

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

Αντιγόνη Σαμουρδάνη¹, Βλάσιος Κετσιλής-Ρίνης¹, Μάρθα Κουτσίδα¹, Αλέξης Λάζαρης¹,
Παναγιώτα Περιστεράκη², Ευάγγελος Τζανάτος¹

¹Τμήμα Βιολογίας, Πανεπιστήμιο Πατρών, 26504, Ρίο, Πάτρα – a.samourdani@gmail.com

²Ινστιτούτο 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 19^{ου} 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 το 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 m², ήταν αρκετά μικρότερες απ' ό τι 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 m²). Ο λόγος των δύο μεγεθών αποτέλεσε την πυκνότητα (αριθμός ατόμων/1000m²) του είδους.

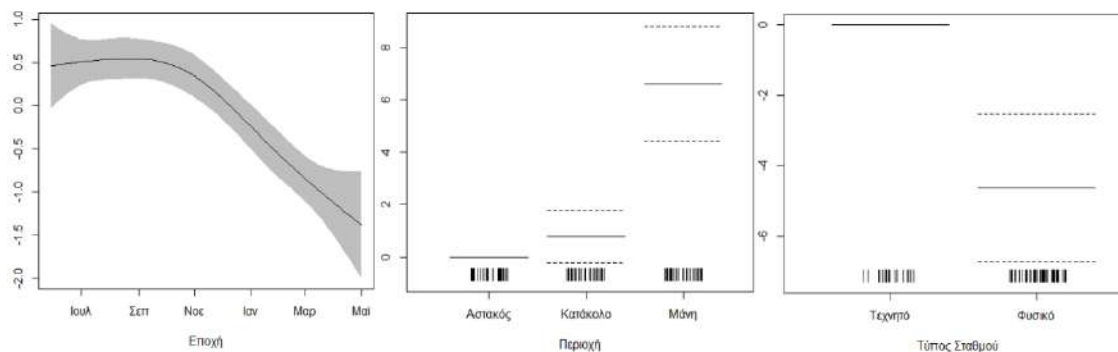
Τα δεδομένα αναλύθηκαν με τη χρήση Γενικευμένων Προσθετικών Μοντέλων (Generalized Additive Models – GAMs) μέσω του πακέτου mgcv (v1.8-38, Wood 2017) στη γλώσσα προγραμματισμού R 4.1.2 (R Core Team 2021). Το μοντέλο χρησιμοποιήθηκε προκειμένου να μελετηθεί αν επηρεάζεται η πυκνότητα των λεοντόψαρων συναρτήσει 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/1000m², στο Κατάκολο είναι ίση με 0.159 άτομα/1000 m² και στη Μάνη μέγιστη με 1.516 άτομα/1000m² (Εικ.1). Με την εξάπλωση του λεοντόψαρου να ακολουθεί το τυπικό πρότυπο των λεοσειψιανών εισβολών, 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 εποίκισμού 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/1000m², φυσικοί: 0.802 άτομα/1000m²). 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/1000m²), και τις μικρότερες τον χειμώνα και την άνοιξη (ελάχιστη μέση τιμή το δίμηνο Μαρτίου–Απριλίου με 0.191 άτομα/1000m²). 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 υποθεθεί 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 20^ο 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-Casaldueiro 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-Konstantinidou 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, & Papatthanassiou 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.