



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ, ΑΛΙΕΑΣ-
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Εκτίμηση παραμέτρων ιστοριών ζωής της αθερίνας στη λίμνη
Τριχωνίδα**

Αλεξάνδρα Δουληγέρη (Α.Μ. 12305)

Εισηγητής: Γ. Κατσέλης (Καθηγητής)

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2021

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Γεώργιος Κατσέλης^{1,2}, Καθηγητής Καθηγητής Τμήματος ΖΠΑΥ, Πανεπιστήμιο Πατρών

Ιωάννης Κλαδάς², Καθηγητής Καθηγητής Τμήματος ΖΠΑΥ, Πανεπιστήμιο Πατρών

Ιωάννης Θεοδώρου², Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος ΖΠΑΥ, Πανεπιστήμιο Πατρών

¹Επιβλέπων Καθηγητής

²Μέλη της εξεταστικής επιτροπής

Αναφορά: Δουληγέρη Α. 2021. *Εκτίμηση παραμέτρων ιστοριών ζωής της αθερίνας στη λίμνη Τριχωνίδα*. Πτυχιακή Διπλωματική Εργασία, Πανεπιστήμιο Πατρών, Τμήμα Ζωικής Παραγωγής, Αλιείας & Υδατοκαλλιεργειών, 27 σελ..

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	3
1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	4
1.1. Αθερίνα	4
1.2 Λίμνη Τριγωνίδα	5
.....	6
1.3. Μορφομετρικά δεδομένα	6
1.4. Σκοπός της εργασίας	7
2. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ	8
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	10
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	16
4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	21
Περίληψη	26
Abstract	27

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Αθερίνα

Η *Atherina boyeri* (Risso 1810), είναι ένα ευρύαλο είδος τελεόστεου ιχθύ, που συναντάται σε θαλάσσια και υφάλμυρα οικοσυστήματα, καθώς και εσωτερικά νερά (Kottelat and Freyhof 2007). Ανήκει στην τάξη Atherinoformes και στην οικογένεια Atherinidae (συστηματική κατανομή της αθερίνας στον **Πίνακα 1**). Τα ενήλικα άτομα σχηματίζουν μεγάλα κοπάδια. Είναι σαρκοφάγα, τρέφονται με μικρά καρκινοειδή, σκουλήκια, μαλάκια (Quignard and Pras 1986) και λάρβες ιχθύων (Muus and Nielsen 1999). Το είδος ζει συνήθως 1 με 2 χρόνια, ενώ σπάνια φτάνει τα 4 χρόνια.

Η χωρική κατανομή του είδους συναντάται στον Ατλαντικό, από την Πορτογαλία μέχρι την Μαυριτανία και σε όλη τη Μεσόγειο και τη Μαύρη θάλασσα. Επίσης υπάρχουν απομονωμένοι πληθυσμοί στις ακτές της Αγγλίας και της Ολανδίας (Quignard and Pras 1986) (**Εικόνα 1**). Οι πιο σημαντικοί πληθυσμοί στην Ελλάδα βρίσκονται στις λίμνες Τριχωνίδα (Δυτική Ελλάδα), Βιστωνίδα (Βόρεια Ελλάδα) και Κουρνά(Κρήτη).

Η *A.boyeri* της λίμνης Τριχωνίδας εισήχθη φυσικά από τη θάλασσα μέσω του ποταμού Αχελώου, ενώ λόγω της μεγάλης προσαρμοστικής της ικανότητας, αλλά και της έλλειψης ανταγωνιστών, έγινε το κυρίαρχο είδος στη λίμνη. Η αθερίνα αποτελεί αυτή τη στιγμή το πιο εμπορικό είδος στην λίμνη Τριχωνίδα, με μέση ετήσια παραγωγή 500 τόνους κατά την

προηγούμενη δεκαετία, γεγονός που το καθιστά την πιο σημαντική πηγή εσόδων (Daoulas et.al. 1993, Leonardos 2001).

1.2 Λίμνη Τριχωνίδα

Η λίμνη Τριχωνίδα βρίσκεται στην Δυτική Ελλάδα και αποτελεί την μεγαλύτερη φυσική λίμνη της Ελλάδας με έκταση 98,6 km² και όγκο 2868 km³. Έχει μέγιστο βάθος τα 57m, ενώ το μέσο βάθος της έχει υπολογιστεί στα 29m. Τέλος βρίσκεται στα 16 m υψόμετρο, πάνω από τη μέση στάθμη της θάλασσας. Η λεκάνη απορροής έχει έκταση 399 km². Το σχήμα της λίμνης είναι νεφροειδές και βρίσκεται περίπου στο κέντρο της υδρολογικής λεκάνης. Το μέγιστο μήκος της λίμνης υπολογίζεται 18.1 km και το πλάτος 7,5 km, ενώ η περίμετρος της φτάνει περίπου τα 51 km (Bertahas et al. 2006).

Πίνακας 1: Συστηματική Κατανομή του είδους *A. boyeri* (Risso, 1810).

Φύλο	Χορδωτά
Υποφύλο	Σπονδυλωτά
Υπέρκλαση	Οστεϊχθύες
Κλάση	Ακτινοπτερύγιοι
Υποκλάση	Νεοπτερύγιοι
Μεσοκλάση	Τελεόστεοι
Υπέρταξη	Ακανθοπτερύγιοι
Τάξη	Atherinoformes
Υπόταξη	Atherinoidei
Οικογένεια	Atherinidae
Υποοικογένεια	Atherininae
Γένος	Atherina
Είδος	Atherina boyeri (Risso, 1810)



Εικόνα 1: Γεωγραφική εξάπλωση της *A. boyeri* (Froese and Pauly 2019).

1.3. Μορφομετρικά δεδομένα

Οι μέθοδοι εκτίμησης μορφομετρικών παραμέτρων των ψαριών και ειδικότερα αυτές που βασίζονται στις μετρήσεις δεδομένων μήκους του σώματός τους έχουν μεγάλη αποδοχή στην αλιευτική έρευνα (Sparre et al. 1992). Οι λόγοι που συνέβαλαν σε αυτό είναι: (α) η ευκολία και το χαμηλό κόστος συλλογής δεδομένων, (β) η παρουσία μεγάλων χρονοσειρών μηκών σε όλα σχεδόν τα αλιευτικά εργαστήρια και (γ) το γεγονός ότι πολλές βιολογικές και αλιευτικές διεργασίες σχετίζονται με το μήκος του σώματος (Pauly 1983). Το μήκος του σώματος συνδέεται με μαθηματικές εξισώσεις με τις υπόλοιπες μορφομετρικές παραμέτρους, όπως είναι το σταθερό μήκος, το μέγιστο ύψος, οι διαστάσεις του στόματος, η απόσταση μεταξύ των ματιών αλλά και με την ηλικία των ψαριών. Κάθε μια από τις παραπάνω σχέσεις περιγράφει συνολικά την ιστορία ζωής των ψαριών (life-history) και αφορά στη φυσιολογία και την οικολογία και των ειδών.

Η οικομορφολογία (η διαχρονική αλληλεπίδραση ανάμεσα στην εξωτερική μορφολογική και την οικολογική ποικιλότητα των οργανισμών (Karachle and Stergiou 2011)

συνδέει τη μορφολογία των οργανισμών με την αλιευτική τους εκμετάλλευση. Συγκεκριμένα, είναι πολύ σημαντική η γνώση της σχέσης που συνδέει το μήκος με το βάρος ενός είδους, διότι: (α) παρέχει τις απαραίτητες πληροφορίες για την φυσική κατάσταση στην οποία βρίσκεται το ψάρι, (β) συγκρίνει τις στρατηγικές ζωής ενός είδους σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, (γ) δίνει τη δυνατότητα μετατροπής των εξισώσεων που περιγράφουν την αύξηση σε μήκος, σε εξισώσεις που περιγράφουν την αύξηση σε βάρος και (δ) σε περιπτώσεις που σε ένα είδος είναι διαθέσιμος μόνο ο συνολικός αριθμός των ατόμων και το μήκος τους, παρέχει τη δυνατότητα να εκτιμηθεί η βιομάζα τους (Binohlan & Pauly 1998, Froese et al. 2011).

Όσον αφορά το (α), η φυσική κατάσταση (ή ευρωστία) του ψαριού μπορεί να εκφραστεί με το δείκτη ευρωστίας. Με βάση αυτόν το δείκτη ευρωστίας, όσο βαρύτερο είναι ένα είδος σε ένα συγκεκριμένο μήκος, τόσο καλύτερη είναι η φυσική του κατάσταση (Bagenal and Tesch 1978). Η ευρωστία θεωρείται δείκτης της προσαρμογής ενός ιχθυοπληθυσμού (Booth and Keast 1986). Οι κυριότεροι δείκτες ευρωστίας που χρησιμοποιούνται είναι: ο Fulton (K_C), ο Le Cren (K_R) και ο αλλομετρικός δείκτης ευρωστίας (K_A). Η μηνιαία διακύμανση του δείκτη ευρωστίας μπορεί να δώσει πολύ χρήσιμες πληροφορίες για έναν οργανισμό που σχετίζονται με την ενέργεια του, την αναπαραγωγή του, τη διατροφή και τις περιβαλλοντικές συνθήκες που επηρεάζουν έναν πληθυσμό (Tsikliras et al 2005).

1.4. Σκοπός της εργασίας

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η εκτίμηση των σχέσεων ολικού μήκους και βάρους στα άτομα της αθερίνας σε μηνιαίο και εποχιακό επίπεδο, καθώς και η εκτίμηση της φυσικής κατάστασης των ψαριών ανά εποχή, με τη χρήση τριών διαφορετικών δεικτών ευρωστίας.

2. ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Για τους σκοπούς τις παρούσας εργασίας, ελήφθησαν μηνιαία δείγματα της *A. boyeri* από τη λίμνη Τριχωνίδα την περίοδο από τον Μάιο 2019 έως τον Μάιο 2020 (δεν υπάρχουν δείγματα από τους μήνες Μάρτιο και Απρίλιο, λόγω της εποχιακής απαγόρευσης αλιείας αθερίνας στη λίμνη). Η αλίευση της αθερίνας γινόταν με τη χρήση κυκλικού διχτυού. Για τους σκοπούς αυτής της μελέτης τα άτομα που συλλέγονταν κάθε μήνα μεταφέρονταν και αποθηκεύονταν σε καταψύκτες, προκειμένου να γίνουν οι απαραίτητες αναλύσεις. Από κάθε άτομο του δείγματός μετρήθηκε το ολικό μήκος, με ακρίβεια 0,1 cm. και το μικτό βάρος, με ακρίβεια 0,01 g.

Για την περιγραφή της σχέσης του ολικού μήκους με το μικτό βάρος των ψαριών έγινε χρήση της εξίσωσης: $W = a TL^b$, όπου W είναι το μικτό βάρος, TL το ολικό μήκος, και οι συντελεστές a και b η τομή της καμπύλης στον άξονα του βάρους και η κλίση της γραμμής στη γραμμική κλίση της εξίσωσης αντίστοιχα. Ο εκθέτης b της παραπάνω εξίσωσης λαμβάνει συνήθως τιμές από 2 έως 4 και σχετίζεται αρνητικά με την παράμετρο $\log_{10}a$, τόσο διαειδικά, όσο και ενδοειδικά, όταν υπάρχουν καταγραφές που αφορούν διαφορετικές περιοχές, εποχές και έτη (Froese et al. 2011). Όταν ο συντελεστής b είναι ίσος με 3, δείχνει ότι το ψάρι αυξάνει ισομετρικά, δηλαδή ομοιόμορφα και προς τις τρεις σωματικές του διαστάσεις,

γεγονός ωστόσο πολύ σπάνιο στη φύση (Tesch 1968, Froese et al. 2011). Ακόμη τιμές του b μικρότερες ή μεγαλύτερες του 3, υποδηλώνουν ότι το ψάρι αυξάνει ανομοιόμορφα (αλλομετρικά), προς τις τρεις σωματικές του διαστάσεις.

Για τον προσδιορισμό του δείκτη ευρωστίας, χρησιμοποιήθηκαν τρεις διαφορετικοί δείκτες, ο Fulton (K_C), ο Le Cren (K_R) και ο αλλομετρικός δείκτης ευρωστίας (K_A), οι οποίοι συγκρίθηκαν και μεταξύ τους. Οι λόγος που επιλέχθηκαν οι συγκεκριμένοι δείκτες είναι ότι (α) απλοποιούν τη σχέση μήκους-βάρους σε μια μόνο παράμετρο, (β) είναι λιγότερο χρονοβόροι στην εφαρμογή τους και (γ) είναι οι πιο διαδεδομένοι όσον αφορά την χρήση τους (Cone 1989, Bolger and Connolly 1989).

Ο δείκτης ευρωστίας Fulton περιγράφεται από την εξίσωση: $K_C = 10^5 \times \left(\frac{W}{L^3}\right)$, όπου n είναι ένας ακέραιος αριθμός τέτοιος, ώστε η αριθμητική τιμή του δείκτη να είναι κοντά στο 1. Ο συντελεστής b στη σχέση μήκους-βάρους θεωρείται ίσος με 3.

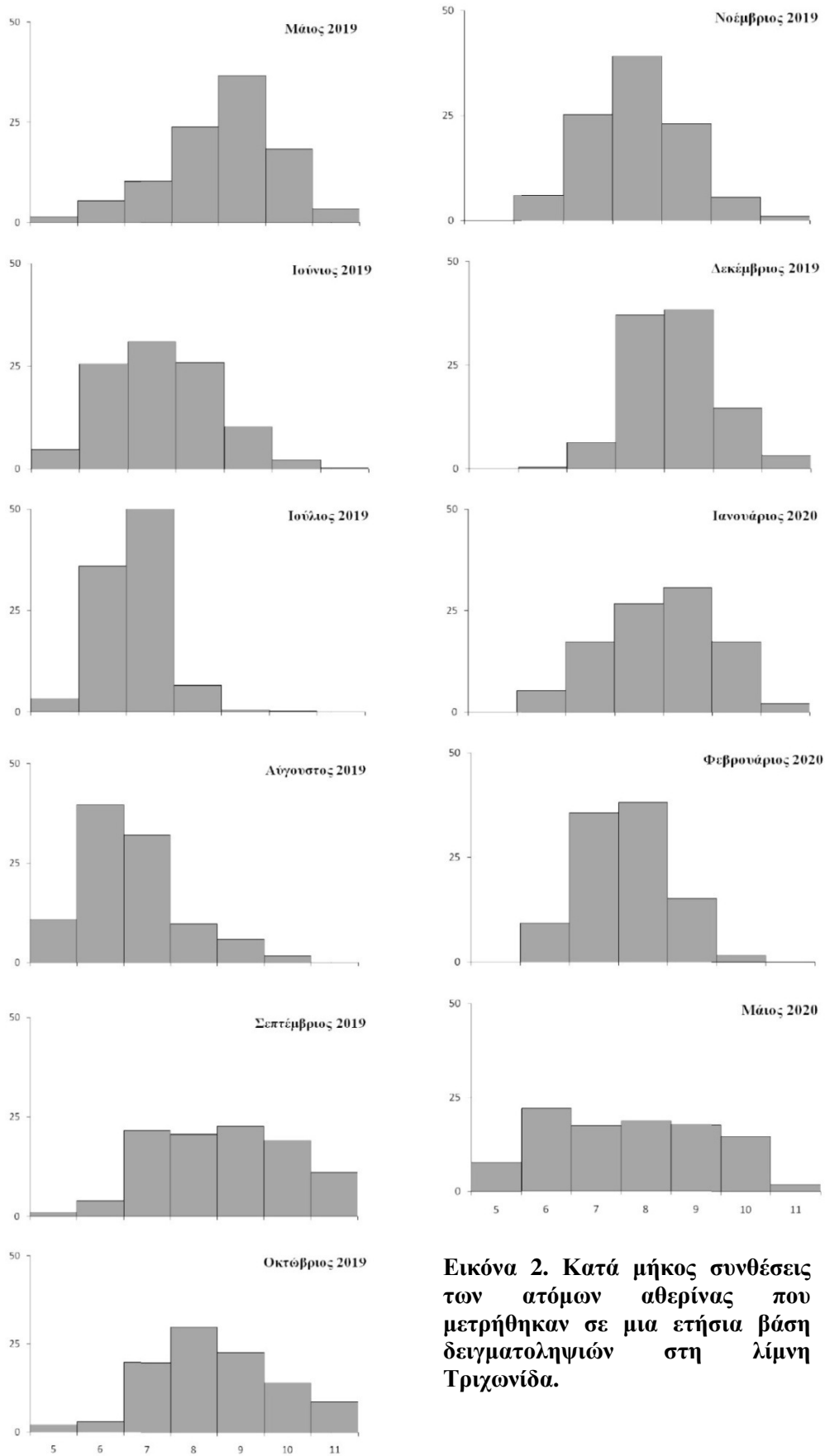
Ο δείκτης Le Cren (σχετικός δείκτης ευρωστίας) περιγράφεται από την εξίσωση: $K_R = \left(\frac{W}{a \times L^b}\right)$, όπου a και b είναι οι συντελεστές που προκύπτουν από τη σχέση μήκους-βάρους και n ένας ακέραιος αριθμός τέτοιος ώστε η αριθμητική τιμή του δείκτη να είναι κοντά στο 1. Οι διαφορές μεταξύ δεικτών Le Cren και Fulton είναι ότι ο πρώτος μετράει την απόκλιση ενός ατόμου από τον μέσο όρο του βάρους για συγκεκριμένο μήκος, ενώ ο δεύτερος μετράει την απόκλιση από ένα υποθετικό ιδανικό ψάρι.

Τέλος ο αλλομετρικός δείκτης ευρωστίας δίνεται από την εξίσωση: $K_A = 10^3 \times \left(\frac{W}{L^b}\right)$, όπου το b ο συντελεστής της σχέσης μήκους-βάρους και n ένας ακέραιος αριθμός, τέτοιος ώστε η τιμή του K_A να είναι κοντά στο 1.

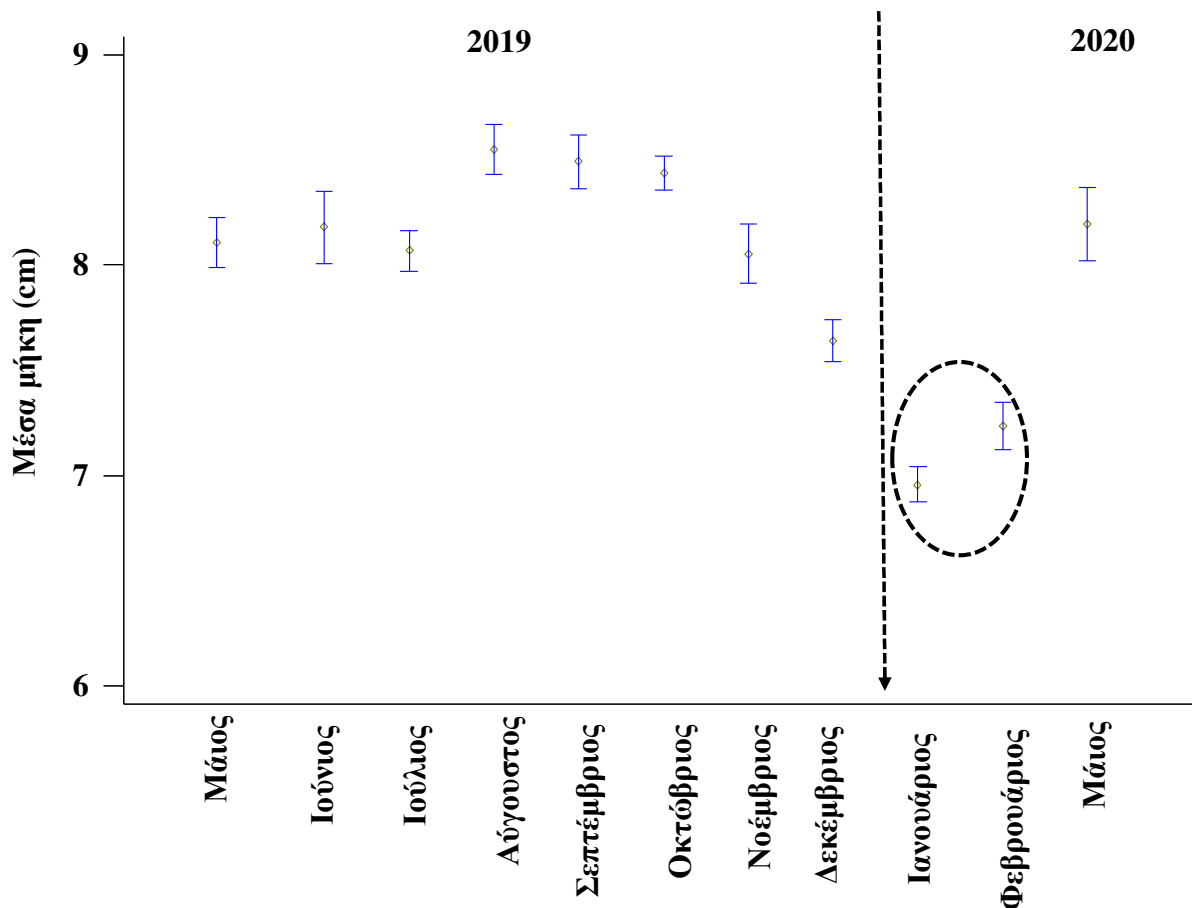
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Συνολικά κατά διάρκεια 11 μηνών δειγματοληψιών (Μάιος 2019 - Μάιος 2020) μετρήθηκαν 5043 άτομα αθερίνας. Στην **εικόνα 2**, δίνονται αναλυτικά οι κλάσεις μήκους που σχηματίζονται, καθώς και το ποσοστό επί της % που καταλαμβάνει η κάθε μια ανά μήνα, σε σχέση με το συνολικό δείγμα ατόμων του μήνα. Συνολικά εκτιμήθηκαν 7 κλάσεις μήκους, με τη μικρότερη να είναι τα 5 cm και τη μέγιστη τα 11 cm. Η μέση τιμή του ολικού μήκους από το συνολικό δείγμα υπολογίστηκε στα 7,9 cm (τυπική απόκλιση 1,2 cm) με ελάχιστο μήκος 4,1 cm (Σεπτέμβριος) και μέγιστο 11,7 cm (Μάιος 2020). Τα περισσότερα άτομα βρίσκονται στην κλάση των 9 cm, στην πλειονότητα των μηνών (**Εικόνα 2**), με τα άτομα των 8 cm να κυριαρχούν σε 3 μήνες, ενώ οι κλάσεις των 6 και 7 cm να κυριαρχούν σε 2 μήνες η κάθε μια. Τέλος το μέγιστο βάρος εκτιμήθηκε ίσο με 10,87 g (Νοέμβριος) και το ελάχιστο 0,46 g (Σεπτέμβριος), ενώ η μέση τιμή του βάρους ήταν 3,22 g, με τυπική απόκλιση 1,59 g.

Η σύγκριση των μέσων μεγεθών του ολικού μήκους ανά μήνα δειγματοληψίας (**Εικόνα 3**) έδειξε ότι (One-Way ANOVA, $p < 0,05$) κατά τους χειμερινούς μήνες αλιεύθηκαν τα μέσα μικρότερα μεγέθη αθερίνας (Ιανουάριος-Φεβρουάριος 2020 και σε μικρότερο βαθμό Δεκέμβριος 2019), ενώ κατά τους καλοκαιρινούς μήνες αλιεύθηκαν τα μέσα μεγαλύτερα μεγέθη ατόμων αθερίνας (Αύγουστος-Οκτώβριος).

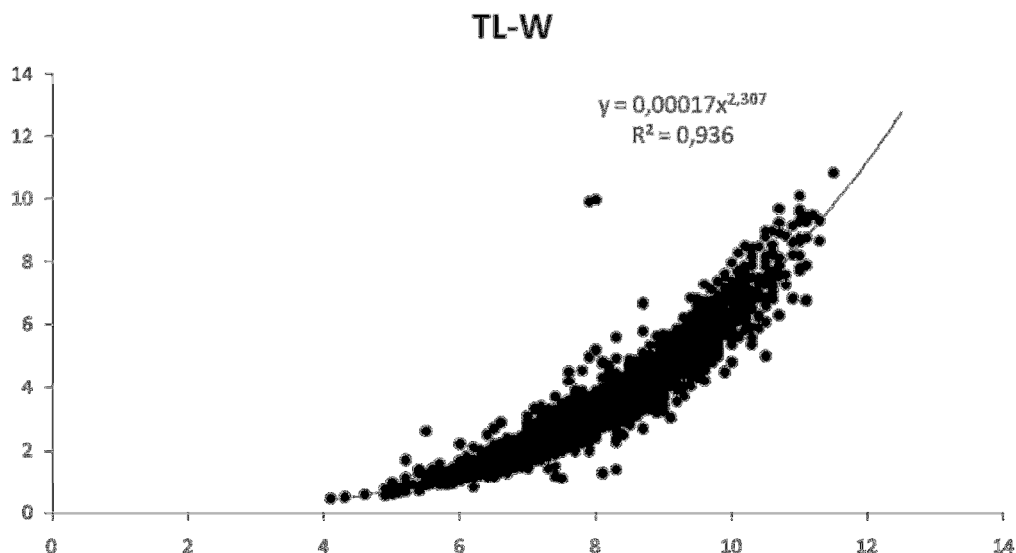


Εικόνα 2. Κατά μήκος συνθέσεις των ατόμων αθερίνας που μετρήθηκαν σε μια ετήσια βάση δειγματοληψιών στη λίμνη Τριχωνίδα.



Εικόνα 3. Μεταβολή του μέσου ολικού μήκους (TL) ανά μήνα δειγματοληψιαστής αθερίνας την περίοδο Μαΐος 2019-Μαΐος 2020 στη λίμνη Τριχωνίδα.

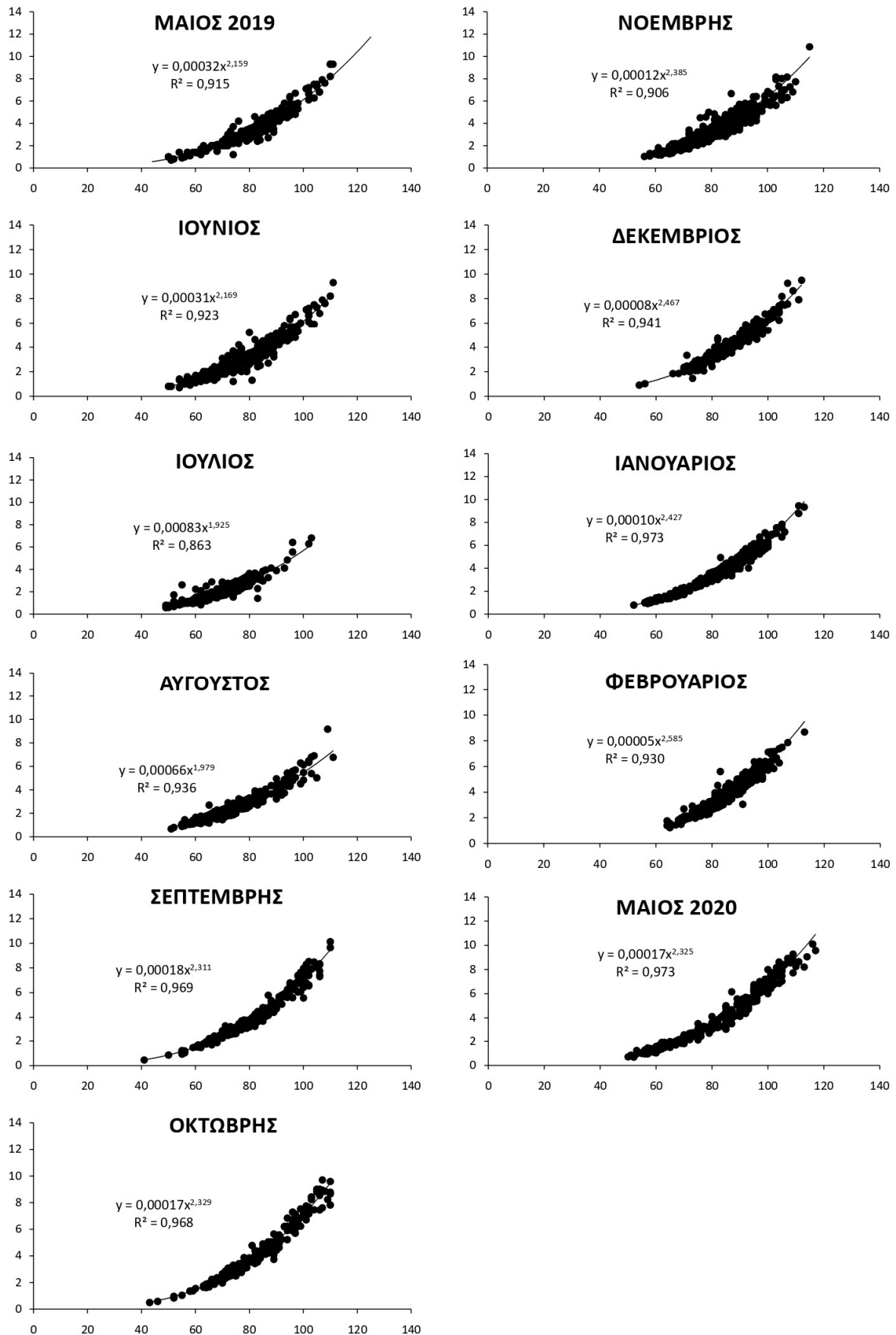
Το εύρος του TL εκτιμήθηκε από 4,1 έως 11,7 cm, με μέσο μήκος τα 7,9 εκατοστά (SD: 1,22). Η εκτίμηση της σχέσης μήκους βάρους έδειξε ότι το βάρος αυξάνεται αλλομετρικά με το ολικό μήκος ($b=2,307$) εκτιμώμενο σε ετήσια (Εικόνα 4) και μηνιαία (Εικόνα 5) βάση, ενώ η παράμετρος b της κλίσης της παραπάνω εξίσωσης μεταβάλλεται μέσα στους μήνες (Εικόνα 6) και κυμάνθηκε από 1,925 (Ιούλιος 2019) έως 2,585 (Φεβρουάριος 2020). Οι σχέσεις μήκους – βάρους εμφάνισαν πολύ σημαντική αλλομετρία για όλους τους μήνες ($P<0,05$; $r^2> 0,89$). Η εποχική σύγκριση των τιμών του b εκτίμησε σημαντικά (ANCOVA, $P<0,05$) μεγαλύτερες τιμές κατά το φθινόπωρο και το χειμώνα σε σύγκριση με την περίοδο της άνοιξης και του καλοκαιριού ($b \geq 2,25$ vs $b \leq 2,15$, αντίστοιχα) (Πίνακας 2).



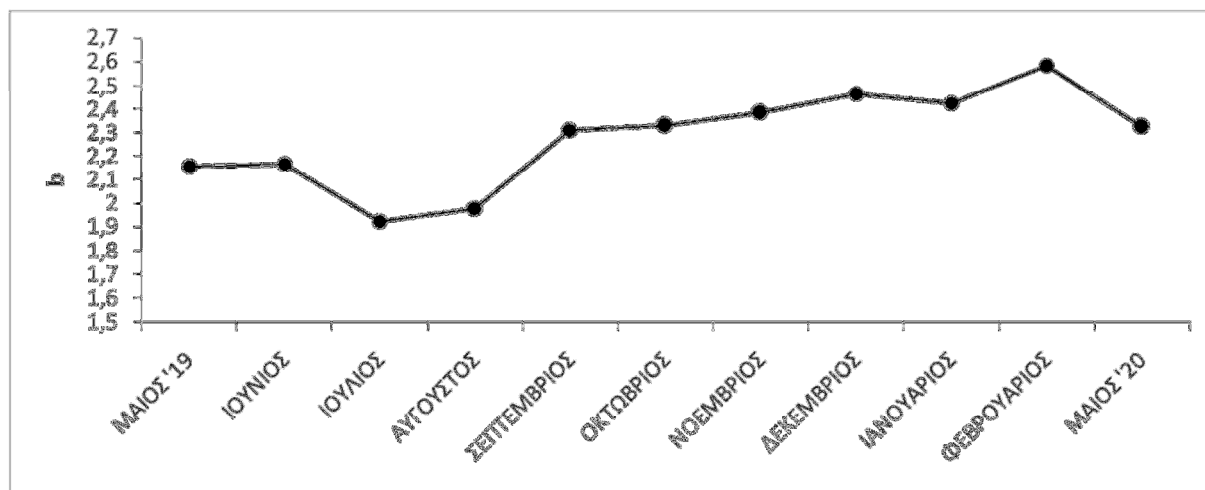
Εικόνα 4. Ετήσια μεταβολή του ολικού μήκους σε εκθετική συνάρτηση με το ολικό βάρος της αθερίνας την περίοδο Μαΐος 2019-Μάιος 2020 στη λίμνη Τριχωνίδα.

Πίνακας 2. Περιγραφικά στατιστικά στοιχεία και παράμετροι ολικού μήκους, των σχέσεων μήκους-βάρους $W=aL^b$ [βάρος (σε g) και μήκος (σε cm)] της *Atherina boyeri* ανά μήνα και για όλους τους μήνες συνολικά, για τα δείγματα που πιάστηκαν στην λίμνη Τριχωνίδα μεταξύ 2019-2020. Το R^2 είναι ο συντελεστής προσδιορισμού.

Έτος	Μήνας	Min	Max	Mean	SD	N	a-value	b-value	R^2
2019	Μάιος	5,0	11,1	8,4	1,2	474	0,00032	2,159	0,915
	Ιούνιος	5,0	11,1	7,6	1,1	607	0,00031	2,169	0,923
	Ιούλιος	4,9	10,3	6,9	0,6	844	0,00083	1,925	0,863
	Αύγουστος	5,0	11,1	7,2	1,0	507	0,00066	1,979	0,936
	Σεπτέμβριος	4,1	11,0	8,1	1,4	199	0,00018	2,311	0,969
	Οκτώβριος	4,3	11,0	8,1	1,3	207	0,00017	2,329	0,968
	Νοέμβριος	5,6	11,5	8,0	0,9	665	0,00012	2,385	0,906
	Δεκέμβριος	5,4	11,2	8,5	0,8	426	0,00008	2,467	0,941
2020	Ιανουάριος	5,2	11,3	8,1	1,1	430	0,00010	2,427	0,973
	Φεβρουάριος	6,4	11,3	8,4	0,8	362	0,00005	2,585	0,930
	Μάιος	5,0	11,7	8,0	1,6	322	0,00017	2,325	0,973
Σύνολο		4,1	11,7	7,9	1,2	5043	0,00017	2,307	0,936

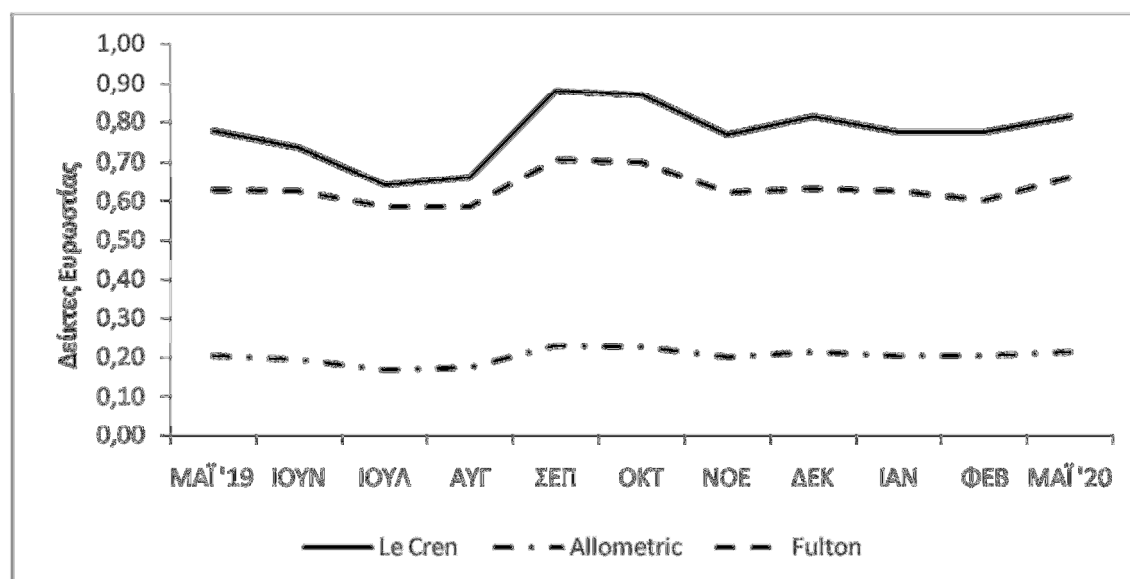


Εικόνα 5. Μηνιαία μεταβολή του ολικού μήκους σε εκθετική συνάρτηση με το ολικό βάρος της αθερίνας σε διάστημα 11 μηνών στη λίμνη Τριχωνίδα.



Εικόνα 6. Μεταβολή της παραμέτρου b της σχέσης ολικού-μήκους-βάρους της αθερίνας την περίοδο Μάιος 2019-Μάιος 2020 στη λίμνη Τριχωνίδα.

Οι δείκτες ευρωστίας Le Cren, Allometric και Fulton υπολογίστηκαν για όλο το έτος, όπως φαίνεται στην **Εικόνα 7**. Το εύρος τιμών του δείκτη Le Cren, κυμάνθηκε από 0,641 έως 0,880. Αντίστοιχα, το εύρος τιμών του αλλομετρικού δείκτη κυμάνθηκε από 0,166 έως 0,228 και ο δείκτης Fulton εμφάνισε τιμές από 0,585 έως 0,705. Σε όλους τους παραπάνω δείκτες η μέγιστη τιμή εκτιμήθηκε τον Σεπτέμβριο 2019 και η ελάχιστη τον Ιούλιο 2019. Οι τιμές των δεικτών Le Cren και Fulton κυμάνθηκαν αρκετά κοντά μεταξύ τους (**Εικόνα 7**), ωστόσο ο αλλομετρικός δείκτης εμφανίζει σημαντικά μικρότερες τιμές σε σχέση με τους άλλους δύο.



Εικόνα 7. Ετήσια μεταβολή των δεικτών ευρωστίας Le Cren, Allometric και Fulton.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Το είδος της παρούσας μελέτης ανήκει στην κατηγορία των ειδών ψαριών με μικρή διάρκεια ζωής, που συνήθως φτάνει τα 3-4 έτη (συγκεκριμένα έχουν εντοπιστεί έως 5 ηλικιακές κλάσεις στην λίμνη Τριχωνίδα). Χαρακτηριστικό της αθερίνας εκτός από τη μικρή διάρκεια ζωής της, είναι τα υψηλά ποσοστά θνησιμότητας των ώριμων ατόμων, ειδικά μετά την εποχή αναπαραγωγής. Επίσης οι πληθυσμοί της επηρεάζονται σημαντικά από τις περιβαλλοντικές διακυμάνσεις, την αλιεία, καθώς και το δια-ειδικό ανταγωνισμό (Leonardos and Sinis 2000).

Στον **Πίνακα 3** παρουσιάζονται εκτιμήσεις μήκους-βάρους της αθερίνας στην Ελλάδα αλλά και παγκοσμίως. Το μέγιστο μήκος στην Ελλάδα έχει βρεθεί 13,5 εκατοστά, στην λίμνη Τριχωνίδα, ενώ στην Κασπία θάλασσα έχει υπολογιστεί στα 12,8 εκατοστά. Οι τιμές του b κυμαίνονται από 2,92 έως 3,35, ενώ στην συγκεκριμένη έρευνα το b βρέθηκε 2,307, τιμή αρκετά πιο χαμηλή από το ελληνικά αλλά και τα παγκόσμια δεδομένα. Οι τιμές της παραμέτρου b της εξίσωσης μήκους-βάρους που εκτιμήθηκαν για το σύνολο των ατόμων, καθώς και των διαστημάτων εμπιστοσύνης βρίσκονταν μέσα στα όρια που εκτιμήθηκαν από άλλες μελέτες (Froese and Pauly 2019: μέση τιμή b από όλες τις μελέτες: 3,098 και τυπική απόκλιση: 0,182).

Οι διαφορές των τιμών b ανάμεσα στις άλλες μελέτες μπορούν να αποδοθούν σε έναν ή περισσότερους από τους παρακάτω παράγοντες (Moutopoulos and Stergiou 2002, Froese 2006): (α) διαφορές ανάμεσα στον αριθμό δειγμάτων που εξετάστηκαν, (β) επίδραση περιοχής/εποχής, και (γ) διαφορές ανάμεσα στα μετρούμενα εύρη μεγεθών και τύπο μήκους που μετρήθηκε. Οι τιμές του συντελεστή b που υπολογίστηκαν στην παρούσα έρευνα (από 1,974 έως 2,585) ανάλογα με την εποχή, ήταν από τις χαμηλότερες που εκτιμήθηκαν για αυτό το είδος σε άλλα οικοσυστήματα παγκοσμίως, καθώς και από το ίδιο οικοσύστημα τα τελευταία χρόνια (**Πίνακας 3**), υποδεικνύοντας ότι τα δείγματα που εξετάστηκαν στην παρούσα έρευνα θεωρήθηκαν ελαφρύτερα για ένα δεδομένο μήκος (**Πίνακας 3**). Λαμβάνοντας υπόψη άλλες έρευνες μήκους – βάρους που πραγματοποιήθηκαν για την αθερίνα, στη λίμνη Τριχωνίδα τα τελευταία 30 χρόνια (**Πίνακας 3**), παρουσιάστηκε σημαντική μείωση της μέσης ετήσιας τιμής b από 3,210 το 1988-1990 (Stoumboudi et al. 1997) και 3,180 το 1992-1993 (Leonardos 2001), σε 3,040 το 1997 (Kaspiris 1998) και 2,307 κατά την περίοδο 2019-2020 (παρούσα μελέτη). Αυτό το πρότυπο είναι δύσκολο να προσδιοριστεί και μπορεί να αποδοθεί στην επίδραση ενός ή περισσότερων από τους ακόλουθους παράγοντες: (α) απρόβλεπτες μεταβολές θερμοκρασίας και αλατότητας που μπορούν να επηρεάσουν την πρόσληψη ειδών ψαριών, ειδικά των μικρών πελαγικών ειδών, όπως η *A. boyeri* (Bartulović et al. 2006) και τη σίτιση (Doulka et al. 2013), (β) επίδραση της αλιείας, η οποία σταδιακά μείωσε τα άτομα μεγάλου μεγέθους του είδους της συγκεκριμένης μελέτης και (γ) πιθανή υποβάθμιση του τροφικού επιπέδου της λίμνης, η οποία μπορεί να αντικατοπτρίζεται στη μείωση των παραμέτρων της σχέσης μήκους – βάρους (ειδικά των ειδών μεσαίου τροφικού επιπέδου) (Moutopoulos et al. 2011).

Οι εποχιακές διακυμάνσεις της παραμέτρου b και οι τιμές των δεικτών ευρωστίας μπορεί να αποδοθούν σε μεταβολές της διαθεσιμότητας της τροφής, του ρυθμού τροφοληψίας, της ανάπτυξης των γονάδων και της αναπαραγωγικής συχνότητας (Froese,

2006), αλλά και σε διακύμανση των αβιοτικών παραμέτρων (Wootton 1999). Στην παρούσα μελέτη, οι μηνιαίες τιμές του b και οι δείκτες ευρωστίας, εκτιμήθηκαν γενικά μικρότεροι κατά τη διάρκεια των καλοκαιρινών μηνών του έτους. Αυτό μπορεί να αποδοθεί στο ενεργειακό κόστος της αναπαραγωγής του συγκεκριμένου είδους, η οποία διαρκεί από τον Μάρτιο έως τον Σεπτέμβριο στη λίμνη Τριχωνίδα (Kaspiris 1998), καθώς και σε άλλα βαλκανικά οικοσυστήματα (π.χ. ποταμός Mala Neretva, στην Κροατία: Bartulović et al. 2006). Επίσης, μπορεί να ευθύνεται στη μικρότερη διαθεσιμότητα τροφής, καθώς τα μεγάλα Κοπίποδα, που αποτελούν σημαντικό τροφικό πόρο για το είδος καταγράφηκαν κατά τη διάρκεια του χειμώνα και της άνοιξης (Doulka et al. 2013).

Οι μορφομετρικές σχέσεις έχουν μεγάλη σημασία στην αλιευτική έρευνα, επειδή καθορίζουν τα πρότυπα αύξησης των ψαριών, την κολυμβητική του ικανότητα, (Wootton 1999), αλλά και υποδεικνύει την ένταση της συγκράτησης των ατόμων των ψαριών πάνω στα αλιευτικά εργαλεία. Οι πληροφορίες αυτές μπορούν να χρησιμοποιηθούν στην ανάπτυξη πολυ-ειδικών αλιευτικών μοντέλων και αποκτούν ιδιαίτερη σημασία στο πλαίσιο της διαχείρισης στο επίπεδο του οικοσυστήματος (Moutopoulos et al. 2011).

Πίνακας 3. Εκτιμήσεις της σχέσης μήκους-βάρους από τη βιβλιογραφία.

Περιοχή	Φύλο	Έτος	Εποχή	FM*	L	a	b	r ²	n	L min (cm)	L max (cm)	Πηγή
Λίμνη Βιστωνίδα-Λιμνοθάλασσα Πόρτο Λάγος, Ελλάδα	C	1989-90	C	P	TL	2 x 10 ⁶	3,22	0,980	1056	1,3	10,5	Koutrakis et al. (2004)
Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου, Ελλάδα	F	1989-90	C	B	TL	0,004	3,16	0,980	265	1,9	10,3	Leonardos & Sinis (2000)
Λιμνοθάλασσα Μεσολογγίου, Ελλάδα	M	1989-90	C	B	TL	0,004	3,11	0,950	161	1,3	8,3	Leonardos & Sinis (2000)
Λίμνη Τριγωνίδα, Ελλάδα	C	1992-93	C	P	TL	0,003	3,18	0,740	503	4,4	10,9	Leonardos (2001) Stoumboudi et al. (1997)
Λίμνη Τριγωνίδα, Ελλάδα	C	1988-90	C	-	TL	0,004	3,21	0,980	2543	-	-	Panagiotou (2014)
Λίμνη Τριγωνίδα, Ελλάδα	F	1988-90	C	G-T	TL	0,005	3,21	0,972	1237	3,6	11,9	Panagiotou (2014)
Λίμνη Τριγωνίδα, Ελλάδα	M	1988-90	C	G-T	TL	0,005	3,16	0,957	1267	3	12,3	Panagiotou (2014)
Λίμνη Τριγωνίδα, Ελλάδα	C	1997	C	N	SL	0,011	3,04	0,980	-	-	13,5	Kaspirhs (1998)
Λίμνη Κούρνα, Ελλάδα	C	1999-00	C	R	SL	3,00E-06	3,31	0,984	400	4,5	9	Tigilis (2001)
Λιμνοθάλασσα Αβέιρο, Πορτογαλία	C	1998-99	C	B	TL	-	3,35	-	2503	1,6	11,6	Pombo et al. (2005) Boudinar et al. (2016)
Λιμνοθάλασσα Mellah, Αλγερία	F	2010-11	C	B	TL	0,004	3,17	0,935	770	2,6	8,5	Boudinar et al. (2016)
Λιμνοθάλασσα Mellah, Αλγερία	M	2010-11	C	B	TL	0,004	3,07	0,935	523	2,5	8,5	Boudinar et al. (2016)
Υγρότοπος Gomishan, Κασπία θάλασσα	F	2007	C	B	TL	0,005	3,06	0,960	1278	4,4	12,8	Patimar et al. (2009)
Υγρότοπος Gomishan, Κασπία θάλασσα	M	2007	C	B	TL	0,005	3,01	0,960	980	3,7	12	Patimar et al. (2009) Bartulovic et al. (2004)
Ποταμός Mala Neretva, Κροατία	F	2001-02	C	L	TL	0,003	3,27	0,973	606	4,5	11,6	Bartulovic et al. (2004)
Ποταμός Mala Neretva, Κροατία	M	2001-03	C	L	TL	0,004	3,10	0,929	462	4,5	9,8	Bartulovic et al. (2004)
Λιμνοθάλασσα Mar Menor, Ισπανία	F	1997-98	C	F	FL	0,003	3,25	0,960	598	4,2	9,4	Andreu-Soler (2003)

Εκτίμηση παραμέτρων ιστοριών ζωής της αθερίνας στη λίμνη Τριχωνίδα

Λιμνοθάλασσα Mar Menor, Ισπανία	M	1997-98	C	F	FL	0,003	3,22	0,970	519	3,9	8,7	Andreu-Soler (2003)
Λίμνη Μαρμαρά, Τουρκία	C	2015	S	T	TL	0,005	3,11	0,920	185	5,6	8,2	Ali İLHAN & Dilek İLHAN (2018)
Λιμνοθάλασσα Homa, Τουρκία	C	2015	S	T	TL	0,007	2,92	0,929	172	3,7	9,9	Ali İLHAN & Dilek İLHAN (2018)
Κόλπος της Σμύρνης, Τουρκία	C	2002-03	C	N	TL	3 x 10 ⁶	3,19	0,932	596	4,3	9,7	Ertan Taşkavak et al. (2012)
Λίμνη Trasimeno, Ιταλία	F	2012-13	C	F-G-C	TL	0,004	3,16	0,956	583	-	-	M. Lorenzoni et al. (2015)
Λίμνη Trasimeno, Ιταλία	M	2012-14	C	F-G-C	TL	0,004	3,13	0,984	411	-	-	M. Lorenzoni et al. (2015)

4. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Andreu-Soler, A., Oliva-Paterna, F.J., Fernandez-Delgado, C., Torralva, M. 2003. Age and growth of the sand smelt, *Atherinaboyeri* (Risso 1810), in the Mar Menor coastal lagoon (SE Iberian Peninsula). J. Appl. Ichthyol., 19: 202–208.

Bagenal, T.B., Tesch, F.W. 1978. Age and growth. In: In: Methods for Assessment of Fish Production in Freshwaters (Bagenal, ed.), pp. 101–136. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Bartulović, V., Glamuzina, B., Conides, A., Gavrilović, A., Dulčić, J. 2006. Maturation, reproduction and recruitment of the sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the estuary of Mala Neretva River (southeastern Adriatic, Croatia). Acta Adriat., 47(1): 5–11.

Bartulović, V., Glamuzina, B., Conides, A., Dulčić, J., Lučić, D., Njire, J., Kozul, V. 2004. Age, growth, mortality and sex ratio of sand smelt, *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the estuary of the Mala Neretva River (middle-eastern Adriatic, Croatia). J. Appl. Ichthyol., 20: 427–430.

Bertahas, I., Dimitriou, E., Karaouzas, I., Laschou, S., Zacharias, I. 2006. Climate change and agricultural pollution effects on the trophic status of a Mediterranean lake. *Acta hydrochimica et hydrobiologica*, 34: 349-359.

Binohlan, C., Pauly, D. 1998. The PopGrowth table. In: *FishBase 98: concepts and design data sources* (Froese R, D Pauly eds.), pp. 124-129. ICLARM, Manilla.

Bolger, T., Connolly, P.L. 1989. The selection of suitable indices for the measurement and analysis of fish condition. *Journal of Fish Biology* 34: 171-182.

Booth, D.J., Keast, J.A. 1986. Growth energy partitioning by juvenile bluegill sunfish, *Lepomis macrochirus* Rafinesque. *Journal of Fish Biology* 28: 37-45.

Boudinar, A.S., Chaoui, L., Kara, M.H. 2016. Age, growth and reproduction of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 in Mellah Lagoon (Eastern Algeria). *J. Appl. Ichthyol.*, 32: 302–309.

Cone, S.R. 1989. The need to reconsider the use of condition indices in fishery science. *Transactions of the American Fisheries Society* 118: 510-514.

Daoulas, Ch., Economou, A., Psarras, Th., Barbieri-Tseliki, R., Anastasopoulou, K., Kousouris, Th., Diapoulis, A., Bertachas, H., Pakos, B., Gritzalis, K. 1993. Limnological, ichthyological and fishing exploration of Lake Trichonida. HCMR Technical Report, 177 pp.

Doulka, E., Kehayias, G., Chalkia, E., Leonardos, I.D. 2013. Feeding strategies of *Atherina boyeri* (Risso 1810) in a freshwater ecosystem. *J. Appl. Ichthyol.*, 29: 200–207.

Froese, R., Tsikliras, A.C., Stergiou, K.I. 2011. Editorial note on weight-length relations of fishes. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 41: 261-263

Froese, R., Tsikliras, AC., Stergiou, K.I. 2011. Editorial note on weight-length relations of fishes. *Acta Ichthyologica et Piscatoria* 41: 261-263.

Froese, R., Pauly, D., Editors. *FishBase 2019*. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (12/2019).

İlhan, A., İlhan, D. 2018. Length- Weight Relationship and Condition of sand smelt (*Atherina boyeri* Risso, 1810) Caught from Marmara Lake (Manisa) and Homa Lagoon (Izmir). Black Sea J. Sci 8 (1): 25-34.

Karachle, P.K., Stergiou, K.I. 2011. Feeding and ecomorphology for seven flatfishes in the N-NW Aegean Sea (Greece). African Journal of Marine Science, 33 (1): 67–78.

Kaspiris, P. 1998. Final report of a research of fisheries exploitation of sand smelt on Lake Trichonida. University of Patras, Biology department, 40 pp.

Kottelat, M., Freyhof J. 2007. Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Comol and Freyhof, Berlin.646 pp.

Koutrakis, E.T., Kamidis, N.I., Leonardos, I.D. 2004. Age, growth and mortality of a semi-isolated lagoon population of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso, 1810) (Pisces: Atherinidae) in an estuarine system of northern Greece. J. Appl. Ichthyol., 20: 382–388.

Leonardos, I., Sinis A. 2000. Age, growth and mortality of *Atherina boyeri* Risso, 1810 (Pisces: Atherinidae) in the Mesolongi and Etolikon lagoons (W. Greece). Fish. Res., 45: 81-91.

Leonardos, I.D. 2001. Ecology and exploitation pattern of a landlocked population of sand smelt, *Atherina boyeri* (Risso 1810), in Trichonis Lake (Western Greece). J. Appl. Ichthyol., 17: 262-266.

Lorenzoni, M., Giannetto, D., Carosi, A., Dolciami, R., Ghetti, L., Pompei, L. 2015. Age, growth and body condition of big-scale sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 inhabiting a freshwater environment: Lake Trasimeno (Italy). Knowl. Manag. Aquat. Ecos. 416, 09.

Moutopoulos, D.K., Vavarouta, V., Ramfos, A., Koukou, K., Katselis, G. 2011. Investigation of length-weight relationships for 10 commercial fish species as a possible trophic state index of coastal lagoons. Acta Adriat. 52(2): 261-268.

Muus, B.J., Nielsen, J.G. 1999. Sea fish Scandinavian fishing year book, Hedehusene, Denmark, 340 p.

Panagiotou, E. 2014. Biology of atherina reproduction, *Atherina boyeri* (Risso 1810) in Lake Trichonida. Postgraduate thesis, Aristotle University of Thessaloniki, 134 pp.

Patimar, R., Yousefi, M., Hosieni, S.M. 2009. Age, growth and reproduction of the sand smelt *Atherina boyeri* Risso, 1810 in the Gomishan wetland – southeast Caspian Sea. Estuar. Coast. Shelf S., 81: 457–462.

Pauly, D. 1983. Length-converted catch curves: a powerful tool for fisheries research in the tropics (Part I). Fishbyte 1(2):9-13.

Pombo, L., Elliot, M., Rebelo, J.E. 2005. Ecology, age and growth of *Atherinaboyeri* and *Atherina presbyter* in the Ria de Aveiro, Portugal. Cybium, 29(1): 47-55.

Quignard, J.P., Pras, A. 1986. Atherinidae. p. 1207-1210. In Whitehead, P.J.P., Bauchot, M.L., Hureau, J.C., Nielsen, J., Tortonese, E. (editors.) Fishes of the North-eastern Atlantic and the Mediterranean. UNESCO, Paris. Vol. 3.

Sparre, P., Venema, S.C., 1992. Introduction to tropical fish stock assessment: Part I- Manual. FAO Fish. Tech. Pap., 306(1), 376 pp.

Stoumboudi, M., Th., Psarras Th., Barbieri-Tseliki, R. 1997. Reproductive cycles of atherina (*Atherina boyeri* Risso 1810) from Trichonis Lake (Greece). In: Proceedings of the Fifth National Symposium on Oceanography and Fisheries, 15-18 April 1997, Kavala, Greece, pp. 257-260 [in Greek, with English abstract].

Taskavak, E., Gürkan, Ş., Bayhan, B. 2012. Biometric properties of the sand smelt *Atherinaboyeri* Risso, 1810 from the Izmir Bay (Aegean Sea). Taşkavakveark 6(1): 18-25.

Tesch, F.W. 1968. Age and growth. In: Methods for assessment of fish production in fresh waters (Ricker WE, ed.), pp. 99-130. Blackwell Scientific Publications, Oxford.

Tigilis, G. 2001. Contribution to the knowledge of biological and ecological parameters of the indigenous populations of sand smelt (*Atherina boyeri*, Risso 1810) & the freshwater blenny (*Blennius fluviatilis*, Asso 2801) lake Kourna Chania, Crete. Postgraduate thesis, 160 pp.

Tsikliras, A.C., Koutrakis, E.T., Stergiou, K.I. 2005. Age and growth of round sardinella (*Sardinella aurita*) in the northeastern Mediterranean. *Scientia Marina* 69: 231-240.

Wootton, R.J. 1999. *Fish Ecology*. Chapman and Hall, New York, 212 pp.

Περίληψη

Η παρούσα εργασία έχει ως σκοπό την εκτίμηση των σχέσεων ολικού μήκους και μήκους-βάρους της αθερίνας (*Atherina boyeri*, Risso 1810) από δείγματα που πάρθηκαν στη λίμνη Τριχωνίδα σε μηνιαία βάση για 11 μήνες. Ειδικότερα εκτιμήθηκαν οι σχέσεις ολικού μήκους (TL) και βάρους (W), από δείγμα 5043 ατόμων του είδους *A. boyeri* (Risso,1810), τα οποία αλιεύτηκαν με συρόμενο αλιευτικό εργαλείο (Γρι γρι), από την λίμνη Τριχωνίδα (Δυτική Ελλάδα), εκτιμήθηκαν ανά μήνα και για όλα τα άτομα συνολικά κατά την περίοδο 2019-2020. Η μηνιαία διακύμανση της παραμέτρου b , της παραπάνω σχέσης ήταν σημαντικά αλλομετρική με αρκετά ισχυρή εφαρμογή ($r^2 > 0,863$) και κυμάνθηκε μεταξύ 1,925 και 2,585. Επίσης εκτιμήθηκαν οι δείκτες ευρωστίας Le Cren, Fulton και Allometric. Οι τιμές του δείκτη Le Cren κυμάνθηκαν μεταξύ 0,641 και 0,880, αντίστοιχα, του Fulton μεταξύ 0,585 και 0,705 και του αλλομετρικού δείκτη μεταξύ 0,166 και 0,228.

Λέξεις κλειδιά: σχέσεις μήκους-βάρους, δείκτες ευρωστίας, *Atherinaboyeri*

Abstract

The present study aims to estimate, total length and length-weight relationships of sand smelt (*Atherina boyeri*, Risso 1810) from samples taken at Lake Trichonida on a monthly basis for 11 months. In particular, the ratios of total length (TL) and weight (W), from a sample of 5043 individuals of the species *Atherina boyeri* (Risso, 1810), which were caught with an encircled towed fishing gear, from Lake Trichonida (Western Greece), were estimated per month and for all individuals in total during the period 2019-2020. The monthly variation of parameter b, of the above ratio was significantly allometric with quite strong robust fit ($r^2 > 0.863$) and ranged between 1.925 and 2.585. Le Cren, Fulton and Allometric condition factors were also estimated. The values of the Le Cren index ranged between 0.641 and 0.880, Fulton values ranged between 0.585 and 0.705 and values of Allometric index between 0.166 and 0.228.

Key words: length – weight relationships, condition factors, *Atherinaboyeri*