



**ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ**  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΔΥΤΙΚΗΣ ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ

ΣΟΦΙΑ Σ. ΝΑΘΑΝΑΗΛ

**Εκτίμηση διαβίωσης και ρυθμού ανάπτυξης της Ιριδίζουσας πέστροφας  
(*Oncorhynchus mykiss*) σε σύστημα ενυδρείοπονίας στην Ελλάδα**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΑΤΡΙΒΗ

Φλώρινα 2024

## ΜΕΛΗ ΤΡΙΜΕΛΟΥΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Ι., Κουτουζίδου Γεωργία, Επίκουρη καθηγήτρια στην Οργάνωση και Διαχείριση  
Γεωκτηνοτροφικών εκμεταλλεύσεων και επιχειρήσεων του Τμήματος Ζωικής  
Παραγωγής, Σχολής Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστημίου Δυτικής Μακεδονίας,  
Φλώρινα.

Επιβλέπων: Κουτουζίδου Γεωργία

Επίκουρη Καθηγήτρια

Εγκρίθηκε από την τριμελής επιτροπή στις 5/11/24

1<sup>ο</sup> Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Κουτουζίδου Γεωργία

2<sup>ο</sup> Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Μέλφου Αικατερίνη

3<sup>ο</sup> Μέλος Τριμελούς Επιτροπής

Ζαραλής Κωνσταντίνος

Φλώρινα, Νοέμβριος 2024

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

### 1. ΠΕΡΙΛΗΨΗ

#### 1.1 ABSTRACT

#### 1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 ΓΕΝΙΚΑ (Συστηματική ταξινόμηση-Χαρακτηριστικά πέστροφας-Μορφολογικά-Περιβάλλον διαβίωσης- Συνθήκες διαβίωσης Σύγκριση με άγρια καφέ πέστροφα)

1.2 Εμπορική αξία της ιριδίζουσας πέστροφας (Στοιχεία Παραγωγής Ε.Ε και Ελλάδα, Τιμές πώλησης)

1.3 Συνθήκες εκτροφής (Θ, ΡΗ, DO, Ec, NO<sub>2</sub>, NO<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>, Βιωσιμότητα, Ρυθμός αύξησης-ανάπτυξης)

1.4 Συστήματα εκτροφής (Ε.Ε – Ελλάδα)

1.5 Σύστημα ενυδρειοπονίας (Aquaponic System)

#### 2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

##### 2.1 ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ ΚΑΙ ΥΛΙΚΑ

##### 2.2 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΠΑΡΑΓΟΝΤΩΝ

##### 2.3 ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ (Θ, ΡΗ, DO, Ec, NO<sub>3</sub>-NO<sub>2</sub>-NH<sub>4</sub>)

##### 2.4 ΔΕΙΚΤΕΣ

###### 2.4.1 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΠΙΒΙΩΣΗΣ

###### 2.4.2 ΕΚΤΙΜΗΣΗ ΕΙΔΙΚΟΥ ΡΥΘΜΟΥ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ

#### 3. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

#### 4. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

#### 5. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

## Δήλωση περί μη λογοκλοπής

Δηλώνω ότι είμαι η συγγραφέας Σοφία Ναθαναήλ της παρακάτω διατριβής, με τίτλο << Εκτίμηση διαβίωσης και ρυθμού ανάπτυξης Ιριδίζουσας πέστροφας στην Ελλάδα>>, που συντάχθηκε στα πλαίσια την πτυχιακής εργασίας. Κάθε βοήθεια που είχα για την σύνταξη της εργασίας αναγνωρίζεται πλήρως και αναφέρεται εντός της διατριβής. Επίσης υπάρχει αναφορά σχετικά με όλες τις πηγές αναζήτησης πληροφοριών, για υλικό, δεδομένα και λέξεις που έχω χρησιμοποιήσει, είτε αυτά αναφέρονται επακριβώς είτε παραλλαγμένα.

## ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα καθηγητή μου κο. Ιωάννη Γιάντση, για την βοήθεια την περίοδο της προετοιμασίας της συγκεκριμένης πτυχιακής διατριβής.

Επίσης θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου και στο ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ, οπού δέχτηκαν να με βοηθήσουν στο πειραματικό κομμάτι της εργασίας. Ιδιαίτερες ευχαριστίες θα ήθελα να καταβάλω στον κο. Ντίνα Γιώργο, για την ευκαιρία να συμμετέχω ανιδιοτελώς ,μαζί με την ομάδα του, στο πειραματικό πρόγραμμα που εκπονήθηκε, για να αντλήσω τις κατάλληλες εικόνες και πληροφορίες.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Συνεχώς παρατηρούμε διάφορες κλιματικές αλλαγές, γεγονός που σε ελάχιστο ή περισσότερο βαθμό έχουν ως αποτέλεσμα μεταβολές στο φυσικό περιβάλλον, την πανίδα, χλωρίδα και στα υπάρχον οικοσυστήματα. Επηρεάζονται όλοι οι έμβιοι οργανισμοί του πλανήτη από αυτές, για αυτό και στην πορεία των χρόνων αναζητήθηκαν διάφοροι τρόποι βελτίωσης της ποιότητα της ζωής καθοδόν με αυτές τις φυσικές μεταρρυθμίσεις. Στην ιχθυολογική παραγωγή συνεχώς εμφανίζονται καινούργιες ιδέες, πιο εκσυγχρονισμένες , πιο ανακυκλώσιμες. Στην Ελλάδα, μία χώρα με άπλετο πλούτο , αφού περιτριγυρίζεται από θάλασσες και διασχίζεται από ποταμούς και λίμνες, είναι ιδανικό να δημιουργήσουμε πιο βιώσιμους τρόπους παραγωγής. Στις αλλαγές αυτές όμως ευθύνη έχει και το δικό μας είδος που καταστρέφει αυτόν τον πλούτο, με την υπεραλίευση και την καταπάτηση των νόμων περί αλιείας. Ταυτόχρονα όλα αυτά μαζί , και με τον αυξανόμενο πληθυσμό, δημιουργούν όλες αυτές τις ανάγκες για καινοτομία, που συζητάμε.

Η πέστροφα, αποτελεί ένα είδος που διαβιεί στα ψυχρά, καθαρά και πλούσια σε οξυγόνο νερά της χώρας μας. Η ιριδίζουσα πέστροφα όπως την ξέρουμε, έχει θετικά χαρακτηριστικά μεταξύ των οποίων είναι οι γρήγοροι ρυθμοί ανάπτυξης της, η εμπορική της σημασία και το ποσοστό μετατρεψιμότητας της τροφής. Ένα από τα συστήματα στα οποία έχει θετικό αποτέλεσμα στις πειραματικές έρευνες που έχουν συντελεστεί, είναι αυτό της ενυδρειοπονίας.

Η ενυδρειοπονία (aquaponics) αποτελεί ένα συνδυαστικό σύστημα το οποίο βασίζεται στην επίλυση αυτών των παραπάνω ζητημάτων, και αποτελείται από μια ενδιαφέρουσα τεχνολογία της ιχθυοκαλλιέργειας η οποία βασίζεται στην ανακυκλοφορία (RAS), καθώς και ενός περιορισμένου δικτύου της υδροπονίας . Τα συστήματα αυτά έχουν μεγάλο όφελος σε έναν πειραματικό συνδυασμό με την γεωργία, αφού αυτά απαιτούν λιγότερες ποσότητες γλυκού νερού σε σχέση με αυτήν. Ταυτόχρονα καταβάλλει λιγότερη έκταση γης και έχει λιγότερες επιβλαβείς επιπτώσεις ως προς το περιβάλλον, με συνολικά ένα πολύ υψηλό σχετικά με την παραγωγική αξία ,αποτέλεσμα. Λόγω των υψηλών απαιτήσεων την εποχής αυτής υπάρχει μεγάλη άνοδος στην χρήση αυτού του συστήματος. Παρόλη αυτή την υψηλή της ζήτηση, υπάρχουν ελάχιστες πληροφορίες που αφορούν το οικονομικό πλαίσιο αυτών και έλλειψη εισχώρησης του στην παγκόσμια εμπορική πλατφόρμα. Με την σημερινή τεχνολογία και την βαθιά

τοποθέτηση της στα συστήματα ενυδροπονίας, και την εκσυγχρόνιση τους, δημιουργείται περισσότερη ασφάλεια και πιο υψηλά ποσοστά αποδοτικότητας, πιο ακριβείς μελέτες , με αποτελέσματα που θα είναι κερδοφόρα και μελλοντικές επενδύσεις.

Όπως προαναφέρθηκε το aquaponics, συνδυάζει την ιχθυολογία με την γεωργία . Χρησιμοποιούνται πολύ λιγότερα λιπάσματα, αρά και μικρότερο κόστος παραγωγής για τους φυτικούς οργανισμούς, όπου την ίδια στιγμή το νερό δεν επηρεάζεται παραμένοντας διαυγείς για τα ψάρια, με την βοήθεια των φυτών και διάφορων μικροοργανισμών.



## ABSTRACT

Every time we observe changes happening in nature, fact with a more or less affect, have as a result different climate problems, in flora, fauna and ecosystem. Every living organism of this planet is affected, and that's the reason why over the years people tried to find ways to make better the life quality at the same time the data of the world are in change. At the fish production, new methods are creating with more innovative, modern and recycling way the last years. In Greece, a country with numerous nature wealth, surrounded by seas, crossed by rivers and lakes, its ideal to create more viability ways of productions. Our species have an amount of responsibility about those changes, because it has a negative impact to this plane, with the overfishing. At the same time, with the overpopulation, there is a need about novelty.

The trout, specie that lives in clean cold waters, needs them full of oxygen. There many benefits in her with some of them being the rapid growth rate, its commercial value, and food conversion rates. One of the systems with positive result, with good progress is the aquaponic system.

Aquaponics is a combination system that is based on solving those issues above, and consists of an interesting technology in fish breeding based on recirculation (RAS), as well as limited network of hydroponics. These systems are of great benefit in an experimental combination with agriculture, since they require less amounts of fresh water than agriculture. At the same time, it requires less land and has less harmful effects on the environment, with an overall very high value production results. Due to the high demands of the times, there is a great increase in the use of this system. Despite this high demand, there is a little information regarding their financial framework and lack of entry into the global commercial platform. With today's technology and its deep placement in aquaculture systems, and their modernization, more safety, and higher efficiency are created, more accurate studies, with results that will bring profits and future investments.

As it was mentioned above, Aquaponics combines ichthyology with agriculture. Much less fertilizer is used, as well as lower production cost for the plant organisms, where at the same time the water is not affected, remaining clear for the fish, with the help of the plants and various microorganisms.

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα ψάρια από την αρχή της ύπαρξης του ανθρώπου αποτελούσαν βασική τροφή στην πυραμίδα διατροφής του, προσφέροντας πάρα πολλά οφέλη για τον οργανισμό. Καθώς υπήρχε η κοινωνική και τεχνολογική ανάπτυξη, βρέθηκαν καινούργιοι τρόποι απόκτησης της τροφής αυτής, και συνεπώς μέσω της εξέλιξης μια σταθερότητα στην παραγωγή της. Μέχρι σήμερα υπάρχουν μέθοδοι ανά τον κόσμο που έχουν φτάσει το προϊόν σε ένα πολύ υψηλό ποιοτικό επίπεδο.

Ένα πολύ σημαντικό είδος ιχθύος είναι η πέστροφα, η οποία βρίσκεται σε γλυκά νερά, όμως ένα συγκεκριμένο είδος της κατοικεί στις θάλασσες και ανά περιόδους επιστρέφει στα ρυάκια. Συγκεκριμένα το κλίμα επιβίωσης της πέστροφας του γλυκού νερού είναι κινούμενα νερά με έντονη ποσότητα σε διαλυμένο οξυγόνο, με θερμοκρασίες στους 12-15 βαθμούς κελσίου. Είναι διαδεδομένο στην Ελλάδα και στην Ευρώπη. Τα είδη της είναι η καφέ πέστροφα και η Ιριδίζουσα. (Πέστροφα SalmonTrutta, Δήμος Κονιτσάς). Η καφέ πέστροφα έχει κόκκινες και μαύρες βούλες, αλλά ο χρωματισμός της εναλλάσσεται από ποτάμι σε ποτάμι. Η ιριδίζουσα όμως πέστροφα, σε αντίθεση με την καφέ, η οποία μετράει χιλιάδες χρόνια ύπαρξης στην χώρα, είναι εισαγόμενη από την Αμερική. Έχει μεγαλύτερο ρυθμό ανάπτυξης και εύκολη προσαρμοστικότητα. Διαφέρουν, επίσης και στα εξωτερικά χαρακτηριστικά, με την συγκεκριμένη να φέρει μια κοκκινόχρωμη φωσφοριζέ γραμμή κατά μήκος του σώματος της, και τα πλευρά της δεν έχουν καμία κόκκινη βούλα. ([www.fly-fishing.gr](http://www.fly-fishing.gr)).

## 1.1 ΓΕΝΙΚΑ

Η πέστροφα βρίσκεται στην οικογένεια των Σολομονιδών, στην τάξη των ισοσπονδύλων, την υποκλάση των Νεοπτερυγίων και την κλάση των Οστεϊχθύων. Η επιστημονική ορολογία της πέστροφας είναι *Oncorhynchus mykiss* (Behnke and Robert J., 2002). Το είδος έλαβε αυτή την ονομασία από τον Γερμανό Johann Julius Walbaum το 1792 έπειτα από πειραματικά δείγματα στην χερσόνησο Kamchatkan στη Σιβηρία. Η αρχική του ονομασία διέφερε, η οποία ήταν *Walbaum mykiss*, όπου προήλθε από το τοπικό όνομα Kamchatkan που χρησιμοποιήθηκε για τον ιχθύ *mykizha*. Η ονομασία του γένους κατάγεται από την ελληνική λέξη *onkos* που σημαίνει γάντζος και την λέξη *rynchos* δηλαδή μύτη, προέρχεται με βάση την σχέση των αγκιστρωμένων σαγονιών των αρσενικών στην περίοδο των ζευγαρωμάτων. Το 1836, ο Σκοτσέζος John Richardson, έδωσε την ονομασία ενός δείγματος του είδους ως *Salmo gairdneri* (Richardson John, Swainson William, Kirby William, 1836). Το 1855, ο William P. Gibbons, ο επιμελητής της Γεωλογίας και της Ορυκτολογίας (California Academy of Sciences, 2013) στην Ακαδημία Επιστημών της Καλιφόρνιας, βρήκε έναν πληθυσμό και τον ονόμασε *Salmo iridia*, καθώς αργότερα διορθώθηκε σε *Salmo irideus*. Οι ονομασίες αυτές αγνοήθηκαν μέχρι που διαπιστώθηκε ότι η εξήγηση του Walbaum για τα δείγματα που συγκέντρωσε ήταν ιδιαίτερα συγκεκριμένη και δόθηκε προτεραιότητα (Behnke and Robert J, στις λεκάνες του Ειρηνικού είχε πιο κοινή γενετική κατάσταση με τον σολομό του Ειρηνικού (είδος *Oncorhynchus*) παρά στο *Salmos* – καφέ πέστροφα ή πέστροφα των ρευμάτων (*Salmo trutta*) ή στον σολομό του Ατλαντικού (*Salmo salar*) της λεκάνης του Ατλαντικού (Smith, Gerald R., Stearley, Ralph F., 1989). Το 1989 οι υπεύθυνες αρχές ταξινόμησης καθόρισαν την ιριδίζουσα πέστροφα (*rainbowtrout*), την πέστροφα (*cutthroat*) και άλλες πέστροφες της λεκάνης του Ειρηνικού στο γένος *Oncorhynchus* (Behnke and Robert J, 2002). Το όνομα του Walbaum είχε προτεραιότητα, οπότε το όνομα του είδους *Oncorhynchus mykiss* επικράτησε και έγινε το επιστημονικό όνομα της ιριδίζουσας πέστροφας. Τα προηγούμενα ονόματα των ειδών *irideus* και *gairdneri* αποτέλεσαν τους όρους για τα υποείδη για την παράκτια πέστροφα (*rainbowtrout*) και την πέστροφα (*redband*) του ποταμού Columbia. (Behnke and Robert J., 2002).

Βέβαια αξίζει να σημειωθεί ότι έχει παρατηρηθεί άτομα της Ιριδίζουσας Πέστροφας να βιώνουν την πιο ώριμη στιγμή της ζωής τους, στον ωκεανό (αμφίδρομα ψάρια), σαν τον Σολομό (Stout M., 2013).

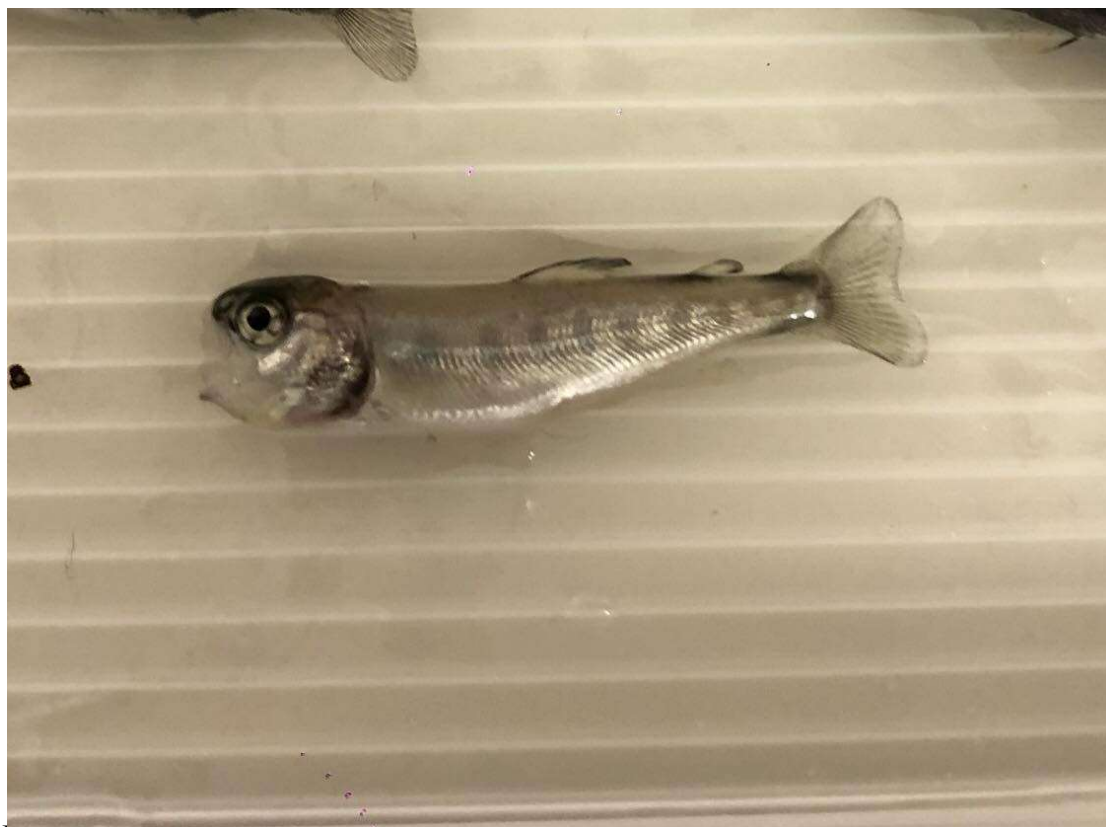
Η γενικότερη πληθυσμιακή κατάσταση της ιριδίζουσα πέστροφας είναι ασφαλής. Στην Δυτική πλευρά των ΗΠΑ, ενδημούν κάποιοι ανάδρομοι πληθυσμοί *O. mykiss*, με ορισμένους σε ελάχιστο αριθμό να απειλούνται με εξαφάνιση (Nature Serve. Org.).

Τα είδη αποτελούν ιχθύες με επίμηκες σώμα, αποτελούμενο από ένα λιπώδης πτερύγιο που τοποθετείται ανάμεσα στο ραχιαίο και ουραίο πτερύγιο. Υπάρχει μεγάλη βραγχιακή σχισμή, με τα βραγχιακά τόξα να φέρουν ανεπτυγμένες βραγχιάκανθες. Δεν υπάρχουν μουστάκια, ενώ έχουν δόντια εκτός από τις σιαγόνες, την γλώσσα και την άνω πλευρά της στοματικής κοιλότητας. Τα είδη της ζουν και αναπαράγονται στα γλυκά νερά, με μερικές περιόδους να επιβιώνουν σε θάλασσες. Το περιβάλλον αποτελείται από ψυχρά και πλούσια σε διαλυμένο οξυγόνο νερά, με την αναπαραγωγή να συμβαίνει κυρίως τους ψυχρότερους μήνες. Ανά των περιόδων τα είδη αλλάζουν χρωματισμό και σχήμα της κάτω σιαγόνας. Οι ιχθύες αυτοί (πέστροφα) αποτελείται από δύο είδη, αυτή των ρευμάτων *Salmontruttafario*, υποείδος της πέστροφας των θαλασσών (*Salmotrutta*) και την ιριδοειδή υποείδος του είδους *Salmogairdneri*. Το είδος περιλαμβάνει 3 υποείδη: το *S.g. gairdneri* (αναδρομικός ιχθύς), τα *S.g. kamioops* και *S.g. irideus* που κατοικούν στα γλυκά νερά.

Στην πρώτη (*Salmontruttafario*), η μορφολογική διαφορά με τις υπόλοιπες είναι ότι έχει στις πλευρές της κόκκινες κουκίδες. Έχει επίμηκες σώμα που έχει πολύ βλέννα, τα δύο ραχιαία πλευρά της, το πρώτο να στηρίζεται σε οστεώδες ακτίνες, και το λιπώδες (το δεύτερο) να είναι χωρίς αυτές και μικρότερο, με καμία λειτουργία. Το ουραίο πτερύγιο, οδηγείται σε ευθεία ή ελαφρώς καμπυλωτή γραμμή. Το μήκος του κεφαλιού αποτελεί το 1/5 του συνολικού μήκους του σώματος με μαύρες κηλίδες, ενώ κατά μήκος των πλευρών υπάρχουν 110-125 λέπια. Όσον αφορά τον χρωματισμό, στον αυχένα και στις πλευρικές γραμμές είναι πρασινοελαιόχρους με κόκκινες και μαύρες κηλίδες, ενώ η κοιλιά είναι λευκή, ακόμη και κιτρινοπράσινη. Ένα ακόμη χαρακτηριστικό είναι, το πορτοκαλί χρώμα που υπάρχει στην άκρη του λιπώδους πτερυγίου. Το μήκος της σωματικής της διάπλασης μπορεί να φτάσει τα 40-50 εκ. και το βάρος τα 2-4 kg. Γενετικά ωριμάζει στην ηλικία των 2-3 ετών. Ο

αριθμός των αυγών που εκκολάπτονται είναι περίπου 1500-2000 /kg βάρους ιχθύος, και το μέγεθος αυτών διαπλάθεται μέχρι τα 3-4 mm.

Ενώ, όσον αφορά την Ιριδίζουσα (*Salmogairdneriirideus*), η οποία φέρει ομοιότητες στο μορφολογικό σημείο του σώματος, με την πέστροφα των ρευμάτων, η διαφορά κυρίως είναι η πορφυροΐώδη γραμμή διάστασης 3-4 εκ., η οποία φτάνει κατά μήκος των πλευρών του σώματος. Επίσης η παρουσία μαύρων κηλίδων στο πτερύγιο της ουράς το οποίο καταλήγει σε κοίλη γραμμή, η έλλειψη κόκκινων βουλών στο σώμα της, και η απουσία πορτοκαλί χρώματος στο άκρος του λιπώδες πτερυγίου και τον μεγάλο αριθμό μαύρων κηλίδων στην κεφαλή. Το μήκος του σώματος μπορεί να αγγίξει μέχρι και τα 70εκ με σωματικό βάρος να φτάνει στα 5-6 κιλά .



**Εικόνα 1.** Ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*)

Η αναπαραγωγική της περίοδος είναι τον μήνα Νοέμβρη και φτάνει μέχρι και τα μέσα Φεβρουαρίου. Ο αριθμός αυγών που δημιουργούνται είναι 1500- 3000/kg βάρους ιχθύος. Η διάμετρος και το μέγεθος τους μπορεί να φτάσει και τα 5 mm, ενώ η γενετική τους ωρίμανση συμβαίνει στα 2-3 έτη. Ωτοκεί συνήθως, όπως και η καφέ πέστροφα, στις πηγές ρευμάτων και σε μικρά ρυάκια με χαλίκια και μικρό βάθος. Υπάρχει μεγαλύτερη αντοχή στις έντονες θερμοκρασίες του νερού και σε μικρότερη

περιεκτικότητα σε οξυγόνο συγκριτικά με την πέστροφα των ρευμάτων . Επίσης αντέχει και σε μεγαλύτερες πυκνότητες πληθυσμών, ενώ αναπτύσσεται και σε πιο γρήγορους ρυθμούς. Εξαιτίας αυτών των θετικών χαρακτηριστικών, η Ιριδίζουσα καλλιεργείται εξ ολοκλήρου σε εντατικά συστήματα, δηλαδή καλλιεργείται σε κλειστούς χώρους με τεχνητή διατροφή. Η φυσική της τροφή αποτελείται από προνύμφες υβριδίων εντόμων, καρκινοειδών, σκουληκιών, μαλακίων και μικρών ψαριών. Εχθροί της στο φυσικό περιβάλλον είναι, όπως και στην πέστροφα των ρευμάτων αντίστοιχα, διάφορα πτηνά και νερόβια ποντίκια. Μπορεί να γίνει διασταύρωση των δύο ειδών, Καφέ και Ιριδίζουσας, και είναι ένας δυνατός συνδυασμός, όμως τα παραγόμενα υβρίδια επί των πλείστων είναι άγονα.

Στο υδάτινο περιβάλλον, υπάρχουν βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες, οι οποίοι έχουν αναγκαστική αλληλεπίδραση εκ της οποίας κρίνεται η δυνατότητα να επιβιώσουν, να αναπτυχθούν και να προσαρμοστούν, διαμορφώνοντας τις συνθήκες που θα κάνουν πιο αποτελεσματική την εκτροφή των ψαριών σε τέτοια οικοσυστήματα. (Νικόλαος Παπαγεωργίου 1985).

**Βιοτικοί παράγοντες** είναι οι ζωικοί και φυτικοί οργανισμοί , όπως φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν, οι αποικοδομητές, και διάφοροι υδάτινοι μικροοργανισμοί οι οποίοι συμβάλουν στη διαμόρφωση του οικοσυστήματος.

**Αβιοτικοί παράγοντες** είναι αυτοί που αποτελούν τους φυσικοχημικούς και περιβαλλοντικούς παράγοντες, εκτός των έμβιων οργανισμών, που επηρεάζουν στοιχεία όπως το νερό, την ροή και την διαθεσιμότητα του, τα μορφολογικά χαρακτηριστικά του ποταμού, την σύσταση και την κατάσταση του πυθμένα του, την υγρασία, και τα φυσικά χαρακτηριστικά του νερού.

Η σάρκα της πέστροφας O.mykiss, αποτελεί το εμπορικό προϊόν που είναι το αποτέλεσμα της διαδικασίας της παραγωγής της. Η ιδανική της κατάσταση και οι προϋποθέσεις που πρέπει να καλύπτονται για να καταλήξει στην αγορά, εξαρτώνται από τα δεδομένα που υπάρχουν στο υδάτινο περιβάλλον όπου αλληλοεξαρτώμενοι παράγοντες συμβάλουν στα ποιοτικά χαρακτηριστικά της. Αυτοί οι καταλυτικοί παράγοντες αποτελούν το περιβάλλον, την κατάσταση του ύδατος, τις σημαντικές μολύνσεις, τα φυσικά χημικά στοιχεία στο νερό, όπως αμμωνία, η ποσότητα σε διαλυμένο οξυγόνο, οι βαθμοί του Ph, η θερμοκρασία, το CO<sub>2</sub>, τις συνθήκες της εκτροφής, την ποσότητα και την ποιότητα της τροφής, την ιχθυοπυκνότητα, τις

μεθόδους και τέλος την γενικότερη γνώση που έχει προκύψει. Ταυτόχρονα μεγάλη σημασία έχει η τοποθεσία και το κλίμα στο οποίο έχει γίνει η εγκατάσταση της εκτροφής.(Koehn J.D. et al 2005, Lelliw W. A. Et al 2004) . Εν κατακλείδι η ιδανική κατάσταση εκτροφής με το επιθυμητό αποτέλεσμα , εξαρτάται άρρηκτα από την αλληλοεξαρτώμενη σχέση των παραπάνω παραγόντων.

Για την ευζωία και σωστή διαβίωση των ιχθύων η ποιότητα του νερού αποτελεί ένα από τα πιο βασικά στοιχεία. Μέσα στο οικοσύστημα που επιβιώνει διενεργούνται φυσικές, χημικές, βιολογικές και οικολογικές λειτουργίες που εκτός από την ποιότητα ζωής , επηρεάζονται και η αναπαραγωγή και ανάπτυξη. Στον περιβάλλον αυτό συντελούνται οι φυσικές διεργασίες της αναπνοής, της αναπαραγωγής, της διατροφής και της απέκκρισης.

Γενικότερα οι συνθήκες διαβίωσης της είναι σε ορεινά μέρη, με υψηλό υψόμετρο, ανάμεσα σε διάφορα είδη ρεόντων συστημάτων, μεταξύ των οποίων είναι οι πηγές, οι ποταμοί μεγάλου ή μικρού μήκους καθώς και οι εκβολές τους, οι λίμνες που έχουν υψηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο με χαμηλές θερμοκρασίες(Lucas S.J. and Southgate C. P, Est AI 2019) . Άρα δεδομένο είναι ότι η πέστροφα προτιμά παγωμένα διαυγή νερά, με ταχεία ροή και υψηλά επίπεδα σε διαλυμένο οξυγόνο.

Επιπρόσθετα, το νερό το οποίο κυλάει στα συγκεκριμένα υδάτινα συστήματα, προέρχεται από διάφορα φυσικά φαινόμενα όπως η βροχή, χιόνι, χαλάζι, την κίνηση των υπόγειων ρευμάτων , την κλίση και την σύσταση του πυθμένα. Στα ταχύτερα επίπεδα των ποταμών, διακρίνονται υψηλότερες τιμές σε διαλυμένο οξυγόνο, λόγω της έντονης αναταραχής και της μεγάλης σε μήκος επιφάνειας που αναπτύσσεται σε συνδυασμό με τις χαμηλές θερμοκρασίες (Λυκάκης Σ., 1996). Από την άλλη πλευρά οι πηγές παρουσιάζουν μια πιο μέτρια και σταθερή θερμοκρασία , υψηλή ποιότητα καθαρού νερού, με έντονη όμως αλλαγή στην παροχή και πολύ λιγότερα επίπεδα σε διαλυμένο οξυγόνο (Πάσχος Γ., 2004) . Ο άνθρωπος με την βιομηχανική του συμβολή , έχει παραμελήσει την διαχείριση των αποβλήτων των εργοστασιακών εγκαταστάσεων με αποτέλεσμα να επηρεάζεται αναπόφευκτα το έδαφος και τα ύδατα, με χημικές παρεμβολές που επηρεάζουν την βιολογική κατάσταση της φύσης.

Η άγρια Ιριδίζουσα πέστροφα αποτελεί ένα ψυχρόφιλο είδος ψαριού, το οποίο εγκαθίσταται και ευημερεί στα υψηλότερα σημεία των ποταμών και των κρύων υδάτων. Συμπερασματικά θα μπορούσε να θεωρηθεί πως η παραγόμενη Ιριδίζουσα

πέστροφα είναι ένα ευαίσθητο και απαιτητικό ψάρι, με συγκεκριμένες προϋποθέσεις για την αποτελεσματική της παραγωγή, κανονική ανάπτυξη και ευζωία της. (Moloni B, 2001, Avkimovich D,2013).

## 1.2.Εμπορική αξία της Ιριδίζουσας πέστροφας

### **Στοιχεία Παραγωγής στην ΕΕ και τιμές πώλησης**

Η υδατοκαλλιέργεια, ως επεξήγηση του όρου είναι η καλλιέργεια ή εκτροφή υδρόβιων οργανισμών με την χρήση διάφορων τεχνικών δυνατοτήτων, με σκοπό να υπάρξει μια πέρα των φυσικών προοπτικών, αύξηση της παραγωγής τους. Σε όλη την περίοδο της καλλιέργειας και εκτροφής τους αποτελούν ιδιοκτησία ενός φυσικού ή νομικού προσώπου.

Πλέον, εξαιτίας την πλούσιας συγκέντρωσης των ιχθύων σε πρωτεΐνες, βιταμίνες και υψηλής διατροφικής αξίας προϊόντα, θεωρείται αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής του σύγχρονου ανθρώπου. Έτσι υπάρχει αύξηση στην ανάγκη για ιχθυοκαλλιέργειες.

Τα τελευταία χρόνια αναγνωρίζοντας την μείωση της συλλεκτική αλιείας, παρά την μέχρι πρόσφατα αυξημένη αγοραστική δύναμη των καταναλωτών πολλών χωρών και την αυξημένη τάση για ισορροπημένη διατροφή, έχει αυξηθεί και η ζήτηση αλιευτικών προϊόντων, σε διεθνές επίπεδο. Πιο συγκεκριμένα η πέστροφα αποτέλεσε ένα ψάρι οικονομικής αξίας σε όλη την Ευρωπαϊκή επέκταση. (Martsikalis P., 2014).

Η παραγωγή της στην Ε.Ε βασίζεται κυρίως σε μικρές παραγωγές, από οργανωμένες οικογενειακές επιχειρήσεις, οι οποίες ασχολούνται επαγγελματικά με τον πρωτογενή τομέα. Μερικές από αυτές έχουν αναπτυχθεί ώστε να μπορούν να καλύπτουν με σύγχρονες εγκαταστάσεις διαδικασίες όπως, η φιλετοποίηση, η κάπνιση και η δημιουργία διάφορων προϊόντων για ανθρώπινη κατανάλωση. (European Aquaculture Production Report (FEAP), 2020, Eurostat Database).

Σε ανεπτυγμένες χώρες όπως η Γαλλία, η Δανία και η Ιταλία, η εκτροφή γίνεται μέσω του συστήματος RAS, δηλαδή μίας υδατοκαλλιέργειας όπου υπάρχει ανακυκλοφορία του νερού. Αυτή η διαδικασία αποτελεί μόνο το 10% της παραγωγής, με το 68% αυτής να παράγεται με παραδοσιακά συστήματα, όπως αυτά των καναλόμορφων



δεξαμενών (raceways), τα οποία βασίζουν την παροχή του νερού από τα ορεινά ρεύματα (Cowx I. G., 2022 FAO, 2022) . Στο εμπόριο το επιτρεπόμενο όριο του μεγέθους είναι μεταξύ 350- 600 γρ., με κάποιες προϋποθέσεις όπως, α) ζωντανή πέστροφα, β) φρέσκια πέστροφα γ) κατεψυγμένη πέστροφα δ) νωπά φιλέτα ε) καπνιστή πέστροφα στ) παρασκευασμένη πέστροφα (European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA),2021). Στην Γαλλία η εκμετάλλευση υπάρχει και στα αυγά του είδους για εμπορικούς σκοπούς.

Σύμφωνα με επίσημες ανακοινώσεις του FAO, στις χρονιές 2014- 2015 η κατά κεφαλήν κατανάλωση αυξήθηκε από 20,1 κιλά στα 20,3, τα οποία ταξινομούνται ως εξής. Κατανάλωση συλλεκτικής αλιείας από 10 σε 9.8 κιλά , άρα μείωση κατά 0.2, ενώ η κατανάλωση από προϊόντα παραγωγής ιχθύων αυξήθηκε αντίστοιχα στο ίδιο χρονικό διάστημα, κατά 10.1 σε 10.4, δηλαδή 0,4 κιλά.

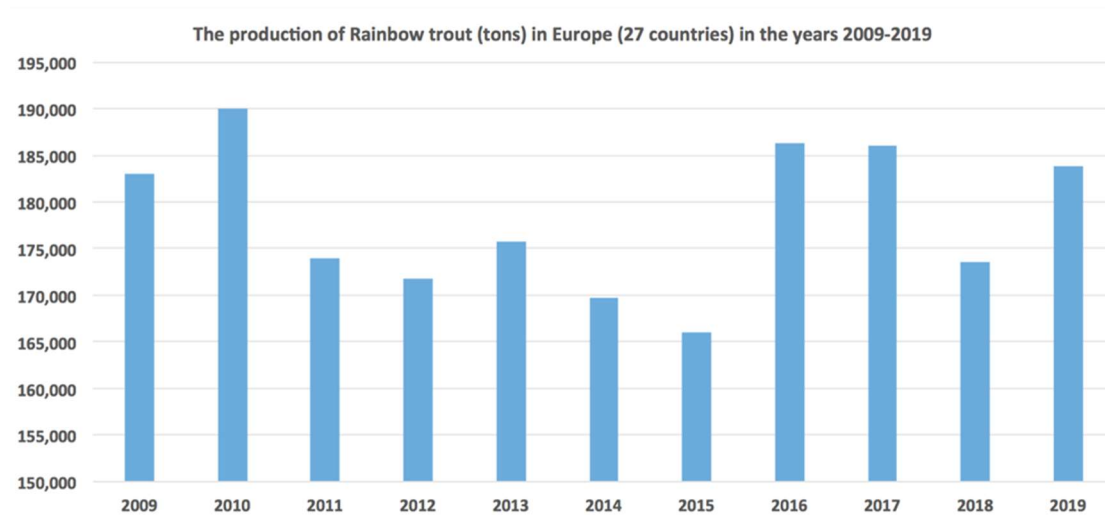
Τα νούμερα σχετικά με την περίοδο Ιανουαρίου – Φεβρουαρίου του 2016, στην κατά κεφαλήν φαινομενική κατανάλωση, να είναι 20.6 κιλά (από την συλλεκτική αλιεία 9.7 και από τις ιχθυοκαλλιέργειες 10.9). Η διαφορά μεταξύ των παραπάνω μηνών με την αντίστοιχη χρονιά του 2015 είναι η άνοδος κατά 1.7 κιλά στην ετήσια κατά κεφαλήν κατανάλωση και 3.9 , ενώ μείωση κατά 0.7 στην συλλεκτική αλιεία.(Globefish, 2016) .

Όσον αφορά τα διατροφικά προϊόντα της ζωικής παραγωγής, την πρώτη θέση έχουν οι υδατοκαλλιέργειες, με την μεγαλύτερη δυναμική στον χώρο. Από το 1970 η μέση τιμή ανάπτυξης του κλάδου ετησίως , είναι 8,8% ενώ αντίστοιχα στην συλλεκτική αλιεία με 1,2 % , με τις υπόλοιπες παραγωγές όπως την κτηνοτροφία και την πτηνοτροφία είναι μόλις 2,8%.

Η οικονομική αξία της πέστροφας στις χώρες της ΕΕ είναι σημαντική, αφού συνδυαστικά με την εμπορική της αξία αφορούν το αποτέλεσμα του λόγου της αρχικής λειτουργικότητας της παραγωγής. Στην Πολωνία, η τιμή της στην αγορά ξεκινάει από 5,6 ευρώ/ κιλό και μπορεί να φτάσει και έως 14,25- 22,22 ευρώ/ κιλό στην Ιταλία, Γαλλία και Δανία, ενώ στην Αυστρία και Φιλανδία οι τιμές μπορεί να φτάσουν πολύ υψηλότερες. (European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA), 2021) . Η Ευρωπαϊκή Ένωση παράγει παγκοσμίως περίπου 174.987 τόνους, με τις υπόλοιπες παραγωγές να καλύπτονται από χώρες της Ασίας και Λατινικής Αμερικής (European Market Observatory for



**Διάγραμμα 1.** Δημοφιλείς χώρες με σημαντική παραγωγή ιριδίζουσας πέστροφας (τόνοι) κατά τα έτη 2009-2019 (VasdravanidisC. etal., 2022)



**Διάγραμμα 2.** Η παραγωγή Ιριδίζουσας πέστροφας (τόνοι) στην Ευρώπη (27 χώρες ) κατά τα έτη 2009-2019 (VasdravanidisC. etal., 2022)

### Στοιχεία Παραγωγής στην Ελλάδα

Η Ελλάδα ήδη χρησιμοποιούσε την πέστροφα ως το μοναδικό είδος που εκτρεφόταν σε συστήματα συνεχούς ροής, εκμεταλλευόμενη στο μέγιστο την προσαρμοστικότητα του είδους στις αβιοτικές συνθήκες των υδάτων της χώρας.

Μέχρι την εισαγωγή του είδους η ιχθυοκαλλιέργεια αφορούσε μόνο τους άγριους πληθυσμούς της πέστροφας. Με την είσοδο της ιριδίζουσας, στόχος ήταν η ανάπτυξη και η οικονομική ευεξία, όσον αφορά το εμπόριο των ιχθύων (Economidis et al 2000). Λόγω της παράνομης αλίευσης σε μεγάλες ποσότητες, και της περιβαλλοντικής κατάστασης, υπήρξε η ανάγκη για εμπλουτισμό των φυσικών υδάτων, των λιμνών και ρεόντων συστημάτων όπου υπάρχει σημαντική μείωση στον πληθυσμό των ιχθύων (Μαρτσικάλης Π., 2018).

Την δεκαετία του 1960 απέδωσαν καρπούς οι πρώτες προσπάθειες στην διάρκεια ένταξης της ιριδίζουσας πέστροφας στην ροή της παραγωγής και στην συνέχεια

ανάπτυξης εντατικών εκτροφών στα ελληνικά ύδατα σε ολόκληρη την χώρα. Η υποστήριξη των ντόπιων στους ιχθυογεννητικούς σταθμούς ήταν σημαντική και σε μεγάλο βαθμό, με αποτέλεσμα την επιτυχής παροχή γόνου και σύγχρονη γνώση στις νεοσύστατες εκτροφές. Παρόλα αυτά, μετά από τα θετικά αυτά δεδομένα, δεν υπάρχει καμία επίσημα καταχωρημένη πληροφορία όσον αφορά την καταγωγή και εισαγωγή του γόνου στις εντατικές εκτροφές του ιχθείς κατά την Ελλάδα. (Μαρτσικάλης Π., 2018).

Η γρήγορη ανάπτυξη του κλάδου είναι ένα αδιαμφισβήτητα μεγάλης αξίας δεδομένο, αφού επέφερε πολλά οικονομικά οφέλη. Παρόλα αυτά η διαδικασία πραγματοποιήθηκε χωρίς να βασίζεται σε μια οργανωμένη στάση και σχεδιασμό, και απουσία διάφορων μελετών σχετικά με τα οικοσυστήματα. Ένα παράδειγμα που θα θεωρούνταν κατάλληλο σχετικά με την ανισομέρεια, είναι ο χωροταξικός σχεδιασμός με την απόλυτη έλλειψη περιβαλλοντικών γνώσεων, ώστε εν τούτοις οι μισές από τις εκτροφές να υπάρχουν εγκατεστημένες στην περιοχή της Ηπείρου, στον ποταμό Λούρο. Λόγω της πλειοψηφικής τους εγκατάστασης, είναι αναμενόμενο να υπάρχει κάποιο αρνητικό αντίκτυπο, με αυτό να είναι ο συνωστισμός με αποτέλεσμα την μείωση του δείκτη ποιότητας των υδάτων, κίνδυνος μετάδοσης ασθενειών και εγγύτητας των εκτροφών μεταξύ τους. Την ίδια στιγμή το υπόλοιπο ποσοστό των εντατικών μονάδων είναι εγκατεστημένο στην Μακεδονία, και σε μικρότερο ποσοστό την Στερεά Ελλάδα και την Πελοπόννησο. (Μαρτσικάλης Π., 2018).

Στην χώρα συνολικά, υπάρχουν 60 λειτουργικές μονάδες παραγωγής ιριδιζουσας πέστροφας, 4 ιχθυογεννητικοί σταθμοί, με την παραγωγή να αγγίζει τους 1.900 τόνους, όπου αν μεταφραστούν σε αξία είναι μέση αξία στα 6.270.000 εκατομμύρια ευρώ. (Annual Aquaculture Report, 2021) (Eurostat Database, Cai A et al 2022). Η νωπή ιριδιζουσα πέστροφα διατίθεται σε δύο μεγέθη : α) Μέσο βάρος 200- 500 γραμμάρια, β) Μέσο βάρος 400-500 γραμμάρια με τιμή 2,70 ευρώ/ κιλό. (Apcadvanced planning – consulting and European union 2016).

### 1.3 Συνθήκες Εκτροφής

Γενικότερα η εκτροφή των ιχθύων που πραγματοποιείται σε κλειστά συστήματα υδατοκαλλιέργειας απαιτούν καλή ποιότητα νερού για την ευζωία τους.(Walker at al 2001) . Η Ιριδιζουσα πέστροφα έχει ορισμένες απαιτήσεις σχετικά με ορισμένους περιβαλλοντικούς παράγοντες (Θερμοκρασία, pH, και διαλυμένο οξυγόνο ) για τη

φυσιολογική ανάπτυξη και ευημερία της (Molony B., 2001, Avkhimovich D, 2013). Λόγω της έντονης κλιματικής αλλαγής των τελευταίων ετών, οι συγκεκριμένοι παράγοντες έχουν μετατοπιστεί, και με αυτόν τον τρόπο επηρεάζεται η ευημερία και υγεία του ψαριού. (Mock A. et al 1990; Islam J.M. et al 2021). Όλες αυτές οι ταχείες και ξαφνικές αλλαγές στην πυκνότητα της εκτροφής της Ιριδίτσουσας, τον ρυθμό ανάπτυξης, της διατροφής και του όγκου του νερού μπορούν να προκαλέσουν ταυτόχρονα αλλαγές και στην ποιότητα του νερού με αποτέλεσμα την επέμβαση στους φυσικοχημικούς παραμέτρους των ιχθύων. (Yildiz H.Y. et al 2017).

### **Θερμοκρασία**

Η rainbow trout είναι ένα ψάρι το οποίο επιβιώνει σε ιδανικές θερμοκρασίες περίπου 13- 18 °C (Stout M, 2013), όμως μπορεί να αντέξει έως και στους 9-20 °C (FAO, 2022). Η θερμοκρασία κατέχει σημαντικό ρόλο στην διαβίωση αφού επηρεάζει την ανάπτυξη, την ωρίμανση και τον ρυθμό μεταβολής της ιριδίτσουσας πέστροφας, κατά την διάρκεια της επώασης των αυγών, την αντοχή της σε ποικίλες ασθένειες και την ικανότητα να διατηρείται διαλυμένο το οξυγόνο στο νερό. Τους καλοκαιρινούς μήνες το νερό μπορεί να φτάσει αρκετά χαμηλές θερμοκρασίες (κάτω από 10 °C), και πρέπει να αποφεύγεται η καλλιέργεια της πέστροφας, αφού ο ρυθμός ανάπτυξης επιβραδύνεται. (Παπαγεωργίου N., 1985).

### **pH νερού**

Η ιριδίτσουσα πέστροφα σε σύγκριση με άλλα είδη της οικογένειας των Σολομοειδών, είναι πιο συγκεκριμένη όσον αφορά το pH του νερού στο οποίο διαβίει. Είναι ιδιαίτερα ευαίσθητο ψάρι σε πολύ χαμηλούς δείκτες ή πολύ υψηλούς, καθώς και ειδικά στις όξινες συνθήκες. Ανάλογα το στάδιο ανάπτυξης στο οποίο βρίσκεται, μπορεί να επιβιώσει σε ένα εύρος επιπέδων pH. Πιο συγκεκριμένα, για την υγιή ανάπτυξη των γόνων, οι βέλτιστες τιμές είναι ανάμεσα στις 6,5 και 8 (Παπαγεωργίου N, 1985). Κατά συνέπεια. Μπορούν να επιτευχθούν τα ιδανικότερα επίπεδα για τον βέλτιστο ρυθμό ανάπτυξης σε ένα υδάτινο περιβάλλον καλά αεριζόμενο, με γλυκά ύδατα σε τιμές pH από 6,7 έως 8,2 (FAO 2014) ή 6 έως 8,5 (Yildiz H Y. Etal 2017).

Το νερό κρίνεται ακατάλληλο όταν τα επίπεδα του pH είναι μεγαλύτερα από 9,0 και μικρότερα από 5,5, με αποτέλεσμα να υπάρχει πρόβλημα στην αναπαραγωγική διαδικασία και εκτροφή της *Oncorhynchus mykiss*. (Παπαγεωργίου N. 1985).

Επομένως, οι τιμές του pH του νερού στις δεξαμενές με την Ιριδίζουσα πέστροφα πρέπει να διατηρούνται σε ουδέτερη και ελαφρώς αλκαλική κατάσταση (δηλαδή, pH 6,5- 8,5). Με τις τιμές αυτές παρέχεται η ευημερία των ψαριών, ενώ ταυτόχρονα πραγματοποιούνται άμεσα οι διαφορετικές βιολογικές διαδικασίες, όπως νιτροποίηση του βιολογικού φίλτρου.(Χώτος Γ.Ν., 2016).

Όσον αφορά την αλκαλικότητα του νερού παίζει έναν σημαντικό ρόλο στην παραγωγική διαδικασία των ψαριών. Η τιμή της πρέπει να είναι τουλάχιστον στα 5ppm. Ιδιαίτερη ανάπτυξη της *Oncorhynchus mykiss*, μπορεί να συμβεί επί τω πλείστων σε νερά με αλαλικότητα ίση με 150-200 ppm. Η κατώτερη τιμή αναφορικά με το επίπεδο της αλκαλικότητας για την παραγωγή της Ιριδίζουσας, είναι περίπου στα 20-50 ppm. (Παπαγεωργίου Ν.1985).

### **Διαλυμένο οξυγόνο Do**

Το νερό απαρτίζεται στην σύνθεση του από διαλυμένο οξυγόνο, το οποίο είναι απαραίτητο για την διαδικασία της αναπνοής των ποικίλων υδρόβιων φυτών και ζώων. Τα ψάρια, κυρίως τα σολομοειδή, απαιτούν για την επιβίωση τους μια επαρκής ποσότητα οξυγόνου για την λειτουργία του μεταβολισμού τους, που έχει ως αποτέλεσμα την αυτοσυντήρηση, την εκτέλεση κάθε ζωτικής δραστηριότητας, την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή τους. Η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται αναλογικά με την αύξηση της έντασης του μεταβολισμού όπου απαιτείται περισσότερο οξυγόνο στην καύση. (Χώτος Γ.Ν. 2015: Χώτος Γ.Ν. 2016).

Βέβαια, είναι σημαντικό να αναφερθεί πως ούτε η υπεροξυγόνωση του νερού είναι ιδανική καθώς προκαλεί κίνδυνο στην υγεία των ιχθύων. Δημιουργείται στρες στα ψάρια, με αποτέλεσμα να καθιστά πιο μειωμένη την κολυμβητική τους ικανότητα, την κατανάλωση τροφής και τελικώς την σωστή ανάπτυξη και πολλαπλασιασμό τους.

Το οξυγόνο είναι απαραίτητο εφόρου της ζωής των ψαριών, όμως η ποσότητα της μετατρέπεται ανάλογα με το στάδιο και τις ανάγκες της κάθε ηλικίας. Για παράδειγμα, όταν τρέφονται απαιτείται μεγαλύτερη ποσότητα σε οξυγόνο σε αντίθεση με όταν αναζητούν τροφή ή την αναμένουν. Ανάλογα με το είδος της υδατοκαλλιέργειας, εκτός

από τα ψάρια υπάρχουν και άλλοι μικροοργανισμοί που συνυπάρχουν (π.χ. βακτήρια) τα οποία καταναλώνουν εξίσου οξυγόνο, κάτι το οποίο απαιτεί προσοχή εφόσον υπάρχει πολλή οργανική ύλη σε αποσύνθεση από περιττώματα ψαριών και κατάλοιπα τροφών, με όμως πρωταρχικό μέλημα τις ανάγκες των ψαριών σε αναπνοή. Τα ψάρια λειτουργούν και προσαρμόζονται ανάλογα με την θερμοκρασία του ύδατος, άρα και ο ρυθμός της μεταβολικής διαδικασίας η οποία απαιτεί αρκετή κατανάλωση σε οξυγόνο. Οι μη ιδανικές θερμοκρασίες επηρεάζουν όχι μόνο τα ενήλικα ζώα αλλά και τα αναπτυσσόμενα έμβρυα στα αυγά. Έχει αναφερθεί πως στο είδος της Ιριδίζουσας εάν οι συνθήκες οξυγόνωσης δεν είναι ιδανικές γίνεται πιο αργά η εκκόλαψη των αυγών και τα ψαράκια που θα εκκολαφθούν έχοντας 36% λιγότερο βάρος αντί για 11,9 mg/L Do που έχουν έχουν κορεσμό στους 9,7 °C και μειώνεται στα 4,2 mg/L. Η συμπεριφορά και το στάδιο της ανάπτυξης τους επηρεάζει επίσης της μεταβολική δραστηριότητα (δραστήρια- στατικά, ήρεμα- νευρικά- επιθετικά κτλπ. ). όσο πιο δραστήρια είναι σε κολυμβητικό επίπεδο τα ψάρια τόσο περισσότερο οξυγόνο χρησιμοποιούν σε αντίθεση με τα πιο νωχελικά, όπως αντίστοιχα τα πιο μεγάλα ψάρια σε σχέση με τα πιο μικρά. (Χώτος Γ..N. 2015: Χώτος. Γ.N., 2016).

Πιο συγκεκριμένα, όσο πιο υψηλές υψηλές είναι οι θερμοκρασίες του περιβάλλοντος, τόσο αναλογικά χαμηλώνει και η περιεκτικότητα σε DO και αυτό ισχύει και αντιστρόφως. (Ανκίμονιχ D, 2013). Ειδικότερα όταν η θερμοκρασία ανεβαίνει τότε η περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο μειώνεται αντίστοιχα, όμως η κατανάλωση του οξυγόνου από τα ψάρια αυξάνεται.

Για την ορθή και συνεχείς ανάπτυξη της η πέστροφα χρειάζεται αρκετές και συγκεκριμένες ποσότητες σε οξυγόνο στο νερό. Όμως γενικότερα το ψάρι μπορεί να ανεχτεί και μικρότερη περιεκτικότητα σε οξυγόνο σε περιπτώσεις για παράδειγμα συνωστισμού. . (Χώτος Γ..N. 2015: Χώτος. Γ.N., 2016).

Ανάλογα με το στάδιο ζωής που είναι το ψάρι ποικίλουν και οι βαθμοί οξυγόνου στο νερό, οι οποίες μπορούν να χαρακτηριστούν ως ιδανικές και αποδεκτές. (Παπαγεωργίου N. 1985). Γενικότερα, αναφέρεται πως το οξυγόνο μπορεί να θεωρηθεί θανατηφόρο, όταν είναι περίπου στα 3 mg/l ή λιγότερο για ενήλικα και νεαρά ψάρια. Αυτό φυσικά επηρεάζεται από τις περιβαλλοντικές συνθήκες και ειδικά την θερμοκρασία. (Παπαγεωργίου N. 1985). Για την διαδικασία της αναπαραγωγής, η ιδανική περιεκτικότητα σε οξυγόνο του νερού είναι κάπου κοντά στον κορεσμό.

Ειδικότερα, το Do βρίσκεται ανάμεσα στα 5- 6 mg/l κατά το χρονικό διάστημα της γέννας, κατά την επώαση των αυγών και τα πρώτα στάδια της νυμφικής ανάπτυξης. (Παπαγεωργίου Ν. 1985).

### **Ηλεκτρική αγωγιμότητα- Ec**

Το υδάτινο περιβάλλον για να φιλοξενήσει τους έμβιους οργανισμούς χρειάζεται εκτός από συγκεκριμένες τιμές στο οξυγόνο, μια αντίστοιχη ιδανική κατάσταση σχετικά με την ηλεκτρική αγωγιμότητα. Είναι αποδεδειγμένο, πως η αγωγιμότητα του νερού θα πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 400- 450  $\mu\text{S}/\text{cm}$  ενώ το νερό που έχει τιμές κάτω από 100 $\mu\text{S}/\text{cm}$  μπορεί να θεωρηθεί φτωχό εάν υπάρχει μεγάλη εκτροπή. (Παπαγεωργίου Ν. 1986). Η ηλεκτρική αγωγιμότητα του νερού χρίζει προσοχής αφού επηρεάζει την σκληρότητα του νερού.

### **Νιτρώδη και Νιτρικά**

Τα νιτρώδη ιόντα, είναι οι πρώτες χημικές ουσίες μετατροπής της αμμωνίας, το αρχικό μέρος της διαδικασίας της νιτροποίησης, είναι τοξικά για τους ιχθύες. Τα νιτρώδη  $\text{NO}_2$  μετατρέπονται τοξικά σε μεγάλο βαθμό για τον Ο. mykiss, όταν οι τιμές είναι 0,5- 0,10 mg/l (Παπαγεωργίου Ν. 1985), ενώ ιδανικά η περιεκτικότητα πρέπει να είναι στα < 0,1mg/l (Yildiz H. Y. Et al 2017). όταν υπάρχει αυξημένη περιεκτικότητα των νιτρωδών ιόντων στα ύδατα τα οποία υπάρχουν στην εκτροφή, υπάρχει μία ευνοϊκή κατάσταση για την ανάπτυξη της νόσου μεθαινογλοβιναιμία, η υπάρχει βρίσκεται το αίμα.

Τα νιτρικά ιόντα  $\text{NO}_3$  όταν υπάρχει σε μεγάλη ποσότητα στο νερό, σχηματίζεται μια ιδανική συνθήκη για την εμφάνιση και ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης. Όταν το σύστημα υδατοκαλλιέργειας είναι κλειστό και λειτουργικό, τότε δεν παρουσιάζεται τοξικότητα στα ψάρια (Χώτος Γ.Ν., 2015, Χώτος Γ.Ν. 2016). Σύμφωνα με προγενέστερες έρευνες, οι τιμές των νιτρικών πρέπει να είναι μικρότερες των 0,8 mg/l (Παπαγεωργίου Ν. 1985). Πιο συγκεκριμένα όμως όσον αφορά την ιριδίζουσα η κατάλληλη περιεκτικότητα νιτρικών ιόντων σε μία παραγωγή δεν πρέπει να είναι ανώτερη των 100- 150 ppm, διότι η υπέρβαση αυτών των επιπέδων κάνει το νερό τοξικό για τα ψάρια (Davidson J. Etal 2014) . Τα νιτρικά εμφανίζουν υψηλότερα



επίπεδα συγκέντρωσης τοξικότητας που αφορά την θνησιμότητα των ψαριών , σε σύγκριση με τα νιτρώδη ή την αμμωνία.

### **Αμμωνία NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub>**

Τα λύματα τα οποία βρίσκονται στις δεξαμενές υπάρχουν με την χημική μορφή της αμμωνίας και των αμμωνιακών ιόντων NH<sub>3</sub>, NH<sub>4</sub><sup>+</sup> , και κατά την διαδικασία απελευθέρωσης τους έχουν την μορφή στερεών αποβλήτων( υπολείμματα τροφής και περιττώματα). Βέβαια η αμμωνία η οποία υπάρχει δεν πρέπει να μεταφερθεί στο αίμα, καθώς είναι τοξική και πρέπει οπωσδήποτε να απεκκριθεί στο νερό. Η αμμωνία υπάρχει σε δύο μορφές, την μη ιονισμένη αμμωνία NH<sub>3</sub> και το ιονισμένο αμμώνιο NH<sub>4</sub><sup>+</sup> . Την μεταξύ τους ισορροπία επηρεάζει σε πρωταρχικό βαθμό το pH και έπειτα η θερμοκρασία. Για παράδειγμα, στο χαμηλότερο pH επικρατεί το αμμώνιο ενώ σε υψηλότερη τιμή η αμμωνία (Χώτος Γ.Ν., 2015, Χώτος Γ.Ν. 2016). Η επιρροή που έχει το pH είναι πολύ σημαντική για το επίπεδο ευζωίας των ψαριών, αφού η αμμωνία είναι τοξικό ενώ το αμμώνιο όχι. Για την επιβίωση της πέστροφας στην εκτροφή οι κίνδυνο για τα βράγχια της και καθυστερεί την ανάπτυξη της, αφού πρέπει να είναι < 0,001 mg/l (PapageorgiouN., 1985) ή < 1 mg/l (Yildiz H.Y. et al 2017).

Η αμμωνία στην ελεύθερη μορφή της γίνεται τοξική για τα ψάρια ακόμη και αν βρίσκεται σε περιεκτικότητα 0,012 ppm καθώς αυτό προκαλεί σωματικές βλάβες κυρίως στα βράγχια και μειώνει την δυναμικότητα της ανάπτυξης τους.

### **Δείκτης ρυθμού ανάπτυξης**

Όλοι οι έμβιοι οργανισμοί κατά την διάρκεια του χρόνου αλλάζουν διάπλαση και σωματική κατάσταση, και αυτό είναι αναπόφευκτο χαρακτηριστικό. Η διάρκεια και ο τρόπος επηρεάζουν την σωματική ανάπτυξη και γίνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών. Ο χρόνος όπου πραγματοποιείται αυτή η διαδικασία ονομάζεται ρυθμός ανάπτυξης και επηρεάζεται από την περιβαλλοντική κατάσταση και την γενετική τους διαμόρφωση. Η διαφορά βρίσκεται στα είδη των ψαριών και στην ανάμεσα τους σχέση ακόμη και ατόμων όμοιας συστηματικής ταξινόμησης.

Το ψάρι κατά την διάρκεια της ζωής του αναπτύσσεται μεγαλώνοντας το σωματικού του βάρους με στόχο την μέγιστη ωριμότητα όπου εκεί μπορεί να συμβεί ίσως μόνο

κάποια μικρή αύξηση. Κατά την διάρκεια αυτής της διαδικασίας, όσο μεγαλώνει το ψάρι τόσο μειώνεται ο ρυθμός ανάπτυξης αφού φτάνει στο τελικό στάδιο ωρίμανσης. Στην ιχθυοκαλλιέργεια η σημαντική στιγμή είναι αυτή της εκκίνησης της διαδικασίας της ανάπτυξης όταν αυτή είναι σε σχετικά ακόμη πρώιμο στάδιο, όταν ξεκινάει σιγά σιγά η προσθήκη βάρους σε καθημερινή βάση. Παρόλα αυτά είναι δύσκολο να αριθμήσουμε σωστά τον ακριβή ρυθμό αφού κάθε μέρα που περνά διαφέρει η αυξομείωση. Επομένως είναι δύσκολο να ορίσουμε με ένα απλό νούμερο την ακριβή πορεία ανάπτυξης του ψαριού (Χώτος Γ.Ν., 2015).

Τα ψάρια δεν διατηρούν διαρκώς ένα σταθερό ρυθμό ανάπτυξης για αυτό είναι δύσκολο να οριστεί με ακρίβεια. Ο ρυθμός ανάπτυξης επηρεάζεται από πολλούς παραμέτρους και ένα πολύ σημαντικό στοιχείο είναι ότι μειώνεται όσο το ψάρι αυξάνεται σε μέγεθος (Χώτος Γ.Ν., 2015).

#### 1.4 Συστήματα Εκτροφής ιριδιζουσας πέστροφας

Η Ο. mykiss εκτρέφεται ιδανικά σε εντατικά συστήματα, δηλαδή σε χερσαίους, περιορισμένους και κλειστούς χώρους διασφαλίζοντας και εξετάζοντας τις περιβαλλοντικές συνθήκες για την επιβίωση της με την χορήγηση τεχνητής τροφής.

Είναι σύνηθες βέβαια να παράγεται σε ημιεκτεταμένες δεξαμενές σκυροδέματος στην Ελλάδα αλλά και στις περισσότερες Ευρωπαϊκές και μη χώρες. (Crawford S. S. Etal 2008, Framian 2009, FAO 2015).

Στην εκτροφή της ιριδιζουσας πέστροφας εφαρμόζονται δύο τύποι εκτροφής, οι εντατικές και οι εκτατικές,, τα κλειστά ή ανοιχτά συστήματα. Το σύστημα που επιλέγεται είναι με κριτήριο την περιβαλλοντική κατάσταση της περιοχής.

- **Εκτατικά Συστήματα**

Συγκεκριμένα στα συστήματα αυτά εφαρμόζεται μία εκμετάλλευση αρκετών εκτάσεων υδάτινου περιβάλλοντος (υδατοσυλλογές, λιμνοδεξαμενές), με αποτέλεσμα να είναι θετικές συνθήκες για μεγάλη ανάπτυξη πυκνότητα πληθυσμών πέστροφας. Τοποθετούνται σε ρηγά με χαμηλό ρυθμό ανανέωσης ύδατα και περιέχουν τόσο γλυκό όσο και υφάλμυρο ή θαλασσινό νερό. Επί των πλείστων είναι κατασκευασμένα από τεχνητές χωμάτινες κατασκευές, αν και υπάρχουν κάποιες εξαιρέσεις όπου χρησιμοποιούνται πλαστικά και άλλα υλικά με σκοπό να αποφευχθεί η αποστράγγιση

του νερού (Βουλτσιάδου Ε. 2015). Το πρώτο σύστημα παραγωγή ήταν οι υδατοσυλλογές, το οποίο εξελίχθηκε και ακόμη συνεχίζει να επιλέγεται για την καλλιέργεια όλο και περισσότερο σε σύγκριση με άλλα συστήματα. Ο βασικότερος λόγος για την επιλογή χρήσης του συγκεκριμένου τρόπου είναι ότι είναι το λιγότερο δαπανηρό σύστημα για παραγωγή υδρόβιων ζώων. Όταν ακολουθούνται τα ιδανικά δεδομένα μπορεί να φέρει μεγάλη επιτυχία στα παραγωγικά αποτελέσματα της εκτροφής της Ιριδίζουσας. Στην υδατοσυλλογή υφίστανται αύξηση της ποσότητας της τροφής αφού είναι φυσικά διαθέσιμη, και μπορεί να γίνει κάποια προσθήκη ορισμένων θρεπτικών ουσιών με απώτερο σκοπό την αύξηση πρωτογενούς (φύκη) και δευτερογενούς (ζωοπλαγκτόν και βενθικοί οργανισμοί) παραγωγικότητας. Είτε συμπληρωματικά είτε εναλλακτικά σχετικά με την προσθήκη των ουσιών, μπορεί να παρέχονται και προπαρασκευασμένες ζωικές τροφές(Βουλτσιάδου Ε. 2015).

Παρόλο που οι υδατοσυλλογές έχουν το όφελος του χαμηλού κόστους κατασκευής και λειτουργίας, πρέπει να αναφερθεί πως υπάρχουν πολλοί εξωτερικοί παράγοντες που επηρεάζουν την καλλιέργεια, και έτσι ο υδατοκαλλιεργητής καταβάλλει αρκετή προσπάθεια για να επιβάλλει τον έλεγχο ο οποίος είναι αρκετά περιορισμένος (Βουλτσιάδου Ε. 2015).

- **Εντατικά Συστήματα Εκτροφής – Χερσαία υδατοκαλλιέργεια**

Στις εντατικές μονάδες, ρυθμίζονται ανάλογα ανοιχτοί ή κλειστοί χώροι και η εκτροφή της πέστροφας γίνεται αποκλειστικά με την χορήγηση ιχθυοτροφών. Υπάρχει η συμπληρωματική σίτιση με ειδικές τεχνητές ζωοτροφές η οποία είναι απαραίτητη κυρίως σε αυτού του είδους τα συστήματα. Στα ανοιχτού τύπου συστήματα υπάρχει μια παροχή κινούμενου νερού, ενώ στα συστήματα ανακυκλοφορίας το νερό της εγκατάστασης ανακυκλώνεται. (Βουλτσιάδου Ε. 2015).

Στα συστήματα της εντατικής καλλιέργειας ή ημι- εντατικής, έχει μεγάλη σημασία η συμπεριφορά της πέστροφας, αφού είναι πιθανό να εμφανιστούν κάποιες διαφοροποιήσεις εξαιτίας του περιορισμού του περιορισμένου χώρου στον οποίο τοποθετείται σε πυκνότητα οι πληθυσμοί. Λόγω της κατάστασης αυτής είναι λογικό να υπάρξει κάποια αύξηση μεταδοτικότητας διάφορων νοσημάτων, κανιβαλισμός στα πρώιμα στάδια και συσσώρευση περιττωμάτων. Η O.mykiss τοποθετείται στα είδη τα οποία έχουν την καλύτερη αντοχή σε αντίστοιχες μη ιδανικές συνθήκες και για αυτό είναι από τις πρώτες επιλογές για καλλιέργεια(Βουλτσιάδου Ε. 2015).

## **Ανοιχτού τύπου**

Για την καλλιέργεια της ιριδίζουσας σε παγκόσμιο επίπεδο στα ανοιχτού τύπου συστήματα, τοποθετούνται ειδικές τεχνητές δεξαμενές σε ορθογώνιο μέγεθος, μακρόστενες και βασισμένες σε τσιμέντο, σκυρόδεμα, αλουμίνιο ή πολυεστέρα, οι οποίες έχουν την γνωστή ονομασία Raceways. Για την δημιουργία αυτών των κατασκευών απαραίτητη προϋπόθεση είναι να χρησιμοποιούνται ανθεκτικά υλικά τα οποία είναι απαλλαγμένα από τοξικοχημικές ουσίες. Το μήκος και το σχήμα αυτών των δεξαμενών είναι έτσι δομημένο ώστε να εξυπηρετεί μεγάλο πληθυσμό καλλιεργούμενων ψαριών (Βουλτσιάδου Ε. 2015). Σε σχέση με τις υδατοσυλλογές, οι τεχνητές δεξαμενές έχουν μικρότερο μέγεθος καθώς καταλαμβάνουν και λιγότερο χώρο. Έτσι, τα συστήματα εκτροφής μπορούν να αναπτυχθούν και σε στεγασμένους εσωτερικούς χώρους με την δεδομένη παροχή νερού που θα μεταφέρονται από άλλες δεξαμενές. Σε τέτοιου είδους εγκαταστάσεις, οι δεξαμενές τοποθετούνται σε σειρά, με το νερό να περνάει διαδοχικά από την μία δεξαμενή στην επόμενη. Αυτά τα συγκεκριμένα συστήματα ανοιχτού- κλειστού τύπου ονομάζονται συγκοινωνούντα συστήματα.

Λόγω των αναγκών της Ιριδίζουσας, υπάρχουν κάποια προαπαιτούμενα όπως η ισχυρή ροή, η υψηλής ποιότητας σωστά οξυγονόμηση νερού, τα οποία επηρεάζουν την αναπνευστική κατάσταση του ψαριού καθώς και την διαδικασία της αποβολής των αποβλήτων κυρίως της αμμωνίας (Βουλτσιάδου Ε. 2015). Η σταθερότητα της πορείας του νερού εξαρτάται από την θερμοκρασία, το ποσοστό συγκέντρωσης οξυγόνου στο εισερχόμενο νερό και τον ρυθμό κατανάλωσης οξυγόνου, και απέκκρισης αμμωνίας από τους καλλιεργούμενους ιχθύοντες (Χώτος Γ.Ν. 2015).

- **Κλειστού τύπου**

Στην μοντέρνα εποχή θα μπορούσε να εννοηθεί ότι επί των πλείστων χρησιμοποιείται το κλειστό σύστημα εκτροφής (RAS- Recirculating Aquaculture Systems), το οποίο στην χρήση του επαναχρησιμοποιεί τον ίδιο όγκο νερού. (Timmons M. and Ebeling J., 2010).. Η ποσότητα του νερού που ανακυκλώνεται είναι στα 80- 99 % με θετικό αποτέλεσμα τις αρκετά μειωμένες επιπτώσεις της υδατοκαλλιέργειας στο περιβάλλον και τις απαιτήσεις σε νερό.(Ebeling and Timmons 2012, Kingler- Neilor, 2012).

Στο συγκεκριμένο σύστημα επανακυκλοφορίας, το νερό που υπάρχει στις δεξαμενές της καλλιέργειας επαναχρησιμοποιείται, κάτι που δημιουργεί μια θετική συνθήκη ως προς το περιβάλλον, αφού δεν επαναφέρεται και χάνεται μέσω του εδάφους, όπως συμβαίνει στα συστήματα ανοιχτού τύπου. Η παραγωγή της ιριδιζούσας πέστροφας με την διαδικασία του ανακυκλούμενου νερού RAS ( Recirculation Aquaculture System) είναι μία μέθοδος υδατοκαλλιέργειας η οποία βασίζεται στην ανακύκλωση του νερού αφού αυτό καθαριστεί καθώς περνάει από ένα μηχανικό και βιολογικό φίλτρο, και έτσι μειώνεται η ποσότητα κατανάλωσης καινούργιου νερού.(Βουλτσιάδου Ε. 2015, Χώτος Γ.Ν., 2016). Επομένως αποτελεί μία τεχνολογία που φέρει θετικά αποτελέσματα υπέρ του περιβάλλοντος αφού καταφέρνεται η μείωση της σπατάλης του νερού.

Τα υλικά από τα οποία κατασκευάζονται οι κυκλικές δεξαμενές που χρησιμοποιούνται επί των πλείστων στις εντατικές κλειστές μονάδες παραγωγής της πέστροφας είναι πολυεστέρα, αφού βοηθάει στην αύξηση των πρώιμων αναπτυξιακών σταδίων των ιχθύων. Επίσης είναι εύκολο στην τοποθέτηση και προσφέρει μια πιο εύκολη οργάνωση σχετικά με την υδροδότηση και αποχέτευση με αποτέλεσμα να δημιουργείται ένα είδους “στρόβιλου” η οποία θα απορροφήσει τα περισσότερα από τα περίσσεια υλικά της καλλιέργειας .(Βουλτσιάδου Ε. 2015, Χώτος Γ.Ν., 2016). Οι συγκεκριμένες δεξαμενές καθιστούν πιο εύκολη την διαδικασία της κάλυψης με προστατευτικό δίχτυ ή ασθενές μέταλλο, που είναι κατάλληλα για την διατήρηση των πληθυσμών της πέστροφας στην εκτροφή από κινδύνους όπως αρπακτικά πουλιά ή άλλα ζώα. Επίσης η ίδια η ιριδιζούσα έχει την τάση να πηδάει και να βγαίνει από τις δεξαμενές με αποτέλεσμα να αυξάνεται η θνησιμότητα στην καλλιέργεια.(Βουλτσιάδου Ε. 2015, Χώτος Γ.Ν., 2016).

### **1.5 Σύστημα Ενυδρειοπονίας- Aquaponics**

Σε συνολικό ποσοστό εκτιμάται ότι η ζήτηση των τροφίμων σε παγκόσμιο επίπεδο, θα αυξηθεί περίπου από 70- 100% μέχρι το έτος 2050. (Godfray H.C.J. et al 2010, World Bank 2008). Ο κλάδος της γεωργίας και κτηνοτροφίας αποτελεί έναν πολύ σημαντικό ρόλο στην επισιτιστική κατάσταση (Rivera- Ferre M 2013). Ένα από τα πιο σημαντικά διλήμματα που απασχολούν τον σύγχρονο άνθρωπο είναι η ανακάλυψη διάφορων ιδεών σχετικά με τον τρόπο παραγωγής με την αναλογία της μεγαλύτερης ποσότητας τροφίμων με τους λιγότερους δυνατών πόρους και με μικρότερες περιβαλλοντικές

επιπτώσεις. (Velten S. 2015). Σύμφωνα με τις παρούσες γνώσεις το σύστημα της υδατοκαλλιέργειας είναι αυτό που αποφασίστηκε το πιο ιδανικό για την συγκεκριμένη κατάσταση (Sae- Lim P 2017).

Με αυτή την βάση, τα τελευταία χρόνια, οι επιστήμονες αναζητούν νέα συστήματα παραγωγής, όπως είναι της ενυδρείοπονίας (aquaponics), που θεωρούνται λιγότερα επιρρεπής στα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής. Τα συγκεκριμένα υστήματα εκτροφής είναι κατάλληλα αφού συνδυάζουν την καλλιέργεια των φυτών, ταυτόχρονα με την ιχθυοκαλλιέργεια των εσωτερικών υδάτων, με την διαδικασίας της ανακυκλοφορίας, γεγονός που ελαφρύνει την περιβαλλοντική πίεση που δέχονται τα υδάτινα περιβάλλοντα.(David L.H. 2022) (Farrant D.N. 2021). Εν κατακλείδι, το aquaponics είναι μια καινοτόμα και βιώσιμη παραγωγή που προσφέρει μια μείωση της περιβαλλοντικής επιβάρυνσης, αποφεύγοντας την αρνητική επίδραση σε ψάρια επιφέροντας την μείωση της παραγωγής τους, και προσφέροντας την επαρκή κάλυψη της ζήτησης σε προϊόντα. (Βουλτσιάδου E. 2015, Χώτος Γ.Ν. 2016).

Συγκεκριμένα η ενυδρείοπονία αποτελείται από έναν συνδυασμό των κλειστών συστημάτων RAS και της υδροπονίας. Τα θετικά στοιχεία που μπορούν να αναφερθούν για το συγκεκριμένο σύστημα είναι η βελτίωση της βιωσιμότητας και την κάλυψη των επισιτιστικών αναγκών προσφέροντας πολλά οικονομικά και κοινωνικά θετικά αποτελέσματα.(Tyson R.C. 2011, FAO 2014). Αυτά τα συστήματα αποτελούν καινοτόμες ιδέες, που έχουν όμως ήδη δοκιμαστεί, και έχουν χαρακτηριστεί σαν ολοκληρωμένα συστήματα πολυτροφικής υδατοκαλλιέργειας (IMTA) ή πολυκαλλιέργειες. (Ridler N. 2007, Rei G.K. 2009, European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA), 2020).

Με τον ορισμό ενυδρείοπονία θεωρείται το σύστημα παραγωγής που δημιουργεί έναν συνδυασμό της υδροπονικής καλλιέργειας των φυτικών οργανισμών ,όπως λαχανικά, λουλούδια και βότανα, με την εκτροφή των ιχθύων σε κλειστά συστήματα που βρίσκονται υπό εγκαταστάσεων θερμοκηπίου. (EcoLife 2017) . Τα κλειστά αυτά συστήματα είναι ιδανικά για την βιωσιμότητα των ψαριών αφού δεν προστίθενται χημικές ουσίες και καταναλώνεται ελάχιστος όγκος νερού (10% περίπου σε ποσότητα). (Kaltsis I., 2014).

Η υδάτινη καλλιέργεια απειλείται σε έναν σημαντικό βαθμό από την αυξημένη ποσότητα σε CO<sub>2</sub>, επηρεάζοντας την επισιτιστική κατάσταση σε παγκόσμιο επίπεδο.

Τα επίπεδα του διοξειδίου του άνθρακα έχουν τεράστια αρνητική επιρροή στην καρδιαγγειακή, μεταβολική και ομοιοστατική ισορροπία της πέστροφας. (Hafs A. W., 2012). Η διεθνής εκτροπή υδατοκαλλιέργειας έχει τις προοπτικές να αυξηθεί μόνο εάν υπάρξει διεύρυνση των εφαρμοσμένων παραγωγής υδατοκαλλιέργειας {π.χ. aquaponics, bioflocs κτλπ.) στα όρια μιας κυκλικής οικονομίας. Η ενυδρειοπονία εάν συμβάλλει σε συγκεκριμένες προϋποθέσεις όπως είναι η επιλεκτική γονιμοποίηση και ο θερμικός εγκλεισμός, θα υφίσταται ιδιαίτερη ανάπτυξη αποτελεσματικών δεδομένων. (Kause A. 2005, Mudler H.A. 2016, Paul K 2022, Yanez J.M. 2022, Adams O.A. 2022). Δυστυχώς οι αλλαγές στην κλιματική κατάσταση του πλανήτη, προσφέρουν ένα ανασφαλές περιβάλλον και τροχοπέδες στην ομαλή ανάπτυξη κι ύπαρξη ποικιλομορφίας του είδους, αφού είναι αποδεδειγμένα ιδιαίτερα ευαίσθητο στις κλιματικές αλλαγές.

## **2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ**

### **2.1 Δειγματοληψία και υλικά**

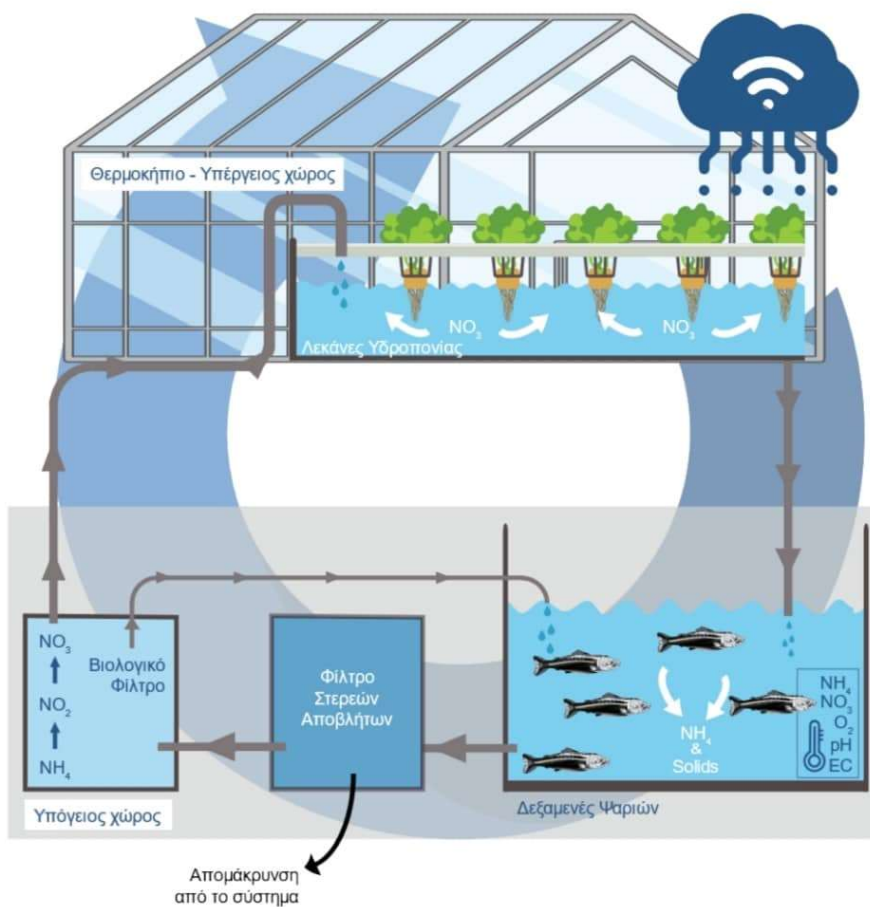
Στις 30/03/2022 παραλήφθηκαν από τον Ιχθυογεννητικό σταθμό της Πέλλας 100 νεαρά άτομα του είδους της *Oncorhynchus mykiss* τα οποία γεννήθηκαν τον Δεκέμβριο του 2021 και μετά την προετοιμασία της ενυδρειοπονικής εγκατάστασης, τοποθετήθηκαν με σκοπό την παρακολούθηση της ομαλής τους ανάπτυξης. Η μεταφορά και το πείραμα εκπονήθηκε στον χώρο του Ερευνητικού Ινστιτούτου Γενετικής Βελτίωσης κι Φυτογενετικών πόρων ΕΛΓΟ ΔΗΜΗΤΡΑ στην Θεσσαλονίκη. Μετά από πολλούς έλεγχους το σύστημα ήταν ιδανικό στις προϋποθέσεις που επιβάλλονται για την σταθερότητα του περιβάλλοντος με αποτέλεσμα την άψογη προσαρμογή των ιχθυδίων. Στις 10/05/2022, παραλήφθηκαν από το ίδιο ιχθυογεννητικό κέντρο ακόμη 980 μικρά ψάρια Ιριδίζουσας, τα οποία όμως προερχόντουσαν από την ίδια τοκετοομάδα της πρώτης άφιξης με αρχικό συνολικό μήκος  $5,1 \pm 0,33$  cm και αρχικό σωματικό βάρος  $1,19 \pm 0,18$  gr . Τα ψάρια από της στιγμή της έλευσης τους έως και 48 ώρες μετά, επιβλήθηκαν σε αφαγία, εξαιτίας του άγχους που υπέστησαν κατά την μεταβίβαση τους.

Το πείραμα διήρκησε 56 ημέρες , με έναρξη στις 10/05/2022 και λήξη στις 5/07/2022. Η επιλογή του είδους έγινε γνωρίζοντας πως το συγκεκριμένο μπορεί να αναπτυχθεί θετικά εξαιτίας της προσαρμοστικότητας του.

## 2.2 Εργαστηριακές μετρήσεις περιβαλλοντικών παραγόντων

Στο συγκεκριμένο πείραμα που εκπονήθηκε η διασκευή του συστήματος πραγματοποιείται σε κάθετη σειρά. Τοποθετήθηκαν δύο δεξαμενές εκτροφής με χωρητικότητα νερού 1500 lt, οι οποίες ήταν στον χώρο του υπογείου, κάτω από το θερμοκήπιο που στεγάζεται στα 50 m<sup>2</sup> όπου παρέχεται μηχανικό και βιολογικό φίλτρο 700 lt. Το νερό παρέχεται από μία βρόχινη δεξαμενή χωρητικότητας 14.000 lt. Το νερό οδηγείται στις δεξαμενές ψαριών και τα φίλτρα και συνδέεται μέσω σωλήνων στο θερμοκήπιο των 106 m<sup>2</sup>. Εκεί αφού γίνει η σωστή διεργασία το νερό κατευθύνεται προς τα φυτά με σκοπό την ταχεία ανάπτυξη και λίπανση. (Εικόνα 1.)

Εικόνα 1. Σύστημα ενυδρείοπονίας





Τα δεδομένα των συνθηκών της επιβίωσης των ψαριών στις δεξαμενές οφείλει να τηρεί ορισμένες προϋποθέσεις για την ευζωία τους. Αυτοί οι όροι αφορούν την ποιοτική κατάσταση του ύδατος καθώς και την χωρητικότητα αφού πρέπει να υπάρχει η δυνατότητα ελεύθερης κίνησης εντός του χώρου. Η συνολική κατασκευή των δεξαμενών αναφορικά με τον σχεδιασμό, την χωρητικότητα, το σχήμα και την δυνατότητα αυτοκαθαρισμού, θα επιφέρει θετική ανάπτυξη στις πέστροφες. Στο συγκεκριμένο είδος, έχει σημαντικό αντίκτυπο να υπάρχουν μεγάλοι όγκοι νερού και ταχεία λειτουργία τρεχούμενου νερού.

Το σύστημα αποτελείται από 2 κυκλικές δεξαμενές από πλαστικό με χωρητικότητα 1500 λίτρα οι οποίες κατασκευάστηκαν από πολυαιθυλένιο. Σε αυτές τις σφαιρικές δεξαμενές το νερό κυκλοφορεί σε περιστροφική τροχιά ώστε η ποσότητα της ύλης του νερού να κινείται κυκλικά στο κέντρο. Για να γίνει αυτό αποτελεσματικά, η εισχώρηση του νερού σε ταχεία ποσότητα στον χώρο της δεξαμενής τοποθετήθηκε σε γωνία με την κατάλληλη θέση του στομίου. Ένας ακόμη ιδανικός και πρακτικός τρόπος είναι να τοποθετηθεί ένας διαφανής αγωγός όπου τα ανοίγματα του θα οδηγούν το νερό κυκλικά. Εξαιτίας των φυσικών χαρακτηριστικών της ιριδίζουσας πέστροφας, χρειάστηκε να τοποθετηθούν στρώσεις πλέγματος αφού τα ψάρια αναπηδούσαν έξω από τις δεξαμενές.

Η τοποθέτηση των ιχθυδίων στις δεξαμενές δεν έγινε με συγκεκριμένη επιλογή ή κριτήρια, όπου τελικά αυτό προκάλεσε κάποια διαταραχή και τους προκάλεσε στρες. Λόγω της τυχαίας διανομής υπήρχε κάποια ανισορροπία στον αριθμό των ψαριών που υπήρχαν σε κάθε δεξαμενή, με αποτέλεσμα η Β να φέρει περισσότερα άτομα ιριδίζουσας πέστροφας. Η αρχική πληθυσμιακή κατάσταση στην δεξαμενή Α ήταν 310 άτομα/m<sup>3</sup> και αρχική βιομάζα 0,295kg/m<sup>3</sup>, ενώ στην δεξαμενή Β ο αριθμός ήταν στους 409 ιχθύες/m<sup>3</sup> με αρχική βιομάζα 0,483/m<sup>3</sup>. Σε συνολική πυκνότητα τα ψάρια ήταν 1080 σε αριθμό. Αναλογικά με την δεξαμενή Α, υπήρχε μεγαλύτερο πληθυσμιακό φορτίο στην δεξαμενή Β με αποτέλεσμα να υπάρχουν λίγα παραπάνω, στα σχετικά ελάχιστα ποσοστά, στοιχεία κανιβαλισμού.

Ο χώρος του θερμοκηπίου είναι στα 105m<sup>2</sup>, εγκαταστάθηκαν 6 δεξαμενές των 500 lt με σπόρους λαχανικών φυτών συνολικά σε αριθμό 1200/m<sup>3</sup>. Πιο συγκεκριμένα τα λαχανικά που τοποθετήθηκαν ήταν στις μισές δεξαμενές μαρούλι και στις άλλες 3 ρόκα. Από τι 6 δεξαμενές, οι 2 δεχόντουσαν νερό από τις δεξαμενές της πέστροφας,

ενώ στις υπόλοιπες χορηγούνται λίπασμα αναμιγμένο με το νερό των δεξαμενών του υπογείου. Μελλοντικά στο πείραμα σχεδιάζεται να τοποθετηθεί και ντομάτα.

Στο σύστημα ενυδρειοπονίας που διαδραματίζεται χρησιμοποιείται και υδροπονία NFT (Nutrient Film Technique), όπου στο συγκεκριμένο τοποθετείται ένα θρεπτικό διάλυμα στις ρίζες των φυτικών οργανισμών. Όλες οι δεξαμενές του πειράματος είναι κατασκευασμένες από αμετάβλητο υλικά τα οποία αντέχουν στο φορτίο του νερού κι φυτών και στον βολβών τους. Τα υλικά που χρησιμοποιήθηκαν είναι ασφαλείς ώστε να μην την βιοχημική κατάσταση του νερού.

Στο συγκεκριμένο πείραμα, τοποθετήθηκε μια δεξαμενή καταβύθισης με αμετάβλητα απομεινάρια buffer των 700 λίτρων. Σε συστήματα aquaponics είναι απαραίτητο το buffer αφού συμβάλει στην σταθεροποίηση της τιμής του pH και του CO<sub>2</sub>. Το pH πρέπει ιδανικά να κυμαίνεται σε τιμές ανάμεσα των 7 και 8 με σκοπό να συντελεστούν οι απαραίτητες βιολογικές διαδικασίες για την ομαλή διαβίωση των ιχθυδίων. Συνολικά υπήρχαν 3 δεξαμενές ανακυκλοφορίας νερού με χωρητικότητα 2000 λίτρα, με την μια από αυτές να διαθέτει την λειτουργία της αποθήκευσης του βρόχινου νερού το οποίο μεταφέρεται στο σύστημα.

Στο συγκεκριμένο ενυδρειοπονικό σύστημα τοποθετήθηκε ένα μικροπλεγματο φίλτρο το οποίο συνδέεται με ένα βαρέλι σε δίνη, το οποίο είναι επικαλυμμένο από ένα ευέλικτο δίκτυο τοποθετημένο σε ένα ιδανικό στερέωμα. Το δίκτυο αυτό έχει ανοίγματα 40- 50 μm από πλαστικό υλικό ή ένα μεταλλικό δίχτυ. Το βαρέλι είναι το μισό μέσα στο νερό στην δεξαμενή. Με το κοσκινόφιλτρο εγκλωβίζονται τα στερεά απόβλητα τα οποία δεν είναι μεγαλύτερα των 40-50μm το οποίο αρκεί .

Τέθηκε σε εφαρμογή μία περιστροφική δεξαμενή με χωρητικότητα 700 λίτρα όπου χρησιμοποιήθηκαν στο εσωτερικό της ορισμένα κεραμικά υλικά. Το drum screen filter (το κυλινδρικό βαρέλι), πλέον, επιλέγεται μόνο σε κλειστά συστήματα εκτροφής και είναι γνωστό για την αποτελεσματική του λειτουργικότητα.

Στο βιολογικό φίλτρο χρησιμοποιήθηκαν στο εσωτερικό του βιόσφαιρες με σκοπό την εμφάνιση νιτροποιητικών βακτηρίων.

Στο σύστημα αυτό χρησιμοποιήθηκε και υπεριώδης ακτινοβολία (UV) όπου εάν αναλύσουμε την γενική της λειτουργία αυτό θα σήμαινε πως αποτελεί μέρος του κενού της ηλεκτρομαγνητικής ακτινοβολίας 10- 390 nm. Πιο συγκεκριμένα αναφέρεται

ανάμεσα στα επιμήκη κύματα ακτίνων X και των ελάσσων κυμάτων διακριτού φωτός. Πολλοί παθογόνοι και μη μικροοργανισμοί εξοντώνονται όταν βρεθούν στην σωστή έκθεση σε Ultraviolet radiation. Οι ακτίνες αυτές είναι πιο καρποφόρες όταν βρίσκονται σε ένταση μεταξύ 250- 260 nm, αφού εισέρχονται στον πυρήνα του κυττάρου, με τελικό αποτέλεσμα την αποσύνθεση των ακόρεστων χημικών ενώσεων. Η συσκευή UV είναι ρυθμισμένη να ενεργοποιείται ανά 8 ώρες/ ημέρα.

Ταυτόχρονα στην κατασκευή του aquaponic system τοποθετήθηκε συσκευή οξυγόνωσης του νερού. Ο πιο δημοφιλής και συμφέρον από οικονομικής άποψης τρόπος είναι οι αερόπετρες- πωρόλιθοι. Η οξυγόνωση του νερού πραγματοποιήθηκε με την τοποθέτηση 18 λίθων οξυγόνωσης. Οι πέτρες αυτές δημιουργούν μικρές φούσκες, με το αρνητικό ότι είναι απαραίτητη η συχνή συντήρηση καθώς οι δίοδοι μπλοκάρουν από οργανικές ύλες και άλατα.

Ακόμη στην εγκατάσταση τοποθετήθηκαν φωτοβολταϊκά πάνελ μίας και αποτελούν μέρος των ανανεώσιμων πηγών ενέργειας αντί για τον ηλεκτρισμό ο οποίος έχει μεγαλύτερο αρνητικό αντίκτυπο προς το οικοσύστημα.

### **2.3 Εργαστηριακές ρυθμίσεις μέτρησης ποιότητας νερού (θερμοκρασίας, Ph, DO, Ec, NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup>, NO<sub>4</sub><sup>-</sup>)**

Η καθημερινή μέτρηση που πραγματοποιούνταν από τους ερευνητές του πειράματος, ήταν με την συσκευή HOB0 η οποία σημείωνε της θερμοκρασία, την υγρασία σε ποσοστά και του CO<sub>2</sub>.

Η O. mykiss είναι ένα ψάρι που έχει την δυνατότητα να ενσωματωθεί με το περιβάλλον και να εναρμονίζεται σε νερά με θερμοκρασίες από 14 °C έως 19°C, και για αυτό τον λόγο υπήρχε κλιματιστικό στο υπόγειο με τιμές στους 17 °C καθ' όλη την διάρκεια της ημέρας. Επί πρόσθετα χρησιμοποιήθηκε μια κατασκευή φωτοπεριόδου με 14ωρη λειτουργία ανά ημέρα.

Για τον πλήρη έλεγχο του πειράματος χρειάστηκαν αισθητήρες θερμοκρασίας του νερού, του pH, της αγωγιμότητας, της αμμωνίας, των νιτρικών, των νιτρικών ιόντων και του διαλυμένου οξυγόνου (Do), καθώς και για την στάθμη του νερού σε κάθε δεξαμενή. Έξτρα από το συγκεκριμένο σύστημα καταγραφής για την καλύτερη

παρακολούθηση του συστήματος τοποθετήθηκε και κεντρικός πίνακας ελέγχου και αυτοματισμού ο οποίος αποθηκεύει και συνδέεται με τους αισθητήρες για τον έλεγχο των περιβαλλοντικών παραγόντων. Τελικώς τοποθετήθηκαν και σύγχρονες κάμερες στο εργαστήριο για την οπτική παρακολούθηση του, με την χρήση τους όμως να γίνεται και εντός των δεξαμενών.

Όσον αφορά το ποιοτικό επίπεδο του υδάτινου περιβάλλοντος, μεγάλη σημασία είχαν οι αισθητήρες ελέγχου. Παρά την αξιοπιστία του συστήματος παρακολούθησης η επιπρόσθετη εξακρίβωση των αποτελεσμάτων, πραγματοποιούνταν με το όργανο Hanna, το οποίο κατέγραφε την θερμοκρασία, το Ph, και την ηλεκτρική αγωγιμότητα στο νερό.

Η καταγραφή της TAN (MG/l) πραγματοποιούνταν με χρωμομετρικά test kits API όπου χρησιμοποιείται η διαδικασία των αντιδραστηρίων φαινόλης αλκοόλης σε οξειδωτικό διάλυμα και σιδηρούχο καταλύτη. (Liddicoat et al 1975). Τα αποτελέσματα εκπονούνται από τα εξής βήματα:

- ◆ 5 ml δείγματος σε μία γυάλινη κυψελίδα
- ◆ προσθήκη 8 drops από το αντιδραστήριο Ammonia #1
- ◆ ανάδευση για 5 δευτερόλεπτα
- ◆ αναμονή για 5 λεπτά έως το διάλυμα να δώσει ολοκληρωτικές χρωματικές ενδείξεις.
- ◆ Συσχέτιση του χρώματος του δείγματος με την ανάλογη κλίμακα μέτρησης της αμμωνίας.

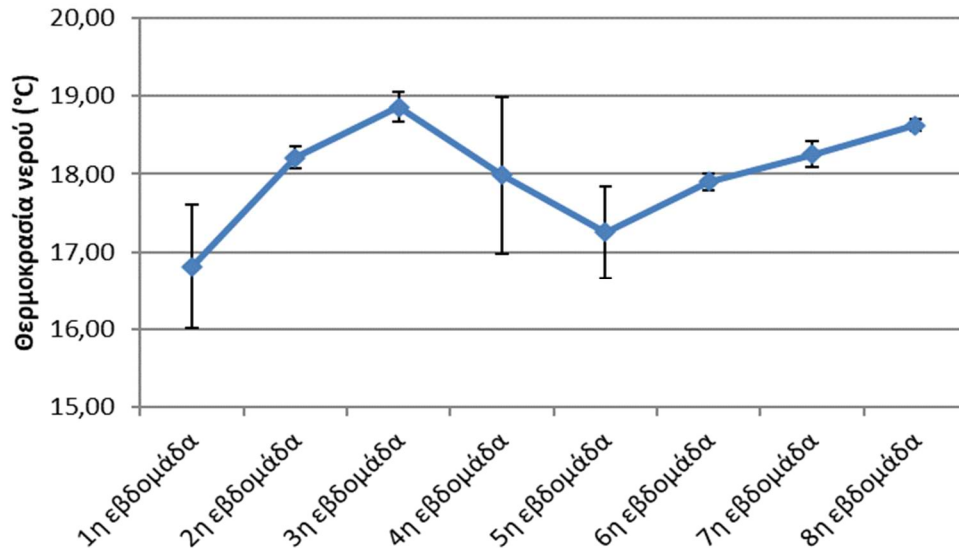
Το πείραμα διήρκησε συνολικά 56 ημέρες, όπου οι τιμές και τα αποτελέσματα που βγήκαν είναι τα εξής. Η γενική θερμοκρασία του υπογείου ήταν  $17,1 \pm 0,75$ , με CO<sub>2</sub> ήταν 1160 ppm και γενική υγρασία  $55,6 \pm 1,85\%$ .

Οι εργαστηριακές μετρήσεις της ποιότητας νερού μετρούνταν κάθε μέρα εντός της ημέρας σε όλη την διάρκεια του πειράματος.

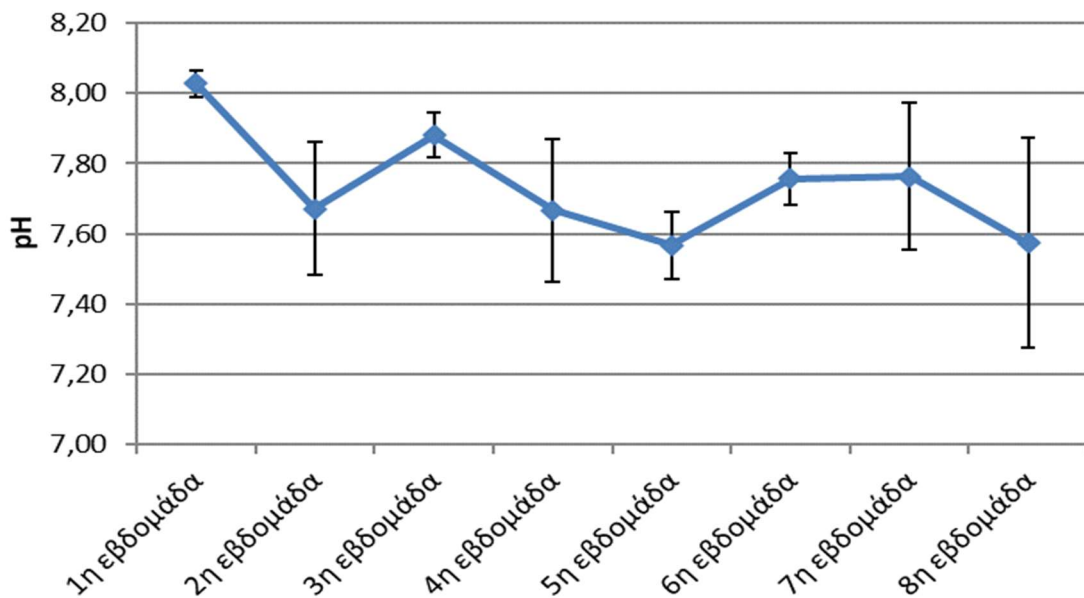
Στις 56 ημέρες η θερμοκρασία του νερού ήταν  $17,99 \pm 0,38$  °C, η αγωγιμότητα ήταν  $339,93 \pm 5,66$  μS/cm, το pH ήταν  $7,74 \pm 0,15$  και το Do ήταν  $6,96 \pm 0,30$  mg/l. Η

περιεκτικότητα σε ολικό αμμωνιακό άζωτο ήταν  $0,18 \pm 0,01$  mg/l., των νιτρωδών  $0,22 \pm 0,04$  mg/l και των νιτρικών ιόντων ήταν  $40,32 \pm 4,60$  mg/l.

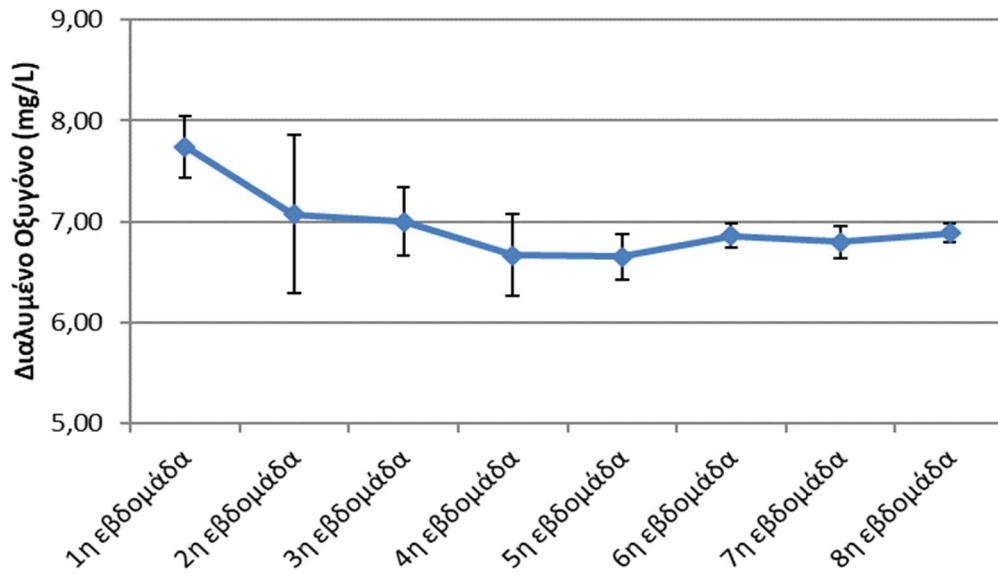
Παρακάτω είναι αναλυτικά οι μετρήσεις σε σχεδιάγραμμα, όπως στο Διάγραμμα ένα όπου εμφανίζεται η διακύμανση της θερμοκρασίας στις 56 ημέρες,



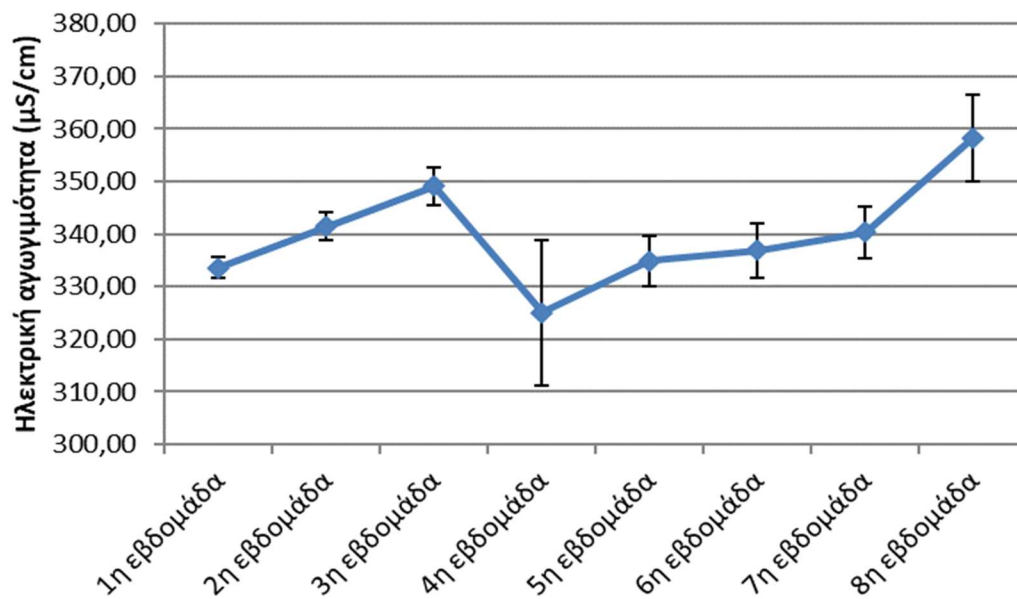
**Διάγραμμα 1.** Η θερμοκρασία του νερού από την 1η έως την 8η εβδομάδα .



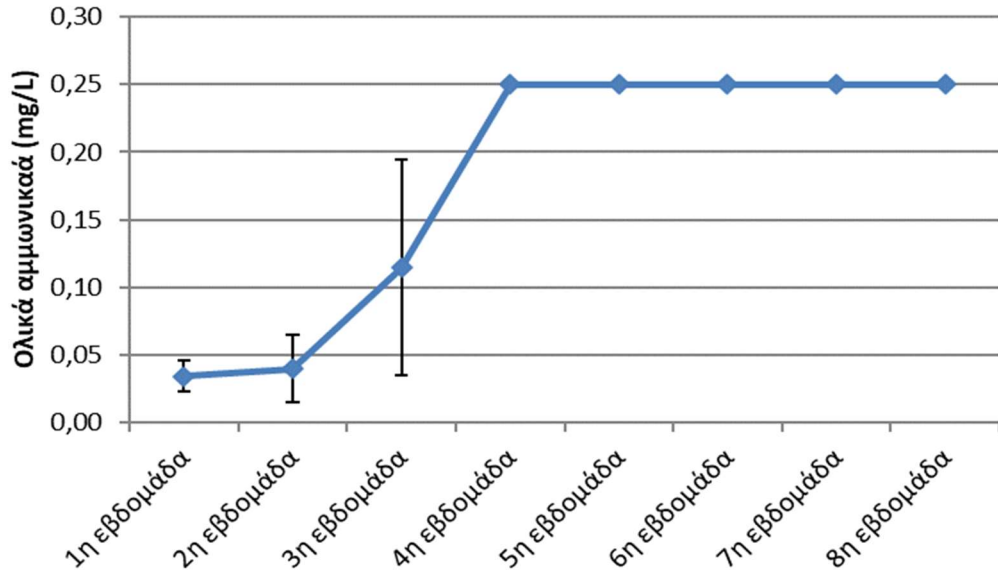
**Διάγραμμα 2.** Η τιμή του pH του νερού από την 1η έως την 8η εβδομάδα του πειράματος.



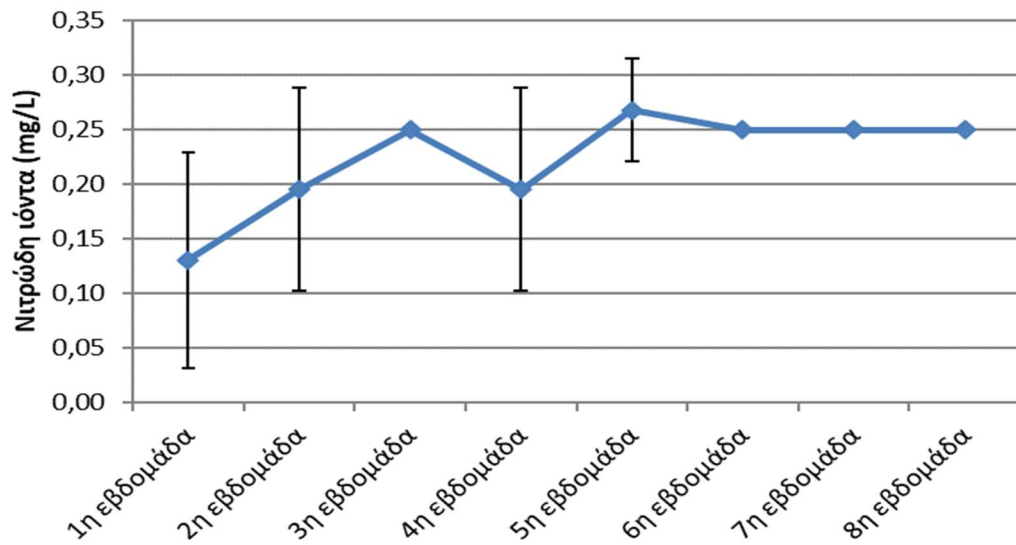
**Διάγραμμα 3.** Οι τιμές του διαλυμένου οξυγόνου του νερού από την 1η έως την 8η εβδομάδα.



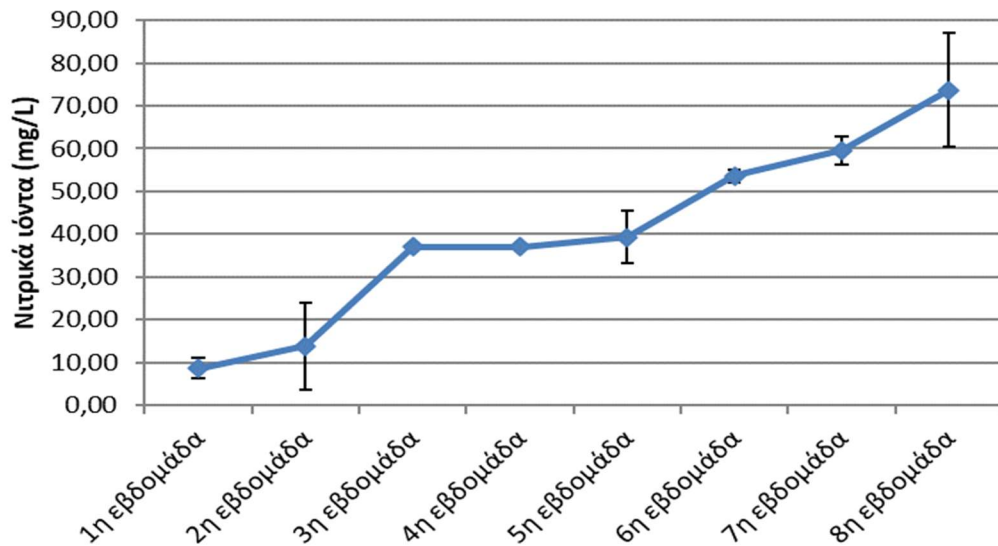
**Διάγραμμα 4.** Μέση τιμή της ηλεκτρικής αγωγιμότητας του νερού από την 1η έως την 8η εβδομάδα .



**Διάγραμμα 5.** Μέση τιμή του ολικού αμμωνιακού αζώτου του νερού από την 1η έως την 8η εβδομάδα .



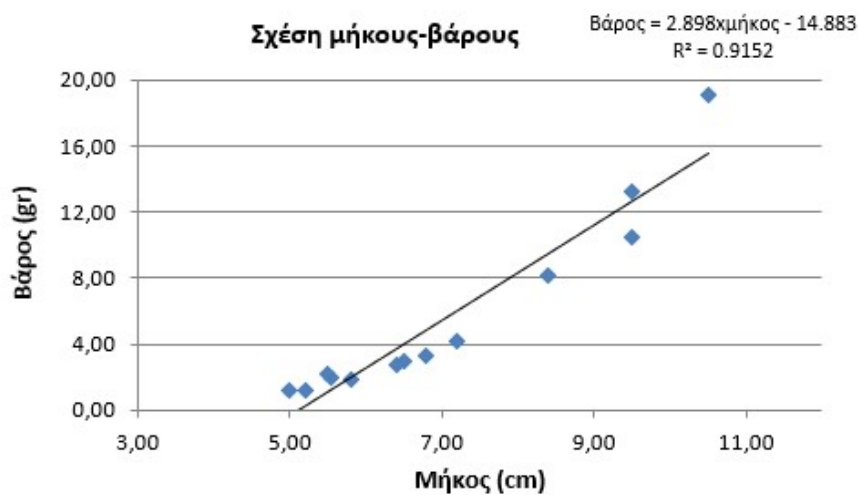
**Διάγραμμα 6.** Η μέση τιμή των νιτρικών ιόντων το νερού από την 1η έως την 8η εβδομάδα.



**Διάγραμμα 7** Μέση τιμή νιτρικών ιόντων το νερού από την 1η έως την 8η εβδομάδα

## 2.4 Δείκτες

Το ολικό μήκος των ψαριών και το αρχικό σωματικό βάρος ήταν  $5,1 \pm 0,33$  εκ. Και  $1,19 \pm 0,18$  γρ. Το τελικό γενικό βάρος ήταν 7,53 στις δεξαμενές, ενώ το τελικό μήκος έφτασε τα 8,94 εκ.



**Διάγραμμα 8.** Παρουσιάζεται η σχέση μήκους και βάρους του σώματος των ψαριών. Τα δείγματα που πάρθηκαν για αυτά τα αποτελέσματα είναι από 10 ψάρια ανά 14 ημέρες.



Στον παραπάνω πίνακα ο συντελεστής Pearson Correlation προβάλλει την σχέση των δύο τιμών.

#### 2.4.1. Εκτίμηση Επιβίωσης

Εκτιμάται όσον αφορά την επιβίωση των καλλιεργούμενων ψαριών ότι θα είναι μακροπρόθεσμη όσον αφορά το ζωτικό επίπεδο και την ευημερία των ειδών στα υδάτινα περιβάλλοντα. (Χώτος Γ.Ν. 2015).

Τα ποσοστά επιβίωσης της ιριδίτσουσας ήταν στα 99,3 % στην Α δεξαμενή και στο 98,92 στην Β δεξαμενή. Στην Β δεξαμενή ο αριθμός είναι λίγο μειωμένος λόγω της θνησιμότητας ορισμένων ψαριών, τα οποία αναπηδούσαν εκτός του νερού μέσω κενών στο δίκτυο που υπήρχε πάνω .

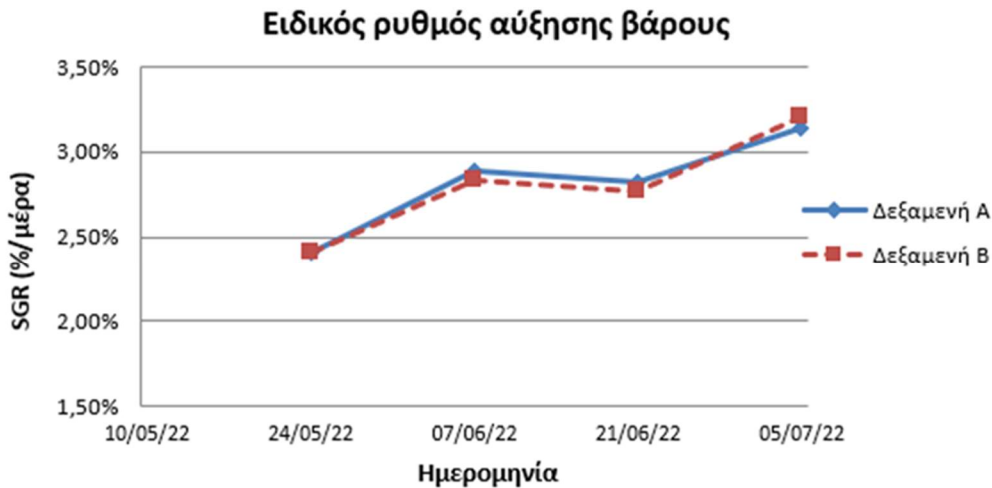
#### 2.4.2. Εκτίμηση Ειδικού ρυθμού ανάπτυξης

Τα ψάρια λάμβαναν περίπου 0,115 γρ SGR % ανά ημέρα σε κάθε μία από τις δεξαμενές.

Ο δείκτης ευρωστίας της πέστροφας στο διάστημα των πρώτων 14 ημερών ήταν  $0,96 \pm 0,10$ , ενώ των επόμενων ήταν  $1,16 \pm 0,10$  και το τελευταίο 14ήμερο ήταν  $1,37 \pm 0,24$ .



**Διάγραμμα 9.** Στον συγκεκριμένο πίνακα απεικονίζεται ο δείκτης ευρωστίας. Τα πορίσματα εκπονήθηκαν από 3 δειγματοληψίες που έγιναν σε αριθμό 10 ιχθύων, όπου σημειώθηκε το βάρος και το μήκος.



**Διάγραμμα 10.** Ειδικός ρυθμός αύξησης βάρους στις δύο δεξαμενές.

## ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Η ιριδίζουσα πέστροφα είναι ένα πολύ βασικό είδος αφού χρησιμοποιήθηκε για την εκπόνηση πολλών ερευνών. Αποτελεί ένα ψάρι με πολύ μεγάλη ανθεκτικότητα και για αυτό τον λόγο χρησιμοποιείται σε υδατοκαλλιέργειες πολλές δεκαετίες τώρα. Επίσης είναι το πρώτο ψάρι που δοκιμάστηκε σε κλειστό σύστημα εκτροφής. (Velichkova K. Etal. 2019, Birololo M etal 2020). Η *O. mykiss* είναι ένα είδος που διαλέγεται στην χρήση πειραμάτων που ερευνούν υγιείς τρόπους χειρισμού του περιβάλλοντος. (Islam Md. J. etal. 2021). Θεωρείται κατάλληλο αφού είναι εύκολο στην διαχείριση και μπορεί να τοποθετηθεί σε μια ποικιλία οικοσυστημάτων κάτι που δίνει την ευκαιρία να μεγαλώνει το πεδίο των επιλογών σχετικά με την ερευνητική διαδικασία. (Mock A. and Peters G 1990 ;Islam Md J.2021.)

Ως αποτέλεσμα της μελέτης που έχει σχέση με τη διαφορετικότητα όσον αφορά το γενετικό υλικό της *O. mykiss*, οι ενδείξεις από τα αποτελέσματα προβάλλουν ότι η συλλογή διαφορετικών γενετικών ομάδων που δεν φέρουν σε σημαντικό βαθμό

αιμομιξία, συμβάλει στην ανάπτυξη περίπου 7% κέρδος ανά σειρά γένους όσον αφορά την πρόοδο της σωματικής διάπλασης και γενετικής κατάστασης της πέστροφας σχετικά με την πώληση. ( Kause A 2005.)

Σε αυτό το σημείο, είναι άξιο να αναφερθεί, ότι λόγω της φωτοσύνθεσης, τα φυσικά οικοσυστήματα υδατοκαλλιέργειας γεμίζουν από φυτοπλαγκτόν αφού με την διαδικασία αυτή στις πιο θερμές μέρες, υφίσταται μεγαλύτερη παραγωγή οξυγόνου. Η συγκεκριμένη φυσική διαδικασία ενδέχεται να φέρει ιδιαίτερη άνοδο στα ποσοστά οξυγόνου έως και 140% και έτσι να υπερπληρώνεται στην ανάλογη θερμοκρασία. Καθώς υφίσταται μία τέτοια συγκεκριμένη συνθήκη οι ερευνητές πρέπει να είναι ιδιαίτερος προσεκτικοί και σε εγρήγορση, αφού κατά την διάρκεια της νύχτας, η υπερβολική ποσότητα φυτοπλαγκτόν θα εισπνέει μεγάλη ποσότητα οξυγόνου, ενώ ταυτόχρονα την ίδια διεργασία κάνουν οι πέστροφες και τα διάφορα βακτήρια που κατοικούν στην καλλιέργεια. Ο κίνδυνος που ενδέχεται είναι στο ξημέρωμα να υπάρξουν μηδενικοί βαθμοί συγκέντρωσης οξυγόνου και έτσι αν υπάρξουν πολλοί θάνατοι από ασφυξία. (Χώτος Γ.Ν. 2016).

Ένα αρνητικό των καλλιεργειών του ανοιχτού συστήματος είναι παροχέτευση του νερού μέσω υδραγωγού συστήματος όπου μπορεί να αναπτυχθούν ή να μεταφερθούν παθογόνοι μικροοργανισμοί. (Βουλτσιάδου Ε. 2015). Η λύση για την αποφυγή τέτοιων θεμάτων είναι η τοποθέτηση μηχανισμών ελέγχου της ποιότητας του νερού, όπου θα σταματούν την σύνδεση με τις προβληματικές δεξαμενές, και θα αποστέλλουν το νερό εντός διαφορετικού σωλήνα αποστράγγισης. Επιπρόσθετα πρέπει να τοποθετηθεί ένας διαφορετικός αγωγός- τροφοδότης για κάθε δεξαμενή. Ένα θετικό σε αυτά τα συστήματα είναι το μακρόστενο και ορθογώνιο σχήμα τους, αφού κάνει πιο εύκολη την συγκέντρωση των ψαριών σε ένα σημείο για την παραλαβή τους. (Βουλτσιάδου Ε 2015).

Τα συστήματα επανακυκλοφορίας φέρουν πολλά θετικά, όμως είναι αδύνατον να μην υπάρχουν και ορισμένα μειονεκτήματα. Αυτά τα δύο πρέπει να έρθουν σε ισορροπία για να δημιουργηθεί μια αποτελεσματική και υγιής εκτροφή. Συνεπώς αυτό που είναι πιο ορθό, είναι να τοποθετηθεί σε μια περιοχή όπου παρέχεται υψηλή ποιότητα νερού, με ιδανική θερμοκρασία περιβάλλοντος και η καλλιέργεια να βρίσκονται σε μικρή απόσταση από τα ρέματα για να υπάρχει μικρό κόστος μεταφοράς.( Βουλτσιάδου Ε 2015).

Τα δυο αρνητικά του συστήματος επανακυκλοφορίας είναι τα έξοδα της δέσμευσης κεφαλαίου και η τιμή που χρειάζεται για τον λειτουργικό τομέα. Λόγω του μεγάλου όγκου νερού που χρειάζεται, η λύση είναι η τοποθέτηση μεγάλων μηχανισμών επαναχρησιμοποίησης ύδατος, γεγονός που δημιουργεί ένα υψηλό κόστος επένδυσης. Μερικά μηχανήματα που τοποθετούνται χρίζουν σύγχρονης τεχνολογίας και σημαντικό ποσοστό γνώσεων ώστε να έχουν ορθή λειτουργικότητα, με εξαρτήματα υψηλού κόστους. . (Βουλτσιάδου Ε. 2015)

## **ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ**

Εξαιτίας της μεταβολής του κλίματος, των καιρικών συνθηκών που υπάρχουν σε έντονο χρονικό βαθμό σε όλο τον κόσμο, είναι αναγκαία η δημιουργία και επιλογή συστημάτων που δεν θα επιβαρύνουν αυτές τις αλλαγές. Μία λύση η οποία είναι θετική ως προς το περιβάλλον είναι η ενυδρειοπονία. Η ενυδρειοπονία η οποία συνδυάζει τα συστήματα επανακυκλοφορίας RAS και της υδροπονίας σε ένα σύστημα κλειστό. Όσον αφορά την προτίμηση σχετικά με το είδος που θα καλλιεργηθεί, η ιριδίζουσα πέστροφα είναι μια από πιο ενδεικτικές, αφού αποτελεί ένα προϊόν υψηλής ποιότητας.

Το συγκεκριμένο ψάρι αποτελεί ιδανική επιλογή αφού είναι υψηλό σε τιμή πώλησης, και έχει υψηλό ρυθμό ανάπτυξης. Η επιλογή της εντατικοποίησης της εκτροφής είναι μία σωστή κίνηση αφού υπάρχει περισσότερος έλεγχος με την τοποθέτηση σύγχρονης τεχνολογίας. Με αυτόν τον τρόπο μειώνονται τα απρόσμενα προβλήματα που μπορεί να εμφανιστούν, καθώς είναι δυνατή η τοποθέτηση παρακολούθησης των ψαριών, των δεξαμενών και των δεικτών περιβάλλοντος. Μέχρι στιγμής η εμπορική της θέσης ακόμη αναπτύσσεται αλλά στατιστικές έρευνες αναλύουν πως έχει ελπιδοφόρο μέλλον για σημαντική εμπορική άνοδο.

Η ενυδρειοπονία είναι ένα σημαντικό μέσο ανάπτυξης αφού δεν επιβαρύνει οικονομικά τον καλλιεργητή και είναι οικολογικό καθώς χρησιμοποιεί τρόπους διαχείρισης των λυμάτων που δεν μολύνουν το περιβάλλον. Το άλεσμα των αποβλήτων σε συνδυασμό με τα υδροπονικά φυτά, αποτελεί ένα πολύ έξυπνο τρόπο διαχείρισης στο σύστημα αυτό που συμφέρει και την <<τσέπη>> της εκάστοτε επιχείρησης. Η ανακυκλώσιμη λειτουργία του συστήματος και η αξιοποίηση των

λυμάτων, καθώς και της μείωσης υδάτινων αποβολών είναι μία πολύ ελπιδοφόρα λύση για την σύγχρονη ιχθυοκαλλιέργεια.

Η αξιοποίηση της συγκεκριμένης εντατικής εκτροφής είναι κατάλληλη και για μικρές και οικογενειακές επιχειρήσεις, καθώς δεν έχουν τα έξοδα των λιπασμάτων για την ανάπτυξη των φυτικών οργανισμών, αφού προσφέρονται οι επεξεργασμένες αποκρίσεις της πέστροφας.

Ένα σύστημα ενυδρειοπονίας δεν ενδέχεται να φέρει διαφοροποιήσεις σε σχέση με ένα παραδοσιακό κλειστό σύστημα καλλιέργειας αφού το μέλημα είναι η ανάπτυξη και ο πολλαπλασιασμός των ψαριών και φυτών. Η ανάπτυξη αυτή επέρχεται ανάλογα με την ποσότητα των ατόμων στην δεξαμενή, την ποιότητα του νερού, τον ρυθμό μεταφοράς αερίων, τον αριθμό των ψαριών γενικότερα στην εγκατάσταση, την επεξεργασία και την απομάκρυνση των αποβλήτων και τέλος το μέγεθος και σχήμα της δεξαμενής.

Για να πετύχει η διαδικασία συνδυασμού ιχθυοκαλλιέργειας και θερμοκηπίου, είναι σημαντικό το σωστό και τυπικό τάισμα σε καθημερινή βάση, καθώς έχει μεγάλη σημασία η παραγόμενη αμμωνία από τα ψάρια, η οποία χορηγείται στα φυτά και είναι απαραίτητη για την επιβίωση τους. Η καλλιέργεια πρέπει να ελέγχεται συνεχώς μέσω ψηφιακών συστημάτων παρακολούθησης, πιο συγκεκριμένα για το pH, την συγκέντρωση αμμωνίας, τα νιτρώδη και τα νιτρικά ιόντα, καθώς και την γενικότερη κατάσταση της υγείας των ψαριών και φυτικών οργανισμών.

Ένα σύστημα Aquaponic έχει θετικό αντίκτυπο στον τομέα της ιχθυοκαλλιέργειας, μιας είναι μία λύση για την βιωσιμότητα, μιας και υπάρχει λιγότερη απαίτηση σε νερό και αξιοποίηση των λυμάτων, υπάρχει μειωμένη ρύπανση του περιβάλλοντος, και χρειάζεται μικρότερη έκταση γόνιμων εδαφών.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Ξενογλώσση Βιβλιογραφία**

Abdel- Rahim, M., Awad, Y., A. Y., & Radwan, S. (2019). *Effects of four medicinal plants on the bioeconomic analysis and water-use efficiency of Nile tilapia*.

Abdel- Rahim, M., Awad, Y., A. Y., & Radwan, S. (2005). *Rainbow trout culture in Iran: Drvrlomrnt and concerns* . asia.

Abisha, R., Krishnani, K., Sukhdhane, K., Verma, a., Brahmane, M., & Chadha, N. (2022). *Sudtainable development of climateresilient aquaculture-based fisheries through adaptation of abiotic stresses: A review J. Water Clim. Change*.

Adams, O., Zhang, Y., Gilbert, M., Lawrence, C., Snow, M., & Farrell, A. (2022). *An unusually high upper thermal acclimation potential for rainbow trout*. usa.

Adler, P., Harper, J., Takeda, F., & Summerfelt, S. (2000). *Economix analysis of an Aquaponic system for the intergrated production of raionbow trout and plants*. Int. J. Recirc. Aquac.

Al- Hafedh, Y., Alam, A., & Beltagi, M. (2008). *Food production and water conversation in a recirculating Aquaponic system in Saudi Arabia at diffrerent ratios of fish fed to plants*. J. World Aquac.

Al Tawaha, A., Wahab, P., Binti Jaafar, H., Zuan, A., & Hassan, M. (2012). *Effects of Fis Stocking Density on Water Quality, rowth Perfomance of Tilapia (Oreochromis niloticus) and Yield of Butterhead Lettuce grown in Decoupled Recirculation Aquaponic Systems*. England: J.ecol.

Alcarraz, Q., Tapia, L., & Alcarraz, Q. (2019). *Q.Y.M. Microbiological Analysis of lettuce (Lactuca Sativa L.) grown in Aquaponic and hydroponic system*. Net J. Agric. Sci.

Alessio, G., Allegrucci, G., Angle, G., G, A., Baldrati, R., P., B., et al. (2001). *Acquacoltura Responsabile: Verso le Produzioni Acquatiche del Terzo Millennio*. Italy: FAO.

Alfonso, S., Gesto, M., & Sadoul, B. (2021). *Temperature increase and its effects on fish stress physiology in the context of global warmin*. J. Fish Biol.

Almroth, B., Asker, N., Wassmur, B., Rosengren, M., Jutfelt, F., Grans, A., et al. (2015). *Warmer water temprature results in oxidative damage in an Antractic fish*. Bald notothen J. Exp. Mar. Biol. Ecol.

Amiel, J., Bao, S., & Shine, R. (2017). *The effects of incubation temperature on the development of the cortical forebrain in a lizard* . Anim. Cogn.

Appleford, P., Lucas, S., & Southgate, C. (2021). Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants; Second Condition. *Blackwell Publishing Ltd: Hoboken NJ USA* .

Consulting, A. a. (2016). *Report on the Marketing of Aquaculture Species Produced in Greece part A*. athens greece: European Union.

(Appleford, Lucas, & Southgate, 2021) Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants; Second Condition. Blackwell Publishing Ltd.: Hoboken, NJ, USA, 2021; PP.18-50.

Aranda, I; Castro, L; Alia, R; Pardos, J.A.; Gil, L. Low temperature during winter elicits differential responses among populations of the Mediterranean evergreen cork oak (*Quercus suber*). *Tree Physiol.* 2005,25, 1085- 1090.

Araujo, J.E.; Madeir, D; Vitorino, R; Repolho, T; Rosa, R; Diniz, M. Negative synergistic impacts of ocean warming and acidification on the survival and proteome of the commercial sea bream, *Sparus aurata*. *J. Sea Res.* 2018,139, 50-61.

Ashlery, P.J. Fish welfare: Current issues in aquaculture. *Appl. Anim. Behav. Sci.* 2007, 104, 199-235.

Avkhimovich, D. Effect of Water Quality on Rainbow Trout Performance Water Oxygen Level in Commercial Trout Farm. Bachelor's Thesis, Mikkely University of Applied Sciences, Mikkely, Finland, 2013.

Bailey, C; Segner, H; Casanova- Nakayama, A; Wahli, T. Who needs the hotspot? The effect of temperature on the fish host immune response to *Tetracapsuloides bryosalmonae* the causative agent of proliferative kidney disease. *Fish Shellfish Immunol.* 2017, 63, 424- 437.

Barton, B.A. Stress in fishes : A diversity of responses with particular reference to changes in circulating corticosteroids. *Integr. Comp. Biol.* 2002, 42, 517- 525.

Barton, B.A.; Peter, R.E. Plasma cortisol response in fingerling rainbow trout, *Salmo gairdneri* Richardson, to various transport conditions, anaesthesia, and cold shock. *J. Fish Biol.* 1982,20, 39-51.

Barton ,B.A. ; Schreck, C.B.; Ewing, R.D.; Hemmingsen, A.R.; Patino, R. Changes in plasma cortisol during stress and smoltification in Coho Salmon, *Oncorhynchus kitsuch*. *Gen. Comp. Endocrinol.* 1985, 59, 468- 471.

Behnke, R.J. Comment: First Documented Case of Anadromy in Population of Introduces Rainbow Trout in Patagonia, Argetina, Trans. Am. Fish. Soc. 2002, 131, 582-585.

Benitez- Dorta, V.; Caballero, M.J.; Betancor, M.B.; Manchado, M.;Tort ; Torrecillas, S.; Zamorano, M.J.; Izquierdo, M; Montero, D. Effects of thermal stress on the expression of glucocorticoid receptor complex linked genes in Senegalese sole (*Solea senegalensis*) : Acute and adaptive stress responses. Gen. Comp. Endocrinol., 2017, 252, 173- 185.

Besson, M; Vandeputte , M; Van Arendon , J.A.M.A.M.; Aubin, J; De Boer, I.J.M.J.M.; Quillet, E; Komen, H. Influence of water temperature on the economic value of growth rate in fis farming: The case of sea bass (*Dicentrarchus labrax*) cage farming in the Mediterranean. J. Aquac. 2016,462. 47-55.

Birolo, M; Bordignon, F; Trocino ,A; Fasolato, L.; Pascual, A; Godoy, S.; Nicoletto, C.; Maucieri, C; Xiccato, G. Effects of stocking density on the growth and flesh quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) reared in a low-tech Aquaponic system. Aquaculture 2020, 529, 735-653

Bittsanszky, A; Uzinger N.; Mathis, A; Gunlai, G. Nutrient supply of plants in Aquaponic system. Ecocycles 2016,2, 17-20

Blank G.S.; Chesser B; Morton C; Cinelli M; Mcintosh D. Culture of rainbow trout, *Onchorhynchus mykiss*, in a small scale, deepwater, airlift driven Aquaponics system. Department of Agriculture and Natural Resources, Dover, Delaware USA, 2016, 1-2.

Blier, P.U.; Lemieux, .; Pichaud, N. Holding our breath in our modern world: Will mitochondria keep the pace with climate changes. Can. J. Zool. 2014, 92, 591-601.

Bonga, W. ; Sjoerd, E. The stress response in fish. Physiol. Rev. 1977,77, 591- 625.

Bordignon, F; Gasco, L; Birolo, M; Trocino, A; Caimi, C; Ballarin, C; Bortoletti, M; Nicolletto, C; Maucieri, C; Xiccato, G. Performance and fillet traits of rainobow trout (*Oncorhynchus mykiss*) fed different levels of *Hermetia illucens* meal in a low- tech Aquaponic system. Aquaculture 2022,546 737279.

Bordignon ,F ; Sturaro, E; Birolo, M; Trocino, A; Xiccato, G.; Berton , M. Comparative life assessment of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) farming at two stocking densities in a low- tech Aquaponic system. Aquaculture 2022, 556, 738264.

Boroujerdnia, M;Ansari, N.A. Effect of Different levels of nitrogen fertilizer and cultivars on growth yield and yield Components of Romaine Lettuce (*Lactuca Sativa* L.). Middle East. Russ. J. Plant Sci. Biotechnol 2007,1,47-53

Bowden, T.J. Modulation of the immune system of fish by their environment. Fish Shellfish Immunol, 2008, 25, 373- 383.



- Bozoglu, M.;Ceyhan, V; Cinemre, A.H.; Demiryurek, K.; Kilic, O. Evaluation of different trout farming systems and some policy issues in the Black Sea region, Turkey. *J. Appl. Sci.* 2006,6, 2882-2888.
- Buzby, K.M.; West, T.P.; Waterland, N.L.; Lin, L.S. Remediation of flow- through trout raceway effluent via Aquaponics . *N. Am. J. Aquac.* 2017, 79, 53-60.
- Cai, A; Yan, J.N.X.; Leung, P.S. Benchmarking Species Diversification in Global Aquaculture; Food and Agriculture Organization: Rome, Italy, 2022; Volume 605.
- Calfo, A; Williams, C. Book of Coral Propagation, 2<sup>nd</sup> ed.; Reef Gardening for Aquarist; Reading Trees: Oxford, UK, 2007; Volume 1, 250p.
- Chadwick, J.G.; McCormick, S.D. Upper thermal limits of growth in brook trout and their relationship to stress physiology. *J. Exp. Biol.* 2017, 220, 3976- 3987.
- Chang, C.H.;Huang, J.J.; Yeh, C.Y.; Tang, C.H.; Hwang, L.Y.; Lee, T.H. Salinity effects on strategies of glycogen utilization in livers of euryhaline milkfish ( *Chanos chanos*) under hypothermal stress. *Front. Physiol.* 2019, 9, 81.
- Choi, Y.W.;Campell D.J.; Aldridge, J.C.; Eltahir, E.A.B. Near- term regional climate change over Banglades. *Clim. Dyn.* 2021, 57, 3055- 3073.
- Climate change and European aquatic resources (CERES). Case study: Rainbow trout in north- west Europe. In European Union’s Horizon 2020 Research and Innovation Program; No 678193;CERES : Hamburg, Germany, 2019.q.
- Cochrane, K.; De Young, C.; Soto, D; Banji, T. (Eds). Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture Technical Paper. No. 530; FAO: Rome, Italy, 2009; 212p.
- Copp, G.H.; Garthwaite, R.; Gozlan, R.E. RISK Identification and assessment if non-native freshwater fishes: Concepts and perspectives of protocols for the UK *J. Appl. Ichtyol.* 2005, 21, 371- 373.
- Cowx, I.G.; Nunn, A.D.; Harvey, J.P. Quantitative sampling of 0- group fish populations in large lowland rivers: Point abundance sampling by electric fishing versus micromesh seine netting. *Arch. Fur Hydrobiol.* 2001, 151, 369- 382.
- Crawford, S.S.; Muir, A.M. Global introductions of salmon and trout in the genus *Oncorhynchus*: 1870- 2007. *Fish Biol. Fish.* 2008, 18, 313- 344.
- Crawshaw, L.I. Physiological and behavioral reactions of fishes to temperature change. *J. Fish . Res. Board Can.* 1977, 34, 730- 734.
- D’ Orbecastel, E.R.; Blancheton, J.P.; Boujard, T.; Aubin, J.; Moutounet, Y.; Przybyla, C.; Belaud, A. Comparison of two methods for evaluating waste of a flow through trout farm. *J. Aquac.* 2008, 274- 72-79.

- David, L.H.;Pinho, S.M.; Agostinho, F.; Costa, J.I.; Portella, M.C.; Keesman, K.J.; Garcia, F. Sustainability of urban Aquaponics farms: An emergy point of view. *J. Clean. Prod.* 2022, 333, 129896.
- Davidson, J.; Good, C.;Barrows, F.T.; Welsh, C.; Kenney, P.B.; Summerfelt, S.T.. Comparing the effects of feeding a grain- or a fish meal-based diet on water quality, waste production, and rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* performance within low exchange water recirculating aquaculture systems. *Aquac. Eng.* 2014, 52, 45- 57.
- De Silva, S.S.; Soto, D. Climate change Implications for Fisheries and Aquaculture : Potential impacts, adaptation and mitigation. In *Climate Change Implications for Fisheries and Aquaculture: Overview of Current Scientific Knowledge*; FAO Fisheries and Aquaculture Technical paper 530; FAO: Rome, Italy, 2009; Pp. 151- 212.
- Dockray, J.J.; Reid , S.D.; Wood, C.M. Effects of elevated summer temperatures and reduced p on metabolism and growth of juvenile rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) on unlimited ration. *Can .J. Fish Aquat. Sci.* 1996, 53, 2752- 2763.
- Domaldson, M.R.; Cooke, S.J. ; Patterson, D.A.; Macdonald, J.S. Cold shock and fish. *J. Fish Biol.* 2008, 73, 1491- 1530.
- Doney, S.C.; Ruckelshaus, M.; Duffy, J.E.; Barry, J.P. Climate change impacts on marine ecosystem. *Annu. Rev. Mar. Sci.* 2012, 4, 11-37.
- Doubleday, Z.A.; Clarke, S.M.; Li, X.; Pecl, G.T.; Ward, T.M.; Battaglione, S.; Frusher, S.; Gibbs, P.J.; Hobday, A.J.; Hutchinson, N.; et al. Assessing the risk of climate change to aquaculture: A case study from south-east Australia. *Aquac. Environ. Interact.* 2013, 3, 163- 175.
- Dugler, N.; Kumlu, M.; Turkmen, S.; Olculu, A.; Tufan Eroldogan, O.; Asuman Yilmaz, H.; Ocal N. Thermal tolerance of European Sea bass ( *Dicentrarchus labrax*) juveniles acclimated to tree temperature levels. *J. Therm. Biol.* 2012, 37, 79-82.
- Ebeling, J.M.; Timmons, M.B. *Recirculating Aquaculture Systems*. In *Aquaculture Production Systems*.; Tidwell, J.H., Ed.; John Willey and Sons: Hoboken. NJ, USA, 2012.
- Ebeling, J.M.; Timmons, M.B. *Recirculating Aquaculture: Cayuga Aqua Ventures* : Ithaca, NY, USA, 2010.
- Ecolife Conversation. *Introduction to Aqua[pmics*; Ecolife Conservation: Escondido, CA, USA, 2017; pp. 2-24.
- Economidis, P.S.; Dimitriou, E.; Pagoni, R.; Michaloudi, E.; Natsis, L. Introduced and translocated fish species in the inland waters of Greece. *Fish. Manag. Ecol.* 2000, 7, 239- 250.

Eissa, N.; Wang, H.P. Transcriptional stress responses to environmental and husbandry stressors in aquaculture species. *Rev. Aquac.* 2016, 8, 61–88.

Endut, A.; Jusoh, A.; Ali, N.; Wan Nik, W.B. Nutrient removal from aquaculture wastewater by vegetable production in aquaponics recirculation system. *Desalination Water Treat.* 2011, 32, 422–430.

European Aquaculture Production Report (FEAP). *Fish Farming Production in Europe, 2014–2019*; FEAP: Brussels, Belgium, 2020; pp. 2–48.

European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA). *Freshwater Aquaculture in Europe*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2021; pp. 1–83.

European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA). *Portion Trout in the Europe*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2021; pp. 1–62.

European Market Observatory for Fisheries and Aquaculture Products (EUMOFA). *The European Fish Market*; Publications Office of the European Union: Luxembourg, 2021; pp. 1–111.

Eurostat Database. Available online: <https://ec.europa.eu/eurostat/data/database> (accessed on 13 August 2022).

FAO. *FAO Yearbook 2014: Fishery and Aquaculture Statistics*; FAO: Rome, Italy, 2016; pp. 1–105.

FAO. *Management of the Aquaponic Systems*; FAO: Rome, Italy, 2015.

FAO. *Oncorhynchus Mykiss: Cultured Aquatic Species Information Programme*; Cowx, I.G., Ed.; Fisheries and Aquaculture Division: Rome, Italy, 2022.

FAO. *Small-Scale Aquaponic Food Production—Integrated Fish and Plant Farming*; FAO: Rome, Italy, 2014.

Farrant, D.N.; Frank, K.L.; Larsen, A.E. Reuse and recycle: Integrating aquaculture and agricultural systems to increase production and reduce nutrient pollution. *Sci. Total Environ.* 2021, 785, 146859.

Faught, E.; Hernandez-Perez, J.; Wilson, J.M.; Vijayan, M.M. Stress in response to environmental changes. In *Climate Change and Non-Infectious Fish Disorders*; CABI: Wallingford, UK, 2020; pp. 136–162.

Feidantsis, K.; Giantsis, I.A.; Vratisstas, A.; Makri, S.; Pappa, A.Z.; Drosopoulou, E.; Anestis, A.; Mavridou, E.; Exadactylos, A.; Vafidis, D.; et al. Correlation between intermediary metabolism, Hsp gene expression, and oxidative

stress-related proteins in long-term thermal-stressed *Mytilus galloprovincialis*. *Am. J. Physiol.-Regul. Integr. Comp. Physiol.* 2020, 319, 264–281.

Feidantsis, K.; Pörtner, H.O.; Giantsis, I.A.; Michaelidis, B. Advances in understanding the impacts of global warming on marine fishes farmed offshore: *Sparus aurata* as a case study. *J. Fish Biol.* 2021, 98, 1509–1523.

Ferguson, M.M.; Draushchak, L.R. Disease resistance and enzyme heterozygosity in rainbow trout. *Heredity* 1990, 64, 413–417.

Ficke, A.D.; Myrick, C.A.; Hansen, L.J. Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Rev. Fish Biol. Fish.* 2007, 17, 581–613.

Forchino, A.A.; Lourguioui, H.; Brigolin, D.; Pastres, R. Aquaponics and sustainability: The comparison of two different aquaponic techniques using the Life Cycle Assessment (LCA). *Aquac. Eng.* 2017, 77, 80–88.

Framian, B.V. Review of the EU aquaculture sector and results of costs and earnings survey. Final Rep. 2009, 6, 69.

Frankham, R. Genetics and extinction. *Biol. Conserv.* 2005, 126, 131–140.

Frankham, R. Stress and adaptation in conservation genetics. *J. Evol. Biol.* 2005, 18, 750–755.

Fратиани, F.; De Martino, L.; Melone, A.; De Feo, V.; Nazzaro, F.; Coppola, R. Preservation of Chicken Breast Meat Treated with Thyme and Balm Essential Oils. *J. Food Sci.* 2010, 75, 528–535.

Fronte, B.; Galliano, G.; Bibbiani, C. From freshwater to marine aquaponic: New opportunities for marine fish species production. In Proceedings of the Conference VIVUS—On Agriculture, Environmentalism, Horticulture and Floristics, Food Production and Processing and Nutrition. With Knowledge and Experience to New Entrepreneurial Opportunities, Biotechnical Centre Naklo, Slovenia, 20–21 April 2016; pp. 514–521.

Gall, G.A.E.; Crandell, P.A. The Rainbow trout. *Aquaculture* 1992, 100, 1–10.

Georgoulis, I.; Feidantsis, K.; Giantsis, I.A.; Kakale, A.; Bock, C.; Pörtner, H.O.; Sokolova, I.M.; Michaelidis, B. Heat hardening enhances mitochondrial potential for respiration and oxidative defence capacity in the mantle of thermally stressed *Mytilus galloprovincialis*. *Sci. Rep.* 2021, 11, 17098.

Georgoulis, I.; Feidantsis, K.; Kouvas, D.; Lattos, A.; Delis, G.A.; Theodoridis, A.; Michaelidis, B.; Giantsis, I.A. The effect of seawater physical

parameters in bivalve farming: Could systematic monitoring and early warning prevent negative impacts: A review focused on Vistonikos Gulf, North Aegean Sea. *Int. J. Agric. Resour. Gov. Ecol.* 2022, 18, 22–37. [CrossRef]

Giffard-Mena, I.; Lorin-Nebel, C.; Charmantier, G.; Castille, R.; Boulo, V. Adaptation of the sea-bass (*Dicentrarchus labrax*) to fresh water: Role of aquaporins and Na<sup>+</sup>/K<sup>+</sup>-ATPases. *Comp. Biochem. Physiol. —Part A Mol. Integr. Physiol.* 2008, 150, 332–338.

Gitz, V.; Meybeck, A.; Lipper, L.; Young, C.D.; Braatz, S. *Climate Change and Food Security: Risks and Responses*; Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO) Report; FAO: Rome, Italy, 2016; Volume 110, pp. 2–4.

Gjedrem, T.; Robinson, N.; Rye, M. The importance of selective breeding in aquaculture to meet future demands for animal protein: A review. *Aquaculture* 2012, 350–353, 117–121.

Gjerde, B.; Gunnes, K.; Gjerdem, T. Effect of inbreeding on survival and growth in rainbow trout. *Aquaculture* 1983, 34, 327–332.

Goddek, S.; Delaide, B.; Mankasingh, U.; Ragnarsdottir, K.V.; Jijakli, H.; Thorarinsdottir, R. Challenges of sustainable and commercial aquaponics. *Sustainability* 2015, 7, 4199–4224.

Goddek, S.; Joyce, A.; Kotzen, B.; Burnell, G.M. *Aquaponics Food Production Systems: Combined Aquaculture and Hydroponic Production Technologies for the Future*; Springer Nature: Berlin/Heidelberg, Germany, 2019; 619p.

Godfray, H.C.J.; Beddington, J.R.; Crute, I.R.; Haddad, L.; Lawrence, D.; Muir, J.F.; Pretty, J.; Robinson, S.; Thomas, S.M.; Toulmin, C. Food security: The challenge of feeding 9 billion people. *Science* 2010, 327, 812–818.

Graber, A.; Junge, R. Aquaponic systems: Nutrient recycling from fish wastewater by vegetable production. *Desalination* 2009, 246, 147–156.

Grespan, R.; Aguiar, R.P.; Giubilei, F.N.; Fuso, R.R.; Damião, M.J.; Silva, E.L.; Mikcha, J.G.; Hernandez, L.; Amado, C.B.; Cuman, R.K.N. Hepatoprotective effect of pretreatment with *Thymus vulgaris* essential oil in experimental model of acetaminophen-induced injury. *Evid. -Based Complementary Altern. Med.* 2014, 2014, 954136.

Guderley, H. Mitochondria and temperature. In *Encyclopedia of Fish Physiology: Energetics, Interactions with the Environment, Lifestyles, and Applications*; Farrell, A.P., Ed.; Academic Press: New York, NY, USA, 2011; pp. 1709–1716.

Hafs, A.W.; Mazik, P.M.; Kenney, P.B.; Silverstein, J.T. Impact of carbon dioxide level, water velocity, strain, and feeding regimen on growth and fillet attributes of cultured rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Aquac.* 2012, 350–353, 46–53. [CrossRef]

Hamon, K.G. Report on Minimising Economic Losses, Opportunities and Challenges for Aquaculture in EUROPE; CERES Deliverable 4.2. 2019, pp. 1–151. Available online: <https://ec.europa.eu/research/participants/documents/downloadPublic?documentIds=080166e5c7cfc5cc&appId=PPGMS> (accessed on 29 August 2022).

Heath, A.G.; Iwama, G.K.; Pickering, A.D.; Sumpter, J.P.; Schreck, C.B. Fish stress and health in aquaculture. *Estuaries* 1998, 21, 501.

Hobday, A.J.; Spillman, C.M.; Eveson, J.P.; Hartog, J.R.; Zhang, M.X.; Brodie, S. A framework for combining seasonal forecasts and climate projections to aid risk management for fisheries and aquaculture. *Front. Mar. Sci.* 2018, 5, 137.

Hochmuth, G.J.; Hanlon, E.A. Commercial Vegetable Fertilization Principles; University of Florida, Soil Water Science Department: Gainesville, FL, USA, 2010.

Huang, J.; Li, Y.; Liu, Z.; Kang, Y.; Wang, J. Transcriptomic responses to heat stress in rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* head kidney. *Fish Shellfish Immunol.* 2018, 82, 32–40.

Hussain, T.; Verma, A.K.; Tiwari, V.K.; Prakash, C.; Rathore, G.; Shete, A.P.; Saharan, N. Effect of water flow rates on growth of *Cyprinus carpio* var. Koi (*Cyprinus carpio* L., 1758) and spinach plant in aquaponic system. *Aquac. Int.* 2015, 23, 369–384.

Hussain, T.; Verma, A.K.; Tiwari, V.K.; Prakash, C.; Rathore, G.; Shete, A.P.; Nuwansi, K.K.T. Optimizing koi carp, *Cyprinus carpio* var. Koi (Linnaeus, 1758), stocking density and nutrient recycling with spinach in an aquaponic system. *J. World Aquac. Soc.* 2014, 45, 652–661.

Iftikar, F.I.; Hickey, A.J. Do mitochondria limit hot fish hearts? Understanding the role of mitochondrial function with heat stress in *Notolabrus celidotus*. *PLoS ONE* 2013, 8, e64120.

Intersessional Subgroup (ISSG), Reports. RCG NANSEA AND RCG BALTIC REPORT, Part III, 2020-2021. 1-350.

Islam, J.M.; Kunzmann, A.; Slater, J.M. Responses of aquaculture fish to climate change induced extreme temperatures: A review. *J. World Aquac. Soc.* 2021, 53, 314–366.

Islam, M.J.; Kunzmann, A.; Slater, M.J. Extreme winter cold-induced osmoregulatory, metabolic, and physiological responses in European seabass (*Dicentrarchus labrax*) acclimatized at different salinities. *Sci. Total Environ.* 2021, 771, 145202.

Kaiser, F.; Harbach, H. InnoFish-innovative adaptation of integrated aquaculture in an established extensive fish farm. *AAFL Bioflux* 2022, 15, 873–877.

Kalaitzidou, M.P.; Alvanou, M.V.; Papageorgiou, K.V.; Lattos, A.; Sofia, M.; Kritas, S.K.; Petridou, E.; Giantsis, I.A. Pollution Indicators and HAB-Associated Halophilic Bacteria Alongside Harmful Cyanobacteria in the Largest Mussel Cultivation Area in Greece. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 5285.

Kamunde, C.; Sappal, R.; Melegy, T.M. Brown seaweed (AquaArom) supplementation increases food intake and improves growth, antioxidant status and resistance to temperature stress in Atlantic salmon, *Salmo salar*. *PLoS ONE* 2019, 14, e0219792. [CrossRef]

Kause, A.; Ritola, O.; Paananen, T.; Wahlroos, H.; Mäntysaari, E.A. Genetic trends in growth, sexual maturity and skeletal deformations, and rate of inbreeding in a breeding programme for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 2005, 247, 177–187.

Khalil, S. Growth performance, nutrients and microbial dynamic in aquaponics systems as affected by water temperature. *Eur. J. Hortic. Sci.* 2018, 83, 388–394.

Khater, E.S.G.; Bahnasawy, A.H.; Shams, A.E.H.S.; Hassaan, M.S.; Hassan, Y.A. Utilization of effluent fish farms in tomato cultivation. *Ecol. Eng.* 2015, 83, 199–207.

King, H.; Pankhurst, N. Ovarian growth and plasma sex steroid and vitellogenin profiles during vitellogenesis in Tasmanian female Atlantic salmon (*Salmo salar*). *J. Aquac.* 2003, 219, 797–813.

King, H.R.; Pankhurst, N.W. Effect of short-term temperature reduction on ovulation and LHRHa responsiveness in female Atlantic salmon (*Salmo salar*) maintained at elevated water temperatures. *J. Aquac.* 2004, 238, 421–436.

Kingler, D.; Naylor, R. Searching for Solutions in Aquaculture: Charting a Sustainable Course. *Annu. Rev. Environ. Resour.* 2012, 37, 247–276.

Knaus, U.; Wenzel, L.C.; Appelbaum, S.; Palm, H.W. Aquaponics (sl) Production of spearmint (*Mentha spicata*) with African catfish (*Clarias gariepinus*) in Northern Germany. *Sustainability* 2020, 12, 8717.

Koehn J.D. 2005. Threats to Murray cod. In Management of Murray Cod in the Murray-Darling Basin: Statement, Recommendations and

Supporting Papers, Lintermans M, Phillips, B (eds). Proceedings of a Workshop Held in Canberra, ACT, 3-4 June 2004. Murray-Darling Basin

Commission and Cooperative Research Centre for Freshwater Ecology: Canberra; 30–37.

Körner, O.; Gutzmann, E.; Kledal, P.R. A dynamic model simulating the symbiotic effects in aquaponic systems. In Proceedings of the International Symposium on New Technologies and Management for Greenhouses-GreenSys2015, Evora, Portugal, 19–23 July 2015; Volume 1170, pp. 309–316.

Krastanova, M.; Sirakov, I.; Ivanova-Kirilova, S.; Yarkov, D.; Orozova, P. Aquaponic systems: Biological and technological parameters. *Biotechnol. Biotechnol. Equip.* 2022, 36, 305–316.

Kutty, M.N. Would Food Crisis, FAO Alert and India. *World Aquac.* 2010, 41, 6–7.

Kyprianou, T.D.; Pörtner, H.O.; Anestis, A.; Kostoglou, B.; Feidantsis, K.; Michaelidis, B. Metabolic and molecular stress responses of gilthead sea bream *Sparus aurata* during exposure to low ambient temperature: An analysis of mechanisms underlying the winter syndrome. *J. Comp. Physiol. B* 2010, 180, 1005–1018.

Leberg, P.L. Influence of genetic variability on population growth: Implications for conservation. *J. Fish Biol.* 1990, 37, 193–195.

Lellis, W.A.; Barrows, F.T.; Hardy, R.W. Effects of phase-feeding dietary phosphorus on survival, growth, and processing characteristics of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. *Aquaculture*, 2004. 242(1-4), 607-616.

Lennard, W.A. Aquaponic Integration of Murray Cod (*Maccullochella peelii peelii*) Aquaculture and Lettuce (*Lactuca sativa*) Hydroponics. Ph.D. Thesis, School of Applied Sciences, Department of Biotechnology and Environmental Biology, Royal Melbourne Institute of Technology, Melbourne, VIC, Australia, 2006.



Li, A.J.; Leung, P.T.Y.; Bao, V.W.W.; Lui, G.C.S.; Leung, K.M.Y. Temperature-dependent physiological and biochemical responses of the marine medaka *Oryzias melastigma* with consideration of both low and high thermal extremes. *J. Therm. Biol.* 2015, 54, 98–105.

Licamele, J. Biomass Production and Nutrient Dynamics in an Aquaponics System. Ph.D. Thesis, Department of Agriculture and Biosystems Engineering, University of Arizona, Tuscon, AZ, USA, 2009.

Liedl, B.E.; Cummins, M.; Young, A.; Williams, M.L. Hydroponic lettuce production using liquid effluent from poultry waste bioremediation as a nutrient source. In Proceedings of the VII International Symposium on Protected Cultivation in Mild Winter Climates: Production, Pest Management and Global Competition 659, Kissimmee, FL, USA, 23–27 March 2004; pp. 721–728.

Linton, T.K.; Reid, S.D.; Wood, C.M. The metabolic costs and physiological consequences to juvenile rainbow trout of a simulated summer warming scenario in the presence and absence of sublethal ammonia. *Trans. Am. Fish. Soc.* 1997, 126, 259–272.

Little, A.G.; Loughland, I.; Seebacher, F. What do warming waters mean for fish physiology and fisheries. *J. Fish Biol.* 2020, 97, 328–340.

Liu, Y.; Liu, J.; Ye, S.; Bureau, D.P.; Liu, H.; Yin, J.; Mou, Z.; Lin, H.; Hao, F. Global metabolic responses of the lenok (*Brachymystax lenok*) to thermal stress. *Comparative Biochemistry and Physiology—Part D Genom. Proteom.* 2019, 29, 308–319. [CrossRef]

Llorente, I.; Luna, L. The competitive advantages arising from different environmental conditions in seabream, *Sparus aurata*, production in the Mediterranean Sea. *J. World Aquac. Soc.* 2013, 44, 611–627.

Love, D.C.; Fry, J.P.; Genello, L.; Hill, E.S.; Frederick, J.A.; Li, X.; Semmens, K. An international survey of aquaponics practitioners. *PLoS ONE* 2014, 9, e102662.

Love, D.C.; Fry, J.P.; Li, X.; Hill, E.S.; Genello, L.; Semmens, K.; Thompson, R.E. Commercial aquaponics production and profitability: Findings from an international survey. *Aquaculture* 2015, 435, 67–74.

Lucas, J.S.; Southgate, P.C.; Tucker, C.S. (Eds.). (2019). *Aquaculture: Farming aquatic animals and plants*. John Wiley & Sons.

Madeira, D.; Narciso, L.; Cabral, H.N.; Vinagre, C.; Diniz, M.S. HSP70 production patterns in coastal and estuarine organisms facing increasing temperatures. *J. Sea Res.* 2012, 73, 137–147.

Madeira, D.; Vinagre, C.; Diniz, M.S. Are fish in hot water? Effects of warming on oxidative stress metabolism in the commercial species *Sparus aurata*. *Ecol. Indic.* 2016, 63, 324–331.

Makrinos, D.L.; Bowden, T.J. Natural environmental impacts on teleost immune function. *Fish Shellfish Immunol.* 2016, 53, 50–57.

Malorgio, F.; Incrocci, L.; Pardossi, A. *La Tecnica della Coltivazione Fuori Suolo*; Universita di Pisa: Pisa, Italy, 2005; pp. 1–143.

Martins, C.I.M.; Edinga, E.H.; Verdegema, M.C.J.; Heinsbroeka, L.T.N.; Schneider, O.; Blanchetond, J.P.; Roque d'Orbcastel, E.; Verretha, J.A.J. New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability. *Agric. Eng.* 2010, 43, 83–93.

Martsikalis, P.; Gkafas, G.A.; Apostolidis, A.P.; Exadactylos, A. Genetic Structure Profile of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) Farmed Strains in Greece. *Turk. J. Fish. Aquat. Sci.* 2014, 14, 749–757.

Maucieri, C.; Nicoletto, C.; Junge, R.; Schmautz, Z.; Sambo, P.; Borin, M. Hydroponic systems and water management in aquaponics: A review. *Ital. J. Agron.* 2018, 13, 1012.

Maucieri, C.; Nicoletto, C.; Zanin, G.; Birolo, M.; Trocino, A.; Sambo, P.; Borin, M.; Xiccato, G. Effect of stocking density of fish on water quality and growth performance of European Carp and leafy vegetables in a low-tech aquaponic system. *PLoS ONE* 2019, 14, e0217561.

Maucieri, C.; Nicoletto, C.; Zanin, G.; Birolo, M.; Xiccato, G.; Sambo, P.; Borin, M. Nitrogen budget in recirculating aquaponic systems with different fish stocking density. *Ital. J. Agron.* 2020, 15, 239–245.

Maucieri, C.; Nicoletto, C.; Zanin, G.; Xiccato, G.; Borin, M.; Sambo, P. Composition and quality traits of vegetables grown in a low-tech aquaponic system at different fish stocking densities. *J. Sci. Food Agric.* 2020, 100, 4310–4318.

Maulvault, A.L.; Barbosa, V.; Alves, R.; Custodio, A.; Anacleto, P.; Repolho, T.; Pousão Ferreira, P.; Rosa, R.; Marques, A.; Diniz, M. Ecophysiological responses of juvenile seabass (*Dicentrarchus labrax*) exposed

to increased temperature and dietary methylmercury. *Sci. Total Environ.* 2017, 586, 551–558.

McCoy, D.; McManus, M.A.; Kotubetey, K.; Kawelo, A.H.; Young, C.; D'Andrea, B.; Ruttenberg, K.C.; Alegado, R.A. Large-scale climatic effects on traditional Hawaiian fishpond aquaculture. *PLoS ONE* 2017, 12, e0187951.

McIntyre, P.B.; Flecker, A.S.; Vanni, M.J.; Hood, J.M.; Taylor, B.W.; Thomas, S.A. Fish distributions and nutrient recycling in a Neotropical stream: can fish create biogeochemical hotspots. *Ecology*, 2008. 89:2335-2346.

McMurtry, M.R.; Nelson, P.V.; Sanders, D.C.; Hodges, L. Sand culture of vegetables using recirculated aquacultural effluents. *Appl. Agric. Res.* 1990, 5, 280–284.

McMurtry, M.R.; Sanders, D.C.; Cure, J.D.; Hodson, R.G. Effects of biofilter/culture tank volume ratios on productivity of a recirculating fish/vegetable co-culture system. *J. Appl. Aquac.* 1997, 7, 33–51.

Mihailovic-Stanojevic, N.; Belščak-Cvitanović, A.; Grujić-Milanović, J.; Ivanov, M.; Jovović, D.; Bugarski, D.; Miloradović, Z. Antioxidant and antihypertensive activity of extract from *Thymus serpyllum* L. in experimental hypertension. *Plant Foods Hum. Nutr.* 2013, 68, 235–240.

Miličić, V.; Thorarinsdóttir, R.; Dos Santos, M.; Turnšek Hančič, M. Commercial Aquaponics Approaching the European Market: To Consumers' Perceptions of Aquaponics Products in Europe. *Water* 2017, 9, 80.

Möck, A.; Peters, G. Lysozyme activity in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), stressed by handling, transport and water pollution. *J. Fish Biol.* 1990, 37, 873–885.

Molony, B. Environmental Requirements and Tolerances of Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*) and Brown Trout (*Salmo trutta*) with Special Reference to Western Australia: A Review; Department of Fisheries Perth, Department of Fisheries, Government of Western Australia: Perth, Australia, 2001; Volume 130, pp. 1–28.

Morgan, I.J.; McDonald, D.G.; Wood, C.M. The cost of living for freshwater fish in a warmer, more polluted world. *Glob. Change Biol.* 2001, 7, 345–355.

Mulder, H.A.; Sae-Lim, P.; Kause, A.; Olesen, I. Selective breeding in aquaculture for future environments under climate change. In Proceedings of the FAO International Symposium on “The Role of Agricultural Biotechnologies in Sustainable Food Systems and Nutrition”, Rome, Italy, 15–17 February 2016; pp. 45–46.

Naderi, M.; Keyvanshokoo, S.; Salati, A.P.; Ghaedi, A.; 2017. Effects of chronic high stocking density on liver proteome of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Fish Physiol. Biochem*, 2017. 43, 1373-1385.

Nakano, K.; Iwama, G.K. The 70-kDa heat shock protein response in two intertidal sculpins, *Oligocottus maculosus* and *O. snyderi*: Relationship of hsp70 and thermal tolerance. *Comp. Biochem. Physiol. —Part A Mol. Integr. Physiol.* 2002, 133, 79–94.

Naumowicz, K.; Pajdak, J.; Terech-Majewska, E.; Szarek, J. Intracohort cannibalism and methods for its mitigation in cultured freshwater fish. *Rev Fish Biol Fish.* 2017, 27, 193–208.

Nelson, R.L.; Pade, J.S. Aquaponic equipment the clarifier. *Aquaponics J.* 2007, 4, 30–31

Nie, X.; Zhang, F.; Wang, T.; Zheng, X.; Li, Y.; Huang, B.; Zhang, C. Physiological and morphological changes in Turbot (*Psetta maxima*) gill tissue during waterless storage. *J. Aquac.* 2019, 508, 30–35.

O'Donnell, S. The neurobiology of climate change. *Sci. Nat.* 2018, 105, 11.

Olesen, I.; Myhr, A.I.; Rosendal, G.K. Sustainable aquaculture: Are we getting there? Ethical perspectives on salmon farming. *J. Agric. Environ. Ethics* 2011, 24, 381–408.

Pallotta, M.M.; Turano, M.; Ronca, R.; Mezzasalma, M.; Petraccioli, A.; Odierna, G.; Capriglione, T. Brain gene expression is influenced by incubation temperature during leopard gecko (*Eublepharis macularius*) development. *J. Exp. Zool. —Part B Mol. Dev. Evol.* 2017, 328, 360–370.

Palm, H.W.; Bissa, K.; Knaus, U. Significant factors affecting the economic sustainability of closed aquaponic systems. Part II: Fish and plant growth. *Aquac. Aquar. Conserv. Legis.* 2014, 7, 162–175.

Pankhurst, N.W.; King, H.R. Temperature and salmonid reproduction: Implications for aquaculture. *J. Fish Biol.* 2010, 76, 69–85.

Pantanella, J.E. Nutrition and Quality of Aquaponic Systems. Ph.D. Thesis, Università degli studi della Tuscia, Viterbo, Italy, 2012.

Pappa, V.A.; Kapsis, P.; Mente, E.; Berillis, P. Aquaponics Software in Greece. *J. Fish. Sci.* 2017, 11, 1–4.

Pascoli, F.; Lanzano, G.S.; Negrato, E.; Poltronieri, C.; Trocino, A.; Radaelli, G.; Bertotto, D. Seasonal effects on hematological and innate immune

parameters in sea bass *Dicentrarchus labrax*. *Fish Shellfish Immunol.* 2011, 31, 1081–1087.

Paul, K.; D’ambrosio, J.; Phocas, F. Temporal and region-specific variations in genome-wide inbreeding effects on female size and reproduction traits of rainbow trout. *Evol. Appl.* 2022, 15, 645–662.

Person-Le Ruyet, J.; Labbé, L.; Le Bayon, N.; Sévère, A.; Le Roux, A.; Le Delliou, H.; Quémener, L. Combined effects of water quality and stocking density on welfare and growth of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquatic Living Resources*, 2008. 21(2), 185-195.

Petrea, S.M.; Cristea, V.; Dediu, L.; Contoman, M.; Cretu, M.; Antache, A.; Coadă, M.T.; Bandi, A.C. A Study of Phosphorus and Calcium Dynamics in an Integrated Rainbow Trout and Spinach (Nores variety) Aquaponic System with Different Crop Densities. *Sci. Pap. Anim. Sci. Biotechnol.* 2014, 47, 196–206.

Petrea, S.M.; Cristea, V.; Dediu, L.; Contoman, M.; Lupoae, P.; Mocanu, M. Vegetable Production in an Integrated Aquaponic System with Rainbow Trout and Spinach. *Bull. Univ. Agric. Sci. Vet. Med. Cluj-Napoca. Anim. Sci. Biotechnol.* 2013, 70, 45–54.

Pickering, A.D.D. Growth and stress in fish production. *Genet. Aquac.* 1993, 111, 51–63.

Pirozzi, I.; Southgate, P.C.; Lucas, J.S. Aquaculture Systems Design. In *Aquaculture: Farming Aquatic Animals and Plants*, 3rd ed.; Lucas, J.S., Southgate, P.C., Pirozzi, I., Tucker, S.C., Eds.; John Wiley & Sons Ltd: Hoboken, NJ, USA, 2019; pp. 41–62.

Portner, H.O. Climate variations and the physiological basis of temperature dependent biogeography: Systemic to molecular hierarchy of thermal tolerance in animals. *Comp. Biochem. Physiol. Part A: Mol. Integr. Physiol.* 2002, 132, 739–761.

Pörtner, H.O.; Berdal, B.; Blust, R.; Brix, O.; Colosimo, A.; De Wachter, B.; Giuliani, A.; Johansen, T.; Fischer, T.; Knust, R.; et al. Climate induced temperature effects on growth performance, fecundity and recruitment in marine fish: Developing a hypothesis for cause and effect relationships in Atlantic cod (*Gadus morhua*) and common eelpout (*Zoarces viviparus*). *Cont. Shelf Res.* 2001, 21, 1975–1997.

Portner, H.O.; Peck, M.A. Climate change impacts on fish and fisheries: Towards a cause and effect understanding. *J. Fish Biol.* 2010, 77, 1745–1779.

Rakocy, J.E. Aquaponics-Integrating Fish and Plant Culture. *Aquac. Prod. Syst.* 2012, 1, 343–386.

Rakocy, J.E.; Masser, M.P.; Losordo, T.M. *Recirculating Aquaculture Tank Production Systems: Aquaponics—Integrating Fish and Plant Culture*; Publication no. 454.; Southern Regional Aquaculture Center: Stoneville, MS, USA, 2006.

Rakocy, J.E.; Shultz, R.C.; Bailey, D.S.; Thoman, E.S. Aquaponic production of tilapia and basil: Comparing a batch and staggered cropping system. In *Proceedings of the South Pacific Soilless Culture Conference-SPSCC 648*, Palmerston North, New Zealand, 10–13 February 2003; Volume 648, pp. 63–69.

Rayhan, M.Z.; Rahman, M.A.; Hossain, M.A.; Akter, T.; Akter, T. Effect of stocking density on growth performance of monosex tilapia (*Oreochromis niloticus*) with Indian spinach (*Basella alba*) in a recirculating aquaponic system. *Int. J. Environ. Agric. Biotechnol.* 2018, 3, 239073.

Reid, G.K.; Gurney-Smith, H.J.; Marcogliese, D.J.; Knowler, D.; Benfey, T.; Garber, A.F.; Forster, I.; Chopin, T.; Brewer-Dalton, K.; Moccia, R.D.; et al. Climate change and aquaculture: Considering biological response and resources. *Aquac. Environ. Interact.* 2019, 11, 569–602.

Reid, G.K.; Liutkus, M.; Robinson, S.M.C.; Chopin, T.R.; Blair, T.; Lander, T.; Mullen, J.; Page, F.; Moccia, R.D. A review of the biophysical properties of salmonid faeces: Implications for aquaculture waste dispersal models and integrated multi-trophic aquaculture. *Aquac. Res.* 2009, 40, 257–273.

Reid, S.G.; Bernier, N.J.; Perry, S.F. The adrenergic stress response in fish: Control of catecholamine storage and release. *Comp. Biochem. Physiol. —C Pharmacol. Toxicol. Endocrinol.* 1998, 120, 1–27. [

Reyes-Lopez, F.E.; Aerts, J.; Vallejos-Vidal, E.; Ampe, B.; Dierckens, K.; Tort, L.; Bossier, P. Modulation of innate immune-related genes and glucocorticoid synthesis in gnotobiotic full-sibling European sea bass (*Dicentrarchus labrax*) larvae challenged with *Vibrio anguillarum*. *Front. Immunol.* 2018, 9, 914.

Rharrhour, H.; Wariaghli, F.; Goddek, S.; Sadik, M.; El, A. Towards sustainable food productions in Morocco: Aquaponics. *E3S Web Conf.* 2022, 337, 03004.

Ridler, N.; Wowchuk, M.; Robinson, B.; Barrington, K.; Chopin, T.; Robinson, S.; Page, F.; Reid, G.; Szemerda, M.; Sewuster, J.; et al. Integrated Multi-Trophic Aquaculture (IMTA): A potential strategic choice for farmers. *Aquac. Econ. Manag.* 2007, 11, 1–13.

Rivera-Ferre, M.; Ortega-Cerdà, M.; Baumgärtner, J. Rethinking. Study and Management of Agricultural Systems for Policy Design. *Sustainability* 2013, 5, 3858–3875.

Roberts, S.D.; Van Ruth, P.D.; Wilkinson, C.; Bastianello, S.S.; Bansemer, M.S. Marine heatwave, harmful algae blooms and an extensive fish kill event during 2013 in South Australia. *Front. Mar. Sci.* 2019, 6, 610.

Rosa, R.; Marques, A.; Nunes, M.L. Impact of climate change in Mediterranean aquaculture. *Rev. Aquac.* 2012, 4, 163–177.

Rosa, R.; Marques, A.; Nunes, M.L. Mediterranean aquaculture in a changing climate. In *The Mediterranean Sea: Its history and Present Challenges*; Springer: Dordrecht, The Netherlands, 2014; Volume 9789400767, pp. 605–616.

Rountrey, A.N.; Coulson, P.G.; Meeuwig, J.J.; Meekan, M. Water temperature and fish growth: Otoliths predict growth patterns of a marine fish in a changing climate. *Glob. Change Biol.* 2014, 20, 2450–2458.

Roychowdhury, P.; Aftabuddin, M.; Pati, M.K. Thermal stress altered growth performance and metabolism and induced anaemia and liver disorder in *Labeo rohita*. *Aquac. Res.* 2020, 51, 1406–1414.

Sae-Lim, P.; Kause, A.; Mulder, H.A.; Olesen, I. Breeding and genetics symposium: Climate change and selective breeding in aquaculture. *J. Anim. Sci.* 2017, 95, 1801–1812.

Sandulachi, E.; Macari, A.; Ghendov-Mosanu, A.; Cojocari, D.; Sturza, R. Antioxidant and Antimicrobial Activity of Basil, Thyme and Tarragon 580 Used in Meat Products. *Adv. Microbiol.* 2021, 11, 591–606.

Sappal, R.; MacDougald, M.; Stevens, D.; Fast, M.D.; Kamunde, C. Copper alters the effect of temperature on mitochondrial bioenergetics in rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss*. *Arch. Environ. Contam. Toxicol.* 2014, 66, 430–440.

Schmautz, Z.; Loeu, F.; Liebisch, F.; Graber, A.; Mathis, A.; Bulc, T.G.; Junge, R. Tomato productivity and quality in aquaponics: Comparison of three hydroponic methods. *Water* 2016, 8, 533.

Schreck, C.B.; Tort, L. The concept of stress in fish. In *Fish Physiology*; Academic Press: Cambridge, MA, USA, 2016; Volume 35, pp. 1–34.

Seebacher, F.; Post, E. Climate change impacts on animal migration. *Clim. Change Responses* 2015, 2, 5.

Servili, A.; Canario, A.V.M.; Mouchel, O.; Muñoz-Cueto, J.A. Climate change impacts on fish reproduction are mediated at multiple levels of the brain-pituitary-gonad axis. *Gen. Comp. Endocrinol.* 2020, 291, 113439.

Sirakov, I.; Velichkova, K.; Slavcheva-Sirakova, D. The effect of yarrow (*Achillea millefolium*) supplemented diet on growth performance, biochemical blood parameters and meat quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) and growth of lettuce (*Lactuca sativa*) cultivated in aquaponic recirculation system. *J. Hyg. Eng. Des.* 2019, 28, 28–32.

Smith, S.; Bernatchez, I.; Beheregaray, I.B. RNA-seq analysis reveals extensive transcriptional plasticity to temperature stress in a freshwater fish species. *BMC Genom* 2013, 14, 375.

Somerville, C.; Cohen, M.; Pantanella, E.; Stankus, A.; Lovatelli, A. Small-scale aquaponic food production. Integrated fish and plant farming. In *FAO Fisheries and Aquaculture; Technical Paper. No. 589.*; FAO: Rome, Italy, 2014; 262p.

Sopinka, N.M.; Donaldson, M.R.; O'Connor, C.M.; Suski, C.D.; Cooke, S.J. Stress indicators in fish. *Fish Physiol.* 2016, 35, 405–462.

Stankovi'c, D.; Crivelli, A.J.; Snoj, A. Rainbow Trout in Europe: Introduction, Naturalization, and Impacts. *Rev. Fish. Sci. Aquac.* 2015, 23, 39–71.

Staley, K.; Mueller J. Rainbow trout. *NRCS Fish and Wildlife Habitat Management*, 2000. Leaflet Number 13.

Stout, M. *Aquaponic Gardening: Discover the Dual Benefits of Raising Fish and Plants Together (Idiot's Guides)*, Illustrated ed.; Alpha Publishing: New York, NY, USA, 2013; pp. 1–352.

Su, G.S.; Liljedahl, L.E.; Gall, G.A.E. Effects of inbreeding on growth and reproductive traits in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture* 1996, 142, 139–148.

Tesi, R. *Colture Protette: Ortoflorovivaismo in Ambiente Mediterraneo; Il sole 24 ore Edagricole: Bologna, Italy, 2008.*



Thurston, R.V.; Russo, R.C.; Luedtke, R.J.; Smith, C.E.; Meyn, E.L.; Chakoumakos, C.; Wang K.C.; Brown, C.J.D. Chronic toxicity of ammonia to rainbow trout. *Transactions of the American Fisheries Society*, 1984. 113(1), 56-73.

Thuy, N.T.T.; Giang, N.T.H.; Hoai, H.T.T.; Van Dan, T. Impact of climate change on aquaculture in Phu Vang district, Thua Thien Hue province, Vietnam; Agriculture and Development Discussion Paper Series 2017-3; Southeast Asian Regional Center for Graduate Study and Research in Agriculture (SEARCA): Los Baños, Philippines, 2017; pp. 1–51.

Tort, L. Stress and immune modulation in fish. *Dev. Comp. Immunol.* 2011, 35, 1366–1375.

Tyson, R.C.; Treadwell, D.D.; Simonne, E.H. Opportunities and Challenges to Sustainability in Aquaponic Systems. *HorTechnology* 2011, 21, 6–13.

Ultsch, G.R.; Ott, M.E.; Heisler, N. Standard metabolic rate, critical oxygen tension, and aerobic scope for spontaneous activity of trout (*Salmo gairdneri*) and carp (*Cyprinus carpio*) in acidified water. *Comp. Biochem. Physiol.* 1980, 67, 329–335.

United Nations. The World Population Prospects: 2015 Revision; 2015. Available online: <http://www.un.org/en/development/desa/publications/world-population-prospects-2015-revision.html> (accessed on 16 November 2016).

Van den Burg, E.H.; Peeters, R.R.; Verhoye, M.; Meek, J.; Flik, G.; Van der Linden, A. Brain responses to ambient temperature fluctuations in fish: Reduction of blood volume and initiation of a whole-body stress response. *J. Neurophysiol.* 2005, 93, 2849–2855.

Vandeputte, M.; Clota, F.; Sadoul, B.; Blanc, M.O.; Blondeau-Bidet, E.; Bégout, M.L.; Cousin, X.; Geffroy, B. Low temperature has opposite effects on sex determination in a marine fish at the larval/postlarval and juvenile stages. *Ecol. Evol.* 2020, 10, 13825–13835.

Vargas-Chacoff, L.; Regish, A.M.; Weinstock, A.; McCormick, S.D. Effects of elevated temperature on osmoregulation and stress responses in Atlantic salmon *Salmo salar* smolts in fresh water and seawater. *J. Fish Biol.* 2018, 93, 550–559.

Velichkova, K.; Sirakov, I.; Stoyanova, S.; Staykov, Y. Cultivation of lettuce (*Lactuca sativa* L.) and rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) in the aquaponic recirculation system. *J. Cent. Eur. Agric.* 2019, 20, 967–973.

Velichkova, K.; Sirakov, I.; Valkova, E. The effect of sweet flag (*Acorus calamus* L.) supplemented diet on growth performance, biochemical blood parameters and meat

quality of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss* W.) and growth of lettuce (*Lactuca sativa* L.) cultivated in aquaponic recirculation system. *Aquac. Aquar. Conserv. Legis.* 2020, 13, 3840–3848.

Velten, S.; Leventon, J.; Jager, N.; Newig, J. What Is Sustainable Agriculture: A Systematic Review. *Sustainability* 2015, 7, 7833–7865.

Villarroel, M.; Junge, R.; Komives, T.; König, B.; Plaza, I.; Bittsánszky, A.; Joly, A. Survey of aquaponics in Europe. *Water* 2016, 8, 468.

Volkoff, H.; Rønnestad, I. Effects of temperature on feeding and digestive processes in fish. *Temperature* 2020, 7, 307–320.

Vornanen, M. The temperature dependence of electrical excitability in fish hearts. *J. Exp. Biol.* 2016, 219, 1941–1952.

Walker, R.L.; Burns, I.G.; Moorby, J. Responses of plant growth rate to nitrogen supply: A comparison of relative addition and N interruption treatments. *J. Exp. Bot.* 2001, 52, 309–317. [CrossRef] [PubMed]

Wang, S.; Hard, J.J.; Utter, F. Salmonid inbreeding: A review. *Rev. Fish Biol. Fish.* 2002, 11, 301–319.

Wedemeyer, G.A. Interactions with water quality conditions. In *Physiology of Fish in Intensive Culture Systems* (pp. 60-110). Springer, Boston, 1996, MA.

Welcomme, R.L.; Bartley, D.M. Current approaches to the enhancement of fisheries. *Fish. Manag. Ecol.* 1998, 5, 351–382.

Wenger, S.J.; Isaak, D.J.; Luce, C.H.; Neville, H.M.; Fausch, K.D.; Dunham, J.B.; Dauwalter, D.C.; Young, M.K.; Elsner, M.M.; Rieman, B.E.; et al. Flow regime, temperature, and biotic interactions drive differential declines of trout species under climate change. *Proc. Natl. Acad. Sci. USA* 2011, 108, 14175–14180.

Werner, I.; Smith, T.B.; Feliciano, J.; Johnson, M.L. Heat shock proteins in juvenile steelhead reflect thermal conditions in the Navarro river watershed, California. *Trans. Am. Fish. Soc.* 2005, 134, 399–410.

Werner, I.; Viant, M.R.; Rosenblum, E.S.; Gantner, A.S.; Tjeerdema, R.S.; Johnson, M.L. Cellular responses to temperature stress in steelhead trout (*Onchorynchus mykiss*) parr with different rearing histories. *Fish Physiol. Biochem.* 2006, 32, 261–273.

Weyts, F.A.A.; Cohen, N.; Flik, G.; Verburg-van Kemenade, B.M.L. Interactions between the immune system and the hypothalamopituitary-interrenal axis in fish. *Fish Shellfish Immunol.* 1999, 9, 1–20.

Wiens, G.D.; LaPatra, S.E.; Welch, T.J.; Evenhuis, J.P.; Rexroad III, C.E.; Leeds, T.D. On-farm performance of rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*) selectively bred for resistance to bacterial cold water disease: Effect of rearing environment on survival phenotype. *Aquaculture* 2013, 388, 128–136.

World Development Report. Agriculture for Development; World Bank: Washington, DC, USA, 2008.

Wright, R.K.; Cooper, E.L. Temperature effects on ectotherm immune responses. *Dev. Comp. Immunol.* 1981, 5, 117–122.

Xia, B.P.; Liu, Z.; Zhou, Y.J.; Wang, Y.J.; Huang, J.Q.; Li, Y.J.; Kang, Y.J.; Wang, J.F.; Liu, X.X. Effects of Chronic Heat Stress on Part of Serum Non-specific Immunity Parameters in Rainbow Trout (*Oncorhynchus mykiss*). *J. Agric. Biotechnol.* 2017, 25, 1078–1085.

Yada, T.; Tort, L. Stress and disease resistance: Immune system and Immunoendocrine interactions. *Fish Physiol.* 2016, 35, 365–403.

Yamashita, M.; Yabu, T.; Ojima, N. Stress protein HSP70 in fish. *Aqua-BioScience Monogr.* 2010, 3, 111–141.

Yáñez, J.M.; Xu, P.; Carvalheiro, R.; Hayes, B. Genomics applied to livestock and aquaculture breeding. *Evol. Appl.* 2022, 15, 517.

Yildiz, Y.H.; Robaina, L.; Pirhonen, J.; Mente, E.; Domínguez, D.; Parisi, G. Fish Welfare in Aquaponic Systems: Its Relation to Water Quality with an Emphasis on Feed and Faeces—A Review. *Water* 2017, 9, 13.

Zahedi, S.; Akbarzadeh, A.; Mehrzad, J.; Noori, A.; Harsij, M. Effect of stocking density on growth performance, plasma biochemistry and muscle gene expression in rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*). *Aquaculture*, 2019. 498, 271–278.

Zainal, A.G.; Yulianto, H.; Yanfika, H. Financial benefits of the environmentally friendly aquaponic media system. In Proceedings of the IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, Changsha, China, 18–20 September 2020; IOP Publishing: Bristol, UK, 2020; Volume 739, pp. 1–8.

Zarski, D.; Horváth, A.; Bernáth, G.; Krejszef, S.; Radoczi, J.; Palinska-Zarska, K.; Bokor, Z.; Kupren, K.; Urbányi, B. Stimulation of ovulation and spermiation. In

Controlled Reproduction of Wild Eurasian Perch; Springer: Cham, Switzerland, 2017; pp. 33–40.

Zhou, T.; Gui, L.; Liu, M.; Li, W.; Hu, P.; Duarte, D.F.C.; Niu, H.; Chen, L. Transcriptomic responses to low temperature stress in the Nile tilapia, *Oreochromis niloticus*. *Fish Shellfish Immunol.* 2019, 84, 1145–1156.

[https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT\\_GLOBAL.2.105164/Oncorhynchus\\_mykiss](https://explorer.natureserve.org/Taxon/ELEMENT_GLOBAL.2.105164/Oncorhynchus_mykiss)

## 6.2 Ελληνόγλωσσηβιβλιογραφία

Βουλτσιάδου, Ε.; Αμπατζόπουλος Θ.Ι.; Αντωνοπούλου Ε.; Γκάνιας Κ.; Γκέλης Σ.; Στάικου Α.; Τριανταφυλλίδης Α. Υδατοκαλλιέργειες: οργανισμοί, συστήματα παραγωγής, προοπτικές. Τμήμα Βιολογίας Α.Π.Θ. Εκδόσεις ΣΕΑΒ. 2015. Σελ. 1-313. ISBN: 978-960-603-184-7.

Καλτσής, Ι. Ιχθυοκαλλιέργειες ένα τέλειο οικοσύστημα για την ανάπτυξη καλλωπιστικών ψαριών και φυτών. Πτυχιακή Εργασία, Τμήμα Τεχνολογίας Γεωπονίας και Τεχνολογίας Τροφίμων και Διατροφής, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας και Υδατοκαλλιεργειών, Μεσολόγγι, Ελλάδα, 2014.

Λυκάκης Σ., 1996. Υδροβιολογία. Εκδόσεις Συμμετρία. Πάτρα 1992. Αρ. Σελ 224. ISBN-13: 9789602664544.

Μαρτσικάλης, Π. Ιχθυλασιμότητα πληθυσμών Ιριδίζουσας πέστροφας *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum, 1792) στην Ελλάδα. Διδακτορική διατριβή. Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Τμήμα Γεωπονίας, Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος. Βόλος, 2018.

Παπαγεωργίου, Ν. Η πέστροφα και η εκτροφή της. Πανεπιστημιακές Εκδόσεις: Θεσσαλονίκη, Ελλάδα, 1985. Σελ. 10–50.

Παπουτσόγλου, Σ.Ε. Ιχθυοτροφείο; Εκδόσεις Σταμούλης Α: Αθήνα, Ελλάδα, 2008. Σελ. 976.

Πάσχος, Γ., 2004. Ιχθυοκαλλιέργειες Εσωτερικών Υδάτων. Εκδόσεις Θεοδωρίδη. Ιωάννινα. Αρ. Σελ. 15, 71-72.

Σιαπάτης, Κ.; Γαλάνης, Ι. Σύστημα Ενυδρείοπονίας: Ο Συνδυασμός Ιχθυοκαλλιέργειας και Υδροπονίας Φυτών. Διπλωματική Εργασία, Τμήμα Γεωπονικής Επιστήμης και Υδατοκαλλιεργειών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, Βόλος, Ελλάδα, 2018. Σελ. 2–50.

Σταθοπούλου, Π.; Μπερίλλης, Π.; Λεβίζου, Ε.; Σακελλαρίου-Μακραντωνάκη, Μ.; Κορμάς, Α.Κ.; Αγγελάκη, Α.; Καψής, Π.; Βλάχος, Ν.; Μεντέ, Ε. Ενυδρειοπονία: Μια αμοιβαία επωφελής σχέση ψαριών, φυτών και βακτηρίων. In Πρακτικά 3ου Διεθνούς Συνεδρίου Εφαρμοσμένης Ιχθυολογίας & Υδάτινου Περιβάλλοντος, Βόλος, 8–11 Νοεμβρίου 2018. σελίδες 8–11.

Χώτος, Γ.Κ. Υδατοκαλλιέργειες, νερό και ψάρια (θεμελιώδης απαραίτητες γνώσεις). ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας – Υδατοκαλλιέργειών, Εργαστήριο Υδατοκαλλιέργειών, Μεσολόγγι, 2015. Σελ. 1-105.

Χώτος, Γ.Κ. Εντατική υδατοκαλλιέργεια με ανακύκλωση νερού (θεμελιώδης γενικές και τεχνικές γνώσεις). ΤΕΙ Δυτικής Ελλάδας, Τμήμα Τεχνολογίας Αλιείας – Υδατοκαλλιέργειών, Μεσολόγγι, 2016. Σελ. 1-161.