



18^ο ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟ ΣΥΝΕΔΡΙΟ ΙΧΘΥΟΛΟΓΩΝ

ΥΔΡΟΒΙΟΙ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΠΟΡΟΙ: Ανάδειξη-Προστασία-Βιώσιμη ανάπτυξη

ΘΕΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΟΤΗΤΕΣ

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

ΠΡΑΚΤΙΚΑ

3-6 Νοεμβρίου 2022, Μεσολόγγι

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 fan 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* (fan 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 υποπαρθαλάσσια ζώνη σε εύρος βάθους έως 60 μέτρα (Butler et al. 1993; Garcia-March et al. 2008).

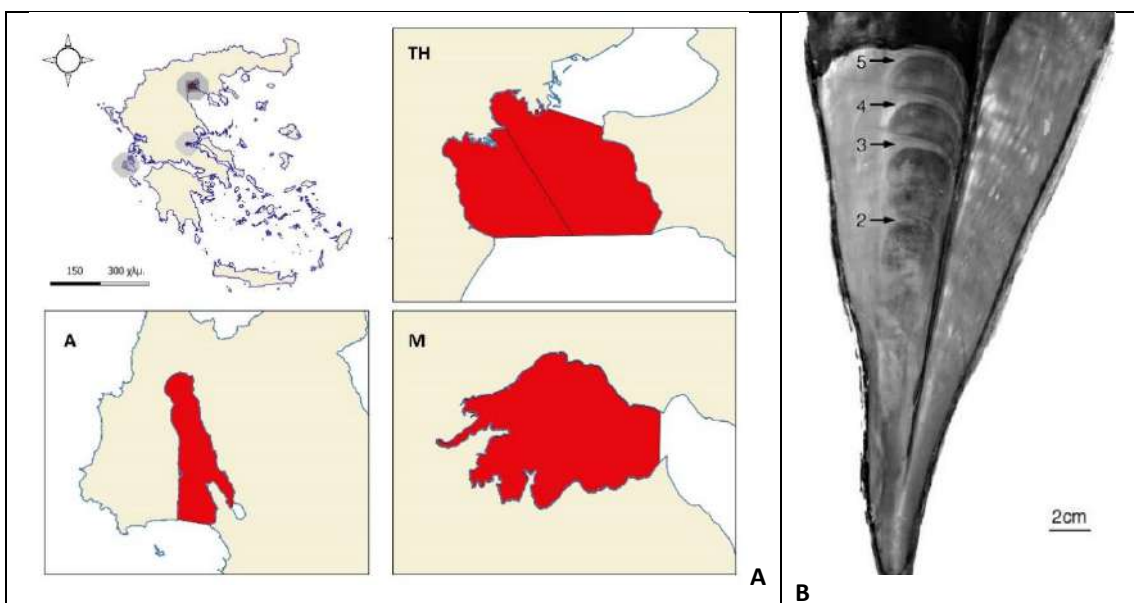
Το είδος μετά τις μαζικές θνησιμότητες που καταγράφηκαν το φθινόπωρο του 2016 στις ακτές της Ισπανίας (Vázquez-Luis et al. 2017), οι οποίες επεκτάθηκαν σε όλη την Μεσόγειο (Zotou et al. 2020), απειλείται με εξαφάνιση, με αποτέλεσμα την ένταξή του από το 2019 στην κόκκινη λίστα των απειλούμενων ειδών 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 1B].



Εικόνα 1. Α. Περιοχές δειγματοληψίας: Θερμαϊκός κόλπος (TH) - Μαλιακός κόλπος (M) – κόλπος Αργοστολίου (Α). 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).

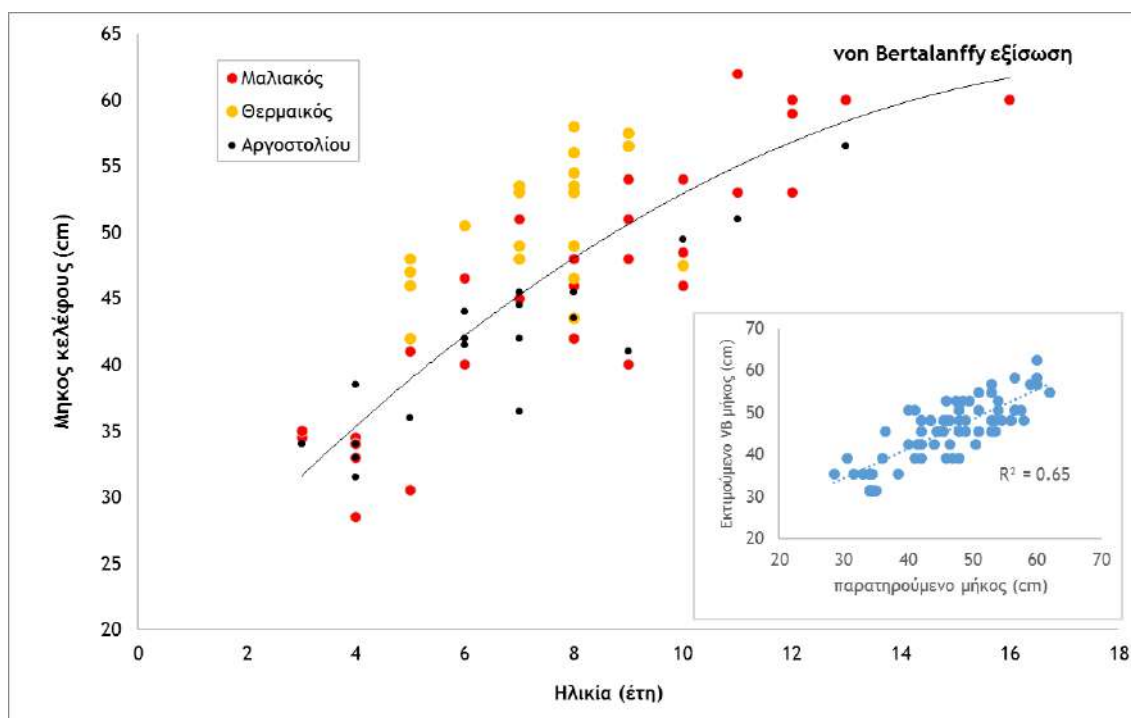
Και για τους τρεις πληθυσμούς υπολογίστηκε η μέση αύξηση του μήκους κελύφους ανά ηλικία με βάση την εξίσωση Von Bertalanffy (VBGF): $L_t = L_{\infty}(1 - e^{-k(t-t_0)})$ όπου (L_t) είναι το μήκος στην ηλικία (t), (L_{∞}) είναι το ασύμπτωτο μήκος, (k) ο συντελεστής ανάπτυξης και (t_0) ο θεωρητικός χρόνος 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: $L_{\infty} = 65.82\text{cm}$, $k = 0.136\text{ y}^{-1}$ και $t_0 = 1.91\text{ y}$, $r^2 = 0.65$, 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 βάσει 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 υπολογίστηκε η κοινή μέση τιμή (\pm 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:

$$L_t = 65.82 (1 - e^{-0.136(t-1.91)}) + 4.20 \text{ για τον πληθυσμό του Θερμαϊκού και}$$

$$L_t = 65.82 (1 - e^{-0.136(t-1.91)}) - 1.85 \text{ για τους πληθυσμούς Αργοστολίου και Μαλιακού.}$$

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 $L_{max} = 72.51$ cm (Theodorou et al. 2017) και στην περιοχή του κόλπου του Αργοστολίου καταγράφηκε το 2019 μέγιστο μήκος κελύφους $L_{max} = 70.70$ cm (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 $L < 55.00$ cm (Galinou-Mitsoudi et al. 2006), η μέγιστη καταγραφόμενη ηλικία ήταν τα 28 έτη ($L_{max} = 69.10$ cm), 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: $\phi'(\pm SD) = 2.86 \pm 0.16$), 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; García-March & Marquez-Aliaga 2007; García-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 υπολογίστηκε 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 Υδατοκαλλιέργειών, Μεσολόγγι.
- Butler A, Vicente N, de Gaulejac B (1993) Ecology of the pteriid 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 & Υδατοκαλλιέργειών, 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, Papoutsis 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.
- García-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.
- García-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 MÁ, 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).
- García-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, Čížmek 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 Protéger en Méditerranée*. GIS Posidonie, Marseille, p. 169-178.