

ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
«Υδροβιολογία και Υδατοκαλλιέργειες»

ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ

ΝΙΚΟΛΑΟΣ ΚΑΝΑΚΗΣ
ΒΙΟΛΟΓΟΣ

«Στοιχεία βιολογίας και οικολογίας του *Rutilus rutilus*
(Linnaeus, 1758) από λίμνες της Βόρειας Ελλάδας»

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ ΕΙΔΙΚΕΥΣΗΣ

ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗ 2013

ARISTOTLE UNIVERSITY OF THESSALONIKI

**POSTGRADUATE MASTER PROGRAM
“Hydrobiology and Aquaculture”**

**BY THE SCHOOL OF
BIOLOGY**

**NIKOLAOS KANAKIS
Bsc in BIOLOGY**

**“Elements of biology and ecology of *Rutilus rutilus*
(Linnaeus, 1758) from lakes of Northern Greece”**

MASTER DISSERTATION THESIS

THESSALONIKI 2013

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

- 1) Δήμητρα Μπόμπορη, Επίκουρη Καθηγήτρια Τμήματος Βιολογίας
ΑΠΘ. Επιβλέπουσα.**
- 2) Αθανάσιος Τσίκληρας, Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Βιολογίας
ΑΠΘ. Συνεπιβλέποντας.**
- 3) Κωνσταντίνος Γκάνιας, Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Βιολογίας
ΑΠΘ. Μέλος.**

Αφιερώνεται στους γονείς μου και στη σύντροφό μου Γεωργία

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία πραγματοποιήθηκε στο Εργαστήριο Ιχθυολογίας του Τομέα Ζωολογίας, στα πλαίσια του Προγράμματος Μεταπτυχιακών Σπουδών «Υδροβιολογία και Υδατοκαλλιέργειες» του Τμήματος Βιολογίας του Αριστοτελείου Πανεπιστημίου Θεσσαλονίκης. Αρχικά, θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά την Επίκουρη Καθηγήτρια Δήμητρα Μπόμπορη και τον Επίκουρο Καθηγητή Αθανάσιο Τσίκληρα του Τμήματος Βιολογίας ΑΠΘ, για την ευκαιρία που μου δώσανε να ασχοληθώ με το εξαιρετικά ενδιαφέρον θέμα της ηλικίας και της αύξησης στα ψάρια, την εμπιστοσύνη που δείξαν στο πρόσωπό μου καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της παρούσας διατριβής, καθώς και για την καθοδήγησή τους και τις πολύτιμες συμβουλές τους οποιαδήποτε στιγμή και αν τους το ζήτησα. Ευχαριστώ επίσης και τον Επίκουρο Καθηγητή Τμήματος Βιολογίας ΑΠΘ Κωνσταντίνο Γκάνια, ο οποίος δέχτηκε να συμμετάσχει στην Τριμελή Εξεταστική Επιτροπή κάνοντας τις εύστοχες παρατηρήσεις του, έτσι ώστε να ολοκληρωθεί η συγκεκριμένη εργασία.

Επιπλέον, θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους τους φοιτητές του Εργαστηρίου Ιχθυολογίας για την άψογη συνεργασία και για όλες τις ευχάριστες στιγμές που περάσαμε μαζί όλο αυτό το διάστημα και ιδιαίτερα την υποψήφια διδάκτορα Όλγα Πετρίκη (M.sc.), για το υλικό που μου παραχώρησε προκειμένου να πραγματοποιηθεί η παρούσα διπλωματική και την πολύτιμη βοήθειά της σε κάποια πολύ σημαντικά σημεία, καθώς και το συνάδελφο Γεώργιο Ρωμανίδη, για την πολύ καλή συνεργασία μας καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών.

Ακόμη, θα ήταν παράλειψή μου αν δεν ευχαριστούσα την Επίκουρη Καθηγήτρια Τμήματος Βιολογίας ΑΠΘ Ευαγγελία Μιχαλούδη και την υποψήφια διδάκτορα Χρυσούλα Ντισλίδου (M.sc.), για την πολύτιμη βιβλιογραφία που μου δώσανε έτσι ώστε να συμπληρωθεί ένα κρίσιμο κομμάτι της συζήτησης.

Τέλος, ένα πολύ μεγάλο ευχαριστώ οφείλω στη σύντροφό μου Γεωργία Παναγιωτοπούλου, για την αγάπη της, την αμέριστη συμπαράσταση και τη στήριξή της σε όλα τα επίπεδα καθ' όλη τη διάρκεια των μεταπτυχιακών σπουδών μου αλλά και γενικότερα σε όλες τις δυσκολίες μου, και ασφαλώς στους γονείς μου, για την πίστη τους στο πρόσωπό μου και την αμέριστη στήριξή τους σε όλες τις φάσεις της ζωής μου και φυσικά κατά τη διάρκεια των σπουδών μου, σε προπτυχιακό και μεταπτυχιακό επίπεδο.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Το *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) με κοινή ονομασία τσιρώνι (roach), είναι ένα βενθοπελαγικό είδος ψαριού των εσωτερικών υδάτων, της οικογένειας των Cyprinidae, με μεγάλη γεωγραφική εξάπλωση. Στην Ελλάδα διαβιεί στα εσωτερικά ύδατα της Θράκης, της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας. Σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εκτίμηση της ηλικίας και ο υπολογισμός των παραμέτρων αύξησης (L_{∞} , K , t_0) τριών πληθυσμών του *Rutilus rutilus*, από τρεις φυσικές λίμνες της Βόρειας Ελλάδας (Λίμνη Καστοριάς, Λίμνη Βεγορίτιδα και Λίμνη Βόλβη), διαφορετικής τροφικής κατάστασης. Έγινε επίσης εκτίμηση της παραμέτρου b της σχέσης μήκους-βάρους και υπολογισμός του δείκτη αύξησης ϕ' . Τα δείγματα προέρχονταν από δειγματοληψίες που πραγματοποιήθηκαν το φθινόπωρο του 2010 στη Λίμνη Καστοριάς και το φθινόπωρο του 2012 στις Λίμνες Βεγορίτιδα και Βόλβη. Οι συλλήψεις έγιναν με απλάδια δίχτυα τύπου Nordic (βενθικά και πελαγικά). Έγιναν μετρήσεις ολικού (TL, cm $\pm$ 0,1), μεσουραίου (FL, cm $\pm$ 0,1) και σταθερού μήκους σώματος (SL, cm $\pm$ 0,1). Επίσης, μετρήθηκε το ολικό βάρος (W, g $\pm$ 0,1). Υψηλότερη τιμή b από τη σχέση μήκους-βάρους υπολογίστηκε για τον πληθυσμό της Καστοριάς ($b=3,425$, $n=408$), ενώ μικρότερη για τα άτομα από τη Βεγορίτιδα ($b=3,283$, $n=402$). Σε όλες τις περιπτώσεις η παράμετρος b βρέθηκε στατιστικά υψηλότερη από την τιμή 3 ($p<0,0005$), γεγονός που υποδηλώνει θετική αλλομετρική αύξηση για το είδος και στις τρεις λίμνες και μπορεί να συνδέεται με την τροφική κατάσταση της κάθε λίμνης. Η ηλικία εκτιμήθηκε έπειτα από ανάγνωση λεπιών σε 374 άτομα τσιρωνιού από τη Λίμνη Βεγορίτιδα, 371 από τη Λίμνη Βόλβη και 382 από τη Λίμνη Καστοριάς. Συνολικά προσδιορίστηκαν 11 ηλικιακές κλάσεις στα δείγματα της Βεγορίτιδας και 8 στα δείγματα της Βόλβης και της Καστοριάς. Επίσης, κατασκευάστηκε η σχέση ακτίνας λεπιού – μήκους σώματος ψαριού για κάθε πληθυσμό και εφαρμόστηκε ο αναδρομικός υπολογισμός των μηκών. Τα μέσα αναδρομικά μήκη ανά ηλικία που υπολογίστηκαν είχαν γενικώς μικρότερη τιμή από ότι τα μέσα παρατηρούμενα. Η εξίσωση VBGF εφαρμόστηκε με τα μέσα μήκη ανά ηλικία (παρατηρούμενα και αναδρομικά) σε κάθε πληθυσμό. Οι παράμετροι αύξησης που προέκυψαν από τα παρατηρούμενα και τα αναδρομικά μήκη δεν παρουσίασαν μεγάλες διαφοροποιήσεις. Με βάση τα παρατηρούμενα μήκη, η υψηλότερη τιμή ασυμπτωτικού μήκους ($L_{\infty}=39,71$ cm) και ταυτόχρονα η χαμηλότερη τιμή ρυθμού αύξησης ($K=0,12$ 1/y) υπολογίστηκαν για το τσιρώνι της Λίμνης Βεγορίτιδας, ενώ

αντίθετα η χαμηλότερη τιμή L_{∞} (23,09 cm) και η υψηλότερη τιμή K (0,20 1/y) εκτιμήθηκαν για το τσιρώνι της Καστοριάς. Οι διαφορές αυτές αποδόθηκαν εν μέρει και στη διαφορετική αλιευτική πίεση που ασκείται στους ιχθυοπληθυσμούς. Ο δείκτης αύξησης φ' εμφάνισε υψηλότερη τιμή στη Βεγορίτιδα. Τέλος, οι πληθυσμοί του τσιρωνιού της Βόλβης και της Καστοριάς παρουσίασαν ομοιότητα ως προς το πρότυπο αύξησης που ακολουθούν, αλλά διαφοροποιήθηκαν από το αντίστοιχο πρότυπο του πληθυσμού της Βεγορίτιδας, αλλά και άλλων πληθυσμών της Βαλκανικής Χερσονήσου, κυρίως εξαιτίας της απόκρισης του κάθε πληθυσμού σε ποικίλες τοπικές περιβαλλοντικές πιέσεις.

Λέξεις κλειδιά: ηλικία, αύξηση, ολικό μήκος, δείκτης αύξησης, τσιρώνι, λίμνη, Ελλάδα.

ABSTRACT

Rutilus rutilus (Linnaeus, 1758) with common name roach, is a demersal freshwater fish species of the Family Cyprinidae, with wide geographical distribution. In Greece it lives in inland waters of Thrace, Macedonia and Thessaly. The aim of this study was the estimation of the age and the calculation of the growth parameters (L_{∞} , K , t_0) of three populations of *Rutilus rutilus*, from three natural lakes of Northern Greece (Kastoria lake, Lake Vegoritida and Lake Volvi), with different trophic status. Also, the parameter b of the length-weight relationship and the growth index ϕ' were calculated. The samples were derived from samplings that took place in autumn 2010 (Kastoria lake) and in autumn 2012 (Lake Vegoritida and Volvi). The catches were made with gill nets, Nordic type (benthic and pelagic). The total (TL, cm $\pm$ 0.1), the fork (FL, cm $\pm$ 0.1) and the standard length (SL, cm $\pm$ 0.1) and also the total weight (W, g $\pm$ 0.1) were measured. The highest value of the parameter b of the length-weight relationship was calculated for the population of Kastoria lake ($b=3.425$, $n=408$), while the lower for the specimens of Lake Vegoritida ($b=3.283$, $n=402$). In all cases, the parameter b was found statistically higher than the value 3 ($p < 0.0005$), suggesting positive allometric growth for the species in the three lakes, which may be associated with the trophic state of each lake. The age was estimated by reading of scales, in a sample of 374 roach individuals from Vegoritida, 371 from Volvi and 382 from Kastoria lake. Totally, 11 age classes were identified in the sample of Vegoritida and 8 in the sample of Volvi and Kastoria lake. In addition, the scale radius-fish body length relationship was made for each population and the method of the back-calculation of the lengths was applied. Generally, the mean back-calculated lengths at age had a lower value than the mean observed. The VBGF model was applied with the mean lengths at age (observed and back-calculated) in each population. The growth parameters that were obtained from the observed and the back-calculated lengths showed no great differences. Based on the observed lengths, the highest value of asymptotic length ($L_{\infty}=39,71$ cm) and at the same time the lowest value of growth rate ($K=0,12$ 1/y) were calculated for the roach of Lake Vegoritida, while the lowest value of L_{∞} (23,09 cm) and the higher value of K (0,20 1/y) for the roach of Kastoria lake. These differences were attributed, in part, to the different fishing pressure that is exerted on the fish populations. The growth index ϕ' had a higher value in Lake Vegoritida. Lastly, the roach populations in Volvi and Kastoria lake showed a

similarity in their growth pattern, but they were differentiated from the respective pattern of the population in Vegoritida and also from other roach populations in the Balkan Peninsula, mainly due to the response of each population to varying local environmental pressures.

Keywords: age, growth, total length, growth index, roach, lake, Greece.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ	9
1.1	Ηλικία και αύξηση στα ψάρια	9
1.1.1	Γενικά	9
1.1.2	Σχέση Μήκους – Βάρους	10
1.1.3	Εκτίμηση της Ηλικίας	11
1.1.4	Αναδρομικός υπολογισμός μήκους	13
1.1.5	Παράμετροι αύξησης	14
1.1.6	Δείκτης αύξησης και αυξημετρικό πλέγμα	16
1.2	Το είδος <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)	17
1.2.1	Γενικά στοιχεία	17
1.2.2	Περιβάλλον	18
1.2.3	Γεωγραφική εξάπλωση και διαγνωστικά χαρακτηριστικά του είδους <i>Rutilus rutilus</i> σε σχέση με άλλα είδη του γένους <i>Rutilus</i>	18
1.2.3.1	Στην Ασία	19
1.2.3.2	Στην Ευρώπη	19
1.2.3.3	Στην Ελλάδα	22
1.2.4	Διατροφή και Θήρευση	24
1.2.5	Ηλικία και Αύξηση	26
1.2.6	Αναπαραγωγή	28
1.2.7	Απειλές και Προστασία – Διατήρηση	28
1.2.8	Αλιεία και Υδατοκαλλιέργειες	29
1.3	Σκοπός της εργασίας	30
2	ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ	31
2.1	Λίμνη Καστοριάς	31
2.2	Λίμνη Βόλβη	35
2.3	Λίμνη Βεγορίτιδα	38
3	ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	43
3.1	Δειγματοληψίες	43
3.2	Μετρήσεις βιολογικών παραμέτρων	44
3.3	Σχέσεις μηκών και σχέση μήκους – βάρους	45

3.4 Ηλικία και αύξηση.....	47
3.4.1 Λήψη και επεξεργασία λεπιών	47
3.4.2 Ανάγνωση λεπιών.....	47
3.4.3 Σχέση μήκους σώματος ψαριού – ακτίνας λεπιού και αναδρομικός υπολογισμός μήκους.....	49
3.4.4 Υπολογισμός παραμέτρων αύξησης.....	50
3.4.5 Υπολογισμός δείκτη αύξησης και κατασκευή αυξημετρικού πλέγματος ...	51
4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	52
4.1 Ολικό μήκος	52
4.2 Σχέσεις μηκών.....	53
4.3 Σχέση μήκους – βάρους.....	58
4.4 Κλείδες μήκους – ηλικίας	61
4.5 Σχέση μήκους σώματος ψαριού – ακτίνας λεπιού και αναδρομικά μήκη.....	65
4.6 Παράμετροι, δείκτης και καμπύλες αύξησης.....	69
5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ	72
5.1 Σχέσεις μηκών και σχέση μήκους – βάρους	72
5.2 Ηλικία και αύξηση.....	74
5.2.1 Αναγνώριση της ηλικίας από τα λέπια και αναδρομικός υπολογισμός.....	74
5.2.2 Παράμετροι και δείκτης αύξησης.....	76
5.2.3 Αυξημετρικό πλέγμα	82
6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	87
7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	88
7.1 Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία	88
7.2 Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία.....	101
7.3 Ηλεκτρονικές διευθύνσεις.....	103
8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ.....	104

1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Ηλικία και αύξηση στα ψάρια

1.1.1 Γενικά

Τα ψάρια, σε παγκόσμιο επίπεδο, παρουσιάζουν γενικά πολύ μεγάλη διαφοροποίηση όσον αφορά τη διάρκεια ζωής τους, εφόσον υπάρχουν είδη που ζουν μόνο μερικούς μήνες και άλλα τα οποία μπορούν να ζήσουν μέχρι και περισσότερο από 200 έτη (Froese & Pauly 2013). Συγκεκριμένα, ο γωβιός *Eviota sigillata* Jewett & Lachner, 1983 της οικογένειας Gobiidae αντιστοιχεί στο σπονδυλωτό με το πιο σύντομο χρονικό διάστημα ζωής, αφού μπορεί να ζήσει μόνο για 2 – 3 μήνες (Depczynski & Bellwood 2005). Αντιθέτως, 13 είδη ψαριών παρουσιάζουν μέγιστη ηλικία >100 έτη και συμπεριλαμβάνονται στον κατάλογο των μακροβιότερων σπονδυλωτών (Reznick *et al.* 2002). Αυτά τα είδη είναι τα βραχύψαρα του γένους *Sebastes*, οι οπλόστηθοι του γένους *Hoplostethus*, τα ξυρύχια του γένους *Acipenser*, η μουρούνα *Huso huso* (Linnaeus, 1758) και ο μαυροκαρδινάλιος *Epigonus telescopus* (Risso, 1810). Ειδικότερα, τα δύο είδη ψαριών με τη μεγαλύτερη μέγιστη αναφερόμενη ηλικία (205 και 157 έτη) είναι αντίστοιχα το αλεουτικό βραχύψαρο *Sebastes aleutianus* (Jordan & Evermann, 1898) και το αρκτικό βραχύψαρο *Sebastes borealis* Barsukov, 1970.

Η αύξηση μπορεί να οριστεί ως η μεταβολή του μεγέθους ενός οργανισμού σε σχέση με το χρόνο. Ορισμένες κατηγορίες εξελικτικά ανώτερων σπονδυλωτών (π.χ. πτηνά και θηλαστικά), τα οποία είναι ενδόθερμοι οργανισμοί, ενηλικιώνονται σχετικά νωρίς κατά τη διάρκεια της ζωής τους και έπειτα σταματούν να αυξάνονται, παραμένοντας σε ένα σταθερό μέγεθος. Αντιθέτως, τα ψάρια είναι ποικιλόθερμοι οργανισμοί, οι οποίοι επηρεάζονται από εποχικές διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του νερού όπου διαβιούν, ακολουθώντας ένα τελείως διαφορετικό πρότυπο αύξησης. Το πρότυπο αυτό, το οποίο περιλαμβάνει εναλλαγή περιόδων γρήγορης και αργής αύξησης σε κάθε έτος, καθορίζεται για κάθε πληθυσμό ενός είδους από το γενότυπο σε συνδυασμό με ποικίλους περιβαλλοντικούς παράγοντες (Wootton 1992, 1999). Ειδικότερα, τα ψάρια αυξάνουν καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής τους, με ρυθμό που μειώνεται σταδιακά με την ηλικία (Sparre *et al.* 1989).

Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι ο πρώτος επιστήμονας που είχε αναφερθεί στην ηλικία των ψαριών και κατ' επέκταση στην αύξηση και στη δυναμική των πληθυσμών τους ήταν ο Αριστοτέλης, ο οποίος στο πρωτοπόρο για εκείνη την εποχή έργο του "Historia Animalium" επεσήμανε ότι οι ψαράδες στην αρχαία Ελλάδα ήξεραν να διακρίνουν τρία διαφορετικά μεγέθη του τόνου, τα οποία αντιστοιχούσαν σε τρεις διαφορετικές ηλικίες και μάλιστα το καθένα είχε και διαφορετική κοινή ονομασία (D'Arcy Thompson 1910, Bell 1962, από Pauly 1981).

Τις τελευταίες δεκαετίες πραγματοποιούνται ποικίλες έρευνες οι οποίες ασχολούνται με την ηλικία και την αύξηση διαφόρων ειδών ιχθύων σε παγκόσμιο επίπεδο. Από τις έρευνες αυτές, περίπου το 80% αφορά είδη των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, ενώ το 20% περίπου αφορά είδη των εσωτερικών υδάτων (Froese & Pauly 2013).

1.1.2 Σχέση Μήκους – Βάρους

Γενικά, υπάρχουν δύο «κατηγορίες» αύξησης στα ψάρια, η αξονική αύξηση, η οποία αφορά την αύξηση σε μήκος, και η αύξηση σε όγκο, η οποία υποδηλώνει την αύξηση σε βάρος (Ursin 1979). Εφόσον είναι διαθέσιμα τα δεδομένα μήκους και βάρους ενός πληθυσμού, υπάρχει η δυνατότητα εύρεσης της σχέσης που συνδέει αυτές τις δύο βιολογικές παραμέτρους. Η σχέση μήκους – βάρους είναι εξαιρετικά σημαντική στον κλάδο της Αλιευτικής Βιολογίας, διότι προσδίδει πολύ χρήσιμες πληροφορίες για την κατάσταση ενός είδους, ενώ ταυτόχρονα παρέχει τη δυνατότητα σύγκρισης των στρατηγικών ζωής διαφορετικών πληθυσμών του είδους αυτού σε ποικίλες γεωγραφικές περιοχές, αλλά και τη δυνατότητα εκτίμησης της βιομάζας ενός πληθυσμού του είδους από την κατά μήκος σύνθεση του πληθυσμού αυτού. Παράλληλα, όσον αφορά την αλιευτική διαχείριση των αποθεμάτων, χρησιμεύει στη μετατροπή των εξισώσεων που περιγράφουν την αύξηση μήκους σε εξισώσεις για την αύξηση βάρους (Binohlan & Pauly 1998, Pauly *et al.* 2008).

Ο επιστήμονας που πρώτος καθιέρωσε τη σύγχρονη μορφή της σχέσης μήκους – βάρους, η οποία χρησιμοποιείται ευρύτατα, ήταν ο Keys το 1928, ο οποίος έπειτα από μία τεκμηριωμένη έρευνα κατασκεύασε τη σχέση αυτή για πληθυσμούς των ειδών *Fundulus parvapinnis* Girard, 1854 και *Clupea harengus* Linnaeus, 1758. Στη συνέχεια, εξίσου σημαντική δημοσίευση ήταν και αυτή του Le Cren το 1951, ο οποίος παρατήρησε στατιστικά σημαντικές διαφορές, έπειτα από σύγκριση των

σχέσεων μήκους – βάρους μεταξύ των δύο φύλων για το περκί *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 της Λίμνης Windermere στην Αγγλία, αλλά και μεταξύ διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης των γονάδων, διαφορετικών σταδίων ζωής του πληθυσμού αυτού και διαφορετικών εποχών του έτους (Froese 2006).

1.1.3 Εκτίμηση της Ηλικίας

Η εκτίμηση της ηλικίας και στη συνέχεια της αύξησης ποικίλων ειδών ψαριών αποτέλεσε έναν από τους θεμέλιους λίθους της Αλιευτικής Βιολογίας, εφόσον σχετίζεται στενά με εξαιρετικά κρίσιμες βιολογικές διαδικασίες στα ψάρια, όπως είναι η αναπαραγωγή και η θνησιμότητα, αλλά και με την εκτίμηση της παραγωγικότητας ενός οικοσυστήματος. Κατ' επέκταση, συνεισφέρει σε πολύ μεγάλο βαθμό στο να πραγματοποιείται μία σωστή και ολοκληρωμένη αλιευτική διαχείριση των ιχθυοπληθυσμών (Bagenal & Tesch 1978, Casselman 1987, Campana 2001). Όπως προαναφέρθηκε, κατά τη διάρκεια ενός έτους υπάρχουν φάσεις γρήγορης και αργής αύξησης στα ψάρια, οι οποίες αντιστοιχούν σε θερμές και ψυχρές περιόδους του έτους, ενώ παράλληλα σχετίζονται και με άλλους παράγοντες, όπως είναι η ποσότητα και η ποιότητα της διαθέσιμης τροφής, ο ενδοειδικός ή/και ο διαειδικός ανταγωνισμός και η αναπαραγωγική περίοδος (Wootton 1992, 1999). Αυτή η συνεχής εναλλαγή του ρυθμού αύξησης οδηγεί στο σχηματισμό έντονων ετήσιων δακτυλίων, παρόμοιων με αυτούς στους κορμούς των δέντρων, σε διάφορες σκελετικές δομές των ψαριών, οι οποίες αυξάνονται ανάλογα όσο τα ψάρια αυξάνουν (Bagenal 1974, Schneider *et al.* 2000). Η εκτίμηση της ηλικίας πραγματοποιείται μέσω της ανάγνωσης του ακριβή αριθμού των δακτυλίων πάνω στις σκελετικές δομές, οι οποίοι συνήθως είναι ετήσιοι (Casselman 1987, Francis 1990).

Η αναγνώριση των δακτυλίων απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή, διότι εκτός από τους ετήσιους υπάρχουν και άλλου είδους δακτύλιοι πάνω στην εκάστοτε σκελετική δομή, όπως ημερήσιοι, σεληνιακοί, αναπαραγωγής ή μετανάστευσης, αλλά και ψευδοδακτύλιοι, οι οποίοι μπορεί να δημιουργηθούν εξαιτίας διαφόρων στρεσογόνων παραγόντων που προκαλούν προσωρινή διακοπή της αύξησης, όπως π.χ. ακραίες θερμοκρασίες, έλλειψη τροφής, τραυματισμοί κ.ά. Οι ψευδοδακτύλιοι δεν εκτείνονται πάνω σε όλη την επιφάνεια του σκελετικού στοιχείου όπως οι ετήσιοι, αλλά διακόπτονται συνήθως σε κάποιο σημείο (Wootton 1999, Schneider *et al.* 2000). Εκτός αυτού, ο ακριβής προσδιορισμός των ετήσιων δακτυλίων σε σκελετικές

κατασκευές μεγάλωσμων ατόμων μεγάλης ηλικίας αποτελεί ιδιαίτερα δύσκολη διαδικασία, διότι ο ρυθμός αύξησης είναι εξαιρετικά μικρός σε μεγάλες ηλικίες, με αποτέλεσμα η απόσταση μεταξύ των δακτυλίων να μικραίνει πάρα πολύ, σε σημείο που να μην είναι δυνατός ο σαφής διαχωρισμός τους και να θεωρούνται ως ένας δακτύλιος. Έτσι, πολλές φορές πραγματοποιείται υποεκτίμηση της ηλικίας των ατόμων αυτών (Schneider *et al.* 2000).

Αυτή η μέθοδος προσδιορισμού της ηλικίας των ψαριών έχει εφαρμοστεί από πληθώρα ερευνητών σε λέπια, σε ωτόλιθους, σε σπονδύλους, σε μαλακές ή σκληρές ακτίνες των πτερυγίων, καθώς και σε οστά του βραγχιακού επικαλύμματος (Campana 2001). Γενικά, τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα σκελετικά στοιχεία με σκοπό τον προσδιορισμό της ηλικίας των περισσότερων ειδών ψαριών σε ετήσια βάση είναι τα λέπια και οι ωτόλιθοι (Casselman 1987, Secor *et al.* 1995a, Campana 2001, Campana & Thorrold 2001).

Τα λέπια, τα οποία παρέχουν προστασία καλύπτοντας το σώμα των περισσότερων ειδών ψαριών, αποτελούν μία από τις πιο σημαντικές σκελετικές κατασκευές (Briggs *et al.* 1994). Η πρώτη λεπτομερής περιγραφή των δομών αυτών ανάγεται σε πολύ προγενέστερη χρονική περίοδο, τον 16^ο αιώνα, και συγκεκριμένα το 1566 από τον Petrus Borellus, ενώ μετά από χρόνια (το 1685), ο Ολλανδός φυσιοδίφης Antony van Leeuwenhoek ήταν ο πρώτος επιστήμονας που κατάφερε να προσδιορίσει την ηλικία ψαριού από σκελετική κατασκευή και συγκεκριμένα του χελιού, ύστερα από προσεκτική ανάγνωση των λεπιών του (Creaser 1926). Επιπλέον, το 1759 ο Hederström ήταν αυτός που ανέφερε για πρώτη φορά την ύπαρξη ετήσιων δακτυλίων στους σπονδύλους των ψαριών (Pauly 1981).

Στα τέλη του 19^{ου} αιώνα και στις αρχές του 20^{ου}, γίνονται προσδιορισμοί της ηλικίας των ψαριών μέσω της ανάγνωσης λεπιών και συγκεκριμένα το 1898 και το 1901 από τον Hoffbauer (Creaser 1926). Παράλληλα, το 1899 ο Reibisch χρησιμοποίησε για πρώτη φορά ωτόλιθους προκειμένου να προσδιορίσει τον αριθμό των ετήσιων δακτυλίων, ενώ το 1905 ο Heincke ήταν ο πρώτος που εισήγαγε τη χρήση των οστών του ψαριού με σκοπό την εκτίμηση της ηλικίας (Pauly 1981).

Όσον αφορά τον προσδιορισμό των ηλικιακών κλάσεων αποκλειστικά και μόνο από την κατά μήκος σύνθεση ενός πληθυσμού, πρωτοπόρος στον τομέα αυτό ήταν ο Petersen το 1891 και στη συνέχεια ακολούθησε ο Fulton το 1904 (Pauly 1981). Έπειτα, κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα, αναπτύχθηκαν και άλλες πιο

σύγχρονες μαθηματικές μέθοδοι εκτίμησης της ηλικιακής σύνθεσης ενός πληθυσμού μόνο από στοιχεία μήκους, οι οποίες εφαρμόστηκαν από τους Harding (1949), Gassie (1954), Bhattacharya (1967), Abramson (1970), Schnute & Fournier (1980) και Pauly (1987) (Pauly & Morgan 1987). Σήμερα, η πλέον ευρύτατα χρησιμοποιούμενη μέθοδος είναι η μέθοδος Bhattacharya, σύμφωνα με την οποία η κατά μήκος σύνθεση ενός πληθυσμού αναλύεται σε επιμέρους κανονικές κατανομές, οι οποίες αντιστοιχούν σε διαδοχικές ηλικιακές κλάσεις, ενώ οι κορυφές των κατανομών αυτών αντιστοιχούν στα μέσα μήκη ανά ηλικιακή κλάση (Bhattacharya 1967).

1.1.4 Αναδρομικός υπολογισμός μήκους

Ο αναδρομικός υπολογισμός είναι μια τεχνική που εφαρμόζεται σε ένα ψάρι ορισμένης ηλικίας, με σκοπό να προσδιοριστεί το μήκος που είχε το ψάρι αυτό σε προγενέστερες ηλικίες. Το αναδρομικό δηλαδή μήκος είναι το μήκος που είχε το ψάρι αυτό τη χρονική στιγμή που συμπληρωνόταν σε κάποια σκελετική του δομή ο κάθε ετήσιος δακτύλιος. Ο υπολογισμός αυτός είναι δυνατό να πραγματοποιηθεί εφόσον είναι γνωστά η ακτίνα του κάθε ετήσιου δακτυλίου, η ολική ακτίνα της σκελετικής κατασκευής, όπως επίσης και το παρατηρούμενο μήκος του ψαριού, δηλαδή το μήκος που έχει το ψάρι τη χρονική στιγμή της αλίευσής του (Francis 1990). Η μέθοδος αυτή έχει εφαρμοστεί έπειτα από μετρήσεις σε διάφορες σκελετικές κατασκευές, όπως για παράδειγμα σε λέπια (π.χ. Lea 1910, Lee 1920), σε ωτόλιθους (π.χ. Graynoth 1987), σε οστά του βραγχιακού επικαλύμματος (π.χ. Le Cren 1947), σε σπονδύλους (π.χ. Clay 1982), καθώς και σε μαλακές ή σκληρές ακτίνες των πτερυγίων (π.χ. MacCrimmon 1979).

Πρωτοπόρος θεωρείται ο Lea (1910), ο οποίος μελετώντας έναν πληθυσμό της ρέγγας, διαπίστωσε ότι το λέπι του κάθε ατόμου του πληθυσμού αυξανόταν αναλογικά με το ολικό μήκος του ατόμου αυτού και συνεπώς προσδιόρισε τη γραμμική σχέση μεταξύ της ακτίνας του λεπιού και του ολικού μήκους σώματος του ψαριού (Lea 1910). Έπειτα, ορίστηκε η πρώτη εξίσωση αναδρομικού υπολογισμού από τους Dahl και Lea (1910), ενώ στη συνέχεια ακολούθησε αυτή των Fraser (1916) και Lee (1920), η οποία χρησιμοποιείται από τους περισσότερους ερευνητές (Francis 1990).

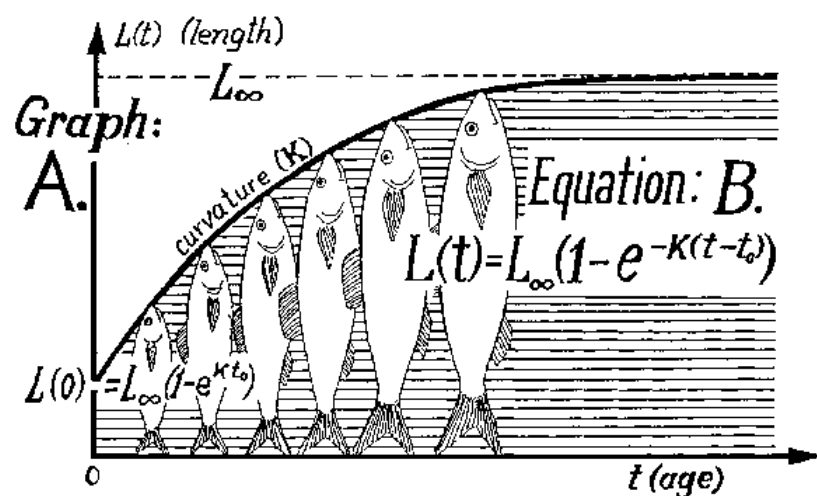
Διάφορες άλλες σχέσεις που χρησιμοποιήθηκαν για τον ανάδρομο υπολογισμό των μηκών ήταν οι γραμμικές εξισώσεις των Hile (1941) και Whitney & Carlander (1956), αλλά και μη γραμμικές μέθοδοι, όπως αυτές των Monastyrsky

(1926), Fry (1943), Le Cren (1947), Graynoth (1987) και Maceina & Betsill (1987). Επίσης, έχουν εφαρμοστεί κατά καιρούς και ποικίλες άλλες γραφικές μέθοδοι παλινδρόμησης (Bagenal & Tesch 1978, Francis 1990).

1.1.5 Παράμετροι αύξησης

Κατά καιρούς, έχουν προταθεί διάφορες εξισώσεις οι οποίες περιγράφουν την αύξηση στα ψάρια, όπως αυτές των Gompertz (1825), Robertson (1923), Pearl & Reed (1923), Richards (1959), Krüger (1964), καμία όμως από αυτές δεν κατόρθωσε να προσαρμοστεί σωστά σε ένα σύνολο δεδομένων μέσου μήκους ανά ηλικία, εφόσον είχαν κατασκευαστεί περισσότερο με βάση εμπειρικές θεωρήσεις και δεν αποδεικνύονταν εμπεριστατωμένα σύμφωνα με τις αρχές της βιολογίας και της οικολογίας των ψαριών. Όμως, ο Von Bertalanffy (1934, 1938, 1957) πρότεινε μία πλήρως τεκμηριωμένη εξίσωση (μοντέλο VBGF) πάνω στο αντικείμενο αυτό, η οποία στηρίζεται στις αρχές της φυσιολογίας και των ενεργειακών ισοζυγίων και δεν παρουσιάζει κάποιο από τα προαναφερθέντα προβλήματα (Pauly 1981). Η εξίσωση αυτή έχει καθιερωθεί, αφού χρησιμοποιείται ευρέως από πάρα πολλούς ερευνητές με σκοπό τον υπολογισμό των παραμέτρων αύξησης (Pauly *et al.* 2008).

Σύμφωνα με το μοντέλο VBGF, η αύξηση των ψαριών σε μήκος είναι ασυμπτωτική (Εικόνα 1.1), δηλαδή δε σταματά ποτέ αλλά τείνει προς το ασυμπτωτικό μήκος L_{∞} . Ο ετήσιος ρυθμός αύξησης είναι πολύ γρήγορος κατά τα πρώτα έτη, ενώ στη συνέχεια μειώνεται με το πέρασμα του χρόνου και ελαχιστοποιείται κατά τα τελευταία έτη (Sparre *et al.* 1989).



Εικόνα 1.1 Γραφική παράσταση που απεικονίζει την ασυμπτωτική αύξηση των ψαριών σε μήκος (πηγή εικόνας: Sparre *et al.* 1989).

Figure 1.1 Graph illustrating the asymptotic growth in length of the fish (image source: Sparre *et al.* 1989).

Οι παράμετροι αύξησης (L_{∞} , K , t_0) που υπολογίζονται από την παραπάνω εξίσωση είναι εξίσου σημαντικές για τους κλάδους της Ιχθυολογίας, της Αλιευτικής Βιολογίας και της Οικολογίας, εφόσον χρησιμοποιούνται συνεχώς σε συγκριτικές μελέτες της ιστορίας ζωής των ειδών, στη διαχείριση των ιχθυοαποθεμάτων, όπως επίσης και σε διάφορα οικολογικά μοντέλα με σκοπό τη μελέτη της δυναμικής των πληθυσμών των ψαριών (Pauly *et al.* 2008).

Ο υπολογισμός των παραμέτρων του μοντέλου VBGF μπορεί να γίνει με τη χρήση τριών διαφορετικών συνόλων δεδομένων: i) δεδομένα ηλικίας – μήκους, τα οποία προέρχονται από τις μετρήσεις του μήκους όλων των ατόμων του πληθυσμού και την ανάγνωση των σκελετικών κατασκευών των ψαριών, ii) δεδομένα αποκλειστικά μήκους (κατά μήκος σύνθεση του πληθυσμού), τα οποία προέρχονται μόνο από τις μετρήσεις του μήκους και iii) δεδομένα από πειράματα σήμανσης (tagging), τα οποία προέρχονται από την καταγραφή του μήκους των ατόμων σε δύο διαφορετικές χρονικές στιγμές, τη στιγμή της σύλληψης και τη στιγμή της επανασύλληψης (Sparre *et al.* 1989).

Όταν είναι διαθέσιμες τιμές μέσου μήκους (παρατηρούμενου ή αναδρομικού) για κάθε ηλικία, οι παράμετροι του μοντέλου VBGF υπολογίζονται με τη χρήση είτε γραφημάτων είτε μη γραμμικών μεθόδων. Παλαιότερα, η εκτίμηση αυτή γινόταν με τη χρήση γραφημάτων, τα οποία στηρίζονταν σε γραμμικές εξισώσεις. Συγκεκριμένα, από τα γραφήματα Ford – Walford (Ford 1933, Walford 1946), Von Bertalanffy (Von Bertalanffy 1934) και Gulland – Holt (Gulland & Holt 1959, Gulland 1969) μπορούσε να γίνει η εκτίμηση των παραμέτρων K και L_{∞} , ενώ η εκτίμηση του t_0 γινόταν στη συνέχεια με την εφαρμογή μίας από τις δύο μεθόδους του Gulland (Gulland 1969).

Ο σύγχρονος υπολογισμός των παραμέτρων αύξησης πραγματοποιείται κατά κύριο λόγο με την εφαρμογή της μη γραμμικής μεθόδου των ελαχίστων τετραγώνων, η οποία αποτελεί την πλέον αξιόπιστη και ευρύτατα διαδεδομένη μέθοδο, αφού υπολογίζει ταυτόχρονα τις τιμές και των τριών παραμέτρων αύξησης, αλλά και του σταθερού σφάλματος των παραμέτρων αυτών. Οι πρώτοι που είχαν εφαρμόσει τη μέθοδο αυτή ήταν οι Tomlison & Abramson (1961), Fabens (1965) και Allen (1966) (Sparre *et al.* 1989).

1.1.6 Δείκτης αύξησης και αυξημετρικό πλέγμα

Η σύγκριση της αύξησης μεταξύ διαφορετικών ειδών ή μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών του ίδιου είδους δε μπορούσε να πραγματοποιηθεί από τη σύγκριση των παραμέτρων αύξησης, διότι η καθεμία παράμετρος εκφράζεται σε διαφορετικές μονάδες. Για αυτό το λόγο, δημιουργήθηκε ένας κατάλληλος δείκτης αύξησης, ο οποίος προέκυψε από το συνδυασμό των παραμέτρων K και L_{∞} (Munro & Pauly 1983, Pauly & Munro 1984, Pauly 1998).

Ο δείκτης ϕ' χρησιμοποιείται κατά κόρον από πλήθος ερευνητών, προκειμένου να συγκρίνουν την αύξηση μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών. Επιπλέον, μία άλλη χρησιμότητα του δείκτη ϕ' είναι ότι σε περίπτωση που δεν είναι γνωστές οι παράμετροι αύξησης ενός πληθυσμού, υπάρχει η δυνατότητα υπολογισμού της παραμέτρου K , εφόσον είναι γνωστά το L_{∞} , το οποίο μπορεί να υπολογιστεί με βάση το $L_{\max}$ του πληθυσμού αυτού (Froese & Binohlan 2000), καθώς και η μέση τιμή ενός συνόλου τιμών του ϕ' , το οποίο έχει προκύψει από διάφορα αποθέματα του είδους (Pauly 1998, Pauly *et al.* 2008).

Επιπροσθέτως, μία ακόμη εξαιρετικά χρήσιμη μέθοδος κατά την οποία απεικονίζεται η σύγκριση της αύξησης μεταξύ πληθυσμών του ίδιου είδους ή διαφορετικών ειδών, είναι η κατασκευή του αυξημετρικού πλέγματος, το οποίο είναι ένα διπλό λογαριθμικό διάγραμμα της παραμέτρου L_{∞} με την παράμετρο K (Pauly 1994, Cury & Pauly 2000). Παρόλο που σε πολλές περιπτώσεις, σύμφωνα με το αυξημετρικό πλέγμα, παρατηρείται διαφοροποίηση της αύξησης ακόμη και σε πληθυσμούς του ίδιου είδους εντός μικρής γεωγραφικής κλίμακας, εντούτοις έχει αποδειχθεί ότι κάποιες φορές απεικονίζονται σαφή πρότυπα αύξησης ανάμεσα σε ευρύτερες ομάδες. Για παράδειγμα, η σύγκριση μεταξύ των τροπικών ψαριών και των ψαριών που ζουν σε κρύα νερά απέδειξε ότι τα τροπικά είδη φτάνουν γενικά σε μικρότερα μέγιστα μεγέθη, παρουσιάζοντας συγχρόνως και μεγαλύτερους ρυθμούς αύξησης, γεγονός που αποδόθηκε στις υψηλότερες θερμοκρασίες που επικρατούν στις τροπικές περιοχές, οι οποίες συνεπάγονται υψηλότερους μεταβολικούς ρυθμούς (Pauly 1998, Pauly *et al.* 2008).

1.2 Το είδος *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758)

1.2.1 Γενικά στοιχεία

Το είδος *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), με κοινή ονομασία τσιρώνι (roach), είναι ένα είδος ψαριού των εσωτερικών υδάτων της οικογένειας Cyprinidae, στην οποία ανήκουν συνολικά περίπου 2.950 είδη. Η οικογένεια αυτή συγκεντρώνει τη μεγαλύτερη ποικιλότητα ειδών ιχθύων εσωτερικών υδάτων της Ευρώπης, της Ασίας, της Αφρικής και της Βόρειας Αμερικής (Nelson 2006). Στην Ελλάδα περιλαμβάνει 80 είδη και αντιπροσωπεύει περίπου το 50% του συνολικού αριθμού ειδών ψαριών των εσωτερικών νερών της χώρας (Economidou *et al.* 2007). Αποτελεί ένα πολύ σημαντικό είδος των υδάτινων τροφικών πλεγμάτων και διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στη λειτουργία των οικοσυστημάτων (Kottelat & Freyhof 2007). Το μέγιστο δημοσιευμένο σταθερό μήκος (SL) του είδους αυτού φτάνει τα 50 cm, το μέγιστο βάρος τα 1,8 kg, ενώ η μέγιστη αναφερόμενη ηλικία είναι 14 έτη. Επίσης, διαθέτει τα εξής βασικά μορφολογικά χαρακτηριστικά: ραχιαίο πτερύγιο με 3 σκληρές ακτίνες και 9 – 12 μαλακές, εδρικό πτερύγιο με 3 σκληρές ακτίνες και 9 – 13 μαλακές, ουραίο πτερύγιο με 18 – 19 ακτίνες και 39 – 41 σπόνδυλους (Froese & Pauly 2013). Στον παρακάτω πίνακα (Πίνακας 1.1) παρουσιάζεται η συστηματική κατάταξη του είδους, σύμφωνα με το Ολοκληρωμένο Ταξινομικό Πληροφοριακό Σύστημα (ITIS) και στη συνέχεια παραθέτονται αναλυτικά χαρακτηριστικά της βιολογίας και της οικολογίας του.

Πίνακας 1.1 Συστηματική κατάταξη του είδους *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), σύμφωνα με ITIS.

Table 1.1 Taxonomy of the species <i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758), according to ITIS.	
Βασίλειο	Animalia
Φύλο	Chordata
Υποφύλο	Vertebrata
Ανθυποφύλο	Gnathostomata
Υπερκλάση	Osteichthyes
Κλάση	Actinopterygii
Υποκλάση	Neopterygii
Ανθυποκλάση	Teleostei
Υπερτάξη	Ostariophysi
Τάξη	Cypriniformes
Υπεροικογένεια	Cyprinoidea
Οικογένεια	Cyprinidae
Υποοικογένεια	Leuciscinae
Γένος	<i>Rutilus</i> Rafinesque, 1820
Είδος	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758)

1.2.2 Περιβάλλον

Πρόκειται για ένα βενθοπελαγικό, ποταμόδρομο είδος, τόσο των γλυκών όσο και των υφάλμυρων υδάτων, το οποίο διαβιεί σε ποικίλα οικοσυστήματα, κυρίως πεδινών περιοχών, όπου επικρατεί σύνηθες εύρος θερμοκρασίας νερού 10 – 20°C και εύρος pH 7,0 – 7,5 (Riehl & Baensch 1991, Riede 2004). Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι μπορεί να επιζήσει ακόμη και σε ρυπασμένα νερά, όπου επικρατούν χαμηλές συγκεντρώσεις O₂. Αφθονεί κατά κύριο λόγο σε εύτροφες λίμνες μεσαίου μεγέθους (φυσικές ή τεχνητές), σε μεσαίου ή μεγάλου μεγέθους ποταμούς, σε μικρά παρακείμενα ρέματα, σε κανάλια, σε έλη, όπως επίσης και σε αρκετές υφάλμυρες λιμνοθάλασσες. Κατά τη διάρκεια της χειμερινής περιόδου, το είδος διαχειμάζει σε μεγάλα βάθη, δηλαδή σε διάφορα μικροπεριβάλλοντα λιμναίων συστημάτων ή ποταμών υψηλής ροής, όπου παρέχεται προστασία (Kottelat & Freyhof 2007).

1.2.3 Γεωγραφική εξάπλωση και διαγνωστικά χαρακτηριστικά του είδους *Rutilus rutilus* σε σχέση με άλλα είδη του γένους *Rutilus*

Το είδος *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) παρουσιάζει γενικώς ευρεία εξάπλωση σε πολύ μεγάλη γεωγραφική κλίμακα (Εικόνα 1.2), εφόσον διάφοροι πληθυσμοί του καταλαμβάνουν ποικίλες υδατοσυλλογές εσωτερικών νερών σε Ευρώπη αλλά και Ασία.



Εικόνα 1.2 Χάρτης κατανομής του είδους *Rutilus rutilus* (πηγή εικόνας: Kottelat & Freyhof 2007).
Figure 1.2 Distribution map of the species *Rutilus rutilus* (image source: Kottelat & Freyhof 2007).

1.2.3.1 Στην Ασία

Συγκεκριμένα, στην Ασιατική Ήπειρο, το είδος απαντά στη λεκάνη απορροής της Θάλασσας του Μαρμαρά (Προποντίδα) και χαμηλότερα στον Ποταμό Σαγγάριο της Ανατολίας, από όπου εκτείνεται ανατολικότερα σε περιοχές νότια της Κασπίας Θάλασσας και μέχρι τη λεκάνη απορροής της Λίμνης Αράλη στο Ουζμπεκιστάν. Επιπλέον, έχει επισημανθεί παρουσία του είδους και στο Βόρειο τμήμα της Ασίας και συγκεκριμένα στη Σιβηρία, καλύπτοντας μεγάλη έκταση από τον Ποταμό Ομπ μέχρι τον Ποταμό Λένα ανατολικότερα (Kottelat & Freyhof 2007).

1.2.3.2 Στην Ευρώπη

Στην Ευρωπαϊκή Ήπειρο, το είδος συναντάται σχεδόν παντού. Ειδικότερα, διαβίει σε όλες τις περιοχές βόρεια των οροσειρών των Πυρηναίων και των Άλπεων και ανατολικά μέχρι τη λεκάνη απορροής της Κασπίας Θάλασσας (στον Ουράλη Ποταμό στο Καζακστάν και στον Ποταμό Έβα στη Ρωσία). Βρίσκεται σε όλες τις υδατοσυλλογές της Κεντρικής, της Βορειοδυτικής και της Βόρειας Ευρώπης (π.χ. Εικόνα 1.3), με εξαίρεση τις περιοχές της Μεγάλης Βρετανίας που βρίσκονται σε γεωγραφικό πλάτος βορειότερα από 56° N, όπως επίσης και αυτές της Σκανδιναβικής Χερσονήσου βορειότερα από 69° N. Μάλιστα, αποτελεί το μοναδικό είδος του γένους *Rutilus* στη Βορειοδυτική Ευρώπη και συγκεκριμένα στη λεκάνη απορροής του Ατλαντικού Ωκεανού, βόρεια των Πυρηναίων Όρων. Στο Νοτιοδυτικό Ευρωπαϊκό κομμάτι, απουσιάζει κατά κανόνα από την Ιταλική Χερσόνησο και γενικότερα από τη λεκάνη απορροής της Αδριατικής Θάλασσας, αλλά και από την Ιβηρική Χερσόνησο. Παρ' όλα αυτά, αποτελεί εισαγόμενο είδος σε κάποια συστήματα εσωτερικών υδάτων της Βορειοανατολικής Ιταλίας αλλά και της Ισπανίας (Kottelat & Freyhof 2007).



Εικόνα 1.3 Άτομο του είδους *Rutilus rutilus* από σύστημα εσωτερικών νερών της λεκάνης απορροής του Ποταμού Δούναβη στη Γερμανία (πηγή εικόνας: A. Hartl, από Kottelat & Freyhof 2007).

Figure 1.3 Specimen of the species *Rutilus rutilus* from a freshwater system of the Danube drainage, Germany (image source: A. Hartl, from Kottelat & Freyhof 2007).

Στον Ευρωπαϊκό χώρο και συγκεκριμένα σε διάφορα συστήματα εσωτερικών νερών της Κεντρικής και Βόρειας Ευρώπης, τα οποία βρίσκονται κατά κανόνα βορειότερα της Οροσειράς των Άλπεων, αναφέρονται ακόμη δύο είδη του γένους *Rutilus*. Επιπλέον, σε περιοχές που εμπερικλείονται εντός των λεκανών απορροής της Μαύρης, της Αζοφικής ή/και της Κασπίας Θάλασσας, υπάρχουν τρία ακόμη είδη του γένους αυτού, ενώ όσον αφορά την Ιταλική Χερσόνησο, απαντούν άλλα τρία είδη. Αυτά τα είδη, καθώς και οι κύριες γεωγραφικές περιοχές όπου διαβιούν, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.2.

Πίνακας 1.2 Είδη του γένους *Rutilus* που απαντούν σε διάφορες περιοχές της Ευρώπης, σύμφωνα με τους Kottelat & Freyhof (2007).

Table 1.2 Species of the genus *Rutilus* in several areas of Europe, according to Kottelat & Freyhof (2007).

Είδος	Γεωγραφική εξάπλωση
<i>R. meidingeri</i> (Heckel, 1851)	Υποαλπικές Λίμνες της Αυστρίας
<i>R. virgo</i> (Heckel, 1852)	Ποταμοί Δούναβης και Σάβο
<i>R. caspicus</i> (Yakovlev, 1870)	Υφάλμυρα νερά της Βόρειας και Βορειοδυτικής Κασπίας Θάλασσας
<i>R. frisii</i> (Nordmann, 1840)	Λεκάνες απορροής της Μαύρης Θάλασσας, της Αζοφικής, της Κασπίας και της Θάλασσας του Μαρμαρά
<i>R. heckelii</i> (Nordmann, 1840)	Υφάλμυρα νερά της Μαύρης και της Αζοφικής Θάλασσας
<i>R. pigus</i> (Lacepède, 1803)	Αυτόχθονα στο Βόρειο τμήμα της λεκάνης της Αδριατικής Θάλασσας (σε Ιταλία και Ελβετία)
<i>R. aula</i> (Bonaparte, 1841)	και εισαγόμενα νοτιότερα
<i>R. rubilio</i> (Bonaparte, 1837)	Αυτόχθονο στο Βόρειο και Κεντρικό τμήμα της Ιταλικής Χερσονήσου και εισαγόμενο σε Νότια Ιταλία και Σικελία

Τα μορφολογικά χαρακτηριστικά σύμφωνα με τα οποία το είδος *R. rutilus* μπορεί να διακριθεί από τα παραπάνω είδη του γένους *Rutilus* είναι τα ακόλουθα: 39 – 41 + 2 – 3 (41 – 44 συνολικά) λέπια της πλευρικής γραμμής, απουσία λωρίδας στο μέσο της πλευρικής γραμμής, σώμα ελαφρώς πιεσμένο πλευρικά σε βάθος 25-35% του σταθερού μήκους (SL), ραχιαίο και εδρικό πτερύγιο με 10½ διακλαδισμένες μαλακές ακτίνες το καθένα, τελικό στόμα και οξύ ρύγχος, κίτρινη ίριδα του ματιού

στα νεαρά άτομα και βαθυκόκκινη στα ενήλικα, καθώς και πορτοκαλοκόκκινα εδρικό, κοιλιακό και θωρακικά πτερύγια (Kottelat & Freyhof 2007).

Ειδικότερα, στη Βαλκανική Χερσόνησο το *R. rutilus* βρίσκεται σχεδόν σε όλα τα εσωτερικά νερά των χωρών της (Σλοβενία, Κροατία, Ρουμανία, Βουλγαρία, Σερβία, Μαυροβούνιο, Βοσνία-Ερζεγοβίνη, Π.Γ.Δ.Μ., Ευρωπαϊκή Τουρκία, Ελλάδα), ξεκινώντας από το βορειότερο τμήμα της το οποίο ορίζεται από τη γραμμή των Ποταμών Σάβου και Δούναβη και φτάνοντας νοτιότερα μέχρι και τον Ποταμό Πηνειό στην Ελλάδα. Δεν έχει αναφερθεί η παρουσία του είδους αυτού σε περιοχές που ανήκουν στη λεκάνη απορροής της Αδριατικής Θάλασσας (σε κάποια τμήματα της Κροατίας και στην Αλβανία), καθώς και σε συστήματα της Ανατολικής, Νοτιοδυτικής και Νότιας Ελλάδας (Kottelat & Freyhof, 2007).

Στην ευρύτερη περιοχή της Βαλκανικής Χερσονήσου, πέρα από τα όρια της λεκάνης απορροής της Μαύρης Θάλασσας, διαβιούν επίσης άλλα εννέα είδη του γένους *Rutilus*, τέσσερα από τα οποία είναι ενδημικά των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας. Το χαρακτηριστικό μορφολογικό γνώρισμα που διαχωρίζει το *R. rutilus* από αυτά τα εννέα είδη της Βαλκανικής είναι το εδρικό πτερύγιο, το οποίο διαθέτει 10½ διακλαδισμένες μαλακές ακτίνες (Kottelat & Freyhof 2007). Τα είδη τα οποία διαβιούν σε περιοχές των Βαλκανίων (εκτός της ελληνικής επικράτειας), όπως επίσης και οι χώρες εξάπλωσής τους, παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.3.

Πίνακας 1.3 Είδη του γένους *Rutilus* που απαντούν σε χώρες της Βαλκανικής Χερσονήσου (εκτός της Ελλάδας), σύμφωνα με Kottelat & Freyhof (2007) και Froese & Pauly (2013).

Table 1.3 Species of the genus *Rutilus* in countries of the Balkan Peninsula (except Greece), according to Kottelat & Freyhof (2007) and Froese & Pauly (2013).

Είδος		Γεωγραφική εξάπλωση
<i>R. aula</i>	(Bonaparte, 1841)	Σλοβενία και Κροατία
<i>R. basak</i>	(Heckel, 1843)	Κροατία και Βοσνία-Ερζεγοβίνη
<i>R. karamani</i>	Fowler, 1977	Μαυροβούνιο, Αλβανία και Π.Γ.Δ.Μ.
<i>R. ohridanus</i>	(Karaman, 1924)	
<i>R. albus</i>	Maric, 2010	Μαυροβούνιο (ενδημικό στη Λίμνη Σκαντάρ)

1.2.3.3 Στην Ελλάδα

Συγκεκριμένα όσον αφορά την Ελληνική επικράτεια, το *R. rutilus* διαβιεί στα εσωτερικά ύδατα της Θράκης, της Μακεδονίας και της Θεσσαλίας, ενώ απουσιάζει από την Ήπειρο, τη Στερεά Ελλάδα, την Πελοπόννησο, την Κρήτη και τα νησιά του Αιγαίου και του Ιονίου Πελάγους. Απαντά κυρίως σε μεγάλα ποτάμια αλλά και σε παρακείμενα ρέματα, καθώς και σε λίμνες οι οποίες εμπερικλείονται εντός των λεκανών απορροής των ποταμών αυτών. Ειδικότερα, στη Θράκη έχει αναφερθεί η παρουσία του στους Ποταμούς Έβρο, Κομψάτο και Κόσυνθο, στην Κοιλιάδα Φιλιούρι, καθώς και στη Λίμνη Βιστωνίδα. Στο Βόρειο τμήμα της Μακεδονίας, στα ελληνοβουλγαρικά σύνορα, βρίσκεται στους Ποταμούς Νέστο και Στρυμόνα, ενώ στα σύνορα με την Π.Γ.Δ.Μ. στον Ποταμό Αξιό και στη Λίμνη Δοϊράνη. Στην Κεντρική Μακεδονία, στους Ποταμούς Λουδία και Ρήχιο, όπως επίσης και στη Λίμνη Βόλβη, ενώ στη Δυτική Μακεδονία στον Ποταμό Αλιάκμονα, στη Λίμνη της Καστοριάς, αλλά και στις Λίμνες Βεγορίτιδα, Πετρών, Χειμαδίτιδα και Ζάζαρη. Τέλος, στη Θεσσαλία απαντά στον Ποταμό Πηνειό (Economou *et al.* 2007, Tsoumani *et al.* 2013a).

Σύμφωνα με την παλαιότερη ταξινομική κατάταξη των ψαριών των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας (Economidis 1991), υπήρχε αναφορά για 3 υποείδη του είδους *R. rutilus* στην Ελλάδα: το *R. rutilus mariza* Drensky, 1926 στον Ποταμό Έβρο, το *R. rutilus dojranensis* (Karaman, 1928) στη Λίμνη Δοϊράνη και το *R. rutilus vegariticus* Stephanidis, 1950 στη Λίμνη Βεγορίτιδα, το οποίο μάλιστα θεωρήθηκε ότι είναι ένα άλλο, ξεχωριστό είδος, το *R. vegariticus* Stephanidis, 1950, άποψη που διατηρήθηκε μέχρι και το 2007. Έκτοτε θεωρείται ότι πρόκειται για το *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758) (Kottelat & Freyhof 2007).

Όπως προαναφέρθηκε, στην Ελλάδα υπάρχουν επίσης 4 ακόμη είδη του γένους *Rutilus*, τα οποία μάλιστα είναι όλα ενδημικά. Στη συνέχεια, παρατίθεται πίνακας (Πίνακας 1.4) με αυτά τα είδη και τις περιοχές όπου ενδημούν (Economou *et al.* 2007), καθώς και η ονομασία των ειδών αυτών σύμφωνα με την παλαιότερη ταξινομική κατάταξη (Economidis 1991).

Πίνακας 1.4 Ενδημικά είδη του γένους *Rutilus* σε εσωτερικά νερά της Ελλάδας, σύμφωνα με Economou *et al.* (2007).

Table 1.4 Endemic species of the genus *Rutilus* in inland waters of Greece, according to Economou *et al.* (2007).

Είδος	Παλαιότερη Ονομασία (Economidis 1991)	Γεωγραφική εξάπλωση
<i>Rutilus prespensis</i> (Karaman, 1924)	<i>Rutilus ohridanus</i> <i>prespensis</i> (Karaman, 1924)	Βόρεια Ελλάδα: Λίμνη Πρέσπα
<i>Rutilus panosi</i> Bogutskaya & Iliadou, 2006	<i>Rutilus ylikiensis</i> Economidis, 1991	Δυτική Ελλάδα: Ποταμοί Αχελώος και Λούρος, Λίμνες Τριχωνίδα, Λυσιμαχία, Οζερού, Αμβρακία, Βουλκαριά (αυτόχθονο) και Λίμνη Παμβώτιδα (εισαγόμενο)
<i>Rutilus ylikiensis</i> Economidis, 1991	<i>Rutilus ylikiensis</i> Economidis, 1991	Αττικοβοιωτία: Ποταμός Κηφισός, Λίμνες Υλίκη και Παραλίμνη
<i>Rutilus</i> sp. Sperchios	-----	Αττικοβοιωτία: Ποταμός Σπερχειός

Ειδικότερα, το *R. prespensis* (Karaman, 1924) είναι σχεδόν ενδημικό στην Ελλάδα, αφού ένα τμήμα των Πρεσπών εκτείνεται εντός των ορίων της Αλβανίας και της Π.Γ.Δ.Μ. Το *R. panosi* Bogutskaya & Iliadou, 2006 μεταφέρθηκε από τη Λίμνη Τριχωνίδα της Αιτωλοακαρνανίας στη Λίμνη Παμβώτιδα των Ιωαννίνων στα μέσα της δεκαετίας του 1950, προκαλώντας διάφορα προβλήματα στη λειτουργία του οικοσυστήματος της Παμβώτιδας (Leonardos *et al.* 2008). Επίσης, το *R. sp. Sperchios* δεν έχει ακόμη επιβεβαιωθεί ως νέο είδος και χρειάζεται περεταίρω διερεύνηση, αφού η παρουσία του επιβεβαιώνεται μόνο από δύο μικρού μεγέθους άτομα του είδους, τα οποία αλιεύθηκαν στο κατάντη κομμάτι του ποταμού Σπερχειού το 1997 (Economou *et al.* 2007).



Εικόνα 1.4 Χάρτης κατανομής των ειδών του γένους *Rutilus* στην Ελλάδα, σύμφωνα με τους Kottelat & Freyhof 2007 (πηγή εικόνας: Google Earth).

Figure 1.4 Distribution map of the species of the genus *Rutilus* in Greece, according to Kottelat & Freyhof 2007 (image source: Google Earth).

1.2.4 Διατροφή και Θήρευση

Το *R. rutilus* τρέφεται κυρίως με βενθικούς οργανισμούς (π.χ. μακροασπόνδυλα), ζωοπλαγκτό, φυτικά υλικά (π.χ. φυτοπλαγκτό) και θρύμματα. Το μέσο τροφικό επίπεδο του είδους αυτού αντιστοιχεί σε $2,8 \pm 0,3$ (Froese & Pauly 2013). Όπως είναι γνωστό (Wootton 1992, 1999), ο τύπος της τροφής που καταναλώνει το ψάρι διαδραματίζει καθοριστικό ρόλο στην αύξησή του. Έτσι, πληθυσμοί τσιρωνιού οι οποίοι τρέφονται κατά κύριο λόγο με θρύμματα εμφανίζουν το φαινόμενο του νανισμού (stunting) (Kottelat & Freyhof 2007). Όταν άτομα τσιρωνιού τρέφονται με ποσότητα τροφής φυτικής προέλευσης (φυτικά υλικά) εμφανίζουν μικρότερο ρυθμό αύξησης συγκριτικά με άτομα της ίδιας γενεάς (2 – 3 ετών) τα οποία τρέφονται με τη μισή ποσότητα τροφής ζωικής προέλευσης (Payne 1979). Επιπλέον, το τσιρώνι, όπως και άλλα είδη, καθώς αναπτύσσεται αλλάζει τις

διατροφικές του προτιμήσεις από ζωοπλαγκτό σε βενθικούς οργανισμούς, όπως για παράδειγμα μαλάκια, δίθυρα και προνύμφες εντόμων (Kottelat & Freyhof 2007).

Το τσιρώνι διαθέτει επίσης την ικανότητα να μετακινείται από παράκτια ενδιαιτήματα χαμηλής βλάστησης στα πελαγικά ενδιαιτήματα (και το αντίστροφο), αλλάζοντας τις διατροφικές του συνήθειες από βενθικούς οργανισμούς σε ζωοπλαγκτό (και το αντίστροφο), αναλόγως της έντασης του ανταγωνισμού μεταξύ ατόμων του ίδιου ή άλλου είδους για τη διαθέσιμη τροφή και της παρουσίας ή της απουσίας θηρευτών. Αυτό το γεγονός αποτελεί ουσιαστικά ένα ισοζύγιο μεταξύ δύο κρίσιμων διαδικασιών για την επιβίωση των ατόμων σε κάποιο ενδιαίτημα, αυτών της πρόσληψης της τροφής και της αποφυγής της θήρευσης (Kottelat & Freyhof 2007).

Οι θηρευτές του *R. rutilus* ποικίλλουν γενικά, αφού περιλαμβάνουν διάφορα ιχθυοφάγα είδη ψαριών, παρυδάτια πτηνά, καθώς και υδρόβια θηλαστικά (www.naturalengland.org.uk). Τα είδη ψαριών που θηρεύουν το είδος και είναι καταχωρημένα στη Fishbase (Froese & Pauly 2013) παρουσιάζονται στον Πίνακα 1.5.

Πίνακας 1.5 Είδη ψαριών που αποτελούν θηρευτές του τσιρώνιού *R. rutilus* (από Froese & Pauly 2013).

Table 1.5 Fish species which are predators of the roach *R. rutilus* (from Froese & Pauly 2013).

Οικογένεια	Είδος	Κοινό Όνομα	Αναφορά
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758)	Χέλι	Kangur <i>et al.</i> 1999
Channidae	<i>Channa argus</i> <i>warpachowskii</i> (Berg, 1909)	Amur snakehead	Guseva 1990
Clupeidae	<i>Alosa macedonica</i> (Vinciguerra, 1921)	Λιπαριά	Economidis & Sinis 1991
Cyprinidae	<i>Squalius cephalus</i> (Linnaeus, 1758)	Κέφαλος	Maitland & Campbell 1992
Esocidae	<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758	Τούρνα	Maitland & Campbell 1992
Lotidae	<i>Lota lota</i> (Linnaeus, 1758)	Burbot	Pulliainen & Korhonen 1990
Percidae	<i>Sander lucioperca</i> (Linnaeus, 1758)	Ποταμολαύρακο	Stolyarov 1985
Salmonidae	<i>Salmo trutta</i> Linnaeus, 1758	Πέστροφα	Vehanen <i>et al.</i> 1998
Siluridae	<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758	Γουλιανός	Stolyarov 1985

1.2.5 Ηλικία και Αύξηση

Ο πλέον συνήθης, αξιόπιστος και ευρέως διαδεδομένος τρόπος εκτίμησης της ηλικίας του *R. rutilus* είναι η ανάγνωση λεπιών και η αναγνώριση του ακριβή αριθμού των ετήσιων διακτυλίων (Masterman 1923, Hartley 1947, Jones 1953, Cragg-Hine 1964, Williams 1967, Cragg-Hine & Jones 1969, Hellawell 1972, Mann 1973, Goldspink 1978, Linfield 1979, Papageorgiou 1979).

Τα λέπια του *R. rutilus* έχουν περιγραφεί αναλυτικά από τον Wallin το 1957. Πρόκειται για ελασμοειδή και συγκεκριμένα κυκλοειδή, έχοντας την τυπική μορφή των λεπιών της οικογένειας Cyprinidae. Παρουσιάζουν εξαιρετικά καθορισμένη διάταξη (Εικόνα 1.5), εφόσον εισχωρούν στο δέρμα του ψαριού με το πρόσθιο άκρο, ενώ το οπίσθιο άκρο, το οποίο δεν είναι λείο και αποστρογγυλεμένο αλλά φέρει μικρές εγκοπές, καλύπτει το πρόσθιο του αμέσως επόμενου λεπιού στην ίδια σειρά. Αυτή η διάταξη διαδραματίζει πολύ σημαντικό ρόλο, διότι προσδίδει μεγαλύτερη ευλυγισία κινήσεων στο ψάρι. Παράλληλα, διαθέτουν σημειακή εστία, η οποία τις περισσότερες φορές είναι ευδιάκριτη και βρίσκεται ελαφρώς μετατοπισμένη προς το πρόσθιο άκρο του λεπιού, ακτίνες, καθώς και ποικίλους δακτυλίους, όπως για παράδειγμα ετήσιους, αναπαραγωγής κ.ά. (Wallin 1957).



Εικόνα 1.5 Διάταξη των κυκλοειδών λεπιών του είδους *Rutilus rutilus* (πηγή εικόνας: www.arkive.org).

Figure 1.5 Order of the cycloid scales of the species *Rutilus rutilus* (image source: www.arkive.org).

Ο κάθε ετήσιος δακτύλιος στους περισσότερους πληθυσμούς του *R. rutilus* σχηματίζεται στην αρχή της αυξητικής περιόδου την ανοιξιάτικη περίοδο και ειδικότερα κατά τη διάρκεια των μηνών Απριλίου-Μαΐου, διάστημα το οποίο συμπίπτει με την αναπαραγωγική περίοδο (Mann 1973). Ο σχηματισμός αυτών των

δακτυλίων οφείλεται στην ασυνέχεια της αύξησης του σώματος των ψαριών και συνεπώς και των λεπιών. Οι ετήσιοι δακτύλιοι στο τσιρώνι είναι αρκετά έντονοι και ευδιάκριτοι στα περισσότερα άτομα. Εμφανίζονται ως φωτεινές ζώνες με εγγύς τοποθετημένους δακτυλίους ανάμεσα σε πιο σκούρες ζώνες με πιο αραιά τοποθετημένους δακτυλίους και είναι συνεχείς πάνω στην επιφάνεια του λεπιού, δηλαδή εκτείνονται σε κάποια απόσταση γύρω από την εστία και δε διακόπτονται σε κανένα σημείο (Tesch 1968, Bagenal & Tesch 1978).

Γενικά, έχουν δημοσιευτεί ποικίλες έρευνες οι οποίες είχαν ως αντικείμενο μελέτης τον προσδιορισμό της ηλικίας και κατ' επέκταση της αύξησης του είδους *R. rutilus* από διάφορα οικοσυστήματα εσωτερικών νερών της Ευρώπης και της Ασίας, είτε με τη μέθοδο της ανάγνωσης λεπιών είτε με άλλες μεθόδους (π.χ. από τις κατά μήκος συνθέσεις των πληθυσμών με τη μέθοδο Petersen (1891) ή από τα γραφήματα Ford-Walford, Gulland-Holt κτλ.). Διάφορες τιμές των παραμέτρων καθώς και του δείκτη αύξησης που έχουν προκύψει από 20 τέτοιες έρευνες είναι καταχωρημένες στη βάση δεδομένων της Fishbase (Froese & Pauly 2013).

Συγκεκριμένα, στον ευρωπαϊκό χώρο αρκετές τέτοιου είδους έρευνες έχουν πραγματοποιηθεί σε ποτάμια και λίμνες της Μεγάλης Βρετανίας (π.χ. Cragg-Hine & Jones 1969, Hellawell 1972, Mann 1973, Goldspink 1978, Burrough & Kennedy 1979, Linfield 1979), αλλά και σε άλλες περιοχές, όπως π.χ. στην Ολλανδία (Goldspink 1979), στη Γαλλία (Jamet & Desmolles 1994) και στην Ουγγαρία (Specziár *et al.* 1997). Όσον αφορά τη Βαλκανική Χερσόνησο, η ηλικία και η αύξηση του τσιρώνιου *R. rutilus* έχει μελετηθεί σε αρκετά μεγάλο βαθμό και συγκεκριμένα είναι ένα από τα πιο καλά μελετημένα κυπρινοειδή μαζί με το γλίνι *Tinca tinca* (Linnaeus, 1758) (Bobori *et al.* 2005). Ειδικότερα, έχουν γίνει έρευνες σε υδατοσυλλογές της Βουλγαρίας (Marinov 1989, Zivkov & Raikova-Petrova 2001), της Ρουμανίας (Papadopol & Chisalesku 1981, Staras *et al.* 1995) και αλλού.

Όμως, στα εσωτερικά νερά της Ελλάδας δεν έχουν πραγματοποιηθεί δυστυχώς αρκετές ανάλογες τέτοιες μελέτες, παρ' όλο που το τσιρώνι παρουσιάζει αφθονία σε ποικίλους βιοτόπους εντός της ελληνικής επικράτειας (Economidis & Banarescu 1991, Economou *et al.* 2007). Υπάρχουν στοιχεία για την ηλικία και την αύξηση του *R. rutilus* μόνο από δύο έρευνες οι οποίες είχαν γίνει παλαιότερα στη Λίμνη Βόλβη (Papageorgiou 1979, Κυρίτση 2008), καθώς και από μία πρόσφατη διδακτορική διατριβή (Τσουμάνη 2013).

1.2.6 Αναπαραγωγή

Η αναπαραγωγική διαδικασία του *R. rutilus*, η οποία διαρκεί περίπου 5 – 10 ημέρες, πραγματοποιείται σε κοπάδια κατά τη διάρκεια της ανοιξιάτικης περιόδου και συγκεκριμένα τους μήνες Απρίλιο – Μάιο, όταν η θερμοκρασία του νερού ξεπερνά τους 12°C. Αξιοσημείωτο είναι το γεγονός ότι σε διάφορους πληθυσμούς του είδους παρατηρούνται μεταναστεύσεις μικρής κλίμακας με σκοπό την αναπαραγωγική διαδικασία, οι περισσότερες από τις οποίες συμβαίνουν την άνοιξη, όταν η θερμοκρασία του νερού υπερβεί τους 9°C (Kottelat & Freyhof 2007). Το ολικό μήκος της πρώτης αναπαραγωγικής περιόδου (L_m) κυμαίνεται από 9,2 έως 15 cm, αναλόγως τον κάθε πληθυσμό, ενώ το σύνηθες μήκος αντιστοιχεί σε 14 cm περίπου (Froese & Pauly 2013), το οποίο τα αρσενικά άτομα το αποκτούν σε ηλικία 2 – 3 ετών, ενώ τα θηλυκά ένα έτος αργότερα. Η διαδικασία αυτή πραγματοποιείται κατά κανόνα σε ρηχά μικροενδιαιτήματα λιμναίων συστημάτων ή ποταμών υψηλής ροής, όπου κυριαρχεί η πυκνή υδρόβια βλάστηση. Πολλά κολλώδη αβγά, τα οποία φέρουν έναν ανοικτό πορτοκαλοκίτρινο χρωματισμό, αποθέτονται μέσα σε αυτή την πυκνή βλάστηση και εκκολάπτονται σε διάστημα περίπου 12 ημερών. Οι προνύμφες που προκύπτουν, οι οποίες μετά από ορισμένο χρονικό διάστημα μεταμορφώνονται σε νεαρά άτομα, καταλαμβάνουν ποικίλους παράκτιους οικοτόπους (Pinder 2001, Kottelat & Freyhof 2007).

1.2.7 Απειλές και Προστασία – Διατήρηση

Δεν παρατηρούνται κάποιες ιδιαίτερα σοβαρές απειλές για το είδος αυτό. Είναι φανερό ότι το τσιρώνι έχει κατορθώσει να ανταπεξέλθει στις ιδιαίτερες βιοτικές και αβιοτικές συνθήκες που επικρατούν σε μια πληθώρα υδάτινων οικοσυστημάτων, συμπεριλαμβανομένης και της ανθρωπογενούς επίδρασης (π.χ. ρύπανση από βιομηχανική δραστηριότητα), πράγμα το οποίο επιβεβαιώνεται και από τη γεωγραφική του εξάπλωση, ίσως και εξαιτίας του γεγονότος ότι διαθέτει την ικανότητα να επιζεί ακόμη και σε υποβαθμισμένα συστήματα με πολύ «φτωχής» ποιότητας νερά. Η κατάταξή του σε κατηγορίες κινδύνου, τόσο στην Κόκκινη Λίστα διεθνώς (Freyhof & Kottelat 2008), όσο και στο Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας (Λεγάκης & Μαραγκού 2009), είναι Ελάχιστης Ανησυχίας (Least Concern), γεγονός που υποδηλώνει πως δεν υπάρχει άμεσος κίνδυνος εξαφάνισής του, επομένως δεν έχουν θεσπιστεί ειδικά μέτρα προστασίας και διατήρησης του είδους αυτού.

1.2.8 Αλιεία και Υδατοκαλλιέργειες

Η επαγγελματική αλιεία του *R. rutilus* είναι περιορισμένη στην πλειονότητα των συστημάτων όπου απαντά (Frimodt 1995, Bobori & Economidis 2006). Παρ' όλα αυτά, εξαίρεση αποτελούν οι περιοχές εντός της λεκάνης απορροής της Μαύρης Θάλασσας (www.naturalengland.org.uk), αλλά και αρκετές υδατοσυλλογές εσωτερικών νερών της Βαλκανικής Χερσονήσου και ιδιαίτερα της Βόρειας Ελλάδας.

Ειδικότερα, το τσιρώνι αποτελεί ένα από τα παραδοσιακά αλιεύματα των λιμναίων και ποτάμιων συστημάτων της Μακεδονίας και της Θράκης, εφόσον αλιεύεται συνεχώς για εμπορικούς σκοπούς κυρίως στις Λίμνες Βόλβη, Καστοριάς και Δοϊράνη και στους ποταμούς Έβρο και Αλιάκμονα, και στη συνέχεια πωλείται σε διάφορες ιχθυαγορές σε αρκετά φθηνή τιμή (3 – 4 €/kg), σύμφωνα με μαρτυρίες ντόπιων επαγγελματιών ψαράδων. Μάλιστα, σε διάφορες περιοχές έχει παρατηρηθεί πολλές φορές άσκηση έντονης αλιευτικής πίεσης σε πληθυσμούς του είδους, η οποία οδηγεί δυστυχώς σε σταδιακή υπεραλίευση των πληθυσμών αυτών. Το σύνηθες αλιευτικό εργαλείο που χρησιμοποιείται για τη σύλληψη ατόμων τσιρωνιού είναι απλάδια ή μανωμένα δίχτυα (Bobori & Economidis 2006), ενώ η αλιεία του απαγορεύεται σε πολλές περιοχές κατά τη διάρκεια της ανοιξιιάτικης περιόδου (τους μήνες Απρίλιο και Μάιο), διότι η εποχή αυτή συμπίπτει με την αναπαραγωγική του περίοδο.

Όσον αφορά την αλιευτική παραγωγή του *R. rutilus*, δεν υπάρχουν δυστυχώς επαρκή στοιχεία στο σύνολο των συστημάτων των εσωτερικών νερών της ελληνικής επικράτειας όπου απαντά. Πάντως είναι σίγουρο ότι η αλιευτική παραγωγή του είδους αυτού έχει ακολουθήσει πτωτική πορεία στην Ελλάδα κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών, όπως έχει παρατηρηθεί εξάλλου και για το σύνολο των αλιευμάτων από εσωτερικά ύδατα της χώρας μας, από 3.433 τόνους το 2000 σε 940 τόνους το 2009 (FAO 2010). Στη Λίμνη Βόλβη, η παραγωγή του τσιρωνιού ακολούθησε έντονα πτωτική πορεία από το 1970 και έπειτα (Μπόμπορη & Ψαλτοπούλου 2012).

Η συνολική αλιευτική παραγωγή του είδους αυτού, δηλαδή η παραγωγή από το σύνολο των ενδιαιτημάτων όπου διαβιεί μέσα στα όρια της γεωγραφικής του εξάπλωσης, έχει επίσης μειωθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, από 11.429 τόνους το 2000 σε περίπου 7.651 τόνους το 2009. Το ίδιο πρότυπο ακολουθείται και στα αλιεύματα του τσιρωνιού από υδατοσυλλογές της Ευρώπης, όπου παρατηρείται κατακόρυφη μείωση από 9.421 τόνους το 2003 σε 4.137 τόνους το 2009, ενώ

αντιθέτως στα εσωτερικά νερά της Ασίας η παραγωγή σημείωσε αύξηση, από 149 τόνους το 2003 σε 535 τόνους το 2009 (FAO 2010).

Επιπλέον, το *R. rutilus* είναι ένα αρκετά εμπορικό είδος όσον αφορά τον τομέα των υδατοκαλλιεργειών σε διάφορες ευρωπαϊκές χώρες, όχι όμως και στην Ελλάδα. Η συνολική του παραγωγή από υδατοκαλλιέργειες και συγκεκριμένα από συστήματα υδατοκαλλιεργειών της Εσθονίας, της Γαλλίας, του Καζακστάν, της Σλοβενίας, της Ουκρανίας και της Μεγάλης Βρετανίας παρουσίασε μείωση κατά τη διάρκεια της προηγούμενης δεκαετίας, από 2.405 τόνους το 2001 σε 1.909 τόνους το 2010 (FAO 2010).

1.3 Σκοπός της εργασίας

Ο σκοπός της παρούσας εργασίας ήταν η εκτίμηση της ηλικίας και ο υπολογισμός των παραμέτρων αύξησης (L_{∞} , K , t_0) τριών πληθυσμών του είδους *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), από τρεις φυσικές λίμνες της Βόρειας Ελλάδας (Λίμνη Καστοριάς, Λίμνη Βεγορίτιδα και Λίμνη Βόλβη). Επιλέχθηκαν λίμνες με διαφορετική τροφική κατάσταση, προκειμένου να είναι δυνατή στη συνέχεια η εξέταση της πιθανής σχέσης των παραμέτρων αύξησης με τον τροφισμό των νερών. Επιπλέον, έγινε εκτίμηση της παραμέτρου b της σχέσης μήκους-βάρους και υπολογισμός του δείκτη αύξησης ϕ' . Τέλος, στόχος της εργασίας ήταν η σύγκριση των παραμέτρων αύξησης, τόσο μεταξύ των τριών πληθυσμών του είδους που εξετάστηκαν, όσο και σε σχέση με άλλους πληθυσμούς λιμναίων συστημάτων εντός των ορίων της γεωγραφικής εξάπλωσης του είδους αυτού.

2 ΠΕΡΙΟΧΗ ΕΡΕΥΝΑΣ

Η παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκε στις Λίμνες Καστοριάς, Βεγορίτιδα και Βόλβη. Πρόκειται για τρεις φυσικές λίμνες οι οποίες ανήκουν στο γεωγραφικό διαμέρισμα της Βόρειας Ελλάδας. Στον Πίνακα 2.1 παρουσιάζονται τα πιο βασικά χαρακτηριστικά αυτών των λιμνών.

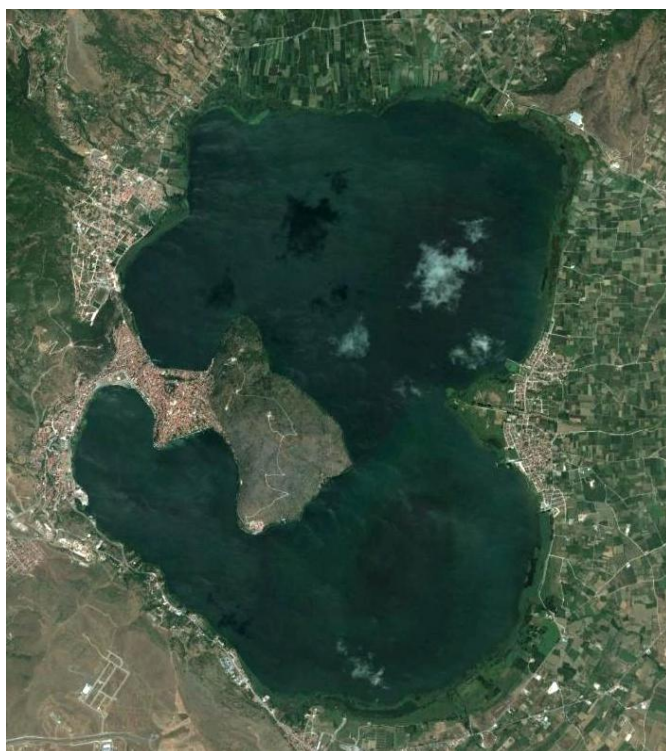
Πίνακας 2.1 Βασικά χαρακτηριστικά των τριών λιμναίων συστημάτων της παρούσας έρευνας (από Κατσιάπη 2012).

Table 2.1 Main characteristics of the three lake systems of the present study (from Katsiapi 2012).

Περιοχή έρευνας	Λίμνη Καστοριάς	Λίμνη Βόλβη	Λίμνη Βεγορίτιδα
Γεωγραφικό Πλάτος	40°31' N	40°40' N	40°45' N
Γεωγραφικό Μήκος	21°17' E	23°28' E	21°47' E
Υψόμετρο (m)	625	40	510
Έκταση (km ²)	28,97	68,41	40,62
Μέσο Βάθος (m)	4,1	13,8	20,0
Μέγιστο Βάθος (m)	9,0	23,5	48,0
Λεκάνη Απορροής (km ²)	271,63	1.281,67	2.108,53
Τροφική Κατάσταση	Εύτροφη-Υπερεύτροφη	Εύτροφη	Μεσότροφη προς Εύτροφη

2.1 Λίμνη Καστοριάς

Η Λίμνη της Καστοριάς ή Λίμνη Ορεστιάδα (Εικόνα 2.1) βρίσκεται στη Βορειοδυτική Ελλάδα και συγκεκριμένα στην περιφέρεια της Δυτικής Μακεδονίας, στην πόλη της Καστοριάς, κοντά στα ελληνοαλβανικά σύνορα (Skoulikidis *et al.* 1998, Stefanidis & Papastergiadou 2012). Το κλίμα της ευρύτερης περιοχής είναι από ημι-υγρό έως υγρό και χαρακτηρίζεται ως μεταβατικό μεταξύ μεσογειακού και ηπειρωτικού κλίματος, με μία περίοδο έντονης βροχόπτωσης από τον Σεπτέμβριο μέχρι τον Μάιο και μία ξηρή περίοδο τους καλοκαιρινούς μήνες (Koussouris *et al.* 1991).



Εικόνα 2.1 Χάρτης της Λίμνης Καστοριάς (πηγή εικόνας: Google Earth).
Figure 2.1 Map of Lake Kastoria (image source: Google Earth).

Τα βασικά χαρακτηριστικά της λίμνης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1. Διαθέτει επίμηκες σχήμα, με μέγιστο μήκος 7 km (από βόρεια προς νότια) και μέγιστο πλάτος 5,5 km (από ανατολικά προς δυτικά), ενώ το συνολικό μήκος της ακτογραμμής της αντιστοιχεί περίπου σε 31 km (Mantzafleri *et al.* 2009). Πρόκειται για μία λίμνη αλπικού τύπου, με ορεινό και συγκεκριμένα μεσοαλπικό χαρακτήρα (Παυλόπουλος 2008). Θεωρείται, συγκριτικά με άλλα λιμναία συστήματα, ως μικρής σχετικά έκτασης ($28,97 \text{ km}^2$), ενώ εξαιτίας του μέγιστου βάθους της (9 m), κατατάσσεται στις ρηχές λίμνες.

Χαρακτηρίζεται ως πολυμικτική λίμνη, με διάστημα παραμονής του νερού που ξεπερνά τα 2 έτη, θερμοκρασία που κυμαίνεται από 0°C έως περίπου 27°C και pH από 8,1 έως 9,7 (Moustaka-Gouni *et al.* 2006). Παράλληλα, το φαινόμενο του ευτροφισμού είναι πολύ έντονο στο σύστημα αυτό, με αποτέλεσμα η λίμνη να χαρακτηρίζεται ως υπερέυτροφη (Μουστάκα 2010), εξαιτίας των υψηλών συγκεντρώσεων ανόργανου αζώτου και φωσφόρου και συνεπώς των υψηλών τιμών βιομάζας κυανοβακτηρίων και φυτοπλαγκτού (Gkelis *et al.* 2005, Moustaka-Gouni *et al.* 2006), γεγονός που προκαλεί μείωση της διαφάνειας και του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό.

Η λεκάνη απορροής της Λίμνης Καστοριάς, η οποία αποτελεί υπολεκάνη της λεκάνης του Ποταμού Αλιάκμονα, αντιστοιχεί σε περίπου 272 km². Η λίμνη, μέσω του τεχνητού καναλιού Γκιόλι, απορρέει στον Ποταμό Αλιάκμονα. Η συνεχής τροφοδοσία της λίμνης πραγματοποιείται από διάφορες πηγές, παρακείμενα ρέματα και χείμαρρους που βρίσκονται εντός της λεκάνης της. Ειδικότερα, τα ρέματα Ξηροπόταμος, Βυσσινιάς, Κωτουρή, Μεταμόρφωσης και Τοίχιος συμβάλλουν κατά το μεγαλύτερο ποσοστό στη συνεχή παροχή της λίμνης με νερό και φερτά υλικά, γεγονός το οποίο οδηγεί στη σταδιακή μείωση του μέσου βάθους της και συνεπώς της χωρητικότητάς της με το πέρασμα του χρόνου (Mantzafleri *et al.* 2009).

Η Λίμνη της Καστοριάς προστατεύεται από κάποιες κοινοτικές οδηγίες και διεθνείς συμβάσεις που στοχεύουν στην προστασία και τη διατήρηση του οικοσυστήματος αυτού. Αυτές είναι οι Οδηγίες 79/409 και 92/43, η Σύμβαση της Βέρνης (1979) για τη διατήρηση της άγριας ζωής και του φυσικού περιβάλλοντος της Ευρώπης, η Σύμβαση της Βόννης (1983) για τη διατήρηση μεταναστευτικών ειδών άγριων ζώων, η οδηγία 92/43/ΕΟΚ για την καλή οικολογική κατάσταση και τη διατήρηση των τύπων οικοτόπων και των ειδών χλωρίδας και πανίδας που απαντώνται στην περιοχή, καθώς και το Ευρωπαϊκό Οικολογικό Δίκτυο "Natura 2000". Επιπλέον, η λίμνη αποτελεί πολύ σημαντική περιοχή για τα πουλιά της Ελλάδας (σύμφωνα με την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία), καταφύγιο άγριας ζωής (βάσει του νόμου 2637/98), ζώνη ειδικής προστασίας (βάσει της Οδηγίας 79/409/ΕΟΚ), περιοχή προστασίας της φύσης (βάσει της Ζώνης Οικιστικού Ελέγχου), ενώ συμπεριλαμβάνεται και στον κατάλογο των βιοτόπων του CORINE, το οποίο εμπεριέχει τους σημαντικότερους Ευρωπαϊκούς βιοτόπους (Αλεξίου 2013).

Όσον αφορά την ιχθυοπανίδα, στη λεκάνη απορροής της λίμνης απαντούν 13 είδη ιχθύων (Economou *et al.* 2007), τα οποία παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2., όπως επίσης και τα είδη που αλιεύθηκαν στη λίμνη τον Σεπτέμβριο του 2010 (Πετρίκη & Μπόμπορη 2011).

Πίνακας 2.2 Είδη ιχθύων της λεκάνης απορροής της Λίμνης Καστοριάς, σύμφωνα με τους Economou *et al.* (2007). Κοινά Ονόματα σύμφωνα με τη Fishbase (Froese & Pauly 2013) και το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας (Λεγάκις & Μαραγκού 2009). Ο αριθμός 1 σημαίνει αυτόχθονο είδος, ο αριθμός 2 δηλώνει είδη εισαγωγής ή είδη που έχουν μεταφερθεί στο σύστημα από άλλες περιοχές της Ελλάδας. Με έντονα γράμματα εμφανίζονται τα είδη που αλιεύθηκαν στη Λίμνη Καστοριάς τον Σεπτέμβριο του 2010 (Πετρίκη & Μπόμπορη 2011).

Table 2.2 Fish species of Lake Kastoria basin, according to Economou *et al.* (2007). Common names according to Fishbase (Froese & Pauly 2013) and the Red Book of the endangered species in Greece (Legakis & Maragkou 2009). Number 1 means native species, number 2 means introduced species or species that have been transferred to the system from other regions of Greece. With bold letters species caught in Lake Kastoria in September 2010 (Petriki & Bobori 2011).

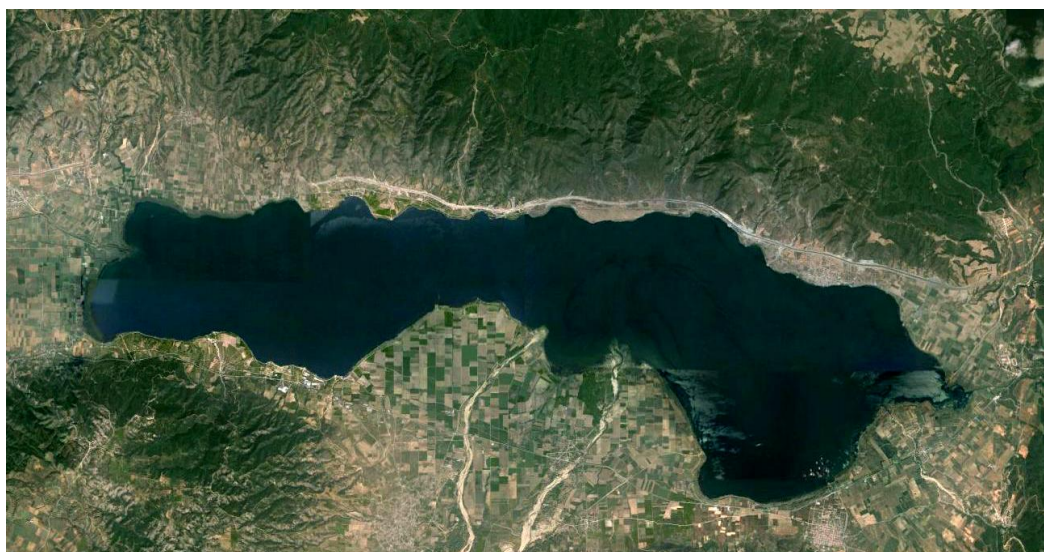
Οικογένεια	Είδος	Κοινό Όνομα
	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782) ²	Πεταλούδα
	<i>Ctenopharyngodon idella</i> (Valenciennes, 1844) ²	Χορτοφάγος Κυπρίνος
	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758 ¹	Γριβάδι
Cyprinidae	<i>Gobio bulgaricus</i> Drensky, 1926 ¹	Γυφτόψαρο
	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Τσιρώνι
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Κοκκινοφτέρα
	<i>Squalius vardarensis</i> Karaman, 1928 ¹	Ποταμοκέφαλος Μακεδονίας
	<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758) ²	Γλήνι
	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846) ²	Ψευδορασμπόρα
Anguillidae	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Χέλι
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758) ²	Ηλιόψαρο
Esocidae	<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758 ²	Τούρνα
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758 ²	Περκί
Siluridae	<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758 ¹	Γουλιανός

Όσον αφορά την αλιευτική παραγωγή, η Λίμνη Καστοριάς θεωρείται ως η δεύτερη πιο παραγωγική λίμνη της Ελλάδας. Τα είδη των ψαριών που συνήθως αλιεύονται είναι το γριβάδι, το περκί, το τσιρώνι, το γλήνι, ο γουλιανός, η τούρνα και η πεταλούδα. Κατά την περίοδο 1960-2011, κυρίαρχο είδος στα αλιεύματα (με ποσοστό 30,1%) εμφανίζεται το τσιρώνι, ενώ ακολουθεί η πεταλούδα (22,5%) και το γλήνι (17,7%). Την περίοδο αυτή, η συνολική αλιευτική παραγωγή παρουσιάζει αρκετές διακυμάνσεις και τελικά ελαχιστοποιείται από τα μέσα της δεκαετίας του '90 και έπειτα (Αλεξίου 2013). Αυτό το γεγονός σχετίζεται άμεσα με την αλιευτική πίεση που ασκείται στους ιχθυοπληθυσμούς της λίμνης. Ειδικότερα, έχει παρατηρηθεί, για την περίοδο 1960-2005, ετήσια μείωση του μέσου τροφικού επιπέδου των αλιευμάτων της κατά 0,052 μονάδες του τροφικού επιπέδου, εξαιτίας της αλιευτικής πίεσης, η οποία οδηγεί στην υπεραλίευση ορισμένων ειδών που βρίσκονται στα ανώτερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας (Σαλβαρίνα και συν. 2008). Αυτό πιθανόν να

αποτελεί ένδειξη του φαινομένου γνωστού στη βιβλιογραφία ως “fishing down” (Pauly *et al.* 1998).

2.2 Λίμνη Βόλβη

Η Λίμνη Βόλβη (Εικόνα 2.2) βρίσκεται στην περιφέρεια της Κεντρικής Μακεδονίας, περίπου 11,5 km βορειοανατολικά της πόλης της Θεσσαλονίκης. Πρόκειται για μια λίμνη τεκτονικής προέλευσης, η οποία αποτελεί υπολειμματική μορφή της μεγάλης Λίμνης Μυγδονίας, που σχηματίστηκε κατά το Κατώτερο Πλειστόκαινο έπειτα από έντονη τεκτονική δραστηριότητα (Ψιλοβίκος 1977, Traganos *et al.* 1995). Το κλίμα της περιοχής αυτής είναι ένας συνδυασμός στοιχείων, τόσο του μεσογειακού κλίματος, όσο και των κλιματικών συνθηκών που επικρατούν στη Κεντρική Ευρώπη, με την πιο ξηρή περίοδο να παρατηρείται τον μήνα Αύγουστο, ενώ το διάστημα με τη μεγαλύτερη βροχόπτωση τον μήνα Νοέμβριο (Traganos *et al.* 1995).



Εικόνα 2.2 Χάρτης της Λίμνης Βόλβης (πηγή εικόνας: Google Earth).

Figure 2.2 Map of Lake Volvi (image source: Google Earth).

Τα βασικά χαρακτηριστικά της λίμνης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1. Παρουσιάζει ελλειψοειδές σχήμα, με μέγιστο μήκος 21,5 km και μέγιστο πλάτος περίπου 7 km, ενώ διαθέτει έκταση ίση με περίπου 68 km², αποτελώντας μία από τις μεγαλύτερες φυσικές λίμνες της Ελλάδας (Zacharias *et al.* 2002). Είναι θερμή μονομικτική, εμφανίζοντας τυπική θερμική στρωμάτωση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού (Moustaka-Gouni 1988), ένα φαινόμενο κατά το οποίο παρατηρούνται ανοξικές συνθήκες στο υπολίμνιο, κυρίως στο ανατολικό τμήμα της λίμνης που

παρουσιάζει και το μεγαλύτερο βάθος (Koussouris *et al.* 1992). Επιπλέον, τη σημερινή εποχή το φαινόμενο του ευτροφισμού είναι εμφανές στο σύστημα αυτό, με αποτέλεσμα η λίμνη να κατατάσσεται στις εύτροφες (Μουστάκα 2010).

Η λεκάνη απορροής της Λίμνης Βόλβης αποτελεί υπολεκάνη της ευρύτερης υδρολογικής λεκάνης της Μυγδονίας και αντιστοιχεί σε 1.282 km². Οι κυριότερες υδατοσυλλογές εντός της λεκάνης της Βόλβης είναι ο Ποταμός Ρήχιος (στον οποίο απορρέει η Βόλβη), που εκβάλλει στο Στρυμονικό Κόλπο, καθώς και τα παρακείμενα ρέματα Μοδίου, Μαδύτου, Μελισουργού, Νέας Απολλωνίας, Βαμβακιάς, Σχολαρίου και Δερβενίου (Μπόμπορη & Ψαλτοπούλου 2012). Οι χείμαρροι αυτοί, τροφοδοτώντας τη λίμνη, μεταφέρουν σημαντικές ποσότητες φερτών υλικών, ιδιαίτερα στο νοτιοανατολικό κομμάτι της, γεγονός που προκαλεί μια τάση μείωσης του μέσου βάθους και συνεπώς της χωρητικότητας της λίμνης αυτής, αλλά και αλλαγή της τροφικής κατάστασής της (Kaiserli *et al.* 2002, Fytianos & Laurantou 2004, Fytianos & Kotzakioti 2005, Gantidis *et al.* 2007).

Σύμφωνα με πληροφορίες από τον Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας–Βόλβης, η περιοχή αυτή προστατεύεται από εθνικές και διεθνείς συμβάσεις και νομοθεσίες. Ειδικότερα, χαρακτηρίζεται ως Υγρότοπος Διεθνούς Σημασίας της Διεθνούς Σύμβασης Ramsar, Ζώνη Ειδικής Προστασίας για τη διατήρηση των άγριων πουλιών σύμφωνα με την Οδηγία 79/409/ΕΟΚ, Ειδικά Προστατευόμενη Μεσογειακή Περιοχή σύμφωνα με τη διεθνή σύμβαση της Βαρκελώνης, Τόπος Κοινοτικής Σημασίας του Ευρωπαϊκού Οικολογικού Δικτύου "Natura 2000", Καταφύγιο άγριας ζωής σύμφωνα με το Νόμο 2637/1998, όπως επίσης και Εθνικό Πάρκο Υγροτόπων των Λιμνών Κορώνειας–Βόλβης και των Μακεδονικών Τεμπών (ΚΥΑ 39542/2008).

Η ευρύτερη περιοχή της λεκάνης της Μυγδονίας περιλαμβάνει 29 είδη ψαριών (Μπόμπορη & Ψαλτοπούλου 2012), τα οποία παρατίθενται στον Πίνακα 2.3, όπως επίσης και τα είδη που αλιεύθηκαν στη Λίμνη Βόλβη τον Νοέμβριο του 2009 (Αυτζή 2010).

Πίνακας 2.3 Είδη ιχθύων και τα κοινά ονόματά τους στη λεκάνη απορροής της Μυγδονίας, σύμφωνα με τον οδηγό ψαριών του Φορέα Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας–Βόλβης (Μπόμπορη & Ψαλτοπούλου 2012). Ο αριθμός 1 σημαίνει αυτόχθονο είδος, ο αριθμός 2 δηλώνει είδη εισαγωγής ή είδη που έχουν μεταφερθεί στο σύστημα από άλλες περιοχές της Ελλάδας. Με έντονα γράμματα εμφανίζονται τα είδη που αλιεύθηκαν στη Λίμνη Βόλβη τον Νοέμβριο του 2009 (Αυτζή 2010).

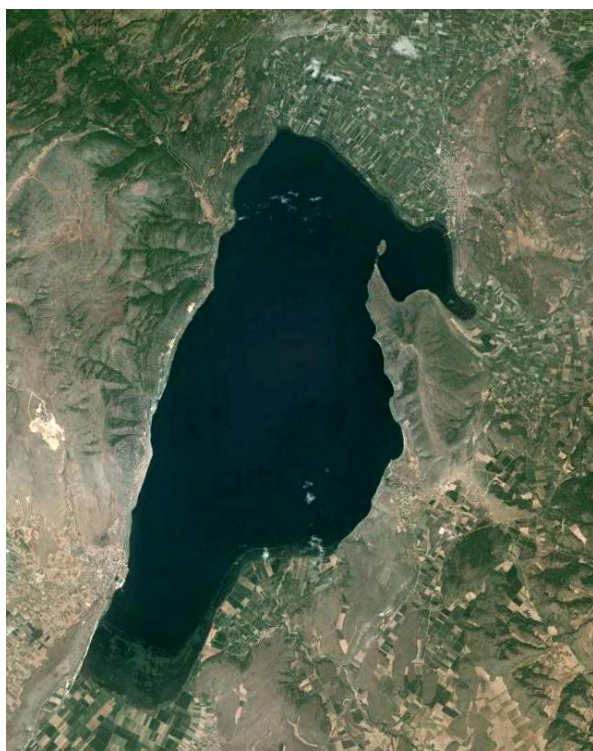
Table 2.3 Fish species and their common names in Mygdonia basin, according to the fish guide of the Management Body of Lakes Koronia-Volvi (Bobori & Psaltopoulou 2012). Number 1 means native species, number 2 means introduced species or species that have been transferred to the system from other regions of Greece. With bold letters species caught in Lake Volvi in November 2009 (Avtzi 2010).

Οικογένεια	Είδος	Κοινό Όνομα
Cyprinidae	<i>Abramis brama</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Λεστί
	<i>Alburnus volviticus</i> Freyhof & Kottelat, 2007 ¹	Γελάρτζα
	<i>Alburnus</i> sp. Volvi ¹	Σίρκο
	<i>Aspius aspius</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Ασπρογρίβαδο
	<i>Barbus strumicae</i> Karaman, 1955 ¹	Βιργιάνα
	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782) ²	Πεταλούδα
	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758 ¹	Κυπρίνος, Γριβάδι
	<i>Hypophthalmichthys molitrix</i> (Valenciennes, 1844) ²	Ασημοκυπρίνος
	<i>Leucaspis delineates</i> (Heckel, 1843) ¹	Μικρόσιρκο
	<i>Pachychilon macedonicum</i> (Steindachner, 1892) ¹	Μαυροτσιρώνι
	<i>Petroleuciscus borysthenticus</i> (Kessler, 1859) ¹	Τσαϊλάκι
	<i>Pseudorasbora parva</i> (Temminck & Schlegel, 1846) ²	Ψευδορασμπόρα
	<i>Rhodeus amarus</i> (Bloch, 1782) ¹	Μουρμουρίτσα
	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Τσιρώνι
	<i>Rutilus rutilus</i> x <i>Abramis brama</i>	Υβρίδιο
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Κοκκινοφτέρα
	<i>Squalius orpheus</i> Kottelat & Economidis, 2006 ¹	Θρακοτυλινάρι
Anguillidae	<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Γλήνι
	<i>Vimba melanops</i> (Heckel, 1837) ¹	Μαλαμίδα
Blenniidae	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Χέλι
	<i>Salaria fluviatilis</i> (Asso, 1801) ¹	Ποταμοσαλιάρα
Clupeidae	<i>Alosa macedonica</i> (Vinciguerra, 1921) ¹	Λιπαριά
Cobitidae	<i>Cobitis strumicae</i> Karaman, 1955 ¹	Θρακοβελονίτσα
Esocidae	<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758 ¹	Τούρνα
Gobiidae	<i>Knipowitschia caucasica</i> (Berg, 1916) ¹	Ποντογωβιός
Percidae	<i>Perca fluviatilis</i> Linnaeus, 1758 ¹	Περκί
Poeciliidae	<i>Gambusia holbrooki</i> Girard, 1859 ²	Κουνουπόψαρο
Siluridae	<i>Silurus aristotelis</i> Garman, 1890 ²	Γλανίδι
	<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758 ¹	Γουλιανός
Centrarchidae	<i>Lepomis gibbosus</i> (Linnaeus, 1758) ²	Ηλιόψαρο

Όσον αφορά την αλιευτική παραγωγή της Βόλβης, κατά το διάστημα 1960-1970 αντιστοιχούσε σε περίπου 500 τόνους ανά έτος και συμπεριελάμβανε κυρίως 9 είδη (γριβάδι, λεστιά, λιπαριά, χέλι, τσιρώνι, γουλιανός, περκί, τούρνα, τυλινάρι), με το τσιρώνι και τη λιπαριά να αποτελούν τα κυρίαρχα είδη. Έπειτα, η παραγωγή αυτή ακολούθησε δραματική μείωση, εξαιτίας διαφόρων ανθρώπινων δραστηριοτήτων που υποβάθμισαν την ποιότητα του οικοσυστήματος, φτάνοντας στο σημείο να αντιστοιχεί μόλις σε περίπου 15 τόνους ανά έτος από το 2000 έως και σήμερα, ενώ παράλληλα κάποια είδη δεν παρατηρούνται πλέον στα αλιεύματα. Τα τελευταία 20 χρόνια, το τσιρώνι κυριαρχεί στην παραγωγή και ακολουθούν η λεστιά, το γριβάδι και η λιπαριά. Γενικά, παρατηρείται αύξηση των πλαγκτοφάγων ειδών ψαριών στο σύνολο των αλιευμάτων και ταυτόχρονη μείωση των ιχθυοφάγων, ενώ έχουν σχεδόν εξαφανιστεί τα μεγάλοςωμα άτομα του κάθε πληθυσμού, γεγονός το οποίο πιθανόν να αποτελεί ένδειξη της εμφάνισης του φαινομένου “fishing down” στο σύστημα αυτό (Σαλβαρίνα και συν. 2008).

2.3 Λίμνη Βεγορίτιδα

Η Λίμνη Βεγορίτιδα (Εικόνα 2.3) υπάγεται εντός των γεωγραφικών ορίων της περιφέρειας Κεντρικής Μακεδονίας και των ορίων της περιφέρειας Δυτικής Μακεδονίας, κοντά στα σύνορα με την Π.Γ.Δ.Μ. Συγκεκριμένα, το τμήμα της Κεντρικής Μακεδονίας βρίσκεται στο Νομό Πέλλας, ενώ το μεγαλύτερο τμήμα της Δυτικής στο Νομό Φλωρίνης και ένα μικρό μέρος της στο Νομό Κοζάνης (Κασεκτζίδου 2009). Το κλίμα της περιοχής αυτής είναι ημίξηρο μεσογειακό, με δύο διακριτές περιόδους κατά τη διάρκεια του έτους, μία θερμή και ξηρή και μία ψυχρή και υγρή. Η μέση ετήσια θερμοκρασία αντιστοιχεί σε περίπου 12°C και η μέγιστη μηνιαία βροχόπτωση παρατηρείται τον μήνα Νοέμβριο, ενώ η ελάχιστη τον μήνα Αύγουστο (Gianniou & Antonopoulos 2007).



Εικόνα 2.3 Χάρτης της Λίμνης Βεγορίτιδας (πηγή εικόνας: Google Earth).
Figure 2.3 Map of Lake Vegoritida (image source: Google Earth).

Τα βασικά χαρακτηριστικά της λίμνης παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1. Το μέγιστο μήκος της αντιστοιχεί σε 15,5 km, ενώ το μέγιστο πλάτος της σε 6,4 km (Fytianos & Muntau 1999). Πρόκειται για μία θερμού μονομικτικού τύπου λίμνη, στην οποία παρατηρείται τυπική θερμική στρωμάτωση κατά τη διάρκεια του καλοκαιριού και ανοξικές συνθήκες σε μεταλίμνιο και υπολίμνιο (Diamandithis 1984). Έχει παρατηρηθεί συνεχής αύξηση των συγκεντρώσεων του αζώτου και του φωσφόρου, που αποδόθηκε στον παρακείμενο Ποταμό Πεντάβρυσο, ο οποίος δέχεται απόβλητα από τη γύρω περιοχή και τροφοδοτεί συνεχώς τη λίμνη με άζωτο (Antonopoulos *et al.* 1996). Αποτέλεσμα των εισροών αζώτου ήταν η αύξηση του ευτροφισμού (Nikolaidis *et al.* 1985) και η λίμνη θεωρείται πλέον ότι βρίσκεται στη μετάβαση από τη μεσότροφη στην εύτροφη κατάσταση (Μουστάκα 2010).

Το νερό της λίμνης χρησιμοποιείται σήμερα για άρδευση και ύδρευση των πόλεων και των χωριών της ευρύτερης περιοχής, ενώ στο παρελθόν έχει χρησιμοποιηθεί για διάφορους σκοπούς, όπως π.χ. τροφοδοσία του υδροηλεκτρικού σταθμού Άγρα μέσω αγωγού για παραγωγή υδροηλεκτρικής ενέργειας κατά την περίοδο 1956-1992, ψύξη των θερμοηλεκτρικών μονάδων των σταθμών Αμυνταίου και Πτολεμαΐδας το διάστημα 1976-1988 και υδροδότηση της ΑΕΒΑΛ, μιας μονάδας παραγωγής λιπασμάτων, έως και το 1983. Όλα τα παραπάνω γεγονότα προκάλεσαν

σημαντική μείωση της στάθμης της λίμνης, με αποτέλεσμα να χάσει περίπου το 65% της χωρητικότητάς της (Gianniou & Antonopoulos 2007).

Η Λίμνη Βεγορίτιδα βρίσκεται στο χαμηλότερο σημείο ενός συμπλέγματος λιμνών που συνδέονται υδρολογικά, το οποίο περιλαμβάνει άλλες τρεις γειτονικές λίμνες (Πετρών, Ζάζαρη, Χειμαδίτιδα). Η λεκάνη απορροής της Βεγορίτιδας (έκτασης περίπου 2.108 km²) είναι κλειστή, χωρίς εκροή σε ποταμό ή στη θάλασσα, και αποτελεί ουσιαστικά μία υπολεκάνη της ευρύτερης λεκάνης, στην οποία περιλαμβάνονται οι παραπάνω τρεις γειτονικές λίμνες, ο Ποταμός Πεντάβρυσος (Σουλού) που διασχίζει την πεδιάδα της Πτολεμαΐδας, καθώς και τα μικρά παρακείμενα ρέματα Ζερβί, Φαράγγι, Άνω Γραμματικού, Παναγίτσας και Άρνισσας (Skoulikidis *et al.* 2008).

Η λεκάνη της Βεγορίτιδας, ιδιαίτερα στο νότιο τμήμα της (στην πεδιάδα της Πτολεμαΐδας) υποβαθμίζεται ραγδαία, εξαιτίας ποικίλων παραγόντων που σχετίζονται άμεσα με ανθρώπινες διεργασίες, όπως είναι τα αστικά απόβλητα, τα τοξικά απόβλητα των χωματερών, τα λιπάσματα που προέρχονται από τη λειτουργία αγροβιομηχανιών, αλλά και τα λύματα από ορυχεία που ασχολούνται με την εξόρυξη και την καύση λιγνίτη, μια διαδικασία κατά την οποία απελευθερώνονται διάφορα βαρέα μέταλλα. Αποτέλεσμα όλων των παραπάνω είναι η ρύπανση και η αλλοίωση των χαρακτηριστικών του οικοσυστήματος, ιδιαίτερα στο νότιο τμήμα της λίμνης (Fytianos & Tsaniklidi 1998, Skoulikidis 2001, Stefouli *et al.* 2005, Skoulikidis *et al.* 2008). Οι Gianniou & Antonopoulos (2007) αναφέρουν την άμεση επίδραση των πολύ υψηλών συγκεντρώσεων ελεύθερης αμμωνίας στους πληθυσμούς των ψαριών της λίμνης, ενώ έχουν παρατηρηθεί και μαζικοί θάνατοι ψαριών (Fotis *et al.* 1984).

Η περιοχή της Βεγορίτιδας αποτελεί έναν κρίσιμης σημασίας υγροβιότοπο, αφού φιλοξενεί πληθώρα ειδών, ανάμεσα στα οποία και σπάνια. Εντάσσεται στη ζώνη προστασίας Ευρωπαϊκού Οικολογικού Δικτύου "Natura 2000", ενώ ταυτόχρονα αποτελεί πολύ σημαντική περιοχή για τα πουλιά της Ελλάδας (σύμφωνα με την Ελληνική Ορνιθολογική Εταιρία), αλλά και καταφύγιο θηραμάτων (σύμφωνα με το Νόμο 177/75) (Κασεκτζίδου 2009). Στη λεκάνη της Λίμνης Βεγορίτιδας απαντούν 18 είδη ιχθύων (Economou *et al.* 2007), τα οποία παραθέτονται στον Πίνακα 2.4.

Πίνακας 2.4 Είδη ιχθύων που έχουν αναφερθεί στη λεκάνη απορροής της Λίμνης Βεγορίτιδας, σύμφωνα με τους Economou *et al.* (2007). Κοινά Ονόματα σύμφωνα με τη Fishbase (Froese & Pauly 2013) και το Κόκκινο Βιβλίο των απειλούμενων ζώων της Ελλάδας (Λεγάκις & Μαραγκού 2009). Ο αριθμός 1 σημαίνει αυτόχθονο είδος, ο αριθμός 2 δηλώνει είδη εισαγωγής ή είδη που έχουν μεταφερθεί στο σύστημα από άλλες περιοχές της Ελλάδας.

Table 2.4 Fish species that have been reported in Lake Vegoritida basin, according to Economou *et al.* (2007). Common names according to Fishbase (Froese & Pauly 2013) and the Red Book of the endangered species in Greece (Legakis & Maragkou 2009). Number 1 means native species, number 2 means introduced species or species that have been transferred to the system from other regions of Greece.

Οικογένεια	Είδος	Κοινό Όνομα
Cyprinidae	<i>Alburnus thessalicus</i> Stephanidis, 1950 ¹	Θεσσαλόσιρκο
	<i>Barbus balcanicus</i> Kotlik, Tsigenopoulos, Ráb & Berrebi, 2002 ¹	Βαλκανική Μπριάνα
	<i>Carassius gibelio</i> (Bloch, 1782) ²	Πεταλούδα
	<i>Cyprinus carpio</i> Linnaeus, 1758 ¹	Γριβάδι
	<i>Gobio bulgaricus</i> Drensky, 1926 ¹	Γυφτόψαρο
	<i>Pachychilon macedonicum</i> (Steindachner, 1892) ¹	Μαυροτσιρώνι
	<i>Rhodeus meridionalis</i> Karaman, 1924 ¹	Βαβούκι
	<i>Rutilus rutilus</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Τσιρώνι
	<i>Scardinius erythrophthalmus</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Κοκκινοφτέρα
	<i>Squalius vardarensis</i> Karaman, 1928 ¹	Ποταμοκέφαλος Μακεδονίας
Anguillidae	<i>Tinca tinca</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Γλίνι
	<i>Anguilla anguilla</i> (Linnaeus, 1758) ¹	Χέλι
Coregonidae	<i>Coregonus lavaretus</i> (Linnaeus, 1758) ²	Κορήγωνος
Esocidae	<i>Esox lucius</i> Linnaeus, 1758 ¹	Τούρνα
Salmonidae	<i>Oncorhynchus kisutch</i> (Walbaum, 1792) ²	Σολομός Κόχο
	<i>Oncorhynchus mykiss</i> (Walbaum, 1792) ²	Αμερικάνικη Πέστροφα
	<i>Salvelinus fontinalis</i> (Mitchill, 1814) ²	Σαλβελίνος
Siluridae	<i>Silurus glanis</i> Linnaeus, 1758 ¹	Γουλιανός

Όσον αφορά την αλιεία στη Λίμνη Βεγορίτιδα, παραδοσιακά κύρια αλιεύματά της ήταν αρχικά (δεκαετία '60 – δεκαετία '80) το γριβάδι, το τσιρώνι και ο κορήγωνος, ενώ στη συνέχεια (δεκαετία '90) κυριάρχησαν το τσιρώνι και το γριβάδι. Η συνολική αλιευτική παραγωγή της ήταν περίπου 70 τόνοι ανά έτος κατά τις δεκαετίες του '60 και '70, ενώ έπειτα παρατηρήθηκε σημαντική μείωση, αφού κατά τη δεκαετία του '80 ήταν πλέον σχεδόν η μισή (40 τόνοι ανά έτος). Στη συνέχεια, κατά τη δεκαετία του '90, η παραγωγή μειώθηκε δραματικά, φτάνοντας κατά μέσο

όρο τους 9 τόνους ανά έτος (Κασεκτζίδου 2009). Οι κυριότεροι παράγοντες που προκάλεσαν την κατακόρυφη μείωση της αλιευτικής παραγωγής της περιοχής αυτής από τη δεκαετία του '80 και έπειτα ήταν η αλιευτική πίεση που ασκήθηκε σε ορισμένα είδη, η υποβάθμιση του οικοσυστήματος και η μεγάλη μείωση της στάθμης του νερού (Fotis *et al.* 1984).

3 ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

3.1 Δειγματοληψίες

Το υλικό το οποίο χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα συλλέχθηκε από την κα Όλγα Πετρίκη, στο πλαίσιο της διδακτορικής της διατριβής, ενώ ο ίδιος συμμετείχα μόνο στη δειγματοληψία που πραγματοποιήθηκε στη Λίμνη Βεγορίτιδα. Ειδικότερα, σε κάθε λίμνη πραγματοποιήθηκε μία στρωματοποιημένη δειγματοληψία την περίοδο του φθινοπώρου. Συγκεκριμένα, στη Λίμνη Καστοριάς τον Σεπτέμβριο του 2010, ενώ στις Λίμνες Βεγορίτιδα και Βόλβη τον Οκτώβριο του 2012, σύμφωνα με τις κατευθυντήριες γραμμές της Οδηγίας 2000/60/ΕΚ για τα εσωτερικά νερά και του πρωτοκόλλου της Ευρωπαϊκής Επιτροπής Προδιαγραφών (CEN 2005) σχετικά με την αλίευση ιχθυοπανίδας σε λιμναία συστήματα.

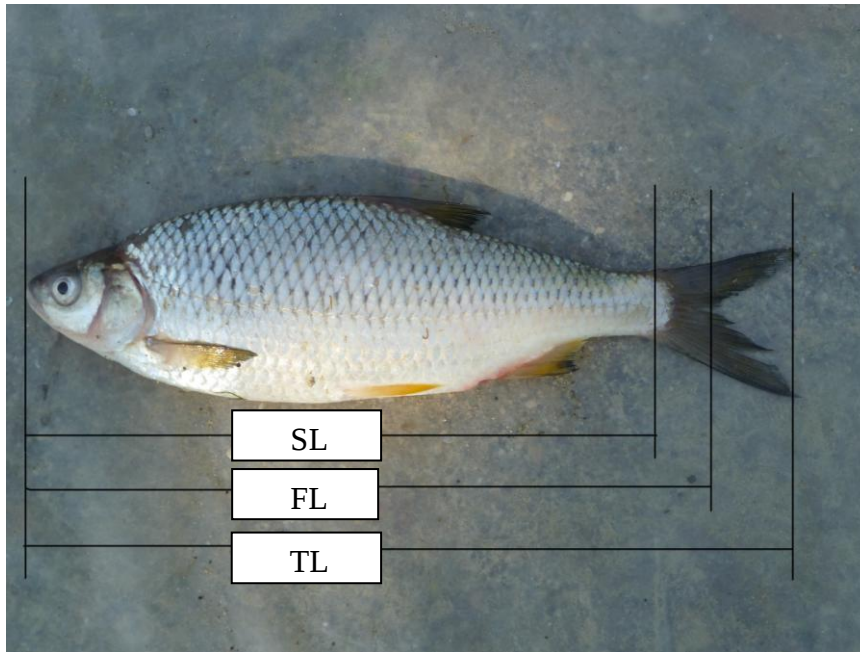
Το αλιευτικό εργαλείο που χρησιμοποιήθηκε ήταν απλάδια δίχτυα με πολλαπλά διαμετρήματα ματιών τύπου Nordic (στατικά εργαλεία), τόσο βενθικά όσο και πελαγικά, τα οποία αποτελούν γενικά ένα από τα σημαντικότερα και ευρέως χρησιμοποιούμενα μέσα για τη διερεύνηση της ιχθυοπανίδας των συστημάτων εσωτερικών νερών (CEN 2005). Τα βενθικά δίχτυα έχουν διαστάσεις $2,5\text{ m} \times 1,5\text{ m}$ (μήκος $\times$ ύψος) το καθένα και αποτελούνται από 12 διαφορετικά μεγέθη ματιού (5, 6,25, 8, 10, 12,5, 15,5, 19,5, 24, 29, 35, 43 και 55 mm από κόμπο σε κόμπο), ενώ τα πελαγικά είναι διαστάσεων $2,5\text{ m} \times 6\text{ m}$ και αποτελούνται από 11 διαφορετικά μεγέθη (δηλαδή ομοίως με τα βενθικά με μόνη διαφορά ότι απουσιάζει το κομμάτι των 5 mm).

Η αλιευτική προσπάθεια, δηλαδή ο αριθμός των δικτύων που έπρεπε να τοποθετηθούν και κατ' επέκταση οι ημέρες που απαιτούνταν για δειγματοληψία, υπολογιζόταν σε κάθε περίπτωση σύμφωνα με την έκταση και το μέγιστο βάθος της κάθε λίμνης (CEN 2005). Τα δίχτυα ποντίζονταν το απόγευμα κάθε ημέρας, με συγκεκριμένο τρόπο και σε συγκεκριμένους σταθμούς, προκειμένου να καλυφθούν όλες οι ζώνες βάθους της κάθε λίμνης και συνεπώς όλα τα μικροενδιαιτήματα, και συλλέγονταν το πρωί της επόμενης ημέρας, έτσι ώστε κάθε φορά η διάρκεια παραμονής τους στο νερό να είναι σταθερή (περίπου 12 ώρες). Ειδικότερα, τα βενθικά δίχτυα τοποθετούνται στον πυθμένα της λίμνης, ενώ τα πελαγικά στη στήλη του νερού. Ο στόχος αυτής της δειγματοληπτικής μεθόδου σε κάθε περιοχή μελέτης

ήταν η συλλογή τυχαίων και αντιπροσωπευτικών δειγμάτων από κάθε ιχθυοπληθυσμό, πράγμα που σημαίνει ότι κάθε άτομο ενός πληθυσμού (από τα πολύ μικρά σε μέγεθος μέχρι τα πολύ μεγάλα) είχε τις ίδιες πιθανότητες να αλιευθεί σε σχέση με όλα τα υπόλοιπα άτομα του πληθυσμού αυτού. Όλα τα ψάρια που αλιεύθηκαν συντηρήθηκαν σε βαρέλια με διάλυμα φορμόλης 10% και στη συνέχεια μεταφέρθηκαν στο εργαστήριο Ιχθυολογίας για να μελετηθούν.

3.2 Μετρήσεις βιολογικών παραμέτρων

Επιλέχθηκε ένα αντιπροσωπευτικό δείγμα από κάθε πληθυσμό του είδους *Rutilus rutilus*. Συγκεκριμένα, επιλέχθηκαν 408 άτομα από σύνολο 483 ατόμων από τη Λίμνη Καστοριάς (84,47%), 402 από σύνολο 1.148 ατόμων από τη Λίμνη Βεγορίτιδα (35,02%) και 400 από σύνολο 1.427 ατόμων από τη Λίμνη Βόλβη (28,03%). Στα άτομα αυτά, μετρήθηκε το ολικό μήκος (TL, cm $\pm$ 0,1), δηλαδή η απόσταση από το πρόσθιο άκρο της κεφαλής (με το στόμα κλειστό) μέχρι το τέλος του ουραίου πτερυγίου, τοποθετημένου στη φυσική του θέση (θέση πλευσης), το μεσουραίο μήκος (FL, cm $\pm$ 0,1), δηλαδή η απόσταση από το πρόσθιο άκρο της κεφαλής (με το στόμα κλειστό) μέχρι το τέλος των μεσαίων ακτίνων του ουραίου πτερυγίου, τοποθετημένου στη φυσική του θέση (θέση πλευσης), καθώς και το σταθερό μήκος (SL, cm $\pm$ 0,1), δηλαδή η απόσταση από το πρόσθιο άκρο της κεφαλής (με το στόμα κλειστό) μέχρι το όριο των υποουραίων οστών (Εικόνα 3.1). Επίσης, μετρήθηκε σε ζυγό ακριβείας το ολικό βάρος των ψαριών (W, g $\pm$ 0,1) (Lagler 1978).



Εικόνα 3.1 Μετρήσεις ολικού (TL), μεσουραίου (FL) και σταθερού (SL) μήκους σε άτομο του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βεγορίτιδας.

Figure 3.1 Measurements of total (TL), fork (FL) and standard (SL) length in a specimen of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Vegoritida.

3.3 Σχέσεις μηκών και σχέση μήκους – βάρους

Καταρχάς, χρησιμοποιήθηκε η στατιστική ανάλυση one-way ANOVA και συγκεκριμένα οι έλεγχοι Least squares means και LSD test, προκειμένου να διαπιστωθεί αν οι μέσες λογαριθμημένες τιμές του ολικού μήκους (TL) του τσιρώνιου διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ των τριών δειγμάτων ($p < 0,05$). Έπειτα, οι σχέσεις μεταξύ των τριών μηκών (TL – FL, TL – SL και FL – SL) προσδιορίστηκαν με γραμμική παλινδρόμηση της μορφής $y = a + b x$. Επιπλέον, υπολογίστηκε η σχέση μήκους – βάρους για το σύνολο των ατόμων κάθε δείγματος, με βάση την εξίσωση:

$$W = a L^b \quad (\text{Keys 1928, Le Cren 1951})$$

όπου, W: το ολικό βάρος σώματος (g)

L: το ολικό μήκος σώματος (cm)

a, b: παράμετροι

Η σχέση αυτή μετά από λογαρίθμηση μετασχηματίζεται στη γραμμική μορφή:
 $\log_{10}(W) = \log_{10}(a) + b \log_{10}(L)$.

Η παράμετρος b παρουσιάζει ιδιαίτερη σημασία όσον αφορά αυτή τη σχέση και γενικά λαμβάνει τιμές από 2 έως 4. Συγκεκριμένα, όταν η παράμετρος αυτή ισούται με τρία ($b=3$), τότε η αύξηση του ψαριού χαρακτηρίζεται ως ισομετρική (Ricker 1958), πράγμα που σημαίνει ότι το ψάρι αυξάνει ομοιόμορφα ως προς τις

τρεις διαστάσεις του, επομένως τα μικρά άτομα του πληθυσμού παρουσιάζουν το ίδιο σχήμα και την ίδια κατάσταση με τα μεγάλα άτομα (Froese 2006). Αντιθέτως, όταν το b είναι μεγαλύτερο ή μικρότερο από την τιμή τρία, τότε η αύξηση χαρακτηρίζεται ως αλλομετρική, περίπτωση πιο συνηθισμένη στη φύση (Martin 1949, Tesch 1968).

Ειδικότερα, όταν $b > 3$, τότε παρατηρείται θετική αλλομετρία (υπεραλλομετρία), δηλαδή όσο τα άτομα ενός πληθυσμού μεγαλώνουν σε μήκος, αυξάνουν γρηγορότερα ως προς τις άλλες δύο διαστάσεις (ύψος και πλάτος) από ότι σε μήκος, άρα τα μεγαλύτερα άτομα γίνονται βαρύτερα για το μήκος τους. Όταν όμως ισχύει ότι $b < 3$, τότε παρατηρείται αρνητική αλλομετρία (υποαλλομετρία), γεγονός που σημαίνει ότι τα μεγαλύτερα άτομα γίνονται πιο επιμήκη, επομένως είναι ελαφρύτερα για το μήκος τους (Hile 1936, Froese 2006, Froese *et al.* 2011). Συνήθως, η παράμετρος b βρίσκεται εντός του ορίου 2,5–3,5 (Carlander 1969), ενώ τιμές μικρότερες από 2,5 ή μεγαλύτερες από 3,5 ($b < 2,5$ ή $b > 3,5$), πιθανόν να προέρχονται από δείγματα με περιορισμένο εύρος μεγέθους (Carlander 1977), αν και υπάρχουν είδη στη φύση με έντονα αλλομετρική αύξηση, θετική ή αρνητική (Pauly *et al.* 2008).

Η τιμή της παραμέτρου a σχετίζεται με τη μορφή σώματος και παρουσιάζει αρνητική συσχέτιση με την b (Hile 1936). Αρνητική σχέση έχει βρεθεί και μεταξύ του συντελεστή b και της παραμέτρου $\log_{10}(a)$ (Froese 2000, 2006).

Τέλος, πραγματοποιήθηκε ο έλεγχος one – tailed t-test (Froese *et al.* 2011), για να διαπιστωθεί αν η παράμετρος b διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την τιμή 3, προκειμένου να εκτιμηθεί αν η αύξηση του είδους στις τρεις λίμνες είναι ισομετρική ή αλλομετρική.

Για τον έλεγχο χρησιμοποιήθηκε η εξίσωση $t = (sd_{(x)}/sd_{(y)}) [|b-3|/\sqrt{(1-r^2)}] [\sqrt{(n-2)}]$ (Pauly 1984)

όπου, $sd_{(x)}$: η τυπική απόκλιση όλων των τιμών του $\log_{10}(L)$

$sd_{(y)}$: η τυπική απόκλιση όλων των τιμών του $\log_{10}(W)$

n : ο αριθμός των ατόμων του δείγματος

r^2 : ο συντελεστής μεταβλητότητας της γραμμικής παλινδρόμησης $L - W$

Η παράμετρος b διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την τιμή 3 ($p < 0,05$), όταν η τιμή t που προκύπτει από την παραπάνω εξίσωση είναι μεγαλύτερη από την τιμή t του πίνακα των κρίσιμων ορίων της κατανομής t , για $n-2$ βαθμούς ελευθερίας (στις συγκεκριμένες περιπτώσεις της παρούσας έρευνας πρέπει να ισχύει $t > 1,649$) (Zar 1984).

3.4 Ηλικία και αύξηση

3.4.1 Λήψη και επεξεργασία λεπιών

Παράλληλα με τις μετρήσεις των βιολογικών παραμέτρων των ψαριών πραγματοποιήθηκε η λήψη των λεπιών. Συγκεκριμένα, από κάθε άτομο συλλέγονταν περίπου 15-20 λέπια, από την περιοχή ανάμεσα στο βραγχιακό επικάλυμμα και το ραχιαίο πτερύγιο, στο ύψος πάνω από την πλευρική γραμμή (Nielsen & Johnson 1985). Η επεξεργασία που ακολούθησε ήταν μια συγκεκριμένη διαδικασία για κάθε άτομο του δείγματος ξεχωριστά, η οποία περιελάμβανε τα εξής βήματα (Mann 1973, Nielsen & Johnson 1985):

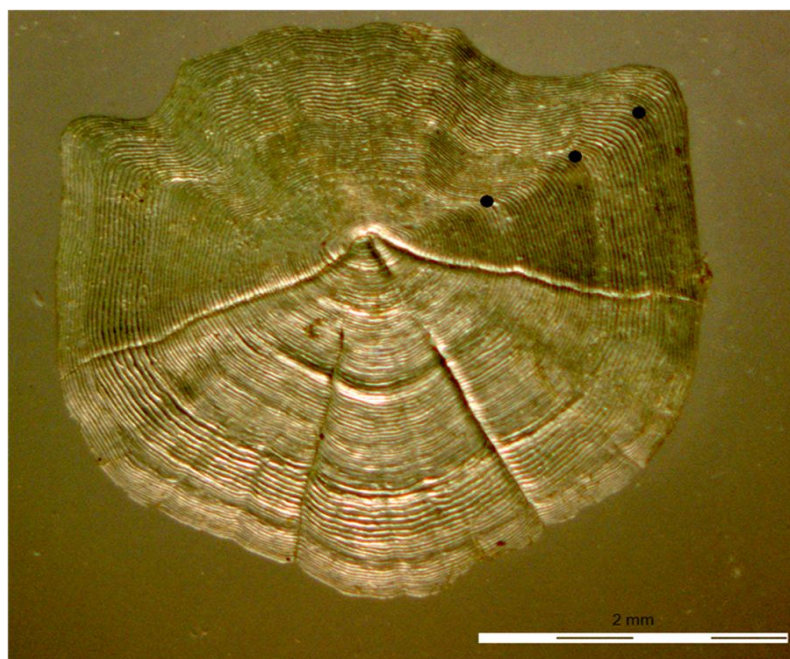
- Μεταφορά των λεπιών σε τριβλίο Petri που περιείχε διάλυμα NaOH 8%, για 5-10 λεπτά της ώρας.
- Απόρριψη των λεπιών αντικατάστασης και επιλογή 5-6 λεπιών με ευδιάκριτη εστία, κανονικό σχήμα και σε καλή κατάσταση, δηλαδή χωρίς φθορές.
- Ξέπλυμα των λεπιών με αποσταγμένο H₂O.
- Απομάκρυνση της υγρασίας.
- Μεταφορά (με τον κατάλληλο προσανατολισμό) σε αντικειμενοφόρο πλάκα.
- Καταγραφή του κωδικού αριθμού του ατόμου του δείγματος πάνω στο παρασκεύασμα.

3.4.2 Ανάγνωση λεπιών

Στη συνέχεια ακολούθησε η ανάγνωση των λεπιών. Η όλη διαδικασία πραγματοποιήθηκε σε στερεοσκόπιο, το οποίο διέθετε κάμερα συνδεδεμένη με τον H/Y, ενώ χρησιμοποιήθηκε το λογισμικό πρόγραμμα ProgRes CapturePro 2.7. Ειδικότερα, το κάθε παρασκεύασμα τοποθετούνταν κάτω από το στερεοσκόπιο και επιλεγόταν το καταλληλότερο λέπι, αυτό δηλαδή που εμφάνιζε το καλύτερο σχήμα καθώς και ευδιάκριτη εστία και δακτυλίου. Έπειτα, το λέπι αυτό φωτογραφιζόταν και στην οθόνη του H/Y γινόταν προσπάθεια εκτίμησης της ηλικίας, μέσω της αναγνώρισης των ετήσιων δακτυλίων και του διαχωρισμού τους από διάφορους άλλους ψευδοδακτύλιους, δακτύλιους αναπαραγωγής κτλ. Λέπια τα οποία εμφάνιζαν 1, 2, 3... ετήσιους δακτυλίου αντιστοιχούσαν σε άτομα ηλικίας 1, 2, 3... ετών και συνεπώς κατατάσσονταν στις ηλικιακές κλάσεις 1, 2, 3... αντιστοίχως (Εικόνες 3.2 –

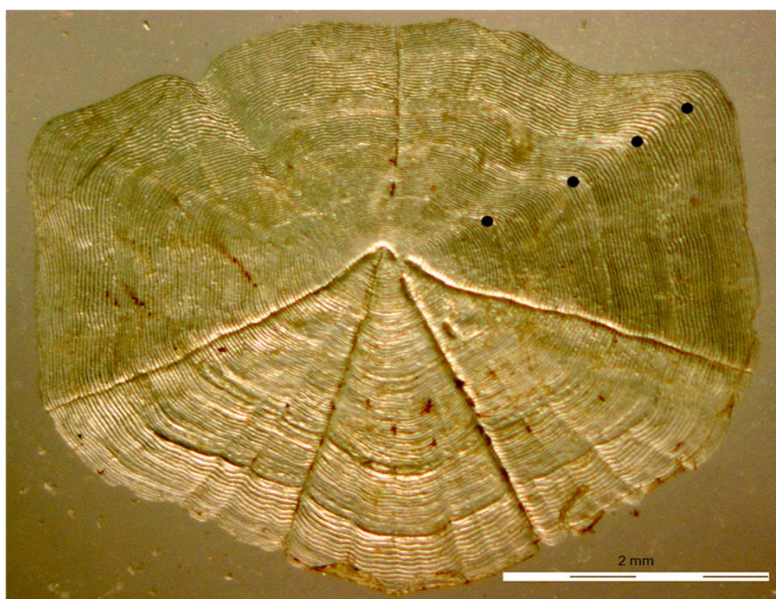
3.3). Η ανάγνωση αυτή γινόταν δίχως να είναι γνωστά τα υπόλοιπα δεδομένα από τις μετρήσεις των βιολογικών παραμέτρων των ψαριών, προκειμένου να μην υπάρχει προκατάληψη σχετικά με τη εκτίμηση της ηλικίας (Tesch 1968, Bagenal & Tesch 1978).

Εφόσον ολοκληρώθηκε η πρώτη ανάγνωση, πραγματοποιήθηκε στη συνέχεια και δεύτερη ανάγνωση μετά από εύλογο χρονικό διάστημα, χωρίς να είναι εμφανή τα στοιχεία της πρώτης, ενώ για όσα δείγματα δε συμφωνούσαν οι εκτιμήσεις της ηλικίας των δύο προηγούμενων αναγνώσεων, ακολούθησε και τρίτη ανάγνωση. Δείγματα στα οποία δε συμφωνούσε καμία από τις τρεις αναγνώσεις, επομένως δε μπορούσε να εξαχθεί ασφαλές συμπέρασμα όσον αφορά τον ακριβή προσδιορισμό της ηλικίας τους, απορρίφθηκαν (Walton 1983). Συγκεκριμένα, από τα 402 άτομα της Λίμνης Βεγορίτιδας απορρίφθηκαν τα 25 (ποσοστό 6,22%), από τα 400 της Λίμνης Βόλβης τα 26 (6,50%) και από τα 408 της Λίμνης Καστοριάς επίσης τα 26 (6,37%).



Εικόνα 3.2 Λέπι τσιρωνιού με 3 ετήσιους δακτυλίους (επισημαίνονται με μαύρες βούλες), το οποίο αντιστοιχεί σε άτομο ηλικίας 3 ετών από τον πληθυσμό της Λίμνης Βόλβης.

Figure 3.2 Scale of roach with 3 annual rings (indicated with black dots), which corresponds to a 3 years old specimen from the population of Lake Volvi.



Εικόνα 3.3 Λέπι τσιρωνιού με 4 ετήσιους δακτυλίους (επισημαίνονται με μαύρες βούλες), το οποίο αντιστοιχεί σε άτομο ηλικίας 4 ετών από τον πληθυσμό της Λίμνης Βόλβης.

Figure 3.3 Scale of roach with 4 annual rings (indicated with black dots), which corresponds to a 4 years old specimen from the population of Lake Volvi.

Τελικά, σύμφωνα με τα στοιχεία που προέκυψαν από την εκτίμηση της ηλικίας (t , έτη), σε συνδυασμό με τα δεδομένα ολικού μήκους (TL, cm), κατασκευάστηκε η κλείδα μήκους – ηλικίας για το σύνολο των ατόμων κάθε δείγματος.

3.4.3 Σχέση μήκους σώματος ψαριού – ακτίνας λεπιού και αναδρομικός υπολογισμός μήκους

Παράλληλα με τον προσδιορισμό της ηλικίας, δηλαδή την εξακρίβωση του αριθμού των ετήσιων δακτυλίων, πραγματοποιήθηκαν και συγκεκριμένες μετρήσεις προς σταθερή κατεύθυνση πάνω στη φωτογραφία του κάθε λεπιού, στην οποία είχε προσαρμοστεί κατάλληλη μικροκλίμακα 2 mm. Ειδικότερα, μετρήθηκε η ακτίνα του κάθε ετήσιου δακτυλίου ($S_1, S_2, S_3, \dots$, mm), δηλαδή η απόσταση από το κέντρο (εστία) του λεπιού μέχρι το σημείο όπου σχηματίζεται ο κάθε δακτύλιος, όπως επίσης και η ολική ακτίνα του λεπιού (S , mm), δηλαδή η απόσταση από την εστία μέχρι το πάνω δεξιό άκρο του πίσω μέρους του λεπιού. Οι μετρήσεις αυτές χρησιμοποιήθηκαν όπως θα δούμε παρακάτω για τον αναδρομικό υπολογισμό του μήκους ανά ηλικία (Lea 1910, Lagler 1978, Francis 1990).

Απαραίτητη προϋπόθεση για τον αναδρομικό υπολογισμό είναι η εύρεση της σχέσης που συνδέει το ολικό μήκος σώματος του ψαριού με την ολική ακτίνα του

λεπιού, η οποία περιγράφεται ικανοποιητικά από την εξίσωση γραμμικής παλινδρόμησης:

$$TL = a + b S \quad (\text{Lea } 1910)$$

όπου, TL: το ολικό μήκος σώματος του ψαριού (cm),

S: ακτίνα του λεπιού (mm) και

a, b: σταθερές που υπολογίζονται με τη μέθοδο των ελαχίστων τετραγώνων.

Στη συνέχεια, προκειμένου να υπολογιστεί το μήκος που είχε το κάθε άτομο σε προγενέστερες ηλικίες, χρησιμοποιήθηκε η γραμμική εξίσωση αναδρομικού υπολογισμού των Fraser (1916) και Lee (1920), οι οποίοι εξέφρασαν την άποψη ότι τα λέπια δεν εμφανίζονται τη στιγμή της εκκόλαψης του ψαριού, αλλά σε μεταγενέστερο στάδιο.

$$L_i = c + (L_c - c) (S_i / S) \quad \text{Fraser (1916) και Lee (1920)}$$

όπου, L_i : το αναδρομικό μήκος του ψαριού στην ηλικία i

L_c : το παρατηρούμενο ολικό μήκος τη στιγμή της σύλληψης

S_i : το ολικό μήκος της ακτίνας του λεπιού στην ηλικία i

S : το ολικό μήκος της ακτίνας του λεπιού τη στιγμή της σύλληψης

c : σταθερά που αντιστοιχεί στην παράμετρο a της σχέσης μήκους σώματος – ακτίνας λεπιού (εκφράζει το μήκος του ψαριού όταν αρχίζουν να σχηματίζονται τα λέπια)

3.4.4 Υπολογισμός παραμέτρων αύξησης

Εφαρμόστηκε η εξίσωση του von Bertalanffy (μοντέλο VBGF) για τα μέσα ολικά μήκη ανά ηλικία (παρατηρούμενα και αναδρομικά), η οποία περιγράφει με τον πλέον ικανοποιητικό τρόπο την αύξηση σε πληθώρα ειδών ψαριών, καρκινοειδών και μαλακίων (Beverton & Holt 1957, Sparre *et al.* 1989).

$$L_t = L_{\infty} (1 - e^{-K(t-t_0)}) \quad (\text{von Bertalanffy } 1934, 1938, 1957)$$

όπου, L_t : το μήκος του ψαριού στην ηλικία t (cm)

t : η ηλικία (σε έτη)

L_{∞} : το ασυμπτωτικό μήκος του ψαριού (cm), δηλαδή το μήκος που θα αποκτούσε το ψάρι αν ζούσε απεριόριστα (και η αύξησή του ήταν σύμφωνη με την εξίσωση von Bertalanffy)

K : ο ρυθμός με τον οποίο το ψάρι πλησιάζει το ασυμπτωτικό του μήκος (σε έτη⁻¹)

t_0 : η υποθετική ηλικία (σε έτη) στην οποία το ψάρι έχει μηδενικό μήκος (συνήθως είναι ένας μικρός αριθμός, θετικός ή αρνητικός) (Ricker 1975)

Ο υπολογισμός των τριών παραμέτρων αύξησης (L_∞ , K , t_0) πραγματοποιήθηκε για κάθε περίπτωση μέσω της μεθόδου της μη γραμμικής παλινδρόμησης (Sparre *et al.* 1989).

3.4.5 Υπολογισμός δείκτη αύξησης και κατασκευή αυξημετρικού πλέγματος

Ο δείκτης αύξησης ϕ' υπολογίστηκε από τα παρατηρούμενα και από τα αναδρομικά μήκη. Ο δείκτης αυτός αποτελεί έναν συνδυασμό των παραμέτρων αύξησης K και L_∞ , έτσι ώστε να μπορούν να γίνουν συγκρίσεις της αύξησης μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών (Pauly 1998). Στην παρούσα εργασία, χρησιμοποιήθηκε για σύγκριση της αύξησης μεταξύ των τριών πληθυσμών του *R. rutilus*, αλλά και για συγκρίσεις με άλλους πληθυσμούς παρόμοιων ερευνών για αυτό το είδος. Ο δείκτης αυτός εκφράζεται από τη σχέση:

$$\phi' = \text{Log}_{10}K + 2 \text{Log}_{10}L_\infty \quad (\text{Munro \& Pauly 1983, Pauly \& Munro 1984})$$

Επιπλέον, σχετικά με τη σύγκριση της αύξησης μεταξύ διαφορετικών αποθεμάτων του *R. rutilus*, εκτός από το δείκτη αύξησης, κατασκευάστηκε και το αυξημετρικό πλέγμα, το οποίο είναι ένα διάγραμμα που προκύπτει από τη συσχέτιση των παραμέτρων $\text{Log}_{10}L_\infty$ και $\text{Log}_{10}K$. Το κάθε απόθεμα αντιπροσωπεύεται από ένα σημείο ενώ όλα μαζί τα αποθέματα (δηλαδή όλα τα σημεία) αποδίδουν ένα νέφος σημείων που μαθηματικά ορίζεται ως έλλειψη, η επιφάνεια της οποίας ταυτίζεται με τον αυξητικό χώρο ενός είδους, ενός γένους, μιας οικογένειας ή οποιασδήποτε άλλης ευρύτερης ομάδας (Pauly 1994, Cury & Pauly 2000). Στην παρούσα εργασία, για να κατασκευαστεί το αυξημετρικό πλέγμα χρησιμοποιήθηκαν 14 αποθέματα του συγκεκριμένου είδους, τα τρία της παρούσας έρευνας καθώς και άλλα 11 από λίμνες της Ελλάδας αλλά και της ευρύτερης περιοχής της Βαλκανικής Χερσονήσου κυρίως, προκειμένου να περιοριστεί η σύγκριση της αύξησης σε περιοχές εσωτερικών υδάτων με παρόμοιο γεωγραφικό πλάτος. Εκτός αυτού, έγινε χρήση και του αυξημετρικού πλέγματος της Fishbase, έτσι ώστε να υπάρξει μία γενικότερη εικόνα της αύξησης του είδους αυτού.

4 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

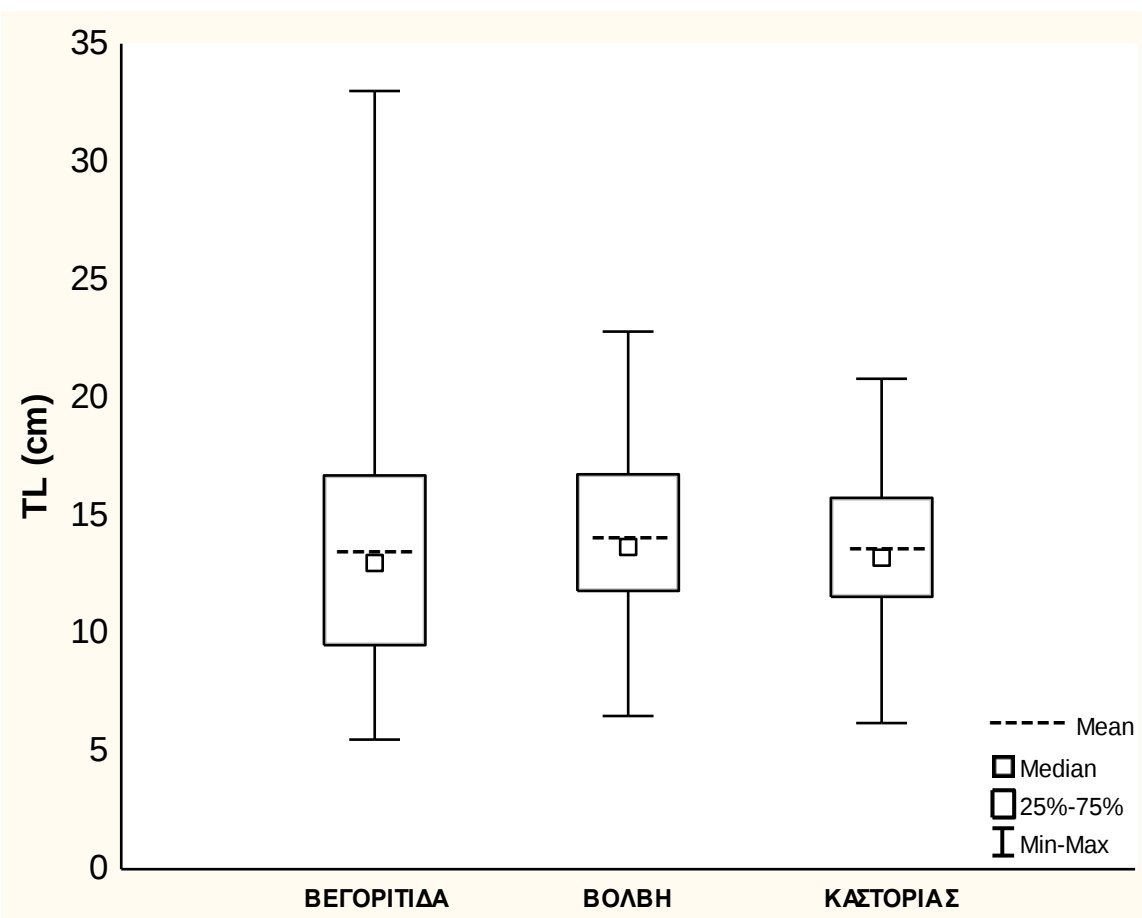
4.1 Ολικό μήκος

Το μήκος που χρησιμοποιήθηκε στην παρούσα έρευνα για την επεξεργασία των αποτελεσμάτων ήταν το ολικό μήκος (TL) των ψαριών. Τα δεδομένα ολικού μήκους, τα οποία προέκυψαν έπειτα από μετρήσεις σε 402 άτομα τσιρωνιού από τη Λίμνη Βεγορίτιδα, 400 από τη Λίμνη Βόλβη και 408 από τη Λίμνη Καστοριάς, παρουσιάζονται στον Πίνακα 4.1, αλλά και στα θηκογράμματα της Εικόνας 4.1.

Πίνακας 4.1 Αριθμός ατόμων του δείγματος, ελάχιστη και μέγιστη τιμή, μέσος όρος $\pm$ τυπικό σφάλμα (SE) και διάμεσος του ολικού μήκους (TL) του κάθε πληθυσμού του είδους *Rutilus rutilus*.

Table 4.1 Number of specimens in the sample, minimum and maximum value, mean $\pm$ standard error (SE) and median of the total length (TL) of each population of the species *Rutilus rutilus*.

Λίμνη	n	Min-Max TL (cm)	Μέσος όρος TL (cm) $\pm$ SE	Διάμεσος TL (cm)
Βεγορίτιδα	402	5,5-33,0	13,7 $\pm$ 0,3	13,0
Βόλβη	400	6,5-22,8	14,0 $\pm$ 0,2	13,7
Καστοριάς	408	6,2-20,8	13,7 $\pm$ 0,1	13,3



Εικόνα 4.1 Θηκογράμματα ολικού μήκους TL (cm) του κάθε πληθυσμού του είδους *Rutilus rutilus*.

Figure 4.1 Box-Whiskers plots of the total length TL (cm) of each population of the species *Rutilus rutilus*.

Σύμφωνα με τη στατιστική ανάλυση one-way ANOVA, βρέθηκε ότι οι μέσοι όροι των λογαριθμημένων τιμών του ολικού μήκους ($\log_{10}TL$) του τσιρώνιου διέφεραν στατιστικώς σημαντικά ($p < 0,05$) μεταξύ των τριών πληθυσμών ($F = 4,932$, $p = 0,007$). Παράλληλα, ο μέσος όρος $\log_{10}TL$ του δείγματος της Βεγορίτιδας βρέθηκε στατιστικά χαμηλότερος από τον αντίστοιχο της Βόλβης ($p = 0,003$) και της Καστοριάς ($p = 0,023$), ενώ οι μέσοι όροι των δειγμάτων Βόλβης και Καστοριάς δε διέφεραν στατιστικώς σημαντικά μεταξύ τους ($p = 0,456$).

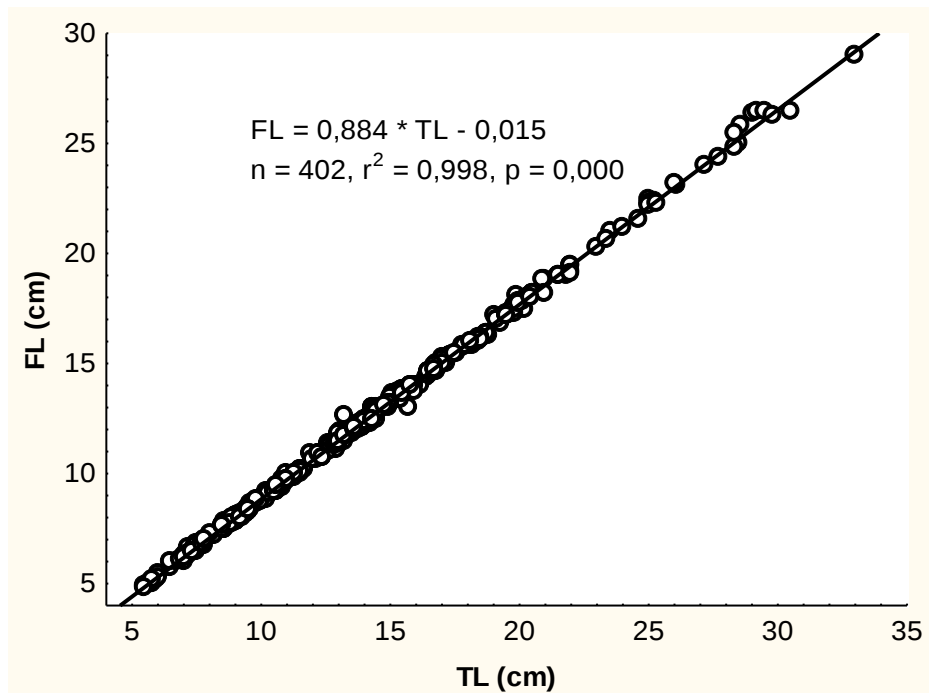
4.2 Σχέσεις μηκών

Από τα δεδομένα του ολικού, μεσουραίου και σταθερού μήκους (TL, FL και SL αντίστοιχα), κατασκευάστηκαν οι σχέσεις μηκών για κάθε δείγμα (TL – FL, TL – SL και FL – SL), οι οποίες είναι γραμμικές παλινδρομήσεις της μορφής $y = a + b x$. Στον Πίνακα 4.2 παραθέτονται τα στατιστικά στοιχεία αυτών των γραμμικών παλινδρομήσεων. Οι σχέσεις παρουσιάζονται στις Εικόνες 4.2 – 4.10.

Πίνακας 4.2 Τιμές των παραμέτρων a και b , σταθερό σφάλμα (SE) των παραμέτρων αυτών, συντελεστής μεταβλητότητας r^2 και σημαντικότητα (p) των σχέσεων μήκους του είδους *Rutilus rutilus* για κάθε περιοχή έρευνας.

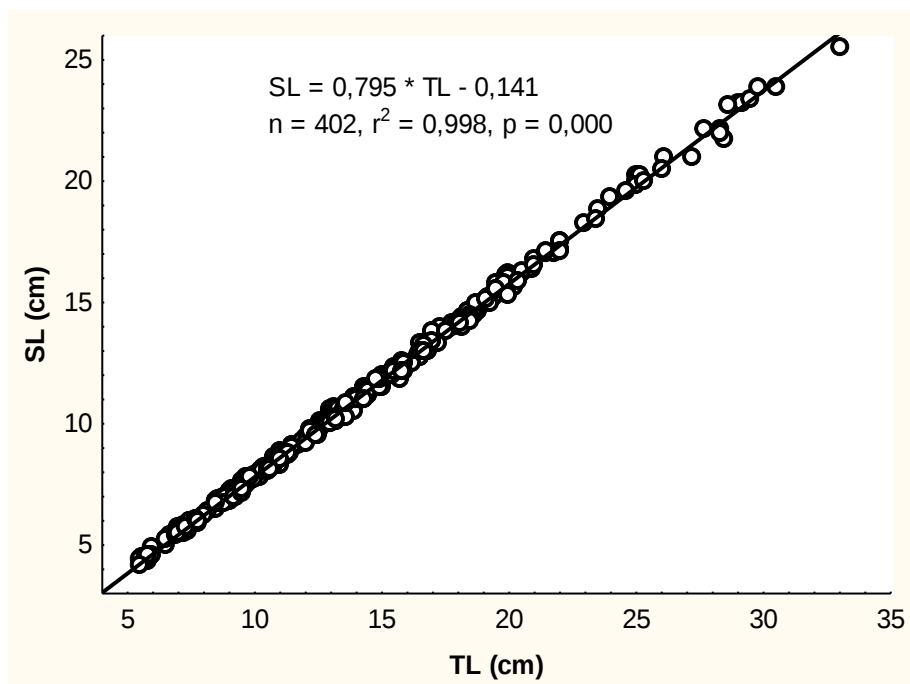
Table 4.2 Parameters a and b , standard error (SE) of these parameters, coefficient of determination r^2 and significance (p) of the length-length relationships of the species *Rutilus rutilus* for each study area.

Λίμνη	Σχέση μήκους	a	$SE_{(a)}$	b	$SE_{(b)}$	r^2	p
Βεγορίτιδα	TL - FL	-0,016	0,023	0,885	0,002	0,999	0,000
	TL - SL	-0,142	0,024	0,796	0,002	0,998	0,000
	FL - SL	-0,122	0,023	0,899	0,002	0,999	0,000
Βόλβη	TL - FL	-0,149	0,035	0,901	0,002	0,997	0,000
	TL - SL	-0,397	0,041	0,813	0,003	0,995	0,000
	FL - SL	-0,250	0,037	0,900	0,003	0,996	0,000
Καστοριάς	TL - FL	-0,191	0,046	0,910	0,003	0,995	0,000
	TL - SL	-0,114	0,041	0,801	0,003	0,995	0,000
	FL - SL	0,088	0,043	0,878	0,003	0,994	0,000



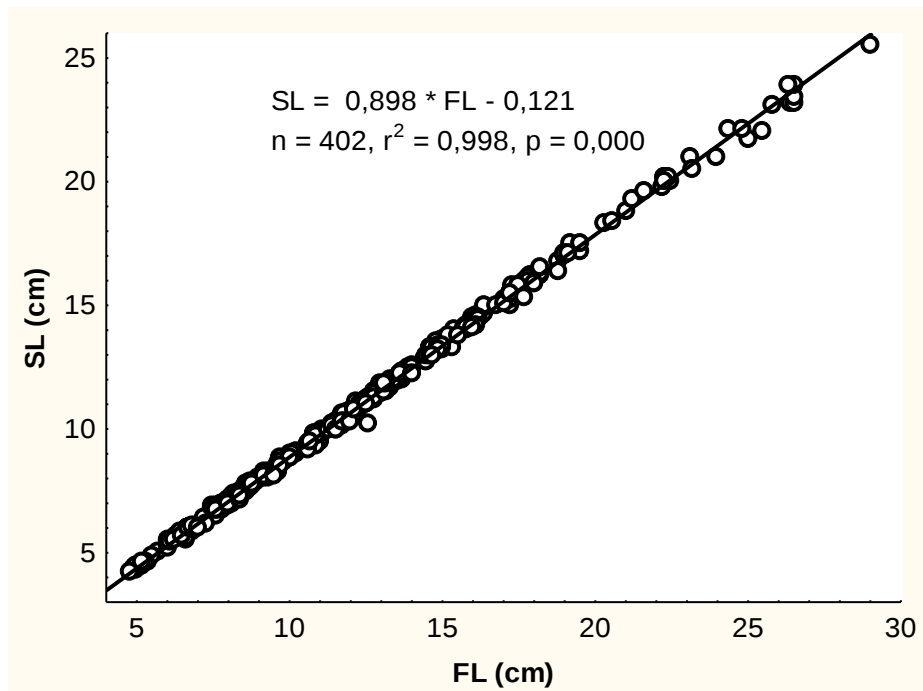
Εικόνα 4.2 Σχέση ολικού (TL)-μεσουραίου (FL) μήκους (cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βεγορίτιδας.

Figure 4.2 Total (TL)-fork (FL) length relationship (cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Vegoritida.



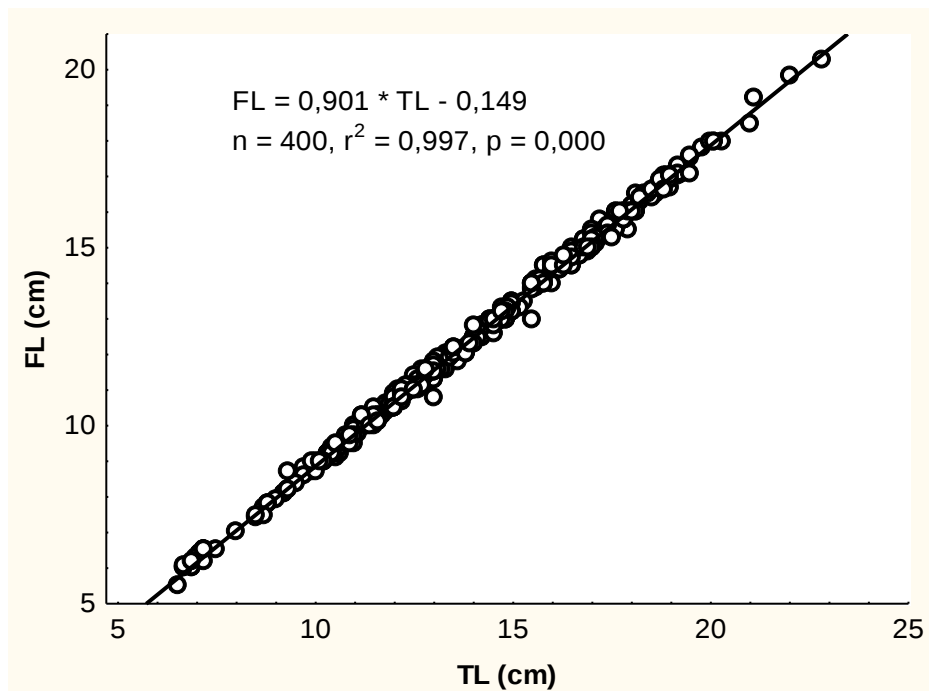
Εικόνα 4.3 Σχέση ολικού (TL)-σταθερού (SL) μήκους (cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βεγορίτιδας.

Figure 4.3 Total (TL)-standar (SL) length relationship (cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Vegoritida.



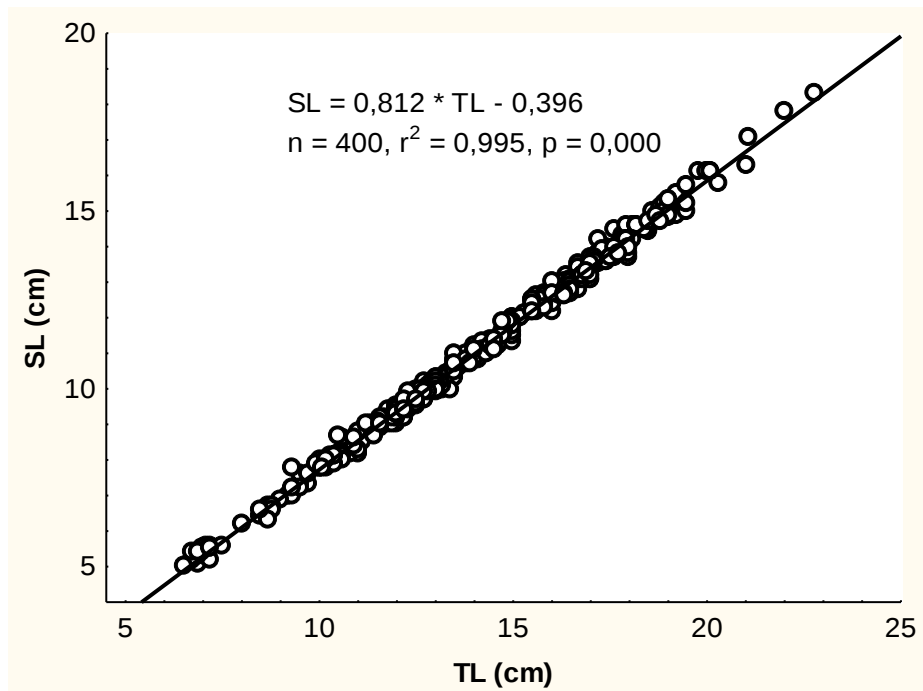
Εικόνα 4.4 Σχέση μεσουραίου (FL)-σταθερού (SL) μήκους (cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βεγορίτιδας.

Figure 4.4 Fork (FL)-standar (SL) length relationship (cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Vegoritida.



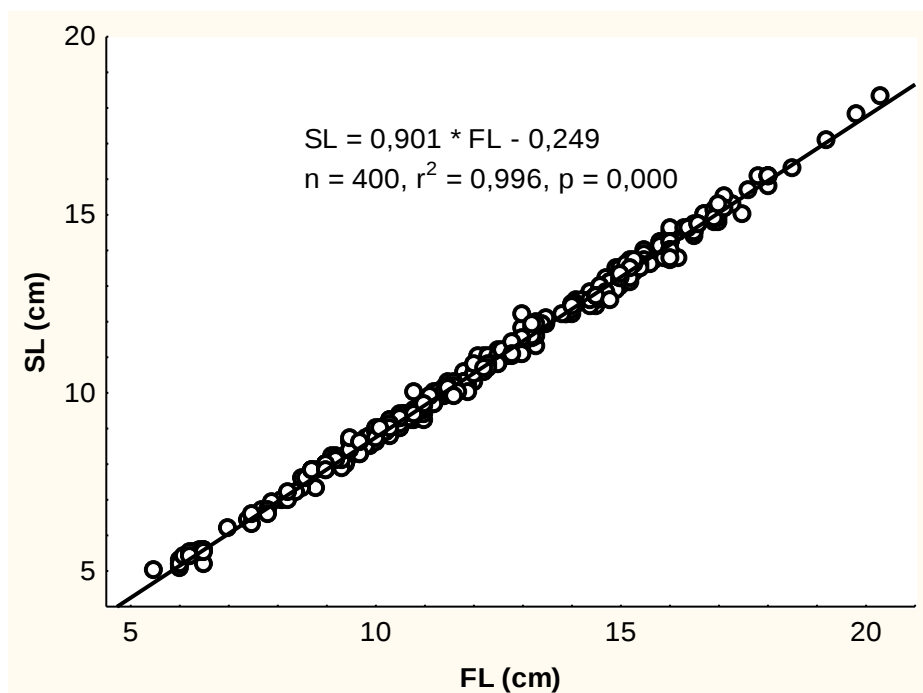
Εικόνα 4.5 Σχέση ολικού (TL)-μεσουραίου (FL) μήκους (cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βόλβης.

Figure 4.5 Total (TL)-fork (FL) length relationship (cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Volvi.



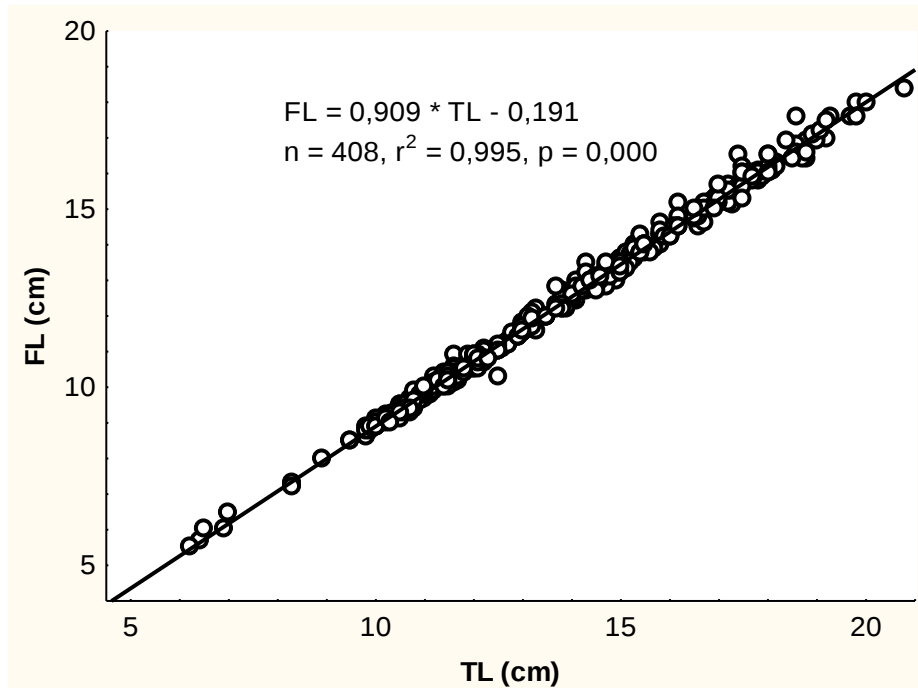
Εικόνα 4.6 Σχέση ολικού (TL)-σταθερού (SL) μήκους (cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βόλβης.

Figure 4.6 Total (TL)-standard (SL) length relationship (cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Volvi.



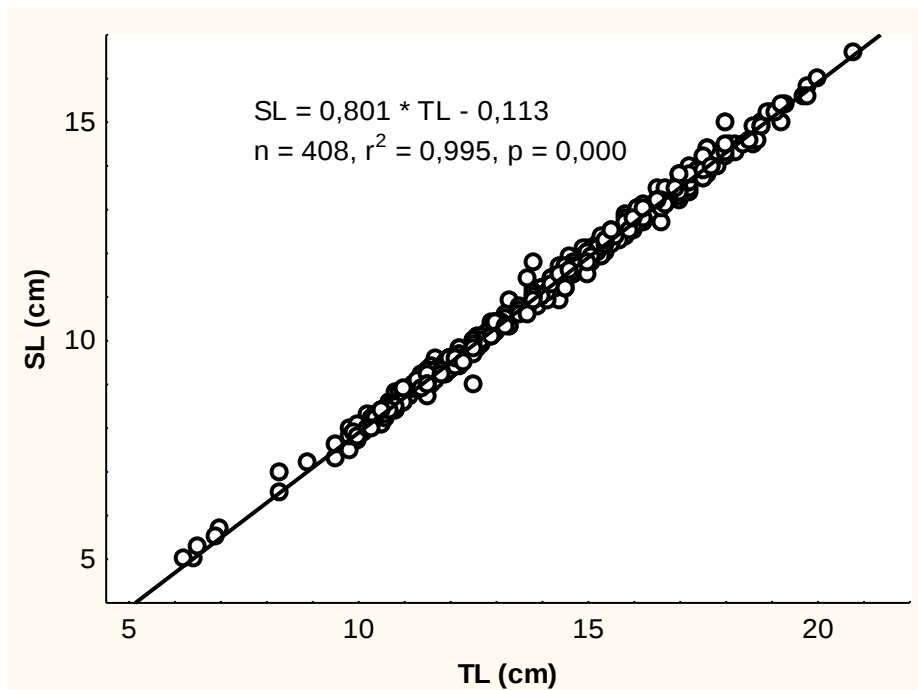
Εικόνα 4.7 Σχέση μεσουραίου (FL)-σταθερού (SL) μήκους (cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βόλβης.

Figure 4.7 Fork (FL)-standard (SL) length relationship (cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Volvi.



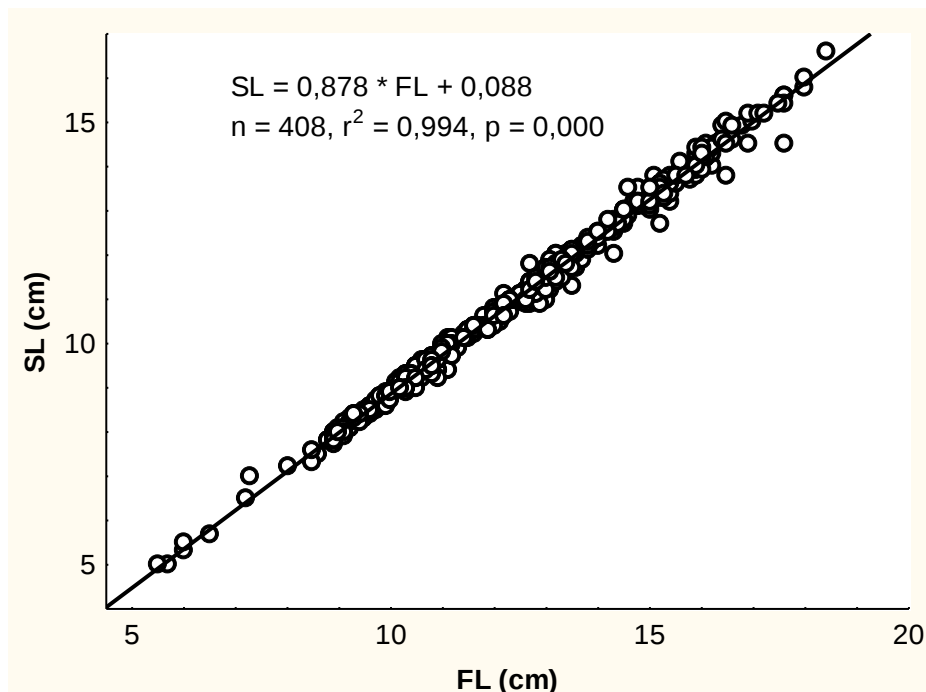
Εικόνα 4.8 Σχέση ολικού (TL)-μεσουραίου (FL) μήκους (cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Καστοριάς.

Figure 4.8 Total (TL)-fork (FL) length relationship (cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Kastoria.



Εικόνα 4.9 Σχέση ολικού (TL)-σταθερού (SL) μήκους (cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Καστοριάς.

Figure 4.9 Total (TL)-standard (SL) length relationship (cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Kastoria.



Εικόνα 4.10 Σχέση μεσουραίου (FL)-σταθερού (SL) μήκους (cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Καστοριάς.

Figure 4.10 Fork (FL)-standard (SL) length relationship (cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Kastoria.

Σε κάθε περίπτωση παρατηρείται πολύ ισχυρή γραμμική συσχέτιση, τόσο μεταξύ του ολικού και του μεσουραίου μήκους, όσο και μεταξύ του ολικού και του σταθερού, αλλά και του μεσουραίου και του σταθερού.

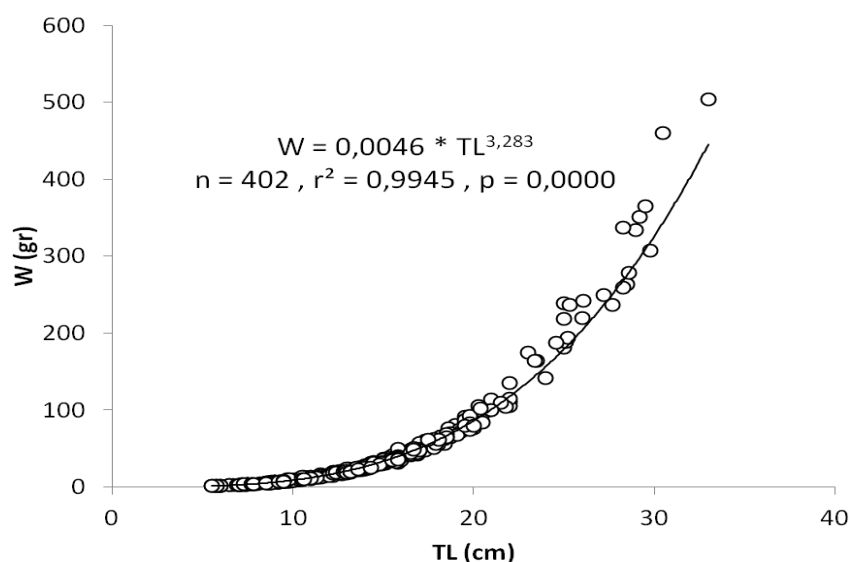
4.3 Σχέση μήκους – βάρους

Από τα δεδομένα του ολικού μήκους (TL) των προαναφερθέντων δειγμάτων, αλλά και από δεδομένα βάρους (W), υπολογίστηκε η σχέση μήκους-βάρους για κάθε πληθυσμό, η οποία είναι εκθετική της μορφής $W = a (TL)^b$. Στον Πίνακα 4.3 παραθέτονται τα στατιστικά στοιχεία αυτών των σχέσεων, καθώς και τα εύρη ολικού μήκους και βάρους του κάθε δείγματος. Οι σχέσεις μήκους-βάρους παρουσιάζονται στις Εικόνες 4.11 – 4.13.

Πίνακας 4.3 Αριθμός ατόμων (n), ελάχιστη (min) και μέγιστη (max) τιμή ολικού μήκους (TL) και βάρους (W), τιμές των παραμέτρων a και b, σταθερό σφάλμα (SE) των παραμέτρων αυτών, συντελεστής μεταβλητότητας r^2 και σημαντικότητα (p) της σχέσης μήκους-βάρους του είδους *Rutilus rutilus* για κάθε περιοχή έρευνας.

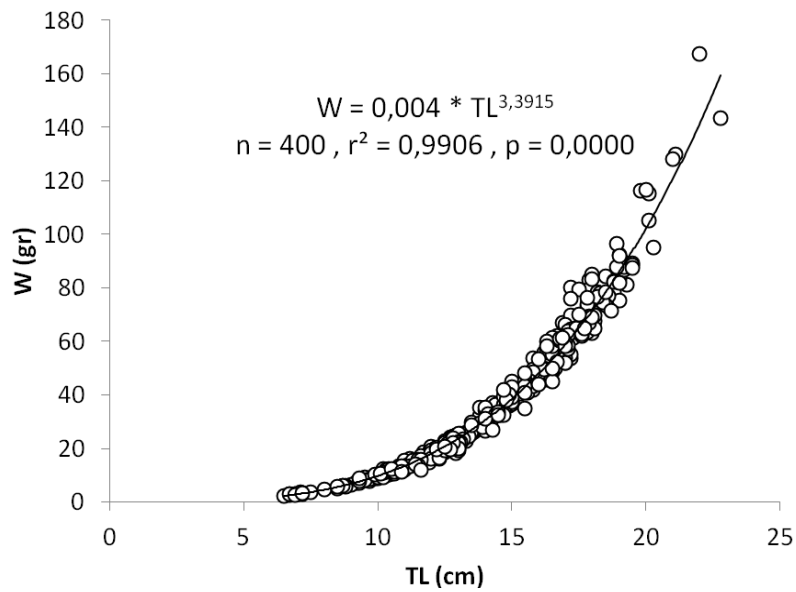
Table 4.3 Number of specimens (n), minimum and maximum value of total length (TL) and weight (W), parameters a and b, standard error (SE) of these parameters, coefficient of determination r^2 and significance (p) of the length-weight relationship of the species *Rutilus rutilus* for each study area.

Λίμνη	n	Εύρος μήκους TL (cm)		Εύρος βάρους W (g)		Σχέση μήκους – βάρους (TL – W)					
		min	max	min	max	a	SE _(a)	b	SE _(b)	r^2	p
Βεγορίτιδα	402	5,5	33,0	1,27	504,13	0,005	0,032	3,283	0,012	0,995	0,000
Βόλβη	400	6,5	22,8	2,37	167,41	0,004	0,043	3,392	0,017	0,991	0,000
Καστοριάς	408	6,2	20,8	2,55	129,30	0,004	0,047	3,425	0,018	0,989	0,000



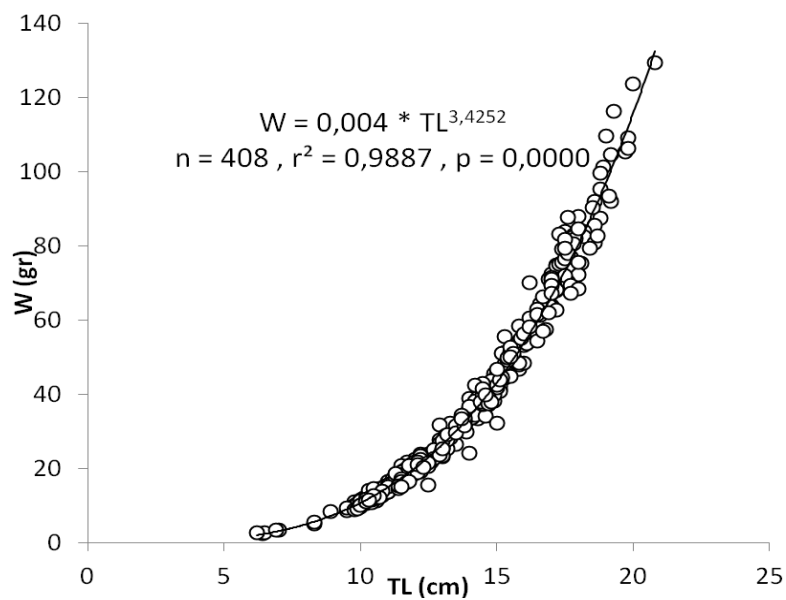
Εικόνα 4.11 Σχέση ολικού μήκους-βάρους (TL, cm – W, g) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βεγορίτιδας.

Figure 4.11 Total length-weight relationship (TL, cm – W, g) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Vegoritida.



Εικόνα 4.12 Σχέση ολικού μήκους-βάρους (TL, cm – W, g) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βόλβης.

Figure 4.12 Total length-weight relationship (TL, cm – W, g) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Volvi.



Εικόνα 4.13 Σχέση ολικού μήκους-βάρους (TL, cm – W, g) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Καστοριάς.

Figure 4.13 Total length-weight relationship (TL, cm – W, g) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Kastoria.

Οι τιμές της παραμέτρου b δίνονται στον Πίνακα 4.4. Υψηλότερη τιμή b υπολογίστηκε για τον πληθυσμό της Καστοριάς ($b = 3,425$), ενώ μικρότερη για τα άτομα από τη Βεγορίτιδα ($b = 3,283$). Πραγματοποιήθηκε επίσης ο έλεγχος one – tailed t-test, προκειμένου να βρεθεί αν οι τιμές της παραμέτρου b διαφέρουν στατιστικώς σημαντικά από την τιμή 3. Τα αποτελέσματα του ελέγχου αυτού φαίνονται στον Πίνακα 4.4.

Πίνακας 4.4 One – tailed t-test για τον έλεγχο της παραμέτρου b της εξίσωσης $W = a(TL)^b$.

Table 4.4 One – tailed t-test for the checking of the parameter b of the equation $W = a(TL)^b$.

Λίμνη	n	b	t	p
Βεγορίτιδα	402	3,283	23,182	< 0,0005
Βόλβη	400	3,392	23,641	< 0,0005
Καστοριάς	408	3,425	23,397	< 0,0005

Σε όλες τις περιπτώσεις, η παράμετρος b βρέθηκε να διαφέρει στατιστικώς σημαντικά από την τιμή 3, γεγονός που υποδηλώνει θετική αλλομετρική αύξηση, δηλαδή τα άτομα γίνονται βαρύτερα για το μήκος τους όσο αυξάνουν σε μήκος.

4.4 Κλείδες μήκους – ηλικίας

Η ηλικία εκτιμήθηκε έπειτα από ανάγνωση λεπιών σε 374 άτομα τσιφωνιού από τη Λίμνη Βεγορίτιδα, 371 από τη Λίμνη Βόλβη και 382 από τη Λίμνη Καστοριάς. Συνολικά προσδιορίστηκαν 11 ηλικιακές κλάσεις στη Βεγορίτιδα και 8 στη Βόλβη αλλά και στην Καστοριάς. Σύμφωνα με αυτά τα δεδομένα και σε συνδυασμό με τα δεδομένα του ολικού μήκους των ψαριών, κατασκευάστηκαν οι κλείδες μήκους – ηλικίας για κάθε πληθυσμό, στις οποίες τα άτομα χωρίστηκαν σε κλάσεις μήκους ενός εκατοστού. Τα αποτελέσματα παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.6 – 4.8.

Πίνακας 4.6 Κλείδα μήκους-ηλικίας του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Καστοριάς.

Table 4.6 Age-length key of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Kastoria.

TL (cm)	Ηλικία (έτη)								Αριθμός ατόμων
	1	2	3	4	5	6	7	8	
6,1-7,0	5								5
7,1-8,0									
8,1-9,0	2	1							3
9,1-10,0		16							16
10,1-11,0		47							47
11,1-12,0		29	44	1					74
12,1-13,0			40	5					45
13,1-14,0			19	16					35
14,1-15,0			4	29	10				43
15,1-16,0				5	26	1			32
16,1-17,0					20	10			30
17,1-18,0					1	21	10	1	33
18,1-19,0						3	8	1	12
19,1-20,0							5	1	6
20,1-21,0								1	1
Αριθμός ατόμων	7	93	107	56	57	35	23	4	382
Μέσο μήκος (cm)	7,09	10,73	12,48	14,22	15,83	17,29	18,41	19,18	
Τυπική απόκλιση	0,87	0,65	0,78	0,73	0,77	0,63	0,84	1,24	
Ετήσια αύξηση (cm)	7,09	3,64	1,75	1,74	1,61	1,46	1,12	0,77	
% Ετήσια αύξηση	36,98	18,98	9,13	9,09	8,40	7,59	5,86	4,00	

Πίνακας 4.7 Κλείδα μήκους-ηλικίας του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βόλβης.
Table 4.7 Age-length key of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Volvi.

TL (cm)	Ηλικία (έτη)								Αριθμός ατόμων
	1	2	3	4	5	6	7	8	
6,1-7,0	8								8
7,1-8,0	7	1							8
8,1-9,0	1	6							7
9,1-10,0		13							13
10,1-11,0		20	16						36
11,1-12,0		2	30	1					33
12,1-13,0			51	15					66
13,1-14,0			10	18					28
14,1-15,0				30	8	1			39
15,1-16,0				4	11	8	1		24
16,1-17,0					6	27	4	1	38
17,1-18,0					1	19	13	2	35
18,1-19,0						1	11	13	25
19,1-20,0							2	6	8
20,1-21,0								1	1
21,1-22,0								1	1
22,1-23,0								1	1
Αριθμός ατόμων	16	42	107	68	26	56	31	25	371
Μέσο μήκος (cm)	7,10	10,00	12,13	14,00	15,62	16,85	18,00	19,05	
Τυπική απόκλιση	0,45	0,83	0,83	0,87	0,82	0,69	0,81	1,14	
Ετήσια αύξηση (cm)	7,10	2,90	2,12	1,87	1,63	1,23	1,15	1,05	
% Ετήσια αύξηση	37,27	15,25	11,13	9,82	8,53	6,45	6,03	5,52	

Πίνακας 4.8 Κλείδα μήκους-ηλικίας του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βεγορίτιδας.

Table 4.8 Age-length key of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Vegoritida.

TL (cm)	Ηλικία (έτη)											Αριθμός ατόμων
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
5,1-6,0	10											10
6,1-7,0	7											7
7,1-8,0	22											22
8,1-9,0	39											39
9,1-10,0	35	3										38
10,1-11,0		29										29
11,1-12,0		12										12
12,1-13,0		29										29
13,1-14,0		19	10									29
14,1-15,0		15	14									29
15,1-16,0		1	20									21
16,1-17,0			12	13								25
17,1-18,0			1	7	1							9
18,1-19,0				13	1	1						15
19,1-20,0				5	14	1						20
20,1-21,0				2	7							9
21,1-22,0					4	3						7
22,1-23,0						1						1
23,1-24,0					2		1					3
24,1-25,0						3	1					4
25,1-26,0					1	1	2					4
26,1-27,0								1				1
27,1-28,0								1	1			2
28,1-29,0									3		1	4
29,1-30,0										3		3
30,1-31,0										1		1
31,1-32,0												
32,1-33,0											1	1
Αριθμός ατόμων	113	108	57	40	30	10	4	2	4	4	2	374
Μέσο μήκος (cm)	8,35	12,37	15,26	18,04	20,53	22,76	24,75	26,65	28,28	29,75	30,65	
Τυπική απόκλιση	1,16	1,49	1,04	1,13	1,58	2,37	0,84	0,78	0,40	0,56	3,32	
Ετήσια αύξηση (cm)	8,35	4,02	2,89	2,78	2,49	2,23	1,99	1,90	1,63	1,48	0,90	
%Ετήσια αύξηση	27,24	13,11	9,44	9,06	8,12	7,29	6,49	6,20	5,30	4,81	2,94	

Διαπιστώνουμε ότι, σε κάθε περιοχή, η ετήσια αύξηση του τσιρώνιού είναι μεγαλύτερη κατά τη διάρκεια του πρώτου έτους (27 – 37 %), ενώ στη συνέχεια μειώνεται σταδιακά με την πάροδο των ετών, φτάνοντας μέχρι τα 30,65 cm στην ηλικία των 11 ετών στη Λίμνη Βεγορίτιδα, στη Βόλβη μέχρι τα 19,05 cm στην ηλικία των 8 ετών και στην Καστοριάς μέχρι τα 19,18 cm, επίσης στην ηλικία των 8 ετών.

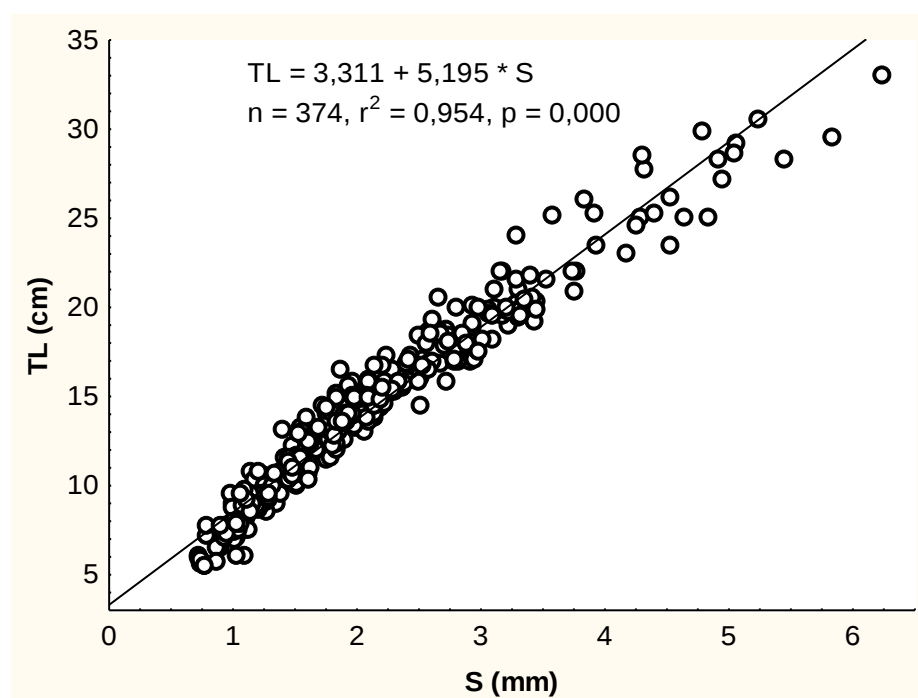
4.5 Σχέση μήκους σώματος ψαριού – ακτίνας λεπιού και αναδρομικά μήκη

Στον Πίνακα 4.9 παραθέτονται τα στατιστικά στοιχεία των σχέσεων ακτίνας λεπιού (S) – ολικού μήκους (TL). Οι γραμμικές παλινδρομήσεις παρουσιάζονται στις Εικόνες 4.14 – 4.16.

Πίνακας 4.9 Αριθμός ατόμων (n), τιμές των παραμέτρων a και b, σταθερό σφάλμα (SE) των παραμέτρων αυτών, συντελεστής μεταβλητότητας r^2 και σημαντικότητα (p) της σχέσης ακτίνας λεπιού-μήκους σώματος ψαριού του είδους *Rutilus rutilus* για κάθε περιοχή έρευνας.

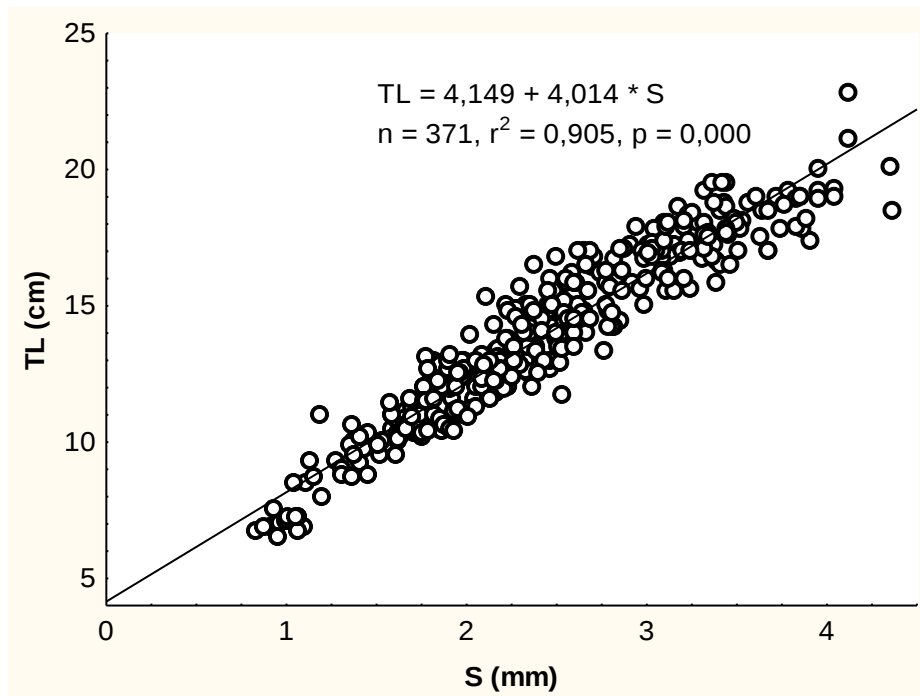
Table 4.9 Number of specimens (n), parameters a and b, standard error (SE) of these parameters, coefficient of determination r^2 and significance (p) of the scale radius-fish length relationship of the species *Rutilus rutilus* for each study area.

Λίμνη	n	Σχέση ακτίνας λεπιού – μήκους σώματος ψαριού (TL = a + b S)					
		a	SE _(a)	b	SE _(b)	r^2	p
Βεγορίτιδα	374	3,311	0,133	5,195	0,059	0,954	0,000
Βόλβη	371	4,149	0,172	4,014	0,068	0,905	0,000
Καστοριάς	382	4,559	0,158	4,435	0,075	0,902	0,000



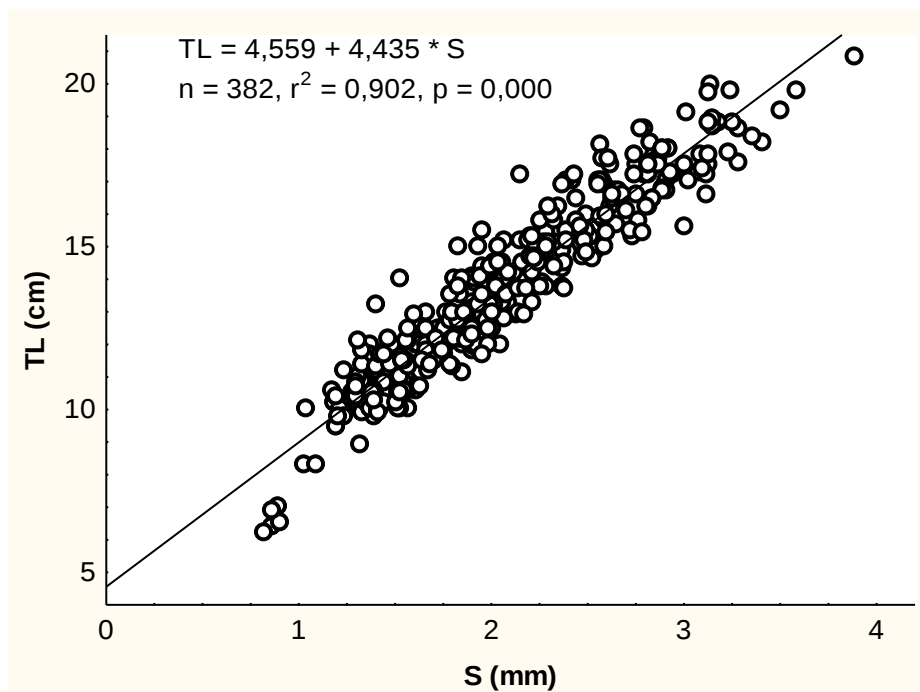
Εικόνα 4.14 Σχέση ακτίνας λεπιού-ολικού μήκους σώματος (S, mm – TL, cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βεγορίτιδας.

Figure 4.14 Scale radius-total length relationship (S, mm – TL, cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Vegoritida.



Εικόνα 4.15 Σχέση ακτίνας λεπιού-ολικού μήκους σώματος (S, mm – TL, cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Βόλβης.

Figure 4.15 Scale radius-total length relationship (S, mm – TL, cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Volvi.



Εικόνα 4.16 Σχέση ακτίνας λεπιού-ολικού μήκους σώματος (S, mm – TL, cm) του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Καστοριάς.

Figure 4.16 Scale radius-total length relationship (S, mm – TL, cm) of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Kastoria.

Σε κάθε περίπτωση, οι σχέσεις βρέθηκαν στατιστικώς σημαντικές ($p < 0,0001$). Στη συνέχεια, υπολογίστηκαν όλα τα αναδρομικά μήκη των ατόμων του κάθε δείγματος, έτσι ώστε να κατασκευαστεί η κλείδα αναδρομικού μήκους – ηλικίας για κάθε πληθυσμό. Οι κλείδες αυτές παρουσιάζονται στους Πίνακες 4.10 – 4.12.

Πίνακας 4.10 Κλείδα αναδρομικού μήκους-ηλικίας του είδους *Rutilus rutilus* από τον πληθυσμό της Λίμνης Καστοριάς.

Table 4.10 Age-back calculated length key of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Kastoria.

Ηλικία (έτη)	Μέσο παρατηρ. μήκος (cm)	n	Μέσο αναδρομικό μήκος (cm) ανά ηλικία							
			1	2	3	4	5	6	7	8
I	7,09	7	6,48							
II	10,73	93	7,63	9,92						
III	12,48	107	7,97	10,22	11,72					
IV	14,22	56	8,00	10,20	11,96	13,39				
V	15,83	57	7,91	10,21	12,06	13,72	15,04			
VI	17,29	35	8,00	10,36	12,13	13,79	15,31	16,57		
VII	18,41	23	7,85	10,12	11,98	13,65	15,16	16,57	17,73	
VIII	19,18	4	7,51	9,62	11,45	13,13	14,60	15,88	17,22	18,46
	Αριθμός ατόμων	382	382	375	282	175	119	62	27	4
	Μέσος όρος		7,67	10,09	11,88	13,54	15,03	16,34	17,48	18,46
	Τυπική απόκλιση		0,51	0,25	0,25	0,27	0,31	0,40	0,36	
	Ετήσια αύξηση (cm)		7,67	2,43	1,79	1,65	1,49	1,32	1,13	0,99
	% Ετήσια αύξηση		41,54	13,14	9,69	8,95	8,08	7,12	6,14	5,34

Πίνακας 4.11 Κλείδα αναδρομικού μήκους-ηλικίας του είδους *Rutilus rutilus* από πληθυσμό της Λίμνης Βόλβης.

Table 4.11 Age-back calculated length key of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Volvi.

Ηλικία (έτη)	Μέσο παρατηρ. μήκος (cm)	n	Μέσο αναδρομικό μήκος (cm) ανά ηλικία							
			1	2	3	4	5	6	7	8
I	7,10	16	6,45							
II	10,00	42	7,22	9,25						
III	12,13	107	7,36	9,64	11,31					
IV	14,00	68	7,47	9,86	11,76	13,21				
V	15,62	26	7,55	10,06	11,99	13,64	14,89			
VI	16,85	56	7,68	10,11	12,02	13,61	14,99	16,16		
VII	18,00	31	7,56	9,93	11,80	13,44	14,86	16,15	17,28	
VIII	19,05	25	7,58	9,91	11,79	13,51	14,93	16,19	17,38	18,39
Αριθμός ατόμων		371	371	355	313	206	138	112	56	25
Μέσος όρος			7,36	9,82	11,78	13,48	14,92	16,17	17,33	18,39
Τυπική απόκλιση			0,39	0,30	0,25	0,17	0,06	0,02	0,08	
Ετήσια αύξηση (cm)			7,36	2,47	1,95	1,71	1,43	1,25	1,16	1,06
% Ετήσια αύξηση			40,02	13,40	10,63	9,28	7,79	6,80	6,33	5,77

Πίνακας 4.12 Κλείδα αναδρομικού μήκους-ηλικίας του είδους *Rutilus rutilus* από πληθυσμό της Λίμνης Βεγορίτιδας.

Table 4.12 Age-back calculated length key of the species *Rutilus rutilus* from the population of Lake Vegoritida.

Ηλικία (έτη)	Μέσο παρατηρ. μήκος (cm)	n	Μέσο αναδρομικό μήκος (cm) ανά ηλικία											
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	
I	8,35	113	7,08											
II	12,37	108	7,85	10,86										
III	15,26	57	7,94	11,34	13,88									
IV	18,04	40	8,22	11,88	14,59	16,70								
V	20,53	30	7,98	11,78	14,81	17,25	19,22							
VI	22,76	10	7,99	11,75	14,57	17,10	19,38	21,27						
VII	24,75	4	7,93	11,63	14,59	17,33	19,85	21,76	23,47					
VIII	26,65	2	7,80	11,32	15,12	18,48	20,75	22,60	24,18	25,58				
IX	28,28	4	7,58	10,91	14,26	16,92	19,24	21,34	23,55	25,36	27,01			
X	29,75	4	7,91	11,60	14,41	17,04	19,23	21,50	23,28	25,17	26,92	28,39		
XI	30,65	2	7,31	10,72	13,34	15,89	18,31	20,59	22,57	24,33	26,11	27,86	29,32	
Αριθμός ατόμων			374	374	261	153	96	56	26	16	12	10	6	2
Μέσος όρος			7,78	11,38	14,40	17,09	19,43	21,51	23,41	25,11	26,68	28,12	29,32	
Τυπική απόκλιση			0,33	0,42	0,52	0,72	0,74	0,66	0,58	0,55	0,49	0,38		
Ετήσια αύξηση (cm)			7,78	3,60	3,02	2,69	2,34	2,09	1,90	1,70	1,57	1,44	1,20	
%Ετήσια αύξηση			26,53	12,28	10,29	9,18	7,97	7,11	6,48	5,80	5,35	4,93	4,09	

Και με βάση τα αναδρομικά μήκη, προκύπτει ότι η ετήσια αύξηση είναι μεγαλύτερη στα πρώτα έτη της ζωής των ψαριών (26,5 – 41,5 %), ενώ έπειτα μειώνεται σταδιακά με το πέρασμα του χρόνου. Διαπιστώνουμε επίσης ότι, σε κάθε περιοχή έρευνας, τα μέσα αναδρομικά μήκη ανά ηλικία λαμβάνουν μικρότερη τιμή από ότι τα μέσα παρατηρούμενα. Εξαίρεση αποτελούν τα μέσα αναδρομικά μήκη της ηλικίας 1 στις Λίμνες Καστοριάς και Βόλβη, τα οποία είναι μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα μέσα παρατηρούμενα.

4.6 Παράμετροι, δείκτης και καμπύλες αύξησης

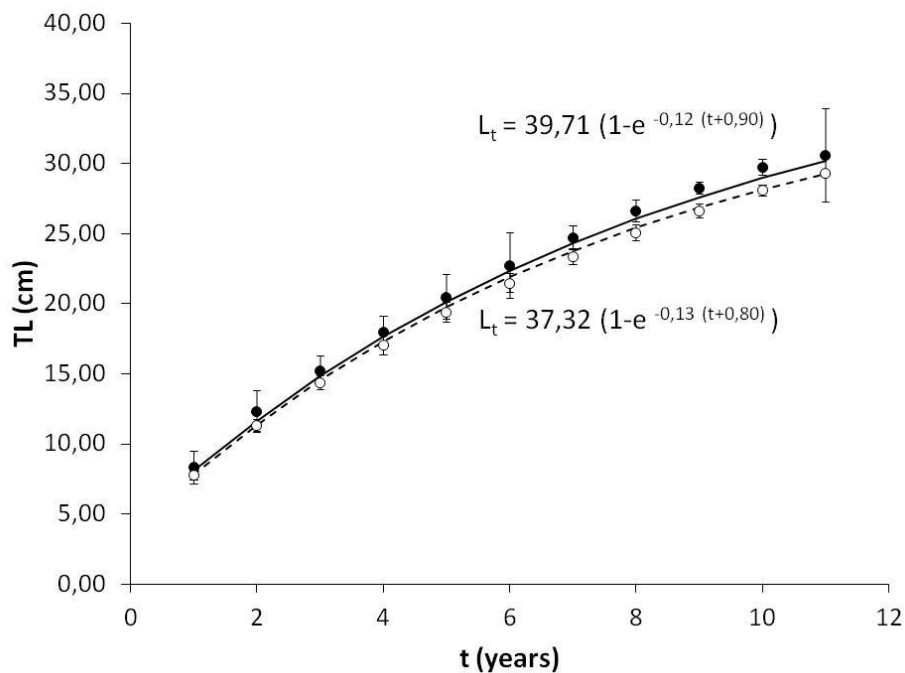
Ο υπολογισμός των παραμέτρων αύξησης του κάθε πληθυσμού πραγματοποιήθηκε μέσω της εξίσωσης VBGF, η οποία εφαρμόστηκε με τα μέσα μήκη ανά ηλικία (παρατηρούμενα και αναδρομικά). Επιπλέον, υπολογίστηκε και ο δείκτης αύξησης για κάθε πληθυσμό. Οι τιμές που προέκυψαν παραθέτονται στον Πίνακα 4.13.

Πίνακας 4.13 Ελάχιστο (L_{min}) και μέγιστο (L_{max}) ολικό μήκος, παράμετροι αύξησης (L_{∞} , K , t_0), λόγος L_{max}/L_{∞} και δείκτης αύξησης ϕ' του είδους *Rutilus rutilus* σε κάθε περιοχή έρευνας, για τα παρατηρούμενα και τα αναδρομικά μήκη αντίστοιχα.

Table 4.13 Minimum (L_{min}) and maximum (L_{max}) total length, growth parameters (L_{∞} , K , t_0), L_{max}/L_{∞} ratio and growth index ϕ' of the species *Rutilus rutilus* in each study area, for the observed and the back calculated lengths respectively.

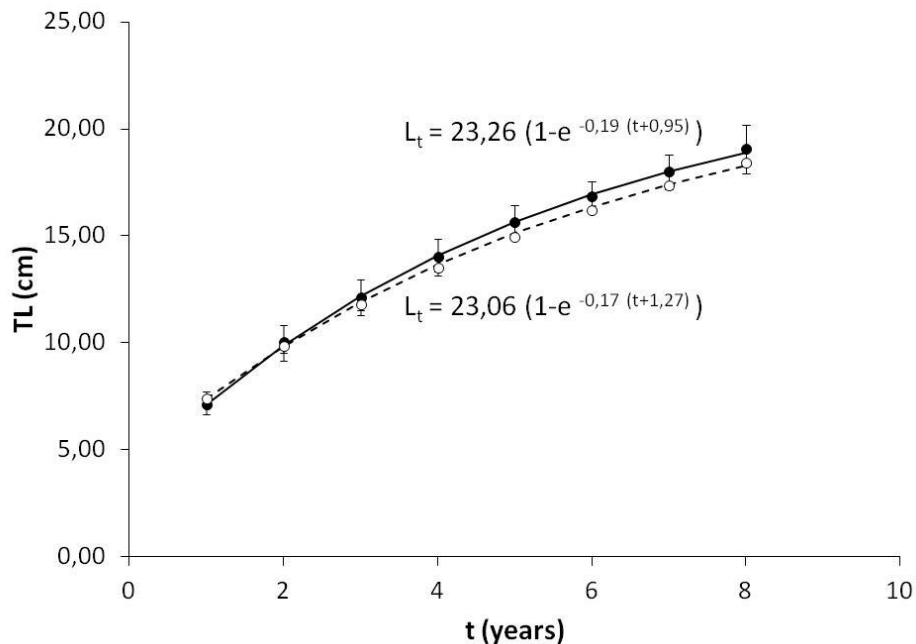
Λίμνη	Μήκη	L_{min} (cm)	L_{max} (cm)	L_{∞} (cm)	K (1/y)	t_0 (y)	L_{max}/L_{∞}	ϕ'
Βεγορίτιδα	Παρατηρούμενα	5,50	33,00	39,71	0,12	-0,90	0,83	2,28
	Αναδρομικά	4,78	31,55	37,32	0,13	-0,80	0,85	2,26
Βόλβη	Παρατηρούμενα	6,50	22,80	23,26	0,19	-0,95	0,98	2,01
	Αναδρομικά	5,96	22,01	23,06	0,17	-1,27	0,95	1,96
Καστοριάς	Παρατηρούμενα	6,20	20,80	23,09	0,20	-0,93	0,90	2,03
	Αναδρομικά	5,97	19,84	23,45	0,16	-1,44	0,85	1,94

Στη συνέχεια κατασκευάστηκαν οι καμπύλες αύξησης για κάθε πληθυσμό, μία με τα παρατηρούμενα και μία με τα αναδρομικά μήκη. Οι καμπύλες αυτές φαίνονται στις Εικόνες 4.17 – 4.19.



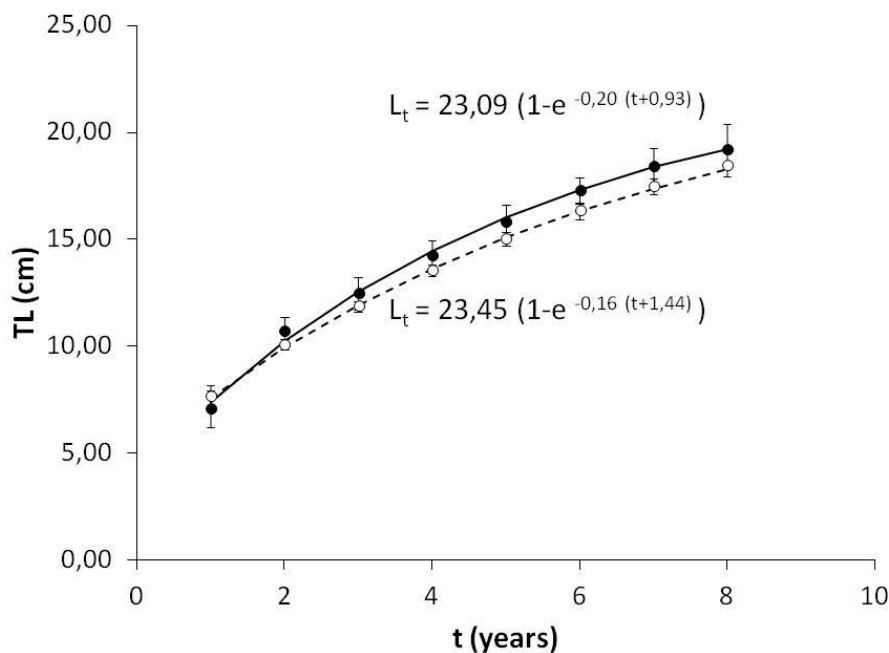
Εικόνα 4.17 Καμπύλη αύξησης του είδους *Rutilus rutilus* στη Λίμνη Βεγορίτιδα με τα μέσα παρατηρούμενα μήκη ανά ηλικία (συνεχής γραμμή με μαύρες βούλες) $\pm$ τυπική απόκλιση (κατακόρυφες γραμμές) και τα μέσα αναδρομικά μήκη ανά ηλικία (διακεκομμένη γραμμή με άσπρες βούλες) $\pm$ τυπική απόκλιση (κατακόρυφες γραμμές).

Figure 4.17 Growth curve of the species *Rutilus rutilus* in Lake Vegoritida with the mean observed lengths at age (continuous line with black markers) $\pm$ Standard Deviation (vertical lines) and the mean back-calculated lengths at age (dashed line with white markers) $\pm$ Standard Deviation (vertical lines).



Εικόνα 4.18 Καμπύλη αύξησης του είδους *Rutilus rutilus* στη Λίμνη Βόλβη με τα μέσα παρατηρούμενα μήκη ανά ηλικία (συνεχής γραμμή με μαύρες βούλες) $\pm$ τυπική απόκλιση (κατακόρυφες γραμμές) και τα μέσα αναδρομικά μήκη ανά ηλικία (διακεκομμένη γραμμή με άσπρες βούλες) $\pm$ τυπική απόκλιση (κατακόρυφες γραμμές).

Figure 4.18 Growth curve of the species *Rutilus rutilus* in Lake Volvi with the mean observed lengths at age (continuous line with black markers) $\pm$ Standard Deviation (vertical lines) and the mean back-calculated lengths at age (dashed line with white markers) $\pm$ Standard Deviation (vertical lines).



Εικόνα 4.19 Καμπύλη αύξησης του είδους *Rutilus rutilus* στη Λίμνη Καστοριάς με τα μέσα παρατηρούμενα μήκη ανά ηλικία (συνεχής γραμμή με μαύρες βούλες) $\pm$ τυπική απόκλιση (κατακόρυφες γραμμές) και τα μέσα αναδρομικά μήκη ανά ηλικία (διακεκομμένη γραμμή με άσπρες βούλες) $\pm$ τυπική απόκλιση (κατακόρυφες γραμμές).

Figure 4.19 Growth curve of the species *Rutilus rutilus* in Lake Kastoria with the mean observed lengths at age (continuous line with black markers) $\pm$ Standard Deviation (vertical lines) and the mean back-calculated lengths at age (dashed line with white markers) $\pm$ Standard Deviation (vertical lines).

Γενικά, τα αναδρομικά υπολογισμένα μήκη εμφάνισαν χαμηλότερες τιμές συγκριτικά με τα παρατηρούμενα. Οι παράμετροι αύξησης που προέκυψαν από παρατηρούμενα και αναδρομικά μήκη αντίστοιχα για κάθε πληθυσμό του τσιρωνιού δεν παρουσίασαν μεγάλες διαφοροποιήσεις.

Όσον αφορά τις παραμέτρους από τα παρατηρούμενα, διαπιστώνουμε ότι οι τιμές των παραμέτρων L_{∞} και K του τσιρωνιού από τη Λίμνη Βεγορίτιδα διέφεραν από τις αντίστοιχες τιμές στις άλλες δύο λίμνες. Συγκεκριμένα, η υψηλότερη τιμή του ασυμπτωτικού μήκους L_{∞} (39,71 cm) και ταυτόχρονα η χαμηλότερη τιμή του ρυθμού K (0,12 1/y) παρατηρήθηκαν στη Λίμνη Βεγορίτιδα, ενώ αντιθέτως οι τιμές αυτές στις άλλες δύο περιοχές ήταν παρόμοιες, με τη χαμηλότερη τιμή του L_{∞} (23,09 cm) και την υψηλότερη τιμή του K (0,20 1/y) να εμφανίζονται στη Λίμνη Καστοριάς. Παράλληλα, οι τιμές της παραμέτρου t_0 ήταν παρόμοιες μεταξύ των τριών περιοχών (-0,90, -0,95 και -0,93 y σε Βεγορίτιδα, Βόλβη και Καστοριάς αντίστοιχα).

Επιπλέον, ο λόγος $L_{\max}/L_{\infty}$ στη Βόλβη βρέθηκε ίσος με 0,98, στην Καστοριάς 0,90 και λιγότερο στη Βεγορίτιδα (0,83). Τέλος, ο δείκτης αύξησης ϕ' που προέκυψε από τις προαναφερθέντες τιμές των παραμέτρων K και L_{∞} , υπολογίστηκε ίσος με 2,28 στη Βεγορίτιδα, 2,01 στη Βόλβη και 2,03 στην Καστοριάς.

5 ΣΥΖΗΤΗΣΗ

5.1 Σχέσεις μηκών και σχέση μήκους – βάρους

Σε καθένα από τους τρεις πληθυσμούς της παρούσας έρευνας, χρησιμοποιήθηκε το ολικό μήκος σώματος (TL) των ατόμων του τσιρωνιού *Rutilus rutilus* ως βάση προκειμένου να πραγματοποιηθεί η επεξεργασία των αποτελεσμάτων. Το μήκος το οποίο χρησιμοποιείται σε κάθε τέτοια παρόμοια έρευνα που αφορά την ηλικία και την αύξηση διαφόρων ειδών ψαριών καθορίζεται από τη μορφολογία του ουραίου πτερυγίου των ψαριών και την κατάσταση στην οποία αυτό βρίσκεται, δηλαδή αν παρουσιάζει ή όχι φθορές (Binohlan & Pauly 1998). Από την ανασκόπηση της βιβλιογραφίας για το είδος *Rutilus rutilus*, προέκυψε ότι έχουν χρησιμοποιήσει το ολικό μήκος TL οι: Nikolskii (1957), Papageorgiou (1979), Staras *et al.* (1995), Naddafi *et al.* (2005), Τσουμάνη (2013) και το μεσουραίο μήκος FL οι: Mann (1973), Goldspink (1979), Cowx (1988), Jamet & Desmolles (1994), Κυρίτση (2008). Όμως στις περισσότερες των περιπτώσεων έχει επιλεγθεί το σταθερό μήκος SL (π.χ. Balon 1955, Papadopol & Chisalesku 1981, Marinov 1989, Hansen 1981, Specziár *et al.* 1997, Wieski & Zalachowski 2000, Zivkov & Raikova-Petrova 2001). Επειδή κρίνεται αναγκαία η σύγκριση με τα βιβλιογραφικά δεδομένα, τα οποία έχουν προκύψει από τις παραπάνω αντίστοιχες έρευνες για την ηλικία και την αύξηση του είδους αυτού, χρησιμοποιήθηκαν οι σχέσεις μηκών για κάθε πληθυσμό που προέκυψαν από την παρούσα έρευνα, προκειμένου να γίνουν οι ανάλογες μετατροπές. Γενικά, οι σχέσεις αυτές, οι οποίες συνδέουν τους τρεις τύπους μήκους σώματος των ψαριών μεταξύ τους, έχουν αποδειχθεί εξαιρετικά χρήσιμες όσον αφορά τη σύγκριση της αύξησης μεταξύ των πληθυσμών ενός είδους (Binohlan & Pauly 1998, Kleanthidis & Stergiou 2006).

Οι σχέσεις μηκών χρησιμεύουν επίσης και για τη μετατροπή του μεσουραίου ή του σταθερού μήκους που έχει τυχόν χρησιμοποιήσει κάποιος ερευνητής σε ολικό μήκος, με σκοπό την κατασκευή της σχέσης μήκους – βάρους και συνεπώς τη βιβλιογραφική σύγκριση των τιμών των παραμέτρων *a* και *b*. Η σχέση μήκους – βάρους είναι προτιμώτερο να κατασκευάζεται με βάση το βάρος (*W*, σε *g*) και το ολικό μήκος σώματος (TL, σε *cm*) των ατόμων ενός είδους (Froese 2006, Froese *et al.* 2011).

Η σχέση ολικού μήκους – βάρους που προέκυψε για κάθε πληθυσμό της παρούσας εργασίας έδειξε ότι η αύξηση του τσιρωνιού *Rutilus rutilus* και στις τρεις περιοχές έρευνας είναι θετική αλλομετρική, πράγμα που σημαίνει ότι τα άτομα των πληθυσμών αυτών γίνονται βαρύτερα για το μήκος τους όσο αυξάνουν (Tesch 1968), γεγονός το οποίο ισχύει για την πλειονότητα των πληθυσμών του είδους αυτού από διάφορες λίμνες με μεγάλη γεωγραφική διαφοροποίηση (Πίνακας 8.2, Παράρτημα). Ειδικότερα, η παράμετρος b έλαβε τιμές μεγαλύτερες από την τιμή 3 ($b > 3$) και συγκεκριμένα 3,283, 3,392 και 3,425 στις Λίμνες Βεγορίτιδα, Βόλβη και Καστοριάς αντίστοιχα. Οι τιμές αυτές, οι οποίες διέφεραν στατιστικώς σημαντικά από την τιμή 3 σύμφωνα με τον έλεγχο one – tailed t-test (Pauly 1984), βρίσκονται εντός του συνηθισμένου εύρους, δηλαδή από 2,5 έως 3,5 (Carlander 1969), αλλά και εντός του αναφερόμενου εύρους της βάσης δεδομένων Fishbase (2,775 – 3,610) για αυτό το είδος (Froese & Pauly 2013). Ταυτόχρονα, κυμαίνονται εντός του εύρους 2,14 – 3,70, το οποίο είχε προκύψει σύμφωνα με μία ανάλυση 94 σχέσεων μήκους – βάρους που αφορούσαν 25 είδη ιχθύων των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας (Kleanthidis *et al.* 1999) και επιπλέον εντός του εύρους 2,7 – 3,4 (με εξαίρεση την παράμετρο στη Λίμνη της Καστοριάς που υπερβαίνει ελαφρώς την τιμή 3,4), στο οποίο συμπεριλαμβάνεται το 90% των τιμών της παραμέτρου b , έπειτα από μία μεγάλη ανάλυση που πραγματοποιήθηκε το 2006 με δεδομένα της Fishbase, τα οποία είχαν προκύψει από περίπου 5.000 έρευνες για σχέσεις μήκους – βάρους που αναφέρονταν σε περίπου 2.000 είδη (Froese 2006).

Η παράμετρος a της παρούσας έρευνας, η οποία βρέθηκε ίση με 0,005 στη Βεγορίτιδα και με 0,004 σε Βόλβη και Καστοριάς, συμφωνεί σε γενικές γραμμές με τιμές από βιβλιογραφικά δεδομένα (Πίνακας 8.2, Παράρτημα). Συνήθως, οι τιμές αυτής της παραμέτρου κυμαίνονται από 0,001 έως 0,05, εύρος στο οποίο βρίσκεται το 90% των τιμών της παραμέτρου a που υπολογίστηκε από περίπου 2.000 είδη (Froese 2006). Εύρος από 0,0021 έως 0,0548 δίνεται και από τη Fishbase (Froese & Pauly 2013).

Γενικώς, οι όποιες διαφοροποιήσεις παρατηρούνται μεταξύ των τιμών των παραμέτρων από διάφορες σχέσεις μήκους – βάρους ποικίλων πληθυσμών του τσιρωνιού *Rutilus rutilus* σχετίζονται με τις ιδιαίτερες συνθήκες που επικρατούν σε κάθε οικοσύστημα, σε κάθε εποχή του έτους, από έτος σε έτος ή ακόμη μεταξύ των δύο φύλων (Froese 2006, Pauly *et al.* 2008). Όσον αφορά την παρούσα έρευνα, οι

υψηλότερες τιμές της παραμέτρου b που βρέθηκαν στις Λίμνες Καστοριάς και Βόλβη (3,43 και 3,39 αντίστοιχα) ίσως να σχετίζονται με τις τροφικές προτιμήσεις του τσιρωνιού σε συνδυασμό με την τροφική κατάσταση των νερών στις περιοχές αυτές και συγκεκριμένα με την παρουσία του φαινομένου του ευτροφισμού, το οποίο επηρεάζει τη σχέση μήκους – βάρους στα εσωτερικά νερά (Kleanthidis *et al.* 1999).

Το φαινόμενο του ευτροφισμού έχει αναφερθεί σε διάφορες φυσικές λίμνες της Ελλάδας, οι οποίες χαρακτηρίζονται από αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής που είναι αποτέλεσμα των αυξανόμενων φορτίων θρεπτικών (Vardaka *et al.* 2005, Moustaka-Gouni *et al.* 2006, Kagalou & Leonardos 2009). Ειδικότερα, για τη Λίμνη της Καστοριάς έχει αναφερθεί σε ποικίλες έρευνες ο έντονα εύτροφος έως υπereύτροφος χαρακτήρας της (Mourkides *et al.* 1978, Koussouris *et al.* 1985, 1987, 1991, Vardaka *et al.* 2000, 2005, Zacharias *et al.* 2002, Cook *et al.* 2004, Moustaka-Gouni *et al.* 2006, Mantzafleri 2009, Μουστάκα 2010, Κατσιάπη 2012, Ντισλίδου 2012 κ.ά.), ενώ η Βόλβη κατατάσσεται στις εύτροφες λίμνες (Mourkides *et al.* 1978, Moustaka-Gouni 1993, Petaloti *et al.* 2004, Vardaka *et al.* 2005, Christophoridis & Fytianos 2006, Gantidis *et al.* 2007, Μουστάκα 2010, Κατσιάπη 2012, Ντισλίδου 2012 κ.ά.). Το τσιρώνι, ως παμφάγο είδος (θηρευτής της στήλης του νερού και του βένθους, από Kottelat & Freyhof 2007), φαίνεται ότι εκμεταλλεύεται τα τροφικά διαθέσιμα αυτών των συστημάτων, με αποτέλεσμα να επιτυγχάνει ικανοποιητική αύξηση σε βάρος καθώς αυξάνει σε μήκος. Αυτό δε φαίνεται να ισχύει στον ίδιο βαθμό για τη Βεγορίτιδα, η οποία χαρακτηρίζεται ως μεσότροφη προς εύτροφη (Μουστάκα 2010, Κατσιάπη 2012, Ναυροζίδου 2012 κ.ά.) με την τιμή του b να υπολογίζεται ελαφρώς μικρότερη (3,28). Το φαινόμενο του ευτροφισμού θα εξεταστεί αναλυτικά και σε επόμενη υποενότητα.

5.2 Ηλικία και αύξηση

5.2.1 Αναγνώριση της ηλικίας από τα λέπια και αναδρομικός υπολογισμός

Μέσω της ανάγνωσης των λεπιών των ατόμων τσιρωνιού από κάθε πληθυσμό, αναγνωρίστηκαν συνολικά 11 ηλικίες στη Λίμνη Βεγορίτιδα και από 8 στις Λίμνες Βόλβη και Καστοριάς. Οι κυρίαρχες ηλικιακές κλάσεις, δηλαδή οι ηλικίες με το μεγαλύτερο αριθμό ατόμων, ήταν η 3 και η 2 στην Καστοριάς (107 και 93 άτομα αντίστοιχα), η 3 και η 4 στη Βόλβη (107 και 68 άτομα αντίστοιχα), ενώ στη

Βεγορίτιδα η 1 και η 2 (113 και 108 άτομα αντίστοιχα). Ο αρκετά μεγάλος αριθμός ατόμων της πρώτης ηλικιακής κλάσης του πληθυσμού της Βεγορίτιδας μπορεί να υποδηλώνει επιτυχημένη αναπαραγωγή του είδους αυτού κατά τη διάρκεια της προηγούμενης αναπαραγωγικής περιόδου. Το τσιρώνι φτάνει μέχρι και την ηλικία των 11 ετών στην περιοχή αυτή, όμως στις τελευταίες ηλικιακές κλάσεις (7 – 11) πιάστηκε ελάχιστος αριθμός ατόμων. Φαίνεται ότι είναι δύσκολο να κατορθώσουν να φτάσουν πολλά άτομα στις ηλικίες αυτές, εξαιτίας της φυσικής αλλά και της αλιευτικής θνησιμότητας (Στεργίου και συν. 2011).

Παράλληλα, η απουσία των μεγάλων ηλικιακών κλάσεων και ο μικρός αριθμός ατόμων στις ηλικίες 7 και 8 σε Καστοριάς και Βόλβη πιθανώς να οφείλεται στην αλιευτική πίεση που ασκείται στο είδος στις δύο αυτές περιοχές, η οποία θα περιγραφεί αναλυτικά παρακάτω. Αυτό μπορεί να σχετίζεται και με τον μικρό αριθμό ατόμων των πρώτων ηλικιών που καταγράφηκε. Όπως είναι γνωστό, στα ψάρια η γονιμότητα αυξάνεται με το μέγεθος (Biagi *et al.* 1995), γεγονός το οποίο ισχύει και για το τσιρώνι της Βόλβης (Papageorgiou 1979, Κυρίτση 2008).

Στην παρούσα εργασία εφαρμόστηκε επίσης και η μέθοδος του αναδρομικού υπολογισμού του μήκους των ψαριών (Francis 1990) για κάθε πληθυσμό του τσιρωνιού *Rutilus rutilus*. Τα μέσα αναδρομικά μήκη ανά ηλικία που υπολογίστηκαν σε κάθε περίπτωση εμφάνισαν μικρότερη τιμή συγκριτικά με τα μέσα παρατηρούμενα μήκη για κάθε ηλικία, γεγονός που σημαίνει ότι τα άτομα του κάθε αποθέματος είχαν αλιευθεί πριν από τη χρονική περίοδο σχηματισμού των ετήσιων δακτυλίων (Στεργίου 1999). Πράγματι, οι άπαξ δειγματοληψίες της παρούσας μελέτης πραγματοποιήθηκαν την περίοδο του φθινοπώρου και συγκεκριμένα το μήνα Σεπτέμβριο στη Λίμνη Καστοριάς και το μήνα Οκτώβριο στις Λίμνες Βόλβη και Βεγορίτιδα, ενώ είναι γνωστό ότι οι ετήσιοι δακτύλιοι στην πλειονότητα των πληθυσμών του τσιρωνιού σχηματίζονται την ανοιξιάτικη περίοδο και ειδικότερα κατά τη διάρκεια των μηνών Απριλίου – Μαΐου (Mann 1973). Εξαίρεση αποτέλεσαν τα μέσα αναδρομικά μήκη της ηλικίας 1 στις Λίμνες Καστοριάς και Βόλβη, τα οποία ήταν μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα μέσα παρατηρούμενα. Αυτό ίσως να οφείλεται στο μικρό μέγεθος δείγματος (7 άτομα στην Καστοριάς και 16 στη Βόλβη), γεγονός που πιθανόν επηρέασε τα συγκεκριμένα αποτελέσματα. Όσον αφορά το μέσο συντήρησης, δεν υπήρξε κάποια σοβαρή επίδρασή του στα παρατηρούμενα μήκη του τσιρωνιού σε κάθε περίπτωση, διότι συγκεκριμένα για τη φορμόλη έχει βρεθεί ότι

προκαλεί συρρίκνωση μικρότερη από 3% στο μήκος του ψαριού, δηλαδή αμελητέα (Anderson & Neumann 1996).

Η τεχνική του αναδρομικού υπολογισμού έχει χρησιμοποιηθεί για εκτίμηση του μήκους σε ηλικίες στις οποίες δεν έχουν αλιευτεί άτομα του πληθυσμού ενός είδους και που γενικά πολύ σπανίως αλιεύονται (Hickling 1933, Morales 1984), ενώ διάφοροι παράμετροι αύξησης που έχουν προκύψει από τα μέσα αναδρομικά μήκη ανά ηλικία έχουν χρησιμοποιηθεί για σύγκριση της αύξησης μεταξύ πληθυσμών του ίδιου είδους (Gee 1978, Graynoth 1987), μεταξύ των δύο φύλων (Kraiem 1982) ή μεταξύ των διαφόρων ηλικιακών ομάδων ενός πληθυσμού (Frost & Kipling 1980, Beacham 1981). Επιπλέον, σε έρευνα βασισμένη στον αναδρομικό υπολογισμό μηκών, αποδείχθηκε ότι επικρατεί μία τάση αλίευσης των ειδών ψαριών που αυξάνονται γρήγορα, αυτών δηλαδή που παρουσιάζουν γενικά υψηλές τιμές ρυθμού αύξησης (Miranda *et al.* 1987) (από Francis 1990).

Στην παρούσα έρευνα, η μέθοδος αυτή χρησιμοποιήθηκε με σκοπό τη σύγκριση της αύξησης μεταξύ των τριών πληθυσμών του είδους *Rutilus rutilus*, έτσι ώστε να επαληθευτούν τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τα παρατηρούμενα μήκη. Οι παράμετροι αύξησης που προέκυψαν από τα μέσα αναδρομικά μήκη για κάθε πληθυσμό δεν παρουσίασαν γενικά διαφοροποίηση σε σχέση με τις αντίστοιχες τιμές από τα μέσα παρατηρούμενα. Συνεπώς, φαίνεται ότι μπορεί να γίνει ικανοποιητική περιγραφή της αύξησης του είδους αυτού σε κάθε περιοχή με βάση είτε τα παρατηρούμενα είτε τα αναδρομικά μέσα μήκη ανά ηλικία, επιβεβαιώνοντας έτσι την αξιοπιστία του αναδρομικού υπολογισμού, όσον αφορά τη χρήση του σε έρευνες που σκοπεύουν στον υπολογισμό των παραμέτρων αύξησης ενός πληθυσμού και κατ' επέκταση στη σύγκριση των τιμών αυτών με αντίστοιχες τιμές άλλων πληθυσμών του ίδιου είδους (Gee 1978, Graynoth 1987).

5.2.2 Παράμετροι και δείκτης αύξησης

Οι τιμές των παραμέτρων αύξησης γενικά ποικίλουν, παρουσιάζοντας αξιοσημείωτη διαφοροποίηση, τόσο σε διαειδικό όσο και σε ενδοειδικό επίπεδο (Pauly *et al.* 2008). Μεταξύ των διαφόρων ειδών ιχθύων, το L_{∞} κυμαίνεται από 1 cm σε ορισμένα είδη γωβιών μέχρι περίπου 14 m στους φαλινοκαρχαρίες, ενώ το K από 0,02 1/y στον υπόγλωσσο *Hippoglossus hippoglossus* (Linnaeus, 1758) μέχρι 8,5 1/y στη στρογγυλόρεγγα *Spratelloides delicatulus* (Bennett, 1832). Όσον αφορά διάφορους πληθυσμούς του τσιρωνιού *Rutilus rutilus* (Linnaeus, 1758), η παράμετρος

L_{∞} λαμβάνει τιμές από 26,2 έως 51,3 cm, ενώ η παράμετρος K από 0,08 έως 0,44 1/y, σύμφωνα με στοιχεία της βάσης δεδομένων Fishbase (Froese & Pauly 2013).

Όλες οι τιμές των παραμέτρων αύξησης που υπολογίστηκαν στην παρούσα έρευνα, με βάση τα μέσα παρατηρούμενα μήκη ανά ηλικία, βρίσκονται εντός του εύρους τιμών της σχετικής βιβλιογραφίας, το οποίο έχει προκύψει από ποικίλες έρευνες για την αύξηση του τσιρωνιού σε διάφορα οικοσυστήματα (Πίνακας 8.1, Παράρτημα), αλλά και εντός γενικότερα του εύρους της Fishbase, με εξαίρεση τις τιμές του L_{∞} για τις Λίμνες Βόλβη και Καστοριάς. Επιπλέον, οι τιμές του L_{∞} που προσδιορίστηκαν είναι παρόμοιες για τους πληθυσμούς του τσιρωνιού από Βόλβη και Καστοριάς ($L_{\infty} = 23,26$ και $23,09$ cm αντίστοιχα). Το ίδιο ισχύει και για την παράμετρο K στις δύο λίμνες ($K = 0,19$ και $0,20$ 1/y αντίστοιχα). Αντίθετα, στη Λίμνη Βεγορίτιδα διαφέρουν ($L_{\infty} = 39,71$ cm και $K = 0,12$ 1/y). Είναι εμφανές ότι στη Βεγορίτιδα παρατηρείται μία χαμηλότερη τιμή του ρυθμού αύξησης K και ταυτόχρονα μία υψηλότερη του ασυμπτωτικού μήκους L_{∞} , γεγονός που συμφωνεί με τη βιβλιογραφία (Beverton & Holt 1957, Munro & Pauly 1983, Pauly & Munro 1984).

Οι υψηλότερες τιμές της παραμέτρου K που βρέθηκαν στις Λίμνες Καστοριάς και Βόλβη ($0,20$ και $0,19$ 1/y αντίστοιχα) πιθανόν να σχετίζονται με τις τροφικές προτιμήσεις του τσιρωνιού σε συνδυασμό με τον τροφισμό των νερών στα οικοσυστήματα αυτά, εφόσον είναι γνωστό ότι η ποσότητα αλλά και η ποιότητα της διαθέσιμης τροφής καθορίζουν σε πολύ μεγάλο βαθμό την αποτελεσματικότητα της αύξησης των ψαριών (Brett 1979, Wootton 1992). Ειδικότερα, όπως προαναφέρθηκε, η Λίμνη της Καστοριάς χαρακτηρίζεται ως εύτροφη-υπερεύτροφη (Mourkides *et al.* 1978, Koussouris *et al.* 1985, 1987, 1991, Vardaka *et al.* 2000, 2005, Zacharias *et al.* 2002, Cook *et al.* 2004, Moustaka-Gouni *et al.* 2006, Mantzafleri 2009, Λατινόπουλος 2009, Μουστάκα 2010, Κατσιάπη 2012, Ντισλίδου 2012 κ.ά.), ενώ η Βόλβη κατατάσσεται στις εύτροφες λίμνες (Mourkides *et al.* 1978, Moustaka-Gouni 1993, Petaloti *et al.* 2004, Vardaka *et al.* 2005, Christophoridis & Fytianos 2006, Gantidis *et al.* 2007, Μουστάκα 2010, Κατσιάπη 2012, Ντισλίδου 2012 κ.ά.). Σε συνθήκες ευτροφισμού, συμβαίνουν γεγονότα τα οποία αποτελούν συνεχόμενους κρίκους της τροφικής αλυσίδας. Ειδικότερα, επικρατούν αυξημένες τιμές συνολικής βιομάζας φυτοπλαγκτού, γεγονός το οποίο συνεπάγεται κατά κανόνα αύξηση της βιομάζας του ζωοπλαγκτού (Sommer *et al.* 1986), αλλά και πολλών ειδών βενθικών

μακροασπονδύλων (Ντισλίδου 2012), τα οποία διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στα υδάτινα τροφικά πλέγματα, αποτελώντας λεία για θηρευτές όπως είναι τα βενθοφάγα ψάρια (Jynväsjärvi *et al.* 2011). Τυπική σύνθεση ζωοπλαγκτικής κοινωνίας εύτροφων λιμνών έχει αναφερθεί κατά καιρούς στη Λίμνη Καστοριάς (π.χ. Moustaka-Gouni *et al.* 2006, Kagalou & Leonardos 2009, Λατινόπουλος 2009) και στη Λίμνη Βόλβη (π.χ. Zarfdjian *et al.* 1990, 1996, Σαλβαρίνα και συν. 2005, Kagalou & Leonardos 2009), ενώ παρατηρήθηκε ταυτόχρονα μείωση των ειδών μεγάλου μεγέθους και υψηλή αφθονία των μικρόσωμων ειδών ζωοπλαγκτού, γεγονός το οποίο θεωρείται αποτέλεσμα της έντονης θήρευσης του ζωοπλαγκτού από ζωοπλαγκτοφάγα ψάρια (Brooks & Dodson 1965). Επίσης, βρέθηκαν και αρκετά υψηλές συνολικές τιμές αφθονίας βενθικών μακροασπονδύλων στις δύο αυτές λίμνες (Ντισλίδου 2012).

Το τσιρώνι *Rutilus rutilus* αποτελεί θηρευτή των βενθικών μακροασπονδύλων (π.χ. Kogan *et al.* 1980, Spanovskaya *et al.* 1980, Maitland & Campbell 1992, Billard 1997, Specziár *et al.* 1997, Horrpila 1999, Penczak 1999), διαφόρων ειδών φυτοπλαγκτού (π.χ. Jamet 1994, Horrpila 1999) και ζωοπλαγκτού (π.χ. Michelsen *et al.* 1994, Horrpila 1999), καθώς και θρυμμάτων που προέρχονται από τη διεργασία της αποικοδόμησης (π.χ. Michelsen *et al.* 1994). Συνεπώς, παρουσιάζει ιδιαίτερα μεγάλη τροφοληπτική ικανότητα σε εύτροφα οικοσυστήματα (Jamet & Desmolles 1994), τουλάχιστον στα εύτροφα λιμναία συστήματα εύκρατου κλίματος (Persson *et al.* 1991). Επομένως, ευνοείται και κυριαρχεί στα συστήματα αυτά (Lappalainen *et al.* 2008), όπως εξάλλου και διάφορα άλλα είδη της οικογένειας Cyprinidae (Olin *et al.* 2002), εφόσον βέβαια η θήρευση δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλη και επιπλέον απουσιάζει το παθογόνο σκουλήκι *Ligula intestinalis* (Linnaeus, 1758) που μπορεί να προσβάλλει τα άτομα του τσιρωνιού (Wyatt & Kennedy 1988). Άρα, φαίνεται ότι η τροφή για το τσιρώνι είναι επαρκής στις Λίμνες Καστοριάς και Βόλβη, γεγονός που συμβάλλει σε μεγαλύτερες τιμές ρυθμού αύξησης.

Παρ' όλα αυτά, έχουν αναφερθεί περιπτώσεις ενδοειδικού ανταγωνισμού στο τσιρώνι *Rutilus rutilus* για τροφή ή/και για χώρο κυρίως (Cragg-Hine & Jones 1969, Goldspink 1979), αλλά και διαειδικού ανταγωνισμού με το περκί *Perca fluviatilis* Linnaeus, 1758 (Goldspink 1978, Persson 1983, 1987, Persson & Greenberg 1990, Jamet & Desmolles 1994), το οποίο υπάρχει και στα λιμναία συστήματα της Βόλβης (Αυτζή 2010), της Καστοριάς (Πετρίκη & Μπόμπορη 2011) και της Βεγορίτιδας (Πετρίκη, αδημοσίευτα στοιχεία). Επιπλέον, είναι πολύ πιθανό το τσιρώνι να

ανταγωνίζεται με είδη που παρουσιάζουν παρόμοιες τροφικές προτιμήσεις (π.χ. θρύμματα, φυτοπλαγκτό, μακρόφυτα και ζωοπλαγκτό). Ορισμένα τέτοια είδη είναι τα κυπρινοειδή *Abramis brama* (Linnaeus, 1758), *Cyprinus carpio* Linnaeus, 1758, *Carassius gibelio* (Bloch, 1782) *Vimba melanops* (Heckel, 1837) και *Scardinius erythrophthalmus* (Linnaeus, 1758) (Σαλβαρίνα 2006). Όλα τα παραπάνω είδη απαντούν στη Λίμνη Βόλβη και τα περισσότερα από αυτά στις Λίμνες Βεγορίτιδα και Καστοριάς (βλέπε Πίνακες 2.2 - 2.4). Στα ψάρια ο ανταγωνισμός, για τροφή κυρίως, συμβάλλει στη μείωση του ρυθμού αύξησης (Carlander 1966, Backiel & Le Cren 1967). Επομένως, πιθανός ανταγωνισμός του τσιρωνιού με άλλα είδη ψαριών ίσως να αποτελεί έναν παράγοντα που θα μπορούσε να εξηγήσει τη μειωμένη τιμή του ρυθμού αύξησης του πληθυσμού του *Rutilus rutilus* που υπολογίστηκε στη Βεγορίτιδα. Όσον αφορά τις Λίμνες Βόλβη και Καστοριάς, φαίνεται ότι ο ανταγωνισμός δεν επιδρά στον ίδιο βαθμό στο ρυθμό αύξησης του τσιρωνιού, ίσως διότι, όπως προαναφέρθηκε, υπάρχει μεγαλύτερη αφθονία διαθέσιμης τροφής στα συστήματα αυτά.

Επιπλέον, παρατηρείται τις περισσότερες φορές θετική συσχέτιση μεταξύ του ρυθμού αύξησης K και της θερμοκρασίας (Pauly 1980), ενώ συγχρόνως το L_{∞} λαμβάνει υψηλότερη τιμή όσο μειώνεται η θερμοκρασία (Basilone *et al.* 2004). Το βάθος του οικοσυστήματος, σε συνδυασμό με τη θερμοκρασία του νερού, αποτελεί έναν καθοριστικό παράγοντα που επηρεάζει την αύξηση στα ψάρια. Ειδικότερα, υπάρχει συνήθως μία θετική συσχέτιση μεταξύ του μέσου μήκους των ατόμων ενός πληθυσμού και του βάθους (Wootton 1992), πράγμα που σημαίνει ότι τα μεγαλόσωμα άτομα παρατηρούνται σε μεγάλα βάθη. Εκεί η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη, άρα και ο βασικός μεταβολισμός των ψαριών είναι χαμηλότερος, επομένως μεγάλο μέρος της ενέργειας που προσλαμβάνεται από τη διαθέσιμη τροφή προορίζεται για τη διαδικασία της αύξησης (Wootton 1992, 1999). Στην παρούσα εργασία, φαίνεται ότι ο παράγοντας βάθος διαφοροποιεί την αύξηση του *R. rutilus* στα τρία λιμναία οικοσυστήματα, αφού στη Λίμνη Βεγορίτιδα όπου το μέγιστο βάθος (48 m) είναι κατά πολύ μεγαλύτερο συγκριτικά με τις άλλες δύο περιοχές, το τσιρώνι φτάνει σε πολύ μεγαλύτερο μέγιστο (33 cm) αλλά και ασυμπτωτικό μήκος (39,7 cm).

Μεταξύ του ασυμπτωτικού μήκους και του μέγιστου παρατηρούμενου μήκους ενός πληθυσμού, ισχύει η εμπειρική σχέση $L_{\infty} = L_{\max}/0,95$ (Taylor 1958, 1962, Pauly 1981, 1984, 1998), δηλαδή το ασυμπτωτικό μήκος είναι περίπου κατά 5%

μεγαλύτερο από το μέγιστο μήκος. Η σχέση αυτή είναι εξαιρετικά χρήσιμη, διότι επιτρέπει την εκτίμηση του L_{∞} ενός αποθέματος εφόσον είναι γνωστό το $L_{\max}$ του αποθέματος αυτού, σε είδη ψαριών μικρού ή μεσαίου μεγέθους, ή σε άλλες περιπτώσεις την επαλήθευση της τιμής του L_{∞} που έχει εκτιμηθεί από την εφαρμογή της εξίσωσης Von Bertalanffy (Pauly 1981, 1984, Froese & Binohlan 2000). Στην παρούσα εργασία, ο λόγος $L_{\max}/L_{\infty}$ που υπολογίστηκε πλησιάζει περισσότερο στην τιμή 0,95 στη Λίμνη Βόλβη (0,98) και στη Λίμνη Καστοριάς (0,90) και λιγότερο στη Λίμνη Βεγορίτιδα (0,83).

Παράλληλα, αξιοσημείωτο είναι ότι υπολογίστηκαν χαμηλές τιμές του L_{∞} στις Λίμνες Βόλβη και Καστοριάς, οι οποίες βρίσκονται μάλιστα χαμηλότερα και από το αναφερόμενο εύρος της Fishbase για το L_{∞} του τσιρωνιού (Froese & Pauly 2013). Αυτό μπορεί να συνέβη διότι στις λίμνες αυτές δεν πιάστηκαν μεγάλωσυμα άτομα του είδους που αντιστοιχούν σε μεγαλύτερες τιμές μήκους, εφόσον όπως προαναφέρθηκε το ασυμπτωτικό μήκος σχετίζεται άμεσα με το μέγιστο μήκος ενός πληθυσμού (Pauly 1981, 1984). Η απουσία των μεγάλωσμων ατόμων αποτελεί ένδειξη υπεραλίευσης (Στεργίου και συν. 2011). Το συμπέρασμα αυτό συμφωνεί και με την έρευνα των Σαλβαρίνα και συν. (2008), στην οποία έχει αναφερθεί στη Λίμνη Καστοριάς ετήσια μείωση του μέσου τροφικού επιπέδου των αλιευμάτων της εξαιτίας της αλιευτικής πίεσης (Σαλβαρίνα και συν. 2008). Όσον αφορά τη Βόλβη, σύμφωνα με τον Parageorgiou (1979), είχαν αναγνωριστεί έως και 12 ηλικίες για το τσιρώνι *Rutilus rutilus*, γεγονός το οποίο είχε αποδοθεί στην απουσία θηρευτών, δηλαδή σε χαμηλή φυσική θνησιμότητα, αλλά και στη μικρή αλιευτική πίεση που συνεπάγεται χαμηλή αλιευτική θνησιμότητα (Parageorgiou 1979). Όμως, κατά τη διάρκεια των τελευταίων ετών παρατηρήθηκε αύξηση των πλαγκτοφάγων ειδών ψαριών στο σύνολο των αλιευμάτων της με ταυτόχρονη μείωση των ιχθυοφάγων και επιπλέον έχουν σχεδόν εξαφανιστεί τα μεγάλωσυμα άτομα του κάθε πληθυσμού, γεγονός το οποίο είναι μία σαφής ένδειξη υπεραλίευσης και κατ' επέκταση εμφάνισης του φαινομένου “fishing down” στο σύστημα αυτό (Σαλβαρίνα και συν. 2008).

Γενικά, η αλιεία στοχεύει συστηματικά στα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα του κάθε πληθυσμού σε ένα οικοσύστημα. Η έντονη αλιευτική πίεση οδηγεί συχνά σε υπεραλίευση, γεγονός που επιφέρει πολύ σημαντικές βιολογικές επιπτώσεις στους πληθυσμούς των ψαριών (Στεργίου και συν. 2011), όπως μείωση του μέσου τροφικού επιπέδου τους (Pauly et al. 1998) και κατ' επέκταση σταδιακή εξαφάνιση των

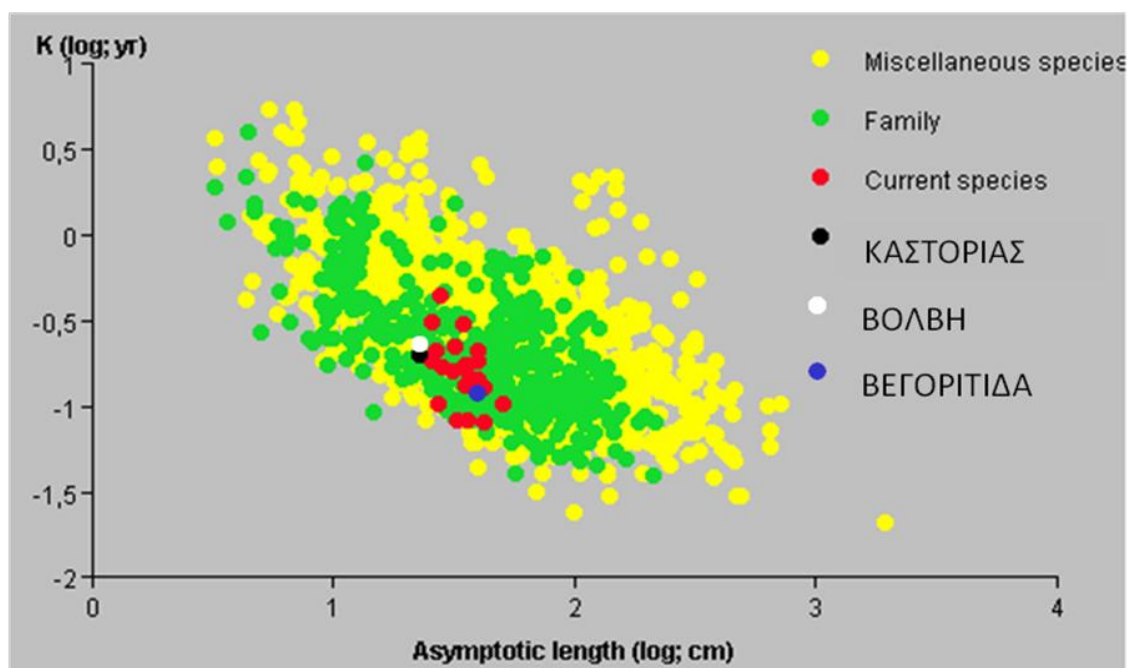
μεγαλόσωμων ατόμων και μείωση του μέγιστου παρατηρούμενου μήκους $L_{\max}$, του μέσου μήκους των ατόμων ανά ηλικία, του μήκους (L_m) και της ηλικίας της πρώτης αναπαραγωγής, αλλά και έντονη μείωση της συνολικής αφθονίας και βιομάζας και συνεπώς αλλαγή της σύνθεσης της κάθε ιχθυοκοινότητας (π.χ. Stergiou 2002, Halley & Stergiou 2005). Το φαινόμενο αυτό, το οποίο ονομάστηκε “fishing down”, αποδείχθηκε ότι ισχύει και σε συστήματα εσωτερικών υδάτων (Allan *et al.* 2005), επηρεάζοντας το πρότυπο αύξησης του κάθε πληθυσμού, γεγονός το οποίο αποτυπώνεται στις τιμές των παραμέτρων αύξησής του (Naddafi *et al.* 2005).

Τέλος, οι τιμές της παραμέτρου t_0 που υπολογίστηκαν ήταν παρόμοιες μεταξύ των τριών πληθυσμών της παρούσας μελέτης (-0,90, -0,95 και -0,93 γ σε Βεγορίτιδα, Βόλβη και Καστοριάς αντίστοιχα) και βρίσκονται εντός του αναφερόμενου εύρους της Fishbase για αυτό το είδος (Froese & Pauly 2013), το οποίο κυμαίνεται από -1,30 έως 0,22. Η τιμή -3,27 από τη Λίμνη Pyhäjärvi της Φινλανδίας (Auvinen 1987) δε μπορεί να θεωρηθεί αξιόπιστη. Η παράμετρος t_0 , η οποία λαμβάνει συνήθως πολύ μικρές τιμές (κοντά στο 0) θετικές ή αρνητικές, εκφράζει την υποθετική ηλικία (σε έτη) στην οποία το ψάρι έχει μηδενικό μήκος (Ricker 1975). Παρ’ όλα αυτά, δεν έχει κάποιο ουσιαστικό βιολογικό νόημα, διότι αναφέρεται στη διαδικασία της αύξησης των προνυμφών των ιχθύων, οι οποίες έχουν ήδη ένα μήκος L_0 που αντιστοιχεί στην ηλικία 0 και επιπλέον δεν αυξάνονται σύμφωνα με την εξίσωση Von Bertalanffy (Pauly 1981, Pauly *et al.* 2008).

Επιπλέον, ο δείκτης αύξησης ϕ' που υπολογίστηκε για κάθε πληθυσμό, ο οποίος φανερώνει την ικανότητα του πληθυσμού για αύξηση (Munro & Pauly 1983, Pauly & Munro 1984, Pauly 1998), βρέθηκε να έχει σαφώς υψηλότερη τιμή στη Βεγορίτιδα (2,28) σε σχέση με τη Βόλβη και την Καστοριάς (2,01 και 2,03 αντιστοίχως). Εκτιμάται λοιπόν ότι η ικανότητα για αύξηση του τσιρωνιού στη Βεγορίτιδα είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τις άλλες δύο περιοχές έρευνας. Οι τιμές αυτές βρίσκονται εντός του εύρους τιμών της βιβλιογραφίας (Πίνακας 8.1, Παράρτημα), αλλά και εντός του αναφερόμενου εύρους της Fishbase, το οποίο κυμαίνεται από 1,89 έως 2,57 (Froese & Pauly 2013). Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι όλες οι τιμές του δείκτη αυτού που έχουν προκύψει από διάφορα αποθέματα του είδους, τα οποία απαντούν σε διάφορες υδατοσυλλογές (ακόμη και σε πολύ απομακρυσμένες περιοχές) εντός των ορίων γεωγραφικής του εξάπλωσης, παρουσιάζουν περιορισμένο εύρος και ακολουθούν κανονική κατανομή (Pauly 1998).

5.2.3 Αυξημετρικό πλέγμα

Επιπροσθέτως, για περεταίρω σύγκριση της αύξησης, έγινε χρήση του αυξημετρικού πλέγματος (Pauly 1994, Cury & Pauly 2000). Συγκεκριμένα, κατασκευάστηκαν δύο αυξημετρικά πλέγματα, τα οποία παρουσιάζονται παρακάτω, ένα το οποίο προέρχεται από τη Fishbase (Froese & Pauly 2013) και δίνει μία γενικότερη εικόνα της αύξησης του *Rutilus rutilus* (Εικόνα 5.1) και ένα που περιλαμβάνει πληθυσμούς του είδους αυτού από διάφορες λίμνες της Βαλκανικής Χερσονήσου κυρίως (Εικόνα 5.2). Επειδή οι παράμετροι αύξησης στις άλλες περιοχές (Πίνακας 5.1) έχουν υπολογιστεί με βάση τα μέσα σταθερά μήκη (SL) ανά ηλικία, κρίθηκε αναγκαίος ο εκ νέου υπολογισμός των παραμέτρων από τις τρεις περιοχές της παρούσας έρευνας, αλλά και από τις έρευνες των Papageorgiou (1979) και Κυρίτση (2008), με βάση τα μήκη αυτά.



Εικόνα 5.1 Θέση των πληθυσμών του είδους *Rutilus rutilus* στο αυξημετρικό πλέγμα. Με κίτρινο χρώμα πληθυσμοί διαφόρων ειδών εσωτερικών νερών, με πράσινο πληθυσμοί ειδών της Οικογένειας Cyprinidae, με κόκκινο πληθυσμοί του *Rutilus rutilus*. Οι τρεις πληθυσμοί της παρούσας έρευνας σημειώνονται με μαύρο, άσπρο και μπλε χρώμα (πηγή εικόνας: Fishbase, τροποποιημένη).

Figure 5.1 Position of the populations of the species *Rutilus rutilus* in the auximetric grid. With yellow color populations of several freshwater species, with green populations of species of the Family Cyprinidae, with red populations of *Rutilus rutilus*. The three populations of the present study are marked with black, white and blue color (image source: Fishbase, modified).

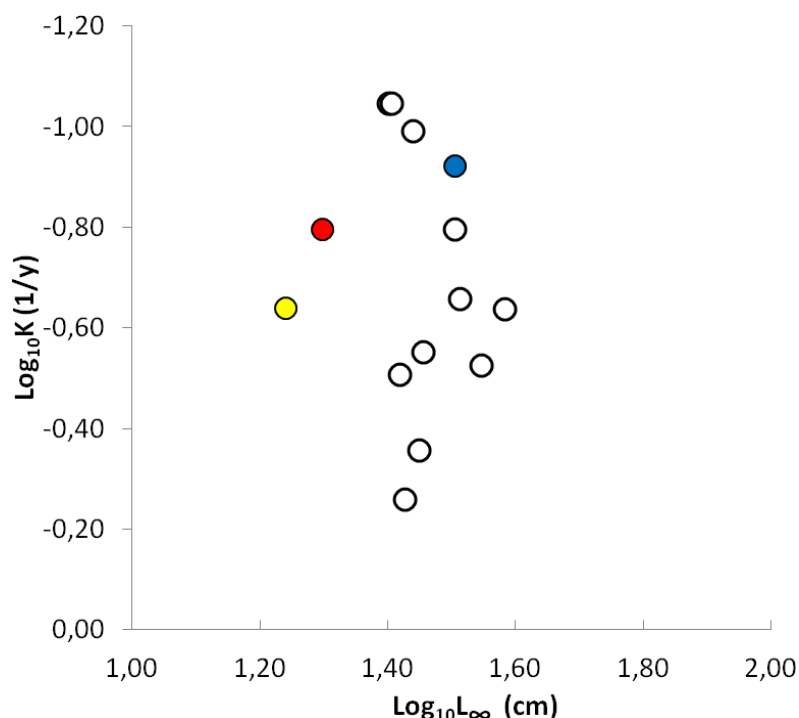
Παρατηρούμε ότι οι τρεις πληθυσμοί της παρούσας έρευνας βρίσκονται εντός του αυξητικού χώρου του *Rutilus rutilus*, ο οποίος έχει προκύψει από άλλους 20 πληθυσμούς του είδους αυτού, για τα οποία υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με την αύξησή τους στη Fishbase (Froese & Pauly 2013), τόσο σε λιμναία συστήματα, όσο

και σε φραγμαλίνες αλλά και σε ποτάμια συστήματα. Είναι φανερό ότι οι αυξητικοί χώροι των πληθυσμών της Βόλβης και της Καστοριάς επικαλύπτονται εν μέρει, γεγονός που δείχνει ότι οι πληθυσμοί αυτοί μοιράζονται παρόμοιες οικοθέσεις, παρουσιάζοντας ομοιότητα όσον αφορά το πρότυπο αύξησης που ακολουθούν, ενώ συγχρόνως διαφοροποιούνται από το αντίστοιχο πρότυπο του πληθυσμού της Βεγορίτιδας. Ειδικότερα, για το αυξημετρικό πλέγμα με δεδομένα από το χώρο της Βαλκανικής Χερσονήσου κυρίως, χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές που δίνονται στον Πίνακα 5.1.

Πίνακας 5.1 Τιμές παραμέτρων και δείκτη αύξησης του είδους *Rutilus rutilus* από 13 πληθυσμούς λιμναίων συστημάτων της Βαλκανικής Χερσονήσου και από έναν πληθυσμό μίας λίμνης της Κεντρικής Ευρώπης.

Table 5.1 Growth parameters and growth index of the species *Rutilus rutilus* from 13 populations in lake systems of the Balkan Peninsula and from one population in one lake of Central Europe.

Λίμνη	Χώρα	L_{∞} (cm)	K (1/y)	t_0 (y)	ϕ'	Αναφορά
Βεγορίτιδα (2012)	Ελλάδα	32,02	0,12	-0,92	2,09	Παρούσα Έρευνα
Καστοριάς (2010)	Ελλάδα	17,41	0,23	-0,64	1,84	Παρούσα Έρευνα
Βόλβη (2012)	Ελλάδα	19,82	0,16	-1,06	1,80	Παρούσα Έρευνα
Βόλβη (1978)	Ελλάδα	25,12	0,09	-1,12	1,75	Papageorgiou 1979
Βόλβη (1997-1999)	Ελλάδα	25,39	0,09	-3,10	1,76	Κυρίτση 2008
Batak (1966-1976)	Βουλγαρία	27,50	0,10	-1,24	1,89	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Batak (1977-1992)	Βουλγαρία	32,50	0,22	-0,12	2,37	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Dospat (1971-1982)	Βουλγαρία	26,20	0,31	0,23	2,33	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Ovcharitsa (1976-1985)	Βουλγαρία	28,10	0,44	-0,02	2,54	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Ovcharitsa (1986-1989)	Βουλγαρία	35,20	0,30	-0,45	2,57	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
G. Dimitrov (1973-1977)	Βουλγαρία	38,23	0,23	-	2,53	Marinov 1989 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Balaton (1995-1996)	Ουγγαρία	31,90	0,16	0,03	2,21	Specziár <i>et al.</i> 1997
Rosu (1977)	Ρουμανία	28,54	0,28	-	2,36	Papadopol & Chisalesku 1981 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Puiu (1977)	Ρουμανία	26,68	0,55	-	2,59	Papadopol & Chisalesku 1981 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)



Εικόνα 5.2 Αυξημετρικό πλέγμα του είδους *Rutilus rutilus* για διάφορες λίμνες της Βαλκανικής Χερσονήσου και μία λίμνη της Κεντρικής Ευρώπης. Έντεκα πληθυσμοί του είδους με άσπρο χρώμα και οι τρεις πληθυσμοί της παρούσας έρευνας με κίτρινο, κόκκινο και μπλε χρώμα (Λίμνη Καστοριάς, Βόλβη και Βεγορίτιδα αντίστοιχα).

Figure 5.2 Auximetric grid of the species *Rutilus rutilus* for several lakes in the Balkan Peninsula and one lake in Central Europe. Eleven populations of this species with white color and the three populations of the present study with yellow, red and blue color (Lake Kastoria, Volvi and Vegoritida respectively).

Από την Εικόνα 5.2, όπου παρουσιάζεται το αυξημετρικό πλέγμα του είδους *Rutilus rutilus* σε λίμνες της Βαλκανικής Χερσονήσου κυρίως, διαπιστώνουμε ότι οι τρεις πληθυσμοί του είδους *Rutilus rutilus* που ερευνήθηκαν στην παρούσα εργασία δεν ανήκουν στον ίδιο αυξητικό χώρο.

Ειδικότερα, οι πληθυσμοί του τσιρωνιού της Βόλβης και της Καστοριάς παρουσίασαν ομοιότητα ως προς το πρότυπο αύξησης που ακολουθούν, αλλά διαφοροποιήθηκαν από το αντίστοιχο πρότυπο του πληθυσμού της Βεγορίτιδας, αλλά και των άλλων πληθυσμών της Βαλκανικής Χερσονήσου. Επομένως, διαπιστώνουμε ότι δεν ακολουθείται το ίδιο πρότυπο αύξησης ακόμη και σε σχετικά μικρή γεωγραφική κλίμακα, δηλαδή από πληθυσμούς του είδους που διαβιούν σε συστήματα εσωτερικών υδάτων με περίπου παρόμοιο γεωγραφικό μήκος ή/και πλάτος, γεγονός το οποίο σχετίζεται με τις ιδιαίτερες συνθήκες διαβίωσης που επικρατούν σε κάθε οικοσύστημα (Pauly 1980). Συγκεκριμένα, η διαφοροποίηση της αύξησης μεταξύ πληθυσμών του είδους σε διάφορες περιοχές αποτελεί μία πολύπλοκη διαδικασία, αφού αντανακλά ουσιαστικά μία διαφοροποίηση, σε μικρό

βαθμό, στο γενότυπο του κάθε πληθυσμού και ταυτόχρονα μία απόκρισή του σε ποικίλες τοπικές περιβαλλοντικές πιέσεις, οι οποίες διαδραματίζουν και το σημαντικότερο ρόλο (Mann 1973, Goldspink 1978, Naddafi *et al.* 2005).

Οι παράγοντες που προκαλούν ενδοειδική διαφοροποίηση της αύξησης ποικίλουν (Mann *et al.* 1984) και περιλαμβάνουν τα ιδιαίτερα μορφομετρικά χαρακτηριστικά του κάθε υδάτινου οικοσυστήματος, όπως είναι το γεωγραφικό μήκος και πλάτος, το υψόμετρο, η έκταση, το βάθος, καθώς και πολλούς άλλους τοπικούς περιβαλλοντικούς παράγοντες, οι κυριότεροι από τους οποίους είναι η ποσότητα και η ποιότητα της διαθέσιμης τροφής, η παρουσία ή η απουσία θηρευτών, η εποχική διακύμανση της θερμοκρασίας του νερού, η τιμή του pH, η συγκέντρωση του διαθέσιμου οξυγόνου και της αμμωνίας στο νερό, αλλά και άλλοι ιδιαίτερα κρίσιμοι παράγοντες, όπως ο ρυθμός της πρόσληψης του οξυγόνου από το ψάρι που εξαρτάται από την επιφάνεια των βραγχίων του, η ταχύτητα κολύμβησης καθώς και η ταχύτητα και η κατεύθυνση των ρευμάτων, ο διαειδικός ανταγωνισμός των ψαριών για τροφή ή/και χώρο κυρίως, διάφορα χρονικά σήματα κ.ά. (Brett 1979, Wootton 1992, Pauly 1998, Wootton 1999, Pauly *et al.* 2008).

Αξιοσημείωτο είναι επίσης το γεγονός ότι, σύμφωνα με πρόσφατες έρευνες (Ketmaier *et al.* 2008, Larmuseau *et al.* 2009, Triantafyllidis *et al.* 2011, Tsoumani *et al.* 2013a, Τσουμάνη 2013) κατά τις οποίες διερευνάται η ύπαρξη πιθανών νέων κρυπτικών ειδών του γένους *Rutilus* στα εσωτερικά νερά της Ελλάδας, βρέθηκε ότι υπάρχει διαφοροποίηση μεταξύ διαφόρων πληθυσμών του είδους *Rutilus rutilus*, με βάση τα μορφολογικά τους χαρακτηριστικά. Συγκεκριμένα, το τσιρώνι της Λίμνης Βεγορίτιδας διαχωρίζεται από τους αντίστοιχους πληθυσμούς γειτονικών λιμνών, αλλά και από αυτούς της Βόλβης και της Καστοριάς (Tsoumani *et al.* 2013a). Ωστόσο, με τη χρήση της γενετικής, δείχθηκε ότι ο πληθυσμός της Βεγορίτιδας ανήκει όντως στο είδος *Rutilus rutilus*, δε συμβαίνει όμως το ίδιο και για τον πληθυσμό της Βόλβης, ο οποίος διαχωρίζεται από όλους τους υπόλοιπους πληθυσμούς του τσιρωνιού και υπάρχει πολύ σοβαρή πιθανότητα να αποτελεί νέο είδος (Ketmaier *et al.* 2008, Larmuseau *et al.* 2009, Triantafyllidis *et al.* 2011, Τσουμάνη 2013), γεγονός το οποίο αποδίδεται στη διαφορετική εξελικτική γενεαλογική γραμμή του πληθυσμού αυτού (Ποντο-Κάσπια καταγωγή) σε σχέση με τους υπόλοιπους πληθυσμούς του είδους (Δυτικο-ευρωπαϊκή καταγωγή) (Τσουμάνη 2013).

Τέλος, καταλήγουμε στο συμπέρασμα ότι τα αποτελέσματα της παρούσας έρευνας, τα οποία παρουσίασαν ένα σύνολο δεδομένων βάρους, μήκους, ηλικίας, αλλά και το πρότυπο αύξησης των πληθυσμών του τσιρωνιού *Rutilus rutilus*, θα μπορούσαν να φανούν ιδιαίτερα χρήσιμα όσον αφορά την πραγματοποίηση μίας σωστής και ολοκληρωμένης αλιευτικής διαχείρισης των πληθυσμών αυτών στις Λίμνες Βεγορίτιδα, Βόλβη και Καστοριάς.

6 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

- Η αύξηση του *Rutilus rutilus* και στις τρεις περιοχές έρευνας είναι θετική αλλομετρική ($b > 3$), με την υψηλότερη τιμή της παραμέτρου b της σχέσης μήκους – βάρους να καταγράφεται στη Λίμνη της Καστοριάς.
- Αναγνωρίστηκαν συνολικά 11 ηλικίες στη Λίμνη Βεγορίτιδα και 8 στις Λίμνες Βόλβη και Καστοριάς.
- Στη Λίμνη Βεγορίτιδα παρατηρήθηκε χαμηλότερη τιμή του ρυθμού αύξησης K και υψηλότερη τιμή του ασυμπτωτικού μήκους L_{∞} για το *Rutilus rutilus* σε σχέση με τις Λίμνες Καστοριάς και Βόλβη.
- Ο δείκτης αύξησης φ' παρουσίασε υψηλότερη τιμή στη Βεγορίτιδα σε σχέση με τη Βόλβη και την Καστοριάς, άρα η ικανότητα για αύξηση του τσιρωνιού στη Βεγορίτιδα φαίνεται να είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με τις άλλες δύο περιοχές έρευνας.
- Οι πληθυσμοί του τσιρωνιού της Βόλβης και της Καστοριάς παρουσίασαν ομοιότητα ως προς το πρότυπο αύξησης που ακολουθούν, ενώ συγχρόνως διαφοροποιήθηκαν από το αντίστοιχο πρότυπο του πληθυσμού της Βεγορίτιδας, αλλά και άλλων πληθυσμών της Βαλκανικής Χερσονήσου.

7 ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

7.1 Ξενόγλωσση Βιβλιογραφία

- Allan JD, Abell R, Hogan Z, Revenga C, Taylor BW, Welcomme RL, Winemiller K (2005) Overfishing of inland waters. *Bioscience* **55**: 1041-1051.
- Anderson RO, Neumann RM (1996) Length, Weight and Associated Structural Indices. In: *Fisheries Techniques (second edition)*. Murphy BR and Willis DW (Eds). American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, USA. pp. 447-482.
- Antonopoulos V, Diamantidis G, Tsiouris S (1996) Vegoritis Lake: a review in hydrological and quality parameter changes. *Geotechnical Scientific Bulletin* **7** (1): 63-78.
- Auvinen H (1987) Growth, mortality and management of whitefish (*Coregonus lavaretus* L. s.l.), vendace (*Coregonus albula* L.), roach (*Rutilus rutilus* L.) and perch (*Perca fluviatilis* L.) in Lake Pyhäjärvi (Karelia). *Finn. Fish. Res.* **8**: 38-47.
- Backiel T, Le Cren ED (1967) Some density relationships for fish population parameters. In: *The Biological Basis of Freshwater Fish Production*. Gerking SD (Ed). Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 261-293.
- Bagenal TB (Ed) (1974) Difficulties in ageing fish in relation to inland fishery management. In *The proceedings of an International Symposium on the Ageing of Fish*, Reading, England, 19 and 20 July 1973. Old Woking, Surrey (UK): Unwin Brothers Limited. pp. 200-205.
- Bagenal TB, Tesch FW (1978) Age and growth. In: *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*. Bagenal TB (Ed). Blackwell Scientific Publications, London. pp. 101-136.
- Balon EK (1955) Growth of the roach (*Rutilus rutilus*) and a revision of main methods of its determination. Vyd. SAV, Bratislava. 166 p. (in Czech).
- Basilone G, Guisande C, Patti B, Mazzola S, Cuttitta A, Bonanno A, Kallianiotis A (2004) Linking habitat conditions and growth in the European anchovy (*Engraulis encrasicolus*). *Fish. Res.* **68**: 9-19.
- Bertalanffy LVon (1934) Untersuchungen Über die Gesetzlichkeit des Wachstums. I. Allgemeine Grundlagen der Theorie. *Roux' Archiv für Entwicklung smechnik der Organismen* **131**: 613-653.
- Bertalanffy LVon (1938) A quantative theory of organic growth (Inquires on growth laws. II). *Human Biology* **10** (2): 181-213.
- Bertalanffy LVon (1957) Quantitative Laws in Metabolism and Growth. *The Quarterly Review of Biology* **32**: 217-231.
- Beverton RJH, Holt SJ (1957) On the dynamics of exploited fish populations. *U.K. Ministry of Agricult. Fish. Invest., Ser. 2*, **19**: 1-533.
- Bhattacharya CG (1967) A Simple Method of Resolution of a Distriburion into Gaussian Components. *Biometrics* **23**: 115-135.

- Biagi F, Sbrana M, Cesarini A, Viva C (1995) Reproductive biology and fecundity of *Merluccius merluccius* (Linnaeus, 1758) in the northern Tyrrhenian Sea. *Rapp. Comm. Int. Mer Médit.* **34**: 237.
- Billard R (1997) Les poissons d'eau douce des rivières de France. Identification, inventaire et répartition des 83 espèces. Lausanne, Delachaux & Niestlé. 192 p.
- Binohlan C, Pauly D (1998) The length-weight table. In: *Fishbase 1998: concepts, design and data sources*. Froese R and Pauly D (Eds). ICLARM, Manila. p. 121-123.
- Bobori DC, Economidis PS (2006) Freshwater fishes of Greece: Their biodiversity, fisheries and habitats. *Aquatic Ecosystem Health & Management* **9** (4): 407-418.
- Bobori DC, Moutopoulos DK, Bekri M, Salvarina I, Munoz AIP (2010) Length-weight relationships of freshwater fish species caught in three Greek lakes. *Journal of Biological Research* **14**: 219-224.
- Bobori DC, Tsikliras AC, Kleanthidis PK, Stergiou KI (2005) Growth of freshwater fishes from the Balkans and Turkey. In: Stergiou KI and Bobori DC (Eds) *Fish and more: 3rd Mini FishBase Symposium*. University Studio Press, Thessaloniki. p. 41-43.
- Brett JR (1979) Environmental factors and growth. In: Hoar WS, Randall DJ and Brett JR (Eds). *Fish Physiology, Vol. VIII*. Academic Press, New York and London. pp. 599-675.
- Briggs JC, Paxton JR, Eschmeyer WN (Eds) (1994) *Encyclopedia of Fishes*. New South Wales University Press, Sydney. *Bull. mar. biol. Lab. Woods Hole* **90**: 141-147.
- Brooks JL, Dodson SI (1965) Predation, body size and composition of plankton. *Science* **150**: 28-35.
- Burrough RJ, Kennedy CR (1979) The occurrence and natural alleviation of stunting in a population of roach, *Rutilus rutilus* (L.). *Journal of Fish Biology* **15**: 93-109.
- Campana SE (2001) Accuracy, precision and quality control in age determination, including a review of the use and abuse of age validation methods. *Journal of Fish Biology* **59**: 197-242.
- Campana SE, Thorrold SR (2001) Otoliths, increments and elements: keys to a comprehensive understanding of fish populations? *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* **58**: 30-38.
- Carlander KD (1966) Relationship of limnological features to growth of fishes in lakes. *Verh. Internat. Verein. Limnol.* **16**: 1172-1175.
- Carlander KD (1969) *Handbook of freshwater fishery biology*, Vol. 1. The Iowa State University Press, Ames, IA. 752 p.
- Carlander KD (1977) *Handbook of freshwater fishery biology*, Vol. 2. The Iowa State University Press, Ames, IA. 431 p.

- Casselman JM (1987) Determination of age and growth. In *The Biology of Fish Growth*. Weatherley AH & Gill HS (Eds). Academic Press, London. pp. 209-242.
- CEN, European Committee for Standardization (2005) Water quality – Sampling of fish with multi-mesh gill nets. Brussels. p. 3-26.
- Chappaz R, Brun G, Olivari G (1990) Les facteurs de developpement du Gardon, *Rutilus rutilus* (L.), introduit dans une retenue oligotrophe recente: analyse des parametres mesologiques (temperatures) et biologiques. *C. R. Acad. Sci. Paris* **310**: 27-33.
- Christophoridis C, Fytianos K (2006) Conditions Affecting the Release of Phosphorus from Surface Lake Sediments. *J. Environ. Qual.* **35**: 1181-1192.
- Clay D (1982) A comparison of different methods of age determination in the sharptooth catfish *Claris gariepinus*. *J. Limnol. SOCS. Afr.* **8** (2): 61-70.
- Cook CM, Vardaka E, Lanaras T (2004) Toxic cyanobacteria in Greek Freshwaters, 1987-2000: Occurrence, toxicity, and impacts in the Mediterranean region. *Acta Hydroch. Hydrob.* **32**: 107-124.
- Cowx IG (1988) Distribution and variation in the growth of roach, *Rutilus rutilus* (L.), and dace, *Leuciscus leuciscus* (L.), in a river catchment in south-west England. *Journal of Fish Biology* **33**: 59-72.
- Cragg-Hine D (1964) The biology of the coarse fish of Willow Brook, Northamptonshire. Ph.D. thesis, University of Liverpool.
- Cragg-Hine D, Jones JW (1969) The growth of the dace *Leuciscus leuciscus* (L.), roach *Rutilus rutilus* (L.), and chub *Squalius cephalus* (L.) in Willow Brook, Northamptonshire. *J. Fish. Biol.* **1**: 59-82.
- Creaser CW (Ed) (1926) The Structure and Growth of the Scales of Fishes in Relation to the Interpretation of their Life-History, with special Reference to the Sunfish *Eupomotis gibbosus*. University of Michigan, Museum of Zoology, Ann Arbor, Michigan. 64 p.
- Cury P, Pauly D (2000) Patterns and propensities in reproduction and growth of fishes. *Ecological Research* **15**: 101-106.
- Depczynski M, Bellwood DR (2005) Shortest recorded vertebrate lifespan found in a coral reef fish. *Current Biology* **15**: R288-R289.
- Diamandithis GC (1984) Seasonal variations of primary productivity and biomass in Lake Vegoritis. *Geotechnica* **4**: 93-107.
- Economidis PS (1991) Check List of Freshwater Fishes of Greece (recent status of threats and protection). *Hellenic Society for the Protection of Nature*. Special publication. 48 p.
- Economidis PS, Banarescu PM (1991) The distribution and origins of freshwater fishes in the Balkan Peninsula, especially in Greece. *Int. Rev. Ges. Hydrobiol.* **76**: 257-283.
- Economidis PS, Sinis AI (1991) *Alosa macedonica* (Vinciguerra, 1921). In: Hoestlandt H (Ed). *The freshwater fishes of Europe. Vol. 2. Clupeidae, Anguillidae*. AULA-Verlag Wiesbaden. pp. 297-308.

- Economou AN, Giakoumi S, Vardakas L, Barbieri R, Stoumboudi M, Zogaris S (2007) The freshwater ichthyofauna of Greece - an update based on a hydrographic basin survey. *Mediterranean Marine Science* **8** (1): 91-166.
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2010) Yearbook of Fishery and Aquaculture Statistics, Capture and Aquaculture production. Fisheries and Aquaculture Department, Rome, Italy.
- Ford E (1933) An account of the herring investigations conducted at Plymouth during the years from 1924 to 1933. *J. mar. biol. Ass. U.K.* **19**: 305-384.
- Fotis G, Kilikidis S, Kamarianos A (1984) Study of the pollution and productivity of Lake Vegoritis. *Geotechnica* **3**: 74-79.
- Francis RICC (1990) Back-calculation of fish length: a critical review. *Journal of Fish Biology* **36**: 883-902.
- Fraser CM (1916) Growth of the spring Salmon. *Transactions of the Pacific Fisheries Society* **1915**: 29-39.
- Freyhof J, Kottelat M (2008) *Rutilus rutilus*. In: IUCN 2013. IUCN Red List of Threatened Species. Version 2013.2.
- Frimodt C (1995) Multilingual illustrated guide to the world's commercial coldwater fish. Fishing News Books, Osney Mead, Oxford, England. 215 p.
- Froese R (2000) Evaluating length-weight relationships. In: *FishBase 2000: concepts, design and data sources*. Froese R and Pauly D (Eds). ICLARM, Los Banos, Laguna, Philippines. 133 p.
- 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, 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.
- Froese R, Pauly D (2013) FishBase. World Wide Web electronic publication. www.fishbase.org, version (10/2013).
- Froese R, Tsikliras A, Stergiou KI (2011) Editorial note on weight-length relations of fishes. *Acta Ichthyol. Piscat.* **41** (4): 261-263.
- Fytianos K, Kotzakioti A (2005) Sequential fractionation of phosphorus in lake sediments of Northern Greece. *Environmental Monitoring and Assessment* **100**: 191-200.
- Fytianos K, Laurantou A (2004) Speciation of elements in sediment samples collected at lakes Volvi and Koronia, N. Greece. *Environment International* **30**: 11-17.
- Fytianos K, Muntau H (1999) Evaluation of chemical parameters in lake Vegoritis, Northern Greece. *Toxicological & Environmental Chemistry* **70**: 95-102.
- Fytianos K, Tsaniklidi B (1998) Leachability of heavy metals in Greek fly ash from coal combustion. *Environment International* **24**: 477-486.

- Gantidis N, Pervolarakis M, Fytianos K (2007) Assessment of the quality characteristics of two lakes (Koronia and Volvi) of N. Greece. *Environmental Monitoring and Assessment* **125**: 175-181.
- Gee AS (1978) The distribution and growth of coarse fish in gravel-pit lakes in southeast England. *Freshwat. Biol.* **8**: 385-394.
- Gianniou SK, Antonopoulos VZ (2007) Evaporation and energy budget in Lake Vegoritis, Greece. *Journal of Hydrology* **345**: 212-223.
- Gkelis S, Rajaniemi P, Vardaka E, Moustaka-Gouni M, Lakaras T, Sivonen K (2005) *Limnothrix redekei* (Van Goor) Meffert (cyanobacteria) strains from Lake Kastoria, Greece, form a separate phylogenetic group. *Microb Ecol* **49**: 176-182.
- Goldspink CR (1978) Comparative observations on the growth rate and year class strength of roach *Rutilus rutilus* (L.) in two Cheshire lakes, England. *Journal of Fish Biology* **12**: 421-433.
- Goldspink CR (1979) The population density, growth rate and production of roach *Rutilus rutilus* (L.) in Tjeukemeer, The Netherlands. *Journal of Fish Biology* **15**: 473-498.
- Graynoth E (1987) Growth of landlocked sockeye salmon (*Oncorhynchus nerka*) in New Zealand. *N.Z. J. Mar. Freshwat. Res.* **21**: 15-30.
- Gulland JA (1969) Manual of Methods for Fish Stock Assessment. Part 1. Fish Population Analysis. *FAO Man. Fish. Sci.* **4**: 154 p.
- Gulland JA, Holt SJ (1959) Estimation of growth parameters for data at unequal time intervals. *Journal de Conseil Conseil International pour l'Exploration de la Mer* **25**: 47-49.
- Guseva LN (1990) Food and feeding ratios of the Amur Snakehead, *Channo argus warpachowskii* in water bodies in the lower reaches of the Amu Darya. *J. Ichthyol.* **30** (4): 11-21.
- Halley JM, Stergiou KI (2005) The implications of increasing variability of fish landings. *Fish and Fisheries* **6**: 266-276.
- Hansen LP (1981) Age, growth and maturity of roach, *Rutilus rutilus* (L.), in Lake Øyeren, SE Norway. *Fauna-Blindern* **34**: 20-27.
- Hartley PHT (1947) The natural history of some British freshwater fishes. *Proc. zool. Soc. Lond.* **117**: 129-206.
- Hellawell JM (1972) The growth, reproduction and food of the roach *Rutilus rutilus* (L.) of the River Lugg, Herefordshire. *J. Fish Biol.* **4**: 469-486.
- Hile R (1936) Age and growth of the cisco *Leucichthys artedi* (Le Sueur), in the lakes of the north-eastern highlands, Wisconsin. *U.S. Bureau Fish.* **48**: 211-317.
- Hornatkiewicz-Zbik A (2003) Fecundity of roach *Rutilus rutilus* (L.) from the coastal lakes Gardno and Lebsco. *Piscaria* **2** (1): 71-86.
- Horppila J (1999) Diel changes in diet composition of an omnivorous cyprinid - a possible source of error in estimating food consumption. *Hydrobiologia* **400**: 33-39.

- Horpila J, Nyberg K (1999) The validity of different methods in the backcalculation of the lengths of roach—a comparison between scales and cleithra. *Journal of Fish Biology* **54**: 489-498.
- Huusko A (1990) Kuusinkijoen kalatalousselvitys. (Study on the fisheries of the River Kuusinkijoki). Riista-ja kalatalouden tutkimuslaitos. Kalatutkimuksia 14. Helsinki, Finland. Publication of the Finnish Game and Fisheries Research Institute (in Finnish).
- Jamet JL (1994) Feeding activity of adult roach (*Rutilus rutilus* (L.)), perch (*Perca fluviatilis* L.) and ruffe (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) in eutrophic lake Aydat (France). *Aquat. Sci.* **56** (4): 376-387.
- Jamet JL, Desmolles F (1994) Growth, Reproduction and Condition of Roach (*Rutilus rutilus* (L.)), Perch (*Perca fluviatilis*, L.) and Ruffe (*Gymnocephalus cernuus* (L.)) in Eutrophic Lake Aydat (France). *Internationale Revue der Gesamten Hydrobiologie* **79**: 305-322.
- Jones JW (1953) Part I. Scales of Roach. Part II. Age and growth of the trout, grayling, perch and roach of Llyn Tegid (Bala) and the roach from the River Birket. *Fishery Invest. Lond. Ser. I* (I) **5**: 1-18.
- Jyväsjärvi J, Aroviita J, Hämäläinen H (2011) Evaluation of approaches for measuring taxonomic completeness of lake profundal macroinvertebrate assemblages. *Freshwater Biology* **56**: 1876-1892.
- Kagalou I, Leonardos I (2009) Typology, classification and management issues of Greek lakes: implication of the Water Framework Directive (2000/60/EC). *Environ. Monit. Assess.* **150**: 469-484.
- Kaiserli A, Voutsas D, Samara C (2002) Phosphorus fractionation in lake sediments: Lakes Volvi and Koronia, N. Greece. *Chemosphere* **46**: 1147-1155.
- Kangur K, Kangur A, Kangur P (1999) A comparative study on the feeding of eel, *Anguilla anguilla* (L.), bream, *Abramis brama* (L.) and ruffe, *Gymnocephalus cernuus* (L.) in Lake Võrtjärvi, Estonia. *Hydrobiologia* **408/409**: 65-72.
- Ketmaier V, Bianco PG, Durand JD (2008) Molecular systematics, phylogeny and biogeography of roaches (*Rutilus*, Teleostei, Cyprinidae). *Molecular Phylogenetics and Evolution* **49**: 362-367.
- Keys AB (1928) The weight-length relationship in fishes. Proceedings of the National Academy of Science, Vol. XIV, no. 12, Washington, DC. pp. 922-925.
- Kleanthidis PK, Sinis AI, Stergiou KI (1999) Length-weight relationships of freshwater fishes in Greece. *Naga, ICLARM Q.* **22** (4): 37-41.
- Kleanthidis PK, Sinis AI, Stergiou KI (1999) Length-weight relationships for freshwater fishes in Greece. *Naga, The ICLARM Quarterly* **22** (4): 25-28.
- Kleanthidis PK, Stergiou KI (2006) Growth parameters and length-length relationships of Greek freshwater fishes. In: Palomares MLD, Stergiou KI, Pauly D (Eds) *Fishes in Databases and Ecosystems*. Fisheries Centre Research Reports **14** (4): 69-77. Fisheries Centre, University of British Columbia, Canada.

- Kogan AV, Nekrasova NP, Popova IK (1980) Feeding peculiarities of the young of the roach, *Rutilus rutilus* and perch, *Perca fluviatilis*, during downstream migration. *J. Ichthyol.* **20** (3): 106-113.
- Kottelat M, Freyhof J (2007) Handbook of European freshwater fishes. Publications Kottelat, Cornol, Switzerland. 646 p.
- Koussouris T, Diapoulis A, Balopoulos E (1987) Limnological situations in two shallow Greek Lakes (Kastoria and Mikri Prespa Lakes). *GeoJournal* **14** (3): 377-379.
- Koussouris T, Diapoulis A, Bertahas I (1991) Evaluating Trophic Status and Restoration Procedures of a Polluted Lake, Lake Kastoria, Greece. *GeoJournal* **23** (2): 153-161.
- Koussouris T, Diapoulis A, Photis G (1985) For the development and protection of freshwater resources in Greece. II. Lake Kastoria. Spec. Pub. IOFR, Greece. **10**: 126 pp.
- Koussouris TS, Bertakos TI, Diapoulis AC (1992) Background trophic state of Greek lakes. *Fresenius Environ. Bull.* **1**: 96-101.
- Koutrakis ET, Tsikliras AC (2003) Length-weight relationships of fishes from three northern Aegean estuarine systems (Greece). *J. Appl. Ichthyol.* **19**: 258-260.
- Lagler K (1978) Capture, sampling and examination of fishes. In: Bagenal TB (Ed), *Methods for Assessment of Fish Production in Fresh Waters*. Blackwell Scientific Publications, London. pp. 7-47.
- Lappalainen J, Tarkan AS, Harrod C (2008) A meta-analysis of latitudinal variations in life-history traits of roach, *Rutilus rutilus*, over its geographical range: linear or non-linear relationships? *Freshwater Biology* **53**: 1491-1501.
- Larmuseau MH, Freyhof DJ, Volckaert FAM, Van Houdt JKJ (2009) Matrilinear phylogeography and demographical patterns of *Rutilus rutilus*: implications for taxonomy and conservation. *Journal of Fish Biology* **75**: 332-353.
- Le Cren ED (1947) The determination of the age and growth of the perch (*Perca fluviatilis*) from the opercular bone. *J. Anim. Ecol.* **16**: 188-204.
- Le Cren ED (1951) The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the Perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.* **20**: 201-219.
- Lea E (1910) On the methods used in the herring investigations. *Publications de Circonstance, Conseil Permanent International pour l'Exploration de la Mer* **53**: 1-174.
- Lee RM (1920) A review of the methods of age and growth determination in fishes by means of scales. *Fishery Investigations, Marine Fisheries, London, Series II* **4** (2): 1-32.
- Leonardos ID, Kagalou I, Tsoumani M, Economidis PS (2008) Fish fauna in a protected Greek lake: biodiversity, introduced fish species over a 80-year period and their impacts on the ecosystem. *Ecol. Freshw. Fish* **7**: 239-250.
- Linfield RSJ (1979) Age determination and year class structure in a stunted roach, *Rutilus rutilus* population. *Journal of Fish Biology* **14**: 73-87.

- MacCrimmon HR (1979) Comparative annulus formation on anatomical structures of the white sucker, *Catostomus commersoni* (Lacépède). *Fish. Mgmt* **10** (3): 123-128.
- Maitland PS, Campbell RN (1992) Freshwater fishes of the British Isles. HarperCollins Publishers, London. 368 p.
- Mann RHK (1973) Observations on the age, growth, reproduction and food of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in two rivers in southern England. *J. Fish Biol.* **5**: 707-736.
- Mann RHK, Mills CA, Crisp DT (1984) Geographical variation in the life-history tactics of some species of freshwater fish. In: Fish reproduction: strategies and tactics. G. W. Potts and R. J. Wootton (Eds). Academic Press, London. pp. 171-186.
- Mantzafleri N, Psilovikos A, Blanta A (2009) Water Quality Monitoring and Modeling in Lake Kastoria, Using GIS. Assessment and Management of Pollution Sources. *Water Resour. Manage.* **23**: 3221-3254.
- Marinov B (1989) Taxonomy, faunology and biology of species from family Cyprinidae and Cottidae (Pisces) in Bulgaria. Ph.D. Thesis, Faculty of Biology, Sofia University "St. Kl. Ohridski" (in Bulgarian).
- Martin WR (1949) The mechanics of environmental control of body form in fishes. *Ontario Fish. Res. Lab.* **58**: 1-91.
- Masterman AT (1923) Report on the scales of certain freshwater fish in relation to age. *Fishery Invest. Lond. Ser. I* **1**: 4-16.
- Michelsen K, Pedersen J, Christoffersen K, Jensen F (1994) Ecological consequences of food partitioning for the fish population structure in a eutrophic lake. *Hydrobiologia* **291** (1): 35-45.
- Monastyrsky GM (1926) Methods for determining growth of fish from scale measurements. In *Sbornik Statei po Metodike Opred., Vozrasta I Rosta Ryb., Krasnoyarsk*.
- Mourkides GA, Tsikritsis GE, Tsiouris SE, Menkisoglou U (1978) The lakes of northern Greece. I. Trophic status. In: *Scientific Annals of the School of Agriculture and Forestry, Section of Agriculture*. University of Thessaloniki, Thessaloniki **21** (5): 33-131.
- Moustaka-Gouni M (1988) The structure and dynamics of the phytoplankton assemblages in Lake Volvi, Greece. I. Phytoplankton composition and abundance during the period March 1984–March 1985. *Archiv für Hydrobiologie* **112**: 251-264.
- Moustaka-Gouni M (1993) Phytoplankton succession and diversity in a warm monomictic, relatively shallow lake: Lake Volvi, Macedonia, Greece. *Hydrobiologia* **249**: 33-42.
- Moustaka-Gouni M, Vardaka E, Tryfon E (2006) Phytoplankton species succession in a shallow Mediterranean lake (L. Kastoria, Greece): steady-state dominance of *Limnithrix Redekii*, *Microcystis aeruginosa* and *Cylindrospermopsis raciborskii*. *Hydrobiologia* **575** (1):129-140.

- Munro JL, Pauly D (1983) A simple method for comparing the growth of fishes and invertebrates. *Fishbyte* **1** (1): 5-6.
- Naddafi R, Abdoli A, Hassanzadeh Kiabi B, Mojazi Amiri B, Karami M (2005) Age, growth and reproduction of the Caspian roach (*Rutilus rutilus caspicus*) in the Anzali and Gomishan wetlands, North Iran. *Journal of Applied Ichthyology* **21**: 492-497.
- Nelson JS (2006) Fishes of the world. 4th edition. John Wiley & Sons, Inc., New York. Wiley. 600 p.
- Nielsen LA, Johnson D (Eds) (1985) Fisheries Techniques. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland. p. 301-322.
- Nikolaidis NP, Koussouris T, Fotis G, Papachristou E (1985) Trophic status assessment of Lake Vegoritida, Greece. *ISEM Journal* **7**: 11-25.
- Nikolskii GV (1957) Spezielle Fischkunde. VEB Deutscher Verlag der Wissenschaften, Berlin. 632 p.
- Olin M, Rask M, Ruuhljärvi J, Kurkilahti M, Ala-Opas P, Ylönen O (2002) Fish community structure in mesotrophic and eutrophic lakes of southern Finland: the relative abundances of percids and cyprinids along a trophic gradient. *Journal of Fish Biology* **60**: 593-612.
- Papadopol M, Chisalescu A (1981) Componenta ihtiofaunei, structura populațiilor și parametrii creșterii speciilor de masă din complexul de chioluri Rosu-Puiu-Delta Dunării. *Bul. Cercet. Pesci.* **3** (34): 1-2, 79-104.
- Papageorgiou N (1979) The length-weight relationship, age, growth and reproduction of the roach *Rutilus rutilus* (L.) in Lake Volvi. *J. Fish Biol.* **14**: 529-538.
- Pauly D (1978) A preliminary compilation of fish length growth parameters. *Ber. Inst. Meereskd. Christian-Albrechts-Univ. Kiel.* **55**: 1-200.
- Pauly D (1980) On the interrelationships between natural mortality, growth parameters, and mean environmental temperature in 175 fish stocks. *J. Cons. Int. Explor. Mer.* **39**: 175-192.
- Pauly D (1981) The relationships between gill surface area and growth performance in fish: a generalization of von Bertalanffy's theory of growth. *Berichte der Deutschen Wissenschaftlichen Kommission für Meeresforschung* **28** (4): 251-282.
- Pauly D (1984) Fish Population Dynamics in Tropical Waters: A Manual for Use with Programmable Calculators. ICLARM Studies and Reviews 8, International Center for Living Aquatic Resources Management, Manila, Philippines. 325 p.
- Pauly D (1994) On the Sex of Fish and the Gender of Scientists: a collection of essays in fisheries science. *Fish and Fisheries Series 14*, London: Chapman and Hall. 250 p.
- Pauly D (1998) Beyond our original horizons: the tropicalization of Beverton and Holt. *Reviews in Fish Biology and Fisheries* **8**: 307-334.
- Pauly D, Christensen V, Dalsgaard J, Froese R, Torres F Jr (1998) Fishing down marine food webs. *Science* **279**: 860-863.

- Pauly D, Froese R, Palomares ML, Stergiou KI (2008) FISH ON LINE. A guide to learning and teaching ichthyology using the FishBase Information System, Version 2.
- Pauly D, Morgan GR (Eds) (1987) Length-based methods in fisheries research. *ICLARM Conf. Proc.* **13**: 468 p.
- Pauly D, Munro JL (1984) Once more on the comparison of growth in fishes and invertebrates. *Fishbyte* **2** (1): 21-22.
- Payne AI (1979) Physiological and ecological factors in the development of fish culture. *Symp. Zool. Soc. London* **44**: 383-415.
- Penczak T (1999) Fish production and food consumption in the Warta river (Poland): continued post-impoundment study (1990-1994). *Hydrobiologia* **416**: 107-123.
- Persson L (1983b) Effects of intra- and interspecific competition on dynamics and size structure of a perch *Perca fluviatilis* and a roach *Rutilus rutilus* population. *Oikos* **41**: 126-132.
- Persson L (1987) Effects of habitat and season on competitive interactions between roach (*Rutilus rutilus*) and perch (*Perca fluviatilis*). *Oecologia* **73**: 170-177.
- Persson L, Diehl S, Johansson L, Andersson G, Hamrin SF (1991) Shifts in fish communities along the productivity gradient of temperate lakes—patterns and the importance of size - structured interactions. *Journal of Fish Biology* **38**: 81-293.
- Persson L, Greenberg LA (1990) Juvenile competition bottlenecks: the perch (*Perca fluviatilis*) - roach (*Rutilus rutilus*) interaction. *Ecology* **71**: 44-56.
- Petaloti C, Voutsas D, Samara C, Sofoniou M, Stratis I, Kouimtzis T (2004) Nutrient dynamics of shallow lakes of Northern Greece. *Environmental Science and Pollution Research* **11**: 11-17.
- Petersen CGJ (1891) Eine Methode zur Bestimmung des Alters und Wuchses der Fische. *Mitteilungen der Deutch Seefischerei* **11**: 226-235.
- Petriki O, Gousia E, Bobori DC (2011) Weight–length relationships of 36 fish species from the River Strymon system (northern Greece). *Journal of Applied Ichthyology* **27**: 939-941.
- Pinder AC (2001) Keys to larval and juvenile stages of coarse fishes from fresh waters in the British Isles. Freshwater Biological Association. The Ferry House, Far Sawrey, Ambleside, Cumbria, UK. Scientific Publication No. 60. 136 p.
- Ponton D, Gerdeaux D (1987) La population du gardon (*Rutilus rutilus* (L.)) du lac Lemans en 1983-85. Structure en âge, déterminisme du recrutement, analyse de la croissance. *Bull. Fr. Peche Piscic.* **305**: 43-53.
- Pulliainen E, Korhonen K (1990) Seasonal changes in condition indices in adult mature and non-maturing burbot, *Lota lota* (L.), in the north-eastern Bothnian Bay, northern Finland. *Journal of Fish Biology* **36** (2): 251-259.
- Reznick D, Ghalambor C, Nunney L (2002) The evolution of senescence in fish. *Mechanisms of Ageing and Development* **123**: 773-789.

- Ricker WE (1958) Handbook of computations for biological statistics of fish populations. *Fish. Res. Board Can.* **119**: 1-300.
- Ricker WE (1975) Computation and interpretation of biological statistics of fish populations. *Bull. Fish. Res. Board Can.* **191**: 1-382.
- Riede K (2004) Global register of migratory species - from global to regional scales. Final Report of the R&D-Projekt 808 05 081. Federal Agency for Nature Conservation, Bonn, Germany. 329 p.
- Riehl R, Baensch HA (1991) Aquarien Atlas. Band. 1. Melle: Mergus, Verlag für Natur-und Heimtierkunde, Germany. 992 p.
- Schneider JC, Laarman PW, Gowing H (2000) Age and growth methods and state averages. Chapter 9 in Schneider JC (Ed). Manual of fisheries survey methods II: with periodic updates. Michigan Department of Natural Resources, Fisheries Special Report 25, Ann Arbor.
- Secor DH, Dean JM, Campana SE (Eds) (1995a) *Recent Developments in Fish Otolith Research*. University of South Carolina Press, Columbia.
- Skoulikidis M (2001) Levels and possible origin of heavy metals in the sediments of Lake Vegoritis. *Bulletin of the Greek Geological Society* **VVVIV**: 1123-1130.
- Skoulikidis N, Bertachas I, Koussouris T (1998) The environmental state of fresh water resources in Greece (rivers and lakes). *Environ. Geol.* **36**: 1-17.
- Skoulikidis N, Kaberi H, Sakellariou D (2008) Patterns, origin and possible effects of sediment pollution in a Mediterranean lake. *Hydrobiologia* **613**: 71-83.
- Sommer U, Gliwicz Z, Lampert W, Duncan A (1986) The PEG-model of seasonal succession of planktonic events in fresh waters. *Arch. Hydrobiol.* **106**: 433-471.
- Spanovskaya VD, Grigorash VA, Lebedeva TV, Rekubratskiy VA (1980) On the dynamics of feeding of young fish from Mozhaysk Reservoir in various years. *J. Ichthyol.* **20** (1): 74-83.
- Sparre P, Ursin E, Venema SC (1989) Introduction of tropical fish stock assessment. Part 1: Manual. *FAO Fisheries Technical Paper* **306** (1): 337 p.
- Specziár A, Tölg L, Biró P (1997) Feeding strategy and growth of cyprinids in the littoral zone of Lake Balaton. *J. Fish Biol.* **51**: 1109-1124.
- Staras M, Cernisencu I, Navodaru I (1995) Studiul cresterii principalelor specii de pesti din complexul Razim-Sinoe. *Aquaropi, Galaxi, Romania*. p. 417-420.
- Stefanidis K, Papastergiadou E (2012) Relationships between lake morphometry, water quality, and aquatic macrophytes, in greek lakes. *Fresenius Environmental Bulletin* **21**: 3018-3026.
- Stefouli M, Dimitrakopoulos D, Papadimitrakakis J, Charou E (2005) Monitoring and assessing internal waters (lakes) using operational space born data and field measurements. *European Water* **9** (10): 25-33.
- Stergiou KI (2002) Overfishing, tropicalization of fish stocks, uncertainty and ecosystem management: resharpening Ockham's razor. *Fisheries Research* **55**: 1-9.

- Stolyarov IA (1985) Dietary features of catfish, *Silurus glanis*, and pike-perch *Stizostedion lucioperca*, in Kyzlyarsk Bay, northern Caspian Sea. *J. Ichthyol.* **25** (2): 140-145.
- Tarkan A, Gaygusuz O, Acipinar H, Gürsoy C, Ozulug M (2006) Length-weight relationship of fishes from the Marmara region (NW-Turkey). *J. Appl. Ichthyol.* **22**: 271-273.
- Taylor CC (1958) Cod growth and temperature. *J. Cons., Cons. Int. Explor. Mer.* **23**: 366-370.
- Taylor CC (1962) Growth equations with metabolic parameters. *J. Cons., Cons. Int. Explor. Mer.* **27** (3): 270-286.
- Tesch FW (1968) Age and growth. In: *Methods for assessment of fish production in fresh waters*. Ricker WE (Ed). Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 93-123.
- Traganos G, Ulrich J, Steuber T (1995) Isotopic characteristics of geothermal waters and fossil spring deposits in Mygdonia basin, Northern Greece. *Geothermics* **24**: 61-80.
- Triantafyllidis A, Bobori DC, Koliamitra C, Gbandi E, Mpanti M, Petriki O, Karaïskou N (2011) DNA barcoding analysis of fish species diversity in four north Greek lakes. *Mitochondrial DNA* **22** (S1): 37-42.
- Tsoumani M, Apostolidis AP, Leonardos ID (2013a) Biogeography of *Rutilus* species of the southern Balkan Peninsula as inferred by multivariate analysis of morphological data. *Journal of Zoology* **289** (3): 204-212.
- Tsoumani M, Apostolidis AP, Leonardos ID (2013b) Length-weight relationships of *Rutilus* species from fifteen Greek lakes. *Journal of Applied Ichthyology* **29**: 297-298.
- Tyurin PV (1927) About the relation between the length of the fish and its weight. *Rep. Ichth. Lab. Siberia* **2** (3): 3-21.
- Ursin E (1979) Principles of growth in fishes. *Symposia of the Zoological Society of London* **44**: 63-87.
- Vardaka E, Moustaka-Gouni M, Cook CM, Lanaras T (2005) Cyanobacterial blooms and water quality in Greek waterbodies. *J. Appl. Phycol.* **17**: 391-401.
- Vardaka E, Moustaka-Gouni M, Lanaras T (2000) Temporal and spatial distribution of planktic cyanobacteria in Lake Kastoria, Greece, a shallow, urban lake. *Nord. J. Bot.* **20**: 501-511.
- Vehanen T, Hyvärinen P, Huusko A (1998) Food consumption and prey orientation of piscivorous brown trout (*Salmo trutta*) and pikeperch (*Stizostedion lucioperca*) in a large regulated lake. *Journal of Applied Ichthyology* **14** (1-2): 15-22.
- Walford LA (1946) A new graphic method for describing the growth of animals. *Biol.*
- Wallin G (1957) On the growth, structure and developmental physiology of the scales of fishes. *Rep. Inst. Freshwat. Res. Drottningholm.* **38**: 385-447.
- Walton CI (1983) Growth parameters for typical anadromous and dwarf stocks of alewives *Alosa pseudoharengus* (Pisces, Clupeidae). *Environmental Biology of Fishes* **9** (3/4): 277-287.

- Wieski K, Zalachowski W (2000) Growth of roach *Rutilus rutilus* (L.) in the river Odra estuary. *Acta Ich. Piscat.* **30** (1): 3-17.
- Williams WP (1967) The growth and mortality of four species of fish in the River Thames at Reading. *J. Anim. Ecol.* **36**: 695-720.
- Wootton RJ (1992) Fish Ecology. Chapman & Hall, New York. 212 p.
- Wootton RJ (1999) Ecology of Teleost Fishes. Kluwer academic Publishers, Netherlands. 386 p.
- Wyatt RJ, Kennedy CR (1988) The effects of a change in the growth rate of roach, *Rutilus rutilus* (L.), on the biology of the fish tapeworm *Ligula intestinalis* (L.). *Journal of Fish Biology* **33**: 45-57.
- Zacharias I, Bertachas I, Skoulikidis N, Koussouris T (2002) Greek Lakes: Limnological overview. *Lakes & Reservoirs: Research and Management* **7**: 55-62.
- Zarfdjian MH, Economidis PS, Sinis A (1996) Large zooplankton predation by fish in Lake Volvi (Macedonia, Greece). In: *Conditions of the World's Aquatic Habitats*. Armantrout NB and Wolotira RJ (Ed). Oxford & IBH Publishing Co. Pvt. Ltd. New Delhi, Bombay, Calcutta.
- Zarfdjian MH, Vranovsky M, Economidis PS (1990) The planktonic invertebrates of Lake Volvi. *Int. Bevueges. Hydrobiol.* **75**: 403-412.
- Zivkov M, Raikova-Petrova G (2001) Comparative analysis of age composition, growth rate and condition of roach, *Rutilus rutilus* (L.) in three bulgarian reservoirs. *Acta zool. bulg.* **53** (1): 47-60.
- Zar JH (1984) Biostatistical Analysis, 2nd Edition. Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliifs, New Jersey, USA. 718 p.

7.2 Ελληνόγλωσση Βιβλιογραφία

- Αλεξίου ΕΙ (2013) Αλιευτική, περιβαλλοντική και αναπτυξιακή εκτίμηση των λιμνών της Θεσσαλίας (Λίμνη Ταυρωπού) και της δυτικής Μακεδονίας (Λίμνες Μικρή και Μεγάλη Πρέσπα και Καστοριάς). Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 126 σελ.
- Αυτζή Χ (2010) Εφαρμογή της προτεινόμενης από την Οδηγία 2000/60/ΕΚ μεθοδολογίας CEN για την εκτίμηση της ιχθυοκοινότητας στη λίμνη Βόλβη (Υδατικό διαμέρισμα Κεντρικής Μακεδονίας). Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΔΠΜΣ «Οικολογική Ποιότητα και Διαχείριση Υδάτων σε επίπεδο Λεκάνης Απορροής» Τμημάτων Βιολογίας, Γεωλογίας και Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 97 σελ.
- Κασεκτζίδου Μ (2009) Το χειμαρρικό περιβάλλον της Λίμνης Βεγορίτιδας. Παρελθόν – παρόν – μέλλον. Μεταπτυχιακή Διατριβή, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 174 σελ.
- Κατσιάπη Μ (2012) Εκτίμηση της ποιότητας του νερού σε λίμνες και ταμιευτήρες πόσιμοι νερού της Ελλάδας με τη χρήση οικολογικών και μοριακών δεικτών. Διδακτορική Διατριβή. Τμήμα Βιολογίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 159 σελ.
- Κυρίτση Σ (2008) Οικολογία του τσιρωνιού *Rutilus rutilus* (L.) στη Λίμνη Βόλβη. Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Δασολογίας και Φυσικού Περιβάλλοντος ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 160 σελ.
- Λατινόπουλος Δ (2009) Παρατηρήσεις στο φυτοπλαγκτό και ζωοπλαγκτό της Λίμνης της Καστοριάς. Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Τμήμα Βιολογίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 69 σελ.
- Λεγάκις Α, Μαραγκού Π (2009) Το Κόκκινο Βιβλίο των Απειλούμενων Ζώων της Ελλάδας. Ελληνική Ζωολογική Εταιρεία, Αθήνα. 528 σελ.
- Μουστάκα Μ (2010) Καθορισμός συνθηκών αναφοράς σε λίμνες για φυτοπλαγκτό-Επιστημονική ανασκόπηση σχεδιασμού παρακολούθησης λιμνών και ταξινόμηση με βάση το φυτοπλαγκτό της οικολογικής κατάστασης των λιμνών. Τεχνική Έκθεση. Φορέας χρηματοδότησης: Μουσείο Φυσικής Ιστορίας Γουλανδρή – Ελληνικό Κέντρο Βιοτόπων-Υγροτόπων.
- Μπόμπορη ΔΧ, Ψαλτοπούλου ΧΔ (2012) Οδηγός Ψαριών Εθνικού Πάρκου Υγροτόπων των Λιμνών Κορώνειας-Βόλβης και Μακεδονικών Τεμπών. Εκδότης: Φορέας Διαχείρισης Λιμνών Κορώνειας-Βόλβης. Λαγκαδάς.
- Ναυροζίδου ΒΔ (2012) Οικολογική ποιότητα και συνθήκες τροφοδοσίας νερού της λίμνης Βεγορίτιδας. Μεταπτυχιακή Διατριβή. Τμήμα Βιολογίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη.
- Ντισλίδου Χ (2012) Συμβολή των βενθικών μακροασπονδύλων στην οικολογική ποιότητα λιμνών. Μεταπτυχιακή Διατριβή ειδίκευσης, ΔΠΜΣ «Οικολογική Ποιότητα και Διαχείριση Υδάτων σε επίπεδο Λεκάνης Απορροής» Τμημάτων Βιολογίας, Γεωλογίας και Πολιτικών Μηχανικών ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 180 σελ.

- Οδηγία 2000/60/EK του Ευρωπαϊκού Κοινοβουλίου και του Συμβουλίου της 23^{ης} Οκτωβρίου 2000 για τη θέσπιση πλαισίου κοινοτικής δράσης στον τομέα της πολιτικής των υδάτων. Επίσημη Εφημερίδα των Ευρωπαϊκών Κοινοτήτων, L327/1, Luxembourg.
- Παυλόπουλος Κ, Σκέντος Α, Κοταμπάση Χ (2008) Γεωμορφολογική χαρτογράφηση της υδρολογικής λεκάνης της λίμνης Καστοριάς (Ορεστιάδας) και η γεωμορφολογική της εξέλιξη κατά το ανώτερο πλειστόκαινο-ολόκαινο. *Δελτίον της Ελληνικής Γεωλογικής Εταιρείας* **42** (1): 79-93.
- Πετρίκη Ο, Μπόμπορη ΔΧ (2011) Ιχθυολογική διερεύνηση της λίμνης της Καστοριάς. Πρακτικά 33^{ου} Επιστημονικού Συνεδρίου Ελληνικής Εταιρείας Βιολογικών Επιστημών, 19-21 Μαΐου, Έδεσσα. σελ. 256-257 (περίληψη, ως ανακοίνωση).
- Σαλβαρίνα ΙΧ (2006) Διατροφή και τροφικά επίπεδα των ψαριών του συστήματος της Λίμνης Βόλβης. Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία, ΠΜΣ «Υδροβιολογία και Υδατοκαλλιέργειες» Τμήματος Βιολογίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 78 σελ.
- Σαλβαρίνα ΙΧ, Μιχαλούδη Ε, Σίνης Α (2005) Τι έχει αλλάξει στη ζωοπλαγκτική κοινωνία στη Λίμνη Βόλβη τα τελευταία 18 χρόνια; 12^ο Πανελλήνιο Συνέδριο Ιχθυολόγων, 13-16 Οκτωβρίου, Δράμα.
- Σαλβαρίνα ΙΧ, Μπόμπορη ΔΧ, Στεργίου ΚΙ (2008) Διερεύνηση του φαινομένου «αλίευση προς τα κάτω των τροφικών πλεγμάτων» σε 4 λίμνες της Β. Ελλάδας. 4^ο Πανελλήνιο Συνέδριο «Σύγχρονες τάσεις της έρευνας στην οικολογία», 9-12 Οκτωβρίου, Βόλος.
- Στεργίου ΚΙ (1999) Ιχθυολογία (Αλιευτική βιολογία: αύξηση και θνησιμότητα). Έκδοση 2^η. Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Θεσσαλονίκη. 93 σελ.
- Στεργίου ΚΙ, Καραχλέ Π, Τσίκληρας Α, Μαμαλάκης Η (2011) Κραυγή ιχθύος: Ψάρια των ελληνικών θαλασσών – Βιολογία - Αλιεία - Διαχείριση. Εκδόσεις Πατάκη, Αθήνα. 358 σελ.
- Τσακούμης Ε (2013) Διερεύνηση της ιχθυοπανίδας της λίμνης Πετρών. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Βιολογίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 60 σελ.
- Τσουμάνη Μ (2013) Μελέτη της βιολογίας και των φυλογενετικών σχέσεων των ειδών *Rutilus* της οικογένειας Cyprinidae των εσωτερικών υδάτων της Ελλάδας. Διδακτορική Διατριβή, Τμήμα Βιολογικών Εφαρμογών και Τεχνολογιών, Πανεπιστήμιο Ιωαννίνων, Ιωάννινα. 238 σελ.
- Ψιλοβίκος ΑΑ (1977) Παλαιογεωγραφική εξέλιξη της λεκάνης και της λίμνης της Μυγδονίας (Λαγκαδά-Βόλβης). Διδακτορική Διατριβή, Σχολή Γεωλογίας ΑΠΘ, Θεσσαλονίκη. 156 σελ.

7.3 Ηλεκτρονικές διευθύνσεις

<http://www.arkive.org/roach/rutilus-rutilus/#src=portletV3api>

[http://www.biopix.com/search1.aspx?searchtext=Rutilus%20rutilus&category=insekt
er&q=roach](http://www.biopix.com/search1.aspx?searchtext=Rutilus%20rutilus&category=insekt&q=roach)

<http://www.fishbase.org/FishOnLine/English/index.htm>

<http://www.fishbase.org/summary/Rutilus-rutilus.html>

[http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=1
63761](http://www.itis.gov/servlet/SingleRpt/SingleRpt?search_topic=TSN&search_value=163761)

<http://www.iucnredlist.org/details/19787/O>

<http://www.naturalengland.org.uk/>

8 ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

Πίνακας 8.1 Τιμές παραμέτρων και δείκτη αύξησης του είδους *Rutilus rutilus* από διάφορους πληθυσμούς, κυρίως λιμναίων συστημάτων, και αναφερόμενο εύρος των τιμών αυτών στη Fishbase (Froese & Pauly 2013).

Table 8.1 Growth parameters and growth index of the species *Rutilus rutilus* from several populations, mainly in lake systems, and reported range of these values in Fishbase (Froese & Pauly 2013).

Λίμνη	Χώρα	Τύπος μήκους	L_{∞} (cm)	K (1/y)	t_0 (y)	ϕ'	Αναφορά
Λίμνη Βεγορίτιδα (2007-2008)	Ελλάδα	TL	35,11	0,14	-2,74	2,22	Τσουμάνη 2013
Λίμνη Βεγορίτιδα (2012)	Ελλάδα	TL	39,71	0,12	-0,90	2,28	Παρούσα Έρευνα
Λίμνη Καστοριάς (2007-2008)	Ελλάδα	TL	16,18	0,34	-2,02	1,95	Τσουμάνη 2013
Λίμνη Καστοριάς (2010)	Ελλάδα	TL	23,09	0,20	-0,93	2,03	Παρούσα Έρευνα
Λίμνη Βόλβη (1978)	Ελλάδα	TL	33,30	0,08	-1,30	1,95	Papageorgiou 1979
Λίμνη Βόλβη (1997-1999)	Ελλάδα	FL	32,45	0,07	-2,22	1,87	Κυρίτση 2008
Λίμνη Βόλβη (2007-2008)	Ελλάδα	TL	30,51	0,11	-2,26	1,99	Τσουμάνη 2013
Λίμνη Βόλβη (2012)	Ελλάδα	TL	23,26	0,19	-0,95	2,01	Παρούσα Έρευνα
Λίμνη Δοϊράνη (2007-2008)	Ελλάδα	TL	34,89	0,08	-4,23	2,00	Τσουμάνη 2013
Λίμνη Ζάζαρη (2007-2008)	Ελλάδα	TL	17,54	0,30	-2,40	1,96	Τσουμάνη 2013
Λίμνη Πετρών (2007-2008)	Ελλάδα	TL	29,67	0,12	-2,88	2,03	Τσουμάνη 2013
Λίμνη Χειμαδίτιδα (2007-2008)	Ελλάδα	TL	23,91	0,15	-3,24	1,93	Τσουμάνη 2013
G. Dimitrov (1973-1977)	Βουλγαρία	SL	38,23	0,23		2,53	Marinov 1989 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Batak reservoir (1966-1976)	Βουλγαρία	SL	27,50	0,10	-1,24	1,89	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Batak reservoir (1977-1992)	Βουλγαρία	SL	32,50	0,22	-0,12	2,37	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Dospat reservoir (1971-1982)	Βουλγαρία	SL	26,20	0,31	0,23	2,33	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Ovcharitsa reservoir (1976-1985)	Βουλγαρία	SL	28,10	0,44	-0,02	2,54	Zivkov & Raikova-Petrova 2001

Ovcharitsa reservoir (1986-1989)	Βουλγαρία	SL	35,20	0,30	-0,45	2,57	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Rosu Lake, Danube Delta (1977)	Ρουμανία	SL	28,54	0,28		2,36	Papadopol & Chisalesku 1981 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Puiu Lake, Danube Delta (1977)	Ρουμανία	SL	26,68	0,55		2,59	Papadopol & Chisalesku 1981 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Razim Lake, Danube Delta	Ρουμανία	TL	40,00	0,21		2,53	Staras <i>et al.</i> 1995
Sinoe Lake, Danube Delta	Ρουμανία	TL	40,50	0,18		2,47	Staras <i>et al.</i> 1995
Lake Balaton (1995-1996)	Ουγγαρία	SL	31,90	0,16	0,03	2,21	Specziár <i>et al.</i> 1997
Slapy reservoir	Τσεχία	SL	34,00	0,12		2,14	Holcik 1961 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Lipno Lake	Τσεχία	SL	34,97	0,15		2,26	Cabejsek & Frank 1968 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Klicava reservoir	Τσεχία	SL	23,82	0,59		2,52	Pivnicka 1982 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Tjeukemeer (1968-1970)	Ολλανδία	FL	20,65	0,23	-0,23	1,99	Goldspink 1979
Lake Lemana	Γαλλία	FL	34,44	0,21	-0,26	2,40	Ponton & Gerdeaux 1987
Lake Ste Croix	Γαλλία	FL	28,38	0,29	0,18	2,37	Chappaz <i>et al.</i> 1990
Lake Aydat (1987-1988)	Γαλλία	FL	25,60	0,16	-0,63	2,02	Jamet & Desmolles 1994
Grey Mist Mere (1969-1971)	Μ.Βρετανία	FL	10,75	0,14	0,58	1,21	Linfield 1979
Slapton Ley, Devon (1974-1976)	Μ.Βρετανία	FL	22,95	0,20	0,20	2,02	Burrough & Kennedy 1979
Mälaren Lake	Σουηδία	SL	31,45	0,15	0,04	2,17	Kempe 1962
Lake Pyhäjärvi (1985-1986)	Φινλανδία	NG	36,30	0,08	-3,27	2,02	Auvinen 1987
Lake Vesijärvi (1990-1997)	Φινλανδία	SL	18,92	0,30		2,03	Horppila & Nyberg 1999
Ilmen Lake	Π.Σοβιετική Ένωση	TL	26,20	0,18		2,09	Nikolskii 1957 (από Pauly 1978)

Petschora	Π.Σοβιετική Ένωση	TL	42,50	0,08		2,16	Nikolskii 1957 (από Pauly 1978)
Lake Dabie (1995-1997)	Πολωνία	SL	26,30	0,16	-0,31	2,04	Wieski & Zalachowski 2000
Kanevsk reservoir	Ουκρανία	SL	35,43	0,15		2,27	Snezhina 1982 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Dneprovsk reservoir	Ουκρανία	SL	26,00	0,16		2,03	Movchan & Smirnov 1983 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Oltush Lake	Λευκορωσία	SL	20,35	0,27		2,05	Zhukov 1965 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Narochj Lake	Λευκορωσία	SL	41,69	0,13		2,35	Zhukov 1965 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Chudsko Lake	Εσθονία/ Ρωσία	SL	34,01	0,10		2,06	Antipova & Kontsevaya 1983 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Biserovo Lake	Ρωσία	SL	24,45	0,17		2,01	Balon 1955 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Chernevo Lake	Ρωσία	SL	48,47	0,08		2,27	Zhukov 1965 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Volgogradsk reservoir	Ρωσία	SL	27,62	0,26		2,30	Poenko 1965 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Iljmenj Lake	Ρωσία	SL	31,78	0,11		2,05	Fedorova & Betkasov 1976 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Iljmenj Lake	Ρωσία	SL	27,05	0,17		2,09	Movchan & Smirnov 1983 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Pskovsk reservoir	Ρωσία	SL	38,32	0,10		2,17	Antipova & Kontsevaya 1983 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Seliger Lake	Ρωσία	SL	22,17	0,24		2,07	Baranova 1984 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Lake Pyhäjärvi (1985-1986)	Ρωσία	NG	35,90	0,13	-0,59	2,22	Auvinen 1987

Gorjkovsk reservoir	Σιβηρία	SL	20,88	0,30		2,12	Iljina 1960 (από Zivkov & Raikova-Petrova 2001)
Aral Lake	Καζακστάν	TL	51,30	0,10		2,42	Nikolskii 1957 (από Pauly 1978)
Anzali wetland (2000, αρσενικά)	Ιράν	TL	31,50	0,23	-0,47	2,36	Naddafi <i>et al.</i> 2005
Anzali wetland (2000, θηλυκά)	Ιράν	TL	34,24	0,19	-0,97	2,35	Naddafi <i>et al.</i> 2005
Gomishan wetland (2000, αρσενικά)	Ιράν	TL	27,94	0,21	-0,70	2,21	Naddafi <i>et al.</i> 2005
Gomishan wetland (2000, θηλυκά)	Ιράν	TL	33,53	0,19	-0,59	2,33	Naddafi <i>et al.</i> 2005
Fishbase			26,2-51,3	0,08-0,44	-3,27-0,22	1,89-2,57	Froese & Pauly 2013

Πίνακας 8.2 Τιμές των παραμέτρων a , $\log_{10}(a)$, b και συντελεστής μεταβλητότητας r^2 της σχέσης μήκους-βάρους του είδους *Rutilus rutilus* από διάφορους πληθυσμούς, κυρίως λιμναίων συστημάτων, και αναφερόμενο εύρος των παραμέτρων αυτών στη Fishbase (Froese & Pauly 2013).

Table 8.2 Parameters a , $\log_{10}(a)$, b and coefficient of determination r^2 of the length-weight relationship of the species *Rutilus rutilus* from several populations, mainly in lake systems, and reported range of these parameters in Fishbase (Froese & Pauly 2013).

Λίμνη	Χώρα	a	$\log_{10}(a)$	b	r^2	Αναφορά
Βεγορίτιδα (2007-2008)	Ελλάδα	0,0114	-1,943	3,010	0,888	Tsoumani <i>et al.</i> 2013b
Βεγορίτιδα (2012)	Ελλάδα	0,0046	-2,337	3,283	0,995	Παρούσα Έρευνα
Καστοριά (2007-2008)	Ελλάδα	0,0107	-1,971	2,970	0,880	Tsoumani <i>et al.</i> 2013b
Καστοριά (2010)	Ελλάδα	0,0040	-2,398	3,425	0,989	Παρούσα Έρευνα
Βόλβη (1978, αρσενικά)	Ελλάδα	0,0356	-1,449	3,400	0,990	Papageorgiou 1979
Βόλβη (1978, θηλυκά)	Ελλάδα	0,0215	-1,668	3,610	0,980	Papageorgiou 1979
Βόλβη (1995-1996)	Ελλάδα	0,0074	-2,131	3,140	0,960	Kleanthidis <i>et al.</i> 1999
Βόλβη (1997-1999)	Ελλάδα	$e^{-13,589}$	$\ln a = -13,589$	3,521	0,950	Κυρίτση 2008
Βόλβη (2007-2008)	Ελλάδα	0,0029	-2,538	3,480	0,971	Tsoumani <i>et al.</i> 2013b
Βόλβη (2012)	Ελλάδα	0,0040	-2,398	3,392	0,991	Παρούσα Έρευνα
Πόρτο Λάγος (1988-1990)	Ελλάδα	0,0053	-2,276	3,350	0,985	Koutrakis & Tsikliras 2003
Κερκίνη (2007-2008)	Ελλάδα	0,0040	-2,398	3,400	0,982	Petriki <i>et al.</i> 2011
Δοϊράνη (2006-2007)	Ελλάδα	0,0067	-2,174	3,148	0,974	Bobori <i>et al.</i> 2010

Δοϊράνη (2007-2008)	Ελλάδα	0,0218	-1,662	2,810	0,855	Tsoumani <i>et al.</i> 2013b
Πετρών (2007-2008)	Ελλάδα	0,0107	-1,971	3,030	0,910	Tsoumani <i>et al.</i> 2013b
Πετρών (2011)	Ελλάδα	0,0062	-2,208	3,217	0,989	Τσακούμης 2013
Ζάζαρη (2007-2008)	Ελλάδα	0,0790	-1,102	3,110	0,696	Tsoumani <i>et al.</i> 2013b
Χειμαδίτιδα (2007-2008)	Ελλάδα	0,0049	-2,310	3,270	0,932	Tsoumani <i>et al.</i> 2013b
Sapanca, Marmara (2002-2003)	Τουρκία	0,0072	-2,143	3,170	0,978	Tarkan <i>et al.</i> 2006
Iznik, Marmara (2003-2004)	Τουρκία	0,0041	-2,387	3,350	0,970	Tarkan <i>et al.</i> 2006
BüyükÇekmece (2004)	Τουρκία	0,0056	-2,252	3,330	0,993	Tarkan <i>et al.</i> 2006
Batak (1972-1991)	Βουλγαρία	$10^{-4,8825}$	-4,883	3,094	0,989	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Dospat (1971-1985)	Βουλγαρία	$10^{-5,2308}$	-5,231	3,257	0,999	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Ovcharitsa (1981-1995)	Βουλγαρία	$10^{-5,0723}$	-5,072	3,188	0,994	Zivkov & Raikova-Petrova 2001
Razim (1994)	Ρουμανία	0,0197	-1,706	2,930	0,500	Staras <i>et al.</i> 1995
Sinoe (1990)	Ρουμανία	0,0136	-1,866	3,030	0,500	Staras <i>et al.</i> 1995
Balaton (1995-1996)	Ουγγαρία	$10^{-4,9140}$	-4,914	3,129	0,999	Specziár <i>et al.</i> 1997
Tjeukemeer (1968-1970, αρσενικά)	Ολλανδία	$10^{-5,3809}$	-5,381	3,254	0,986	Goldspink 1979
Tjeukemeer (1968-1970, θηλυκά)	Ολλανδία	$10^{-5,4330}$	-5,433	3,302	0,990	Goldspink 1979
Aydat (1987-1988)	Γαλλία	0,0046	-2,337	3,420	0,992	Jamet & Desmolles 1994
Rostherne Mere (1973-1976, αρσενικά)	Μ.Βρετανία	0,0052	-2,284	3,394	0,978	Goldspink 1978
Rostherne Mere (1973-1976, θηλυκά)	Μ.Βρετανία	0,0047	-2,328	3,455	0,983	Goldspink 1978
Slapton Ley, Devon (1974-1976)	Μ.Βρετανία	$10^{-5,3763}$	-5,376	3,262	0,985	Burrough & Kennedy 1978
Kuusamojärvi (1990)	Φινλανδία	0,0021	-2,678	3,290	0,700	Huusko 1990
Lebsko (1998-2001)	Πολωνία	0,0122	-1,914	3,205	0,982	Hornatkiewicz-Zbik 2003
Gardno (1998-2001)	Πολωνία	0,0100	-2,000	3,260	0,975	Hornatkiewicz-Zbik 2003
Chany (1926)	Ρωσία	0,0099	-2,004	3,262	0,990	Tyurin 1927

Anzali wetland (2000, αρσενικά)	Ιράν	$10^{-5,416}$	-5,416	3,203	0,940	Naddafi <i>et al.</i> 2005
Anzali wetland (2000, θηλυκά)	Ιράν	$10^{-5,453}$	-5,453	3,215	0,950	Naddafi <i>et al.</i> 2005
Gomishan wetland (2000, αρσενικά)	Ιράν	$10^{-5,243}$	-5,243	3,106	0,980	Naddafi <i>et al.</i> 2005
Gomishan wetland (2000, θηλυκά)	Ιράν	$10^{-5,384}$	-5,384	3,174	0,960	Naddafi <i>et al.</i> 2005
Fishbase		0,0021- 0,0548		2,775- 3,610		Froese & Pauly 2013