτος και στην Ευρώπη η Γαλλία, η Πορτογαλία και η Ισπανία. Μάλιστα, το παγκόσμιο αλίευμα κρανιού σε τόνους ξεπέρασε τους 9,5 χιλιάδες το 2018 (www.apromar.es). Η καλλιέργεια του ξεκίνησε στα τέλη της δεκαετίας του 1990 στη Γαλλία και σταδιακά προχώρησε και στην υπόλοιπη Ευρώπη, με χώρες όπως η Ιταλία, η Ισπανία και η Ελλάδα να εισάγουν τον κρανιό στις ιχθυοκαλλιέργειες. Χαρακτηριστικά που

καθιστούν τον κρανιό έναν καλό υποψήφιο για ιχθυοκαλλιέργειες είναι: η σχετικά εύκολη διαχείριση γεννητόρων και απόκτηση αβγών καλής ποιότητας, σχετικά εύκολη εκτροφή νυμφών με τυποποιημένες ζωντανές τροφές της βιομηχανίας καθώς και σχήματα διατροφής, τα σεξουαλικά ανώριμα άτομα δεν παρουσιάζουν αναπαραγωγική ωρίμανση κατά την αύξηση, μεγαλώνουν γρήγορα και επιτυγχάνουν καλό συντελεστή μετατρεψιμότητας τροφής (feed conversion ratios) (Duncan et al. 2013). Συγχρόνως, το γεγονός πως το είδος χαρακτηρίζεται από ανθεκτικότητα σε μεγάλο εύρος αλατότητας (5–39‰) αλλά και θερμοκρασίας (13–28 °C), διευκολύνει επίσης την προσαρμογή του σε συνθήκες καλλιέργειας. Ως προϊόν προς κατανάλωση, ο κρανιός διαθέτει ελκυστικό σχήμα σώματος, χαμηλή περιεκτικότητα σε λιπαρά στο φιλέτο και καλό ποσοστό απόδοσης σε φιλέτο. Η παραγωγή κρανιού από ιχθυοκαλλιέργειες στην περιοχή της Μεσογείου το 2019 ξεπερνά τους 41 χιλιάδες τόνους με κύριες χώρες-παραγωγούς την Αίγυπτο, την Ισπανία, την Τουρκία και την Ελλάδα ενώ μελλοντικά αναμένεται επιπλέον αύξηση της τάξης του 2,8% (www.apromar.es).

Σκοπός της εργασίας ήταν η ανάλυση πατρότητας για την ανάθεση απογόνων στους γονείς τους στον κρανιό και η αξιοποίηση των γενεαλογικών σχέσεων σε συνδυασμό με φαινοτυπικά δεδομένα βάρους και μήκους για τη μελέτη γενετικών παραμέτρων σε τρία και δύο αναπτυξιακά στάδια, αντίστοιχα. Επομένως, πρωταρχικός στόχος ήταν η αξιολόγηση της χρήσης ενός συνόλου 12 μικροδορυφορικών τόπων για την ανάθεση απογόνων σε ζεύγη γονέων και τη μελέτη της γονικής συνεισφοράς και διαμόρφωσης οικογενειών σε έναν πειραματικό πληθυσμό κρανιού. Στη συνέχεια, επόμενος στόχος ήταν η μελέτη της κληρονομησιμότητας του βάρους και του μήκους και της γενετικής συσχέτισης του βάρους σε διαφορετικά αναπτυξιακά στάδια, ώστε να διερευνηθεί η καταλληλότητα κάθε αναπτυξιακού σταδίου για την εφαρμογή επιλογής στο είδος. Τέλος, να μελετηθεί η γενετική συσχέτιση μεταξύ βάρους και μήκους, ώστε να διερευνηθεί η ενδεχόμενη δυνατότητα επιλογής ενός από τους δύο φαινοτύπους σε προγράμματα γενετικής βελτίωσης για το είδος *A. regius*.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δείγματα που χρησιμοποιήθηκαν στην παρούσα εργασία προήλθαν από δειγματοληψίες που έλαβαν χώρα στο πλαίσιο του ερευνητικού προγράμματος MeagreGen. Συγκεκριμένα, πάρθηκε μικρό τμήμα πτερυγίου από 13 γεννήτορες, που συνυπήρχαν σε δεξαμενή και είχαν ωοτοκήσει ελεύθερα, έπειτα από χορηγία αναπαραγωγικής ορμόνης GnRHa σε όλους τους θηλυκούς (n = 7) και σε 5 από τους 6 αρσενικούς γεννήτορες. Στη συνέχεια, έγινε εκκόλαψη των λαρβών από την επαγόμενη από ορμόνες ωοτοκία και ακολούθησε η εκτροφή τους στον ΙΧΣ της εταιρίας, όποτε τελικά μεταφέρθηκαν σε κυκλικό κλωβό πάχυνσης διαμέτρου 19m και όγκου 2800m³ για την τελική εκτροφή. Δέκα μήνες μετά, πραγματοποιήθηκε διαλογή κατά βάρος στον πληθυσμό και εισαγωγή των δυο υποπληθυσμών σε διαφορετικό κυκλικό κλωβό ο καθένας. Τα μεγάλα διαλογής ψάρια αριθμούσαν 37.000 ιχθύδια, μέσου βάρους (MB) 550 gr, και βρίσκονταν στον κλωβό 1 και τα μικρά διαλογής 22.000 ιχθύδια, MB 370 g, βρίσκονταν στον κλωβό 2, αντίστοιχα. Τρεις μήνες μετά (394 Days Post Hatching, DPH), πραγματοποιήθηκε τοποθέτηση μάρκας εντοπισμού (PIT-tag) σε 600 ψάρια από τα μεγάλα διαλογής (MB 725γρ) και 600 από τα μικρά διαλογής (MB 485γρ), μέτρηση ατομικού βάρους (BW1) και συλλογή μικρού τμήματος πτερυγίου και τα συνολικά 1.200 ψάρια μεταφέρθηκαν σε τετράγωνο κλωβό 7X7m, συνολικού όγκου 300m³. Έπειτα, πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις ατομικού βάρους και μήκους (BW2, LEN2) στα ζωντανά ψάρια στις 770 DPH και τέλος (BW3, LEN3) στις 978 DPH.

Η απομόνωση του DNA έγινε από μικρό τμήμα πτερυγίου σύμφωνα με συνήθη εργαστηριακά πρωτόκολλα και έγινε ενίσχυση με multiplex PCR ενός συνδυασμού 12 μικροδορυφορικών τόπων (multiplex) από προηγούμενες μελέτες διαφορετικών ειδών της οικογένειας Sciaenidae. Οι δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν στο multiplex αναφέρονται στις εργασίες των Nousias et al. (2020, 2021).

Η ανάλυση πατρότητας πραγματοποιήθηκε με το πρόγραμμα Vitassign (Vandeputte et al. 2006), το οποίο χρησιμοποιεί ένα σύνολο μακροεντολών εντός του περιβάλλοντος του Excel (Microsoft™) και χρησιμοποιεί τη μέθοδο του αποκλεισμού, ακολουθώντας την αρχή του διαχωρισμού των αλληλομόρφων κατά Mendel. Ο αριθμός αναντιστοιχιών που χρησιμοποιήθηκε ήταν 2 και επιλέχθηκε τρέχοντας την ανάλυση επανειλημμένα, αυξάνοντας σταδιακά τον αριθμό τους, ξεκινώντας από το 0 (perfect matches only), ώσπου το ποσοστό ανάθεσης να φτάσει σε πλατό.

Η περιγραφική στατιστική για τους πέντε φαινοτύπους που μελετήθηκαν (BW1, BW2, BW3, LEN2, LEN3) και τα διαγράμματα παρήχθησαν με τη γλώσσα προγραμματισμού R (R Core Team, 2020) ). Πραγματοποιήθηκε εκτίμηση των γενετικών παραμέτρων για τους υπό μελέτη φαινοτύπους, με τη χρήση

αποκλειστικά των ατόμων στα οποία ανατέθηκαν επιτυχώς γονείς από την ανάλυση πατρότητας. Τα δεδομένα εισήχθησαν, αρχικά, στο σύστημα λογισμικού RENUMF90 (Misztal et al. 2018), το οποίο αλλάζει τη μορφή των δεδομένων, μετατρέποντας όλους τους χαρακτήρες σε αριθμούς, και παράγει έναν αρχείο παραμέτρων στην απαιτούμενη μορφή για τα προγράμματα που χρησιμοποιούνται στη συνέχεια της ανάλυσης. Η εκτίμηση των γενετικών και φαινοτυπικών συσχετίσεων μεταξύ των φαινοτύπων και του συντελεστή κληρονομησιμότητας πραγματοποιήθηκε με τη μέθοδο Περιορισμένης Μέγιστης Πιθανοφάνειας (REML) με το σύστημα λογισμικού AIREMLF90 (Misztal et al. 2018). Πραγματοποιήθηκαν οι συνδυασμοί των φαινοτύπων σε ζεύγη για την εκτίμηση των γενετικών παραμέτρων, με τη χρήση του ατομικού ζωικού προτύπου πολλαπλών ιδιοτήτων (multi-trait animal model), στο οποίο χρησιμοποιήθηκε ως σταθερός παράγοντας ο κλωβός. Τέλος, χρησιμοποιήθηκε το ατομικό ζωικό πρότυπο (univariate animal model), με τον κλωβό ως σταθερό παράγοντα, για να εκτιμηθούν οι κληροδοτικές τιμές για τον κάθε φαινότυπο με τη μέθοδο Άριστης Γραμμικής Αμερόληπτης Πρόβλεψης (BLUP) με το σύστημα λογισμικού BLUPF90 (Misztal et al. 2018). Το μέγεθος της εκτίμησης του συντελεστή κληρονομησιμότητας αξιολογήθηκε βάσει της κατηγοριοποίησης των Cardellino & Rovira (1987), σύμφωνα με τους οποίους τιμές μεταξύ 0,05 – 0,15 είναι χαμηλές, μεταξύ 0,20 – 0,40 είναι μέτριες και μεταξύ 0,40 – 1 είναι υψηλές.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ανάθεση γονέων και η μετέπειτα γενετική ανάλυση περιέλαβε τελικά 1.179 απογόνους, αφού 21 δείγματα αποκλείστηκαν λόγω χαμηλής ποιότητας DNA. Το ποσοστό ανάθεσης της ανάλυσης γονέων ήταν 71,8%, δηλαδή, 847 από τους 1.179 απογόνους ανατέθηκαν επιτυχώς στους υποτιθέμενους γονείς τους με 0 έως 2 αναντιστοιχίες. Οι 847 απόγονοι κατανεμήθηκαν σε 24 από τις 42 αναμενόμενες οικογένειες (6 αρσενικά επί 7 θηλυκά), σχηματίζοντας 3 μεγάλες οικογένειες (>15%) και 3 μικρότερες οικογένειες (5-9%). Οι υπόλοιπες διαμορφωμένες οικογένειες αντιπροσώπευαν ένα πολύ μικρό ποσοστό (<2% η καθεμία). Όλοι οι γεννήτορες προσδιορίστηκαν ως πιθανοί γονείς, εκτός από ένα θηλυκό ενώ παρατηρήθηκε άνιση γονική συνεισφορά και στα δύο φύλα.

Η εκτίμηση του συντελεστή κληρονομησιμότητας για το σωματικό βάρος και το μήκος κυμαινόταν από 0,32 έως 0,80 και 0,58 έως 0,72, αντίστοιχα, και έτεινε να αυξάνεται με την ηλικία. Οι εκτιμήσεις ήταν υψηλές για όλα τα γνωρίσματα που μελετήθηκαν, εκτός από το σωματικό βάρος σε 394 DPH του οποίου η εκτίμηση κυμάνθηκε μέσα σε ένα μεσαίο εύρος (0,20 – 0,40). Η γενετική συσχέτιση μεταξύ σωματικού βάρους και μήκους ήταν υψηλή (>0,90) τόσο στις 770 όσο και στις 978 DPH. Η γενετική συσχέτιση μεταξύ του σωματικού βάρους σε διαφορετικές ηλικίες ήταν χαμηλότερη (0,46-0,56). Τέλος, τα τυπικά σφάλματα ήταν αρκετά υψηλά τόσο για εκτιμήσεις κληρονομικότητας όσο και για γενετική συσχέτιση. Οι περισσότερες από τις εκτιμήσεις κληρονομησιμότητας και φαινοτυπικής συσχέτισης είναι στατιστικά σημαντικές, ενώ οι εκτιμήσεις γενετικής συσχέτισης δεν ήταν σημαντικές.

Γενικά, υψηλότερα ποσοστά ανάθεσης (>90%) έχουν ήδη αναφερθεί σε προηγούμενες μελέτες του κρανιού (Nousias et al. 2020; Vallecillos et al. 2021). Η μέση ισχύς ανάθεσης του σετ των 12 μικροδορυφορικών που χρησιμοποιήθηκε σε αυτή τη μελέτη μπορεί πιθανώς να αποδοθεί σε υψηλή συγγένεια εντός του στοκ των γεννητόρων, καθώς και σε υψηλούς δείκτες ενδογαμίας και χαμηλό αριθμό παρατηρούμενων αλληλόμορφων (<6/τόπο). Η μη ισορροπημένη κατανομή των οικογενειών και η συνακόλουθη άνιση συνεισφορά των γονέων έχει ήδη αναφερθεί στο παρελθόν στον κρανιό (Nousias et al. 2020; Vallecillos et al. 2021) και άλλα είδη ψαριών (Liu et al. 2013).

Η εκτιμώμενη κληρονομησιμότητα για το σωματικό βάρος και το μήκος ήταν σχετικά υψηλή και βρισκόταν εντός του εύρους που αναφέρθηκε από τους Nousias et al. (2020) αλλά υψηλότερα από αυτά των Vallecillos et al. (2021), προτείνοντας μια πιθανή εξαιρετικά κερδοφόρα επιλογή για αυτά τα χαρακτηριστικά. Η παρατηρούμενη αύξηση στις εκτιμήσεις της κληρονομησιμότητας με την αύξηση της ηλικίας έχει αναφερθεί παλαιότερα από τους Soula (2012) στο είδος. Οι εκτιμώμενες τιμές για γενετικούς και φαινοτυπικούς συσχετισμούς ήταν πολύ υψηλές μεταξύ του σωματικού βάρους και του μήκους σε όλες τις ηλικίες που μελετήθηκαν, υποδεικνύοντας τη δυνατότητα χρήσης μόνο ενός από αυτά τα χαρακτηριστικά σε προγράμματα γενετικής επιλογής, ενώ υποδηλώνει επίσης μια πιθανή πλειοτροπία ή/και σύνδεση μεταξύ των γονιδίων που τα επηρεάζουν αυτά τα χαρακτηριστικά. Οι αντίστοιχες εκτιμήσεις γενετικής συσχέτισης για το σωματικό βάρος μεταξύ διαφορετικών ηλικιών ήταν χαμηλότερες. Τέλος, το προοδευτικά μικρότερο μέγεθος δείγματος λόγω της υψηλής θνησιμότητας στο

σύνολο απογόνων που μελετήθηκαν θα μπορούσε να είναι ο λόγος για τα πολύ υψηλά τυπικά σφάλματα των προαναφερθέντων εκτιμήσεων.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η μελέτη έχει λάβει χρηματοδότηση από την Εθνικούς και Κοινοτικούς πόρους μέσω του έργου «MeagreGen» στο πλαίσιο της πρόσκλησης «Ειδικές Δράσεις – ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ» στο Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «Ανταγωνιστικότητα Επιχειρηματικότητα και Καινοτομία 2014-2020».

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Cardellino R, Rovira J (1987) Mejoramiento Genetico Animal. Hemisferio Sur., Buenos Aires.

Duncan NJ, Estévez A, Fernández-Palacios H, et al (2013) Aquaculture production of meagre (*Argyrosomus regius*): Hatchery techniques, ongrowing and market. p. 519-541. In: Advances in Aquaculture Hatchery Technology. Allan, G, Burnell, G (Eds). Woodhead Publishing Limited, Cambridge, UK.

Maigret J, Ly B (1986) Les poissons de mer de Mauritanie. Sciences Naturelles, Compiegne, France.

Misztal I, Tsuruta S, Lourenco DAL et al (2018) Manual for BLUPF90 family programs.

Liu XD, Zhao GT, Cai MY, Wang Z Y (2013) Estimated genetic parameters for growth-related traits in large yellow croaker *Larimichthys crocea* using microsatellites to assign parentage. Journal of Fish Biology 82: 34-41.

Nousias O, Tsakogiannis A, Duncan N et al (2020) Parentage assignment, estimates of heritability and genetic correlation for growth-related traits in meagre *Argyrosomus regius*. Aquaculture 518:734663.

Nousias O, Tzokas K, Papaharisis L et al (2021) Genetic Variability, Population Structure, and Relatedness Analysis of Meagre Stocks as an Informative Basis for New Breeding Schemes. Fishes 6(4): 78.

Quero JC, Vayne J (1987) Le maigre, *Argyrosomus regius* (Asso 1801) (Pisces, Perciformes, Sciaenidae) du Golfe de Gascogne et des eaux plus septentrionales. Rev des Trav des Pech Marit 49: 35–66.

R Core Team, 2020 A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria. URL https://www.R-project.org/

Soula M (2012) Estimación de parámetros genéticos en corvina, Argyrosomus regius, para caracteres de crecimiento, rendimiento y calidad de la carne y del pez. PhD Thesis. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria, Spain, 225 pp.

Vallecillos A, Maria-Dolores E, Villa J et al (2021) Phenotypic and Genetic Components for Growth, Morphology, and Flesh-Quality Traits of Meagre (*Argyrosomus regius*) Reared in Tank and Sea Cage. Animals 11: 3285.

# Ανάπτυξη μοριακών δοκιμών PCR για την ανίχνευση και ποσοτικοποίηση βασικών παθογόνων βακτηρίων των ιχθύων

**Ευαγγελία Αποστολίδη[1], Κωνσταντίνα Μπιτχαβά[2], Ελένη Τσαβέα[3], Φανή Πυράκη[4], Γρηγόριος Κρέη[5], Ευριδίκη Μπουκουβάλα[6]**

[1] Ινστιτούτο Κτηνιατρικών Ερευνών, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, eviapostolidi@hotmail.com
[2] Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, bitchava@vri.gr
[3] Ινστιτούτο Κτηνιατρικών Ερευνών, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, elenats89@hotmail.com
[4] Ινστιτούτο Κτηνιατρικών Ερευνών, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, piraki.Fanii@gmail.com
[5] Ινστιτούτο Αλιευτικών Ερευνών, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, krey@elgo.gr
[6] Ινστιτούτο Κτηνιατρικών Ερευνών, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ, boukouvala@vri.gr

## ABSTRACT

**Evangelia Apostolidi[1], Konstantina Bitchava[2], Eleni Tsavea[3], Fani Piraki[4], Grigorios Krey[5], Evridiki Boukouvala[6]: Development of PCR molecular assays for the detection and quantification of common bacterial pathogens of fish**

The outbreak of fish diseases is considered a major threat to the development of the growing industry of fish farming. Therefore, the investigation and early detection of common fish pathogens is considered crucial in order to develop effective preventing measures in any aquaculture setting. This study aimed to develop new rapid molecular methods using Real-Time PCR for the specific detection and quantification of *Vibrio harveyi, Vibrio anguillarum, Vibrio alginolyticus* and *Photobacterium damselae* (subsp *piscicida* & *damselae*) which are the most common bacterial fish pathogens. For the detectionof the bacteria, PCR protocols were performed using specific primers. The results showed very high specificity and sensitivity (2 copies) for the identification of *V. harveyi*, *V. anguilarum*, *V. alginolyticus* and *Ph. damselae*.

**Keywords:** PCR, Real-Time PCR, *Vibrio harveyi, Vibrio anguillarum, Vibrio alginolyticus, Photobacterium damselae*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα παθογόνα βακτήρια *Vibrio harveyi*, *Vibrio anguillarum*, *Vibrio alginolyticus* και *Photobacterium damselae* (subsp *piscicida* & *damselae*) απασχολούν κυρίως τις ιχθυοκαλλιέργειες, επιφέροντας σημαντικές οικονομικές απώλειες (Montánchez *et al*. 2020).

Τα προαναφερθέντα βακτήρια είναι αρνητικά κατά Gram, ανήκουν στην οικογένεια των *Vibrionaceae* και είναι υπεύθυνα για την εμφάνιση πληθώρας νοσημάτων. Το *V. anguillarum* προκαλεί τη νόσο δονακίωση (αιμολυτική σηψαιμία) στους ιχθύες και η θνησιμότητα στην υπεροξεία μορφή της νόσου είναι δυνατό να ανέλθει στο 80% (Frans *et al*. 2011). Η δονακίωση όμως οφείλεται και σε βακτήρια των ειδών του γένους Vibrio, όπως τα *V. alginolyticus, V. harveyi,* και *V. vulnificus* (Toranzo *et al.* 1997). Ειδικότερα, το *V. harveyi* προκαλεί στα ψάρια οφθαλμικές αλλοιώσεις – τύφλωση, γαστρεντερίτιδα, μυϊκές νεκρώσεις, δερματικά έλκη και σήψη του πτερυγίου της ουράς (Zhang *et al.* 2020), ενώ το *V. alginolyticus* θεωρείται ευκαιριακά παθογόνο στα ψάρια και μπορεί να προκαλέσει γαστρεντερίτιδα και περιτονίτιδα σε ανθρώπους μέσω της τροφικής οδού (Mustapha *et al.* 2013). Τέλος, τα *Ph. damselae* (subsp *piscicida* & *damselae*) προκαλούν παστεριδίαση ή ψευδοφυματίωση των ιχθύων και ανάλογα με τις συνθήκες του περιβάλλοντος, μπορούν να προκαλέσουν μικρές ή μεγαλύτερες θνησιμότητες (Andreoni *et al.* 2014).

Για την ανίχνευση και ταυτοποίηση των παραπάνω βακτηρίων στην κλινική πράξη χρησιμοποιούνται κυρίως κλασσικές μικροβιολογικές μέθοδοι, μέσω της καλλιέργειάς τους σε επιλεκτικά υποστρώματα και της ανάλυσης των βιοχημικών τους χαρακτηριστικών (Frans *et al.* 2012). Τα τελευταία χρόνια έχουν επίσης αναπτυχθεί μοριακές δοκιμές PCR για την ειδική ανίχνεύση τους (Conejero et al. 2003, Fukui et al. 2007, Pang et al. 2006, Hong et al. 2007, Zhou et al. 2007, Osorio et al. 2000, Jing-jing et al. 2011).

Στόχος της παρούσας μελέτης είναι η χρήση και βελτιστοποίηση των μοριακών μεθόδων (PCR και Real-Time PCR) για την ειδική ανίχνευση, καθώς και την ποσοτικοποίηση των *V. harveyi*, *V. anguillarum*, *V. alginolyticus* και *Ph. damselae* (subsp *piscicida* & *damselae*), σε στελέχη που έχουν απομονωθεί από τις ελληνικές ιχθυοκαλλιέργειες.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για να μπορέσει να πραγματοποιηθεί η ταυτοποίηση των παθογόνων βακτηρίων με μοριακές μεθόδους χρησιμοποιήθηκαν ως θετικοί μάρτυρες, στελέχη των βακτηρίων στόχων, που είχαν απομονωθεί, ταυτοποιηθεί και ποσοτικοποιηθεί στο παρελθόν. Τα βακτηριακά στελέχη προήλθαν από ψάρια ιχθοτροφείων και η ταυτοποίησή τους πραγματοποιήθηκε με κλασσικές μικροβιολογικές και βιοχημικές αναλύσεις, καθώς και με PCR του *16S rRNA* γονιδίου τους και αλληλούχισή τους. Η ποσοτικοποίση πραγματοποιήθηκε με τιτλοποίηση των καλλιεργειών τους. Επίσης, ως δείγματα χρησιμοποιήθηκαν στελέχη βακτηρίων που απομονώθηκαν από ψάρια ιχθυοτροφείων.

Ειδικότερα, χρησιμοποιήθηκαν υποστρώματα TSA (Trypton Soy Agar) με προσθήκη 2% NaCl και αιματούχο άγαρ (Columbia blood agar με 5% αίμα προβάτου) τα οποία ενοφθαλμίστηκαν με δείγματα από σπλήνα και νεφρό ιχθύων που εμφάνιζαν κλινικά συμπτώματα και συμβατή μακροσκοπική εικόνα (Austin and Austin, 2016). Μετά από επώαση των ενοφθαλμισμένων υποστρωμάτων στους 25ºC για 1 ημέρα, καθαρές αποικίες των βακτηριακών στελεχών ενοφθαλμίστηκαν εκ νέου σε υγρές καλλιέργειες TSB (Trypton Soy Broth) και από αυτές απομονώθηκε γενωμικό DNA με χρήση του PureLink Genomic DNA kit (Invitrogen, ThermoFisher Scientific). Η ταυτοποίησή τους με τη μέθοδο της PCR πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια εξειδικευμένων εκκινητών από τη βιβλιογραφία ή που βελτιστοποιήθηκαν (Πίνακας Ι) με τα πρωτόκολλα που περιγράφονται παρακάτω. Η εξειδίκευση των εκκινητών και των πρωτοκόλλων ελέγχθηκε σε όλες τις περιπτώσεις με την εφαρμογή τους και σε είδη άλλων βακτηριακών στελεχών (π.χ. *Pseudomonas* sp*., Staphylococcus* sp*., E.coli, Lactococcus garviae).*

Για την ταυτοποίηση του ***V. harveyi*** αναπτύχθηκε Real-Time PCR μέθοδος που στοχεύει σε μοναδική περιοχή του *toxR* γονιδίου του *V. harveyi*, ενισχύοντας προϊόν μήκους 382 ζευγών βάσεων, τροποποιώντας ελάχιστα τους εκκινητές των (Pang *et al*. 2006) (VHtoxRF:5'- **CT**G AAG CAG CAC TCA CCG AT-3' και VHtoxRR:5'- **GAC T**GG TGA AGA CTC ATC AGC A-3'). Η αντίδραση PCR πραγματοποιήθηκε σε τελικό όγκο 20μl περιλαμβάνοντας 1X SYBR Select Master Mix, 400nM κάθε εκκινητή, και περίπου 20ng DNA των βακτηρίων. Οι συνθήκες θερμοκυκλοποίησης ήταν: ενεργοποίηση της UDG (Uracil-DNA glycosylase) στους 50°C για 2', αρχική αποδιάταξη στους 95°C για 2', 40 κύκλοι αποτελούμενοι από αποδιάταξη στους 95°C για 15'', υβριδισμός/ επιμήκυνση στους 63°C για 1'.

Για την ταυτοποίηση του ***V. anguillarum*** εφαρμόστηκε Real-time PCR σύμφωνα με τους Kim et al. 2010. Η μέθοδος αυτή ενισχύει τμήμα 195 ζεύγη βάσεων του groESL γονιδίου του *V. anguillarum*. Η αντίδραση PCR πραγματοποιήθηκε σε τελικό όγκο 20μl περιλαμβάνοντας 1X SYBR Select Master Mix, 300nM κάθε εκκινητή, και περίπου 20ng DNA των βακτηρίων. Οι συνθήκες θερμοκυκλοποίησης ήταν: ενεργοποίηση της UDG στους 50°C για 2', αρχική αποδιάταξη στους 95°C για 2', 40 κύκλοι αποτελούμενοι από αποδιάταξη στους 95°C για 15'', υβριδισμός/ επιμήκυνση στους 64°C για 1'.

Για την ταυτοποίηση του ***V. alginolyticus*** αναπτύχθηκε Real-time PCR χρησιμοποιώντας τον ανοδικό εκκινητή των Jing-jing et al. 2011 και σχεδιάστηκε νέος καθοδικός εκκινητής (rpoXRnew:5'-CCGCCTCTATCTGCATCTGACG-3'). Η μέθοδος αυτή ενισχύει τμήμα 330bp του rpoX γονιδίου του *V. alginolyticus*. Η αντίδραση PCR πραγματοποιήθηκε σε τελικό όγκο 20μl περιλαμβάνοντας 1X SYBR Select Master Mix, 400nM κάθε εκκινητή, και περίπου 20ng DNA των βακτηρίων. Οι συνθήκες θερμοκυκλοποίησης ήταν: ενεργοποίηση της UDG στους 50°C για 2', αρχική αποδιάταξη στους 95°C για 2', 40 κύκλοι αποτελούμενοι από αποδιάταξη στους 95°C για 15'', υβριδισμός/ επιμήκυνση στους 65°C για 1'.

Για την ταυτοποίηση των στελεχών ***Ph. damselae*** αναπτύχθηκε Real-time PCR χρησιμοποιώντας τον καθοδικό εκκινητή των Osorio *et al.* 2000 και σχεδιάστηκε νέος ανοδικός εκκινητής (Phd16sF2:5'-GCGAAAGCGTGGGGAGCAAAC-3'). Η μέθοδος αυτή ενισχύει τμήμα 550bp του *16s rRNA* γονιδίου του *Ph. damselae*. Η αντίδραση PCR πραγματοποιήθηκε σε τελικό όγκο 20μl περιλαμβάνοντας 1X SYBR Select Master Mix, 300nM κάθε εκκινητή, και περίπου 20ng DNA των βακτηρίων. Οι συνθήκες θερμοκυκλοποίησης ήταν: ενεργοποίηση της UDG στους 50°C για 2', αρχική αποδιάταξη στους 95°C για 2', 40 κύκλοι αποτελούμενοι από αποδιάταξη στους 95°C για 15'', υβριδισμός/ επιμήκυνση στους 65°C για 1'.

Εν συνεχεία, για την περαιτέρω διάκριση των στελεχών ***Ph. damselae*** στα υποείδη ***piscicida*** και ***damselae***, χρησιμοποιήθηκε multiplex-PCR με 2 ζεύγη εκκινητών σύμφωνα με τους Osorio et al. 2000. Με την μέθοδο αυτή τα στελέχη *P. damselae* subsp*. damselae* αποδίδουν 2 προϊόντα ενίσχυσης, το ένα 267 bp και το άλλο 448 bp, που αντιστοιχούν σε εσωτερικά τμήματα των 16s rRNA και ureC γονιδίων, αντίστοιχα. Αντιθέτως, στα στελέχη *Ph. damselae* subsp*. piscicida* ενισχύεται μόνο το προϊόν των 267 bp (τμήμα του 16s rRNA γονίδιου), καθώς απουσιάζει από το γονιδίωμά τους το γονίδιο της ουρεάσης (*ureC*). Η αντίδραση PCR πραγματοποιήθηκε σε τελικό όγκο 10μl περιλαμβάνοντας 1X KAPA Multiplex

Fast PCR, 300nM κάθε εκκινητή και περίπου 20ng DNA των βακτηρίων. Οι συνθήκες θερμοκυκλοποίησης ήταν: αρχική αποδιάταξη στους 95°C για 3', 35 κύκλοι αποτελούμενοι από αποδιάταξη στους 95°C για15'', υβριδισμός εκκινητών στους 60°C για 30'', επιμήκυνση στους 72°C για 45'' και τελική επιμήκυνση στους 72°C για 5'. Η ανάλυση των προϊόντων διενεργήθηκε σε συσκευή οριζόντιας ηλεκτροφόρησης χρησιμοποιώντας πηκτή αγαρόζης 1,5% με προσθήκη βρωμιούχου αιθιδίου 0,04 μl/ml και η εμφάνιση των αποτελεσμάτων πραγματοποιήθηκε με τη βοήθεια συσκευής υπεριώδους ακτινοβολίας.

**Πίνακας Ι: Αλληλουχίες των εκκινητών που χρησιμοποιήθηκαν για την ταυτοποίηση και ποσοτικοποίηση των παθογόνων βακτηρίων.**
**Table 1: Primers' sequences for the detection and quantification of pathogenic bacteria.**

| Μέθοδος | Εκκινητές | Αλληλουχία 5' - 3' | Γονιδιακή περιοχή | Μήκος προϊόντος | Βιβλιογραφία |
|---|---|---|---|---|---|
| ***V.harveyi*** Real-time PCR | VhtoxF | **CT**GAAGCAGCACTCACCGAT | *toxR* | 382 | Pang *et al.* (2006) |
| | VhtoxR | **GACT**GGTGAAGACTCATCAGCA | | | |
| ***V.anguillarum*** Real-time PCR | VangF | TATCACTGTTGAAGAAGGTCAAGCACTG | *groESL* | 195 | Kim *et al.* (2010) |
| | VangR | CGCTTCAAGTGCAGGAAGCAG | | | |
| ***V. alginolyticus*** Real-time PCR | RpoXF | ACGCTGCTCAGGGGTGAAAGC | *rpoX* | 330 | Jing-jing *et al.* (2011) |
| | RpoXRnew | **CCGCCTCTATCTGCATCTGACG** | | | |
| ***Ph. damselae*** Real-time PCR | Phd16sF2 | **GCGAAAGCGTGGGGAGCAAAC** | *16s rRNA* | 550 | *Osorio et al.* (2000) |
| | Phdam16S R | CACCTCGCGGTCTTGCTG | | | |
| ***Ph. damselae*** subsp. ***piscicida*** & ***damselae*** multiplex-PCR | Phdam 16S F | GCTTGAAGAGATTCGAGT | *16s rRNA* | 267 | |
| | Phdam 16SR | CACCTCGCGGTCTTGCTG | | | |
| | Phdam urec F | TCCGGAATAGGTAAAGCGGG | *ureC* | 448 | |
| | Phdam urec R | CTTGAATATCCATCTCATCTGC | | | |

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ευαισθησία της ανεπτυγμένης Real-Time PCR για την ειδική ανίχνευση του *V. harveyi* εξετάστηκε χρησιμοποιώντας ένα ποσοτικοποιημένο στέλεχος *Vibrio harveyi* και βρέθηκε ότι μπορεί να φθάσει στα 4 αντίγραφα. Επιπλέον, η ανεπτυγμένη μέθοδος εμφανίζει 93,6% αποτελεσματικότητα (Εικ. 1α). Με την αντίδραση αυτή ταυτοποιήθηκαν 70 βακτηριακά στελέχη του είδους *V. harveyi*, τα οποία απομονώθηκαν από ψάρια ελληνικών ιχθυοτροφείων.

Η ευαισθησία της ανεπτυγμένης Real-Time PCR για την ειδική ανίχνευση του *V. anguillarum* εξετάστηκε χρησιμοποιώντας ένα ποσοτικοποιημένο στέλεχος *V. anguillarum* και βρέθηκε ότι μπορεί να φθάσει στα 2 αντίγραφα. Επιπλέον, η ανεπτυγμένη μέθοδος εμφανίζει 100% αποτελεσματικότητα (Εικ. 1β). Με την μέθοδο αυτή εξετάστηκαν εκχυλίσματα DNA από υγρές καλλιέργειες βακτηρίων και ανιχνεύτηκαν ως *Vibrio anguillarum*, 2 βακτηριακά στελέχη.

Η ευαισθησία της ανεπτυγμένης Real-Time PCR για την ειδική ανίχνευση του *V. alginolyticus* εξετάστηκε χρησιμοποιώντας ένα ποσοτικοποιημένο στέλεχος *V. alginolyticus* και βρέθηκε ότι μπορεί να φθάσει στα 2 αντίγραφα. Επιπλέον, η ανεπτυγμένη μέθοδος εμφανίζει 93,6% αποτελεσματικότητα (Εικ. 1γ). Με την μέθοδο αυτή εξετάστηκαν εκχυλίσματα DNA από υγρές καλλιέργειες βακτηρίων και ανιχνεύτηκαν ως *Vibrio alginolyticus*, 2 βακτηριακά στελέχη.

Η ευαισθησία της ανεπτυγμένης Real-Time PCR για την ειδική ανίχνευση του *Ph. damselae* εξετάστηκε χρησιμοποιώντας ένα ποσοτικοποιημένο στέλεχος *Ph. damselae* και βρέθηκε ότι μπορεί να φθάσει στα 2 αντίγραφα. Επιπλέον, η ανεπτυγμένη μέθοδος εμφανίζει 93,1% αποτελεσματικότητα (Εικ.1δ). Με την μέθοδο αυτή εξετάστηκαν εκχυλίσματα DNA από υγρές καλλιέργειες βακτηρίων και ανιχνεύτηκαν ως *Ph.damselae*, 42 βακτηριακά στελέχη. Στην συνέχεια, τα στελέχη αυτά εξετάστηκαν με την multiplex-PCR (Osorio et al. 2000) για την περαιτέρω διάκρισή τους στα υποείδη *piscicida* (N=31) και *damselae* (N=11) (Εικ. 1ε).

Τα προϊόντα της Ελληνικής υδατοκαλλιέργειας ως σύνολο, αποτελούν τα τελευταία χρόνια το δεύτερο σε αξία εξαγώγιμο αγροτικό προϊόν της χώρας μας, μετά από το ελαιόλαδο και τον πρώτο εξαγωγικό κλάδο ζωικής παραγωγής (στοιχεία ΥΠΑΑΤ). Μία από τις βασικότερες απειλές του ταχύτατα αυτού αναπτυσσόμενου κλάδου, είναι οι οικονομικές απώλειες λόγω τις παρουσίας νοσημάτων που

προκαλούν μεγάλες θνησιμότητες στον ιχθυοπληθυσμό (FEAP Annual Report 2016). Βιβλιογραφικά αναφέρεται ότι τα νοσήματα που προκαλούν τις απώλειες αυτές είναι κατά 54,9% βακτηριακής αιτιολογίας, ενώ κατά 22,6% οφείλονται σε ιούς, κατά 19,4% σε παράσιτα και κατά 3,1% σε μύκητες (Dadar *et al*, 2017). Ο έλεγχος ορισμένων ασθενειών των ιχθύων πραγματοποιείται με τη χορήγηση φαρμάκων, για το μεγαλύτερο όμως ποσοστό αυτών δεν υπάρχει θεραπεία οπότε η πρόληψη τους αποτελεί τον πιο ορθό τρόπο αντιμετώπισής τους. Ακόμα όμως και στις περιπτώσεις που μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάποιο αντιβιοτικό για την αντιμετώπιση ενός βακτηριακού προβλήματος, η χρήση του, τόσο για οικονομικούς λόγους όσο και για λόγους που σχετίζονται με την παρουσία των υπολειμμάτων των φαρμάκων στα προϊόντα ιχθύων και στο περιβάλλον, είναι προτιμότερο να αποφεύγεται. Συνεπώς, οι μοριακές μέθοδοι που αναπτύχθηκαν και βελτιστοποιήθηκαν στην παρούσα μελέτη μπορούν να στηρίξουν την ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια βοηθώντας στην έγκαιρη ταυτοποίηση των βασικότερων παθογόνων βακτηρίων είτε σε δείγματα ιχθύων, είτε σε περιβαλλοντικά δείγματα.

Επιπλέον, οι μοριακές αυτές μέθοδοι υπερέχουν των κλασσικών μικροβιολογικών μεθόδων, καθώς είναι πιο γρήγορες και αξιόπιστες στην αναγνώριση φαινοτυπικά όμοιων και φυλογενετικά συγγενικών ειδών βακτηρίων. Σε γενικές γραμμές, οι κλασικές μέθοδοι είναι χρήσιμες για την πιστοποίηση της φύσης του προβλήματος, αφού αυτό έχει προκύψει, αλλά δεν παρέχουν τη δυνατότητα για την άμεση αντιμετώπισή του. Αντίθετα, η έγκαιρη διάγνωση που βασίζεται σε μεθόδους που παράγουν αποτελέσματα σε σύντομο -ή ακόμη και πραγματικό- χρόνο, έχουν υψηλό βαθμό ευαισθησίας και ειδίκευσης και μπορούν να επιτρέψουν τη λήψη των απαραίτητων διαχειριστικών μέτρων για την προστασία της υγείας των ψαριών και συνεπώς και της ιχθυοκαλλιεργητικής παραγωγής.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος “PROGNOSIS – Συσχέτιση αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων για την ανάπτυξη μοντέλου πρόγνωσης των νοσημάτων σε μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας” (ΟΠΣ/MIS 5032517), που χρηματοδοτήθηκε από το Ε.Π.ΑΛ.Θ. (ΕΣΠΑ 2014-2020). Θα θέλαμε επιπλέον να ευχαριστήσουμε το προσωπικό των μονάδων ιχθυοκαλλιέργειας ΣΚΑΛΩΜΑ, ΜΠΑΣΤΙΑ και ΛΩΡΙΔΑ και ιδιαίτερα τον Κο Αχιλλέα Χατζόπουλο για την υποστήριξη που μας παρείχαν στις δειγματοληψίες.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andreoni F, Magnani M (2014) Photobacteriosis: prevention and diagnosis. Journal of immunology Research 2014: 793817

Austin B, Austin D A (2016) Bacterial fish pathogens. Springer International Publishing, Switzerland.

Conejero MJU, Hedreyda CT (2003) Isolation of partial toxR gene of Vibrio harveyi and design of toxR-targeted PCR primers for species detection. Journal of Applied Microbiology 95(3): 602-611

Dadar M, Dhama K, Vakharia VN, Hoseinifar SH, Karthik K, Tiwari R, Khandia R, Munjal A, Salgado-Miranda C, Joshi SK (2017) Advances in Aquaculture Vaccines Against Fish Pathogens: Global Status and Current Trends. Reviews in Fisheries Science & Aquaculture, 25:3, 184-217

Frans I, Michiels CW, Bossier P, Willems KA, Lievens B, Rediers H (2011) Vibrio anguillarum as a fish pathogen: virulence factors, diagnosis and prevention. Journal of fish diseases 34(9): 643–661

Fukui Y, Sawabe T (2007) Improved one-step colony PCR detection of Vibrio harveyi. Microbes and environments 22(1): 1-10

Hong GE, Kim DG, Bae JY, Ahn SH, Bai SC, Kong IS (2007) Species-specific PCR detection of the fish pathogen, Vibrio anguillarum, using the amiB gene, which encodes N-acetylmuramoyl-L-alanine amidase. FEMS Microbiology Letters 269(2): 201-206

Jing-Jing Z, Chang C, Peng L, Chun-Hua R, Xiao J, Zhe Z, Chao-Qun H (2011) SYBR Green I-based real-time PCR targeting the rpoX gene for sensitive and rapid detection of Vibrio alginolyticus. Molecular and Cellular Probes 25(2-3): 137-141.

Kim DG, Kim YR, Kim EY, Cho HM, Ahn SH, Kong, IS (2010) Isolation of the groESL cluster from Vibrio anguillarum and PCR detection targeting groEL gene. Fisheries Science 76(5): 803-810

Montánchez I, Kaberdin VR (2020) Vibrio harveyi: A brief survey of general characteristics and recent epidemiological traits associated with climate change. Marine environmental research 154: 104850

Mustapha S, Mustapha EM, Nozha C (2013) Vibrio alginolyticus: an emerging pathogen of food borne diseases. International Journal of Science and Technology 2(4): 302-309

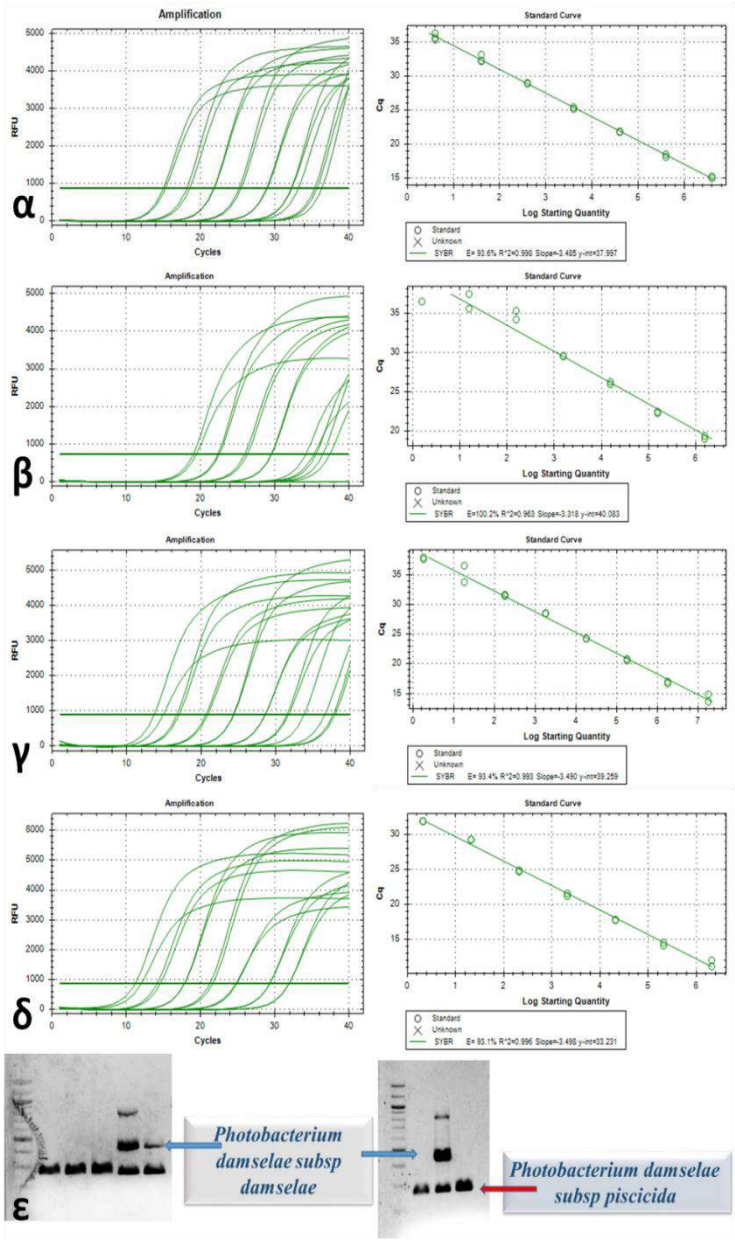
Osorio CR, Toranzo AE, Romalde JL, Barja JL (2000) Multiplex PCR assay for ureC and 16S rRNA genes clearly discriminates between both subspecies of Photobacterium damselae. Diseases of Aquatic Organisms 40(3):177-83

Pang L, Zhang XH, Zhong Y, Chen J, Li Y, Austin B (2006) Identification of Vibrio harveyi using PCR amplification of the toxR gene. Letters in applied microbiology 43(3): 249-255

Toranzo AE, Santos Y, Barja JL (1997) Immunization with bacterial antigens: Vibrio infections. Developments in biological standardization 90: 93-105

Zhang, XH, He X, Austin B (2020) Vibrio harveyi: a serious pathogen of fish and invertebrates in mariculture. Marine Life Science & Technology 2(3): 231–245

Zhou S, Hou Z, Li N, Qin Q (2007) Development of a SYBR Green I real-time PCR for quantitative detection of Vibrio alginolyticus in seawater and seafood. Journal of Applied Microbiology 103: 1897-1906




**Εικ. 1: Καμπύλες ενίσχυσης και πρότυπες καμπύλες ποσοτικοποιημένων στελεχών α. *V.harveyi* (συγκεντρώσεις 4X10$^{6}$-4), β. *V.anguillarum* (συγκεντρώσεις 2X10$^{5}$-2), γ. *V.alginolyticus* (συγκεντρώσεις 2X10$^{8}$-2), δ. *Ph.damselae* (συγκεντρώσεις 2X10$^{7}$-2) & δ. προϊόντα multiplex-PCR *Ph.damselae* subsp. *damselae* & *piscicida***

**Fig. 1: Amplification plots and corresponding standard curves of quantified bacterial strains a. *V.harveyi* (tenfold serial dilutions 4X10$^{6}$- 4), b. *V.anguillarum* (tenfold serial dilutions 2X10$^{5}$-2), c. *V.alginolyticus* (tenfold serial dilutions 2X10$^{8}$-2), d. Ph.damselae (tenfold serial dilutions 2X10$^{7}$-2) & e. electrophoresis of multiplex-PCR *Ph.damselae* subsp. *damselae* & *piscicida* products.**

# Κατανομή των λιπαρών οξέων στις κατηγορίες λιπιδίων στο μυϊκό ιστό του γαύρου (*Engraulis encrasicolus*, Lineus 1758)

**Ευαγγελία Αποστολίδη[1], Μυρσίνη Χαρικλέους[2], Αποστολία Τσιτσάκη[3], Σωτήριος Ζερβέας[4], Νικόλαος Σταμάτης[5], Γρηγόριος Κρέη[6]**

Ελληνικός Γεωργικός Οργανισμός-ΔΗΜΗΤΡΑ Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας

[1]eviapostolidi@hotmail.com, [2]mirsinich@gmail.com, [3]apostolia.tsits@yahoo.com, [4]sotzerveas@gmail.com, [5]nikstam@elgo.gr, [6]krey@elgo.gr

## ABSTRACT

**Evangelia Apostolidi, Mirsini Charikleous, Apostolia Tsitaki, Sotirios Zerveas, Nikolaos Stamatis, Grigorios Krey: Fatty acid profiles of the lipid classes from the filet of European anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Lineus 1758)**

The fatty acid profiles of the lipid classes in the polar and neutral fractions of the filet fat of day-fresh European anchovy (*Engraulis encrasicolus*, Lineus 1758) were determined by a combination of Thin Layer Chromatography and Gas Chromatography. The results show the polar fraction of the fat is rich in poly-unsaturated fatty acids with docosahexaenoic acid being the most abundant fatty acid. In contrast, saturated fatty acids dominate in the neutral fraction of the fat. The lipid classes within the polar and neutral fractions of the fat that were analyzed exhibited fatty acid profiles corresponding to those of the polar and neutral fractions. These results can contribute to assessing the effects of time and storage conditions on the integrity of the lipid classes in the muscle tissue of the unprocessed fish.

**Keywords:** European anchovy, lipid classes, fatty acids, thin layer chromatography, gas chromatography

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ο γαύρος (*Engraulis encrasicolus*, Lineus 1758) μαζί με τη σαρδέλα (*Sardina pilchardus*, Walbaum, 1792) είναι τα σημαντικότερα, από οικονομικής άποψης, μικρά πελαγικά που αλιεύονται στη Μεσόγειο. Στην Ελλάδα η αλιεία του γαύρου αντιπροσωπεύει περίπου το 25% της συνολικής παραγωγής της μέσης αλιείας της χώρας με το Θρακικό Πέλαγος να αποτελεί το κύριο αλιευτικό πεδίο του γαύρου στην Ελλάδα και ένα από τα σημαντικότερα της Μεσογείου. Ο γαύρος είναι ένα άπαχο ψάρι με το ποσοστό του λίπους στο βρώσιμο μέρος (φιλέτο) να κυμαίνεται από 2-5%. Παρά τη χαμηλή περιεκτικότητα σε λίπος, αυτό είναι πολύ πλούσιο σε εικοσαπενταενοϊκό (20:5n3, EPA) και εικοσιδυοεξαενοϊκό (22:6n3, DHA) και συνεπώς έχει υψηλή διατροφική αξία. Προηγούμενες μελέτες μας (Σταμάτης *et al.*, 2016) έχουν δείξει ότι αθροιστικά το EPA και το DHA αποτελούν το 40 έως και 50% του συνόλου των λιπαρών οξέων του λίπους της σάρκας του γαύρου στη θαλάσσια περιοχή της Καβάλας, σημαντικά υψηλότερο από αυτό που παρατηρείται σε άλλες περιοχές της Μεσογείου ή της Μαύρης Θάλασσας όπου δεν ξεπερνά το 30% (Zlatanos & Laskaridis, 2007, Sanfilippo *et al.*, 2011, Kocatepe & Turan, 2012). Το αυξημένο αυτό ποσοστό πιθανόν να αντανακλά σημαντικές διαφορές στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της τροφής του σε σχέση με άλλες περιοχές της Μεσογείου. Παρά το γεγονός ότι η σύσταση σε λιπαρά οξέα του λίπους της σάρκας του γαύρου έχει εκτεταμένα μελετηθεί, δεν υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με τη σύσταση σε λιπαρά οξέα των πολικών και ουδέτερων κλασμάτων του ολικού λίπους και συνεπώς ούτε για τη σύσταση των κατηγοριών των λιπιδίων που συνιστούν τα δύο αυτά κλάσματα. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκε το προφίλ των λιπαρών οξέων τόσο στα πολικά και ουδέτερα κλάσματα της σάρκας (φιλέτο) του γαύρου, όσο και στις κατηγορίες λιπιδίων που τα συνιστούν. Απώτερος στόχος αυτής της μελέτης είναι να διερευνηθεί κατά πόσο ο χρόνος και ο τρόπος διατήρησης του νωπού γαύρου μπορεί να αλλοιώσει τα χαρακτηριστικά του λίπους του και συγκεκριμένα το προφίλ των λιπαρών οξέων στις διάφορες κατηγορίες των λιπιδίων.

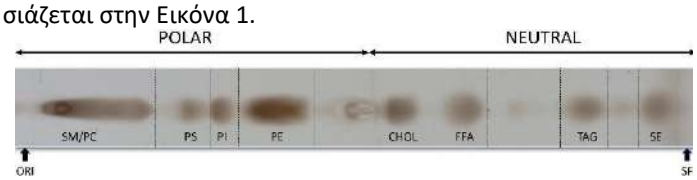
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το δείγμα ψαριών (3 kg), συλλέχθηκε απευθείας από την καλάδα αλιευτικού σκάφους (γρι-γρι) που επιχειρούσε μέσα στον Κόλπο της Καβάλας στις 8 Σεπτεμβρίου 2020. Το δείγμα διατηρήθηκε στο σκάφος σε μείγμα πάγου (2 kg) και αλατισμένου νερού (3,5% NaCl, 1L) και αμέσως μετά τον ελλιμενισμό μεταφέρθηκε στο εργαστήριο όπου από τρία ψάρια αφαιρέθηκε το αριστερό φιλέτο το οποίο ψύχθηκε αμέσως σε υγρό άζωτο και διατηρήθηκε στους -80ο C μέχρι την ανάλυση. Για την ανάλυση, ο ιστός ομογενοποίηθηκε και το λίπος εκχυλίστηκε και ποσοτικοποιήθηκε όπως έχει περιγράφει προηγούμενα

(Boukouvala *et al*., 2012). Η ποιοτική σύσταση του λίπους προσδιορίστηκε με αέρια χρωματογραφία των μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων (για λεπτομέρειες σχετικά με τη μεθυλίωση των λιπαρών οξέων και μέθοδο της αέριας χρωματογραφίας βλέπε Boukouvala *et al*., 2012). Για την χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC) δύο διαλυτών ακολουθήθηκε το πρωτόκολλο της Junaidi (2019). Χρησιμοποιήθηκαν πλάκες 20X20 cm Silica Gel on TLC Al foils (Sigma-Aldrich, Steinheim, Germany) στις οποίες, τόσο για το διαχωρισμό και απομόνωση των πολικών και ουδέτερων κλασμάτων, όσο και για το διαχωρισμό και απομόνωση των κατηγοριών των λιπιδίων, έγινε στην «αφετηρία» της πλάκας έγχυση 10 μg ολικού λίπους. Μετά το πέρας της χρωματογραφίας, από τις περιοχές της χρωματογραφικής πλάκας στις οποίες είχαν μετακινηθεί τα πολικά και ουδέτερα λίπη, όπως και οι κατηγορίες των λιπιδίων που τα συνιστούν, αφαιρέθηκε το στρώμα της λεπτής στοιβάδας και τοποθετήθηκε σε 20ml διαλύματος χλωροφορμίου: μεθανόλης (2:1). Μετά από 16 ώρες στους -20ο C, έγινε διήθηση το διαλύματος για να αφαιρεθεί η γέλη σίλικας. Ακολούθησε η εξάτμιση του διαλύτη και η μεθυλίωση των λιπαρών οξέων και η αέρια χρωματογραφία (βλ. παραπάνω).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Ο διαχωρισμός των κατηγοριών των λιπιδίων που επιτεύχθηκε με την χρωματογραφία λεπτής στοιβάδας (TLC) παρουσιάζεται στην Εικόνα 1.




**Εικόνα 1.** Διαχωρισμός των κατηγοριών των λιπιδίων του φιλέτου του γαύρου με TLC και σύστημα δύο διαλυτών. Οι συντομογραφίες των κατηγοριών επεξηγούνται στο κείμενο. ORI: αφετηρία, SF: το μέτωπο του δευτέρου διαλύτη. Οι κάθετες γραμμές προσδιορίζουν την επιφάνεια της χρωματογραφικής πλάκας από την οποία εκχειλίσθηκε η κάθε κατηγορία λιπιδίων. Οι κατηγορίες των λιπιδίων έγιναν ορατές μετά από χρώση με διάλυμα οξικού χαλκού (3%) σε φωσφορικό οξύ (8%).

**Figure 1.** Separation of the European anchovy's fillet lipid classes with the two solvent thin layer liquid chromatography system. SM/PC: sphingomyelin + phosphatidylcholine, PS: phosphatidylserine, PI: phosphatidylinositol, PE: phosphatidylethanolamine, CHOL: cholesterol, FFA: free fatty acids, TAG: triglycerides, SE: sterol esters. Ori is the origin and SF the solvent front of the second solvent. Vertical lines indicate the areas of the chromatography plate from where each of the lipid classes was extracted. Staining was performed with 3% cupric acetate in 8% phosphoric acid.

Όσον αφορά το πολικά λιπίδια, έγινε καλός διαχωρισμός των φωσφολιπιδίων των κατηγοριών της φωσφατιδυλαιθανολαμίνης (PE), της φωσφατιδυλινοσιτόλης (PI) και της φωσφατιδυλοσερίνης (PS), αλλά όχι μεταξύ της φωσφατιδυλοχολίνης (PC) και της της σφιγγομυελίνης (SM). Συνεπώς, αυτές αναλύθηκαν ως μία κατηγορία και θα αναφέρονται ως SM-PC. Τα ουδέτερα λιπίδια διαχωρίστηκαν στις κατηγορίες της χοληστερόλης, των ελεύθερων λιπαρών οξέων (FFA), των τριγλυκεριδίων (TGA), και των εστέρων των στερολών (SE). Καθώς στη χοληστερόλη δεν αναμένεται η παρουσία λιπαρών οξέων, αυτή η κατηγορία δε μελετήθηκε περεταίρω.

Το προφίλ των λιπαρών οξέων (ΛΟ) του ολικού λίπους όπως και αυτό των πολικών και ουδέτερων λιπιδίων παρουσιάζεται στον Πίνακα 1. Αναφέρονται μόνο τα κυριότερα ΛΟ που ανιχνεύτηκαν σε όλες τις κατηγορίες των λιπιδίων και τα οποία ποσοτικά αποτελούν >90% του συνόλου των ΛΟ στο ολικό λίπος. Συγκεκριμένα, αναφέρονται τα κορεσμένα μυριστικό (C14:0), δεκαπεντανοϊκό (C15:0), παλμιτικό (C16:0), δεκαεπτανοϊκό (C17:0) και στεατικό (C18:0), τα μονοακόρεστα παλμιτολεϊκό (C16:1), ελαϊκό (C18:1n9), cis-11 δεκαοκτενοϊκο (18:1n7) και cis-15 εικοσατετραενοϊκό (24:1n9) και τέλος τα πολυακόρεστα λινολεϊκό (18:2n6), αραχιδονικό (20:4n6), EPA και DHA. Το σύνολο των παραπάνω ΛΟ θεωρείται εδώ να αποτελεί το 100%. Στο συγκεκριμένο δείγμα, παρατηρείται ότι το ολικό λίπος (TOTAL FAT) περιέχει 48% DHA, ενώ το σύνολο των πολυακόρεστων ΛΟ (Total PUFA) είναι περίπου 56%, το σύνολο των κορεσμένων ΛΟ (Total SAT) 36,6% και το σύνολο των μονοακόρεστων (Total MUFA) περίπου 11%. Τα αποτελέσματα αυτά είναι σε συμφωνία με προηγούμενες αναλύσεις μας σε δείγματα που συλλέχθηκαν το Σεπτέμβριο του 2010 (Σταμάτης *et al.*, 2016). Η ίδια σχεδόν σύσταση παρατηρείται και στο σύνολο των πολικών λιπιδίων (TOTAL POLAR). Στο σύνολο των ουδέτερων λιπιδίων (TOTAL NEUTRAL)

το ποσοστό του DHA μειώνεται στο 20,4% και αυξάνεται σημαντικά το ποσοστό των Total SAT και των Total MUFA (Πίνακας 1).

**Πίνακας Ι**. Προφίλ λιπαρών οξέων στο ολικό λίπος του φιλέτου του γαύρου (TOTAL FAT) και στα κλάσματα που περιέχουν τα πολικά (TOTAL POLAR) και ουδέτερα λιπίδια (TOTAL NEUTRAL). Οι τιμές αντιπροσωπεύουν το μέσο όρο (%) ± την τυπική απόκλιση από τρία διαφορετικά φιλέτα γαύρου.
**Table I.** The fatty acid profile in the total fat as well as in the polar and neutral fractions of the fat from the fillet of European anchovy. ΛΟ/FA is fatty acid. Values represent the average (%) ± standard deviation from the fillets of three different fish.

| ΛΟ/FA | TOTAL FAT | TOTAL POLAR | TOTAL NEUTRAL |
|---|---|---|---|
| C14:0 | 1,58 ± 0,88 | 0,80 ± 0,43 | 6,89 ± 1,74 |
| C15:0 | 0,40 ± 0,27 | 0,56 ± 0,09 | 1,78 ±0,15 |
| C16:0 | 23,07 ± 3,20 | 22,07 ±1,88 | 30,52 ±1,35 |
| C16:1 | 1,05 ± 0,39 | 1,30 ± 0,67 | 6,59 ± 3,94 |
| C17:0 | 1,13 ± 0,19 | 1,15 ± 0,06 | 1,79 ± 0,66 |
| C18:0 | 7,44 ± 0,71 | 8,51 ± 0,72 | 13,28 ± 2,52 |
| C18:1n9 | 4,88 ± 0,86 | 4,27 ±0,64 | 7,50 ± 0,96 |
| C18:1n7 | 2,95 ± 0,10 | 3,80 ± 0,16 | 1,51 ± 0,28 |
| C18:2n6 | 1,36 ± 0,07 | 1,60 ± 0,20 | 1,26 ± 0,11 |
| C20:4n6 | 1,74 ± 0,17 | 1,67 ± 0,19 | 1,80 ± 0,25 |
| C20:5n3 | 4,82 ± 0,39 | 3,73 ± 0,55 | 4,73 ± 0,87 |
| C24:1n9 | 1,69 ± 0,14 | 1,86 ± 0,09 | 1,44 ± 0,28 |
| C22:6n3 | 47,91 ± 5,62 | 47,91 ± 4,55 | 20,39 ± 4,04 |
| **Total SAT** | **33,61 ± 4,63** | **33,09 ± 2,39** | **54,27 ± 1,24** |
| **Total MUFA** | **10,56 ± 1,07** | **11,23 ± 1,27** | **17,04 ± 3,38** |
| **Total PUFA** | **55,83 ± 5,44** | **54,29 ± 3,36** | **28,18 ± 5,03** |

Στα πολικά λιπίδια (Πίνακας 2) τα υψηλότερα ποσοστά των Total PUFA παρατηρούνται στις κατηγορίες SM-PC και PE, όπου επίσης καταγράφονται και τα υψηλότερα ποσοστά του DHA. Στην κατηγορία SM-PC παρατηρούνται επίσης και τα υψηλότερα ποσοστά του EPA (6,4 %), το οποίο βρίσκεται σε σχετικά χαμηλά ποσοστά στις υπόλοιπες κατηγορίες των φωσφολιπιδίων. Ενδιαφέρον παρουσιάζει η συγκέντρωση του στεατικού οξέος (C18:0) στις κατηγορίες PI και PS, όπου αποτελεί το κυριότερο κορεσμένο ΛΟ.

**Πίνακας 2**. Προφίλ λιπαρών οξέων στις κατηγορίες των πολικών λιπιδίων από το φιλέτο του γαύρου. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν το μέσο όρο (%) ± την τυπική απόκλιση από τρία διαφορετικά φιλέτα γαύρου.
**Table 2.** The fatty acid profile in the polar lipid classes from the fillet of European anchovy. ΛΟ/FA is fatty acid. Values represent the average (%) ± standard deviation from the fillets of three different fish. Lipid classes abbreviations as in Fig. 1.

| ΛΟ/FA | SM-PC | PI | PS | PE |
|---|---|---|---|---|
| C14:0 | 1,57 ± 0,45 | 0,56 ± 0,14 | 0,53 ± 0,22 | 0,27 ± 0,12 |
| C15:0 | 0,90 ± 0,21 | 0,51 ± 0,03 | 0,86± 0,14 | 0,21 ± 0,09 |
| C16:0 | 29,92 ± 1,84 | 11,94 ± 0,04 | 18,31 ± 0,88 | 18,89 ± 1,20 |
| C16:1 | 1,66 ± 0,17 | 3,25 ± 0,78 | 4,70 ± 2,79 | 0,81 ± 0,18 |
| C17:0 | 0,65 ± 0,07 | 2,26 ± 0,19 | 1,99 ± 0,44 | 1,53 ± 0,03 |
| C18:0 | 2,84 ± 0,40 | 34,01 ± 3,80 | 22,67 ± 4,25 | 9,42 ± 0,38 |
| C18:1n9 | 5,21 ± 0,78 | 4,55 ± 0,25 | 5,26 ± 0,92 | 3,68 ± 0,59 |
| C18:1n7 | 1,53 ± 0,10 | 4,21 ± 0,66 | 1,42 ± 0,23 | 4,89 ± 0,32 |
| C18:2n6 | 0,70 ± 0,08 | 1,10 ± 0,07 | 0,72 ± 0,14 | 2,31 ± 0,03 |
| C20:4n6 | 2,18 ± 0,12 | 2,16 ± 0,16 | 0,83 ± 0,32 | 1,05 ± 0,24 |
| C20:5n3 | 6,44 ± 0,44 | 0,95 ± 0,17 | 1,02 ± 0,10 | 2,06 ± 0,12 |
| C24:1n9 | 1,62 ± 0,22 | 0,48 ± 0,05 | 1,78 ± 0,07 | 2,10 ± 0,01 |
| C22:6n3 | 44,79 ±2,65 | 34,03 ± 3,92 | 36,84 ± 3,75 | 52,79 ±3,15 |
| **Total SAT** | **35,87 ± 2,36** | **49,28 ± 3,49** | **44,36 ± 4,21** | **30,32 ± 1,75** |
| **Total MUFA** | **10,02 ± 0,60** | **12,49 ± 0,52** | **13,16 ± 1,97** | **11,47 ± 1,04** |
| **Total PUFA** | **54,11 ±2,66** | **38,23 ± 3,62** | **40,32 ± 2,46** | **58,20 ± 2,77** |

Στις κατηγορίες των ουδέτερων λιπιδίων (Πίνακας 3) τα TotaL PUFA κυμαίνονται μεταξύ 22 και 24 %, με το DHA να σημειώνει το χαμηλότερο ποσοστό του (12.3, 15.5 και 17.3 % σε SE, TAG και FFA, αντίστοιχα). Κατά συνέπεια, το ποσοστό των Total SAT είναι ιδιαίτερα υψηλό και στις τρείς κατηγορίες

των ουδέτερων λιπιδίων και κυμαίνεται από 42 % στους SE έως 58.% στα FFA. Παρότι το C16:0 είναι το κύριο κορεσμένο ΛΟ σ' αυτές τις κατηγορίες, υψηλά ποσοστά καταγράφονται επίσης και για το C18:0. Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει το παλμιτολεϊκο οξύ (C16:1) το οποίο καταγράφει πολύ υψηλές τιμές όντας το κυριότερο μονοακόρεστο ΛΟ στα FFA και SE. Αξιοσημείωτο είναι και το σχετικά υψηλό ποσοστό του EPA στην κατηγορία TAG, με τιμή συγκρίσιμη αυτής που παρατηρήθηκε στο ολικό λίπος (Πίνακας 1).

**Πίνακας 3**. Προφίλ λιπαρών οξέων στις κατηγορίες των ουδέτερων λιπιδίων από το φιλέτο του γαύρου. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν το μέσο όρο (%) ± την τυπική απόκλιση από τρία διαφορετικά φιλέτα γαύρου.
**Table 3.** The fatty acid profile in the neutral lipid classes from the fillet of European anchovy. ΛΟ/FA is fatty acid. Values represent the average (%) ± standard deviation from the fillets of three different fish. Lipid classes abbreviations as in Fig. 1.

| ΛΟ/FA | FFA | TAG | SE |
|---|---|---|---|
| C14:0 | 2,20 ± 1,25 | 5,71 ± 3,34 | 3,83 ± 2,24 |
| C15:0 | 0,92 ±0,19 | 2,08 ± 0,29 | 2,58 ±1,36 |
| C16:0 | 32,44 ± 2,87 | 24,67 ± 3,48 | 21,03 ± 1,36 |
| C16:1 | 10,30 ± 8,2 | 6,91 ± 4,22 | 13,34 ± 4.72 |
| C17:0 | 1,62 ± 0,44 | 1,70 ± 0,57 | 1,16 ± 0,06 |
| C18:0 | 21,01 ± 1,56 | 18,06 ± 12,11 | 13,14 ± 0,38 |
| C18:1n9 | 6,35 ± 0,91 | 10,64 ± 1,52 | 8,51 ± 0,89 |
| C18:1n7 | 1,78 ± 0,84 | 1,79 ± 0,39 | 1,92 ± 0,75 |
| C18:2n6 | 1,34 ± 0,20 | 1,73 ± 0,26 | 1,64 ± 0,12 |
| C20:4n6 | 1,21 ± 1,20 | 2,31 ± 1,34 | 0,90 ± 0,11 |
| C20:5n3 | 2,46 ± 0,76 | 4,84 ± 0,57 | 2,94 ± 1,21 |
| C24:1n9 | 1,09 ± 1,28 | 1,00 ± 0,71 | 3,43 ± 4,76 |
| C22:6n3 | 17,27 ± 1,81 | 15,55 ± 3,76 | 12,29 ± 2,01 |
| **Total SAT** | **58,19 ± 3,21** | **51,45 ± 7,31** | **41,74 ± 3,72** |
| **Total MUFA** | **19,52 ± 5,21** | **20,63 ± 7,20** | **28,93 ± 4,55** |
| **Total PUFA** | **22,28 ± 2,11** | **23,91 ± 4,39** | **23,14 ± 1,45** |

Συμπερασματικά, μελετήθηκε η κατανομή των ΛΟ στις διάφορες κατηγορίες του λίπους στο φιλέτο του γαύρου το οποίο, καθώς αποτελεί το κυρίως βρώσιμο μέρος του ψαριού, παρουσιάζει και το μεγαλύτερο ενδιαφέρον από διατροφική άποψη. Η προσέγγιση αυτή αυτά θα επιτρέψει, εκτός των άλλων, και την εκτίμηση των πιθανών αλλοιώσεων των ποιοτικών χαρακτηριστικών του λίπους του νωπού ψαριού ως αποτέλεσμα του χρόνου και των συνθηκών διατήρησής του. Συνεπώς, αναμένεται να συμβάλλει και στην εξέλιξη νέων μεθόδων και διαδικασιών επέκτασης της εμπορικής διάρκειας ζωής του νωπού γαύρου, όπως και άλλων ειδών ψαριών.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου «Επέκταση εμπορικής διάρκειας ζωής του νωπού γαύρου σε πάγο με χρήση μικρο-νανο-φυσαλίδων όζοντος» (ΟΠΣ/MIS 5010351), που χρηματοδοτήθηκε από το Ε.Π.ΑΛ.Θ. (ΕΣΠΑ 2014-2020). Ευχαριστούμε επίσης το πλήρωμα του αλιευτικού σκάφους «Σ. ΜΑΝΙΟΣ» και ιδιαίτερα τον ιδιοκτήτη και καπετάνιο του κ. Ι. Μανιό.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Junaidi A (2019) Lipid Homeostasis in Farmed Fish: Role of Peroxisome-Proliferator Activated Receptor-Gamma (PPARg). Ph. D. Thesis, University of Stirling, URI http://hdl.handle.net/1893/30009.

Kocatepe D, Turan H (2012) Proximate and Fatty Acid Composition of Some Commercially Important Fish Species from the Sinop Region of the Black Sea. Lipids 47: 635–641

Sanfilippo M, Reale A, Ziino M, Romeo V, Lembo E, Manganaro A (2011) Chemical Composition and Nutritional Value of *Engraulis encrasicolus* (Linnaeus, 1758) Caught by Driftnet "Menaide" along Sicilian Coast: a Natural Food for Mediterranean Diet. World Journal of Fish and Marine Sciences 3: 44-50, 2011

Zlatanos S, Laskaridis K (2007) Seasonal variation in the fatty acid composition of three Mediterranean fish–sardine (*Sardina pilchardus*), anchovy (*Engraulis encrasicholus*) and picarel (*Spicara smaris*). Food Chemistry 103: 725-728.

Στμάτης Ν, Ελευθεριάδης Ε, Κρέη Γ (2016) Συγκριτική, ποιοτική, ανάλυση των λιπαρών οξέων στο μυϊκό ιστό και στο στομαχικό περιεχόμενο του γαύρου (*Engraulis encrasicolus*) από τον Κόλπο Καβάλας. Πρακτικά 16ου ΠΣΙΔ, Σελ. 461-464.

# Εποχικές αλλαγές των ενεργειακών αποθεμάτων του εκτρεφόμενου είδους *Pagrus pagrus*

**Βασιλική Μακρή[1], Κωνσταντίνος Φειδάντσης[1], Ιωάννης Α. Γιάντσης[2], Κοσμάς Ναθαναηλίδης[3], Βασίλειος Μιχαηλίδης[1]**

[1]Εργαστήριο Φυσιολογίας Ζώων, Τμήμα Ζωολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα- makrivasil@bio.auth.gr, kfeidant@bio.auth.gr , michaeli@bio.auth.gr

[2] Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 53100, Φλώρινα, Ελλάδα- igiantsis@uowm.gr

[3]Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Κωστάκιοι Άρτα, 47100, Άρτα, Ελλάδα- nathan@uoi.gr

## ABSTRACT

**Vasiliki Makri, Konstantinos Feidantsis, Ioannis A. Giantsis, Cosmas Nathanailides, Basile Michaelides: Seasonal Changes in energy reserves of cultured fish *Pagrus pagrus***

Energy plays a central role in tolerance to environmental conditions among which temperature is a main stressor, which affects physiological processes (Hochachka and Somero, 2002). Moreover, energy storage is a common feature in marine organisms, which is used to save sufficient amounts of energy that are assimilated to the environment in order to prevent fluctuations in food availability or energy demand (Encomio and Chu, 2000). The present research focuses on the study of the seasonal changes on the energy reserves of red porgy (*Pagrus pagrus*) in order to evaluate their correlation with high seasonal temperatures. The samplings were carried out in a fish farm located in Larymna. The results exhibited seasonal changes in Energy Available (Ea), Energy Consumption (Ec) and Cellular Energy Allocation (CEA) in white muscle, liver, heart and red muscle. This research is expected to shed light to the relationship between seasonality, energy reserves, energy consumption and cellular energy allocation. The latter contribute in the shaping of knowledge regarding thermal tolerance of farmed fish.

**Keywords:** *Energy available, Energy consumption, Cellular Energy Allocation, Aquaculture, Red Porgy*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι υδατοκαλλιέργειες βρίσκονται σε μια σταθερά ανοδική πορεία τις τελευταίες δεκαετίες σε παγκόσμιο επίπεδο, με ολοένα αυξανόμενη παραγωγή. Παράλληλα, η συνεχής αύξηση του ανθρώπινου πληθυσμού και η επακόλουθη αυξημένη ανάγκη για παραγωγή τροφής έχουν δημιουργήσει μια τεράστια πίεση στις υδατοκαλλιέργειες για μεγιστοποίηση της παραγωγής (FAO, 2013). Τα θαλάσσια οικοσυστήματα είναι από τα πιο σημαντικά από οικολογική και οικονομική άποψη στον πλανήτη. Ωστόσο, υπάρχει ισχυρή επιστημονική συναίνεση ότι τα οικοσυστήματα αυτά, μαζί με τα αγαθά και τις υπηρεσίες που παρέχουν, απειλούνται από την κλιματική αλλαγή (IPCC, 2001). Η θερμοκρασία επηρεάζει τις φυσιολογικές διεργασίες που ξεκινούν από την αποικοδόμηση των πρωτεϊνών έως στη ρευστότητα της μεμβράνης που επηρεάζει τη ομοιόσταση και τη λειτουργία των ιστών, οργάνων και εν τέλει ολόκληρου του οργανισμού (Hochachka & Somero, 2002).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η μελέτη πραγματοποιήθηκε σε μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας της εταιρείας Προμηθέας ΕΠΕ στην περιοχή της Λάρυμνας στον Ευβοϊκό Κόλπο. Οι δειγματοληψίες ήταν εποχικές και πραγματοποιήθηκαν με βάση τις ελάχιστες και μέγιστες θερμοκρασίες των προηγούμενων ετών της περιοχής. Μετά από κάθε δειγματοληψία (N = 10) το κάθε δείγμα ζυγιζόταν σε ζυγό ακριβείας (0.00 g) και γινόταν η καταγραφή του βάρους του W (g). Αμέσως, μετά την αφαίρεση των ιστών (λευκός και ερυθρός μυς, ήπαρ και καρδιά) από το κάθε δείγμα, οι ιστοί τοποθετήθηκαν σε φιάλη με υγρό άζωτο (-196 °C) και στην συνέχεια αποθηκεύτηκαν σε θερμοκρασία (-80 °C) για τις επακόλουθες βιοχημικές αναλύσεις.

Το CEA (Κατανομή Κυτταρικής Ενέργειας), είναι το αποτέλεσμα του λόγου Ea/Ec και αντιπροσωπεύει την κατανομή της 'καθαρής' ενέργειας ενός οργανισμού, ο οποίος είναι ζωτικής σημασίας για την κατανόηση της μεταβολικής ισορροπίας του οργανισμού (Verslycke et al., 2004). Για τον προσδιορισμό του CEA, υπολογίστηκε η διαθέσιμη ενέργεια (Ea, ως το άθροισμα υδατανθράκων, λιπιδίων και πρωτεϊνών) και η κατανάλωση της ενέργειας (Ec, μετρούμενη ως δραστηριότητα ETS (mj/mg/h)). Τα ενεργειακά αποθέματα (Λιπίδια, Πρωτεΐνες και Υδατάνθρακες) και το ETS (Σύστημα Μεταφοράς Ηλεκτρονίων) υπολογίστηκαν όπως περιγράφεται από τους Haider et al. (2018).

Η κατανομή Κυτταρικής Ενέργειας υπολογίστηκε σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο:

$$CEA = \frac{Ea}{Ec}$$

$E_\alpha$ = Λιπίδια + Πρωτεΐνες + Υδατάνθρακες

Τα συνολικά αποθέματα ενέργειας υπολογίστηκαν μετασχηματίζοντας τις ήδη υπολογισμένες πρωτεΐνες, λιπίδια και υδατάνθρακες σε ενεργειακό ισοδύναμο χρησιμοποιώντας την αντίστοιχη ενέργεια καύσης: 24 kJ $g^{-1}$ για τις πρωτεΐνες, 39,5 kJ $g^{-1}$ για τα λιπίδια και 17,5 kJ $g^{-1}$ για τους υδατάνθρακες (Gnaiger, 1983).

Οι μεταβολές στο ενεργειακό προφίλ αναλύθηκαν στατιστικά στο επίπεδο του 5% χρησιμοποιώντας την One Way Analysis of Variance (ANOVA) (GraphPad Instat 3.0) χρησιμοποιώντας το post hoc test Bonferroni. Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ± S.D.

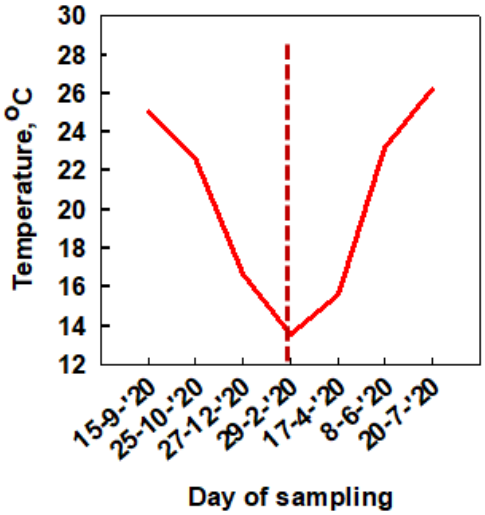
**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Τα αποτελέσματα παρουσιάζουν τις εποχικές μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την περίοδο των δειγματοληψιών (Εικ.1), της διαθέσιμης ενέργειας (Εικ.2), της κατανάλωσης ενέργειας (Εικ.3) και της κατανομής της κυτταρικής ενέργειας (Εικ.4). Η χαμηλότερη θερμοκρασία καταγράφηκε τον Φεβρουάριο (12,86 ºC) και η υψηλότερη τον Ιούλιο (26,5 ºC). Η καταγραφή της θερμοκρασίας χωρίστηκε σε 2 περιόδους, συγκεκριμένα στην περίοδο που μειώνεται η θερμοκρασία (Σεπτέμβριος- Φεβρουάριος) και στην περίοδο που αυξάνεται (Απρίλιος-Ιούλιος). Το θερμοκρασιακό όριο της εκτρεφόμενης τσιπούρας είναι οι 5 ºC ενώ τα ψάρια μειώνουν τον ρυθμό σίτισης στους 15 ºC (Ibarz et al., 2007b).

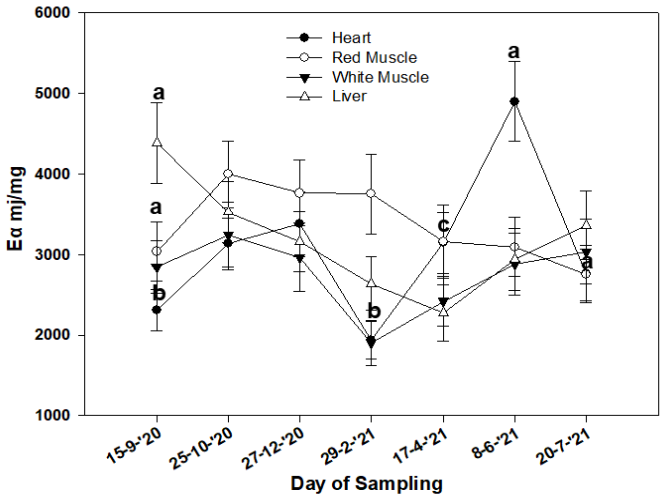
Τα επίπεδα κατανάλωσης ενέργειας (Ec) εμφάνισαν μια παροδική αύξηση στην καρδιά μέχρι τον Δεκέμβριο. Η αύξηση αυτή συσχετίζεται με την αύξηση της διαθέσιμης ενέργειας (Ea) και ίσως υποδηλώνει αυξημένη ενεργειακή επιβάρυνση στην καρδιά. Ωστόσο, η πτώση του CEA έως τα μέσα Δεκεμβρίου έδειξε αναντιστοιχία μεταξύ του Ea και του Ec προκαλώντας πιθανώς διατροφικό στρες λόγω της μείωσης του ρυθμού σίτισης (Μείωση της θερμοκρασίας). Μετά τα μέσα Δεκεμβρίου, το Ec μειώθηκε στα αρχικά επίπεδα του Σεπτεμβρίου στην καρδιά, ενώ σταδιακή αύξηση του Ec παρατηρήθηκε στον κόκκινο μυ.

Η αύξηση της θερμοκρασίας προκάλεσε σταδιακή αύξηση της διαθέσιμης ενέργειας (Ea) στην καρδιά μεταξύ Φεβρουαρίου και Ιουνίου. Ωστόσο, ο ρυθμός κατανάλωσης ενέργειας (Ec) παρουσίασε απότομη αύξηση μεταξύ Φεβρουαρίου και αρχές Απριλίου, ακολουθούμενη από σταδιακή μείωση φθάνοντας σε χαμηλότερες τιμές στα μέσα Ιουλίου. Η απότομη αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας κατά τους πρώτους μήνες στον εγκλιματισμό στην αύξηση της θερμοκρασίας φαίνεται να καλύπτει την υψηλή ενεργειακή ζήτηση για την δραστηριότητα της καρδίας και την παροχή οξυγόνου και θρεπτικών συστατικών στους ιστούς. Σε αντίθεση με την έκθεση στο κρύο, η Ec μειώθηκε στα επίπεδα που καθορίστηκαν τον Σεπτέμβριο στον κόκκινο μυ, ενώ η αυξημένη Ec μεταξύ Φεβρουαρίου και Ιουνίου στον λευκό μυ υποστηρίζει την υψηλή ενεργειακή ζήτηση της μηχανικής δραστηριότητας και της κινητικότητας των ψαριών. Κατά τη διάρκεια του εγκλιματισμού στους θερμότερους καλοκαιρινούς μήνες, το CEA παρουσίασε αύξηση στην καρδιά. Η πτώση και η αύξηση του CEA στον Κόκκινο και στον Λευκό μυ αποτελούν

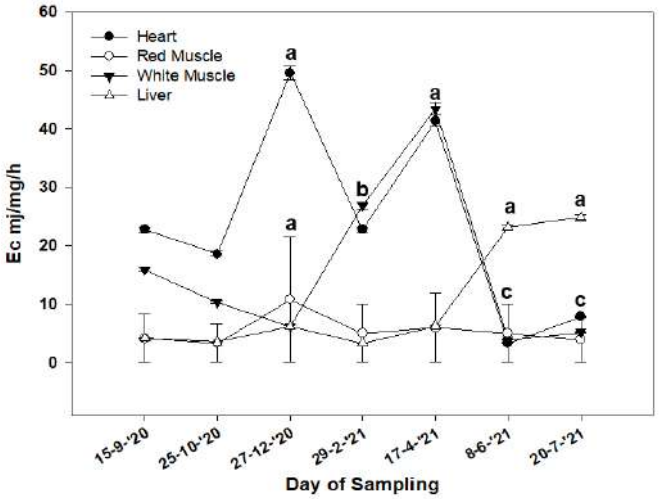
στοιχεία ότι οι διαφορετικοί ιστοί έχουν διαφορετικές ενεργειακές ανάγκες. Είναι επομένως λογικό να συσχετιστεί η υψηλή ενεργειακή ζήτηση για την κινητικότητα των ψαριών και τη λειτουργία του Λευκού μυός κατά την περίοδο αύξησης της θερμοκρασίας με την απότομη αύξηση του Ec στον λευκό μυ, προκαλώντας μείωση του CEA στο ήπαρ.



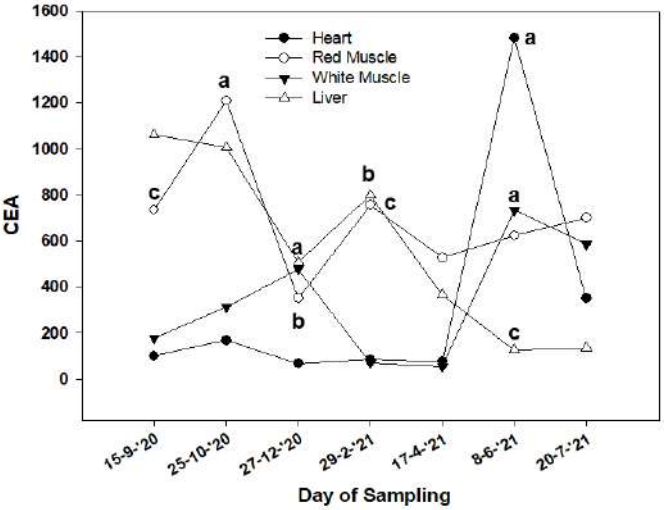

**Εικ.1: Εποχικές μεταβολές της θερμοκρασίας κατά την περίοδο των δειγματοληψιών.**
**Fig.1: Seasonal Changes on temperature during samplings.**




**Εικ.2: Εποχικές μεταβολές της διαθέσιμης ενέργειας (Ea mj/mg) σε 4 ιστούς στο είδος *Pagrus pagrus*. Τα πεζά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληψιών.**
**Fig.2: Seasonal Changes on energy available (Ea mj/mg) in 4 tissues of *Pagrus pagrus*. Lower case letters represent statistically significant differences between samplings.**




**Εικ.3: Εποχικές μεταβολές της κατανάλωσης ενέργειας (Ec mj/mg/h) σε 4 ιστούς στο είδος *Pagrus pagrus*. Τα πεζά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληψιών.**
**Fig.3: Seasonal Changes on energy consumption (Ec mj/mg/h) in 4 tissues of *Pagrus pagrus. Lower case letters represent statistically significant differences between samplings.***




**Εικ.4: Εποχικές μεταβολές της κατανομής κυτταρικής ενέργειας σε 4 ιστούς στο είδος *Pagrus pagrus*. Τα πεζά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των δειγματοληψιών.**
**Fig.4: Seasonal Changes on CEA in 4 tissues of *Pagrus pagrus. Lower case letters represent statistically significant differences between samplings.***

Αρκετές έρευνες συμπέραναν ότι ο εποχικός εγκλιματισμός των ψαριών σχετίζεται στενά με την ανταλλαγή ενέργειας μεταξύ των ιστών (Guterley, 1990). Ο εγκλιματισμός στο κρύο χαρακτηρίζεται από έντονη απόκριση των ιστών. Αυτό ήταν πιο εμφανές στην καρδιά, όπου παρατηρήθηκε σημαντική αύξηση του Ec και του Ea μέχρι τα μέσα Δεκεμβρίου. Ο φυσιολογικός ρόλος μιας τέτοιας φαινοτυπικής αλλαγής δεν είναι ξεκάθαρος και μπορεί να αντιπροσωπεύει μια προπαρασκευαστική αλλαγή προκειμένου η καρδιά να αντέξει μεγαλύτερες περιόδους κρύου κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Η σύνθεση πρωτεϊνών που βοηθούν τα ψάρια να ανταποκριθούν στις φυσιολογικές απαιτήσεις και να μετριάσουν την κυτταρική βλάβη μετά από ψυχρό σοκ είναι μια προσαρμοστική απόκριση, ελλείψει της οποίας ένα ψάρι θα ήταν πιθανότατα λιγότερο ικανό να αντιμετωπίσει αυξημένη διάρκεια έκθεσης σε χαμηλή θερμοκρασία (Reid et al., 2021) Η εκτίμηση του CEA προσφέρει τη δυνατότητα εκτίμησης των ξεχωριστών μεταβολικών μονοπατιών απόκρισης σε στρεσσογόνες συνθήκες, για παράδειγμα

η μετατροπή της ενέργειας με σκοπό την ανάπτυξη (μεταβολισμός πρωτεϊνών) μπορεί να διαχωριστεί από τη μείωση των αποθεμάτων (λιπίδια και υδατάνθρακες) με στόχο την κάλυψη των μεταβολικών απαιτήσεων (De Coen, 1999). Επίσης, η αύξηση της μεταβολικής δραστηριότητας αντανακλά την αυξημένη ενεργειακή ζήτηση για την αντιμετώπιση της καταπόνησης (Gomes et al., 2015). Η μείωση του CEA ενός οργανισμού μπορεί να οφείλεται σε μείωση των διαθέσιμων ενεργειακών αποθεμάτων ή και αύξηση της κατανάλωσης ενέργειας (De Coen & Janssen, 1997). Οι Wang et al. (2012) συμπέραναν ότι μείωση στις τιμές του CEA που οφείλεται είτε σε μείωση των ενεργειακών αποθεμάτων η σε υψηλές τιμές κατανάλωσης ενέργειας θα έχει ως αποτέλεσμα λιγότερη διαθέσιμη ενέργεια για ανάπτυξη και άλλες διεργασίες όπως η απόκριση του ανοσοποιητικού σε παθογόνους μικροοργανισμούς η άλλες στρεσσογόνες καταστάσεις.

**ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ**

Το ερευνητικό έργο χρηματοδοτήθηκε από το Ελληνικό Ίδρυμα Έρευνας και Καινοτομίας (ΕΛ.ΙΔ.Ε.Κ.) στο πλαίσιο του οποίου εκπονείται η διδακτορική διατριβή (Αριθμός Υποτροφίας: 750).

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

De Coen WM, Janssen CR (1997) The use of biomarkers in *Daphnia magna* toxicity testing. IV. Cellular Energy Allocation: A new methodology to assess the energy budget of toxicant-stressed Daphnia populations Journal of Aquatic Ecosystem Stress and Recovery, Δ6:43–55.

FAO (2013) The food of state and agriculture. Food systems for better nutrition.

Gnaiger E, (1983) Calculation of Energetic and Biochemical Equivalents of Respiratory Oxygen Consumption. In Polarographic Oxygen Sensors: Aquatic and Physiological Applications, eds. E. Gnaiger and H. Forstner), p. 337-345. Berlin, Heidelberg: Springer Berlin Heidelberg.

Gomes SIL, Scott- Fordesmand JJ, Amorim MJB, (2015) Cellular Energy Allocation to Assess the Impact of Nanomaterials on Soil Invertebrates (Enchytraeids): The Effect of Cu and Ag. Int. International Journal of Environmental Research and Public Health, 12: 6858-6878.

Haider F, Sokolov P, Solokova IM, (2017) Effects of mechanical disturbance and salinity stress on bioenergetics and burrowing behavior of the softshell clam Mya arenaria. Journal of Experimental Biology, 14;221(4):jeb172643.

Hochachka GE, Somero GN, (2002) Biochemical adaptation: mechanism and process in physiological evolution, 1-466.

Ibarz A, (2007b) Metabolic rate and tissue reserves in gilthead sea bream (*Sparus aurata*) under thermal fluctuations and fasting, and their capacity for recovery. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences, 64:1034–1042.

IPCC, (2001) TAR Climate Change 2001, Impacts, Adaptation, and Vulnerability.

Reid SG, Bernier NJ, Perry SF, (1998) The adrenergic stress response in fish: control of catecholamine storage and release. Comparative Biochemistry and Physiology Part C, 120(1):1-27.

Verslycke T, Roast SD, Widdows J, Janssen C, (2004) Cellular energy allocation and scope for growth in the estuarine mysid Neomysis integer (Crustacea: Mysidacea) following chlorpyrifos exposure: A method comparison. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology , 306(1):1-16.

Wang X, Wang L, Zhang H, Ji Q, Song L, Qiu L, Zhou Z, Wang M, Wang L, (2012) Immune response and energy metabolism of Chlamys farreri under Vibrio anguillarum challenge and high temperature exposure. Journal of Fish and Shellfish Immunology, 33:1016-1026.

# Εστιασμένες ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις μετά από εμβολιασμό εκτρεφόμενου λαβρακιού *Dicentrarchus labrax* (L. 1758) με δύο εμπορικά εμβόλια

**Ευθύμιος Σπίνος[1], Κωνσταντίνος Πούλος[2], Ειρήνη Μαρδόγλου[2], Βασίλειος Μπακόπουλος[3]**

[1] Τμήμα Αλιείας, Δ/νση Αγροτικής Οικονομίας, Περιφέρεια Δυτικής Ελλάδας, 26443 Πάτρα, e.spinos@pde.gov.gr
[2] Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, 30200 Μεσολόγγι, kpoulos@upatras.gr
[3] Τμήμα Ωκεανογραφίας και Θαλασσίων Βιοεπιστημών, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, 81100 Μυτιλήνη, v.bakopoulos@aegean.gr

## ABSTRACT

**Efthimios Spinos, Konstantinos Poulos, Eirini Mardoglou, Basileios Bakopoulos: Histological reactions after vaccination of farmed sea bass *Dicentrarchus labrax* (L. 1758) with two commercial vaccines.** Two commercially vaccines, were tested in terms of possible histological reactions post vaccination. These formulations provide protection in aquacultured fish against major bacterial diseases caused by *Vibrio anguillarum* (La) and *Photobacterium damselae* subsp. *piscicida* (Phdp). The first contained an oily based adjuvant (AJ) was found to cause local reactions in the abdominal cavity, whereas the second one was an aqueous (AV) and caused only a mild local erythema. Histological examination of the abdominal cavity from fish samples inoculated with Alphaject 2000 (AJ), showed that the initial local aseptic inflammation was in the form of rounded granules and persisted for some time after inoculation. Furthermore, at about 164 days post vaccination, it was completely resolved. The same reactions were observed in fish vaccinated with the Aquavac (AV) formulation. Based on the correlation of fish immunity with the histological response after the vaccinations, it was found that when antibody levels, produced during vaccination, decline, the histological reaction (lesions) in fish samples also gradually declines respectively.
**Keywords:** Ελαιώδες και υδατοδιαλυτό εμβόλιο, ιχθυοκαλλιέργεια, φλεγμονώδης αντίδραση.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι εμβολιασμοί αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι των μονάδων υδατοκαλλιεργειών, καθώς η προσβολή των ψαριών από μια ασθένεια, συνήθως οδηγεί στην απώλεια τουλάχιστον ενός ολόκληρου κλωβού. Φαίνεται, πως τα ελαιώδη εμβόλια είναι πιο αποτελεσματικά έναντι των υδατικών, προκαλούν όμως εντονότερες ανοσολογικές αντιδράσεις. Κατά τον εμβολιασμό των ψαριών με ένα εμβόλιο τέτοιου είδους, προκαλείται έλξη διαφόρων τύπων λευκοκυττάρων μέσα στην κοιλιακή κοιλότητα, στην περιοχή, όπου έχει πραγματοποιηθεί η έγχυση του εμβολίου. Ταυτόχρονα, παρατηρείται αργή απελευθέρωση των αντιγόνων, γεγονός που παρατείνει την εμφάνιση των παρενεργειών του εμβολίου, καθώς φαίνεται πως αμέσως μετά τον εμβολιασμό, σε διάστημα 24-48 ωρών, ενεργοποιούνται τα ουδετερόφιλα και μακροφάγα, χωρίς όμως να σημειώνεται μεταβολή σε άλλα λευκοκύτταρα. Η διαδικασία αυτή ακολουθείται από σταθερή αύξηση στα λεμφοκύτταρα, ηωσινόφιλα και μικρά λευκοκύτταρα, όπως και υψηλή συγκέντρωση των ουδετερόφιλων και μακροφάγων, η οποία μπορεί να διαρκέσει από 1 έως και 2 μήνες. Στην παρούσα εργασία, μελετώνται οι παρενέργειες ενός τέτοιου εμβολίου σε σχέση με το χρόνο από τον εμβολιασμό και την εποχή που αυτός πραγματοποιήθηκε (Spinos 2019).

Μελετήθηκαν δύο εμπορικά εμβόλια που προστατεύουν σημαντικά τα ψάρια από λοιμώξεις από La και Phdp. Οι λοιμώξεις που προκαλούνται από πολλά είδη του γένους *Vibrio*, καθώς και τα σχετικά βακτηριακά γένη *Vibrio* και *Photobacterium*, μπορούν να επηρεάσουν πολλά εκτρεφόμενα και άγρια ψάρια σε θαλάσσια και γλυκά/υφάλμυρα νερά (Noga, 2011). Τα είδη *Vibrio* προκαλούν τη ασθένεια δονακίωση που προσβάλλει το εκτρεφόμενο λαβράκι και τη τσιπούρα. Το είδος La (αρχικά από το πρώην *Listonella anguillarum*), είναι το πιο κοινό παθογόνο στα ψάρια και προκαλεί θανατηφόρες ασθένειες σε περισσότερα από 50 είδη ψαριών (Austin 2010, Toranzo et al. 2005, Trust 1986). Η φωτοβακτηρίωση αποδίδεται στο βακτήριο Phdp (Romalde, 2002). Η ασθένεια εμφανίζεται και προσβάλλει τα εκτρεφόμενα ψάρια (κυρίως λαβράκι και τσιπούρα) από την άνοιξη έως το φθινόπωρο σε θερμοκρασίες θάλασσας 18-20 °C (Magarinos et al. 1992), αλλά έχουν αναφερθεί εξάρσεις φωτοβακτηρίωσης και σε αρκετά υψηλότερες θερμοκρασίες. Η αποτελεσματικότητα των ανοσοενισχυμένων εμβολίων οφείλεται στη διέγερση μη ειδικών ανοσολογικών παραγόντων, στην ισχυρή έλξη διαφόρων τύπων λευκοκυττάρων στην περιοχή όπου το εμβόλιο έχει εγχυθεί στην κοιλιακή κοιλότητα και στην αργή απελευθέρωση αντιγόνων για μεγαλύτερες περιόδους (Afonso et al. 2005, Mutoloki et al. 2008). Ειδικότερα, μετά την έγχυση ενός ελαιώδους ανοσοενισχυτικού εμβολίου, υπάρχει μια οξεία απόκριση λευκοκυττάρων που χαρακτηρίζεται από πρώιμη (24-48 ώρες) κινητοποίηση ουδετερόφιλων και μακροφάγων, αλλά όχι

σημαντικές αλλαγές σε άλλα λευκοκύτταρα. Αργότερα, παρατηρήθηκε σταθερή αύξηση των λεμφοκυττάρων, των μικρών λευκοκυττάρων και των ηωσινόφιλων και υψηλή συγκέντρωση σε ουδετερόφιλα και μακροφάγα, η οποία διατηρήθηκε για 1-2 μήνες (Afonso et al. 2005).

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στη συγκεκριμένη εργασία μελετήθηκαν τα διδύναμα εμβόλια AJ και AV και οι ιστολογικές αντιδράσεις που προκαλούν. Το AJ περιέχει αντιγόνα από δύο διαφορετικούς παθογόνους μικροοργανισμούς το La (ορότυπος O1) και το Phdp που χρησιμοποιούνται για την ενεργητική προστασία των ψαριών από τη δονακίωση και τη φωτοβακτηριδίαση. Πρόκειται για ένα προϊόν ενδοπεριτοναϊκού εμβολιασμού που περιέχει αδρανοποιημένα βακτήρια με φορμόλη του είδους *V. anguillarum* (ορότυπος O1) και *Photobacterium damselae* subsp. *piscicida* σε ποσότητα $2x10^9$ κύτταρα/ml συνολικά μαζί με ανοσοενισχυτικό ορυκτό έλαιο. Η συνιστάμενη δόση ενέσιμου διαλύματος ανά άτομο είναι 100μl. Πρόκειται για ελαιώδες εμβόλιο (νερό σε έλαιο), στο οποίο οφείλεται το κρεμώδες χρώμα του. Το εμβόλιο αυτό διεγείρει την ενεργητική ανοσία ενάντια στο La και στο Phdp και απευθύνεται σε λαβράκια μεγέθους 15 g και άνω και προλαμβάνει τη θνησιμότητα των ψαριών από τα δύο αυτά βακτήρια, καθώς και αποτρέπει την εμφάνιση κλινικών συμπτωμάτων.

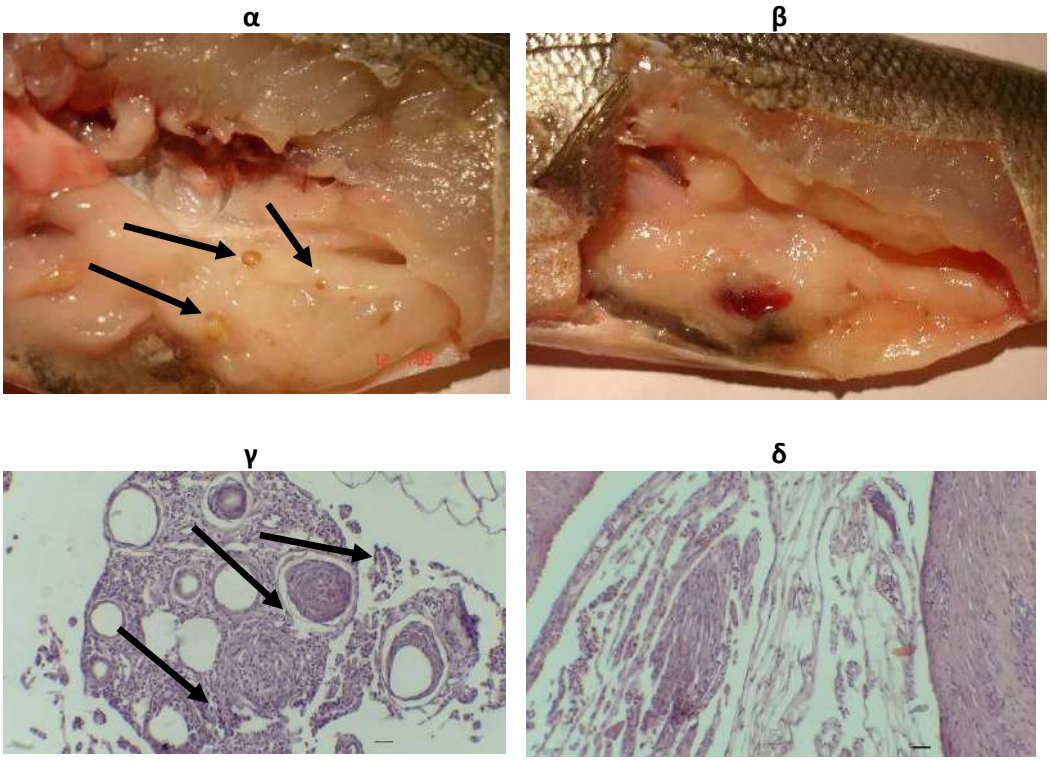
Κατόπιν του εμβολιασμού πραγματοποιήθηκε η καταγραφή των εξωτερικών παρενεργειών, αλλά και βιοχημική ανάλυση η οποία διήρκεσε από 1/8/2013 (ημέρα εμβολιασμού) έως και 7/7/2014. Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε στον εντοπισμό συμφύσεων, και φλεγμονωδών αντιδράσεων και εστιασμένων ιστοπαθολογικών αλλοιώσεων και γι' αυτό το λόγο πραγματοποιήθηκε μακροσκοπικός και μικροσκοπικός έλεγχος για την αναζήτηση του είδους των αλλοιώσεων σε σχέση με το χρόνο, των ψαριών που εμβολιάσθηκαν. Από δείγματα ψαριών (πίνακας 1) που επιλέγονταν τυχαία γινόταν ανατομία στην κοιλιακή κοιλότητα (διάνοιξη) και ιστολογικά δείγματα των εσωτερικών οργάνων απομονώθηκαν και τοποθετήθηκαν σε διάλυμα φορμόλης 10% για μονιμοποίηση – συντήρηση. Τα δείγματα παρέμειναν για λίγο σε εξωτερικό χώρο για να στεγνώσουν, στη συνέχεια αφυδατώθηκαν περνώντας από διαλύματα αλκοόλης (70%, 95%, 100%) και τελικά τοποθετήθηκαν σε παραφίνη. Έπειτα κι αφού η παραφίνη σταθεροποιήθηκε, στα δείγματα έγιναν τομές πάχους 0,5μm με μικροτόμο και χρώσθηκαν με αιματοξυλίνη και εωσίνη και στη συνέχεια φωτογραφήθηκαν. Έτσι προέκυψαν οι εικόνες από τα μικροσκοπικά παρασκευάσματα (Spinos 2019). Για την διερεύνηση των επιπέδων των ειδικών αντισώματων αντι-*V. anguillarum* O1 και κατά του Phdp, συλλέχθηκαν οροί αίματος και καταψύχθηκαν στους -85°C μέχρι την ανάλυσή τους. Οι οροί από κάθε ομάδα χρησιμοποιήθηκαν σε ανάλυση με την μέθοδο ELISA (Bakopoulos et al. 1997) για τον προσδιορισμό των ειδικών τίτλων ανοσοσφαιρίνης IgM έναντι του La και του Phdp.

Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν να εξετασθεί αν τα ψάρια εμφανίζουν λιγότερες παρενέργειες με το πέρασμα του χρόνου από τον εμβολιασμό τους. Η μελέτη αυτή είχε διάρκεια 341 ημέρες και κατά τη διάρκεια αυτής έγινε παρακολούθηση της τοπικής αντίδρασης τις ημέρες που δίνονται στον Πίνακα 1.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ-ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Κατά τη διάρκεια της μελέτης, εξετάσθηκε η κοιλιακή κοιλότητα των εμβολιασμένων ψαριών και έγινε μακροσκοπική παρατήρηση αυτών που εμβολιάστηκαν με το ανοσοενισχυτικό ελαιώδες εμβόλιο AJ και το υδατοδιαλυτό AV. Το αποτέλεσμα της εξέτασης στην τελευταία περίπτωση, ήταν ήπιες αντιδράσεις στην κοιλιακή κοιλότητα. Στην κοιλιακή κοιλότητα ψαριών εμβολιασμένων με AJ, παρατηρήθηκαν ανεπτυγμένες φλεγμονώδεις αντιδράσεις με την ανάπτυξη ασηπτικών κοκκιωμάτων στο κοιλιακό λίπος και ήπιες συμφύσεις στην κοιλιακή κοιλότητα, από τις πρώτες ημέρες μετά τον εμβολιασμό. Τα κοκκία ή οζίδια ήταν σφαιρικά, υπόλευκα, κόκκινα, μπεζ ή καφέ, με διάμετρο μεταξύ 0,3 και 1,2 cm, και βρίσκονταν στην επιφάνεια του λιπώδους ιστού που περιβάλλει το έντερο. Οι βλάβες αυτές χαρακτηρίζονται ως άσηπτη φλεγμονώδης αντίδραση κοκκιωματώδους τύπου.

Στην Εικόνα 1 παρουσιάζονται οι εντοπισμένες αντιδράσεις που προκαλούνται από τον εμβολιασμό σε ψάρια εμβολιασμένα με AJ και AV. Δίνονται επίσης και μικροσκοπικά αποτελέσματα αυτών των βλαβών. Τα ψάρια που εμβολιάστηκαν με AJ εμφάνισαν κοκκιώματα που εμφανίζονται μετά τον εμβολιασμό και εξαπλώνονται σε όλη την κοιλιακή περιοχή. Τα κοκκιώματα σε ψάρια που εμβολιάστηκαν με το εμβόλιο AJ αφομοιώνονται όσο περνάει ο χρόνος από τον αρχικό εμβολιασμό (Πίνακας 1).



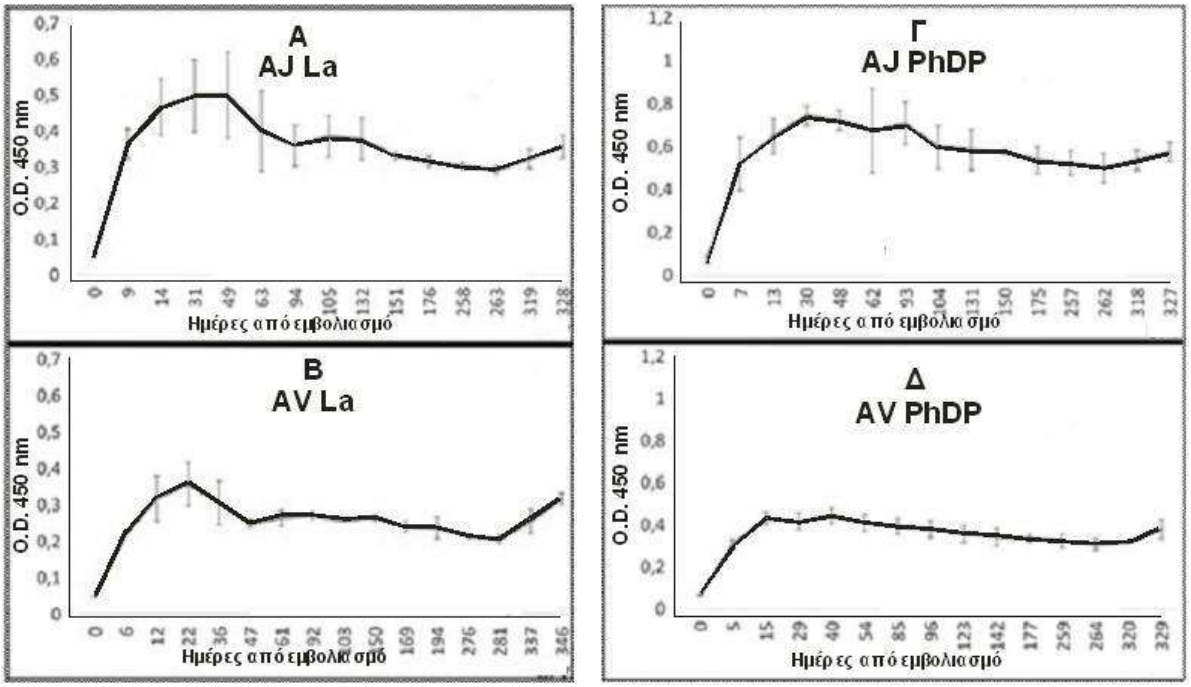

**Εικόνα 1. Ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις στην κοιλιακή κοιλότητα ψαριού, όπου φαίνονται (α): με τα βέλη σφαιρικοί σχηματισμοί (οζίδια) ως αποτέλεσμα μετά από εμβολιασμό με AJ, (β): μόνο ήπιο ερύθημα ως αποτέλεσμα μετά από εμβολιασμό με AV, (γ) μικροσκοπική απεικόνιση ιστοπαθολογικών αλλοιώσεων (βέλη) μετά από εμβολιασμό με AJ, (δ): μετά από εμβολιασμό με AV.**
**Figure 1. Histopathological lesions in the abdominal cavity of fish, showing (a): with arrows spherical formations (nodules) as a result after inoculation with AJ, (b): only mild erythema as a result after inoculation with AV, (c) microscopic illustration of histopathological lesions (arrows) after inoculation with AJ, (d): after inoculation with AV.**

Επτά ημέρες μετά τον εμβολιασμό με AJ, στο σημείο έγχυσης του εμβολίου εμφανίστηκαν υπόλευκοι μαλακοί κόκκοι καθώς και εμφανές ερύθημα στο λίπος που περιβάλλει το έντερο. Το μέγεθος των κόκκων κυμαινόταν από μερικά χιλιοστά έως 1 cm. Σε ψάρια που εμβολιάστηκαν με AJ, αρκετά και μεγάλα οζίδια με μέγεθος από 1-10 mm με μπεζ και ανοιχτό καφέ χρώμα, παρατηρήθηκαν (Πίνακας 1) στο κοιλιακό λίπος μέχρι την 145η ημέρα μετά τον εμβολιασμό. Δείγματα της ομάδας ψαριών που εμβολιάστηκαν με AJ, έδειξαν λίγα και μικρά οζίδια από την 164η έως την 189η ημέρα μετά τον εμβολιασμό. Από την 271η ημέρα έως την 332η ημέρα μετά τον εμβολιασμό τα οζίδια ήταν πολύ λίγα και μικρά, ενώ την 341η ημέρα προς το τέλος της μελέτης υπήρχαν ελάχιστα έως καθόλου ιστολογικές αντιδράσεις (κοκκία ή οζίδια) στην κοιλιακή κοιλότητα, από τον εμβολιασμό. Σε ψάρια που εμβολιάστηκαν με το υδατοδιαλυτό εμβόλιο AV, παρατηρήθηκε μόνο ερύθημα επτά ημέρες μετά τον εμβολιασμό και δεν παρατηρήθηκαν έντονες ιστολογικές αντιδράσεις σε όλα τα δείγματα ψαριών που εξετάσθηκαν μετά την 164η ημέρα μετά τον εμβολιασμό μέχρι το τέλος της μελέτης (Πίνακας 1) (Spinos, 2019).

Μικροσκοπικά, το ανοσοενισχυτικό ορυκτέλαιο που ενσωματώθηκε στο εμβόλιο AJ προκάλεσε ισχυρή έλξη των λευκοκυττάρων και σχηματισμό ασηπτικών κοκκιωμάτων στην κοιλιακή κοιλότητα, που προκαλεί μικρές καφέ κηλίδες ή μικρά καφέ οζίδια (Εικόνα 1α). Το γεγονός αυτό δεν φάνηκε να έχει σημαντική επίδραση στην επιβίωση ή στην ανάπτυξη των ψαριών. Από την άλλη πλευρά, το υδατοδιαλυτό εμβόλιο, δεν φαίνεται να προκαλεί σημαντική ορατή βλάβη στους ιστούς, με εξαίρεση ένα πρώιμο ήπιο ερύθημα και μια ήπια λευκοκυτταρική αντίδραση (Spinos et al. 2017).

**Πίνακας 1. Ιστοπαθολογικές αλλοιώσεις από εμβολιασμό με δύο εμπορικά εμβόλια το AJ και το AV με την πάροδο του χρόνου από αυτό.**
**Table 1. Histopathological changes from vaccination with two commercial vaccines AJ and AV over time.**

| ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ | ΕΜΒΟΛΙΑΣΜΟΣ (1/8/2013) | ΕΜΒΟΛΙΟ Alphaject | | ΕΜΒΟΛΙΟ Aquavac | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Αριθ. ψαριών | Ιστολογική αντίδραση | Αριθ. ψαριών | Ιστολογική αντίδραση |
| 7/8/2013 | 7 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 60 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 60 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 17/8/2013 | 17 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 50 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 51 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 24/8/2013 | 24 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 50 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 52 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 31/8/2013 | 31 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 52 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 52 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 11/9/2013 | 42 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 42 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 42 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 25/9/2013 | 56 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 36 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 36 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 29/9/2013 | 60 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 7 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 7 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 26/10/2013 | 87 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 29 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 30 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 6/11/2013 | 98 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 30 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 30 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 14/11/2013 | 106 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 19 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 18 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 23/12/2013 | 145 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 24 | ΑΡΚΕΤΑ & ΜΕΓΑΛΑ ΟΖΙΔΙΑ | 24 | ΗΠΙΟ ΕΡΥΘΗΜΑ |
| 11/1/2014 | 164 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 24 | ΛΙΓΑ & ΜΙΚΡΑ ΟΖΙΔΙΑ | 24 | ΟΧΙ |
| 17/1/2014 | 170 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 6 | ΛΙΓΑ & ΜΙΚΡΑ ΟΖΙΔΙΑ | 6 | ΟΧΙ |
| 5/2/2014 | 189 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 18 | ΛΙΓΑ & ΜΙΚΡΑ ΟΖΙΔΙΑ | 18 | ΟΧΙ |
| 28/4/2014 | 271 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 24 | ΠΟΛΥ ΛΙΓΑ & ΜΙΚΡΑ ΟΖΙΔΙΑ | 24 | ΟΧΙ |
| 3/5/2014 | 276 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 24 | ΠΟΛΥ ΛΙΓΑ & ΜΙΚΡΑ ΟΖΙΔΙΑ | 26 | ΟΧΙ |
| 28/6/2014 | 332 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 24 | ΠΟΛΥ ΛΙΓΑ & ΜΙΚΡΑ ΟΖΙΔΙΑ | 27 | ΟΧΙ |
| 7/7/2014 | 341 ΗΜΕΡΕΣ ΜΕΤΑ | 25 | ΕΛΑΧΙΣΤΑ ΕΩΣ ΚΑΘΟΛΟΥ ΟΖΙΔΙΑ | 24 | ΟΧΙ |




**Εικόνα 2. Επίπεδα των ειδικών αντισώματων αντι-*V. anguillarum* O1 (La) με την πάροδο του χρόνου (A) μετά τον εμβολιασμό με το ανοσοενισχυτικό εμβόλιο AJ και (B) με το υδατικό εμβόλιο AV. Δίνονται επίσης τα επίπεδα ειδικών αντισωμάτων κατά του Phdp με την πάροδο του χρόνου μετά τον εμβολιασμό με τα ίδια εμβόλια (Γ, Δ).**
**Figure 2. Levels of specific anti-V antibodiesanguillarum O1 (La) over time (A) after vaccination with the adjuvant vaccine AJ and (B) with the aqueous vaccine AV. Phdp-specific antibody levels over time after vaccination with the same vaccines are also given (C, D).**

Στην Εικόνα 2 δίνονται τα επίπεδα των ειδικών αντισώματων αντι-*V.* a*nguillarum* O1 με την πάροδο του χρόνου μετά τον εμβολιασμό με το ανοσοενισχυτικό εμβόλιο AJ και με το υδατικό εμβόλιο AV. Δίνονται επίσης τα επίπεδα ειδικών αντισωμάτων κατά του Phdp με την πάροδο του χρόνου μετά τον εμβολιασμό με τα ίδια εμβόλια. Από τις καμπύλες των γραφημάτων φαίνεται ότι παράγονται άμεσα αντισώματα έναντι των δύο ασθενειών μετά τον εμβολιασμό, ότι το εμβόλιο AJ είναι πιο ισχυρό, ότι η ανοσία των ψαριών μειώνεται από την 100η ημέρα μετά τον εμβολιασμό μέχρι περίπου την 264η ημέρα, κι έπειτα τα ψάρια τα οποία είναι ήδη αρκετά ανεπτυγμένα αποκτούν την δική τους ανοσία. Συσχετίζοντας αυτά τα γραφήματα με την ιστολογική αντίδραση λόγω των εμβολιασμών, διαπιστώνονται τα οφέλη των εκτρεφόμενων ψαριών από τους εμβολιασμούς έναντι των κυριότερων βακτηριακών ασθενειών, η οποία συνοδεύεται και από την απορρόφηση ιστολογικών ή φλεγμονωδών αντιδράσεων.

Από την ιστολογική εξέταση των εμβολιασμένων ψαριών, φαίνεται ότι εμφανίζεται φλεγμονώδης αντίδραση στα ψάρια που προκαλείται από τα εμβόλια AJ και AV και επιβεβαιώνεται από την βιοχημική ανάλυση η αποτελεσματικότητά τους, ενώ τα κοκκιώματα και το ήπιο ερύθημα που εμφανίζονται λίγες ημέρες μετά τον εμβολιασμό εξασθενούν από την 164η ημέρα μετά από αυτόν.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Afonso A., Gomes S., da Silva J., Marques F. & Henrique M., (2005). Side effects in sea bass (*Dicentrarchus labrax* L.) due to intraperitoneal vaccination against vibriosis and pasteurellosis. Fish & Shellfish Immunology 19. 1-16.

Austin B., (2010). Vibrios as causal agents of zoonoses. Veterinary Microbiology 27, 140, (3-4), 310-317.

Bakopoulos ,V., Adams, A., Richards, R.H., 1997. The production and characterization of monoclonal antibodies against the fish pathogen Pasteurella piscicida. Journal of Fish Diseases 20(4), 307-315.

Good C., Marancik D., Welch T., May T., Davidson J. & Summerfelt S., (2016). Systemic granuloma observed in Atlantic salmon Salmo salar raised to market size in a freshwater recirculation aquaculture system. Aquaculture Research, 2016, 47, 3679–3683.

Magarinos B., Santos, Y., Romalde, J.L., Rivas, C., Barja, J.L., Toranzo, A.E., (1992). Pathogenic activities of live cells and extracellular products of the fish pathogen *Pasteurella piscicida*. Journal of General Microbiology 138, 2491-2498.

Mutoloki S., Alexandersen S., Gravningen K., Evensen O., (2008). Time-course study of injection site inflammatory reactions following intraperitoneal injection of Atlantic cod (*Gadus morhua* L.) with oil-adjuvanted vaccines, Fish & Shellfish Immunology 24, 386-393.

Noga E.J., (2011). Fish and Disease. Diagnosis and treatment. 2nd Ed. Wiley & Sons, Inc., Publication, USA.

Romalde J.L., (2002). *Photobacterium damselae* subsp. *piscicida* : an integrated view of a bacterial fish pathogen. International Microbiology, 5:3-9.

Santos Y., Pazos F., Bandin I., and Toranzo A.E., (1995). Analysis of Antigens Present in the Extracellular Products and Cell Surface of Vibrio anguillarum Serotypes O1, O2, and O3. Applied and Environmental Microbiology, 61(7): 2493-2498.

Spinos E., Kokkoris G., Bakopoulos V., (2017). Prevention of sea bass (*Dicentrarchus labrax*, L. 1758) photobacteriosis and vibriosis. Long term efficacy study of intraperitoneally administered bivalent commercial vaccines. Aquaculture, Vol 471 p 172-184.

Spinos E., (2019). Doctoral Thesis: “Correlation of environmental parameters with the occurrence of diseases in the farmed sea bass *Dicentrarchus labrax*, L. 1758 and prevention of these diseases”. Department of Marine Sciences of Aegean University.

Toranzo, A.E., Magarinos, B., Romalde, J. L, (2005). A review of the main bacterial fish diseases in mariculture systems. Aquaculture 246, 37– 61.

# Χαρτογράφηση δυνητικών θέσεων επέκτασης μεσογειακής ιχθυοκαλλιέργειας σε κλωβούς, στην Ελληνική παράκτια ζώνη

**Γεώργιος Κατσέλης[1], Κωνσταντίνος Τσολάκος[1]**
[1]Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστημίου Πατρών, Μεσολόγγι – gkatselis@upatras.gr; k.tsolakos@upatras.gr

## ABSTRACT

**George Katselis, Konstantinos Tsolakos: Mapping of potential establishment sites for the Mediterranean fish farming extension in the Greek coastal zone.**

The Greek marine aquaculture industry holds a leading role in Mediterranean fish farming and therefore contributes decisively to the country's economy as an export product. Furthermore, the development vision of the sector is to double production by 2030. The present study, taking into account the locations of existing fish farms, the spatial limitations of the Greek legislation and the areas of sea meadows, aims to estimate the spatial availability for the establishment of new fish farm units. The total availability, under the existing regulatory framework, amounts to 16507 new cage array sites, but the real maximum number of cages arrays sites varied according to the region-category of aquaculture development reaching to 12.8% of the maximum estimated cages arrays density. A scenario of double production by 2030, distribute 411 new cage array sites in the five region-categories of aquaculture development.

**Keywords:** Mediterranean marine fish farming, aquaculture development, mapping fish farms, coastal zone, seagrass meadows

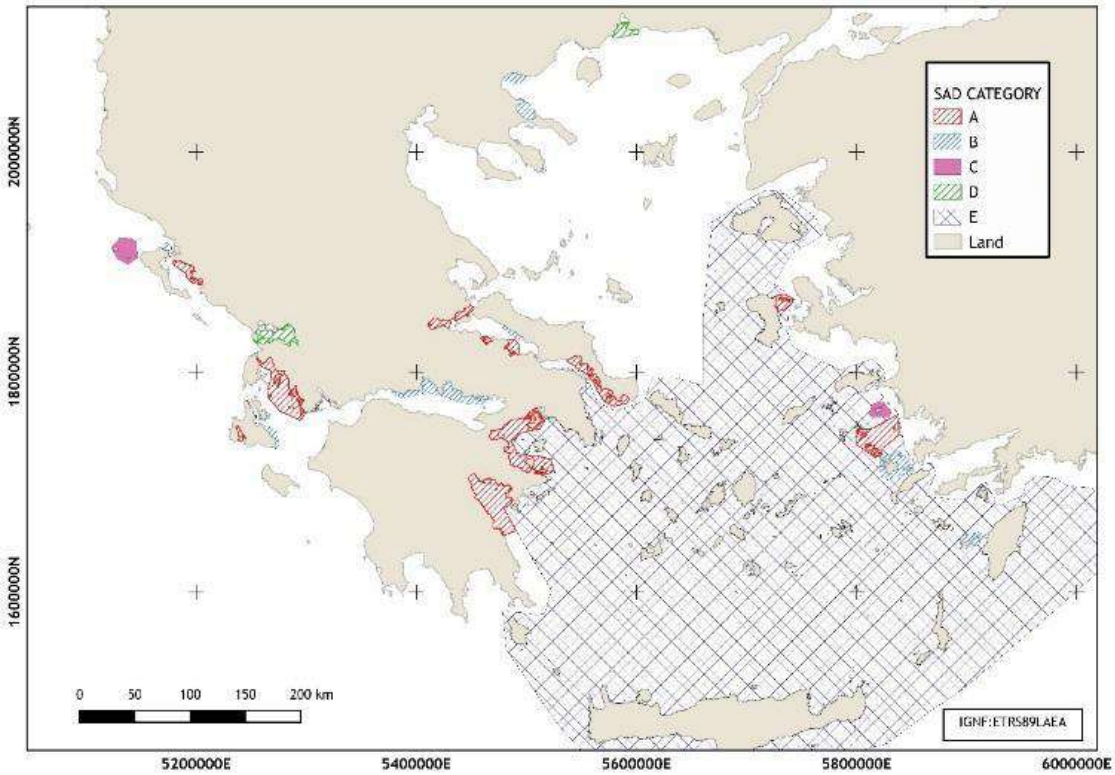
## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια στην Ελλάδα η οποία εισήχθη στις αρχές της δεκαετίας του 1980, εξακολουθεί να πρωταγωνιστεί στην παραγωγή εκτρεφόμενων μεσογειακών ειδών ψαριών (Theodorou et al. 2015). Είναι μια δραστηριότητα η οποία ασκείται στην παράκτια ζώνη (κατά κύριο λόγο στην ισοβαθή 20-70m), σε επιπλέοντες κλωβούς, εγκατεστημένους λόγω των μεγάλων κλίσεων του ανάγλυφου της παράκτιας υποθαλάσσιας ζώνης, κοντά στις ακτές (από μερικά έως και μερικές εκατοντάδες μέτρα) (Katselis et al. 2022), υποστηριζόμενη από χερσαίες εγκαταστάσεις. Η παραγωγή την τελευταία δεκαετία κυμαίνεται γύρω στους 100 kt ανά έτος (FAO 2020), ενώ ο κλάδος έχει θέσει ως στόχο τον διπλασιασμό της έως το 2030, αναγνωρίζοντας ωστόσο ότι η οικονομική κρίση αποτέλεσε κύριο παράγοντα επιβράδυνσης της ανάπτυξής του (ΣΕΘ 2020).

Το κανονιστικό πλαίσιο που αφορά στην δραστηριότητα, έχει προσδιορίσει περιοχές της παράκτιας ζώνης για την εγκατάσταση της τις οποίες κατέταξε σε πέντε κατηγορίες χωρικής ανάπτυξής της (ΚΥΑ 31722/2011, ΦΕΚ 2505-4/11/2011). Οι τέσσερεις από αυτές καταλήγουν σε οργάνωση περιοχών οργανωμένης ανάπτυξης υδατοκαλλιέργειας (ΠΟΑΥ) (Α: περιοχές κορεσμένες με δυνατότητα αύξησης της δυναμικότητας έως 25%, Β: περιοχές με σημαντικές δυνατότητες ανάπτυξης, Γ: παραμεθόριες περιοχές με σημαντικές δυνατότητες ανάπτυξης, Δ: περιοχές σε εγγύτητα με προστατευόμενες περιοχές που ο βαθμός επίδρασης σε αυτά ελέγχει το επίπεδο ανάπτυξης) και μία κατηγορία περιοχών με κατάλληλα χαρακτηριστικά, τα οποία ευνοούν την ανάπτυξη υδατοκαλλιεργειών, αλλά με ιδιαιτερότητες, που δεν επιτρέπουν τη δημιουργία συγκεντρώσεων και οργανωμένων ζωνών (Ε) (Εικόνα 1).

Τα Γεωγραφικά Συστήματα Πληροφοριών (GIS) έχουν χρησιμοποιηθεί ευρέως κατά τη διάρκεια της τελευταίας δεκαετίας και στην δραστηριότητα της υδατοκαλλιέργειας (Ottinger et al. 2018; Prasad et al. 2019; Fu et al. 2021) και αλιείας, παρέχοντας σημαντικές δυνατότητες για την διαχείρισή της (Meaden et al. 2013), επιλύοντας περίπλοκους περιβαλλοντικούς περιορισμούς και συμβάλλοντας στην ανάπτυξή της (Gernez et al. 2021). Η διαθεσιμότητα γεωαναφερόμενων πληροφορίων που αφορούν στην δραστηριότητα αναφέρονται στη θέση των μονάδων (Sara et al. 2018; Karampoula et al. 2021) και στην εκτίμηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων σε ζώνες έως 3000 m (Katselis et al. 2022), και δεδομένων των περιορισμών (στοιχεία προεχόμενα από τηλεπισκόπηση) παρέχουν προτάσεις οριοθέτησης ζωνών επίδρασης και τύπου επιδράσεων στο περιβάλλον, αλλά και ζωνών διαχείρισης ασθενειών και διαφυγόντων ιχθύων (Katselis et al. 2022).

Η παρούσα εργασία αφορά την εκτίμηση και χαρτογράφηση της παράκτιας ζώνης όπου επιτρέπεται (βάθη >18m) και μπορεί να αναπτυχθεί η ιχθυοκαλλιέργεια με την εφαρμοζόμενη μέχρι τώρα τεχνολογία (πλωτούς κλωβούς αγκυροβολημένους στον πυθμένα) (βάθη<120m).




**Εικόνα 1. Χαρτογράφηση περιοχών και κατηγοριών ανάπτυξης ιχθυοκαλλιέργειας (SAD)**
**Figure 1. Mapping of regions and categories of aquaculture development (SAD).**

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

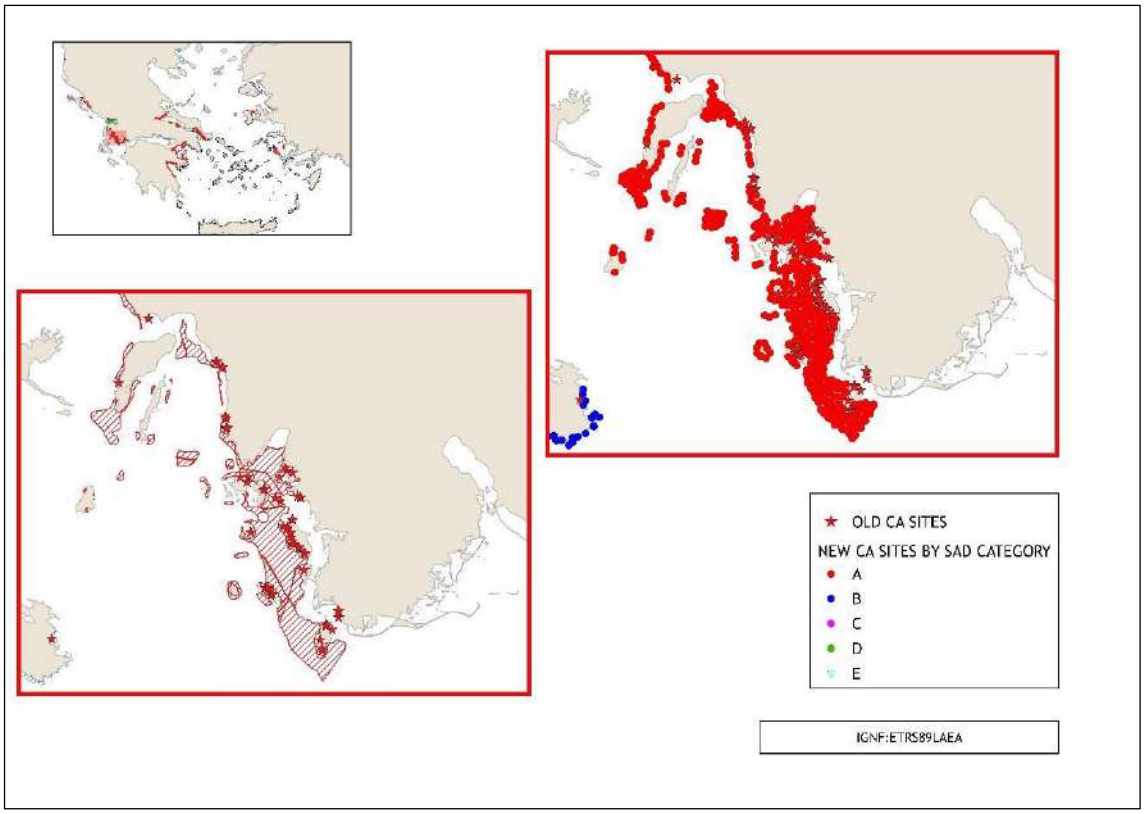
Για τις ανάγκες της μελέτης χρησιμοποιήθηκαν τα ακόλουθα επίπεδα γεωγραφικών πληροφοριών: Ξηράς-ακτογραμμής https://www.eea.europa.eu/data-and-maps/data/eea-coastline-for-analysis-1/gis-data/europe-coastline-shapefile, βαθυμετρίας: https://portal.emodnet-bathymetry.eu (pixel size: 0.001ºx 0.001º, ≈110x100m στην περιοχή μελέτης), λειμώνων φανερόγαμων: https://zenodo.org/record/1120338, θέσεις συστοιχιών κλωβών ιχθυομονάδων: επίπεδο γεωγραφικών πληροφοριών υποστήριξης του άρθρου https://doi.org/10.3390/jmse10020286. Η επεξεργασία έγινε στο λογισμικό QGIS ver. 3.16.7 και η προβολή των στοιχείων στο σύστημα γεωγραφικών συντεταγμένων ETRS89 Lambert Azimutal Equal Area.

Από την παράκτια ζώνη με βάθος 20-70 m, αφαιρέθηκε το τμήμα έκτασης που συνδέεται με μερικές από τις προβλέψεις του κανονιστικού πλαισίου (εγκατάσταση μονάδας σε απόσταση ≥1.5km από οικισμό, απόσταση ≥0.5 km από υπάρχουσα ιχθυομονάδα). Επίσης αφαιρέθηκε το τμήμα έκτασης που αφορά σε απόσταση ≥0.5 km από λειμώνες προστατευόμενων υποθαλάσσιων φανερόγαμων. Η παράμετρος αυτή δεν προβλέπεται στο κανονιστικό πλαίσιο αλλά αφορά σε στοιχείο πρωτοκόλλου για ιχθυομονάδες που είναι ενταγμένες ή επιθυμούν την ένταξη τους σε πρόγραμμα πιστοποίησης αναγνώρισης και επιβράβευσης υδατοκαλλιέργειας για το περιβαλλοντικό τους αποτύπωμα (ASC, 2019). Η συνολική διαθεσιμότητα νέων θέσεων ιχθυομονάδων εκτιμήθηκε ως αποτέλεσμα της υποθετικής τοποθέτησης αυτών στην παραπάνω ζώνη, σε ελάχιστη απόσταση μεταξύ τους 0.5 km (μέγιστη επιτρεπόμενη πυκνότητα μιας περιοχής σύμφωνα με το κανονιστικό πλαίσιο).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η παραπάνω ζώνη αποτελείται από 731 τμήματα, με το μεγαλύτερο μέρος τους να ανήκει στις περιοχές κατηγορίας Ε (577 τμήματα, 79% του συνόλου), ενόσω στις υπόλοιπες κατηγορίες περιοχών ανήκουν από 2 τμήματα (Δ) έως 93 τμήματα (Α). Η μέση έκταση των τμημάτων δεν παρουσίασε στατιστική διαφορά μεταξύ των περιοχών κατηγορίας Α, Β και Ε (6.53±26.98 $km^2$; n=722),

ενόσω στατιστικά μεγαλύτερη μέση έκταση καταγράφεται στις περιοχές κατηγορίας Δ (115.35±137.77 $km^2$; n=2) και ενδιάμεση στις περιοχές κατηγορίας Γ (24.24±51.78 $km^2$; n=7). Η συνολική έκταση της ζώνης ήταν 5116.72 $km^2$ (Ε:3083.08 $km^2$, Α:941.73 $km^2$, Δ:230.70 $km^2$, Β:391.78 $km^2$, Γ:169.72 $km^2$) (Εικόνα 2).




**Εικόνα 2. Εκτιμώμενες ζώνες επέκτασης της ιχθυοκαλλιέργειας (πάνω) και λεπτομέρεια αυτής (κάτω αριστερά) και λεπτομέρεια μεγίστου αριθμού θέσεων ανά περιοχή (πάνω δεξιά) ανά κατηγορία ανάπτυξης ιχθυοκαλλιέργειας (SAD). OLD CA SITES: υπάρχουσες θέσεις ιχθυομονάδων.**
**Figure 2. Estimated zones of aquaculture expansion (upper left) and an example (down-left). An example of the maximum sites number for cages arrays establishment per aquaculture development category (SAD) (upper-right). OLD CA SITES: existing aquaculture sites.**

Η τοποθέτηση στα παραπάνω τμήματα θέσεων συστοιχιών κλωβών, έδειξε την συνολική διαθεσιμότητα 16507 νέων θέσεων συστοιχιών κλωβών (Α:2966, Β:1287, Γ:460, Δ:627 και Ε:11167 θέσεις) (Εικόνα 2). Οι υπάρχουσες θέσεις συστοιχιών κλωβών αφορούν σε Α:317, Β:43, Γ:3, Δ:37 και Ε:24 θέσεις (Πίνακας Ι). Θεωρώντας ως μέγιστη πυκνότητα μιας περιοχής αυτή των περιοχών κατηγορίας Α προσαυξημένη κατά 20% της υπάρχουσας (δηλ. 80% επιτρεπόμενης από το κανονιστικό πλαίσιο) εκτιμάται ότι μια περιοχή θεωρείται κορεσμένη όταν καλύψει το 12.8% των διαθέσιμων θέσεων συστοιχιών κλωβών. Στην υπόθεση ότι οι κατηγορίες περιοχών Α, Β και Γ θα καλύψουν την μέγιστη πυκνότητα, η Δ το 50% και η Ε το 10% της μέγιστης πυκνότητας των προηγουμένων, εκτιμάται ότι θα καλυφθούν 411 νέες θέσεις συστοιχιών κλωβών (Α:104, Β:127, Γ:56, Δ:5 και Ε:119 θέσεις). Το παραπάνω αποτελεί ένα σενάριο διπλασιασμού της συνολικής δυναμικότητας της δραστηριότητας που αφορά στόχο του κλάδου έως το 2030.

Δεδομένου όμως ότι η χρησιμοποιούμενη γεωγραφική πληροφορία που βασίζονται τα παραπάνω υπόκειται σε χωρικά σφάλματα (πχ το μέγεθος κελιού βαθυμετρικού επιπέδου ήταν ≈110x100m -που δικαιολογεί το γεγονός ότι όλες οι υπάρχουσες μονάδες εντάσσονται στην ζώνη 20-70m όπως αυτή αποτυπώνεται από το βαθυμετρικό επιπέδο, ενόσω μέρος αυτών είναι εγκατεστημένες σε βάθη έως και 120m- ή μεταβολές στην ακρίβεια εκτίμησης της ζώνης κάλυψης από τα φανερόγαμα σε σχέση με την περιοχή), η εκτιμωμένη ζώνη, κατάλληλη για την ανάπτυξη υδατοκαλλιέργειας αναμένεται να αποκλίνει σε τοπική κλίμακα (πχ σε περιοχές με έντονες κλίσεις ή περιοχές με χαμηλή

ακρίβεια εκτίμησης κάλυψης από φανερόγαμα), καθιστώντας αναγκαία την κατά περίπτωση συλλογή δεδομένων σε τοπικό επίπεδο. Παρόλα αυτά, τα παραγόμενα γεωγραφικά πληροφοριακά δεδομένα αλλά και τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας αφορούν σε σημαντική υποδομή για την υποστήριξη του κλάδου της ιχθυοκαλλιέργειας, αποτελώντας εργαλείο για την δημιουργία σεναρίων ανάπτυξης του κλάδου, με συνεχώς βελτιουμένη αξιοπιστία με την χρήση του στην ενσωμάτωση της κατά περίπτωσης τοπικής πληροφορίας.

**Πίνακας Ι. Κατανομή των νέων έως του μέγιστου αριθμού συστοιχιών κλωβών, των υφιστάμενων, το ποσοστό κορεσμού και το σύνολο των τελικού αριθμού νέων συστοιχιών κλωβών ανά κατηγορία ανάπτυξης υδατοκαλλιέργειας.**
**Table I. Distribution of the new (up to maximum) number of cage arrays, of existing, the percentage of real maximum number of cage arrays according to estimated maximum number of cage arrays, and the real estimated number of the new cage arrays according the sites of aquaculture development category.**

| Κατηγορία ανάπτυξης περιοχής | Αριθμός νέων συστοιχιών κλωβών | Υφιστάμενες συστοιχίες κλωβών | Πρόβλεψη συνόλου κλωβών | Ποσοστό κορεσμού | Σύνολο συστοιχιών κλωβών | Αριθμός νέων συστοιχιών κλωβών |
|---|---|---|---|---|---|---|
| Α | 2966 | 317 | 3283 | 12.83% | 421 | 104 |
| Β | 1287 | 43 | 1330 | 12.83% | 171 | 127 |
| Γ | 460 | 3 | 463 | 12.83% | 59 | 56 |
| Δ | 627 | 37 | 664 | 6.41% | 43 | 5 |
| Ε | 11167 | 24 | 11191 | 1.28% | 144 | 119 |
| Σύνολο | 16507 | | | | 838 | 411 |

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ASC (2019). ASC Seabass, Seabream and Meagre Standard v1.0.

FAO (2020) Food and Agriculture Organization of the United Nations. Διαθέσιμο από: https://www.fao.org/fishery/statistics/global-production/query/en

Fu Y, Deng J, Wang H, Comber A, Yang W, Wu W, You S, Lin Y, Wang K (2021) A new satellite-derived dataset for marine aquaculture areas in China's coastal region. Earth System Science Data: 13(5), 1829-1842.

Gernez P, Palmer SC, Thomas Y, Forster R (2021) Remote sensing for aquaculture. Frontiers in Marine Science: 7, 1258.

Karampoula H, Tsolakos K, Katselis G (2021) Mapping of potential impacts of marine fish farms in Central Ionian Sea (W. GREECE). In Proceedings of the Hydromedit 2021, Mytilini, Greece, 4–6 November 2021.

Katselis G, Tsolakos K, Theodorou JA (2022) Mapping of Greek Marine Finfish Farms and Their Potential Impact on the Marine Environment. Journal of Marine Science and Engineering 10(2): 286.

Meaden GJ, Aguilar-Manjarrez J (2013) Advances in geographic information systems and remote sensing for fisheries and aquaculture. FAO fisheries and aquaculture technical paper: (552), I.

Ottinger M, Clauss K, Kuenzer C (2018) Opportunities and challenges for the estimation of aquaculture production based on earth observation data. Remote Sensing 10(7): 1076.

Prasad KA, Ottinger M, Wei C, Leinenkugel P (2019) Assessment of coastal aquaculture for India from Sentinel-1 SAR time series. Remote Sensing 11(3): 357.

Sarà G, Gouhier TC, Brigolin D, Porporato EM, Mangano MC, Mirto S, A, Pastres R (2018) Predicting shifting sustainability trade-offs in marine finfish aquaculture under climate change. Global change biology: 24(8), 3654-3665.

ΣΕΘ (2020) Ετήσια έκθεση Συνδέσμου Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών. Διαθέσιμο από: https://www.fgm.com.gr/article.php?id=77

Theodorou JA, Perdikaris C, Filippopoulos NG (2015) Evolution through innovation in aquaculture: a critical review of the Greek mariculture industry. Journal of Applied Aquaculture 27(2): 160-181.

# Οικονομοτεχνική ανάλυση εμπορικής αξιοποίησης του στρειδόκτενου *Pinctada imbricata radiata* (Leach 1814)

**Ιωάννης Κιλιτζίδης[1], Νίκος Μπουρδανιώτης[2], Ορέστης Ν. Αναγνόπουλος[2], Ειρήνη Παπαναστασίου[2], Ιωάννης Α.Θεοδώρου[1]**

[1]Τμήμα Αλιείας & Υδατ/γειών, Παν/ Πατρών, 30210 Μεσολόγγι, jtheo@upatras.gr

[2]APC SA, Σόλωνος 14, 106 73 ΑΘΗΝΑ, apc@apc.gr

## ABSTRACT

**Ioannis Kilitzidis[1], Nikos Bourdaniotis[2], Orestis N. Anagnopoulos[2], Eirini Papanastasiou[2], John A. Theodorou[1]: Economic feasibility analysis of commercial exploitation of the pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* (Leach 1814).** The economic viability of the new seafood products based on the pearl oyster meat is examined for a range of added value options: a) Frozen oyster meat raw in vacuum bags, b) Frozen breaded oyster meat raw in vacuum bags, c) Smoked oyster meat in vacuum bags, d) Oyster meat in olive oil and Mediterranean herbs in glass containers**.** The production assumptions are based on the Greek seafood sector status and market standards. The profitability (n=5 years) range varied between 12,64% (own funding) to 14,88% (public funding).

**Keywords:** pearl oyster, *Pinctada imbricata radiata,* added value, processing, profitability

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μαργαριτοφόρο στρείδι *Pinctada imbricata radiata*, κοινώς «στρειδόκτενο», είναι ένα είδος με όλες τις βιομετρικές και βιοχημικές προδιαγραφές για εδώδιμη χρήση (Theodorou *et al.* 2021), ενώ τα υφιστάμενα αποθέματα στο Σαρωνικό κόλπο και τον Ευβοϊκό κόλπο μπορούν να αξιοποιηθούν με βιώσιμο τρόπο από την οστρακαλιεία (Moutopoulos *et al.* 2021). Μία σειρά από πειράματα έδειξαν ότι από τη σάρκα του στρειδόκτενου μπορούν να δημιουργηθούν νέες μεταποιημένες μορφές προϊόντων με υψηλή προστιθέμενη αξία. Τα νέα καταναλωτικά προϊόντα είναι δυνατό να προσδώσουν προστιθέμενη αξία στην πρώτη ύλη, ενώ ταυτόχρονα δημιουργείται μία συμπληρωματική αγορά για να καλύψει τις ελλείψεις στα παραδοσιακά οστρακοειδή-αλιεύματα, τα οποία βρίσκονται σε κατάσταση έντονης αλιευτικής πίεσης που θέτει σε κίνδυνο την κατάσταση των αποθεμάτων τους. Ταυτόχρονα με την πιλοτική διερεύνηση των απαιτήσεων της αγοράς και της αλυσίδας διακίνησης (Moutopoulos *et al.* 2022), η οικονομοτεχνική προσέγγιση της εμπορικής αξιοποίησης του στρειδόκτενου με τη δημιουργία μεταποιημένων προϊόντων υψηλής προστιθέμενης αξίας είναι καθοριστική για την αξιολόγηση της βιωσιμότητα του εγχειρήματος.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η εκτίμηση της αποδοτικότητας της μεταποίησης του στρειδόκτενου έγινε με βάση τους δείκτες οικονομικής ευρωστίας της επένδυσης (Valenti *et al.* 2018) για τέσσερα (4) διαφορετικά προϊόντα: α) κατεψυγμένη ψίχα σε συσκευασία κενού αέρος (ΣΚΑ), β) κατεψυγμένη ψίχα πανέ σε ΣΚΑ, γ) καπνιστή ψίχα σε ΣΚΑ και δ) ψίχα σε ελαιόλαδο με μυρωδικά Μεσογείου σε γυάλινο περιέκτη (ΓΠ).

Οι τιμές του εξοπλισμού και των αναλώσιμων προέκυψαν από έρευνα αγοράς σε διαπιστευμένους προμηθευτές, το κόστος της πρώτης ύλης προέκυψε κατόπιν επικοινωνίας με οστρακαλιείς που δραστηριοποιούνται σε περιοχές με παρουσία του είδους, ενώ τα λοιπά κόστη λειτουργίας για την παραγωγή των τελικών προϊόντων προέκυψαν από επικοινωνία με στελέχη εν λειτουργία μονάδων μεταποίησης αλιευτικών προϊόντων (Theodorou *et al.* 2014).

Επίσης, λήφθηκαν υπόψη οι επόμενες γενικές παραδοχές: (α) Η επένδυση γίνεται σε υφιστάμενη αδειοδοτημένη εγκατάσταση μεταποίησης αλιευμάτων που λειτουργεί σε ιδιόκτητο ή μισθωμένο οικόπεδο. Ως εκ τούτου δεν λαμβάνονται υπόψη τα κόστη αγοράς οικοπέδου, μίσθωσης, ανέγερσης κτηριακών εγκαταστάσεων, αδειοδότησης, κ.λπ., (β) η οικονομοτεχνική ανάλυση αφορά την παραγωγή και των τεσσάρων διαφορετικών μορφών στρειδόκτενου εντός της εγκατάστασης. Η ανάλυση γίνεται έχοντας ως δεδομένο ότι εισέρχονται στην εγκατάσταση 300Kg (α' ύλη) νωπού προϊόντος ημερησίως (ολόκληρο νωπό στρειδόκτενο) και ότι η επιχείρηση λειτουργεί τις συγκεκριμένες γραμμές παραγωγής 150 ημέρες/έτος (5 ημέρες εβδομαδιαίως για 30 εβδομάδες το χρόνο). Ως εκ τούτου η συνολική ποσότητα πρώτης ύλης που εισέρχεται στην εγκατάσταση ανέρχεται σε 45.000Kg/έτος. Επίσης, υπάρχει

η παραδοχή ότι από τη συνολική τελική παραγωγή των τεσσάρων προϊόντων, ποσοστό 35% αφορά την κατεψυγμένη ψίχα στρειδόκτενου σε ΣΚΑ, 35% την κατεψυγμένη ψίχα στρειδόκτενου πανέ σε ΣΚΑ, 15% την καπνιστή ψίχα στρειδόκτενου σε ΣΚΑ και 15% την ψίχα στρειδόκτενου σε ελαιόλαδο με μυρωδικά Μεσογείου σε ΓΠ, (γ) δεν λαμβάνονται υπόψη τα κόστη παραγωγής και τα οικονομικά αποτελέσματα άλλων προϊόντων που παράγονται στις εγκαταστάσεις της ίδιας επιχείρησης.

Παράλληλα, όσον αφορά την απόδοση της πρώτης ύλης (ολόκληρο νωπό στρειδόκτενο) για κάθε διαφορετικό τελικό προϊόν, η βασική παραδοχή που ελήφθη υπόψη είναι ότι για την παραγωγή 1Kg τελικού προϊόντος απαιτείται η εισαγωγή (α) 6Kg πρώτης ύλης στην περίπτωση της κατεψυγμένης ψίχας σε ΣΚΑ, (β) 4Kg πρώτης ύλης στην περίπτωση της κατεψυγμένης ψίχας πανέ σε ΣΚΑ, (γ) 6Kg πρώτης ύλης στην περίπτωση της καπνιστής ψίχας σε ΣΚΑ και (δ) 5Kg πρώτης ύλης στην περίπτωση της ψίχας σε ελαιόλαδο με μυρωδικά μεσογείου σε ΓΠ.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

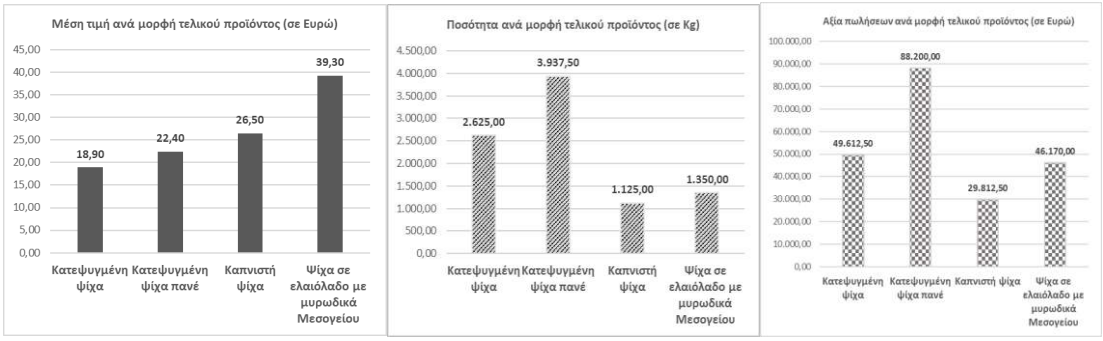
Το κόστος της επένδυσης ανέρχεται συνολικά σε 85.800€ και περιλαμβάνει την προμήθεια των εγκαταστάσεων ψύξης (ψυγεία για συντήρηση νωπής πρώτης ύλης, υποπροϊόντων αποκελύφωσης, συντήρησης τελικού προϊόντος, στεγνώματος ψίχας, τούνελ κατάψυξης και καταψύκτης τελικού προϊόντος), εξοπλισμού για την παραγωγική διαδικασία (εστία θερμικής επεξεργασίας, απορροφητήρα, συσκευαστικής μηχανής κενού αέρος, θερμοκολλητικό ΣΚΑ, ετικετέζα, καπνιστήριο μονού (1) βαγονιού με ψύξη και παρελκόμενα, ζυγαριά, αποστειρωτή ΓΠ) και λοιπού εξοπλισμού (μαχαίρι αποκελύφωσης οστράκων, ανοξείδωτα γάντια ασφαλείας, ανοξείδωτος πάγκος επεξεργασίας οστράκων, ταψιά παναρίσματος, λοιπός ανοξείδωτος εξοπλισμός). Στο παραπάνω ποσό περιλαμβάνονται τεχνικά έξοδα και απρόβλεπτα σε ποσοστό 10% επί του μερικού συνόλου των εν λόγω δαπανών (Πίνακας Ι).

| | |
|---|---|
| Εγκαταστάσεις ψύξης | 18.400€ |
| Εξοπλισμός παραγωγικής διαδικασίας | 50.950€ |
| Λοιποί εξοπλισμοί | 8.650€ |
| Μερικό σύνολο | 78.000€ |
| Τεχνικά έξοδα & Απρόβλεπτα 10% | 7.800€ |
| **Σύνολο** | **85.800€** |

**Πίνακας Ι.** Ανάλυση κόστους της επένδυσης
**Table I.** Investment setup cost

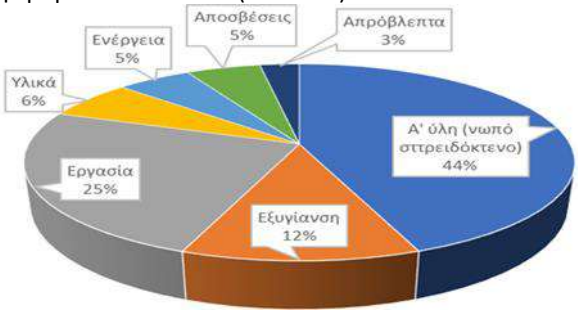
Η χρηματοδότηση της επένδυσης θα πραγματοποιηθεί αρχικά με ίδια κεφάλαια της επιχείρησης. Εφόσον τακτοποιηθούν ζητήματα που αφορούν την ενσωμάτωση στη νομοθεσία θεμάτων συλλογής / εκτροφής του στρειδόκτενου και τη διάθεση του για ανθρώπινη κατανάλωση, είναι δυνατή η χρηματοδότηση της εγκατάστασης από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας, Υδατοκαλλιέργειας και Θάλασσας 2021-2027. Η ιδία συμμετοχή στην περίπτωση αυτή ανέρχεται στο 40% του κόστους της επένδυσης (με υπολογισμό της δημόσιας ενίσχυσης στο 60% του συνολικού κόστους της επένδυσης).

Με βάση τις παραδοχές που αναλύθηκαν παραπάνω (ποσοστό της κάθε διαφορετικής μορφής τελικού προϊόντος στη συνολική παραγωγή, εισερχόμενη ποσότητα και απόδοση πρώτης ύλης, ημέρες λειτουργίας εγκατάστασης κ.λπ.), ο ετήσιος κύκλος εργασιών από την πώληση των παραγόμενων προϊόντων στρειδόκτενου (9.037,50Kg συνολικά) εκτιμάται ότι θα ανέλθει σε 213.795€ (Πίνακας ΙΙ). Στα ίδια επίπεδα υπολογίζεται αντιστοίχως και ο ετήσιος κύκλος εργασιών σε βάθος πενταετίας. Σημειώνεται ότι οι τιμές που παρουσιάζονται αφορούν την πρώτη πώληση του κάθε προϊόντος στο εμπορικό δίκτυο και όχι την τελική τιμή πώλησης στον καταναλωτή. Η κάθε μορφή τελικού προϊόντος προβλέπεται να διακινηθεί στην αγορά σε ΣΚΑ των 0,5Kg και 1Kg για την κατεψυγμένη ψίχα, την ψίχα πανέ και την καπνιστή ψίχα και σε ΓΠ των 0,315Kg, 0,5Kg και 1Kg για την ψίχα σε ελαιόλαδο με μυρωδικά (Εικόνα 1).



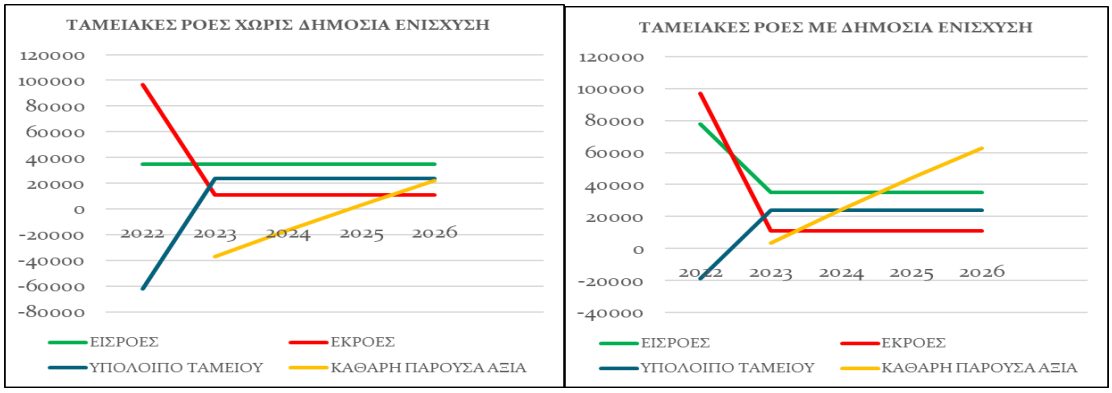

**Εικόνα 1.** Μέση τιμή, ποσότητα και αξία πωλήσεων ανά προϊόν μεταποιημένου στρειδόκτενου
**Figure 1.** Average price (1st chart), quantity (2nd chart) and total revenue (3rd chart) per oyster product

Το ετήσιο κόστος λειτουργίας της εγκατάστασης, το οποίο περιορίζεται αποκλειστικά και μόνο στα κόστη που αφορούν την αξιοποίηση του στρειδόκτενου με σκοπό την παραγωγή τεσσάρων διαφορετικών τελικών προϊόντων ανέρχεται συνολικά σε 153.211€ και περιλαμβάνει τις ακόλουθες δαπάνες: (α) κόστος εισερχόμενης Α' ύλης ύψους 67.000€, (β) παρεχόμενες υπηρεσίες σε κέντρο αναμονής οστράκων (ΚΑΟ) ή εξυγιαντήριο οστράκων για το σύνολο της εισερχόμενης Α' ύλης, υπολογίζοντας την παρεχόμενη υπηρεσία σε 0,4€/Kg, (γ) λοιπές δαπάνες ανάλωσης υλικών που υπολογίζονται για κάθε μορφή επεξεργασίας που ενδεικτικά περιλαμβάνουν: 0,05€/Kg για το πλύσιμο ψίχας, 0,08€/Kg για την άλμη ψίχας, 0,1€/Kg για αναλώσιμα καπνιστηρίου, 0,2€/Kg για τη ΣΚΑ, 0,05€/Kg για τη συσκευασία σε χαρτόκουτα, 0,02€/Kg για τη διανομή του προϊόντος, 1,25€/Kg για τα υλικά παναρίσματος (πανάδα & συγκολλητικό), καθώς και την προμήθεια ΓΠ (ψίχα σε ελαιόλαδο και μυρωδικά Μεσογείου), (δ) δαπάνες ενέργειας που υπολογίζονται για κάθε μορφή επεξεργασίας σε συσχετισμό με την παραγόμενη ποσότητα τελικού προϊόντος, (ε) δαπάνες εργασίας που περιλαμβάνουν την απασχόληση 3 ατόμων και συμπεριλαμβάνουν το σύνολο των επιβαρύνσεων, (στ) δαπάνες για τις αποσβέσεις των παγίων και (ζ) απρόβλεπτες δαπάνες που υπολογίζονται σε 3% του συνόλου των προαναφερόμενων δαπανών (Εικόνα 2).




**Εικόνα 2.** Ποσοστιαία κατανομή ανά κατηγορία δαπάνης ετήσιου κόστους λειτουργίας
***Figure 2.*** Production cost analysis per year

Το μεικτό κέρδος της επιχείρησης υπολογίζεται σε 60.584€ ετησίως, αφαιρουμένων των δαπανών κόστους λειτουργίας - παραγωγής (153.211€) από τον κύκλο εργασιών – πωλήσεις (213.795€) της επιχείρησης. Το απαιτούμενο κεφάλαιο κίνησης περιλαμβάνει τις δαπάνες του κόστους παραγωγής και υπολογίζεται ότι θα καλύπτεται από τα ταμειακά διαθέσιμα της επιχείρησης. Οι ταμειακές ροές της επιχείρησης υπολογίζονται βάσει των κερδών αυτής προ αποσβέσεων, φόρων κ.λπ. μείον τις δαπάνες της επένδυσης και τυχόν άλλα έξοδα, που στη συγκεκριμένη ανάλυση αφορούν μόνο τη φορολόγηση κερδών λόγω κερδοφορίας της επένδυσης. Για τα πρώτα 2 έτη της επένδυσης, όπου υπολογίζονται εκροές της δαπάνης αγοράς του εξοπλισμού, τα ταμειακά διαθέσιμα παρουσιάζουν αρνητικά αποτελέσματα, ενώ τα επόμενα έτη λειτουργίας, όπως είναι αναμενόμενο σε όλες τις επενδύσεις, βελτιώνονται με θετικό πρόσημο. Σε περίπτωση όπου η εν λόγω επένδυση χρηματοδοτηθεί από δημόσιους πόρους μειώνονται οι εκροές της επένδυσης κατά το ήμισυ, συνεπώς η καθαρή παρούσα αξία της επιχείρησης παρουσιάζει θετικό πρόσημο ήδη από το δεύτερο χρόνο λειτουργίας.




**Εικόνα 3.** Ταμειακές ροές και καθαρή παρούσα αξία της επένδυσης (χωρίς και με χρηματοδότηση)
**Figure 3.** Cash flow and net present value of the investment, without (I) / with (II) public subsidy

Για την πενταετία μετά την ολοκλήρωση της επένδυσης, ο δείκτης κερδοφορίας (αποτελέσματα προ τόκων και φόρων/κύκλος εργασιών) ανέρχεται σε 12,64% στην περίπτωση που η επένδυση δεν τύχει δημόσιας ενίσχυσης και σε 14,88% σε περίπτωση εξασφάλισης δημόσιας ενίσχυσης (Πίνακας ΙΙ).

**Πίνακας ΙΙ.** Δείκτης κερδοφορίας (πενταετίας), χωρίς (Ι) και με δημόσια ενίσχυση(ΙΙ)
**Table II.** Profitability index (5 years), without (I) / with (II) public subsidy

| | **2022-2026** | |
|---|---|---|
| **Σενάριο** | **I** | **II** |
| Αποτελέσματα προ τόκων & φόρων (€) | 27.013 | 31.810 |
| Κύκλος εργασιών – πωλήσεις (€) | 213.795 | 213.795 |
| Δείκτης Κερδοφορίας πενταετίας (%) | 12,64 | 14,88 |

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση τον εκτιμώμενο δείκτη κερδοφορίας (σε βάθος πενταετίας), η επένδυση χαρακτηρίζεται βιώσιμη και ως εκ τούτου υπάρχει θετική προοπτική ως προς την παραγωγή των συγκεκριμένων μεταποιημένων προϊόντων στρειδόκτενου για την εμπορική αξιοποίηση του είδους, εφόσον τακτοποιηθούν ζητήματα που αφορούν την ενσωμάτωση στη νομοθεσία θεμάτων συλλογής/εκτροφής του είδους και τη διάθεση του για ανθρώπινη κατανάλωση. Σε περίπτωση μάλιστα που η επένδυση χρηματοδοτηθεί από δημόσιους πόρους ο δείκτης κερδοφορίας αυξάνεται.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία αποτελεί μέρος του Έργου «Εμπορική αξιοποίηση του στρειδόκτενου *Pinctada imbricata radiata* με τη δημιουργία Μεταποιημένων Προϊόντων Υψηλής Προστιθέμενης Αξίας» με Κωδικό ΟΠΣ (MIS) 5010850 χρηματοδοτείται στο πλαίσιο του Μέτρου 3.1.1 «Καινοτομία στην Αλιεία», του Ε.Π. Αλιείας και Θάλασσας 2014-2020.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Moutopoulos DK, Minasidis V, Ziou A, Douligeri AS, Katselis G, Theodorou JA (2022) Investigating the Acceptance of a New Bivalve Product in the Greek Shellfish Market: The Non-Indigenous Pearl Oyster Pinctada imbricata radiata. Journal of Marine Science and Engineering 10, 251.

Moutopoulos DK, Ramfos A, Theodorou JA, Katselis G (2021) Biological aspects, population, and fishery dynamics of the non-indigenous pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* (Leach, 1814) in the Eastern Mediterranean. Regional Studies in Marine Science, 45.

Theodorou JA, Makri M, Douvi X, Ramfos A, Spinos E (2021) Seasonal variation in the biochemical composition, condition index, and meat yield of the non-indigenous pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* (Leach, 1814) from the West of the Aegean Sea, Greece. Aquaculture and Fisheries.

Theodorou JA, Tzovenis I, Adams CM, Sorgeloos P, Viaene J (2014) Risk Factors Affecting the Profitability of the Mediterranean Mussel (*Mytilus galloprovincialis* Lamarck 1819) Farming in Greece. Journal of Shellfish Research 33, 695–708.

Valenti WC, Kimpara JM, de L Preto B, Moraes-Valenti P (2018) Indicators of sustainability to assess aquaculture systems. Ecological Indicators 88, 402–413.

# Μελέτη της φαρμακοκινητικής της πραζικουαντέλης (PZQ) στην εκτρεφόμενη τσιπούρα, *Sparus aurata*

**Δήμητρα Κογιάννου[1], Έλενα Γκολομάζου[2], Χρυσάνθη Νικολουδάκη[1], Βασιλεία Βαλσαμίδη[1], Γεώργιος Ρήγος [1]**

[1] Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας & Υδατοκαλλιεργειών, Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών, 46,7 χλμ. Αθηνών-Σουνίου, Ανάβυσσος 19013–dkogiannou@gmail.com

[2] Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας , 383 34 Ν. Ιωνία Βόλου-egolom@uth.gr

## ABSTRACT

**Dimitra Kogiannou[1], Elena Golomazou[2] Chrysanthy Nikoloudaki[1], Vasilia Valsamidi[1], George Rigos[1]: Pharmacokinetic properties of praziquantel (PZQ) in gilthead seabream, *Sparus aurata***

This study was carried out to investigate the pharmacokinetic properties of dietary administered praziquantel (PZQ) in gilthead seabream (>50 g) following a single administration as a first step to optimise PZQ dosing regimens for this species against the infections of the monogenean *Sparicotyle chrysophrii*. PZQ is an anthelmintic drug which has remarkably effective against a broad range of gastrointestinal and external parasites affecting humans while it has also been widely used in veterinary and aquaculture medicine to control Platyhelminthes. Fish kept at 21ºC were given orally either low (75 mg/kg) or high PZQ (150 mg/kg). Plasma samples were obtained from collected blood at 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72 and 96 h post treatment. The results showed that PZQ was readily absorbed in the plasma of gilthead seabream, declined relatively sharply from circulation and there is an apparent benefit from the high dosing regimen, as confirmed by the significantly higher drug levels compared to low dosing.

**Keywords:** Praziquantel, pharmacokinetics, gilthead seabream, absorption, bioavailability

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η εντατική χρήση θαλάσσιων κλωβών έχει αναμφίβολα συνδυαστεί με την επιταχυνόμενη αύξηση της παραγωγής εκτρεφόμενων ψαριών στην περιοχή της Μεσογείου, συμπεριλαμβανομένης της Ελλάδας. Η εκτροφή ιχθύων σε κλωβούς επιτρέπει φυσικά μεγαλύτερες βιομάζες αυτών, αλλά παράλληλα συμβάλλει και στην αυξανόμενη διασπορά ασθενειών. Υποβαθμισμένη υγιεινή σε συνδυασμό με αντίξοες περιβαλλοντικές συνθήκες ευνοούν την εμφάνιση σοβαρών παρασιτικών ασθενειών που μπορεί να αποδειχτούν ολέθριες για τα εκτρεφόμενα ψάρια (Sitjà-Bobadilla 2004). Τέτοιου βαθμού θνησιμότητες μπορούν να ξεπεράσουν περιστασιακά το 60-70%, με σημαντικές συνέπειες στην τελική παραγωγή του συγκεκριμένου είδους. Ενδεικτικά, οι παρασιτώσεις στην τσιπούρα (*Sparus aurata*) από το μονογενές εξωπαράσιτο *Sparicotyle chrysophrii* αποτελούν σήμερα και το σημαντικότερο πρόβλημα στην εκτροφή του είδους στη Μεσόγειο προκαλώντας εκτός των υψηλών θνησιμοτήτων, και σημαντική μείωση της ανάπτυξης και επίδραση στην αξιοποίηση της τροφής. Οι εμβαπτίσεις με φορμόλη αποτελούν αναμφισβήτητα το πιο κοινό και αποτελεσματικό συνάμα θεραπευτικό μέσο κατά παρασιτώσεων στα εκτρεφόμενα ψάρια, ιδιαίτερα στην εκτρεφόμενη τσιπούρα που προσβάλλεται από το *S. chrysophrii*. Ωστόσο, οι θεραπείες με φορμόλη έχουν κατηγορηθεί για παρενέργειες που σχετίζονται με κατάλοιπα στο τελικό προϊόν αλλά κυρίως με ρύπανση στο περιβάλλον, αλλοιώνοντας σημαντικά την αντίληψη των καταναλωτών και πολλών περιβαλλοντικών ομάδων, δημιουργώντας συνεπώς μία αρνητική δημοσιότητα που δυσφημεί τον κλάδο. Η εφαρμογή εμβαπτίσεων με τη χρήση αντιμικροβιακών στους κλωβούς σε γενικές γραμμές, αποτελεί διαδικασία που χαρακτηρίζεται από πρακτικές δυσκολίες όπως αναγκαιότητα χρήσης μηχανικού εξοπλισμού, σάκων κάλυψης διχτυών, ιδιαίτερα εργώδεις συνθήκες και εξάρτηση της εφαρμογής των λουτρών από καιρικές συνθήκες. Ιδανικά, η αντιμετώπιση της ασθένειας μέσω χορήγησης φαρμακούχας τροφής θα πρόσδιδε πολλαπλά οφέλη περιορίζοντας σημαντικά τα προβλήματα που συνδέονται με την εφαρμογή εμβαπτίσεων.

Επομένως, η ανεύρεση ενός θεραπευτικού αντιπαρασιτικού σχήματος που θα εφαρμόζεται μέσω της τροφής και θα μπορούσε να υποκαταστήσει τη χρήση της φορμόλης, αποτελεί ζωτικής σημασίας προτεραιότητα για τη βιομηχανία των υδατοκαλλιεργειών. Παράλληλα, η εύρεση μίας αποτελεσματικής θεραπευτικής αγωγής που θα χορηγείται μέσω της τροφής, θα αυξήσει εμφανώς την τελική παραγωγή του προϊόντος, θα ελαχιστοποιήσει τις πρακτικές δυσκολίες θεραπειών με εμβαπτίσεις. Η

πραζικουαντέλη (PZQ) είναι ένα ευρέος φάσματος ανθελμινθικό φάρμακο και αποτελεί την ιδανική αντιπαρασιτική ουσία για την αντιμετώπιση των συγκεκριμένων παρασίτων η οποία φαίνεται να είναι εξαιρετικά αποτελεσματική έναντι μονογενών παρασίτων ιχθύων (Bader *et al.* 2019). Πρόσφατα, αξιολογήθηκε με μεγάλη επιτυχία η αποτελεσματικότητα της ουσίας κατά μονογενών του μαγιάτικου (*Seriola dumerili*) (Kogiannou *et al.* 2021).

Σε αυτήν την εργασία παρουσιάζονται τα αποτελέσματα της χρωματογραφικής ανάλυσης της PZQ σε δείγματα πλάσματος έπειτα από διατροφική χορήγηση δύο συγκεντρώσεων της ώστε να αποκτηθεί γνώση της φαρμακοκινητικής στην εκτρεφόμενη τσιπούρα που θα βοηθήσει το σχεδιασμό αποτελεσματικών θεραπευτικών σχημάτων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τσιπούρες μέσου βάρους 52±4g μεταφέρθηκαν από μονάδα παραγωγής και τοποθετηθήκαν σε πειραματικές δεξαμενές. Διακόσιοι πειραματικοί ιχθύες χωρίστηκαν τυχαία σε δύο ομάδες Low (n=100) και High (n=100). Καθ' όλη τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας, η θερμοκρασία του νερού διατηρήθηκε στους 21 ± 1°C. Οι ιχθύες εγκλιματίστηκαν για 14 ημέρες πριν την έναρξη της δοκιμής, περίοδος κατά την οποία τους δόθηκε εμπορικό σιτηρέσιο σε ποσότητα ίση με 2% του σωματικού τους βάρους. Με σκοπό να εξασφαλιστεί η ίδια διατροφική κατάσταση, 24 h πριν από τη χορήγηση της φαρμακούχου τροφής στους ιχθύες δεν δόθηκε τροφή. Παρασκευάστηκαν δύο σιτηρέσια διαφορετικής συγκέντρωσης PZQ, για το Low: 75 mg και το High: 150 mg/kg ιχθύος. Η εκατοστιαία περιεκτικότητα των πρώτων υλών που χρησιμοποιήθηκαν για την παρασκευή των τροφών παρουσιάζονται στον Πίνακα Ι.

**Πίνακας Ι: Περιεκτικότητα των πρώτων υλών των φαρμακούχων σιτηρεσίων**
**Table I: Composition of the experimental diets**

| Σύσταση % | |
|---|---|
| Fish meal 68 | 60.00 |
| Krill meal | 12.00 |
| Wheat meal | 18.25 |
| Wheat gluten | 3.00 |
| Fish oil | 5.00 |
| Vitamins | 0.27 |
| Attractant | 1.50 |
| High PZQ | 0.75 |
| Low PZQ | 1.50 |

Η συνολική διάρκεια συλλογής δειγμάτων αίματος ήταν τέσσερις ημέρες. Δέκα ιχθύες/χρονικό σημείο/δοκιμή μεταφέρονταν σε 5 l θαλασσινού νερού παρουσία αναισθητικού (150ppm MS-222) και δείγμα αίματος λαμβάνονταν από την ουραία φλέβα με σύριγγα 2.5 ml και βελόνα 23 g. Η ηπαρίνη χρησιμοποιήθηκε ως αντιπηκτική ουσία για τη λήψη του πλάσματος. Δείγματα και για τις δυο δοκιμές ελήφθησαν ύστερα από 1, 2, 4, 6, 8, 12, 24, 48, 72 και 96 h από τη χορήγηση της φαρμακούχας τροφής. Τα δείγματα αίματος τοποθετήθηκαν σε φιαλίδιο eppendorf (1.5 ml), φυγοκεντρήθηκαν για 10 min στους 4 °C στις 3,000 g και αποθηκεύτηκαν στην κατάψυξη (-20°C) έως ότου αναλυθούν.

Οι αναλύσεις της PZQ στο πλάσμα της τσιπούρας πραγματοποιήθηκαν στα εργαστήρια του Ελληνικού Κέντρου Θαλάσσιων Έρευνών (ΕΛΚΕΘΕ) στην Ανάβυσσο Αττικής. Η μέθοδος εκχύλισης για την παραλαβή του PZQ από πλάσμα περιγράφεται παρακάτω: Με αυτόματη επαναλαμβανόμενη πιπέτα παραλήφθηκαν 500 μl πλάσματος και μεταφέρθηκαν σε σωλήνα φυγοκέντρου των 12 ml. Στο πλάσμα προστέθηκαν στάγδην υπό ανάδευση 100 μl διαλύματος ZnSO4 συγκέντρωσης 0.2 M. Ακολούθως, προστέθηκαν 2 ml ακετονιτριλίου επίσης στάγδην και υπό ανάδευση. Οι σωλήνες τοποθετήθηκαν σε μαγνητική πλάκα όπου πραγματοποιήθηκε ανάδευση του δείγματος για 10 min. Στη συνέχεια, έπειτα από φυγοκέντρηση (συνθήκες φυγοκέντρησης: 10,000 *g*, 10 min, 10°C) πραγματοποιήθηκε παραλαβή του υπερκειμένου. Το υπερκείμενο μεταφέρθηκε σε δοκιμαστικό σωλήνα πολυπρεπυλενίου των 15 ml και το εναπομένον ίζημα εκχυλίστηκε για ακόμα μία φορά έπειτα από προσθήκη 2 ml ακετονιτριλίου στάγδην και υπό ανάδευση. Το ομογενοποίημα αναδεύτηκε, φυγοκεντρήθηκε εκ νέου, όπως περιγράφεται ανωτέρω και το υπερκείμενο μεταφέρθηκε ομοίως στον προαναφερθέν δοκιμαστικό σωλήνα. Τα 4 ml εξατμίστηκαν έως ξηρού υπό ρεύμα $N_2$ σε υδατόλουτρο υπό σταθερή θερμοκρασία

(45ºC). Ακολούθησε ανασύσταση με την προσθήκη αρχικά 350 μl ακετονιτριλίου και στη συνέχεια 750 μl υπερκάθαρου νερού. Το δείγμα φιλτραρίστηκε (0.22 μm) και μεταφέρθηκε σε φιαλίδιο των 2 ml ώστε να αναλυθεί σε HPLC UV.

Για το έλεγχο ύπαρξης στατιστικώς σημαντικών διαφορών στις συγκεντρώσεις της PZQ μεταξύ των δύο δόσεων, εφαρμόστηκε το t test καθορίζοντας την στάθμη σημαντικότητας $P<0.05$. Η στατιστική επεξεργασία των αποτελεσμάτων έγινε με τη χρήση του λογισμικού SPSS 26.0.

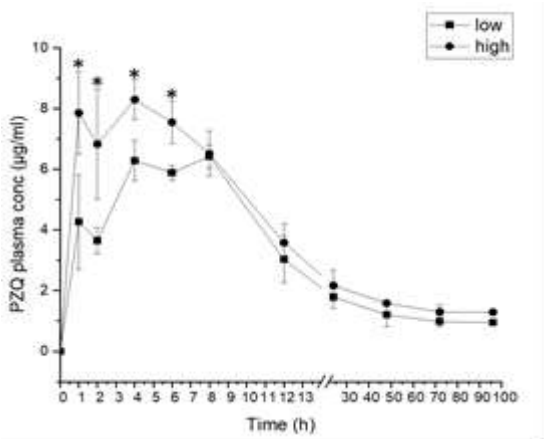
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η δεκτικότητα και η κατανάλωση των πειραματικών σιτηρεσίων παρατηρήθηκε να είναι ικανοποιητικές διασφαλίζοντας τη λήψη όλης της χορηγούμενης ποσότητας του φαρμάκου. Αυτό δεικνύει ότι η χρησιμοποίηση ελκυστικών στην τροφή βοήθησε σημαντικά στην αποδοχή της πειραματικής τροφής. Παρόμοια αποτελέσματα φάνηκαν και στο εκτρεφόμενο μαγιάτικο (Kogiannou, *et al.* 2021), ενώ σε άλλα εκτρεφόμενα είδη η χορήγηση φαρμακούχων με PZQ τροφών παρουσιάστηκε προβληματική (Partridge, *et al.* 2018), καθιστώντας αναγκαία την επικάλυψη της φαρμακούχας τροφής με ελκυστικές ουσίες (Pilmer 2016) για να αυξηθεί η δεκτικότητά της.

Από τα αποτελέσματα των αναλύσεων, φαίνεται ότι η PZQ απορροφάται σε ικανοποιητικό βαθμό από την τσιπούρα καθώς εντοπίζεται στο πλάσμα έπειτα από διατροφική χορήγηση και στις δυο συγκεντρώσεις που εξετάστηκαν. Συγκεκριμένα, όπως παρουσιάζεται στην Εικ. 1, η συγκέντρωση της PZQ στο πλάσμα κατέγραψε τιμές 6.3 μg/mL και 6.4 μg/ml στις 4 και 8 ώρες μετά τη χορήγηση της φαρμακούχας τροφής, αντίστοιχα για τη δοκιμή Low και 7.9 και 8.3 μg/ml στη 1 και 4 ώρα μετά τη σίτιση, αντίστοιχα για το σχήμα της υψηλής δόσης (High). Τα αποτελέσματα της φαρμακοκινητικής δεικνύουν γρήγορη και σχετικά ικανοποιητική απορρόφηση της PZQ στο κυκλοφορικό σύστημα της τσιπούρας μετά τη διατροφική χορήγηση και στα δύο θεραπευτικά σχήματα. Γρήγορη απορρόφηση της PZQ μετά από διατροφική χορήγηση έχει αναφερθεί και σε εκτρεφόμενα *Seriola* spp. (Tubbs & Tingle 2006; Kogiannou *et al.* 2021). Η συγκέντρωση της PZQ στην τσιπούρα συμφωνεί με τα επίπεδα που μετρήθηκαν και σε άλλα εκτρεφόμενα είδη όπως το μαγιάτικο (Kogiannou, *et al.* 2021) και το *Sebastes schlegeli* (Kim *et al*. 2001).

Η μέγιστη συγκέντρωση ($C_{max}$) του PZQ στο πλάσμα για τα ψάρια που έλαβαν δόση ίση με 75 mg/kg. επιτεύχθηκε 8 h μετά τη σίτιση, ενώ στα ψάρια που έλαβαν 150 mg/kg στις 4 h μετά τη χορήγηση (8.3 μg/ml). Συγκρίνοντας τα αποτελέσματα των δυο δοκιμών προκύπτει ότι η αύξηση στη χορηγούμενη δόση κατά δυο φορές οδήγησε μόνο σε 46.5% αύξηση της μέσης συγκέντρωσης του PZQ στο πλάσμα 2 h μετά τη θεραπεία. Όσον αφορά στην απομάκρυνση του φαρμάκου από το κυκλοφορικό σύστημα της τσιπούρας βρέθηκε ότι η συγκέντρωση της PZQ παρουσίασε σχετικά απότομη μείωση 12 h μετά τη χορήγηση των φαρμακούχων σιτηρεσίων (περίπου 50%), ωστόσο, η $C_{min}$ βρέθηκε να είναι περίπου 1 μg/ml 96 h μετά τη θεραπεία και στις δύο δόσεις που εξετάστηκαν. Τέλος, δεν βρέθηκαν σημαντικές διαφορές μεταξύ των μέσων συγκεντρώσεων PZQ έπειτα από χορήγηση 75 και 150 mg/kg με εξαίρεση τα σημεία 1, 2, 4, 6 h μετά τη χορήγηση.

Συμπερασματικά, το θεραπευτικό σχήμα με τη μεγαλύτερη δοσολογία (150 mg/kg PZQ), πλεονεκτεί σε σχέση με αυτό της μικρής δόσης, καθώς οι σχετικές συγκεντρώσεις της PZQ στο πλάσμα μετρήθηκαν να είναι μεγαλύτερες στα περισσότερα εξεταζόμενα χρονικά σημεία κατά τη διάρκεια της ημέρα, οπότε αναμφίβολα είναι και το προτεινόμενο για την αντιμετώπιση των μονογενών παρασίτων που προσβάλλουν το ψάρι. Επίσης, η γρήγορη απορρόφηση της ουσίας συνιστά δύο ημερήσια θεραπευτικά γεύματα της ίδιας συνολικής δοσολογίας, ώστε να διατηρηθεί η συγκέντρωση της PZQ σε υψηλά επίπεδα για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα την περίοδο της ημέρας. Δοκιμές πεδίου ενάντια στο *S. chrysophrii* κρίνονται απαραίτητες για να επιβεβαιωθεί ότι το θεραπευτικό σχήμα της μεγάλης δοσολογίας (150 mg/kg PZQ), το οποίο και προτείνεται από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης, είναι το πλέον κατάλληλο θεραπευτικό σχήμα για την καταπολέμηση του παράσιτου.




**Εικ. 1: Επίπεδα PZQ στο πλάσμα της τσιπούρας (μg/ml) μετά από χορήγηση δύο συγκεντρώσεων (Low=75 mg/kg BW, High=150 mg/kg BW), μέσω της τροφής. Οι τιμές αντιπροσωπεύουν mean±stdev (n=10). ✻ συμβολίζει στατιστικά σημαντικές διαφορές (P <0.05).**

**Fig. 1: Plasma concentration (μg/ml) of two PZQ doses (Low=75 mg/kg BW, High=150 mg/kg BW) in gilthead seabream plasma following a single oral dosing. Values shown are mean±stdev (n=10). ✻ indicates a statistically significant difference (P <0.05).**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Το πρόγραμμα συγχρηματοδοτήθηκε από την Ελλάδα και την Ευρωπαϊκή Ένωση, Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας και Θάλασσας 2014-2020 (75% EMFF, 25% εθνική συμμετοχή).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bader C, Starling DE, Jones DE, Brewer MT (2019) Use of praziquantel to control platyhelminth parasites of fish. Journal of Veterinary Pharmacology and Therapeutics 42: 139-153.

Kim KH, Kim CS, Kim JW (2001) Depletion of praziquantel in plasma and muscle tissue of cultured rockfish *Sebastes schlegeli* after oral and bath treatment. Diseases of Aquatic Organisms 45: 203-207.

Kogiannou D, Nikoloudaki C, Rigos G (2021). Absorption and depletion of dietary administered praziquantel in greater amberjack, *Seriola dumerili* Aquaculture 535: 736354.

Partridge G, Rao S, Woolley L, Pilmer L, Lymbery A, Prestidge C (2018) Bioavailability and palatability of praziquantel incorporated into solid-lipid nanoparticles fed to yellowtail kingfish *Seriola lalandi*. Comparative Biochemistry and Physiology Part C: Toxicology & Pharmacology 218.

Pilmer L (2016) Novel methods of improving the palatability of feeds containing praziquantel for commercially cultured yellowtail kingfish, Honours thesis. Murdoch University.

Tubbs LA, Tingle 2 MD (2006) Effect of dose escalation on multiple dose pharmacokinetics of orally administered praziquantel in kingfish *Seriola lalandi.* Aquaculture 261: 1168-1174.

# Αποτίμηση του βακτηριακού προφίλ σε ιχθυοκαλλιέργειες με τη χρήση γονιδιωματικών τεχνολογιών

**Μαρία Κυρίτση[1], Αντιόπη Τσουρέκη[1], Κωνσταντίνος Κουκάρας[1], Σοφία Μιχαηλίδου[1], Γρηγόρης Κρέη[2], Αναγνώστης Αργυρίου[1,3]**

[1]Ινστιτούτο Εφαρμοσμένων Βιοεπιστημών, Εθνικό Κέντρο Έρευνας και Τεχνολογικής Ανάπτυξης, Θεσσαλονίκη – kyritsimaria@certh.gr, adatsoureki@certh.gr, kkoukaras@certh.gr, sofia_micha28@certh.gr, argiriou@certh.gr

[2]Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας, ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, Ν. Πέραμος – krey@inale.gr

[3]Τμήμα Επιστήμης Τροφίμων και Διατροφής, Πανεπιστήμιο Αιγαίου, Λήμνος

## ABSTRACT

**Maria Kyritsi[1], Antiopi Tsoureki[1], Kostas Koukaras[1], Sofia Michailidou[1], Grigorios Krey[2], Anagnostis Argiriou[1,3]: Bacterial profile assessment in fish farms using genomic technologies.**

The recent technological advances in Next Generation Sequencing (NGS) and in particular sequencing of specific regions of target genes, such as the 16S rRNA gene, have made a significant contribution in bacterial communities' studies. The field of aquatic diseases has greatly benefited from these tools, as they are used to trace the etiological agents causing mortalities. The aim of this study is to assess the bacterial profile of the marine ecosystem in fish farms using genomic technologies and develop an early warning system for fish diseases. Sequencing of the V3 – V4 hypervariable regions of the 16S rRNA gene was employed to 100 water samples collected monthly from fish farms in the sea area of Thesprotia (Ionian Sea, Western Greece). Analysis revealed the seasonal changes in bacterial populations with the greatest numbers of bacterial species appearing in Winter. These results show the significance of the early identification of pathogens and can contribute to the development of disease control strategies in aquaculture systems.

**Keywords:** Bacterial profile, aquaculture, genomic technologies, fish farming, metagenomics, 16S rRNA, fish pathogens

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τις τελευταίες δεκαετίες η εισαγωγή μοριακών μεθόδων έχει συμβάλει σημαντικά στη μελέτη των βακτηριακών κοινοτήτων (Nisiotou *et al.* 2014). Σημαντική βελτίωση προήλθε με τη χρήση της τεχνολογίας αλληλούχησης 2ης γενιάς, όπου μπορούν να ληφθούν χιλιάδες αλληλουχίες σε σύντομο χρονικό διάστημα και με σχετικά χαμηλό κόστος, προσφέροντας ένα νέο εργαλείο στη διερεύνηση της βακτηριακής ποικιλότητας σε διάφορους οργανισμούς και συστήματα. Οι εν λόγω αναλύσεις βασίζονται στην ανάγνωση (αλληλούχηση) περιοχών, όπως το γονίδιο του 16S rRNA, που είναι σε θέση να χαρακτηρίσουν, σε πολλές περιπτώσεις έως και σε επίπεδο είδους, τα μέλη της βακτηριακής κοινότητας και να συμβάλουν στην αξιολόγηση των οικολογικών χαρακτηριστικών είτε ολόκληρων κοινοτήτων είτε μεμονωμένων βακτηριακών οργανισμών (Caporaso *et al.* 2011).

Τα τελευταία χρόνια ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών παρουσιάζει εκθετική ανάπτυξη, σε παγκόσμια κλίματα. Ήδη στη Χώρα μας, σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (2020), το 61% της εγχώριας παραγωγής αλιευτικών προϊόντων προήλθε το 2019 από την υδατοκαλλιέργεια και το υπόλοιπο 39% από τη συλλεκτική αλιεία. Επομένως, ο κλάδος της υδατοκαλλιέργειας αναμένεται να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην εξασφάλιση αλιευμάτων τα επόμενα χρόνια. Παράλληλα είναι ένας από τους κλάδους που αναμένεται να επηρεαστούν από την κλιματική αλλαγή, με έξαρση ασθενειών, που οφείλονται σε παθογόνους μικροοργανισμούς όπως τα βακτήρια (Lafferty *et al.* 2015; Cascarano *et al.* 2021). Η εφαρμογή της 16S rRNA μεταγονιδιωματικής ανάλυσης επιτρέπει τη γρήγορη και αξιόπιστη ταυτοποίηση των βακτηριακών πληθυσμών και μπορεί να συμβάλλει στην πρόληψη των νοσημάτων στα συστήματα ιχθυοκαλλιεργειών (Avarre 2020).

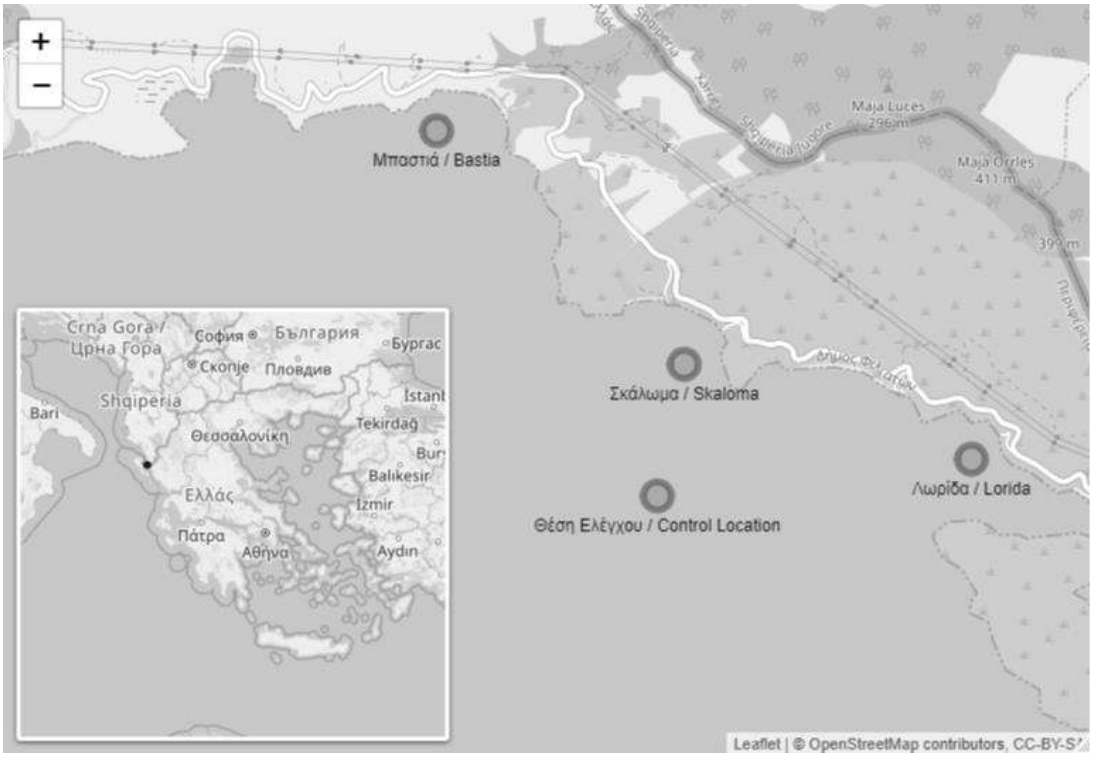
Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η αποτίμηση του βακτηριακού προφίλ σε θαλάσσιο οικοσύστημα ιχθυοκαλλιεργειών, ώστε να διερευνηθεί η συχνότητα εμφάνισης νοσημάτων σε σχέση με τον βακτηριακό πληθυσμό, να ταυτοποιηθούν οι παθογόνοι παράγοντες με τη χρήση γονιδιωματικών τεχνολογιών και να αξιολογηθεί η δυνατότητα έγκαιρης προειδοποίησης εμφάνισης ασθενειών στα ψάρια.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Την περίοδο από 10.06.2020 έως 19.05.2021, συλλέχθηκαν 100 δείγματα νερού από τέσσερις διαφορετικές περιοχές (Ιχθυοκαλλιέργεια Λωρίδας, Ιχθυοκαλλιέργεια Σκαλώματος, Ιχθυοκαλλιέργεια Μπαστιάς και θέση ελέγχου) στην ευρύτερη θαλάσσια περιοχή της Θεσπρωτίας (Εικόνα 1). Η δειγματοληψία γίνονταν σε μηνιαία βάση ή και συχνότερα, όποτε κρίνονταν απαραίτητο, λαμβάνοντας δείγματα νερού από δύο διαφορετικά σημεία εντός της μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας (αρχή και τέλος μονάδας). Το κάθε δείγμα νερού, όγκου 2L, αποτελείτο από ομογενοποίηση δύο επιμέρους δειγμάτων της στήλης του νερού (μέση και πυθμένας) με τη χρήση δειγματολήπτη τύπου Niskin bottle. Στη συνέχεια, όγκος νερού 1L από το κάθε δείγμα διηθούνταν σε φίλτρο Sterivex GV 0,22 μm, το οποίο διατηρούνταν σε ξηρό πάγο, κατά τη μεταφορά στο εργαστήριο και στη συνέχεια αποθηκεύονταν στους -80 °C, μέχρι την ανάλυση.

Για την απομόνωση των νουκλεϊκών οξέων από τη μεμβράνη του φίλτρου χρησιμοποιήθηκε το εμπορικό Kit ZymoBIOMICS DNA Miniprep Kit (ZYMO RESEARCH, Irvine, CA, USA), σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή. Για τον προσδιορισμό της βακτηριακής ποικιλότητας κατασκευάστηκαν βιβλιοθήκες με τις υπερμεταβλητές περιοχές V3 – V4 του γονιδίου του 16S rRNA, σύμφωνα με το πρωτόκολλο της Illumina "16S Metagenomic Sequencing Library Preparation" (15044223 B). Η αλληλούχηση των βιβλιοθηκών πραγματοποιήθηκε στο σύστημα MiSeq της εταιρίας Illumina, χρησιμοποιώντας το MiSeq reagent kit v3 (2 × 300 κύκλοι) (Illumina Inc. San Diego, CA, USA).

Η επεξεργασία των αλληλουχιών που παρήχθησαν για τα βακτηριακά είδη πραγματοποιήθηκε χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα QIIME2 (Quantitative Insights Into Microbial Ecology 2) (Bolyen *et al.* 2019). Για την αποτίμηση του βακτηριακού προφίλ των υδάτων των ιχθυοκαλλιεργειών χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος denoising με τον αλγόριθμο DADA2 (Divisive Amplicon Denoising Algorithm) (Callahan *et al.* 2020) και παρήχθησαν τα ASVs (Amplicon Sequence Variants), δηλαδή οι πραγματικές βιολογικές αλληλουχίες που αλληλουχήθηκαν σε κάθε δείγμα. Τα ASVs που προέκυψαν στοιχήθηκαν έναντι της βάσης δεδομένων SILVA (έκδοση 132) και αντιστοιχήθηκαν μέχρι και το επίπεδο του είδους (όπου αυτό ήταν εφικτό) για το κάθε δείγμα νερού.




**Εικόνα 1.** Χάρτης της θαλάσσιας περιοχής της Θεσπρωτίας με τις θέσεις δειγματοληψίας (Μπαστιά, Σκάλωμα, Λωρίδα, Θέση Ελέγχου).

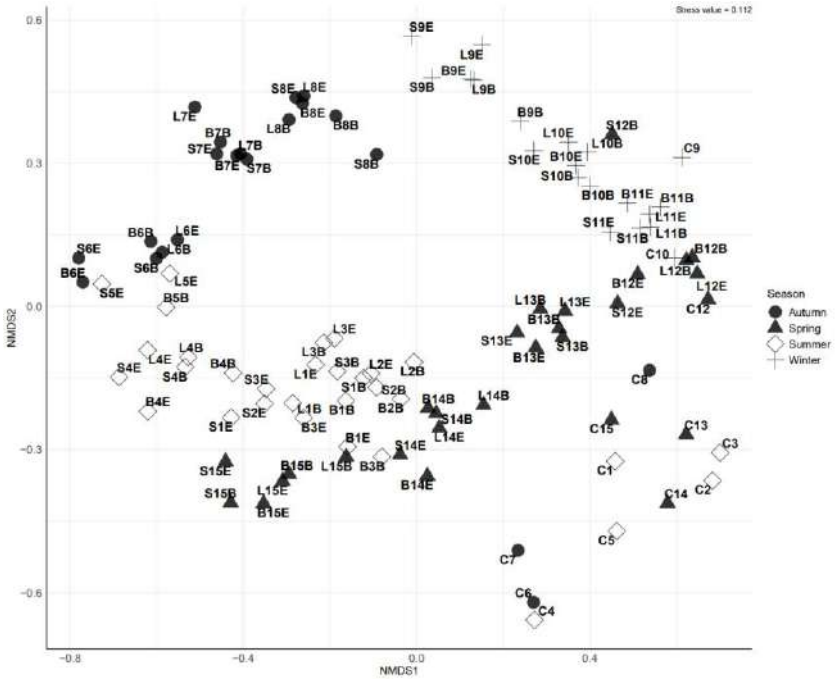
**Figure 1.** Map of the sampling stations in the sea area of Thesprotia, Ionian Sea, Western Greece (Bastia, Skaloma, Lorida, Control location).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Από την αλληλούχηση των 100 βιβλιοθηκών παρήχθησαν συνολικά 5.923.000 αλληλουχίες συζευγμένων άκρων. Από αυτές, με βάση τα κριτήρια που τέθηκαν για την εκτίμηση της ποιότητας των αλληλουχιών και του αποκλεισμού των αλληλουχιών που δεν τα πληρούσαν, παρέμειναν 4.247.613 αλληλουχίες για ταξινομική αντιστοίχιση, οι οποίες αντιστοιχήθηκαν σε 2.739 ASVs.

Από το σύνολο των 100 δειγμάτων νερού ανιχνεύτηκαν 419 διαφορετικά βακτηριακά είδη προερχόμενα από 482 διαφορετικά γένη και 261 διαφορετικές οικογένειες. Η ανάλυση σε επίπεδο α-ποικιλότητας φανέρωσε την κατά μέσο όρο αυξημένη ποικιλότητα βακτηριακών ειδών στα δείγματα της θέσης ελέγχου συγκριτικά με τα δείγματα των ιχθυοκαλλιεργειών. Επιπλέον, παρατηρήθηκε ότι τα δείγματα που συλλέχθηκαν από τις μονάδες, κατά την περίοδο του Χειμώνα, παρουσίασαν μεγαλύτερο αριθμό βακτηριακών ειδών συγκριτικά με τα δείγματα που συλλέχθηκαν τις άλλες περιόδους του έτους.

Σύμφωνα με την Μη-μετρική Πολυδιάστατη Κλιμακοποίηση (Non-Metric Multidimensional Scaling – NMDS) (Εικόνα 2), λαμβάνοντας υπόψη τη γενετική συγγένεια του βακτηριακού φορτίου των δειγμάτων, προκύπτει μια σαφής εποχική διαφοροποίηση, όπου τα δείγματα της θέσης ελέγχου ομαδοποιούνται διαφορετικά από τα δείγματα των μονάδων ιχθυοκαλλιεργειών. Από τα αποτελέσματα, καθίσταται εμφανές ότι η κατανομή των βακτηρίων στη διάρκεια του χρόνου ακολουθεί ένα κυκλικό πρότυπο διαδοχής από τη μία εποχή στην επόμενη.




**Εικόνα 2.** Μη-μετρική Πολυδιάστατη Κλιμακοποίηση του βακτηριακού φορτίου στα δείγματα των υδάτων των ιχθυοκαλλιεργειών στη διάρκεια του χρόνου (όπου B: Μπαστιά, S: Σκάλωμα, L: Λωρίδα, C: Θέση Ελέγχου, η αρίθμηση δηλώνει τη δειγματοληψία, B: θέση δείγματος εντός της μονάδας – Αρχή, B: θέση δείγματος εντός της μονάδας – Τέλος).

**Figure 2.** Non-Metric Multidimensional Scaling analysis of bacterial communities in aquaculture waters, analyzed throughout a year (B: Bastia, S: Skaloma, L: Lorida, C: Control, the number indicates the sampling period, B: sampling point inside the fish farm – Beginning, E: sampling point inside the fish farm – End).

Σε επίπεδο ταξινόμησης Φύλου, η πλειοψηφία των βακτηρίων που ταυτοποιήθηκαν ανήκουν στα Proteobacteria ακολουθούμενη από τα Bacteroidota και Cyanobacteria. Ειδικότερα, σε επίπεδο Οικογένειας παρατηρείται ότι η αφθονία των ειδών της Οικογένειας *Flavobacteriaceae* μειώνεται από τον Ιανουάριο 2021 έως τον Μάρτιο 2021, ενώ στη συνέχεια αυξάνεται απότομα τον Απρίλιο 2021. Επιπλέον, παρατηρείται πως τα μέλη της οικογένειας *Rhodobacteraceae* χαρακτηρίζονται από υψηλότερα ποσοστά αφθονίας τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες, ενώ κατά τους χειμερινούς μήνες η αφθονία της μειώνεται αρκετά (Δεκέμβριος 2021 – Μάρτιος 2021). Εποχικές αλλαγές στη σχετική αφθονία των βακτηρίων των δύο παραπάνω οικογενειών παρατηρήθηκαν και σε

αντίστοιχη έρευνα των εποχικών μεταβολών του μικροβιώματος σε ιχθυοκαλλιέργεια λαβρακιού στις ακτές της Αδριατικής θάλασσας (Kolda *et al.* 2020).

Η συσχέτιση των αποτελεσμάτων της παρούσας εργασίας με βάσεις δεδομένων παθογόνων βακτηρίων (https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pathogens/organisms/, https://www6.inrae.fr/cirm_eng/Pathogenic-Bacteria, https://globalrph.com/bacteria/) έδειξε την παρουσία δυνητικά παθογόνων ειδών από τα γένη *Pseudomonas* και *Vibrio*, σε πολύ χαμηλά ποσοστά, με υψηλότερη εμφάνιση τους καλοκαιρινούς και φθινοπωρινούς μήνες, όπου παρατηρούνται και οι περισσότερες ασθένειες στα ψάρια. Η εμφάνιση των ασθενειών που οφείλονται στους παραπάνω παθογόνους μικροοργανισμούς φαίνεται να σχετίζεται με την αύξηση της θερμοκρασίας του νερού (Cascarano *et al.* 2021). Επομένως, η παρουσία τους, έστω και σε χαμηλά ποσοστά, χρήζει περεταίρω διερεύνησης, με ανάλυση στοχευμένων περιοχών του γονιδιώματος των εκάστοτε επιλεγμένων παθογόνων βακτηρίων. Τα αποτελέσματα της έρευνας δείχνουν ισχυρή συσχέτιση της βακτηριακής κοινότητας των ιχθυοκαλλιεργειών με την εποχή του έτους και υπάρχουν ενδείξεις ότι εντός της μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας δεν παρατηρούνται διαφοροποιήσεις στη βακτηριακή σύσταση των εκάστοτε πληθυσμών. Η εφαρμογή της 16S rRNA μεταγονιδιωματικής ανάλυσης για την ταυτοποίηση των διαφόρων βακτηριακών ειδών, που αναπτύσσονται στις ιχθυοκαλλιέργειες, αποτελεί ένα ισχυρό εργαλείο για τον έγκαιρο εντοπισμό παθογόνων ειδών στην εκτροφή και την ανάπτυξη στρατηγικών ελέγχου των ασθενειών στα συστήματα υδατοκαλλιεργειών.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο του προγράμματος “PROGNOSIS – Συσχέτιση αβιοτικών και βιοτικών παραγόντων για την ανάπτυξη μοντέλου πρόγνωσης των νοσημάτων σε μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας” (ΟΠΣ/MIS 5032517), που χρηματοδοτήθηκε από το Ε.Π.ΑΛ.Θ. (ΕΣΠΑ 2014-2020).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Avarre J-C (2020) Next-generation sequencing: a revolution in the field of fish diseases. Bulletin- European Association of Fish Pathologists 40: 62-69.

Bolyen, E, Rideout JR, Dillon MR, Bokulich NA, Abnet CC, Al-Ghalith GA, Alexander H, Alm EJ, Arumugam M, Asnicar F, Bai Y, Bisanz JE, Bittinger K, Brejnrod A, Brislawn CJ, Brown CT, Callahan BJ, Caraballo-Rodríguez AM, Chase J, … Caporaso JG (2019) Reproducible, interactive, scalable and extensible microbiome data science using QIIME 2. Nature Biotechnology 37(8): 852–857.

Callahan BJ, McMurdie PJ, Rose, MJ, Han AW, Johnson AJA, Holmes SP (2020) DADA2: High-resolution sample inference from Illumina amplicon data. Nature Methods 13(7): 581–583.

Caporaso JG, Lauber CL, Walters WA, Berg-Lyons D, Lozupone CA, Turnbaugh PJ, Fierer N, Knight R (2011) Global patterns of 16S rRNA diversity at a depth of millions of sequences per sample. PNAS 108(2011): 4516-4522.

Cascarano M, Stavrakidis-Zachou O, Mladineo I, Thompson K, Papandroulakis N, Katharios P (2021) Mediterranean Aquaculture in a Changing Climate: Temperature Effects on Pathogens and Diseases of Three Farmed Fish Species. Pathogens 10(9): 1205.

Cruaud P, Vigneron A, Fradette MS, Charette SJ, Rodriguez MJ, Dorea CC, Culley AI (2017) Open the Sterivex™ casing: An easy and effective way to improve DNA extraction yields. Limnology and Oceanography Methods 15(12): 1015-1020.

FAO (2020) The State of World Fisheries and Aquaculture 2020. Sustainability in action. Rome.

Kolda A, Gavrilović A, Jug-Dujaković J, Ljubešić Z, El-Matbouli M, Lillehaug A, Lončarević S, Perić L, Knežević Lušić DV, Kapetanović D (2020) Profiling of bacterial assemblages in the marine cage farm environment, with implications on fish, human and ecosystem health. Ecological Indicators 118: 106785.

Lafferty K, Harvell C, Conrad J, Friedman C, Kent M, Kuris A, Powell E, Rondeau D, Saksida S (2014) Infectious Diseases Affect Marine Fisheries and Aquaculture Economics. Annual review of marine science 7: 471-496.

Nisiotou A, Parlapani FF, Kormas K, Boziaris IS (2014) Old targets, new weapons: food microbial communities revealed with molecular tools. In: Boziaris IS (eds) Novel Food Preservation and Microbial Assessment Techniques. Taylor & Francis, CRC Press, p. 277-312.

# Προκαταρκτικά αποτελέσματα εμπορικής διακίνησης ενός νέου προϊόντος διθύρου: το μη αυτόχθονο στρειδόκτενο *Pinctata imbricata radiata*

**Δημήτριος Κ. Μουτόπουλος[1], Βασίλειος Μηνασίδης[1], Αθηνά Ζίου[1], Αλεξάνδρα Σ. Δουληγέρη[1], Γεώργιος Κατσέλης[1], Ορέστης Αναγνόπουλος[2], Νίκος Μπουρδανιώτης[2], Ιωάννης Α. Θεοδώρου[1]**

[1]Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, dmoutopo@upatras.gr, vasileios.minasidis@upatras.gr, athinaziou@gmail.com, alexandra.douligeri@gmail.com, gkatselis@upatras.gr, jtheo@upatras.gr
[2]APC Συμβουλευτική Προχωρημένου Σχεδιασμού SA (APC S.A.), Σόλωνος 14, Αθήνα, 10673, Ελλάδα, nbourdaniotis@apc.gr, oanagnopoulos@apc.gr

## ABSTRACT

**Dimitrios K. Moutopoulos, Vasileios Minasidis, Athina Ziou, Alexandra S. Douligeri, George Katselis, Orestis Anagnopoulos, Nikos Bourdaniotis, John A. Theodorou: Preliminary results of the commercial distribution of a new bivalve product: the non-indigenous Pearl Oyster *Pinctata imbricata radiata***

Few studies have focused on bivalves in terms of market reactions to food processing and food safety labelling, whereas much less is known about consumer demand for bivalve products in the Mediterranean, and in particular for wild bivalves. The present study aims to investigate, for the first time, the marketing distribution towards a new edible shellfish product that of the non-indigenous pearl oyster *Pinctada imbricata radiata* in the Greek shellfish market. The survey was conducted through personal interviews on representatives of the supply chain (shellfish, wholesalers, fishmongers, restaurants, etc.) during 2021. Results revealed that employers considered as a priority of packaging the “fresh live oysters”, whereas at the second and third preference stated the “fresh live in a net” and the “fresh live in a vacuum”. The vast majority of the participants also confirmed that the packaging material would be useful to be transparent and glassy. The present findings will aid decision-makers in production planning and, as a result, encourage bivalve consumption in the Greek shellfish market toward a more sustainable supply chain. This would bridge the gap among producers and consumers by promoting the vertical integration of the supply chain.

**Keywords:** Non-indigenous species, Seafood market, Mediterranean

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα δίθυρα αποτελούν κάτι παραπάνω από μία υγιεινή πηγή τροφής, καθώς εκτελούν επίσης οικοσυστημικές λειτουργίες, όπως το φιλτράρισμα του νερού (Kecinski et al. 2017). Λίγες είναι οι μελέτες που έχουν επικεντρωθεί στην επεξεργασία και τη σήμανση των δίθυρων στη Μεσόγειο (Bruner et al. 2014; Li et al. 2017), ενώ ειδικότερα στην Ελλάδα, μελέτες σχετικά με τη ζήτηση των καταναλωτών για προϊόντα δίθυρων, είχαν διεξαχθεί μόνο μια φορά πριν από δύο δεκαετίες (Batzios et al. 2003). Παρά την παρουσία ποικίλων ειδών δίθυρων στις ελληνικές θάλασσες, η κατανάλωσή τους είναι περιορισμένη σε εξειδικευμένα εστιατόρια θαλασσινών και τοπικά μπαρ που προσφέρουν μεζέ τύπου “tapas” (Katsanevakis et al. 2011), καθώς τα δίθυρα δε θεωρούνται “ασφαλή” θαλασσινά (van Houcke et al. 2017), λόγω παλαιότερων περιστατικών δηλητηρίασης από οστρακοειδή. Η πλειονότητα της ελληνικής παραγωγής οστρακοειδών εξάγεται στις ευρωπαϊκές αγορές, κυρίως στην Ιταλία και τη Γαλλία, ενώ τα προϊόντα που δεν εξάγονται διανέμονται τοπικά σε μικρό αριθμό εστιατορίων και ιχθυοπωλείων (Moutopoulos et al. 2022). Η ζήτηση για προϊόντα οστρακοειδών στην Ελλάδα δεν έχει αυξηθεί και η κατά κεφαλήν κατανάλωση θαλασσινών της χώρας παραμένει χαμηλή (σχεδόν 5%: Theodorou et al. 2019), ποσοστό μικρότερο από τον ευρωπαϊκό μέσο όρο (Moutopoulos et al. 2022). Η παρούσα μελέτη στοχεύει στην διερεύνηση της εμπορικής διανομής, ενός βρώσιμου νέου προϊόντος οστρακοειδούς, του μη-αυτόχθονου στρειδόκτενου *Pinctada imbricata radiata*, Leach 1814 στην ελληνική αγορά οστρακοειδών.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Η έρευνα διεξήχθη σε εκπροσώπους της αλυσίδας εφοδιασμού (χονδρέμπορους, ιχθυοπώλες, εστιατόρια, κ.λπ.) το 2021 μέσω προσωπικών συνεντεύξεων. Το ερωτηματολόγιο αποτελούταν από δύο

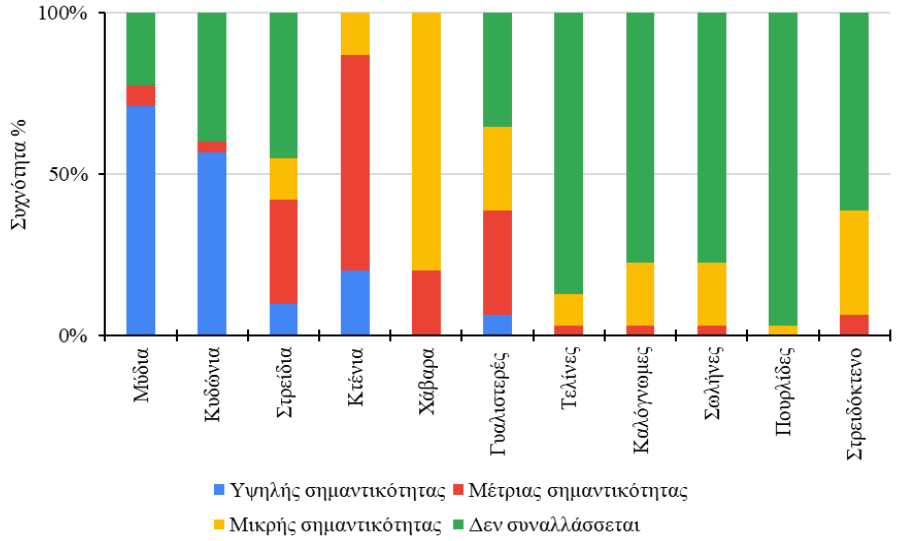
ενότητες. Η πρώτη ενότητα περιλάμβανε 32 ερωτήσεις, οι οποίες κάλυπταν την εμπειρία των εκπροσώπων της αλυσίδας εφοδιασμού, σχετικά με την εμπορική ζήτηση οστρακοειδών, την εποχικότητα της ζήτησης, τους τύπους προτιμήσεων, τα προβλήματα και τις προοπτικές του χώρου εργασίας. Στην παρούσα μελέτη δόθηκε ιδιαίτερη προσοχή σε ερωτήματα που εστιάζουν στην προοπτική προώθησης νέων προϊόντων οστρακοειδών, ιδιαίτερα των στρειδιών, όπως το στρειδόκτενο. Η δεύτερη ενότητα περιελάμβανε τα δημογραφικά χαρακτηριστικά των εκπροσώπων που μετείχαν στη συνέντευξη και συγκεκριμένα συγκεντρώθηκαν πληροφορίες για επτά δημογραφικά και κοινωνικοοικονομικά χαρακτηριστικά, δηλαδή το φύλο, την ηλικία, την επαγγελματική εμπειρία, το επίπεδο εκπαίδευσης, τον τόπο διαμονής, τον αριθμό των εργαζόμενων, τον τύπο και το νομικό καθεστώς της επιχείρησης.

Από τις πληροφορίες που συλλέχθηκαν, υπολογίστηκε η συχνότητα των προτιμήσεων σε όλο το δείγμα, σε επίπεδο ανεξάρτητων μεταβλητών που αναφέρθηκαν παραπάνω, για την παρουσίαση τους επιλέχθηκε η μέθοδος των πινάκων συσχέτισης, αλλά και της διαγραμματικής παρουσίασης. Παράλληλα πραγματοποιήθηκε τεστ ανεξαρτησίας με την κατανομή $\chi^2$ (Λόγος πιθανότητας $\chi^2$), για κάθε μία από τις ερωτήσεις προτίμησης και σε σχέση με τις ανεξάρτητες μεταβλητές κατάταξης των ερωτηθέντων (Zar 2010). Στις περιπτώσεις στατιστικής σημαντικότητας, έγινε ανάλυση των "προσαρμοσμένων τυποποιημένων καταλοίπων" (Adjusted Standardized Residuals), των θεωρητικών ως προς τις εκτιμώμενες συχνότητες που αφορούν στις προτιμήσεις των καταναλωτών (Zar 2010). Όλες οι αναλύσεις έγιναν με το στατιστικό πακέτο BM SPSS Statistics 27.0.1.0 (2020).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

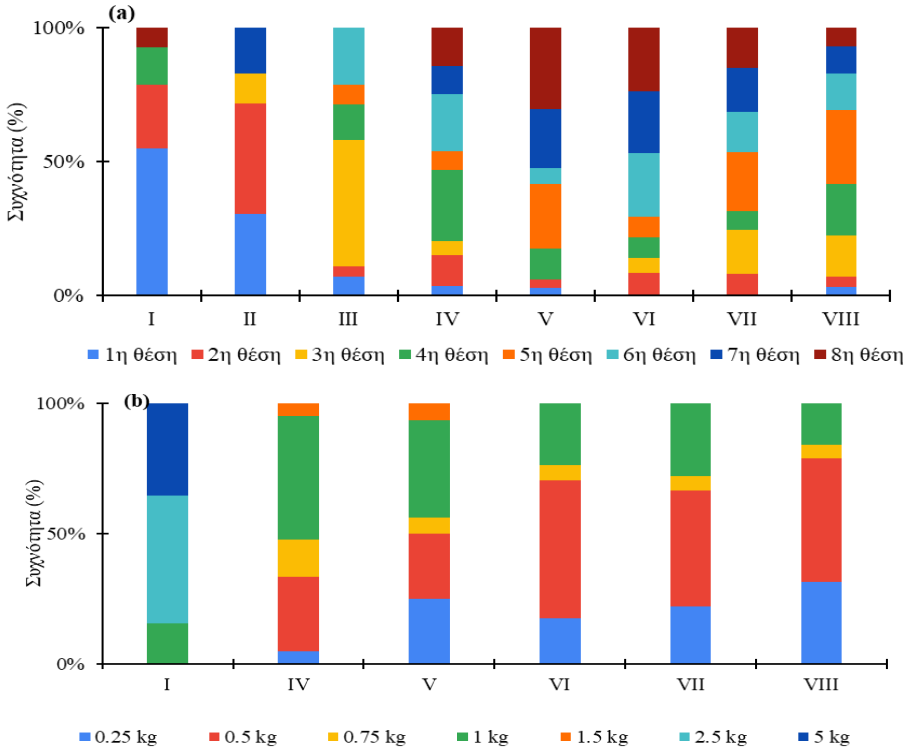
Στην έρευνα συμμετείχαν 31 εκπρόσωποι της αλυσίδας εφοδιασμού, εκ των οποίων το 77% ήταν άνδρες ηλικίας από 32 έως 61 ετών (μέση ηλικία 45,9 ετών με τυπική απόκλιση 6,8 έτη) και οι υπόλοιποι ήταν γυναίκες (23%) ηλικίας από 40 έως 66 ετών (μέση ηλικία 50,8 ετών με τυπική απόκλιση 9,2 έτη). Περισσότεροι από τους μισούς (20), δήλωσαν ότι ήταν απόφοιτοι Λυκείου, ενώ οι υπόλοιποι ήταν απόφοιτοι ανώτερων (26%) ή ιδιωτικών (10%) σχολών. Ο τύπος της επιχείρησης στις 25 από τις 31 επιχειρήσεις αφορούσε στην εστίαση (εστιατόρια, ταβέρνες, μπαρ-καφέ και ουζερί), ενώ οι υπόλοιπες ήταν ιχθυοπωλεία και επιχειρήσεις μεταποίησης και διανομής οστρακοειδών. Η επαγγελματική εμπειρία των ατόμων που συμμετείχαν στην έρευνα, κυμαίνονταν από 6 έως 40 έτη (μέσος όρος 18,7 έτη με τυπική απόκλιση 9,6 έτη). Πάνω από τα 4/5 των συμμετεχόντων προέρχονταν από τον Βόλο (26,9%), την Εύβοια και την Αττική (23,1% αμφότερες) και σε μικρότερο βαθμό από την Ηγουμενίτσα και τη Φθιώτιδα (7,7%), ενώ οι υπόλοιπες περιοχές συνεισέφεραν σε ποσοστό μικρότερο από το 5%. Τα είδη που διακινούνται σε μεγαλύτερο βαθμό ήταν τα μύδια (71,0%) (Εικόνα 1), ακολουθούμενα από τα κυδώνια (56,7%). Αντίθετα δεν πραγματοποιούνται εμπορικές συναλλαγές για τις πουρλίδες (96,8%), τις τελίνες (87,1%), τις καλόγνωμες (77,4%) και τους σωλήνες (77,4%) (Εικόνα 1). Σχεδόν τα δύο τρίτα των εκπροσώπων δεν εμπορεύονταν το στρειδόκτενο, ενώ το ένα τρίτο έδινε περιορισμένη σημασία (Εικόνα 1).

Περισσότεροι από τους μισούς ερωτηθέντες (54%) κατέταξαν ως πρώτα, μεταξύ 8 προτεινόμενων προϊόντων (Εικόνα 2α), τα φρέσκα ζωντανά στρείδια, ενώ ως δεύτερη και τρίτη προτίμηση οι συμμετέχοντες δήλωσαν το φρέσκο ζωντανό σε δίχτυ και τα φρέσκα ζωντανά στρείδια σε κενό αέρος (38% και 47%, αντίστοιχα). Λιγότερο επιθυμητά προϊόντα ήταν τα αποκελυφωμένα κατεψυγμένα ή καπνιστά στρείδια σε βάζο, ενώ τελευταία στην κατάταξη των προτεινόμενων προϊόντων ήταν τα στρείδια αποκελυφωμένα σε βάζο με άλμη ή η τοποθέτησή τους σε βάζο με ελαιόλαδο και ρίγανη ή σε παναρισμένα κομμάτια (nuggets). Όσον αφορά στις προτεινόμενες ποσότητες που θα περιείχαν οι παραπάνω συσκευασίες, κυμαίνονταν κυρίως (80%) μεταξύ 1,0 και 2,5 kg (εικόνα 2β), ενώ στις συσκευασίες σε τεμάχια, η γκάμα των τεμαχίων κυμαίνονταν από 6 έως 16 τεμάχια στρειδιών (δε φαίνεται σε εικόνα). Η συντριπτική πλειοψηφία (84%) των ερωτηθέντων συμφώνησε ότι το υλικό συσκευασίας θα ήταν χρήσιμο να είναι διαφανές και γυάλινο (71%).




**Εικόνα 1.** Συχνότητα της σειράς σπουδαιότητας των ειδών οστρακοειδών που παρέχονται από τους εκπροσώπους της αλυσίδας εφοδιασμού.

**Figure 1.** Frequency of the order of importance of shellfish species supplied by the representatives of the supply chain.




**Εικόνα 2.** Συχνότητα: (α) προτίμησης συσκευασίας και (β) συνιστώμενη ποσότητα φρέσκου προιόντος στρειδόκτενου. I: Φρέσκα ζωντανά και χύμα, II: Φρέσκα ζωντανά και συσκευασμένα σε δίχτυ, III: Φρέσκα ζωντανά σε κενό αέρος, IV: Αποκελυφωμένα και κατεψυγμένα, V: Αποκελυφωμένα και παναρισμένα nuggets, VI: Αποκελυφωμένα σε βάζο με άλμη, VII: Αποκελυφωμένα σε βάζο με ελαιόλαδο και ρίγανη, VIII: Αποκελυφωμένα και καπνιστά σε βάζο.

**Figure 2.** Frequency of: (a) of packaging preference and (b) recommended quantity of Pearl Oyster fresh product. I: Fresh alive and in bulk; II: Fresh alive, packed in net; III: Fresh alive in Vacuum; IV: Without shell, frozen; V: Without shell breaded nuggets; VI: Without shell in jar with brine; VII: Without shell in jar with olive oil and oregano; VIII: Without shell, smoked in jar.

Η χωρική επέκταση των μη-αυτόχθονων ειδών ωθεί τους καταναλωτές να αναζητούν όλο και πιο έγκυρα μέτρα για τη διασφάλιση της υγιεινής και της ποιότητας των προϊόντων που καταναλώνουν. Η παρούσα μελέτη στοχεύει σε μια πρώτη σκιαγράφηση σχετικά με τα καταναλωτικά πρότυπα στρειδιών από τους Έλληνες καταναλωτές, μέσα από τους εκπροσώπους διακίνησης οστρακοειδών και των ιδιοκτητών εστιατορίων. Η διερεύνηση νέων προτύπων διανομής θα ευνοήσει τη σταθερότητα της αγοράς προκειμένου να εξισορροπηθεί η προσφορά και η ζήτηση των αλιευτικών προϊόντων. Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι οι εργοδότες της αλυσίδας εφοδιασμού προϊόντων οστρακοειδών θεωρούν ως προτεραιότητα τη συσκευασία των φρέσκων ζωντανών στρειδόκτενων, ενώ ως δεύτερη και τρίτη προτίμηση δήλωσαν τα φρέσκα ζωντανά στρείδια σε δίχτυ και τα φρέσκα ζωντανά σε κενό αέρα. Αυτό συμφωνεί με παρόμοιες μελέτες, στις οποίες το προτιμότερο προϊόν είναι τα φρέσκα στρείδια με μισό κέλυφος (Li et al. 2017). Η συντριπτική πλειοψηφία των συμμετεχόντων σε αυτή τη μελέτη συμφώνησε ότι το υλικό συσκευασίας θα ήταν χρήσιμο να είναι διαφανές και γυάλινο. Τα στρείδια σε κενό αέρα ολόκληρα ή με μισό κέλυφος είναι νέες μορφές συσκευασίας που είναι ήδη διαθέσιμες σε διεθνείς αγορές θαλασσινών, όπως οι ΗΠΑ (Bruner et al. 2014), αλλά σχεδόν απουσιάζουν στην ευρωπαϊκή αγορά. Τόσο τα στρείδια συσκευασμένα ολόκληρα σε κενό αέρα και τα στρείδια με μισό κέλυφος είναι έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα καθώς είναι ήδη ανοιγμένα. Τα στρείδια συσκευασμένα ολόκληρα σε κενό αέρα διατηρούν και τα δύο κελύφη μαζί, μοιάζοντας πολύ με τα κλειστά στρείδια, ενώ τα στρείδια με μισό κέλυφος πωλούνται μόνο με ένα κέλυφος και το βρώσιμο μέρος είναι ευδιάκριτο. Η περιγραφή της δομής των πτυχών της εμπορίας των βρώσιμων στρειδιών στην Ελλάδα, μπορεί να βοηθήσει τους υπεύθυνους οργάνωσης να διευκολύνουν τη μετάβαση προς μια πιο βιώσιμη αλυσίδα εφοδιασμού. Σε μια μελλοντική προοπτική, και με ένα πιο χωρικά εκτεταμένο δείγμα, η έρευνα θα βοηθήσει τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής να επεκτείνουν και να υποστηρίξουν την ανάπτυξη προγραμμάτων αγοράς δίθυρων σε ολόκληρη τη χώρα, προωθώντας έτσι την κατανάλωσή τους. Αυτό θα γεφυρώσει το χάσμα μεταξύ παραγωγών, πωλητών και καταναλωτών προωθώντας την κάθετη ολοκλήρωση της εφοδιαστικής αλυσίδας.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Αυτή η έρευνα ήταν μέρος του έργου «Εμπορική εκμετάλλευση του στρειδόκτενου *Pinctada imbricata radiata*, με προστιθέμενη αξία μέσω της ανάπτυξης μεταποιημένων προϊόντων» (Κωδικός MIS: 5010850), που χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα Αλιείας ΕΕ-Ελλάδας «Καινοτομία στην Αλιεία», ΕΠΑΛ 2014-2020.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Batzios C, Angelidis P, Moutopoulos DK, Anastasiadou C, Chrisopolitou V (2003) Consumer attitude towards shellfish in the Greek market: A pilot study. Mediterranean Marine Science, 4: 155–174.

Bruner DM, Huth WL, McEvoy DM, Morgan OA (2014) Consumer Valuation of Food Safety: The Case of Postharvest Processed Oysters. Agricultural and Resource Economics Review, 43: 300–318.

Katsanevakis S, Poursanidis D, Issaris Y, Panou A, Petza D, Vassilopoulou V, Chaldaiou I, Sini M (2011) Protected marine shelled molluscs: Thriving in Greek seafood restaurants. Mediterranean Marine Science, 12: 429–438.

Kecinski M, Messer KD, Knapp L, Shirazi Y (2017) Consumer Preferences for Oyster Attributes: Field Experiments on Brand, Locality, and Growing Method. Agricultural and Resource Economics Review, 46: 315–337.

Li T, Kecinski M, Messer KD (2017) Heterogeneous Preferences for Oysters: Evidence from Field Experiments. Agricultural and Resource Economics Review, 46: 296–314.

Moutopoulos DK, Minasidis V, Ziou A, Douligeri AS, Katselis G, Theodorou JA (2022) Investigating the Acceptance of a New Bivalve Product in the Greek Shellfish Market: The Non-Indigenous Pearl Oyster Pinctada imbricata radiata. Journal of Marine Science and Engineering, 10: 251.

SPSS. SPSS BASE 27.0.1.0. (2020) Applications Guide; SPSS Inc.: Chicago, IL, USA.

Theodorou JA, Perdikaris C, Spinos E (2019) On the occurrence of rayed pearl oyster Pinctada imbricata radiata (Leach, 1814) in Western Greece (Ionian Sea) and its biofouling potential. Biharean Biologist, 13: e181204.

van Houcke J, Altintzoglou T, Linssen J, Luten J (2017) Quality perception, purchase intention, and the impact of information on the evaluation of refined Pacific cupped oysters (Crassostrea gigas) by Dutch consumers. Journal of the Science of Food and Agriculture, 98: 4778–4785.
Zar JH (2010). Biostatistical Analysis. 5th Edition, Prentice-Hall/Pearson, Upper Saddle River, xiii, 944 p.

# Πιλοτική καλλιέργεια του χλωροφύκους *Chlorella vulgaris* σε Φωτοβιοαντιδραστήρα (ΦΒΑ) τύπου "καταρράκτη λεπτής στοιβάδας", με τη χρήση τεχνολογίας μικρο-φυσαλίδων. Πρώτα αποτελέσματα

**Απόστολος Παπαδημητρίου, Μελπομένη-Σοφία Μέντε, Σωτήρης Ορφανίδης**
Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝΑΛΕ, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ), 640 07 Νέα Πέραμος Καβάλα- apostolispap@inale.gr; melpo.mente@gmail.com; sorfanid@inale.gr

## ABSTRACT

**Apostolos Papadimitriou, Melpomeni-Sofia Mente, Sotiris Orfanidis: Pilot cultivation of *Chlorella vulgaris* in a "thin layer cascade" Photobioreactor (PBR), using micro-bubble technology. First results.** *Chlorella vulgaris* is one of the most intensively studied freshwater green algae as it's a good source of proteins, lipids, vitamins, minerals, and antioxidants. This study aimed to investigate the growth and photosynthetic pigments of the microalga *C. vulgaris* in an innovative low-cost "semi-closed-cascade" photo-bioreactor (PBR) of 12 $m^2$ for eight days. Critical environmental parameters such as photosynthetic active radiation (PAR), temperature, and pH have been monitored. To balance evaporation and pH, freshwater with $CO_2$ micro-bubbles was continuously added. *Chlorella vulgaris* constantly grew 74% $day^{-1}$ during the experiment and reached 0.7 g DB $l^{-1}$, corresponding to 9.3 g DB $m^{-2}$. Chlorophyll-*a* reached a maximum of 9.27 mg $ml^{-1}$, while carotenoids reached 3 mg $ml^{-1}$ at the end of the experiment. These first results were promising for developing new growth technology of *C. chlorella* in algal biotechnology.

**Keywords:** Green algae, relative growth rate, dry biomass, photo-pigments.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Είναι γνωστή η χρήση των μικροφυκών στην υδατοκαλλιέργεια- ιχθυοκαλλιέργεια, καθώς αποτελούν βάση του τροφικού πλέγματος στο υδάτινο περιβάλλον (φυτοπλαγκτόν-ζωοπλαγκτόν-ιχθυονύμφες). Τα τελευταία χρόνια η χρήση τους έχει επεκταθεί στην ανθρώπινη διατροφή, τις ζωοτροφές, την ιατρική, την φαρμακευτική και την παραγωγή βιοκαυσίμων. Δύο βασικές προσεγγίσεις στη μαζική παραγωγή χρησιμοποιούνται: α) η καλλιέργεια σε ανοιχτό χώρο μέσα σε δεξαμενές (με άμεση επαφή της καλλιέργειας μικροφυκών με το περιβάλλον), β) η καλλιέργεια σε κλειστά ή ημίκλειστα δοχεία—φωτοβιοαντιδραστήρες (ΦΒΑ). Η παραγωγικότητα στα ανοιχτά συστήματα είναι συνήθως χαμηλή, ~ 1 g $m^{-2}$ ημέρα$^{-1}$ ξηρής βιομάζας (ΞΒ), ενώ είναι μεγάλες οι απαιτήσεις σε έκταση και χώρο. Αντίθετα σε κλειστούς ή ημίκλειστους ΦΒΑ έχει καταγραφεί υψηλή παραγωγικότητα, σε μικρής έκτασης εγκαταστάσεις (Grobbelaar 2009). Μειονέκτημα και των δύο προσεγγίσεων θεωρείται η απώλεια νερού λόγω της εξάτμισης, οι επιμολύνσεις λόγω της επαφής του εναιωρήματος με το περιβάλλον, καθώς και το κόστος της προσθήκης $CO_2$. Στην κατεύθυνση να καταστεί η παραγόμενη βιομάζα μικροφυκών οικονομικά ανταγωνιστική και βιώσιμη, είτε για τρόφιμα είτε για βιοκαύσιμα, το λειτουργικό κόστος, πρέπει να μειωθεί σημαντικά (Zittelli *et al.* 2013).

Ο ΦΒΑ τύπου "καταρράκτης λεπτής στοιβάδας" (thin layer cascade) αναπτύχθηκε αρχικά στο Třeboň της Τσεχίας τη δεκαετία του εβδομήντα (Šetlík 1970). Αποτελείται από επίπεδη, κεκλιμένη επιφάνεια, εκτεθειμένη στο ηλιακό φως, πάνω από την οποία ρέει μέσω της βαρύτητας το εναιώρημα των μικροφυκών, σε στρώμα πάχους <1cm, το οποίο και συγκεντρώνεται στη δεξαμενή «συγκράτησης», μέχρι την επανακυκλοφορία του. Κάτω από βέλτιστες συνθήκες καλλιέργειας, η αύξηση του μήκους της κεκλιμένης επιφάνειας και της γωνίας κλίσης αυξάνει την πυκνότητα και την παραγωγή των μικροφυκών μέχρι 55 g ΞΒ $m^{-2}$, λόγω της αύξησης της φωτοσυνθετικής απόδοσης (Masojídek & Prášil 2010). Ένα από τα μικροφύκη που καλλιεργείται με επιτυχία στους ΦΒΑ τύπου "καταρράκτης λεπτής στοιβάδας" είναι το είδος *Chlorella vulgaris* Beijerinck με πλήθος βιοεχνολογικών εφαρμογών. Το συγκεκριμένο μικροφύκος προσέλκυσε το ενδιαφέρον των ερευνητών λόγω της υψηλής περιεκτικότητάς του σε πρωτεΐνη, από 42 έως 58% επί της ΞΒ του. Πέρα από τις πρωτεΐνες, η περιεκτικότητά του σε χρήσιμους πολυσακχαρίτες, αξιοποιήσιμα λίπη, βιταμίνες και χρωστικές το καθιστά τρόφιμο με υψηλή διατροφική αξία (Coronado-Reyes *et al.* 2020) και αντικαρκινικές, αντιβιοτικές, αντιβακτηριακές και ανοσοποιητικές ιδιοτήτες (Ahmad *et al.* 2020, Tabarsa *et al.* 2015). Επιπλέον, μπορεί να χρησιμοποιηθεί στην βιοεξυγίανση επιβαρυμένων υδάτων, όπως σε αστικά η βιομηχανικά λύματα, λόγω της ικανότητας για δέσμευση του διαλυμένου διοξειδίου του άνθρακα και θρεπτικών συστατικών όπως άζωτου και

φωσφόρου (Znad *et al.* 2018) αλλά και βαρέων μετάλλων (Dewi & Nuravivah 2018). Ένα άλλο μεγάλο κομμάτι έρευνας κατευθύνεται στην αξιοποίησή του ως 3ης γενιάς βιοκαύσιμο, λόγω της ικανότητας συσσώρευσης σημαντικής ποσότητας λιπαρών οξέων, κατάλληλων για παραγωγή βιοντίζελ (Safi *et al.* 2014).

Στον πιλοτικό ημίκλειστο ΦΒΑ τύπου "καταρράκτη λεπτής στοιβάδας" που κατασκευάστηκε στο ΙΝΑΛΕ για τις ανάγκες του πειράματος, για τη μείωση του λειτουργικού κόστους προσθήκης $CO_2$, εφαρμόστηκε σύστημα δημιουργίας και χρήσης μικρο-φυσαλίδων, με σκοπό τον εγκλωβισμό του $CO_2$ στην καλλιέργεια και την ελαχιστοποίηση διάχυσης του στην ατμόσφαιρα. Η αρχή δημιουργίας μικρο-φυσαλίδων έγκειται στη δυναμική ανάμιξη μιας υγρής και μιας αέριας φάσης, που έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός διαλύματος που περιέχει πληθώρα φυσαλίδων με μεγάλο εύρος διαμέτρου. Επιπλέον, για την αποφυγή επιμολύνσεων, αλλά και τη μείωση της εξάτμισης, τοποθετήθηκε στον ΦΒΑ ένα κάλυμμα προστασίας από Plexiglas (ημίκλειστος).

Στόχος αυτής της εργασίας ήταν η αξιολόγηση παραμέτρων της αύξησης και της φωτοσύνθεσης του είδους *C. vulgaris* στον ημίκλειστο ΦΒΑ τύπου "καταρράκτη λεπτής στοιβάδας", ο οποίος για τον εγκλωβισμό του $CO_2$ στην καλλιέργεια ήταν συνδεδεμένος με σύστημα δημιουργίας μικρο-φυσαλίδων, σε συνθήκες θερμοκηπίου, για τη χρονική περίοδο οκτώ ημερών.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στο πλαίσιο του έργου Smart-BioreAl με αντικείμενο την καλλιέργεια του μονοκύτταρου χλωροφύκους *C. vulgaris*, κατασκευάστηκε στο Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝΑΛΕ, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ), στη Νέα Πέραμο, Καβάλας, χαμηλού κόστους ημίκλειστος ΦΒΑ τύπου "καταρράκτης λεπτής στοιβάδας" (thin-layer cascade-TLC, Εικόνα 1). Τοποθετήθηκε με όλα τα απαραίτητα μετρητικά συστήματα, για τη συνεχή παρακολούθηση και έλεγχο της καλλιέργειας, καθώς και διάταξη σχηματισμού μικρο-φυσαλίδων $CO_2$. Το πείραμα διεξήχθη τον Μάρτιο του 2022 και η διάρκειά του ήταν 8 ημέρες.

**Εικ. 1: Σχέδιο του «ημί-κλειστου τύπου-καταρράκτη λεπτής στοιβάδας» Φωτοβιοαντιδραστήρα (ΦΒΑ) με τα επιμέρους τμήματα, καθώς και τη διάταξη παραγωγής μικρο-φυσαλίδων (αριστερά). Ο ΦΒΑ σε λειτουργία (δεξιά).**

**Fig. 1: Schematic illustration of the "semi-closed, type-thin-layer cascade" Photobioreactor (PBR) including all parts, as well as the micro-bubble generation device (left). On the right, the PBR is in operation.**

Για την καλύτερη ρύθμιση της θερμοκρασίας στο εναιώρημα της καλλιέργειας του είδους *C. vulgaris* πραγματοποιήθηκε εγκιβωτισμός του ΦΒΑ με πλάκες εξηλασμένης πολυστερίνης (FIBRAN), εσωτερικά των οποίων τοποθετήθηκε κλιματιστικό δαπέδου.

**2.1. Διάταξη παραγωγής μικρο-φυσαλίδων.** Τα κύρια τμήματα της διάταξης για την παραγωγή των μικρο-φυσαλίδων περιλαμβάνουν : 1. Έναν αγωγός Ventouri, 2. Μία φυγοκεντρική αντλία ισχύος 150 watt (1 ίντσα πολυβάθμια οριζόντια 1HP Q 10-80 l/min H 49m – 14m), 3. Κύκλωμα αγωγών με ονομαστική διάμετρο ½ ίντσας, 4. Μία βαλβίδα περιστροφική με διατομή ½ της ίντσας, 5. Μία μικρομετρική βαλβίδα διατομής 5 mm για τον έλεγχο της ροής εισόδου της αέριας φάσης. Η διάταξη κατασκευάστηκε από την ομάδα του «Αθηνά» - Ερευνητικό Κέντρο Καινοτομίας στις Τεχνολογίες της Πληροφορίας, των Επικοινωνιών και της Γνώσης /Παράρτημα Ξάνθης.

**2.2. Καλλιέργεια της *C. vulgaris* στον ΦΒΑ.** Για τον εμβολιασμό της καλλιέργειας του πειράματος του ΦΒΑ χρησιμοποιήθηκαν 25 λίτρα καλλιέργειας *C. vulgaris*, 7-10 ημερών σε συνολικό όγκο νερού 140 λίτρων. Το pH της αρχικής καλλιέργειας ήταν 8,5, η αλατότητα 0,2, ο αριθμός κυττάρων ήταν 9892,5 x $10^3$ κύτταρα/ml, η οπτική πυκνότητα στα 680nm ήταν 2,624 και η ΞΒ 0,65 g/L καλλιέργειας. Ακολούθησε η προσθήκη 6 λίτρων θρεπτικού διαλύματος Bold Basal Medium (BBM) (Nichols & Bold 1965).

**Πίνακας 1: Τα σημαντικότερα χαρακτηριστικά του ημίκλειστου Φωτοβιοαντιδραστήρα (ΦΒΑ) τύπου "καταρράκτη λεπτής στοιβάδας".**
**Table 1: The most important features of semi-closed Photobioreactor (PBR) of type-thin-layer cascade".**

| Χαρακτηριστικά «ημίκλειστου» ΦΒΑ | Μονάδες μέτρησης | Τιμές |
|---|---|---|
| ΚΛΙΣΗ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΡΟΗΣ (slope-S) | % | 0,8 % |
| ΟΓΚΟΣ ΝΕΡΟΥ ΑΠΟΡΡΟΗΣ (volume flow-V) | l/s | 1,7 l/s |
| ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΟΗΣ ΣΤΟ κεκλιμένο ΕΠΙΠΕΔΟ (volume velocity-U) | met/s | 0,8 m/s |
| ΠΟΣΟΣΤΟ ΚΑΛΥΨΗΣ ΤΟΥ ΕΠΙΠΕΔΟΥ ΜΕ ΜΑΖΑ (thickness-h) | mm | 0,7 mm |
| ΕΠΙΦΑΝΕΙΑ ΦΩΤΟΣΥΝΘΕΣΗΣ (surface area-a) | $m^2$ | 12 $m^2$ |
| ΟΓΚΟΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ (Culture medium volume-V) | l | 140 l |
| ΣΧΕΣΗ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ & ΟΓΚΟΥ (Surface to Volume ratio-*S/V*) | met/s | 86 m |
| ΑΡΙΘΜΟΣ Reynolds (number of Reynolds-Re) | | 3596 |
| ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΔΙΑΣΤΑΣΕΩΝ - Channel width /Channel depth (Aspect Ratio-AR) | | 428 |

**2.3. Παράμετροι αύξησης και φωτοσύνθεσης**

**Κυτταρομετρία:** Η μέτρηση κυττάρων πραγματοποιήθηκε σε αιμοκυτταρόμετρο τύπου «Neubauer Improved» 0.0025$m^2$ με την βοήθεια ενός μικροσκοπίου Olympus (BX40, Olympus corporation, Tokyo, Japan).

**Οπτική Πυκνότητα (ΟΠ):** Η πυκνότητα των κυττάρων του κάθε δείγματος υπολογιζόταν με τη μέτρηση της οπτικής πυκνότητας στα 680 nm με φασματοφωτόμετρο τύπου Shimadzu (UV-1800, Kyoto, Japan).

**Ξηρή βιομάζα:** Η μέτρηση της ΞΒ πραγματοποιήθηκε με την διαδικασία διήθησης και ξήρανσης. Τα φίλτρα που χρησιμοποιήθηκαν ήταν τύπου Fiber Glass με μέγεθος πόρων 47mm. 10 ή 20 ml δείγματος φιλτράρονταν και ξηραίνονταν στους 60 $^oC$ για 24 ώρες. Την επόμενη ημέρα γινόταν ζύγιση στον ζυγό ακριβείας και αφαιρώντας το αρχικό βάρος του φίλτρου προκύπτει η ΞΒ του δείγματος.

**Σχετικός ρυθμός αύξησης (ΣΡΑ)**: ΣΡΑ (ημέρα$^{-1}$) = ($LnCells_2$ − $LnCells_1$)/(x2 − x1), όπου $Cell_1$ και $Cell_2$ σημαίνουν τους πληθυσμούς των κυττάρων του εναιωρήματος τις χρονικές στιγμές 1 (x1) και 2 (x2), αντίστοιχα. Ο ΣΡΑ ισούται με την κλίση της γραμμικής παλινδρόμησης των τιμών της κυτταρομετρίας σε κλίμακα φυσικού λογαρίθμου.

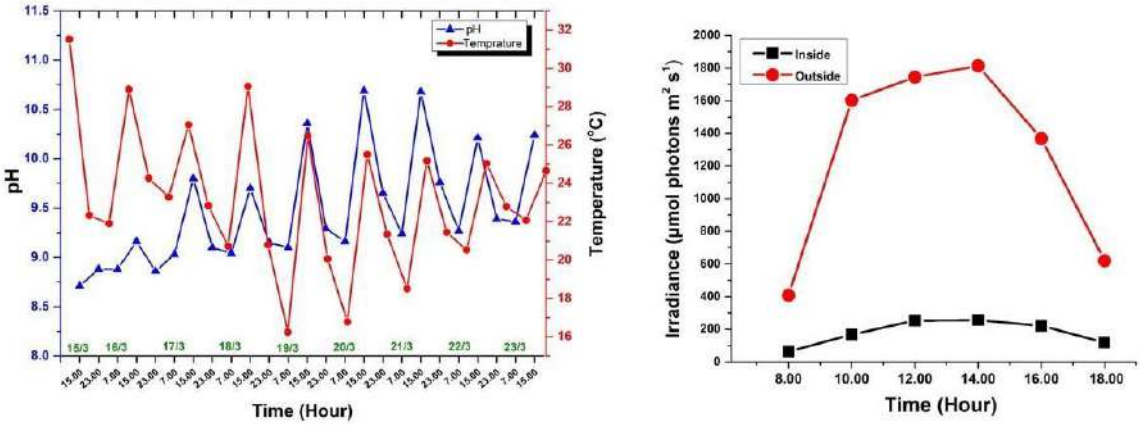
**Χλωροφύλλες και καροτενοειδή:** Η μέτρηση των χρωστικών περιελάμβανε διήθηση 10 ή 20 ml καλλιέργειας με φίλτρα τύπου Fiber Glass με μέγεθος πόρων 47mm, τα οποία αποθηκεύονταν στην κατάψυξη (-20$^oC$). Το κάθε φίλτρο τοποθετούνταν σε δοκιμαστικό σωλήνα, σε 10ml διάλυμα 90% ακετόνης για 24 ώρες, στους 4$^oC$ , σε απόλυτο σκοτάδι. Την επόμενη μέρα, ακολουθούσε σύνθλιψη του φίλτρου στο διάλυμα ακετόνης μέσα στους δοκιμαστικούς σωλήνες, οι οποίοι έπειτα φυγοκεντρούνταν για 31 λεπτά στις 2.300 στροφές. Ακολουθούσε η μέτρηση της απορρόφησης στο φασματοφωτόμετρο τύπου Shimadzu UV-1800 στα μήκη κύματος 470, 647, 664 και 750 nm. Για τον υπολογισμό της χλωροφύλλης *a* χρησιμοποιήθηκε η σχέση (11,93*A664 - 1.93*A647), για την χλωροφύλλη *b* η σχέση (20,36*A647 - 5,50*A664), ενώ για τα καροτενοειδή η σχέση (1000*A470 - 1.90*Chl*a* - 63,14*Chl*b*/214).

**Αβιοτικές παράμετροι:** Η μέτρηση της έντασης του φωτός στην επιφάνεια του ΦΒΑ, εντός του θερμοκηπίου, έγινε με το φορητό φασματοφωτόμετρο SpectraPen mini (PSI, Drasov, Czech Republic). Η μέτρηση του pH έγινε με 3 διαφορετικά pH-μετρα, δύο συνδεδεμένα στον ΦΒΑ που έδιναν ανά 5 δευτερόλεπτα δεδομένα μέσω του e-Data logger (DL2, Delta-T Devices Ltd, Cambridge, UK) και ένα στην δεξαμενή πλήρωσης με μικρο-φυσσαλίδα. Η θερμοκρασία του εναιωρήματος καταγράφονταν επίσης συνεχώς μέσω του DL2.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στην Εικόνα 2 παρατηρούμε τη μεταβολή της θερμοκρασίας και του pH κατά τη διάρκεια του πειράματος, στις ώρες 07.00, 15.00 και 23.00. Εξαιτίας του μικρού όγκου και του λεπτού πάχους, η διακύμανση της θερμοκρασίας του εναιωρήματος, παρόλη τη ρύθμισή της με το κλιματιστικό εδάφους, ήταν σημαντική, με μέση τιμή τους 26±3.21SD $^{o}$C και μέγιστη διαφορά μεταξύ ημέρας και νύκτας τους 8.5 $^{o}$C (28,5-16 $^{o}$C) που σημειώθηκε στις 28/3/2022. Από την Εικόνα 2 φαίνεται ότι η θερμοκρασία επηρεάζει και τις τιμές του pH, μάλλον δευτερογενώς, γιατί η αύξησή της δημιουργεί συνθήκες βέλτιστης φωτοσύνθεσης και έτσι απορρόφησης μέχρις ενός επιπέδου του $CO_2$. Καθόλη τη διάρκεια του πειράματος με την προσθήκη $CO_2$ μέσω των μικρο-φυσαλίδων διατηρήθηκε στη μέση τιμή 9,4±0,89SD. Η τιμή αυτή βρίσκεται στο εύρος ανοχής του μικροφύκους *C. vulgaris*, όπου σε τιμές pH 9-11 έχει παρατηρηθεί και αυξημένη περιεκτικότητα πρωτεϊνών (Zaher & Helal 2020).

Οι απώλειες νερού εξαιτίας της εξάτμισης ανήλθαν, κατά μέσο όρο, σε 15,44 λίτρα την ημέρα$^{-1}$ ή 1,28 λίτρα m$^{-2}$ την ημέρα. Η ποσότητα αυτή, είναι πολύ μικρότερη από την ημερήσια εξάτμιση 7,4 λίτρα m$^{-2}$ την ημέρα που αναφέρεται στην εργασία των Apel *et al.* (2017), για ανοιχτούς ΦΒΑ του ίδιου τύπου, αλλά χωρίς κάλυμμα προστασίας, όπως στον υπάρχον.



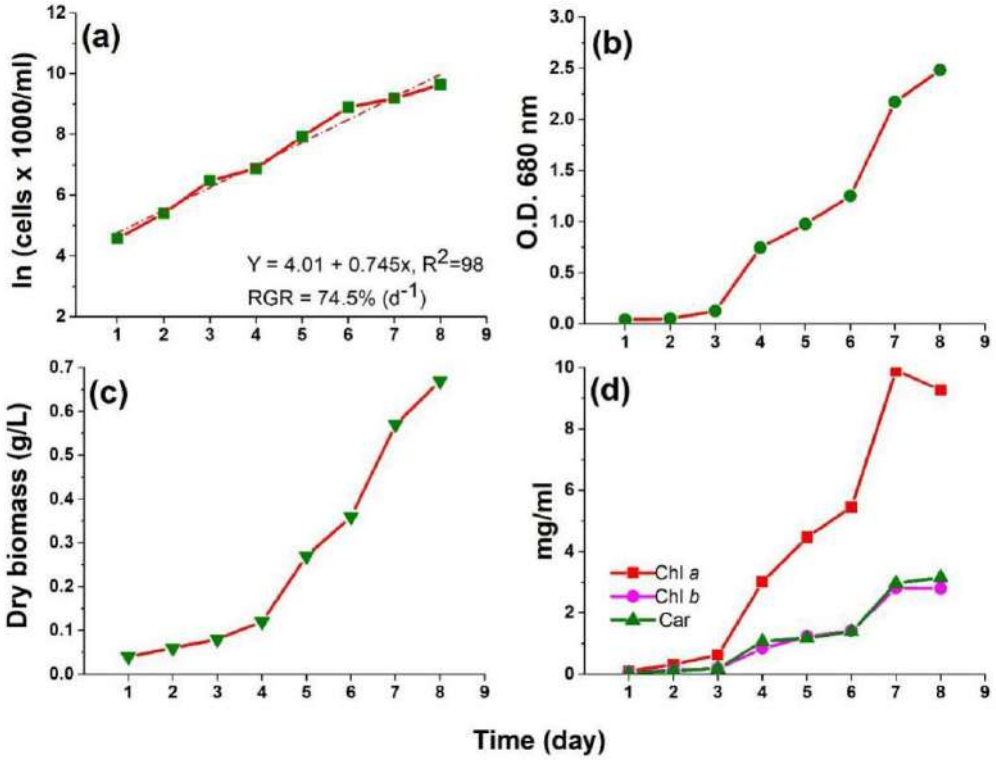

**Εικ. *2* : Η μεταβολή της θερμοκρασίας και του pH στη μονάδα εισόδου του Φωτοβιοαντιδραστήρα-ΦΒΑ στις 07.00, 15.00 και 23.00 της ημέρας, σε διάστημα 8 ημερών (αριστερά). Ημερήσια μεταβολή της ενεργούς φωτοσυνθετικής ακτινοβολίας (PAR) στις 21/3/2022, στην επιφάνεια του ΦΒΑ, μέσα στο θερμοκήπιο και στην επιφάνεια του εδάφους έξω από αυτό.**

**Fig. 2: Temperature and pH fluctuation recorded in the Photobioreactor-PBR, on 07.00, 15.00 and 23.00 over a period of 8 days, on the left. Photosynthetic active radiation (PAR) fluctuations over the PBR, inside the greenhouse and on the ground, outside of the greenhouse on 21/3/2022, on the right.**

Οι τιμές της φωτοσυνθετικά ενεργούς ακτινοβολίας μέσα και έξω από το θερμοκήπιο κατά την ισημερία του Μαρτίου κυμάνθηκαν από 250 σε 1950 μmol φωτονίων m$^{-2}$ s$^{-1}$ (Εικόνα 2). Σύμφωνα με τα αποτελέσματα των Mountourakis *et al.* (2021), σε εργαστηριακές συνθήκες, η ακτινοβολία των 100 μmol φωτονίων m$^{-2}$ s$^{-1}$ ήταν βέλτιστη για το φωτοσυνθετικό μηχανισμό του μικροφύκους σε διαφορετικές συγκεντρώσεις $CO_2$.

Η μεταβολή των παραμέτρων αύξησης και φωτοσύνθεσης στο χρόνο ήταν τύπου σιγμοειδούς καμπύλης, χωρίς, ωστόσο, την εμφάνιση ενός χαρακτηριστικού πλατό (φάση στασιμότητας), με εξαίρεση μόνο τις καμπύλες των φωτοχρωστικών, όπου την τελευταία μέρα διαφαίνεται μία πτώση (Εικόνα 3). Από την καμπύλη της κυτταρομετρίας λείπει η λανθάνουσα φάση εξαιτίας της λογαριθμοποίησης των τιμών. Όσον αφορά στο ΣΡΑ, το είδος αυξάνονταν με σταθερά υψηλούς ρυθμούς (0,74 d$^{-1}$), οι οποίοι συγκρίνονταν με αυτούς (0,17-0,98 d$^{-1}$) των Přibyl *et al*. (2012) σε πείραμα διάρκειας 8 ημερών σε ανοιχτό ΦΒΑ λεπτής στιβάδας. Όσον αφορά στην ΞΒ, η υψηλότερη τιμή έφτασε τα 0,7 g λίτρο$^{-1}$ την 8$^{η}$ ημέρα καλλιέργειας που αντιστοιχεί με τιμή παραγωγής 9,3 g m$^{-2}$. Λαμβάνονται υπόψη τη χρονική διάρκεια του πειράματος, οι τιμές αυτές θεωρούνται ικανοποιητικές. Δημοσιευμένες τιμές από άλλα πειράματα από ανοιχτού τύπου ΦΒΑ καταρράκτη λεπτής στοιβάδας ήταν στην ίδια τάξη και κυμάνθηκαν από 6,5–12,5 g λίτρο$^{-1}$ ή 55 g m$^{-2}$ (Masojídek & Prášil 2010), έως ) 38,2 g m$^{-2}$ (Doucha & Lívanský 2008). Όσον αφορά στη συγκέντρωση των χρωστικών (Εικόνα 3d), παρατηρούμε κορύφωση της αύξησης της συγκέντρωσης τους την 7$^{η}$ μέρα, με την chl-*α* να φτάνει στο μέγιστο 9,27 mg ml$^{-1}$, υψηλότερο σε σχέση με τα μέγιστα σε άλλες φωτοαυτροφικές καλλιέργειες *C. vulgaris*, όπου υπό πλήρως ελεγχόμενες και

βελτιστοποιημένες συνθήκες οι χλωροφύλλες έφταναν τα 8,4 g $l^{-1}$ (VelichkovaK & Sirakov 2018). Επιπλέον η συγκέντρωση των καροτενοειδών έφτασε σε υψηλά επίπεδα, περίπου 3mg/ml, γεγονός ενδιαφέρον για τη χρήση του συγκεκριμένου μικροφύκους ως διατροφικό στοιχείο για ολοκληρωμένα συστήματα υδατοκαλλιεργειών, λαμβάνοντας υπόψιν την ζήτηση για φυσικά καροτενοειδή (Gupta *et al.* 2007). Μια μελλοντική λοιπόν χρήση του μικροφύκους στην ολοκληρωμένη υδατοκαλλιέργεια θα περιελάμβανε την αξιοποίηση του ως παράγοντα βιοεξυγίανσης (Znad *et al.* 2018), λόγω ταχύτατης ικανότητα πρόσληψης αζώτου και άλλων θρεπτικών (απορρίμματα των ψαριών) και ταυτόχρονα ως διατροφικό παράγοντα με πολλές ευεργετικές ιδιότητες για την εμφάνιση (χρωστικές) και την υγεία των ψαριών (αντιμικροβιακοί, αντικαρκινικοί, ανοσοποιητικοί παράγοντες) (Mishra *et al.* 2022, Ahmad *et al*. 2020).




**Εικ. 3: Μεταβολή παραμέτρων του εναιωρήματος του μικροφύκους *Chlorella vulgaris* στη διάρκεια του πειράματος: α) Αριθμός κυττάρων σε κλίμακα φυσικού λογαρίθμου, b) οπτική πυκνότητα στα 680 nm, c) ξηρή βιομάζα, d) χλωροφύλλες a, b και καροτενοειδή.**

**Fig. 3: Fluctuation of growth parameters of suspension of *Chlorella vulgaris* during the 8 days trial: Logarithmic presentation of cells per ml of culture (a), optical density at 680 nm (b), dry biomass (c), and concentration of chlorophyll pigments a, b and carotenoids (d).**

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία εκπονήθηκε στο πλαίσιο του έργου Smart-BioreAl (ΚΩΔΙΚΟΣ ΕΡΓΟΥ Τ6ΥΒΠ-00494), του προγράμματος «ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΤΙΚΟΤΗΤΑ, ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ & ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ» (ΕΠΑνΕΚ).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ahmad M, Shariff M, Yusoff F, Goh Y, & Banerjee S (2020) Applications of microalga *Chlorella vulgaris* in aquaculture. Reviews in Aquaculture, 12, 328-346

Apel A, Pfaffinger C, Basedahl N, Mittwollen N, Göbel J, Sauter J, Brück T, Weuster-Botz D (2017) Open thin-layer cascade reactors for saline microalgae production evaluated in a physically simulated Mediterranean summer climate. Algal Research, 25, 381–390

Coronado - Reyes J A, Salazer - Torres J A, Juarez - Campos B, Gonzalez-Hernadez J C (2020) *Chlorella vulgaris,* a microalgae important to be used in Biotechnology: a review. Food Science and Technology

Dewi ERS, Nuravivah R (2018) Potential of microalgae *Chlorella vulgaris* as bioremediation agents of heavy metal Pb (Lead) on culture media. In E3S Web of Conferences (Vol. 31, p. 05010). EDP Sciences

Doucha J, Lívanský K (2008) Outdoor open thin-layer microalgal photobioreactor: Potential productivity. Journal Applied Phycology, 21, 111–117

Grobbelaar JU (2009) Factors Governing Algal Growth in Photobioreactors: The "open" versus "closed" Debate. Journal Applied Phycology, 21, 489–492

Gupta SK, Jha AK, Pal AK, Venkateshwarlu G (2007) Use of natural carotenoids for pigmentation in fishes.

Justo GZ, Silva MR, Queiroz ML (2001) Effects of the green algae *Chlorella vulgaris* on the response of the host hematopoietic system to intraperitoneal Ehrlich ascites tumor transplantation in mice. Immunopharmacology and immunotoxicology, 2, 119-132

Masojídek J, Prášil O (2010) The development of microalgal biotechnology in the Czech Republic. Journal of Industrial Microbiology Biotechnology 37: 1307−1317

Mishra B, Tiwari A & Mahmoud AE (2022) Microalgal potential for sustainable aquaculture applications: bioremediation, biocontrol, aquafeed. Clean Technologies and Environmental Policy, 1-13

Mountourakis F, Papazi A, Kotzabasis K (2021) The Microalga *Chlorella vulgaris* as a Natural Bioenergetic System for Effective $CO_2$ Mitigation— New Perspectives Against Global Warming. Symmetry, 13, 997

Nichols HW, Bold HC (1965) Trichosarcina polymorpha Gen. et Sp. Nov. Journal of Phycology 1, 34-38

Přibyl P, Cepák V, Zachleder V (2012) Production of lipids in 10 strains of *Chlorella* and *Parachlorella,* and enhanced lipid productivity in *Chlorella vulgaris*. Appl Microbiol Biotechnol 2012, 94:549–561

Safi C, Zebib B, Merah O, Pontalier PY, Vaca-Garcia C (2014) Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. Sustainable Energy Reviews, 35, 265-278.

Šetlík I, Šust V, Málek I (1970) Dual purpose open circulation units for large scale culture of algae in temperate zones. Archiv für Hydrobiology Supplementbad Algological Studies 1, pp 111–164

Tabarsa M, Shin IS, Lee JH, Surayot U, Park W, You S (2015) An immune-enhancing water-soluble α-glucan from *Chlorella vulgaris* and structural characteristics. Food science and biotechnology, 24(6), 1933-1941

Velichkova K & Sirakov I.V A Y L O. (2018) Growth parameters, protein and photosynthetic pigment content of *Chlorella vulgaris* cultivated under photoautotrophic and mixotrophic conditions. Bulgarian Journal Agricultural Science, *24*, 150-155

Zaher S, Helal A (2020) How culture medium pH range influence Phytoplankton growth performance and biochemical content. Ain Shams University, Cairo, Egypt. ISSN 1110 – 6131. Vol. 24(6): 103 – 116

Znad H, Ketife AM, Judd, S, AlMomani F, Vuthaluru HB (2018) Bioremediation and nutrient removal from wastewater by *Chlorella vulgaris*. Ecological Engineering, 110, 1-7

Zittelli GC, Biondi N, Rodolfi L, Tredici MR (2013) Photobioreactors for mass production of microalgae. In: Richmond A, Hu Q (eds) Handbook of microalgal culture: applied phycology and biotechnology. Wiley Blackwell, p 225−266.

# Η συμβολή της Φυσιολογίας Διατήρησης στην διαχείριση της βιοεναπόθεσης εισβολικών ασκιδίων στις μυδοκαλλιέργειες λόγω της κλιματικής αλλαγής

**[1]Παπαδόπουλος Δημήτριος[1], Αθανάσιος Λάττος[1], Ιωάννης Α. Γιάντσης[2], Ιωάννης Θεοδώρου[3], Κωνσταντίνος Φειδάντσης[1], Βασίλειος Μιχαηλίδης[1]**

[1]Εργαστήριο Φυσιολογίας Ζώων, Τμήμα Ζωολογίας,Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα- dkpapado@bio.auth.gr, kfeidant@bio.auth.gr, lattosad@bio.auth.gr, michaeli@bio.auth.gr

[2]Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 53100, Φλώρινα, Ελλάδα- igiantsis@uowm.gr

[3]Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών- jtheo@upatras.gr

**ABSTRACT**

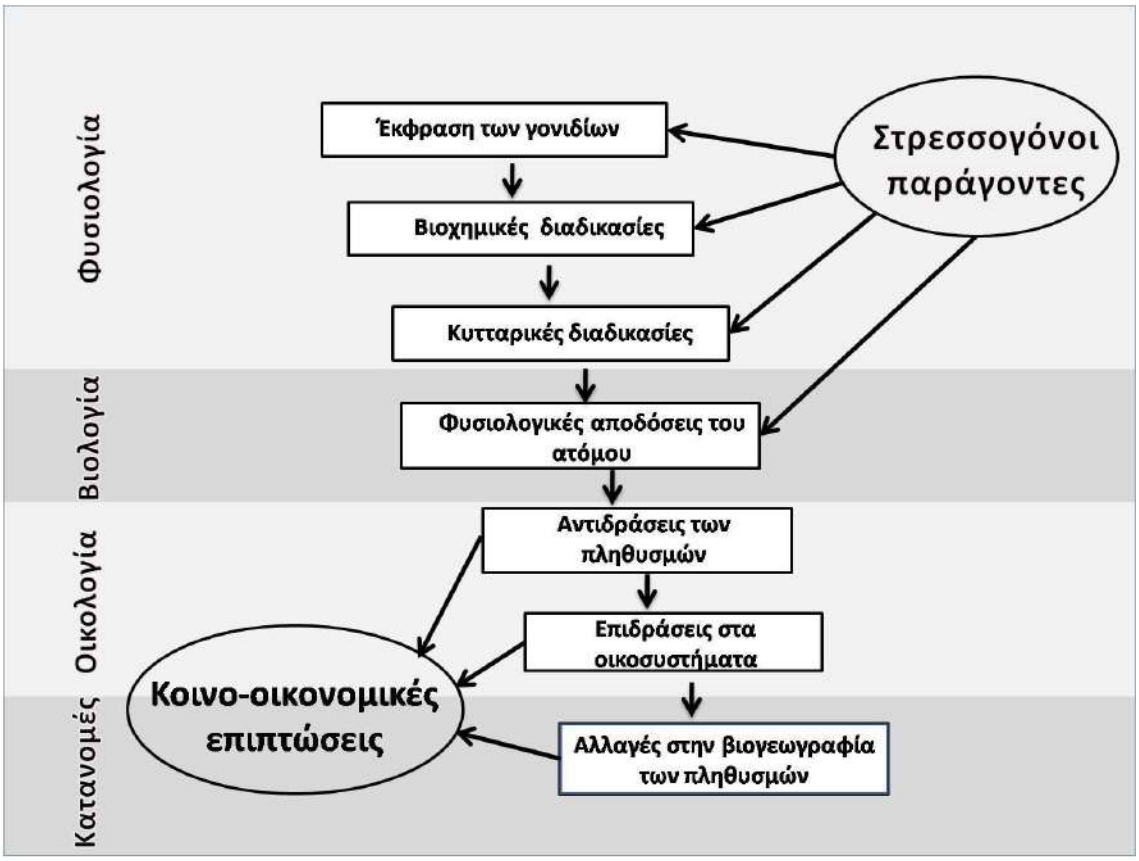
**Dimitrios Papadopoulos[1], Athanasios Lattos[1], Ioannis A. Giantsis[2], John A. Theodorou[3], Konstantinos Feidantsis[1], Basile Michaelides[1]: "Contribution of Conservation physiology in the management of mussel farming under the prism of climate change and the ascidians' biofouling"**

Stress factors due to climate change, including seawater temperature increase, are responsible for lowering productivity in marine ecosystems. In this context, the term "conservation physiology" describes all the physiological, biological, ecological and biogeographic procedures of the response of marine organisms, in a multidisciplinary point of view. Expression of particular genes, at both mRNA and protein levels, shifts on populations dynamics and invasion of new undesired species constitute some of the effects of stress factors included in the "conservation physiology". Among these, ascidian species cause oxidative stress to reared mussels occasionally leading to expansive mortality events. The scientific contribution is of particular high importance due to all the methods used to characterize the mussel farming zone, to anticipate potential hazards and solutions to overcome all detected natural and man-made pressures, to conserve marine resources and to create diversified areas, in sustainable development point of view.

**Keywords**: Climate change, aquaculture, mussels, biofouling, ascidians, physiological traits, management

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα πρότυπα της θαλάσσιας βιοποικιλότητας, τα αποτελέσματα της οποίας αναμένονται να είναι πιο έντονα στο μέλλον (Pörtner et al., 2014). Οι συνέπειες της υπερεκμετάλλευσης, της υποβάθμισης των ενδιαιτημάτων και της κλιματικής αλλαγή δεν είναι αρκετά γνωστές, προκαλώντας εύλογη ανησυχία στους επιστήμονες για μη αναστρέψιμη απώλεια των αλιευτικών πόρων, της βιοποικιλότητας και της ακεραιότητας των οικοσυστημάτων. Επομένως, υπάρχει ανάγκη επιστημονικών γνώσεων σχετικά με την αειφόρο διαχείριση της θαλάσσιας βιοποικιλότητας και των αλιευτικών πόρων. Η αποτελεσματική διαχείριση των θαλάσσιων πόρων βασίζεται σε μια μακροπρόθεσμη στρατηγική που απαιτεί αξιόπιστα μοντέλα. Πολλά προτεινόμενα μοντέλα δεν λαμβάνουν όμως υπόψη τους διάφορους κυτταρικούς και φυσιολογικούς μηχανισμούς και, ως εκ τούτου, παραμένουν έως έναν βαθμό ανακριβή. Η συγκριτική μελέτη της οικοφυσιολογίας ειδών που εκτρέφονται σε διάφορα περιβάλλοντα και κλίματα θα διαφωτίσει τη σχέση αιτίας-αποτελέσματος και ιδιαίτερα τον τρόπο με τον οποίο η λειτουργία και απόδοση των διαφόρων ειδών επηρεάζεται από τη θερμοκρασία. επίσης, θα συμβάλλουν στην κατανόηση της σχέσης αυτών με τους ξενιστές και κατά πόσο επηρεάζονται από τα εισβολικά είδη. Ωστόσο, αν και δεν υπάρχει καμία αμφιβολία για την επιρροή της θερμοκρασίας στους πληθυσμούς και τις θαλάσσιες κοινότητές τους, οι πραγματικοί μηχανισμοί των επιδράσεων αυτών δεν έχουν ακόμη ερμηνευθεί επαρκώς (Cooke et al., 2014). Χωρίς την καλή κατανόηση των εν λόγω μηχανισμών, καθώς και των στοιχείων που συνδέουν τις λειτουργίες των μορίων, των κυττάρων, των οργανισμών και των κοινοτήτων, δεν θα μπορούν να προβλεφθούν με αξιοπιστία οι αλλαγές που θα επέλθουν στη διάρθρωση και τη λειτουργία των οικοσυστημάτων ως αποτέλεσμα των μεταβαλλόμενων θερμοκρασιακών καθεστώτων (Εικόνα 1).




**Εικόνα 1**: Ιεράρχηση των επιπέδων της βιολογικής οργάνωσης και πως αλλαγές στην φυσιολογία του ατόμου ειδών θαλάσσιων ψαριών μπορεί να επηρεάσει την δυναμική των πληθυσμών τους με κοινωνικο-οικονομικές προεκτάσεις (Le Quesne και Pinnegar, 2012).

## ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

### Η ΣΗΜΑΣΙΑ ΜΕΛΕΤΗΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΚΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ

Η θερμοκρασία του περιβάλλοντος επηρεάζει τα θαλάσσια εξώθερμα ζώα σε όλα τα επίπεδα της βιολογικής τους οργάνωσης, συμπεριλαμβανομένων φυσιολογικών και βιοχημικών λειτουργιών και διαδικασιών μεγαλύτερης κλίμακας, όπως η βιογεωγραφική κατανομή και οι αλληλεπιδράσεις μεταξύ των ειδών (Εικόνα 1) (Hochachka and Somero, 2002). Η κατανόηση του μηχανισμού με τον οποίο η θερμοκρασία του νερού μεταφράζεται σε σήματα σε επίπεδο κυττάρου και οργανισμού είναι απαραίτητη για να διευρυνθούν οι αλλαγές των συνθηκών των ωκεανών στους θαλάσσιους οργανισμούς. Πρόσφατες μελέτες σε θαλάσσια ψάρια και ασπόνδυλα έδειξαν ότι τα όρια της θερμικής ανοχής χαρακτηρίζονται από την εμφάνιση της εσωτερικής (συστηματικής) υποξίας (υποξαιμίας) σε πλήρως οξυγονωμένα νερά τόσο σε ακραίες χαμηλές όσο και σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι παρατηρήσεις αυτές συντέλεσαν στην ανάπτυξη της θεωρίας της περιορισμένης σε οξυγόνο και ικανότητα, θερμικής ανοχής στα ζώα (oxygen- and capacity-limited thermal tolerance in animals-OCLTT) η οποία υποδηλώνει ότι σε κρίσιμες θερμοκρασίες (Tc), η μετάβαση σε αναερόβιο μιτοχονδριακό μεταβολισμό επάγει την παραγωγή δραστικών ριζών οξυγόνου (ROS) και προοδευτικά ξεκινά η οξειδωτική καταπόνηση (οξειδωτικό stress) σε θαλάσσιους οργανισμούς (Pörtner, 2014). Επομένως, η μελέτη των φυσιολογικών χαρακτηριστικών συμβάλλουν ουσιαστικά στον καθορισμό των θερμικών ορίων αντοχής σε αλλαγές της θερμοκρασίας και δίνουν σημαντικές πληροφορίες για την φυσιολογική απόδοση των οργανισμών.

### ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ (CONSERVATION PHYSIOLOGY)

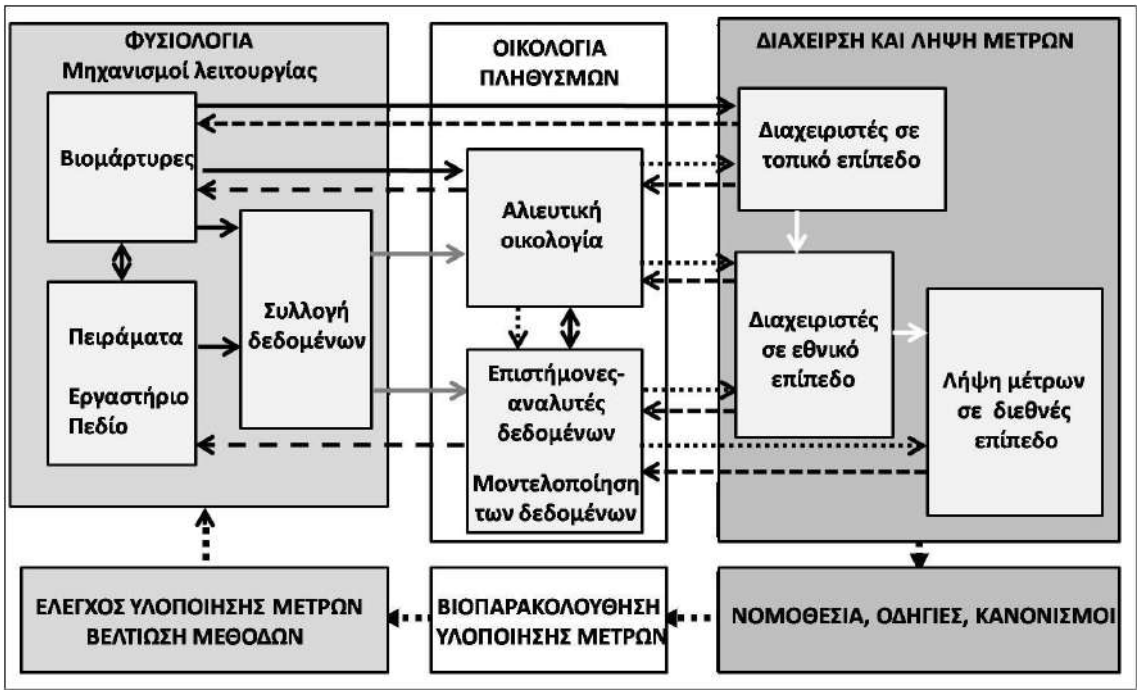
Βάση των παραπάνω, η φυσιολογία διατήρησης μελετά τις φυσιολογικές αντιδράσεις των οργανισμών στις περιβαλλοντικές αλλαγές, ως αποτέλεσμα της ανθρώπινης παρέμβασης, που μπορεί να συμβάλει στη μείωση του πληθυσμού τους (Cooke and O'Connor, 2010). Οι φυσιολογικές αντιδράσεις μπορεί να περιλαμβάνουν λειτουργίες ολόκληρου του οργανισμού, όπως ο μεταβολισμός, η διατροφή, οι ορμονικές αποκρίσεις στις περιβαλλοντικές αλλαγές και αλλαγές σε ανοσοποιητικές παραμέτρους. Οι μηχανισμοί αυτοί χρησιμοποιούνται από τον οργανισμό για την αντιμετώπιση της καταπόνησης (stress). Το stress μπορεί να χαρακτηριστεί ως οξύ, το οποίο είναι βραχυπρόθεσμο (π.χ., που προήλθε από μια επίθεση αρπακτικού), και χρόνιο, το οποίο είναι μακράς διαρκείας (π.χ., που προκαλείται από μακροπρόθεσμη αλλαγή του κλίματος και/ή ασιτία). Η μελέτη των αποκρίσεων σε επίπεδο κυττάρου ή και ολόκληρου του οργανισμού στοχεύει στη γνώση και το χαρακτηρισμό της βιολογικής ποικιλομορφίας και των οικολογικών επιπτώσεων, στην κατανόηση και την πρόβλεψη των τρόπων με τους οποίους οι οργανισμοί, οι πληθυσμοί και τα οικοσυστήματα θα ανταποκριθούν στις περιβαλλοντικές αλλαγές και τους στρεσσογόνους παράγοντες, και την επίλυση των προβλημάτων διατήρησης και την ανάπτυξη στρατηγικών διατήρησης των ζώων (Pörtner and Peck, 2010).

Οι τρεις έννοιες που εισάγονται στο μοντέλο του stress είναι: 1) η αλλόσταση (διατήρηση ισορροπίας ή σταθερής κατάστασης, ομοιόσταση, μέσω της αλλαγής) 2) αλλοστατικό φορτίο (αποτελέσματα από δραστηριότητες της καθημερινής ζωής που τα ζώα μπορούν να διαχειριστούν μέχρι ένα όριο και 3) αλλοστατική υπερφόρτωση (μια κατάσταση στην οποία οι οργανισμοί δεν μπορούν πλέον να αντιμετωπίσουν τις εξωτερικές απαιτήσεις). Οι οργανισμοί μπορούν να αντιμετωπίσουν επαρκώς τα περιβαλλοντικά ερεθίσματα στις περισσότερες περιπτώσεις. Ωστόσο, όταν ένα ερέθισμα ωθεί έναν οργανισμό σε αλλοστατική υπερφόρτωση, πρέπει να αλλάξει τη φυσιολογία και τη συμπεριφορά του για να επιβιώσει. Καταγράφοντας επομένως τις φυσιολογικές αποκρίσεις και χαρακτηριστικά των υδρόβιων οργανισμών στις αλλαγές του περιβάλλοντος μπορούμε να κατανοήσουμε εάν τα άτομα ενός είδους βρίσκονται κάτω από περιβαλλοντικές συνθήκες καταπόνησης και επομένως να δώσουμε σημαντικές πληροφορίες για την κατάσταση του υδάτινου περιβάλλοντος (Cook et al., 2014).

**Η ΣΥΜΒΟΛΗ ΤΗΣ ΦΥΣΙΟΛΟΓΙΑΣ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΣΤΗΝ ΛΗΨΗ ΜΕΤΡΩΝ ΔΙΑΤΗΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ**

Ένα από κύρια χαρακτηριστικά της φυσιολογίας διατήρησης είναι η ικανότητά της, βάση των παραπάνω, να παρέχει αντικειμενικές επιστημονικές πληροφορίες που επιτρέπουν την αξιολόγηση του βαθμού στον οποίο οι διάφορες δραστηριότητες διατήρησης και διαχείρισης είναι επιτυχημένες (Cook and O'Connor 2010). Οι προσαρμογές των οργανισμών για να ανταπεξέλθουν με επιτυχία στις περιβαλλοντικές αλλαγές, μπορεί να ανταποκρίνονται αργά σε αυτές και συχνά διαρκούν περισσότερο από την περίοδο για την οποία η παρακολούθηση έχει οριστεί να λάβει χώρα (Adams and Ham, 2011). Εργαλεία της φυσιολογίας μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να καταλάβουμε αν τα οφέλη σε ατομικό επίπεδο σχετίζονται με την αποκατάσταση (π.χ. μείωση του stress, βελτίωση της ανάπτυξης, ή τη διατροφική κατάσταση) σε ένα μικρότερο χρονικό διάστημα. Η επιτυχία των σχεδίων αποκατάστασης μπορεί να βελτιωθεί με τη χρήση γνώσεων της φυσιολογίας σχετικά με τα περιβαλλοντικά όρια των διαφόρων ειδών και τον προσδιορισμό αυτών, των οποίων οι πληθυσμοί είναι πιθανό να επιβιώσουν, ιδιαίτερα σε εξαιρετικά υποβαθμισμένες περιοχές.

Μέχρι να επιτευχθεί μια γενική κατανόηση των περιβαλλοντικών προβλημάτων, οι αξιολογήσεις των φυσιολογικών αποκρίσεων θα πρέπει πάντα να περιλαμβάνονται στα προγράμματα διατήρησης. Η γνώση και η κατανόηση της σχέσης μεταξύ των φυσιολογικών χαρακτηριστικών και της καλής φυσικής κατάστασης, συμβάλλει ώστε οι επιστήμονες της διατήρησης να προβλέπουν και να προλαμβάνουν μελλοντικά προβλήματα. Πληροφορίες σχετικά με την φυσιολογία των υδρόβιων οργανισμών που προέρχονται από την έρευνα πεδίου είναι απαραίτητες για την επιτυχία των προγραμμάτων διατήρησης (Εικόνα 2).




**Εικόνα 2**: Συνεχείς γραμμές: Ροή δεδομένων σχετικά με τα φυσιολογικά χαρακτηριστικά των ιχθύων κάτω από διάφορες περιβαλλοντικές συνθήκες. Διακεκομμένες γραμμές: Οι πληροφορίες της φυσιολογίας των ατόμων μπορούν να ενημερώνουν τους διαχειριστές για την λήψη μέτρων διατήρησης των αποθεμάτων των θαλάσσιων ψαρών και του τρόπου με τον οποίο η ανάλυση των πληροφοριών ανατροφοδοτεί στην ανάπτυξη στοχευμένων ερευνητικών δραστηριοτήτων.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

### ΑΣΚΙΔΙΑ ΚΑΙ ΜΥΔΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ - ΒΑΣΙΚΗ ΕΡΕΥΝΑ ΣΕ ΣΥΝΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΕΣ ΜΟΝΑΔΕΣ ΓΙΑ ΒΙΩΣΙΜΕΣ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Τα ασκίδια αποτελούν βασικούς επιβιώτες στις μυδοκαλλιέργειες με σημαντικές οικονομικές συνέπειες επί του παραγόμενου προϊόντος, ενώ παράλληλα οι εγκαταστάσεις των μυδοκαλλιεργειών θεωρείται ότι αποτελούν σημαντικά υποστρώματα επικάθισης, για την εγκατάσταση και εξάπλωση των ειδών αυτών (Εικόνα 3). Για τον μετριασμό των επιπτώσεων στις οστρακοκαλλιέργειες εφαρμόζεται μια σειρά μέτρων τα οποία ενδέχεται να αυξάνουν το κόστος παραγωγής στην τελική τιμή του προϊόντος σε ένα ποσοστό 20-30% για τον καλλιεργητή. Ο κατάλογος των ασκιδίων στην Ελλάδα αποτελείται σε σημαντικό ποσοστό από ξενικά-κρυπτογενικά είδη. Η διερεύνηση των εξάπλωσης μη αυτόχθονων-κρυπτογενικών ασκιδίων και των πρακτικών αντιμετώπισης της επικάθισης στις μυδοκαλλιέργειες είναι αναγκαία για την εκτίμηση του μεγέθους του προβλήματος στις παραγωγικές δραστηριότητες. Στο πλαίσιο αυτό εφαρμόζονται προγράμματα έρευνας και διαχείρισης στον τομέα όπου τα δίθυρα συλλέγονται από φυσικούς ή εκτρεφόμενους πληθυσμούς, προκειμένου να μελετηθούν οι επιπτώσεις των ασκιδίων στις φυσιολογικές λειτουργίες των μυδιών. Οι μελέτες γίνονται με βάση της λογικής που έχει περιγράφει και σε συνεργασία με τους μυδοκαλλιεργητές. Οι εποχικές καταγραφές των ασκιδίων επιτρέπουν την εκτίμηση του βαθμού διασποράς των εισβολικών ασκιδίων και τις φυσιολογικές επιπτώσεις στις μυδοκαλλιέργειες, καθώς επίσης και αποτύπωση των προβλημάτων που υπάρχουν στις παραγωγικές δραστηριότητες. Επιπρόσθετα, οι μυδοπαραγωγοί μπορούν να παρέχουν χρήσιμες πληροφορίες για τις αλλαγές στη σύνθεση των ειδών που βιο-εναποτίθενται στις εγκαταστάσεις και τις διακυμάνσεις της παραγωγής σε μια μεγάλη κλίμακα χρόνου. Με τον τρόπο αυτό προκύπτει μια ολιστική παρακολούθηση της εξάπλωσης των εισβολικών ασκιδίων και των προβλημάτων που δημιουργούν στις παραγωγικές δραστηριότητες. Μέσα από συγκεκριμένες διαχειριστικές προτάσεις στόχος είναι να μειωθούν οι απώλειες της παραγωγής λόγω θνησιμοτήτων και το επιπρόσθετο κόστος διαχείρισης κατά την διαλογή του προϊόντος. Οι μονάδες στη ζώνη μυδοκαλλιέργειας παρακολουθούνται σε τακτά χρονικά διαστήματα για την ανάπτυξη των ασκιδίων και για τις πιθανές επιπτώσεις της αυξημένης θερμοκρασίας

στα μύδια. Τα αποτελέσματα από τις έρευνες θα αποτελέσουν την βάση για την δημιουργία ενός συστήματος έγκαιρης προειδοποίησης για τους μυδοκαλλιεργητές σχετικά με την ανάπτυξη των ασκιδίων και τους υπεύθυνους χάραξης πολιτικής ώστε να λαμβάνουν εγκαίρως μέτρα για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της υπερθέρμανσης του πλανήτη. Η επιστημονική συμβολή θα είναι ιδιαίτερα ενδιαφέρουσα λόγω όλων των μεθόδων που θα χρησιμοποιηθούν για τον χαρακτηρισμό της ζώνης μυδοκαλλιέργειας, την πρόβλεψη πιθανών κινδύνων και λύσεων για να ξεπεραστούν όλες οι ανιχνευθείσες φυσικές και ανθρωπογενείς πιέσεις, να διατηρηθούν οι θαλάσσιοι πόροι και να δημιουργηθεί διαχείριση των επενδυμένων περιοχών με όρους αειφόρου ανάπτυξης.

***** Η εργασία είναι μέρος του προγράμματος με τίτλο «Ανάπτυξη βέλτιστων πρακτικών ελέγχου ξενικών ειδών ασκιδίων και λοιπών ειδών (μαλάκια, σπόγγοι) στις εγκαταστάσεις των μυδοκαλλιεργειών και μετριασμό των οικονομικών επιπτώσεων της εισβολής» υποστηριζόμενο (Κωδικός ΟΠΣ 5048463) που χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΟΑΛΑΣΣΑΣ 2014-2020»

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Adams SM, Ham KD (2011) Application of biochemical and physiological indicators for assessing recovery of fish populations in a disturbed stream. Environ Manag 47: 743 1047–1063.

Cooke SJ, O'Connor CM (2010) Making conservation physiology relevant to policy makers and conservation practitioners. Conserv Lett 3: 159–166.

Cooke SJ, Killen SS, Metcalfe JD, Mckenzie DJ, Mouillot D, Jorgensen C, Peck MA (2014). Conservation Physiology Across Scales: Insights from the Marine Realm. Conserv Physiol 2: 10.1093/conphys/cou024.

Hochachka PW, Somero G N (2002) Biochemical adaptation: mechanism and process in hysiological evolution. Oxford, New York. Oxford University Press

Le Quesne FJW, Pinnegar KJ (2012) The potential impacts of ocean acidification: scaling from physiology to fisheries Fish and Fisherie 13, 333-344

Pörtner HO (2014) How to and how not to investigate the oxygen and capacity limitation of thermal tolerance (OCLTT) and aerobic scope. J. Exp. Biol. 217: 4432–4433.

Pörtner HO, Peck MA (2010) Climate change effects on fishes and fisheries: towards a cause-and-effect understanding. J Fish Biol 1–35.

Pörtner HO, et al. (2014) Ocean systems. Pp. 411–484 in C. B. Field, et al. eds. Climate change 2014: impacts, adaptation, and vulnerability. Part A: global and sectoral aspects. Contribution of working group II to the Fifth assessment report of the Intergovernmental panel on climate change. Cambridge Univ. Press, New York, NY, USA.

# Επίδραση της διατροφικής χορήγησης των μυκοτοξινών δεοξυνιβαλενόλης και φουμονισίνης Β1 σε δείκτες αύξησης και υγείας σε τσιπούρα (*Sparus aurata* L.)

**Χριστίνα Παπαδούλη[1], Σοφία Βαρδαλή[1], Θεόδωρος Καρατζίνος[1], Φώτης Λυκοτραφίτης[1], Μυρτώ Μανιάκη[1], Παναγιώτα Παναγιωτάκη[1], Δήμητρα Κογιάννου[2], Χρυσάνθη Νικολουδάκη[2], Ιωάννης Νέγκας[2], Morgane Henry[2], Γεώργιος Ρήγος[2], Ελένη Γκολομάζου[1*]**

[1]Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Εργαστήριο Υδατοκαλλιεργειών, Οδός Φυτόκου, Τ.Κ. 38446, Ν. Ιωνία Βόλου, *egolom@uth.gr

[2]Ελληνικό Κέντρο Θαλασσίων Ερευνών Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, Εργαστήριο Παθοβιολογία και Φαρμακοκινητικής, Ανάβυσσος, 46,7km λεωφ. Αθηνών Σουνίου, 19013, Αττική, grigos@hcmr.gr

## ABSTRACT

**Christina Papadouli[1], Sofia Vardali[1], Theodoros Karatzinos[1], Fotis Lykotrafitis[1], Myrto Maniaki[1], Panagiota Panagiotaki[1], Dimitra Kogiannou[2], Chrysanthi Nikoloudaki[2], Ioannis Nengas[2], Morgane Henry[2], Georgios Rigos[2], Eleni Golomazou[1*]: Effects of dietary mixed deoxynivalenol and fumonisin B1 on growth performance and health parameters of gilthead seabream (*Sparus aurata* L.)**

Plant-based ingredients have been increasingly replacing fishmeal in fish feeds raising the risk of contamination by fungi and mycotoxins. This study was designed to evaluate the effect of supplemented dietary fumonisin B1 (FB) and deoxynivalenol (DON) in various concentrations, on the growth and health of gilthead seabream (*Sparus aurata*). In the experiment, concentrations of 300, 2000, and 5000 ppb of DON and 5, 10, and 40 ppb of FB were tested compared to untreated controls for 7 weeks. Growth, haematological and immunological parameters, survival, and liver histopathology were considered. Both mycotoxins at medium and high concentrations showed a negative effect on the growth and health parameters of gilthead seabream, increased inflammatory reaction and oxidative stress (DON-C and FB-B), decreased anti-inflammatory and hematological responses (DON-B). Liver tissue lesions were observed in all groups in proportion to the increase in toxin concentration.

**Keywords:** Mycotoxins, Fish, Aquaculture, Fumonisin, Deoxynivalenol, Growth, Health

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η περιορισμένη διαθεσιμότητα πηγών πρωτεΐνης θαλάσσιας προέλευσης έχει στρέψει το ενδιαφέρον στην παραγωγή ιχθυοτροφών με υψηλή περιεκτικότητα σε συστατικά φυτικής προέλευσης, όπως φυτικά άλευρα και έλαια. Ωστόσο, οι φυτικές ζωοτροφές μπορούν να εισάγουν στην υδατοκαλλιέργεια μολυσματικές ουσίες, όπως οι μυκοτοξίνες που είναι φυσικοί επιμολυντές των δημητριακών και των ελαιούχων σπόρων. Οι μυκοτοξίνες είναι δευτερογενείς μεταβολίτες παραγόμενοι από μύκητες, που συχνά εντοπίζονται σε γεωργικά προϊόντα, που χρησιμοποιούνται για τη διατροφή των ζώων εκτροφής και αποτελούν κίνδυνο τόσο για την υγεία αυτών όσο και των καταναλωτών. Τα τοξινογόνα γένη μυκήτων που απομονώνονται συχνότερα από τρόφιμα και ζωοτροφές είναι τα *Aspergillus, Fusarium, Penicillium, Alternaria* και *Claviceps* (Akbar *et al.* 2022). Η φουμονισίνη και η δεοξυνιβαλενόλη είναι από τις πιο συχνά ανιχνεύσιμες σε υψηλά επίπεδα μυκοτοξίνες στις ιχθυοτροφές (Gonçalves *et al.* 2020). Η φουμονισίνη Β1 (FB), παράγεται από είδη του γένους *Fusarium* και αποτελεί το σημαντικότερο μέλος της οικογένειας (Akbar *et al.* 2022). Η δεοξυνιβαλενόλη (DON) αποτελεί το τριχοθηκένιο το οποίο παράγεται από μύκητες του γένους *Fusarium* και παρατηρείται πιο συχνά (Matejova *et al.* 2017). Οι μυκοτοξίνες αυτές μπορεί δυνητικά να προκαλέσουν προβλήματα στις ιχθυοκαλλιέργειες, με σημαντικές οικονομικές απώλειες όπως θνησιμότητα, μείωση παραγωγικότητας, υψηλότερη ευαισθησία σε ασθένειες κ.α. (Koletsi *et al.* 2021). Στόχος της συγκεκριμένης μελέτης είναι η διερεύνηση των επιπτώσεων διαφορετικών επιπέδων των μυκοτοξινών FB και DON σε παράγοντες αύξησης και δείκτες υγείας σε τσιπούρες (*Sparus aurata*), προκειμένου να καθοριστεί εάν η κατανάλωση τροφών μολυσμένων με αυτές τις μυκοτοξίνες θα μπορούσε να επηρεάσει την υγεία και την ευζωία τους.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την πειραματική διαδικασία της παρούσας μελέτης χρησιμοποιήθηκαν νεαρά ιχθύδια τσιπούρας *S. aurata* (Μ.Β 3,40±0,5g) τα οποία μεταφέρθηκαν στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου Υδατοκαλλιεργειών του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του

Πανεπιστήμιου Θεσσαλίας και τοποθετήθηκαν τυχαία σε 21 γυάλινα ενυδρεία (125L, 30 άτομα/ενυδρείο). Στα ψάρια χορηγήθηκαν έξι πειραματικές δίαιτες-μεταχειρίσεις σε τριπλή επαναληψιμότητα: σιτηρέσια με τρεις διαφορετικές συγκεντρώσεις των μυκοτοξινών δεοξυνιβαλενόλης (Cayman Chemical), DON-A (300ppb), DON-B (2000ppb), DON-C (5000ppb) και φουμονισίνης B1 (Cayman Chemical), FB-A (5ppb), FB-B (10ppb), FB-C (40ppb). Στην ομάδα ελέγχου (CTRL) τα ψάρια ταΐζονταν με τροφή στην οποία δεν είχαν ενσωματωθεί μυκοτοξίνες. Οι παράμετροι ποιότητας του νερού παρακολουθούνταν συστηματικά με τη θερμοκρασία του νερού να διατηρείται σταθερή στους 21 ± 1°C, το pH στο 8,0 ± 0,4, η αλατότητα στα 33 ± 0,5g/L, η ολική αμμωνία-άζωτο σε <0,1 mg/L και η φωτοπερίοδος στις 12:12 ώρες (φως:σκοτάδι). Τα ψάρια ταΐζονταν μέχρι κορεσμού, 6 ημέρες την εβδομάδα, 2 φορές την ημέρα για χρονικό διάστημα 7 εβδομάδων. Σε όλη τη διάρκεια του πειράματος καταγράφονταν καθημερινά η ποσότητα της καταναλωθείσας τροφής και οι θνησιμότητες. Στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας τα ψάρια παρέμειναν σε ασιτεία για 24 ώρες πριν την δειγματοληψία και θανατώθηκαν με υψηλή δόση αναισθητικού. Σε όλα τα ψάρια πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις μορφομετρικών χαρακτηριστικών (ολικό μήκος και ολικό βάρος) και για κάθε μεταχείριση υπολογίστηκαν παράμετροι αύξησης (Πίνακας 1). Σε οκτώ ψάρια από την κάθε δεξαμενή (24 ψάρια/μεταχείριση) πραγματοποιήθηκε αιμοληψία από την ουραία φλέβα και προσδιορίστηκαν αιματολογικοί και ανοσολογικοί δείκτες: αιματοκρίτης (HCT), συνολικός αριθμός των ερυθρών (RBC) και των λευκών (WBC), συμπλήρωμα (complement), αντι-πρωτεάση (anti-protease), μυελοπεροξειδάση (myeloperoxidase), αλκαλική φωσφατάση (alkaline phosphatase) και σερουλοπλασμίνη (ceruloplasmin activity). Για την ιστολογική ανάλυση του ήπατος, συλλέχθηκαν δείγματα ήπατος από τρία ψάρια από κάθε μεταχείριση. Έγιναν τομές στα 4μm και χρωματίστηκαν με αιματοξυλίνη και ηωσίνη (HE). Όλα τα δεδομένα παρουσιάζονται ως μέσος όρος ± τυπική απόκλιση (SD) και αναλύθηκαν με one-way ANOVA, ακολουθούμενη από τη δοκιμασία Tukey's post hoc σε επίπεδο σημαντικότητας $P < 0,05$, με τη χρήση του στατιστικού προγράμματος IMB SPSS Statistics version 26. Το πειραματικό πρωτόκολλο εγκρίθηκε από την Επιτροπή Ηθικής και Δεοντολογίας της Έρευνας του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η χορήγηση μυκοτοξινών επηρέασε τις παραμέτρους αύξησης των πειραματικών ιχθύων (Πίνακας 1). Από την ανάλυση των αποτελεσμάτων προέκυψε ότι η χορήγηση των μεγάλων συγκεντρώσεων μυκοτοξινών στις μεταχειρίσεις DON-C και FB-C προκάλεσε σημαντικά μικρότερη κατανάλωση ποσότητας τροφής/άτομο συγκριτικά με όλες τις υπόλοιπες μεταχειρίσεις. Στις ομάδες αυτές παρατηρήθηκαν επίσης σημαντικά μικρότερα: μέσο ολικό ατομικό βάρος, μέσο ολικό ατομικό μήκος και αύξηση συνολικής βιομάζας. Σημαντικά μικρότερο μέσο ολικό ατομικό βάρος παρατηρήθηκε και στις ομάδες FB-A, FB-C συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Σε όλες τις μεταχειρίσεις DON και στη FB-A παρατηρήθηκε σημαντικά υψηλότερο FCR, ενώ στις μεταχειρίσεις DON-B, DON-C, FB-A και FB-C παρατηρήθηκε σημαντικά χαμηλότερο SGR, συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Μειωμένη πρόσληψη τροφής και περιορισμένη αύξηση έχει παρατηρηθεί επίσης σε σολομό και κυπρίνο μετά από τη χορήγηση δεσοξυβαλενόλη, σε συγκεντρώσεις παρόμοιες με αυτές που δοκιμάστηκαν στην παρούσα έρευνα (Bernhoft *et al.* 2018). Επίσης, στην περίπτωση της τσιπούρας χορήγηση φουμινισίνης στην τροφή είχε αρνητική επίδραση στο τελικό σωματικό βάρος (Goncalves *et al.* 2020).

Οι μυκοτοξίνες δεοξυνιβαλενόλη (DON) και φουμονισίνη (FB) επηρέασαν τις εξεταζόμενες αιματολογικές (Πίνακας Ι) και ανοσολογικές παραμέτρους (Εικόνα 2). Σημαντικά χαμηλότερος αιματοκρίτης παρατηρήθηκε στην ομάδα DON-C συγκριτικά με την ομάδα ελέγχου. Στα κύτταρα του αίματος παρατηρήθηκαν διαφορές οι οποίες δεν επιβεβαιώθηκαν στατιστικά. Και οι δύο μυκοτοξίνες επηρέασαν το ανοσοποιητικό σύστημα των ψαριών ειδικά στις μεταχειρίσεις DON όπου παρατηρήθηκε αυξημένη δραστηριότητα μυελοπεροξειδάσης και δραστηριότητα σερουλοπλασμίνης στις ομάδες DON-A και DON-C και μειωμένη συγκέντρωση αιμοσφαιρίνης και αλκαλικής φωσφατάσης στην ομάδα DON-B. Η φουμονισίνη έδειξε να επηρεάζει σημαντικά προκαλώντας αυξημένες δραστηριότητες μυελοπεροξειδάσης και σερουλοπλασμίνης στις μεταχειρίσεις FB-B και FB-C και τάση για μειωμένη δραστηριότητα αλκαλικής φωσφατάσης σε όλες τις συγκεντρώσεις που δοκιμάστηκαν. Καμία από τις μυκοτοξίνες που δοκιμάστηκαν δεν επηρέασε σημαντικά την αντιβακτηριακή δράση που προκαλείται από το συμπλήρωμα ή τη δράση κατά της πρωτεάσης του ορού. Η δραστηριότητα της μυελοπεροξειδάσης είναι ανάλογη με την παραγωγή υπεροξειδίου που είναι ένα ισχυρό ROS που μπορεί να προκαλέσει οξειδωτικό στρες στα κύτταρα των ιχθύων. Η σερουλοπλασμίνη υποδηλώνει κάποια

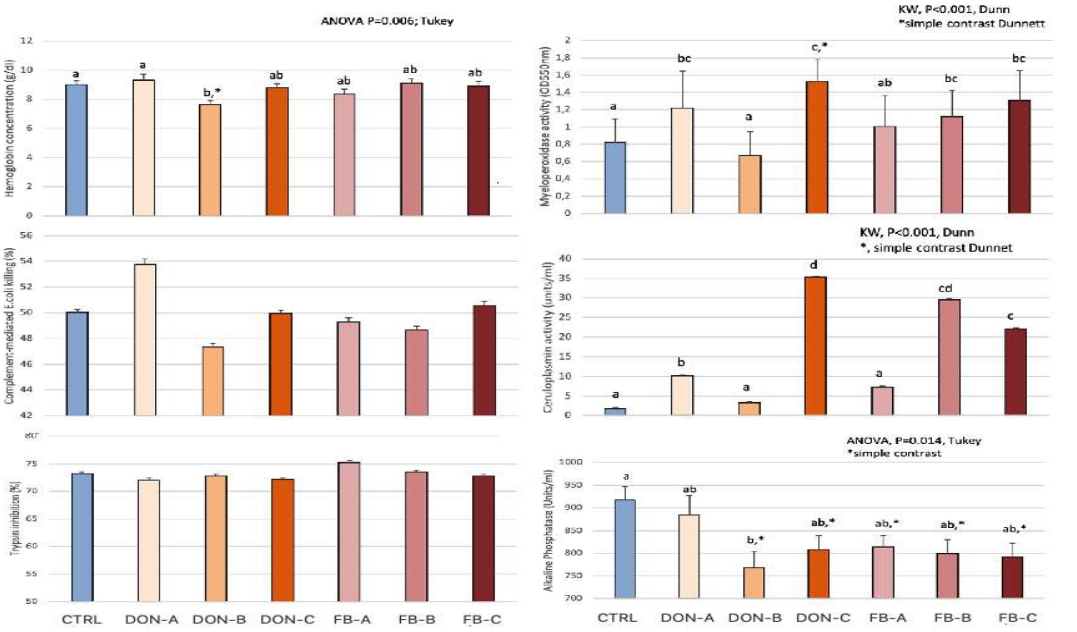
φλεγμονώδη απόκριση ενώ η δράση της αλκαλικής φωσφατάσης συνδέεται με την αντιφλεγμονώδη απόκριση.

**Εικόνα 1. Ανοσολογικές παράμετροι. Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ± τυπική απόκλιση από**

**Πίνακας Ι. Παράμετροι αύξησης και αιματολογίας**
**Table 1. Growth and haematology parameters**

| | DON-A | DON-B | DON-C | FB-A | FB-B | FB-C | CTRL |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Καταναλωθείσα τροφή (g)** | 500,88 ±26,01$^{b}$ | 452,75 ±22,97$^{b}$ | 373,10 ±8,98$^{a}$ | 499,87 ±14,28$^{b}$ | 463,13 ±25,94$^{b}$ | 438,49 ±44,78$^{b}$ | 500,44 ±30,7$^{b}$ |
| **Καταναλωθείσα τροφή/άτομο (g)** | 17,11 ±1,47$^{b}$ | 15,09 ±0,77$^{b}$ | 12,44 ±0,30$^{a}$ | 16,66 ±0,48$^{b}$ | 15,47 ±1,31$^{b}$ | 14,62 ±1,49$^{a}$ | 16,86 ±0,76$^{b}$ |
| **Ολικό μήκος/άτομο (cm)** | 11,10 ±0,17$^{bc}$ | 10,57 ±0,15$^{ab}$ | 10,20 ±0,17$^{a}$ | 10,80 ±0,17$^{bc}$ | 10,80 ±0,20$^{bc}$ | 10,83 ±0,31$^{bc}$ | 11,23 ±0,35$^{c}$ |
| **Ολικό βάρος/άτομο (g)** | 17,67 ±0,58$^{bc}$ | 15,33 ±0,58$^{ab}$ | 13,67 ±0,58$^{a}$ | 16,67 ±0,58$^{b}$ | 17,33 ±1,53$^{bc}$ | 16,33 ±2,08$^{ab}$ | 19,67 ±1,15$^{c}$ |
| **Αύξηση Βιομάζας (kg)** | 389,36 ±7,97$^{b}$ | 360,79 ±23,95$^{a}$ | 307,10 ±8,87$^{a}$ | 391,69 ±26,75$^{b}$ | 408,03 ±26,21$^{b}$ | 386,39 ±51,56$^{b}$ | 385,32 ±38,38$^{b}$ |
| **Αύξηση βάρους/άτομο (g)** | 14,18 ±0,80$^{bc}$ | 12,15 ±0,63$^{ab}$ | 10,23 ±0,30$^{a}$ | 13,23 ±0,62$^{b}$ | 13,63 ±1,45$^{bc}$ | 13,07 ±1,83$^{b}$ | 16,11 ±1,08$^{c}$ |
| **FCR** | 1,21 ±0,05$^{bc}$ | 1,24 ±0,05$^{bc}$ | 1,22 ±0,03$^{bc}$ | 1,26 ±0,06$^{c}$ | 1,14 ±0,05$^{abc}$ | 1,12 ±0,05$^{ab}$ | 1,05 ±0,05$^{a}$ |
| **SGR** | 4,11 ±0,12$^{bc}$ | 3,80 ±0,10$^{ab}$ | 3,47 ±0,05$^{a}$ | 3,97 ±0,09$^{bc}$ | 4,02 ±0,21$^{bc}$ | 3,93 ±0,19$^{b}$ | 4,37 ±0,14$^{c}$ |
| **HTC** | 32,6 ±1,53$^{ab}$ | 30,71 ±1,42$^{ab}$ | 32,07 ±1,3$^{ab}$ | 30,06 ±1,18$^{a}$ | 32 ±0,86$^{ab}$ | 32,2 ±1,28$^{ab}$ | 36,13 ±1,54$^{b}$ |
| **RBC ($10^6 \mu L^{-1}$)** | 0,62 ±0,15 | 0,62 ±0,1 | 0,74 ±0,13 | 0,64 ±0,1 | 0,63 ±0,14 | 0,76 ±0,14 | 0,88 ±0,14 |
| **WBC ($10^3 \mu L^{-1}$)** | 42,42 ±2,93 | 70,3 ±15,67 | 69,58 ±10,9 | 52,07 ±6,32 | 51,7 ±9,59 | 56,8 ±9,67 | 57,56 ±4,69 |

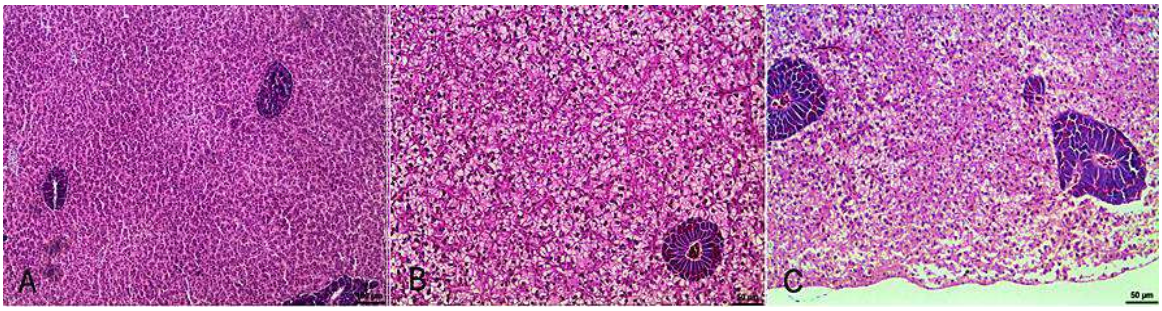
Οι τιμές παρουσιάζονται ως μέσοι όροι ± τυπική απόκλιση από τις τρεις επαναληπτικές ομάδες της κάθε μεταχείρισης. Σε κάθε παράμετρο που εξετάζεται συμβολισμός με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων ( P<0,05)




**τις τρεις επαναληπτικές ομάδες της κάθε μεταχείρισης. Σε κάθε παράμετρο που εξετάζεται, συμβολισμός με διαφορετικό γράμμα υποδηλώνει στατιστικά σημαντική διαφορά μεταξύ των μεταχειρίσεων (P<0,05)**

Η ιστοπαθολογική εξέταση τμημάτων ήπατος των ιχθύων της ομάδας ελέγχου εμφάνισε φυσιολογικό ηπατικό παρέγχυμα και ηπατοπάγκρεας. Οι ομάδες ιχθύων που έλαβαν τροφή επιμολυσμένη με τις μυκοτοξίνες έδειξαν ορισμένα παθολογικά σημεία, όπως ήπιες (DON-A, DON-B, FB-A, FB-B) έως εκτεταμένες (DON-C, FB-C) εκφυλιστικές αλλοιώσεις των ηπατοκυττάρων, με εμφάνιση διάφορου βαθμού υδρωπικής και λιπώδους εκφύλισης, καθώς και πρώιμες νεκρωτικές μεταβολές, με

πύκνωση και συρρίκνωση των πυρήνων των ηπατοκυττάρων. Σε ορισμένες εξετασθείσες τομές, παρατηρήθηκε ήπια συμφόρηση των ηπατοπυλαίων αιμοφόρων αγγείων. Στα δείγματα που εξετάστηκαν, οι παγκρεατικές κυψέλες εμφανίζονται φυσιολογικές. Ηπατικές αλλοιώσεις έχουν επιβεβαιωθεί και στην περίπτωση χορήγησης δεσοξυβαλενόλης σε πέστροφα (Gonçalves *et al.* 2018).




**Εικόνα 2. Μικροφωτογραφίες τομών ήπατος Α. Ομάδα ελέγχου CTRL. Φυσιολογικό ηπατικό παρέγχυμα (χρώση HE, 100x). Β. Ομάδα DON-C. Διάχυτη εκφύλιση του ηπατικού παρεγχύματος, με κενοτοπίωση των ηπατοκυττάρων (χρώση HE, 200x). C. Ομάδα FB-C. Εκτεταμένες εκφυλιστικές αλλοιώσεις του ηπατικού παρεγχύματος, με εμφάνιση κενοτοπίωσης σε πολυάριθμα ηπατικά κύτταρα, περιοχές με νεκρωτικές αλλοιώσεις και καταστροφή της φυσιολογικής δομής του ήπατος (χρώση HE, 200x).**

Συμπερασματικά, οι μυκοτοξίνες δεοξυνιβαλενόλη και φουμινισίνη Β1 στις μεσαίες και μεγάλες συγκεντρώσεις, έδειξαν αρνητική επίδραση στην αύξηση και στην υγεία της τσιπούρας με αυξημένη φλεγμονώδη αντίδραση και οξειδωτικό στρες (DON-C και FB-B), μειωμένες αντιφλεγμονώδεις και αιματολογικές αποκρίσεις (DON-B) και εκφυλιστικές αλλοιώσεις των ηπατοκυττάρων.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η έρευνα χρηματοδοτήθηκε από Εθνικούς και Κοινοτικούς πόρους μέσω του Ε.Π.ΑΛΘ 2014 – 2020 (Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων) στο πλαίσιο του έργου «Μυκοτοξίνες στις υδατοκαλλιέργειες: Καινοτόμες διαχειριστικές πρακτικές για την προστασία της υγείας ιχθύων και καταναλωτών».

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Akbar A., MAJEED, F. A., Sadiq, M. B., Khan, S. A., & Rabaan, A. A. (2022). Mycotoxins occurrence in food commodities, their associated hazards, and control strategies. Journal of the Hellenic Veterinary Medical Society, 73(1), 3853–3866.

Bernhoft A., Høgåsen H.R., Rosenlund G., Moldal T., Grove S., Berntssen M. H. G., Thoresen S. I., Alexander J. (2018) Effects of dietary deoxynivalenol or ochratoxin A on performance and selected health indices in Atlantic salmon (Salmo salar). Food Chem. Toxicol.: 121, p. 374-386

Gonçalves R.A., S. Menanteau-Ledouble, Schöller M., Eder A., Schmidt-Posthaus H., Mackenzie S., El-Matbouli M. (2018) Effects of Deoxynivalenol Exposure Time and Contamination Levels on Rainbow TroutJ. World Aquaculture Soc, p. 1-18

Gonçalves R.A., Schatzmayr D., Albalat A., Mackenzie S. (2020) Mycotoxins in aquaculture: feed and food Volume12, Issue1: p. 45-175

Koletsi P., Schrama J.W., Graat E.A.M., Wiegertjes G.F., Lyons P., Pietsch C. (2021) The Occurrence of Mycotoxins in Raw Materials and Fish Feeds in Europe and the Potential Effects of Deoxynivalenol (DON) on the Health and Growth of Farmed Fish Species—A Review *Toxins*, *13*(6), 403

Matejova I., Svobodova Z., Vakula J., Mares J., Modra H. (2017) Impact of Mycotoxins on Aquaculture Fish Species: A Review Volume48, Issue2: p. 186-20.

# Η παραγωγή μέσων παραγωγής στη θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια της Ελλάδας

**Κώστας Περδικάρης[1], Ευάγγελος Κωνσταντινίδης[1], Αχιλλέας Χατζόπουλος[2], Ιωάννης Χεκίμογλου[3], Ιωάννης Μιττάκος[2,4]**

[1]Τμήμα Αλιείας, Περιφερειακή Ενότητα Θεσπρωτίας, Περιφέρεια Ηπείρου, 461 00 Ηγουμενίτσα (cperdik74@yahoo.gr, vkonstandin@yahoo.com)

[2]Τμήμα Γεωπονίας, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, 471 00 Κωστακιοί Άρτας (achatzopoulos@uoi.gr)

[3]Σύλλογος Υδατοκαλλιεργητών Θεσπρωτίας, Τ.Θ. 48, 46 100 Ηγουμενίτσα (fishekoplan@yahoo.gr)

[4]FishCare, Νέα Σελεύκεια, 46 100 Ηγουμενίτσα (info@fishcare.gr)

**ABSTRACT**

**Costas Perdikaris[1], Evangelos Konstantinidis[1], Achilleas Chatzopoulos[2], Ioannis Hekimoglou[3], Ioannis Mittakos[4]: Production of production means in the marine fish farming of Greece.**

Marine cage farming in Greece is regarded as leader in sea bream/sea bass production in the Mediterranean. However, despite the exciting evolution during the last four decades, a listing of the origin of its means of production, which are collectively a crucial element of the production forces, is missing from the literature. The current overview showed that 92% of the means are either dependent on imports of raw materials/parts for self-production or directly imported as ready-to-use final product. Nevertheless, there are encouraging infrastructure capabilities for domestic production in certain areas with low or moderate technological demands. Such a strategy should be actively supported by the state, in order to substitute imports and improve the trade balance of the country.

**Keywords:** Marine fish farming, means of production, auxiliary equipment, domestic construction.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στον κλάδο της θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας στην Ελλάδα δραστηριοποιούνται 67 επιχειρήσεις και λειτουργούν 280 μονάδες, με την εκτιμώμενη παραγωγή να ανέρχεται για το 2021 στους 120.000 τόνους τσιπούρας (*Sparus auratus* Linnaeus, 1758) λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax* Linnaeus, 1758) και μικρότερες ποσότητες κρανιού (*Argyrosomus regius* Asso, 1801) και βραχύπτερου φαγκριού (*Pagrus major* Temminck & Schlegel, 1843) (ΕΛΟΠΥ 2021).

Παρά το γεγονός ότι η αρχική ανάπτυξη του κλάδου βασίστηκε κατεξοχήν σε εισαγόμενη τεχνολογία και τεχνογνωσία (Ιταλία, Ιαπωνία, Γαλλία, Νορβηγία) (Theodorou *et al*. 2015), εντούτοις, στις τέσσερεις δεκαετίες που μεσολάβησαν μέχρι σήμερα, έχει πραγματοποιηθεί σημαντική πρόοδος στην παραγωγή των μέσων παραγωγής και των τελικών καταναλωτικών προϊόντων (Κωνσταντινίδης κ.α. 2019). Ωστόσο, στο βαθμό που η υποκατάσταση των εισαγωγών βιομηχανικού εξοπλισμού μέσω και της ανάπτυξης των εγχώριων δυνατοτήτων σε καινοτόμες εφαρμογές αποτελεί προϋπόθεση και ταυτόχρονα στόχο για την επίτευξη σχετικής αυτάρκειας και επισιτιστικής ασφάλειας, η εγχώρια παραγωγή των παραγωγικών μέσων κάθε βιομηχανικού κλάδου θα πρέπει να αποτελεί κεντρική στρατηγική κατεύθυνση. Η θαλασσοκαλλιέργεια αποτελεί ενδιαφέρουσα περίπτωση υλοποίησης μιας τέτοιας στρατηγικής, καθώς το επίπεδο μηχανολογικής/τεχνολογικής ανάπτυξης των μέσων παραγωγής (παρ' ότι εξειδικευμένο) δεν είναι ιδιαίτερα απαιτητικό σε σύγκριση με τους κλάδους της «βαριάς» βιομηχανίας. Η παρούσα εργασία, έχει ως στόχο την προκαταρκτική διερεύνηση της υφιστάμενης προέλευσης των μέσω παραγωγής της θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας στην Ελλάδα, καθώς και των δυνατοτήτων εγχώριας παραγωγής, με στόχο την ενίσχυση του πλέγματος των υποστηρικτικών, προς τον κλάδο, δραστηριοτήτων.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δεδομένα της έρευνας προήλθαν από το αρχείο του Τμήματος Αλιείας της Π.Ε. Θεσπρωτίας και ειδικότερα από φακέλους επενδυτικών σχεδίων μονάδων θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας, από διαδικτυακή αναζήτηση σε ιστοσελίδες εταιρειών που προμηθεύουν τον κλάδο της ιχθυοκαλλιέργειας με εξοπλισμό και αναλώσιμα υλικά, καθώς και μετά από προσωπική επικοινωνία (άμεση και τηλεφωνική) με στελέχη εταιρειών εξοπλισμού και εταιρειών ιχθυοκαλλιέργειας κατά το δίμηνο από Δεκέμβριο 2021 έως και Φεβρουάριο 2022.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

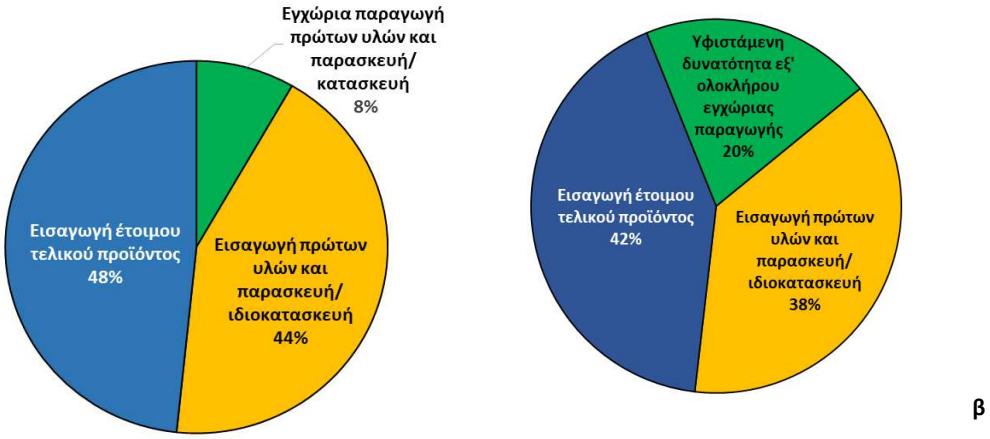
Το μεγαλύτερο ποσοστό (48%) των μέσων παραγωγής εισάγεται. Εάν σε αυτό το ποσοστό προστεθεί και το ποσοστό των μέσων που προϋποθέτουν εισαγόμενες πρώτες ύλες για να παραχθούν/κατασκευασθούν εγχώρια (44%), προκύπτει ότι το 92% των μέσων παραγωγής της ελληνικής θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας σε πλωτούς κλωβούς είναι εξαρτώμενο από εισαγωγές πρώτων υλών και τελικών προϊόντων και μόλις το 8% παράγεται/κατασκευάζεται στην Ελλάδα (Πίνακας Ι, Εικόνα 1α). Εν τούτοις, αν η βιομηχανία αξιοποιήσει κυρίως την εγχώρια παραγωγή πλαστικών πρώτων υλών, το ποσοστό των μέσων παραγωγής που θα μπορούσαν να κατασκευαστούν εξ' ολοκλήρου στη χώρα, μπορεί να ανέλθει στο 20%.

**Πίνακας Ι: Προέλευση των κυριότερων μέσων παραγωγής (πάγια, εξοπλισμός, αναλώσιμα) που χρησιμοποιούνται από τη θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια στην Ελλάδα και υφιστάμενες δυνατότητες εγχώριας παραγωγής.**

**Table I: Origin of main production means used in marine fish farming in Greece and capabilities for domestic production.**

| Πάγια στοιχεία και εξοπλισμός | Εγχώρια παραγωγή πρώτων υλών και παρασκευή/ κατασκευή | Εισαγωγή πρώτων υλών και παρασκευή/ ιδιοκατασκευή | Εισαγωγή έτοιμου τελικού προϊόντος | Υφιστάμενη δυνατότητα (εξ' ολοκλήρου) εγχώριας παραγωγής |
|---|---|---|---|---|
| ***Μεταφορικά μέσα*** | | | | |
| Σχεδίες-φορτηγίδες | | X | | |
| Βάρκες | | X | | X |
| Μηχανές θαλάσσης | | | X | |
| Ποδαρικό υδραυλικής κίνησης | | X | | |
| Γερανοί | | | X | |
| Φορτηγά | | | X | |
| Αυτοκίνητα | | | X | |
| Ανυψωτικά | | | X | |
| Χειροκίνητα παλετοφόρα | | | X | |
| Ηλεκτροκίνητα παλετοφόρα | | | X | |
| ***Κτιριακές εγκαταστάσεις*** | | | | |
| Αποθήκες-φυλάκια | X | | | X |
| ***Πλωτές εγκαταστάσεις*** | | | | |
| Πλωτές εξέδρες | | X | | X |
| Διχτυοκλωβοί | | X | | |
| Ιχθυοκλωβοί | | X | | X |
| Μηχανήματα κατασκευής κλωβών | | | X | |
| Πλωτοί διάδρομοι | | X | | X |
| Απόχες | | X | | |
| Πύργοι | | X | | X |
| Αντιαρπακτικά δίχτυα | | X | | |
| Μπλόκια | X | | | X |
| Αλυσίδες | | | X | |
| Σημαδούρες | | X | | X |
| Φωτοσήμανση | | | X | |

| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Σχοινιά | | X | | |
| Κλειδιά | | X | | |
| Τιμόνια | | X | | |
| Άγκυρες | | | X | |
| ***Τροφές*** | | | | |
| Παρασκευή τροφών | | X | | |
| ***Χημικά*** | | | | |
| Εμποτιστικά | | X | | |
| Επικαλυπτικά διχτυών | | X | | |
| Αντιβιοτικά | | | X | |
| Αναισθητικά | | | X | |
| Εμβόλια | | | X | |
| Απολυμαντικά | | | X | |
| ***Γόνος*** | | | | |
| Παραγωγή γόνου | X | | | X |
| ***Λοιποί εξοπλισμοί και μηχανήματα*** | | | | |
| Η/Υ και εξοπλισμός ελέγχου και επιτήρησης | | X | X | |
| Ηλεκτρολογικός εξοπλισμός | | X | X | |
| Πλυντήρια διχτυών | | X | | |
| Αντλίες μεταφοράς ψαριών και διαλογείς | | | X | |
| Παγομηχανές | | | X | |
| Αυτόματα συστήματα ταΐσματος | | X | X | |
| Κανονάκια | | X | | |
| Αποτεφρωτήρες | | X | | |
| Καταδυτικός εξοπλισμός | | X | X | |
| Εμβολιαστικές μηχανές | | | X | |
| Σάκοι εμβολιασμού και θεραπείας | | X | | X |
| Ισοθερμικά δοχεία εξαλίευσης («βούτες») | | | X | X |
| Συστήματα καθαρισμού διχτυών | | | X | |
| Είδη υπόδησης και ρουχισμού | | X | X | X |
| ***Λογισμικά*** | | | | |
| Λογισμικά διαχείρισης μονάδας | X | | | X |
| ***Ηλεκτρονικά όργανα*** | | | | |
| Ηλεκτρονικά όργανα περιβαλλοντικού ελέγχου | | | X | |
| Οπτικά συστήματα ελέγχου ταΐσματος | | | X | |
| Συστήματα ελέγχου βιομάζας | | | X | |
| ***Ενεργειακοί πόροι*** | | | | |
| Ηλεκτρική ενέργεια | X | | X | X |




α β

**Εικόνα 1: Κατανομή (%) της προέλευσης των μέσων παραγωγής της θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας στην Ελλάδα α. υφιστάμενη κατάσταση, β. υφιστάμενες δυνατότητες (εξ' ολοκλήρου) εγχώριας παραγωγής.**

**Figure 1: Origin (%) of the production means in marine fish farming in Greece a. current state, b. including existing capabilities for entirely domestic production.**

Θα πρέπει να επισημανθεί ότι η εγχώρια ιδιοκατασκευή σημαντικών τμημάτων του εξοπλισμού (π.χ. πλωτά μεταφορικά μέσα, πλωτές εγκαταστάσεις καθώς και λοιποί εξοπλισμοί και μηχανήματα) εμφανίζεται ιδιαίτερα ανεπτυγμένη (Πίνακας Ι, Εικόνα 1α) και με δυνατότητες μετάπτωσης στην κατηγορία της αμιγούς εγχώριας παραγωγής (Εικόνα 1β). Αναφορικά με την παρασκευή ιχθυοτροφών, από τους 275.000 τόνους τροφής που πωλήθηκαν το 2020, το 95% παρήχθη σε οκτώ ελληνικά εργοστάσια, το υπόλοιπο 4,5% εισήχθη από εμπορικές επιχειρήσεις και το 0,5% αφορούσε εισαγωγές από το εξωτερικό (ΕΛΟΠΥ 2021). Ιδιαίτερα ενθαρρυντική είναι η κατάσταση στην παραγωγή γόνου (αμιγώς εγχώρια παραγωγή), καθώς το 14% της παραγωγής το 2020 (περίπου 47 εκατ. ιχθύδια) διακινήθηκε/εξήχθη σε Ισπανία, Κροατία, Αίγυπτο, Η.Α.Ε. και Τυνησία (ΕΛΟΠΥ 2021). Η παραγωγή αυγών/γόνου και η παρασκευή ιχθυοτροφών αποτελούν κομβικά ζητήματα για τη βιωσιμότητα του κλάδου καθώς, σύμφωνα με στοιχεία της ΕΛΟΠΥ (2021), αποτελούν έως και το 70% του κόστους παραγωγής, ανεξάρτητα από το μέγεθος και την οργάνωση μιας εταιρείας ιχθυοκαλλιέργειας (με τις τροφές να αποτελούν το 57-59% του κόστους παραγωγής).

Αντίθετα, η εξασφάλιση χερσαίων μεταφορικών μέσων, μηχανημάτων, χημικών προϊόντων και ηλεκτρονικών οργάνων πάσης φύσης εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από εισαγωγές (Πίνακας Ι, Εικόνα 1α), αντανακλώντας μεθόδους παραγωγής με αυξημένες τεχνολογικές απαιτήσεις και προϋποθέσεις που ικανοποιούνται στα πλαίσια είτε της «βαριάς» βιομηχανίας, είτε της ενσωμάτωσης εξελιγμένων νέων τεχνολογιών. Αναφορικά με το ζήτημα της ενέργειας, οι δυνατότητες παραγωγής ρεύματος μέσω ανανεώσιμων πηγών ενέργειας (π.χ. φωτοβολταϊκά/ανεμογεννήτριες) έχει ήδη προβλεφθεί στα πλαίσια του ΕΠΑΛΘ 2014-2020, εν τούτοις, οι ενεργειακές ανάγκες των μονάδων και των συσκευαστηρίων καλύπτονται κατά βάση από το εκάστοτε ενεργειακό μίγμα της χώρας (εγχώρια παραγωγή και εισαγωγές) (Konstantinidis *et al*. 2021).

Στην ιχθυοκαλλιέργεια, το ποσοστό συμμετοχής των μέσων παραγωγής στην παραγωγική διαδικασία είναι μεγαλύτερο από το ποσοστό συμμετοχής της εργασίας, γεγονός που την καθιστά κλάδο έντασης κεφαλαίου. Αυτή η τάση αναμένεται να ενισχυθεί στο μέλλον μέσω εφαρμογών αυτοματισμού, ρομποτικής και τεχνητής νοημοσύνης. Επιπλέον, στις συνθήκες έκθεσης στο θαλάσσιο περιβάλλον, η απόσβεση λόγω φθοράς και καταστροφής των κυριότερων μέσων παραγωγής είναι ταχεία, γεγονός που αποτυπώνεται στην ανάγκη συνεχούς

εκσυγχρονισμού του εξοπλισμού των μονάδων. Κατά συνέπεια, οι δυνατότητες εγχώριας ανάπτυξης υποστηρικτικών βιοτεχνικών/βιομηχανικών δραστηριοτήτων οι οποίες θα είναι σε θέση να παράγουν στοχευμένα εξοπλισμό ο οποίος μέχρι σήμερα εισάγεται (π.χ. μηχανές θαλάσσης, παλετοφόρα, γερανοί, αεροσυμπιεστές, κλπ) θα μπορούσαν να υποστηριχθούν είτε μέσω εξειδικευμένου μέτρου στα πλαίσια του ΕΠΑΛΘ 2021-2027, είτε μέσω άλλων χρηματοδοτικών εργαλείων. Επιπλέον, κρίνεται ως απαραίτητο να ενσωματωθεί η εν λόγω στρατηγική στο Πολυετές Εθνικό Στρατηγικό Σχέδιο για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών (ΑΡΣ 2021). Τέλος, υπό προϋποθέσεις διασφάλισης της παραγωγής ανταγωνιστικών προϊόντων υψηλής ποιότητας, η ανάπτυξη του μη-μεταπρατικού υποστηρικτικού δικτύου του κλάδου θα μπορούσε να συμβάλει συνολικά στην ενίσχυση των εξαγωγικών δυνατοτήτων της χώρας και κατ' επέκταση, στη βελτίωση του ισοζυγίου εξωτερικών συναλλαγών.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Οι συγγραφείς ευχαριστούν τον ιχθυολόγο Νικόλαο Τζουρμανά, καθώς και το στέλεχος των ΕΛΠΕ Κων/νο Πλέουρα για την πολύτιμη συμβολή τους.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

ΑΡΣ Α.Ε. (2021) Σχέδιο Πολυετούς Εθνικού Στρατηγικού Σχεδίου για την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών για τη νέα προγραμματική περίοδο 2021-2027, 121 σελ.

ΕΛΟΠΥ (2021) Ετήσια Έκθεση Υδατοκαλλιέργειας, 104 σελ.

Κωνσταντινίδης Ε, Περδικάρης Κ, Μπάτζιος Χ, Μιχαηλίδης Β, Γκάνιας Κ (2019) Επισκόπηση του κλάδου της θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας στη Θεσπρωτία: τάσεις και προοπτικές. Πρακτικά 17ου Πανελλήνιου Συνεδρίου Ιχθυολόγων, Ηράκλειο, σελ. 196-199.

Konstantinidis E, Perdikaris C, Ganias K (2021) Life cycle assessment of seabass and meagre in marine cage farming: From feeding plant to harvesting. Mediterranean Marine Science 22(1): 125-136.

Theodorou JA, Perdikaris C, Filippopoulos NG (2015) Evolution through innovation in aquaculture: A critical review of the Greek mariculture industry. Journal of Applied Aquaculture 27(2): 160-181.

# Το *Vibrio harveyi* ως κύριο αίτιο δονακίωσης στην Ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια

**Ανδριάνα Τρίγκα[1,2], Παντελής Καθάριος[1]**
[1]Ινστιτούτο Θαλάσσιας Βιολογίας, Βιοτεχνολογίας και Υδατοκαλλιεργειών, ΕΛΚΕΘΕ, Πρώην Αμερικανική Βάση Γουρνών, Ηράκλειο 71500, Κρήτη - adriantrig@gmail.com, katharios@hcmr.gr
[2]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Βούτες Ηρακλείου

## ABSTRACT

**Adriana Triga, Pantelis Katharios: *Vibrio harveyi* as the principal etiological agent of vibriosis in the Greek aquaculture.**

Vibriosis is one of the most important bacterial diseases in Mediterranean aquaculture that may have devastating results on production. Initially, vibriosis was caused mainly by *Vibrio anguillarum* however following the successful implementation of vaccination programs, this species is no longer isolated frequently. Instead, other vibrios have taken up the niche and have emerged as significant pathogens with *Vibrio harveyi* being the most important. In this work, we have isolated more than 400 strains of various species of vibrios and we have fully characterized 143 clinical strains of *V. harveyi* isolated from diseased fish. We have focused on the epidemiology of the disease, and we have analyzed the genomes of 21 selected strains focusing on virulence factors and putative antigenic proteins.

**Keywords:** vibriosis, seabass, gilthead seabream, aquaculture, virulence factors

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το γένος *Vibrio* απαρτίζεται από 147 γνωστά είδη και 4 υποείδη, εκ των οποίων πολλά παθογόνα, κάποια ευκαιριακά, όλα άφθονα στο θαλάσσιο, εκβολικό και εσωτερικό υδάτινο περιβάλλον. Το γένος είναι πολυφυλετικό και έντονα ετερογενές σε γενετικά και φαινοτυπικά χαρακτηριστικά (Sampaio *et al*. 2022). Τα πιο σημαντικά δονάκια (vibrio) που έχουν συνδεθεί με εξάρσεις ασθενειών σε εκτρεφόμενους υδρόβιους οργανισμούς ανήκουν στους κλάδους Anguillarum, Splendidus, Harveyi.

Ο κλάδος του Harveyi που περιλαμβάνει τα είδη *V. harveyi*, *V. alginolyticus*, *V. parahaemolyticus*, *V. campbellii*, *V. rotiferianus*, *V. natriegens*, *V. azureus*, *V. mytili*, *V. owensii*, *V. communis* και *V. sagamiensis*, απαντάται με μεγάλη συχνότητα στην ιχθυοκαλλιέργεια (Atujona *et al*. 2018). Το *Vibrio harveyi* είναι σημαντικό παθογόνο βακτήριο για τα καλλιεργούμενα ψάρια, συμπεριλαμβανομένων του λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax)* και της τσιπούρας (*Sparus aurata*) που είναι τα κύρια εκτρεφόμενα είδη του ελληνικού χώρου. Η ασθένεια που προκαλεί το *V. harveyi* έχει τα χαρακτηριστικά βακτηριακής σηψαιμίας και χαρακτηρίζεται από δερματικά έλκη, εκφύλιση οφθαλμών, αγγειίτιδα και εντερίτιδα (Zrncic *et al*. 2020). Η ασθένεια εμφανίζεται κυρίως τους ζεστούς μήνες και όταν υπάρχει μεταβολή της θερμοκρασίας του νερού ιδιαίτερα την άνοιξη και το φθινόπωρο (Angelidis *et al*. 2015; Pujalte *et al*. 2003; Ramljak *et al*. 2022; Sampaio *et al*. 2022) αλλά και κατά τη μετάβαση των νεαρών ιχθυδίων από το περιβάλλον του εκκολαπτηρίου, στην ανοικτή θάλασσα για εκτροφή στους ιχθυοκλωβούς. Χαρακτηριστικό της γνώρισμα είναι η αναποτελεσματικότητα των αντιβιοτικών για την αντιμετώπισή της, γεγονός που συνδέεται με την ανθεκτικότητα που παρουσιάζουν τα συγκεκριμένα βακτήρια στα αντιβιοτικά (Deng et al. 2020; Igbinosa 2016; Lim *et al*. 2016; Snoussi et al. 2006).

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται τα αποτελέσματα του χαρακτηρισμού σημαντικού αριθμού δονακίων που απομονώθηκαν από περιστατικά εξάρσεων δονακίωσης στην Ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια τα τελευταία 5 χρόνια με έμφαση στο *V. harveyi*.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι δειγματοληψίες πραγματοποιήθηκαν σε μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας από όλη την Ελλάδα μεταξύ 2017 και 2021 στο πλαίσιο του ερευνητικού έργου ROBUST (Πρόληψη δονακίωσης οφειλόμενης στο *Vibrio harveyi* με καινοτόμα εργαλεία). Τα βακτήρια που απομονώθηκαν κατά τη διάρκεια του έργου είναι περισσότερα από 400 ενώ αυτά που ταυτοποιήθηκαν πλήρως ανέρχονται στα 283. Η συλλογή που δημιουργήθηκε περιλαμβάνει δονάκια από 27 διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές της Ελλάδας που απομονώθηκαν από το νερό ιχθυογεννητικών σταθμών (δεξαμενές ζωντανών τροφών, νυμφικών εκτροφών και προπάχυνσης), κλωβών πάχυνσης, καθώς επίσης και από ιστούς άρρωστων ιχθυδίων και ενηλίκων ατόμων. Επιπλέον, στη συλλογή προστέθηκαν και δονάκια που έχουν απομονωθεί από τη Τουρκία, Σαουδική Αραβία και Ισπανία. Τα περισσότερα στελέχη απομονώθηκαν από το λαβράκι

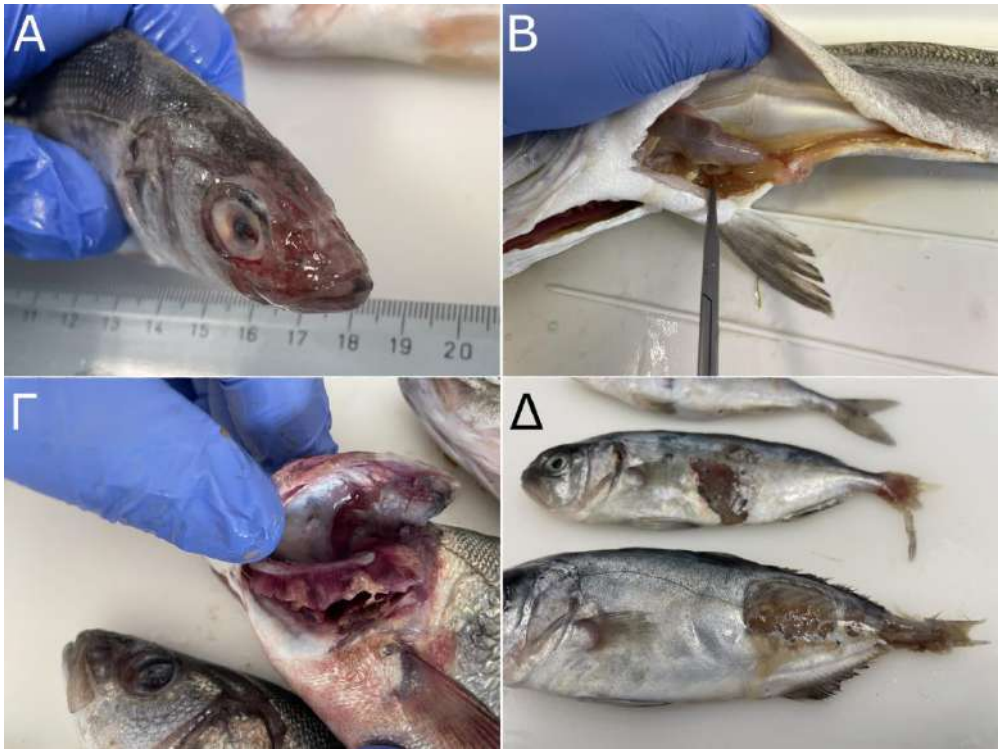
(*Dicentrarchus labrax)*, το μαγιάτικο (*Seriola dumerili*) και την τσιπούρα (*Sparus aurata*) ενώ τα υπόλοιπα απομονώθηκαν από κρανιό (*Argyrosomus regius*), συναγρίδα (*Dentex dentex*), σαλάχια *Myliobatis aquila* και *Dasyatis pastinaca*, γωβιό (*Gobius niger*) και τιλάπια (*Oreochromis niloticus*). Η αρχική απομόνωση των βακτηρίων πραγματοποιήθηκε στο εκλεκτικό θρεπτικό υπόστρωμα TCBS που ευνοεί την ανάπτυξη των δονακίων. Έπειτα από ανακαλλιέργεια και καθαρισμό τα βακτήρια αποθηκεύονταν σε σωληνάρια με μικροσφαιρίδια (Microbank-Prolab) στους -80°C. Για την ταυτοποίηση των βακτηριών χρησιμοποιήθηκαν συνδυαστικά (α) το φαινοτυπικό αποτύπωμα μέσω του GEN III MicroPlate (BIOLOG, Hayward, USA), (β) η θετική αντίδραση PCR για το γονίδιο *toxR* (cholera toxin transcriptional activator), και (γ) η αλληλούχιση κατά Sanger των γονιδίων *mreB* και 16S. Η αναγνώριση βασίζεται κυρίως στη μοριακή ταυτοποίηση, έπειτα από σύγκριση των αλληλουχιών των βακτηρίων της συλλογής με άλλες αλληλουχίες στη βάση δεδομένων GenBank, (National Centre for Biotechnology Information, Bethesda, MD, USA) με τους αλγόριθμους του BLASTn. Είκοσι ένα κλινικά στελέχη *V. harveyi* αντιπροσωπευτικά των διαφορετικών περιοχών απομόνωσης, χρονολογιών αλλά και ξενιστών, επιλέχθηκαν για την πλήρη αλληλούχιση των γονιδιωμάτων τους με χρήση τεχνολογιών αλληλούχισης επόμενης γενιάς (πλατφόρμα DNBSeq, BGI Hong Kong). Η συναρμολόγηση (assembly) των γονιδιωμάτων πραγματοποιήθηκε με τα λογισμικά Samtools 1.3 (Danecek *et al*. 2021) και Unicycler v0.4.8 assembler (Wick *et al*. 2017). Τα γονιδιώματα σχολιάστηκαν ως προς το γονιδιακό τους περιεχόμενο (annotation) στη βάση δεδομένων GenBank NCBI, με το PGAP (Li *et al*. 2021). Πραγματοποιήθηκε γονιδιωματική ανάλυση χρησιμοποιώντας διάφορα εργαλεία βιοπληροφορικής για να εντοπιστούν λοιμογονικοί παράγοντες, πιθανές αντιγονικές πρωτεΐνες (μέσω αντίστροφης εμβολιολογίας) καθώς και για να μελετηθεί η φυλογένεση του είδους.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η κλινική εικόνα των ψαριών που είχαν προσβληθεί από το *Vibrio harveyi* περιελάμβανε κυρίως εξωτερικές επιδερμικές αλλοιώσεις με εστίες στην περιοχή της κεφαλής αλλά και στον κορμό. Οι αλλοιώσεις αυτές μπορεί να είναι αρχικά επιφανειακές με μια υπόλευκη απόχρωση που σταδιακά να εξελίσσονται σε έλκη. Σε αρκετές περιπτώσεις παρατηρήθηκαν εστιακές νεκρώσεις στα βράγχια ενώ εσωτερικά το πιο κοινό εύρημα ήταν η έντονη εντερίτιδα (**Εικ. 1**).

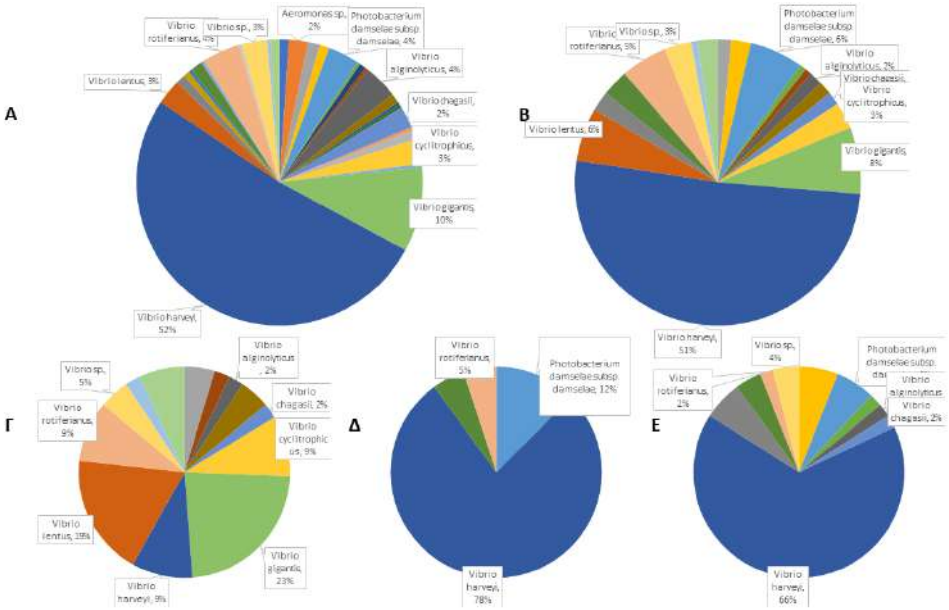
Η ποικιλότητα των δονακίων στο περιβάλλον των ιχθυοκαλλιεργειών ήταν αρκετά μεγάλη αφού εντοπίστηκαν πάνω από 30 διαφορετικά είδη. Η ποικιλότητα αυτή μειώνεται στις περιπτώσεις έξαρσης δονακίωσης στις οποίες το κυρίαρχο είδος είναι το *Vibrio harveyi*. Παρατηρήθηκε επίσης ότι το χειμώνα και την άνοιξη επικρατούν δονάκια του κλάδου Splendidus, ενώ το καλοκαίρι και το φθινόπωρο δονάκια του κλάδου Harveyi (**Εικ. 2**). Σε περιστατικά έντονων εξάρσεων με επίμονες και σοβαρές θνησιμότητες το *V. harveyi* ήταν το κύριο παθογόνο το οποίο απομονώνονταν σε καθαρές καλλιέργειες χωρίς να υπάρχει συναπομόνωση άλλων βακτηρίων.

Από τα 283 στελέχη που αναλύθηκαν τα 143 ταυτοποιήθηκαν ως *V. harveyi*. Όλα τα *V. harveyi* ήταν κινητά, και με εξαίρεση δύο στελέχη, σχημάτιζαν κίτρινες αποικίες στο TCBS. Το βιοχημικό προφίλ των στελεχών του *V. harveyi* παρουσίασε μεγάλη ανομοιογένεια. Το BIOLOG GEN III δεν ήταν ιδιαίτερα αξιόπιστο ως διαγνωστικό εργαλείο. Αντίθετα η χρησιμοποίηση ειδικών εκκινητών PCR έναντι του γονιδίου *toxR* είχε 100% ακρίβεια στην ταυτοποίηση του είδους όπως επιβεβαιώθηκε με την αλληλούχιση των γονιδίων *mreB* και *16S*. Εκτός από το *V. harveyi*, τα είδη *V. alginolyticus*, *V. rotiferianus* και *V. lentus* καθώς επίσης και το *Photobacterium damselae* subsp. *damselae* απομονώθηκαν με μεγαλύτερη συχνότητα από περιστατικά δονακίωσης.




**Εικόνα 1.** Κλινικά σημάδια δονακίωσης οφειλόμενης στο *Vibrio harveyi*. **Α.** Αλλοιώσεις στη περιοχή της κεφαλής λαβρακιού και εκφύλιση οφθαλμών. **Β.** Εντερίτιδα σε λαβράκι. **Γ.** Εστιακές νεκρώσεις σε βράγχια λαβρακιού. **Δ.** Εξελκώσεις στο δέρμα μαγιάτικου

**Figure 1.** Clinical signs of *Vibrio harveyi* infection. **A.** Head lesions and degeneration of the eye in seabass. **B.** Enteritis in seabass. **Γ.** Focal necrosis of seabass gills. **Δ.** Epidermal ulcers in greater amberjack.




**Εικόνα 2. Α.** Ποικιλότητα των δονακίων στην Ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια. **Β.** Ποικιλότητα των δονακίων κατά τη διάρκεια εξάρσεων δονακίωσης. **Γ.** Δονάκια την άνοιξη από ήπιες εξάρσεις δονακίωσης. **Δ.** Ποικιλότητα των δονακίων το καλοκαίρι και **Ε** το φθινόπωρο, εποχές όπου οι εξάρσεις δονακίωσης είναι ιδιαίτερα σοβαρές.

**Figure 2. A.** Diversity of the vibrios in the Greek aquaculture. **B.** Vibrio diversity during disease outbreaks. **Γ.** Vibrios in spring when the severity of vibriosis is relatively low. **Δ.** Diversity of vibrios in summer and **E** autumn when vibriosis outbreaks are severe.

Τα γονιδιώματα των 21 στελεχών που αλληλουχήθηκαν είχαν μέσο μήκος 5,969,536 bps μοιρασμένα σε 30 έως 232 contigs καλής ποιότητας με κάλυψη περίπου 205x και N50 από 228,328 έως 507,658. Η περιεκτικότητα σε GC κυμάνθηκε από 43,63 έως 44,93%. Μια πολύ μεγάλη ποικιλία λοιμογονικών παραγόντων όπως μεταφορείς, συστήματα έκκρισης, βακτηριακές τοξίνες, πρωτεΐνες κινητικότητας, και σιδεροφόρα αποτελούν μέρος του κεντρικού γονιδιώματος. Έχουν σχολιαστεί ιδιαίτερα σημαντικές ομάδες γονιδίων των εκκριτικών συστημάτων T1SS, T2SS, T3SS, T4SS, T6SS. Γονίδια που κωδικοποιούν τοξίνες όπως η εντεροτοξίνη, η μικροβιακή κολλαγενάση colA, η tlyC, ο εξαγωγέας μαγνησίου και κοβαλτίου που καταστρέφει τη μεμβράνη, η θερμοδιαλυτή αιμολυσίνη tlh, η απολεπιστική τοξίνη A/B eta και η αιμολυσίνη III hlyIII βρέθηκαν σε όλα τα στελέχη που αλληλουχήθηκαν δείχνοντας το ιδιαίτερα ευρύ ρεπερτόριο παθογένεσης των βακτηρίων αυτών. Το αντιγονικό προφίλ των στελεχών βασίστηκε στον εντοπισμό γονιδίων πρωτεϊνών της εξωτερικής μεμβράνης (outer membrane proteins, OMPs) μέσω της αντίστροφης εμβολιολογίας (Rappuoli 2001). Οι πρωτεΐνες που εντοπίστηκαν στην εξωτερική μεμβράνη είναι 143. Στη συνέχεια επιλέχθηκαν αυτές που είναι πεπτίδια σήματος, δεν έχουν πάνω από 3 α-έλικες, έχουν αλληλουχίες μεγαλύτερες των 100 αμινοξέων και προβλέπονται από τα βιοπληροφορικά εργαλεία ως πιθανές πρωτεΐνες εξωτερικής μεμβράνης με β-πτυχωτές επιφάνειες. Επιλέχθηκαν 25 πρωτεΐνες από όσες πληρούσαν τα παραπάνω κριτήρια, στις οποίες συγκαταλέγονται οι TolC, OmpK, OmpW, OmpA, Maltoporin που με βάση τη βιβλιογραφία έχουν υψηλά επίπεδα έκφρασης και είναι συντηρημένες, γεγονός που τις καθιστά κατάλληλες ως αντιγόνα σε εμβόλια. Ο βαθμός συντήρησης των πρωτεϊνών μεταξύ των 21 στελεχών υπολογίστηκε με τη χρήση πρωτεϊνικής απόστασης μετά από στοίχιση (alignment) των αμινοξικών αλληλουχιών με τον αλγόριθμο MUSCLE και κυμάνθηκε μεταξύ 90 και 99.8%. Τον υψηλότερο βαθμό συντήρησης παρουσίασαν οι πρωτεΐνες OmpA, OmpW και TonB ενώ σχετικά χαμηλότερο βαθμό συντήρησης παρουσίασαν οι OmpK και maltoporin.

Από τη συστηματική διερεύνηση των αιτιολογικών παραγόντων της δονακίωσης στην Ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια προέκυψε ότι κύριο παθογόνο είναι το *Vibrio harveyi*, ενώ σε πολλές περιπτώσεις και ιδιαίτερα σε εξάρσεις που παρατηρούνται το χειμώνα και νωρίς την άνοιξη εμπλέκονται και άλλα ευκαριακά δονάκια. Δημιουργήθηκε μια μεγάλη συλλογή πλήρως χαρακτηρισμένων στελεχών του είδους η οποία θα αποτελέσει τη βάση για την ανάπτυξη ενός αποτελεσματικού εμβολίου για την πρόληψη της νόσου.

**ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ**

Η εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε στο πλαίσιο του έργου ROBUST (Πρόληψη δονακίωσης οφειλόμενης στο *Vibrio harveyi* με καινοτόμα εργαλεία) που χρηματοδοτήθηκε από το ΕΠΑνΕΚ, Ειδικές Δράσεις «ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ» - «ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ» - «ΑΝΟΙΧΤΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΣΤΟΝ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟ»

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Angelidis P, Bellos G, Miliou H (2015) Effect of Temperature and Seasonality Principal Epizootiological Risk Factor on Vibriosis and Photobacteriosis Outbreaks for European Sea Bass in Greece (1998-2013). Journal of Aquaculture Research and Develpment Vol 6(5). https://doi.org/10.4172/2155-9546.1000338

Atujona D, Cai S, Amenyogbe E (2018) Mini review on Vibrio Infection-A Case Study on *Vibrio harveyi* Clade. Fisheries and Aquaculture Journal 09, 9–12. https://doi.org/10.4172/2150-3508.1000258

Danecek P, Bonfield JK, Liddle J, Marshall J, Ohan V, Pollard MO, Whitwham A, Keane T, McCarthy SA, Davies RM, Li H (2021) Twelve years of SAMtools and BCFtools. Gigascience 10. https://doi.org/10.1093/gigascience/giab008

Deng Y, Xu L, Liu S, Wang Q, Guo Z, Chen C, Feng J (2020) What drives changes in the virulence and antibiotic resistance of *Vibrio harveyi* in the South China Sea? Journal of Fish Diseases 43(8): 853-862jfd.13197. https://doi.org/10.1111/jfd.13197

Igbinosa EO (2016) Detection and Antimicrobial Resistance of Vibrio Isolates in Aquaculture Environments: Implications for Public Health. Microbial Drug Resistance 22: 238–245. https://doi.org/10.1089/mdr.2015.0169

Li W, O'Neill KR, Haft DH, DiCuccio M, Chetvernin V, Badretdin A, Coulouris G, Chitsaz F, Derbyshire MK, Durkin AS, Gonzales NR, Gwadz M, Lanczycki CJ, Song JS, Thanki N, Wang J, Yamashita RA, Yang M, Zheng C, Marchler-Bauer A, Thibaud-Nissen F (2021) RefSeq: expanding the Prokaryotic Genome Annotation Pipeline reach with protein family model curation. Nucleic Acids Research 49: D1020–D1028, D1020–D1028. https://doi.org/10.1093/nar/gkaa1105

Lim YJ, Kim DH, Roh HJ, Park MA, Park C Il, Smith P (2016) Epidemiological cut-off values for disc diffusion data generated by standard test protocols from *Edwardsiella tarda* and *Vibrio harveyi*. Aquaculture International 24: 1153–1161. https://doi.org/10.1007/s10499-016-9977-0

Pujalte MJ, Sitjà-Bobadilla A, Macián MC, Belloch C, Álvarez-Pellitero P, Pérez-Sánchez J, Uruburu F, Garay E (2003). Virulence and molecular typing of *Vibrio harveyi* strains isolated from cultured dentex, gilthead sea bream and European sea bass. Systematic Applied Microbiology 26: 284–292. https://doi.org/10.1078/072320203322346146

Ramljak A, Vardić Smrzlić I, Kapetanović D, Barac F, Kolda A, Perić L, Balenović I, Klanjšček T, Gavrilović A (2022) Skin Culturable Microbiota in Farmed European Seabass (*Dicentrarchus labrax*) in Two Aquacultures with and without Antibiotic Use. Journal of Marine Sciences and Engineering 10: 303. https://doi.org/10.3390/jmse10030303

Rappuoli R (2001) Reverse vaccinology, a genome-based approach to vaccine development. Vaccine 19: 2688–2691. https://doi.org/10.1016/S0264-410X(00)00554-5

Sampaio, A., Silva, V., Poeta, P., Aonofriesei, F., 2022. Vibrio spp.: Life Strategies, Ecology, and Risks in a Changing Environment. Diversity (Basel) 14, 97. https://doi.org/10.3390/d14020097

Snoussi, M., Chaieb, K., Mahmoud, R., Bakhrouf, A., 2006. Quantitative study, identification and antibiotics sensitivity of some Vibrionaceae associated to a marine fish hatchery. Ann Microbiol 56, 289–293. https://doi.org/10.1007/BF03175020

Wick, R.R., Judd, L.M., Gorrie, C.L., Holt, K.E., 2017. Unicycler: Resolving bacterial genome assemblies from short and long sequencing reads. PLoS Comput Biol 13. https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1005595

Zrncic, S., Toffan, A., Panzarin, V., 2020. Diagnostic Manual for the main pathogens in European seabass and Gilthead seabream aquaculture OPTIONS méditerranéennes SERIES B: Studies and Research.

# Χρήση της Φασματοφωτομετρίας και της φθορισομετρίας για τον υπολογισμό της πυκνότητας φυτοπλαγκτονικών καλλιεργειών

**Γεώργιος Χώτος[1], Δέσποινα Αβραμίδου[2], Βλασούλα Μπεκιάρη[3]**
[1, 2]Εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού. Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών. Πανεπιστήμιο Πατρών, 30200 Μεσολόγγι– ghotos@upatras.gr
[2]dabramid@upatras.gr
[3]Τμήμα Επιστήμης Φυτικής Παραγωγής. Πανεπιστήμιο Πατρών, 30200 Μεσολόγγι–bbekiari@upatras.gr

## ABSTRACT

**George Hotos, Despoina Avramidou, Vlasoula Bekiari: The use of spectrophotometry and fluorometry in the calculation of phytoplankton culture's density**

Cultures of several microalgae were studied using spectrophotometry and fluorometry to investigate a practical method of accessing biomass density. Absorption spectra and emission spectra were studied using known cell densities and subsequently, calibration curves were constructed of optical density vs cell density using wavelengths of 430, 680 and 750 nm. All wavelengths gave good correlations with the 750 nm superior. Using emission spectra, unique for each species, it is possible to correlate very well cell density and intensity of emission, but the only constraint is that this technique is reliable only up to a certain cell density unique for each species.

**Keywords:** Absorption spectrum, emission spectrum, microalgae, wave length, cell density

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

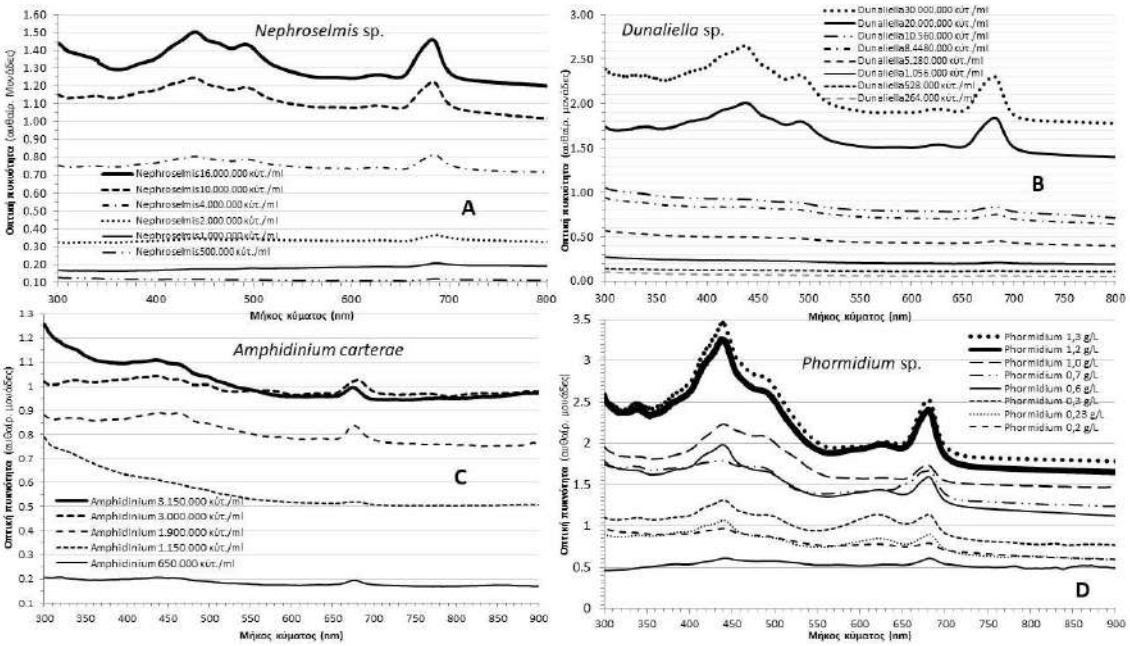
Η τεχνική της φασματοφωμετρίας και της φθορισομετρίας είναι μη επεμβατικές, δηλαδή δεν καταστρέφουν το δείγμα τόσο ως ποσότητα όσο και ως σύσταση. Η εφαρμογή τους στις φυκοκαλλιέργειες και ενίοτε στα φυσικά νερά παρουσιάζει ποικίλα πλεονεκτήματα όπως ταχύτητα, απλότητα, ακρίβεια και απουσία ποικίλων αντιδραστηρίων. Για καλλιέργειες διαφόρων ειδών μικροφυκών προσφέρει στον ερευνητή τη δυνατότητα παρακολούθησης της καλλιέργειας μέσω απλής μέτρησης της απορρόφησης, ποσότητας δείγματος στο φασματοφωτόμετρο και στην συνέχεια μετατροπής αυτής σε πυκνότητα κυττάρων, ώστε να επιβλέπεται και η πορεία της αύξησης. Δεν υπάρχουν στη βιβλιογραφία συστηματοποιημένες και εφαρμόσιμες εργασίες που να αποτελούν οδηγό χρήσης για τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα είδη φυτοπλαγκτού στις υδατοκαλλιέργειες (π.χ. *Tetraselmis, Isochrysis, Rhodomonas*, *Dunaliella*, κ.ά.). Από εργασίες που υπάρχουν (Gaigalas *et al*. 2009, Ribeiro-Rodrigues *et al*. 2011, Almomani & Ormeci 2018) δεν προκύπτουν στοιχεία που να μπορούν να εφαρμοστούν στα συνήθη φυτοπλαγκτονικά είδη που χρησιμοποιούνται στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς, ούτε έχει αναλυθεί πλήρως το θέμα του καλύτερου μήκους κύματος με το οποίο θα μετρηθεί η απορρόφηση. Η μετρούμενη απορρόφηση στο φασματοφωτόμετρο επηρεάζεται από τις φωτοσυνθετικές χρωστικές των κυττάρων (Hotos *et al*. 2020) και επειδή η κάθε χρωστική παρουσιάζει το δικό της μέγιστο απορρόφησης σε ένα (ή και δεύτερο) χαρακτηριστικό μήκος κύματος, η επιλογή του κατάλληλου μήκους κύματος είναι υψίστης σημασίας για την καλύτερη συσχέτιση απορρόφησης-πυκνότητας κυττάρων. Εξυπακούεται ότι άπαξ και αποδειχθεί το ποιο είναι το καλύτερο μήκος κύματος για το συγκεκριμένο εξεταζόμενο φύκος, αυτό πλέον θα πρέπει να χρησιμοποιείται και από άλλους ερευνητές που χρησιμοποιούν τη συγκεκριμένη εξίσωση. Συνήθως χρησιμοποιούνται διάφορα μήκη κύματος στο εύρος 540-685 nm (Linschitz & Sarkanen 1958, Shen *et al*. 2001, Yao *et al*. 2002, Ribeiro-Rodrigues *et al*. 2011, Zeng *et al*. 2012) αλλά αυτό δεν αποκλείει και τη χρησιμοποίηση και άλλων μηκών κύματος. Στην πραγματικότητα αυτό που επιδιώκουμε είναι να βρούμε ένα χρηστικό και αξιόπιστο μήκος κύματος για το κάθε φύκος. Δεν αποκλείεται βέβαια η αναζήτηση αυτή να μην έχει τόση σημασία όση εξ' αρχής μπορεί κάποιος να υποθέσει μια και η απορρόφηση στην ουσία είναι έκφραση της "θολερότητας" της προκαλούμενης λόγω της πυκνότητας των αιωρούμενων κυττάρων των μικροφυκών και η έντασή της (της απορρόφησης) εξαρτάται από την πυκνότητα αυτή καθαυτή.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα χρησιμοποιηθέντα μικροφύκη προέκυψαν από τοπικά απομονωθέντα είδη μέσω δειγματοληψιών στις λιμνοθάλασσες της Δ. Ελλάδας. Μετά τη σταθεροποίηση των μονοειδικών καλλιεργειών τους διατηρούνταν σε συνθήκες καλλιέργειας σε δοχεία Erlenmeyer των 2-L με

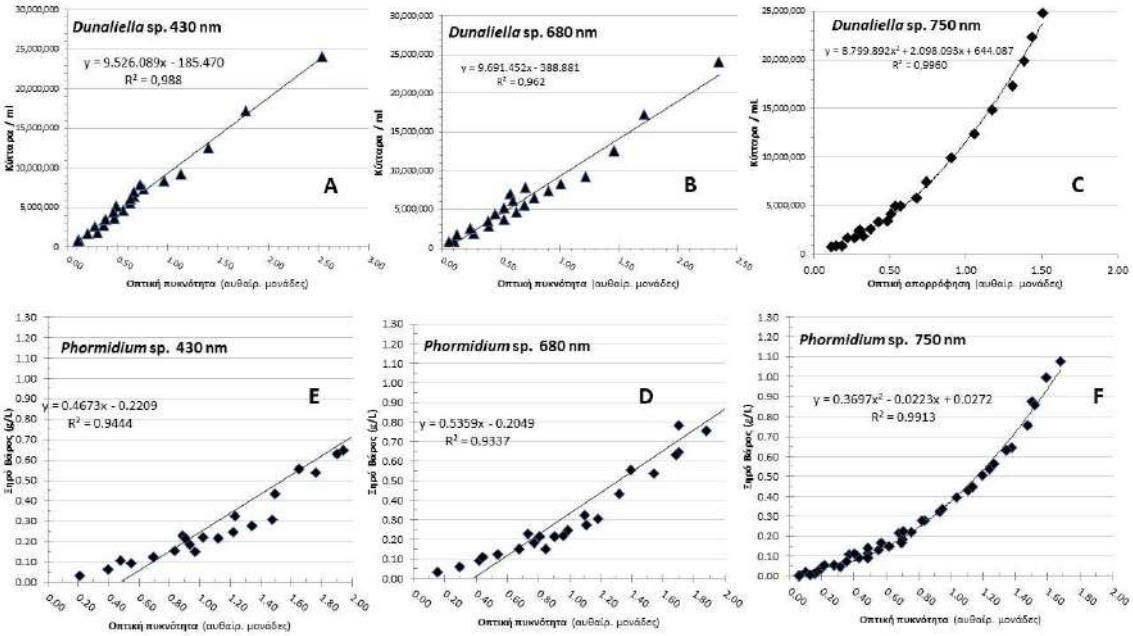
αποστειρωμένο θαλασσινό νερό, λιπασμένο με θρεπτικό Walne, στους 20ºC, φωτισμό 5000 lux, τροφοδοτούμενα με 0.5 L/min φιλτραρισμένο ατμοσφαιρικό αέρα από φυσητήρα μέσω πιπέτας 2 mL και ανανεώνονταν συνεχώς όταν έφθαναν στην εκθετική φάση. Η πυκνότητα της καλλιέργειας καθορίζονταν μέσω καμπυλών βαθμονόμησης της οπτικής πυκνότητας vs κυτ./mL ή g ξηρού βάρους/L ανάλογα με τη φύση του φύκους, μονοκύτταρο ή νηματοειδές αντίστοιχα. Τα μετρηθέντα στο φασματοφωτόμετρο (Shimadzu UVmini-1240) ή φθορισόμετρο (CARY Eclipse Varian) δείγματα προέρχονταν από διάφορες χρονικές φάσεις των καλλιεργειών τους.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ



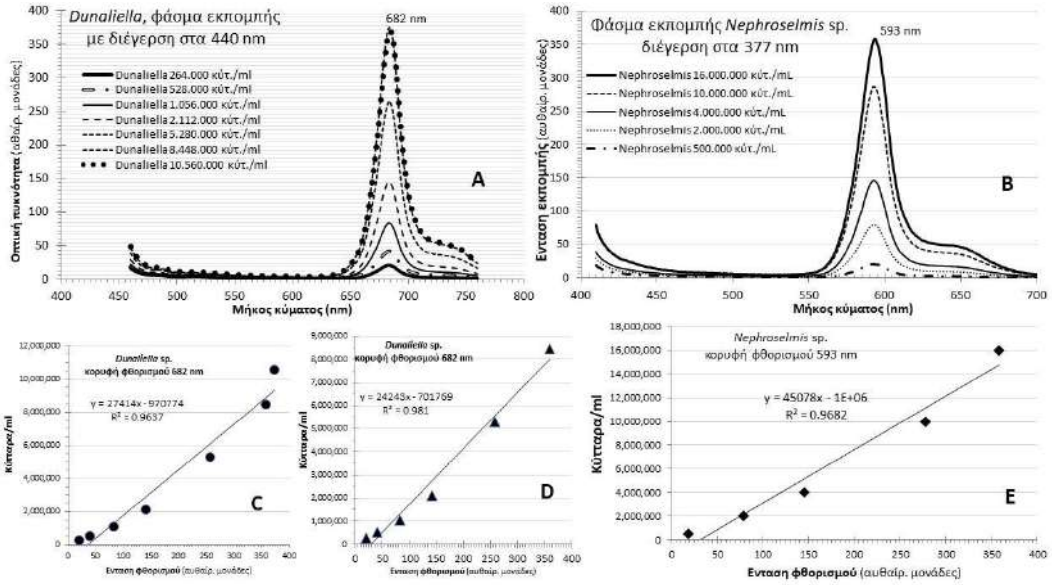

**Εικόνα 1**. Φάσματα απορρόφησης για διάφορες πυκνότητες καλλιέργειας των ειδών: A: *Nephroselmis* sp., B: *Dunaliella* sp., C: *Amphidinium carterae*, D: *Phormidium* sp.
**Figure 1**. Absorption spectra at different culture densities of: A: *Nephroselmis* sp., B: *Dunaliella* sp., C: *Amphidinium carterae*, D: *Phormidium* sp.

Από την Εικόνα 1 προκύπτει ότι τα φάσματα απορρόφησης στα διάφορα φύκη δεν παρουσιάζουν ίδια μορφή ανάλογα με την εξεταζόμενη πυκνότητα καλλιέργειας. Ενώ στα *Nephroselmis* sp. *Dunaliella* sp. οι αποστάσεις μεταξύ των δεδομένων σημείων του φάσματος (και ιδιαίτερα των μηκών μέγιστης απορρόφησης της χλωροφύλλης-α, ~430 και 680 nm) παραμένουν αναλογικές μεταξύ των πυκνοτήτων, στα *A. carterae* και *Phormidium* sp. παρουσιάζονται «ασυμμετρικές διαταραχές» σε ορισμένες υψηλές πυκνότητες. Αυτό αποτυπώνεται στη διασπορά των σημείων επάνω στην ευθεία παλινδρόμησης στα γραφήματα της οπτικής απορρόφησης (πυκνότητας) vs πυκνότητας καλλιέργειας η οποία είναι μεγαλύτερη στο *Phormidium* απ'ότι στο *Dunaliella* (Εικόνα 2). Όμως στο μήκος κύματος των 750 nm η προσαρμογή και στα δύο είδη είναι εξαιρετική (Εικόνα 2 C & F) με το μεγαλύτερο συντελεστή Pearson-R και η σχέση εκφράζεται καλύτερα με δυωνυμική εξίσωση του τύπου $Y = aX^2 + bX + c$ όπου: Y = πυκνότητα κυττάρων και X = οπτική απορρόφηση. Σε συμφωνία με τα ευρήματά μας και οι Lu *et al*. 2017 βρήκαν το μήκος κύματος των 750 nm ως το πλέον αξιόπιστο για τον υπολογισμό της πυκνότητας φυτοπλαγκτονικών καλλιεργειών.




**Εικόνα 2**. Καμπύλες και εξισώσεις βαθμονόμησης οπτικής πυκνότητας vs πυκνότητας καλλιέργειας των ειδών: *Dunaliella* sp. στα (A) 430 nm, (B) 680 nm, (C) 750 nm και του κυανοβακτηρίου *Anabaena* sp. στα (D) 430 nm, (E) 680 nm, (F) 750 nm.

**Figure 2**. Calibration curves and relevant equations of optical density vs culture density of: *Dunaliella* sp. at (A) 430 nm, (B) 680 nm, (C) 750 nm and of the cyanobacterium *Anabaena* sp. at (D) 430 nm, (E) 680 nm, (F) 750 nm.




**Εικόνα 3**. Φάσματα εκπομπής διαφορετικών πυκνοτήτων καλλιέργειας *Dunaliella* sp. (A) και *Nephroselmis* sp. (B) και ευθείες παλινδρόμησης πυκνότητας κυττάρων vs έντασης φθορισμού για *Dunaliella* (C & D) και *Nephroselmis* (E).

**Figure 3**. Emission spectra of different cell densities of cultures of *Dunaliella* sp. (A) and *Nephroselmis* sp. (B) and regression lines of cell density vs fluorescence intensity for *Dunaliella* (C & D) and *Nephroselmis* (E).

Στην Εικόνα 3 αποτυπώνονται τα φάσματα εκπομπής για δύο χλωροφύκη το *Dunaliella* sp. και το *Nephroselmis* sp. (Εικόνα A & B αντίστοιχα) κατόπιν διέγερσης με φως διαφορετικού μήκους κύματος για το καθένα που προέκυψε από προκαταρκτική διερεύνηση. Το *Dunaliella* παρουσιάζει την κορυφή

στα 682 nm και το *Nephroselmis* στα 593 nm. Η ένταση εκπομπής στο κάθε φύκος μεταβάλλεται αναλογικά με την πυκνότητα καλλιέργειας και αυτό αποτυπώνεται καλύτερα στα γραφήματα της Εικόνας 3 (C, D & E) όπου οι παλινδρομήσεις έδωσαν πολύ υψηλό συντελεστή $R^2$ (>0.96) απόδειξη της χρηστικότητας των γραμμικών εξισώσεων που προκύπτουν από αυτές τις παλινδρομήσεις. Όμως αυτή η αναλογικότητα ισχύει μόνο μέχρι μιας μέγιστης πυκνότητας καλλιέργειας πέραν της οποίας παύει να ισχύει. Αυτό το μέγιστο όριο είναι διαφορετικό για κάθε φύκος όπως έχει αποδειχθεί από πολυάριθμες παρατηρήσεις μας σε πλήθος ειδών μικροφυκών. Για τα δύο φύκη της Εικόνας 3 το όριο για το *Dunaliella* είναι περίπου στα $8.5 \times 10^6$ κύτ./mL και για το *Nephroselmis* στα $16 \times 10^6$ κύτ./mL. Στη βιβλιογραφία, η τεχνική της φθορισομετρίας έχει χρησιμοποιηθεί τόσο για την ποιοτική (σύνθεση ειδών) όσο και για την ποσοτική (πυκνότητα βιομάζας) διερεύνηση των φυτοπλαγκτονικών βιοκοινωνιών κυρίως στα φυσικά νερά (Beutler *et al*. 2002, Richardson *et al*. 2010, κ.ά.) χωρίς όμως ξεκάθαρα αποτελέσματα που να δημιουργούν ένα οργανωμένο σύστημα αναφοράς στο οποίο κάποιος μπορεί να ανατρέξει. Το πρόβλημα αυτό αναγνωρίζεται και από τους Excoffieri *et al*. (2015) οι οποίοι για να ξεπεραστούν οι διαφορές που παρουσιάζονται από τη χρήση διαφορετικών οργάνων και τεχνικών προτείνουν περισσότερη έρευνα για τη δημιουργία αξιόπιστων βαθμονομήσεων ποιοτικής και ποσοτικής ταυτοποίησης του φυτοπλαγκτού στα φυσικά νερά.

## Ευχαριστίες

Η εργασία αποτελεί μέρος του χρηματοδοτούμενου από τη ΓΓΕΤ ερευνητικού προγράμματος (MIS 5048496) “ALGAVISION: Απομόνωση και καλλιέργεια τοπικών ειδών φυτοπλαγκτού από λιμνοθάλασσες με απώτερο σκοπό την μαζική παραγωγή αντιμικροβιακών ουσιών, λιπαρών οξέων, χρωστικών και αντιοξειδωτικών».

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Almomani F, Ormeci B (2018) Monitoring and measurement of microalgae using the first derivative of absorbance and comparison with chlorophyll extraction method. Environmental monitoring and assessment 190 (2) 90: 1-19. DOI: 10.1007/s10661-018-6468-y

Beutler M, Wiltshire KH, Meyer B, Moldaenke C, Lüring C, Meyerhöfer M, Hansen UP, Dau H, (2002) A fluorometric method for the differentiation of algal populations in vivo and in situ. Photosynth. Res. 72(1): 39-53. doi: 10.1023/A:1016026607048

Excoffieri N, Bernard C, Hamlaoui S, Groleau A, Andarnaud C (2015) Quantifying phytoplankton communities using spectral fluorescence: the effects of species composition and physiological state. J. Plankton Res. 37(1): 233–247. doi:10.1093/plankt/fbu085

Gaigalas AK, Wang L, He HJ, DeRose P (2009) Procedures for Wavelength Calibration and Spectral Response Correction of CCD Array Spectrometers. J. Res. Natl. Inst. Stand. Technol. 114(4): 215-228. doi: 10.6028/jres.114.015

Hotos G, Avramidou D, Bekiari V (2020) Calibration curves of culture density assessed by spectrophotometer for three microalgae (*Nephroselmis* sp., *Amphidinium carterae* and *Phormidium* sp.). European Journal of Biology and Biotechnology 1(6): 1-7. https://doi.org/10.24018/ejbio.2020.1.6.132

Linschitz H, Sarkanen K (1958) The Absorption Spectra and Decay Kinetics of the Metastable States of Chlorophyll a and b1. J. Am. Chem. Soc., 80: 4826-4832.

Lu L, Yang G, Zhu B, Pan K (2017) A comparative study on three quantitating methods of microalgal biomass. Indian J. Geo-Mar. Sc. Indian Journal of Geo-Marine Sciences 46(11): 2265-2272.

Ribeiro-Rodrigues LH, Arenzon A, Raya-Rodriguez MT, Fontoura NF (2011) Algal density assessed by spectrophotometry: a calibration curve for the unicellular algae *Pseudokirchneriella subcapitata*. J. Environ. Chem. Ecotoxicol. 3 (8): 225–228.

Richardson TL, Lawrenz E, Pinckney JL, Guajardo RC, Walker EA, Paerl HW, MacIntyre HL (2010) Spectral fluorometric characterization of phytoplankton community composition using the Algae Online Analyser. Water Res. 44(8): 2461-2472. doi: 10.1016/j.watres.2010.01.012

Shen PP, Wang ZH, Qi Y Z (2001) An optical density method for determination of microalgal biomass. J. Jinan Univ. 22: 115-128.

Yao P, Yu Z, Mi T (2002) The chemotaxonomy of marine phytoplankton. Mar. Environ. Sci., 22: 75-80.

Zeng L, Long LJ, Liang JL, Long C (2012) Comparative study on cell counting method with toxic dinoflagellate *Prorocentrum lima*. Guangdong Agric. Sci. 39: 148-150.

# Η επίδραση της έντασης φωτισμού και της αλατότητας στην καλλιέργεια δύο μικροφυκών *Dunaliella* sp. και *Tetraselmis* sp. από τις αλυκές Μεσολογγίου

**Γεώργιος Χώτος[1], Σαββούλα Κολυροπούλου[1]**
[1, 2]Εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού. Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών. Πανεπιστήμιο Πατρών, 30200 Μεσολόγγι– ghotos@upatras.gr

## ABSTRACT

**George Hotos, Savoula Kolyropoulou: The influence of light intensity and salinity on the culture of microalgae *Dunaliella* sp. and *Tetraselmis* sp. isolated from the Messolonghi saltworks**

Two microalgae *Tetraselmis* sp. and *Dunaliella* sp. isolated from Messolonghi saltworks (W. Greece) were batch-cultured using salinities in the range of 20-100 ppt in combination with low (2000 lux) and high (8000 lux) light intensities. Both species showed the highest growth at 8000 lux, while *Tetraselmis* performed best at 60 ppt, *Dunaliella* on the opposite at 20 ppt.

**Keywords:** Tetraselmis, *Dunaliella salinity*, light, growth

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η διάρκεια, η ένταση και η ποιότητα του φωτός είναι καθοριστικοί παράγοντες για την ανάπτυξή των φυκών καθώς ο ρυθμός ανάπτυξης των φυκών αυξάνεται με την αύξηση της έντασης της ακτινοβολίας μέχρι ένα όριο (Γκέλης κ.α. 2015). Η ένταση φωτός έχει τη μεγαλύτερη επίδραση αλλά οι απαιτήσεις ποικίλουν πολύ με το βάθος και την πυκνότητα της καλλιέργειας των φυκών (Χώτος, 2016). Ο φωτισμός είναι σε γενικές γραμμές ο καθοριστικότερος παράγοντας για την ανάπτυξη των μικροφυκών αλλά ειδικά στις ανοικτού τύπου καλλιέργειες αποτελεί και περιοριστικό παράγοντα (Suh and Lee, 2003). Παρόλο που το φως είναι ζωτικής σημασίας, η ακτινοβολία υψηλής φωτεινής έντασης μπορεί να προκαλέσει αναστολή των φωτοχημικών αντιδράσεων, φωτοοξείδωση λόγω της βλάβης που υφίστανται τα κύτταρα (Fernandes, et al., 2010, Carvalho, et al., 2011,), φωτοαναστολή, καταστροφή φωτοχρωστικών, κυτοχρωμάτων και άλλων συστατικών της φωτοσυνθετικής συσκευής, με αποτέλεσμα την ελάττωση του ρυθμού φωτοσύνθεσης (Γκέλης κ.α. 2015). Από την άλλη, σε ορισμένα είδη, όπως το χλωροφύκος *Dunaliella*, η υψηλή ένταση φωτός είναι ένας από τους απαραίτητους παράγοντες για την επαγωγή της σύνθεσης καροτενοειδών (Abu-Rezq et al., 2010). Το θαλάσσιο φυτοπλαγκτόν είναι εξαιρετικά ανεκτικό στις αλλαγές της αλατότητας. Τα περισσότερα είδη αναπτύσσονται καλύτερα σε μια αλατότητα η οποία είναι ελαφρώς χαμηλότερη από αυτή του βιοτόπου τους. Τα περισσότερα θαλάσσια είδη αναπτύσσονται σε αλατότητες 20-30 ppt με βέλτιστες αυτές των 20-25 ppt ανάλογα με το είδος (Χώτος, 2016). Υπάρχουν είδη που δεν αναπτύσσονται σε αλατότητα μεγαλύτερη από 4 ppt. Υπάρχουν όμως άλλα είδη μικροφυκών όπως πχ το *Dunaliella salina* που αναπτύσσεται καλύτερα σε αλμυρά ή υφάλμυρα νερά με μεγάλες συγκεντρώσεις αλάτων. Άλλα μικροφύκη όπως το *Chlorella* κ.α. είναι ανεκτικά-ανθεκτικά σε μεγάλες αλατότητες αλλά δεν τις προϋποθέτουν (Μάρκου κ.α., 2013). Η απόκριση διαφορετικών ειδών φυκών ποικίλλει σε διαφορετικές αλατότητες (Zhang et al., 1999, Hu and Gao, 2006, Takagi et al., 2006, Huang et al ., 2011). Ο Sudhir και ο Murthy (2004) κατέδειξαν ότι αν και η υψηλή περιεκτικότητα σε αλάτι επηρεάζει τη φυσιολογική διαδικασία στον μικροοργανισμό, κάθε είδος διαφέρει στην απόκριση ανάπτυξης στην αλατότητα. Στην εργασία μας δοκιμάσαμε την καλλιέργεια δύο τοπικών στελεχών μικροφυκών που απομονώθηκαν από τις αλυκές Μεσολογγίου, του *Tetraselmis* sp. και του *Dunaliella* sp. για να διαπιστώσουμε σε ποια αλατότητα και ένταση φωτισμού αναπτύσσονται καλύτερα.

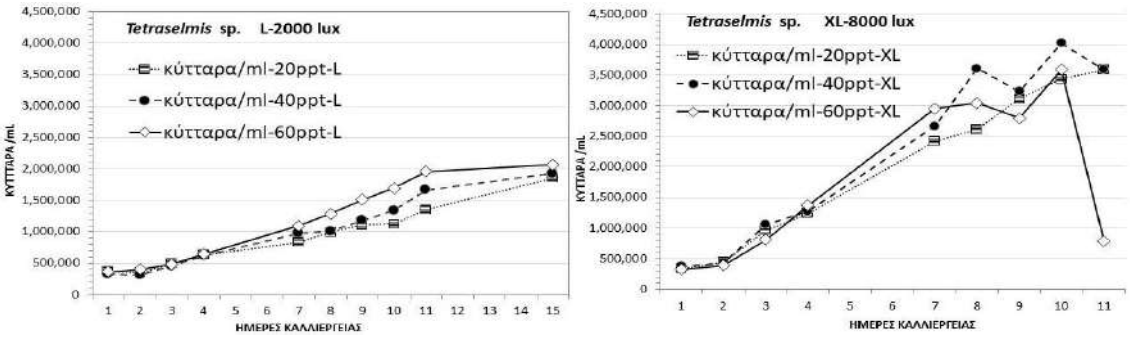
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Τα δύο στελέχη των ευκαρυωτικών φυκών *Dunaliella* sp. και *Tetraselmis* sp. προήλθαν από έρευνα διαλογής των παρακείμενων υπεράλμυρων λιμνών της αλυκής Μεσολογγίου. Δείγματα νερού από αυτές τις περιοχές καλλιεργούνταν συνεχώς και ανακαινίζονταν στο εργαστήριο και τελικά μέσω συνεχών σειριακών αραιώσεων οι μονοειδικές καλλιέργειες και των δύο ειδών σταθεροποιήθηκαν και διατηρήθηκαν σε αλατότητα 40 ppt. Και τα δύο είδη καλλιεργήθηκαν κατά παρτίδες σε γυάλινες κωνικές φιάλες Erlenmeyer 2-L σε 6 ή 8 συνδυασμούς. Νερό τριών αλατοτήτων 20, 40, 60 ppt και 100 ppt και δύο εντάσεις φωτός 2000 (L) και 8000 lux (XL) από λαμπτήρες LED 20 watt 1600 lm, μετρημένες στο μέσο της εξωτερικής επιφάνειας του δοχείου (Lux meter BIOBLOCK LX-101), συνδυάστηκαν έτσι ώστε να

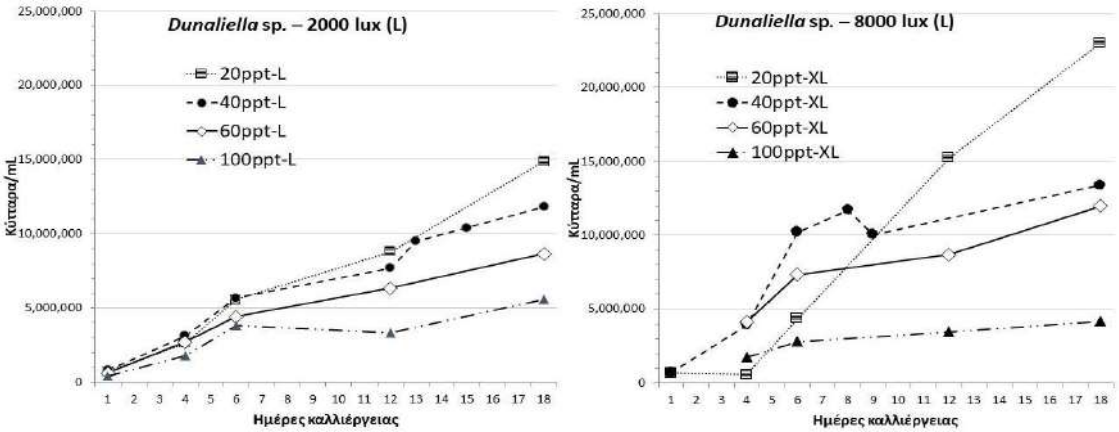
δημιουργηθούν 6 ή 8 συνθήκες (3 ή 4 αλατότητες x 2 εντάσεις φωτός). Η θερμοκρασία διατηρήθηκε στους 20–21,5 °C με κλιματισμό 18.000 BTU. Η φωτοπερίοδος 16hL:8hD ελέγχονταν με χρονοδιακόπτη. Το θαλασσινό νερό που χρησιμοποιήθηκε για την παρασκευή των διαφόρων αλατοτήτων αρχικά αποστειρώθηκε σε αυτόκλειστο στους 121 °C για 20 λεπτά και στη συνέχεια ρυθμίστηκε σε 20 ppt με αποστειρωμένο αποσταγμένο νερό ή σε 60 ή 100 ppt με διάλυση της κατάλληλης ποσότητας αποστειρωμένου τεχνητού αλατιού (Instant Ocean®, Blacksburg, Virginia, ΗΠΑ). Μετά την πλήρωση των δοχείων καλλιέργειας με την κατάλληλη ποσότητα αποστειρωμένου νερού (1900 mL), προστέθηκαν 100 mL απόθεμα ώριμης καλλιέργειας (σε εκθετική φάση) των αντίστοιχων ειδών. Ένα mL/L από κάθε ένα από τα τελικά θρεπτικά διαλύματα μετάλλων, μικροθρεπτικών συστατικών και βιταμινών Walne προστέθηκε τελικά. Σε όλα τα δοχεία η εναιώρηση των κυττάρων και η παροχή $CO_2$ επιτεύχθηκε με χρήση χονδροειδών φυσαλίδων αέρα μέσω γυάλινων πιπετών των 2 mL (μία σε κάθε δοχείο με παροχή μισού όγκου καλλιέργειας/λεπτό) συνδεδεμένων μέσω αποστειρωμένων πλαστικών σωλήνων στο 0.45 μm φιλτραρισμένο κεντρικό σύστημα παροχής αέρα τροφοδοτούμενο από φυσητήρα. Η πυκνότητα του κυττάρων υπολογιζόταν ως κύτταρα/mL χρησιμοποιώντας αιματοκυτταρόμετρο Fuchs-Rosenthal και μια σχετική καμπύλη βαθμονόμησης. Όλες οι μετρήσεις έγιναν εις τριπλούν. Ο ειδικός ρυθμός αύξησης ($\mu$ ως διπλασιασμός/ημέρα) υπολογίστηκε κατά τη διάρκεια της πρώιμης εκθετικής (log) φάσης της καμπύλης ανάπτυξης της καλλιέργειας χρησιμοποιώντας την εξίσωση: $\mu = (\ln C2 - \ln C1)/(t2 - t1)$ όπου τα C1 και C2 αντιπροσωπεύουν κύτταρα/mL τις ημέρες t1 και t2, (t2 > t1), αντίστοιχα. Στη συνέχεια, ο χρόνος διπλασιασμού Tg (σε ημέρες) της καλλιέργειας με τον τύπο: $Tg = 0{,}6931/\mu$. Ο υπολογισμός του ξηρού βάρους (εις τριπλούν για κάθε επεξεργασία) έγινε με φιλτράρισμα γνωστής ποσότητας καλλιέργειας μέσω φίλτρων GF/C 0,45 μm (σε αντλία κενού (Heto-SUE-3Q), ξεπλένοντας το φίλτρο με ανθρακικό αμμώνιο και ξήρανση του φίλτρου σε φούρνο στους 100 °C για 2 ώρες. Στη συνέχεια, το φίλτρο ζυγίστηκε στο τέταρτο δεκαδικό και το ξηρό βάρος υπολογίστηκε ως g/L μετά την αφαίρεση του απόβαρου του προζυγισμένου φίλτρου. Το pH μετρήθηκε καθημερινά με ψηφιακό pH-meter (HACH-HQ30d-flexi). Η στατιστική επεξεργασία των διαφορετικών μεταβλητών έγινε με ANOVA και κατά ζεύγος σύγκριση Tukey των μέσων σε επίπεδο σημαντικότητας 0.05 χρησιμοποιώντας το πρόγραμμα PAST3.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Στο *Tetraselmis* sp. (Εικ. 1 και 3) ο παράγοντας ένταση φωτισμού ήταν ο σημαντικότερος. Επηρέασε έντονα όλα τα δείγματα. Στα 8000 lux παρατηρηθήκαν οι μέγιστες κυτταρικές πυκνότητες, τα μέγιστα ξηρά βάρη και οι μέγιστοι ρυθμοί αύξησης (Πίνακας 1). Η αλατότητα επηρέασε σημαντικά τα δείγματα της υψηλής έντασης φωτισμού, όχι όμως και τα δείγματα χαμηλής έντασης τα οποία είχαν παρόμοιες τιμές τόσο σε κυτταρική πυκνότητα όσο και σε βιομάζα. Στην υψηλή αλατότητα εμφανίστηκε η μέγιστη και ελάχιστη βιομάζα του *Tetraselmis* sp. ανάλογα με την ένταση του φωτισμού.

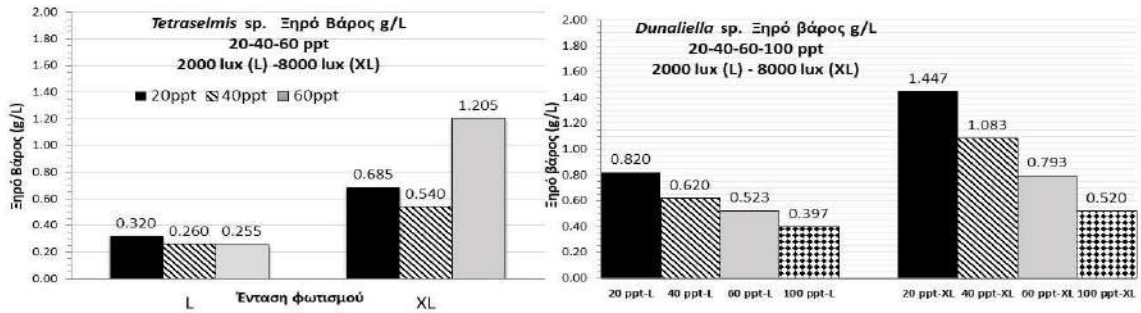



**Εικόνα 1**. Η πρόοδος της καλλιέργειας του *Tetraselmis* sp. στις διάφορες συνθήκες.
**Figure 1.** The advance of the culture of *Tetraselmis* sp. at the various conditions.




**Εικόνα 2**. Η πρόοδος της καλλιέργειας του *Dunaliella* sp. στις διάφορες συνθήκες.
**Figure 2.** The advance of the culture of *Dunaliella* sp. at the various conditions

Στο δείγμα 60ppt XL παρουσιάστηκε μια απότομη και κατακόρυφη πτώση της πυκνότητας του πληθυσμού κατά την 11η ημέρα της καλλιέργειας. Ο πληθυσμός του δείγματος αυτού ήταν από τους μεγαλύτερους της καλλιέργειας και ήταν ο πρώτος που μειώθηκε τόσο αισθητά. Το φαινόμενο αυτό πιθανώς να οφείλεται σε συνδυασμό διαφόρων παραγόντων όπως, στην εξάντληση των θρεπτικών της καλλιέργειας, μια και στο συγκεκριμένο δείγμα οι ανάγκες για θρεπτικά ήταν αυξημένες λόγω της αυξημένης φωτοσυνθετικής δραστηριότητας που παρουσίασε. Ο παράγοντας που περιορίζει την ανάπτυξη των μικροφυκών είναι ο φώσφορος. Μόλις εξαντληθεί ο φώσφορος το άζωτο δεν μπορεί να αφομοιωθεί από το κύτταρο των φυκών (Dziosa and Makowska, 2016). Το άζωτο είναι στοιχείο των αμινοξέων, των νουκλεϊκών οξέων (δομικά στοιχεία πρωτεΐνης) και των χλωροπλαστών. Ο φώσφορος παίζει σημαντικό ρόλο στις μεταβολικές διεργασίες των ζωντανών οργανισμών μέσω ενδοκυτταρικών διεργασιών (Dziosa and Makowska, 2016). Στο υδάτινο οικοσύστημα ο φώσφορος είναι η αιτία της αυξημένης ανάπτυξης των φυκών (Bednarz et. al., 2002). Επίσης μπορεί να οφείλεται στην αναστολή της ανάπτυξης των μικροφυκών λόγω συσσώρευσης συμβατών διαλυμένων ουσιών που δρουν ωσμωπροστατευτικά για να σταθεροποιήσουν τα ένζυμα του μεταβολισμού (Fatma et. al., 2007). Η ανάπτυξη του *Dunaliella* sp. (Εικ. 2 και 3) έδειξε ότι επηρεάστηκε σημαντικά από την αλατότητα. Με την αύξηση της αλατότητας οι κυτταρικές συγκεντρώσεις και οι ρυθμοί αύξησης (Πίνακας 1) μειώνονταν, παρόλο που είναι ένα είδος ανθεκτικό σε εξαιρετικά υψηλές αλατότητες. Αυτό ίσως να οφείλεται στο γεγονός ότι η υψηλή αλατότητα συνδέεται συνήθως με μείωση του ρυθμού ανάπτυξης και της φωτοσυνθετικής αποτελεσματικότητας πιθανώς επειδή η αλατότητα επηρεάζει τη χρήση του φωτός και το μεταβολισμό για την εξουδετέρωση των ιονικών και ωσμωτικών τάσεων (Rosales et. al., 2005).




**Εικόνα 3**. Η απόδοση σε ξηρό βάρος (g) ανά λίτρο (L) των καλλιεργειών του *Tetraselmis* sp. και του *Dunaliella* sp. στις διάφορες συνθήκες.
**Figure 3.** Dry biomass yield (g/L) of both microalgae at various conditions.

**Πίνακας 1.** Ειδικοί ρυθμοί αύξησης (μ) και χρόνοι γενεάς (διπλασιασμού-Tg) των δύο μικροφυκών.
**Table 1.** Specific growth rate (μ) and generation time (Tg). of both microalgae at various conditions.

| Αλατότητα (ppt) | Ένταση Φωτισμού | Ημέρες Εκθετικής Αύξησης | Ρυθμός Αύξησης *μ* | Χρόνος γενεάς *Tg* | Αλατότητα (ppt) | Ένταση Φωτισμού | Ημέρες Εκθετικής Αύξησης | Ρυθμός Αύξησης *μ* | Χρόνος γενεάς *Tg* |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| *Tetraselmis* sp | | | | | *Dunaliella* sp. | | | | |
| 60 | XL | 2-7 | 0.41 | 1.71 | 20 | XL | 4-12 | 0.41 | 1.69 |
| 40 | XL | 2-7 | 0.36 | 1.90 | 40 | XL | 4-9 | 0.19 | 3.69 |
| 20 | XL | 2-7 | 0.34 | 2.04 | 20 | L | 4-12 | 0.15 | 4.58 |
| 40 | L | 2-7 | 0.23 | 3.02 | 40 | L | 4-12 | 0.11 | 6.09 |
| 60 | L | 3-7 | 0.20 | 3.43 | 60 | L | 4-12 | 0.11 | 6.52 |
| 20 | L | 2-7 | 0.17 | 4.03 | 60 | XL | 4-12 | 0.09 | 7.39 |
| | | | | | 100 | XL | 4-12 | 0.09 | 8.15 |
| | | | | | 100 | L | 4-12 | 0.08 | 8.80 |
| Εύρος pH 8.2 – 9.8 | | | | | Εύρος pH 8.8 – 9.4 | | | | |

Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με τα αποτελέσματα των Khatoon et. al. (2017) οι οποίοι καλλιέργησαν το *Dunaliella salina* σε αλατότητες 10, 30 και 50ppt και διαπίστωσαν ότι η ανάπτυξη του ήταν σημαντικά υψηλότερη και γρηγορότερη στη χαμηλή αλατότητα 10ppt συγκριτικά με τις άλλες δύο. Ο φωτισμός επίσης επηρέασε σημαντικά την ανάπτυξη του *Dunaliella* sp., καθώς στις υψηλές εντάσεις εμφάνισε τη μεγίστη κυτταρική πυκνότητα και απόδοση σε ξηρό βάρος. Παρόμοια συμπεριφορά, αναφέρουν και οι Singh and Singh (2015) όπου με αύξηση της έντασης φωτισμού αυξήθηκε με ταχύτερο ρυθμό η ανάπτυξη της *Dunaliella salina* απ' ότι σε συνθήκες με χαμηλή ένταση. Επίσης οι Abu-Rezq et. al. (2010) αναφέρουν ότι 2 διαφορετικά στελέχη του *Dunaliella salina* από το Κουβέιτ και την Αυστραλία παρουσίασαν βέλτιστη ανάπτυξη σε συνθήκες υψηλής έντασης φωτισμού (18000 lux). Με αυτά τα αποτελέσματα συμφωνούν και τα πειράματα των Xu et. al. (2015) σύμφωνα με τους οποίους, τα κύτταρα του στελέχους *Dunaliella salina* CCAP 19/30 διατηρήσαν το μέγιστο δυνατό επίπεδο φωτοσυνθετικής ικανότητας και ο ρυθμός ανάπτυξης αυξήθηκε καθώς αυξήθηκε η ένταση φωτισμού.

## Ευχαριστίες

Η εργασία αποτελεί μέρος της διπλωματικής εργασίας της κας Σ.. Κολυροπούλου (επιβλέπων Γ. Χώτος) για το μεταπτυχιακό δίπλωμα στο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Βιώσιμη Αλιεία-Υδατοκαλλιέργεια» του τμ. Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών του Πανεπιστημίου Πατρών. Επίσης αποτελεί μέρος του χρηματοδοτούμενου από τη ΓΓΕΤ ερευνητικού προγράμματος (MIS 5048496) "ALGAVISION: Απομόνωση και καλλιέργεια τοπικών ειδών φυτοπλαγκτού από λιμνοθάλασσες με απώτερο σκοπό την μαζική παραγωγή αντιμικροβιακών ουσιών, λιπαρών οξέων, χρωστικών και αντιοξειδωτικών».

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Abu-Rezq, T. S., Al-Hooti, S. & Dangly, A. J. 2010. Optimum culture conditions required for the locally isolated *Dunaliella salina*. Journal of algal biomass utilization 1(2),12-19.

Bednarz, T., Starzeck,a A. & Mazurkiewicz-Boroń, G. 2002. Microbiological processes accompanied by algal and blue-greens water blooms. Wiadomości Botaniczne, 16, 45–55.

Carvalho, A., Silva, S., Baptista, J. & Malcata F. 2011. Light requirements in microalgal photobioreactors: an overview of biophotonic aspects. Applied Microbiology and Biotechnology, 89(5), 1275-1288.

Dziosa, K., & Makowska, M. 2016. Monitoring of *Chlorella* sp. Growth based on the optical density measurement. Institute for Sustainable Technologies – National Research Institute, 197-206.

Fatma, T., Khan, M.A., Choudhary, M. 2007. Impact of environmental pollution on cyanobacterial proline content. J. Appl. Phycol, 19, 625-629.

Fernandes, B., Dragone, G., Teixeir,a J. & Vicente, A. 2010.Light regime characterization in an airlift photobioreactor for production of microalgae with high starch content. Applied Biochemistry and Biotechnology, 161(1), 218-226.

Hu, H. & Gao, K. 2006. Response of growth and fatty acid compositions of *Nannochloropsis* sp. to environmental factors under elevated CO2 concentration. Biotechnol. Lett., 28, 987-992.

Huang, W. W., Dong, B. Z., Cai, Z. P., & Duan, S. S. 2011. Growth effects on mixed culture of *Dunaliella salina* and *Phaeodactylum tricornutum* under different inoculation densities and nitrogen concentrations. Afr. J. Biotechnol., 10, 13164-13174.

Khatoon, H., Haris, N., Banerjee, S., Rahman, N.A., Mian, S., Abol-Munafi, B.A., & Endut, A. 2017. Effects of different salinities on the growth andproximate composition of *Dunaliella* sp. Isolated from South China Sea at different growth phases. Process Safety and Environmental Protection,112, 280-287.

Rosales, N., Ortega, J., Mora, R., Morales, E. 2005. Influence of salinity on the growth and biochemical composition of the cyanobacterium *Synechococcus* sp. Cienc. Mar. 31, 349–355.

Singh, S.P., & Singh, P. 2015. Effect of temperature and light on the growth of algae species: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews, 50, 431-444.

Sudhir, P., & Murthy, S.D.S. 2004. Effects of salt stress on basic processes of photosynthesis. Photosynthetica, 42, 481-486.

Suh, I., & Lee, C.G. 2003. Photobioreactor engineering: Design and performance. Biotechnology and Bioprocess Engineering, 8(6), 313-321.

Takagi, M., Karseno & Yoshida, T. 2006. Effect of salt concentration on intracellular accumulation of lipids and triacylglycerides in marine microalgae *Dunaliella* cells. J. Biosci. Bioeng., 101, 223-226.

Xu, Y., Milledge, J.J., Abubakar, A., Swamy, R.A.R., Bailey, D. & Harvey, P.J. 2015. Effects of centrifugal stress on cell disruption and glycerol leakage from *Dunaliella salina*. Microalgae Biotechnol. 1, 20e27. http://dx.doi.org/10.1515/micbi-2015- 0003

Zhang, Q., Gradinger, R. & Spindler, M. 1999. Experimental study on the effect of salinity on growth rates of Arctic-sea-ice algae from the Greenland Sea. Boreal. Environ. Res., 4, 1-8.

Γκέλης, Σ. 2015. Καλλιέργεια φυκών. In: Ε. Βουλτσιάδου, Θ. Ι. Αμπατζόπουλος, Ε. Αντωνοπούλου, Κ. Γκανιάς, Α. Στάικου, Α. Τριανταφυλλίδης (Eds.), Υδατοκαλλιέργειες (pp.150-179). Αθήνα: Κάλλιπος. Http://hdl.handle.net/11419/5083.

Μάρκου, Γ., Τζοβενής, Ι. & Νερατζής, Η. 2013. Μικροφύκη: Καλλιέργεια και βιομηχανικές εφαρμογές e-Περιοδικό Επιστήμης & Τεχνολογίας e-Journal of Science & Technology (e-JST)http://e-jst.teiath.gr.

Χώτος, Γ., (Hotos, G.) 2016. Καλλιέργειες Πλαγκτού (ζωντανή τροφή σε ιχθυοεκκολαπτήρια). Research Gate. DOI: 10.13140/RG.2.2.24664.03849.

# Η επίδραση της αλατότητας και διαφόρων μικροφυκών ως τροφή, στην επιβίωση και γονιμότητα των αρπακτικοειδών κωπηπόδων *Tisbe* sp. και *Tigriopus* sp.

**Γεώργιος Χώτος[1], Ιωάννης Φωτοδήμας[1]**
[1, 2]Εργαστήριο καλλιέργειας πλαγκτού. Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών. Πανεπιστήμιο Πατρών, 30200 Μεσολόγγι– ghotos@upatras.gr

## ABSTRACT

**George Hotos, Ioannis Fotodimas: The influence of salinity and microalgal feeds on the survival and fecundity of the harpacticoid copepods *Tisbe* sp. and *Tigriopus* sp.**

*Tisbe* sp. and *Tigriopus* sp. isolated from Messolonghi lagoon (W. Greece) acclimatized to 35 ppt salinity were subjected to abrupt salinity changes from 0 to 150 ppt. The results analyzed by the probit method revealed that LC50 ± SE(LC50) were 1ppt±4.43 at low and 132ppt±5.35 at high salinity for *Tigriopus* and 15ppt±2.41 and 93ppt±3.23 for *Tisbe*. Using the microalgae *Tetraselmis suesica, Asteromonas gracilis, Isochrysis galbana, Rhodomonas salina* and *Dunaliella salina* as their feed, both copepod species exhibited the highest population increase on *Tetraselmis* and *Asteromonas*.

**Keywords:** Harpacticoid copepods, *Tigriopus*, *Tisbe*, Salinity tolerance, Microalgal feeds

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα κωπήποδα και ιδιαίτερα οι Τάξεις Calanoida και Harpacticoida είναι τροφή υψηλής θερμιδικής αξίας και το πιο κατάλληλο φυσικό θήραμα για τις προνύμφες των θαλάσσιων ψαριών, επειδή περιέχουν θρεπτικά συστατικά που υποστηρίζουν τις διατροφικές απαιτήσεις για την ανάπτυξη των προνυμφών προμηθεύοντάς τες με τα απαραίτητα μακρομόρια για τη βέλτιστη παραγωγή των πεπτικών τους ένζυμων (Sun and Fleeger, 1995, Olivotto et al., 2011). Ιδιαίτερα οι ναύπλιοι των αρπακτικοειδών κωπηπόδων λόγω μικρού μεγέθους, υψηλής γονιμότητας των γεννητόρων, της γρήγορης αύξησής των, της δεκτικότητάς των σε διαφορετικές τροφές και της αντοχής των σε θερμοκρασία και αλατότητα είναι ιδανικοί για τη θρέψη των λαρβών (Sun and Fleeger, 1995, Støttrup and Norsker, 1997). Υπερέχουν των καλανοειδών στη μαζική παραγωγή τους επιτυγχάνοντας μεγάλες πυκνότητες (Camus and Zeng, 2008). Γενικώς, τα κωπήποδα ιδιαίτερα κατά τα ναυπλιακά τους στάδια παρουσιάζουν μικρή αντοχή στη μεταβολή της αλατότητας (Chinnery and Williams 2004, Devreker et al. 2004). Τα αρπακτικοειδή, συνήθως ως βενθικοί οργανισμοί σε παράκτια ενδιαιτήματα, τρέφονται κυρίως με φύκη και οργανικά σωματίδια (Punnarak et al., 2017). Στην παρούσα εργασία μελετάται το εύρος της αλατότητας στο οποίο μπορούν να επιβιώσουν και η αποτελεσματικότητα της θρέψης με διαφορετικά είδη μικροφυκών ως προς την πληθυσμιακή αύξηση δύο ειδών αρπακτικοειδών κωπηπόδων που απομονώθηκαν από τη λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου, των *Tisbe* sp. και *Tigriopus* sp. με σκοπό να προσθέσουν γνώση που μπορεί να συμβάλλει τόσο στη χρησιμοποίησή τους ως ζωντανή τροφή, όσο και για χρήση τους σε βιοδοκιμές {bioassays).

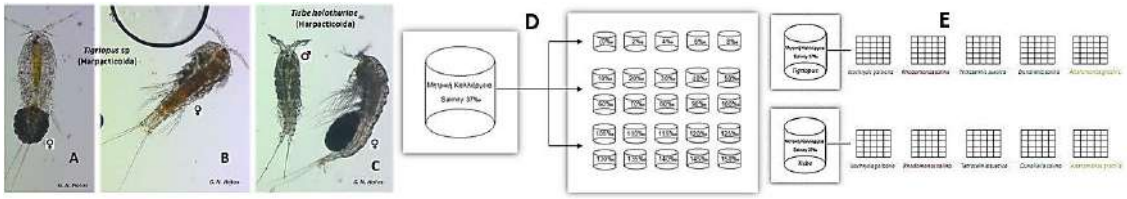
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για κάθε πείραμα και για τα δύο είδη κωπηπόδων (Εικόνα 1, A,B,C) ο εκάστοτε απαιτούμενος αριθμός ατόμων ή τα φέροντα ωοσάκκο θηλυκά προέρχονταν από αποθεματικές καλλιέργειες διατηρούμενες στο εργαστήριο σε βέλτιστες συνθήκες. Πιο συγκεκριμένα, κάθε πληθυσμός κάθε είδους κωπηπόδων διατηρούνταν σε γυάλινα κυλινδρικά δοχεία του 1 L με 850 mL νερό αλατότητας 37 ppt σε θερμοκρασία και φωτισμό δωματίου ( ~19 $^{o}$C και ~500 lux αντίστοιχα), με καθημερινή παροχή μικρής αλλά επαρκώς συγκεντρωμένου από φυγοκέντρηση (πάστα) μίγματος φυτοπλαγκτού (*Tetraselmis, Rhodomonas, Isochrysis, Dunaliella, Asteromonas*), από είδη που καλλιεργούνταν στο εργαστήριο και τα οποία χρησιμοποιούνταν στην εκθετική φάση αύξησης. Από το δοχείο της αποθεματικής καλλιέργειας λαμβάνονταν ποσότητες των 10 mL με γυάλινη πιπέττα από τις οποίες μετά από μικροσκοπικό έλεγχο λαμβάνονταν τα κωπήποδα που απαιτούνταν στα πειράματα. Ειδικότερα λαμβάνονταν τα ενήλικα κωπήποδα (χωρίς ωοσάκκο) που χρησιμοποιήθηκαν για το πείραμα αντοχής στην αλατότητα (Εικόνα 1 D) και τα θηλυκά με ωοσάκκο που χρησιμοποιήθηκαν στο πείραμα επίδρασης του τύπου της τροφής (Εικόνα 1 E). Στο πείραμα της αλατότητας χρησιμοποιήθηκαν μικρά πλαστικά δοχεία των 20 mL στα οποία τοποθετήθηκε νερό με αλατότητες 0, 2, 4, 6, 8, 10, 20, 30, 60, 70, 80, 90, 100, 105, 110, 115, 120, 125, 130, 135, 140, 145 και 150 ppt. Τα κωπήποδα τοποθετούνταν άμεσα, 25 τον αριθμό ανά δοχείο με την καθορισμένη αλατότητα, με σκοπό να εφαρμοστεί η μέθοδος Probit (Wardlaw, 1989), δηλαδή να

βρεθεί το 50% της θνησιμοτητας του πληθυσμού μετά το πρώτο 24ωρο, που ονομάζεται εν συντομία LC50. Με το πέρας του πρώτου 24ωρου σημειωνόταν ο αριθμός των ζωντανών και νεκρών ζώων. Τα υποτιθέμενα νεκρά ζώα για να διαπιστωθεί εάν όντως ήταν νέκρα, συλλέγονταν με μια πιπέττα Pasteur σε ένα τρυβλίο που διέθετε αλατόνερο φυσιολογικής αλατοτητας 35-37 ppt και έπειτα από ένα εύλογο διάστημα ελέγχονταν ξανά εάν ήταν ζωντανά. Η μέθοδος probit υπολογίζει την 50% θνησιμότητα των πειραματοζώων σε μια σειρά κλιμακούμενων συγκεντρώσεων κάποιας ουσίας (στην περίπτωσή μας αλατότητα). Η 50% θνησιμότητα υπολογίζεται ως LC50 (Lethal Concentration 50%) ± 95% όρια εμπιστοσύνης και αντιστοιχεί στη συγκέντρωση εκείνη της εξεταζόμενης ουσίας η οποία επιφέρει το θάνατο στο 50% του αριθμού των πειραματοζώων που εκτέθηκαν σε αυτή μέσα σε ένα ορισμένο χρονικό διάστημα (συνήθως 24 ωρών όπως στη δική μας περίπτωση). Τα 95% όρια εμπιστοσύνης του LC50 24-h), (θνησιγόνος αλατότητα για το 50% των ατόμων σε 24 ώρες) δίδονται ως: LC50 1,96[SE(LC50)].
Το τυπικό σφάλμα (SE) του LC50, υπολογίσθηκε χρησιμοποιώντας τον τύπο:

$$SE(LC_{50}) = \frac{1}{b\sqrt{pn\underline{w}}}$$

όπου: b = η κλίση της ευθείας παλινδρόμησης της probit-αλατότητα,
p=ο αριθμός των αλατοτήτων που χρησιμοποιήθηκα για κάθε περίπτωση,
n=ο αριθμός των ατόμων που χρησιμοποιήθηκαν σε κάθε ομάδα αλατότητας=25,
$\overline{W}$ = το μέσο «βάρος των παρατηρήσεων σχετιζομένων με τα probit».
Στο πείραμα της διατροφής (Εικόνα 1 Ε) χρησιμοποιήθηκαν πολυθάλαμες πλαστικές πλάκες (20 θάλαμοι των 3 mL ανά πλάκα) στους οποίους τοποθετήθηκε ένα άτομο με ωοσάκκο ανά θάλαμο σε νερό αλατότητας 35 ppt, ~20 ºC, και διάχυτου φωτισμού 500 lux. Στον κάθε θάλαμο ανάλογα με το πρωτόκολλο δόθηκε το επιλεγέν είδος μικροφύκους από καλλιέργειες στην εκθετική φάση σε δοσολογία ~0.1 mL καλλιέργειας ανά 3ήμερο. Τα χρησιμοποιηθέντα φύκη ήταν, *Tetraselmis suesica, Asteromonas gracilis, Isochrysis galbana, Rhodomonas salina,* και *Dunaliella salina.* Το πείραμα διήρκεσε 28 ημέρες και στο τέλος μετρήθηκε ο συνολικός αριθμός ατόμων σε κάθε θάλαμο.



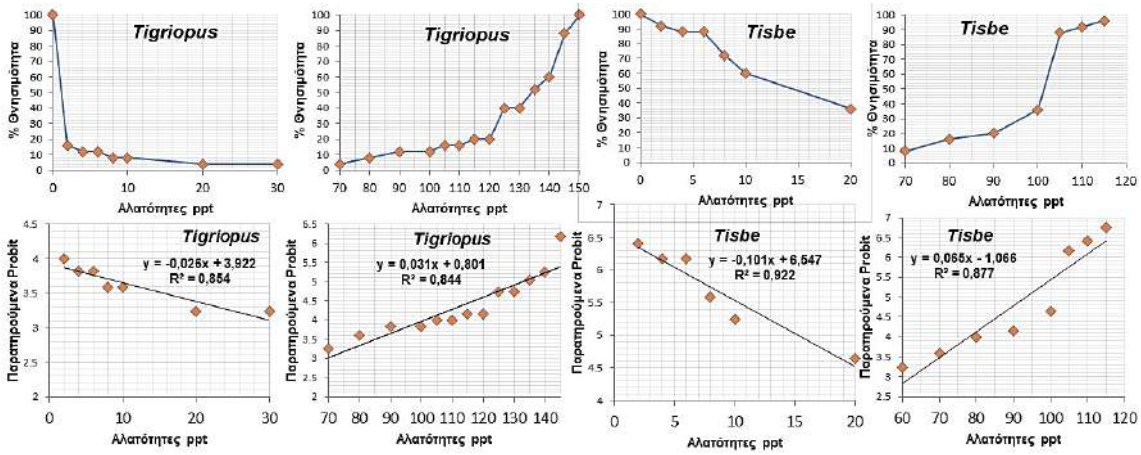

**Εικόνα 1**. Α: Θηλυκό *Tigriopus* με ωοσάκκο. Β: Θηλυκό *Tigriopus* χωρίς ωοσάκκο. C: Αρσενικό *Tisbe* αριστερά και δεξιά θηλυκό με ωοσάκκο. D: Σχηματοποίηση του πειράματος αντοχής στην αλατότητα. Ε: Σχηματοποίηση του πειράματος θρέψης με διαφορετικά μικροφύκη.
**Figure 1**. A: Female *Tigriopus* with egg-sac. B: Fem. *Tigriopus* without egg-sac. C: Male *Tisbe* (left) and fem. *Tisbe* with egg-sac (right). D: Lay-out of salinity experiment. E: Lay-out of feeding experiment.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

*Πείραμα αλατότητας*

Το *Tigriopus* sp. αποδείχθηκε πιο ανθεκτικό από το *Tisbe* sp. τόσο στις χαμηλές αλατότητες όσο και στις υψηλές. Από την επεξεργασία της μεθοδολογίας probit (Εικόνα 2) για μεν τις χαμηλές αλατότητες έχουμε: *Tigriopus* LC50 = 1ppt±4.43(95% CL), *Tisbe* LC50 = 15ppt±2.41(95% CL). Δηλαδή στο μεν *Tigriopus* η αλατότητα που επιφέρει 50% θνησιμότητα είναι η πολύ χαμηλή του 1 ppt, στο δε *Tisbe* η αλατότητα των 15 ppt. Για τις υψηλές-πολύ υψηλές αλατότητες έχουμε: *Tigriopus* LC50 = 132ppt±5.35 (95% CL), *Tisbe* LC50 = 93ppt±3.23 (95% CL). Δηλαδή στο μεν *Tigriopus* η αλατότητα που επιφέρει 50% θνησιμότητα είναι η πολύ υψηλή των 132 ppt, στο δε *Tisbe* των 93 ppt. Τα κωπήποδα γενικώς και ιδιαίτερα τα αρπακτικοειδή είναι ευρύαλα αλλά σε τι βαθμό δεν είναι ξεκάθαρα γνωστό. Οι υπάρχουσες μελέτες μπορεί μεν να δίδουν μια βέλτιστη αλατότητα στην οποία τα κωπήποδα αυξάνουν πληθυσμιακώς και επιπροσθέτως δίδουν και ένα εύρος αλατότητας στο οποίο ο πληθυσμός τους διατηρεί ικανοποιητική δυναμική, όμως δεν απαντούν ξεκάθαρα για το ανώτατο και κατώτατο όριο αλατότητας στο οποίο μπορούν να επιβιώσουν. Με βάση τα διαθέσιμα στοιχεία για το *Tisbe holothuriae* οι Heath & Moore (1997). δίδουν εύρος αλατότητας 25-30 ppt για καλύτερη αύξηση ενώ τα 38 ppt δίδονται ως η βέλτιστη αλατότητα από τους Miliou & Moraitou-Apostolopoulou (1991a) και Miliou (1996). Για άλλα είδη *Tisbe* όπως το *Tisbe biminiensis* τα όρια αναφέρονται ως πολύ στενά δηλαδή 27-34 ppt και μάλιστα ως

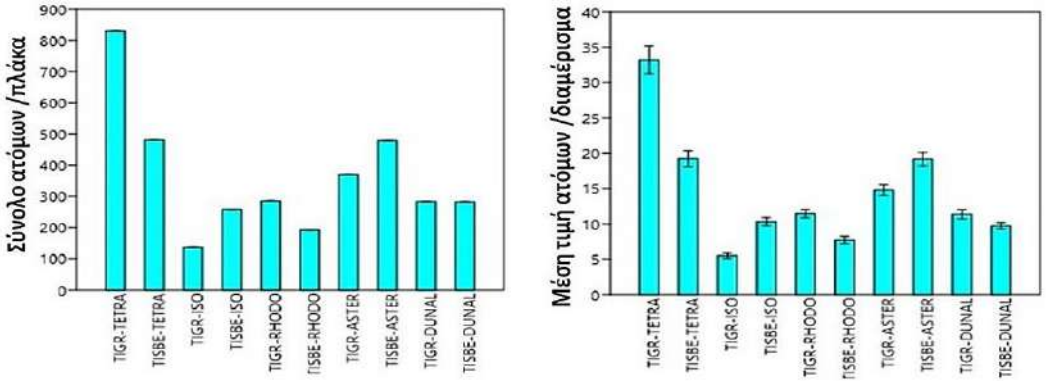
απαγορευτική αλατότητα αυτή των 20 ppt (Souza-Santos et al., 2006). Για διάφορα είδη του *Tigriopus* το εύρος επιβίωσης είναι 20-40 ppt και βέλτιστο τα 30 ppt (Punnarak et al., 2017) και ιδιαίτερα για το *Tigriopus californicus* ο Herbert (1976) αναφέρει 100% επιβίωση στο εύρος 30-70 ppt. Οι τιμές αυτές καταρχάς θεωρούνται σύμφωνες με την τιμή των 35 ppt στην οποία ζούσαν τα κωπήποδα κατά τους πειραματισμούς της παρούσας εργασίας, πλην όμως δεν μπορούμε να ισχυριστούμε ότι εξαντλήσαμε το θέμα για τη βέλτιστη ανάπτυξη καλλιεργούμενων πληθυσμών των συγκεκριμένων ειδών κωπηπόδων. Το θέμα της παρουσίας των κωπηπόδων σε υπεράλμυρα νερά είναι σημαντικό από οικολογική άποψη καθώς αφενός μεν τα υπεράλμυρα συστήματα είναι από τα πιο ακραία περιβάλλοντα στη Γη υφιστάμενα εποχιακώς δραματικές αλλαγές στην αλατότητα (Belmonte et al, 2012), αφετέρου δε τα κωπήποδα διαδραματίζουν σπουδαίο οικολογικό ρόλο συμμετέχοντας κατά μεγάλο μέρος στο τροφικό πλέγμα και εμμέσως στη βιολογική ανακύκλωση των στοιχείων (Frangoulis et al., 2004). Από τη βιβλιογραφία δεν υπάρχουν αντίστοιχες τιμές για τα είδη αυτά και συνεπώς μπορούν να θεωρηθούν ως τα πρώτα στοιχεία που παρουσιάζονται. Με βάση τα ευρήματά μας υποθέτουμε ότι τα συγκεκριμένα κωπήποδα δεν θα παρουσιάσουν καμία δυσκολία προσαρμογής σε αλατότητες που ξεπερνούν την αλατότητα του θαλασσινού νερού και βάσει της Εικόνας 2 μπορούμε να θεωρήσουμε ότι θα παρουσιάζουν μηδαμινή θνησιμότητα λόγω ωσμωτικού στρες σε αλατότητες μέχρι περίπου τα 70 ppt, ιδιαίτερα μάλιστα αν ο εγκλιματισμός τους είναι σταδιακός. Η σημασία της αντοχής των κωπηπόδων σε υπεράλμυρα περιβάλλοντα όπως αυτό των αλυκών Μεσολογγίου δεν έχει διερευνηθεί αλλά μπορεί να είναι σημαντική επειδή ενδέχεται να συμβάλλουν στην καλή παραγωγή αλατιού καταναλώνοντας το μικροφύκος *Dunaliella* sp. που η παρουσία του υποβαθμίζει το αλάτι. Είναι ξεκάθαρο τόσο από τον πειραματισμό μας όσο και από ανάλογες εργασίες (μόνο όμως για το *Tigriopus*, Hawkins, 1962; Herbert, 1976), ότι το απόλυτα γλυκό νερό επιφέρει σχεδόν άμεσα 100 % θνησιμότητα και στα δύο είδη. Όμως στο υφάλμυρο νερό η κατάσταση διαφέρει ριζικώς. Το μεν *Tigriopus* παρουσιάζει μεγάλη προσαρμογή σε αλατότητες 4 ppt - 10 ppt με σχεδόν αμελητέες θνησιμότητες και πρακτικώς απόλυτη επιβίωση σε άνω των 10 ppt αλατότητα, ενώ το *Tisbe* μόνο μετά τα 20 ppt παρουσιάζει 0 % θνησιμότητα. Τα νούμερα αυτά ειδικά για το *Tigriopus* βρίσκονται σε συμφωνία με αυτά του Hawkins (1962). Από τα παραπάνω θεωρούμε ότι παρόλο που το *Tigriopus* παρουσιάζεται να αντέχει σε ένα εκπληκτικό εύρος αλατότητας (~4-120 ppt) έναντι του *Tisbe* (~20-90 ppt) και τα δύο είδη μπορούν να αποικίσουν ποικίλα ευμετάβλητα ή και ακραία υδάτινα συστήματα (π.χ. εκβολές ποταμών, λιμνοθάλασσες, υπεράλμυρες λεκάνες, κ.ά.) και από άποψη καλλιέργειάς των να χρησιμοποιηθεί οποιαδήποτε πηγή προμήθειας αλμυρού νερού είναι διαθέσιμη.




**Εικόνα 2**. Διαγράμματα μεταβολής του ποσοστού της θνησιμότητας των κωπηπόδων *Tigriopus* και *Tisbe* στις διάφορες αλατότητες (άνω σειρά) και ευθείες παλινδρόμησης των παρατηρούμενων τιμών probit της θνησιμότητας στις αλατότητες (κάτω σειρά).

**Figure 2**. Mortality percentage (upper) and probit regression lines (down) of the salinity experiment.

*Πείραμα διατροφής*




**Εικόνα 3**. Στο σχήμα αριστερά αποτυπώνεται ο συνολικός αριθμός απογόνων ανά πλάκα (των 20 θαλάμων) για κάθε συνδυασμό κωπηπόδου-μικροφύκους και δεξιά ο μέσος αριθμός απογόνων ανά θάλαμο ± τυπικό σφάλμα.
**Figure 3**. Production of copepod progenies of the different microalgal feeds.

Το φύκος *Tetraselmis* παρουσίασε γενικώς την καλύτερη απόδοση από όλα τα άλλα και στα δύο είδη κωπηπόδων (ιδιαίτερα στο *Tigriopus*, μέση τιμή 33.2 άτομα/θάλαμο) ακολουθούμενο από το *Asteromonas gracilis* το οποίο όμως παρουσίασε υψηλότερη τιμή (19.16) από την αντίστοιχη του *Tigriopus* (14.8). Αυτό διαπιστώνεται ξεκάθαρα από την εξέταση των Σχημάτων της Εικόνας 3 τόσο στο επίπεδο της συνολικής απόδοσης σε άτομα και στα 25 διαμερίσματα της κάθε πλάκας όσο και στις μέσες τιμές από το εκάστοτε σύνολο των 25 διαμερισμάτων. Συγκρίνοντας τις μέσες τιμές των διαφόρων τύπων τροφής για κάθε είδος κωπηπόδου ξεχωριστά, διαπιστώνεται ότι για το *Tigriopus* μόνο μεταξύ του *Rhodomonas* και του *Dunaliella* υπήρχε ομοιότητα (μη σημαντική διαφορά στο επίπεδο 0.05) βάσει Tukey's test (11.44 και 11.36). Σε όλα τα άλλα φύκη οι μέσες τιμές διέφεραν σημαντικά. Από την αντίστοιχη ανάλυση για το *Tisbe* μεταξύ *των Isochrysis Rhodomonas* και *Dunaliella* υπήρχε ομοιότητα (μη σημαντική διαφορά στο επίπεδο 0.05) βάσει Tukey's test (10.32, 7.72 και 9.72). Δηλαδή μεταξύ των φυκών που παρουσίασαν τις μικρότερες αποδόσεις για το κωπήποδο αυτό συγκρινόμενες με τις μεγαλύτερες που παρουσιάστηκαν χρησιμοποιώντας *Tetraselmis* και *Asteromonas* (19.24 και 19.16 αντίστοιχα, στατιστικώς ίσες).

## Ευχαριστίες
Η εργασία αποτελεί μέρος της διπλωματικής εργασίας του κ. Ι. Φωτοδήμα (επιβλέπων Γ. Χώτος) για το μεταπτυχιακό δίπλωμα στο πρόγραμμα μεταπτυχιακών σπουδών «Βιώσιμη Αλιεία-Υδατοκαλλιέργεια» του Τμ. Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών του Πανεπιστημίου Πατρών.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ
-Belmonte, G., Moscatello, S., Batogova, E. A., Pavlovskaya, T., Shadrin, N. V. & Litvinchuk, L. F., 2012. Fauna of hypersaline lakes of the Crimea (Ukraine). Thalassia Salentina, 34: 11-24, http://dx.doi.org/10.1285/i15910725v34p11
- Camus, T. & Zeng, C. 2008. Reproductive performance, survival and development of nauplii and copepodites, sex ratio and adult life expectancy of the harpacticoid copepod, *Euterpina acutifrons*, fed different microalgal diets. Aquaculture Research 43, 1159-1169.
- Chinnery, F.E. & Williams, J.A. 2004. The influence of temperature and salinity on *Acartia* (Copepoda: Calanoida) nauplii survival. Marine Biology 145, 733–738.
-Devreker, D., Souissi, S. & Seuront, L. 2004. Development and mortality of the first naupliar stages of *Eurytemora affinis* (Copepoda, Calanoida) under different conditions of salinity and temperature. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology 303, 31– 46.
-Frangoulis, C., Christou, E. D. & Hecq, J. H., 2004. Comparison of marine copepod outfluxes: nature, rate, fate and role in the carbon and nitrogen cycles. Adv.Mar .Biol ., 47: 253-309, http://dx.doi.org/10.1016/S0065-2881(04)47004-7
-Hawkins, B., 1962. The biology of the marine copepod *Tigriopus californicus* (Baker). Master thesis Humboldt state college, USA.

-Heath, P. L. & Moore, C. G., 1997. Rearing Dover sole larvae on *Tisbe* and *Artemia* diets. Aquaculture International 5: 29-39.
-Herbert, J., 1976. Salinity and upper temperature tolerances of a rockpool copepod, *Tigriopus californicus* (Baker, 1912). Master thesis University of Oregon, USA.
- Miliou, H. & Moraitou-Apostolopoulou, M., 1991a. Combined effects of temperature and salinity on the population dynamics of *Tisbe holothuriae* Humes (Copepoda: Harpacticoida). Arch. Hydrobiol. 121: 431-448.
-Miliou, H., 1996. The effect of temperature, salinity and diet on final size of female *Tisbe holothuriae* (Copepoda, Harpacticoida). Crustaceana 69:742-754.
- Olivotto, I., Planas, M., Simões, N., Holt, G.J., Avella, M.A. & Calado, R., 2011. Advances in breeding and rearing marine ornamentals. Journal of World Aquaculture Society 42 (2), 135–166.
- Punnarak, P., Jarayabhand, P. & Piumsomboon, A. 2017. Cultivation of harpacticoid copepods (families harpacticidae and laophontidae) under selected environmental conditions. Agriculture and Natural Resources 51, 278 – 285.
- Stottrup, J. G. & Norsker, N. H. 1997. Production and use of copepods in marine fish larviculture. Aquaculture 155, 231-247.
- Sun, B. & Fleeger, J. W. 1995. Sustained mass culture of *Amphiasacoides atopus*, a marine harpaticoid copepod in a recirculating system. Aquaculture 136, 313-321.
-Wardlaw, C. A., 1989. Practical Statistics for Experimental Biologists. John Wiley & Sons. ISBN 0 417 90738 3, 290p.

# Γενετική ταυτοποίηση ειδών Ασκιδίων σε εγκαταστάσεις μυδοκαλλιέργειας του Ελλαδικού χώρου

**Γεώργιος Γελαδάκης[1], Βασιλική Κομματά[1,2], Μαρία Καμηλάρη[1], Χαρίκλεια Παπαϊωάννου[1,2], Δημήτρης Κ. Παπαδόπουλος[3], Αθανάσιος Λάττος[3], Βασίλης Μιχαηλίδης[3], Ιωάννης Θεοδώρου[1], Ιωάννης Α. Γιάντσης[4], Κώστας Μπαταργιάς[1]**

[1]Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Νέα Κτήρια, Μεσολόγγι – georgiosgeladakis90@gmail.com, kommatav@upatras.gr, mkamilari@upatras.gr, xpapaioannou@upatras.gr, jtheo@upatras.gr, cbatargias@upatras.gr
[2]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, Πανεπιστημιούπολη, Ρίο – xpapaioannou@upatras.gr, kommatav@upatras.gr
[3]Εργαστήριο Φυσιολογίας Ζώων, Τμήμα Βιολογίας, Αριστότελειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης
[4]Τμήμα Γεωπονίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας - jgiantsis@uowm.gr

**ABSTRACT**

**George Geladakis, Vasiliki Kommata, Maria Kamilari, Charikleia Papaioannou, Dimitrios K. Papadopoulos, Athanasios Lattos, Basile Michaelidis, Ioannis Theodorou, Ioannis A. Giantsis, Costas Batargias: Genetic identification of Ascidian species in mussel farm facilities of Greece**

Ascidians are marine invertebrates renowned for their invasive capacity and fouling ecology. Bioaccumulation of ascidians has been linked to economic and ecological damage to mussel farm facilities that act as excellent substrate. This work aims to the genetic identification of ascidian species from two mussel farm areas in Greece (Rhodopi and Thermaikos). The mitochondrial cytochrome C oxidase subunit I (COI) gene, widely used for DNA barcoding, was employed for species delimitation. Preliminary results reveal three genera of aquaculture invasive tunicates (i.e., *Styela* spp., *Ciona* spp., *Clavelina* spp.).

**Keywords:** genetic assessment, biofouling, invasive species, ascidians, cryptic species

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα Ασκίδια (φύλο: Chordata, υπόφυλο: Tunicata, κλάση: Ascidiacea) αποτελούν θαλάσσιους διηθηματοφάγους οργανισμούς που περνούν όλη την ενήλική τους ζωή προσκολλόμενα σε κάποιο σταθερό υπόστρωμα. Στις ελληνικές θάλασσες έχουν καταγραφεί 75 είδη ασκιδίων (Antoniadou *et al*. 2016). Συγκεκριμένα, το 44,4% των ειδών αφορά σε εισβολικά είδη (Ατλαντικός-Μεσόγειος) και το 40,3% σε αυτόχθονα (Koukouras *et al*. 1995), ενώ παρατηρείται βαθμιαία αύξηση των καταγραφών σε εισβολικά είδη από τον Ινδικό Ωκεανό μέσω της διώρυγας του Σουέζ (Antoniadou *et al*. 2016).

Τα ασκίδια είναι γνωστά για την έντονη χωροκατακτητική τους δράση και κατατάσσονται ανάμεσα στους πιο σημαντικούς βιορυπαντές (biofoulants) (Aldred & Clare 2014). Η βιορύπανση (ή βιοσυσσώρευση) αφορά στη δυναμική διαδικασία προσκόλλησης, συσσώρευσης και ανάπτυξης στοιχείων (θαλάσσιας) χλωρίδας και πανίδας σε οποιαδήποτε φυσική ή τεχνητή επιφάνεια (Κοτρίκλα 2015). Η βιοσυσσώρευση των ασκιδίων στις ανθρωπογενείς εγκαταστάσεις (π.χ., πλωτές εξέδρες, προβλήτες υδατοκαλλιέργειας, δίχτυα κλωβών, αρμαθιές), έχει συχνά επιβλαβείς οικονομικές και οικολογικές επιπτώσεις (Fitridge *et al*. 2012). Ειδικά στις οστρακοκαλλιέργειες (π.χ., μυδοκαλλιέργειες) οι επιπτώσεις της βιοσυσσώσερευσης των ασκιδίων είναι μεγαλύτερες καθώς ο ίδιος ο εκτρεφόμενος οργανισμός αποτελεί υπόστρωμα επικάθισης των επιβιωτών (Fitridge *et al*. 2012), δημιουργώντας λειτουργικά προβλήματα στην παραγωγή. Τέλος, η αυξανόμενη αστικοποίηση των ακτογραμμών, σε συνδυασμό με αναπτυσσόμενο δίκτυο λιμένων και μαρίνων, ευνοεί και προάγει την εξάπλωση – διασπορά των χωροκατακτητικών ασκιδίων (López-Legentil *et al*. 2015), αποτελώντας ένα από τα κυριότερα μονοπάτια εισαγωγής των μη αυτόχθονων ειδών.

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι η γενετική ταυτοποίηση ειδών ασκιδίων από δύο περιοχές του Ελλαδικού χώρου (Ροδόπης και Θερμαϊκού) όπου εδράζονται μυδοκαλλιέργειες, η διερεύνηση της πληθυσμιακής δομής κάθε είδους, καθώς και η μελέτη της προέλευσης και καταγωγής τους (πχ. πληθυσμοί των *Clavelina* spp. που έχουν καταγραφεί στην ελληνική

επικράτεια, αλλά αγνοείται η προέλευσή και καταγωγή τους, δίκτυο ELNAIS https://elnais.hcmr.gr/elnais-database-2/).

**ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

Τα άτομα της παρούσας μελέτης συλλέχθηκαν από δύο διαφορετικές μονάδες μυδοκαλλιέργειας, τα 37 από τη περιοχή της Ροδόπης και τα 17 από τη περιοχή του Θερμαϊκού. Για τις μοριακές αναλύσεις, δείγματα ιστού από 54 άτομα συνολικά, τοποθετήθηκαν ατομικά σε eppendorfs σε 99,8% αιθανόλη και αποθηκεύτηκαν στους 4 °C. Πριν την εξαγωγή ολικού γενωμικού DNA, προηγήθηκαν βαθμιαίες ενυδατώσεις των ιστών με εμβαπτίσεις διάρκειας 5 λεπτών στα ακόλουθα διαλύματα διαβαθμισμένων συγκεντρώσεων αιθανόλης (EtOH, 99,8 %) και ρυθμιστικού διαλύματος (PBS, 1%): (1) 75% EtOH – 25% PBS, (2) 50% EtOH – 50% PBS, (3) 25% EtOH – 75% PBS, (4) 100% PBS. Για την απομόνωση του DNA, χρησιμοποιήθηκε το Kit Nucleospin® Tissue (Macherey-Nagel, Duren, Germany) ακολουθώντας τις οδηγίες του κατασκευαστή με ορισμένες τροποποιήσεις.

Για την ενίσχυση τμήματος του μιτοχονδριακού γονιδίου της κυτοχρωμικής οξειδάσης (COI) των ασκιδίων ακολουθήθηκε η μέθοδος της αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης (PCR – Polymerase Chain Reaction). Συγκεκριμένα, χρησιμοποιήθηκαν οι κοινοί (universal) εκκινητές LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') & HCO2198 (5'-TAAACTTCAGGGTGACCAAAAAATCA-3') (Folmer *et al*. 1994). Κάθε αντίδραση περιείχε 1X Kapa Taq ρυθμιστικό διάλυμα (1,5 mM $MgCl_2$), 0,2 mM dNTPs, 0,25 μM από κάθε εκκινητή, 1 U Kapa Taq, ca. 20 ng από το απομονωμένο DNA κάθε ατόμου και υπερκάθαρο νερό έως τελικού όγκου αντίδρασης 20 μL. Οι συνθήκες της PCR περιλάμβαναν τα παρακάτω βήματα: αρχική αποδιάταξη του DNA στους 94 °C για 3 min (initial denaturation), 37 κύκλοι αποδιάταξης του DNA στους 94 °C για 30 sec (denaturation), υβριδισμού των εκκινητών στο DNA στους 48 °C για 1 min (annealing) και επιμήκυνσης του DNA μέσω της DNA πολυμεράσης στους 72 °C για 1 min (elongation) και τελική επιμήκυνση (final elongation) του DNA στους 72 °C για 10 min. Ο ποιοτικός έλεγχος της ενίσχυσης τμήματος του γονιδίου COI των ατόμων πραγματοποιήθηκε με ηλεκτροφόρηση των προϊόντων της PCR, σε πήκτωμα αγαρόζης 1% (συνθήκες ηλεκτροφόρησης: 150 V, 300 mA, 150 W, 25 min).

Για τον καθαρισμό των προϊόντων της PCR χρησιμοποιήθηκε το εμπορικά διαθέσιμο Kit NucleoSpin® Gel and PCR Clean-up (Macherey-Nagel, Germany) με ορισμένες τροποποιήσεις. Η αλληλούχηση των προϊόντων PCR πραγματοποιήθηκε σε γενετικό αναλυτή AB3500 (Applied Biosystems).

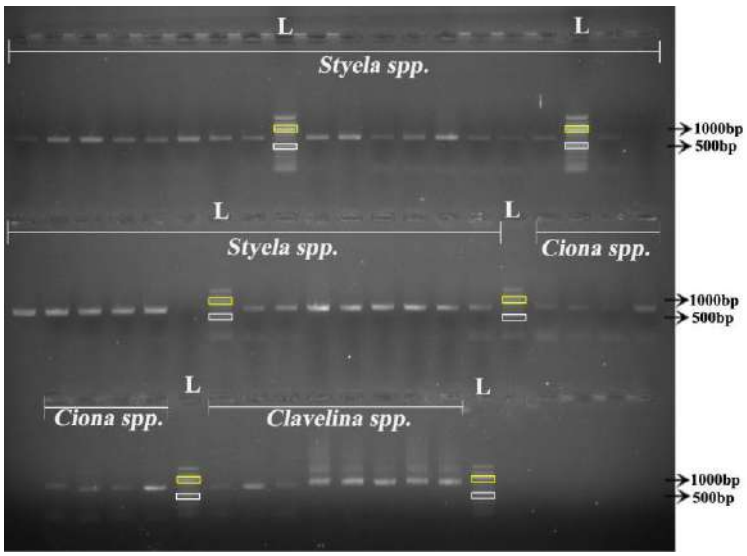
**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Η ενίσχυση τμήματος του γονιδίου της κυτοχρωμικής οξειδάσης I (COI) μέσω της αλυσιδωτής αντίδρασης πολυμεράσης (PCR) ήταν επιτυχής για το σύνολο των δειγμάτων ασκιδίων από τις δύο περιοχές. Με βάση την ηλεκτροφόρηση των προϊόντων της PCR, όλα τα άτομα εμφάνισαν μια ορατή ζώνη περί των 800bp (Εικόνα 1). Το μήκος του προϊόντος της PCR επιβεβαιώθηκε με αλληλούχιση και ήταν 650 bp. Τα πρώτα αποτελέσματα της αλληλούχησης ταυτοποιούν άτομα από τα γένη *Styela* spp., *Ciona* spp., *Clavelina* spp. (Πίνακας I, Εικόνα 1). Η μέθοδος ταυτοποίησης πραγματοποιήθηκε με τον αλγόριθμο BLAST (Altschu *et al*. 1990). Η εν εξελίξει ανάλυση της γενετικής ταυτοποίησης των ειδών για τα παραπάνω γένη με βάση το γονίδιο COI, αναμένεται να προσφέρει χρήσιμες πληροφορίες τόσο για την ποικιλότητα όσο και για τις φυλογενετικές σχέσεις των ειδών που προσβάλουν τις οστρακοκαλλιέργειες στις συγκεκριμένες περιοχές. Επιπλέον, αναμένεται να πραγματοποιηθεί και μια πρώτη εκτίμηση της γενετικής ποικιλότητας εντός του γένους *Clavelina* spp. με σκοπό των προσδιορισμό της γενετικής προέλευσης πιθανών κρυπτικών ειδών.

**Πίνακας Ι**. Γενετική ταυτοποίηση γενών ασκιδίων με βάση το γονίδιο COI ανά περιοχή δειγματοληψίας.

**Table I.** Genetic identification of ascidian genera based on the COI gene by sampling area.

| Περιοχή | Γένος |
|---|---|
| Ροδόπη | *Styela* spp. |
| | *Clavelina* spp. |
| Θερμαϊκός | *Styela* spp. |
| | *Ciona* spp. |




**Εικόνα 1.** Παράδειγμα ηλεκτροφόρησης σε 1% gel αγαρόζης των προϊόντων ενίσχυσης τμήματος του γονιδίου COI. Το γράμμα 'L' υποδηλώνει τον δείκτη μεγέθους (100 bp DNA ladder), με εύρος ζωνών (μέγεθος θραυσμάτων) από 100 bp έως 1500 bp. Με κίτρινο και λευκό πλαίσιο επισημαίνονται οι ζώνες των 1000bp και των 500bp DNA του δείκτη μεγέθους, αντίστοιχα.

**Figure 1.** Example of COI gene PCR products electrophoresis in 1% agarose gel. The letter 'L' indicates the 100bp DNA ladder, with bands' size in the range of 100 bp to 1500 bp. The yellow box and the white box indicate the 1000bp and the 500 bp bands of the DNA ladder, respectively.

**ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Η εργασία είναι μέρος του προγράμματος με τίτλο «Ανάπτυξη βέλτιστων πρακτικών ελέγχου ξενικών ειδών ασκιδίων και λοιπών ειδών (μαλάκια, σπόγγοι) στις εγκαταστάσεις των μυδοκαλλιεργειών και μετριασμό των οικονομικών επιπτώσεων της εισβολής» υποστηριζόμενο (Κωδικός ΟΠΣ 5048463) που χρηματοδοτείται από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ 2014-2020» στα πλαίσια της πρόσκλησης «Προστασία και αποκατάσταση της Θαλάσσιας βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων και καθεστώτα αντιστάθμισης στο πλαίσιο των βιώσιμων αλιευτικών δραστηριοτήτων -Δράση: συμμετοχή σε άλλες δράσεις που αποσκοπούν στη διατήρηση και βελτίωση της βιοποικιλότητας και των υπηρεσιών οικοσυστήματος, όπως η αποκατάσταση συγκεκριμένων Θαλάσσιων και παράκτιων οικοτόπων για τη στήριξη βιώσιμων αλιευτικών αποθεμάτων, συμπεριλαμβανομένης της επιστημονικής προετοιμασίας και αξιολόγησής τους - Χωροκατακτητικά Ξένα Είδη».

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Aldred N, Clare AS (2014) Mini-review: impact and dynamics of surface fouling by solitary and compound ascidians. Biofouling 30 (3): 259–270.

Altschul SF., Gish W, Miller W, Myers EW Lipman DJ (1990) Basic local alignment search tool. J Mol Biol (215):403-410.

Antoniadou C, Gerovasileiou V, Bailly N (2016) Ascidiacea (Chordata: Tunicata) of Greece: an updated checklist. Biodiversity Data Journal 4: e9273.

Fitridge I, Dempster T, Guenther J, de Nysc R (2012) The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. Biofouling 28 (7): 649–669.

Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Mol Mar Biol Biotechnol 3(5): 294-299.

Koukouras A, Voultsiadou-Koukoura E, Kevrekidis T, Vafidis D (1995) Ascidian fauna of the Aegean sea with a check list of eastern Mediterranean and Black sea species. Annl. Inst. Océanogr, Paris 71: 19–34.

López-Legentil S, Legentil ML, Erwin PM, Turon X (2015) Harbor networks as introduction gateways: contrasting distribution patterns of native and introduced species. Biol. Invasions 17: 1623–1638.

Κοτρίκλα ΑΜ (2015) Ναυτιλία και Περιβάλλον. Ελληνικά Ακαδημαϊκά Συγγράμματα και Βοηθήματα Kallipos.

# Ταυτοποίηση δειγμάτων από φυσικούς και εκτρεφόμενους πληθυσμούς φαγκριών στην Ελλάδα: αναζήτηση απλών κριτηρίων διάκρισης

**Κάλλια Σπάλα[1], Γιάννης Κλαδάς[2], Βλάσης Κετσίλης-Ρίνης[1], Δημήτριος Κ. Μουτοπουλος[2], Κωνσταντίνος Κουτσικόπουλος[1]**

[1]Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Βιολογίας, 265 00, Ρίο-Πάτρα, ckoutsi@upatras.gr

[2]Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Αλιείας-Υδατοκαλλιεργειών, 302 00, Μεσολόγγι, jkladas@upatras.gr

## ABSTRACT

**Kallia Spala, Yannis Cladas, Vlasis Ketsilis-Rinis, Dimitrios K. Moutopoulos, Constantin Koutsikopoulos: Identification of specimens of native populations and farmed porgies in Greece: a search for simple discrimination criteria**

Since 1987, two red porgy species, the native *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758) and the introduced *Pagrus major* (Temminck & Schlegel, 1843) have been reared in Mediterranean hatcheries and cage farms. In wild caught specimens, the difficult distinction between these two species results to lack of information on the presence of *P. major* in Greek seas and on its potential impact on the environment. From the set of morphometric criteria investigated, the one that allows for a better distinction between the two species of the Pagrus genus is the ratio of "upper jaw to pectoral fin" to "upper jaw to anal fin" distances. The information provided is expected to help the public authorities and the research community to monitor and manage this issue.

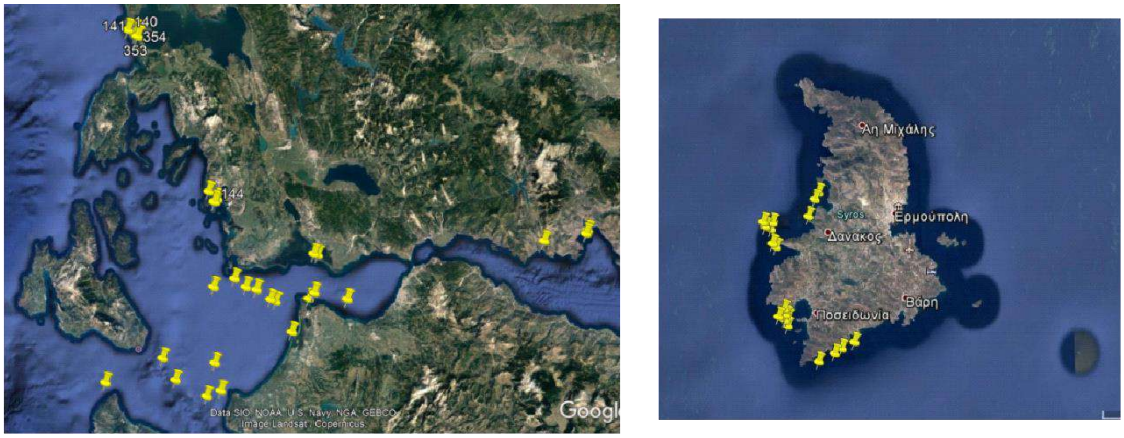
**Keywords**: *Pagrus major,* porgies' farming, Greece

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο είδος *Pagrus major* ανήκει το μεγάλο μέρος των εκτρεφόμενων φαγκριών στην ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια (Chatzoglou 2021). Πρόκειται για είδος του Βορειοδυτικού Ειρηνικού Ωκεανού (Froese & Pauly 2019), το οποίο έχει εισαχθεί σε χώρες της ανατολικής Μεσόγειου από το 1985 ως αντικείμενο υδατοκαλλιέργειας, μεταξύ αυτών και στην χώρα μας (Sweetman 1992). Στοιχεία για την παρουσία του *P. major* στην Μεσόγειο έχουν ήδη δημοσιευτεί (Dulcic & Kraljevic 2007, Cladas et al. 2019, Kampouris et al. 2020, Saad et al. 2022), ενώ αναφέρεται και σε λίστα με τα είδη ψαριών στις ελληνικές θάλασσες (Papaconstantinou 2014). Η μορφομετρική σύγκριση των εκτρεφόμενων φαγκριών με αλιευμένα φαγκριά από την συλλεκτική αλιεία, ιδιαίτερα με το γηγενές *Pagrus pagrus*, έχει σκοπό τη διερεύνηση της ύπαρξης εξωτερικών κριτηρίων, εύκολα αναγνωρίσιμων από τον ψαρά, τον καταναλωτή και τις αρμόδιες αρχές. Βασικός στόχος είναι η διευκόλυνση της συλλογής των απαραίτητων πληροφοριών για την ασφαλή τεκμηρίωση των επιπτώσεων που ενδεχομένως έχει επιφέρει η εισαγωγή του ξενικού είδους *P. major* στις ελληνικές θάλασσες.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Αναζητήσαμε και αποκτήσαμε δείγματα από διαφορετικές πηγές, απευθυνόμενοι σε μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας και επαγγελματίες ψαράδες. Στους χάρτες της Εικόνας 1 παρουσιάζεται η γεωγραφική κατανομή των δειγμάτων που προέρχονται κυρίως από τη Δυτική Ελλάδα και τις Κεντρικές Κυκλάδες. Τα δείγματα που έχουν συλλεχτεί αναφέρονται για κάθε πληθυσμό στον πίνακα Ι. Τα ψάρια εκτροφής προέρχονταν από μονάδες πάχυνσης της Δυτικής Ελλάδας και της Ηπείρου.




**Εικόνα 1. Θέσεις συλλογής δειγμάτων από συλλεκτική αλιεία. Αριστερά, Δυτική Ελλάδα. Δεξιά, Σύρος.**
**Figure 1. Positions collecting samples from marine fisheries. Left, Western Greece. Right, Syros.**

**Πίνακας Ι. Δείγματα φαγκριών από συλλεκτική αλιεία και μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας ανά είδος, με αναφορά στις περιοχές προέλευσης, το πλήθος των ατόμων και το εύρος μεγεθών (σε μήκος σώματος) ανά περίπτωση. Η αναγνώριση του είδους έγινε μέσω μορφολογικών κριτηρίων.**

**Table I. Porgy samples from fisheries grounds and fish farming by species, with reference to the regions of origin, the number of individuals and the body length range. Morphological criteria were used for species identification.**

| Είδος | Προέλευση | Περιοχή | Αριθμός ατόμων | Εύρος ολικού μήκους (mm) |
|---|---|---|---|---|
| *Pagrus pagrus* | Αλιείας | Περιοχή GFCM 20, Περιοχή GFCM 22 | 39 | 173-463 |
| *Pagrus major* | Αλιείας | Περιοχή GFCM 20 | 23 | 243-474 |
| *Pagrus major* | Εκτροφής | | 25 | 116-410 |

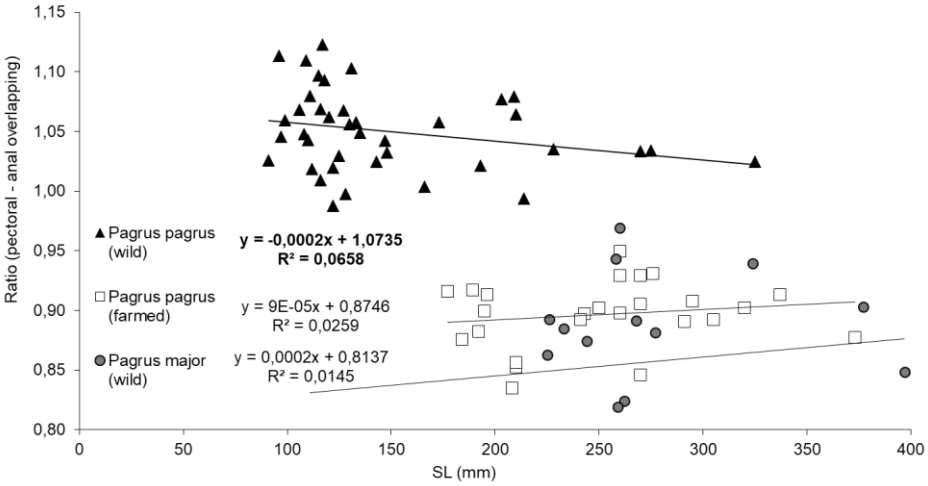
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η οπτική διάκριση του *P.major* από το γηγενές συγγενικό είδος *P. pagrus* είναι δύσκολη καθώς και τα δύο είδη που έχουν το ίδιο σχήμα και τον ίδιο βασικό κοκκινωπό χρωματισμό του σώματος, κόκκινο για το *P. major*, ροζ για το *P. pagrus*. Η εξέταση των δειγμάτων στο εργαστήριο επαλήθευσε ότι τρία ιδιαίτερα μορφολογικά χαρακτηριστικά του είδους *P. pagrus,* δηλαδή, τη λευκή απόχρωση των άκρων των δύο λοβών του ουραίου πτερυγίου (Bauchot & Pras 1980, Whitehead *et al*. 1986, Souto & Villanueva 2003), το άκρο του θωρακικού πτερυγίου που καταλήγει πάνω από το εδρικό πτερύγιο, καθώς και τη χαρακτηριστική σκούρα λωρίδα από τον αυχένα μέχρι τη γωνία του στόματος (Souto & Villanueva 2003). Τα χαρακτηριστικά αυτά επαληθεύτηκαν στα δείγματα από φυσικούς πληθυσμούς *P. pagrus* που συλλέξαμε, αλλά όχι και στα φαγκριά εκτροφής που εξετάσαμε.

Οι αναφορές για τον χρωματισμό του ουραίου πτερυγίου του *P.major*, οπίσθιο περιθώριο ουραίου πτερυγίου μαύρο και κάτω περιθώριο λευκό (Nakabo 2002), εν γένει επαληθεύτηκαν και στα δείγματά μας (Εικ. 1). Όμως στα φαγκριά εκτροφής, αυτά τα κριτήρια δεν διακρίνονται εύκολα, καθώς η ποιότητα και η ένταση του χρωματισμού του σώματος και των πτερυγίων του ψαριού επηρεάζονται σημαντικά από τις εφαρμοσμένες τεχνικές εκτροφής, εξαλίευσης και θανάτωσης (Foscarini 1988, Lin *et al*. 1998a, Lin *et al*. 1998b, Papaharisis *et al*., 2019),καθώς επίσης και από τη διάρκεια της κατάψυξης (Pavlidis *et al*. 2006; Erikson & Misimi, 2008, Vardanis *et al*. 2011, Erikson *et al*. 2019).

**Εικόνα 1. Χρωματισμοί λοβών ουραίου πτερυγίου σε *Pagrus pagrus* αλιείας (αριστερά) και εκτρεφόμενο *Pagrus major* (δεξιά)**
**Figure 1. Colors of caudal fins lobes in wild caught *Pagrus pagrus* (left) and farmed *Pagrus major* (right)**

Από το σύνολο των ποσοτικών χαρακτήρων που εξετάσθηκαν, αυτός που επέτρεψε την καλύτερη διάκριση μεταξύ των δύο αυτών ειδών του γένους *Pagrus* ήταν ο λόγος της απόστασης «άνω γνάθος – άκρο θωρακικού πτερυγίου» προς «άνω γνάθος – αρχή εδρικού». Αν και μικρή, η διαφορά των δύο ειδών ως προς αυτόν τον μορφομετρικό δείκτη αποδείχθηκε στατιστικά σημαντική για το εύρος μεγεθών που εξετάστηκαν (Εικ. 2, ANOVA, $p<0.05$).




**Εικόνα 2. Λόγος της απόστασης «άνω γνάθος – άκρο θωρακικού πτερυγίου» προς «άνω γνάθος – αρχή εδρικού» σε σχέση με το σταθερό μήκος του ψαριού.**
**Figure 2. Ratio of " upper jaw to pectoral fin" to "upper jaw to anal fin" distances in relation to the standard length of the fish.**

Οι πληροφορίες αυτές αναμένεται να βοηθήσουν τους ψαράδες, τους ιχθυέμπορους και το καταναλωτικό κοινό για την διάκριση μεταξύ των δύο ειδών. Θεωρούμε ότι θα είναι ιδιαίτερα χρήσιμες στις αρμόδιες αρχές να παρακολουθήσουν και να αντιμετωπίσουν ζητήματα περιβαλλοντικών επιπτώσεων από την μακροχρόνια χρήση του ξενικού είδους *P. major* στη Μεσογειακή ιχθυοκαλλιέργεια. Τέλος, τα στοιχεία αυτά μπορούν να βοηθήσουν και συναδέλφους μας ερευνητές για να επαληθεύσουν το αντικείμενο της έρευνας τους.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η παρούσα εργασία χρηματοδοτήθηκε από τον Σύνδεσμο Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών στα πλαίσια του έργου «Ταυτοποίηση των αλιευόμενων και εκτρεφόμενων φαγκριών στην Ελλάδα και εκτίμηση της περιβαλλοντικής διάστασης της δραστηριότητας (ENVI-PAGRUS)». Ευχαριστούμε όλα τα στελέχη του ΣΕΘ για την αποστολή των δειγμάτων ψαριών από εταιρίες ιχθυοκαλλιέργειας και για την υποδειγματική συνεργασία τους γενικότερα.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**


Bauchot ML, Pras A (1980) *Guide des Poissons marins d'Europe*. Collection Les Guides du Naturaliste, Delachaux & Niestlé (Eds), ISBN 2603001396

Chatzoglou E, Tsaousi N, Triantaphyllidis G, Malandrakis E, Miliou H (2021) The use of complete mtDNA of the red porgy *Pagrus pagrus* as a molecular tool towards fish authenticity. *AQUACULTURE EUROPE 2021,* October 4 - 7, Funchal, Madeira

Cladas Y, Spala K, Doudoumis V, Ketsilis-Rinis V, Batargias C, Koutsikopoulos C (2019) Presence Confirmation of Non-Native Species *Pagrus major* (Temminck and Schlegel, 1843) in the Eastern Mediterranean. *Oceanography & Fisheries Open access Journal*, 9(2): 555756.

Dulcic J, Kraljevic M (2007) On the record of red seabream *Pagrus major* (Temminck and Schlegel, 1843) (Osteichthyes:Sparidae) in the Adriatic Sea. *Scientia Marina*. 71(1): 15-17

Erikson U, Misimi E (2008) Atlantic salmon skin and fillet color changes effected by perimortem handling stress, rigor mortis, and ice storage. *Journal of Food Science* 73(2): C50-C59

Erikson U, Truong HTM, Le DV, Pham PD, Svennevig N, Phan VT (2019) Harvesting procedures, welfare and shelf life of ungutted and gutted shortfin pompano (*Trachinotus falcatus*) stored in ice. *Aquaculture*, 498, 236–245

Foscarini R (1988) A Review: Intensive Farming Procedure for Red Sea Bream (*Pagrus major*) in Japan. *Aquaculture*, 72: 191-246

Froese R, Pauly D (2019) Editors. 2019. *FishBase*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (04/2019).

Kampouris TE, Economidis PS, Batjakas IE (2020) First record of *Pagrus major* (Temminck & Schlegel, 1843) (Perciformes: Sparidae) from east MediterraneanSea and the northernmost Mediterranean record of Por's goatfish *Upeneus pori* Ben-Tuvia & Golani, 1989 (Perciformes: Mullidae) from Thermaikos Gulf, North-West Aegean Sea, Greece*. Cahiers de Biologie Marine 61 : 253-258*

Lin MQ, Ushio H, Ohshima T, Yamanaka H, Koizumi C (1998a) Effect of low temperature treatments on K+-induced melanosome aggregation in melanophores of cultured red sea bream. *Nippon Suisan Gakkaishi* (Japanese Edition) 64(2), p. 280-285

Lin MQ, Ushio H, Ohshima T, Yamanaka H, Koizumi C (1998b) LWT - Skin Color Control of the Red Sea Bream (*Pagrus major). Food Science and Technology* 31(1), pp. 27-32

Nakabo T (2002) *Fishes of Japan with pictorial keys to the species*. In: English edition I, Tokai University Press, Japan, pp. 866

Papaharisis L, Tsironi T, Dimitroglou A, Taoukis P, Pavlidis M (2019) Stress assessment, quality indicators and shelf life of three aquaculture important marine fish, in relation to harvest practices, water temperature and slaughter method. *Aquaculture Research* 00:1–13.

Papaconstantinou C (2014) *Fauna Graeciae. An updated checklist of the fishes in the Hellenic Seas, Monographs on Marine Sciences,* 7, Athens 2014, HCMR, 340 pp.

Pavlidis M, Papandroulakis N, Divanach P (2006) A method for the comparison of chromaticity parameters in fish skin: preliminary results for coloration pattern of red skin Sparidae. *Aquaculture* 258:211–9

Saad A, Sabour W, Masri M, Barakat I, Capapé C (2022) On the occurrence of red seabream *Pagrus major* (Osteichthyes: Sparidae) in the eastern Mediterranean Sea, first record from the Syrian coast. *Cahiers de Biologie Marine*, 63: 89-92..

Souto FB, Villanueva RXL (2003) *European Fish Farming Guide*. Instituto Galego de Formacion en Acuicultura, (IGAFA), Pontevedra, Spain,ISBN: 84-453-3470-0, pp.68

Sweetman JW (1992) Larviculture of Mediterranean Marine Fish Species: Current Status and Future Trends. *Journal of the World Aquaculture Society*, 23 (4), 330-337

Vardanis G, Sfichi-Duke L, Tort L, Divanach P, Kotzabasis K, Pavlidis M (2011) The use of biochemical, sensorial and chromaticity attributes as indicators of post-mortem changes in commercial-size, cultured red porgy *Pagrus pagrus*, stored on ice. *Aquaculture Research*, 42, 341–350

Whitehead PJP, Bauchot ML, Hureau JC, Nielsen J, Tortonese E (1986) *Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean*. UNESCO, Paris, pp.1473.

# Μικροβιολογικές μεταβολές και διάρκεια ζωής ελαφρά αλατισμένων φιλέτων λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) κατά την συντήρηση σε αερόβιες συνθήκες, κενό και τροποποιημένη ατμόσφαιρα στους 4ºC

**Μαρία Γ. Ειρηνάκη[1], Πέτρος Β. Μαρτσικάλης[2], Δημήτριος Α. Αναγνωστόπουλος[3], Φωτεινή Φ. Παρλαπάνη[4], Ιωάννης Σ. Μποζιάρης[5]**

*Εργαστήριο Εμπορίας και Τεχνολογίας Αλιευτικών Προϊόντων και Τροφίμων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας,* [1]meirinaki@uth.gr

## ABSTRACT

**Maria G. Eirinaki, Petros V. Martsikalis, Dimitrios A. Anagnostopoulos, Foteini F. Parlapani, Ioannis S. Boziaris: Microbiological changes and shelf-life of lightly salted sea bass (*Dicentrarchus labrax*) fillets stored under air, vacuum and MAP at 4ºC.** The aim of the present work was to evaluate the effect of aerobic, vacuum and modified atmosphere packaging (MAP) conditions on microbiological profile, sensory changes and shelf-life of lightly salted sea bass fillets. Physicochemical parameters such as $a_w$, salt concentration and $CO_2$ and $O_2$ content were also measured. Results indicated that the end of fillets' shelf-life stored aerobically was 6 days shorter than that of vacuum and MAP-stored ones (D 6, D 12 and D 12, respectively). Total viable counts (TVC) reached levels of about 8.8, 8.4 and 8.1 log cfu/g (at D 6, D 12 and D 12, for air, vacuum and MAP-stored fillets, respectively), while *Pseudomonas* followed by $H_2S$ producing bacteria were the most dominant microorganisms in all cases, even though their levels were significantly lower in vacuum and MAP-stored samples during whole storage period. On the contrary Lactic Acid Bacteria were favored in vacuum packaging. Optimization of conditions such as $a_w$, salt content in aqueous phase and selection of the most suitable packaging film for succeeding the desirable gaseous atmosphere is required for achieving the maximum shelf-life.

**Keywords:** seabass, fillets, brine, MAP, sensory assessment, microbial changes

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι ιχθύες αποτελούσαν ανέκαθεν αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής του ανθρώπου, κυρίως λόγω της υψηλής του θρεπτική αξίας. Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, η αυξανόμενη ζήτηση ιχθύων σε παγκόσμιο επίπεδο, έχει ωθήσει τον τομέα των υδατοκαλλιεργειών να αναπτυχθεί ραγδαία ώστε να καλύψει τις ανάγκες της αγοράς, όντας πλέον ο κύριος τροφοδότης ιχθύων στο διεθνές εμπόριο (FAO 2020). Μεταξύ των πιο σημαντικών εκτρεφόμενων ιχθύων στο παγκόσμιο γίγνεσθαι, το ευρωπαϊκό λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της Μεσογειακής διατροφής, με την Ελλάδα, την Ιταλία, την Τουρκία, την Ισπανία και την Αίγυπτο να αποτελούν τους κύριους παραγωγούς του είδους σε παγκόσμιο επίπεδο (FAO 2020).

Λαμβάνοντας ότι πρόκειται για ένα πολύ ευπαθές τρόφιμο κυρίως λόγω έντονης μικροβιακής δραστηριότητας, (Boziaris & Parlapani 2017), απαιτούνται στοχαστικές στρατηγικές προ-επεξεργασίας με στόχο την παράταση της διάρκεια ζωής του προϊόντος με συνεπακόλουθα την αύξηση της ποιότητας και της προστιθέμενης αξίας του, ικανοποιώντας έτσι τις απαιτήσεις των καταναλωτών.

Η χρήση άλατος είναι μεταξύ των επεξεργασιών που χρησιμοποιούνται πριν την συντήρηση των ιχθύων και των προϊόντων τους (φιλέτα), συμβάλλοντας σε μεγάλο βαθμό στην επέκταση της διάρκειας ζωής του προϊόντος, κυρίως λόγω της ιδιότητάς του να μειώνει την ενεργότητα νερού και να διατηρεί την συνεκτικότητα της σάρκας (Fuentes et al. 2011). Ωστόσο, μία ενδεχόμενη χρήση υψηλής περιεκτικότητας αλατιού, δεν συνάδει με τις συστάσεις του Παγκόσμιου Οργανισμού Υγείας (WHO 2012), η υψηλή πρόσληψη χλωριούχου νατρίου σχετίζεται με σημαντικά θέματα υγείας. Το τελευταίο, περιορίζει την επεξεργασία των φιλέτων ιχθύων μόνο σε χαμηλά επίπεδα έκθεσης σε χλωριούχο νάτριο (<7%), κάνοντας την επεξεργασία αυτή μερικώς αναποτελεσματική, στον βωμό της προσπάθειας αύξησης του εμπορικού χρόνου ζωής των προϊόντων. Η αύξηση της διάρκειας ζωής τέτοιων ελαφρά αλατισμένων προϊόντων θα μπορούσε πιθανώς να επιτευχθεί υπό συντήρηση με συσκευασία υπό κενό ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα (MAP), οδηγώντας έτσι στη διάθεση φρέσκων/διατηρημένων ιχθύων με απλή ψύξη. Έχει βρεθεί ότι η χαμηλή συγκέντρωση οξυγόνου στη συσκευασία (κενό ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα) παρατείνει τη διάρκεια ζωής του ιχθύος καθυστερώντας την ανάπτυξη και επικράτηση των Ειδικών Αλλοιογόνων Μικροοργανισμών (EAM) (Antunes-Rohling et al. 2019; Mace et al. 2012), ωστόσο

θέματα ασφάλειας λόγω ανοξικών συνθηκών πρέπει να λαμβάνονται υπόψη, οπότε η περιορισμένη έστω συγκέντρωση οξυγόνου είναι επιθυμητή (FDA 2011).

Στόχος της παρούσης εργασίας ήταν ο η μελέτη του μικροβιολογικού προφίλ και ο προσδιορισμός της διάρκεια ζωής ελαφρά αλατισμένων φιλέτων λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) κατά τη διάρκεια συντήρησης σε συσκευασία αέρα, κενό (με φιλμ υψηλής διαπερατότητας σε οξυγόνο) και τροποποιημένης ατμόσφαιρας.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Φιλέτα από ευρωπαϊκό λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), βάρους περίπου 200 g, παρελήφθησαν από γνωστή ελληνική εταιρεία υδατοκαλλιέργειας σε κιβώτια διογκωμένου πολυστυρενίου με πάγο και μεταφέρθηκαν στο Εργαστήριο Εμπορίας και Τεχνολογίας Αλιευτικών Προϊόντων και Τροφίμων (Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος).

Τα φιλέτα εμβαπτίστηκαν σε άλμη (6% w/v) για 3 ώρες και στη συνέχεια συσκευάσθηκαν: α) υπό αερόβιες συνθήκες β) σε συσκευασία κενού με φιλμ υψηλής διαπερατότητας σε οξυγόνο και γ) σε συσκευασία τροποποιημένης ατμόσφαιρας με $CO_2$ 50%, $O_2$ 10% και $N_2$ 40% επίσης με φιλμ υψηλής διαπερατότητας σε οξυγόνο όπως και στην συσκευασία κενού. Οι συγκεντρώσεις των αερίων $CO_2$ και $O_2$ εντός των συσκευασιών μετρούνταν με χρήση του μετρητή Checkpoint 3 $O_2$ & $CO_2$ (Ametek/Mocon, Minnesota, USA). Επίσης μετρήθηκαν το pH, η ενεργότητα νερού με χρήση του μετρητή HP23-AW-A Hand-Held Indicator (Rotronic AG, Switzerland), η περιεκτικότητα σε αλάτι με την μέθοδο Volhard κατά AOAC για τα αλιευτικά προϊόντα (AOAC Official Method, 937.09, 1995), και η υγρασία (ξήρανση για 24 ώρες στους 105 $^oC$ και ζύγιση) για να υπολογισθεί κατόπιν η περιεκτικότητα σε αλάτι στην υδατική φάση.

Κατά τη διάρκεια της συντήρησης στους 4$^oC$, πραγματοποιούνταν δειγματοληψία ανά τακτά χρονικά διαστήματα για την οργανοληπτική αξιολόγηση των νωπών αλλά και του μαγειρεμένου προϊόντος, από 5 εξειδικευμένους δοκιμαστές. Αξιολογήθηκαν στα νωπά προϊόντα η εμφάνιση, οσμή και συνεκτικότητα, ενώ στα μαγειρεμένα (προθερμασμένος φούρνος στους 180$^oC$ για 20 λεπτά), η οσμή, η γεύση και η συνεκτικότητα. Η κλίμακα ήταν πενταβάθμια αρεσκείας με το πέντε (5) το άριστο και το τρία (3) να είναι το ελάχιστο για αποδοχή. Η μελέτη του μικροβιολογικού προφίλ αφορούσε τον προσδιορισμό του πληθυσμού α) της Ολικής Μεσόφιλης Χλωρίδας (OMX) με χρήση του θρεπτικού υποστρώματος TSA, β) του *Pseudomonas* spp., με χρήση του θρεπτικού υποστρώματος CFC, γ) των υδροθειοπαραγωγών βακτηρίων με χρήση του θρεπτικού υποστρώματος Iron Agar κατά Lyngby και ε) των οξυγαλακτικών βακτηριών (LAB) με χρήση του θρεπτικού υποστρώματος MRS.

Οι διαφορές των μέσων τιμών συγκρίθηκαν στατιστικά. Τα δεδομένα υποβλήθηκαν σε Ανάλυση μονής Διακύμανσης (one-way ANOVA) χρησιμοποιώντας τη δοκιμασία Tukey *post hoc* με το λογισμικό IBM® SPSS® statistics 19 (SPSS Inc., Chicago, USA) σε επίπεδο σημαντικότητας $p \leq 0,05$.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των προϊόντων μετά την άλμηση ήταν pH 6.2, ενεργότητα νερού 0.973, αλάτι 2.99 % w/w και αλάτι στην υδατική φάση 3.86 % w/v, από τα οποία διαφαίνεται ότι το προϊόν θα ήταν οριακά ασφαλές σε σχέση με το ψυχρότροφο *Clostridium botulinum* type E, για συντήρηση σε συνθήκες ανοξικές (FDA 2011). Η συγκέντρωση των αερίων στις συσκευασίες MAP και κενού παρουσιάζονται στον Πίνακα Ι. Σε όλη την διάρκεια της συντήρησης , ακόμη και στην συσκευασία κενού λόγω της υψηλής διαπερατότητάς του φιλμ σε οξυγόνου, υπάρχει οξυγόνο στην συσκευασία, το οποίο καθιστά το προϊόν ασφαλές από το *Clostridium botulinum* type E. Το $CO_2$ μειώνεται και αυτό στην συσκευασία MAP από την αρχική τιμή 50.1 % στο 4.2 % στο πέρας του εμπορικού χρόνου ζωής μετά από 12 ημέρες.

Αρχικά η γενική εμφάνιση των φιλέτων ήταν εξαιρετική (Βαθμός 5), με καλή συνεκτικότητα, άριστη οσμή και πολύ καλή γεύση. Ωστόσο, τα χαρακτηριστικά αυτά υποβαθμίστηκαν με το πέρασμα του χρόνου συντήρησης και στο σημείο της ελάχιστης αποδοχής (Βαθμός 3) η εμφάνιση, οι δυσάρεστες οσμές ήταν το πιο προφανές χαρακτηριστικό που παρέπεμπε σε αλλοίωση, ενώ και το μαγειρεμένο προϊόν είχε ανεπιθύμητη γεύση. Τα υπό μελέτη προϊόντα έφτασαν στο ελάχιστο επίπεδο αποδοχής (minimum acceptance level) σε διαφορετικά χρονικά σημεία. Σύμφωνα με τα αποτελέσματα, ο εμπορικός χρόνος ζωής προσδιορίστηκε στις 6 ημέρες για τα φιλέτα αποθηκευμένα σε αέρα και τις 12 μέρες για αυτά σε κενό τροποποιημένη ατμόσφαιρα **(Πίνακας ΙΙ)**.

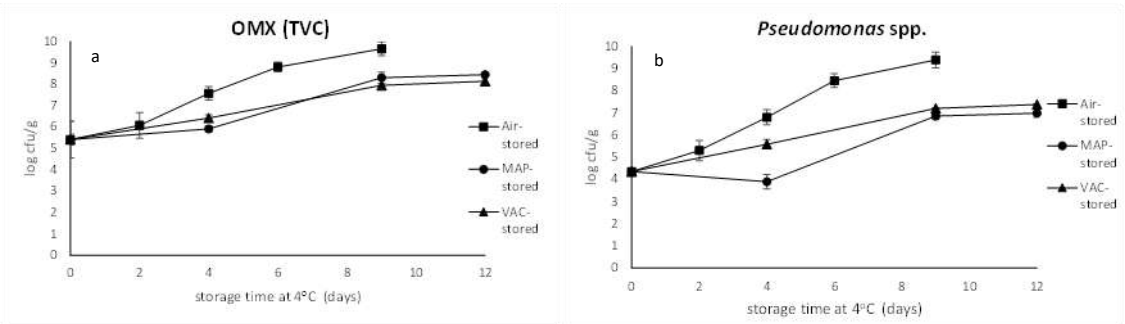
**Πίνακας Ι.** Μεταβολές των αερίων (%) κατά την διάρκεια της συντήρησης
**Table I.** Gas changes (%) during storage

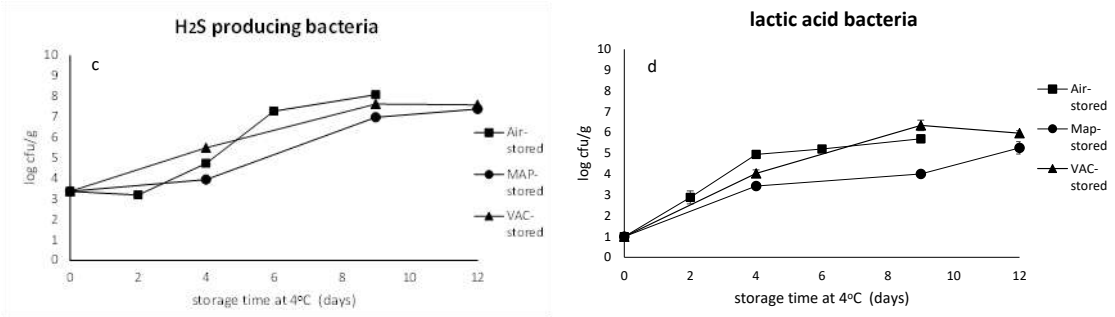
| Days at 4ºC | MAP | | Vacuum | |
|---|---|---|---|---|
| | $CO_2$ | $O_2$ | $CO_2$ | $O_2$ |
| 0 | 50.1 | 9.9 | 0.0 | 0.1 |
| 4 | 23.6 | | 0.4 | 4.1 |
| 9 | 12.1 | | 0.3 | |
| | 9.4 | 15.5 | 10.4 | |
| 12 | 4.2 | 18.6 | 0.2 | 15.7 |

**Πίνακας ΙΙ.** Προσδιορισμός του τέλους της διάρκειας ζωής των προϊόντων, σύμφωνα με την οργανοληπτική αξιολόγηση πέντε (5) εκπαιδευμένων δοκιμαστών.
**Table II.** Shel-life determination of the products, according to the sensory evaluation of five (5) trained panelists.

| Gaseous atmosphere | Temperature (ºC) | Shelf-life (days) |
|---|---|---|
| Air | 4 | 6 |
| Vacuum | 4 | 12 |
| MAP | 4 | 12 |

Όσον αφορά στο μικροβιολογικό προφίλ, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το η αρχική ΟΜΧ (D 0) κυμάνθηκε στις τάξεις των 5.4 log cfu/g **(Εικόνα 1a)**. Κατά τη διάρκεια της συντήρησης, η ΟΜΧ αυξανόταν με ταχύτερους ρυθμούς στα φιλέτα αποθηκευμένα υπό αερόβιες συνθήκες, φτάνοντας στο τέλος του εμπορικού χρόνου ζωής (D6) πληθυσμό κοντά στα 8,8 log cfu/g. Από την άλλη μεριά, ο πληθυσμός της ΟΜΧ στα φιλέτα αποθηκευμένα υπό κενό και τροποποιημένη ατμόσφαιρα αυξανόταν με βραδύτερους ρυθμούς, φτάνοντας σε επίπεδα της τάξης των 8,1 και 8,4 και log cfu/g στο τέλος του εμπορικού χρόνου ζωής (D 12) αντίστοιχα. Τα *Pseudomonas* φαίνεται να ήταν οι κυρίαρχοι μικροοργανισμοί με αρχικό πληθυσμό κοντά στα 4,34 log cfu/g που αυξήθηκε στο τέλος του εμπορικού χρόνου ζωής των προϊόντων στα 8.4 για τα φιλέτα υπό αερόβιες συνθήκες (D 6) και 7 και 7.4 log cfu/g για την τροποποιημένη ατμόσφαιρα και κενό (D12), αντίστοιχα **(Εικόνα 1b)**. Αυτό έρχεται σε συμφωνία με τα ευρήματα προηγούμενων μελετών τόσο σε λαβράκια (Parlapani et al. 2015) όσο και σε φιλέτα ιχθύων (Antunes-Rohling et al. 2019), καθώς το συγκεκριμένο βακτήριο έχει χαρακτηριστεί ως ο βασικότερος αλλοιογόνος μικροοργανισμός. Υψηλή ήταν και η παρουσία των υδροθειοπαραγωγών βακτηρίων φτάνοντας σε πληθυσμούς πάνω από 7 log cfu/g για όλα τα προϊόντα στο πέρας του εμπορικού χρόνου ζωή τους. **(Εικόνα 1c)**. Αξιοσημείωτη ήταν και η παρουσία των οξυγαλακτικών βακτηρίων **(Εικόνα 1d)**, με τα επίπεδα στα φιλέτα υπό κενό να είναι υψηλότερα σε σχέση με την τροποποιημένη ατμόσφαιρα καθ' όλη τη διάρκεια αλλά και τον αέρα στο τελευταίο στάδιο συντήρησης.






**Εικόνα 1.** Μεταβολές μικροβιακού πληθυσμού σε φιλέτα λαβράκι αποθηκευμένα σε αέρα (■), κενό (▲) και τροποποιημένη ατμόσφαιρα (●). (a) Ολική Μεσόφιλη Χλωρίδα, (b) *Pseudomonas* spp., (c) Βακτήρια που παράγουν $H_2S$ και (d) Οξυγαλακτικά βακτήρια (LAB). Κάθε σημείο είναι ο μέσος όρος 3 επαναλήψεων ± την τυπική απόκλιση.

**Figure 1.** Changes of microbial population in sea bass fillets stored under air (Air-stored) and modified atmosphere (MAP-stored). (α) Total Viable Counts (TVC), (β) *Pseudomonas* spp., (γ) $H_2S$-producing bacteria, and (δ) Lactic acid bacteria (LAB). Each point is the mean of 3 replicates ± standard deviation.

Συνολικά, τα ευρήματα της παρούσης μελέτης υποδεικνύουν ότι ο συνδυασμός ελαφράς αλάτισης και συσκευασίας σε κενό ή τροποποιημένη ατμόσφαιρα οδηγεί σε επέκταση του εμπορικού χρόνου ζωής, αφήνοντας παρακαταθήκη για περαιτέρω μελέτες προς την κατεύθυνση αυτή, με σκοπό την διάθεση προϊόντων υψηλής ποιότητας και αυξημένης προστιθέμενης αξίας στο παγκόσμιο εμπόριο.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία υλοποιήθηκε στο πλαίσιο των «Ειδικών Δράσεων: «ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ» - «ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΑ ΥΛΙΚΑ» - «ΑΝΟΙΧΤΗ ΚΑΙΝΟΤΟΜΙΑ ΣΤΟΝ ΠΟΛΙΤΙΣΜΟ» συγχρηματοδοτήθηκε από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Περιφερειακής Ανάπτυξης (ΕΤΠΑ) της Ευρωπαϊκής Ένωσης και εθνικούς πόρους μέσω του Ε.Π. Ανταγωνιστικότητα, Επιχειρηματικότητα & Καινοτομία (ΕΠΑνΕΚ) (κωδικός έργου:Τ6ΥΒΠ-00380).

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Antunes-Rohling A, Calero S, Halaihel N, Marquina P, Raso J, Calanche J, Beltr A, Ignacio Á, Cebri G (2019) Characterization of the Spoilage Microbiota of Hake Different Temperatures. Foods, 8, 10.3390/foods8100489

Boziaris IS and Parlapani FF (2017). Specific Spoilage Organisms (SSO) in Fish. In : The Microbiological Quality of Food: Foodborne Spoilers. Edited by A. Bevilacqua, M. R. Corbo and M. Sinigaglia. Elsevier Woodhead Publishing, pp 60-98

FAO (2020) The State of World Fisheries and Aquaculture; FAO: Rome, Italy, 2020.

FDA (2011). Fish and Fishery Products Hazards and Control Guidance 4th edition. US Dept of Health and Human Services, Food and Drug Administration, Center for Food Safety & Applied Nutrition, pp 253

Fuentes A, Fernández-Segovia I, Barat JM, Serra JA. (2011) Influence of sodium replacement and packaging on quality and shelf- life of smoked sea bass (*Dicentrarchus labrax L.*). LWT-Food Science & Technology, 44, 917–923

Macé S, Cornet J, Chevalier F, Cardinal M, Pilet MF, Dousset X, Joffraud JJ (2012) Characterization of the spoilage microbiota in raw salmon (*Salmo salar*) steaks stored under vacuum or modified atmosphere packaging combining conventional methods and PCR-TTGE. Food Microbiology, 30, 164–172

Parlapani FF, Haroutounian SA, Nychas GJE, Boziaris IS (2015) Microbiological spoilage and volatiles production of gutted European sea bass stored under air and commercial modified atmosphere package at 2 °C. Food Microbiology, 50, 44–53

World Health Organization (2012) Guideline: Sodium Intake for Adults and Children; World Health Organization: Geneva, Switzerland. 1–466.

# Περιεκτικότητα λίπους, σύσταση λιπαρών οξέων και οξείδωση λίπους στη σάρκα κρανιών που αναπτύχθηκαν με διαφορετικό ρυθμό σωματικής αύξησης

**Ιωάννης Μιτάκος[1], Λάμπρος Κοκοκύρης[2], Μάρκος Κολύγας[3], Κωνσταντίνα Μπιτχαβά[4], Μιχάλης Τερζίδης[2], Αλεξάνδρα Μπαρμπούτη[5], Ευαγγελία Γκούβα[1], Αχιλλέας Χατζόπουλος[1], Κοσμάς Ναθαναηλίδης[1]**

[1]Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Arta, University of Ioannina, Greece, i.mittakos@uoi.gr, egouva@uoi.gr, nathan@uoi.gr

[2] Department of Nutritional Sciences and Dietetics, International Hellenic University, Sindos, 57400, Thessaloniki, Greece, lamprosk@ihu.gr, mterzidis@ihu.gr

[3]Laboratory of Aquatic Animal Health , Ichthyology &Acuaculture, Faculty of Veterinary Medicine, School of Health Sciences, University of Thessaly, 431 00, Karditsa, Greece

[4] Department of Animal Production, School of Animal Sciences, Agricultural University of Athens, 11855, Athens, Greece, bitchava@vri.gr

[5] Department of Anatomy-Histology-Embryology, Faculty of Medicine, University of Ioannina, 45110 Ioannina, Greece. abarbout@uoi.gr

## ABSTRACT

**Ioannis Mitakos, Lambros Kokokiris, Markos Kolygas, Konstantina Bitchava, Michael A. Terzidis, Alexandra Barbouti, Evangelia Gouva, Achilleas Chatzopoulos, Cosmas Nathanailides: Gross lipid, fatty acid profile and lipid oxidation of fast and slow growing meagre (**Argyrosomus regius**; Asso, 1801).** The aim of this study was to examine whether body size differences between meagre individuals of the same age (fast and slow growing) reflect significant differences in total lipids, fatty acids profile, and rate of lipids oxidation which can affect flesh quality after cold storage. Samples of fast- and slow-growing fish were obtained and their muscle tissue was analysed. Gross fat (%) was low in both fast and slow-growing meagre but values were significantly higher in fast-growing individuals. However, the concentration of fatty acids and the oxidation of lipids in flesh stored at 2ºC were similar. Results indicated that the quality and oxidation of lipids of meagre flesh are not related to body size differences observed in the present work.

**Keywords:** meagre, lipid quality, fish growth

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η θαλάσσια υδατοκαλλιέργεια των Μεσογειακών χωρών που ανήκουν στην Ευρωπαϊκή Ένωση, επικεντρώνεται κυρίως σε δύο είδη, το λαυράκι (Dicentrarchus labrax), και την τσιπούρα (Sparus aurata).

Ένα από τα νεότερα εκτρεφόμενα είδη του συγκεκριμένου κλάδου είναι ο κρανιός (*Argyrosomus regius*) που εκτρέφεται με επιτυχία σε πλωτούς κλωβούς στη Ελλάδα, και χαρακτηρίζεται από γρήγορη αύξηση, υψηλή βιωσιμότητα και υψηλή θρεπτική αξία (Gregorakis et al. 2011; , Cascarano et al., 2021, Nousias et al., 2022).

Στις υδατοκαλλιέργειες, η μεγάλη ποικιλότητα του μεγέθους των ατόμων είναι ένα χαρακτηριστικό γνώρισμα της πάχυνσης το οποίο επιβάλει μεγάλη συχνότητα διαλογών για τη δημιουργία πληθυσμών από άτομα με ομοιογενές μέγεθος (Mitakos et al., 2021, Nousias et al., 2022).

Στον κρανιό, η μεγάλη παραλλακτικότητα του μεγέθους των ατόμων συνοδεύεται με διαφορετικό ρυθμό αύξησης του σκελετικού μυϊκού ιστού, που υπό την αλληλεπίδραση παραμέτρων όπως η μυϊκή κυτταρότητα και η λιπιδιακή σύσταση, αλλάζουν κατά τη διάρκεια της πάχυνσης (Mittakos et al. 2012;) ή και διαφέρουν ακόμα και μεταξύ ατόμων ίδιας ηλικίας (Mitakos et al., 2021).

Ο σκοπός της εργασίας αυτής ήταν να εξετάσει εάν οι διαφορές στο μέγεθος του ατόμων του κρανιού αντανακλούν διαφορές στη σύσταση της σάρκας σε ολικά λιπίδια και λιπαρά οξέα που θα μπορούσαν να επηρεάσουν την οξείδωση των λιπιδίων και κατ' επέκταση την ποιότητα της σάρκας κατά τη συντήρηση στους 2°C.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Αλιευθήκαν μεγαλόσωμα και μικρόσωμα άτομα κρανιού ίδιας ηλικίας (μετά από διαλογή μεγέθους) από παραγωγική μονάδα με κλωβούς (Δυτική Ελλάδα, Ιούνιος 2022). Σε δείγματα σάρκας (περιοχή πίσω από το θωρακικό και κάτω από το ραχιαίο πτερύγιο) προσδιορίστηκε με τη μεθοδολογία κατά AOAC (1984), η προσεγγιστική (%) σύσταση της σάρκας σε πρωτεΐνες, υγρασία και λίπος. Η ανάλυση έγινε εις διπλούν σε 5 άτομα από κάθε ομάδα.

Σε τρία (ενοποιημένα δείγματα από κάθε ομάδα) προσδιορίστηκαν *εις διπλούν* οι συγκεντρώσεις των λιπαρών οξέων. Για τον προσδιορισμό, τα λιπίδια εκχυλίστηκαν από λυοφιλιωμένα δείγματα της

σάρκας και μετατράπηκαν στους αντίστοιχους μεθυλεστέρες τους (ΕΛΟ) υπό όξινες συνθήκες. Η ανάλυση των λιπαρών οξέων (ΛΟ) έγινε με αέρια χρωματογραφία με τη χρήση χρωματογράφου Chromatec Crystal 9000 (Ρωσία) σε συνδυασμό με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας. Τα ΛΟ αρχικά εκλούστηκαν σε στήλη 0,2 μm HP 88 (100 m × 0,25 mm i.d., Agilent), ταυτοποιήθηκαν ανάλογα με το χρόνο έκλουσης και ποσοτικοποιήθηκαν. Χρησιμοποιήθηκε πρότυπο μείγμα 37 συστατικών (Supelco) ως μείγμα αναφοράς και προστέθηκε ο μεθυλ-εστέρας του βεχενικού οξέος ως εσωτερικό πρότυπο.

Πέντε δείγματα από κάθε ομάδα συντηρήθηκαν στους 2°C, για 7 ημέρες. Την πρώτη ημέρα μετά τη συντήρηση, την 3η και την 7η η οξείδωση (τάγγιση) των λιπιδίων προσδιορίστηκε προσδιορίσθηκε φασματοφωτομετρικά με τη μέθοδο του θειοβαρβιτουρικού οξέος (ΤΒΑ) υπολογίζοντας τη συγκέντρωση της μηλονικής διαλδεΰδης (MDA). Η συγκέντρωση των αντιδρώντων ουσιών με το ΤΒΑ αντιδραστήριο (TBARS thiobarbituric reactive substances) υπολογίστηκε ως mg μηλονικής διαλδεΰδης (MDA) ανά g λίπους.

Σε όλες τις περιπτώσεις, οι μέσες τιμές των παραμέτρων συγκρίθηκαν μεταξύ μικρόσωμων και μεγαλόσωμων ατόμων για την ανίχνευση στατιστικά σημαντικών διαφορών με τη μη-παραμετρική δοκιμασία Mann-Whitney ενώ οι μέσες τιμές της MDA συγκρίθηκαν μεταξύ των χρόνων συντήρησης με τη μη παραμετρική δοκιμασία Friedman. Οι αναλύσεις έγιναν σε επίπεδο σημαντικότητας α=0.05

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η σάρκα των μεγαλόσωμων ατόμων είχε σημαντικά μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λίπος (0,78%, $p<0.001$) αλλά και σε υγρασία ($p<0,05$, Πίνακας Ι). Ωστόσο η περιεκτικότητα της σε πρωτεΐνες δεν διέφερε σημαντικά από αυτή των μικρόσωμων. Στα μεγαλόσωμα άτομα ανιχνεύτηκαν περισσότερα λιπαρά οξέα (20 λιπαρά οξέα με συγκέντρωση μεγαλύτερη από 9,9 mg ανά 100 g νωπής σάρκας στα ταχυαυξή έναντι 11 λιπαρών οξέων στα βραδυαυξή). Οι συγκεντρώσεις των 11 κοινών λιπαρών οξέων (Πίνακας ΙΙ) ήταν μεγαλύτερες στα μεγαλόσωμα άτομα αλλά οι διαφορές των συγκεντρώσεων δεν ήταν στατιστικά σημαντικές (Mann-Whitney U, $p>\alpha=0,05$ σε όλες τις περιπτώσεις). Τα πιο άφθονα λιπαρά οξέα και στις δύο ομάδες ήταν το παλμιτικό, το ελαϊκό και το λινελαϊκό, το δοκοσαεξανοϊκό και το παλμιτελαϊκό). Ωστόσο, η διαφορά των συγκεντρώσεων μεταξύ των δύο ομάδων δεν ήταν πραγματικά σημαντική ($p>0.05$ σε όλες τις περιπτώσεις των κοινών λιπαρών οξέων). Επιπλέον, τα λιπαρά οξέα: Νευρωνικό (σελαχελαϊκό), 24:1 (ω−9), Γάμμα-λινολενικό οξύ, 18:3 (ω-6), Εικοσαδιενοϊκό, 20:2 (ω-6), Τρικοσυλικό, 23:0, Επταδεκενοϊκό, 17:1, Πενταδεκανοϊκό, 15:0, Επταδεκανοϊκό, 17:0, Λινοελαϊδικό, 18:2 (ω-6), και Ερουκικό, 22:1 (ω-9) ανιχνεύτηκαν μόνο στα ταχυαυξή άτομα ενώ το Βουτυρικό, 4:0, μόνο στα βραδυαυξή άτομα.

Η συγκέντρωση της MDA δεν διέφερε σημαντικά μεταξύ των ημερών συντήρησης ούτε στη σάρκα των μεγαλόσωμων ούτε στη σάρκα των μικρόσωμων κρανιών (Friedman, $\chi^2$ (2)=4,7, $p>0,05$ και για τις δύο ομάδες). Επίσης η συγκέντρωση της MDA δεν διέφερε σημαντικά ανά ημέρα συντήρησης μεταξύ των δύο ομάδων (Mann-Whitney, $p>0.05$).

**Πίνακας Ι. Μέση περιεκτικότητα (±ΤΑ) σε λίπος, πρωτεΐνες και υγρασία της σάρκας μεγαλόσωμων και μικρόσωμων κρανιών της ίδιας ηλικίας. (Οι σημαντικά διαφορετικές (*P*<0.05) τιμές εχουν διαφορετικό εκθέτη)**

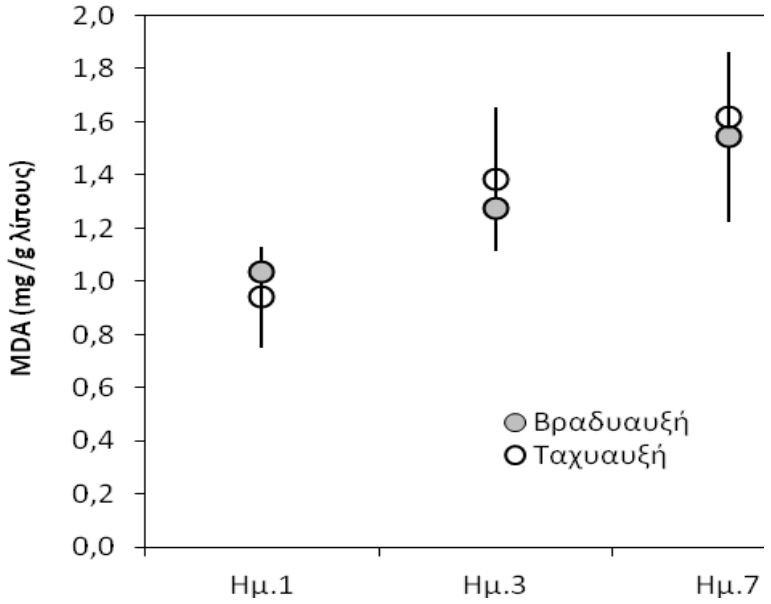
**Table I. Mean proximate composition (±sd) of fat, proteins and moisture in muscle tissue of fast and slow growing meagre. Significant differences (*P*<0.05) are indicated with different exponents.**

| Περιεκτικότητα (% wt/wt) | Ταχυαυξή άτομα | Βραδυαυξή άτομα |
|---|---|---|
| Λίπος | 0,78 (0,05)$^a$ | 0,27 (0,04)$^b$ |
| Πρωτεΐνες | 19,0 (0,44)$^a$ | 18,9 (0,61)$^a$ |
| Υγρασία | 78,29 (0,78)$^a$ | 80,40 (1,23)$^b$ |

**Πίνακας ΙΙ. Μέση συγκέντρωση (±ΤΑ) των 11 κοινών και πιο άφθονων λιπαρών οξέων (mg λιπαρού οξέος /100g νωπού βάρους) στη σάρκα ταχυαυξών και βραδυαξών κρανιών..**

**Table 1. Mean (±sd) concentration (mg FA /100g of raw fillet) of 11 shared and highly quantified fatty acids in muscle tissue of fast-growing and low growing individuals of *A. regius.***

| α/α | Λιπαρά οξέα | **Μεγαλόσωμα** | **Μικρόσωμα** |
|---|---|---|---|
| 1 | Παλμιτικό, 16:0 | 461,7 (160) | 133,2 (67.8) |
| 2 | Ελαϊκό, 18:1 | 329,8 (146,7) | 161,1 (12.8) |
| 3 | Λινελαϊκό, 18:2 (ω-3) | 256,5 (143,6) | 143,1 (45,3) |
| 4 | Δοκοσαεξανοϊκό, 22:6 (ω-3) | 155,8 (142.5) | 117,8 (98.7) |
| 5 | Παλμιτελαϊκό, 16:1 (ω-7) | 142,8 (95.8) | 121 (67,7) |
| 6 | Στεατικό, 18:0 | 113,6 (86.6) | 33,5 (8,2) |
| 7 | Λιγνοκηρικό, 24:0 | 112,7 (71.0) | 62,1 (10,2) |
| 8 | Αραχιδικό, 20:0 | 77,5 (69.2) | 24,5 (11,9) |
| 9 | Δίχομο-γάμμα-λινολενικό, 20:3 (ω-3) | 63,0 (49.0) | 21,2 (15,8) |
| 10 | Μυριστικό, 14:0 | 60,9 (11.6) | 24,7 (9,3) |
| 11 | Λινολενικό, 18:2 | 19,5 (5,2) | 19,7 (6,4) |




**Εικόνα 1.** Μέση συγκέντρωση (±sd) της μηλονικής διαλδεϋδης (mg MDA/g περιεχόμενου λίπους σάρκας) ανάλογα με το χρόνο συντήρησης (1, 3, και 7 ημέρες) στη σάρκα ταχυαξών (λευκός κύκλος) και βραδυαξών (γκρί κύκλος) ατόμων κρανιού κατά τη συντήρηση σε συνθήκες ψύξης σε 2 $^{0}$C.

**Figure 1**. Mean malondialdehyde (sd) concentration in muscle tissue (mg MDA/g fat in muscle tissue) of slow (grey circle) and fast (white circle) growing during storage at 2 °C.

Η *ανομοιογένεια* του μεγέθους των εκτρεφόμενων κρανιών και η ανάγκη συχνών διαλογών για τη δημιουργία πληθυσμών μικρής παραλλακτικότητας μεγέθους είναι ένα γνωστό γνώρισμα και μια κοινή πρακτική κατά την πάχυνση του κρανιού σε μονάδες εκτροφής (Vallecillos et al. 2021). Το πιθανό ενδεχόμενο της προσβολής των ψαριών από σπλαχνικά κοκκιώματα τα οποία έχει αναφερθεί ότι

επηρεάζουν το ρυθμό αύξησης τους (Kotzamanis et al. 2018, Tsertou et al. 2020), διερευνήθηκε στους εκτρεφόμενους πληθυσμούς που χρησιμοποιήθηκαν σ΄αυτή τη μελέτη, και αποκλείστηκε.

Τόσο στα ταχυαυξή όσο και στα βραδυαυξή άτομα, η ποσότητα λίπους ήταν μικρή, σε συμφωνία με τα αποτελέσματα άλλων εργασιών (Grigorakis et al., 2011; Giogios et al., 2013; Η ποσότητα του λίπους στη σάρκα των ταχυαυξών ατόμων ήταν σχεδόν διπλάσια αυτής των βραδυαυξών και είναι πολύ πιθανό να επηρεάζει την υφή (Hérnandez et al., 2009;) αλλά και την ποιότητα της σάρκας (Secci & Parisi,2016) κατά τη συντήρηση δεδομένου ότι θα μπορούσε να υφίσταται γρηγορότερη και πιο έντονη οξείδωση. Ωστόσο και στις δύο ομάδες ανεξάρτητα από την περιεκτικότητα της σάρκας σε λίπος τα επίπεδα και ο ρυθμός οξείδωσης των λιπιδίων της σάρκας ήταν παρόμοια κατά τη συντήρηση στους 2 ºC. Τα αποτελέσματα της εργασίας έδειξαν η οξείδωση των λιπιδίων είναι ανεξάρτητη από το μέγεθος του κρανιού. Αυτό μπορεί να οφείλεται στη χαμηλή περιεκτικότητα της σάρκας του σε λίπος η οποία αμβλύνει ακόμη περισσότερο τις διαφορές στη ποιοτική και ποσοτική σύσταση της σάρκας σε λιπίδια.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Cascarano, M. C., Stavrakidis-Zachou, O., Mladineo, I., Thompson, K. D., Papandroulakis, N., & Katharios, P. (2021). Mediterranean aquaculture in a changing climate: temperature effects on pathogens and diseases of three farmed fish species. *Pathogens*, *10*(9):, 1205.

Giogios, I., Grigorakis, K., & Kalogeropoulos, N. (2013). Organoleptic and chemical quality of farmed meagre (Argyrosomus regius) as affected by size. *Food chemistry*, *141*(3): 3153-3159.

Grigorakis, K. (2017). Fillet proximate composition, lipid quality, yields, and organoleptic quality of Mediterranean-farmed marine fish: A review with emphasis on new species. *Critical reviews in food science and nutrition*, *57*(14): 2956-2969.

Grigorakis, K., Fountoulaki, E., Vasilaki, A., Mittakos, I., Nathanailides, C., 2011. Lipid quality and filleting yield of reared meagre (*Argyrosomus regius*). International *Journal of Food Science & Technology*, 46(4): 711-716.

Kotzamanis, Y., Kouroupakis, E., Ilia, V., Haralabous, J., Papaioannou, N., Papanna, K., Richards R., Gisbert, E. (2018). Effects of high-level fishmeal replacement by plant proteins supplemented with different levels of lysine on growth performance and incidence of systemic noninfectious granulomatosis in meagre (Argyrosomus regius). *Aquaculture Nutrition*, *24*(6), 1738-1751.

Mittakos, I., Ayala, M. D., López-Albors, O., Grigorakis, K., Lenas, D., Kakali, F., & Nathanailides, C. (2012). Muscle cellularity, enzyme activities, and nucleic acid content in meagre (Argyrosomus regius). *Canadian journal of zoology*, *90*(10):1270-1277.

Mitakos I., Kokokiris L., Bitchava, K , Barbouti A., Gouva L., Nathanailides C. Muscle cellularity and proximate composition of fast and slow growing maricultured Meagre Argyrosomus regius. Proccedings of Hydromedit 2021. Volos, Greece.

Nousias, O., Oikonomou, S., Manousaki, T., Papadogiannis, V., Angelova, N., Tsaparis, D., & Tsigenopoulos, C. S. (2022). Linkage mapping, comparative genome analysis, and QTL detection for growth in a non-model teleost, the meagre *Argyrosomus regius*, using ddRAD sequencing. *Scientific reports*, *12*(1): 1-11.

Secci, G., & Parisi, G. (2016). From farm to fork: Lipid oxidation in fish products. A review. *Italian Journal of Animal Science*, *15*(1), 124-136.

Tsertou, M. I., Chatzifotis, S., Fontanillas, R., Cotou, E., Fountoulaki, E., Antonopoulou, E., & Katharios, P. (2020). The effect of dietary vitamin D3, minerals (Ca, P) and plant-protein sources in the development of systemic granulomatosis in meagre (*Argyrosomus regius*, Asso, 1801). *Aquaculture*, *521:* 735052.

Vallecillos, A., María-Dolores, E., Villa, J., Rueda, F. M., Carrillo, J., Ramis, G., & Armero, E. (2021). Phenotypic and Genetic Components for Growth, Morphology, and Flesh-Quality Traits of Meagre (*Argyrosomus regius*) Reared in Tank and Sea Cage. *Animals*, *11*(11): 3285.

# Βελτιστοποίηση εργαστηριακών μεθόδων για τη μελέτη της γενετική ποικιλότητας του είδους *Pinna nobilis*

**Μαρία Καμηλάρη[1,2], Χαρίκλεια Παπαϊωάννου[1,2], Μάριος Σμάνης[1], Αλέξιος Ράμφος[1], Ιωάννης Θεοδώρου[1], Κώστας Μπαταργιάς[1]**

[1]Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Νέα Κτήρια, Μεσολόγγι
[2]Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών
mkamilari@upatras.gr, xpapaioannou@upatras.gr, smanismarios2@gmail.com, aramfos@upatras.gr, jtheo@upatras.gr, cbatargias@upatras.gr

## ABSTRACT

**Maria Kamilari, Charikleia Papaioannou, Marios Smanis, Alexios Ramfos, Ioannis Theodorou, Costas Batargias: Method optimization for *Pinna nobilis* genetic divergence studies**

*Pinna nobilis* is the largest Mediterranean endemic bivalve and plays a crucial ecological role, contributing to the overall increase of local biodiversity of marine benthic habitats. Since 1980s, populations have been in decline due to human exploitation. According to Directive 92/43/EC it is an endangered species and is subjected to strict protection conditions. Hence, the sampling of starting material for DNA isolation and further genetic studies is highly problematic since the individuals cannot be killed or injured during the process. Moreover, species identification of *P. nobilis* and *P. rudis* juveniles based on morphological characters is challenging. This work focuses on the comparison of different methodological approaches and protocols for the isolation of genetic material from pen shells, suitable for downstream analyses. Genetic analysis of the populations is necessary for species identification in the Greek area as well as for further studies at the phylogeographic, genetic and ecophysiological level.

**Keywords:** DNA extraction, COI, protocols, *Pinna nobilis*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πίννα (*Pinna nobilis)* είναι το μεγαλύτερο ενδημικό πτεριόμορφο δίθυρο στη Μεσόγειο και διαδραματίζει σημαντικό οικολογικό ρόλο, συμβάλλοντας στη συνολική αύξηση του επιπέδου τοπικής βιοποικιλότητας των θαλάσσιων βενθικών βιοτόπων (Rabaoui *et al.* 2009). Οι πληθυσμοί από τη δεκαετία του 1980 εμφανίζουν σημαντική μείωση λόγο της εκμετάλλευσης από τον άνθρωπο. Σύμφωνα με την οδηγία 92/43/EC είναι απειλούμενο με εξαφάνιση είδος στη Μεσόγειο και υπόκειται σε αυστηρούς όρους προστασίας. Μετά τις πρόσφατες μαζικές θνησιμότητες της πίννας στην Μεσόγειο (Lattos *et al.* 2021), η γενετική έρευνα με βάση ζωντανό υλικό γίνεται ολοένα και πιο δύσκολη αφενός λόγω απουσίας ζωντανών ατόμων, αφετέρου λόγω της αυστηρής προστασίας των οποιωνδήποτε εναπομεινάντων ατόμων από πιθανό τραυματισμό ή θανάτωση (Catanese *et al*. 2022). Επιπλέον, η φαινοτυπική ταυτοποίηση του είδους στα πρώιμα στάδια της πίννας *Pinna* spp. (Εικόνα 1) είναι δυσδιάκριτη όσον αφορά στον διαχωρισμό του γόνου *P. nobilis* και του συγγενικού *P. rudis*. Ως εκ τούτου, η μοριακή ταυτοποίηση των ατόμων κρίνεται αναγκαία (Catanese *et al*. 2022).

Η παρούσα εργασία αφορά στη σύγκριση μεθοδολογικών προσεγγίσεων και πρωτοκόλλων απομόνωσης γενετικού υλικού με στόχο τον προσδιορισμό και ταυτοποίηση σε επίπεδο είδους των ατόμων πίννας από τον ελλαδικό χώρο. Ο γενετικός προσδιορισμός των πληθυσμών είναι απαραίτητος για την ταυτοποίηση των ειδών στην ελληνική επικράτεια καθώς και για την περαιτέρω μελέτη των ατόμων σε φυλογεωγραφικό, γενετικό και οικοφυσιολογικό επίπεδο.

Εικόνα 1.
Γόνος πίννας. Συλλογή υλικού από οστρακοκαλλιέργεια στην Λ. Σαγιάδας, Ν Θεσπρωτίας (6/5/2022).
**Figure 1**. Juvenile of *Pinna* spp. Material collected from aquaculture at L. Sagiada, Thesprotia 6/5/2022

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

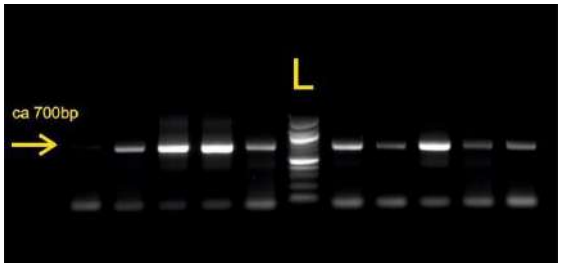
Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκαν 16 δείγματα πίννας (από νεκρά και ζωντανά άτομα) από την περιοχή του Νότιου Αμβρακικού. Από τα ζωντανά άτομα, ένα μικρό τμήμα από το όστρακο συλλέχθηκε με μη παρεμβατικό τρόπο ώστε να μην υπάρξει τραυματισμός του οργανισμού, και το δείγμα αποθηκεύτηκε σε 99,8% αιθανόλη (EtOH) στους 4°C. Χρησιμοποιήθηκαν διαφορετικές μέθοδοι και προσεγγίσεις προκειμένου να βελτιστοποιηθεί η απομόνωση ολικού DNA υψηλής ποιότητας, κατάλληλου για μετέπειτα φυλογενετικές και πληθυσμιακές αναλύσεις. Οι διαφορετικές μέθοδοι περιλάμβαναν θρυμματοποίηση ή μη του οστράκου, εμβαπτίσεις σε ρυθμιστικά διαλύματα διαφορετικών συγκεντρώσεων EtOH-PBS, ποικίλους χρόνους επώασης με πρωτεολυτικά ένζυμα (1 overnight, 2 overnight, 3 overnight) και διαφορετικά πρωτόκολλα απομόνωσης DNA πχ. Chelex (Walsh *et al.* 1991), NaCl (Aljanabi & Martinez 1997), εμπορικά κιτ απομόνωσης.

Η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων κάθε πειραματικής προσέγγισης πραγματοποιήθηκε τόσο με ηλεκτροφόρηση του απομονωμένου ολικού DNA σε πήκτωμα αγαρόζης όσο και με τον επιτυχή ή μη πολλαπλασιασμό του μιτοχονδριακού γονιδίου της κυτοχρωμικής οξειδάσης Ι (mtCOI). Για την ενίσχυση του mtCOI χρησιμοποιήθηκαν οι εκκινητές LCO1490 (5'-GGTCAACAAATCATAAAGATATTGG-3') και HCO2198 (5'-TAAACTTXAGGGTGACCAAAAAATCA-3') (Folmer *et al*. 1994). Στην περίπτωση της PCR χρησιμοποιήθηκαν επίσης διαφορετικά ένζυμα και τροποποιημένα πρωτόκολλα (διαφορετικές Taq πολυμεράσες, διαφορετικές θερμοκρασίες και χρόνοι υβριδισμού των εκκινητών κλπ.), προκειμένου να γίνει βελτιστοποίηση της αντίδρασης. Μετά τον καθαρισμό των προϊόντων της PCR, τα δείγματα αλληλουχήθηκαν σε γενετικό αναλυτή AB3500 (Applied Biosystems) προκειμένου να επιβεβαιωθεί η πιστότητα του αποτελέσματος αλλά και η ποιότητα των πολλαπλασιασμένων τμημάτων της αλληλουχίας του τμήματος του γονιδίου COI, η ύπαρξη πιθανών επιμολύνσεων κλπ.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα πρώτα αποτελέσματα επιβεβαιώνουν την επιτυχή απομόνωση του DNA και πολλαπλασιασμό τμήματος επιθυμητού μεγέθους μετά από PCR (Εικόνα 2). Ωστόσο, μετά τον έλεγχο των αποτελεσμάτων της αλληλούχησης διαπιστώνονται επιμολύνσεις από γενετικό υλικό άλλων οργανισμών (πχ. Υδρόζωα, αμφίποδα κλπ). Στις επιπλέον αναλύσεις που βρίσκονται υπό εξέλιξη περιλαμβάνεται: α) ο σχεδιασμός και η χρήση ειδο-ειδικών εκκινητών για το γονίδιο της mtCOI προκειμένου να μειωθεί ο κίνδυνος πολλαπλασιασμού παραπροϊόντων κατά την PCR και β) η βελτιστοποίηση της διαδικασίας λήψης του αρχικού δείγματος πίννας.

Οι προτεινόμενες τεχνικές δειγματοληψίας σε προστατευόμενα από το κέλυφος του οστράκου συμβάλλουν στην αποφυγή των περιορισμών που προέρχονται από την καταστροφή των επαπειλούμενων διθύρων (Catanese et al. 2022).




**Εικόνα 2.** Παράδειγμα ηλεκτροφόρησης προϊόντων PCR του τμήματος COI σε πήκτωμα αγαρόζης 1%. Το γράμμα 'L' υποδεικνύει το μοριακό μάρτυρα (100bp DNA ladder), το βέλος τη ζώνη του προϊόντος μεγέθους ca 700bp στην οποία αντιστοιχεί το προϊόν.

**Figure 2.** Example of COI gene PCR products electrophoresed in 1% agarose gel. The letter 'L' indicates the 100bp DNA ladder, the arrow the PCR product band at ca. 700pb band that corresponds.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αποτελεί μέρος του έργου «ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ-ΑΝΑΚΑΜΨΗ-ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΠΑΠΕΙΛΟΥΜΕΝΟΥ ΕΙΔΟΥΣ (ΠΙΝΝΑ) PINNA NOBILIS» με Κωδικό ΟΠΣ 5052394 και χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ 2014-2020».

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Aljanabi SM, Martinez I (1997) Universal and rapid salt-extraction of high quality genomic DNA for PCR-based technique. Nucleic Acids Research 25(22): 4692–4693.

Catanese G, Tena-Medialdea J, Dajković MA, Mičić M, García-March JR (2022) An incubation water eDNA method for a non-destructive rapid molecular identification of *Pinna nobilis* and *Pinna rudis* bivalve juveniles. MethodsX 9:101708.

Folmer O, Black M, Hoeh W, Lutz R, Vrijenhoek R (1994) DNA primers for amplification of mitochondrial cytochrome c oxidase subunit I from diverse metazoan invertebrates. Mol Mar Biol Biotechnol 3(5): 294-299.

Lattos, A., Feidantsis, K., Georgoulis, I., Giantsis, I.A., Karagiannis, D., Theodorou, J.A., Staikou, A. and Michaelidis, B., 2021. Pathophysiological responses of Pinna nobilis individuals enlightens the etiology of mass mortality situation in the Mediterranean populations. Cells, 10(11), p.2838

Rabaoui L, Tlig-Zouari S, Cosentino A, Hassine OK (2009) Associated fauna of the fan shell *Pinna nobilis* (Mollusca: Bivalvia) in the northern and eastern Tunisian coasts. Scientia Marina. 73(1): 129-41.

Walsh PS, Metzger DA, Higuchi R (1991) Chelex 100 as a medium for simple extraction of DNA for PCR-based typing from forensic material. Biotechniques 10(4): 506-13.

# Αντιμικροβιακή δράση μικροφυκών: Ένας τρόπος βελτίωσης της βιωσιμότητας στην υδατοκαλλιέργεια

**Παύλος Μακρίδης, Χρυσούλα Ανδρουτσοπούλου,**
Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών – makridis@upatras.gr
– chrysandr@gmail.com

## ABSTRACT

**Pavlos Makridis, Chrysoula Androutsopoulou. Antimicrobial activity of microalgae: A way to improve sustainability in aquaculture**

High population densities and stress in intensive fish farming may lead to problems with diseases, which result in the use of antibiotics. The development of resistant strains in fish farms makes the use of antibiotics inefficient. At the same time, a negative image of the aquaculture industry among consumers is formed. (Martinez et al., 2012). In the present study, antimicrobial activity against three fish pathogenic bacteria *Vibrio anguillarum*, *Aeromonas veronii*, and *Vibrio alginolyticus* was determined in cultures of seven microalgae species (*Amphidinium carterae*, *Asteromonas gracilis*, *Tetraselmis* sp. (red var.), *Tetraselmis* sp. (Pappas), *Tetraselmis* sp. (red var., Kotichi), *Tetraselmis* sp. (palmella), and *Tetraselmis marina* (var. Messolonghi) isolated from lagoons in Western Greece.

**Keywords:** fish diseases, antibacterial activity, fish pathogens, *Vibrio anguillarum*, *Aeromonas veronii*, *Vibrio alginolyticus*

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

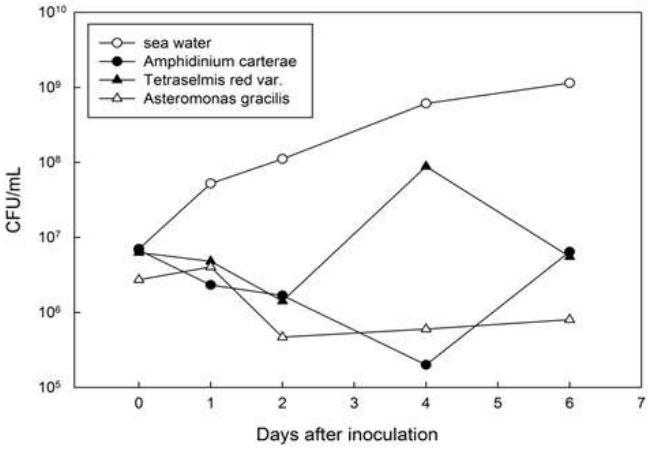
Η υψηλή πληθυσμιακή πυκνότητα και η καταπόνηση στην εντατική ιχθυοκαλλιέργεια μπορεί να οδηγήσουν σε ασθένειες με τελικό αποτέλεσμα τη χρήση αντιβιοτικών (Smith 1994, Quesada 2013). Η ανάπτυξη ανθεκτικών στελεχών στα ιχθυοτροφεία καθιστά τη χρήση αντιβιοτικών αναποτελεσματική. Ταυτόχρονα, διαμορφώνεται μια αρνητική εικόνα για τον κλάδο της υδατοκαλλιέργειας στους καταναλωτές. (Martinez 2012). Στην παρούσα μελέτη, προσδιορίστηκε η αντιμικροβιακή δράση έναντι τριών ιχθυοπαθογόνων βακτηρίων: *Vibrio anguillarum*, *Aeromonas veronii* και *Vibrio alginolyticus* σε καλλιέργειες επτά ειδών μικροφυκών (*Amphidinium carterae*, *Asteromonas gracilis*, *Tetraselmis* sp. (red var.), *Tetraselmis* sp. (Pappas.), *Tetraselmis* sp. (red var., Kotichi), *Tetraselmis* sp. (palmella), και *Tetraselmis marina* (var. Messolonghi), απομονωμένα από λιμνοθάλασσες της Δυτικής Ελλάδας.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Αξενικές καλλιέργειες μικροφυκών ελήφθησαν μετά από θεραπεία με μείγμα αντιβιοτικών (oxolinic acid 10 μg/mL, kanamycin 10 μg/mL, penicillin G 150 μg/mL, streptomycin 75 μg/mL) (Munro 1995), το οποίο σκότωσε τα βακτήρια που υπήρχαν στις καλλιέργειες. Η απουσία ζωντανών βακτηρίων επαληθεύτηκε με στρώσιμο σε τρυβλία που περιείχαν tryptic soy agar (TSA), 2% NaCl (w/v). Το αντιβιοτικό αφαιρέθηκε μετά από διαδοχικές αραιώσεις σε διάστημα 3-4 εβδομάδων. Το μικροφύκος *Chlorella minutissima* χρησιμοποιήθηκε ως είδος αναφοράς, καθώς έχει παρουσιάσει αντιβακτηριακές ιδιότητες σε παλαιότερη μελέτη (Kokou et al. 2011). Αφού οι καλλιέργειες μικροφυκών έφτασαν στην όψιμη εκθετική φάση, κλάσματα των 5 mL καθεμιάς τους εμβολιάστηκε με διαφορετικά βακτηριακά παθογόνα σε δοκιμαστικούς σωλήνες. Το υγρό της καλλιέργειας δεν εμπλουτίστηκε περαιτέρω με θρεπτικό μέσο Walne ώστε να ελεγχθεί η φυσιολογική ανάπτυξη του κάθε βακτηρίου σε συνθήκες καλλιέργειας. Τα παθογόνα βακτήρια προστέθηκαν σε τελική συγκέντρωση $10^4$ CFU/mL. Η ανάπτυξη των προστιθέμενων παθογόνων παρακολουθήθηκε 0, 1, 2, 4 και 6 ημέρες μετά τους εμβολιασμούς απλώνοντας δεκαδικές αραιώσεις σε τρυβλία με TSA και οι αποικίες μετρήθηκαν 2-3 ημέρες μετά την επώαση (Kokou et al. 2011). Διεξήχθη θεραπεία θετικού ελέγχου για κάθε παθογόνο, στην οποία προστέθηκαν ξεχωριστά τα παθογόνα βακτήρια σε 25 ppt αποστειρωμένο θαλασσινό νερό, εμπλουτισμένο με θρεπτικό μέσο Walne για να αποδοθούν οι βέλτιστες συνθήκες ανάπτυξης των παθογόνων βακτηρίων. Δυο σειρές πειραμάτων πραγματοποιήθηκαν με παρουσία ή απουσία φωτός ώστε να μελετηθεί και η επίδραση του φωτός στην αντιμικροβιακή δράση των μικροφυκών.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Σε όλες τις καλλιέργειες μικροφυκών, ο αριθμός των βακτηρίων ήταν μικρότερος σε σύγκριση με τις θεραπείες θετικού ελέγχου, όπου ο αριθμός των βακτηρίων αυξήθηκε εκθετικά. Γενικά, η αντιμικροβιακή δράση ήταν υψηλότερη στο φως, ειδικά στην περίπτωση του *A. gracilis*. Ασθενέστερη αντιμικροβιακή δράση παρατηρήθηκε σε καλλιέργειες *Tetraselmis* sp. (palmella), *Tetraselmis* sp. (red var., Kotichi) και *Tetraselmis* sp. (red var., Pappas). Σε καλλιέργειες *A. carterae*, δεν παρατηρήθηκε διαφορά μεταξύ φωτός και σκοταδιού. Η αντιμικροβιακή του δράση ήταν χαμηλότερη σε σύγκριση με τις άλλες καλλιέργειες, εκτός από την περίπτωση του παθογόνου βακτηρίου *A. veronii* όπου αποδείχθηκε το πιο αποτελεσματικό. Μεταξύ των ειδών *Tetraselmis*, η υψηλότερη αντιμικροβιακή δράση ανιχνεύθηκε στο *Tetraselmis* sp. (red var). Οι καλλιέργειες *A. carterae*, *Tetraselmis* sp. (red var.) και *A. gracilis* μείωσαν δραματικά τον αριθμό των cfu του παθογόνου *A. veronii* μετά από 7 ημέρες παρατήρησης, όπως φαίνεται στο Εικόνα 1. Στην περίπτωση των μικροφυκών *A. gracilis* και *Tetraselmis* sp. (red var.), οι αποικίες των παθογόνων βακτηρίων μειώθηκαν δραματικά τη δεύτερη ημέρα του πειράματος, ενώ στην καλλιέργεια *A. carterae* αυτό συνέβη την τέταρτη ημέρα του πειράματος.




**Εικόνα 1.** Σχηματισμός αποικιών (units/mL) (σε λογαριθμική κλίμακα) του *A. veronii* σε πειράματα που πραγματοποιήθηκαν με τις καλλιέργειες *A. carterae*, *Tetraselmis* sp. (red var.) και *A. gracilis* σε σύγκριση με το αποστειρωμένο θαλασσινό νερό 25 ppt, με την πάροδο του χρόνου σε συνθήκες φωτός.
**Figure 1.** Colony-forming units/mL (in log scale) of *A. veronii* in experiments performed with cultures of *A. carterae*, *Tetraselmis* sp. (red var.) and *A. gracilis* compared with sterile seawater 25 ppt, through time in light conditions.

• Η ισχυρότερη αντιμικροβιακή δράση έναντι του *V. anguillarum* παρατηρήθηκε στις καλλιέργειες *Tetraselmis* sp. (red var., Pappas) και *Asteromonas gracilis* τόσο παρουσία, όσο και απουσία φωτός.
• Παρουσία φωτός, οι καλλιέργειες των *A. carterae*, *Tetraselmis* sp. (red var.) και *Asteromonas gracilis* ήταν οι πιο αποτελεσματικές έναντι του *A. veronii*, και στο σκοτάδι, οι καλλιέργειες *Tetraselmis* sp. (red var.) και *Asteromonas gracilis*.
• Κατά του *V. alginolyticus*, σε συνθήκες φωτός, οι καλλιέργειες *A. carterae*, *Tetraselmis* sp. (red var.) και *Asteromonas gracilis* ήταν οι πιο αποτελεσματικές, και στο σκοτάδι οι καλλιέργειες του *Asteromonas gracilis*.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η μελέτη αυτή υποστηρίχθηκε μέσω του έργου «Απομόνωση και καλλιέργεια τοπικών ειδών φυτοπλαγκτού από λιμνοθάλασσες με απώτερο σκοπό την μαζική παραγωγή αντιμικροβιακών ουσιών, λιπαρών οξέων, χρωστικών και αντιοξειδωτικών» (ALGAVISION) που χρηματοδοτείται από τη Γενική Γραμματεία Έρευνας και Καινοτομίας και πόρους της Ε.Ε.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Kokou F, Makridis P, Kentouri M, Divanach P (2011) Antibacterial activity in microalgae cultures. Aquacult. Res. 1-8

Quesada SP, Paschoal JAR, Reyes FGR (2013) Considerations on the Aquaculture Development and on the Use of Veterinary Drugs: Special Issue for Fluoroquinolones—A Review. J. Food Sci. 78, 9. doi: 10.1111/1750-3841.12222

Martinez-Porchas M, Martinez-Cordova LR (2012) World Aquaculture: Environmental Impacts and Troubleshooting Alternatives. Sci. World J. 389623

Munro PD, Barbour A, Birkbeck TH (1995) Comparison of the Growth and Survival of Larval Turbot in the Absence of Culturable Bacteria with Those in the Presence of Vibrio anguillarum, Vibrio alginolyticus, or a Marine Aeromonas sp. Appl. Environm. Microbiol. 61, 4425-4428

Smith P, Hiney MP, Samuelsen OB (1994) Bacterial Resistance to antimicrobial agents used in fish farming: a critical evaluation method and meaning. Annual Review of Fish Diseases 4, 273-313. https://doi.org/10.1016/0959-8030(94)90032-9

# Η επίδραση του ογκομετρικού ρυθμού οξείδωσης της αμμωνίας (VTR) στην απόδοση και λειτουργία ενός συστήματος ενυδρειοπονίας με υφάλμυρο νερό

**Ειρήνη Μαρδόγλου[1], Αθανάσιος Αναστασιάδης[1], Ιωάννης Κουτράκης[1] , Χριστίνα Ελένη Κουλοπούλου [2], Ζαφειρία Αικατερίνη Στέφα [3] , Μαρία Περτέση[3], Νικόλαος Φουσέκης[1], Ελένη Μεντέ[4], Νικόλαος Βλάχος[1]**

[1] Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Μεσολόγγι, email vlachosn@upatras.gr , e.mardoglou@yahoo.com , tha.anastasiadis@gmail.com.

[2] Τμήμα Χημείας, Σχολή Θετικών Επιστημών, ΕΚΠΑ, Αθήνα-email xristinaak00@gmail.com

[3] Τμήμα Επιστήμης Βιοσυστημάτων και Γεωργικής Μηχανικής, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών ,Πανεπιστήμιο Πατρών, Μεοολόγγι, email marpertesi@gmail.com , stefakaterina848@gmail.com

[4] Τμήμα Κτηνιατρικής, Σχολή Επιστημών Υγείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης– email emente@vet.auth.gr

## ABSTRACT

**Eirini Mardoglou[1], Athanasios Anastasiadis[1], Ioannis Koutrakis[1], Christina Eleni Koulopoulou[1], Zafeiria Aikaterini Stefa[3], Maria Pertesi[3], Nikolaos Fousekis[1], Eleni Mente[4], Nikolaos Vlahos[1]: The effect of volumetric TAN removal on the Functional and efficiency of brackish aquaponic systems.**

The aim of the present study was to investigate the volumetric TAN removal efficiency (VTR) in a brackish aquaponic system with three different salinities (1.5 ppt, 5–ppt and 7 ppt). Three autonomous aquaponics recirculation systems were used with a total volume of 202 L. Each system consisted of 3 fish rearing tanks with a volume of 38 L, a sump biofilter and a hydroponic subsystem unit with a volume of 0.016 $m^3$. In total 90 sea bass individuals with an average initial weight of 3.92 ± 0.83 g, and length of 7.62 ± 0.47 cm, were divided into 9 individuals/tanks (30 individuals/system) for a rearing period of 65 days. The results showed that VTR (g TAN/$m^3$/d) was affected by total ammonia nitrogen (TAN) which was produced in the aquaponic systems.

**Keywords:** brackish Aquaponics system, salinity, volumetric total ammonia nitrogen conversion (VTR),

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενυδρειοπονία είναι οικολογική και βιώσιμη μέθοδος παραγωγής τροφίμων. Τεχνικά συνδυάζει την υδατοκαλλιέργεια (εκτροφή υδρόβιων ζωικών οργανισμών όπως π.χ. ψάρια, καρκινοειδή, μαλάκια σε κλειστά κυκλώματα εκτροφής, RAS) και την υδροπονία (καλλιέργεια φυτών σε νερό) σε ένα ενιαίο κλειστό σύστημα με ανακυκλοφορία νερού όπου τα μεταβολικά προϊόντα των ψαριών (απόβλητα) διοχετεύονται για την θρέψη των φυτών (Somerville et al. 2014). Διαμέσου της ενυδρειοπονίας προωθείται ένα καινοτόμο σύστημα παραγωγής τροφίμων που αποσκοπεί στον έλεγχο των περιβαλλοντικών επιβαρύνσεων (μείωση περιβαλλοντικών φορτίσεων), στον έλεγχο των αποθεμάτων νερού, στη αύξηση της γονιμότητας των εδαφών και στη βιοποικιλότητα.

Η ενυδρειοπονία επιλύει τα βασικά προβλήματα που αντιμετωπίζει η υδατοκαλλιέργεια και η υδροπονία εστιάζοντας στην αναζήτηση βιώσιμων μεθόδων φιλτραρίσματος, στην απόρριψη αποβλήτων που είναι πλούσια σε θρεπτικά συστατικά και μέταλλα και απαιτούνται για την ανάπτυξη των φυτών (Nelson 2008). Τα μεταβολικά προϊόντα των ψαριών (αμμωνία) εκκρίνονται διαμέσου των βραγχίων στο νερό του ενυδρειοπονικού συστήματος, τα οποία με την πάροδο του χρόνου, οι τοξικές ενώσεις της αμμωνίας συσσωρεύονται στο νερό, θέτοντας σε κίνδυνο την ευζωία των υδρόβιων ζωικών οργανισμών, ενώ κάλλιστα μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως οργανικό λίπασμα δίνοντας ενέργεια στα φυτά (Nelson 2008). Τα θρεπτικά συστατικά με την μορφή αμμωνίας οξειδώνονται διαμέσου της βιοχημικής διεργασίας της νιτροποίησης σε νιτρώδη και νιτρικά ιόντα και στη συνέχεια εξαιτίας της αναγωγικής διεργασίας της απονιτροποίησης σε άζωτο. Στις διεργασίες αυτές συμμετέχουν νιτροποιητικά και απονιτροποιητικά βακτηρία που αφθονούν στο βιολογικό φίλτρο. Σκοπός της

παρούσης εργασίας ήταν να μελετήσει τον ογκομετρικό ρυθμό οξείδωσης της αμμωνίας (VTR) σε ένα υφάλμυρο σύστημα ενυδρειοπονίας με διαφορετικές αλατότητες (1,5 ppt, 5 ppt & 7 ppt) που οδηγεί στη βέλτιστη απόδοση και λειτουργία του υφάλμυρου ενυδρειοπονικού συστήματος.

**ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

Το πείραμα έλαβε χώρα στις εγκαταστάσεις του Εργαστηρίου των Ενυδρείων, του Τμήματος Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών του Πανεπιστημίου Πατρών στο Μεσολόγγι. Για τις ανάγκες του πειράματος κατασκευάστηκαν 3 συστήματα ενυδρειοπονίας συνολικού όγκου 219,9 L, που αποτελούνταν από 3 υάλινες δεξαμενές όγκου 38,2 L/δεξαμενή), ένα κυλινδρικό σωλήνα PVC για την καλλιέργεια των φυτών, όγκου 16 L και ένα φίλτρο τύπου sump συνολικού όγκου 89,3 L. Το φίλτρο διαχωρίστηκε στα επιμέρους λειτουργικά τμήματα: στο μηχανικό (περιείχε σφουγγάρι και υαλοβάμβακα συνολικού πάχους 20 cm), το βιολογικό όγκου 42,2 L [περιείχε ανάμειξη 20 L βιόσφαιρες της εταιρείας Aquametic διαμέτρου ø19 mm, με ειδική επιφάνεια-spesific surface area (SSA) 600cm$^2$/cm$^3$ και πυκνότητα 0.92 g /cm$^3$ a459 και 20 L κεραμικού υλικού Siporax της εταρείας SERA, διαμέτρου ø 15 mm, με ειδική επιφάνεια 1000 cm$^2$/cm$^3$ και διάκενο <1%] και το τμήμα συλλογής του νερού συνολικού όγκου 22,28 L στο οποίο ήταν βυθισμένη αντλία νερού (Ocean runner 1200 L/h, 230 volt, 25 W,Hmax 1.6 m της εταιρείας Aqua Medic) όπου διοχέτευε το νερό κατά 20% στις δεξαμενές καλλιέργειας των ψαριών και το υπόλοιπο 80% στο υδροπονικό υποσύστημα καλλιέργειας των φυτών. Επίσης, το υδραυλικό φορτίο (HLR) = 5,58 ± 0,05 cm/ημέρα) , ο υδραυλικός χρόνος παραμονής του νερού στο φίλτρο (HRT)= 2,83 ± 0,21 min) και ο ρυθμός ανακύκλωσης του νερού (r) = 5.28± 0,23) ρυθμίστηκαν να είναι παρόμοια σε όλες τις πειραμτικές μεταχειρίσεις, και αντίστοιχα ήταν: HLR = 5,58 ± 0,05 cm/ημέρα, HRT= 2,83 ± 0,21 min και r = 5.28± 0,23.

Η παροχή του νερού ρυθμίστηκε να είναι ίση με 38,0 ± 9,6 m$^3$/ημέρα, εξασφαλίζοντας μέση ταχύτητα φιλτραρίσματος ίση με 0,73 cm/min. Ο ρυθμός ροής του αέρα, υπολογίστηκε σε όλα τα ενυδρειοπονικά συστήματα να είναι 16,5±8,81 cm$^3$/sec. Συνολικά χρησιμοποιήθηκαν 90 ιχθύδια λαβρακιού μέσου βάρους 3,92 ± 0,83 g και μέσου μήκους 7,62 ± 0,47 cm τα οποία διαμοιράστηκαν ανά 30 άτομα σε κάθε ενυδρειοπονικό σύστημα (10 άτομα/ενυδρείο).

Ο έλεγχος της ποιότητας του νερού πραγματοποιούνταν δύο φορές/εβδομάδα, χρωματομετρικά (test kit της εταιρείας API) και περιλάμβανε μετρήσεις: ολικής αμμωνίας (TAN, mg/L), νιτρικών ιόντων ($NO_3^-$, mg/L), νιτρωδών ιόντων ($NO_2^-$).Τα δείγματα νερού λαμβάνονταν από δύο σημεία ελέγχου, το σημείο εισόδου (inlet) του νερού στην υδροπονική δεξαμενή καλλιέργειας των φυτών (σύστημα NFT) και στο σημείο εξόδου του νερού (outlet) από την υδροπονική δεξαμενή. Στο τέλος της πειραματικής διαδικασίας υπολογίστηκαν οι δείκτες εύρυθμης λειτουργίας των ενυδρειοπονικών συστημάτων όπως το ο ημερήσιος ρυθμός παραγωγής της αμμωνίας ($P_{TAN}$) και η αποτελεσματικότητα του φίλτρου (E), σύμφωνα με τις παρακάτω μαθηματικές σχέσεις (Endut *et al.* 2010): Ο ρυθμός παραγωγής της αμμωνίας ($P_{TAN}$) και η ποσοστιαία απομάκρυνση του θρεπτικού (NRE, %) υπολογίστηκαν σύμφωνα με τους τύπου που περιγράφονται αντίστοιχα από τους Kumar et al. (2010): $P_{TAN} = \frac{FA*PC*0,102}{t}$ όπου: FA= ποσότητα τροφής (g) PC=περιεκτικότητα της τροφής σε πρωτεΐνη, t= χρονική διάρκεια από το πρώτο στο δεύτερο γεύμα, 0,102= συντελεστής που υπολογίστηκε από: το άζωτο (N) που περιέχεται στην τροφή και είναι 16%, το 80% του N αφομοιώνεται, το N που περιέχεται στα περιττώματα και το 80% του N που καταναλώνεται, αφομοιώνεται και απεκκρίνεται. Η αποδοτικότητα του φίλτρου υπολογίστηκε σύμφωνα με τον παρακάτω τύπο (Timmons & Losordo 2000): $E= \frac{1+(C*R)-C}{C*R}$ , όπου: C= παράγοντας επιτρεπόμενης συγκέντρωσης της αμμωνίας, R= ποσοστό του νερού που ανακυκλώνεται. Ο ρυθμός απορρόφησης των θρεπτικών συστατικών υπολογίστηκε από τη μαθηματική σχέση NRE (%)= (Ci-Ce) *100/Ci; Όπου Ci και Ce:

συγκέντρωση θρεπτικού στην είσοδο και έξοδο της υδροπονικής δεξαμενής, ή του φίλτρου στην περίπτωση της αμμωνίας.

Ο ογκομετρικός ρυθμός οξείδωσης της αμμωνίας VTR (g TAN/$m^3$/ημέρα) υπολογίστηκε από τον τύπο: VTR= ($MTAN_{out}$ - $MTAN_{in}$)/Vol όπου $MTAN_{in, out}$ =Μάζα αμμωνίας στην είσοδο και έξοδο του νερού από το φίλτρο (g/$m^3$), Vol =Όγκος φίλτρου ($m^3$).

Ο ρυθμός μεταβολής της αμμωνίας (TAN g/$m^2$/ημέρα) από τα φυτά στο υδροπονικό σύστημα NFT υπολογίστηκε από τη σχέση: TAN $=\frac{Q*(Cin-Cout)}{V-\left(\frac{Cout}{dt}\right)*D}$ όπου: Q = Παροχή νερού ($m^3$/ημέρα), Cin - Cout= είναι η συγκέντρωση της αμμωνίας στην είσοδο και έξοδο του νερού στην υδροπονική δεξαμενή, V = Όγκος φίλτρου ($m^3$), Cout/dt Μεταβολή της συγκέντρωσης της αμμωνίας () και D=είναι το βάθος του φίλτρου (m).

Το φορτίο επιβάρυνσης N (mg/g*ημέρα); N= ($TAN_{in}$ – $TAN_{out}$) * $V_f$ * 1000 / βάρος τροφής. όπου: $TAN_{in}$ = αμμωνία που εισέρχεται στο φίλτρο (g/$m^3$); $TAN_{out}$ = αμμωνία που εξέρχεται από το φίλτρο (g/$m^3$) και $V_f$ = Όγκος δεξαμενής (L).

Τα δεδομένα που προέκυψαν από την πειραματική διαδικασία (ποιότητα νερού,) και τα λειτουργικά χαρακτηριστικά του φίλτρου) επεξεργάσθηκαν στατιστικά χρησιμοποιώντας την ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one way ANOVA) με επίπεδο σημαντικότητας 5% και κάνοντας χρήση του Tukey test προκειμένου να συγκριθούν οι διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους διαφόρων παραμέτρων (Zar, 1999). Η ομοιογένεια και η παραλλακτικότητα των μέσων όρων ελέγχθηκε σύμφωνα με Levene's test. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσος όρος και τυπικό σφάλμα (ΜΟ ± SEM).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα των λειτουργικών χαρακτηριστικών στα πειραματικά συστήματα ενυδρειοπονίας παρουσιάζονται στον Πίνακα Ι για όλες τις πειραματικές μεταχειρίσεις (1,5 ppt, 5 ppt & 7 ppt.

**Πίνακας Ι:** Δείκτες λειτουργίας (,Ε) και απόδοσης ($P_{TAN}$ , VTR , N και NRE) ενυδρειοπονικών συστημάτων

**Table I:** Functional (E) and efficiency indexes ($P_{TAN}$ , VTR , N and NRE) of experimental aquaponic systems

| | 1.5 ppt | 5 ppt | 7 ppt |
|---|---|---|---|
| | *Λειτουργικά χαρακτηριστικά ενυδρειοπονικών συστημάτων* | | |
| Αποτελεσματικότητα βιολογικού φίλτρου (Ε) | 1,55 ± 0,05[a] | 0,82 ± 0,00[b] | 0,82 ± 0,00[b] |
| Ρυθμός παραγωγής αμμωνίας $P_{TAN}$ (mg/L) | 0,37 ± 0,03[a] | 1,58 ± 0,06[b] | 1,58 ± 0,06[b] |
| | *Απόδοση ενυδρειοπονικών συστημάτων* | | |
| Ρυθμός απορρόφησης θρεπτικών NRE (%) από φυτά. | 42,59 ± 4,05[a] | 40,58 ± 3,56[a] | 41,06 ± 6,78[a] |
| Ογκομετρικός Ρυθμός Οξείδωσης αμμωνίας στο φίλτρο (VTR,g TAN/$m^3$/ημέρα) | 1.38 ± 0,23[a] | 1,19 ± 0,22[a] | 1,23 ± 0,32[a] |
| Ρυθμός μεταβολής αμμωνίας στις υδροπονικές δεξαμενές TAN (g/$m^2$/ημέρα) | 1,11 ± 0,19[a] | 0,95 ± 0,18[a] | 0,92 ± 0,25[a] |
| Φορτίο επιβάρυνσης N (mg N/g τροφής/ημέρα | 62,83 ± 13,29[a] | 69,29 ± 14,85[b] | 73,31 ± 19,53[b] |

Τα δεδομένα εκφράζονται ως ΜΟ± S.E.M. Οι μέσοι όροι μεταξύ των μεταχειρίσεων που φέρουν τον ίδιο εκθέτη δεν παρουσιάζουν στατιστικά σημαντικές διαφορές (ANOVA, $p > 0.05$)

Η υγιής και ασφαλής ανάπτυξη ψαριών και φυτών σε ένα σύστημα ενυδρειοπονίας εξαρτάται από την απόδοση του ενυδρειοπονικού συστήματος και την οξειδωτική ικανότητα

του φίλτρου. Η απόδοση του ενυδρειοπονικού συστήματος (Endut et al. 2010) επηρεάζεται από το υδραυλικό φορτίο (HLR), τον υδραυλικό χρόνο παραμονής του νερού στο φίλτρο (HRT), το ρυθμό ανακύκλωσης του νερού (r) και την αποτελεσματικότητα του φίλτρου (E), ενώ η οξειδωτική ικανότητα του φίλτρου επηρεάζεται από τον ρυθμό παραγωγής αμμωνίας ($P_{TAN}$), τον ογκομετρικό ρυθμό οξείδωσης της αμμωνίας (VTR), το φορτίο επιβάρυνσης (N) και το ρυθμό μεταβολής της αμμωνίας στα υδροπονικά υποσυστήματα ανάπτυξης των φυτών (TAN) (Adhikari *et al.* 2020). Σε ότι αφορά την αποτελεσματικότητα - απόδοση (E) του βιολογικού φίλτρου στα πειραματικά ενυδρειοπονικά συστήματα, τα αποτελέσματα έδειξαν ότι η αποδοτικότητα ήταν μεγαλύτερη από 82% για τις μεταχειρίσεις με αλατότητες 5ppt και 7 ppt, σε αντίθεση με τη μεταχείριση με τη μικρότερη αλατότητα (1,5 ppt) όπου η απόδοση ήταν μεγαλύτερη από 100%. Τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα των Timmons & Losordo (2000), οι οποίοι αναφέρουν ότι, η απόδοση ενός φίλτρου αυξάνεται όταν υπερβαίνει το 60%, οξειδώνοντας με αποτελεσματικό τρόπο τα μεταβολικά προϊόντα των ψαριών, υποδηλώνοντας με τον τρόπο αυτό την εύρυθμη λειτουργία του συστήματος ενυδρειοπονίας. Ο ρυθμός παραγωγής της αμμωνίας ($P_{TAN}$) στα υφάλμυρα πειραματικά ενυδρειοπονικά συστήματα ήταν στατιστικά μεγαλύτερος στις αλατότητες 5 ppt και 7 ppt σε σύγκριση με την αλατότητα 1,5 ppt (ANOVA, $p<0.05$)αυξάνοντας τον ογκομετρικό ρυθμό οξείδωσης της αμμωνίας (περίπου 4 φορές μεγαλύτερος) στο φίλτρο των ενυδρειοπονικών συστήματων με αλατότητες 5 ppt και 7 ppt, προκειμένου να διατηρηθεί σε ασφαλή επίπεδα η απορρόφηση των θρεπτικών συστατικών από τα φυτά, επεξηγώντας την ασφαλή λειτουργία του συστήματος ενυδρειοπονίας. Επίσης ο ρυθμός παραγωγής της αμμωνίας στα ενυδρειοπονικά συστήματα καλλιέργειας εξαρτάται το χρόνο έκκρισης της αμμωνίας ως μεταβολικό προϊόν. Οι Kamstra *et al.* (1998) αναφέρουν ότι το υδραυλικό φορτίο καθώς και η αυξημένη ειδική επιφάνεια (SSA) των μέσων φίλτρανσης επηρεάζουν τον ρυθμό παραγωγής της αμμωνίας επιτυγχάνοντας μεγαλύτερο ρυθμό οξείδωσης της αμμωνίας. Η αλατότητα, το υδραυλικό φορτίο και η ειδική επιφάνεια των μέσων φίλτρανσης επηρεάζουν τον ρυθμό απομάκρυνσης της αμμωνίας.

Οι μέσες τιμές του $P_{TAN}$ που προέκυψαν από το παρόν πείραμα, ήταν μικρότερες από εκείνες που αναφέρονται από την Τάσιου (2019) ($P_{TAN}$ : 2,79±0,34 - 3,03±0,45 mg/L), σε αντίστοιχο πείραμα που διεξήγαγε σε ενυδρειοπονικό σύστημα με λαβράκι και κρίταμο. Ο ρυθμός παραγωγής της αμμωνίας εξαρτάται από τη συχνότητα ταΐσματος και το επίπεδο διατροφής και ερμηνεύεται ως η ημερήσια παραγόμενη συγκέντρωση της TAN στο σύστημα (Timmons & Losordo 2000).

Ο VTR, (g TAN/$m^3$/ημέρα) στο φίλτρο δεν παρουσίασε στατιστικά σημαντικές διαφορές (ANOVA, $p<0.05$), με τη μεγαλύτερη μέση αριθμητική τιμή VTR να είναι 1.38 ± 0,23 g TAN/$m^3$/d και να παρατηρείται στη μεταχείριση αλατότητας 5 ppt. Οι Kumar et al. (2010) μελέτησαν το ρυθμό νιτροποίησης σε υφάλμυρο ανακλυκλούμενο σύστημα RAS και βρήκαν VTR 0.1533±0.0045 kg TAN/m3/ημέρα, μικρότερο από το VTR που αναφέρεται στο παρόν πείραμα. Η αποτελεσματικότητα του φίλτρου εξαρτάται από τις συνθήκες λειτουργίας, το ρυθμό επιβάρυνσης του φίλτρου με αμμωνία και το ρυθμό οξείδωσης της αμμωνίας. Οι Sandu *et al*. (2002) αναφέρουν ότι η αύξηση της συγκέντρωσης της TAN στο φίλτρο οδηγεί στην αύξηση του ρυθμού της οξειδωτικής ικανότητας του φίλτρου (VTR). Ο ρυθμός απορρόφησης (NRE) στο παρών πείραμα διακυμάνθηκε μεταξύ 40% - 42%, το οποίο υποδηλώνει ότι τα φυτά φαίνεται ότι αξιοποίησαν τα απαραίτητα θρεπτικά συστατικά (αμμωνία) για την ανάπτυξή τους. Το φορτίο επιβάρυνσης (N) παρουσιάστηκε να είναι στατιστικά μεγαλύτερο στη μεταχείριση αλατότητας 5 ppt και 7 ppt συγκριτικά με τη μικρότερη αλατότητα(1,5 ppt), (ANOVA, $p<0.05$) και αποδίδεται στην επιβάρυνση του ενυδρειοπονικού συστήματος.

Συμπερασματικά, τα αποτελέσματα της παρούσης εργασίας καταδεικνύουν, ότι η απόδοση ενός συστήματος επηρεάζεται από τον ογκομετρικό ρυθμό οξείδωσης της αμμωνίας (VTR) και καθορίζει την ανάπτυξη και επιβίωση των φυτών στο ενυδρειοπονικό σύστημα.

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Adhikari. R., Rauniyar. S., Pokhrel. N., Wagle.A., Komai. T., Paudel. S.R. (2020). Nitrogen recovery via aquaponics in Nepal: current status, prospects, and challenges. SN *Applied Sciences* 2:1192. https://doi.org/10.1007/s42452-020-2996-5

Endut A., Jusoh A., Ali N., Wan-Nik W., Hassan A., (2010). A Study on the optimal hydraulic loading rate and plant ratios in recirculation aquaponic system. *Bioresour. Technol*. 101: 1511-1517.

Kamstra A., van der Heul J W., Nijhof M. (1998). Performance and optimisation of trickling filters on eel

Farms, Aquacultural Engineering 17 (1998) 175–192

Kumar V. J. R., Joseph., V, Philip., R.., I. S. B. Singh (2010).| Nitrification in brackish water recirculating aquaculture system integrated with activated packed bed bioreactor. *Water Science & Technology-WST*. 61.3. doi: 10.2166/wst.2010.849.

Nelson, R. L. (2008). Aquaponic equipment: the biofilter. *Aquaponic J*, *48*(2), 22-23.

Sandu, S. I., Boardman, G. D., Watten, B. J., & Brazil, B. L. (2002). Factors influencing the nitrification efficiency of fluidized bed filter with a plastic bead medium. *Aquacultural Engineering*, *26*(1), 41-59.

Somerville C, Cohen M, Pantanella E, Stankus A, Lovatelli A., (2014). *Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming.* FAO Fisheries and Aquaculture. Technical Paper. No. 589. Rome, FAO. 262 pp. https://doi.org/10.1002 /pssb.201300062.

Timmons., B.M., Losordo. M.T., (2000). *Aquaculture water reuses systems: Engineering Design and Management.* Elsevier Science B.V. Amsterdam, the Netherlands. Pp.333. ISBN: 0-444-89585-X.

Vlahos N., Levizou E., Stathopoulou P., Berillis P., Antonopoulou E., Bekiari V., Krigas N., Kormas K., and Mente E. (2019). An Experimental Brackish Aquaponic System Using Juvenile Gilthead Sea Bream (*Sparus aurata*) and Rock Samphire (*Crithmum maritimum*). *Sustainability* 11(18). DOI: 10.3390/su11184820.

Zar J. (1999). H. *Biostatistical Analysis*; Prentice-Hall: London,UK., (1999); P. 718.

Τάσιου Κ. (2019). *Παραγωγική διαδικασία λαβρακιού σε ένα σύστημα ενυδρειοπονίας*. Μεταπτυχιακή διπλωματική Διατριβή. Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας σελ 84.

# Πολύ-τροφική υδατοκαλλιέργεια σε ένα σύστημα ενυδρειοπονίας: Η περίπτωση της συνδυασμένης εκτροφής τσιπούρας, λαβρακιού και η καλλιέργεια σαλικόρνιας σε θαλασσινό νερό

**Ιωάννης Μητσόπουλος[1],Κωνσταντίνος Μπαμπουκλής[1],Γεσθημανή-Ηλιάνα Κοντού[1],Νικόλαος Βλάχος[2],Παναγιώτης Βερίλλης[1], Ελένη Μεντέ[3]**

[1] Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο , email imitsopoulos@uth.gr , kbampouklis@uth.gr, gkontou@uth.gr, pveri@th.gr

[2] Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Μεσολόγγι, email vlachosn@upatras.gr

[3]Τμήμα Κτηνιατρικής, Σχολή Επιστημών Υγείας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης– email emente@vet.auth.gr

## ABSTRACT

**Ioannis Mitsopoulos[1], Bampouklis Konstantinos[1], Gesthimani-Iliana Kontou[1], Nikolaos Vlahos[2], Panagiotis Berillis[1], Eleni Mente[3]**

**Multitrophic aquaponic system: The case of co-culture of sea bream, sea bass and salicornia**

The aim of this study is to evaluate the effect of starvation and refeeding on growth and food intake of sea bream (*Sparus aurata*) and sea bass (*Dicentrarchus labrax*) and on growth and nutrient uptake of salicornia (*Salicornia europaea*) in an aquaponic system. An average initial weight of gilthead sea bream/ sea bass 6.32±0.07/ 6.35±0.07 gr, and average height of 3.83±0.14 cm of salicornia (Salicornia europaea) was used. The experiment lasts for 4 weeks. Two groups of fish were fasted for 4 and 7 days (B and C, respectively) and then fed as the control (A) group for 7 days per week until satiation. The fish were fed three times a day until satiation in all 3 treatments. Growth performance in the control group was significantly higher than that of the deprived groups in both plants and fish. Fish feed consumption was higher in the C treatment. The experiment will run for another two months to finalize the beneficial or non-beneficial effects of starvation and re-feeding of fish on their growth performance and the plants growth performance in aquaponics.

**Keywords:** Aquaponics, SIMTAP, Compensatory growth, Salicornia, Sea bream, Sea bass, Consumption.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ενυδρειοπονία (aquaponics) είναι μια αειφόρος μέθοδος παραγωγής τροφίμων που συνδυάζει την υδατοκαλλιέργεια με την υδροπονική καλλιέργεια. Είναι ένα σύστημα συγκαλλιέργειας σε ελεγχόμενες συνθήκες, με καλλιέργεια φυτών και εκτροφή υδρόβιων ζωικών οργανισμών σε ένα κλειστό σύστημα με ανακυκλοφορία νερού (Somerville 2014). Χαρακτηρίζεται ως μια συμβιωτική σχέση μεταξύ ψαριών, φυτών και βακτηρίων όπου τα ψάρια παρέχουν στα φυτά λίπασμα διαμέσου των απεκκρίσεων τους. Η ενυδρειοπονία χαρακτηρίζεται ως ένα παραγωγικό καινοτόμο σύστημα φιλικό προς το περιβάλλον, με μεγάλη οικολογική σημασία εξαιτίας της ελαχιστοποίησης των περιβαλλοντικών επιπτώσεων και της ελεγχόμενης χρήσης νερού (Buzby & Lin 2014, Somerville *et al.* 2014).

Ο αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής δημιουργεί νέες προκλήσεις στον γεωργικό τομέα, τονίζοντας την αναγκαιότητα ενσωμάτωσης της γεωργίας και της ιχθυοκαλλιέργειας, σε εναλλακτικές μορφές όπως αυτής της ενυδρειοπονίας (Salam *el al.* 2013). Το αυτόνομο πολυτροφικό σύστημα ενυδρειοπονίας (Self-sufficient Integrated Multitrophic Aquaponic, SIMTAP), στοχεύει στη δραστική μείωση των αζωτούχων παραπροϊόντων που παράγονται από τους υδρόβιους οργανισμούς και βρίσκονται διαλυμένα στο νερό αυξάνοντας το φορτίο ρύπανσης. Γενικά, η πολυκαλλιέργεια στην ενυδρειοπονία χαρακτηρίζεται ως μια επιχειρηματική δραστηριότητα που συνδυάζει τις αρχές της οικολογίας και της αειφόρου ανάπτυξης, ενώ σύμφωνα με τους Allsopp *et al.* (2008) με την παρούσα πρακτική πολυκαλλιέργειας διασφαλίζονται περιβαλλοντικά, κοινωνικά και οικονομικά οφέλη.

Η λειτουργία του SIMTAP επιτυγχάνεται με τη σωστή επιλογή και τοποθέτηση των φυτικών οργανισμών, οι οποίοι είναι υπεύθυνοι για την απορρόφηση των ανόργανων ουσιών (αζωτούχα και φωσφορικά άλατα) που παράγονται ως παραπροϊόν του μεταβολισμού των υδάτινων οργανισμών (Chopin *et al.* 2001). Οι Rossi *et al.* (2021) αναφέρουν ότι τα μεσογειακά είδη ψαριών και ιδιαίτερα η τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το μυτάκι (*Diplodus puntazzo*) αναπτύσσονται ικανοποιητικά όταν εκτρέφονται σε πολυτροφικό σύστημα καλλιέργειας. Σύμφωνα με τους συγγραφείς, υπάρχει περιορισμένη έρευνα που να εστιάζει στην πολυκαλλιέργεια της τσιπούρας και του λαβρακιού σε πολυτροφικό σύστημα ενυδρειοπονίας θαλασσινού νερού.

Σκοπός της παρούσης εργασίας είναι να μελετήσει για πρώτη φορά, την ανάπτυξη και επιβίωση της συνδυασμένης εκτροφής της τσιπούρας και του λαβρακιού σε πολυτροφικό σύστημα ενυδρειοπονίας θαλασσινού νερού σε συνδυασμό με σαλικόρνια.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Το πείραμα πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Υδατοκαλλιεργειών-τομέας Ενυδρειοπονίας του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος του Πανεπιστημίου Θεσσαλίας. Για τις ανάγκες της πειραματικής διαδικασίας χρησιμοποιήθηκαν συνολικά 150 άτομα τσιπούρας (*S. Aurata*) και 150 άτομα λαβρακιού (*D. Labrax*), από τοπικό ιχθυογεννητικό Σταθμό, τα οποία τοποθετήθηκαν σε ενυδρεία προσαρμογής όγκου 150 L. Τα ιχθύδια προσαρμόστηκαν για διάστημα 30 ημερών σε πρόγραμμα μείωσης της αλατότητας ανά 5 ημέρες (Vlahos et al. 2019, Thomas *et al.* 2021) ώσπου να φθάσει η αλατότητα στο 12 gr/L. Καθ΄ όλη τη διάρκεια της προσαρμογής τα ιχθύδια της τσιπούρας και του λαβρακιού σιτίζονταν 2 φορές ημερησίως με εμπορικά σύμπηκτα.

Με την ολοκλήρωση της διαδικασίας προσαρμογής τα ιχθύδια διαμοιράσθηκαν στα 9 αυτόνομα κλειστά συστήματα ενυδρειοπονίας με ανακυκλοφορία νερού, έκαστο όγκου 95,8 L, τα οποία ανά 3 αποτελούσαν και μια πειραματική μεταχείριση. Η κάθε πειραματική διάταξη περιγράφεται αναλυτικά από τους Vlahos et al. (2019). Σε κάθε μεταχείρισή τοποθετήθηκαν 30 άτομα τσιπούρας και 30 άτομα λαβρακιού (60 άτομα/ μεταχείριση) με μέσο αρχικό βάρος για την τσιπούρα 6,19 ± 0,41 gr και μέσο αρχικό μήκος 6,35 ± 0,11 cm.

Επίσης χρησιμοποιήθηκαν 45 φυτά σαλικόρνιας με μέσο αρχικό ύψος 3,83 ± 0,25 cm, τα οποία συλλέχθηκαν από το Δέλτα του Έβρου και προσαρμόστηκαν για διάστημα 30 ημερών σε πρόγραμμα αύξησης της αλατότητας κατά 3 gr/L κάθε 5 ημέρες (Thomas *et al.* 2021). Με την ολοκλήρωση της προσαρμογής τα φυτά της σαλικόρνιας τοποθετήθηκαν ανά 5 σε κάθε πειραματικό σύστημα. Τα φυτά επιλέχθηκαν να καλλιεργηθούν με τη μέθοδο της συνεχόμενης ροής μέσω πλωτής σχεδίας (floating-raft system) σε ένα σύστημα ενυδρειοπονίας καθώς επιτρέπει στις ρίζες του φυτού να απορροφούν ελεύθερα τα θρεπτικά συστατικά του νερού χωρίς να μειώνει και να παρεμποδίζει τη διέλευση του νερού από το υποσύστημα της υδροπονικής δεξαμενής καλλιέργειας των φυτών (Vlahos et al. 2019). Προκειμένου να εξασφαλισθεί η ημερήσια έκθεση των φυτών στο φως στα συστήματα ενυδρειοπονίας τοποθετήθηκαν λαμπτήρες υψηλής πίεσης 400 watt σε απόσταση 60 cm από την επιφάνεια του grow bed, με τη φωτοπερίοδο να ρυθμίζεται με 12 h φως : 12 h σκοτάδι. Το πείραμα διήρκησε 70 ημέρες.

Κατά τη διάρκεια της πειραματικής διαδικασίας τα ιχθύδια τσιπούρας και λαβρακιού σιτίζονταν μέχρι κορεσμού (Grigorakis *et al.* 2005) με την πειραματική τροφή ( πρωτεΐνη 43,73%). Η χορήγηση της τροφής γινόταν με το χέρι και η συχνότητα της διαφοροποιούνταν ανάλογα με τη μεταχείριση ως εξής: στη πρώτη μεταχείριση τα ψάρια σιτίζονταν επτά (7) φορές την εβδομάδα, (μάρτυρας Α). Στη δεύτερη μεταχείριση τα ψάρια ταΐζονταν ανά (3) τρείς μέρες και τετραήμερη (4) νηστεία (μεταχείριση Β). Στη τρίτη μεταχείριση τα ψάρια ταΐζονταν ανά εβδομάδα και επταήμερη (7) νηστεία (μεταχείριση C). Και οι τρείς μεταχειρίσεις ταΐζονταν τρείς φορές την ημέρα με διαφορά τεσσάρων ωρών. Κατά τη διάρκεια του ταΐσματος γινόταν παρατήρηση και καταγραφή της συμπεριφοράς των ψαριών. Κάθε δεκαπέντε ημέρες γινόταν καταμέτρηση του ολικού βάρους (W) και με αναισθητοποίηση σε λουτρό με προσθήκη 0,18 g/L MS 222 καθώς και του υπέργειου ύψους των φυτών με χάρακα. Επίσης υπολογίστηκαν οι δείκτες ανάπτυξης της τσιπούρας και του λαβρακιού SGR %/ημέρα (Specific Growth Rate) και η επιβίωση (S%), καθώς και η ποσοστιαία αύξηση του φυτού και ο δείκτης RGR (Relative Growth Rate) (Vlahos et al. 2019, Stathopoulou et al. 2021). Τα δεδομένα που προέκυψαν από την πειραματική διαδικασία (ποιότητα νερού, ανάπτυξη ψαριών και φυτών) επεξεργάσθηκαν στατιστικά χρησιμοποιώντας την ανάλυση διακύμανσης μονής κατεύθυνσης (one way ANOVA) με επίπεδο σημαντικότητας 5% και κάνοντας χρήση του Tukey test προκειμένου να συγκριθούν οι διαφορές ανάμεσα στους μέσους όρους των διαφόρων παραμέτρων (Zar 1999). Η ομοιογένεια και η παραλλακτικότητα των μέσων όρων ελέγχθηκε σύμφωνα με Levene's test. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται ως μέσος όρος και τυπικό σφάλμα (ΜΟ ± SEM).

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στην αρχή του πειράματος, δεν παρατηρήθηκαν σημαντικά στατιστικές διαφορές στο μέσο αρχικό βάρος και μήκος μεταξύ των ψαριών (τσιπούρες και λαβράκια) σε όλες τις πειραματικές μεταχειρίσεις (ANOVA, $p>0.05$) (Πιν 1). Οι συνθήκες εκτροφής δεν παρουσίασαν μεταβολές και διακυμάνθηκαν καθ' όλη την πειραματικής διαδικασίας ως εξής: Διαλυμένο οξυγόνο: 6,5–7,2 mg/L, pH: 6,97–7,86 και η

θερμοκρασία : 23,6 °C έως 25,2°C. Ο Πίνακας 1 παρουσιάζει τα αρχικά βάρη και μήκη καθώς και την επιβίωση και τον δείκτη SGR, της τσιπούρας και του λαβρακιού στη διάρκεια 30 ημερών. Τα μέσα αρχικά βάρη και μήκη των ατόμων της τσιπούρας και λαβρακιού δεν παρουσίασαν σημαντικά στατιστικές διαφορές μεταξύ των πειραματικών μεταχειρίσεων (ANOVA, p>0.05), σε αντίθεση με το δείκτη SGR. που παρουσίασε σημαντικά στατιστικές διαφορές μεταξύ των πειραματικών μεταχειρίσεων (ANOVA, p<0,05). Δεν σημειώθηκαν θνησιμότητες κατά τη διάρκεια των 30 ημερών. Σε ότι αφορά στα φυτά σαλικόρνιας, στην αρχή της πειραματικής διαδικασίας δεν παρουσίασαν σημαντικές στατιστικές διαφορές μεταξύ του αρχικού υπέργειου ύψους, της αρχικής βιομάζας, του αρχικού αριθμού κλάδων, της ποσοστιαίας αύξησης μήκους του φυτού και το RGR (ANOVA, p>0,05) (Πιν.2).

**Πίνακας 1:**Αρχικό βάρος, μήκος τσιπούρας και λαβρακιού και ο δείκτης ανάπτυξης SGR και η επιβίωση στις 30 ημέρες εκτροφής

**Table 1:** Initial Weight, length, growth performance (SGR) and survival rate of gilthead seabream and sea bass during the 30 days of culture.

| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| Αρχικό βάρος τσιπούρας (Win, g) | 6.317±0.15[a] | 6.320±0.96[a] | 6.320±0.13[a] |
| Αρχικό βάρος λαβρακιού(Win, g) | 6.350±0.08[a] | 6.340±0.12[a] | 6.370±0.14[a] |
| Επιβίωση (%) | 100% | 100% | 100% |
| Αρχικό μήκος τσιπούρας (Lfin, cm) | 5,707±0.14[a] | 5,857±0.11[a] | 5.773±0.13[a] |
| Αρχικό μήκος λαβρακιού (L fin, cm) | 5.847±0.095[a] | 5.767±0.11[a] | 5.843±0.12[a] |
| SGR. Τσιπούρας (%/ημέρα) | 2,47±0,013[a] | 2.03±0.038[b] | 1.20±0.015[c] |
| SGR. Λαβρακιού (%/ημέρα) | 2,46±0,041[a] | 2.04±0.017[b] | 1.20±0.025[c] |

**Πίνακας 2:** Δείκτες αύξησης (αρχικό ύψος, αριθμός κλάδων, ποσοστιαία αύξηση ύψους φυτού και SGR) και αρχική βιομάζα των φυτών σαλικόρνιας στη διάρκεια των 30 ημερών.

**Table 2**: Growth indexes of Salicornia europaea during the 30 days of cultivation.

| | A | B | C |
|---|---|---|---|
| Αρχικό ύψος σαλικόρνιας (cm) | 4,000±0,26[a] | 3.767±0.30[a] | 3.733±0.18[a] |
| Αρχικός αριθμός κλάδων | 1.73±0.15[a] | 1.80±0.20[a] | 1.40±0.13[a] |
| Αρχική βιομάζα (g) | 1,045±0,12[a] | 0.938±0.09[a] | 0.914±0.06[a] |
| Ποσοστιαία αύξηση φυτού | 18.65±3.28[a] | 18.53±2.17[a] | 18.53±3.27[a] |
| R.G.R. σαλικόρνιας (%/ημέρα) | 1,39±1,03[a] | 1.62±0.083[a] | 1.72±0.58[a] |

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Οι περισσότερες μελέτες που αναφέρονται σε πειράματα αντιστάθμισης χρησιμοποιούν σταθερές περιόδους στέρησης και επανασίτσης (Tian & Qin 2003) για να προκληθεί είτε μερική είτε πλήρες απόσβεση του βάρους των ψαριών (Rueda et al. 1998). Τα αποτελέσματα έδειξαν αυξημένη δραστηριότητα αναζήτησης τροφής όταν η περίοδος ασιτίας παρατάθηκε περισσότερο από 4 ημέρες, σε σύγκριση με τα ψάρια χωρίς περιορισμούς στη συχνότητα ταΐσματος (μεταχείριση C3 και C7). Τα αποτελέσματα συμφωνούν με εκείνα των Hepher et al. (1983), οι οποίοι αναφέρουν ότι, όταν τα ψάρια υποβλήθηκαν σε περιορισμένη σίτιση για μία εβδομάδα, (παρόμοια με τη μεταχείριση C7), παρατηρήθηκε μείωση στο βάρος τους, αλλά σύντομα εγκλιματίστηκαν στην ασιτία και στο τέλος αυξήθηκε η βιομάζα τους, αλλά και με εκείνα των Peres et al. (2011), οι οποίοι παρατηρούν σημαντικές

απώλειες βάρους σε άτομα τσιπούρας, στην ομάδα με ασιτία μίας εβδομάδας σε σχέση με το μάρτυρα που ταϊζόταν κάθε μέρα.

Η περίοδος ασιτίας που ακολουθήθηκε είναι αρκετά συντηρητική, σε σχέση με την ασιτία που επιλέχθηκε από άλλους ερευνητές όπως οι Nebo *et al*. (2013) όπου ασχολήθηκαν με το είδος *Oreochromis niloticus* σε υδατοκαλλιέργεια και οι Peres *et al.* (2011) που πειραματίστηκαν με το είδος *Sparus aurata* σε υδατοκαλλιέργεια και χρησιμοποίησαν περίοδο ασιτίας πέντε (5) και δέκα (10) ημερών ο πρώτος και επτά (7) και δεκατέσσερις (14) μέρες ο δεύτερος, λόγο έλλειψης πληροφοριών για την αντίδραση της σαλικόρνια σε αυτού του είδους διατροφής.

Ο μεταβολικός ρυθμός στα ψάρια μπορεί να μειωθεί κατά τη διάρκεια του περιορισμού της τροφής, ως αποτέλεσμα της μειωμένης κινητικής δραστηριότητας (Wieser et al. 1992). Η μειωμένη δραστηριότητα κατά τη διάρκεια της επανασίτισης, θα μπορούσε να συμβάλει σε αντισταθμιστικό κέρδος αυξάνοντας το ποσοστό της διαθέσιμης ενέργειας για την ανάπτυξη τους (Ali et al. 2003). Ωστόσο, η βουλιμία που προκλήθηκε στα ψάρια, συνήθως χαρακτηρίζεται από μια κατάσταση υπερκινητικότητας (π.χ. αναζήτηση τροφής). Μέχρι και τις 30 μέρες του πειράματος οι οργανισμοί του μάρτυρα ήταν σαφώς μεγαλύτεροι σε σχέση με τους οργανισμούς της μέγιστης ασιτίας. Αντίθετα οι οργανισμοί της μεταχείρισης C7 παρουσίασαν μεγαλύτερη κινητική δραστηριότητα, σε σχέση με τα ψάρια του μάρτυρα.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι συγγραφείς ευχαριστούν θερμά την εταιρεία Philosofish για την ευγενική χορηγία των ιχθυδίων τσιπούρας και λαβρακιού που χρησιμοποιήθηκαν στην πειραματική διαδικασία.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Allsopp, M. H., De Lange, W. J., & Veldtman, R. (2008). Valuing insect pollination services with cost of replacement. *PloS one*, 3(9), e3128.

Buzby, K. M., Waterland, N. L., Semmens, K. J., & Lin, L. S. (2016). Evaluating aquaponic crops in a freshwater flow-through fish culture system. *Aquaculture*, 460, 15-24.

Chopin, T., Buschmann, A. H., Halling, C., Troell, M., Kautsky, N., Neori, A., & Neefus, C., Kraemer, G., Zertuche-Gonzalez J., Yarish C. (2001). Integrating seaweeds into marine aquaculture systems: a key toward sustainability. *Journal of Phycology*, 37(6), 975-986.

Grigorakis, K., & Alexis, M. N. (2005). Effects of fasting on the meat quality and fat deposition of commercial-size farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*, L.) fed different dietary regimes. *Aquaculture Nutrition*, 11(5), 341-344.

Hepher, B., Liao, I. C., Cheng, S. H., & Hsieh, C. S. (1983). Food utilization by red tilapia—effects of diet composition, feeding level and temperature on utilization efficiencies for maintenance and growth. *Aquaculture*, *32*(3-4), 255-275.

Montero, D., Izquierdo, M. S., Tort, L., Robaina, L., & Vergara, J. M. (1999). High stocking density produces crowding stress altering some physiological and biochemical parameters in gilthead seabream, *Sparus aurata*, juveniles. *Fish Physiology and Biochemistry*, 20(1), 53-60.

Nebo, C., Portella, M. C., Carani, F. R., de Almeida, F. L. A., Padovani, C. R., Carvalho, R. F., & Dal-Pai-Silva, M. (2013). Short periods of fasting followed by refeeding change the expression of muscle growth-related genes in juvenile Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*). *Comparative Biochemistry and Physiology Part B: Biochemistry and Molecular Biology*, 164(4), 268-274.

Peres, H., Santos, S., & Oliva-Teles, A. (2011). Lack of compensatory growth response in gilthead seabream (*Sparus aurata*) juveniles following starvation and subsequent refeeding. *Aquaculture,* 318(3-4), 384-388.

Rossi, L., Bibbiani, C., Fierro-Sañudo, J. F., Maibam, C., Incrocci, L., Pardossi, A., & Fronte, B. (2021). Selection of marine fish for integrated multi-trophic aquaponic production in the Mediterranean area using DEXi multi-criteria analysis. *Aquaculture*, 535, 736402.

Rueda, F. M., Martinez, F. J., Zamora, S., Kentouri, M., & Divanach, P. (1998). Effect of fasting and refeeding on growth and body composition of red porgy, *Pagrus pagrus* L. *Aquaculture Research*, 29(6), 447-452.

Salam, M. A., Asadujjaman, M., & Rahman, M. S. (2013). Aquaponics for improving high density fishpond water quality through raft and rack vegetable production. *World Journal of Fish and Marine Sciences,* 5(3), 251-256.

Somerville, C., Cohen, M., Pantanella, E., Stankus, A., & Lovatelli, A. (2014). *Small-scale aquaponic food production: integrated fish and plant farming.* FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper, (589), I.

Stathopoulou, P., Berillis, P., Vlahos, N., Nikouli, E., Kormas, K. A., Levizou, E., Katsoulas, N. & Mente, E. (2021). Freshwater-adapted Sea bass *Dicentrarchus labrax* feeding frequency impact in a lettuce Lactuca sativa aquaponics system. *PeerJ*, 9, e11522.

Tian, X., & Qin, J. G. (2003). A single phase of food deprivation provoked compensatory growth in barramundi Lates calcarifer. Aquaculture, 224(1-4), 169-179.

Thomas, R. M., Verma, A. K., Krishna, H., Prakash, S., Kumar, A., & Peter, R. M. (2021). Effect of salinity on growth of Nile tilapia (*Oreochromis niloticus*) and spinach (*Spinacia oleracea*) in aquaponic system using inland saline groundwater. *Aquaculture Research*.

Vlahos, N., Levizou, E., Stathopoulou, P., Berillis, P., Antonopoulou, E., Bekiari, V., Krigas, N., Kormas, K. & Mente, E. (2019). An experimental brackish aquaponic system using juvenile gilthead Sea Bream (Sparus aurata) and Rock Samphire (*Crithmum maritimum*). *Sustainability*, 11(18), 4820.

Wieser, W., Krumschnabel, G., & Ojwang-Okwor, J. P. (1992). The energetics of starvation and growth after refeeding in juveniles of three cyprinid species. In *Environmental biology of European cyprinids* (pp. 63-71). Springer, Dordrecht.

Wu, X. Y., Chen, Y. Y., Lai, J. S., Liu, Y., Song, M. J., Gong, Q., & Long, Z. H. (2021). Effects of starvation and refeeding on growth performance, appetite, growth hormone–insulin-like growth factor axis levels and digestive function of Acipenser dabryanus. *British Journal of Nutrition*, 126(5), 695-707.

Zar, J. H. (1999). *Biostatistical analysis*. Pearson Education India.

# Εκτίμηση της γενετικής προόδου με την υποβοήθηση γενετικού δείκτη (MAS) και την κλασσική μέθοδο επιλογής για την απόκριση στην καταπόνηση με τη χρήση των επίπεδων γαλακτικού οξέος ως βιοδείκτη

**Σταυρούλα Οικονομου[1,2,3], Αθανάσιος Σαμαρας[4], Δημήτριος Λουκοβιτης[1,5],Αρκάδιος Δημητρογλου[6] , Λεύτερης Κοτταρας[7], Λεωνίδας Παπαχαρίσης[7], Κώστας Κ. Τσιγγενοπουλος[3] , Μιχάλης Παυλιδης[4]και Δημήτριος Χατζηπλης[1]**

1 Laboratory of Agrobiotechnology and Inspection of Agricultural Products, Department of Agriculture, School of Geotechnical Sciences, International Hellenic University, Alexander Campus ,P.O. Box 141, Sindos, 57 400 Thessaloniki, Greece; valiaekonomou@hotmail.com, dloukovi@rias.grchatz@ihu.gr

2 Department of Genetics, Development and Molecular Biology, Aristotle University of Thessaloniki, University Campus, 54124 Thessaloniki, Greece

3 Institute of Marine Biology, Biotechnology and Aquaculture (IMBBC), Hellenic Centre for Marine Research (HCMR), 71003 Heraklion, Greece; tsigeno@hcmr.gr

4 Department of Biology, University of Crete, 714 09 Heraklion, Greece; a.samaras@uoc.gr (A.S.); a.samaras@uoc.grpavlidis@biology.uoc.gr

5 Research Institute of Animal Science, ELGO Demeter, Paralimni, 58100 Giannitsa, Greece

6 Department of animal Science, Agricultural University of Athens

7 Department of Research & Development, Nireus Aquaculture SA, 341 00 Chalkida, Greece; l.papaharisis@avramar.eu

**ABSTRACT**

**Stavroula Oikonomou, Athanasios Samaras, Dimitrios Loukovitis, Arkadios Dimitroglou, Lefteris Kottaras, Leonidas Papaharisis, Costas S. Tsigenopoulos, Michail Pavlidis, Dimitrios Chatziplis: Prediction of the genetic gain using Marker assisted Selection (MAS) and classical selection for stress response with the lactate levels as a biomarker.**

Studying the stress response of the European seabass, an SNP affecting stress response using lactate levels was detected by Oikonomou et al. 2022. The expected genetic gains for one generation were calculated to compare the pedigree-based selection and MAS (utilizing SNP effect). The breeding values for this trait were estimated both with (MAS) and without the effect of the QTL (pedigree-based selection). Then, a specific selection intensity was applied (i.e., a specific number of fish were selected (46.2%)) based on the estimated breeding values and the expected genetic gain was calculated per method. The difference in genetic gain between pedigree-based selection and MAS (utilizing the QTL effect) was 13.7%per generation in the decrease of the lactate levels, providing higher genetic gain using MAS than pedigree-based selection.

**Keywords:** stress response, lactate levels, SNP, Marker assisted selection, genetic gain

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η πλειονότητα των γενετικών μελετών στα προγράμματα γενετικής βελτίωσης που εφαρμόζονται στις υδατοκαλλιέργειες εστιάζουν σε ιδιότητες εμπορικού ενδιαφέροντος όπως το σωματικό βάρος, η μορφολογία και η ανθεκτικότητα σε ασθένειες. Όμως, εκτός από αυτές τις παραγωγικές ιδιότητες άλλοι φαινότυποι όπως η απόκριση στην καταπόνηση (stress) είναι εξίσου σημαντικοί. Η απόκριση στην καταπόνηση που προκύπτει από τους χειρισμούς, μεταφορές κτλ. επηρεάζει την ευζωία, μεταβολικούς, ανοσολογικούς παράγοντες, την αναπαραγωγή και την συμπεριφορά. Η καταπόνηση έχει αναφερθεί να έχει αρνητική συσχέτιση με το σωματικό βάρος (Pottinger, 2008; Volckaert et al., 2012; Vandeputte et al., 2016) οπότε η ελαχιστοποίησή της θα πρέπει να θεωρείται σημαντική στην υδατοκαλλιέργεια. Η καταπόνηση μπορεί να μετρηθεί με ορμονικούς, ανοσολογικούς και βιοχημικούς δείκτες (Pottinger, 2008), όπως το γαλακτικό οξύ (Samaras et al., 2016). Οι Οικονόμου et al. 2022, έδειξαν ότι ο συντελεστής κληρονομησιμότητας των επίπεδων του γαλακτικού οξέος στο ευρωπαϊκό λαβράκι ήταν αρκετά υψηλός (0,59-0,61) και εντοπίστηκε ένας γενετικός δείκτης συσχετισμένος με τα επίπεδα γαλακτικού οξέος στην ομάδα σύνδεσης 5 (LG5), ο οποίος εξηγεί περίπου 2.6% της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας. Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκε

ο συγκεκριμένος δείκτης με στόχο την επιλογή γεννητόρων με την εφαρμογή της επιλογής με υποβοήθηση δείκτη (MAS) και την σύγκριση της με την παραδοσιακή γενετική επιλογή ατόμων με την χρήση του γενεαλογικού δένδρου με στόχο την εκτίμηση του γενετικού κέρδους σε βάθος μιας γενεάς.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

### Πληθυσμός και μετρήσεις

Συνολικά, 865 απόγονοι και οι 110 γονείς τους έχουν χρησιμοποιηθεί σε αυτή τη μελέτη, που προέρχονται από δύο περιόδους αναπαραγωγής (αναφέρονται ως παρτίδες 10 και 13), τα οποία, υποβλήθηκαν σε ένα πρωτόκολλο καταπόνησης, όπως περιγράφεται στους Oikonomou et al. (2022). Εν συντομία, τα ψάρια κυνηγήθηκαν στη δεξαμενή για 5 λεπτά με ένα δίχτυ και περιορίστηκαν για 30 λεπτά στο 1/3 του αρχικού όγκου νερού της δεξαμενής. Μετά το πείραμα καταπόνησης, δείγματα αίματος συλλέχθηκαν και χρησιμοποιήθηκαν για τον υπολογισμό των επιπέδων γαλακτικού οξέος στο πλάσμα. Στην παρούσα μελέτη, χρησιμοποιήθηκε η μέτρηση που πραγματοποιήθηκε στις 362–378 ημέρες μετά την εκκόλαψη (DPH), με μέσο ορό και 7±4.69 mmol $L^{-1}$.

### Εκτίμηση κληροδοτικών τιμών (EBV).

Για την εκτίμηση των κληροδοτικών τιμών (Estimated Breeding Values (EBV)) για τον δείκτη καταπόνησης χρησιμοποιήθηκε η μέθοδος Άριστης Γραμμικής Αμερόληπτης Πρόβλεψης (Best Linear Unbiased Prediction (BLUP)) με το σύστημα λογισμικού ASREML (Gilmour et al., 2009). Στην παρούσα μελέτη χρησιμοποιήθηκε ένα ατομικό ζωικό πρότυπο για τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος. Σε αυτό το πρότυπο ανάλυσης, ένας σταθερός παράγοντας με 2 επίπεδα που περιγραφεί τις δύο παρτίδες και το πολυγονιδιακό συστατικό προσαρμόστηκε στο πρότυπο γενετικής αξιολόγησης χρησιμοποιώντας τον Πίνακα Γενεαλογικών Σχέσεων (PRM) (Πρότυπο 1)),

$$Y=Xb+Zu+e \quad \text{(Πρότυπο 1)}$$

όπου το *Y* αντιστοιχεί στο διάνυσμα των επίπεδων του γαλακτικού οξέος, *b* είναι ο σταθερός παράγοντας της παρτίδας, X και Z είναι πίνακες που συσχετίζουν την παρατήρηση με τους σταθερούς και τυχαίους περιβαλλοντολογικούς παράγοντες. Το *u* είναι η αθροιστική γενετική διακύμανση χρησιμοποιώντας το γενεαλογικό δένδρο. Τέλος, το e είναι το διάνυσμα της διακύμανσης του σφάλματος.

Ενώ ένα ακόμα ατομικό ζωικό πρότυπο για τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος χρησιμοποιήθηκε με τις ιδίες προαναφερθείσες παραμέτρους (Πρότυπο 1), εντάσσοντας όμως τον στατιστικά σημαντικό γενετικό δείκτη SNP ως σταθερό παράγοντα, με στόχο την εκτίμηση της επίδρασης του κάθε γενοτύπου (Πρότυπο 2).

$$Y=Xb+Zu+ M\,SNP+e \quad \text{(Πρότυπο 2)}$$

όπου το *Y* αντιστοιχεί στο διάνυσμα των επίπεδων του γαλακτικού οξέος, *b* είναι ο σταθερός παράγοντας της παρτίδας,το SNP αντιστοιχεί στον γενότυπο ως σταθερός παράγοντας, *X* και *M*, *Z* είναι πίνακες που συσχετίζουν την παρατήρηση με τους σταθερούς και τυχαίους περιβαλλοντολογικούς παράγοντες. Το *u* είναι η αθροιστική γενετική διακύμανση χρησιμοποιώντας το γενεαλογικό δένδρο. Τέλος, το e είναι το διάνυσμα της διακύμανσης του σφάλματος.

Στην συνέχεια, χρησιμοποιήθηκε ένα ακόμα πρότυπο (όμοιο με το Πρότυπο 1), στο οποίο ο γενότυπος του SNP χρησιμοποιήθηκε ως τυχαίος παράγοντας (Πρότυπο 3),

$$Y=Xb+Zu+ M\,SNP +e \quad \text{(Πρότυπο 3)}$$

όπου το *Y* αντιστοιχεί στο διάνυσμα των επίπεδων του γαλακτικού οξέος, *b* είναι ο σταθερός παράγοντας της παρτίδας,το SNP αντιστοιχεί στον γενότυπο ως τυχαίος παράγοντας, *X* και *M*, *Z* είναι πίνακες που συσχετίζουν την παρατήρηση με τους σταθερούς και τυχαίους περιβαλλοντολογικούς παράγοντες. Το *u* είναι η αθροιστική γενετική διακύμανση

χρησιμοποιώντας το γενεαλογικό δένδρο. Τέλος, το e είναι το διάνυσμα της διακύμανσης του σφάλματος.

Τέλος, η κληροδοτική τιμή για τον κάθε απόγονο υπολογίστηκε εκ νέου προσθέτοντας την κληροδοτική τιμή από το Πρότυπο 3, και την επίδραση του κάθε γενοτύπου από το Πρότυπο 2 (Πρότυπο 4),

$$EBV=EBV_o+\alpha \quad \text{(Πρότυπο 4)}$$

όπου το *EBV* αντιστοιχεί στην «τελική» κληροδοτική τιμή για τον κάθε απόγονο, το $EBV_o$αντιστοιχεί στην κληροδοτική τιμή για τον κάθε απόγονο από το Πρότυπο 3,και το $\alpha$είναιη επίδραση του κάθε γενοτύπου υπολογισμένη από το Πρότυπο 2.

Για την σύγκριση των κληροδοτικών τιμών υπολογίστηκε η ιεραρχική συσχέτιση μεταξύ κληροδοτικών τιμών από το Πρότυπο 1 και κληροδοτικών τιμών από το Πρότυπο 4 χρησιμοποιώντας τη μέθοδο Spearman.

**Εκτίμησή του γενετικού κέδρους σε βάθος μιας γενεάς**

Το γενετικό κέρδος ή η αναμενόμενη απόκριση στην επιλογή (R) για τα δύο πρότυπα (1 και 4) υπολογίστηκε επιλέγοντας το 46,2% των υποψήφιων τις χαμηλότερες κληροδοτικές τιμές (για το κάθε πρότυπο ξεχωριστά), σύμφωνα με το: $R = i*r_{AC}*\sigma_A$(Falconer, 1996), οπού το $\sigma_A$ υπολογίστηκε προσθέτοντας την αθροιστική γενετική διακύμανση και την τυχαία διακύμανση των απλοτύπων (στο πρότυπο 4), το $r_{AC}$ ήταν η ακρίβεια των κληροδοτικών τιμών (EBV), και τέλος η ένταση της επιλογής(i) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τον τύπο

$$i= (\mu_o - \mu) / SDV$$

οπου $\mu_o$ ημέση τιμή των επιπέδων γαλακτικού οξέος από το επιλεγμένο 46,2% του πληθυσμού, το $\mu$ ο μέσος ορόςτων επιπέδων γαλακτικού οξέος του πληθυσμού και *SDV* η τυπική απόκλιση των επιπέδων γαλακτικού οξέος του πληθυσμού.

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Το ευρωπαϊκό λαβράκι, σε σύγκριση με άλλα μεσογειακά ψάρια παρουσιάζει υψηλότερη απόκριση στην καταπόνηση. Αυτό αποδείχθηκε χρησιμοποιώντας τα επίπεδα κορτιζόλης, γλυκόζης και γαλακτικού οξέος ως βιοδείκτες μέτρησης της ιδιότητας (Fanouraki et al., 2011). Η μελέτη της απόκρισης στην καταπόνηση στο ευρωπαϊκό λαβράκι μπορεί να συμβάλει στην επιλογή γεννήτορων, των οποίων οι απόγονοι, ενδέχεται να επηρεάζονται λιγότερο από τις καταστάσεις που προκαλούν καταπόνηση όπως ο χειρισμός ή/και η μεταφορά.

Στην παρούσα μελέτη, η ιεραρχική κατάταξη των κληροδοτικών αξίων ανά πρότυπο γενετικής αξιολόγησης, πραγματοποιήθηκε κατατάσσοντας τους απογόνους από τη χαμηλότερη στην υψηλότερη κληροδοτική τιμή. Αυτό συνέβη καθώς ο κύριος στόχος είναι η μείωση της απόκρισης στην καταπόνηση, αρά οι απόγονοι με τις χαμηλότερες κληροδοτικές τιμές είναι οι επιθυμητοί. Η ιεραρχική συσχέτιση μεταξύ των κληροδοτικών αξιών κάθε προτύπου γενετικής αξιολόγησης, χρησιμοποιώντας όλους τους διαθέσιμους απόγονους, ήταν 0,98 ενώ μεταξύ του επιλεγμένου 46,2% ήταν 0,95. Το γενετικό κέρδος ανά γενιά χρησιμοποιώντας το πρότυπο 1 (χωρίς την επίδραση του γενετικού δείκτη SNP) ήταν 34,42%ενώ χρησιμοποιώντας το πρότυπο 4 (με την επίδραση του γενετικού δείκτη SNP) ήταν 39,14%(Πίνακας Ι). Η γενετική βελτίωση ανά γενιά χρησιμοποιώντας το σημαντικό SNP που σχετίζεται με τα επίπεδα γαλακτικού οξέος, προκάλεσε μεγαλύτερη μείωση κατά 0,33 mmol $l^{-1}$, σε σχέση με το Πρότυπό 1. Οπότε, η επόμενη γενιά ψαριών θα έχει μειωμένο δυναμικό, περίπου 13,7% στην παραγωγή γαλακτικού οξέος σε συνθήκες καταπόνησης εάν χρησιμοποιηθεί το Πρότυπό 4 σε σχέση με το Πρότυπό 1.

Γενικότερα, στα είδη της υδατοκαλλιέργειας η χρήση της υποβοήθησης δείκτη έχει αποφέρει διπλασιασμό του γενετικού κέρδους σε σύγκριση με τα βασισμένα σε γενεαλογία πρότυπα γενετικής αξιολόγησης χρησιμοποιώντας προσομοιωμένα δεδομένα (Sonesson, 2007). Παρόλα αυτά, το ποσοστό της βελτίωσης στο γενετικό κέρδος επηρεάζεται άμεσα από

την κληρονομικότητα του χαρακτηριστικού (Guimaraes et al., 2007) καθώς και από το ποσοστό της φαινοτυπικής παραλλακτικότητας που εξηγείται από το γενετικό δείκτη που σχετίζεται με το μελετώμενο φαινότυπο.

**Πίνακας Ι.** Εκτίμηση του γενετικού κέρδους για τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος
**Table I.** Prediction of the genetic gain για τα επίπεδα του γαλακτικού οξέος

| | **Πρότυπο 1** | **Πρότυπο 4** |
|---|---|---|
| Ακρίβεια των κληροδοτικών τιμών | 0,86 | 0,89 |
| Μέσος ορός των επίπεδων του γαλακτικού οξέος των 400 υποψήφιων που επιλέχθηκαν ανά μοντέλο | 4,02 | 3,83 |
| Ένταση επιλογής* | -0,63 | -0,67 |
| **Γενετικό κέδρος** | **-2,41** | **-2,74** |

*Επιλέγονται τα άτομα με τα χαμηλότερα επίπεδα γαλακτικού οξέος

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Falconer DS (1996) Introduction to quantitative genetics. Harlow England : Prentice Hal.

Fanouraki, E., Mylonas, C.C., Papandroulakis, N., Pavlidis, M. Species specificity in the magnitude and duration of the acute stress response in Mediterranean marine fish in culture. *Gen.Comp. Endocrinol.* **2011**, *173*, 313–322.

Gilmour AR Gogel B; Cullis BR; Thompson R (2009) ASReml user guide release 30 Hemel Hempstead VSN Int Ltd 33

Guimaraes EP, Ruane J, Scherf BD, Sonnino A, Dargie JD (2007). Marker-assisted selection: current status and future perspectives in crops livestock forestry and fish. *Food and Agriculture organization of the unites nations*

Oikonomou, S., Samaras, A., Tekeoglou, M., Loukovitis, D., Dimitroglou, A., Kottaras, L., Papanna, K., Papaharisis, L., Tsigenopoulos, C.S., Pavlidis, M., etal. Genomic Selection and Genome-Wide Association Analysis for Stress Response, Disease Resistance and Body Weight in European Seabass. Animals 2022, 12, 277.

Pottinger TG (2008) Fish Welfare in: Fish Welfare pp 32–48

Vandeputte M, Porte JD, Auperin B, Dupont-Nivet M, Vergnet A, Valotaire C, Claireaux G, Prunet P, Chatain B (2016) Quantitative genetic variation for post-stress cortisol and swimming performance in growth-selected and control populations of European sea bass (*Dicentrarchus labrax*). *Aquaculture* 455:1–7

Volckaert FAM, Hellemans B, Batargias C, Louro B, Massault C, Van Houdt JKJ, Haley C, De Koning DJ, Canario AVM (2012) Heritability of cortisol response to confinement stress in European sea bass *Dicentrarchus labrax. GenetSelEvol*44:1–5

Samaras, A., Dimitroglou, A., Sarropoulou, E., Papaharisis, L., Kottaras, L., Pavlidis, M. Repeatability of cortisol stress response in the European seabass (*Dicentrarchus labrax*) and transcription differences between individuals with divergent responses. *SciRep***2016**, *6*, 34858.

Sonesson AK (2007) Within-family marker-assisted selection for aquaculture species. *Genet Sel Evol* 39 : 301–317.

# Πρόβλεψη του γενετικού κέρδους με τη χρήση της μετατρεψιμότητας της τροφής σε δείκτη επιλογής για την τσιπούρα

**Σταυρούλα Οικονόμου[1], Ζωή Καζλάρη[1], Αρκάδιος Δημητρόγλου[2,4], Δημήτριος Λουκοβίτης[1,3], Ελευθέριος Κοτταράς[2], Δομνίκη Μανούση[1], Στυλιανή Σιαπεροπούλου[1], Βασιλική Παπαδημητρίου[1], Αικατερίνη Κατέχου[1], Παναγιώτης Μουρούτης[1], Λεωνίδας Παπαχαρίσης[2], Δημήτριος Χατζηπλής [1]**

[1]Εργαστήριο Αγροβιοτεχνολογίας και Ελέγχου Αγροτικών Προϊόντων, Τμήμα Τεχνολόγων Γεωπόνων, Σχολή Γεωτεχνικών Επιστημών, Διεθνές Πανεπιστήμιο Ελλάδος, Αλεξάνδρεια Πανεπιστημιούπολη, Σίνδος, 57400, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα. (valiaekonomou@hotmail.com, zoikaz@hotmail.gr, dloukovi@hotmail.com , Manousi_D@outlook.com , s.siaperopoulou@gmail.com, vasilikpapadim@gmail.com, kkatechou@yahoo.com, panosmouroutis@gmail.com, chatz@ihu.gr

[2]Νηρευς Υδατοκαλλιέργειες Α.Ε., (AVRAMAR) Παιανία Paiania, 19002, Αττική, Ελλάδα (l.papaharisis@avramar.eu, l.kottaras@avramar.eu )

[3]Ινστιτούτο Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής ΕΛΓΟ –ΔΗΜΗΤΡΑ, Παραλίμνη. 58100, Γιαννιτσά, Ελλάδα (dloukovi@rias.gr )

[4]Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής, Σχολή Επιστημών των Ζώων, Γεωπονικό Πανεπιστήμιο Αθηνών, Ιερά Οδός 75, 11855 Αθήνα(a.dimitroglou@aua.gr)

## ABSTRACT

**Stavroula Oikonomou[1], Zoi Kazlari[1], Arkadios Dimitroglou[2,4], Dimitrios Loukovitis[1,3], Lefteris Kottaras[2], Domniki Manousi[1], Styliani Siaperopoulou[1], Vasiliki Papadimitriou[1], Aikaterini Katexou[1], Panagiotis Mouroutis[1], Leonidas Papaharisis[2], Dimitiros Chatziplis[1]: Prediction of the genetic gain with the use of Feed Conversion Rate in a selection for gilthead seabream**

The first approach to include the Feed Conversion Rate (FCR), the uniformity of body weight at slaughter age and the growth in a selection indexto estimate the genetic gain for the gilthead seabream was performed in the present study. Three indexes of financial importance to aquaculture were applied to select 14 % of the total population of an aquaculture breeding program, thus representing three different selection strategies. Then, the expected responses to selection for the final body weight and the Feed Conversion Rate were calculated and higher final body weight from 8.07%to 9.31%per generation was observed. Moreover, an improvement (reduction) of 2.89%to 3.46%for the Feed Conversion Rate was noted when using an indirect and direct selection approach, respectively. Our findings were promising for future research and innovation as our method constitutes the first practical approach to include the Feed Conversion Rate as a breeding goal.

**Keywords:** Feed Conversion Rate, genetic gain, gilthead seabream

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα προγράμματα επιλογής ιχθύων που εφαρμόζονται σήμερα, εμφανίζουν επιτυχία στην βελτίωση χαρακτηριστικών όπως η αύξηση βάρους, η εναπόθεση λίπους, η μείωση δυσμορφιών και η ανθεκτικότητα των οργανισμών απέναντι σε ασθένειες, όμως αδυνατούν να στοχεύσουν στη βελτίωση των δεικτών διατροφής όπως η μετατρεψιμότητα της τροφής (Feed Conversion Rate)αλλά και την ομοιομορφία των ιχθύων στο βάρος κατά την εξαλίευση. Σε προηγουμένη μελέτη, εκτιμήθηκε ο συντελεστής κληρομησιμότητας για το βάρος σε διάφορα αναπτυξιακά στάδια που ήταν 0.58 – 0.46 (Oikonomou et al., 2022), καθώς επίσης και για τη μετατρεψιμότητα της τροφής σε επίπεδο οικογενείας ($h^2$=0,46) και την ομοιομορφία των ιχθύων στο βάρος εξαλίευσης ($h^2$=0,02). Στην παρούσα μελέτη έχει γίνει μια προσπάθεια να αναπτυχθεί μια μεθοδολογία επιλογής γεννητόρων με βάση τρία διαφορετικά σενάρια, συνδυάζοντας την μετατρεψιμότητα της τροφής, την ομοιομορφία του βάρους των ιχθύων κατά την εξαλίευση, το σωματικό βάρος και την ανάπτυξη σε ένα πληθυσμό 4243 ατόμων τσιπούρας. Για αυτόν τον σκοπό τρεις δείκτες επιλογής οι οποίοι συνδυάζουν τις παραπάνω ιδιότητες σε μια ολική κληροδοτική τιμή χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή 600 υποψήφιων ώστε να εκτιμηθεί η πρόοδος της επιλογής και το γενετικό κέρδος σύμφωνα με τον κάθε ένα από αυτούς και να επιλεχθεί το αποτελεσματικότερο σενάριο.

**ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

Στο πρώτο πείραμα, σε κλωβούς, χρησιμοποιήθηκαν 96 ομοθαλείς οικογένειες υψηλής γενετικής αξίας, ως προς το βάρος εξαλίευσης και 22 ομοθαλείς οικογένειες με ακραίους φαινοτύπους, ως προς το βάρος εξαλίευσης. Από όλες αυτές, επιλέχθηκαν 50 ψάρια από κάθε οικογένεια και μοιράστηκαν σε 2 διαφορετικούς πλωτούς κλωβούς όπου η πρώτη μέτρηση ατομικού βάρους πραγματοποιήθηκε παράλληλα με την ατομική σήμανση των ψαριών και οι μετρήσεις επαναλήφθηκαν ανά 2 μήνες έως το βάρος αλίευσης. Επιπλέον χρησιμοποιήθηκαν οι 2 διαφορετικές τροφές και τα ψάρια διατρέφονταν μέχρι κορεσμού, με την τροφή του μάρτυρα και την πειραματική τροφή.

Σε δεύτερο πείραμα που πραγματοποιήθηκε σε δεξαμενές, χρησιμοποιήθηκαν οι 28 ομοθαλείς οικογένειες από της υψηλής γενετικής αξίας ως προς το βάρος εξαλίευσης (από τις 96), και οι 22 ομοθαλείς οικογένειες με ακραίους φαινοτύπους ως προς το βάρος εξαλίευσης. Από την κάθε μια από αυτές, επιλέχθηκαν 40 ψάρια και μοιράστηκαν σε 2 δεξαμενές ισόποσα ανά οικογένεια, στις οποίες χρησιμοποιήθηκαν οι 2 διαφορετικές τροφές, η τροφή του μάρτυρα και η πειραματική τροφή. Κατά το 2ο πείραμα τα ψάρια διατρέφονταν μέχρι κορεσμού ενώ μετρήθηκε σε καθημερινή βάση η καταναλωθείσα ποσότητα τροφής ανά δεξαμενή συλλέγοντας τις διαφυγές τροφής από τον πυθμένα των δεξαμενών. Κάθε 2 μήνες πραγματοποιούνταν ζύγιση για την καταγραφή του ατομικού βάρους. Με τις προαναφερόμενες μετρήσεις πραγματοποιήθηκε ακριβής υπολογισμός της κατανάλωσης τροφής και του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής για κάθε οικογένεια. Επιπρόσθετα καταγράφηκε η αύξηση βάρους σε ατομικό επίπεδο και υπολογίστηκε η ενδοοικογενειακή παραλλακτικότητα αυτής για να συγκριθεί με τις αντίστοιχες μετρήσεις των ίδιων οικογενειών στους κλωβούς. Τα ψάρια που επιλέχθηκαν για το 1ο και 2ο πείραμα ήταν ομοθαλή αδέλφια, συνεπώς οι τιμές της μετατρεψιμότητας τροφής ήταν τιμές της ομοθαλούς οικογένειας και χρησιμοποιήθηκαν ως ατομικές στην εκτίμηση γενετικών παραμέτρων και στην γενετική αξιολόγηση.

**Εκτίμηση κληροδοτικών τιμών**

Πραγματοποιήθηκε η εκτίμηση κληροδοτικών τιμών (Estimated Breeding Values (EBV)) με την μέθοδο της Άριστης Γραμμικής Αμερόληπτης Πρόβλεψης (Best Linear Unbiased Prediction), χρησιμοποιώντας το ατομικό ζωικό πρότυπο πολλαπλών ιδιοτήτων, με την τροφή ως σταθερό παράγοντα και το ζώο ως τυχαίο παράγοντα στο σύστημα λογισμικού PEST (Groeneveld et al., 2010).

**Εκτίμηση συντελεστών βαρύτητας δεικτών επιλογής**

Για την εκτίμηση της ολικής κληροδοτικής τιμής των γεννητόρων χρησιμοποιήθηκε η θεωρία των Δεικτών Επιλογής (Selection Index) (Hazel 1943, Upton et al. 1988). Οι τέσσερεις δείκτες επιλογής κατασκευάσθηκαν με την χρήση των κληροδοτικών τιμών από το παραπάνω πρότυπο αξιολόγησης πολλαπλών ιδιοτήτων, έτσι έχουν ήδη διορθωθεί για τις διαφορές στον συντελεστή κληρονομησιμότητας καθώς και για τις συσχετίσεις (γενετικές και φαινοτυπικές) μεταξύ των ιδιοτήτων μέσω του προτύπου αξιολόγησης (ατομικό ζωικό πρότυπο πολλαπλών ιδιοτήτων – multritrait animal model). Το σωματικό βάρος μετρήθηκε στις 160-200 (BW1), 455-498 (BW2) και 589-633 (BW3) ημέρες μετά την εκκόλαψη (DPH), υπολογίστηκε ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) και η ομοιομορφία των ιχθύων ως προς το βάρος (BW3) κατά την εξαλίευση (CV). Ως κριτήριο επιλογής για την ομοιομορφία των ιχθύων ως προς το βάρος κατά την εξαλίευση χρησιμοποιήθηκε η συντελεστής παραλλακτικότητας του βάρους εντός της κάθε οικογενείας και συνεπώς, όπως και για την περίπτωση του συντελεστού μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR), οι μετρήσεις ήταν τιμές της ομοθαλούς οικογένειας. Έγινε εκτίμηση της οικονομικής βαρύτητας της κάθε παραγωγικής ιδιότητας (Upton et al. 1988) στην

κάθε ολική κληροδοτική τιμή, χρησιμοποιώντας την τιμή πώλησης του προϊόντος, σε 5 Ευρώ/ Χλγ = 0.005 λ/γρ για την ανάπτυξη καθώς και για το βάρος. Ενώ ο συντελεστής οικονομικής βαρύτητας του FCR υπολογίστηκε λαμβάνοντας υπόψη πως για κάθε κιλό σωματικού βάρους χρειάζονται 2 κιλά τροφής με δεδομένο ότι κάθε κιλό τροφής κοστίζει 1 €. Συνεπώς για κάθε 0,1 μονάδες FCR χρειαζόμαστε 0,10€.

Οι ολικοί δείκτες που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή των 600 υποψήφιων είναι

Ia = 0.005*EBV(BW3) + (-0.05)*EBV(%CV)

Ib= 0.001722*EBV(BW3-BW1) + 0.005*EBV(BW3-BW2)

Ic = 0.0018*EBV(BW2) + 0.0029 *EBV(BW3) + (-0,1*) EBVS (FCR)

*Ο επιλεκτικός στόχος είναι η μείωση του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής οπότε τροποποιείται το πρόσημο στον δείκτη επιλογής για λόγους ομοιόμορφιας στην ολική κληροδοτική τιμή, δίνοντας αρνητικό πρόσημο στο συντελεστή βαρύτητας της συγκεκριμένης ιδιότητας (FCR).

**Εκτίμησή του αναμενόμενης γενετικής προόδου σε βάθος μιας γενεάς**

Η γενετική πρόοδος για κάθε ολική κληροδοτική τιμή κάθε δείκτη επιλογής υπολογίστηκε επιλέγοντας το 14% των υποψήφιων γεννητόρων με τις υψηλότερές κληροδοτικές τιμές (για το κάθε πρότυπο γενετικής αξιολόγησης ξεχωριστά), σύμφωνα με: $R = S*h^2$, οπού $h^2$ είναι ο συντελεστής κληρονομησιμότητας και το S (διαφορικό επιλογής) υπολογίστηκε χρησιμοποιώντας τη διαφορά από την μέση τιμή του σωματικού βάρους ή της μετατρεψιμότητας της τροφής των 600 επιλεγμένων ιχθύων από το μέσο ορό του πληθυσμού.

**ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ**

Η ομοιομορφία των ιχθύων στο βάρος κατά την εξαλίευση παρουσιάζει μικρό συντελεστή κληρονομικότητας, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά την ένταξη της στους βελτιωτικούς στόχους σε ένα πρόγραμμα γενετικής βελτίωσης. Όμως, η μετατρεψιμότητα της τροφής θα μπορούσε να ενταχθεί στους βελτιωτικούς στόχους, φέρνοντας ενθαρρυντικά αποτελέσματα. Η ιεραρχική συσχέτιση μεταξύ (κατά Spearman) όλων των ζευγαριών των δεικτών επιλογής στο σύνολο του πληθυσμού πραγματοποιήθηκε και εμφανίζεται στον Πίνακα Ι. Στον Πίνακά ΙΙ, απεικονίζονται συνοπτικά οι συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών επιλογής (Selection Indeces) και των κληροδοτικών τιμών του βάρους εξαλίευσης. Στον Πίνακα ΙΙΙ, περιγράφονται οι εκτιμήσεις της γενετικής προόδου ανά δείκτη επιλογής χρησιμοποιώντας το βάρος εξαλίευσης (BW3) και τη μετατρεψιμότητα της τροφής (FCR). Ο δείκτης $I_a$, παρουσιάζει μεγάλη βελτίωση του σωματικού βάρους (9,20%) αλλά και μια σχετική βελτίωση του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (3.46%) ακόμα και εάν δεν χρησιμοποιείται ο τελευταίος φαινότυπος ως βελτιωτικός στόχος στην εκτίμηση του. Το γεγονός αυτό οφείλεται στην συσχετιζόμενη γενετική πρόοδο που επιτυγχάνεται λόγω της συσχέτισης των ιδιοτήτων του βάρους εξαλίευσης (B3) και του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) (-0.44). Ο δείκτης $I_b$, εκτιμάται ότι θα αποδώσει την μικρότερη βελτίωση του σωματικού βάρους εξαλίευσης (8,07%) αλλά και μια σχετική βελτίωση του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (2.89%) ακόμα και εάν δεν χρησιμοποιούνται οι δυο αυτές ιδιότητες ως βελτιωτικοί στόχοι κατά την εκτίμηση του (λόγω συσχετιζόμενης γενετικής προόδου). Τέλος, ο δείκτης $I_c$, παρουσιάζει τη μεγαλύτερη βελτίωση του σωματικού βάρους (9,31%) αλλά και την μεγαλύτερη βελτίωση του συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής (3.46%). Οπότε από τους μελετώμενους δείκτες επιλογής, θεωρούμε ότι ο πιο αποδοτικός είναι ο τελευταίος δείκτης επιλογής ($I_c$). Η χρήση του δείκτη επιλογής $I_c$ καθώς και οι εκτιμήσεις της γενετικής προόδου, θα πρέπει να επαναξιολογηθούν, στην περίπτωση που νέοι βελτιωτικοί στόχοι (νέοι επιλεκτικοί στόχοι και κριτήρια επιλογής) προστεθούν σε αυτόν όπως η ανθεκτικότητα σε ασθένειες καθώς και σε σχέση με το κόστος μέτρησης της μετατρεψιμότητας της τροφής.

**Πίνακας Ι.** Ιεραρχικές συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών επιλογής .
**Table I**. Ranking Spearman's correlations of the Indeces.

| | $I_a$ | $I_b$ | $I_c$ |
|---|---|---|---|
| $I_a$ | | 0.93 | 0.94 |
| $I_b$ | | | 0.89 |
| $I_c$ | | | |

**Πίνακας ΙΙ.** Ιεραρχικές συσχετίσεις μεταξύ των δεικτών επιλογής με τις κληροδοτικές τιμές του βάρους εξαλίευσης (BW3) και της ανάπτυξης (BW1-BW3).
**Table II.** Ranking Spearman's correlations between Indeces and EBVs of the B3 and growth (B1-B3).

| | $I_a$ | $I_b$ | $I_c$ |
|---|---|---|---|
| Κληροδοτικές τιμές για το τελικό βάρος (BW3) | 0.99 | 0.62 | 0.95 |
| Κληροδοτικές τιμές για την ανάπτυξη (BW1-BW3) | 0.95 | 0.99 | 0.92 |

**Πίνακας ΙΙΙ.** Η εκτίμηση της γενετικής προόδου για το βάρος εξαλίευσης και τον συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής για τους τέσσερις δείκτες επιλογής.
**Table III**. Prediction of the genetic gain for the BW3 and FCR using the four Selection Indeces.

| **Φαινότυπος** | | **Δείκτες επιλογής** | | |
|---|---|---|---|---|
| | | $I_a$ | $I_b$ | $I_c$ |
| BW3 | Μ.Ο. του πληθυσμού | 649.92 | 649.92 | 649.92 |
| | Μ.Ο. των επιλεγμένων ψαριών | 782.82 | 766.56 | 784.48 |
| | Εκτίμηση της προόδου | **59.80** | **52.49** | **60.55** |
| FCR | Μ.Ο. του πληθυσμού | 1.73 | 1.73 | 1.73 |
| | Μ.Ο. των επιλεγμένων ψαριών | 1.60 | 1.63 | 1.59 |
| | Εκτίμηση της προόδου | **0.06** | **0.05** | **0.06** |

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

Groeneveld, E., Kovač, M., Mielenz, N. (2010). VCE6 User's Guide and Reference Manual. Institute of Farm Animal Genetics, FLI. Mariensee, Germany: pp 125.

Hazel,L. N.(1943).The genetic basis for constructing selection indexes, Genetics 28: 476

Oikonomou, S., Kazlari, Z., Loukovitis, D., Dimitroglou, A., Kottaras, L., Tzokas, K., Barkas, D., Katribouzas, N., Moutou, K., Papaharisis, L., Chatziplis, D. (2022). Genotype x diet interaction in Gilthead seabream (To be submitted)

Ufton, W. H.,Mcarthur, A.T. G.,Farquarson, R.J. (1988). Economic values applied to breeding objectives: a decentralised approach for BREEDPLAN. Proc. 7th Conf. Australian Assoc. Anim. Breeding Genet., Armidale: 95-104.

**ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ**

Η έρευνα αυτή χρηματοδοτήθηκε από το Ελληνικό Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων, που χρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση και μέσω του Ευρωπαϊκού Ταμείου Θάλασσας και Αλιείας και από Εθνικούς στα πλαίσια του Επιχειρησιακού Προγράμματος «ΑΛΙΕΙΑ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑ 2014-2020».

# Ανάπτυξη ορθών πρακτικών διαχείρισης βιοεναπόθεσης γόνου του επαπειλούμενου *είδους Pinna nobilis* στις εγκαταστάσεις υδατοκαλλιεργειών

**Ντούνη Μυρτώ[1], Τσότσιος Δημήτριος[1], Πλατύ Αιμηλία[1], Ιωάννης Θεοδώρου[1]**
[1]Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Πατρών, Νέα Κτήρια, Μεσολόγγι

## ABSTRACT

**Ntouni Myrto, Tsotsios Dimitris, Platy Aimilia, Ioannis Theodorou: Development of proper management practices regarding the larva of the endangered species *Pinna nobilis*, in aquaculture sites**

*Pinna nobilis* is the largest endemic bivalve in the Mediterranean with ecological importance. Populations of the species have been threatened over the last 30 years by various human pressures; since 2016 mass mortality events have been observed with a mortality rate of up to 100% in certain areas. *Pinna nobilis* is a critically endangered species under Directive 92/43/EC and is subject to strict protection regimes throughout the Mediterranean. The aim is to monitor the remaining populations of *P.nobilis* and to try to recover them. Helpers in this effort, in the form of "citizen" science, can be the professionals and amateurs operating at sea, especially aquaculturists who may find *Pinna nobilis* larvae on their premises. A protocol for the proper management of larva collectors and the larva attached to them is therefore presented.
**Keywords:** larval collectors, aquaculture, *Pinna nobilis*, citizen science

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η *Pinna nobilis*, Pinnidae, Linnaeus 1758, πίννα είναι το μεγαλύτερο ενδημικό δίθυρο της Μεσογείου, το οποίο εντοπίζεται σε παράκτιες περιοχές με μαλακό πυθμένα και κυρίως σε λιβάδια φανερόγαμων (*Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*) (Richardson *et al.* 2009). Οι πληθυσμοί του είδους απειλούνται και εμφανίζουν σημαντική μείωση τα τελευταία 30 χρόνια λόγω διάφορων ανθρωπογενών πιέσεων όπως η παράνομη αλιεία τους, ο τραυματισμός τους από αλιευτικά εργαλεία και η καταστροφή των ενδιαιτημάτων τους (Zotou et al. 2020), συνεπώς η πίννα με βάση την οδηγία 92/43/EC αποτελεί είδος υπό εξαφάνιση και υπόκειται σε αυστηρούς όρους προστασίας σε όλη τη Μεσόγειο.

Μετά το 2016, το ήδη υπό πίεση είδος *Pinna nobilis* , παρατηρήθηκε να απειλείται από φαινόμενα μαζικής θνησιμότητας σχεδόν σε όλη τη Μεσόγειο, με αποτέλεσμα το 2019 να εντοπίζονται σε διάφορες περιοχές πρώτα της δυτικής και μετά της ανατολικής Μεσογείου ποσοστά θνησιμότητας έως και 100% σε πληθυσμούς που είχαν καταγραφεί στο παρελθόν (Cabanellas-Reboredo et al. 2019).

Τα μεγαλύτερα ποσοστά θνησιμότητας στο φυσιολογικό κύκλο ζωής της πίννα καταγράφονται στα πρώϊμα σταδια του γόνου, επομένως μια ενδεχόμενη ανάκαμψη των πληθυσμών θα εξαρτηθεί από την ύπαρξη και την επιβίωση των νεαρών ατόμων *Pinna nobilis* (Acarli 2021, Theodorou 2015). Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιούνται οι συλλέκτες γόνου (γονοσυλλέκτες) αρχικά για να αξιολογηθεί η ένταξη νεαρών ατόμων σε διάφορες περιοχές που υπάρχουν ακόμα πληθυσμοί αλλά και για την προστασία τους σε αυτά τα αρχικά "ευαίσθητα" στάδια του κύκλου ζωής. Εκτός από την κατασκευή και την τοποθέτηση των γονοσυλλεκτών εξίσου σημαντική είναι η μεθοδολογία για την αποκόλληση και διάσωση των νεαρών ατόμων από τους γονοσυλλέκτες.

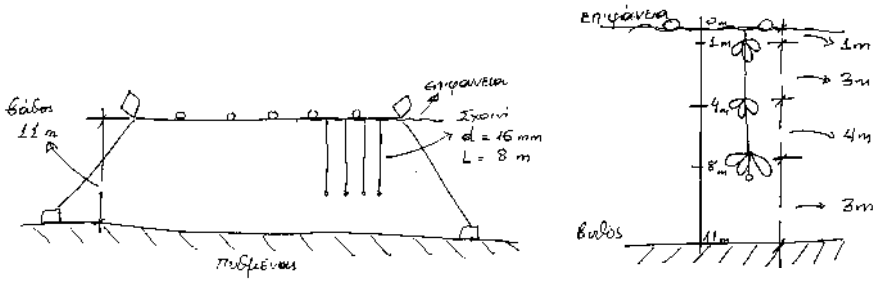
Αρκετά νεαρά άτομα *Pinna nobilis* έχουν παρατηρηθεί να προσκολλώνται στις εγκαταστάσεις υδατοκαλλιεργειών, όπως για παράδειγμα στα σχοινιά «μάνες», σε αρμαθούς μυδιών ή σε ιχθυοκλωβούς (Theodorou 2015). Στα πλαίσια της δράσης Pinna SOS μέσω του προγράμματος ΕΠΑΛΘ 2014-2020 **«Καινοτόμες δράσεις για την παρακολούθηση – ανάκαμψη – υποβοήθηση της στρατολόγησης του επαπειλούμενου είδους** *Pinna nobilis* **(πίννα)» με κωδικό** ΟΠΣ (MIS) 5052394 **γίνεται** προσπάθεια ανάπτυξης και διάχυσης ορθών πρακτικών διαχείρισης της τυχαίας, βιοεναπόθεσης νεαρών ατόμων πίννας *Pinna nobilis* στις εγκαταστάσεις ή στον εξοπλισμό των υδατοκαλλιεργειών έτσι ώστε σε συνεργασία με την ερευνητική ομάδα να βοηθήσουν πρακτικά στην διασώση τους. Η προστασία τους μέσω προεκτροφής σε τελάρα και η επανατοποθέτησή τους στο περιβάλλον προαγει την αποκατάσταση των φυσικών πληθυσμών.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

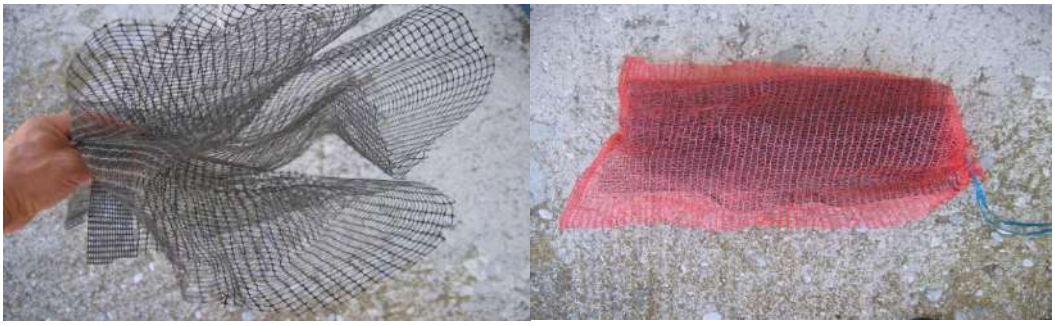
Το παρακάτω πρωτόκολλο αναπτύχθηκε στα πλαίσια της καθοδηγησης εργασιών στο πεδίο των ενδαφερόμενων μερών της δράσης Pinna SOS (www.pinnasos.upatras.gr), ως μέρος των ενεργειών διάχυσης του έργου και είναι βασισμένο στις σχετικές οδηγιές του IUCN (Kersting & Hendriks 2019) αλλά και στην υφιστάμενη πρακτική εμπειρία της ομάδας εργασίας.

## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ & ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Αρχικά περιγράφεται ο τρόπος κατασκευής και εγκατάστασης των συλλεκτών γόνου πίννας σε μια τυπική εγκατάσταση υδατοκαλλιέργειας. Ένας γονοσυλλέκτης αποτελείται από το κύριο σχοινί, στο οποίο προσδένονται οι σάκοι συλλογής, ένα αγκυροβόλιο και μια βυθιζόμενη σημαδούρα για να διατηρείται κατακόρυφο το σχοινί. Οι βυθιζόμενες σημαδούρες (βάθους > 3m) εμποδίζουν την προβολή ολόκληρου του συστήματος από την επιφάνεια και την πιθανή εμπλοκή με σκάφη. Η κατανομή των σάκων κατά μήκους του σχοινιού γίνεται με διάφορους τρόπους ανάλογα με το εύρος του βάθους. Οι σάκοι συλλογής κατασκευάζονται με απλά υλικά με τέτοιο τρόπο ώστε να επιτρέπεται στις προνύμφες να εισέρχονται μέσα σε αυτούς αλλά να εμποδίζεται η πιθανή θήρευση τους. Οι σάκοι συλλογής αποτελούνται από πλεγμένα νάιλον νήματα (σάκους συσκευασίας κρεμμυδιών ή οποιοδήποτε παρόμοιο υλικό που αποτελείται από λεπτά νήματα) που αντέχουν κάτω από το νερό, τοποθετημένα μέσα σε ένα σάκο από πολυαιθυλένιο (ή παρόμοιο πλαστικό). Οι σάκοι κλείνουν στις άκρες τους με κορδόνι και στη συνέχεια δένονται πάνω στο κύριο σχοινί.




**Εικόνα 1.** Σχηματικές απεικονίσεις πιθανών τρόπων τοποθέτησης συλλεκτών γόνου πίννας στο πεδίο σε υποθετική εγκατάσταση μονάδας υδατοκαλλιέργειας. Το βάθος είναι ενδεικτικό αλλά όχι περιοριστικό.
**Figure 1.** Sketches of possible placement of *Pinna nobilis* larval collectors in a hypothetical aquaculture facility. Depth is indicative but not restricted.



**Εικόνα 2.** Κατασκευή σάκων συλλογής γόνου πίννας.
**Figure 2.** Construction of pinna spat collector bags.

Η αναπαραγωγική περίοδος του είδους *Pinna nobilis* στις διάφορες περιοχές της Μεσογείου καθορίζεται σημαντικά από τις περιβαλλοντικές συνθήκες του νερού, όπως είναι η θερμοκρασία και θεωρείται ότι είναι από το Μάϊο έως το Σεπτέμβριο (Acarli 2021). Προτείνεται έτσι η εγκατάσταση των γονοσυλλεκτών να γίνεται τον Ιούνιο και η απομάκρυνσή τους τον Οκτώβριο-Νοέμβριο.

Το δεύτερο μέρος της μεθοδολογίας αφορά την απομάκρυνση των νεαρών ατόμων πίννας είτε από τους γονοσυλλέκτες είτε από τις εγκαταστάσεις μιας υδατοκαλλιέργειας και τη μετέπειτα φύλαξη τους. Κατά την αφαίρεση των γονοσυλλεκτών οι σάκοι πρέπει να παραμένουν κάτω από το νερό και να

αποφεύγεται η σύνθλιψη τους καθώς τα νεαρά άτομα είναι πολύ ευαίσθητα. Στη συνέχει αφού τα άτομα εντοπισθούν, αφαιρούνται προσεκτικά, είτε από το σάκο συλλογής είτε από κάποιο σχοινί σε εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειας, ώστε να μην σπάσουν και τοποθετούνται σε κλωβούς (τελάρα) προστασίας μέσα στο θαλασσινό νερό, όπου θα μπορούν να συνεχίσουν να αναπτύσσονται (Kersting & Hendriks 2019).

**Εικόνα 3.** Γόνος πίννας προσκολλημένο σε πλαστικό δίχτυ εκτροφής μυδιών (αριστερά). Γόνος Pinna spp συλλεγμενο απο εγκατάσταση εκτροφής στρειδιών
**Figure 3.** Pinna spat attached on mussel on-growing plastic nets(left). Pinna sp spat attached & collected from oyster culture installation (right).

**Εικόνα 4.** Συλλογή, τοποθέτηση, συντήρηση και προστασία γόνου *Pinna nobilis* σε τελάρα εκτροφής.
**Figure 4.** Collection, placement, maintenance, and protection of *Pinna nobilis* spat in on growing protection plastic trays.

Το καλοκαίρι του 2022 τοποθετήθηκαν στο πλαίσιο του έργου ΕΠΑΛΘ 2014-2020 «Καινοτόμες Δράσεις για την Παρακολούθηση-Ανάκαμψη-Υποβοήθηση της Στρατολόγισης του Επαπειλούμενου Είδους (Πίννα) Pinna nobilis» συλλέκτες προνυμφών *Pinna nobilis* στον Αμβρακικό κόλπο, τα αποτελέσματα των οποίων αναμένονται.

Η ενημέρωση κυρίως του ευρύτερου κοινού για τα θέματα προστασίας της πιννας είναι απαραίτητη και ιδιαίτερα των ενδιαφερόμενων μερών (stakeholders), εκτός της επιστημονικής κοινότητας, οι οποίοι λόγω του επαγγέλματός τους (υδατοκαλλιεργητές, δύτες κ.α.) είναι πιθανό να συναντήσουν νεαρά άτομα του επαπειλούμενου είδους *Pinna nobilis.* Η πρακτική βοήθεια τους, όταν αυτή πραγματώνεται με ορθό τρόπο, μπορεί να επιτελέσει αρωγό στην προσπάθεια ανάκαμψης των πληθυσμών πίννας.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Η εργασία αποτελεί μέρος του έργου «ΚΑΙΝΟΤΟΜΕΣ ΔΡΑΣΕΙΣ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ-ΑΝΑΚΑΜΨΗ-ΥΠΟΒΟΗΘΗΣΗ ΤΗΣ ΣΤΡΑΤΟΛΟΓΗΣΗΣ ΤΟΥ ΕΠΑΠΕΙΛΟΥΜΕΝΟΥ ΕΙΔΟΥΣ (ΠΙΝΝΑ) PINNA NOBILIS» με Κωδικό ΟΠΣ 5052394 και χρηματοδοτήθηκε από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ 2014-2020».

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Acarli, S. (2021). Population, aquaculture and transplantation applications of critically endangered species *Pinna nobilis* (Linnaeus 1758) in the Mediterranean Sea. *Marine Science and Technology Bulletin*, *10*(4), 350-369.

Cabanellas-Reboredo, M., Vázquez-Luis, M., Mourre, B., Álvarez, E., Deudero, S., Amores, Á., ... & Hendriks, I. E. (2019). Tracking a mass mortality outbreak of pen shell *Pinna nobilis* populations: A collaborative effort of scientists and citizens. *Scientific reports*, *9*(1), 1-11.

Richardson, C. A., Kennedy, H., Duarte, C. M., Kennedy, D. P., & Proud, S. V. (1999). Age and growth of the fan mussel *Pinna nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica)* meadows. Marine Biology, 133(2), 205-212.

Kersting D. K., Hendriks I. E. (2019) Short guidance for the construction, installation, and removal of *Pinna nobilis* larval collectors. IUCN. 6pp.

Theodorou, J. A., James, R., Tzovenis, I., & Hellio, C. (2015). The recruitment of the endangered fan mussel Pinna nobilis (Linnaeus, 1758) on the ropes of a Mediterranean mussel long line farm. *Journal of Shellfish Research*, *34*(2), 409-414.

Zotou, M., Gkrantounis, P., Karadimou, E., Tsirintanis, K., Sini, M., Poursanidis, D., ... & Katsanevakis, S. (2020). Pinna nobilis in the Greek seas (NE Mediterranean): on the brink of extinction? *Mediterranean Marine Science*, *21*(3), 575-591.

# Ποιοτική και ποσοτική ανάλυση λιπαρών οξέων του μικροφύκους *Chlorella vulgaris* καλλιεργημένο σε συνθήκες Φωτοβιοαντιδραστήρα τύπου "καταρράκτη λεπτής στοιβάδας", με τη χρήση τεχνολογίας μικρο-φυσαλίδων. Πρώτα αποτελέσματα

**Ελένη Φλωρά, Μελπομένη-Σοφία Μέντε, Απόστολος Παπαδημητρίου, Νικόλαος Σταμάτης, Σωτήρης Ορφανίδης**

Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝΑΛΕ, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ), 640 07 Νέα Πέραμος Καβάλα - floraeleni@gmail.com; melpo.mente@gmail.com; apostolispap@inale.gr; nikstam@inale.gr; sorfanid@inale.gr

## ABSTRACT

**Eleni Flora, Melpomeni-Sofia Mente, Apostolos Papadimitriou, Nikolaos Stamatis, Sotiris Orfanidis: Qualitative and quantitative analysis of fatty acids of the microalga *Chlorella vulgaris* cultivated in Photobioreactor of "thin layer cascade" type, using micro-bubble technology. First results**

*Chlorella vulgaris* is a microalgal species, which is often used in food, feed, pharmaceutical and cosmetic industries, even in energy production as biodiesel. This work aimed to investigate the nutritional value of *C. vulgaris* cultivated in a semi-closed Photobioreactor of "thin layer cascade" type, using micro-bubble technology, regarding the amount, type and contribution of fatty acids it contains. Total lipid content was determined after lipid extraction, while fatty acids were identified by gas chromatography analysis, after their methylation. Based on the results, the ratio of polyunsaturated and saturated fatty acids (PUFA/SFA < 1) and the ratio of omega 6 and omega 3 polyunsaturated fatty acids (ω-6/ω-3 = 0.29), as well as the Index of Atherogenicity (IA = 0.32) and Index of Thrombogenicity (IT = 0.07) were studied. It was found that *C. vulgaris* has high nutritional value and benefits for human health.

**Keywords:** Biotechnology, green algae, gas chromatography, polyunsaturated fatty acids

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Το μικροφύκος *Chlorella vulgaris*, Beijerinck 1890, κοινή χλωρέλλα, καλλιεργείται για την παραγωγή διάφορων προϊόντων υψηλής αξίας που αφορούν κυρίως προϊόντα τροφής, αλλά καθώς παρουσιάζει μεγάλο αριθμό θεραπευτικών ιδιοτήτων, χρησιμοποιείται και στη φαρμακευτική και καλλυντική βιομηχανία (Ru *et al.* 2020). Για τους ίδιους λόγους χρησιμοποιείται με μεγάλη επιτυχία ως συμπλήρωμα ζωοτροφών, κυρίως στην πτηνοτροφία και στις ιχθυοκαλλιέργειες (Safi *et al.* 2014). Τα τελευταία χρόνια, έχουν επίσης αναφερθεί στη βιβλιογραφία αρκετές μελέτες και έρευνες προσανατολισμένες στην εφαρμογή και καλλιέργεια *C. vulgaris* για παραγωγή βιοκαυσίμων (Kothari *et al.* 2017, Chen *et al.* 2015).

Λόγω των υψηλών ποσοστών πρωτεΐνης, ω-3 λιπαρών, βιταμινών και μετάλλων αποτελεί ένα υψηλής προστιθέμενης αξίας συμπλήρωμα διατροφής (Petkov & Garcia 2007). Αν λάβουμε υπόψη και τις αντιοξειδωτικές του ικανότητες, λόγω των χρωστικών και ιδιαίτερα των καροτενοειδών που περιέχει (Liu & Hu 2013), γίνεται αντιληπτό γιατί κατατάσσεται στην κατηγορία των προϊόντων διατροφής με θετική επίδραση στην υγεία, που στη χώρα μας αναφέρονται ως "superfood".

Στην παρούσα εργασία εξετάζεται η διατροφική αξία της *C. vulgaris* που καλλιεργείται σε ημίκλειστο Φωτοβιοαντιδραστήρα τύπου "καταρράκτη λεπτής στοιβάδας" με τεχνολογία μικροφυσαλίδων, αναφορικά με την ποσότητα, το είδος και την αναλογία των λιπαρών οξέων που περιέχει.

## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Στο πλαίσιο του έργου Smart-BioreAl με αντικείμενο την καλλιέργεια του μονοκύτταρου χλωροφύκους *C. vulgaris*, κατασκευάστηκε στο Ινστιτούτο Αλιευτικής Έρευνας (ΙΝΑΛΕ, ΕΛΓΟ-ΔΗΜΗΤΡΑ), στη Νέα Πέραμο Καβάλας, χαμηλού κόστους ημίκλειστος ΦΒΑ τύπου "καταρράκτη λεπτής στοιβάδας" (thin-layer cascade-TLC). Σε πείραμα που πραγματοποιήθηκε από 15/3 μέχρι 23/3/2022 συλλέχθηκε στο τέλος του πειράματος βιομάζα του είδους με φυγοκέντριση, η οποία αποθηκεύτηκε στους -20ºC για περαιτέρω χημική ανάλυση. Για τον προσδιορισμό του ολικού λίπους, λυοφιλοποιημένη βιομάζα του μικροφύκους λειοτριβήθηκε σε πορσελάνινο γουδί, μέχρι να γίνει λεπτόκοκκη σκόνη. Σύμφωνα με τη μέθοδο των Bligh and Dyer (1959), χλωροφόρμιο, μεθανόλη και νερό προστέθηκαν σε 0,2 g σκόνης του φύκους (τρεις επαναλήψεις) για την εκχύλιση του ολικού λίπους. Το διάλυμα φυγοκεντρήθηκε και έτσι

διαχωρίστηκε σε τρεις φάσεις. Από το στρώμα του χλωροφόρμιου, στο οποίο ήταν διαλυμένο το λίπος, 8 ml συλλέχθηκαν και τοποθετήθηκαν σε προζυγισμένη γυάλινη σφαιρική φιάλη. Ακολούθησε εξάτμιση του χλωροφόρμιου σε περιστροφικό εξατμιστήρα (rotary evaporator) της εταιρίας Heidolph (Laborota 4000) και οι σφαιρικές φιάλες τοποθετήθηκαν στον φούρνο στους 40ºC για 30 min, ώστε να αφαιρεθεί πιθανή υγρασία. Οι φιάλες ζυγίστηκαν ξανά, σε θερμοκρασία δωματίου, ώστε να υπολογιστεί η ποσότητα του ξηρού λίπους.

Για τον προσδιορισμό των μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων (fatty acid methyl esters, FAMEs), η συνολική ποσότητα του λίπους, που προέκυψε από την εκχύλιση, μεθυλιώθηκε. Πραγματοποιήθηκε σαπωνοποίηση του λίπους με 0,5 N υδροξείδιο του νατρίου σε μεθανόλη και μεθυλίωση με 14% τριφθοριούχο βόριο σε μεθανόλη, σύμφωνα με τη μέθοδο των Metcalfe *et al.* (1966). Προστέθηκε, επίσης, ισο-οκτάνιο και κορεσμένο διάλυμα χλωριούχου νατρίου και το τελικό διάλυμα φυγοκεντρήθηκε. Μετά τη φυγοκέντριση, συλλέχθηκε η επάνω φάση, η οποία περιείχε τους μεθυλεστέρες των λιπαρών οξέων διαλυμένους στο ισο-οκτάνιο. Ακολούθησαν δεύτερη και τρίτη εκχύλιση με προσθήκη ισο-οκτανίου και φυγοκέντριση. Η ποσότητα που συλλέχθηκε από τις τρεις εκχυλίσεις, καθαρίστηκε με τη χρήση στήλης οξειδίου του αργιλίου και ακολούθησε εξάτμιση σχεδόν όλου του διαλύτη με αέριο άζωτο. Η ανάλυση των FAMEs με αέρια χρωματογραφία, έγινε σε μηχάνημα της εταιρίας Hewlett Packard (5890-Series II), εξοπλισμένο με ανιχνευτή ιονισμού φλόγας (flame ionization detector, FID), τριχοειδή στήλη SGE-BPX 70 (μήκους 50 m, διαμέτρου 0,22 mm, πάχους φιλμ 0,25 μm) και "split/splitless" τριχοειδή εισαγωγέα (19251A). Το ήλιο χρησιμοποιήθηκε ως φέρον αέριο και το άζωτο ως βοηθητικό αέριο με ροή 36 ml/min. 2 μl από το δείγμα εγχύθηκαν με ένεση (Hamilton, 10 μl) στο μηχάνημα με αναλογία διαχωρισμού (split ratio) 1:100. Η θερμοκρασία εισαγωγής ήταν 320ºC στον εισαγωγέα και 300ºC στον ανιχνευτή. Η θερμοκρασία του φούρνου (της στήλης) ήταν αρχικά 155ºC και έφτασε έως τους 220ºC στο τελικό στάδιο, ενώ η συνολική διάρκεια του προγράμματος διαχωρισμού των οξέων ήταν 63,3 min. Για την ταυτοποίηση των κορυφών του χρωματογραφήματος, πρότυπα διαλύματα των εταιριών Supelco (18919-1AMP 37 Component FAME mix) και Sigma (μεμονωμένα FAMEs) αναλύθηκαν στις ίδιες συνθήκες και οι χρόνοι παρακράτησής τους συγκρίθηκαν με αυτούς των δειγμάτων. Η αναλογία κάθε ταυτοποιημένης ένωσης εκφράστηκε ως ποσοστό του εμβαδού της κορυφής της (peak area) στο συνολικό εμβαδόν όλων των αναγνωρισθέντων κορυφών στο χρωματογράφημα.

Για την εκτίμηση της διατροφικής αξίας του συγκεκριμένου μικροφύκους, υπολογίστηκε ο λόγος των πολυακόρεστων και κορεσμένων λιπαρών οξέων (PUFA/SFA) και ο λόγος των ωμέγα 6 και ωμέγα 3 λιπαρών οξέων (ω-6/ω-3). Επίσης, υπολογίστηκε ο δείκτης αθηρογένεσης (Index of Atherogenicity, IA) και ο δείκτης θρομβογένεσης (Index of Thrombogenicity, IT), σύμφωνα με τους Ulbricht και Southgate (1991), με τους παρακάτω τύπους:

$$\mathrm{IA} = \frac{\mathrm{C12{:}0} + (4{*}\mathrm{C14{:}0}) + \mathrm{C16{:}0}}{\Sigma\mathrm{MUFA} + \Sigma\omega{-}6 + \Sigma\omega{-}3}$$

$$\mathrm{IT} = \frac{\mathrm{C14{:}0} + \mathrm{C16{:}0} + \mathrm{C18{:}0}}{(0{,}5{*}\mathrm{MUFA}) + (0{,}5{*}\Sigma\omega{-}6) + (3{*}\Sigma\omega{-}3) + (\Sigma\omega{-}3/\Sigma\omega{-}6)}$$

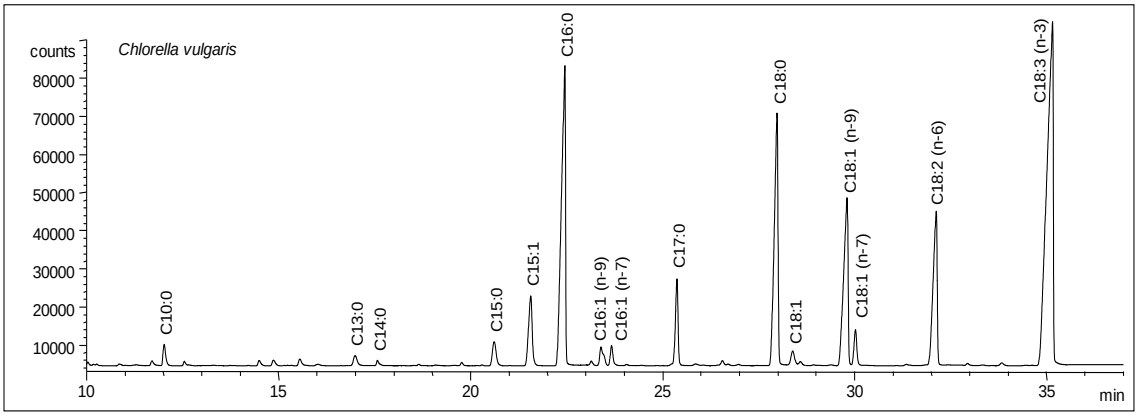
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το ολικό λίπος βρέθηκε ότι αποτελεί το 18% της ξηρής βιομάζας της *C. vulgaris*. Το προφίλ των λιπαρών οξέων της παρουσιάζεται στον Πίνακα 1, όπως αυτό προέκυψε από την αέρια χρωματογραφία και φαίνεται στην Εικόνα 1. Η ανάλυση των λιπαρών οξέων έδειξε ότι, όσον αφορά τα κορεσμένα λιπαρά οξέα (saturated fatty acids, SFAs), το παλμιτικό (C16:0) και το στεαρικό οξύ (C18:0) έχουν σημαντική συνεισφορά στο συνολικό περιεχόμενο των λιπαρών οξέων, που είναι 18,50% και 14,40%, αντίστοιχα. Το ελαϊκό οξύ (C18:1 ω-9c), το οποίο έχει τη μεγαλύτερη συνεισφορά μεταξύ των μονοακόρεστων λιπαρών οξέων (monounsaturated fatty acids, MUFAs), αντιστοιχεί στο 10,76% του συνόλου των ταυτοποιημένων λιπαρών οξέων. Τα συνολικά πολυακόρεστα λιπαρά οξέα (polyunsaturated fatty acids, PUFAs) αναλογούν στο 41,27%, ενώ μόνο το α-λινολενικό οξύ (C18:3 ω-3) ανέρχεται στο 32,09% του συνόλου των λιπαρών οξέων που προσδιορίστηκαν.

**Πίνακας 1: Σύσταση λιπαρών οξέων της *Chlorella vulgaris*.**
**Table 1: Fatty acid composition of *Chlorella vulgaris*.**

| Λιπαρά οξέα | Ποσοστό (%)* στο σύνολο των αναγνωρισθέντων λιπαρών οξέων |
|---|---|
| C10:0 | 0,90 ± 0,07 |
| C13:0 | 0,60 ± 0,05 |
| C14:0 | 0,22 ± 0,02 |
| C15:0 | 1,33 ± 0,12 |
| C16:0 | 18,50 ± 0,29 |
| C17:0 | 3,67 ± 0,11 |
| C18:0 | 14,40 ± 0,45 |
| $\Sigma_{SFA}$ | 39,62 ± 0,69 |
| C15:1 | 4,09 ± 0,35 |
| C16:1 (ω-9c) | 1,08 ± 0,02 |
| C16:1 (ω-7c) | 0,82 ± 0,01 |
| C18:1 | 0,85 ± 0,02 |
| C18:1 (ω-9c) | 10,76 ± 0,38 |
| C18:1 (ω-7c) | 1,51 ± 0,02 |
| $\Sigma_{MUFA}$ | 19,11 ± 0,68 |
| C18:2 (ω-6) | 9,18 ± 0,11 |
| C18:3 (ω-3) | 32,09 ± 0,53 |
| $\Sigma_{PUFA}$ | 41,27 ± 0,62 |

*μέση τιμή ± τυπική απόκλιση




**Εικόνα. 1: Αέριο χρωματογράφημα των μεθυλεστέρων των λιπαρών οξέων της *Chlorella vulgaris*.**
**Figure. 1: Gas chromatogram of fatty acid methyl esters of *Chlorella vulgaris*.**

Σε σύγκριση με άλλες μελέτες (Πίνακας 2), το ποσοστό του α-λινολενικού οξέος (C18:3 ω-3), που ανήκει στα πολυακόρεστα ω-3 λιπαρά οξέα και μετρήθηκε στην *C. vulgaris* για την παρούσα εργασία, είναι υψηλότερο από το αντίστοιχο ποσοστό στις άλλες μελέτες. Στις εργασίες των Conde *et al.* (2021) και Yoon *et al.* (2022), που σχετίζονται με τη διατροφική αξία της *C. vulgaris* για τον άνθρωπο και τα ψάρια, αντίστοιχα, παρουσιάζονται υψηλά ποσοστά α-λινολενικού οξέος. Το ποσοστό του λινολεϊκού οξέος (C18:2 ω-6), που ανήκει στα πολυακόρεστα ω-6 λιπαρά οξέα, είναι υψηλό αλλά όχι υψηλότερο από τα ποσοστά που αναφέρονται στις εργασίες των Conde *et al.* (2021), Liu *et al.* (2022) και Nordin *et al.* (2022). Σημαντικό είναι και το ποσοστό του ελαϊκού οξέος (C18:1 ω-9c), το οποίο θα μπορούσε να χαρακτηριστεί μεσαίας περιεκτικότητας σε σχέση με τις εργασίες του Πίνακα 2. Όσον αφορά στα κορεσμένα λιπαρά οξέα, το παλμιτικό (C16:0) και το στεαρικό οξύ (C18:0) εμφανίζουν τα υψηλότερα

ποσοστά τόσο στην παρούσα, όσο και στις άλλες εργασίες, με εξαίρεση αυτήν των Conde *et al.* (2021). Στην τελευταία έχει εντοπιστεί το ω-3 εξαδεκατριενοϊκό οξύ (C16:3 ω-3) σε ποσοστό 14,2% (Conde *et al.* 2021). Σημειώνεται επίσης ότι, οι Kalaiselvan και Mathimani (2022), των οποίων η εργασία αφορά στην παραγωγή βιοκαυσίμου από την *C. vulgaris*, εντόπισαν το εικοσαδιενοϊκό οξύ (C20:2 ω-6) σε ποσοστό 5,87% και το εικοσατριενοϊκο οξύ (C20:3 ω-3) σε ποσοστό 7,96%.

**Πίνακας 2: Σύγκριση των ποσοστών των λιπαρών οξέων της *Chlorella vulgaris* που προσδιορίστηκαν στην παρούσα εργασία και σε άλλες μελέτες.**

**Table 2: Comparison of the percentages of fatty acids of *Chlorella vulgaris* defined in the present work and in other studies.**

| Λιπαρά οξέα | Ποσοστό (%) στο σύνολο των αναγνωρισθέντων λιπαρών οξέων | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Παρούσα εργασία | Conde *et al.* 2021 | Yoon *et al.* 2022 | Kalaiselvan & Mathimani 2022 | Brar *et al.* 2022 | Liu *et al.* 2022 | Nordin *et al.* 2022 |
| C14:0 | 0,22 | 0,30 | 1,07 | - | 1,06 | 4,45 | 1,21 |
| C15:0 | 1,33 | 0,30 | 0,22 | - | - | - | 0,18 |
| C16:0 | 18,50 | - | 14,12 | 23,40 | 21,70 | 27,64 | 33,54 |
| C17:0 | 3,67 | 0,70 | 1,21 | - | - | - | - |
| C18:0 | 14,40 | 6,50 | 7,67 | 6,45 | 25,50 | 24,42 | 5,38 |
| C15:1 | 4,09 | - | - | - | 4,92 | - | - |
| C16:1 (ω-9c) | 1,08 | 0,90 | - | - | - | - | - |
| C16:1 (ω-7c) | 0,82 | 2,40 | 3,40 | 9,22 | - | - | 1,43 |
| C18:1 (ω-9c) | 10,76 | 4,10 | 21,67 | 14,30 | 7,45 | 13,95 | 0,17 |
| C18:1 (ω-7c) | 1,51 | 2,30 | 9,04 | - | - | - | 15,90 |
| C18:2 (ω-6) | 9,18 | 17,60 | 6,38 | 5,93 | 8,84 | 21,76 | 30,29 |
| C18:3 (ω-3) | 32,09 | 26,30 | 27,64 | 11,42 | 14,50 | - | - |

Ο λόγος των πολυακόρεστων και κορεσμένων λιπαρών οξέων (PUFA/SFA), σύμφωνα με τα αποτελέσματα της ανάλυσης, είναι υψηλότερος από 1 και τα πολυακόρεστα λιπαρά της *C. vulgaris* (41,27 ± 0,62%) μετρήθηκαν σε υψηλότερο ποσοστό από τα κορεσμένα (39,62 ± 0,69%) και τα μονοακότεστα (19,11 ± 0,68%) λιπαρά οξέα (Πίνακας 1). Επιπλέον, ο λόγος των ω-6 και ω-3 λιπαρών (ω-6/ω-3) είναι 0,29, αρκετά χαμηλότερος από 1, γεγονός που αυξάνει την διατροφική αξία και τα οφέλη για την ανθρώπινη υγεία του συγκεκριμένου μικροφύκους. Ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (ΠΟΥ) συστήνει ότι ο λόγος ω-6/ω-3 δεν πρέπει να ξεπερνά την τιμή 10 στην ανθρώπινη διατροφή (Sánchez-Machado *et al.* 2004). Πολλά είδη φυκών, πλούσια σε πολυακόρεστα λιπαρά, έχουν λόγο ω-6/ω-3 κοντά στο 1, το οποίο είναι επιθυμητό για την υγεία των ανθρώπων (Schmid *et al.* 2013).

Από τις χαμηλές τιμές των δεικτών ΙΑ και ΙΤ, που υπολογίστηκαν 0,32 και 0,07, αντίστοιχα, προκύπτει ότι η κατανάλωση της *C. vulgaris* συμβάλει στην πρόληψη καρδιαγγειακών νοσημάτων. Συγκεκριμένα, ο ΙΑ της είναι χαμηλότερος από αυτόν του κοτόπουλου και της μαργαρίνης, που είναι 0,50 και 0,35, αντίστοιχα (Ulbricht & Southgate 1991). Ο ΙΤ της είναι χαμηλότερος ακόμα και από τους δείκτες του ελαιόλαδου, του ηλιέλαιου και του ωμού σκουμπριού, που αντιστοιχούν σε 0,32, 0,28 και 0,16 (Ulbricht & Southgate 1991), επιβεβαιώνοντας την υψηλή διατροφική αξία του είδους.

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Bligh EG, Dyer WJ (1959) A rapid method of total lipid extraction and purification. Canadian journal of biochemistry and physiology 37(8): 911-917

Brar KK, Etteieb S, Magdouli S, Calugaru L, Brar SK (2022) Novel approach for the management of acid mine drainage (AMD) for the recovery of heavy metals along with lipid production by *Chlorella vulgaris*. Journal of Environmental Management 308, 114507

Chen G, Zhao L, Qi Y (2015) Enhancing the productivity of microalgae cultivated in wastewater toward biofuel production: A critical review. Applied Energy 137: 282-291

Conde TA, Neves BF, Couto D, Melo T, Neves B, Costa M, Silva J, Domingues P, Domingues MR (2021) Microalgae as Sustainable Bio-Factories of Healthy Lipids: Evaluating Fatty Acid Content and Antioxidant Activity. Marine Drugs 19(7), 357

Kalaiselvan N, Mathimani T (2022) Design and fabrication of box-type passive solar dryer (BTPSD) with thermal insulation material for valorizing biomass and neutral lipids of marine *Chlorella vulgaris* for biodiesel application. Nature, Scientific Report 12, 6046

Kothari R, Pandey A, Ahmad S, Kumar A, Pathak VV, Tyagi VV (2017) Microalgal cultivation for value-added products: a critical enviro-economical assessment. 3 Biotech 7(4), 243

Liu J, Hu Q (2013) *Chlorella*: industrial production of cell mass and chemicals. In: Richmond A, Hu Q, Handbook of Microalgal Culture: Applied Phycology and Biotechnology, 2nd edition. Wiley, Oxford, p. 329-338.

Liu T, Chen Z, Xiao Y, Yuan M, Zhou C, Liu G, Fang J, Yang B (2022) Biochemical and Morphological Changes Triggered by Nitrogen Stress in the Oleaginous Microalga *Chlorella vulgaris*. Microorganisms 10(3), 566

Metcalfe LD, Schmitz AA, Pelka JR (1966) Rapid preparation of fatty acid esters from lipids for gas chromatographic analysis. Analytical Chemistry 38(3): 514-515

Nordin N, Yusoff N, Md Nadzir S, Kamari A, Mohd Yusoff MZ (2022) Optimisation of biomass, lipid and carbohydrate productivities in *Chlorella Vulgaris* for biofuel production. Jurnal Teknologi 84(2): 47-57

Petkov G, Garcia G (2007) Which are fatty acids of the green alga *Chlorella*? Biochemical Systematics and Ecology 35(5): 281-285

Ru ITK, Sung YY, Jusoh M, Wahid MEA, Nagappan T (2020) *Chlorella vulgaris*: A perspective on its potential for combining high biomass with high value bioproducts. Applied Phycology 1(1): 2-11

Safi C, Zebib B, Merah O, Pontalier PY, Vaca-Garcia C (2014) Morphology, composition, production, processing and applications of *Chlorella vulgaris*: A review. Renewable and Sustainable Energy Reviews 35: 265-278

Sánchez-Machad DI, López-Cervantes J, López-Hernández J, Paseiro-Losada P (2004) Fatty acids, total lipid, protein and ash contents of processed edible seaweeds. Food Chemistry 85(3): 439-444

Schmid M, Guihéneuf F, Stengel DB (2013) Fatty acid contents and profiles of 16 macroalgae collected from the Irish Coast at two seasons. Journal of Applied Phycology 26(1): 451-463

Ulbricht TLV, Southgate DAT (1991) Coronary heart disease: seven dietary factors. The Lancet 338: 985-992

Yoon GR, Amjad H, Weinrauch AM, Laluk A, Suh M, Anderson WG (2022) Long-term effects of EPA and DHA enriched diets on digestive enzyme activity, aerobic scope, growth and survival in age-0 Lake Sturgeon (Acipenser fulvescens). Aquaculture 552, 737972.

# Εκτίμηση του οξειδωτικού στρες προκαλούμενου από την επικάθιση επιβιωτικών ασκιδίων σε καλλιεργούμενα μύδια (*Mytilus galloprovincialis*)

**Δημήτριος Κ. Παπαδόπουλος[1], Κωνσταντίνος Φειδάντσης[1], Αθανάσιος Λάττος[1], Ιωάννης Α. Γιάντσης[2], Ιωάννης Α. Θεοδώρου[3], Βασίλειος Μιχαηλίδης[1]**

[1]Εργαστήριο Φυσιολογίας Ζώων, Τμήμα Ζωολογίας,Σχολή Θετικών Επιστημών, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, 54124, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα- dkpapado@bio.auth.gr, kfeidant@bio.auth.gr, lattosad@bio.auth.gr, michaeli@bio.auth.gr

[2]Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Δυτικής Μακεδονίας, 53100, Φλώρινα, Ελλάδα- igiantsis@uowm.gr

[3]Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Πατρών- jtheo@upatras.gr

## ABSTRACT

**Dimitrios Papadopoulos[1], Konstantinos Feidantsis[1], Athanasios Lattos[1], Ioannis A. Giantsis[2], John A. Theodorou[3], Basile Michaelides[1]: Assessment of oxidative stress caused by biofouling ascidians in cultured Mediterranean mussels (*Mytilus galloprovincialis*)**

Biofouling in marine aquaculture represents a crucial limitation to efficient and sustainable production. Biofouling in shellfish aquaculture leads to decrease in shellfish fitness. When organisms are under stress, physiological trade-offs take place, whereby energy is allocated away from growth and reproduction, as the organism focuses on physiological aspects that increase survival. Reduced growth rates, decreased flesh weight and lower survival along with the great cost of periodic removal of fouling organisms limits farm profitability. Since reactive oxygen species (ROS) are continuously generated in cellular level, in this work, we evaluated the possible oxidative stress caused by biofouling ascidians in farmed mussels using TBARS assay and measuring glutathione reductase activity in five seasonal samplings. Prooxidant/antioxidant balance can be overturned, leading to oxidative stress and thus harming the organism. Our results indicate oxidative stress caused by ascidians in mussels collected by all samplings where ascidians are present.

**Keywords: Acquaculture, Biofouling, Oxidative stress, *Mytilus galloprovincialis*, Ascidians**

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Ως επιβιωτικοί οργανισμοί θεωρούνται τα μη επιθυμητά είδη οργανισμών που επικάθονται και αναπτύσσονται σε φυσικές και τεχνητές επιφάνειες πλήττοντας ανθρώπινες δραστηριότητες, συμπεριλαμβανομένης της καλλιέργειας οστρακοειδών, ιχθύων και θαλάσσιων μακροφυκών. Η ανάπτυξη επιβιωτικών οργανισμών στις θαλάσσιες καλλιέργειες είναι από τους βασικούς ανασταλτικούς παράγοντες για μια αποδοτική και βιώσιμη καλλιέργεια (Dürr and Watson 2010). Στην καλλιέργεια των διθύρων οι επιβιώτες αυτοί προκαλλούν αρνητικές συνέπειες όπως χαμηλότερο ρυθμό αύξησης, μειωμένο βάρος, μικρότερους δείκτες ευρωστίας, αυξημένη θνησιμότητα και υποβάθμιση της ποιότητας σάρκας τους. Τα παραπάνω οφείλονται στον ανταγωνισμό των επιβιωτών με το καλλιεργούμενο είδος (τροφή, οξυγόνο), στην δυσκολία που συναντούνε τα δίθυρα στο άνοιγμα και κλείσιμο των θυρίδων και στην ασφυξία που μπορεί να προκαλέσουν (Woods et al. 2012).

Η μυδοκαλλιέργεια στην Ελλάδα περιλαμβάνει περισσότερες από 500 εγκαταστάσεις εκτροφής σε περιοχές όπως ο Θερμαϊκός, Μαλιακός, Σαρωνικός, Στρυμωνικός, Βιστωνικός, Αμβρακικός και Λωρίδα Σαγιάδας με συνολική δυναμικότητα παραγωγικότητας περί τους 40,000 τόνους (Theodorou et al., 2015). Η επικάθιση των εισβολικών ασκιδίων στα μύδια, απαιτεί επιπρόσθετη προσπάθεια για τον καθαρισμό και διαλογή τους, ενώ υποβαθμίζει την ποιότητά τους. Η διαχείριση των επιβιωτών εκτιμήθηκε το 2004 σε 5-10% του συνολικού κόστους παραγωγής (Lane and Willemsen 2004). Οι ενέργειες που εφαρμόζονται για το μετριασμό των επιπτώσεων ενδέχεται να ανεβάζουν το κόστος παραγωγής στην τελική τιμή του προϊόντος σε 20-30% για τις οστρακοκαλλιέργειες (Fitridge et al., 2012).

Οι δραστικές μορφές οξυγόνου (ROS) αναπτύσσονται συνεχώς εντός των κυττάρων ακόμα και κάτω από φυσιολογικές συνθήκες. Για το λόγο αυτό, οι αερόβιοι οργανισμοί έχουν αναπτύξει διάφορους αμυντικούς μηχανισμούς ώστε να αντιμετωπίζουν την οξειδωτική πίεση που δέχονται. Όταν οι

αντιοξειδωτικοί μηχανισμοί υπερκεραστούν, λόγω αυξημένης παραγωγής ROS, ανατρέπεται η προοξειδωτική/αντιοξειδωτική ισορροπία, φαινόμενο που οδηγεί σε μια κατάσταση που καλείται οξειδωτική καταπόνηση (οξειδωτικό stress). Η ανίχνευση και ποσοτικοποίηση του οξειδωτικού stress αποτελεί ένα αξιόπιστο εργαλείο εκτίμησης της καταπόνησης που δέχονται τα καλλιεργούμενα μύδια, λόγω της εγκατάστασης επιβιωτικών οργανισμών.

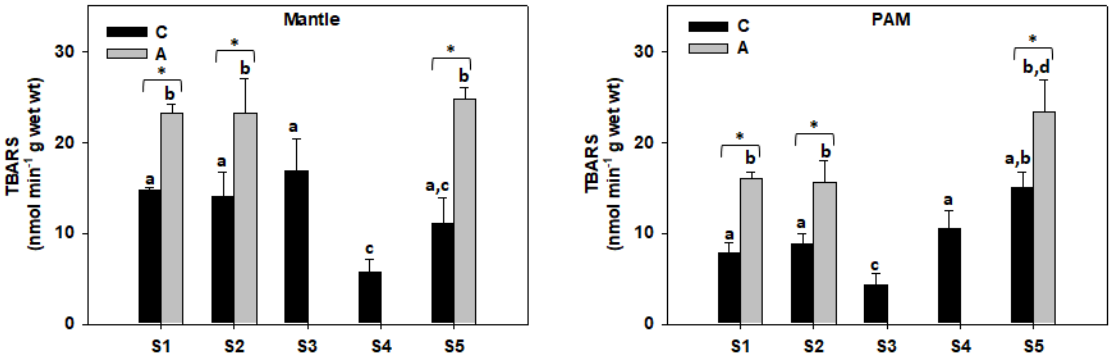
## ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

Για την μελέτη του οξειδωτικού stress σε μύδια επιβαρυμένα και μη, πραγματοποιήθηκε εποχική δειγματοληψία μυδιών στο πεδίο. Πιο συγκεκριμένα, σε 5 χρονικές στιγμές (Νοέμβριος του 2020 μέχρι Σεπτέμβριος του 2021: Νοέμβριος - S1, Φεβρουάριος - S2, Απρίλιος - S3, Ιούνιος - S4, Αύγουστος - S5) συλλέγονταν από 20 μύδια που έφεραν ασκίδια και 20 μύδια χωρίς ασκίδια. Η ανατομία λάμβανε χώρα επί τόπου και οι ιστοί του μανδύα (mantle) και του οπίσθιου προσαγωγού μυός (Posterior Adductor Muscle – PAM) αποθηκεύονταν άμεσα σε υγρό άζωτο και στη συνέχεια μεταφέρονταν στο εργαστήριο όπου αποθηκεύονταν στους -80ºC. Από τις συνολικά 5 δειγματοληψίες, σε 2 από αυτές (Μάρτιος, Ιούνιος) συλλέχθηκαν μόνο μη επιβαρυμένα μύδια, καθώς η αφθονία και η ποικιλότητατων ασκιδίων ήταν χαμηλές. Για την μελέτη του πιθανού οξειδωτικού stress, ως δείκτες, εξετάστηκαν η δραστικότητα του αντιοξειδωτικού ενζύμου ρεδουκτάση της γλουταθειόνης (GR) καθώς και η υπεροξείδωση των λιπιδίων με τη μέθοδο TBARS.

Οι ουσίες που αντιδρούν με το θειοβαρβιτουρικό οξύ (Thiobarbituric acid reactive substances, TBARS) παράγονται ως παραπροϊόντα της υπεροξείδωσης των λιπιδίων και μπορούν να ανιχνευθούν με την μέθοδο TBARS. Για την εκτίμηση της υπεροξείδωσης των λιπιδίων έγινε ομογενοποίηση των ιστών του μανδύα και του οπίσθιου προσαγωγού μυός των μυδιών, σύμφωνα με τη μέθοδο του Salach (1978). Το τελικό προϊόν, η μαλονδιαλδεϋδη (MDA), η οποία σχηματίζεται από την αποικοδόμηση των πολυακόρεστων λιπαρών οξέων λόγω των ελεύθερων ριζών, ποσοτικοποιήθηκε μέσω αντίδρασης με το θειοβαρβιτουρικό οξύ (TBARS). Τα επίπεδα των TBARS μετρήθηκαν σε φασματοφωτόμετρο στα 535 nm ($\varepsilon = 1.5 \times 10^5$ $Lmol^{-1}$ $cm^{-1}$). Τα αποτελέσματα εκφράστηκαν ως nmoles ανά γραμμάριο υγρού βάρους ιστού. Η δραστικότητα της ρεδουκτάσης της γλουταθειόνης (GR) προσδιορίστηκε επίσης φωτομετρικά, σύμφωνα με τη μέθοδο των Carlberg και Mannervik (1985), καταγράφοντας τις αλλαγές στην απορρόφηση του NADPH στα 340 nm.

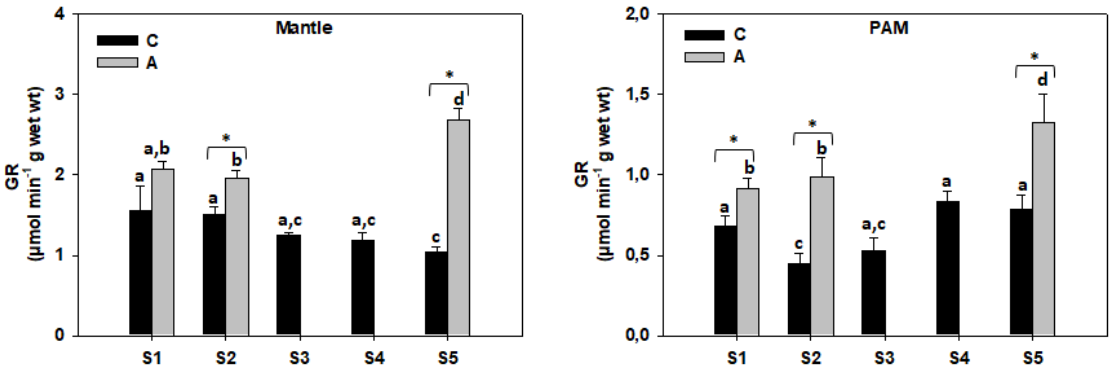
## ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα αποτελέσματα των δύο μεθόδων που εφαρμόστηκαν φαίνονται στις Εικόνες 1 και 2, από τις οποίες προκύπτει πως οι επιβαρυμένοι με ασκίδια πληθυσμοί μυδιών που εξετάστηκαν παρουσίασαν αυξημένα επίπεδα οξειδωτικού stress σε όλες τις περιπτώσεις.




Εικ.1: Αλλαγές στα επίπεδα των TBARS στον μανδύα (αριστερά) και στον οπίσθιο προσαγωγό μυ (δεξιά) των μυδιών *Mytilus galloprovincialis* στις 5 δειγματοληψίες. Οι τιμές αφορούν μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση. Τα πεζά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιβαρυμένων και μη μυδιών.

Fig.1: Changes in TBARS levels in mantle (left) and PAM (right) of *Mytilus galloprovincialis* in the five samplings. Values are means ± SD. Lower case letters represent statistically significant differences between mussels with biofouling ascidians and mussels without ascidians.




Εικ. 2: Αλλαγές στη δραστικότητα της ρεδουκτάσης της γλουταθειόνης (GR) στον μανδύα (αριστερά) και στον οπίσθιο προσαγωγό μυ (δεξιά) των μυδιών *Mytilus galloprovincialis* στις 5 δειγματοληψίες. Οι τιμές αφορούν μέσες τιμές ± τυπική απόκλιση. Τα πεζά γράμματα δείχνουν στατιστικά σημαντικές διαφορές μεταξύ των επιβαρυμένων και μη μυδιών.

Fig. 2: Changes in the activity of glutathione reductase (GR) in mantle (left) and PAM (right) of *Mytilus galloprovincialis*in the five samplings. Values are means ± SD. Lower case letters represent statistically significant differences between mussels with biofouling ascidians and mussels without ascidians.

Τα αποτελέσματα βρίσκονται σε συμφωνία με την εργασία του Sievers και των συνεργατών του (2013), όπου χρησιμοποιήθηκαν πειραματικοί αρμαθοί μυδιών οι οποίοι ενοφθαλμίστηκαν με χαμηλές προς μέτριες συγκεντρώσεις των ασκιδίων *Ciona intestinalis*, *Ectopleura crocea* και *Styela clava*. Η παρουσία των ασκιδίων μείωσε το ρυθμό αύξησης του κελύφους ενώ το βάρος της σάρκας των μυδιών ήταν μικρότερο σε ποσοστά 8-21%. Οι χαμηλότεροι ρυθμοί αύξησης και το μικρότερο βάρος πιθανότατα εξηγούνται αφενός από την προσπάθεια των μυδιών να αντιμετωπίσουν τον «παρασιτισμό» κατανέμοντας μέρος της διαθέσιμης ενέργειας σε μηχανισμούς άμυνας και αφετέρου αποδίδονται στον ανταγωνισμό για την διαθέσιμη τροφή με τους επιβιώτες. Η παρουσία των ασκιδίων επάγει την αντιοξειδωτική άμυνα των μυδιών και το φαινόμενο αυτό είναι υπαρκτό σε όλη τη διάρκεια του χρόνου. Οι Locke και Carman (2009) παρατήρησαν μειωμένη αύξηση, χειρότερη φυσική κατάσταση και μειωμένη επιβίωση των μυδιών *Mytilus edulis* σε συστήματα εκτροφής μακράς γραμμής που υπήρχε το ασκίδιο *Ciona intestinalis*.

Το οξειδωτικό stress έχει βλαπτικά αποτελέσματα για το κύτταρο και όλο τον οργανισμό, ενώ στην περίπτωση της μυδοκαλλιέργειας μπορεί να οδηγήσει σε απώλειες παραγωγής και υποβάθμιση της ποιότητας του προϊόντος. Η αποτροπή της εγκατάστασης επιβιωτικών οργανισμών και η διαχείριση αυτών, εφόσον έχουν εγκατασταθεί, αποτελούν κρίσιμα σημεία μελλοντικής έρευνας, με τελικό σκοπό την ανάπτυξη αποδοτικών και βιώσιμων μεθόδων μετριασμού των επιπτώσεων στην μυδοκαλλιέργεια.

## ΧΡΗΜΑΤΟΔΟΤΗΣΗ

Η εργασία είναι μέρος του προγράμματος με τίτλο «Ανάπτυξη βέλτιστων πρακτικών ελέγχου ξενικών ειδών ασκιδίων και λοιπών ειδών (μαλάκια, σπόγγοι) στις εγκαταστάσεις των μυδοκαλλιεργειών και μετριασμό των οικονομικών επιπτώσεων της εισβολής» υποστηριζόμενο (Κωδικός ΟΠΣ 5048463) που χρηματοδοτείταιαπό το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα «ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΟΑΛΑΣΣΑΣ 2014-2020» στα πλαίσια της πρόσκλησης «Προστασία και αποκατάσταση της Θαλάσσιας βιοποικιλότητας και των οικοσυστημάτων και καθεστώτα αντιστάθμισης στο πλαίσιο των βιώσιμων αλιευτικών δραστηριοτήτων - Δράση: συμμετοχή σε άλλες δράσεις που αποσκοπούν στη διατήρηση και βελτίωση της βιοποικιλότητας και των υπηρεσιών οικοσυστήματος, όπως η αποκατάσταση συγκεκριμένων Θαλάσσιων και παράκτιων οικοτόπων για τη στήριξη βιώσιμων αλιευτικών αποθεμάτων, συμπεριλαμβανομένης της επιστημονικής προετοιμασίας και αξιολόγησής τους - Χωροκατακτητικά Ξένα Είδη».

## ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ


Carlberg, I., & Mannervik, B. (1985). [59] Glutathione reductase. In *Methods in enzymology* (Vol. 113, pp. 484-490). Academic press.

Dürr, S., &Watson, D. I. (2010). Biofouling and antifouling in aquaculture. *Biofouling*, *12*, 267-287.

Fitridge, I., Dempster, T., Guenther, J., & De Nys, R. (2012). The impact and control of biofouling in marine aquaculture: a review. *Biofouling*, *28*(7), 649-669.

Lane, A., & Willemsen, P. (2004). Collaborative effort looks into biofouling. *Fish Farming Int*, *44*, 34-35.

Locke, A., & Carman, M. (2009). Ecological interactions between the vase tunicate (Cionaintestinalis) and the farmed blue mussel (Mytilusedulis) in Nova Scotia, Canada. *Aquatic Invasions*, *4*(1), 177-187.

Salach Jr, J. I. (1978). [49] Preparation of monoamine oxidase from beef liver mitochondria. In *Methods in enzymology* (Vol. 53, pp. 495-501). Academic Press.

Sievers, M., Fitridge, I., Dempster, T., &Keough, M. J. (2013).Biofouling leads to reduced shell growth and flesh weight in the cultured mussel Mytilusgalloprovincialis. *Biofouling*, *29*(1), 97-107.

Theodorou, J. A., Perdikaris, C., &Filippopoulos, N. G. (2015). Evolution through innovation in aquaculture: the case of the hellenicmariculture industry (Greece). *Journal of Applied Aquaculture*, *27*(2), 160-181.

Woods, C., Floerl, O., & Hayden, B. J. (2012). Biofouling on Greenshell™ mussel (Pernacanaliculus) farms: a preliminary assessment and potential implications for sustainable aquaculture practices. *Aquaculture International*, *20*(3), 537-557.

# ΠΑΡΟΥΣΙΑΣΕΙΣ ΕΡΕΥΝΗΤΙΚΩΝ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

## Οικοκεντρική διαχείριση της αλιείας στο Αιγαίο Πέλαγος (EcoScope project)

Αθανάσιος Τσίκληρας[1], Σοφία Μανούση[1], Λουκία Καλαϊτζή[2], Χριστίνα Οικονόμου[2], Εύα Δασκαλάκη[1], Νίκος Κόκκος[3], Δόμνα Δημαρχοπούλου[4,5], Βέρα Αλεξανδροπούλου[2], Γεώργιος Συλαίος[3]

[1] Εργαστήριο Ιχθυολογίας, Τμήμα Βιολογίας, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη, Ελλάδα (atsik@bio.auth.gr)
[2] ΑΕΝΑΟΣ Θάλασσα, Κ. Μαυρομιχάλη 3, 18545 Πειραιάς
[3] Εργαστήριο Οικολογικής Μηχανικής & Τεχνολογίας, Τμήμα Μηχανικών Περιβάλλοντος, Δημοκρίτειο Πανεπιστήμιο Θράκης, Ξάνθη, Ελλάδα
[4] Department of Biology, Dalhousie University, Halifax, NS, Canada
[5] Department of Biology, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, USA

Περίληψη

Το πρόγραμμα EcoScope (***Ecocentric management for sustainable fisheries and healthy marine ecosystems*** - Grant 101000302, www.ecoscopium.eu) είναι ευρωπαϊκό έργο H2020 (BG-10-2020 στην προκήρυξη με τίτλο "Fisheries in the full ecosystem context") που στοχεύει να ασχοληθεί με την υποβάθμιση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, τις ανθρωπογενείς δράσεις και τη μη-βιώσιμη αλιεία σχεδιάζοντας μια αποδοτική, ολιστική και βιώσιμη οικοσυστημική διαχείριση των αλιευτικών πόρων με σκοπό την αποκατάσταση της βιωσιμότητας της αλιείας και τη διασφάλιση ισορροπίας μεταξύ διατροφικής ασφάλειας και υγιών θαλασσών.

Το πρόγραμμα EcoScope θα αναπτύξει μια διαλειτουργική πλατφόρμα (EcoScope Platform) και μια εργαλειοθήκη λήψης αποφάσεων (EcoScope Toolbox), διαθέσιμη μέσω μιας ενιαίας δημόσιας πύλης, για την προώθηση της αποτελεσματικής οικοκεντρικής διαχείρισης της αλιείας στις ευρωπαϊκές θάλασσες. Η πλατφόρμα θα οργανώσει και θα ομογενοποιήσει κλιματικά, ωκεανογραφικά, βιογεωχημικά, βιολογικά και αλιευτικά δεδομένα σε ενιαία μορφή που θα διατίθενται ελεύθερα στους χρήστες για το σύνολο των ευρωπαϊκών θαλασσών. Η εργαλειοθήκη θα προσφέρει ένα μετρικό σύστημα αλιευτικών και οικονομικών δεικτών και οικοσυστημικών μοντέλων που θα εξετάζει διαχειριστικά σενάρια σε οκτώ περιοχές, από τις οποίες οι τέσσερεις στη Μεσόγειο (Αδριατική, Αιγαίο, Βαλεαρίδες και Λεβαντίνη). Διάφορες ομάδες τελικών χρηστών και ενδιαφερόμενων φορέων θα συμβάλλουν στον σχεδιασμό των εργαλείων και στις προτάσεις σεναρίων. Θα δημιουργηθούν επίσης διαδικτυακά μαθήματα, επιμορφωτικές ταινίες, θερινά σχολεία και ηλεκτρονικά παιχνίδια στο πλαίσιο της Ακαδημίας (EcoScope Academy). Μια σειρά από οικοσυστημικά μοντέλα ECOPATH (EwE) θα αναπτυχθούν στις οκτώ περιοχές με χρονική (ECOSIM) και χωρική (ECOSPACE) διάσταση. Τέλος, η πλατφόρμα θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού (MSP Challenge simulation platform) θα αναπτυχθεί στην ανατολική Μεσόγειο (Αιγαίο και Λεβαντίνη) για να βοηθήσει τους υπεύθυνους λήψης αποφάσεων, ενδιαφερόμενους φορείς και επιστήμονες να κατανοήσουν και να διαχειριστούν τη Γαλάζια Οικονομία και τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Η έκδοση για την ανατολική Μεσόγειο θα περιλαμβάνει και εργαλεία αλιευτικής διαχείρισης. Η πλατφόρμα, η εργαλειοθήκη και τα οικοσυστημικά μοντέλα θα ενσωματώνουν μεθόδους που θα αναλύουν την αβεβαιότητα των αποτελεσμάτων και θα δίνουν την δυνατότητα εύκολης υλοποίησης σεναρίων διαχείρισης.

Η διεπιστημονική κοινοπραξία του EcoScope συντονίζεται από το ΑΠΘ και αποτελείται από 24 εταίρους (πανεπιστήμια, ερευνητικά κέντρα, οργανισμούς και εταιρίες) που καλύπτουν γεωγραφικά ολόκληρη την Ευρώπη και ιδιαίτερα τις περιοχές ενδιαφέροντος. Ο συνολικός προϋπολογισμός του έργου EcoScope είναι 7,92 εκατομμύρια ευρώ και η διάρκειά του 48 μήνες (Σεπτέμβριος 2021- Αύγουστος 2025).

# Ecocentric fisheries management in the Aegean Sea (EcoScope project)

Athanassios C. Tsikliras[1], Sophie Manousi[1], Loukia Kalaitzi[2], Christina Economou[2], Eva Daskalaki[1], Nikos Kokkos[3], Donna Dimarchopoulou[4,5], Vera Alexandropoulou[2], Georgios Sylaios[3]

[1] Laboratory of Ichthyology, School of Biology, Aristotle University of Thessaloniki, Thessaloniki, Greece
[2] AENAOS Thalassa, K. Mavromichali 3, Piraeus, Greece
[3] Laboratory of Ecological Engineering & Technology, Department of Environmental Engineering, Democritus University of Thrace, Xanthi, Greece
[4] Department of Biology, Dalhousie University, Halifax, NS, Canada
[5] Department of Biology, Woods Hole Oceanographic Institution, Woods Hole, MA, USA

## Abstract

EcoScope (***Ecocentric management for sustainable fisheries and healthy marine ecosystems*** - Grant 101000302, www.ecoscopium.eu) is an H2020 funded project (BG-10-2020 work programme topic "Fisheries in the full ecosystem context") that aims to address ecosystem degradation, anthropogenic impacts and unsustainable fisheries and to co-design and promote efficient, holistic, sustainable, ecosystem-based fisheries management that will aid towards restoring fisheries sustainability and ensuring balance between food security and healthy seas. The EcoScope project will develop an interoperable platform and a robust decision-making toolbox, available through a single public portal, to promote ecocentric fisheries management in European Seas. The EcoScope Platform will organise and homogenise climatic, oceanographic, biogeochemical, biological and fisheries datasets for European Seas to a common standard type and format that will be available to the users through interactive mapping layers. The EcoScope Toolbox is a scoring system that will host ecosystem models, socio-economic indicators, fisheries and ecosystem assessment tools and will be used to examine and develop fisheries management and marine policy scenarios. The toolbox will be developed in eight case studies, four of which are located in the Mediterranean Sea (Adriatic Sea, Aegean Sea, Balearic Islands and Levantine Sea). Various groups of end-users and stakeholders will be involved in the design, development and operation of both the platform and the toolbox. Novel assessment methods for data-poor fisheries, including non-commercial species, as well as for biodiversity and the conservation status of protected megafauna, will be used to assess the status of all ecosystem components in the four Mediterranean case study areas and test new technologies for evaluating the environmental, anthropogenic and climatic impact on ecosystems and fisheries. A series of sophisticated capacity building tools, such as online courses, documentary films, webinars and games, will be available to stakeholders through the EcoScope Academy. A series of ecosystem ECOPATH (EwE) models will be developed in all case study areas along with their temporal (ECOSIM) and spatial (ECOSPACE) components. Finally, a Maritime Spatial Planning (MSP) Challenge simulation platform will be developed for the eastern Mediterranean Sea (Aegean and Levantine Seas) to help decision-makers, stakeholders and students understand and manage the maritime (blue) economy and marine environment. The eastern Mediterranean edition of the MSP Challenge Simulation Platform will include a fisheries management tool. The platform, the toolbox and the ecosystem models will incorporate methods for dealing with uncertainty and deep uncertainty.

The interdisciplinary EcoScope consortium, coordinated by Aristotle University of Thessaloniki, consists of 24 partners representing academia, research, NGO and SMEs with an extended geographical coverage across Europe that encompasses all European marine ecosystems included in the project. The total budget allocated to the EcoScope project is 7.92 million euros and the project duration is 48 months (September 2021- August 2025).

# Innovative blockchain traceability technology and Stakeholders' Engagement strAtegy for boosting Sustainable sEafood visibility, social acceptance and consumption in Europe

**Ιωάννα Αργυρού, Κατερίνα Ιορδανίδου, Θεονία Κόλλια, Μαρία-Ελένη Μπαλάτσα**
ΝΑΥΣ, Σύμβουλοι Επιχειρησιακής Ανάπτυξης – j .Argyrou@nays.gr, katerina.i@nays.gr, info@nays.gr

**ABSTRACT**
Ιωάννα Αργυρού1, Κατερίνα Ιορδανίδου1, Θεονία Κόλλια1, Μαρία-Ελένη Μπαλάτσα1: Innovative blockchain traceability technology and Stakeholders' Engagement strAtegy for boosting Sustainable sEafood visibility, social acceptance and consumption in Europe
Οι πολιτικές της Ευρωπαϊκής ένωσης για το περιβάλλον και την ασφάλεια των τροφίμων, όπως η Πράσινη Συμφωνία (COM(2019) 640 final), η Βιοοικονομία (COM(2018) 673 final; Κολλάρου 2020), η Κυκλική Οικονομία (COM(2020) 98 final) και η Στρατηγική «Farm 2 Fork» (COM(2020) 381 final) στοχεύουν στη διασφάλιση βιώσιμης και φιλικής προς το περιβάλλον, παραγωγής και κατανάλωσης θαλασσινών στην Ευρώπη. Ωστόσο, για να μπορέσει να επιτευχθεί η πλήρης διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα των θαλασσινών προϊόντων υπάρχουν αρκετές προκλήσεις που πρέπει πρώτα να αντιμετωπιστούν, όπως: (α) η ανεπαρκής πληροφόρηση για τα θαλασσινά, συμπεριλαμβανομένου του είδους, της προέλευσης, των αλιευτικών εργαλείων και των ζωοτροφών, των μεθόδων παραγωγής, επεξεργασίας και μεταφοράς, (β) οι μη βιώσιμες πρακτικές, όπως η χρήση μη αποδεκτών εργαλείων με υψηλά «παρεμπίπτοντα» αλιεύματα, η σύλληψη ψαριών και ασπόνδυλων μικρού μεγέθους, η παράνομη και άναρχη αλιεία και οι λανθασμένες σημάνσεις στις ετικέτες, καθώς και (γ) η έλλειψη ψηφιοποίησης και ειδικά σχεδιασμένων ψηφιακών εργαλείων για την ιχνηλασιμότητα των θαλασσινών προϊόντων. Το έργο αλλά και η λύση Sea2See, μέσω μιας κοινοπραξίας 14 εταίρων από 8 Ευρωπαϊκές χώρες, στοχεύει στην ενδυνάμωση της εμπιστοσύνης μεταξύ των καταναλωτών και όλης της παραγωγικής αλυσίδας θαλασσινών, που μπορεί να επιτευχθεί με την ανάπτυξη ενός καινοτόμου μοντέλου ιχνηλασιμότητας σε όλη την αλυσίδα των θαλασσινών και την ταυτόχρονη εφαρμογή κατάλληλα σχεδιασμένων στρατηγικών για την παράλληλη ευαισθητοποίηση του καταναλωτικού κοινού, όσον αφορά τα οφέλη της βιώσιμης αλιείας θαλασσινών. Πιο συγκεκριμένα, η υλοποίηση του ανωτέρω καινοτόμου και πολλά υποσχόμενου έργου θα πραγματοποιηθεί μέσω της: (α) Ανάπτυξης μιας ολιστικής προσέγγισης συνδημιουργίας για βιώσιμη ποιότητα, διαφάνεια και ιχνηλασιμότητα των θαλασσινών προϊόντων, (β) Αξιοποίησης μιας πληθώρας πρακτικών ευαισθητοποίησης και εκπαίδευσης για την αύξηση της βιώσιμης κατανάλωσης θαλασσινών, (γ) Ανάπτυξης ενός μοντέλου blockchain για τη συλλογή δεδομένων ιχνηλασιμότητας από την βιομηχανία θαλασσινών, (δ) Αξιολόγησης των πλεονεκτημάτων και των οφελών από την εφαρμογή του προτεινόμενου μοντέλου blockchain, (ε) Ανάπτυξης ενός τυποποιημένου πλαισίου αξιολόγησης του κύκλου ζωής για τον εντοπισμό και τον ποιοτικό και ποσοτικό προσδιορισμό των κύριων πηγών περιβαλλοντικών επιπτώσεων.

Keywords: Sustainability, Circular Economy, Blockchain, Traceability, LCA, seafood

**ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**
Ανακοινώσεις – Ευρωπαϊκή Επιτροπή
COM(2019) 640 final. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE EUROPEAN COUNCIL, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. The European Green Deal.
COM(2018) 673 final. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A sustainable Bioeconomy for Europe: Strengthening the connection between economy, society and the environment {SWD(2018) 431 final}.
COM(2020) 98 final. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS. A new Circular Economy Action Plan For a cleaner and more competitive Europe.
COM(2020) 381 final. COMMUNICATION FROM THE COMMISSION TO THE EUROPEAN PARLIAMENT, THE COUNCIL, THE EUROPEAN ECONOMIC AND SOCIAL COMMITTEE AND THE COMMITTEE OF THE REGIONS A Farm to Fork Strategy for a fair, healthy and environmentally-friendly food system.

Εργασίες/ Μεταπτυχιακές Διατριβές

Κολλάρου, Αννέζα (2020) Ανάλυση στρατηγικών Βιοοικονομίας. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Τμήμα Οικονομικής Επιστήμης Πανεπιστημίου Πειραιώς.

## Έργο «Μετρητής Νωπότητας ψαριών» - "FRESQO"

Το Έργο «Μετρητής Νωπότητας ψαριών» - "FRESQO" έχει κατά αποκλειστικότητα χρηματοδοτηθεί από το Επιχειρησιακό Πρόγραμμα ΑΛΙΕΙΑΣ & ΘΑΛΑΣΣΑΣ 2014 - 2020 (Καινοτομία στην Αλιεία) με συνολικό προϋπολογισμό 478.000 ευρώ, με εταίρους το ΕΚ 'Αθηνά' ως συντονιστή, το ΙΘΑΒΙΠΕΥ/ΕΛΚΕΘΕ, το Ι.Π./ΙΤΕ και το Τμήμα Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών της Σχολής Γεωπονικών Επιστημών του Πανεπιστημίου Πατρών.

Ο βασικός στόχος του Εργου το οποίο ολοκληρώνεται στις 3.11.2022 είχε ως βασικό στόχο την ποσοτικοποίηση και εκτίμηση της νωπότητας των ψαριών με αντικειμενικούς όρους και αντιμετώπιση των υπαρχουσών μεθόδων και οργάνων ελέγχου της βαθμονόμησης. Η βαθμονόμηση (calibration) ως γνωστόν πραγματοποιείται γίνεται για συγκεκριμένα είδη ψαριών και απαιτεί μια εκτεταμένη σειρά πειραματικών μετρήσεων και επαληθεύσεων για κάθε ψάρι (είδος) και για κάθε περιοχή εξαλίευσης (προέλευση). Συνήθως, τα όργανα αποδίδουν μόνο για συγκεκριμένα είδη (species specific) προερχόμενα από γνωστές περιοχές.

Το έργο FRESQO αντιμετωπίζει αποτελεσματικά αυτή την αδυναμία και προσφέρει μία υποδομή η οποία μπορεί να μας δώσει με μεγάλη ακρίβεια ένδειξη της νωπότητας σε 14 κύρια εμπορεύσιμα είδη ανεξάρτητα από ποια περιοχή έχουν αλιευτεί. Η μεθοδολογία και η υποδομή έτσι όπως έχει σχεδιαστεί μπορεί να εφαρμοστεί σε οποιοδήποτε είδος.

Για να επιτευχθεί αυτός ο στόχος, αξιοποιήθηκαν οι τελευταίες εξελίξεις της τεχνολογίας της υπέρ-φασματικής ανάλυσης εικόνας σε συνδυασμό με τα τελευταίας τεχνολογίας πληροφορικά εργαλεία της επιστήμης δεδομένων για αποτελεσματική και πολυεπίπεδη διαχείριση δεδομένων σε συνδυασμό με τα αποτελέσματα ερευνας σε βιολογικό – ιχθυολογικό επίπεδο αναφορικά με τις παραμέτρους καθορισμού νωπότητας αλιευμάτων. Συγκεκριμένα, αξιοποιήθηκαν οι χρωματικές μεταβολές ορισμένων ιστών του σώματος των ψαριών (βράγχια, θολερότητα ματιών) στο σκέλος του αόρατου φάσματος με σκοπό την υπέρ-φασματική καταγραφή και ανάλυση των χρωματικών μεταβολών της εικόνας σαν συνέπεια της αλλοίωσης των ψαριών. Η υποδομή FRESQO αξιοποιεί τις χρωματικές μεταβολές στους ιστούς των ψαριών χρησιμοποιώντας εργαλεία ανάλυσης εικόνας και παρέχει μια ασφαλή εκτίμηση του δείκτη νωπότητας των ψαριών. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης επικουρήθηκαν από παράλληλες χημικές αναλύσεις και οργανοληπτικές μετρήσεις για την πιστοποίηση της ορθότητας των εκτιμήσεων. Το σύνολο των ορθών εκτιμήσεων αξιοποιήθηκαν από εργαλεία μηχανικής μάθησης (machine learning tools) με σκοπό την βελτιστοποίηση των εκτιμήσεων.

Το τελικό αποτέλεσμα είναι ένα γενικής χρήσης, φορητό, εύχρηστο και ταχύτατο αναλυτικό εργαλείο/υποδομή το οποίο θα μας παρέχει ένα αξιόπιστο δείκτη νωπότητας για όλα τα ψάρια.

Σύνδεσμος περισσότερων πληροφοριών: ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΕΡΓΟΥ
ΕΝΗΜΕΡΩΤΙΚΟ ΥΛΙΚΟ ΚΑΙ ΒΙΝΤΕΟ

## ΜΕΓΑ ΧΟΡΗΓΟΙ

ΟΚΑΑ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΣ ΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΓΟΡΩΝ & ΑΛΙΕΙΑΣ Α.Ε.

A.P.C. SA ADVANCED PLANNING CONSULTING

σαω

SCIENTACT

## ΧΟΡΗΓΟΙ

ΗΑΡΟ HELLENIC AQUACULTURE PRODUCERS ORGANIZATION

ΕΛΟΠΥ ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΟΡΓΑΝΩΣΗ ΠΑΡΑΓΩΓΩΝ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

ΕΛΛΗΝΙΚΕΣ ΑΛΥΚΕΣ

kastelorizo group est. 1981

KEFALONIA fisheries

ΕΜΠΟΡΟΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΙΕΡΑΣ ΠΟΛΕΩΣ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

NAYS ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΗΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

KONBA

ENVIROPLAN S.A. Consultants & Engineers

AVRAMAR Better Fish, Better Lives

ΣΥΝΔΕΣΜΟΣ ΑΛΙΕΥΤΙΚΩΝ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΩΝ ΕΛΛΗΝΙΚΩΝ ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΩΝ "ΣΤΕΛΙΟΣ ΜΠΑΛΑΣΗΣ"

METRICA

MED FRIGO always on time FOOD LOGISTICS - INTERNATIONAL TRANSPORT

ΓΕΩΡΓΙΟΣ ΜΑΤΘΑΙΟΥ Βιολόγος – Ιχθυολόγος Συμβουλευτικές υπηρεσίες - Μελέτες

Αλιευτικός συνεταιρισμός "Παναγία Φανερωμένη"

Αλιευτικός συνεταιρισμός "Άγιος Στέφανος"

ΑΛΙΕΥΤΙΚΟΣ ΣΥΝΕΤΑΙΡΙΣΜΟΣ «ΑΝΑΓΕΝΝΗΣΗ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ» ΙΧΘΥΟΤΡΟΦΕΙΟ ΚΛΕΙΣΟΒΑΣ

## ΧΟΡΗΓΟΙ ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑΣ

ΑΧΕΛΩΟΣ

ΑΙΧΜΗ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ

ΣΚΑΪ ΠΑΤΡΑΣ 89,4

MESSOLONGHI BY LOCALS

Αλιευτικά Νέα

ΟΡΓΑΝΩΣΗ

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ ΣΥΛΛΟΓΟΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΩΝ ΔΗΜΟΣΙΟΥ

ΣΥΝΔΙΟΡΓΑΝΩΣΗ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ UNIVERSITY OF PATRAS

ΥΠΟ ΤΗΝ ΑΙΓΙΔΑ

ΕΛΛΗΝΙΚΗ ΔΗΜΟΚΡΑΤΙΑ Υπουργείο Αγροτικής Ανάπτυξης και Τροφίμων

ΥΠΟΣΤΗΡΙΞΗ

ΠΕΡΙΦΕΡΕΙΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ χώρα ανεπίδεικτη!

ΔΗΜΟΣ ΙΕΡΑΣ ΠΟΛΕΩΣ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ

ΤΕΧΝΙΚΟ ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΕΛΛΑΔΑΣ

ΕΠΙΜΕΛΗΤΗΡΙΟ ΑΙΤΩΛΟΑΚΑΡΝΑΝΙΑΣ

Ε.Π. ΑΛΙΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΑΛΑΣΣΑΣ 2014 - 2020