

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Σχέση εκτροφής ψαριών υψηλού τροφικού επιπέδου και αλιευτικών αποθεμάτων»

Αδαμόπουλος Νικόλαος

ΒΟΛΟΣ 2014

«Σχέση εκτροφής ψαριών υψηλού τροφικού επιπέδου και αλιευτικών αποθεμάτων»

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή :

1. Καραπαναγιωτίδης Ιωάννης, Λέκτορας, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Επιβλέπων.
2. Μεντέ Έλενα, Αναπληρώτρια Καθηγήτρια, Φυσιολογία Θρέψης Υδρόβιων Ζωϊκών Οργανισμών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Μέλος.
3. Τσίκληρας Αθανάσιος, Επίκουρος Καθηγητής, Βιολογία Ιχθύων, Τμήμα Βιολογίας, Σχολή Θετικών Επιστημών, Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Μέλος.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Έχει παρατηρηθεί τα τελευταία χρόνια μια ραγδαία άνοδος των ιχθυοκαλλιεργειών παγκοσμίως. Επίσης υπάρχει η τάση εκτροφής ειδών ψαριών υψηλού τροφικού επιπέδου. Στη Μεσόγειο ακολουθείται η ίδια τάση, η οποία έχει αρνητικές επιπτώσεις για τα αποθέματα ψαριών, καθώς, μικρά πελαγικά είδη ψαριών αλιεύονται με σκοπό να αποτελέσουν τροφή για άλλα είδη που εκτρέφονται, αντί να διατεθούν για απευθείας κατανάλωση από τον άνθρωπό. Παρά το γεγονός αυτό, τα τελευταία χρόνια υπάρχει και η τάση αντικατάστασης των ιχθυαλεύρων στις ιχθυοτροφές με προϊόντα φυτικής προέλευσης. Σκοπός της εργασίας είναι να συγκρίνει το τροφικό επίπεδο έξι ειδών ψαριών (συναγρίδα *Dentex dentex*, λυθρίνι *Pagellus erythrinus*, χέλι *Anguilla anguilla*, λαβράκι *Dicentrarchus labrax*, τσιπούρα *Sparus aurata*, φαγγρί *Pagrus pagrus*) όταν αυτά εκτρέφονται, με το τροφικό τους επίπεδο στο φυσικό περιβάλλον, όταν δηλαδή τρέφονται φυσικά.

Υπολογίστηκαν τα τροφικά επίπεδα των ειδών αυτών όταν εκτρέφονται με βάση το ποσοστό ιχθυαλεύρων και φυτικών αλεύρων που χρησιμοποιούνται στην τροφή τους, σύμφωνα με τη βιβλιογραφία που χρησιμοποιήθηκε, ενώ για τα τροφικά επίπεδα στο φυσικό τους περιβάλλον χρησιμοποιήθηκαν οι τιμές που αναφέρονται στη FishBase (www.fishbase.gr). Στα πέντε από τα έξι υπό μελέτη είδη, το τροφικό επίπεδο κατά την εκτροφή ήταν χαμηλότερο από αυτό του φυσικού τους περιβάλλοντος κατά 4 έως 32%, ενώ σε ένα ήταν υψηλότερο (χέλι, κατά 12%). Βάσει των τιμών του τροφικού επιπέδου κατά την εκτροφή υπολογίστηκε και το μέσο σταθμισμένο τροφικό επίπεδο των εκτρεφόμενων ειδών στη Μεσόγειο ανά έτος για να συγκριθεί με προηγούμενες έρευνες που χρησιμοποιούσαν τιμές τροφικού επιπέδου στο φυσικό περιβάλλον για την περίοδο 1950-2007. Από τα αποτελέσματα φάνηκε ότι το μέσο τροφικό επίπεδο κατά την εκτροφή αυξήθηκε ραγδαία μετά το 1990, δηλαδή με το ίδιο πρότυπο σε σχέση με τις παλαιότερες έρευνες που

αναφέρονται, παρόλα αυτά μετά το 2000 ο ρυθμός αύξησης του μειώνεται πράγμα που αποδεικνύει την προσπάθεια που γίνεται για μείωση του ιχθυαλεύρου που περιέχεται στις τροφές.

Η ανάλυση αυτή δείχνει ότι οι ιχθυοτροφές που χρησιμοποιούνται στην εκτροφή ψαριών περιέχουν ακόμη υψηλό ποσοστό ιχθυαλεύρων, που συνήθως προέρχεται από την αλιεία μικρών πελαγικών ψαριών. Μελλοντική μείωση του ποσοστού των ιχθυαλεύρων σε χαμηλότερα επίπεδα ή αντικατάστασή τους, πράγμα που για μερικά είδη το ποσοστό αυτό έχει μειωθεί δραστικά, θα μπορούσε, θεωρητικά, να αντιστρέψει την τάση της εκτροφικής υπερύψωσης (farming up) που παρατηρείται σε πολλές περιοχές του κόσμου καθώς και στη Μεσόγειο. Επιπλέον, θα πρέπει να ενισχυθεί η εκτροφή ειδών χαμηλότερου τροφικού επιπέδου καθώς και η έρευνα στη διατροφή των εκτρεφόμενων ειδών.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ	1
1.1. Υδατοκαλλιέργειες και αλιεία	1
1.2. Βασικές αρχές της εργασίας	5
1.3. Βιολογία και διατροφικές συνήθειες των υπό μελέτη ειδών	8
1.3.1. Φαγκρί (<i>Pagrus pagrus</i>)	8
1.3.2. Τσιπούρα (<i>Sparus aurata</i>)	10
1.3.3. Λαβράκι (<i>Dichentrachus labrax</i>)	12
1.3.4. Χέλι (<i>Anguilla anguilla</i>)	14
1.3.5. Λυθρίνι (<i>Pagellus erithrinus</i>)	16
1.3.6. Συναγρίδα (<i>Dentex dentex</i>)	18
1.4. Σκοπός της εργασίας	20
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ	21
2.1. Υπολογισμοί των τροφικών επιπέδων των υπό μελέτη ειδών	21
3. ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ – ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	24
3.1. Πρωτεϊνικές ανάγκες και χρήση αλεύρων	24
3.2. Μέσο τροφικό επίπεδο των υπό μελέτη ειδών, σύγκριση υδατοκαλλιεργειών και αλιείας	26
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ	32
5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	40
6. ABSTRACT	45

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Υδατοκαλλιέργειες και αλιεία

Για να σχηματιστεί γενική άποψη της έκτασης των υδατοκαλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο, όσον αφορά την παραγωγή της και κατά συνέπεια την επιρροή που έχει στην ευρύτερη παραγωγή τροφίμων, η συνολική της παραγωγή ανήλθε σε 66,6 εκατομμύρια τόνους παγκοσμίως το 2012 (FAO 2014). Η αξία της συνολικής παραγωγής υπολογίστηκε στο ποσό των 1377 δις \$USD. Για το 2010, οι δέκα κυρίαρχες χώρες στην παραγωγή εκτρεφόμενων υδρόβιων ειδών ήταν η Κίνα (36,7 εκατ. τόνοι), η Ινδία (4,6 εκατ. τόνοι), το Βιετνάμ (2,7 εκατ. τόνοι), η Ινδονησία (2,3 εκατ. τόνοι), το Μπαγκλαντές (1,3 εκατ. τόνοι), Ταϊλάνδη (1,4 εκατ. τόνοι), η Νορβηγία (1,0 εκατ. τόνοι), η Αίγυπτος (0,91 εκατ. τόνοι), το Μιανμάρ (0,85 εκατ. τόνοι) και οι Φιλιππίνες (0,74 εκατ. τόνοι). Συνέβαλαν το 87,6% της παγκόσμιας ποσότητας παραγωγής (FAO, 2014).

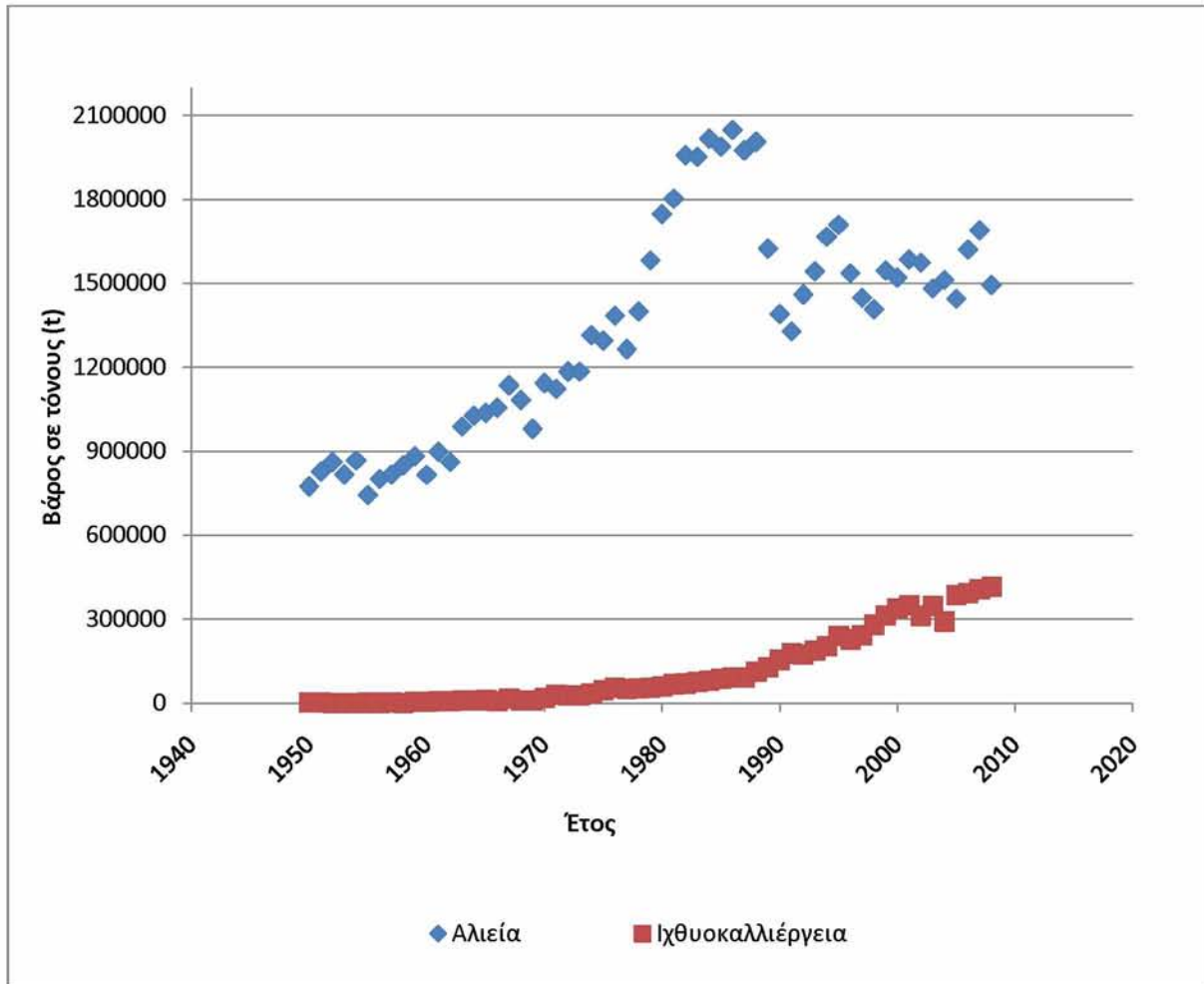
Η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών στη Μεσόγειο έχει αυξηθεί τα τελευταία χρόνια. Παρατηρώντας τον ετήσιο ρυθμό αύξησης είναι φανερό ότι η συνολική παραγωγή στην περιοχή ανήλθε σε περίπου 1.350.000 τόνους το 2001, το οποίο αντιστοιχεί σε αύξηση 81,8% την περίοδο 1992-2001 και ο ετήσιος ρυθμός αύξησης 7,1% κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου (Basurco *et al.* 2001). Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (2010), η παραγωγή μονό του έτους 2008 για θαλάσσια είδη της Μεσογείου και Μαύρης Θάλασσας ανήλθε σε 347.004 τόνους. Στη Μεσόγειο θάλασσα οι υδατοκαλλιέργειες επικεντρώνεται κυρίως σε δύο είδη ψαριών: τη τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και οι δύο στηρίζονται σε καθιερωμένη τεχνολογία παραγωγής. Η πρόσφατη αύξηση της παραγωγής τσιπούρας, προκαλεί σοβαρά προβλήματα εμπορίας, με την ταχεία πτώση των τιμών. Έτσι, η αναζήτηση για νέα είδη ψαριών κατάλληλα για εκτροφή αναδεικνύεται ως προτεραιότητα στον τομέα της έρευνας στις υδατοκαλλιέργειες (Abellan 2000, Skalli *et al.* 2004).

Η αλιεία αποτελεί σημαντικό παράγοντα παροχής τροφής για τον άνθρωπο για πολλούς αιώνες μέχρι και τώρα. Ως επάγγελμα, απέκτησε οικονομική φύση μεγάλης αξίας και περαιτέρω εξέλιξη μέσω του εμπορίου και της βιομηχανίας μεταποίησης τροφίμων. Σε παγκόσμιο επίπεδο, ο αλιευτικός στόλος αποτελείται από περίπου 4,4 εκατομμύρια αλιευτικά σκάφη το 2010, σχετικά σταθερός αριθμός από το 1998 (FAO 2010), με το 73% αυτών στην Ασία, ακολουθούμενη από την Αφρική, τη Λατινική Αμερική και την Καραϊβική, τη Βόρεια Αμερική και την Ευρώπη. Συνολικά, 3,2 εκατομμύρια σκάφη θεωρείται ότι δραστηριοποιούνται στα θαλάσσια ύδατα και 1,1 εκατομμύρια πλοία σε εσωτερικά ύδατα. Παγκοσμίως, το 60% των αλιευτικών σκαφών ήταν με κινητήρες και πάνω από το 85% των μηχανοκίνητων σκαφών είχαν ολικό μήκος (LOA) μικρότερο από 12 μέτρα (FAO 2014).

Στα ελληνικά ύδατα η δραστηριότητα της αλιείας περιορίζεται στα παράκτια σκάφη και αλιεία με μεσαίου μεγέθους σκάφη. Στην κατηγορία των παράκτιων σκαφών ανήκουν αυτά μικρής χωρητικότητας και τα αλιευτικά εργαλεία ποικίλουν, όπως για παράδειγμα βιτζότρατες ή τράτες, παραγάδι, παγίδες βυθού, δίχτυα απλά και μανωμένα. Στα μεσαίου μεγέθους σκάφη ανήκουν οι μηχανότρατες και τα γρι-γρι (Στεργίου κ.α. 2011). Τα γρι-γρι στοχεύουν κοπαδιάρικα είδη χρησιμοποιώντας δίχτυα, έτσι θεωρούνται πιο επιλεκτικά αλιευτικά εργαλεία. Σε αντίθεση οι μηχανότρατες χρησιμοποιούν τράτα βυθού που είναι συρόμενο αλιευτικό εργαλείο, συλλέγουν μη επιλεκτικά μεγάλο αριθμό βενθικών ψαριών αλλά και πολλά είδη βενθικών οργανισμών που είναι κυρίως τυχαίες συλλήψεις και απορριπτόμενες. Η μείωση των αλιευτικών αποθεμάτων των ελληνικών θαλασσών οφείλεται κυρίως στα μεσαίου μεγέθους αλιευτικά σκάφη, αλλά είναι κατάσταση που χαρακτηρίζει γενικότερα και τη Μεσόγειο.

Το εύρος των δεδομένων παραγωγής της αλιείας και των υδατοκαλλιεργειών στα οποία έγινε επεξεργασία για την διεκπεραίωση της παρούσας μελέτης είναι τα έτη 1950-2008. Αρχικά παρουσιάζεται η συνολική παραγωγή των δύο υπό μελέτη κλάδων (αλιείας και

υδατοκαλλιεργειών) για την κατανόηση του μεγέθους της παραγωγής και της προσφοράς των δύο κλάδων.



Σχήμα 1.1. Συνολική παραγωγή αλιείας και υδατοκαλλιεργειών της περιόδου 1950-2008 (FAO 2010).

Όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1.1, είναι ευδιάκριτη η ανοδική πορεία της αλιευτικής παραγωγής έως το σημείο στο έτος 1988, στη συνέχεια η συνολική παραγωγή μειώνεται αλλά σχετικά σταθερά, σύμφωνα με τη γραμμή τάσης, έως και το έτος 2008. Παρά την πορεία της αλιείας, η συνολική παραγωγή των ιχθυοκαλλιεργειών είναι ανοδική από την έναρξη των δεδομένων έως και το 2008, μεγαλύτερη άνοδος παρουσιάζεται από το έτος 1980

έως και το 2008. Ανάλογη με την αύξηση της παραγωγής των ιχθυοκαλλιεργειών ήταν και η μεταβολή της χρήσης του συνολικού παραγόμενου ιχθυαλεύρου, όπου οι ιχθυοκαλλιέργειες από το 1960 μέχρι το 1980 έφτασαν το 10% της κατανάλωσης, το 2010 έφτασαν να καταναλώνουν το 73% της συνολικής παραγωγής ιχθυαλεύρου (Shepherd *et al.* 2013).

1.2. Βασικές αρχές της εργασίας

Παραπάνω αναφέρεται ο όρος τροφικό επίπεδο. Για την κατανόηση της εργασίας είναι απαραίτητο να επεξηγηθεί τι είναι το τροφικό επίπεδο. Το τροφικό επίπεδο περιγράφει τη θέση ενός είδους στο τροφικό πλέγμα του οικοσυστήματος που διαβιεί. Η χρήση του κλασματικού τροφικού επιπέδου καθιστά δυνατό τον υπολογισμό της επίδρασης της αλιείας στα οικοσυστήματα και η εφαρμογή του σε όσα το δυνατόν περισσότερα είδη ενός οικοσυστήματος δίνει τη δυνατότητα καθορισμού των λειτουργιών του οικοσυστήματος ανά ομάδες και κατά συνέπεια να βελτιώσει την αλιευτική διαχείριση ενός οικοσυστήματος. Οι τιμές που μπορεί να πάρει το κλασματικό τροφικό επίπεδο ξεκινούν από 2,0 για οργανισμούς που τρέφονται με φυτοπλαγκτό έως και 5,5 που αντιπροσωπεύει εξειδικευμένους θηρευτές θαλάσσιων θηλαστικών (Στεργίου κ.α. 2011).

Η σύγκριση των τροφικών επιπέδων έγινε για έξι είδη τα οποία αλιεύονται αλλά και εκτρέφονται στην Μεσόγειο. Τα είδη αυτά είναι το φαγκρί (*Pagrus pagrus*), η τσιπούρα (*Sparus aurata*), το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), το χέλι (*Anguilla anguilla*), το λυθρίνι (*Pagellus erithrinus*) και η συναγρίδα (*Dentex dentex*). Η βιολογία του κάθε είδους διαφέρει καθώς και οι διατροφικές τους συνήθειες, άσχετα με το επίπεδο και το μέγεθος των διαφορών τους, κατά την εκτροφή, κυρίως την εντατική, το κάθε είδος λαμβάνει διαφορετική μεταχείριση για την μεγιστοποίηση της απόδοσης της εκτροφής. Όσο αφορά την θρέψη έχουν αναπτυχθεί σύνθετες ιχθυοτροφές για το κάθε είδος ώστε να πετυχαίνεται το μέγιστο δυνατό αποτέλεσμα, όπως ο μέγιστος ρυθμός ανάπτυξης, χαμηλότερο κόστος εκτροφής για τις μονάδες, σχετικά συγκεκριμένος χρόνος εκτροφής. Οπότε το συνθετικό ενδιαίτημα κάθε είδους έχει διαφορετική σύσταση, δηλαδή ποσοστό πρωτεϊνών, υδατανθράκων, συμπληρώματα βιταμινών, ιχνοστοιχείων και τα λοιπά. Το κομμάτι της θρέψης στο οποίο εστιάζει η εργασία είναι η προέλευση των πρωτεϊνών στις ιχθυοτροφές.

Οι δύο κυριότερες πηγές που χρησιμοποιούνται είναι το ιχθυάλευρο και τα φυτικά άλευρα όπως για παράδειγμα άλευρο σόγιας, σιταριού, ελαιοκράμβη, γλουτένη καλαμποκιού και αραβοσίτου. Το ιχθυάλευρο (fishmeal) είναι η καθαρή πρωτεΐνη σε ξηρή μορφή από αλεσμένο νωπό ιστό ολόκληρου ψαριού ή τμήματα αυτού, με ή χωρίς την εκχύλιση μέρους των ιχθυελαίων του ιστού. Στην παραγωγή του η ετικέτα του τελικού προϊόντος πρέπει να περιλαμβάνει εγγυήσεις για την ελάχιστη ακατέργαστη πρωτεΐνη, ελάχιστη περιεκτικότητα λιπαρών ουσιών, μέγιστη περιεκτικότητα σε ινώδεις ουσίες, ελάχιστο φωσφόρο (P) και ελάχιστη και μέγιστη τιμή ασβεστίου (Ca) (Tacon *et al.* 2009). Σκοπός είναι η μείωση του ιχθυαλεύρου που χρησιμοποιείται ώστε κατά συνέπεια να μειωθεί η αλιεία μικρών πελαγικών ειδών χαμηλής αξίας που προορίζονται για αυτή τη χρήση. Πολλές μονάδες εντατικής και ημι-εντατικής εκτροφής χρησιμοποιούν 2 με 5 φορές περισσότερη πρωτεΐνη ψαριών, με τη μορφή ιχθυαλεύρων, για την κάλυψη των αναγκών της εκτροφής από την παραγόμενη ποσότητα ψαριών (Naylor *et al.* 2000). Στις ιχθυοτροφές για σαρκοφάγα είδη, χρησιμοποιείται από 25% μέχρι 50% ιχθυάλευρο, το 25% θεωρείται μια χαμηλή τιμή αλλά, δεν επιτυγχάνεται για όλα τα εκτρεφόμενα είδη. Οι λόγοι είναι είτε η τροφή δεν είναι ελκυστική προς τον οργανισμό είτε δεν είναι αρκετά αποδοτική στην ανάπτυξη του οργανισμού ώστε να βρίσκεται στα χρονικά περιθώρια της εντατικής εκτροφής για την έγκαιρη παραγωγή του εμπορεύσιμου μεγέθους. Ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών στη Μεσόγειο είναι ξεκάθαρα μεγάλος καταναλωτής ψαριών. Αυτό οφείλεται στο ότι η παραγωγή ειδών υψηλού τροφικού επιπέδου απαιτεί μεγάλες ποσότητες ζωοτροφών, που προέρχονται από μικρά πελαγικά ψάρια (π.χ. σαρδέλες, γαύρους, μερικά από τα οποία αλιεύονται σε τοπικό επίπεδο σε περιοχές όπου παρασκευάζονται ιχθυάλευρα, π.χ. Β. Ευρώπη, Λ. Αμερική), τα οποία μπορεί να προορίζονταν για άμεση κατανάλωση από τον άνθρωπο (Stergiou *et al.* 2009). Παρόλα αυτά πρέπει να αναφερθεί ότι στην εντατική εκτροφή Τσιπούρας (*Sparus aurata*) έχει επιτευχθεί η αποτελεσματική χρήση ιχθυοτροφής

με 25% συμμετοχή ιχθυαλεύρου (Tacon *et al.* 2008). Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι η χρήση υψηλού ποσοστού ιχθυαλεύρου στην τροφή μπορεί να ανεβάσει την τιμή του τροφικού επιπέδου του οργανισμού σε σημαντικό βαθμό.

Πίνακας 1.1. Προτεινόμενη χρήση κοινών συστατικών πλούσια σε πρωτεΐνες που χρησιμοποιούνται σε τροφές (Tacon 2009).

Συστατικό φυτικής προέλευσης	Εύρος χρήσης (%)	Μέση χρήση (%)	Μέση καθαρή πρωτεΐνη (%)
Άλευρο Σόγιας (Soybean meal)	5-30	10-20	44,7
Άλευρο Ελαιοκράμβης (Rapeseed meal)	2-25	5-15	34,7
Άλευρο Σιταριού (Wheat gluten meal)	4-12	6-9	-
Άλευρο Αραβοσίτου (Maize gluten meal)	4-12	4-6	-
Ήλιανθόσποροι (Sunflower seed)	2-25	10-15	33,3

Στον πίνακα 1.1 παρουσιάζονται μερικά συστατικά φυτικής προέλευσης σύμφωνα με Tacon (2009), που χρησιμοποιούνται για την αντικατάσταση ζωικής προέλευσης πρωτεϊνών στις εμπορικές και πειραματικές τροφές και η περιεκτικότητα καθαρής πρωτεΐνης του κάθε συστατικού. Με την παρουσίαση του πίνακα αυτού είναι ευκολότερη η κατανόηση του σκοπού της εργασίας καθώς ο πίνακας αυτός είναι ένα μικρό μέρος του εύρους των συστατικών που μπορεί να αποτελέσουν τα υποκατάστατα των ζωικών πρωτεϊνών. Επίσης πέρα από καθαρή πρωτεΐνη τα υλικά αυτά αποτελούν πηγή αμινοξέων, φυτικών ελαίων και ινών.

1.3. Βιολογία και διατροφικές συνήθειες των υπό μελέτη ειδών

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η βιολογία και οι διατροφικές συνήθειες του κάθε είδους που μελετήθηκε διαφέρουν και συνεπάγεται ότι και το τροφικό επίπεδο στο φυσικό περιβάλλον των ειδών διαφέρει αντίστοιχα. Παρακάτω ακολουθεί μια σύντομη περιγραφή της βιολογίας και της διατροφής σε συνθήκες εκτροφής των ειδών αυτών.

1.3.1. Φαγκρί (*Pagrus pagrus*)

Το φαγκρί (*Pagrus pagrus*, Εικ. 1.1), συνήθως βρίσκεται σε σκληρό υπόστρωμα σε βάθη έως 250 μέτρα (m), ενώ σε νεαρές ηλικίες μπορεί να βρεθεί σε λιβάδια ποσειδωνίας και σε άλλες περιοχές θαλάσσιας χλωρίδας. Η διατροφή του αποτελείται από καρκινοειδή, ψάρια και μαλάκια, με τροφικό επίπεδο 3,8 (Froese *et al.* 2014). Τα δεκάποδα είναι το πιο σημαντικό θήραμα όλο το χρόνο, ειδικά κατά τη διάρκεια των χειμερινών μηνών και τον Μάρτιο, λόγω της αύξησης της σημασίας του *Thalassinidea U. tipica* (Labropoulou *et al.* 1999). Οι πολύχαιτοι επίσης αποτελούν ένα σημαντικό μέρος της διατροφής του είδους καθ' όλη τη διάρκεια του χρόνου (Labropoulou *et al.* 1999). Ένα από τα κύρια εμπόδια στην καλλιέργεια αυτού του είδους είναι η απώλεια του χρώματος του δέρματος του. Βασικός παράγοντας που ευθύνεται για αυτό είναι το γεγονός ότι τα ψάρια δεν είναι σε θέση να συνθέτουν καροτενοειδή. Ως εκ τούτου, υπό συνθήκες εκτροφής τα καροτενοειδή πρέπει να παρέχονται στην διαίτα. Η μερική αντικατάσταση ιχθυάλευρου έως και 20% από γεύμα καβουριού (το οποίο περιέχει καροτενοειδή) επηρέασε θετικά την αύξηση του φαγκριού (García *et al.* 2010). Τα γεύματα καρκινοειδών έχουν χρησιμοποιηθεί ως εναλλακτικές πηγές πρωτεϊνών σε αρκετά είδη που δείχνουν επιτυχή αποτελέσματα σχετικά με την πρόσληψη της τροφής και την αύξηση (Goytortúa-Bores *et al.* 2006, Kalinowski *et al.* 2007, Tibbetts *et al.* 2010, García *et al.* 2014). Η χρήση αλεύρου γαρίδας στη διαίτα του φαγκριού παρουσίασε

αύξηση της ανάπτυξης σε συνδυασμό με την καλύτερη αξιοποίηση των πρωτεϊνών όταν αντικαταστάθηκε το 16% των ιχθυαλεύρων, γεγονός που υποδηλώνει ότι η παρατεταμένη χρήση της μπορεί να παρουσιάσει καλύτερη αξιοποίηση των πρωτεϊνών και την ενίσχυση της αύξησης, συν ότι βελτιώνει την απόχρωση του δέρματος (Kalinowski *et al.* 2007).

Οι απαιτήσεις σε όγκο νερού και οξυγόνο είναι μεγαλύτερες από άλλα εκτρεφόμενα είδη. Για την αύξηση της βιομάζας κατά 1 kg απαιτούνται 2,5 kg τροφής και 400 m³ νερού, διπλάσιες από εκείνες που χρειάζεται η τσιπούρα ή το λαβράκι ανάλογου μεγέθους (Kentouri *et al.* 1994, Μαραγκουδάκη 2001). Το φαγκρί είναι ημερόβιος οργανισμός. Κατά τους πρώτους μήνες της ζωής του (καλοκαίρι) είναι αποκλειστικά ημερόβιο, στη συνέχεια παρουσιάζει περιορισμένη αλλά συνεχώς αυξανόμενη νυχτερινή δραστηριότητα. Προσαρμόζεται γρήγορα στις συνθήκες παροχής τροφής αλλά παρουσιάζει δυσκολία προσαρμογής στην τροφοληψία κατά τη διάρκεια της νύχτας στα πολύ μικρά ψάρια. Το φαγκρί παρουσιάζει μεγάλη ευκολία στη μάθηση της χρήσης των ταΐστων, ιδίως όταν είναι σε ομάδα (Μαραγκουδάκη 2001). Δοκιμές για την εκτροφή του φαγκριού σε καταδυόμενα κλουβιά φαίνεται να δίνουν ικανοποιητικά αποτελέσματα όσον αφορά τον χρωματισμό του δέρματος (Papandroulakis *et al.* 2008, Doxa *et al.* 2011) και θα μπορούσε ενδεχομένως να γίνει το βήμα που απαιτείται για την επιτυχή καλλιέργεια του είδους, οπότε η ανάπτυξη ενός συστήματος αυτο-σίτισης για καταδυόμενα κλουβιά είναι κρίσιμη, διότι η διανομή της τροφής είναι πολύ δύσκολο να επιτευχθεί με άλλα μέσα (Doxa *et al.* 2011).

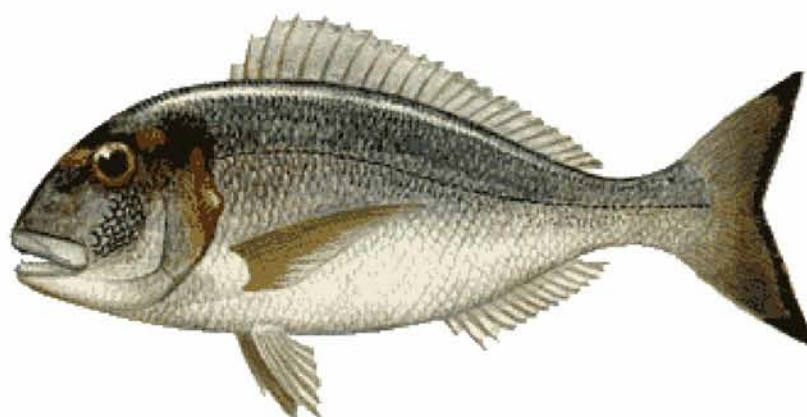


Εικόνα 1.1. Φωτογραφία φαγκριού (*Pagrus pagrus*) Πηγή: <http://goo.gl/lsNeHu>

1.3.2. Τσιπούρα (*Sparus aurata*)

Η τσιπούρα (*Sparus aurata*, Εικ.1.2) απαντάται σε αμμώδες υπόστρωμα ή λβιάδια ποσειδωνίας και άλλης θαλάσσιας χλωρίδας, σε βάθη από 30 έως 150 μέτρα (m). Τρέφεται κυρίως με καρκινοειδή, μαλάκια, πολύχαιτους, κωπήποδα, αμφίποδα, μικρότερα ψάρια αλλά είναι και επιλεκτικά χορτοφάγο. Το τροφικό του επίπεδο 3,4 (Froese *et al.* 2014). Κατά την εκτροφή του είδους όπου παρέχεται εμπορική τροφή, το ποσοστό συμμετοχής της σόγιας, επηρεάζει την αύξηση των ψαριών. Μια μικρή αύξηση στη σόγια (από 20% σε 30%) βελτιώνει την ανάπτυξη, αλλά μια σημαντική ενσωμάτωση (40% και 50%) έχει αρνητική επίδραση στην ανάπτυξη (Martínez *et al.* 2007). Το ενεργειακό περιεχόμενο όλου του ψαρού εξαρτάται από το βάρος του σώματος και ανέρχεται σε 11,35 kJ ανά $\text{kg}^{-0.115}$, καθημερινές απαιτήσεις για τη συντήρηση του οργανισμού σε ενέργεια είναι 55,8 kJ ανά $\text{kg}^{-0.83}$, καθημερινή απώλεια των πρωτεϊνών κατά τη διάρκεια ασιτίας υπολογίζεται σε 0,42 g ανά $\text{kg}^{-0.70}$ και η περιεκτικότητα του οργανισμού σε πρωτεΐνες είναι σταθερή σε 179 g ανά kg^{-1} (Lupatsch *et al.* 1998). Η τσιπούρα για να αντισταθμίσει τη χαμηλή τροφοδοσία ενέργειας, αυξάνει την πρόσληψη τροφής ανάλογα την ικανότητα του πεπτικού της συστήματος. Ωστόσο, η πρόσληψη τροφής επηρεάζει άμεσα και την κατανάλωση διαιτητικών πρωτεϊνών.

Η μειωμένη πρόσληψη σε δίαιτες υψηλής ενέργειας ή η διατροφή με πολύ χαμηλά επίπεδα ενέργειας, προκαλούν μειωμένη πρόσληψη πρωτεϊνών και ως εκ τούτου καταστολή της ανάπτυξης (Luratsch *et al.* 2001). Στα προνυμφικά στάδια της τσιπούρας η διαθεσιμότητα θηράματος επηρεάζει τη διάρκεια της μεταβατικής περιόδου πριν από την έναρξη της ανάπτυξης, προκαλώντας καθυστερήσεις στην έναρξη της ανάπτυξης. Πιο συγκεκριμένα, φαίνεται να σχετίζεται με την επιτυχία έναρξης της σίτισης, το οποίο εξαρτάται από τις πιθανότητες εντοπισμού της τροφής και την ικανότητα της κάθε προνύμφης να πιάσει το θήραμα (Parra *et al.* 2000). Στην τσιπούρα, τα χαμηλά επίπεδα πλήρωσης των διατροφικών αναγκών του οργανισμού λόγω του χαμηλού επιπέδου πρωτεϊνών, μαζί με την εξάντληση άλλων μη-χαρακτηρισμένων παραγόντων έχουν συσχετιστεί με τη χειμερινή νόσο και υψηλότερη την ευαισθησία σε ασθένειες (Tort *et al.* 1998, Sitja *et al.* 2005). Λαμβάνοντας υπόψη όλες τις πτυχές, ενδέχεται η ολική αντικατάσταση του ιχθυαλεύρου να μην είναι εφικτή λόγω της σημαντικής μείωσης του ρυθμού αύξησης της τσιπούρας όταν τα επίπεδα ιχθυαλεύρου στην τροφή είναι χαμηλά (Sitja *et al.* 2005).



Εικόνα 1.2. Τσιπούρα (*Sparus aurata*) Πηγή: <http://www.psarema.info/2014/07/τσιπούρα-sparus-aurata/>

1.3.3 Λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*)

Το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*, Εικ.1.3) είναι βενθοπελαγικό είδος που διαβιεί σε παράκτιες ζώνες, συνήθως βρίσκεται σε βάθη έως 100 μέτρα (m). Ανώτατος θηρευτής, τρέφεται με καρκινοειδή, μαλάκια αλλά και ψάρια. Το τροφικό του επίπεδο είναι 3,8 (Froese *et al.* 2014). Στην διατροφή του το λαβράκι αποδίδει ικανοποιητικούς ρυθμούς αύξησης στα νεαρά άτομα με ποσοστό καθαρής πρωτεΐνης (CP) στην τροφή 45-55%, αλλά το βέλτιστο ποσοστό ολικής πρωτεΐνης στη τροφή είναι 45% (Perez *et al.* 1997). Παράγοντες όπως αναστολείς πρωτεάσης, αναστολείς της αμυλάσης, φυτικά οξέα, τανίνες και λεκτίνες που βρίσκονται στα φυτικής προέλευσης συστατικά της τροφής, μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά τις λειτουργίες των πεπτικών ενζύμων, των μετάλλων και την απορρόφηση άλλων θρεπτικών στοιχείων (Tacon 1993, Adamidou *et al.* 2009). Η δυσπεψία υδατανθράκων φυτικής προέλευσης που περιέχονται στην τροφή θεωρείται συχνά παράγοντας που δυσχεραίνει τη θρέψη (Hilton 1983, Adamidou *et al.* 2009). Η ανάπτυξη ιχθυοτροφών που βασίζονται κυρίως σε ευρείας διαθεσιμότητας συστατικά φυτικής προέλευσης με πολύ χαμηλά επίπεδα ιχθυαλεύρων και κατάλληλη συμπλήρωση των απαραίτητων αμινοξέων δεν επηρεάζει την ανάπτυξη ή τον μεταβολισμό του αζώτου στο λαβράκι. Τα χαμηλά επίπεδα φωσφόρου σε αυτές τις δίαιτες μπορούν εύκολα να συμπληρωθούν με ανόργανο φώσφορο για να διατηρήσει το σώμα τα επιθυμητά επίπεδα φωσφόρου, έχοντας σημαντική μείωση των απορρίψεων φωσφόρου (Kaushik *et al.* 2004). Σε πειραματική εκτροφή όπου το λαβράκι τρέφονταν με δίαιτα 43% ιχθυάλευρο και 31% άλευρο σόγιας συν φυτάσης (1500 FTU/kg) δεν παρουσίασε καλύτερες παραμέτρους αύξησης σε σχέση με αυτά που τρέφονταν με τροφή χωρίς φυτάση, αλλά υπήρξε σημαντική, βελτίωση στις θρεπτικές ιδιότητες της τροφής, αυξάνοντας την απορρόφηση φωσφόρου (P) και ασβεστίου (Ca) στα οστά (Fortes-Silva *et al.* 2011).

Η υποκατάσταση του ιχθυελαίου είναι το ίδιο σημαντική με του ιχθυαλεύρου. Σε τροφές για λαβράκι είναι δυνατή η αντικατάσταση του 60% των ιχθυελαίων από ένα μίγμα φυτικών ελαίων. Η σίτιση στο λαβράκι με τέτοιου είδους δίαιτες για μεγάλο χρονικό διάστημα (64 εβδομάδες), δεν επηρεάζει το ρυθμό ανάπτυξης, την περιεκτικότητα των ιστών σε λιπίδια και τους μηχανισμούς που εμπλέκονται στην εναπόθεση λιπιδίων (Richard *et al.* 2006).



Εικόνα 1.3. Φωτογραφία. λαβρακιού (*Dicentrarchus labrax*) Πηγή:

<http://zipcodezoo.com/photographers/Fabio%20Crocetta.asp>

1.3.4. Χέλι (*Anguilla anguilla*)

Το χέλι (*Anguilla anguilla*, Εικ.1.4) απαντάται σε πολλαπλά υποστρώματα, συνήθως σε υδάτινα συστήματα που συνδέονται με τη θάλασσα ώστε να μεταναστεύσουν σε αυτή κατά την περίοδο της αναπαραγωγής. Τρέφονται με βενθικούς οργανισμούς όπως μαλάκια, ψάρια και καρκινοειδή, το τροφικό του επίπεδο είναι 2,95 (Froese *et al.* 2014). Αξιοσημείωτη ήταν η μεγάλη διακύμανση που παρατηρήθηκε όσον αφορά τη χρήση του ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου στις τροφές εντός και μεταξύ των χωρών που το εκτρέφουν. Η διακύμανση αυτή για το χέλι ήταν ιχθυάλευρο 40% έως 80% και ιχθυέλαιο 0% έως 24%, ενώ η χρήση των ιχθυαλεύρων από το 2006-2020 αναμένεται να μειωθεί κατά 26,2% και η χρήση του ιχθυελαίου κατά 1,7% (Tacon *et al.* 2008). Αποτελέσματα μελέτης υποδεικνύουν ότι η βέλτιστη διατροφική απαίτηση πρωτεϊνών και ο λόγος πρωτεϊνών προς ενέργεια (P/E ratio) είναι 44,3% και 24,1mg πρωτεΐνης/kJ, αντίστοιχα, σε νεαρά άτομα χελιού (Okorie *et al.* 2007). Τα διαιτητικά επίπεδα των μακροθρεπτικών συστατικών (πρωτεϊνών, λιπιδίων και υδατανθράκων) επηρεάζουν την αναλογία διαιτητικής πρωτεΐνης προς ενέργεια η οποία με τη σειρά της επηρεάζει το ρυθμό ανάπτυξης των εκτρεφόμενων ψαριών και το βαθμό αξιοποίησης της τροφής από αυτά, μεταξύ άλλων. Στο ευρωπαϊκό χέλι έχει αποδειχθεί η αποτελεσματική αξιοποίηση (εύπεπτο) των επιπέδων των υδατανθράκων στη τροφή είναι έως 50% (Degani *et al.* 1987, Suarez *et al.* 2002, Heinsbroek *et al.* 2007). Η πεπτικότητα πρωτεϊνών από άλευρα σόγιας για το ευρωπαϊκό χέλι φαίνεται να είναι παρόμοια με εκείνη του ιχθυάλευρου (Schmitz *et al.* 1984, Luzzana *et al.* 2003), γεγονός που υποδεικνύει ότι η κακή απόδοση της δίαιτας που περιέχει άλευρα σόγιας μπορεί να οφείλεται σε άλλους παράγοντες που μπορούν να επηρεάσουν τις τροφές και ενδεχομένως την αξιοποίηση των πρωτεϊνών (Luzzana *et al.* 2003). Η παρουσία άπεπτων υδατανθράκων και άλλων παραγόντων που εμποδίζουν την θρέψη μπορεί να μειώσουν την πεπτικότητα των άλλων

πηγών ενέργειας. Αυτό αφήνει ανοικτή την δυνατότητα χρήσης προϊόντων, όπως τη συμπυκνωμένη πρωτεΐνη σόγιας (soybean protein concentrate) στη διατροφή του χελιού, όπου το μεγαλύτερο μέρος των υδατανθράκων της σόγιας έχει αφαιρεθεί (Luzzana *et al.* 2003).

Κατά την εκτροφή η διαφοροποίηση του φύλου στα χέλια είναι ασταθής και επηρεάζεται από περιβαλλοντικούς παράγοντες όπως τη θερμοκρασία, την ιχθυοπυκνότητα, διαθεσιμότητα τροφής και πιθανώς μέσω του ρυθμού αύξησης κατά τη διάρκεια της ευαίσθητης περιόδου (Helfman *et al.* 1987, Holmgren and Mosegaard 1996, Metcalfe 1998, Heinsbroek *et al.* 2007), καθώς και από ορμονική θεραπεία (Degani and Kushnirov 1992, Heinsbroek *et al.* 2007). Όσο αφορά την εκτροφή γεννητόρων, τα ωοκύτταρα στις ωοθήκες συσσωρεύουν λιπίδια, και τα πολυάριθμα λιποκύτταρα δημιουργούν αποθέματα λιπιδίων στις ωοθήκες των ψαριών κατά την ανάπτυξη, άρα η χρήση τροφών προσαρμοσμένων για γεννήτορες θα πρέπει να αρχίσει νωρίς για να επιτρέπουν την ενσωμάτωση των απαραίτητων λιπαρών οξέων στα ωοκύτταρα (Stottrup *et al.* 2013).



Εικόνα 1.4. Χέλι (*Anguilla anguilla*) Πηγή:

http://ec.europa.eu/fisheries/marine_species/wild_species/eel/index_en.htm

1.3.5. Λυθρίνι (*Pagellus erithrinus*)

Το λυθρίνι (*Pagellus erithrinus*, Εικ.1.5) είναι βενθοπελαγικό είδος, βρίσκεται σε όλα τα υποστρώματα, συνήθως σε βάθη έως 200 μέτρα (m) αλλά μετακινείται σε βαθύτερα νερά κατά την περίοδο του χειμώνα. Τρέφεται με βενθικούς οργανισμούς αλλά και μικρά ψάρια, το τροφικό τους επίπεδο είναι 3,8 (Froese *et al.* 2014). Το λυθρίνι είναι ένα κατάλληλο είδος για την υδατοκαλλιέργεια στη Μεσόγειο και ο σωστός προσδιορισμός της περιόδου ωοτοκίας του είδους είναι επίσης πολύ σημαντικός για την εκτροφή του. Το λυθρίνι έχει εμπορική σημασία και η σύλληψή του γίνεται με απλάδια ή μανωμένα δίχτυα, παραγάδια και τράτες. Το ύψος της ετήσιας παραγωγής όλων των ειδών λυθρινιού στη Μεσόγειο είναι 689 τόνοι, το οποίο αντιστοιχεί στο 0,13% της συνολικής παραγωγής, σύμφωνα με το Τουρκικό Στατιστικό Ινστιτούτο (Turkstat 2007, Metin *et al.* 2011). Κατά την εκτροφή το λυθρίνι παρουσιάζει μικρότερους ρυθμούς αύξησης σε σχέση με την τσιπούρα που ανήκει στην ίδια οικογένεια (Sparidae) (Κουσουλάκη κ.α. 2007). Επίσης η διάρκεια της εκτροφής του είναι μεγαλύτερη και ανέρχεται σε 24-36 μήνες (Κουσουλάκη κ.α. 2007). Σε σύγκριση με άλλα εκτρεφόμενα είδη στη Μεσόγειο, το λυθρίνι δείχνει μια ταχύτερη αύξηση στο προνυμφικό στάδιο (Klaoudatos *et al.* 2004). Οι τροφές που χρησιμοποιούνται κατά την εκτροφή είναι κυρίως σκευάσματα που προορίζονται για την τσιπούρα με μερικές παραλλαγές. Σύμφωνα με Κουσουλάκη κ.α. 2007, η αύξηση του ποσοστού των πρωτεϊνών στην τροφή μειώνει την αξιοποίησή της, αλλά βελτιώνει του συντελεστές εκμετάλλευσης της τροφής, πράγμα που μπορεί να οφείλεται και στη μείωση του ποσοστού του αμύλου στη τροφή και προτείνεται το ποσοστό αυτό να είναι έως 20%. Η κατανάλωση της τροφής διαφέρει από εκείνη των κοινώς καλλιεργούμενων ειδών στη Μεσόγειο όπως η τσιπούρα και το λαβράκι, το γεγονός ότι το λυθρίνι καταναλώνει μικρές ποσότητες τροφής σημαίνει ότι απαιτούνται πολλαπλά ταΐσματα καθ' όλη τη διάρκεια της ημέρας (Klaoudatos *et al.* 2004). Όσο αφορά τα νεαρά άτομα λυθρινιού καλή ανάπτυξη και αποδοτικότητα των τροφών επιτεύχθηκαν όταν ταΐστηκαν

μέχρι κορεσμού δύο φορές την ημέρα, και υπήρξε μικρή βελτίωση όταν η σίτιση των ψαριών έγινε συχνότερη μέσα στο ίδιο χρονικό διάστημα των 8 ωρών (Mihelakis *et al.* 2001).



Εικόνα 1.5. Φωτογραφία, λυθρινιού (*Pagellus erythrinus*) Πηγή:

http://www.maestropescador.com/Colaboradores/dammous_shibl/Pagellus_erythrinus.jpg

1.3.6. Συναγρίδα (*Dentex dentex*)

Η συναγρίδα (*Dentex dentex*, Εικ.1.6) συναντάται σε βραχώδες υπόστρωμα έως 200 μέτρα (m) βάθος, αλλά μπορεί να βρεθούν και σε ρηχά νερά βάθους μικρότερο των 50 μέτρων (m). Τρέφεται με ψάρια, μαλάκια και καρκινοειδή, το τροφικό του επίπεδο είναι 4,5 (Froese *et al.* 2014). Η συναγρίδα είναι ένα είδος μέσου μεγέθους που εμφανίζει υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης από το λαβράκι και την τσιπούρα, δύο είδη που συνήθως καλλιεργούνται στη Μεσόγειο Θάλασσα (Divanach *et al.* 1993, Company *et al.* 1999, Chatzifotis *et al.* 2008). Κατά την εκτροφή παρουσιάζει έντονα προβλήματα επιθετικής συμπεριφοράς, διατροφής, και ευαισθησίας στους χειρισμούς, στην καταπόνηση (*stress*) και στις ασθένειες (Sweetman 1992, Efthimiou *et al.* 1994, Efthimiou 1996, Tibaldi *et al.* 1996, Κουμουندούρος 1998). Οι τιμές μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) για συναγρίδα ποικίλλουν σε μεγάλο βαθμό μεταξύ των μελετών και κυμαίνονται από 1.1 έως 2.1, κατά πάσα πιθανότητα λόγω του μεγέθους των ψαριών και την διακύμανση της θερμοκρασίας, καθώς και τη θρεπτική αξία των συστατικών της τροφής (Chatzifotis *et al.* 2008). Η φάση παραγωγής γόνου (αβγά έως ιχθυύδια με βάρος 1-2g) διαρκεί 50-56 ημέρες για τη συναγρίδα, ή αλλιώς 40-60 ημέρες λιγότερες από την τσιπούρα και το λαβράκι υπό παρόμοιες ή μη συνθήκες εκτροφής (Berg & Cittolin 1987, Person Le Ruy *et al.* 1991, ΙΘΑΒΙΚ αδημοσίευτα αποτελέσματα, Κουμουندούρος 1998). Το πλεονέκτημα αυτό διατηρείται και στη φάση της πάχυνσης, όπου υπό παρόμοιες θερμοκρασιακές συνθήκες και μετά από 12 μήνες εκτροφής η συναγρίδα φθάνει στα 41g μέσο βάρος, ενώ η τσιπούρα μόλις στα 207g και το λαβράκι στα 150g (Divanach *et al.* 1993, Κουμουندούρος, 1998). Οι απαιτήσεις σε διαιτητική πρωτεΐνη των ιχθυοδίων συναγρίδας μπορούν να μειωθούν με την αύξηση του ποσοστού των λιπιδίων στην τροφή. Η αύξηση των λιπιδίων από 10,6% ή 13,5% σε 19,7%, επέτρεψε τη μείωση των διαιτητικών πρωτεϊνών στο 50% χωρίς να επηρεάζει τον ειδικό ρυθμό αύξησης (SGR) και

τον ρυθμό μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR). Όταν συγκρίνονται δίαιτες με την ίδια περιεκτικότητα σε πρωτεΐνη, η αύξηση των λιπιδίων μπορεί να βελτιώσει τον ρυθμό αύξησης και την αξιοποίηση της τροφής (Skalli *et al.* 2004). Η αύξηση του σωματικού βάρους και οι διατροφικοί δείκτες ανέδειξαν μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης στα ψάρια που διατρέφονταν με τροφές που περιείχαν 43% ή 38% πρωτεΐνη και υψηλό ποσοστό υδατανθράκων (28% της τροφής). Ωστόσο, δίαιτες με υψηλότερα επίπεδα λιπιδίων (24% της τροφής) παρουσίασαν καλύτερη μετατρεψιμότητα της τροφής. Το συνολικό βάρος σώματος, μήκος του σώματος, βάρος του ήπατος και το βάρος των μυών μειώθηκε καθώς μειωνόταν το ποσοστό των πρωτεϊνών της τροφής (39% και 38%) (Suarez *et al.* 2009).



Εικόνα 1.6. Φωτογραφία συναγρίδας (*Dentex dentex*) Πηγή:

<http://www.fao.org/fishery/species/3182/en>

1.4. Σκοπός της εργασίας

Η εργασία αναφέρεται και συγκρίνει τη σχέση εκτρεφόμενων ειδών ψαριών με υψηλό τροφικό επίπεδο και την επιρροή τους στα αλιευτικά αποθέματα. Είναι γνωστό ότι λόγω της παγκόσμιας αύξησης της αλιείας τα αλιευτικά αποθέματα μειώνονται καθώς και το τροφικό επίπεδο των αλιευμάτων, παρόλο που οι απόψεις δίστανται σχετικά με την άνοδο ή κάθοδο του τροφικού επιπέδου, επικρατούσα άποψη είναι η μείωση του (Campbell *et al.* 2012). Η σχέση των δύο σκελών της εργασίας, οφείλεται στην αλληλεπίδραση τους καθώς για την εκτροφή ψαριών με υψηλό τροφικό επίπεδο η χρήση του ιχθυαλεύρου στην εμπορική τροφή που παρέχεται κατά την εκτροφή είναι αναγκαία, τόσο για την διαβίωση και την υγεία των ψαριών όσο και για την επίτευξη υψηλών και οικονομικά βιώσιμων ρυθμών ανάπτυξης και για την παραγωγή ενός τελικού προϊόντος-ψαριού που έχει τα επιθυμητά οργανοληπτικά χαρακτηριστικά και την επιθυμητή θρεπτική σύσταση για τον άνθρωπο-καταναλωτή. Παρά τις επιτυχείς προσπάθειες για μείωση της περιεκτικότητας του ιχθυαλεύρου στις τροφές, οι αρνητικές επιπτώσεις που προκαλεί η μη αειφορική διαχείριση των αποθεμάτων είναι εμφανείς στα θαλάσσια αποθέματα. Τέλος σκοπός της εργασίας είναι να δείξει εάν η εκτροφή ειδών ψαριών υψηλού τροφικού επιπέδου επιβαρύνει τα αλιευτικά αποθέματα έχοντας αυξημένο τροφικό επίπεδο κατά την εκτροφή στα υπό μελέτη είδη βάσει του ιχθυαλεύρου που περιέχεται στις τροφές που χρησιμοποιούνται στις ιχθυοκαλλιέργειες. Η ανάλυση που γίνεται στην εργασία δείχνει ότι οι ιχθυοτροφές που χρησιμοποιούνται στην εκτροφή ψαριών περιέχουν ακόμη υψηλό ποσοστό ιχθυαλεύρων που συνήθως προέρχεται από την αλιεία μικρών πελαγικών ψαριών.

ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

2.1. Υπολογισμοί των τροφικών επιπέδων των υπό μελέτη ειδών

Στην παρούσα εργασία ελήφθησαν τα δεδομένα της αλιευτικής παραγωγής για την Μεσόγειο θάλασσα από τον διεθνή οργανισμό FAO (Food and Agricultural Organization of the United Nations). Τα αλιευτικά δεδομένα απευθύνονταν στα έτη 1950 έως 2008 και περιείχαν δεδομένα των εκφορτώσεων σε τόνους (t) ανά είδος που αλιεύεται και ανά έτος. Τα τροφικά επίπεδα του φυσικού περιβάλλοντος των έξι ειδών ψαριών που μελετήθηκαν, πάρθηκαν από την βάση δεδομένων FishBase (www.fishbase.org). Τα έξι είδη που μελετήθηκαν ήταν τα εξής *Pagrus pagrus*, *Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax*, *Anguilla anguilla*, *Pagellus erithrimus* και *Dentex dentex*. Για τον υπολογισμό των τροφικών επιπέδων των ειδών αυτών κατά τη διαδικασία της εκτροφής χρησιμοποιήθηκαν δεδομένα από δημοσιευμένες εργασίες και πηγές που αναφέρονται στην περιεκτικότητα της συνθετικής τροφής που παρέχεται. Τα δεδομένα από τις εργασίες αυτές ήταν η εκατοστιαία περιεκτικότητα της τροφής σε ιχθυάλευρο συν άλλα ζωικής προέλευσης άλευρα και η περιεκτικότητα σε φυτικά άλευρα.

Τα τροφικά επίπεδα των υπό μελέτη ειδών κατά την εκτροφή υπολογίστηκαν με τον τύπο:

$$\text{Aquaculture Trophic Level} = 1 + 3,5 * F_m + 1 * P_m$$

Όπου «F_m» το ποσοστό ζωικής προέλευσης αλεύρων και όπου «P_m» το ποσοστό των φυτικής προέλευσης αλεύρων που περιέχονται στην τροφή. Για τον υπολογισμό του τελικού αποτελέσματος έγινε αναγωγή στο 100% της τροφής, καθώς το άθροισμα των ποσοστών δεν συμπληρώνει το 100% της τροφής. Στη συνέχεια υπολογίστηκαν τα μέσα τροφικά επίπεδα των υπό μελέτη ειδών με τη χρήση του τύπου:

$$\text{Mean Trophic Level} = \frac{\sum_i(\text{Troph}_s * \text{Production}_s)}{\sum_i(\text{Production}_s)}$$

Όπου δείκτης «i» το έτος στο οποίο υπολογίζεται το μέσο τροφικό επίπεδο, όπου δείκτης «s» το είδος που συμπεριλαμβάνεται. Το μέσο τροφικό επίπεδο υπολογίστηκε για την αλιευτική αλλά και την ιχθυοκαλλιεργητική παραγωγή αντίστοιχα για όλα τα έτη (1950-2008). Για την επεξεργασία των δεδομένων και την κατασκευή των γραφημάτων χρησιμοποιήθηκε το υπολογιστικό πρόγραμμα Microsoft Excel 2007.

Όπως αναφέρθηκε, για τον υπολογισμό του τροφικού επιπέδου κατά την εκτροφή χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένα ποσοστά ιχθυαλεύρου και φυτικών αλεύρων βάσει της βιβλιογραφίας. Το χαρακτηριστικό σιτηρέσιο είναι αυτό που θεωρητικά χρησιμοποιείται σε κάθε εκτροφή, διαφέρει για κάθε είδος ανάλογα με τις ανάγκες του, αλλά οι τιμές του είναι πραγματικές και με μικρή απόκλιση από τις ιχθυοτροφές που χρησιμοποιούνται. Οι τιμές των ποσοστών που χαρακτηρίζουν τη θρεπτική σύσταση του σιτηρεσίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.1 παρακάτω.

Πίνακας 2.1. Θρεπτική σύσταση του χαρακτηριστικού σιτηρεσίου για το κάθε υπό μελέτη είδος.

ΘΡΕΠΤΙΚΗ ΣΥΣΤΑΣΗ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟΥ						
Θρεπτικά συστατικά %	Τσιπούρα	Λαβράκι	Χέλι	Φαγκρί	Συναγρίδα	Λυθρίνι
Ξηρά Ουσία (%)	91.03	93.85	91.72	91.49	91.93	91.43
Πρωτεΐνη (%)	40.97	44.64	48.86	49.71	43.22	47.76
Λίπος (%)	20.01	20.036	12.49	12.24	17.69	13.19
Υδατάνθρακες (%)	22.43	18.41	20.20	19.87	20.00	20.23
Ινώδεις Ουσίες (%)	2.86	2.40	1.48	1.73	2.00	1.14
Τέφρα (%)	5.83	6.19	7.04	7.1218	8	8.76
Ποσοστό %	92.11	91.70	90.09	90.6943	90.92	91.09
Υγρασία (%)	7.96	8.38	10.00	9.34	9.12	9.00
Τελικό Ποσοστό %	100.07	100.09	100.09	100.03	100.04	100.09

Πέρα από την θρεπτική σύσταση των σιτηρεσίων του κάθε είδους, σημαντικό ρόλο στην εργασία έχει το ποσοστό συμμετοχής των διαφόρων πρώτων υλών που συνθέτουν το σιτηρέσιο. Έμφαση πρέπει να δοθεί στα ποσοστά των φυτικών αλεύρων και του ιχθυαλεύρου που χρησιμοποιείται διότι όπως προαναφέρθηκε αυτές οι τιμές καθορίζουν τα αποτελέσματα του υπολογισμού των τροφικών επιπέδων κάθε είδους κατά την εκτροφή. Τα ποσοστά των υλικών που χρησιμοποιήθηκαν στη σύνθεση του εικονικού σιτηρεσίου παρουσιάζονται στον Πίνακα 2.2 που ακολουθεί.

Πίνακας 2.2. Αναλυτικός πίνακας με τη χαρακτηριστική ποσοστιαία συμμετοχή κάθε συστατικού του χαρακτηριστικού σιτηρεσίου για καθένα από τα υπό μελέτη είδη.

	Τσιπούρα	Λαβράκι	Χέλι	Φαγκρί	Συναγρίδα	Λυθρίνι
ΣΥΣΤΑΤΙΚΑ ΣΙΤΗΡΕΣΙΟΥ	Συμμετοχή (%) στο σιτηρέσιο					
Συστατικά φυτικής προέλευσης	25	35	15	20	25	5
Ιχθυάλευρο	38	40	59	57	44	63
Σογιέλαιο	4	3	2	2	3	2
Ιχθυέλαιο	10	10	3	3	9	3
Βιταμίνες πρόμιγμα	1	1	3	2	2	2
Ανόργανα στοιχεία πρόμιγμα	1	1	3	2	2	2

ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ - ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

3.1. Πρωτεϊνικές ανάγκες και χρήση αλεύρων

Μετά την επεξεργασία των δεδομένων που ελήφθησαν από τη βιβλιογραφία προκύπτουν τα ποσοστά των πρωτεϊνικών αναγκών του κάθε είδους που μελετήθηκε, καθώς και η χρήση του ιχθυαλεύρου σε ποσοστό επί τοις εκατό, όπως και το ποσοστό των φυτικών αλεύρων που περιέχονται στην ιχθυοτροφή. Βάση των ποσοστών χρήσεως που αναφέρονται στον Πίν. 3.1 υπολογίστηκε το τροφικό επίπεδο του κάθε υπό μελέτη είδους στην εργασία σε συνθήκες εκτροφής.

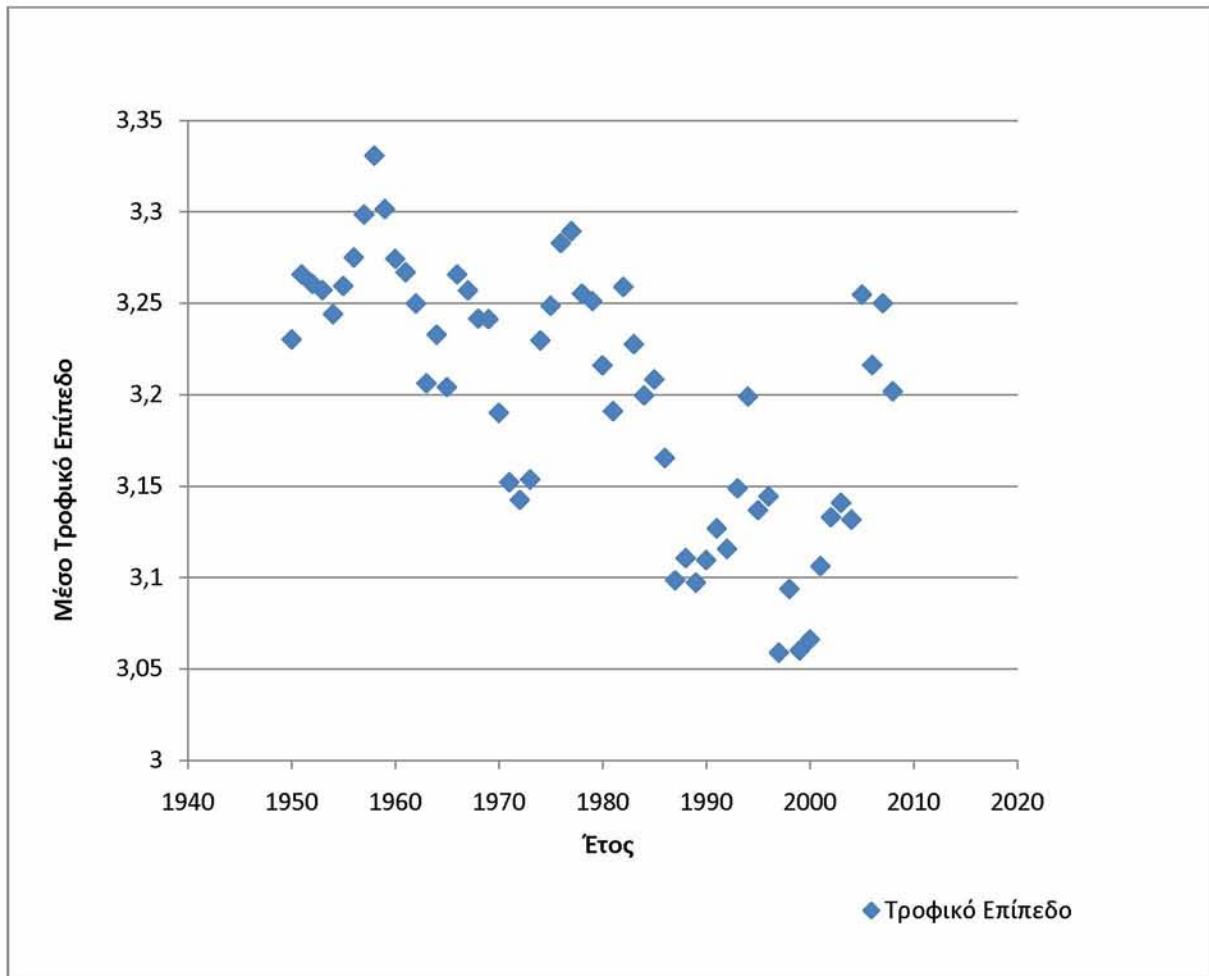
Πίνακας 3.1. Πρωτεϊνικές ανάγκες και χρήση αλεύρων.

Κοινά Ονόματα	Είδος	Πρωτεϊνικές ανάγκες (%)	Χρήση ιχθυαλεύρου (%)	Χρήση φυτικών αλεύρων (%)	Πηγές
Συναγρίδα	<i>Dentex dentex</i>	43.2215	44	25	<i>Skalli et al. 2005, Chatzifotis et al. 2007</i>
Λυθρίνι	<i>Pagellus erithrinus</i>	47.76	63	5	<i>Kousoulaki et al. 2007</i>
Χέλι	<i>Anguilla anguilla</i>	48.863	59	15	<i>Tacon et al. 2007, Okorie et al. 2007</i>
Λαβράκι	<i>Dicentrarchus labrax</i>	44.6485	40	35	<i>Adamidou et al. 2009</i>
Τσιπούρα	<i>Sparus aurata</i>	40.9725	38	25	<i>Pavlidis Mylonas 2011, Martines-Llorens S. et al 2007</i>
Φαγκρί	<i>Pagrus pagrus</i>	49.7115	57	20	<i>Shuchardt et al. 2007</i>

Η χρήση των αλεύρων για την κάλυψη των πρωτεϊνικών αναγκών κυμαίνεται από 15% έως 60%. Τα μεγαλύτερα είδη χρειάζονται υψηλότερα ποσοστά εναλλακτικής μορφής πρωτεϊνών από τα μικρότερα είδη ψαριών καθώς οι συνολικές πρωτεϊνικές ανάγκες είναι μεγαλύτερες. Σε πολλά είδη ψαριών η αντικατάσταση ζωικών πρωτεϊνών με φυτικά άλευρα, κυρίως άλευρο σόγιας (soybeanmeal) κυμαίνεται από 25% έως 40% όπως για παράδειγμα στη τσιπούρα, το λαβράκι και το καλκάνι. Για την επίτευξη της σωστής και γρήγορης ανάπτυξης των ψαριών κατά την εκτροφή πρέπει ο συνδυασμός ιχθυαλεύρου και φυτικών αλεύρων να παρέχουν το επιθυμητό ποσοστό πρωτεϊνών. Να σημειωθεί ότι το ποσοστό πρωτεϊνών που περιέχει το ιχθυάλευρο διαφέρει ανάλογα την ποιότητα του.

Σύμφωνα με τον ανωτέρω πίνακα (Πιν. 3.1) των αποτελεσμάτων της μελέτης, προκύπτουν τα εξής για τα υπό μελέτη είδη. Τα ποσοστά των πρωτεϊνικών αναγκών κυμαίνονται από 43% έως 49% καθαρής πρωτεΐνης στη τροφή είτε ζωικής είτε φυτικής προέλευσης, η χρήση ιχθυαλεύρου στη τροφή από 38% έως 63% και η χρήση φυτικών αλεύρων σε ποσοστό επί της τροφής από 5% έως 35%. Τα χαμηλότερα ποσοστά στη χρήση ιχθυαλεύρου και με ικανοποιητικά υψηλή περιεκτικότητα φυτικών αλεύρων στην τροφή παρουσιάζουν η τσιπούρα, το λαβράκι και η συναγρίδα. Χαμηλότερη χρήση φυτικών αλεύρων παρατηρείτε στα είδη λυθρίνι, χέλι και φαγκρί με χαμηλότερο όλων το λυθρίνι και ποσοστό επί της τροφής 5%. Ταυτόχρονα το λυθρίνι παρουσιάζει και την υψηλότερη χρήση ιχθυαλεύρου στην τροφή (63%).

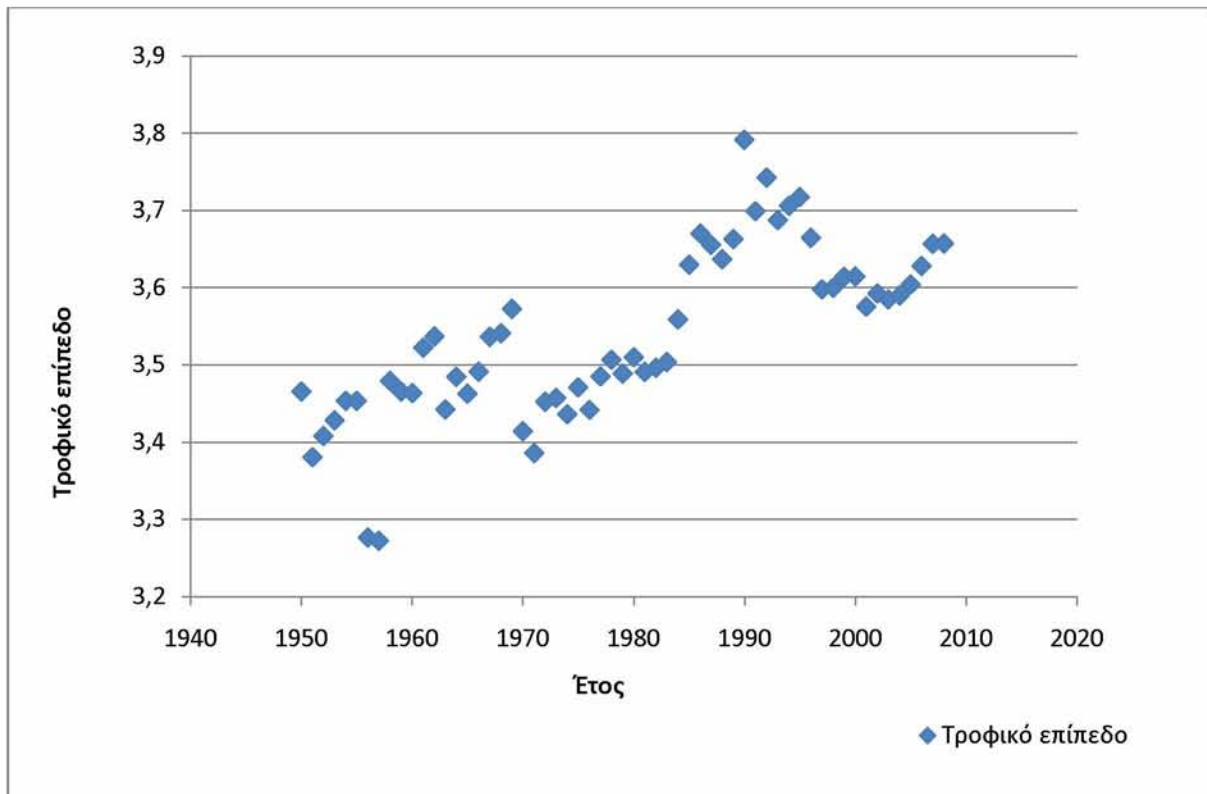
3.2. Μέσο τροφικό επίπεδο των υπό μελέτη ειδών, σύγκριση υδατοκαλλιέργειών και αλιείας



Σχήμα 3.1. Μέσο τροφικό επίπεδο όλων των αλιευόμενων ειδών στη Μεσόγειο το διάστημα 1950-2007.

Το μέσο τροφικό επίπεδο της Μεσογείου των αλιευτικών αποθεμάτων έχει μειωθεί κυρίως λόγω της υπεραλίευσης (Pauly *et al.* 1998). Φαίνεται ότι ισχύει η αλίευση «προς τα κάτω» του τροφικού πλέγματος (fishing down the food web). Η αλιεία έχει την τάση να αφαιρεί αρχικά τα μεγαλύτερα σε μέγεθος άτομα του κάθε είδους και γενικότερα αυτά του υψηλότερου τροφικού επιπέδου λόγω της πλουσιότερης θρεπτικής αξίας προς τον άνθρωπο αλλά κυρίως λόγω της υψηλότερης τιμής στην αγορά. Όσο αφορά τα μικρά πελαγικά ψάρια,

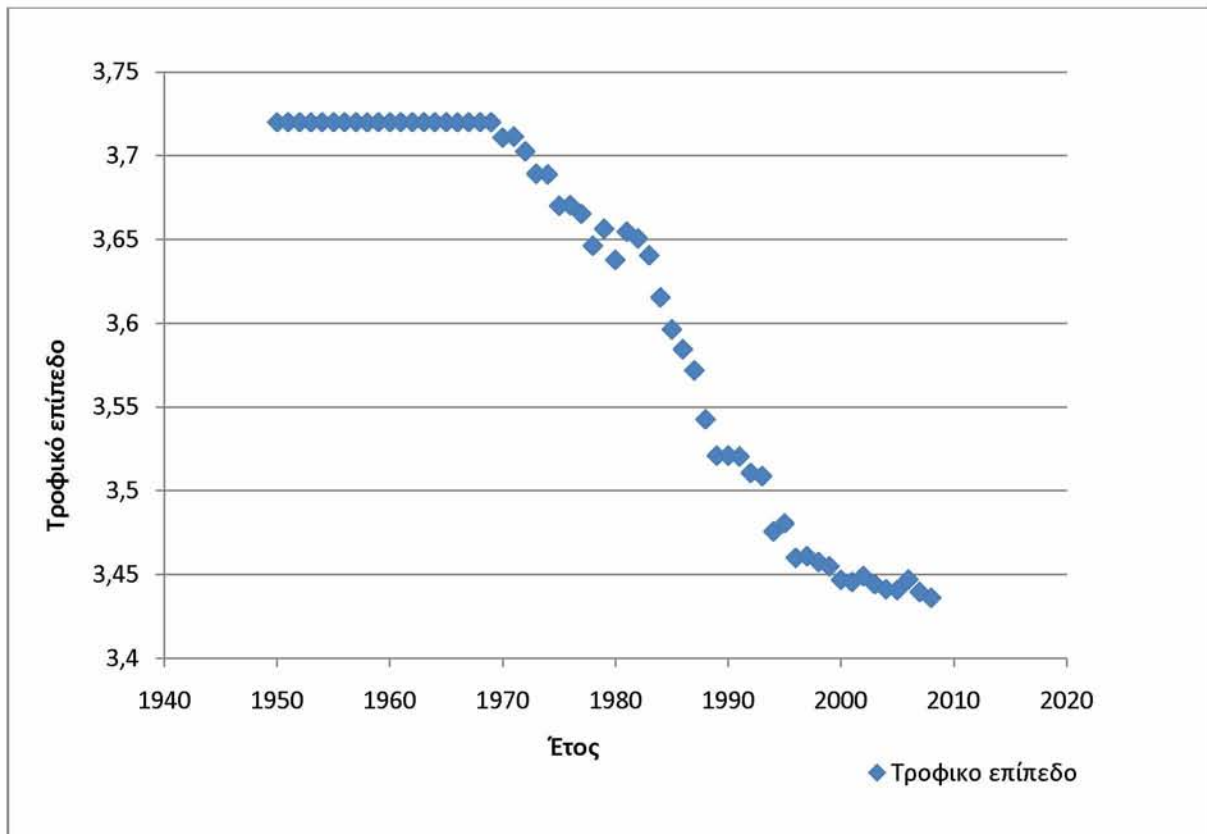
η πορεία του συνολικού τροφικού επιπέδου δεν καθιστά δυνατή την αντιπροσωπευτική κατανόηση της κατάστασης των αποθεμάτων τους, παρόλα αυτά είναι λογικό να αυξάνεται η αλίευση των ειδών μικρού τροφικού επιπέδου αφού ο αριθμός αυτών με υψηλό τροφικό επίπεδο έχει ήδη μειωθεί αρκετά. Από αυτό συνεπάγεται πως εάν συνεχιστεί με αυτό τον τρόπο η πορεία της αλιείας τότε κύριος στόχος θα γίνουν και τα είδη που απομένουν.



Σχήμα 3.2. Η πορεία του μέσου τροφικού επιπέδου για τα έξι υπό μελέτη είδη στην αλιεία την περίοδο 1950-2007.

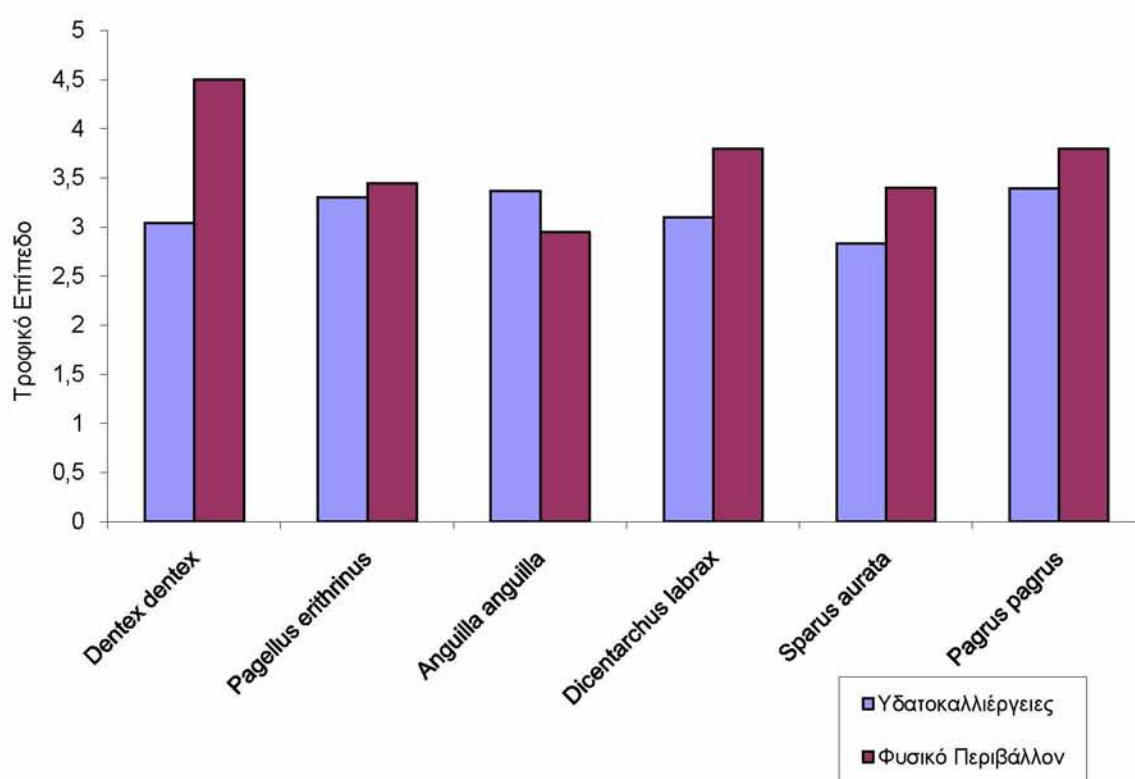
Όσο αφορά τα υπό μελέτη είδη, δηλαδή τσιπούρα, λαβράκι, χέλι, συναγρίδα, λυθρίνι, φαγκρί, έγινε ξεχωριστός υπολογισμός του μέσου τροφικού επιπέδου τους για την κατανόηση της πορείας των αποθεμάτων τους. Σύμφωνα με τη γραμμική τάση που παρουσιάζεται στο Σχήμα 3.2, το τροφικό επίπεδο έχει αύξουσα πορεία σε βάθος χρόνου (χρονικό διάστημα 1950-2007). Παρά το γεγονός ότι τα είδη αυτά έχουν υψηλή θρεπτική

αξία καθώς και εμπορική αξία, ήταν κύριοι αλιευτικοί στόχοι με πλέον μειωμένα αλιευτικά αποθέματα. Η αύξηση του μέσου τροφικού επιπέδου τους στη Μεσόγειο μπορεί να οφείλεται στην ραγδαία αύξηση της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών σε αυτά τα είδη που παρείχαν ένα μέρος της ζητούμενης ποσότητας στην αγορά οπότε μείωση της ζήτησης στην αλιεία. Για παράδειγμα η τσιπούρα είναι ένα από τα δημοφιλή είδη ψαριών για εκτροφή και η ανάπτυξη και σταθεροποίηση της εντατικής εκτροφής αποδίδει πλέον περίπου 120.000 τόνους ψαριών το χρόνο (119.227 για το έτος 2008). Επίσης λόγος ανόδου του μέσου τροφικού επιπέδου μπορεί να είναι οι νομοθετικοί περιορισμοί που έχουν τεθεί στην αλιεία που επιτρέπουν την ανάκαμψη των αποθεμάτων.



Σχήμα 3.3. Η εκτιμώμενη πορεία του μέσου τροφικού επιπέδου για τα έξι υπό μελέτη είδη κατά την εκτροφή την περίοδο 1950-2007.

Αντίθετα με την πορεία του μέσου τροφικού επιπέδου των υπό μελέτη ειδών στην αλιεία (Σχ.3.2.), η πορεία του μέσου τροφικού επιπέδου κατά την εκτροφή των ίδιων ειδών μειώνεται σε σημαντικό βαθμό, από 3,7 σε 3,45, αυτό οφείλεται στη μείωση του ιχθυαλεύρου που χρησιμοποιείται στα σιτηρέσια και η αντικατάσταση των ζωικών πρωτεϊνών με φυτικής προέλευσης, όπως έχει προαναφερθεί η κύρια πηγή είναι το άλευρο σόγιας.



Σχήμα 3.4. Διάγραμμα σύγκρισης του τροφικού επιπέδου των υπό μελέτη ειδών στις υδατοκαλλιέργειες και στο φυσικό περιβάλλον.

Όπως είναι εμφανές στο Σχήμα 3.4, το τροφικό επίπεδο κατά την εκτροφή των έξι υπό μελέτη ειδών διαφέρει από αυτό του φυσικού περιβάλλοντος. Λόγω της εξέλιξης της τεχνολογίας ιχθυοτροφών και της μείωσης του ποσοστού του ιχθυαλεύρου που περιέχεται

στην τροφή, το τροφικό επίπεδο (κατά την εκτροφή) των πέντε εκ των έξι ειδών παρουσιάζεται χαμηλότερο από αυτό του φυσικού περιβάλλοντος με μόνη εξαίρεση το χέλι (*Anguilla anguilla*). Το χέλι μπορεί να παρουσιάζει αυξημένο τροφικό επίπεδο σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη αλλά η εκτροφή του παρουσιάζει δυσκολίες.

Πίνακας 3.2. Αναλυτικός πίνακας των τιμών του τροφικού επιπέδου στο φυσικό περιβάλλον και τις υδατοκαλλιέργειες για κάθε είδους και η ποσοστιαία διαφορά τους

		Τροφικό επίπεδο		Διαφορά (%)
		Υδατοκαλλιέργειες	Φυσικό Περιβάλλον	
Συναγρίδα	<i>Dentex dentex</i>	3,04	4,50	-32,44
Λυθρίνι	<i>Pagellus erithrinus</i>	3,305	3,45	-4,08
Χέλι	<i>Anguilla anguilla</i>	3,365	2,95	+12,33
Λαβράκι	<i>Dicentrarchus labrax</i>	3,1	3,80	-18,42
Τσιπούρα	<i>Sparus aurata</i>	2,83	3,40	-16,76
Φαγκρί	<i>Pagrus pagrus</i>	3,395	3,80	-10,66

Στον παραπάνω πίνακα (Πιν. 3.2.) παρουσιάζεται η ποσοστιαία διαφορά των τροφικών επιπέδων, δηλαδή αυτών του φυσικού περιβάλλοντος και αυτών κατά την εκτροφή για το κάθε υπό μελέτη είδος. Η μέγιστη διαφορά εμφανίζεται στη Συναγρίδα (*Dentex dentex*) με τιμή 36,44%. Ελάχιστη μείωση παρουσίασε το λυθρίνι (4,08%) πράγμα που οφείλεται στην αρκετά υψηλή περιεκτικότητα ιχθυαλεύρου στη διαίτά του σύμφωνα με τον Πίνακα 3.1. Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η εξαίρεση είναι το χέλι (*Anguilla anguilla*), το μόνο είδος που παρουσίασε αύξηση κατά 12,33% του τροφικού του επιπέδου υπό συνθήκες εκτροφής. Πέρα αυτού, η διαφορά που παρουσιάστηκε στη Συναγρίδα είναι αξιοσημείωτη καθώς

υποδεικνύει σημαντική μείωση του ποσοστού συμμετοχής ζωικών πρωτεϊνών στο ενδιαίτημα του είδους αυτού κατά την εκτροφή του.

ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Όπως γίνεται αντιληπτό μέσω της μελέτης, η εκτροφική υπερύψωση (farming up) είναι ένα φαινόμενο που μετά το 1990 είχε εμφανή αρνητική δράση στα αλιευτικά αποθέματα. Η αιτία του φαινομένου αυτού είναι η χρήση του ιχθυαλεύρου στις ιχθυοκαλλιέργειες που παλαιότερα αποτελούσε το 50-60% μιας εμπορικής τροφής. Το ιχθυάλευρο προέρχεται κυρίως από την αλίευση μικρών πελαγικών ειδών ψαριών μικρής αξίας για τον άνθρωπο. Η αύξηση της παραγωγής των ιχθυοκαλλιεργειών έφερε αντίστοιχη αύξηση στη ζήτηση ιχθυαλεύρου το οποίο συνεπάγεται σε υπεραλίευση των μικρών πελαγικών ειδών. Η νεότερη τάση για μείωση του ποσοστού του ιχθυαλεύρου στις εμπορικές τροφές και σύμφωνα με τα αποτελέσματα της μελέτης φαίνεται να βοηθά στη μείωση του φαινομένου της εκτροφικής υπερύψωσης. Αυτό συμπεραίνεται από τη μείωση του ρυθμού αύξησης του μέσου τροφικού επιπέδου των υδατοκαλλιεργειών (Σχ. 3.3) βάση της εκτίμησης που γίνεται στη μελέτη για τα έξι ήδη στα οποία αναφέρεται, τα οποία είναι από τα εμπορικότερα είδη που εκτρέφονται στην Ελλάδα και τη Μεσόγειο.

Αρχίζοντας από τον υπολογισμό των ποσοστιαίων αναγκών σε πρωτεΐνη για το κάθε είδος που μελετάται, τον υπολογισμό των χαρακτηριστικών σιτηρεσίων και την περιεκτικότητα σε ιχθυάλευρο και φυτικά άλευρα (Πιν. 2.1, Πιν. 2.2 και Πιν. 3.1), οι πρωτεϊνικές κυμαίνονται από 43% έως 49%, ποσοστά τα οποία βάση της βιβλιογραφίας που χρησιμοποιήθηκε καλύπτουν τις ανάγκες των ειδών αυτών και αποδίδουν τους απαιτούμενους ρυθμούς αύξησης για εκτροφή. Συγκρίνοντας τις τιμές που παρουσιάζονται στα ποσοστά χρήσης ιχθυαλεύρου και φυτικών αλεύρων στην τροφή, το λυθρίνι (63% ιχθυάλευρο συν 5% φυτικά άλευρα) και το χέλι (59% ιχθυάλευρο συν 15% φυτικά άλευρα) κατέχουν τις μεγαλύτερες διαφορές μεταξύ των δύο αυτών συστατικών. Λαμβάνοντας υπ' όψιν ότι σκοπός είναι η μείωση του ιχθυαλεύρου και η αύξηση των φυτικών αλεύρων στην

τροφή, τα σιτηρέσια που χρησιμοποιούνται δεν μπορούν να θεωρηθούν ικανοποιητικά σε σχέση με την πρόοδο που έχει γίνει όσο αφορά την τεχνολογία ιχθυοτροφών στα υπόλοιπα υπό μελέτη είδη. Επίσης όπως παρατηρείται τα πιο ανεκτικά είδη στην αντικατάσταση των ζωικής προέλευσης πρωτεϊνών με φυτικής προέλευσης είναι η τσιπούρα, το λαβράκι και η συναγρίδα, ακολουθά το φαγκρί το οποίο όπως αναφέρεται στην Παράγραφο 1.2.1 χαρακτηρίζεται από την ικανότητα προσαρμογής του και είναι δεκτικό σε άλλες εναλλακτικές πηγές τροφής. Παρά τα θετικά στοιχεία που διακατέχουν το φαγκρί, το ποσοστό του ιχθυαλεύρου (57%) που χρησιμοποιείται στο ενδιαίτημά του θα πρέπει να μειωθεί περαιτέρω. Όσο αφορά το λυθρίνι το οποίο με την παρούσα γνώση για το είδος χρειάζεται 63% ιχθυάλευρο στην τροφή του (πρέπει να σημειωθεί ότι το ποσοστό αυτό απαντάται βάσει της βιβλιογραφίας κατά την εκτροφή των νεαρών ατόμων που έχουν μεγαλύτερες πρωτεϊνικές απαιτήσεις) και σύμφωνα με τις πληροφορίες της παραγράφου 1.2.5, όπου αναφέρεται ότι η διάρκεια εκτροφής του είναι 24-36 μήνες καθώς και ο ρυθμός αύξησής του μικρότερος σε σχέση με τα άλλα εκτρεφόμενα είδη που μελετώνται, ίσως η εκτροφή του να μην είναι συμφέρουσα. Παρόλα αυτά η αξία του για τον άνθρωπο είναι μεγάλη καθώς και η ζήτησή του. Το χέλι παρά το γεγονός ότι το τροφικό του επίπεδο στο φυσικό του περιβάλλον είναι 2,95, τιμή χαμηλότερη από τα υπόλοιπα υπό μελέτη είδη, οι απαιτήσεις του σε πρωτεΐνη είναι υψηλές (48,8%) καθώς και η χρήση του ιχθυαλεύρου στη τροφή του (59%). Έχει όμως προαναφερθεί μέσω της βιβλιογραφίας ότι η πεπτικότητα των αλεύρων σόγιας για το χέλι είναι παρόμοια με αυτή του ιχθυαλεύρου (Schmitz *et al.* 1984, Luzzana *et al.* 2003), αυτό είναι ένα θετικό στοιχείο για την αύξηση της συμμετοχής προϊόντων σόγιας στη διατροφή του.

Από την παρατήρηση του σχήματος 3.1 συμπεραίνεται ότι το μέσο τροφικό επίπεδο των αλιευομένων ειδών της Μεσογείου μειώνεται, ειδικά από τα μέσα και μετά της δεκαετίας του 1970 αφού είχε προηγηθεί μια αύξηση. Έκτοτε η πορεία του συνεχίζει να είναι καθοδική

βάσει της γραμμής τάσης του διαγράμματος. Παρόμοια αποτελέσματα τα οποία διασταυρώνονται με της παρούσας μελέτης είχαν δημοσιευτεί από το 1998. Στον Βορειοδυτικό Ατλαντικό το μέσο τροφικό επίπεδο της αλιείας αυξήθηκε αρχικά, στη συνέχεια αντιστράφηκε σε μια απότομη πτώση. Παρόμοιες μειώσεις είναι εμφανής καθ' όλη τη χρονική σειρά για το Βορειοανατολικό Ατλαντικό και τη Μεσόγειο, αν και στη Μεσόγειο συνολικά τα τροφικά επίπεδα τροφικά είναι χαμηλότερα (Pauly *et al.* 1998). Μετά το έτος 2000 η κλίση της γραμμής τάσης του διαγράμματος μειώνεται (Σχ. 3.1) και παράλληλα παρατηρείται μια μικρή αλλά σημαντική για την μελέτη αύξηση στο μέσο τροφικό επίπεδο σε σχέση με τα προηγούμενα χρόνια. Η αλλαγή αυτή ενδέχεται να σηματοδοτεί αρχικά την σταθεροποίηση του μέσου τροφικού επιπέδου της Μεσογείου τα επόμενα χρόνια και ίσως στη συνέχεια την αύξηση του μέσου τροφικού επιπέδου άρα και την βελτίωση των αλιευτικών αποθεμάτων.

Το μέσο τροφικό επίπεδο για την αλιεία της Μεσογείου υπολογίστηκε συνολικά αλλά παράλληλα και ξεχωριστά για τα έξι υπό μελέτη είδη (τσιπούρα, λαβράκι, συναγρίδα, φαγκρί, χέλι, λυθρίνι) ώστε να μπορεί να υπάρξει μια πιο συγκεκριμένη άποψη για την πορεία τους την χρονική περίοδο 1950-2007. Στο σχήμα 3.2 της μελέτης παρουσιάζεται η πορεία του μέσου τροφικού επιπέδου των ειδών αυτών απ' όπου συμπεραίνεται ότι είναι ανοδική σύμφωνα με την γραμμή τάσης. Βάσει των τιμών του διαγράμματος η μεγάλη άνοδος του τροφικού επιπέδου ξεκινά μετά το 1970 παράλληλα με την ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών. Η άνθηση των υδατοκαλλιεργειών απέφερε στην αγορά ποσότητες που κάλυπταν ένα μέρος της τότε ζήτησης, πράγμα που μπορεί να μείωσε την παραγωγή της αλιείας στα είδη αυτά. Μετά το έτος 1990 όπου υπάρχει κορύφωση των τιμών του μέσου τροφικού επιπέδου στο σχήμα 3.2, έως το 2000 όπου υπάρχει μια σχετική ανάκαμψη των τιμών μέχρι και το έτος 2007 όπου μελετάται. Η πτώση στο διάστημα των ετών 1990-2000 ακολουθούσε την πορεία του σχήματος 3.1, αυτό μπορεί να σημαίνει την έξαρση της αλιείας στη

Μεσόγειο καθώς και του φαινομένου της αλίευσης προς τα κάτω του θαλάσσιου τροφικού πλέγματος (Fishing down the marine food web) όπως υποστηρίζεται και από Pauly *et al.* (1998).

Στη συνέχεια της μελέτης έχει υπολογιστεί το μέσο τροφικό επίπεδο των υπό μελέτη ειδών για τις υδατοκαλλιέργειες (Σχ. 3.3). Πρέπει να αναφερθεί ξανά ότι τα τροφικά επίπεδα υπολογίστηκαν εκ νέου προσαρμοσμένα στις συνθήκες εκτροφής βάσει των ποσοστών ιχθυαλεύρου και φυτικών αλεύρων που περιέχονται στην ιχθυοτροφή του κάθε είδους. Από το σχήμα 3.3 συμπεραίνεται ότι η πορεία του μέσου τροφικού επιπέδου για τα είδη αυτά μειώνεται σταδιακά από το έτος 1970 έως το 2007. Από τη μείωση αυτή συμπεραίνεται και η τάση των ιχθυοκαλλιεργειών για την μείωση του ιχθυαλεύρου στις τροφές διότι το τροφικό επίπεδο των εκτροφόμενων ειδών εξαρτάται από το ποσοστό ιχθυαλεύρου που περιέχεται στις τροφές τουλάχιστον για τα υπό μελέτη είδη. Παρά το σχετικά υψηλό τροφικό επίπεδο των υπό μελέτη ειδών που κυμαίνεται σε τιμές από 2,95 έως 4,5 (στο φυσικό περιβάλλον), δεν μπορεί να ειπωθεί μόνο από το σχήμα 3.3 αν για τα είδη αυτά ισχύει ή όχι το φαινόμενο της εκτροφικής υπερύψωσης (Farming up). Το φαινόμενο αυτό αναφέρεται στην εργασία των Stergiou *et al.* (2009). Στη μελέτη των παραπάνω εκτιμάται ότι το φαινόμενο της εκτροφικής υπερύψωσης (Farming up) δρα στη Μεσόγειο και αποκρύπτει την έκταση του φαινομένου της αλίευσης προς τα κάτω του θαλάσσιου τροφικού πλέγματος (Fishing down the marine food web). Συμπέρασμα από την εργασία των Stergiou *et al.* (2009) είναι ότι το θαλάσσιο τροφικό πλέγμα απειλείται και από τις δύο πλευρές, την αλιεία και τις ιχθυοκαλλιέργειες δεν μπορεί να υποθεί ότι ισχύει το ίδιο για την Μεσόγειο θάλασσα διότι δεν υπάρχει παραγωγή ιχθυαλεύρου οπότε και υπεραλίευση των μικρών πελαγικών ειδών.

Με την περαιτέρω ανάλυση των αποτελεσμάτων της μελέτης αυτής συγκρίνοντας την πορεία των σχημάτων 3.1, 3.2, 3.3 και διασταυρώνοντας τις πληροφορίες που παρέχουν σχηματίζεται μια πιο αντιπροσωπευτική άποψη. Βάσει λοιπόν της ελαφράς ανάκαμψης του

συνολικού μέσου τροφικού επιπέδου του σχήματος 3.1 μετά το έτος 1998, της ανάλογης ανοδικής πορείας των τιμών του σχήματος 3.2 με το σχήμα 3.1 την ίδια χρονολογία και της καθοδικής πορείας του σχήματος 3.3, συμπεραίνεται ότι το φαινόμενο αυτό, περίπου μετά το πέρας του έτους 2000 και την συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας ιχθυοτροφών μειώνεται σταδιακά.

Όπως παρουσιάζεται στο σχήμα 3.4 γίνεται κατανοητή η διαφορά των τροφικών επιπέδων κατά την εκτροφή σε σχέση με αυτά του φυσικού τους περιβάλλοντος για καθένα από τα υπό μελέτη είδη ξεχωριστά. Πέντε από τα έξι είδη παρουσιάζουν χαμηλότερα τροφικά επίπεδα κατά την εκτροφή ενώ μόνο ένα (χέλι) είναι αυξημένο. Οι πληροφορίες από το σχήμα 3.4 ενισχύουν την άποψη για τη μείωση του φαινομένου της εκτροφικής υπερύψωσης διότι κάθε είδος που παρουσιάζει χαμηλότερο τροφικό επίπεδο κατά την εκτροφή καταναλώνει λιγότερη ποσότητα ιχθυαλεύρου που συνεπάγεται σε χαμηλότερο αριθμό μικρών πελαγικών ψαριών.

Στη συνέχεια όπου παρουσιάζονται ποσοστιαία οι διαφορές μεταξύ των τροφικών επιπέδων του φυσικού περιβάλλοντος των ειδών και αυτού κατά την εκτροφή (Πιν. 3.2), γίνεται κατανοητή η συμβολή της τεχνολογίας ιχθυοτροφών. Τα θετικά για τη μελέτη αποτελέσματα κυμαίνονται από 4% έως 32%. Αξιοσημείωτη είναι η διαφορά που υπάρχει στη συναγρίδα (32,44%). Με φθίνουσα σειρά ακολουθούν το λαβράκι (18,42%), η τσιπούρα (16,76%), το φαγκρί (10,66%) και το λυθρίνι (4,08%). Όπως έχει αναφερθεί παραπάνω μόνο το χέλι παρουσίασε αύξηση κατά 12,33%, αλλά τα συνολικά αποτελέσματα της μελέτης παραμένουν θετικά ως προς την αντιμετώπιση του φαινομένου της εκτροφικής υπερύψωσης. Ενδέχεται με την περαιτέρω μελέτη της εκτροφής του χελιού η τιμή αυτή να αλλάξει, καθώς και για το λυθρίνι αφού ήταν το είδος που παρουσίασε την μικρότερη μείωση στο τροφικό του επίπεδο. Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης διαφέρουν σε σχέση με αυτά των Tsikliras *et al.* (2014), όπου το τροφικού επιπέδου κατά την εκτροφή ήταν 2-20% αυξημένο

σε σχέση με το τροφικό επίπεδο στο φυσικό περιβάλλον. Μόνο η συναγρίδα παρουσίασε μειωμένο τροφικό επίπεδο κατά 6%. Στην μελέτη των Tsikliras *et al.* (2014), είχε υπολογιστεί με διαφορετικές τιμές των ποσοστών ιχθυαλεύρου και φυτικών αλεύρων στις πειραματικές και εμπορικές τροφές που χρησιμοποιήθηκαν, για τον λόγο αυτό υπάρχουν οι έντονες διαφορές στα αποτελέσματα μεταξύ της παρούσας μελέτης και των παραπάνω.

Πίνακας 4.1. Τροφικά επίπεδα και ποσοστά συμμετοχής ιχθυαλεύρου και φυτικών αλεύρων στις τροφές. (Tsikliras *et al.* 2014)

Είδος	Τροφικό επίπεδο στο φυσικό περιβάλλον	Τροφικό επίπεδο κατά την εκτροφή	Ποσοστό ιχθυαλεύρου (%)	Ποσοστό φυτικών αλεύρων (%)	Τύπος τροφής
<i>Sparus aurata</i>	3,26	3,65	50,1	23,5	Εμπορική
<i>Dicentrarchus labrax</i>	3,79	3,79	56,5	16,1	Πειραματική
<i>Pagellus erithrinus</i>	3,4	4,25	69,9	-	Πειραματική
<i>Dentex dentex</i>	4,5	4,25	71,3	-	Πειραματική
<i>Pagrus sp.</i>	3,65	3,72	66,7	22,3	Πειραματική

Παρά τα προαναφερόμενα σύμφωνα με τους υπολογισμούς των Tacon και Mentian (2008), η συνολική χρήση ιχθυαλεύρου στα δύο κυρίως εκτρεφόμενα στην Ελλάδα θαλάσσια είδη (marine species) (*Sparus aurata*, *Dicentrarchus labrax*) βρίσκεται στο 35%. Στα αντίστοιχα θαλάσσια εκτρεφόμενα είδη σε Μεσογειακές χώρες η χρήση του ιχθυαλεύρου είναι για την Ισπανία 40%, Γαλλία 25%, Αίγυπτος 20%, καθώς παγκοσμίως η μέση χρήση του ιχθυαλεύρου για τα θαλάσσια είδη υπολογίστηκε στο 32% (Tacon *et al.* 2008). Με τα στοιχεία αυτά μπορεί να ενισχυθεί θετικά η άποψη της παρούσας εργασίας καθώς και των Tsikliras *et al.* (2014), διότι τα αποτελέσματα αυτών υπολογίστηκαν με υψηλότερα κατά μέσω όρο ποσοστά χρήσης ιχθυαλεύρου. Πρέπει ακόμα να αναφερθεί ότι

για 10 εκατομμύρια τόνους ψαριών σε μορφή ιχθυαλεύρου που χρησιμοποιούνται στις ιχθυοκαλλιέργειες η παραγωγή που αποδίδουν σε εκτρεφόμενα είδη είναι 30 εκατομμύρια τόνοι (Shepherd 2009). Οπότε χωρίς να ληφθεί υπόψιν ο τρόπος, η συχνότητα, ο όγκος και η στόχευση της αλίευσης συγκεκριμένων ειδών (κατάρρευση φυσικών αποθεμάτων) που προορίζονται για ιχθυάλευρο, η απόδοση 3 προς 1 (για κάθε 1 τόνο ιχθυαλεύρου, 3 τόνοι εκτρεφόμενου προϊόντος) μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητική.

Στην παρούσα μελέτη σκοπός ήταν να αποδειχθεί εάν η ιχθυοκαλλιέργεια επιβαρύνει τα αλιευτικά αποθέματα έχοντας υψηλό τροφικό επίπεδο στα υπό μελέτη είδη κατά την εκτροφή. Η μείωση της περιεκτικότητας του ιχθυαλεύρου στις εμπορικές τροφές σίγουρα συμφέρει οικονομικά αλλά και οικολογικά που είναι το κυρίως μέλημα της μελέτης. Πάραυτα όπως αναφέρεται από Tsikliras *et al.* (2014), η αντικατάσταση των ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίων με τα φυτικής προέλευσης προϊόντα μπορεί να έχει σημαντικές συνέπειες. Μια διατροφή που βασίζεται σε φυτικά συστατικά (ιδιαίτερα όσο αφορά την υποκατάσταση των ιχθυελαίων) μπορεί να επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα του τελικού προϊόντος με μείωση των ω-3/ω-6 λιπαρών οξέων (Simopoulos 2002, Tsikliras *et al.* 2014), να έχει χαμηλούς ρυθμούς αύξησης καθώς η πεπτικότητα των φυτικών συστατικών είναι χαμηλότερη από αυτή των ιχθυαλεύρων οπότε να οδηγήσει σε αύξηση του κόστους παραγωγής που θα περάσει στους καταναλωτές. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψιν και η αειφορία των φυτικών συστατικών καθώς μια ραγδαία αύξηση στη ζήτηση θα μπορούσε να επιφέρει ανάλογα προβλήματα στις επίγειες καλλιέργειες. Επιπλέον η αύξηση του ποσοστού διαφυγής των εκτρεφόμενων ψαριών μπορεί να έχει μεγάλες επιπτώσεις στα τοπικά αποθέματα και τη βιοποικιλότητα (Naylor *et al.* 2000, CIESM 2007, Tsikliras *et al.* 2014).

Βάσει των αποτελεσμάτων και στην πορεία των συμπερασμάτων αυτών, από το έτος 2000 και έπειτα η ιχθυοκαλλιέργεια δεν επιβαρύνει τα αλιευτικά αποθέματα τουλάχιστον όσο αφορά συνολικά τα υπό μελέτη είδη. Τα έτη πριν το 2000 η πιθανότερη απάντηση είναι

ότι υπήρχε επιβάρυνση, αυτό προκύπτει σε διασταύρωση της παρούσας μελέτης με αυτή των Stergiou *et al.* (2009). Στην επίσης ανάλογη εργασία των Tsikliras *et al.* (2014), οι ερευνητές καταλήγουν σε παραπλήσιο συμπέρασμα όπου, αναφέρουν ότι η εκτροφική υπερύψωση μπορεί να αναστραφεί με φιλικό προς το περιβάλλον τρόπο με την εκτροφή ειδών ψαριών χαμηλότερου τροφικού επιπέδου και την υψηλή απόδοση των ζωικής προέλευσης υλών στις ιχθυοτροφές. Καμία απάντηση δεν μπορεί να είναι απόλυτη. Ενδέχεται η μετάβαση των ιχθυοκαλλιεργειών στην εκτροφή μικρότερων ειδών ψαριών ή μικρότερου τροφικού επιπέδου δηλαδή παμφάγων και φυτοφάγων, να μπορούσε να βελτιώσει περισσότερο την κατάσταση των αλιευτικών αποθεμάτων. Περεταίρω μελέτη και πειραματισμός επί του θέματος θα μπορούσαν να αποδώσουν νέες πληροφορίες και γνώσεις. Για την επίτευξη της αειφορικής διαχείρισης και διατήρησης των αλιευτικών αποθεμάτων χρειάζεται να ληφθούν μέτρα προστασίας από την πλευρά της αλιείας και από των ιχθυοκαλλιεργειών βελτίωση των μεθόδων εκτροφής και ιχθυοτροφών.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Ελληνική βιβλιογραφία

Κουμουνδούρος Γ. Ε., 1998, Οντογένεση της λειτουργικής μορφολογίας και κριτήρια ποιότητας των νυμφών και ιχθυδίων της συναγρίδας *Dentex dentex* (L. 1758), σε συνθήκες εκτροφής. Διδακτορική Διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης

Κουσουλάκη Α., 2007, Διατροφικές απαιτήσεις του λυθρινιού, *Pagellus erythrinus*, σε πρωτεΐνη και ενέργεια. Επίδραση σε αύξηση και ποιότητα. Διδακτορική Διατριβή, Εθνικό και Καποδιστριακό Πανεπιστήμιο Αθηνών

Μαραγκουδάκη, 2001, Επίδραση του χρονικού διαστήματος τροφοληψίας στην ανάπτυξη και βιοχημική σύσταση του φαγκριού (*Pagrus pagrus*) υπό δύο συνθήκες διαφορετικής ιχθυοφόρτισης. Διδακτορική διατριβή, Πανεπιστήμιο Κρήτης, Τμήμα Βιολογίας

Ξένη βιβλιογραφία

- Basurco B., Lovatelli A., 2003, The aquaculture situation in the Mediterranean sea, predictions for the future. Growth Volume: 92
- Doxa C.K., Papadakis I.E., Divanach P., Kentouri M., 2011, Effect of feeding delay after self-feeder activation on growth performance and feeding behaviour of red porgy (*Pagrus pagrus* L. 1758): application to submergible cages with surface hopper. Aquaculture Research 42: 1623-1631
- El-Mor M., 2012, Feeding Habits of the Red Porgy *Pagrus Pagrus* (Linnaeus, 1758) from Benghazi Coasts, Libya. Journal of Life Sciences 6 :68-73
- Food and Agricultural Organization, 2014, The State of World Fisheries and Aquaculture.
- Fortes-Silva R., Sanches-Vazquez F.J., Martinez F.J., 2011, Effects of pretreating a plant-based diet with phytase on diet selection and nutrient utilization in European sea bass. Aquaculture 319: 417–422
- Froese R., Pauly D., editors. 2014, FishBase, World Wide Web electronic publication. Available from www.fishbase.org (08/2014).
- Garcia J.R., Kalinowski C.T., Izquierdo M.S., Robaina L., 2010, Marine and freshwater crab meals in diets for red porgy (*Pagrus pagrus*): effect on growth, fish composition and skin colour. Aquaculture Research, 41:1759-1769
- García-Romero J., Ginés R., Izquierdo M.S., Haroun R., Badilla R., Robaina L., 2014, Effect of dietary substitution of fish meal for marine crab and echinoderm meals on growth performance, ammonia excretion, skin colour, and flesh quality and oxidation of red porgy (*Pagrus pagrus*). Aquaculture 422–423; 239–248
- Heinsbroek L., Van Hooff P., Swinkels W., Tanck M., Schrama J., Verreth J., 2007, Effects of feed composition on life history developments in feed intake, metabolism, growth and body composition of European eel, *Anguilla anguilla*. Aquaculture 267:175-187
- Kalinowski C.T., Izquierdo M.S., Scuchardt D., Robaina L.E., 2007, Dietary supplementation time with shrimp shell meal on red porgy (*Pagrus pagrus*) skin colour and carotenoid concentration. Aquaculture 272: 451–457
- Kaushik S.J., Coves D., Dutto G., Blanc D., 2004, Almost total replacement of fish meal by plant protein sources in the diet of a marine teleost, the European seabass, *Dicentrarchus labrax*. Aquaculture 230: 391–404
- Klaoudatos S.D., Iakovopoulos G., Klaoudatos D.S., 2004, *Pagellus erythrinus* (common pandora): a promising candidate species for enlarging the diversity of aquaculture production. Aquaculture International 12: 299–320
- Kousoulaki K., Miliou E., Apostolopoulou M., Alexis M.N., 2007, Effect of feeding intensity and feed composition on nutrient digestibility and production performance of common pandora (*Pagellus erythrinus*) in sea cages. Aquaculture 272 :514-527

- Lampropoulou M., Machias A., 1998, Effect of habitat selection on the dietary patterns of two triglid species. *Marine Ecology Progress Series* 173: 275-278
- Lampropoulou M., Machias A., Tsimenides N., 1999, Habitat selection and diet of juvenile red porgy, *Pagrus pagrus* (Linnaeus, 1758), *Fishery Bulletin* 97(3): 495-506
- Lupatch I., Kissil G., Sklan D., Pfeffer E., 1998, Energy and protein requirements for maintenance and growth in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Nutrition* 4; 165-173
- Lupatch I., Kissil G., Sklan D., Pfeffer E., 2001, Effects of varying dietary protein and energy supply on growth, body composition and protein utilization in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.). *Aquaculture Nutrition* 7; 71-80
- Luzzana U., Scolari M., Campo Dall'Orto B., Caprino F., Turchini G., Orban E., Sinesio F., 2003, Growth and product quality of European eel (*Anguilla anguilla*) as affected by dietary protein and lipid sources. *J. Appl. Ichthyol.* 19, 74–78
- Martinez-Llorens S., Monino A., Salvador V., Torres M., Cerda M., 2007, Soybean meal as a protein source in gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) diets: effects on growth and nutrient utilization. *Aquaculture Research* 38, 82-90
- Metin G., Ilkyaz A. T., Soykan O., Kinacigil H. T., 2011, Biological characteristics of the common Pandora (*Pagellus erythrinus*), in the central Aegean Sea. *Turk J Zool*, 35(3): 307-315
- Mihelakakis A., Yoshimatsu T., Tsoikas C., 2001, Effect of feeding frequency on growth, feed efficiency, and body composition in young common Pandora. *Aquaculture International* 9: 197–204
- Naylor R., Goldburg R., Primavera J., Kautsky N., Beveridge M., Clay J., Folke C., Lubchenco J., Mooney H., Troell M., 2000, Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature* 405:1017-1024
- Okorie O., Young-Chul K., Seunghyung L., JUN-YOUNG BAE, JIN H. YOO, KYUNGMIN HAN, SUNGCHUL C. BAI, 2007, Reevaluation of the Dietary Protein Requirements and Optimum Dietary Protein to Energy Ratios in Japanese Eel, *Anguilla japonica*. *Journal of the World Aquaculture Society* 38:418-426
- Papaconstantinou C., Caragitsou E., 1989, Feeding Interaction Between Two Sympatric Species *Pagrus pagrus* and *Phycis phycis* around Kastellorizo Island (Dodecanese, Greece). *Fisheries Research*, 7:329-342
- Parra G., Yufera M., 2000, Feeding, physiology and growth responses in first-feeding gilthead seabream (*Sparus aurata* L.) larvae in relation to prey density. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 243:1–15
- Pauly D., Christensen V., Dalsgaard J., Froese R., Torres F. Jr., 2009, Fishing down marine food webs. *Science* 279: 860-863

Perez L., Gonzalez H., Jover M., Fernandez-Carmona J., 1997, Growth of European sea bass fingerlings fed extruded diets containing varying levels of protein, lipid and carbohydrate. *Aquaculture* 156: 183-193

Richard N., Mourente G., Kaushik S., Corraze G., 2006, Replacement of a large portion of fish oil by vegetable oils does not affect lipogenesis, lipid transport and tissue lipid uptake in European seabass (*Dicentrarchus labrax L.*). *Aquaculture* 261 :1077–1087

Schuchardt D., Vergara J., Fernandez-Palacios H., Kalinowski C., Hernandez-Cruz C., Izquierdo M., Robaina L., 2008, Effects of different dietary protein and lipid levels on growth, feed utilization and body composition of red porgy (*Pagrus pagrus*) fingerlings. *Aquaculture Nutrition* 14 :1-9

Shepherd C.J., Jackson A.J., 2013, Global fish meal and fish-oil supply: inputs, outputs and markets. *Journal of Fish Biology* 83:1046-1066

Sitja-Bobadilla A., Pena-Llopisa S., Gomez-Requena P., Medaleb F., Kaushik S., Perez-Sánchez J., 2005, Effect of fish meal replacement by plant protein sources on non-specific defence mechanisms and oxidative stress in gilthead sea bream (*Sparus aurata*). *Aquaculture* 249 1-4 :387-400

Skalli A., Hidalgo M., Abellan E., Arizcun M., Cardenete G., 2004, Effects of the dietary protein/lipid ratio on growth and nutrient utilization in common dentex (*Dentex dentex L.*) at different growth stages. *Aquaculture* 235 :1-11

Stergiou K., Tsikliras A., Pauly D., 2009, Farming up Mediterranean Food Webs, *Conservation Biology*, 23, No. 1 :230–232

Stottrup J.G., Jacobsen C., Tomkiewicz J., Jarlbeak H., 2013, Modification of essential fatty acid composition in broodstock of cultured European eel (*Anguilla anguilla L.*) *Aquaculture Nutrition*, 19: 172-185

Suarez M.D., Martinez T.F., Abellan E., Arizcun M., Perez-Jimenez A., Hidalgo M.C., Cardenete G., 2009, The effects of the diet on flesh quality of farmed dentex (*Dentex dentex*). *Aquaculture* 288: 106-113

Suzer C., Saka S., Firat K., 2006, Effects of illumination on early life development and digestive enzyme activities in common Pandora (*Pagellus erythrinus L.*) larvae. *Aquaculture* 260: 86–93

Tacon A.G.J., Metian M., 2008, Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture* 285 :146–158

Tacon A.G.J., Metian M., Hasan M.R., 2009, Feed ingredients and fertilizers for farmed aquatic animals, Sources and composition. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper* 540

Tsikliras A.C., Stergiou K.I., Adamopoulos N., Pauly D., Mente E., 2014, Shift in Trophic Level of Mediterranean Mariculture Species. *Conservation Biology*, Vol. 28 No. 4, 1124–1128

Turchini G., Torstensen B., Ng W., 2009, Fish oil replacement in finfish nutrition. *Reviews in Aquaculture* 1 :10–57

Yufera M., Fernandez-Diaz C., Pascual E., Sarasquete M.C., Moyano F.J., Diaz M., Alarcon F.J., Garcia-Gallego M., Parra G., Towards an inert diet for first-feeding gilthead seabream(*Sparus aurata L.*) larvae. *Aquaculture Nutrition* 6 :143-152

ABSTRACT

Mediterranean fish mariculture is currently producing high-trophic level carnivorous species with negative effects on marine fish stocks as small pelagic fishes are used for animal aquafeeds and not for direct human consumption. Fish meal and fish oil substitution is theoretically and technically possible and their inclusions in aquafeeds formulation have been significantly reduced. However there are differences between species in the average amounts of fishmeal or fish oil utilization in their diets. The aim of the present study is to compare the trophic level of six fish species (common dentex *Dentex dentex*, common pandora *Pagellus erythrinus*, european eel *Anguilla anguilla*, european seabass *Dicentrarchus labrax*, gilthead seabream *Sparus aurata*, red porgy *Pagrus pagrus*) that are farmed with those living in their natural environment.

The trophic levels of the farmed species (FarmTroph) were calculated based on the percentages of fishmeal and alternative plant materials inclusion in their diets as reported in the literature, while their natural trophic levels (AquaTroph) were taken from FishBase (www.fishbase.gr).

In five out of the six species, FarmTroph was lower than AquaTroph by 4 (red porgy) to 32% (common dentex), and in one species it was higher (in Europeaneel by 12%). FarmTroph values were also used to calculate the mean weighted trophic level of the farmed species in the Mediterranean per year and was compared to previous research using AquaTroph for the period 1950-2007. The decrease of mean weighted trophic level using FarmTroph did not follow the pattern with that using AquaTroph but in comparison of the two patterns from 2000 till 2007 it can be told that the situation may be reversing.

Our analyses showed that the animal aquafeeds that are used in mariculture still contain a large proportion of fishmeal, usually derived from small pelagic fisheries. Future reduction of

fishmeal percentage or replacement by plant materials could, in theory, reverse the farming-up trend observed in many parts of the world, including the Mediterranean. The culture of low trophic level fishes should be supported. Further research and biological nutritional knowledge is necessary to generate viable solutions and strategies for an environmentally friendly mariculture industry.

Keywords: Farming up, fishing down, mariculture industry, trophic level, aquafeeds.