

**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΑΤΙΝΟΥ  
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ**

**ΠΡΟΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**«Επιπτώσεις εκτροφής ιχθύων στο θαλάσσιο περιβάλλον»**

**Αλεξάνδρα Ξενάκη**

**ΒΟΛΟΣ 2021**

**«Επιπτώσεις εκτροφής ιχθύων στο θαλάσσιο περιβάλλον»**

**Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:**

1. **Νικόλαος Νεοφύτου**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Υδατοκαλλιέργειες και Περιβάλλον, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, **Επιβλέπων**
2. **Παναγιώτα Παναγιωτάκη**, Καθηγήτρια, Υδατοκαλλιέργειες, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, **Μέλος**
3. **Κωνσταντίνος Σκόρδας**, Αναπληρωτής Καθηγητής, Περιβαλλοντική Γεωχημεία, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, **Μέλος**

*Στην οικογένειά μου,  
Στον Σπυράκο μου*

## **ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ**

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω σε πέρας την παρούσα Προπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Νικόλαο Νεοφύτου για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας. Επίσης, θα ήθελα να ευχαριστήσω και τα άλλα δύο μέλη, τον Αναπληρωτή Καθηγητή κ. Κωνσταντίνο Σκόρδα και την Καθηγήτρια κα Παναγιώτα Παναγιωτάκη.

Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και ανοχή καθ' όλο το χρονικό διάστημα των σπουδών μου.

## Περίληψη

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η μελέτη των επιπτώσεων από την εκτροφή των ιχθύων στο θαλάσσιο περιβάλλον, τόσο από την εγκατάσταση των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων όσο και από τη λειτουργία τους. Για τον σκοπό αυτό πραγματοποιήθηκε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση και αναλύθηκαν τα αποτελέσματα των σχετικών ερευνών. Η πτυχιακή διατριβή στηρίχτηκε σε ελληνική και ξένη βιβλιογραφία. Από τη βιβλιογραφία που μελετήθηκε φαίνεται ότι οι ιχθυοκαλλιέργειες επιδρούν άμεσα στο υδάτινο περιβάλλον. Οι κύριες επιπτώσεις των ιχθυοκαλλιεργειών συνοψίζονται επιγραμματικά ως εξής:

- Γενετικές αλληλεπιδράσεις: Διαφυγές ειδών από τις υδατοκαλλιέργειες, εισαγωγή νέων ειδών για εκτροφή, αναπαραγωγή ψαριών στους κλωβούς πάχυνσης.
- Μετάδοση ασθενειών μεταξύ εκτρεφόμενων και άγριων ειδών.
- Προσθήκη οργανικού φορτίου στο περιβάλλον.
- Χημική ρύπανση: Βαρέα μέταλλα, χημικά σύμπλοκα και αντιβιοτικά.
- Χρήση φυσικών πόρων για τις ανάγκες των υδατοκαλλιεργειών: Αλιεία άγριων πληθυσμών ψαριών για την παραγωγή ιχθυοτροφών.
- Αλλαγή στην ηθολογία των άγριων ειδών: Συγκέντρωση ψαριών κοντά στις εγκαταστάσεις των υδατοκαλλιεργειών.

Η ανασκόπηση της βιβλιογραφίας έδειξε ότι οι επιπτώσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον εξαρτώνται από το είδος του υδρόβιου οργανισμού που θα εκτραφεί, την υδρογραφία της περιοχής, τον τύπο της τροφής που θα προσφερθεί και τη μορφή διαχείρισης της μονάδας. Τέλος, η ρύπανση του υδάτινου περιβάλλοντος από τις ιχθυοκαλλιέργειες είναι μικρότερη σε σχέση με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες και η κοινωνικοοικονομική προσφορά τους είναι πολύ σημαντική.

## Περιεχόμενα

ΠΡΟΚΑΤΑΡΤΙΚΕΣ ΣΕΛΙΔΕΣ.....	i-v
Περίληψη .....	1
1. Εισαγωγή.....	3
1.1 Ιστορική αναδρομή .....	3
1.2 Η εξέλιξη της ιχθυοκαλλιέργειας.....	4
1.3 Η εκτροφή ιχθύων στην Ελλάδα.....	8
1.4 Συστήματα εκτροφής ιχθύων .....	11
2. Εκτροφή ιχθύων και θαλάσσιο περιβάλλον .....	20
2.1 Γενικά.....	20
2.2 Ποιότητα νερού στις ιχθυοκαλλιέργειες .....	22
3. Συζήτηση.....	27
3.1 Γενικά.....	27
3.2 Επιπτώσεις από την εγκατάσταση ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων.....	34
3.3 Επιπτώσεις από τη λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων.....	37
4. Συμπεράσματα .....	39
Βιβλιογραφία.....	42
Abstract .....	46

# 1. Εισαγωγή

## 1.1 Ιστορική αναδρομή

Οι υδατοκαλλιέργειες ξεκινούν πολύ πίσω στην ιστορία της ανθρωπότητας. Αναφέρεται ότι στην Κίνα από το 2.500 π.Χ. σε πολλά σημεία υπερχειλίσης των ποταμών διατηρούνταν ζωντανά σε τεχνητές λίμνες ορισμένα είδη ψαριών, κυρίως ο κυπρίνος, που στη συνέχεια αλιεύονταν για κατανάλωση (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Το 1.400 μ.Χ. στην Ινδονησία εκτρέφονταν το γαλατόψαρο σε υφάλμυρα νερά, ενώ στην Ευρώπη το 1.765 δημοσιεύτηκε από τον Jacombi (Hannoverschen Magazin) η μέθοδος της τεχνητής γονιμοποίησης της πέστροφας. Οι υδατοκαλλιέργειες αποτελούν έναν σύγχρονο κλάδο παραγωγής τροφίμων σε αντίθεση με τη γεωργία (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Μόλις πριν 100 χρόνια σχεδιάστηκαν τα πρώτα συστήματα εκτροφής στρειδιών στην Ολλανδία, ενώ τη δεκαετία του '40 επετεύχθη η αναπαραγωγή της θαλασσινής γαρίδας *Marsupenaeus Japonicas* στην Ιαπωνία και τη δεκαετία του '60 έγινε η πρώτη αναπαραγωγή του ποταμολάβρακου *Morone Saxatilis* στις ΗΠΑ. Την τελευταία 25ετία η τεχνολογική πρόοδος επέτρεψε την αξιοποίηση των βιολογικών γνώσεων, και έτσι οι υδατοκαλλιέργειες έκαναν αισθητή την παρουσία τους (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Η μεγαλύτερη εξέλιξη στις εκτροφές των υδρόβιων οργανισμών παρατηρούμε ότι έγινε τα τελευταία 30 με 40 χρόνια. Τα χαρακτηριστικά γεγονότα που συνέβησαν σε αυτή την περίοδο ήταν τα παρακάτω (Παπουτσόγλου 1997):

α) Στα ψάρια των γλυκών νερών προσθέτονται και ψάρια από τα θαλάσσια και υφάλμυρα νερά,

β) προσθέτονται συνεχώς στον κατάλογο των εκτρεφόμενων και καλλιεργούμενων υδρόβιων οργανισμών αντιπρόσωποι από όλες σχεδόν τις κατηγορίες των υδρόβιων οργανισμών (μακροφύκη, φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν, μαλάκια, καρκινοειδή, ερπετά και θηλαστικά), και

γ) επιτυγχάνεται από τον άνθρωπο σχεδόν απόλυτα ο έλεγχος, όχι μόνο της διατροφής και όλων σχεδόν των φυσιολογικών και βιολογικών φάσεων των οργανισμών αυτών αλλά και του περιβάλλοντος της εκτροφής τους, δηλαδή του νερού.



Η υδατοκαλλιέργεια αποτελεί έναν αναπτυσσόμενο τομέα στην αλιευτική παραγωγή παγκοσμίως. Αναπτύσσεται διεθνώς με γοργούς ρυθμούς και σε αυτό συνέβαλλαν οι εξής τέσσερις λόγοι (Μπασσιούλη 2014):

- α) η αξιοποίηση των χερσαίων εκτάσεων,
- β) οι θαλάσσιες περιοχές,
- γ) τα σύγχρονα αποτελέσματα της βιοτεχνολογίας και τέλος,
- δ) η ανάγκη των ατόμων για να επενδύσουν σε νέους τομείς.

Οι μονάδες σταδιακά αυτονομούνται, καθετοποιούν την παραγωγή τους και αποκτούν χαρακτηριστικά βιομηχανικής κλίμακας. Ωστόσο όμως υπάρχουν και πολλές εγκαταστάσεις οι οποίες έχουν οικογενειακή μορφή και προσπαθούν και εξειδικεύουν τα προϊόντα τους ή τα συνδυάζουν με άλλες αγροτικές ή κτηνοτροφικές δραστηριότητες. Σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (2018) (Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών), η παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιεργειών αυξάνεται συνεχώς, σε ποσοστό που κυμαίνεται από 10-20%, όχι όμως αναλογικά για όλα τα ψάρια.

Τη μεγαλύτερη ποικιλία στις υδατοκαλλιέργειες τη βρίσκουμε στην Ευρώπη σε σχέση με τα εκτρεφόμενα είδη αλλά και σε σχέση με τους τύπους εκτροφής. Οι υδατοκαλλιέργειες πρώτα ξεκίνησαν να αναπτύσσονται στα εσωτερικά νερά και έπειτα, δηλαδή περίπου την τελευταία 30ετία έγινε η ανάπτυξη των θαλασσοκαλλιεργειών αλλά με πολύ μικρό αριθμό ειδών (Μπασσιούλη 2014).

## **1.2 Η εξέλιξη της ιχθυοκαλλιέργειας**

Γενικά, οι ιχθείς στον πλανήτη αντιπροσωπεύουν το 48,1%, τα θηλαστικά το 10,8%, τα πτηνά το 20,7%, τα ερπετά το 14,4% και τα αμφίβια το 6,0%. Τα ποσοστά αυτά φανερώνουν τη μεγάλη σημασία των ψαριών για τη διατροφή του ανθρώπου και όχι μόνο (Νεοφύτου 2015).

Η αλιευτική παραγωγή τα τελευταία χρόνια μειώνεται συνεχώς και παράλληλα αυξάνεται συνεχώς η ζήτηση για αλιευτικά προϊόντα με αποτέλεσμα να έχουμε παγκόσμιο ενδιαφέρον για την υδρόβια εκτροφή. Η υδατοεκτροφή είναι η ανάπτυξη υδρόβιων οργανισμών σε ελεγχόμενες συνθήκες και έχει ιδιαίτερη σημασία, γιατί είναι

μια νέα μορφή παραγωγής τροφίμων. Με τον όρο υδατοκαλλιέργειες εννοούμε τις προσπάθειες εκείνες του ανθρώπου, που αφορούν κυρίως στην καταβολή εργασίας και ενέργειας, για την εκτροφή και την καλλιέργεια (εκμετάλλευση) των υδρόβιων οργανισμών. Επομένως, οι υδατοκαλλιέργειες είναι η υδάτινη μορφή της χερσαίας φυτικής και ζωικής παραγωγής (Παπουτσόγλου 1997).

Ο κύριος σκοπός των υδατοκαλλιεργειών είναι η άμεση παραγωγή αλιευμάτων ευρείας κατανάλωσης. Ένας άλλος σημαντικός στόχος της υδατοκαλλιέργειας είναι η παραγωγή υδρόβιων οργανισμών οι οποίοι χρησιμοποιούνται είτε ως τροφή για τα καλλιεργούμενα είδη είτε στην παραγωγή διατροφικών και φαρμακευτικών προϊόντων ή προϊόντων βιοτεχνολογίας. Τέλος, συχνά η υδατοκαλλιέργεια στοχεύει στην παραγωγή καλλωπιστικών ειδών και στην παραγωγή γόνου (αυγά, προνύμφες, νεαρά άτομα) με σκοπό τον εμπλουτισμό των φυσικών αποθεμάτων (Βουλτσιάδου και συν. 2015).

Η υδατοκαλλιέργεια για να φτάσει στη σημερινή της μορφή πέρασε από πολλά στάδια και χρειάστηκαν πάρα πολλά χρόνια. Δηλαδή από την συλλεκτική μορφή παραγωγής πέρασε στην ελεγχόμενη εκτροφή. Στις μέρες μας αποτελεί τη μοναδική λύση στο πρόβλημα της διατροφής του ανθρώπου και αυτό φαίνεται από τους παρακάτω λόγους. Πρώτα από όλα, ο πληθυσμός της Γης ολοένα και αυξάνεται με πολύ γρήγορους ρυθμούς και έχει ανάγκη από ποιοτικά τρόφιμα και με χαμηλό κόστος, όπως είναι τα θαλασσινά προϊόντα. Αρχικά, για να καλυφθούν αυτές οι ανάγκες ο κόσμος αντλούσε τα προϊόντα από τη θάλασσα και αυτό οδήγησε σε υπεραλίευση, η οποία προκαλεί την καταστροφή των υδάτινων οικοσυστημάτων, γιατί μειώνεται ο αριθμός των εμπορικών υδρόβιων οργανισμών και κάποιες φορές υπάρχει κίνδυνος να εξαφανιστούν ορισμένοι υδρόβιοι οργανισμοί. Ακόμη, η γεωργία δεν αρκεί για να καλυφθούν οι ανάγκες του ανθρώπου για τρόφιμα. Επίσης, σε πολλές χώρες του κόσμου έχουμε έλλειψη τροφίμων μειωμένης τιμής αλλά υψηλής βιολογικής αξίας. Επομένως, καταλαβαίνουμε ότι είναι πολύ δύσκολο να καλυφθούν οι ανάγκες των ανθρώπων σε θαλάσσια προϊόντα με τη φυσική παραγωγικότητα και για αυτό τον λόγο αναπτύχθηκαν οι υδατοκαλλιέργειες σε αυτό τον βαθμό (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Η εκτροφή ιχθύων ή αλλιώς ιχθυοκαλλιέργεια είναι ένας κλάδος της υδατοκαλλιέργειας όπου στις μέρες μας αναπτύσσεται με ταχύτατους ρυθμούς, παρουσιάζει αλματώδη ανάπτυξη και η παραγωγή τους ανέρχεται σε πολύ υψηλό επίπεδο όσον αφορά την ποιότητα και την ποσότητα. Η ανάπτυξη αυτή οφείλεται κυρίως στις

κατάλληλες κλιματολογικές συνθήκες που επικρατούν. Ακόμη στην ανάπτυξη της ιχθυοκαλλιέργειας συνέβαλε το γεγονός ότι ο ανθρώπινος πληθυσμός αυξάνει με γοργούς ρυθμούς και αναζητά ποιοτικά τρόφιμα, όπως είναι τα θαλάσσια προϊόντα. Σύμφωνα με τα διαθέσιμα στοιχεία και την κατηγοροποίηση του FAO (2018), τα ψάρια αποτέλεσαν σχεδόν το ήμισυ της παγκόσμιας παραγωγής, καθώς ο όγκος παραγωγής ξεπέρασε το 47% του συνόλου των προϊόντων υδατοκαλλιέργειας που παρήχθησαν (Σχ. 1 & 2). Τα σημαντικότερα είδη ψαριών με την μεγαλύτερη παραγωγή είναι η τσιπούρα (*Sparus aurata*), το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) η τιλάπια (*Oreochromis niloticus*), η ιριδοειδής πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) και ο κυπρίνος (*Cyprinus carpio*) (Εικ. 1) (FAO 2018).

***Oncorhynchus mykiss***



***Salmo salar***



***Sparus aurata***



***Dicentrarchus labrax***



***Oreochromis niloticus***



***Cyprinus carpio***

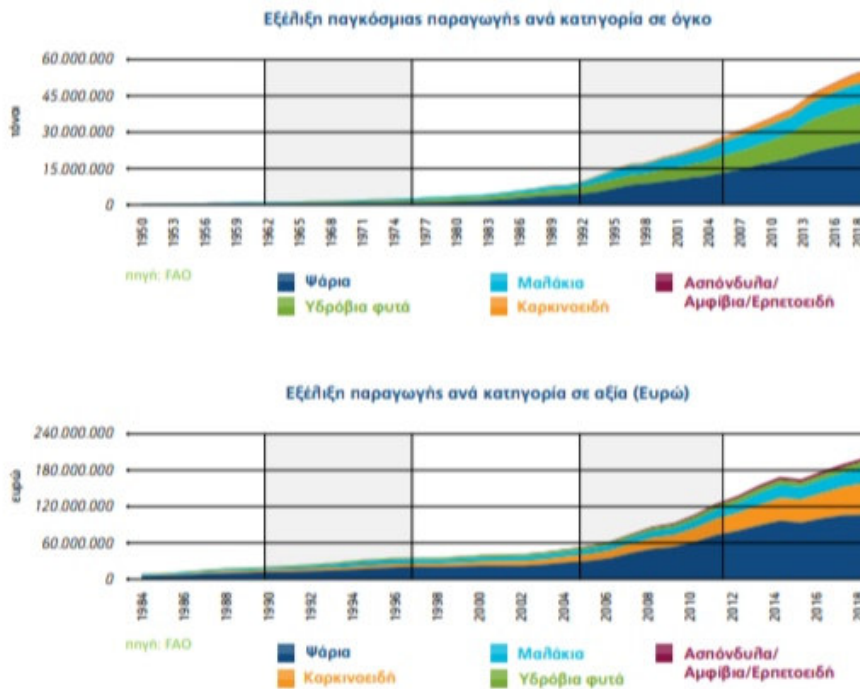


**Εικόνα 1.** Τα σημαντικότερα εκτρεφόμενα ψάρια στην παγκόσμια υδατοκαλλιέργεια (FAO 2018).

Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας ανά κατηγορία το 2018



Σχήμα 1. Παραγωγή υδατοκαλλιέργειας ανά κατηγορία προϊόντων (FAO 2018).

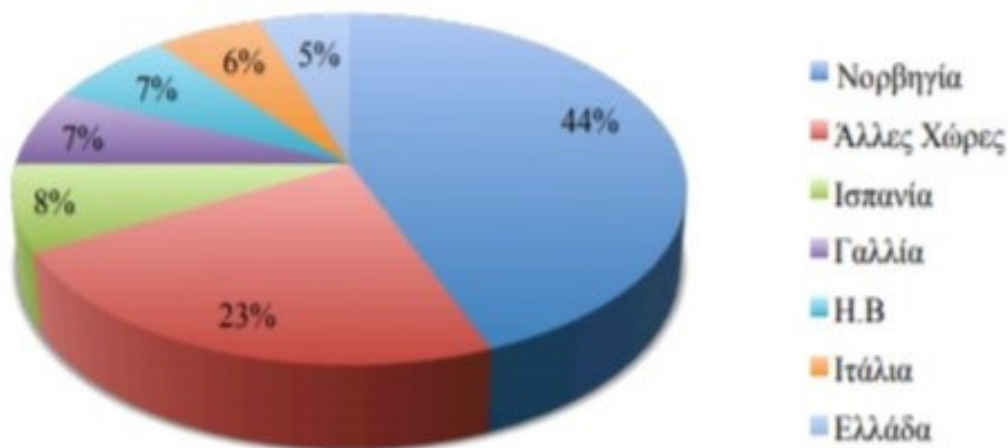


Σχήμα 2. Εξέλιξη παγκόσμιας παραγωγής ανά κατηγορία σε όγκο και σε αξία (Ευρώ) (FAO 2018).

### 1.3 Η εκτροφή ιχθύων στην Ελλάδα

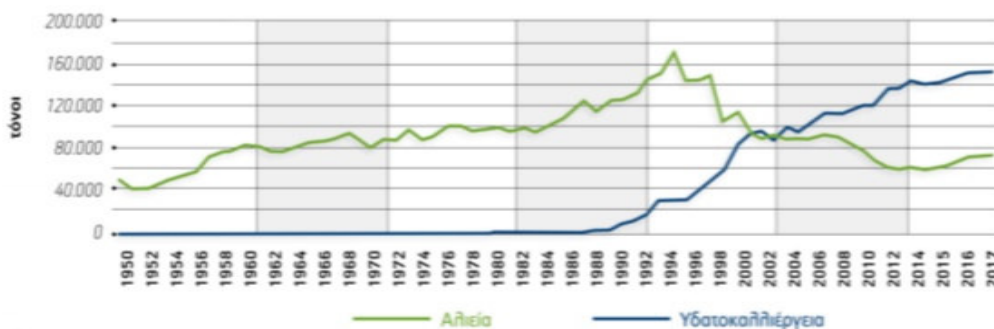
Η Ελλάδα έχει μήκος θαλάσσιας ακτής 15.000 χιλιόμετρα και συνολική επιφάνεια εσωτερικών γλυκών νερών περίπου 180.000 στρέμματα, ενώ παρουσιάζει ετήσιο έλλειμμα αλιευμάτων 60.000 περίπου τόνους (Παπουτσόγλου 1997).

Στην Ελλάδα η ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών άρχισε στα μέσα τις δεκαετίας του 1980. Την τελευταία δεκαετία έχουμε μια αύξηση στον αριθμό των εκτρεφόμενων υδρόβιων οργανισμών. Η ανάπτυξη αυτή στηρίζεται στις ιδανικές γεωμορφολογικές, κλιματολογικές αλλά και υδροβιολογικές συνθήκες, στην ανάπτυξη της τεχνολογίας αλλά και στο έντονο επενδυτικό ενδιαφέρον. Η αύξηση του αριθμού των υδρόβιων οργανισμών που εκτρέφονται σήμερα στον Ελληνικό χώρο συνδέεται με την εκτροφή ασιατικών ειδών κυπρίνων, χελιών και θαλάσσιων ευρύαλων ψαριών, όπως είναι η τσιπούρα και το λαβράκι. Αρχικά το μοναδικό είδος που εκτρέφονταν στην Ελλάδα ήταν η πέστροφα. Το 2013 η Ελληνική ιχθυοκαλλιέργεια παράγαγε σχεδόν 145.000 τόνους αλιευμάτων κατέχοντας την έκτη θέση σε παραγωγή στην Ευρώπη σε σύνολο 40 κρατών σύμφωνα με στοιχεία του FAO (2016) (Σχ. 3).



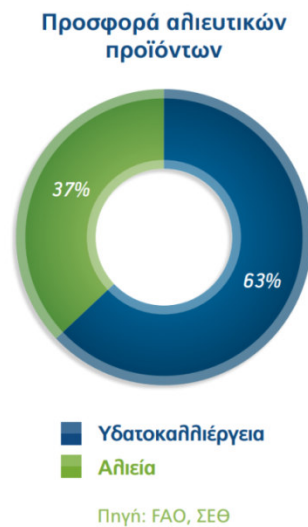
**Σχήμα 3.** Σημαντικότερες χώρες παραγωγής στην Ευρωπαϊκή υδατοκαλλιέργεια και αντίστοιχα ποσοστά που καταλαμβάνουν επί του συνόλου της Ευρωπαϊκής παραγωγής σύμφωνα με τα στοιχεία του FAO (2016).

Οι τάσεις παραγωγής είναι εντυπωσιακά αυξητικές σε αντίθεση με την εμπορική αλιεία, όπου η παραγωγή τα τελευταία χρόνια παρουσιάζει κάμψη. Αξίζει να υπογραμμιστεί ότι από το 2004 και μετά το 50% και άνω των αλιευμάτων προέρχεται από την υδατοκαλλιέργεια, ενώ το 2017 άγγιξε το εντυπωσιακό ποσοστό του 62% (FAO 2018) (Σχ. 4).



**Σχήμα 4.** Στοιχεία παραγωγής υδατοκαλλιεργειών και αλιευμάτων για την Ελλάδα από το 1950 έως σήμερα (FAO 2018).

Η υδατοκαλλιέργεια και κυρίως η ιχθυοκαλλιέργεια αποτελεί στην Ελλάδα έναν από τους πιο σημαντικούς κλάδους του πρωτογενούς τομέα ζωικής παραγωγής, λόγω της συμβολής της στην οικονομική ανάπτυξη και την κοινωνική συνοχή της χώρας. Ενδεικτικά αναφέρεται πως το 1980 μόλις το 2% της εγχώριας προσφοράς αλιευτικών προϊόντων προερχόταν από την υδατοκαλλιέργεια και το υπόλοιπο 98% από τη συλλεκτική αλιεία. Η αναλογία αυτή άρχισε να μεταβάλλεται και σύμφωνα με τα τελευταία διαθέσιμα στοιχεία του FAO (2018), το 63% της εγχώριας παραγωγής προήλθε από την υδατοκαλλιέργεια και το υπόλοιπο 37% από τη συλλεκτική αλιεία (Σχ. 5).



**Σχήμα 5.** Προσφορά αλιευτικών προϊόντων στην Ελλάδα (FAO 2018, ΣΕΘ 2020).

Το 2019 η συνολική παραγωγή υδατοκαλλιέργειας ανήλθε στους 149.975 τόνους αξίας 564,6 εκ. ευρώ. Το 63% της εγχώριας παραγωγής αλιευτικών προϊόντων προέρχεται από την υδατοκαλλιέργεια και το 37% από την αλιεία (Σχ. 5). Τα κύρια είδη εκτροφής είναι τα ψάρια ιχθυοκαλλιέργειας και τα όστρακα που αποτελούν το 85% και το 15%, αντίστοιχα, του συνολικού όγκου παραγωγής. Το 2019 η παραγωγή τσιπούρας και λαβρακίου ανήλθε σε 120.500 τόνους παρουσιάζοντας αύξηση 3% σε σχέση με το προηγούμενο έτος. Επίσης, τα ψάρια και τα αλιευτικά προϊόντα αποτελούν τον πρώτο εξαγωγικό κλάδο ζωικής παραγωγής της χώρας (ΣΕΘ 2020).

Ακόμη στον ελληνικό χώρο οι υδατοκαλλιέργειες ακολούθησαν σχεδόν την ίδια πορεία με αυτή του ευρωπαϊκού χώρου. Έτσι, πολλές περιοχές της χώρας μας οι οποίες αποτελούσαν και εξακολουθούν να αποτελούν τόπους φυσικής ανάπτυξης πολλών, αξιόλογης εμπορευσιμότητας, υδρόβιων οργανισμών, υπήρξαν εκείνες στις οποίες εφαρμόστηκαν για πρώτη φορά μέθοδοι εγκλωβισμού ψαριών. Οι μέθοδοι αυτές, οι οποίες σε πολλές περιπτώσεις εφαρμόζονται και σήμερα ακόμα, συνίσταται κυρίως από ενέργειες και διαδικασίες οι οποίες έχουν σκοπό να εμποδιστεί η τοπικού σχεδόν χαρακτήρα μετανάστευση ψαριών (τσιπούρα, λαβράκι, κέφαλος) από ημίκλειστες φυσικές θαλασσινές ή υφάλμυρες υδάτινες εκτάσεις, στην ανοιχτή θάλασσα. Ο

συντονισμός επομένως των ψαριών αυτών στα σημεία επαφής των υδάτινων αυτών εκτάσεων δημιούργησε την ιδέα παγιδεύσεως των ψαριών, με σκοπό την εύκολη αλιεία τους, ενέργεια που στην περίπτωση αυτή θα μπορούσε να την αποκαλέσει κανείς απλή συλλογή ή σύλληψη (Παπουτσόγλου 1997).

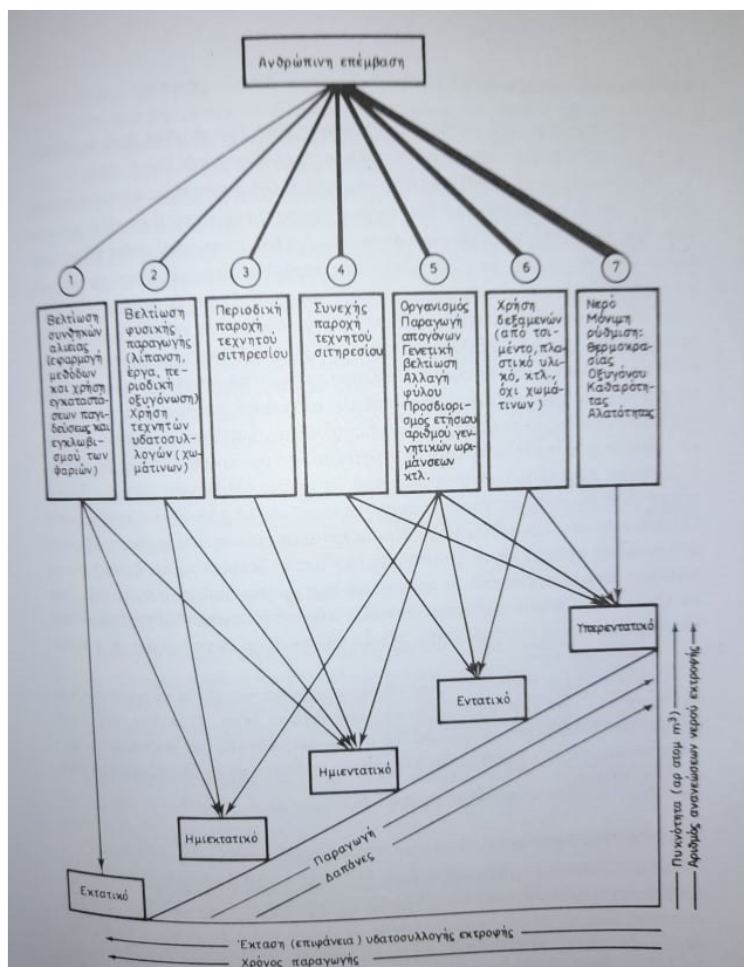
Οι υδατοκαλλιέργειες έχουν πολύ μεγάλη σημασία στην Ελλάδα, γιατί τα προϊόντα του υδάτινου περιβάλλοντος βρίσκουν τον Έλληνα καταναλωτή έναν από τους καλύτερους καταναλωτές, και αυτό γιατί ο ελληνικός λαός είναι πολύ κοντά στην θάλασσα, οπότε έχει δημιουργηθεί μια έντονη παράδοση για τα προϊόντα του υδάτινου περιβάλλοντος (Παπουτσόγλου 1997).

#### **1.4 Συστήματα εκτροφής ιχθύων**

Τα συστήματα εκτροφής που χρησιμοποιούνται σε μια υδατοκαλλιέργεια έχουν σκοπό να εξασφαλίσουν όλα τα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά του νερού τα οποία είναι απαραίτητα για την εκτροφή και την καλλιέργεια των υδρόβιων οργανισμών, για να έχουμε την καλύτερη εκμετάλλευση των φυσικών και των τεχνητών υδατοσυλλογών, καθώς και των δεξαμενών. Δηλαδή, προσπαθούμε να έχουμε τη μέγιστη δυνατή παραγωγή με τη συνεχή καταλληλότητα του νερού για την εκτροφή και καλλιέργεια των οργανισμών (Παπουτσόγλου 1997).

Ανάλογα με το περιβάλλον που βρίσκεται η παραγωγή των υδρόβιων οργανισμών διακρίνεται σε εκτατικό, ημί-εκτατικό, ημί-εντατικό, εντατικό και υπερεντατικό (Σχ. 6).



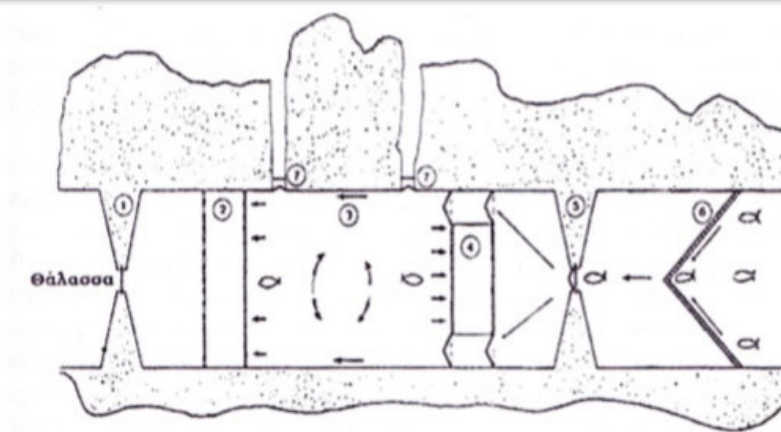


**Σχήμα 6.** Συστήματα Παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών σε σχέση με το είδος και την ένταση της ανθρώπινης επεμβάσεως, τις δαπάνες, την έκταση της δεξαμενής ή της υδατοσυλλογής, τη χρονική διάρκεια της εκτροφής, το ύψος της παραγωγής και τον αριθμό των ανανεώσεων του νερού της εκτροφής στη μονάδα του χρόνου. Το αυξανόμενο πάχος των γραμμών στα είδη της ανθρώπινης επεμβάσεως υποδηλώνει την αυξανόμενη έντασή της, από την άποψη των εργασιών, των δαπανών και της ενέργειας που καταβάλλονται (Παπουτσόγλου 1997).

#### A) Εκτατικό σύστημα

Αυτός ο τύπος εκτροφής αντιπροσωπεύει την παραδοσιακή μορφή ιχθυοκαλλιέργειας. Στον εκτατικό τύπο ο άνθρωπος επεμβαίνει μόνο σε ότι αφορά τον

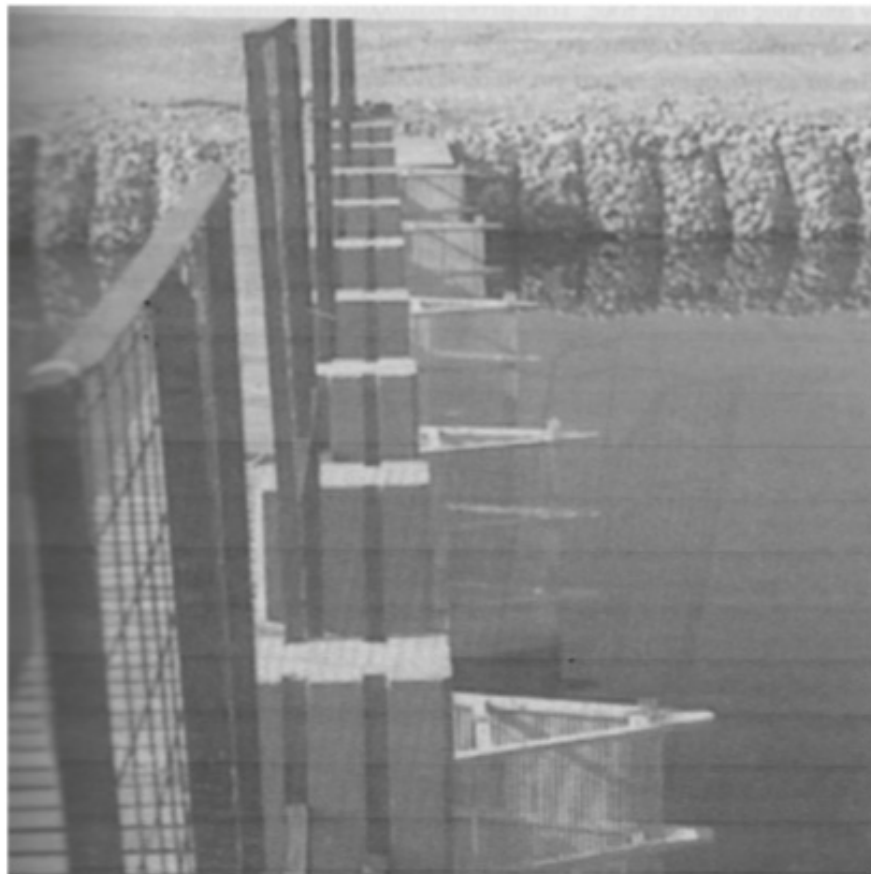
εγκλωβισμό των οργανισμών για να κάνει στη συνέχεια εύκολη την σύλληψή τους. Αυτό το σύστημα εφαρμόζεται σε όλα τα είδη ψαριών μέσα στις λιμνοθάλασσες. Σε αυτό το σύστημα ο άνθρωπος δεν επεμβαίνει καθόλου στη διατροφή των ψαριών και τα ψάρια τρέφονται μόνο από το φυσικό τους περιβάλλον. Αυτό το σύστημα βασίζεται κυρίως στις μεταναστεύσεις των ψαριών. Μετά την εκκόλαψη των αυγών, για μικρό ή μεγάλο χρονικό διάστημα παραμονής των ιχθυδίων στην ανοιχτή θάλασσα, ακολουθεί η μετανάστευση και η είσοδός τους σε ημίκλειστες παράκτιες περιοχές, όπου οι φυσικοχημικές και βιολογικές συνθήκες τους, παρέχουν σε αυτά κατάλληλο περιβάλλον αναπτύξεως (Εικ. 2). Αυτή την εποχή της εισόδου των ιχθυδίων, οι ελεγχόμενες εισοδοί είναι ανοιχτές, κλείνουν μετά την μαζική είσοδο των ιχθυδίων και παραμένουν κλειστές μέχρι την επόμενη περίοδο (Εικ. 3) (Παπουτσόγλου 1997).



**Εικόνα 2.** Σχηματική παράσταση σύγχρονης ιχθυοσυλληπτικής εγκατάστασης ιχθύων. Όπου: 1 και 5 αμμονησίδες οριοθέτησης λιμνοθάλασσας, 2 κύριο διαμέρισμα συγκέντρωσης ψαριών, 3 λεκάνη συλλογής και εξαλίευσης ψαριών, 4 δευτερεύον διαμέρισμα συλλογής ψαριών, 6 διαφράγματα σε σχήμα δρομίδας μεταξύ ιχθυοτροφείου και λεκάνης συλλογής των ψαριών, 7 δίοδοι διαφυγής ψαριών μικρού μεγέθους για την επιστροφή τους στη λιμνοθάλασσα (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Όταν το περιβάλλον αυτό αλλοιωθεί, κυρίως από την άποψη της θερμοκρασίας του νερού ή όταν οι οργανισμοί για λόγους κυρίως γεννητικής ωριμότητας προσπαθήσουν να επιστρέψουν στην ανοιχτή θάλασσα, εγκλωβίζονται σε κατάλληλες κατασκευές, από τις

οποίες αλιεύονται εύκολα. Αυτό το σύστημα είναι από τα παλαιότερα που χρησιμοποίησε ο άνθρωπος, με σκοπό τον έλεγχο της παραγωγής των φυσικών υδατοσυλλογών. Στα έξοδα αυτού του συστήματος συγκαταλέγονται αυτά της κατασκευής, της συντήρησης, καθώς και των αλιεργατών. Τονίζεται ότι η παραγωγικότητα του συστήματος αυτού είναι από τις πιο χαμηλές και αντίστροφα ανάλογη με τη χρησιμοποιούμενη υδάτινη έκταση (Παπουτσόγλου 1997).



**Εικόνα 3.** Σύγχρονη ιχθυοσυλληπτική εγκατάσταση, με κατάλληλη τοποθέτηση των δρομίδων στην ιχθυοσυλληπτική – εσοδευτική εγκατάσταση, στην είσοδο της λιμνοθάλασσας του ΙΧΘΥΚΑ Α.Ε. (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

#### B) Ημιεκτατικό σύστημα

Σε αυτό το σύστημα εκτροφής ο άνθρωπος επιδιώκει κυρίως την αύξηση και την απόδοση της πρωτογενούς παραγωγής μιας τεχνητής υδατοσυλλογής, με σκοπό την

αύξηση της τελικής παραγωγικότητας. Η βελτίωση της βιολογικής δραστηριότητας της υδατοσυλλογής πετυχαίνεται με κατάλληλα χωματουργικά κυρίως έργα που αποσκοπούν στην καλύτερη κυκλοφορία του νερού και στην εύκολη σύλληψη των οργανισμών, καθώς και με την χρησιμοποίηση οργανικής ή ανόργανης λιπάνσεώς τους (Παπουτσόγλου 1997).

### Γ) Ημιεντατικό σύστημα

Σε αυτό το σύστημα ο άνθρωπος παράλληλα με τη βελτίωση των συνθηκών συλλήψεως-αλιείας των οργανισμών, βελτιώνει και την πρωτογενή παραγωγή και η ανθρώπινη επέμβαση εκδηλώνεται και με την παροδική παροχή τεχνητού σιτηρεσίου ή γενικότερα κάποιου σιτηρεσίου στους εκτρεφόμενους οργανισμούς. Δηλαδή, οι οργανισμοί τρέφονται κυρίως από το περιβάλλον και η παροδική παροχή σιτηρεσίου έχει συμπληρωματικό χαρακτήρα (Παπουτσόγλου 1997). Αυτό το σύστημα εφαρμόζεται κυρίως στα υφάλμυρα νερά και στις λιμνοθάλασσες και συνίσταται στην τοποθέτηση γόνου σε χωμάτινες δεξαμενές (Αρφαρά 1994) (Εικ. 4).

Επίσης, στον ημιεντατικό τύπο εκτροφής η παραγωγή μπορεί να επιτευχθεί και στα περικόλιστα (Εικ. 5). Τα περικόλιστα τοποθετούνται σε εξαιρετικά μικρά βάθη, μικρότερα των 10 m, και πάντα σε προφυλαγμένες παράκτιες περιοχές. Τα υλικά κατασκευής τους αποτελούνται από μεγάλους πασσάλους που στερεώνονται στο βενθικό υπόστρωμα. Στους πασσάλους αυτούς, από τον πυθμένα και μέχρι ένα με ενάμισι μέτρο πάνω από την επιφάνεια της θάλασσας, για να μη διαφεύγουν οι εκτρεφόμενοι οργανισμοί στη διάρκεια έντονων καιρικών φαινομένων που δημιουργούνται κύματα μεγάλου ύψους, τοποθετείται δίχτυ με κατάλληλο άνοιγμα ματιού (Milne, 1970). Στον χώρο που με αυτό τον τρόπο περιφράσσεται, από μερικές δεκάδες έως και εκατοντάδες m<sup>2</sup>, τοποθετούνται τα είδη που θα εκτραφούν, κυρίως ευρύαλα είδη ψαριών, αλλά και δεκάποδα καρκινοειδή (γαρίδες, αστακοί), γαστερόποδα κ.ά. Στα περικόλιστα, συνήθως, εφαρμόζεται το ημιεντατικό σύστημα εκτροφής, δεδομένου ότι η παραγωγικότητα του χώρου ο οποίος οριοθετείται από τα περικόλιστα δεν επαρκεί για τη διατροφή των εκτρεφόμενων οργανισμών, αφού η αυξημένη πυκνότητά τους απαιτεί την προσφορά συμπληρωματικής τροφής (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).



**Εικόνα 4.** Ημιεντατικός τύπος υδατοκαλλιέργειας (Πηγή: <https://www.flickr.com/photos/usdagov/8579028555>).



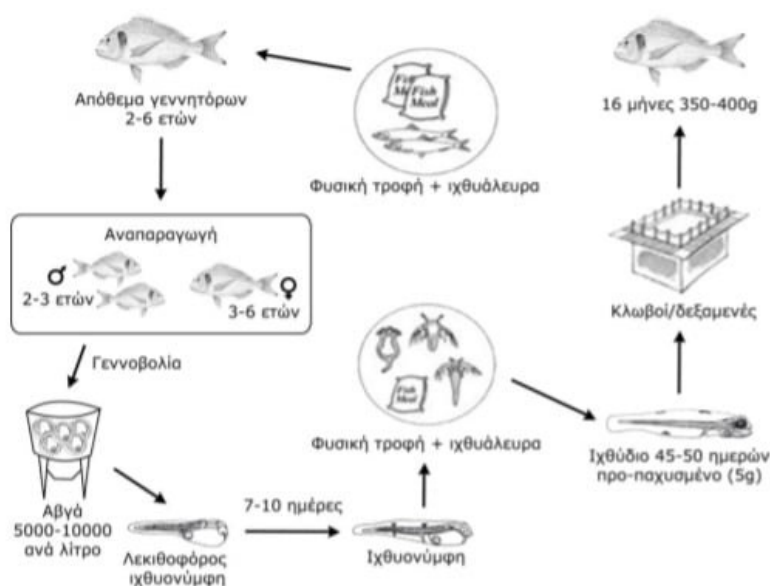
**Εικόνα 5.** Περίκλειστο, στο οποίο φαίνονται τα βασικά υλικά κατασκευής του (πάσσαλοι και δίχτυα) (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

#### Δ) Εντατικό σύστημα

Στον εντατικό τύπο τα επίπεδα της ανθρώπινης συμβολής και ελέγχου είναι τα μέγιστα. Η πυκνότητα ή φόρτιση των εκτρεφόμενων οργανισμών (αριθμός ατόμων ανά μονάδα όγκου νερού) είναι πολύ μεγάλη, ενώ γίνεται εκτεταμένη χρήση τεχνητής τροφής που μπορεί επιπλέον να συνοδεύεται και από χορήγηση βιταμινών, ιχνοστοιχείων και αντιβιοτικών. Αυτά τα συστήματα έχουν πολύ υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις και συχνά η παραγωγή ζωικής πρωτεΐνης είναι πιο ενεργοβόρα σε σχέση με τους άγριους πληθυσμούς (Βουλτσιάδου και συν. 2015).

Τα αρχικά στάδια στα εντατικά συστήματα εκτροφής ακολουθούν τις εξής φάσεις: την τεχνητή αναπαραγωγή, την εκτροφή των ιχθυοσυμφών, την αποκοπή και την προπάχυνση (Εικ. 6). Η εντατική προπάχυνση μπορεί να πραγματοποιηθεί σε χερσαίες εγκαταστάσεις με ορθογώνιες δεξαμενές από σκυρόδεμα που ποικίλουν σε μέγεθος ανάλογα με το μέγεθος των ψαριών και τις απαιτήσεις της παραγωγής. Η προπάχυνση μπορεί επίσης να πραγματοποιηθεί σε θαλάσσιους κλωβούς, είτε σε προφυλαγμένες ή ημιεκτεθειμένες τοποθεσίες (πλωτοί κλωβοί) ή σε εντελώς εκτεθειμένες τοποθεσίες (ημιυποβρύχιοι ή υποβρύχιοι κλωβοί). Τα εντατικά συστήματα ενδέχεται να εφοδιάζονται με ιχθύδια που προέρχονται από ανεξάρτητα εκκολαπτήρια. Οι μεγάλες όμως μονάδες εκτροφής βασίζονται συνήθως σε παράγωγη γόνου που γίνεται στα δικά τους εκκολαπτήρια. Στα εντατικά συστήματα εκτροφής, ο συντελεστής μετατρεψιμότητας της τροφής είναι συνήθως πολύ ευνοϊκός (Βουλτσιάδου και συν. 2015).

Όταν η εκτροφή γίνεται σε δεξαμενές, επειδή οι ιχθυοφορτίσεις είναι πολύ μεγάλες είναι απαραίτητη η αυξημένη παροχή οξυγόνου για να εξασφαλιστεί η επιβίωση των ψαριών. Υπό εξαιρετικές συνθήκες (18-26°C), τα νεαρά άτομα που προέρχονται από μονάδες προπάχυνσης μπορούν να φτάσουν το πρώτο εμπορικό μέγεθος (350-400 g) σε περίπου έναν χρόνο (Βουλτσιάδου και συν. 2015).



**Εικόνα 6.** Κύκλος παραγωγής τσιπούρας σε εντατικό σύστημα καλλιέργειας (Βουλτσιάδου και συν. 2015).

Το εντατικό σύστημα είναι τελείως ανεξάρτητο από τη βιολογική δραστηριότητα του νερού. Ενώ αντίθετα η εφαρμογή του προϋποθέτει την ύπαρξη των φυσικοχημικών εκείνων συνθηκών του νερού που θεωρούνται κατάλληλες για την ταχύτερη ανάπτυξη του οργανισμού που θα επιλεγεί. Σε αυτό το σημείο οι οργανισμοί που χρησιμοποιούνται προέρχονται είτε από τους ιχθυογεννητικούς σταθμούς είτε από το φυσικό τους περιβάλλον. Αυτό το σύστημα έχει αυξημένα έξοδα και παράλληλα έχει αυξημένη παραγωγή. Οι οργανισμοί που εκτρέφονται σε αυτά τα συστήματα είναι η πέστροφα, το χέλι, η τσιπούρα και το λαβράκι (Παπουτσόγλου 1997).

#### Ε) Υπερεντατικό σύστημα

Στο υπερεντατικό σύστημα η ανθρώπινη επέμβαση περνά στη μεταβολή -προς τα επιθυμητά επίπεδα- των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών του νερού. Κυρίως της θερμοκρασίας αλλά και της περιεκτικότητάς του σε οξυγόνο. Δεν αποκλείεται επίσης και η μεταβολή της αλατότητας του νερού, όταν είναι επιθυμητή, ενώ καταβάλλεται ιδιαίτερη προσπάθεια για τη συνεχή χρήση καθαρού νερού (Παπουτσόγλου 1997).

Η χρησιμοποίηση του συστήματος αυτού απαιτεί σχετικά μεγάλες ποσότητες νερού, του οποίου η επιθυμητή θερμοκρασία, καθώς και ο κορεσμός του σε οξυγόνο είναι αποτέλεσμα της ανθρώπινης επεμβάσεως. Το γεγονός αυτό όπως είναι ευνόητο αυξάνει

το κόστος παραγωγής, γιατί απαιτούνται δαπάνες συνεχούς παροχής τεχνητού σιτηρεσίου, αγοράς ή παραγωγής των μικρών ατόμων του οργανισμού που θα εκτραφεί και κατασκευής και συντηρήσεως των δεξαμενών εκτροφής. Αυτό το σύστημα έχει την μεγαλύτερη παραγωγή από όλα τα συστήματα αλλά έχει και τα περισσότερα έξοδα (Παπουτσόγλου 1997).



## 2. Εκτροφή ιχθύων και θαλάσσιο περιβάλλον

### 2.1 Γενικά

Οι υδατοκαλλιέργειες στην πρωτόγονή τους μορφή εφαρμόστηκαν από λαούς οι οποίοι δεν αναγκάζονταν ή δεν συνήθιζαν να μετακινούνται από μία περιοχή σε άλλη. Οι εκτατικές ιχθυοκαλλιέργειες που πραγματοποιούνταν στις λιμνοθάλασσες είχαν μικρή απόδοση και υπήρχε αδυναμία αλιευτικής παραγωγής για να καλυφθεί η ανάγκη των ανθρώπων για τη ζήτηση των αλιευτικών προϊόντων, οπότε ο άνθρωπος ξεκίνησε να εφαρμόζει άλλα συστήματα για να έχει αποτελεσματικότερο και καλύτερο έλεγχο της εκτροφής του. Οι κυριότεροι παράγοντες οι οποίοι συνέβαλλαν στη σημερινή ανάπτυξη των ιχθυοκαλλιεργειών ήταν τρεις (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2010).

Πρώτα από όλα η ικανότητα διατήρησης σε αιχμαλωσία των ενήλικων ατόμων των διαφόρων ειδών για αναπαραγωγή, τα οποία κάτω από άριστες συνθήκες παραμονής και διατροφής, είτε χωρίς καμία επέμβαση, είτε με τη βοήθεια ορμονικών σκευασμάτων και με τον κατάλληλο έλεγχο των περιβαλλοντικών συνθηκών (θερμοκρασία, ένταση και διάρκεια φωτός) απελευθερώνουν βιώσιμα αυγά.

Δεύτερον η ικανότητα παραγωγής σε μεγάλες ποσότητες ζωντανών τροφών (φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού) για την ικανοποίηση των τροφικών απαιτήσεων των αρχικών σταδίων των εκτρεφόμενων ειδών κατά τη μετάβαση από την ενδογενή στην εξωγενή φάση διατροφής.

Και τρίτον η ικανότητα παρασκευής συμπύκτων (pellets), για την ικανοποίηση των διατροφικών απαιτήσεων των ατόμων στη διάρκεια της εκτροφής τους.

Τα σύμπηκτα περιέχουν όλα τα απαιτούμενα συστατικά για τη σωστή διατροφή των εκτρεφόμενων οργανισμών, και επίσης καταλαμβάνουν περιορισμένους χώρους αποθήκευσης και μπορούν να χορηγηθούν οπουδήποτε και σε οποιαδήποτε στιγμή. Αντιθέτως, οι παραδοσιακές νωπές τροφές που χρησιμοποιούνταν στο παρελθόν (χαμηλής ποιότητας ψάρια), απαιτούσαν τεράστιους ψυκτικούς αποθηκευτικούς χώρους (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2010).

Η επανάσταση στις υδατοκαλλιέργειες προήλθε το 1970 από τη Νορβηγία, όταν χρησιμοποιήθηκαν για πρώτη φορά ιχθυοκλωβοί στην εκτροφή της πέστροφας και του

σολομού, αν και η πρώτη χρήση κλωβών έγινε το 1966 στις ΗΠΑ, για την εκτροφή του γατόψαρου *Ictalurus punctatus* (Pillay 1979).

Με τη χρήση των ιχθυοκλωβών η παραγωγή της πέστροφας μέσα σε μια δεκαετία αυξήθηκε από 100 τόνους στους 6.000 τόνους και του σολομού από 540 τόνους στους 23.000 τόνους. Σήμερα η παράγωγή σολομού στη Νορβηγία έχει ξεπεράσει τους 700.000 τόνους. Η χρήση του πλωτού ιχθυοκλωβού επομένως, έδωσε μια νέα διάσταση στις δυνατότητες και τις προοπτικές των υδατοκαλλιέργειών και συνέβαλε αποφασιστικά στην καθιέρωσή τους σε παγκόσμιο επίπεδο, ως η εναλλακτική λύση για την κάλυψη της ζήτησης των ιχθυηρών που αδυνατεί να καλύψει η μη αυξανόμενη πλέον αλιευτική παραγωγή (Beveridge 2004).

Η εκτροφή σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς, λόγω του ότι μπορούν να τοποθετηθούν όπου υπάρχει υδάτινος όγκος γλυκού ή αλμυρού νερού, έδωσε στις υδατοκαλλιέργειες μια ικανότητα εφαρμογής σε όλα τα μήκη και τα πλάτη της Γης. Επίσης, η χρήση των πλωτών κλωβών επέτρεψε τη θεαματική αύξηση της εκτρεφόμενης βιομάζας χωρίς τη χρήση αντλιών ή παροχής πρόσθετης ποσότητας οξυγόνου, γεγονός που μείωσε σημαντικά το κόστος εκτροφής και έκανε τις παλαιές αποδόσεις, ανά μονάδα επιφάνειας των χερσαίων εγκαταστάσεων, να φαντάζουν περισσότερο ασήμαντες. Και αυτό γιατί οι αποδόσεις σε παραγόμενη βιομάζα ψαριών σε αβαθείς λιμνοθάλασσες ήταν περίπου οι ίδιες με τις αποδόσεις των ίδιων εκτάσεων, εάν αυτές ήταν δυνατό να αξιοποιηθούν ως γεωργική γη (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Οι ιχθυομονάδες αποτελούν μέρος του ίδιου του περιβάλλοντος και επιδρούν άμεσα σε αυτό εφόσον το σύνολο των αποβλήτων τους αποτίθεται ανεξέλεγκτα μέσα σε αυτό, χωρίς τη δυνατότητα κάποιου είδους επεξεργασίας. Ταυτόχρονα το υδάτινο περιβάλλον επιδρά στη λειτουργία μιας μονάδας εκτροφής και καθορίζει την επιτυχία ή την αποτυχία της, καθώς οι μεταβολές των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού έχουν άμεση επίδραση στον ρυθμό ανάπτυξης των εκτρεφόμενων οργανισμών, αλλά και η όποια μορφή επιβάρυνσης προκληθεί στο υδάτινο περιβάλλον από την εκτροφή των ιχθύων επιδρά άμεσα στην υγιεινή κατάσταση και την επιβίωση των ίδιων των εκτρεφόμενων οργανισμών (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος, 2010).

Γενικά, περίπου το 52-95% του αζώτου, το 85% του φωσφόρου και το 80-88% του άνθρακα, που προσφέρεται στη θαλάσσια ιχθυοκαλλιέργεια ως τροφή των ιχθύων μπορεί να εισέλθει στο υδάτινο περιβάλλον μέσω των υπολειμμάτων τροφής των οργανισμών

και των απεκκρίσεών τους (ούρα, κόπρανα) (Wu 1995). Αυτό έχει ως αποτέλεσμα να μεταβάλλεται η ποιότητα του νερού και σε ορισμένες περιπτώσεις να δημιουργείται το φαινόμενο του ευτροφισμού (Dosedat 2001). Αυτό το γεγονός έχει αρνητικές προεκτάσεις και για την ίδια τη μονάδα, αφού οποιαδήποτε υποβάθμιση του φυσικού περιβάλλοντος είναι πολύ πιθανό να μειώσει την αποτελεσματικότητα της εκτροφής.

## 2.2 Ποιότητα νερού στις ιχθυοκαλλιέργειες

Καθώς στην παρούσα εργασία μελετώνται οι περιβαλλοντικές επιπτώσεις από την εγκατάσταση και τη λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων καλό θα ήταν να αναφερθούν τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού, δηλαδή εκείνα που μας επιτρέπουν να χαρακτηρίσουμε το νερό καλής ποιότητας. Τα ποιοτικά χαρακτηριστικά σε μια ιχθυοκαλλιεργητική μονάδα καθορίζονται άμεσα από το είδος του οργανισμού το οποίο εκτρέφεται (Κλαουδάτος 2005).

Στις υδατοκαλλιέργειες οι παράμετροι που διαμορφώνουν την ποιότητα του νερού είναι πολλοί και ουσιώδεις. Οι περισσότεροι σημαντικοί είναι (Κλαουδάτος 2005):

- Η θερμοκρασία
- Η αλατότητα
- Το διαλυμένο οξυγόνο
- Η ενεργός οξύτητα (pH)
- Το διοξείδιο του άνθρακα
- Η αμμωνία
- Τα νιτρώδη
- Τα νιτρικά
- Τα φωσφορικά
- Το υδρόθειο
- Τα διαλυμένα στο νερό στερεά

Η γνώση αυτών των παραμέτρων βοηθά στην αξιολόγηση της μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας και έτσι μπορεί να αποφευχθεί η δημιουργία σημαντικών προβλημάτων, τόσο στο περιβάλλον όσο και στην ιχθυοτροφική δραστηριότητα.

Οι άριστες τιμές μερικών παραμέτρων δεν έχουν προσδιοριστεί για πολλά είδη ψαριών αλλά βασιζόμενοι σε μακροχρόνια πειράματα με στόχο την ανεύρεση των θανατηφόρων συγκεντρώσεων για τα είδη αυτά γνωρίζουμε τα όρια μέσα στα οποία επιβιώνουν. Κατά συνέπεια είμαστε σε θέση να καθορίσουμε ή να επιλέξουμε τις ασφαλείς συγκεντρώσεις στο νερό που χρησιμοποιείται για υδατοκαλλιεργητική χρήση (Tiews 1981).

#### ➤ **Θερμοκρασία**

Η θερμοκρασία του νερού επιδρά ουσιαστικά στη διαμόρφωση του ρυθμού μεταβολισμού και στην κατανάλωση του οξυγόνου από τα εκτρεφόμενα είδη. Για τον λόγο αυτό είναι η βασική παράμετρος για την αξιολόγηση της καταλληλότητας ή όχι μιας περιοχής για υδατοκαλλιέργεια (Κλαουδάτος 2005).

Επίσης, η θερμοκρασία είναι η πλέον σημαντική μεταβλητή σε ένα υδάτινο περιβάλλον για το σύνολο των υδρόβιων οργανισμών, επειδή μεταξύ άλλων επηρεάζει (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010):

- Τη διαλυτότητα στο νερό των φυσικών αερίων (οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα κ.ά.).
- Την πρωτογενή παραγωγικότητα στα παράκτια οικοσυστήματα.
- Την αναπαραγωγική ικανότητα και τον ρυθμό ανάπτυξης όλων των υδρόβιων οργανισμών.
- Τη διαδικασία αποσύνθεσης-διάσπασης των οργανικών ενώσεων.
- Τη διαλυτότητα των στερεών ενώσεων όπως του ανθρακικού ασβεστίου κ.ά.

#### ➤ **Αλατότητα**

Η αλατότητα επηρεάζει έμμεσα του οργανισμούς, γιατί η μεταβολή της προκαλεί τροποποίηση της φυσικοχημικής κατάστασης του νερού (ωσμωρύθμιστική λειτουργία του οργανισμού κ.ά.). Οι οργανισμοί ανάλογα με το εύρος ανοχής τους στις τιμές αλατότητας διακρίνονται σε ευρύαλους και σε στενόαλους (Κλαουδάτος 2005).

#### ➤ **Διαλυμένο οξυγόνο**

Το διαλυμένο οξυγόνο αποτελεί τον παράγοντα εκείνο που μπορεί να κατευθύνει την ιχθυοτροφική αξιοποίηση μιας περιοχής. Ειδικότερα μια θαλάσσια περιοχή κρίνεται

κατάλληλη για μαζική παραγωγή οργανισμών όταν το διαλυμένο οξυγόνο παρέχεται σε επάρκεια (Κλαουδάτος 2005). Σύμφωνα με τον Boyd (1981), τα ψάρια θερμών υδάτων ανέχονται συγκεντρώσεις 1 mg/l με μειωμένους όμως ρυθμούς ανάπτυξης. Γενικώς, στα περισσότερα ευρύαλα είδη το επιθυμητό επίπεδο είναι πάνω από 5 mg/l (Χατζηδιαμάντης 1996).

#### ➤ **Ενεργός οξύτητα**

Η ενεργός οξύτητα εκφράζει τη συγκέντρωση των ιόντων υδρογόνου στο υδάτινο περιβάλλον. Η ενεργός οξύτητα στο νερό εξαρτάται από (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010):

- Τη θερμοκρασία,
- Την αλατότητα,
- Τις συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα,
- Τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου,
- Τις συγκεντρώσεις των διαφόρων αλάτων και άλλων ενώσεων,
- Τη μεταβολική δραστηριότητα των υδρόβιων οργανισμών, και
- Τη διεργασία χημικής αποσύνθεσης των οργανικών ενώσεων.

Τα περισσότερα από τα εκτρεφόμενα είδη προτιμούν τιμές pH μεταξύ 6-8, ενώ τιμές μεταξύ 6,5-8,5 είναι ακίνδυνες (Petit, 1982).

#### ➤ **Διοξείδιο του άνθρακα**

Ο άνθρακας αποτελεί το βασικότερο στοιχείο στη φύση και είναι ένα κυρίαρχο και σπουδαίο στοιχείο και στο υδάτινο περιβάλλον. Το διοξείδιο του άνθρακα που περιέχεται στο νερό, συνήθως με τη μορφή του ανθρακικού οξέως, προέρχεται από τον ατμοσφαιρικό αέρα και από την αναπνοή των φυτών και των ζώων. Ο άνθρακας παρέχεται άφθονος στα υδάτινα συστήματα, αφού η διαλυτότητα του διοξειδίου του άνθρακα στο νερό είναι πολύ μεγάλη. Η διαλυτότητα αυτή εξαρτάται από την ατμοσφαιρική πίεση και τη θερμοκρασία (Κλαουδάτος 2005).

Στις εκτατικές εκμεταλλεύσεις, λόγω της παρουσίας φυτών ή φυκών η ποσότητα του διοξειδίου του άνθρακα κατά τη διάρκεια του 24ώρου ανάλογα με τη θέση ή την απουσία του ηλίου μπορεί να κυμαίνεται από 0-10 mg/l χωρίς να δημιουργούνται προβλήματα στους υδάτινους οργανισμούς (Parks et al. 1975).

### ➤ **Αμμωνία**

Το επίπεδο της αμμωνίας, που παράγεται από τους εκτρεφόμενους οργανισμούς, ενδέχεται να είναι σημαντικό σε ένα κλειστό κύκλωμα εντατικής εκτροφής. Όμως η τοξικότητά του εξαρτάται από την τιμή του pH και τη συγκέντρωση του διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Γενικά, συγκεντρώσεις αμμωνίας κάτω από 0,1 mg/l (μετρούμενη ως μη ιονισμένη αμμωνία) δεν δημιουργούν προβλήματα στα εκτρεφόμενα είδη (Κλαουδάτος 2005).

### ➤ **Νιτρώδη**

Τα νιτρώδη από άποψη τοξικότητας είναι λιγότερο επικίνδυνα σε σχέση με την αμμωνία. Τα επιθυμητά επίπεδα είναι κάτω του 0,1 mg/l (Κλαουδάτος 2005).

### ➤ **Νιτρικά**

Τα νιτρικά δεν έχουν ουσιαστική τοξική επίδραση. Γενικά, προτιμούνται νερά με συγκεντρώσεις κάτω των 100 mg/l (Κουσουρήs και συν. 1995).

### ➤ **Φωσφορικά**

Ανάλογα με τη μορφή της εκτροφής, οι απώλειες προς το περιβάλλον σε φώσφορο ποικίλουν. Οι ποσότητες του φωσφόρου που προέρχονται από τις εκτροφές σολομοειδών κυμαίνονται από 9,1-110 kg ανά τόνο παραγόμενου ψαριού τον χρόνο (Κλαουδάτος 2005).

Στις χερσαίες ιχθυοκαλλιεργητικές εγκαταστάσεις οι απώλειες σε φώσφορο προς το περιβάλλον είναι 68-87% της προσφερόμενης με την τροφή ποσότητας, από τις οποίες το 45,6-60,9% σε διαλυμένη μορφή και το 22,4-26,11% σε σωματιδιακή. Τέλος, ο φώσφορος που παρέχεται με την τροφή ενσωματώνεται σε ποσοστό 13-32% στα παραγόμενα ψάρια (Foy & Rossall 1991).

### ➤ **Υδρόθειο**

Το υδρόθειο είναι εξαιρετικά τοξικό για τα ψάρια και γενικά για το σύνολο των υδρόβιων οργανισμών. Έρευνες γύρω από την επίδραση του υδρόθειου στις υδατοκαλλιέργειες απέδειξαν ότι η επιτυχία της εκμετάλλευσης μπορεί να μειωθεί σημαντικά από την παρουσία και της παραμικρής ποσότητας υδρόθειου (Boyd 1981).

➤ **Διαλυμένα στο νερό στερεά**

Τα αιωρούμενα στερεά αποτελούν περιοριστικό παράγοντα για μια υδατοκαλλιέργεια, διότι προκαλούν βλάβες στα βράγχια των ψαριών σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες των 30 mg/l, ενώ συνήθως η αύξηση της ποσότητάς τους στο νερό συνοδεύεται και από την εμφάνιση ασθενειών (Beveridge 1984).

### 3. Συζήτηση

#### 3.1 Γενικά

Η εκτροφή ιχθύων σε χερσαίες εγκαταστάσεις δεν προκαλεί επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον, γιατί υπάρχει η δυνατότητα επεξεργασίας των υπολειμμάτων της τροφής αλλά και των βιολογικών προϊόντων του μεταβολισμού των ψαριών που εκτρέφονται πριν διοχετευτούν στον τελικό υδάτινο αποδέκτη. Με την επεξεργασία αυτή συγκρατούνται τα αιωρούμενα συστατικά, μειώνονται οι συγκεντρώσεις των θρεπτικών και οι επιπτώσεις στον τελικό υδάτινο αποδέκτη ελαχιστοποιούνται (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Αντίθετα η εντατική εκτροφή ιχθύων στους πλωτούς ιχθυοκλωβούς παρόλο που παρουσιάζει πάρα πολλά πλεονεκτήματα, γιατί τα ψάρια αναπτύσσονται μέσα στο φυσικό τους περιβάλλον, έχει και κάποιες περιβαλλοντικές επιπτώσεις. Η απότομη αύξηση των ιχθυοκαλλιεργειών σε ανοικτά συστήματα έχει προκαλέσει ορισμένα προβλήματα ρύπανσης στο υδάτινο περιβάλλον, γιατί δεν υπάρχει κάποιος τρόπος επεξεργασίας των υπολειμμάτων της προσφερόμενης τροφής και των προϊόντων μεταβολισμού των εκτρεφόμενων οργανισμών με αποτέλεσμα να καταλήγουν όλα αυτά στο υδάτινο περιβάλλον. Από τη διεργασία αυτή προέρχεται και ο σημαντικότερος κίνδυνος υποβάθμισης του περιβάλλοντος, καθώς τα προϊόντα αυτά είναι βαρύτερα του θαλασσινού νερού και καθιζάνουν στον θαλάσσιο πυθμένα (Klaoudatos et al. 1996). Έτσι, συσσωρεύονται σε μικρή σχετικά απόσταση από το σημείο εγκατάστασης και λειτουργίας των ιχθυοκλωβών (ανάλογα με την ταχύτητα και τη φορά των ρευμάτων, το βάθος και την κλίση του πυθμένα κ.ά.) προκαλώντας χημικές αλλοιώσεις στο ίζημα του πυθμένα που επιδρούν στη συνέχεια στην βιοκοινωνία των βενθικών οργανισμών (Pearson & Rosenberg 1978).

Στον παρακάτω πίνακα παρουσιάζονται τα ζητήματα που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκτίμηση των διαφορετικών τύπων συστημάτων υδατοκαλλιέργειας (Πιν. 1).



**Πίνακας 1.** Κατάλογος ζητημάτων που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη σε διαφορετικά συστήματα υδατοκαλλιέργειας (Πηγή:

[https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/pdf/guidance\\_on\\_aquaculture\\_and\\_natura\\_2000\\_el.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/pdf/guidance_on_aquaculture_and_natura_2000_el.pdf)).

Συστήματα Υδατοκαλλιέργειας Πιθανές επιπτώσεις	Παράκτια και θαλάσσια							Γλυκού νερού		
	Καλλι- έργεια σε κλωβο- ύς	Σχεδίες και long- lines οστρα- κοκαλ- λιέργειας	Δια- παλιρροια- κή οστρακο- καλλιέργει- α	Οστρα- κοκαλ- λιέργεια βυθού	Χερσαίες Δεξα- μενές	Χερσαί- ες υδατο- συλλογ- ές	Καλλι- έργεια σε λιμνο- θάλασ- σα	Υδατο- συλλο- γές ψαριών	Σύστη- μα συνε- χούς ροής	Σύσ- τημα επα- νακυ- κλοφο- ρίας νερού
Απόθεση ιζήματος	X	X	X	X		X	X	X	X	
Βιογεωχη- μικές αλλαγές στο νερό	X	X			X	X	X	X	X	
Εισαγωγή χημικών	X				X	X			X	X
Επιπτώ- σεις από τις υποδομές			X	X	X	X	X		X	X
Οχληση	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Έλεγχος θηρευτών	X	X	X	X	X	X	X	X	X	
Υβριδισμ- ός	X				X	X			X	
Μετάδοση παθογόνων	X		X	X	X	X	X	X	X	
Ξενικά είδη	X	X	X	X	X	X	X	X	X	

(Η εισαγωγή ξενικών ειδών για τη χρήση τους στην υδατοκαλλιέργεια ρυθμίζεται από Κανονισμό 708/2007)

Τα απόβλητα μιας μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας και ειδικότερα η ποιοτική και ποσοτική σύστασή τους σχετίζονται άμεσα με τη διατροφή των εκτρεφόμενων ψαριών (ποιοτική και ποσοτική σύσταση της τροφής, πεπτικότητα κ.ά.). Επομένως, η εκτίμηση των επιπτώσεων στο υδάτινο περιβάλλον εξαρτάται βασικά από τη γνώση της σύστασης και της ποιότητας των χορηγούμενων τροφών (Κλαουδάτος 2005).

Είναι γνωστό ότι τα κύρια συστατικά της ξηρής τροφής είναι συνήθως πρωτεΐνες σε ποσοστό (46-51%), υδατάνθρακες (18%) και λιπίδια (14-17%). Παράλληλα η διατροφή των ψαριών περιλαμβάνει φώσφορο, βιταμίνες και χρωστικές, ενώ στη διάρκεια της εκτροφής είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν θεραπευτικά σκευάσματα. Έτσι, τα συστατικά της τροφής μαζί με τα υποπροϊόντα του μεταβολισμού είναι όλα δυνητικά προϊόντα ρύπανσης. Το μεγαλύτερο ποσοστό των αποβλήτων των ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων περιλαμβάνει οργανικό άνθρακα και οργανικό άζωτο (υδατάνθρακες, λιπίδια, πρωτεΐνες, αμμώνιο και ουρία) και σε μικρότερο ποσοστό διττανθρακικά και φωσφορικά άλατα, βιταμίνες, υπολείμματα θεραπευτικών σκευασμάτων και χρωστικές (Πιν. 2) (Κλαουδάτος 2005).

**Πίνακας 2.** Σύσταση ιχθυοτροφών και ποσοστά απωλειών τροφής (Klaoudatos et al. 1996).

Σύσταση	Πρωτεΐνες	Λιπίδια	Υδατάνθρακες	Αδιάλυτα στερεά	Υγρασία
Ιχθυοτροφών	46,78	12,00	16,78	10,97	6,98
Απωλειών	5,69	0,55	8,27	9,81	75,68

Οι παραπάνω απώλειες στην τροφή έχουν μια σημαντική επίδραση στο βένθος της περιοχής, γιατί μεταξύ άλλων έχει αποδειχθεί ότι οι τροφές αυτές σχεδόν αναλλοίωτες καθιζάνουν και εμπλουτίζουν συσσωρευτικά το ίζημα του πυθμένα (Collins 1983).

Η ανοικτή φύση αυτού του συστήματος επιτρέπει στις εκροές του να συμμετέχουν σε βιολογικές, χημικές και οικολογικές διεργασίες οι οποίες μπορούν να προξενήσουν ανεπιθύμητες επιπτώσεις. Έχει διαπιστωθεί ότι οι υδατοκαλλιέργειες επιδρούν σημαντικά, τόσο στους θαλάσσιους οργανισμούς (Karakassis et al. 2000) όσο και στις βιοχημικές παραμέτρους του ιζήματος (Kalantzi & Karakassis 2006, Neofitou et al. 2010), καθώς επίσης και στη στήλη του νερού (Sara 2007, Neofitou & Klaoudatos 2008, Neofitou et al. 2019).

Οι επιπτώσεις των ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον εξαρτώνται από (Κλαουδάτος 2005):

- Το είδος του υδρόβιου οργανισμού που θα εκτραφεί.

- Την υδρογραφία της περιοχής.
- Τον τύπο της τροφής που θα προσφερθεί.
- Τη μορφή διαχείρισης της μονάδας.

Για να μπορέσουμε να εκτιμήσουμε σωστά τις επιπτώσεις που προκαλούν οι ιχθυοκαλλιέργειες στο υδάτινο περιβάλλον θα πρέπει να γνωρίζουμε τα παρακάτω. Πρώτα από όλα πρέπει να ξέρουμε την αρχική τροφική κατάσταση του οικοσυστήματος, η οποία είναι συνάρτηση (Κλαουδάτος 2005):

- Του φορτίου των θρεπτικών συστατικών που εισέρχονται σε αυτήν.
- Του ποσοστού των θρεπτικών συστατικών που κατακρατείται από το ίζημα του πυθμένα.
- Του ποσοστού των θρεπτικών συστατικών που απομακρύνεται από τα όρια της περιοχής εξαιτίας των ρευμάτων και του κυματισμού.
- Του ρυθμού ανανέωσης των νερών και της γενικότερης υδροδυναμικής κατάστασης της περιοχής.

Η γνώση της συγκέντρωσης του ολικού αζώτου δίνει μια πολύ καλή εκτίμηση της τροφικής κατάστασης σε ένα θαλάσσιο περιβάλλον και αντίστοιχα η συγκέντρωση του ολικού φωσφόρου για τα γλυκά νερά (Κλαουδάτος 2005).

Δεύτερον πρέπει να γνωρίζουμε την επιπλέον προσφορά θρεπτικών συστατικών που θα πραγματοποιηθεί από τη λειτουργία του συστήματος, το υδρολογικό και υδροδυναμικό καθεστώς της περιοχής, την παρούσα κατάσταση από φυσική, βιολογική και χημική άποψη και τέλος, είναι πολύ σημαντικό να γνωρίζουμε τη μελλοντική συμπεριφορά του περιβάλλοντος στις μεταβολές που προβλέπονται να προκληθούν (Κλαουδάτος 2005).

Οι μονάδες εκτροφής ιχθύων συνήθως παράγουν σωματιδιακές οργανικές ενώσεις (παραπροϊόντα του μεταβολισμού των ψαριών, διαφυγή τροφής) και διαλυμένα οργανικά και ανόργανα απόβλητα (Cromeey et al. 2002, Carroll et al. 2003). Τα απόβλητα αυτά, είτε διασπείρονται και διαλυτοποιούνται εξαιτίας του υδροδυναμισμού (ρευματική-κυματική δράση), είτε καταβυθίζονται στο ίζημα (Hall et al. 1992, Fernandes et al. 2001).



χρειάζεται. Η εμφάνιση ασθενειών στα εκτρεφόμενα είδη δεν είναι σπάνιο φαινόμενο, ενώ η μετάδοση ασθενειών στους φυσικούς πληθυσμούς από τα καλλιεργούμενα είδη σπάνια αναφέρεται (Κλαουδάτος 2005). Αντίθετα, διάφορα παράσιτα μπορούν να εισαχθούν στους εκτρεφόμενους οργανισμούς από τους άγριους πληθυσμούς μιας περιοχής ή και από το πλαγκτόν, όταν αυτό αποτελεί μέρος της τροφής τους και ενδιάμεσο ξενιστή παρασίτων (Collins 1983). Τα περισσότερα παθογόνα παράσιτα των ψαριών δεν είναι επιβλαβή για τον άνθρωπο, αλλά μερικά παθογόνα όπως τα βακτήρια του γένους *Streptococcus* μπορούν να καταστούν επικίνδυνα για τον άνθρωπο (Emerson 1999). Για την καταπολέμηση των εμφανιζόμενων ασθενειών των εκτρεφόμενων ψαριών πολλές φορές γίνονταν υπέρμετρη χρήση φαρμάκων, βιταμινών και χημικών ουσιών, μέρος των οποίων διαφεύγει στο περιβάλλον, είναι όμως εξαιρετικά δύσκολο να ποσοτικοποιηθούν τα μεγέθη. Η κατάσταση αυτή έχει βελτιωθεί στις μέρες μας, καθώς γίνεται προληπτικός εμβολιασμός των εκτρεφόμενων ψαριών με άμεσο αποτέλεσμα η χρήση των φαρμάκων και η χορήγηση χημικών ουσιών να έχει σχεδόν μηδενισθεί (Κλαουδάτος 2005).

Επίσης, έχουν διερευνηθεί και οι πιθανές περιβαλλοντικές επιπτώσεις των προϊόντων που χρησιμοποιούνται για την αποφυγή προσκόλλησης εδραίων οργανισμών στους κλωβούς (antifouling) (Nikolaou et al. 2014), καθώς επίσης και της διαφυγής εκτρεφόμενων ειδών (genetic pollution) στο θαλάσσιο περιβάλλον (Pearson & Black 2001). Ένα πολύ συνηθισμένο φαινόμενο είναι να διαφεύγουν τα εκτρεφόμενα ψάρια στο υδάτινο περιβάλλον αλλά και να προσελκύνονται ψάρια στον χώρο μεταξύ και κάτω από τους κλωβούς εκτροφής. Από την διαφυγή των εκτρεφόμενων ψαριών στο περιβάλλον υπάρχει ο σοβαρός κίνδυνος της γενετικής ρύπανσης των ενδημικών ειδών (Morton & Volpe 2002). Αντιθέτως, τα άγρια ψάρια που συγκεντρώνονται κοντά στους κλωβούς έχουν περισσότερο θετική επίδραση καθώς καταναλώνουν σημαντική ποσότητα της τροφής που διαφεύγει στο υδάτινο περιβάλλον και με αυτό τον τρόπο βοηθούν στην μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Κλαουδάτος 2005).

Μια άλλη επίπτωση των ιχθυοκαλλιεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον είναι η εισαγωγή μη ενδημικών ειδών. Παρόλο που υπάρχουν πάρα πολλά εκτρεφόμενα είδη, λίγα από αυτά τα οποία είναι ενδημικά θεωρούνται ότι έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα στους παραγωγούς. Η εισαγωγή νέων ειδών μη ενδημικών για εκτροφή ήταν μια συνήθεια των εκτροφέων τα περασμένα χρόνια, που προτιμούσαν να εισάγουν

νέα είδη στη περιοχή τους για εκτροφή τα οποία εκτρέφονταν ήδη αλλού και ήταν αποδεδειγμένο ότι αποδίδουν οικονομικά (Χατζηδιαμάντης 1996).

Η εισαγωγή όμως των νέων αυτών ειδών ενέχει τον κίνδυνο της διαφυγής των ατόμων και της εγκατάστασής τους στην περιοχή επηρεάζοντας αρνητικά άλλα ενδημικά είδη και καταλαμβάνοντας τη θέση τους στο οικοσύστημα. Επίσης, σε κάποιες περιπτώσεις τα νέα αυτά είδη μεταφέρουν μαζί τους και ασθένειες άγνωστες προς τους ενδημικούς πληθυσμούς με κίνδυνο την εξαφάνιση των τελευταίων (Χατζηδιαμάντης 1996).

Ακόμη έχει παρατηρηθεί ότι το είδος των εκτρεφόμενων οργανισμών, η θέση της εκτροφής, η εκτρεφόμενη βιομάζα αλλά και η ποιότητα και η ποσότητα της προσφερόμενης τροφής είναι οι πρωταρχικοί παράγοντες που καθορίζουν την έκταση των επιπτώσεων στο περιβάλλον και καθορίζουν την πιθανότητα εμφάνισης ευτροφισμού (Gowen & Bradbury 1987, Wu et al. 1994, Fernandes et al. 2001).

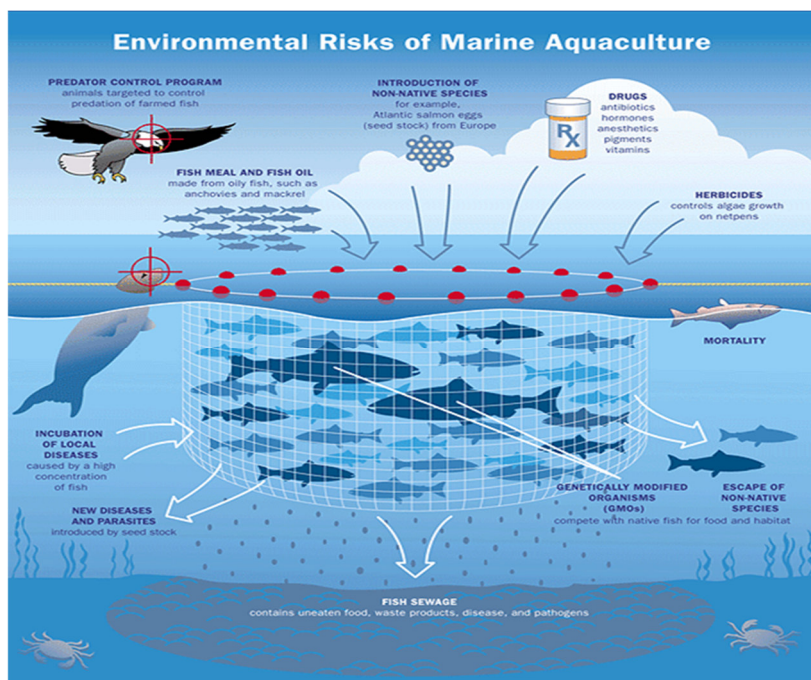
Η επιλογή κατάλληλης θέσης εγκατάστασης μιας μονάδας εντατικής εκτροφής σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς είναι καθοριστική για την καλή λειτουργία και τη μεγιστοποίηση της παραγωγής, καθώς υπάρχει άμεση σχέση των τιμών των αβιοτικών παραγόντων του υδάτινου περιβάλλοντος και της πορείας της εκτροφής (Νεοφύτου 2007).

Οι σημαντικότερες επιπτώσεις των υδατοκαλλιεργειών στο περιβάλλον συνοψίζονται επιγραμματικά ως εξής (Grigorakos & Rigos 2011) (Εικ. 8):

- Γενετικές αλληλεπιδράσεις: Διαφυγές ειδών από τις υδατοκαλλιέργειες, εισαγωγή νέων ειδών για εκτροφή, αναπαραγωγή ψαριών στους κλωβούς πάχυνσης.
- Μετάδοση ασθενειών μεταξύ εκτρεφόμενων και άγριων ειδών.
- Προσθήκη οργανικού φορτίου στο περιβάλλον.
- Χημική ρύπανση: Βαρέα μέταλλα, χημικά σύμπλοκα και αντιβιοτικά.
- Χρήση φυσικών πόρων για τις ανάγκες των υδατοκαλλιεργειών: Αλιεία άγριων πληθυσμών ψαριών για την παραγωγή ιχθυοτροφών.
- Αλλαγή στην ηθολογία των άγριων ειδών: Συγκέντρωση ψαριών κοντά στις εγκαταστάσεις των υδατοκαλλιεργειών.

Σε κάθε περιβάλλον που προβλέπεται να εγκατασταθεί και να λειτουργήσει οποιαδήποτε υδατοκαλλιεργητική μονάδα θα πρέπει να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις που θα προκληθούν σε αυτό.

Στις περισσότερες περιπτώσεις η γνώση της συγκέντρωσης του ολικού αζώτου δίνει μια πολύ καλή εκτίμηση της κατάστασης εφόσον αποτελεί τον περιοριστικό παράγοντα για την ανάπτυξη των φυτών στο θαλάσσιο περιβάλλον και επομένως ελέγχει την πρωτογενή παραγωγή και κατ' επέκταση την τροφική κατάσταση μιας θαλάσσιας περιοχής (OECD 1982).



**Εικόνα 8.** Περιβαλλοντικοί κίνδυνοι της θαλάσσιας υδατοκαλλιέργειας (Πηγή: <https://www.goconqr.com/en/p/5154997>).

### 3.2 Επιπτώσεις από την εγκατάσταση ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων

Οι υδατοκαλλιέργειες παρόλη τη θετική κοινωνικοοικονομική προσφορά τους, παρατηρείται ότι δεν έχουν γίνει ευρύτερα αποδεκτές από όλη την κοινωνία και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι η δραστηριότητα τους αποτελεί πιθανό παράγοντα υποβάθμισης του θαλάσσιου περιβάλλοντος (Michler-Cieluch & Kodeih 2008).

Οι πιθανές επιπτώσεις που προκαλούνται στο θαλάσσιο περιβάλλον από τις υδατοκαλλιέργειες άρχισαν να καταγράφονται στα τέλη της δεκαετίας του 1970 (Παπαδημητρίου 2018).

Η εγκατάσταση μιας συστοιχίας ιχθυοκλωβών μπορεί να προκαλέσει τις πιο κάτω μεταβολές στο θαλάσσιο περιβάλλον (Κλαουδάτος 2005):

- Να αφαιρέσει τον θαλάσσιο χώρο που εγκαθίσταται από άλλους χρήστες (π.χ. ψαράδες, κολυμβητές).
- Να μεταβάλλει τη διεύθυνση, φορά και ταχύτητα των θαλάσσιων ρευμάτων επιδρώντας έτσι στη μεταφορά του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, την κίνηση του φυτό-ζωοπλαγκτου, του ιχθυοπλαγκτού, των ιχθυδίων και των ενήλικων ψαριών.
- Να προκαλέσει αισθητική υποβάθμιση της περιοχής εγκατάστασης.
- Να προκαλέσει ηχητική ρύπανση της περιοχής από τις κινήσεις των σκαφών της μονάδας και τις φωνές των εργατών.

Ακόμη οι ιχθυοκλωβοί αλλά και οι εγκαταστάσεις στις λιμνοθάλασσες κάποιες φορές ενισχύουν το φαινόμενο του ευτροφισμού, γιατί παρεμποδίζεται η κίνηση και η ανανέωση του νερού. Έχει υπολογιστεί ότι η ταχύτητα του ρεύματος του νερού μπορεί να μειωθεί κατά 35-50% μέσα σε δίχτυ ματιού 50 mm σε σχέση με το εξωτερικό περιβάλλον (Edwards & Edelsten 1976).

Η εκτροφή σε ιχθυοκλωβούς ενισχύει σημαντικά την παραγωγή οργανικής ύλης από τη σκόνη και τις απώλειες τροφής καθώς και τα περιττώματα των ψαριών. Αν η θέση και η μορφή (αριθμός, τύπος και διαστάσεις των κλωβών) της μονάδας παρεμποδίζουν την κίνηση των υδάτινων μαζών σε σημαντικό βαθμό, τότε παρατηρείται συνεχής συσσώρευση οργανικής ύλης στον πυθμένα της περιοχής εγκατάστασης με κίνδυνο να επικρατήσουν αναγωγικές συνθήκες στο ίζημα (Κλαουδάτος 2005). Δηλαδή, προκαλείται αλλοίωση στην μορφή του περιβάλλοντος και έτσι μπορεί να εμφανισθεί ευτροφισμός που είναι ένα πολύ σημαντικό φαινόμενο τόσο για το περιβάλλον όσο και για την πορεία της εκτροφής (Εικ. 9).





**Εικόνα 9.** Μαζική και εκρηκτική ανάπτυξη φυτοπλαγκτού και εμφάνιση νεκρών ψαριών σε ρυπασμένες περιοχές (Πηγή: <https://www.britannica.com/story/harmful-algal-blooms>).

Επίσης, οι εκτροφές με το σύστημα των πλωτών ιχθυοκλωβών αντιμετωπίζουν και αυτές προβλήματα ανταγωνισμού με άλλες ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η αναψυχή, η αλιεία και ο τουρισμός. Είναι πολύ δύσκολο να συνυπάρχουν ο τουρισμός και οι ιχθυοκαλλιέργειες, κυρίως για αισθητικούς λόγους αλλά και λόγω του ανταγωνισμού σε χώρο με την αναψυχή, όπως είναι η κολύμβηση και τα ταχύπλοα σκάφη. Παρόλα αυτά, οι ιχθυοκαλλιέργειες δίνουν μια καλή εναλλακτική λύση στις περιοχές που λόγω της ιδιαιτερότητάς τους δεν είναι ή και δεν μπορούν να είναι ανεπτυγμένες τουριστικά, γιατί δεν μπορεί να υπάρξει τουριστική ανάπτυξη σε όλες της παραθαλάσσιες περιοχές της Ελλάδας.

### 3.3 Επιπτώσεις από τη λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων

Μια μονάδα πλωτών ιχθυοκλωβών μπορεί να προκαλέσει με τη λειτουργία της τις πιο κάτω επιπτώσεις στο θαλάσσιο περιβάλλον (Κλαουδάτος 2005):

- Να αυξήσει υπέρμετρα τον εμπλουτισμό της θαλάσσιας περιοχής εγκατάστασής της με οργανικά και θρεπτικά συστατικά που προέρχονται από τα αποβαλλόμενα προϊόντα του μεταβολισμού και τα υπολείμματα της προσφερόμενης τροφής στα εκτρεφόμενα ψάρια.
- Να προκαλέσει την εμφάνιση του φαινομένου του ευτροφισμού που συνοδεύεται κυρίως από την υπέρμετρη ανάπτυξη της υδρόβιας βλάστησης και πλαγκτού.
- Να αλλοιώσει τη χημική σύσταση στο ίζημα του πυθμένα που στη συνέχεια επιδρά στη βιοκοινωνία των βενθικών οργανισμών.
- Να προκαλέσει την εμφάνιση ανοξικού στρώματος στην επιφάνεια του πυθμένα, από τη συνεχή συσσώρευση των αποβλήτων της ιχθυοκαλλιεργητικής μονάδας, που σε συνδυασμό με την παρουσία ανοδικών ρευμάτων να προκαλέσει τον θάνατο των εκτρεφόμενων ψαριών από έλλειψη οξυγόνου.
- Να προκαλέσει γενετική ρύπανση στους ενδημικούς πληθυσμούς των ψαριών.

Στο θαλάσσιο περιβάλλον δεν προκαλούνται σημαντικές αλλοιώσεις από τις μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας, γιατί η ρύπανση που προκαλείται είναι κυρίως βιολογικής προέλευσης, αφού τα παραγόμενα προϊόντα από τη λειτουργία των μονάδων είναι τα περιττώματα, οι βλέννες και τα ούρα των καλλιεργούμενων οργανισμών, καθώς και τα υπολείμματα των παρεχόμενων τροφών, που και αυτές είναι βιολογικής προελεύσεως. Η αμμωνία και η ουρία που αποβάλλονται από τα ψάρια προσλαμβάνονται από τα φυτά και κατά συνέπεια ενισχύουν την ανάπτυξή τους (Κλαουδάτος 2005).

Από αυτή τη διεργασία προέρχεται και ο μεγαλύτερος κίνδυνος υποβάθμισης του περιβάλλοντος, καθώς τα προϊόντα αυτά είναι βαρύτερα του θαλασσινού νερού και καθιζάνουν στον πυθμένα. Συσσωρεύονται έτσι σε μικρή σχετικά απόσταση από το σημείο εγκατάστασης των ιχθυοκλωβών (ανάλογα με την ταχύτητα και τη φορά των ρευμάτων, το βάθος και την κλίση του πυθμένα κ.ά.), προκαλώντας χημικές αλλοιώσεις στο ίζημα του πυθμένα που επιδρούν στην συνέχεια τη βιοκοινωνία των βενθικών οργανισμών (Pearson & Rosenberg 1978).

Είναι πολύ εύκολο να αποικοδομηθούν και να ενεργοποιηθούν τα αποβαλλόμενα προϊόντα από τους αερόβιους μικροοργανισμούς που ζουν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Τα προϊόντα που παράγονται είναι διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ), νιτρικά και φωσφορικά άλατα που αποτελούν δομικούς λίθους για τη σύνθεση νέων βιολογικών ενώσεων. Για να δραστηριοποιηθούν όμως αυτοί οι μικροοργανισμοί και να αποδώσουν τα πιο πάνω προϊόντα είναι απαραίτητη η παρουσία διαλυμένου οξυγόνου στο θαλάσσιο περιβάλλον (Κλαουδάτος 2005).

Οπότε ο μοναδικός κίνδυνος που υπάρχει είναι η ποσότητα των αποβαλλόμενων προϊόντων να είναι τόσο μεγάλη, ώστε να μην επαρκεί το διαλυμένο στο θαλασσινό νερό οξυγόνο για να πραγματοποιηθεί η αποικοδόμησή τους, οπότε τότε είναι δυνατό να εμφανισθούν ανοξικές συνθήκες στην περιοχή. Κριτήριο επομένως του βαθμού επιπτώσεως στο περιβάλλον ενός προϊόντος είναι το ποσό του οξυγόνου που πρέπει να δεσμεύσει το προϊόν για να αποικοδομηθεί. Το ποσό αυτό του οξυγόνου γνωστό ως βιοχημική απαίτηση σε οξυγόνο  $\text{BOD}_5$  ή ως χημική απαίτηση σε οξυγόνο  $\text{COD}$ , υπολογίζεται σχετικά εύκολα τόσο θεωρητικά όσο και πρακτικά (Κλαουδάτος 2005).

Η αποσύνθεση και η διάσπαση του οργανικού υλικού επιτελείται, όπως αναφέρθηκε, κατά προτεραιότητα από τους μικροοργανισμούς είτε στη στήλη του νερού, είτε στην επιφάνεια των βενθικών ιζημάτων. Η διαδικασία όμως αυτή της αποσύνθεσης, απαιτεί την κατανάλωση μεγάλων ποσοτήτων οξυγόνου και μπορεί να εξελιχθεί σε έλλειψη αυτού όταν η οργανική ρύπανση είναι πολύ μεγάλη. Σε τέτοιες περιπτώσεις συνήθως εξαφανίζονται από την περιοχή μεγάλο μέρος από τα ψάρια και την ασπόνδυλη πανίδα, το ενδιαίτημα παίρνει ομοιόμορφο χαρακτήρα και μόνο μερικά ανθεκτικά είδη που ανέχονται τις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες μπορούν και επιβιώνουν. Εξάλλου, η αποσύνθεση των οργανικών υλικών απελευθερώνει αμμώνιο το οποίο, αν και από μόνο του δεν είναι τοξικό για την υδρόβια ζωή, μπορεί σε συνδυασμό με το pH και τη θερμοκρασία να μετατραπεί σε αμμωνία η οποία είναι τοξική (Κλαουδάτος 2005).

Η περιεκτικότητα του νερού σε οξυγόνο εξαρτάται από τη θερμοκρασία, το ποσό της οργανικής ύλης, την παρουσία φωτοσυνθετικών φυτών, τον βαθμό διείσδυσης του φωτός στην υδάτινη στήλη, τον βαθμό θολερότητας του νερού κ.ά. Επομένως, ο πλέον ορατός κίνδυνος από την αύξηση της συγκέντρωσης των αποβαλλόμενων προϊόντων είναι όχι η δημιουργία άμεσων ανοξικών συνθηκών (εμφάνιση φαινομένου δυστροφισμού) αλλά η δημιουργία συνθηκών ευτροφισμού (Κλαουδάτος 2005).

#### 4. Συμπεράσματα

Στην παρούσα εργασία παρουσιάστηκε μια βιβλιογραφική ανασκόπηση των επιπτώσεων των ιχθυοκαλλιεργειών στο θαλάσσιο περιβάλλον και έγινε μια προσπάθεια παρουσίασης των αποτελεσμάτων επιστημονικών ερευνών σχετικά με την αλληλεπίδραση των ιχθυοκαλλιεργειών και του υδάτινου περιβάλλοντος. Η πτυχιακή διατριβή στηρίχτηκε σε στοιχεία ελληνικής και ξένης βιβλιογραφίας.

Η απότομη αύξηση του πληθυσμού, καθώς και η στροφή του καταναλωτικού κοινού προς την ποιοτική διατροφή έφεραν τα θαλασσινά προϊόντα στο κέντρο του ενδιαφέροντος, οδηγώντας σε μια πολύ μεγάλη ζήτηση των θαλασσινών τροφίμων. Ταυτόχρονα, η αυξημένη ζήτηση των ανωτέρω προϊόντων δεν καλύφθηκε από την αλιευτική παραγωγή παρά την αυξημένη αλιευτική προσπάθεια. Διαπιστώνεται επομένως ότι, η φυσική παραγωγικότητα δε μπορεί να καλύψει τη ζήτηση και ότι η μόνη περίπτωση να καλυφθεί κάποτε αυτή είναι να αναπτυχτεί ο κλάδος των υδατοκαλλιεργειών. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας και τεχνογνωσίας για την εκτροφή υδρόβιων οργανισμών είναι η μόνη ελπίδα να καλυφθούν οι διατροφικές μας ανάγκες σε ιχθυηρά, να προσφερθούν προϊόντα υψηλής βιολογικής αξίας σε προσιτό κόστος και να συμβάλει ουσιαστικά στη μείωση της αλιευτικής πίεσης στις θάλασσες και στους ωκεανούς (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Παρόλο που η εκτροφή των ιχθύων σε πλωτούς ιχθυοκλωβούς παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα, αφού τα ψάρια ζουν και αναπτύσσονται μέσα στο φυσικό τους περιβάλλον, έχει και ορισμένες αρνητικές επιπτώσεις προς το υδάτινο περιβάλλον. Οι αρνητικές αυτές επιπτώσεις προκαλούνται κυρίως από τα προϊόντα μεταβολισμού των εκτρεφόμενων ειδών και από τα υπολείμματα τις προσφερόμενης τροφής (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Υπάρχει μια αλληλεπίδραση μεταξύ της εκτροφής ψαριών και του υδάτινου περιβάλλοντος. Αυτό σημαίνει ότι το υδάτινο περιβάλλον επιδρά στη λειτουργία μιας μονάδας εκτροφής και καθορίζει την επιτυχία ή την αποτυχία της, καθώς οι μεταβολές των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού έχουν άμεση επίδραση στον ρυθμό ανάπτυξης των εκτρεφόμενων οργανισμών, αλλά και η όποια μορφή επιβάρυνσης προκληθεί στο υδάτινο περιβάλλον από την εκτροφή των ιχθύων επιδρά άμεσα στην

υγιεινή κατάσταση και την επιβίωση των ίδιων των εκτρεφόμενων οργανισμών (Κλαουδάτος & Κλαουδάτος 2010).

Οι επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον από την εκτροφή ψαριών μπορούν να ελαττωθούν σημαντικά με την παρασκευή και χορήγηση τροφών με μικρό συντελεστή μετατρεψιμότητας και μεγάλης πεπτικότητας. Ταυτόχρονα, η χρήση βελτιωμένων συστημάτων παροχής τροφής, ώστε η χορηγούμενη τροφή να μη διαφεύγει στο περιβάλλον αλλά να καταναλίσκεται από τα εκτρεφόμενα ψάρια, σε συνδυασμό με τη μεγαλύτερη συνδετικότητα των επί μέρους συστατικών της και την αύξηση της πλευστότητάς της, θα επιτρέψουν τη μείωση των απωλειών τροφής και την προκαλούμενη ρύπανση από αυτή την αιτία (Κλαουδάτος 2005).

Από τη βιβλιογραφία έχουμε καταλήξει στο συμπέρασμα ότι, οι επιπτώσεις στο υδάτινο περιβάλλον εξαρτώνται από το είδος του υδρόβιου οργανισμού που θα εκτραφεί, από την υδρογραφία της περιοχής, από τον τύπο της τροφής που θα προσφερθεί και από τη διαχείριση της μονάδας. Τα αποτελέσματα της παρούσας εργασίας μας δείχνουν ότι οι ιχθυοκαλλιέργειες δε συμβάλλουν ουσιαστικά στη ρύπανση μεγάλων γεωγραφικών περιοχών, δηλαδή τα αποτελέσματα από τη λειτουργία τους είναι περιορισμένα σε χώρο και σε ένταση. Τα απόβλητα των ιχθυοκαλλιεργειών συνίστανται από ένα πλήθος οργανικών και ανόργανων ουσιών όπως πρωτεΐνες, υδατάνθρακες, λίπη, βιταμίνες, ουρία, αντιβιοτικά κ.ά. (Χατζηδιαμάντης 1996).

Συμπερασματικά αναφέρεται ότι οι υδατοκαλλιέργειες αποτελούν το μέλλον για την ανθρωπότητα, και ειδικά για την Ελλάδα αποτελεί τη βαριά βιομηχανία στην πρωτογενή παραγωγή. Μπορούν να συντελέσουν δραστικά στην αποκέντρωση και την ορθολογική εκμετάλλευση απομακρυσμένων περιοχών της χώρας. Χώρος και συνθήκες για περαιτέρω ανάπτυξη υπάρχουν, αρκεί οι όποιες μελλοντικές κινήσεις να γίνουν συντονισμένα και με σεβασμό στο περιβάλλον, στους εκτρεφόμενους οργανισμούς αλλά και στον καταναλωτή.

Όπως έχει αποδειχθεί, η σύγχρονη κοινωνία έχει ανάγκη από διατροφικά προϊόντα τα οποία κατά την παραγωγή τους δεν υποβιβάζουν το φυσικό περιβάλλον και κατά την κατανάλωσή τους είναι υγιεινά και ασφαλή. Οι υδατοκαλλιέργειες είναι ένας κλάδος μέσω του οποίου εξειδικευμένοι Έλληνες επιστήμονες των κρατικών και των κοινοτικών φορέων, καθώς και του ιδιωτικού τομέα, μπορούν να συντελέσουν στην ισορροπημένη

ανάπτυξη της χώρας, αξιοποιώντας τους υδάτινους πόρους και αναδεικνύοντας τη φυσική ελληνική κληρονομιά.

## **Βιβλιογραφία**

### **Ελληνική βιβλιογραφία**

Αρφαρά Χ. (1994). Ιχθυοκαλλιέργειες. Πτυχιακή εργασία.

Βουλτσιάδου Ε., Αμπατζόπουλος Θ., Αντωνοπούλου Ε., Γκάνιας Κ., Γκέλης Σ., Στάικου Α. & Α. Τριανταφυλλίδης (2015). Υδατοκαλλιέργειες, οργανισμοί, συστήματα παραγωγής & προοπτικές.

Κλαουδάτος Σ. & Δ. Κλαουδάτος (2010). Κατασκευές υδατοκαλλιεργητικών συστημάτων θαλάσσιες – λιμνοθαλάσσιες – χερσαίες. Εκδόσεις Προπομπός.

Κλαουδάτος Σ. (2005). Υδατοκαλλιέργειες & Περιβάλλον. Εκδόσεις Πανεπιστημίου Θεσσαλίας.

Κουσουρής Θ., Φώτης Γ. & Α. Κονίδης (1995). «Περιβάλλον και Υδατοκαλλιέργεια. Η αμφίδρομη σχέση των επιπτώσεων». Αθήνα.

Μπασσιούλη Ι. (2014). Η εκπαίδευση στις υδατοκαλλιέργειες στην Ευρώπη, στην Αμερική και την Ασία: ιστορική αναδρομή, υφιστάμενη κατάσταση, προοπτικές. Διπλωματική εργασία.

Νεοφύτου Χ.Ν. (2015). Βιολογία Ιχθύων & Θαλάσσιων Θηλαστικών. Εκδόσεις University Studio Press.

Νεοφύτου Ν. (2007). Διερεύνηση των επιπτώσεων από την εγκατάσταση και λειτουργία ιχθυοκαλλιεργητικών μονάδων, με έμφαση στην επιλογή δεικτών καθοριστικών του βαθμού της προκαλούμενης ρύπανσης στο θαλάσσιο περιβάλλον. Διδακτορική Διατριβή.

Παπαδημητρίου Κ. (2018). Περιβαλλοντικές επιπτώσεις ιχθυοκαλλιέργειας στα θρεπτικά άλατα της υδάτινης στήλης. Μεταπτυχιακή διπλωματική εργασία.

Παπουτσόγλου Σ. (1997). Εισαγωγή στις υδατοκαλλιέργειες. Εκδόσεις Σταμούλης.

ΣΕΘ (2020). (Σύνδεσμος Ελληνικών Θαλασσοκαλλιεργειών): Ελληνική υδατοκαλλιέργεια 2020. Ετήσια Έκθεση.

Χατζηδιαμάντης Ι. (1996). Ιχθυοκαλλιέργειες & περιβάλλον Πτυχιακή εργασία.

### **Ξένη βιβλιογραφία**

Beveridge M.C.M. (1984). Cage and pen fish farming: carrying capacity models and environmental impact. FAO, Fisheries Technology, Pap. No 255, 131 p.

Beveridge M.C.M. (2004). *Cage Aquaculture*, third edition. Oxford, UK, Blackwell Publishing Ltd., 368 p.

Boyd C.E. (1981). *Water quality in warm water fish ponds*. Agriculture Experiment Station, Auburn University, 359 p.

Carroll M.L., Cochrane S., Fieler R., Velvin R. & P. White (2003). Organic enrichment of sediments from salmon farming: environmental factors, management practices, and monitoring techniques. *Aquaculture*, 226: 165-180.

Collins M.A. (1983). A study on the environmental impact of particulate matter derived from a salmonid cage culture system in Loch Fad, Isla of Byte, Scotland. B.Sc. Thesis, Stirling University, 92 p.

Cromey C.J., Nickell T.D. & K.D. Black (2002). DEPOMOD-modelling deposition and biological effects of waste solids from marine cage farms. *Aquaculture*, 214: 211-239.

Dosdat A. (2001). Environmental impact of aquaculture in the Mediterranean: Nutritional and feeding aspects. *Cahiers Options Méditerranéennes*, 55: 23-36.

Edwards A. & D.J. Edelsten (1976). Marine fish cages – the physical environment. *Proc. Royal Soc. Edinburgh*, 75: 207-221.

Emerson C. (1999). *Aquaculture Impacts on the Environment*. Cambridge Scientific Abstracts, 25 p.

FAO (2016). *The state of World fisheries and aquaculture*, Fisheries and Aquaculture – Department, Food and Agriculture Organization of the United, Rome.

FAO (2018). *The state of World fisheries and aquaculture*, Fisheries and Aquaculture Department, Food and Agriculture Organization of the United Rome.

Fernandes T.F., Eleftheriou A., Ackefors H., Eleftheriou M., Ervik A., Sanchez-Mata A., Scanlon T., White P., Cochrane S., Pearson T.H. & P.A. Read (2001). The scientific principles underlying the monitoring of the environmental impacts of aquaculture. *Journal of Applied Ichthyology*, 17: 181-193.

Foy R.H. & R. Rossal (1991). Loading of nitrogen and phosphorus from a Northern Ireland fish farm. *Aquaculture*, 96: 17-30.

Gowen R.J. & N.B. Bradbury (1987). The ecological impact of Salmonid farming in coastal waters: A Review. *Oceanography and Marine Biology Annual Review*, 25: 563-575.

Grigorakis K. & G. Rigos (2011). Aquaculture effects on environmental and public welfare- The case of Mediterranean mariculture. *Chemosphere*, 85: 899-919.



Hall P.O.J., Holby O., Kollberg S. & M.O. Samuelsson (1992). Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm. IV. Nitrogen. *Marine Ecology Progress Series*, 89: 81-91.

Kalanzi I. & I. Karakassis (2006). Benthic impacts of fish farming: Meta-analysis of community and geochemical data. *Marine Pollution Bulletin*, 52: 484-493.

Karakassis I., Tsapakis M., Hatziyanni E., Papadopoulou K.N. & W. Plaiti (2000). Impact of cage farming of fish on the seabed in three Mediterranean coastal areas, *ICES J. Mar. Sci.*, 57: 1462-1471.

Klaoudatos S., A. Conides & M. Chatziefstathiou (1996). Environmental impact assessment studies in floating cage culture systems in Greece. «Partnership in Coastal Zone Management». (Eds. J. Taussik and J. Mitchell), Samara Publishing Ltd, Cardigan, ISBN 1 873692 09 9: 525-533.

Milne H. (1970). Fish farming. A guide to the design and construction of net enclosures. Marine research No1. Department for aquaculture and fisheries for Scotland.

Morton A. & J.P. Volpe (2002). Description of Escaped Farmed Atlantic Salmon *Salmo Salar* Captures, *Alaska Fishery Research Bulletin Vol 9(2)*: 102-110.

Neofitou N. & S. Klaoudatos (2008). Effect of fish farming on the water column nutrient concentration in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean *Aquaculture Research*, 39: 482-490.

Neofitou, N., K. Papadimitriou, C. Domenikiotis, L. Tziantziou & P. Panagiotaki (2019). GIS in environmental monitoring and assessment of fish farming impacts on nutrients of Pagasitikos Gulf, Eastern Mediterranean. *Aquaculture*, 501: 62-75.

Neofitou N., Vafidis D. & S. Klaoudatos (2010). Spatial and temporal effects of fish farming on benthic community structure in a semi-enclosed gulf of the Eastern Mediterranean *Aquaculture Environment Interactions*, 1(2), 95-105.

Nikolaou M., Neofitou N., Skordas K., Castrisi-Catharios I. & L. Tziantziou (2014). Fish farming and anti-fouling paints: a potential source, of Cu and Zn in farmed fish. *Aquaculture Environment Interactions*, 5: 163-171.

OECD (1982). Organization for Economic Cooperation and Development's survey of water bodies of 18 North American and European countries.

Parks R.W., E. Scarsbrook & C.E. Boyd (1975). Phytoplankton and water quality in a fertilized fish pond. Auburn University, Agriculture Experimental Station Circ., 224: 16.

Pearson T.H. & R. Rosenberg (1978). Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography Marine Biology*, 16: 229-311.

Pearson T.H. & K.D. Black (2001). The environmental impacts of marine fish cage culture. In: Black KD (Ed.), Environmental Impacts of Aquaculture. Academic Press, Sheffield, UK, p. 1-27.

Petit J. (1982). Water treatment and recycling in aquaculture in “Aquaculture” Barnabe (ed) Ellis Horwood Series N. Y., Vol 1: p. 63-196.

Pillay T.V.R. (1979). The state of aquaculture in “Advantage in Aquaculture” (T.V.R. Pillay and A. Dill Eds) Fishing News books, Farnham Surrey, England.

Sara G. (2007). A meta-analysis on the ecological effects of aquaculture on the water column: Dissolved nutrients. Marine Environmental Research, 63: 390-408.

Tiews K. (1981). Aquaculture in heated effluents and recirculation systems. Schriften der Bundesforschungsanstalt für Fischerei, Hamburg: 59-61.

Weitzman J., Steeves L., Bradford J. & R. Filgueira (2019). Far-Field and Near-Field Effects of Marine Aquaculture. In World Seas: an Environmental Evaluation. Volume III: Ecological Issues and Environmental Impacts, 197-220.

Wu R.S.S., Lam K.S., MacKay D.W., Lau T.C. & V. Yam (1994). Impact of marine fish farming on water quality and bottom sediment: A case study in the sub-tropical environment. Marine Environmental Research, 31: 115-145.

Wu R.S.S. (1995). The environmental impact of marine fish culture: towards a sustainable future. Marine Pollution Bulletin, 31: 159-166.

### **Ηλεκτρονική βιβλιογραφία**

<https://www.flickr.com/photos/usdagov/8579028555>

[https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/pdf/guidance\\_on\\_aquaculture\\_and\\_natura\\_2000\\_el.pdf](https://ec.europa.eu/environment/nature/natura2000/management/pdf/guidance_on_aquaculture_and_natura_2000_el.pdf)

<https://www.goconqr.com/en/p/5154997>

<https://www.britannica.com/story/harmful-algal-blooms>

## **Abstract**

The main purpose of this study is to assess the environmental impact of intensive fish farming on marine content from their establishment and operation. For this purpose, a review of the existing literature was done and the results of the related studies were analyzed. The study based on greek and foreign literature. From the literature that was studied seems that the aquaculture affects directly the aquatic environment. The main effects of aquaculture are :

- Genetic interactions: Species escapes from the requirements of cultivation, specially equipped for return, creation of fishing thickening cages.
- Disease transmission between farmed and wild fish.
- Add organic lading to the environment.
- Chemical pollution: Heavy metals, chemical complexes and antibiotics.
- Use of natural resources for the needs of aquaculture. Fishing fish for the production of fish feed.
- Change in wildlife ethology: Gathering of fish near aquaculture facilities.

However, from the literature review it was revealed that the effects of fish farming in the environment depend on the type of aquatic organism to be raised, the hydrography of the area, the type of food to be offered and the form of management of the unit. Finally, the pollution of the aquatic environment by fish farming is less than other human activities, while the socio-economic contribution is very important.