



**ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ**

**ΔΙΑΤΜΗΜΑΤΙΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΕΠΙΧΕΙΡΗΜΑΤΙΚΟΤΗΤΑ & ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΣΤΗΝ ΑΓΡΟΤΙΚΗ ΑΝΑΠΤΥΞΗ**

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Αξιοποίηση αποβλήτων ανακυκλούμενων συστημάτων
ιχθυοκαλλιέργειας - Συμβολή στη κυκλική οικονομία

Κλέαρχος Ν. Σιαπάτης

Επιβλέπουσα καθηγήτρια:
Ελένη Μήλιου, Καθηγήτρια ΓΠΑ

ΑΘΗΝΑ 2023

ΓΕΩΠΟΝΙΚΟ ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΑΘΗΝΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΑΓΡΟΤΙΚΗΣ ΟΙΚΟΝΟΜΙΑΣ & ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΕΠΙΣΤΗΜΗΣ ΖΩΙΚΗΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗΣ

Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία

Αξιοποίηση αποβλήτων ανακυκλούμενων συστημάτων
ιχθυοκαλλιέργειας - Συμβολή στη κυκλική οικονομία

Waste utilization of recirculating fish farming systems -
Contribution of circular economy

Κλέαρχος Ν. Σιαπάτης

Εξεταστική επιτροπή:

Ελένη Μήλιου, Καθηγήτρια ΓΠΑ (επιβλέπουσα)

Γιώργος Βλάχος, Επίκουρος Καθηγητής, ΓΠΑ

Γιώργος Μαλινδρέτος, Αναπληρωτής Καθηγητής, Χαροκόπειο Παν/μιο

Αξιοποίηση αποβλήτων ανακυκλούμενων συστημάτων ιχθυοκαλλιέργειας - Συμβολή στη κυκλική οικονομία

*ΔΓΜΣ Επιχειρηματικότητα & Συμβουλευτική στην Αγροτική Ανάπτυξη
Τμήμα Αγροτική Οικονομίας & Ανάπτυξης
Τμήμα Επιστήμης Ζωικής Παραγωγής*

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παγκόσμια ζήτηση για ψάρια, λόγω της μεγάλης διατροφικής τους αξίας, τα τελευταία χρόνια είναι τεράστια με αποτέλεσμα την ταχεία και μεγάλη ανάπτυξη της ιχθυοκαλλιέργειας. Όπως όλα τα παραγωγικά συστήματα, έτσι και τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας, μέσα στον κύκλο εργασιών τους αποβάλλουν-αποθέτουν ποσότητες αποβλήτων. Τα απόβλητα αυτά είναι διάφορων κατηγοριών όπως τα στερεά, τα υγρά, τα χημικά κ.α. και επιβαρύνουν τόσο την ίδια την επιχείρηση όσο και το φυσικό περιβάλλον. Και στις 2 περιπτώσεις, οι επιπτώσεις των αποβλήτων είναι μεγάλες και ιδιαίτερα κοστοβόρες για να αντιστραφούν.

Λόγω αυτού, τα τελευταία χρόνια τόσο οι παγκόσμιες κυβερνήσεις όσο και οι ίδιες οι επιχειρήσεις προσπαθούν με διάφορους τρόπους να 'απαλλαχθούν' από τις επιπτώσεις των αποβλήτων. Η έννοια που έχει ή υπάρχει προσπάθεια να υιοθετηθεί από όλους είναι η κυκλική οικονομία. Η εισαγωγή της κυκλικής οικονομίας στη λειτουργία των συστημάτων ιχθυοκαλλιέργειας και ιδιαίτερα στα ανακυκλούμενα συστήματα έχει πολλά πλεονεκτήματα.

Κυριότερο είναι η επεξεργασία των αποβλήτων της με σκοπό τη δημιουργία νέων προϊόντων για την επαναχρησιμοποίησή τους τόσο από το ίδιο το σύστημα εκτροφής όσο και από τον άνθρωπο. Ενδεικτικά κάποια από τα προϊόντα αυτά είναι το βιοαέριο, το ιχθυέλαιο, το κολλαγόνο και άλλα. Μέσω της ιδέας της κυκλικής οικονομίας και των πλεονεκτημάτων της επωφελούνται τόσο οι επιχειρήσεις, κυρίως οικονομικά, όσο και το φυσικό περιβάλλον αφού μειώνονται οι ποσότητες αποβλήτων που αποθέτονται σε αυτό.

Επιστημονική περιοχή: Αξιοποίηση αποβλήτων

Λέξεις κλειδιά: Ανακυκλούμενα συστήματα εκτροφής, απόβλητα, κυκλική οικονομία

Waste utilization of recirculating fish farming systems-Contribution of circular economy

MSc Farm Business Management

Department of Agricultural Economics & Rural Development

Department of Animal Science

ABSTRACT

The global demand for fish, due to their great nutritional value, has been huge in recent years, resulting in the rapid and large development of fish farming. Like all production systems, fish farming systems, within their turnover, discharge-deposit quantities of waste. These wastes are of various categories such as solids, liquids, chemicals and others, and burden both the company itself and the natural environment. In both cases, the effects of the waste are large and very costly to reverse.

Because of this, in recent years both world governments and the same companies have been trying in various ways to 'get rid' of the effects of waste. The concept that everyone has or is trying to adopt is the circular economy. The introduction of the circular economy into the operation of fish farming systems has many advantages.

Most important is the processing of its waste, with the aim of creating new products for their reuse both by the breeding system itself and by humans. Some examples of these products are biogas, fish oil, collagen and others. Through the idea of the circular economy and its advantages, both businesses benefit, mainly financially, as well as the natural environment, since the amounts of waste deposited in it are reduced.

Scientific area: Waste utilization

Keywords: Recirculating fish farming systems, Wastes, Circular economy

Περιεχόμενα

Εισαγωγή	3
Κεφάλαιο 1	7
Απόβλητα στην ιχθυοκαλλιέργεια	7
1.1 Ορισμός Αποβλήτων	7
1.2 Η Έννοια και τα Χαρακτηριστικά των Αποβλήτων Ιχθυοκαλλιέργειας	7
1.2.1 Οι αιτίες της δημιουργίας των αποβλήτων στην ιχθυοκαλλιέργεια	7
1.2.2 Οι κύριες μορφές των αποβλήτων στην ιχθυοκαλλιέργεια	8
1.2.2.1 Μεταβολικά απόβλητα	8
1.2.2.2 Χημικά Απόβλητα στις Ιχθυοκαλλιέργειες	10
1.2.2.3 Παθογόνα απόβλητα	10
1.2.3 Ο ρόλος της διαχείρισης των ζωοτροφών στα απόβλητα των υδατοκαλλιεργειών	11
1.3 Τρόποι Διαχείρισης Αποβλήτων Ιχθυοκαλλιέργειας	12
1.4 Νομοθεσία στην Ελλάδα και την Ευρώπη αναφορικά με την διαχείριση των αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας	14
1.5 Ορθές Στρατηγικές Διαχείρισης Αποβλήτων Ιχθυοκαλλιέργειας	16
1.6 Ποιες οι τεχνολογίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, προκειμένου να αποτραπεί ή ελεγχθεί η επίδραση των αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας στο περιβάλλον	17
Κεφάλαιο 2ο	19
Κυκλική Οικονομία	19
2.1 Ορισμός και Χαρακτηριστικά της Κυκλικής Οικονομίας	19
2.2 Λόγοι εφαρμογής κυκλικής οικονομίας και κύριοι τρόποι έκφρασης	26
2.2.1 Βιομημητισμός	27
2.2.2 Απόδοση και Οικονομία Διαμοιρασμού	28
2.2.3 Cradle to Cradle	29
2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κυκλικής οικονομίας	34

Κεφάλαιο 3	39
Η συμβολή της έννοιας της κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση των αποβλήτων στα ανακυκλούμενα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας	39
3.1 Συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας και κυκλική οικονομία	39
3.2 Σύστημα Ανακυκλοφορίας (RAS) και Συστήματα Ροής / Διαδρομής	42
3.3 Πηγές αποβλήτων στα ανακυκλούμενα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας	47
3.3.1 Τροφές Ψαριών	47
3.3.2 Χημικά Στοιχεία	48
3.3.3 Παθογόνα στοιχεία	49
3.4 Κύριες κατηγορίες αποβλήτων ανακυκλούμενων συστημάτων ιχθυοκαλλιέργειας	49
3.4.1 Στερεά Απόβλητα	49
3.4.2 Διαλυμένα Απόβλητα	51
3.5 Μείωση αποβλήτων μέσω της σωστής διαχείρισης των ιχθυοτροφών	53
3.6 Αξιοποίηση αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας για την παραγωγή διάφορων προϊόντων για επαναχρησιμοποίηση.	56
Επίλογος – Συμπεράσματα	62
Βιβλιογραφία	64

Εισαγωγή

Η αύξηση της παραγωγής στην υδατοκαλλιέργεια έχει προέλθει από τη μείωση των αλιευμάτων (Dauda, Folorunso, & Dasuki, 2013). Ο συνδυασμός της μείωσης των αλιευμάτων και της αύξησης του πληθυσμού παγκοσμίως έχει ως επιτακτική ανάγκη την ανάπτυξη και τον εκσυγχρονισμό της υδατοκαλλιέργειας καθώς η ζήτηση για ψάρια αυξάνεται συνεχώς (FAO, 2016).

Κύρια λύση για την ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας αποτελεί η εντατικοποίηση της, απόρριπα της οποίας είναι η αύξηση του ποσοστού αποβλήτων δεδομένου ότι η ζήτηση για περισσότερους πόρους αυξάνεται. (Crab, Defordt, Bossier, & Verstraete, (2012), Henriksson, Belton, Murshed-e-Jahan, & Rico, (2018)).

Στην ιχθυοκαλλιέργεια, όντας και αυτή ένα είδος παραγωγικής επιχείρησης, δημιουργούνται αρκετά απόβλητα τα οποία είναι αποτέλεσμα των πόρων που χρησιμοποιούνται για την λειτουργία της. Η ανησυχία που έχει προκληθεί είναι τεράστια καθώς όταν διαρρέουν στο φυσικό περιβάλλον μπορούν να δημιουργήσουν τεράστια προβλήματα. Εκτός η οικονομική τους αξία είναι μηδαμινή και στις περισσότερες περιπτώσεις είναι ζημιογόνα για την ζωή της επιχείρησης (Buschmann et al., 2006, Martins et al., 2010) .

Οι Suzuki, Maruyama, Numata, Sato, & Asakawa, (2003) αναφέρουν σε έρευνα του ότι η παραγωγική διαδικασία της ιχθυοκαλλιέργειας έχει ως αποτέλεσμα την δημιουργία μεγάλων ποσοτήτων αποβλήτων. Πιο συγκεκριμένα αναφέρουν περίπου 0,8kg αζώτου και 0,1kg φωσφόρου παράγονται από 1 τόνο ψαριών το οποίο είναι ταυτόσημο με το ποσό των αποβλήτων που δημιουργούνε 73 / ημέρα. Στην ίδια έρευνα αναφέρεται ότι σε μελέτη που έγινε στην Ιαπωνία το 1999, εξάχθηκε ως συμπέρασμα ότι τα παραγόμενα απόβλητα 5.000.000 ατόμων αναλογούν με την ποτητα των μεταβολικών αποβλήτων που 63.000 (Suzuki et al., 2003).

Για την διασφάλιση της βιώσιμης εντατικοποίησης της ιχθυοκαλλιέργειας είναι αναγκαία η λήψη κατάλληλων μέτρων. Ο Godfray et al. (2010) περιέγραψαν

ως βιώσιμο ένα υπερεντατικό σύστημα παραγωγής όπου περισσότερα τρόφιμα παράγονται από την ίδια έκταση γης χωρίς αύξηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων. Στην παρούσα εργασία, σκοπός είναι η παρουσίαση των παραγόμενων αποβλήτων που προέρχονται από την ιχθυοκαλλιέργεια και κυρίως στους τρόπους αξιοποίησης αυτών στα ανακυκλούμενα συστήματα της ιχθυοκαλλιέργειας και πως αυτό είναι συνυφασμένο με την κυκλική οικονομία.

Τα τελευταία χρόνια, η κατανάλωση αλιευτικών προϊόντων έχει σημειώσει πολύ μεγάλη αύξηση κυρίως μετά την αναγνώρισή τους ως βασικό συστατικό μιας ισορροπημένης διατροφής και υγιεινού τρόπου ζωής. Με βάση τον Οργανισμό Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) στις Ηνωμένες Πολιτείες, η συνολική παραγωγή αλιείας και υδατοκαλλιέργειας παρουσίασε σημαντική αύξηση άνω του οκταπλάσιου μεταξύ 1954 και 2009, λόγω της προόδου στις τεχνολογίες αλιείας και της ραγδαίας ανάπτυξης στην υδατοκαλλιέργεια, η παγκόσμια αλιευτική παραγωγή ήταν 93,4 εκατομμύρια τόνοι (Tal, et al, 2009).

Τα τελευταία σαράντα χρόνια, εμφανίζεται μικρότερη αύξηση στη ζήτηση κρέατος (2,8%) σε ετήσιο ρυθμό εν αντίθεση με την ζήτηση για προϊόντα και υποπροϊόντα ψαριών (3,2%). Αυτό είναι ανάλογο της κατά κεφαλήν αύξησης που παρατηρείτε για κατανάλωση ψαριών, η οποία αναμένεται να είναι ακόμα μεγαλύτερη τα επόμενα χρόνια (Tal, et al, 2009). Αποτέλεσμα των προαναφερθέντων είναι η δραματική αύξηση των αποβλήτων σε όλους του τύπους ιχθυοκαλλιέργειας (Tal, et al, 2009).

Η αύξηση της κατανάλωσης των προϊόντων της ιχθυοκαλλιέργειας επηρεάζεται από διάφορους παράγοντες όπως η αύξηση της παραγωγής καθώς και η μείωση της σπατάλης. Πιο συγκεκριμένα ως σπατάλη για τις ιχθυοκαλλιέργειες ορίζεται τόσο η απώλεια ψαριών κατά τη διαδικασία της εκτροφής όσο και κατά τη διαδικασία της μεταφοράς. Αυτό είναι ζημιογόνο τόσο για το περιβάλλον όσο και για την οικονομική ευμάρεια της επιχείρησης. (Turcios & Parenbrock, 2014).

Ως απόρροια της αυξημένης παραγωγής ψαριών μέσω της ιχθυοκαλλιέργειας έχει επέλθει μικρή μείωση του ποσοστού αλιείας. Οι λόγοι που έχει συμβεί

αυτό ποικίλουν και μέσω της Κοινής Αλιευτικής Πολιτικής (ΚΑΛΠ) εντείνονται οι προσπάθειες για την μείωση τους μέσω της προώθησης περιβαλλοντικών, οικονομικών και άλλων βιώσιμων αλιευτικών πρακτικών. Οι κύριοι στόχοι που επιδιώκει η ΚΑΛΠ είναι η δραστική μείωση ή η απαγόρευση των απορρίψεων αλλά και η καλύτερη χρήση της δεσμευμένης βιομάζας (Bossier, Ekasari, 2017) .

Με την ανάπτυξη της βιομηχανίας αυξάνονται και οι ανάγκες για πόρους. Οι περισσότεροι πόροι που χρησιμοποιούνται από την βιομηχανία παραδείγματος χάρη οι υδάτινοι περιορίζονται, γεγονός που καθιστά επιτακτική ανάγκη την προσπάθεια για την διατήρηση ή την βελτίωση της ποιότητας τους (Turcios & Parenbrock, 2014). Για τον λόγο αυτό, οι επιχειρήσεις της ιχθυοκαλλιέργειας έχουν στρέψει το ενδιαφέρον τους σε πιο φιλικές προς το περιβάλλον τακτικές όπως η μείωση των αποβλήτων από τις παραγωγικές τους δραστηριότητες με σκοπό την μείωση των επιπτώσεων που προκαλούν στο περιβάλλον (Turcios & Parenbrock, 2014).

Ο βαθμός καταλληλότητας των ιχθυοτροφών κατά τη διάρκεια του κύκλου παραγωγής και αποδίδοντας μεγάλη προσοχή στις μεθόδους τροφοδοσίας και στην προκύπτουσα παραγωγή στερεών και όχι μόνο αποβλήτων, βοηθάνε σημαντικά τον διαχειριστή να μειώσει σε μεγάλο ποσοστό τα απόβλητα (Bossier & Ekasari, 2017). Ο συνδυασμός ποιοτικών τροφών με προσεκτική διαχείριση σε ένα καλά σχεδιασμένο σύστημα καλλιέργειας μπορεί να μειώσει τις απορρίψεις αποβλήτων έως και 50% (Hulbert, 2000). Εάν η εγκατάσταση πρόκειται να κατασκευαστεί ή να τροποποιηθεί, μπορούν να γίνουν μεγαλύτερες μειώσεις ποσοτήτων αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας (Hulbert, 2000).

Ο ομοσπονδιακός νόμος των ΗΠΑ που αφορά το καθαρό νερό, ορίζει ότι η βιομηχανική απόρριψη του είναι ανάγκη να πληρεί όλες τις θεσμοθετημένες προϋποθέσεις. Αρμόδιος φορέας είναι το Τμήμα Περιβαλλοντικής Προστασίας και η εφαρμογή του νόμου διαφέρει ανά τις πολιτείες καθώς η ταξινόμηση της υδατοκαλλιέργειας ποικίλλει (Bossier & Ekasari, 2017). Αναφορικά με την Ευρώπη, η νομοθεσία που έχει θεσπιστεί είναι μηδαμινή με αποτέλεσμα οι επιχειρήσεις των ιχθυοκαλλιεργειών να μην έχουν αυστηροποιήσει τις

διαδικασίες που χρειάζονται για την μείωση των αποβλήτων στο περιβάλλον. Στις περισσότερες περιπτώσεις η αντιμετώπιση της διαρροής των αποβλήτων είναι πιο κοστοβόρα από την πρόληψη για την μείωση της παραγωγής τους κατά την λειτουργία του συστήματος.(Tal, et al, 2009).

Για να καταφέρει μια παραγωγική επιχείρηση όπως η ιχθυοκαλλιέργεια να παραμείνει βιώσιμη θα πρέπει να γίνουν διάφορες ενέργειες οι οποίες θα αναφερθούν παρακάτω. Αρχικά θα πρέπει η εκάστοτε επιχείρηση να εντάξει στις υποδομές της μονάδα επεξεργασίας αποβλήτων ανάλογη των αναγκών της και του είδους του αποβλήτου που παράγεται από την λειτουργία της (Tal, et al, 2009). Επιπλέον δεδομένου ότι οι φυσικοί πόροι που είναι απαραίτητοι για την εύρυθμη παραγωγική διαδικασία μιας μονάδας ιχθυοκαλλιέργειας μειώνονται συνεχώς, επιβάλλεται μια πιο φιλική προς το περιβάλλον ολιστική προσέγγιση όπως είναι η κυκλική οικονομία (Tal, et al, 2009)

Η κυκλική οικονομία είναι μία έννοια η οποία εμφανίζεται τις τελευταίες δεκαετίες και αναπτύσσεται ραγδαία προσφέροντας δυνατότητες για την εναλλακτική χρήση των πόρων, της ενέργειας και των υποδομών με σκοπό την αύξηση του βιοτικού επιπέδου (Bossier & Ekasari, 2017).

Στα προαναφερθέντα η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των αποβλήτων έχουν καθοριστικό ρολό στην μείωση της ποσότητας αποβλήτων που απορρέουν στο περιβάλλον. Διάφορες μελέτες ανά τον κόσμο αναφέρουν διαδικασίες αξιοποίησης των αποβλήτων της ιχθυοκαλλιέργειας καθώς αποτελούν πλούσιες πηγές ενώσεων προστιθέμενης αξίας (Turcios & Papenbrock, 2014). Οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν ως επί το πλείστο τα απόβλητα των διαδικασιών τους για παραγωγή προϊόντων που επιφέρουν μικρό κέρδος όπως είναι η παραγωγή ιχθυαλεύρων και ιχθυελαίου. Σε ορισμένες περιπτώσεις χρησιμοποιούνται και ως ύλη για την διατροφή των συστημάτων ιχθυοκαλλιέργειας (Tal, et al, 2009). Συμπεραίνουμε ότι χρειάζονται καινοτόμες ιδέες για την επεξεργασία των αποβλήτων οι οποίες θα επιφέρουν τόσο παραγωγή προϊόντων με μεγαλύτερο κέρδος όσο και μείωση των περιβαλλοντικών ζητημάτων που ταλανίζουν την κοινωνία.

Κεφάλαιο 1

Απόβλητα ιχθυοκαλλιέργειας

1.1 Ορισμός Αποβλήτων

Μπορεί να φαίνεται εύκολος ως ορισμός η έννοια για το "απόβλητο" όμως δεν είναι. Απόβλητο είναι εκείνο το προϊόν που δεν έχει πλέον χρησιμότητα ή σκοπό και πρέπει να απορριφθεί (Prüss-Üstün, Rapiti & Hutin, 2005). Ο όρος ισχύει ασφαλώς για ένα απορριπτόμενο υλικό, αλλά υπάρχουν συγκεκριμένοι ορισμοί για τα απόβλητα που επηρεάζουν το πως αυτά οριοθετούνται και πρέπει να αντιμετωπίζονται, με ειδικότερο τρόπο σε επαγγελματικά περιβάλλοντα (Bu et al., 2018).

Η πλειοψηφία των αποβλήτων οικιακής και κτηνιατρικής προέλευσης, ορίζονται ως "στερεά απόβλητα", χωρίς απαραίτητα να είναι αυτή η μορφολογία τους. Τα απόβλητα αυτά σύμφωνα με τον Οργανισμό Προστασίας Περιβάλλοντος των ΗΠΑ (EPA) είναι διαφόρων ειδών όπως απορρίμματα, λάσπη προερχόμενη από την επεξεργασία λυμάτων, και αλλά ποικιλόμορφα υλικά (στερεών, υγρών ή αυτά που περιέχουν αέρια) προερχόμενα από ποικίλες δραστηριότητες πχ η γεωργική (Akulume, Kiwanuka, 2016). Αναφορικά με τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας, τα παραγόμενα στερεά απόβλητα προέρχονται κυρίως από ζωικούς ιστούς και ζωικά απορρίμματα αλλά διευρύνονται και πέρα από αυτά (Hossain, 2011).

1.2 Η έννοια και τα χαρακτηριστικά των αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας

1.2.1 Οι αιτίες της δημιουργίας των αποβλήτων στην ιχθυοκαλλιέργεια

Στα απόβλητα της ιχθυοκαλλιέργειας ανήκουν όλα τα στερεά και υγρά απόβλητα καθώς και όλα τα τοξικά ή / και μη απόβλητα, τα οποία μοιάζουν κατά κάποιο τρόπο στη σύσταση και τη μορφολογία με τα βιομηχανικά απόβλητα. Μία πιο ορθή διάκριση μπορεί να γίνει με βάση τον τύπο του αποβλήτου (Tal, et al, 2009). Η ταξινόμηση των αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας γίνεται με κριτήριο την πιθανή διαφορετική διάθεση (π.χ. απόβλητα που μπορούν να ανακυκλωθούν). Οι διάφοροι τύποι αποβλήτων της ιχθυοκαλλιέργειας είναι οι εξής (Tal, et al, 2009):

- Χαρτιά και χαρτόνια: Ανήκουν στα απόβλητα της ιχθυοκαλλιέργειας και ειδικότερα σε αυτά που μπορούν να καούν.
- Πλαστικά: Πρόκειται για κάθε είδους πλαστικά αντικείμενα, που μετά την χρήση τους αποτελούν απόβλητο. Αν και μπορούν να καούν το πιο σωστό είναι να αποφεύγεται λόγω της δυσοσμίας και των τοξικών που παράγονται (π.χ. διοξίνες κατά την καύση πλαστικών που περιέχουν χλώριο).
- Υπολείμματα τροφών: Πρόκειται για ζωικά ή φυτικά υπολείμματα που προκύπτουν από το καθαρισμό των συστημάτων, την προετοιμασία και την κατανάλωση της τροφής των ψαριών. Επειδή τα υπολείμματα αυτά αποσυντίθενται εύκολα, είναι και αυτά στα οποία οφείλεται κυρίως η δυσοσμία των αποβλήτων.
- Γυαλιά : Εκτός από τα μπουκάλια που επιστρέφονται, τα υπόλοιπα μπουκάλια και τα γυαλιά πετιούνται στα σκουπίδια. Σε αυτό συντελεί και το ότι τα περισσότερα αγαθά διατίθενται στην αγορά σε γυάλινη συσκευασία. Αποτελούν τύπο αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας που δεν καίγονται.

1.2.2 Οι κύριες μορφές των αποβλήτων στην ιχθυοκαλλιέργεια

1.2.2.1 Μεταβολικά απόβλητα

Τα μεταβολικά απόβλητα στις ιχθυοκαλλιέργειες επέρχονται ως επί τω πλείστων σε δύο μορφές, τα στερεά και τα διαλυμένα. Κατά τον προσδιορισμό της ποσότητας αποβλήτων που θα δημιουργηθούν σε ένα σύστημα, καταλυτικό ρολό παίζει η ποσότητα και η συχνότητα της τροφοδοσία των ψαριών (Turcios & Parenbrock, 2014). Η θερμοκρασία είναι ένας παράγοντας που επηρεάζει την αύξηση των αποβλήτων καθώς η αύξηση της συνεπάγεται με την αύξηση του ρυθμού τροφοδοσίας. Έτσι του μήνες του καλοκαιριού η παραγωγή αποβλήτων είναι πολύ μεγαλύτερη (Turcios & Parenbrock, 2014).

Για την μείωση των αποβλήτων υπάρχουν διάφορες διαδικασίες που μπορεί να ακολουθήσει ένα σύστημα ιχθυοκαλλιέργειας. Πέρα από την χρήση μίας εξωθημένης τροφής, υψηλής σε ενέργεια, η οποία μπορεί να αφομοιωθεί

ευκολότερα από τα εκτρεφόμενα είδη, πολύ σημαντική είναι και η έγκαιρη απομάκρυνση των στερεών αποβλήτων (Turcios & Papenbrock, 2014).

Η απομάκρυνση των στερεών αποβλήτων θα πρέπει να είναι έγκαιρη καθώς η συσσώρευση μεγάλων ποσοτήτων στο σύστημα μπορεί να είναι η αιτία για πολλά προβλήματα. Στην έγκαιρη απομάκρυνση στερεών αποβλήτων δεσπόζουσας σημασίας είναι η ροή του νερού στο σύστημα. Η σωστή ρύθμιση της ροής του νερού έχει οφέλη όπως η ελαχιστοποίηση του κατακερματισμού των περιπτώσεων των ψαριών καθώς και η έγκαιρη απομάκρυνση των διαλυμένων οργανικών αποβλήτων (Mathieu & Timmons, 1993).

Τέλος, πολλές επιπτώσεις στο περιβάλλον προκαλούν τα καθιζήσιμα στερεά απόβλητα. Σε μεγάλες συγκεντρώσεις μειώνουν το οξυγόνο και μπορούν να οδηγήσουν στη μείωση της βιοποικιλότητας ενός συστήματος. Είναι επιτακτική ανάγκη η άμεση απομάκρυνσή τους πριν καταλήξουν στο σύστημα υποδοχής, με σκοπό τη μείωση της ρύπανσης (Mathieu & Timmons, 1993).

Διαλυμένα απόβλητα ιχθυοκαλλιεργειών

Εκτός από τα στερεά απόβλητα μια άλλη κατηγορία μεταβολικών απόβλήτων είναι τα διαλυμένα. Εμφανίζονται σε 2 μορφές, το βιοχημικό απαιτούμενο οξυγόνο (*BOD*) και το χημικό απαιτούμενο οξυγόνο (*COD*). Αναφορικά με το *BOD* είναι ο πλέον άμεσος χρησιμοποιούμενος έλεγχος για τον προσδιορισμό της συγκέντρωσης οργανικής ύλης στο νερό, εν αντίθεση με το *COD* όπου είναι ένας δείκτης που χρησιμ οποιείται για να μας δείξει έμμεσα της ποσότητα της οργανικής ύλης στο νερό (Alabaster, 1982).

Τα διαλυμένα απόβλητα υπάρχουν μέσα στο νερο σε πολλές μορφές όπως είναι η αμμωνία, ο φώσφορος, το άζωτο, τα νιτρικά και τα νιτρώδη. Η πιο τοξική μορφή που συναντάται είναι η μη-ιονισμένη αμμωνία, η οποία απελευθερώνεται ως επί τω πλείστο από τα βράγχια των ψαριών. Μέσω διάφορων βακτηρίων η μη-ιονισμένη αμμωνία μπορεί να μετατραπεί σε μη τοξικές μορφές και να είναι χρήσιμη για την ανάπτυξη άλλων οργανισμών όπως τα φυτά (Boardman et al., 1998, Chen et al., 1993).

Η αύξηση των αιωρούμενων αποβλήτων είναι ανάλογη με την αύξηση του *BOD*. Για τον λόγο αυτό όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, η γρήγορη αφαίρεση των αιωρούμενων στερεών θα επιφέρει και μείωση της ποσότητας των διαλυμένων αποβλήτων στο σύστημα (Alabaster, 1982).

Στην πλειονότητά τους τα διαλυμένα απόβλητα στην ιχθυοκαλλιέργεια βρίσκονται σε μέγεθος μικρότερο ή ίσο με 30microns. Ένα παράδειγμα τέτοιου αποβλήτου είναι ο φώσφορος. Συνήθως συναντάται στις τροφές των ψαριών και μέσω διάφορων ενεργειών διασπάται σε πιο χρήσιμες μορφές (Boardman et al., 1998, Chen et al., 1993). Χαρακτηριστικό παράδειγμα η διάσπαση του φωσφόρου σε φωσφορικό μέσω της διαδικασίας της αποσύνθεσης (Chen et al., 1993). Με αυτή τη διαδικασία μετατρέπεται σε επιθυμητό συστατικό, ειδικότερα για συστήματα όπου τα θρεπτικά συστατικά του νερού βρίσκονται σε ιδιαίτερα χαμηλά επίπεδα. Βέβαια ο φώσφορος έχει και αρνητικές επιπτώσεις, καθώς σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε μη επιθυμητές καταστάσεις όπως ο ευτροφισμός (Alabaster, 1982).

1.2.2.2 Χημικά Απόβλητα στις Ιχθυοκαλλιέργειες

Στην ιχθυοκαλλιέργεια υπάρχει αυστηρό νομοθετικό πλαίσιο για την χρήση χημικών ουσιών καθ'όλες τις παραγωγικές διαδικασίες. Βάσει των κανονισμών οι χημικές ουσίες που επιτρέπεται να χρησιμοποιηθούν είναι ελάχιστες, καθώς τα προϊόντα που παράγονται προορίζονται για ανθρώπινη κατανάλωση. Έτσι, η δημιουργία χημικών αποβλήτων από τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας είναι ελάχιστη και δεν δίνεται ιδιαίτερη σημασία σε διαδικασίες επεξεργασίας τους.

1.2.2.3 Παθογόνα απόβλητα

Μία από τις διαδικασίες που χρησιμοποιούν τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας και είναι απαραίτητη για την βιωσιμότητά τους είναι η απολύμανση. Σκοπός της διαδικασίας αυτής είναι η μείωση ή καταστροφή παράσιτων, βακτηρίων και άλλων ποθογόνων οργανισμών. Παραδείγματα διαδικασιών απολύμανσης είναι η χλωρίωση, η υπεριώδης ακτινοβολία και ο οζονισμός. Αποτέλεσμα αυτών των διαδικασιών είναι και η πολύ μικρή ποσότητα παθογόνων

αποβλήτων που απορρέουν από την ιχθυοκαλλιέργεια προς το περιβάλλον (Turcios & Parenbrock, 2014).

Πέρα από τα πλεονεκτήματα που έχουν οι διαδικασίες απολύμανσης, έρχονται προς συζήτηση και τα μειονεκτήματα τους. Για παράδειγμα η χλωρίωση, αν και πολύ αποτελεσματική μπορεί να επιφέρει σοβαρά προβλήματα στη παραγωγική διαδικασία. Το χλώριο είναι ισχυρό οξειδωτικό και μπορεί να θανατώσει τους εκτρεφόμενους οργανισμούς (Bossier & Ekasari, 2017). Αντίθετα, η υπεριώδης ακτινοβολία δεν έχει αποδειχθεί ότι είναι επιβλαβής για την ζωή των εκτρεφόμενων οργανισμών για το λόγο αυτό είναι και προτιμότερη.

Τόσο στην Ευρώπη, αλλά ειδικότερα στις ΗΠΑ, η νομοθεσία δεν απαιτεί από τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας να επεξεργάζονται τα παθογόνα απόβλητα που δημιουργούν. Οι διαδικασίες που αναφέρθηκαν πιο πάνω θεωρούνται αρκετά κοστοβόρες για τις επιχειρήσεις, οπότε στις περισσότερες περιπτώσεις παραλείπονται.

1.2.3 Ο ρόλος της διαχείρισης ζωοτροφών στα απόβλητα υδατοκαλλιεργειών

Κατά την τελευταία δεκαετία, η έρευνα για τις ζωοτροφές και τη διατροφή, έχει δείξει τη σημασία των συστατικών στη διατροφή των ψαριών. Επιλέγοντας τροφές χαμηλής περιεκτικότητας σε φυτικά θα είναι λιγότερος ο φώσφορος που θα απελευθερώνεται από τα ψάρια. Η πλειονότητα του φωσφόρου στις φυτικές πρωτεΐνες δεν απορροφάτε από τα ψάρια, καθώς η αφομοίωση του από οργανισμούς με ένα στομάχι δεν είναι μεγάλη (Hardy, 1999).

Μια προσέγγιση, ειδικά για τα είδη θερμών νερών αναφέρει ότι η αύξηση των επιπέδων φυτάσης είναι ικανή να αυξήσει την ποσότητα φωσφόρου στις ζωοτροφές και ως επακόλουθο την βιοδιαθεσιμότητα (Baker et al., 2001, Papatryphon, 1999, Jackson et al., 1996). Αυτό βέβαια δεν είναι το ίδιο αποτελεσματικό για είδη που ζουν σε νερά με χαμηλότερη θερμοκρασία, αφού ο αντίκτυπος της φυτάσης μειώνεται δραματικά.

Σε διάφορες μελέτες έχει αναφερθεί ότι η χρήση υψηλής ενέργειας εξωθημένων τροφών μπορεί να μειώσει την μετατρεπτικότητα της από τα ψάρια χωρίς να επηρεάσει τα επίπεδα ανάπτυξής τους (Bender et al., 1999). Επακόλουθο είναι η μεγάλη μείωση των αποβλήτων από τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας. Συμπεραίνουμε ότι η χρήση τροφών υψηλής ενέργειας είναι ένας επιπλέον τρόπος που μπορεί να συνεισφέρει και να βοηθήσει την ιχθυοκαλλιέργεια να μειώσει την ποσότητα αποβλήτων της σε μεγάλο βαθμό.

Ένας επιπλέον τρόπος μείωσης της παραγωγής αποβλήτων είναι η σωστή ρύθμιση της τροφοδοσίας του συστήματος. Οι εξωθημένες τροφές έχουν την δυνατότητα να επιπλέουν μέσα στο νερό (Baker et al., 2001). Με τη ροή του νερού στο σύστημα, η τροφή που αιωρείται είναι ευκολά διακριτή και μπορεί να βοηθήσει ώστε να γίνεται αντιληπτό αν χρειάζεται τροφή για τους οργανισμούς, με αποτέλεσμα να υπάρχει αποφυγή υπερβολικής τροφοδοσίας (Bender et al., 1999). Η τακτική καταγραφή των τροφοδοσιών και η ανάπτυξη ενός προγράμματος μπορεί να βοηθήσει. Η τροφή δίνεται φρέσκια οπότε είναι πιο εύπεπτη, ενώ υπάρχει και καλύτερη διαχείριση αποθεμάτων από την επιχείρηση.

Το κόστος των ζωοτροφών υψηλής ενέργειας είναι ιδιαίτερα υψηλό για τις επιχειρήσεις και είναι ο κύριος παράγοντας που οδηγεί τις επιχειρήσεις να στρέφονται σε άλλες λύσεις (Baker et al., 2001). Όμως, το ίδιο υψηλό είναι και το κόστος των διαδικασιών που ορίζονται από την νομοθεσία για την επεξεργασία των αποβλήτων. Οι επιχειρήσεις θα πρέπει να κατανοήσουν ότι το όφελος της χρήσης τροφών υψηλής ενέργειας είναι αρκετά μεγάλο και συνολικά επιφέρει μεγαλύτερα κέρδη.

1.3 Τρόποι διαχείρισης αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας

Αναφορικά με τους τρόπους διαχείρισης των αποβλήτων της ιχθυοκαλλιέργειας, θα λέγαμε πως πρόκειται για μια σειρά βημάτων όπου κάθε ένας από αυτούς μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας μία ή περισσότερες διαδικασίες επεξεργασίας. Οι κύριες κατηγορίες επεξεργασίας αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας, είναι η ξεχωριστή επεξεργασία, η

προκαταρκτική επεξεργασία, η φυσικοχημική επεξεργασία, η βιολογική επεξεργασία και η βιομηχανική επεξεργασία (Tal, et al, 2009).

- Ξεχωριστή επεξεργασία - Αυτός ο τύπος επεξεργασίας είναι ο πλέον κατάλληλος για τον διαχωρισμό των υλικών που απαιτούν ειδική επεξεργασία.
- Προκαταρκτική επεξεργασία - Αυτή η μέθοδος διαχείρισης είναι κατάλληλη για όλους τους κλάδους, αλλά κυρίως στην περίπτωση της ιχθυοκαλλιέργειας.
- Φυσικοχημική θεραπεία - Με βάση τον τύπο της επεξεργασίας, αυτή η μέθοδος μπορεί να θεωρείται ενδιάμεσο ή τελικό στάδιο. Βασικά διεξάγεται για:
 - Εκκαθάριση δηλητηριωδών αλάτων ή μετάλλων
 - Διευκρίνιση & αραίωση κολλοειδών συγκεντρώσεων *BOD* & *COD*, για να επιτευχθεί το σωστό *Ph*.
 - Η παραπάνω διαδικασία επεξεργασίας, δηλαδή το *Physical-Chemical* προηγείται ή ακολουθείται από άλλες μεθόδους όπως
 - Ηλεκτρική εξουδετέρωση
 - Οξειδωση
 - Αποστράγγιση(Tal, et al, 2009).
- Βιολογική επεξεργασία - Βασικά αυτή η μέθοδος επεξεργασίας αξιοποιείται για τον προσδιορισμό των βιοαποδομήσιμων περιεχομένων των λυμάτων ιχθυοκαλλιέργειας. Θεωρείται ίσως η καλύτερη μέθοδος για την μείωση συγκεντρώσεων *BOD*, *COD* τα οποία προέρχονται από διάφορες οργανικές ενώσεις (Tal, et al, 2009).
- Βιομηχανική επεξεργασία - Αν και σε ορισμένες περιπτώσεις υπάρχει οργανική ιλύς, κυρίως η ιλύς είναι ανόργανη. Τα βιομηχανικά απόβλητα περιέχουν μεγάλες ποσότητες ιλύος, οι οποίες προκύπτουν ιδιαίτερα από μεθόδους φυσικοχημικής επεξεργασίας ή επεξεργασίας δραστηριότητας. Όλες οι μέθοδοι που χρησιμοποιούνται για την επεξεργασία της ενεργοποιημένης λάσπης από μονάδες

επεξεργασίας λυμάτων μπορούν να εναχθούν στο βιομηχανικό περιβάλλον (Tal, et al, 2009).

- Επεξεργασία Αποβλήτων Βιομηχανίας – Τα λύματα που προέρχονται από βιομηχανία χαρακτηρίζονται από τις χαμηλές συγκεντρώσεις σε αζώτο και φώσφορο και για τον λόγο αυτό επεξεργάζονται συνήθως με βιολογικές μεθόδους. Τα στερεά και τα αιωρούμενα απόβλητα των λυμάτων της βιομηχανίας μπορούν να απομακρυνθούν με διαφορεές διαδικασίες, με προτιμητέα την καθίζηση (Tal, et al, 2009).

1.4 Νομοθεσία στην Ελλάδα και την Ευρώπη αναφορικά με τη διαχείριση των αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας

Η WFD (*Waste Framework Directive*) 2008/98/EC αποτελεί μια οδηγία-πλαίσιο, η οποία καθορίζει όλες τις διαδικασίες διαχείρισης των αποβλήτων στα κράτη-μέλη της ΕΕ. Σύμφωνα με αυτή την οδηγία-πλαίσιο πρέπει να ορίζονται κάποια συγκεκριμένα πράγματα αναφορικά με την διαχείριση των αποβλήτων, όπως είναι το περιεχόμενό τους αλλά και άλλες ιδιότητες για την σωστή ταξινόμηση των αποβλήτων. Με την έννοια ταξινόμηση η WFD, 2008/98/EC ταξινομεί τα απόβλητα σε επικίνδυνα και μη επικίνδυνα. Σε αυτό προστίθεται και άλλος ένας κανονισμός στον οποίο αναφέρονται οι όροι βάσει των οποίων τα απόβλητα μπορούν να μετακινούνται μεταξύ των χωρών και έχει μεγάλη σημασία για τα νοσοκομειακά απόβλητα, ιδιαίτερα επικίνδυνα απόβλητα, τα οποία συχνά μεταφέρονται σε ολόκληρη την Ευρώπη για σκοπούς διάθεσης ή ανάκτησης.

Γενικά, ο κύριος στόχος του ρυθμιστικού καθεστώτος που εισήχθη στο πλαίσιο της οδηγίας IPPC (*Integrated Pollution Prevention and Control*) δίνει μεγαλύτερη έμφαση στο πως μπορούμε να διαχειριστούμε τα απόβλητα. Αντίθετα δίνεται ελάχιστη προσοχή στο πως μια επιχείρηση μπορεί να μειώσει τις ποσότητες αποβλήτων της και στην ιδανική περίπτωση να τα επεξεργαστεί με στόχο την επαναχρησιμοποίηση τους (Turcios & Papenbrock, 2014). Η οδηγία IED (*Industrial Emissions Directive*) εισήχθη μετέπειτα με σκοπό την προστασία του περιβάλλοντος και της ανθρώπινης υγείας από τις δυσμενείς επιπτώσεις της ρύπανσης. Σε αυτή την οδηγία-πλαίσιο υπάρχει ειδική

αναφορά στην ΕΕ σχετικά με την μείωση των αποβλήτων (Turcios & Papenbrock, 2014).

Οι οδηγίες-πλαίσια που υπάρχουν για παράδειγμα για τον αέρα και το νερό καθορίζουν τα όρια στα οποία πρέπει να συμμορφώνονται οι παραγωγικές μονάδες. Αντίθετα, αυτό δεν συμβαίνει με τις οδηγίες πλαίσιο που υπάρχουν για τα απόβλητα. Δεν καθορίζονται όρια εκπομπών αποβλήτων και επομένως δεν μπορεί να υπάρξει αξιολόγηση. Αυτό έχει οδηγήσει σε άλλες κινήσεις όπως για παράδειγμα η εγκατάσταση τεχνολογιών μείωσης για την ελαχιστοποίηση των εκπομπών διοξειδίου του θείου ή η επίτευξη ειδικών οριακών τιμών για τις απορρίψεις στο νερό (Bossier & Ekasari, 2017).

Η φύση της ρυθμιστικής προσέγγισης για τις εκπομπές στον αέρα και το νερό, έχει ως αποτέλεσμα την ύπαρξη περισσότερων δεδομένων. Η δυνατότητα ύπαρξης δεδομένων προσφέρει καλύτερες μετρήσεις ώστε να υπάρξουν οι απαραίτητες βελτιώσεις. Όσον αφορά τα απόβλητα των ιχθυοκαλλιεργειών, τα δεδομένα που εξάγονται είναι ελάχιστα και δεν υπάρχει η δυνατότητα να τεθούν όρια και στόχοι για να επιτευχθούν (Bossier & Ekasari, 2017).

Σε σχέση με την οδηγία -πλαίσιο *IPPC* η οδηγία-πλαίσιο *IED* έφερε πολλές βελτιώσεις. Ίσως η πιο σημαντική είναι αυτή των Συμπερασμάτων Βέλτιστων Διαθέσιμων Τεχνικών (BDTc). Σύμφωνα με αυτή την οδηγία καθορίζονται κάποιες απαιτήσεις σχετικά με τα απόβλητα, οι οποίες πρέπει να επιτευχθούν σε βάθος 4ετίας για να μπορεί η επιχείρηση να διατηρήσει την άδεια λειτουργίας της (Prüss-Üstün, Rapiti & Hutin, 2005). Συγκριτικά με την *IPPC* εστιάζει σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό στους τρόπους με τους οποίους μια επιχείρηση μπορεί να διαχειριστεί τα απόβλητά της.

Η εφαρμογή των BDTc μπορεί να επιφέρει πολύ θετικά αποτελέσματα. Κυριότερο είναι η μείωση των ποσοτήτων των αποβλήτων που παράγει μια παραγωγική μονάδα. Επιπλέον μπορεί να ενημερώσει και να προωθήσει πιο αποτελεσματικούς τρόπους διαχείρισης αποβλήτων, αλλά και να βάλει σε ένα πλαίσιο σκέψης τις παραγωγικές μονάδες να αξιοποιήσουν τα απόβλητα τους με σκοπό την επαναχρησιμοποίησή τους (Prüss-Üstün, Rapiti & Hutin, 2005).

Συγκριτικά με την IPPC εστιάζει σε πολύ μεγαλύτερο βαθμό στους τρόπους με τους οποίους μια επιχείρηση μπορεί να διαχειριστεί τα απόβλητά της.

Η πραγματικότητα είναι ότι και στην περίπτωση της οδηγίας-πλαίσιο IED και πιο συγκεκριμένα στα συμπεράσματα που αναγράφονται στα BDTc είναι ποιοτικά και για ακόμα μια φορά δεν έχουν τεθεί κάποια όρια ώστε να υπάρξει ποσοτικός στόχος (Chartier et al, 2014). Η αποτελεσματικότητά της μένει να αποσαφηνιστεί στο μέλλον σύμφωνα με τα αποτελέσματα που θα εξαχθούν αναφορικά με την ελαχιστοποίηση των αποβλήτων αλλά και τον βαθμό αξιοποίησής τους (Chartier et al, 2014).

Πέρα από τις οδηγίες-πλαίσια που έχουν εισαχθεί για την διαχείριση και τη μείωση των αποβλήτων της ιχθυοκαλλιέργειας, τα προσεχή έτη υπάρχει η πίστη ότι θα υπάρξουν μέτρα και οδηγίες σχετικά με την ακόμα πιο ομαλή μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία (Turcios & Parenbrock, 2014). Η Ευρωπαϊκή Ένωση θέτει κάποια μέτρα, τα οποία θα συμβάλλουν στην πιο εύκολη και γρήγορη μετάβαση στην υιοθέτηση της ιδέας της κυκλικής οικονομίας, θα ανοίξει νέες θέσεις εργασίας, θα αυξήσει την ανταγωνιστικότητα και θα προωθήσει την βιωσιμότητα των επιχειρήσεων. Για να μπορέσουν να επιτευχθούν τα παραπάνω αλλά και περαιτέρω καινοτόμες διαδικασίες και ιδέες θα χορηγηθεί στήριξη μέσω διάφορων προγραμμάτων όπως είχε γίνει για παράδειγμα με το πρόγραμμα <Ορίζοντας 2020>.

1.5 Ορθές στρατηγικές διαχείρισης αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας

Το πρόβλημα που ταλανίζει όλες τις κυβερνήσεις αναφορικά με τα απόβλητα των ιχθυοκαλλιεργειών έρχονται να λύσουν 3 βασικές στρατηγικές. Η πρώτη στρατηγική θα πρέπει να είναι μια συντονισμένη προσπάθεια από τον ίδιο τον επαγγελματία στον τομέα της ιχθυοκαλλιέργειας, ώστε να ελαχιστοποιείται αποτελεσματικά η ποσότητα στα απόβλητα.

Δεύτερον, οι επαγγελματίες του τομέα της ιχθυοκαλλιέργειας, οι υπεύθυνοι για τη χάραξη πολιτικής και άλλοι σχετικοί ενδιαφερόμενοι φορείς, θα πρέπει να συνεργαστούν για να ευαισθητοποιηθούν σχετικά με τις κατάλληλες τεχνικές διάθεσης των αποβλήτων και τους κινδύνους της εσφαλμένης απόρριψης και διαχείρισης αυτών.

Στη συνέχεια, οι ειδικοί μπορούν να εργαστούν για την εφαρμογή και την προώθηση αποτελεσματικών εναλλακτικών μεθόδων διάθεσης και διαχείρισης αποβλήτων, οι οποίες δεν οδηγούν στην απλή αποτέφρωση ή τη διάθεση αποβλήτων σε χώρους υγειονομικής ταφής.

Τέλος, θα πρέπει να επιλεχθούν ασφαλείς και φιλικές προς το περιβάλλον επιλογές διαχείρισης αποβλήτων, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι αυτοί που εργάζονται στις εγκαταστάσεις αποβλήτων (συλλογή, διαχείριση, μεταφορά) χαίρουν απόλυτης προστασίας και δεν κινδυνεύουν λόγω της εμπλοκής τους με τα απόβλητα που είναι τοξικά και δημιουργούν πρόβλημα στην υγεία.

1.6 Ποιες είναι οι τεχνολογίες που θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν, προκειμένου να αποτραπεί ή ελεγχθεί η επίδραση των αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας στο περιβάλλον;

Ως βασική τεχνολογία προκειμένου να αντιμετωπιστεί η ύπαρξη υγρών και στερεών αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας στο φυσικό περιβάλλον, θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί ο βιολογικός καθαρισμός. Ο βιολογικός καθαρισμός ή πιο σωστά οι εγκαταστάσεις επεξεργασίας των αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας, έχει ως στόχο να φέρει τα λύματα και τα απορρίμματα σε μια μορφή την οποία θα μπορεί η φύση να απορροφήσει χωρίς περαιτέρω προβλήματα (Bossier & Ekasari, 2017).

Ο βιολογικός καθαρισμός απομακρύνει το οργανικό φορτίο από τα λύματα, έτσι ώστε να αποφευχθεί η μείωση του οξυγόνου στο νερό όπου τα λύματα θα καταλήξουν. Κατά περίπτωση βέβαια και εφόσον ο τελικός αποδέκτης θεωρείται ευαίσθητος, ο βιολογικός καθαρισμός απομακρύνει τα θρεπτικά συστατικά, το άζωτο και τον φωσφόρο, ώστε να αποτρέψει το φαινόμενο του ευτροφισμού (Turcios & Parenbrock, 2014).

Όσον αφορά τον βαθμό διαχείρισης, η πρωτοβάθμια επεξεργασία απομακρύνει περίπου το 25-30% του οργανικού φορτίου και η δευτεροβάθμια το 95-96%, αφού η πρωτοβάθμια επεξεργασία δεν θεωρείται από μόνη της πλέον αποδεκτή. Τριτοβάθμια επεξεργασία ονομάζεται η απομάκρυνση των θρεπτικών συστατικών ή η περαιτέρω διύλιση του νερού, έτσι ώστε να

παράγεται ακόμα καθαρότερο και διαυγέστερο νερό το οποίο θα μπορεί να επαναχρησιμοποιηθεί για παράδειγμα προς άρδευση (Tal, et al, 2009).

Αποτελεί γεγονός πως τα διάφορα λύματα τα οποία προέρχονται από τα απόβλητα ιχθυοκαλλιέργειας, πλέον δεν πάνε χαμένα χάρη στην ύπαρξη των βιολογικών καθαρισμών που έχουν εγκατασταθεί σε αυτά. Στις μέρες μας οι εγκαταστάσεις αυτές λειτουργούν με επιτυχία και δεν δημιουργούν προβλήματα στις οικογένειες που τις χρησιμοποιούν. Το νερό βγαίνει καθαρό από αυτές και δεν έχει οσμές. Όσοι την χρησιμοποιούν κάνουν μεγάλη οικονομία στο νερό. Ως εκ τούτου, δεν μολύνεται ο υδροφόρος ορίζοντας, καθώς δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούν χλώριο και άλλα επικίνδυνα καθαριστικά (Turcios & Papenbrock, 2014).

Ο στόχος της βιολογικής επεξεργασίας, είναι η δημιουργία ενός συστήματος στο οποίο τα αποτελέσματα της αποσύνθεσης συλλέγονται εύκολα για την κατάλληλη διάθεσή τους. Η βιολογική επεξεργασία θεωρείται η υπ αριθμόν ένα επεξεργασία που χρησιμοποιείται παγκοσμίως, καθώς συγκριτικά με άλλες είναι πιο φθηνή αλλά το κυριότερο προσφέρει εξαιρετικά αποτελέσματα. Μέσω της βιολογικής επεξεργασίας υπάρχει υψηλό ποσοστό απομάκρυνσης των οργανικών ενώσεων που υπάρχουν στα απόβλητα (Turcios & Papenbrock, 2014). Στις περιπτώσεις της διαχείρισης των λυμάτων που απορρέουν από τις βιομηχανίες παραγωγής, όπως αναφερθήκαμε και σε άλλη ενότητα της εργασίας, η βιολογική επεξεργασία χρησιμοποιείται για την απομάκρυνση των υλικών που μπορεί να παραμένουν μετά το πέρας προηγούμενης διαδικασίας (Tal, et al, 2009).

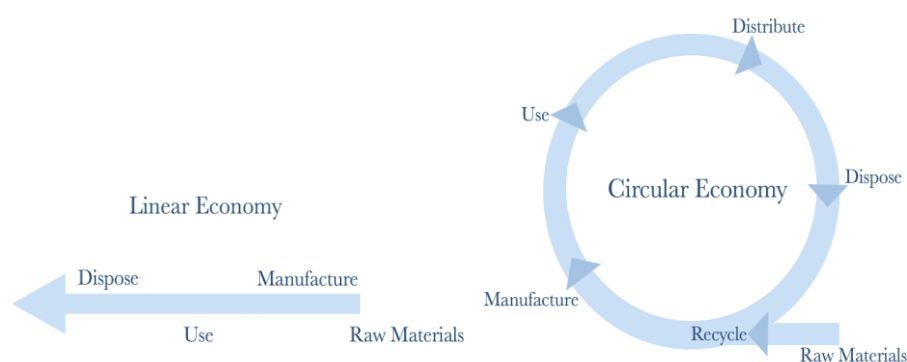
Κεφάλαιο 2ο

Κυκλική Οικονομία

2.1 Ορισμός και χαρακτηριστικά της Κυκλικής Οικονομίας

Ως λύση στα ιδιαίτερα κρίσιμα ζητήματα των ημερών μας και τα οποία αντιμετωπίζουν οι επιχειρήσεις, έχει προκύψει ένας νέος τρόπος διεξαγωγής των εργασιών, που ονομάζεται κυκλική οικονομία. Αυτό το νέο πλαίσιο βιωσιμότητας, θεωρείται ότι *διαταράσσει* το τρέχον γραμμικό μοντέλο, σύμφωνα με τους Stuchtey et al., (2016).

Σύμφωνα με τους Pollard et al., (2016) το ανοιχτό γραμμικό σύστημα είχε ως στόχο να αποτρέψει τις πιθανές ζημιές που μπορεί να αντιμετωπίζαν οι επιχειρήσεις. Αντίθετα το κυκλικό σύστημα δίνει τη δυνατότητα για δημιουργία καινοτόμων λειτουργιών στις επιχειρήσεις. Στο παρακάτω σύστημα απεικονίζεται η λειτουργία των 2 συστημάτων στον βρόγχο.



Εικόνα 2.1. Στο σχήμα βλέπουμε το γραμμικό ανοιχτό μοντέλο και το μοντέλο κυκλικού κλειστού βρόχου (Lindfred & Nordeld, 2017)

Η επιμήκυνση της διάρκειας ζωής των προϊόντων θεωρείται ο ακρογωνιαίος λίθος της λειτουργίας της κυκλικής οικονομίας. Το βιβλίο *An Introduction (2017), Delft University of Technology*, εξηγεί πώς επιτυγχάνεται η παράταση της διάρκειας ζωής σε ένα κυκλικό σενάριο. Υποστηρίζει ότι αυτό μπορεί να συμβεί με 2 τρόπους. Ο ένας είναι η χρήση του προϊόντος για μεγαλύτερο

χρονικό διάστημα και ο άλλος είναι η επεξεργασία για να αποκτήσει το προϊόν νέα ζωή (Lindfred & Nordeld, 2017). Χαρακτηρίζει την κυκλική οικονομία ως μια διαδικασία η οποία χρησιμοποιεί πόρους και τους διατηρεί συνεχώς σε υψηλά επίπεδα ποιότητας. Η διάρκεια της ζωής των πόρων μπορεί να παραταθεί με το φαινόμενο *looping* (Lindfred & Nordeld, 2017).

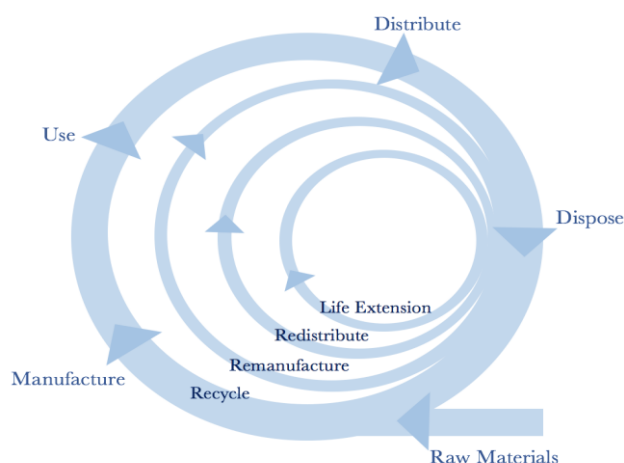
Αυτό εξηγείται περαιτέρω από το Ίδρυμα *Ellen MacArthur*, όπου υποστηρίζει ότι η κυκλική οικονομία όταν εφαρμόζεται διατηρεί συνεχώς τα υλικά και τα προϊόντα στην υψηλότερη χρησιμότητα και αξία τους. Αναφέρει ότι αυτό γίνεται τόσο σε τεχνικούς όσο και σε βιολογικούς κύκλους ζωής. Ο βιολογικός κύκλος αποτελεί την ροή των ανανεώσιμων πόρων, ενώ ο τεχνικός κύκλος αποτελεί τη ροή των πεπερασμένων πόρων (Lindfred & Nordeld, 2017).

Ο τεχνικός κύκλος περιλαμβάνει την παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων η οποία πραγματοποιείται με διάφορους τρόπους όπως η συντήρηση, η αποκατάσταση, η ανακατασκευή και η ανακύκλωση. Όσον αφορά τον βιολογικό κύκλο έχει την ικανότητα να καταναλώνει και να αναγεννά ανανεώσιμους πόρους. Αυτό συμβαίνει με διάφορους τρόπους όπως η αναερόβια χώνευση και η φυσική αποκατάσταση (Lindfred & Nordeld, 2017).

Η συζήτηση για τον τρόπο που τα προϊόντα, τα υλικά και τα εξάρτημα μιας επιχείρησης μπορούν να διατηρούν την αξία τους υψηλή και να μεγαλώνουν τη διάρκεια ζωής τους είναι πολύ μεγάλη. Το τεχνολογικό ίδρυμα *Delft* υποστηρίζει ότι η κερδοφορία μιας επιχείρησης αυξάνεται όσο ο βρόγχος της κυκλικής οικονομίας είναι μικρότερος. Ο Stahel (2016) επεξεργάζεται αυτό λέγοντας ότι θα πρέπει να «...αντικαταστήσετε την παραγωγή με επάρκεια. Να επαναχρησιμοποιήσετε ό,τι μπορείτε, να ανακυκλώνετε ό,τι δεν μπορείτε να ξαναχρησιμοποιήσετε, να επισκευάσετε ό,τι είναι χαλασμένο, να ανακατασκευάσετε ό,τι δεν επισκευάζεται» (Stahel, 2016).

Πολλοί ερευνητές αναφέρουν ότι η παράταση της διάρκειας ζωής ενός προϊόντος όταν χρειάζεται μπορεί να επιτευχθεί με πιο αποτελεσματικό και οικονομικό τρόπο μέσω της εκ νέου εισαγωγής του προϊόντος στον βρόχο που απαιτεί τη λιγότερη αλλαγή. Στο σχήμα No.2.2. αυτό απεικονίζεται με το

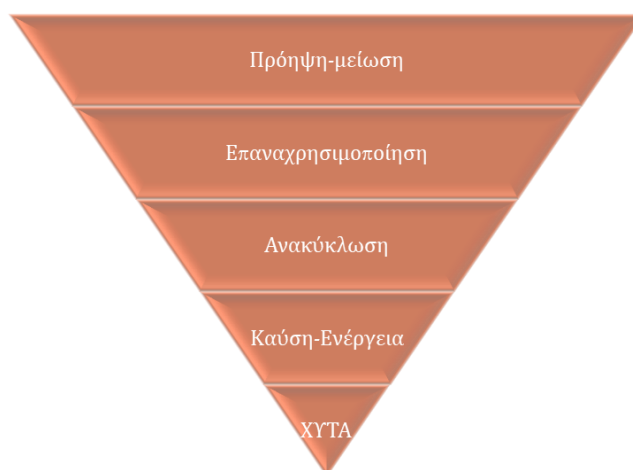
φαινόμενο που ονομάζεται *Life Extension* (Lindfred & Nordeld, 2017). Αυτό σημαίνει ότι όσο πιο γρήγορα επιστραφεί σε επαναχρησιμοποίηση, τόσο περισσότερη εξοικονόμηση υλικού, εργασίας, ενέργειας και κεφαλαίου μπορεί να επιτευχθεί, καθώς και τόσο περισσότερες αρνητικές εξωτερικές επιδράσεις μπορούν να εξοικονομηθούν.



Εικόνα Νο.2.2 - Το σχήμα απεικονίζει τους βρόχους της κυκλικής οικονομίας με τον πιο κερδοφόρο βρόχο που συμβολίζεται με τον κλειστό βρόχο στη μέση. (Lindfred & Nordeld, 2017)

Η εξήγηση αυτού του φαινομένου γίνεται σε μεγαλύτερο βαθμό από τον Stahel (2016), ο οποίος χρησιμοποιεί το παράδειγμα ενός γυάλινου μπουκαλιού, με το οποίο εξηγεί ότι ο καθαρισμός του και η δυνατότητα επαναχρησιμοποίησής του είναι πιο γρήγορη και οικονομικότερη επιλογή από την ανακύκλωση ή την παραγωγή ενός νέου μπουκαλιού. Αυτό το φαινόμενο το ονομάζει ως Αρχή της Αδράνειας. Το φαινόμενο αυτό εξηγεί ότι τα επιχειρηματικά μοντέλα της κυκλικής οικονομίας χωρίζονται σε δύο τομείς. Σε αυτά που επικεντρώνονται στην παράταση της διάρκειας ζωής των προϊόντων με την επαναχρησιμοποίησή τους μέσω επισκευών ή ανακατασκευής και σε αυτά επικεντρώνονται στη μετατροπή των χρησιμοποιημένων προϊόντων σε νέους πόρους μέσω της ανακύκλωσης (Lindfred & Nordeld, 2017).

Αυτός ο τρόπος σκέψης είναι επίσης σύμφωνος με την ιεραρχία των αποβλήτων. Η ιεραρχία των αποβλήτων έχει ως στόχο να καθοδηγήσει τις επιχειρήσεις στη διαχείριση των αποβλήτων με τον πιο αποτελεσματικό τρόπο. Η ιεραρχία των αποβλήτων υποστηρίζει ότι προτεραιότητα είναι η αποφυγή της δημιουργίας αποβλήτων, ακολουθεί η επαναχρησιμοποίηση, στη συνέχεια η ανακύκλωση των αποβλήτων με σκοπό ανάκτηση ενέργειας και τέλος τους ΧΥΤΑ (Lindfred & Nordeld, 2017).



Εικόνα Νο.2.3. Το σχήμα παρουσιάζει την ιεραρχία των απορριμμάτων με τον πιο ιεραρχημένο τρόπο διαχείρισης (Lindfred I., & Nordeld I., 2017)

Η κυκλική οικονομία εστιάζει στην πρόληψη και την μείωση στο ελάχιστο των αποβλήτων μέσω σχεδίων για την επαναχρησιμοποίηση τους πριν ακολουθήσουν οι διαδικασίες που αναφέρθηκαν (Zhijun & Nailing, 2007). Η έννοια της κυκλικής οικονομίας έχει προκύψει από προηγούμενες ιδέες και ακαδημαϊκούς κλάδους στο πλαίσιο της βιωσιμότητας, όπως η βιομηχανική οικολογία, το cradle to cradle και η βιομιμητικότητα (Lindfred & Nordeld 2017).

Η βιομηχανική οικολογία αναφέρεται στις ροές υλικών και ενέργειας μέσω βιομηχανικών συστημάτων (Lindfred & Nordeld 2017). Είναι εμπνευσμένη από βιολογικά οικοσυστήματα που έχουν ιδιαίτερη αποτελεσματικότητα στην ανακύκλωση και βασίζονται στη βιομηχανική τους δραστηριότητα σε μη ανθρώπινα βιολογικά οικοσυστήματα. Η έννοια των βιομηχανικών οικοσυστημάτων περιγράφει ότι τα απόβλητα από τη μια παραγωγική μονάδα

με την κατάλληλη επεξεργασία μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως πόροι για μία άλλη (Lowe & Evans, 1995).

Πολλοί ερευμητές αναφέρονται στις έννοιες βιομηχανική οικολογία και κυκλική οικονομία. Σύμφωνα με το τεχνολογικό ίδρυμα *Delft*, η διαφορά μεταξύ της βιομηχανικής οικολογίας και της κυκλικής οικονομίας είναι ότι η πρώτη είναι περισσότερο ακαδημαϊκό πεδίο και η δεύτερη αφορά σε μεγαλύτερο βαθμό τις επιχειρήσεις και την οικονομία (Lindfred & Nordeld 2017).

Μία έννοια πάνω στην οποία έχει στηριχτεί η θεωρία της κυκλικής οικονομία είναι το *cradle to cradle*. Εφευρέτης της έννοιας είναι ο *Walter R Stahel* το 1970. Για να εξηγηθεί η έννοια του *cradle to cradle* είναι απαραίτητο πρώτα να μιλήσουμε για 2 άλλες έννοιες, τη διάρκεια ζωής και το κύκλο ζωής του προϊόντος. Η διάρκεια ζωής ενός προϊόντος υποδηλώνεται με τη γέννηση μέχρι το τέλος της ζωής (απόρριψη) του, περιγράφοντας τον κύκλο από το λίκνο μέχρι τον τάφο (Korņina, 2017).

Στην μελέτη του Korņina το 2017 αναφέρεται ότι η έννοια του *cradle-to-grave* χρησιμοποιείται στο επιχειρηματικό περιβάλλον περιγράφοντας τις διαδικασίες που ακολουθούν οι επιχειρήσεις για να αντιμετωπίσουν τα απόβλητα που παράγουν (Korņina, 2017). Στην κυκλική οικονομία όμως ο κύκλος ζωής το προϊόντος μεγαλώνει καθώς επαναχρησιμοποιείται ή ανακυκλώνεται. Το *cradle to cradle* περιγράφει τη διαδικασία παραγωγής χωρίς δημιουργία απόβλητων. Αυτό σημαίνει ότι η εισροή μπορεί να ανακυκλωθεί ή να επαναχρησιμοποιηθεί χωρίς να μειωθεί η ποιότητα του (Lindfred & Nordeld 2017).

Η κυκλική οικονομία πηγάζει επίσης από την έννοια της βιομίμησης. Βιομίμηση σημαίνει μίμηση του τρόπου της λειτουργίας της φύσης, δηλαδή η υιοθεσία βάσει της λογικής των φυσικών κύκλων ζωής και της ποικιλομορφίας της φύσης. Η βιομίμηση αντιλαμβάνεται τα οικοσυστήματα ως σύνθετες κοινωνίες ζωντανών οργανισμών. Θεωρεί πως είναι μέρος του κύκλου της ζωής και προσαρμοσμένα στο περιβάλλον. Η βιομιμητικότητα παρουσιάζει στις επιχειρήσεις το πως μπορούν να μιμούνται τις λειτουργίες των οικοσυστημάτων αλλά και πως η φύση αντιμετωπίζει τα προβλήματα που της

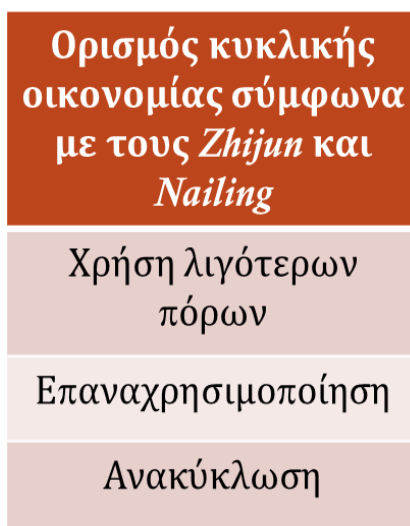
προκύπτουν (Lindfred & Nordeld 2017). Το Ινστιτούτο *Biomimicry* ορίζει την βιομίμηση ως «μια προσέγγιση στην καινοτομία που αναζητά βιώσιμες λύσεις στις ανθρώπινες προκλήσεις, μιμούμενος τα δοκιμασμένα στο χρόνο πρότυπα και στρατηγικές της φύσης».

Η κυκλική οικονομία εξηγείται από διάφορους ερευνητές με ποικίλους τρόπους. Για τον λόγο παρακάτω θα παρουσιαστούν ξεχωριστά οι διάφορες εξηγήσεις-ορισμοί που υπάρχουν για την κυκλική οικονομία. Αρχικά, οι *Zhijun* και *Nailing* αναφέρουν ότι η κυκλική οικονομία μπορεί να οικοδομηθεί σε τρεις αρχές :

(1) μείωση της χρήσης των πόρων - ελαχιστοποίηση της χρήσης πρώτων υλών και ενέργειας καθώς και μείωση της ρύπανσης,

(2) επαναχρησιμοποίηση - χρήση του προϊόντος για άλλες εφαρμογές μετά την προέλευσή του εθνική κατανάλωση και με αυτόν τον τρόπο αποφυγή σπατάλης και

(3) ανακύκλωση - χρήση του προϊόντος πολλές φορές.



Εικόνα Νο.2.4 - Το σχήμα απεικονίζει τις αρχές της κυκλικής οικονομίας των *Zhijun* και *Nailing* (Lindfred & Nordeld, 2017)

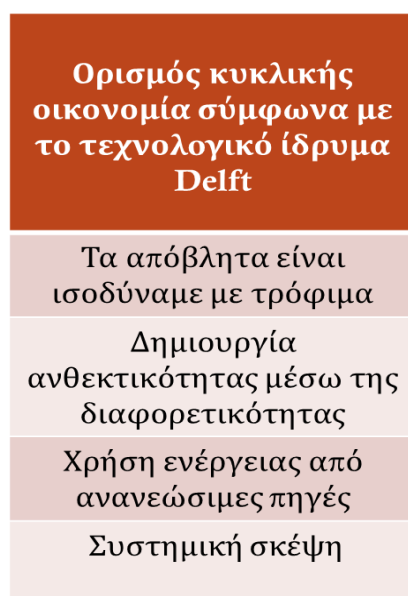
Το τεχνολογικό ίδρυμα *Delft* αντίθετα βασίζει την έννοια της κυκλικής οικονομίας σε τέσσερις αρχές :

(1) Τα απόβλητα είναι ισοδύναμα με τρόφιμα - τα απόβλητα μπορούν και πρέπει να μετατραπούν σε προϊόντα που έχουν αξία.

(2) Δημιουργία ανθεκτικότητας μέσω της διαφορετικότητας - μια μεγαλύτερη βιοποικιλότητα στηρίζει ένα σύστημα και επιτρέπει μεγαλύτερη ανθεκτικότητα,

(3) Χρήση ενέργειας από ανανεώσιμες πηγές

(4) Συστημική σκέψη



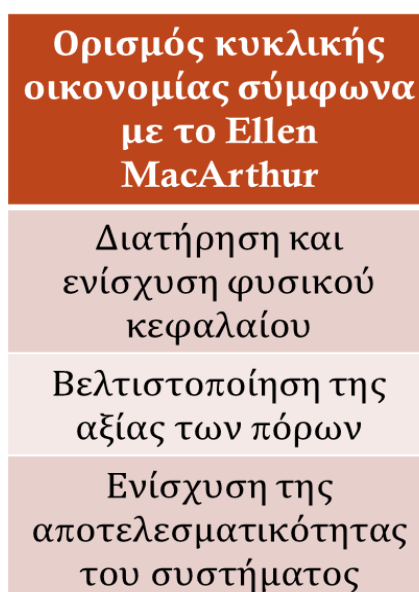
Εικόνα No.2.5 - Το σχήμα παρουσιάζει τις αρχές της κυκλικής οικονομίας του TU Delft (Lindfred & Nordeld, 2017)

Παγκόσμιος ηγέτης της σκέψης της κυκλικής οικονομία θεωρείται το Ίδρυμα *Ellen MacArthur*. Εξηγεί την κυκλική οικονομία με διαφορετικό τρόπο μέσω τριών αρχών:

(1) Διατήρηση και ενίσχυση του φυσικού κεφαλαίου - ελαχιστοποίηση της χρήσης πεπερασμένων πόρων και αύξηση της χρήσης ανανεώσιμων πόρων,

(2) Βελτιστοποίηση της αξίας των πόρων – Διατήρηση προϊόντων, εξαρτημάτων και υλικών στην υψηλότερη δυνατή ποιότητα τους καθ όλη τη διάρκεια της παραγωγικής διαδικασίας.

(3) Ενίσχυση της αποτελεσματικότητας του συστήματος – προσπάθεια εξάλειψης αρνητικών εξωτερικών παραγόντων όπως το νερό, ο αέρας, το έδαφος, οι τοξίνες, η κλιματική αλλαγή αλλά και των αρνητικών επιπτώσεων στην υγεία που σχετίζονται με τη χρήση πόρων.



Εικόνα No.2.6. Το σχήμα αναφέρει τις αρχές της κυκλικής οικονομίας σύμφωνα με το Ιδρύματο Ellen MacArthur (Lindfred & Nordeld, 2017)

2.2 Λόγοι εφαρμογής κυκλικής οικονομίας και κύριοι τρόποι έκφρασης

Στη δεκαετία του 60, ο Kenneth Boulding (1966) άρχισε να συζητά την ανάγκη σύνδεσης της οικονομίας με το κυκλικό οικολογικό σύστημα. Στη συνέχεια, τη δεκαετία του 70, ο Walter Stahel, αρχιτέκτονας και οικονομολόγος, συζήτησε την ανάγκη δημιουργίας μιας οικονομίας βασισμένης σε ένα σύστημα σπειροειδούς βρόχου, μια οικονομία που αναπληρώνεται μόνη της. (Stahel 1982). Οι σκέψεις του υιοθετήθηκαν αργότερα από τους Braungart και McDonough, οι οποίοι παρουσίασαν ιδιαίτερα πετυχημένα την έννοια του cradle to cradle (Braungart & McDonough 2008).

Οι Pearce και Turner ήταν οι πρώτοι που επινόησαν τον όρο κυκλική οικονομία στα γραπτά τους «Οικονομικά των φυσικών πόρων και του περιβάλλοντος» στις αρχές της δεκαετίας του 1990 (Koroina & Blewitt 2015). Σύμφωνα με αυτούς «η κυκλική οικονομία χρησιμοποιεί τη λειτουργία των οικοσυστημάτων ως παράδειγμα για βιομηχανικές διαδικασίες, δίνοντας έμφαση στα οικολογικά προϊόντα και τις ανανεώσιμες πηγές ενέργειας» (Koroina & Blewitt 2015, σελ. 21). Η κυκλική οικονομία όπως και πολλές άλλες καινοτόμες ιδέες θεωρούνται επανεισαγόμενες ιδέες που παρουσιάζονται ως προοδευτική παρέμβαση ή ως στρατηγική, προκειμένου να είναι προσοδοφόρα και να αποκτήσει δημοτικότητα (Koroina & Blewitt 2015).

Η κυκλική οικονομία μπορεί να χαρακτηριστεί ως μια σύνθεση των προαναφερθέντων όπως για παράδειγμα το *Cradle to Cradle*, ο βιομημητισμός, και η απόδοση/οικονομία διαμοιρασμού από τη βιομηχανική οικολογία (Koroina & Blewitt 2015). Σύμφωνα με τον *Stahel* η κυκλική οικονομία πρέπει να θεωρείται πλαίσιο το οποίο βασίζεται σε πολύ πιο συγκεκριμένες προσεγγίσεις που έλκονται γύρω από ένα σύνολο βασικών αρχών.

2.2.1 Βιομημητισμός

Η βιομίμηση είναι μια μεθοδολογία αντιγραφής ή μίμησης των διαδικασιών της φύσης. Ορίζεται ως «μια προσέγγιση που αναζητά βιώσιμες λύσεις στις ανθρώπινες προκλήσεις μιμούμενος τα δοκιμασμένα πρότυπα και στρατηγικές της φύσης» (Benyus, 2002). Ένα παράδειγμα που θα μπορούσε να περιγράψει την βιομίμηση είναι η κατασκευή κτιρίων με φυσικό αερισμό και ηλιακή θέρμανση εμπνευσμένη από αποικίες τερμιτών (Benyus, 2002). Ο βιομημητισμός βασίζεται σε τρεις βασικές αρχές (EMFA 2015b):

- Η φύση ως μέτρο: χρήση οικολογικών προτύπων για τη μέτρηση και την κρίση της βιωσιμότητας καινοτομιών ιδεών και σχεδίων
- Η φύση ως μέντορας: με την έννοια του ποιες γνώσεις μπορούμε να πάρουμε από τη φύση και όχι τι μπορούμε να κερδίσουμε από τους πόρους της
- Η φύση ως μοντέλο: μελέτη φυσικών συστημάτων για να έχουμε ως

μοντέλο για διάφορες διαδικασίες που θα χρησιμοποιήσουν οι επιχειρήσεις για την επίλυση προβλημάτων

Η υιοθέτηση ιδεών με βάση την βιομίμηση θα μπορούσε να σημαίνει την επιστροφή των επιχειρήσεων σε τεχνικές που χρησιμοποιούνταν πολύ πίσω στο χρόνο και εγκαταλείφθηκαν για πιο σύγχρονες και καινοτόμες ιδέες. Χαρακτηριστικό παράδειγμα θα μπορούσε να είναι η επαναχρησιμοποίηση του έδαφους και των φυτών ως συστήματα ψύξης και θέρμανσης σε κάθε σπίτι (Braungart & McDonough, 2008).

2.2.2 Απόδοση και Οικονομία Διαμοιρασμού

Η δημιουργία ενός συστήματος κυκλικής οικονομίας συνεπάγεται με το ότι πρέπει να υπάρξει μια μετατόπιση από τα μοντέλα ιδιοκτησίας σε *«ένα νέο μοντέλο συνεργατικού καταναλωτισμού, στο οποίο οι καταναλωτές αγκαλιάζουν υπηρεσίες και προϊόντα που τους επιτρέπουν να έχουν πρόσβαση και σε μοντέλα συλλογικής κατανάλωσης που παρέχουν περισσότερη αλληλεπίδραση μεταξύ των καταναλωτών, των εμπόρων λιανικής και των κατασκευαστών (π.χ. μοντέλα απόδοσης έναντι πληρωμής, συστήματα ενοικίασης ή χρηματοδοτικής μίσθωσης, επιστροφή και επαναχρησιμοποίηση)»* (EMAF 2013, σελ. 10).

Η απόδοση πώλησης υπηρεσιών επιτρέπει στους κατασκευαστές να πάρουν πίσω τα υλικά και να τα επαναχρησιμοποιήσουν (Braungart & McDonough, 2008) Αυτό συμβαίνει γιατί πρέπει να διασφαλιστεί ότι το προϊόν θα επιστρέψει στον κατασκευαστή ώστε να το επεξεργαστεί και να το επαναχρησιμοποιήσει. Η προώθηση της πώλησης υπηρεσιών αντί προϊόντων ήταν μια στρατηγική που χρησιμοποιήθηκε ώστε να πείσει τις επιχειρήσεις να δημιουργήσουν προϊόντα με μεγάλη διάρκεια ζωής, τα οποία μπορούν να επισκευαστούν, να επαναχρησιμοποιηθούν και να ανακυκλωθούν. Η πώληση υπηρεσιών αντί του φυσικού προϊόντος θα οδηγούσε με αυτόν τον τρόπο σε ένα πιο αποδοτικό σύστημα από πλευράς πόρων (Stahel, 2010).

Η οικονομία του διαμοιρασμού είναι μια έννοια που δεν είναι απαραίτητο να συνδέονται με τις επιχειρήσεις και θα μπορούσε να οργανωθεί έτσι μεταξύ των χρηστών. Η φιλοσοφία της έννοιας είναι βασισμένη στην εμπιστοσύνη και δίνει την δυνατότητα σε νέες επαφές μεταξύ της κοινότητας το οποίο κάνει την

έννοια του διαμοιρασμού πολύ ενδιαφέρουσα.

2.2.3 Cradle to Cradle

Οι συχνά αναφερόμενες αρχές για την κυκλική οικονομία (EMAF 2013, Wijkman & Skånberg 2015, Lacy et al., 2014) προέρχονται από τις θεωρίες *cradle to cradle* των Braungart και McDonough (2008). Εφόσον αυτές οι αρχές φαίνονται κρίσιμες στην επιχειρηματολογία για την κυκλική οικονομία, θα τους δοθεί μια βαθύτερη παρουσίαση από τις προηγούμενες έννοιες. Οι *Braungart και McDonough*, καθώς και ο *Stahel*, ο οποίος σκέφτηκαν αυτές τις ιδέες, αποτελούν επιπλέον μέρος του επιστημονικού δικτύου του Ιδρύματος *Ellen MacArthur* (EMAF 2013).

Η ιδέα του *cradle to cradle* (C2C) έχει υπόβαθρο φυσικής επιστήμης και προσπαθεί να δει τα ανθρώπινα όντα στο ίδιο επίπεδο «είδους» με άλλα έμβια όντα. Με αυτήν την κοσμοθεωρία γίνεται σαφές ότι «η κατάχρηση υλικών πόρων δεν είναι απλώς αυτοκτονική για τις μελλοντικές ανθρώπινες γενιές, αλλά καταστροφική για το μέλλον της ζωής» (Braungart & McDonough, 2008).

Στο πλαίσιο του *cradle to cradle*, η κυρίαρχη περιβαλλοντική προσέγγιση και η προσέγγιση αειφόρου ανάπτυξης επικρίνεται επειδή εστιάζει μόνο στο να κάνει τη βιομηχανία λιγότερο κακή μειώνοντας, αποφεύγοντας, ελαχιστοποιώντας, διατηρώντας, περιορίζοντας και σταματώντας, αντί να κάνει πραγματικά τα πράγματα καλά. Αυτή η προσέγγιση ονομάζεται οικολογική αποδοτικότητα, που σημαίνει κυρίως «κάνω περισσότερα με λιγότερα» (Braungart & McDonough, 2008).

«Δεν προστατεύεις το παιδί σου αν το χτυπάς τρεις φορές αντί για πέντε και δεν προστατεύεις το περιβάλλον απλά να χρησιμοποιείς το αυτοκίνητό σου λιγότερο συχνά. Όταν κάνεις κάτι λάθος, μην προσπαθείς να το βελτιώσεις» (Braungart & McDonough, 2008). Επιπλέον, λένε ότι η μείωση, η επαναχρησιμοποίηση, η ανακύκλωση και η ρύθμιση δεν είναι αρκετά καλές και δίνουν αρνητικό τόνο στο να είσαι φιλικός προς το περιβάλλον.

Χρειάζεται μείωση αλλά παρόλα αυτά δεν σταματά την εξάντληση και την καταστροφή. Η επαναχρησιμοποίηση είναι καλή μόνο εάν το προϊόν που επαναχρησιμοποιείται δεν είναι τοξικό και δεν απελευθερώνει τοξίνες κατά τη χρήση του. Η ανακύκλωση είναι στην πραγματικότητα, στις περισσότερες περιπτώσεις, υποκύκλωση όταν υλικά που δεν σχεδιάστηκαν για αποσυναρμολόγηση σε διαφορετικά υλικά θα είναι υλικά χαμηλής ποιότητας μετά την ανακύκλωση (Braungart & McDonough, 2008).

Επιπλέον, τα ανακυκλωμένα υλικά ενδέχεται επίσης σε ορισμένες περιπτώσεις να αυξήσουν τη μόλυνση της βιόσφαιρας, για παράδειγμα τα πλαστικά και τα χρώματα που έχουν λιώσει σε ανακυκλωμένο χάλυβα. Πράγματα που δεν έχουν σχεδιαστεί με γνώμονα την ανακύκλωση μπορεί επίσης να χρειάζονται πρόσθετες χημικές ουσίες στη διαδικασία για να δώσουν τις αναζητούμενες ιδιότητες και έτσι να προσθέσουν τοξίνες στο σύστημα (Braungart & McDonough, 2008).

Ένα ανακυκλωμένο ύφασμα από μπουκάλια *PET* μπορεί πραγματικά να βλάψει τόσο τον άνθρωπο που το φοράει όσο και τα υδάτινα οικοσυστήματα από τα μικρά πλαστικά σωματίδια που βγαίνουν με το νερό πλύσης, επομένως δεν είναι φιλικό προς το περιβάλλον τελικά. Η συνεχιζόμενη ανακύκλωση είναι κυρίως ένα τέλος της λύσης αντί να αποτελεί μέρος του σχεδιασμού του προϊόντος. Οι νόμοι και οι κανονισμοί είναι επίσης συχνά απλώς η λύση που στοχεύει στην ελαχιστοποίηση των εκπομπών, για παράδειγμα, αλλά δεν ανταμείβει ταυτόχρονα την καινοτόμο επίλυση προβλημάτων.

Θα μπορούσε να είναι ακόμη πιο επικίνδυνο, για παράδειγμα, η απαγόρευση ενός μεμονωμένου τοξικού υλικού σε προϊόντα, καθώς μπορεί απλώς να σημαίνει ότι αντικαθίστανται από μη απαγορευμένα υλικά που είναι ακόμη πιο τοξικά ή που απαιτεί το πρώτο στην κατασκευή του, για παράδειγμα από την εξόρυξη ενός πιο σπάνιου μεταλλεύματος και την αφαίρεση άλλων βαρέων μετάλλων (Braungart & McDonough, 2008).

«Η οικολογική αποδοτικότητα είναι μια εξωτερικά αξιοθαύμαστη, ακόμη και ευγενική έννοια, αλλά δεν είναι μια στρατηγική επιτυχίας μακροπρόθεσμα, επειδή δεν φτάνει αρκετά βαθιά. Λειτουργεί μέσα στο ίδιο σύστημα που προκάλεσε το πρόβλημα εξαρχής, απλώς επιβραδύνοντάς το με ηθικές επιταγές και τιμωρητικά μέτρα. Με απλά λόγια, η οικολογική απόδοση λειτουργεί μόνο για να κάνει το παλιό, καταστροφικό σύστημα λίγο καλύτερο. Σε ορισμένες περιπτώσεις, μπορεί να είναι πιο ολέθριο, επειδή η λειτουργία του είναι πιο λεπτή και μακροπρόθεσμη. Ένα οικοσύστημα μπορεί πραγματικά να έχει περισσότερες πιθανότητες να γίνει υγιές και ακέραιο μετά από μια γρήγορη κατάρρευση που αφήνει κάποιες θέσεις ανέπαφες παρά με μια αργή, εσκεμμένη και αποτελεσματική καταστροφή του συνόλου» (Braungart & McDonough, 2008).

Ωστόσο, καθίσταται σαφές ότι η αποτελεσματικότητα μπορεί να είναι καλή, αλλά μόνο όταν εφαρμόζεται ως εργαλείο σε ένα μεγαλύτερο, πιο αποτελεσματικό σύστημα που σκοπεύει συνολικά σε θετικά αποτελέσματα σε ένα ευρύ φάσμα θεμάτων και όχι απλώς σε οικονομικά. Θεωρείται επίσης πολύτιμη ως στρατηγική μετάβασης για να βοηθήσει τα τρέχοντα συστήματα να επιβραδύνουν και να αντιστραφούν (Braungart & McDonough, 2008).

Η ιδέα με το C2C (*cradle to cradle*) είναι να επικεντρωθεί στην οικολογική αποτελεσματικότητα ως εναλλακτική ιδέα σχεδιασμού και παραγωγής, υποστηρίζοντας μια θετική ατζέντα για τη σύλληψη και την επαγγελματική διοχέτευση αγαθών και υπηρεσιών. Κάνοντας αυτό εστιάζει στην ανάπτυξη προϊόντων και βιομηχανικών συστημάτων που διατηρούν και ενισχύουν την παραγωγικότητα και την ποιότητα των υλικών μέσω των επόμενων κύκλων ζωής (Braungart et al. 2006).

Η έννοια της οικολογικής αποτελεσματικότητας σημαίνει να εργάζεστε στα σωστά πράγματα – στο σωστό υλικό, προϊόντα, υπηρεσίες και συστήματα – αντί να κάνετε τα λάθος πράγματα λιγότερο λάθος. Μόλις κάνετε τα σωστά πράγματα, τότε η εργασία με αποτελεσματικότητα είναι απολύτως λογικό (Braungart et al. 2006).

Οι οικολογικά αποτελεσματικοί σχεδιαστές διευρύνουν το όραμά τους από τον πρωταρχικό σκοπό ενός προϊόντος ή συστήματος και εξετάζουν το σύνολο. Η ομάδα σχεδιαστών πρέπει να σκεφτεί ποιοι είναι οι στόχοι και τα πιθανά αποτελέσματα, τόσο άμεσα όσο και ευρείας εμβέλειας, σε σχέση με τον χρόνο και τον τόπο. Και ποιο είναι ολόκληρο το σύστημα – πολιτιστικό, εμπορικό και οικολογικό – στο οποίο θα είναι μέρος αυτής της παραγωγής και του προϊόντος (Braungart & McDonough, 2008) .

Η φύση συσσωρεύεται σε συνεχώς κυκλοφορούσες ροές όπου τα υπολείμματα ή τα απόβλητα από έναν κύκλο γίνονται θρεπτικά συστατικά σε έναν άλλο. Οι άνθρωποι, όντας μέρος της φύσης, γύρισαν πίσω στο χρόνο σεβόμενοι και ενεργώντας ως μέρος αυτού του συστήματος και τα ανθρώπινα απόβλητα, τόσο η υγιεινή όσο και τα φτιαγμένα πράγματα, έγιναν μέρος των κύκλων.

Από την εκβιομηχάνιση, ωστόσο, έχουμε αποστασιοποιηθεί από τη φύση και δημιουργήσαμε προϊόντα με επικίνδυνα απόβλητα ως κοινή διπλή επίδραση και δημιουργήσαμε μη φυσικές γραμμικές ροές (Braungart & McDonough, 2008). *«Οι άνθρωποι είναι το μόνο είδος που παίρνει από το έδαφος τεράστιες ποσότητες θρεπτικών ουσιών που απαιτούνται για βιολογικές διεργασίες, αλλά σπάνια τα επαναφέρει σε χρησιμοποιήσιμη μορφή. Τα συστήματά μας δεν είναι πλέον σχεδιασμένα για να επιστρέφουν θρεπτικά συστατικά με αυτόν τον τρόπο, παρά μόνο σε μικρό, τοπικό επίπεδο»* (Braungart & McDonough, 2008).

Σύμφωνα με τις θεωρίες Cradle to Cradle, υπάρχουν μόνο δύο τύποι υλικών που ρέουν στον πλανήτη, βιολογικοί και τεχνικοί, δηλαδή ανθρωπογενείς. Τα βιολογικά θρεπτικά συστατικά είναι χρήσιμα για τη βιόσφαιρα, ενώ τα τεχνικά θρεπτικά συστατικά είναι χρήσιμα για αυτό που ονομάζεται τεχνόσφαιρα, τα συστήματα βιομηχανικών διεργασιών (Braungart & McDonough, 2008). Το βιολογικό θρεπτικό συστατικό είναι ένα υλικό ή προϊόν που έχει σχεδιαστεί ως μέρος ενός βιολογικού κύκλου, αφού η διάρκεια ζωής του προϊόντος του επιστρέφει στο φυσικό περιβάλλον και καταναλώνεται από μικροοργανισμούς στο έδαφος και από άλλα ζώα (Braungart & McDonough, 2008).

Ένα τεχνικό θρεπτικό συστατικό από την άλλη πλευρά είναι ένα υλικό ή προϊόν που έχει σχεδιαστεί για να επανέλθει στον τεχνικό κύκλο, δηλαδή στον βιομηχανικό μεταβολισμό από τον οποίο προήλθε (Braungart et al. 2006). Οι Braungart και McDonough (2008) επισημαίνουν ότι έχουμε εξελιχθεί σε μια βιομηχανική υποδομή που αγνοεί την ύπαρξη θρεπτικών συστατικών για κάθε είδος και ότι πολλά υλικά του σήμερα δεν ταιριάζουν ούτε στον οργανικό ούτε στον τεχνικό μεταβολισμό επειδή περιέχουν επικίνδυνα συστατικά. Τα συστατικά αυτά τα αποκαλούν μη εμπορεύσιμα (Braungart & McDonough, 2008).

Η σκέψη στους δύο κύκλους βιολογικών θρεπτικών ουσιών και τεχνολογικών θρεπτικών ουσιών σημαίνει ότι δεν μπορούμε πλέον να ανακατεύουμε υλικά, για παράδειγμα βαμβάκι και πλαστικά, αφού στη συνέχεια δεν μπορούν να διαχωριστούν και να επιστρέψουν στον αντίστοιχο βρόχο. Οι άνθρωποι έχουν δημιουργήσει «τερατώδη υβρίδια» που αντίθετα μολύνονται, σπαταλούνται ή χάνονται, καθώς τα υλικά δεν μπορούν να διαχωριστούν μετά τη χρήση τους (Braungart & McDonough, 2008).

Στο *cradle to cradle* εκφράζεται ότι όλη η αειφορία είναι τοπική και ότι ο σεβασμός της διαφορετικότητας περιλαμβάνει την προσαρμογή στο τοπικό περιβάλλον και συνθήκες. Οι Braungart και McDonough (2008) εκφράζουν ότι τα ανθρώπινα συστήματα για να είναι βιώσιμα πρέπει να προσαρμόζονται τοπικά, τόσο όσον αφορά τα υλικά όσο και την ενέργεια καθώς και τοπικά έθιμα, ανάγκες και γούστα (Braungart & McDonough, 2008). Η χρήση τοπικής προέλευσης αποφεύγει επίσης το πρόβλημα της βιο-εισβολής, όταν η μεταφορά υλικών από μια περιοχή σε άλλη εισάγει χωροκατακτητικά μη ιθαγενή είδη σε εύθραυστα οικοσυστήματα και έτσι προστατεύει τη βιοποικιλότητα (Braungart & McDonough, 2008).

Ο Ken Webster (2013) τονίζει ότι η διαφορετικότητα αυξάνει την ανθεκτικότητα ενός συστήματος. Το να σκεφτόμαστε υπερβολικά την αποτελεσματικότητα συνεπάγεται τον εξορθολογισμό των διαδικασιών που από την άλλη θα έχουν ως αποτέλεσμα την ευθραυστότητα του συστήματος, καθώς υπάρχουν τόσο λίγες εναλλακτικές λύσεις εάν ένα πράγμα χαλάσει. Έτσι, αντί να εστιάζουμε

σε επιμέρους διαδικασίες, πρέπει να οικοδομήσουμε ένα σύστημα που βλέπει την αξία όλων των διαφορετικών ροών και τη σημασία της βελτιστοποίησης του συστήματος και όχι των μερών του. Έχοντας μια ενσωματωμένη διαφορετικότητα δίνει τη δυνατότητα προσαρμογής σε νέες καταστάσεις όταν χρειάζεται και έτσι αυξάνει την ανθεκτικότητα (Webster, 2013).

2.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της κυκλικής οικονομίας

Ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα που ταλανίζει την εποχή μας είναι η περιβαλλοντική κρίση δεδομένου ότι η υποβάθμιση του περιβάλλοντος, η κλιματική αλλαγή και η καταστροφή της βιοποικιλότητας αποτελούν απειλή για τον πλανήτη και κατ' επέκταση για τον ανθρώπινο πολιτισμό. Εξαιτίας της ταχείας ανάπτυξης της τεχνολογίας και της παραγωγικής δραστηριότητας και ως συνέπεια αυτού του ανταγωνισμού που δημιουργείται μεταξύ των εταιρειών, ολοένα και περισσότεροι πόροι από το περιβάλλον αξιοποιούνται ώστε να δημιουργηθούν νέα καινοτόμα προϊόντα (<https://ypen.gov.gr/perivallon/kykliki-oikonomia/>).

Η ανάπτυξη περισσότερων προϊόντων οδήγησε βέβαια και στην δημιουργία περισσότερων αποβλήτων. Ως απόρροια αυτού προέκυψε η ανάγκη για μια νέα πιο βιώσιμη προσέγγιση των διαδικασιών που ακολουθούνται σε όλο το εύρος της ανθρώπινης δραστηριότητας. Η νέα αυτή πιο «πράσινη» προσέγγιση φέρνει στο προσκήνιο την Κυκλική Οικονομία μέσω της οποίας είναι εφικτή η ανακύκλωση και επαναχρησιμοποίηση των απορριμμάτων χωρίς να καταστρέφουν το περιβάλλον (<https://ypen.gov.gr/perivallon/kykliki-oikonomia/>).

Ουσιαστικά η κυκλική οικονομία είναι ένα μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης διαφορετικό από το παραδοσιακό μοντέλο οικονομίας που ακολουθεί την αρχή "παίρνω-φτιάχνω-καταναλώνω-πετώ". Το νέο αυτό μοντέλο έχει ως στόχο την παραγωγή προϊόντων με λιγότερους και πιο πράσινους πόρους, την παράταση του κύκλου ζωής τους και την μείωση των αποβλήτων στο ελάχιστο μέσω της ανταλλαγής, επαναχρησιμοποίησης ή ανακύκλωσης των υπαρχόντων προϊόντων και αποβλήτων. Η νέα αυτή

διαδικασία αποσκοπεί στην προσέγγιση του χρησιμοποιημένου προϊόντος όχι ως απαξιωμένο αλλά ως ένα νέο πόρο που χρησιμοποιείται εκ νέου και διατηρείται μέσα στην οικονομία δημιουργώντας προστιθέμενη αξία στο προϊόν (<https://ypen.gov.gr/perivallon/kykliki-oikonomia/>).

Δεδομένων αυτών υπάρχουν πολλά οφέλη και πλεονεκτήματα που μας οδηγούν να στραφούμε προς την κυκλική οικονομία, όμως υπάρχουν και κάποιοι ανασταλτικοί παράγοντες.

Από τα βασικά πλεονεκτήματα της εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας θα αναφερθούν παρακάτω :

- Προστασία του περιβάλλοντος: Αυτό επιτυγχάνεται μέσω της επαναχρησιμοποίησης και της ανακύκλωσης των προϊόντων το οποίο συντελεί στην μείωση της χρήσης φυσικών πόρων όπως και στην μείωση της διαταραχής της βιοποικιλότητας (Γαλυφά & Μπάτση 2018).
- Μείωση των αερίων του θερμοκηπίου: Σύμφωνα με στοιχεία του Ευρωπαϊκού Οργανισμού Περιβάλλοντος ,οι βιομηχανικές διεργασίες και η χρήση προϊόντων ευθύνονται για το 9,10% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην ΕΕ, ενώ η διαχείριση των αποβλήτων κυμαίνεται στο 3,32%. Με την επαναχρησιμοποίηση των υπαρχόντων προϊόντων μειώνονται κατά πολύ οι εκπομπές αερίων του θερμοκήπιού και οδηγούμαστε σε μείωση του ανθρακικού αποτυπώματος. Σύμφωνα με την ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στις Βρυξέλλες στις 15.5.2023 οι ενωσιακές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου από παραγωγικές δραστηριότητες μειώθηκαν περίπου κατά 25 % την περίοδο 2008-2021 (<https://ec.europa.eu/eurostat>).
- Μείωσης ενεργειακής κατανάλωσης: Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο εκτιμάται ότι περισσότερο από το 80% των επιπτώσεων ενός προϊόντος καθορίζεται στο στάδιο του σχεδιασμού. Με την δημιουργία βιώσιμων προϊόντων το ποσοστό αυτό μειώνεται σημαντικά (<https://ec.europa.eu/eurostat>).

- Λιγότερη εξόρυξη παρθένων πρώτων υλών: Οι σημαντικές πρώτες ύλες που χρειάζονται για την παραγωγή τεχνολογιών που είναι μεγάλης σημασίας για την επίτευξη των κλιματικών στόχων αλλά και για τις ανάγκες της καθημερινής ζωής συνεχώς μειώνονται και δεν αρκούν για να καλύψουν τις ανάγκες του πλανήτη. Αυτό έχει επιπλέον και οικονομικό κόστος δεδομένου ότι σύμφωνα με την Ευρωπαϊκή Στατιστική Υπηρεσία Eurostat η ΕΕ εισάγει το 50% περίπου των πρώτων υλών που καταναλώνει (<https://ec.europa.eu/eurostat>). Η ανακύκλωση των πρώτων υλών ισορροπεί παραμέτρους όπως η διαθεσιμότητα των πρώτων υλών και η ανάγκη για εισαγωγές.
- Μείωση της παραγωγής αποβλήτων: Αποτέλεσμα της χρήσης των αποβλήτων ως πρώτες ύλες, για την δημιουργία εκ νέου προϊόντων και για την παραγωγή ενέργειας είναι η μείωση της ποσότητας των αποβλήτων που καταλήγει στο περιβάλλον. Με την δημιουργία βιώσιμων προϊόντων φιλικών προς το περιβάλλον, τα οποία θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν εκ νέου θα μειωνόταν σημαντικά η ποσότητα των αποβλήτων που παράγεται με αποτέλεσμα η ποσότητα αποβλήτων που φτάνει στο περιβάλλον να είναι σημαντικά μειωμένη. Σύμφωνα με την ανακοίνωση της Ευρωπαϊκής Επιτροπής στις Βρυξέλλες τις 15.5.2023 το 2020 η συνολική ποσότητα αποβλήτων που παρήχθησαν στην ΕΕ από όλες τις οικονομικές δραστηριότητες και τα νοικοκυριά ανήλθαν σε 2,15 δισ. τόνους, δηλαδή το 2020 παρήχθησαν 4,8 τόνοι αποβλήτων ανά κάτοικο της ΕΕ. Η συνολική παραγωγή αποβλήτων μειώθηκε σχεδόν 3 % μεταξύ 2010 και 2020. Τα δύο τρίτα περίπου (64 %) των συνολικών αποβλήτων που παρήχθησαν στην ΕΕ το 2020 ήταν κύρια ορυκτά απόβλητα (<https://ypen.gov.gr/perivallon/kyklicki-oikonomia/>).
- Μεγαλύτερη ανεξαρτησία όσον αφορά τις εισαγωγές και την ευελιξία στον εφοδιασμό: Η προσέγγιση για μια οικονομία που βασίζεται στην βιωσιμότητα έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της ανταγωνιστικότητας και την εξέλιξη της καινοτομίας. Με βάση στοιχεία που κοινοποιήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή στις Βρυξέλλες τις 15.5.2023 το 2021 η εξάρτηση της ΕΕ όσον αφορά τις εισαγωγές υλικών ανήλθε σε 22,9 %, σημειώνοντας μια ελαφρά αύξηση από το 2000. Παρόλο που η ΕΕ

ένωση είναι σχετικά ανεξάρτητη ως προς τα μη μεταλλικά αγαθά, όσον αφορά τα μεταλλεύματα εξαρτάται με ποσοστά 52% και τα ορυκτά υλικά ενέργειας με ποσοστά 71% εξαρτάται από τις εισαγωγές από τον υπόλοιπο κόσμο (Ευρωπαϊκή Επιτροπή στις Βρυξέλλες τις 15.5.2023) (<https://eurlex.europa.eu/legalcontent/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0306>).

- Δημιουργία νέων θέσεων εργασίας: Εξαιτίας της ανάγκης για δημιουργία νέων καινοτόμων προϊόντων αλλά και της δημιουργίας νέων δομών επεξεργασίας και διαχείρισης αποβλήτων (πχ. σύσταση Συστημάτων Εναλλακτικής Διαχείρισης όπως ορίζεται Ολοκληρωμένο πλαίσιο για τη διαχείριση των αποβλήτων N. 4819/2021 (ΦΕΚ 129/A` 23.7.2021), προωθείται η οικονομική ανάπτυξη και η δημιουργία νέων θέσεων εργασίας. Σύμφωνα με το Ευρωπαϊκό Κοινοβούλιο αναμένεται να δημιουργηθούν 700.000 θέσεις εργασίας μόνο στην ΕΕ έως το 2030.

Όσον αφορά τα μειονεκτήματα ή καλύτερα ανασταλτικούς παράγοντες της εφαρμογής της κυκλικής οικονομίας, αναγράφονται παρακάτω κάποια από αυτά. Πιο αναλυτικά :

- Από τους κύριους ανασταλτικούς παράγοντες που δυσκολεύουν την εφαρμογή της κυκλικής οικονομίας είναι ότι πρέπει να αλλάξει ριζικά ολόκληρο το μοντέλο της παραγωγικής διαδικασίας το οποίο συνεπάγεται εκσυγχρονισμό του μηχανολογικού εξοπλισμού, εξειδίκευση του υπάρχοντος προσωπικού και ενδεχόμενος την προσθήκη νέου προσωπικού. Κοντολογίς απαιτείται μεγάλη δαπάνη (Γαλυφά & Μπάτση, 2018).
- Έλλειψη περιβαλλοντικής συνείδησης: Δεδομένου ότι η έννοια της Κυκλικής Οικονομίας και η πιο «πράσινη» θεώρηση των πραγμάτων είναι αρκετά καινούργιες, δεν υπάρχει η περιβαλλοντική νοοτροπία και η περιβαλλοντική εκπαίδευση τόσο στους προμηθευτές των προϊόντων όσο και στους πελάτες (Γαλυφά & Μπάτση, 2018).
- Έλλειψη οικονομικών πόρων: Η μετάβαση σε μία περισσότερο βιώσιμη κοινωνία όπως επίσης και η μετάβαση από το γραμμικό στο κυκλικό μοντέλο οικονομίας είναι μια άκρως δαπανηρή διαδικασία η οποία

απαιτεί την αλλαγή και την αναθεώρηση τόσο της παραγωγικής διαδικασίας όσο και της διαδικασίας προμήθειας των νέων προϊόντων και υπηρεσιών (<https://ec.europa.eu/eurostat>).

- Δυσκολία διαχείρισης αποβλήτων: Δεδομένου ότι έως σήμερα δεν ήταν διαδεδομένη η έννοια της διαχείρισης των αποβλήτων, υπάρχει η δυσκολία στην ανακύκλωση και την μετατροπή των αποβλήτων σε επαναχρησιμοποιούμενα προϊόντα δεδομένου του ότι δεν υπάρχουν τα κατάλληλα μέτρα και μέσα για αυτό. Σύμφωνα με έκθεση της Παγκόσμιας Τράπεζας με τίτλο "What a waste 2.0" μέχρι το 2050, ο κόσμος αναμένεται να παράγει περίπου 3,4 δισεκατομμύρια τόνους αποβλήτων ετησίως, που αντιπροσωπεύει αύξηση 70% από τους σημερινούς 2,01 δισεκατομμύρια τόνους. Η έκθεση προσθέτει ότι τουλάχιστον το 33% του συνόλου των αποβλήτων που παράγονται σήμερα δεν υφίσταται επεξεργασία (<https://ec.europa.eu/eurostat>).
- Νομικό πλαίσιο: Το ήδη υπάρχων Νομικό Πλαίσιο δεν περιλαμβάνει κανονισμούς που διέπουν τον νόμιμο ανταγωνισμό μεταξύ των επιχειρήσεων (<https://ec.europa.eu/eurostat>).

Κεφάλαιο 3

Η συμβολή της έννοιας της κυκλικής οικονομίας στη διαχείριση αποβλήτων στα ανακυκλούμενα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας

3.1 Συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας και κυκλική οικονομία

Η πολύ μεγάλη αύξηση του πληθυσμού που έχει σημειωθεί τις τελευταίες δεκαετίες και η επακόλουθη εκτεταμένη χρήση μη ανανεώσιμων πόρων, έχει επηρεάσει αρνητικά την ποιότητα του περιβάλλοντος και έχει ωθήσει στη χρήση εναλλακτικών στρατηγικών. Σε αυτό το πλαίσιο, οι χρήσεις εναλλακτικών πόρων που μπορούν να αντικαταστήσουν τα ορυκτά και η ανάπτυξη ανανεώσιμων διαδικασιών με βάση τη βιωσιμότητα είναι απαραίτητες για το μέλλον. Η βιωσιμότητα των επιχειρήσεων βασίζεται στην κυκλικότητα των απαραίτητων πόρων που αυτή χρησιμοποιεί, οπότε η μετάβαση σε λειτουργία κυκλικής οικονομία είναι επιτακτικής ανάγκης. (Bossier & Ekasari, 2017).

Αναπόσπαστο κομμάτι της κυκλικής οικονομίας αποτελεί η βιοοικονομία η οποία κρατάει σε υψηλά επίπεδα τόσο την βιωσιμότητα της επιχείρησης όσο και του περιβάλλοντος. Στηρίζεται εξ ολοκλήρου σε βιολογικούς πόρους και χρησιμοποιεί διαδικασίες πανομοιότυπες της φύσης με μεγάλη επιτυχία.

Ως βιοοικονομία ορίζεται η δημιουργία βιολογικών πόρων που έχουν την δυνατότητα να ανανεώνονται και η μετατροπή τους σε προϊόντα μεγάλης αξίας όπως είναι τα τρόφιμα, οι ζωοτροφές, η βιοενέργεια κ.α.. Μέσω αυτής μειώνεται αισθητά η κατανάλωση προϊόντων που προέρχονται από ορυκτούς πόρους. Επιπρόσθετα ελαχιστοποιούνται οι επιπτώσεις της χρήσης ορυκτών πόρων στο περιβάλλον (Bossier & Ekasari, 2017).

Σε αυτό το κομμάτι μπορούμε να αναφερθούμε και στα πλεονεκτήματα που προσφέρει η κυκλική οικονομία τα οποία είναι αρκετά. Συνοπτικά μερικά από τα πλεονεκτήματα είναι η βιώσιμη λειτουργία και παραγωγή της επιχείρησης, η αξιοποίηση ανανεώσιμων φυσικών πόρων, η ευαισθητοποίηση της βιομηχανίας και η συμμετοχή της στην χάραξη πολιτικής αναφορικά με την διαχείριση των αποβλήτων, καθώς και η μείωση της σπατάλης πόρων και

προϊόντων. Οι προσπάθειες που γίνονται ειδικά από την πλευρά των επιστημόνων στην μετάβαση σε μια κυκλική οικονομία και στην ανάκτηση πόρων μέσω της επεξεργασίας αποβλήτων, είναι μεγάλη και βρίσκει άμεση υποστήριξη από τις παγκόσμιες κυβερνήσεις (Bossier & Ekasari, 2017).

Η ιδιαίτερη ανάγκη για χρήση πιο “πράσινων” και πιο βιώσιμων διαδικασιών οδήγησαν σε μεγαλύτερο ενδιαφέρον για τη χρήση ανεπιθύμητων θαλάσσιων πόρων, όπως η τεράστια ποσότητα αποβλήτων που προέρχονται από την αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια. Τα απόβλητα αποτελούν πηγή για δημιουργία προϊόντων με πολύ υψηλή αγοραστική αξία (Turcios & Parenbrock, 2014).

Η ποσότητα βιομάζας που απορρίπτεται από την ιχθυοκαλλιέργεια είναι αρκετά μεγάλη. Όπως έχουμε ξανά αναφέρει μέχρι σήμερα οι χρήσεις των αποβλήτων περιορίζονται κυρίως για τη δημιουργία ιχθυαλεύρων. Η απόρριψη αυτή των αποβλήτων πέρα από ότι προκαλεί προβλήματα στο περιβάλλον έχει και μεγάλο οικονομικό κόστος για την επιχείρηση (Tal, et al, 2009).

Τα απορρίμματα των ψαριών έχουν την δυνατότητα να εμπλουτίζουν ένα σύστημα ιχθυοκαλλιέργειας. Επίσης προσφέρουν την δυνατότητα στο σύστημα να τα επεξεργαστεί και να παράξει διάφορα προϊόντα όπως τα λιπάσματα που χρησιμοποιούνται για γεωργικές και κηπευτικές καλλιέργειες. Επίσης τα απόβλητα των ψαριών έχουν υψηλές συγκεντρώσεις βιοαποδομήσιμων οργανικών ουσιών που έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν ως υπόστρωμα για την ιλύ καθώς και για την αύξηση της παραγωγής μεθανίου (Tal, et al, 2009). Ένα μεγάλο ποσοστό των αλιευμένων ψαριών δέχονται περεταίρω επεξεργασία πριν γίνουν διαθέσιμα στην αγορά όπως ο εκσπλαχνισμός, η φιλετοποίηση και η απολέπιση (Tal, et al, 2009). Αποτέλεσμα αυτής της επιπλέον επεξεργασίας είναι η παραγωγή αποβλήτων όπως μυϊκές τομές (15–20%), δέρμα και πτερύγια (1–3%), οστά (9–15%), κεφάλια (9–12%), σπλάχνα (12–18%), και κλίμακες (5%) (Tal, et al, 2009).

Η επεξεργασία των ψαριών είναι πολύ σημαντική για τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας καθώς μειώνεται το κόστος μεταφοράς αφού έχουν

αφαιρεθεί τα μη βρώσιμα τμήματα των ψαριών αλλά και αυξάνεται η ποιότητα των προϊόντων καθώς απομακρύνονται μέρη του ψαριού τα οποία ελλοχεύουν κινδύνους. Για παράδειγμα τα σπλάχνα είναι πιθανό να περιέχουν βακτήρια και ενζυμα τα οποία μπορούν να μειώσουν την ποιότητα των προϊόντων (Turcios & Parenbrock, 2014).

Η ποιότητα των προϊόντων είναι πολύ σημαντική για τον κλάδο της ιχθυοκαλλιέργειας και για αυτό τον λόγο η αποικοδόμηση των πρωτεϊνών είναι πολύ σημαντικό να μειωθεί και αυτό για η υδρόλυση είναι ικανή να παράξει πεπτίδια που προκαλούν πικρή γεύση στα προϊόντα. Επίσης ο εκσυγχρονισμός και οι τεχνολογίες για την σύλληψη των ψαριών απαιτεί εκσυγχρονισμό με σκοπό την διατήρηση της ποιότητας των προϊόντων (Tal, et al, 2009). Τέλος για την διατήρηση της ασφάλειας των τροφίμων αλλά και των καταναλωτών εφαρμόζονται όλο και πιο αυστηρά μέτρα. Μία ποσότητα αλιευμάτων απορρίπτεται κάθε χρόνο. Σε αυτή την ποσότητα περιέχονται τόσο ήδη χαμηλής αξίας όσο και υψηλής αλλά μικρού μεγέθους. Μέσω της εφαρμογής της υποχρεωτικής εκφόρτωσης σύμφωνα μέσω της ΚΑΛΠ η ποσότητα των υποπροϊόντων των ψαριών θα αυξηθεί σημαντικά. Η κοινή αλιευτική πολιτική ορίζει ως υποχρεωτική την εκφόρτωση όλων των ειδών των ψαριών με εμπορική σημασία σύμφωνα με τον κανονισμό για τα επιτρεπόμενα αλιεύματα στα όποια συμπεριλαμβάνονται και τα μικρού μεγέθους ψάρια που δεν έχουν καταναλωτική αξία. Περίπου το 25% των ψαριών που αλιεύονται δεν φτάνουν στην αγορά καθώς η καταναλωτική τους αξία είναι πολύ χαμηλή. Το ποσοστό αυτό αναλογεί σε περίπου 30.000.000tn ψαριών τα οποία ξανά ρίχνονται στην θάλασσα και ως επί το πλείστο πεθαίνουν (Turcios & Parenbrock, 2014).

Δυο στρατηγικές οι οποίες συνδέονται με την υποχρεωτική εκφόρτωση είναι η *Blue Growth* και η στρατηγική της ΕΕ 2020. Οι στρατηγικές αυτές συνδέονται με την περιβαλλοντική ανάπτυξη των θαλασσών στην περιοχή της Ευρωπαϊκής Ένωσης. Μπορεί να προσφέρει ένα πολύ μεγάλο αριθμό νέων θέσεων εργασίας αλλά επίσης και κέρδη τα οποία μπορούν να ξεπεράσουν τα 50.000.000 ετήσιος. Ο οργανισμός Οικονομικής Υγείας και Ανάπτυξης (ΟΟΣΑ) υποστηρίζει ότι οι βιομηχανίες που χρησιμοποιούν ως πόρο το νερό του

ωκεανού αναμένετε να προσφέρουν τεράστια βοήθεια στην οικονομία έως το 2030 τόσο μέσω της οικονομικής ανάπτυξης όσο και των νέων θέσεων εργασίας που θα προσφέρουν (Τζαρμάνης Ν., 2020). Ένα κομμάτι της στρατηγικής έχει ως επίκεντρο την “μπλε βιοτεχνολογία” η οποία έχει ως στόχο την δημιουργία προϊόντων υψηλής οικονομικής αξίας μέσω της μετατροπής των θαλάσσιων πρώτων υλών. Τα προϊόντα αυτά που θα δημιουργηθούν θα έχουν την δυνατότητα να χρησιμοποιηθούν και να αναπτύξουν νέες αγορές συμβάλλοντας και σε άλλες στρατηγικές της ΕΕ.

Σε αυτό το πλαίσιο, οι στρατηγικές αξιοποίησης για τις απορρίψεις ψαριών και τα υποπροϊόντα ψαριών θα μπορούσαν να συμβάλουν στην οικονομική ανάπτυξη. Ομοίως, νέες χρήσεις για τα απόβλητα ψαριών θα μπορούσαν να μειώσουν το κόστος που σχετίζεται με την υποχρέωση εκφόρτωσης και να μειώσουν τα προβλήματα που επιφέρουν στο περιβάλλον οι μεγάλες ποσότητες αποβλήτων (Bossier & Ekasari, 2017).

3.2 Σύστημα Ανακυκλοφορίας (RAS) και Συστήματα Ροής / Διαδρομής

Τα ανακυκλούμενα συστήματα εκτροφής RAS βασίζονται στην επαναχρησιμοποίηση του νερού εκτροφής και είναι κατάλληλα για την εκτροφή ψαριών ή για την εκτροφή ψαριών και την καλλιέργεια άλλων υδρόβιων οργανισμών (Τζαρμάνης Ν., 2020). Η τεχνολογία της μεθόδου απαιτεί την χρήση μηχανικών και βιολογικών φίλτρων και μπορεί επί της αρχής να χρησιμοποιηθεί για την εκτροφή ειδών όπως ψάρια, γαρίδες, όστρακα κ.α.. Εξελίσσεται αρκετά γρήγορα σε παγκόσμιο επίπεδο, με αποτέλεσμα διάφορα συστήματα να εγκαθίστανται συνεχώς σε πολλές χώρες. Σε αυτά τα συστήματα περιλαμβάνονται τόσο μεγάλα συστήματα με παραγωγή πολλών τόνων όσο και μικρά συστήματα τα οποία διαθέτουν υψηλής τεχνολογία εξοπλισμό (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Από μία πιο περιβαλλοντική σκοπιά, η χρήση λιγότερης ποσότητας νερού έχει βοηθήσει την ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας σε περιοχές με μικρή διαθεσιμότητα υδάτινων πόρων. Επιπλέον η μικρή ποσότητα νερού κάνει πιο εύκολη την διεργασία καθαρισμού του, προκειμένου αυτό να χρησιμοποιηθεί

πάλι από το σύστημα. Για το λόγο αυτό η τεχνική εκτροφής RAS θεωρείται από όλους τους εμπλεκόμενους φορείς ως η πιο φιλική προς περιβάλλον μορφή καλλιέργειας (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Το RAS είναι ένα σύστημα καλλιέργειας που επιτρέπει την επαναχρησιμοποίηση του νερού ιχθυοκαλλιέργειας και έχει αποδειχθεί ότι είναι καλύτερο στην αφαίρεση στερεών αποβλήτων σε σχέση με άλλα συστήματα όπως το σύστημα ροής. Σύμφωνα με τους Pedersen et al. (2008), το σύστημα RAS έχει τη δυνατότητα να ελαττώσει, μέσω της αφαίρεσης των στερεών αποβλήτων με την χρήση φίλτρων και την μέθοδο της καθίζησης, τις αρνητικές συνέπειες των αποβλήτων στο περιβάλλον.

Τα συστήματα αυτά έχουν την δυνατότητα να αφαιρούν ένα μεγάλο ποσοστό των στερεών αποβλήτων με το μειονέκτημα ότι δεν είναι τόσο αποτελεσματικά στην αφαίρεση λεπτών στερεών αποβλήτων (Piedrahita, 2003). Είναι αντιληπτό ότι η καθίζηση δεν αρκεί και είναι αναγκαία η χρήση ενός φίλτρου που θα την πλαισιώσει. Οι Singh, Ebeling και Wheaton (1999) ανέφεραν ότι αν και ο όγκος νερού αναπλήρωσης που απαιτούνταν για την λειτουργία του συστήματος ήταν πολύ ψηλότερος στα συστήματα RAS που συνδύαζαν την τεχνική καθίζησης σε συνδυασμό με το φίλτρο, η ποιότητα του νερού παρέμενε στο ίδιο επίπεδο.

Τα φίλτρα καθαρισμού είναι πιο αποτελεσματικά στην απομάκρυνση των στερεών αποβλήτων συγκριτικά με το σύστημα καθίζησης. Η απομάκρυνση των στερεών αποβλήτων εξ ολοκλήρου δεν πραγματοποιείται ποτέ (Ebeling & Timmons, 2012).

Ένα ποσοστό των στερεών αποβλήτων στα συστήματα RAS είναι <10μm και είναι ικανά να δημιουργήσουν διάφορα προβλήματα αν η αφαίρεση τους δεν είναι αποτελεσματική. Αυτός ο τύπος στερεών σωματιδίων μπορεί να φράξει τα βιοφίλτρα, να οδηγήσει σε δευτερογενή παραγωγή αμμωνίας, να έχει αρνητικές επιπτώσεις σε άλλα συστατικά των συστημάτων και στην υγεία των ψαριών που εκτρέφονται (Patterson et al., 1999).

Η απομάκρυνση των σωματιδίων των στερεών αποβλήτων που είναι <50μm από την δεξαμενή εκτροφής δεν αφαιρούνται αποτελεσματικά ούτε από τα συστήματα καθίζησης ούτε από τα φίλτρα καθαρισμού. Σε αυτές τις περιπτώσεις χρησιμοποιούνται εναλλακτικές τεχνικές όπως είναι τα φίλτρα αφρού (Waller, 2001). Η αφαίρεση των στερεών αποβλήτων αν και είναι φθηνότερη από την απομάκρυνση άλλων τύπων αποβλήτων είναι πολύ σημαντικό τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας να χρησιμοποιούν τεχνικές που τα απομακρύνουν όσο πιο γρήγορα γίνονται (Waller, 2001). Η αποτελεσματική απομάκρυνση των στερεών αποβλήτων είναι ικανή να μειώσει συστατικά του νερού της καλλιέργειας όπως είναι ο φώσφορος και η οργανική ιλύς, τα οποία βρίσκονται σε μεγάλα ποσοστά (Piedrahita, 2003).

Σύμφωνα με τους Martins et al. (2010), το σύστημα RAS έχει την ικανότητα να αφαιρεί περίπου το 85-98% της οργανικής ύλης και των αιωρούμενων στερεών και περίπου το 65-96% του φωσφόρου μέσω της αποτελεσματικής απομάκρυνσης των στερεών. Κάτι ακόμα που πρέπει να σημειωθεί είναι ότι ένα σπουδαίας σημασίας προτέρημα των συστημάτων RAS είναι η ελαχιστοποίηση της προσβολής από ασθένειες προερχόμενες από το υδάτινο μέσο εκτροφής. Τα υπερεντατικά συστήματα είναι εφοδιασμένα με ένα ανεξάρτητο σύστημα επεξεργασίας νερού το οποίο καθαρίζει το νερό που εισέρχεται, πριν αυτό μεταφερθεί, προκειμένου να συμπληρώσει, τις απώλειες στο νερό του κύριου συστήματος εκτροφής. Η έλλειψη ασθενειών αλλά και παρασίτων συνοδεύεται από απουσία χρήσης αντιβιοτικών και αντιπαρασιτικών χημικών, το οποίο φυσικά είναι ένα ακόμη θετικό σημείο για το περιβάλλον (Martins et al. 2010).

Από αρκετούς επιστήμονες έχει αναφερθεί ο όρος της μηδενικής απόρριψης ή “zero discharge” ώστε να χαρακτηρίσουν τα τελευταίας τεχνολογίας υπερεντατικά συστήματα εκτροφής, τα οποία έχουν την δυνατότητα πλήρους απομάκρυνσης των υδάτινων αποβλήτων. Θα πρέπει απλά να αναφερθεί ότι όταν τα διαλυμένα οργανικά απόβλητα, μέσω των μηχανισμών απομάκρυνσης, πέσουν κάτω από κάποιο κατώτατο επίπεδο, χρειάζονται υψηλό κόστος απομάκρυνσης, το οποίο είναι δυσανάλογο και της επένδυσης

αλλά και της επίπτωσης που θα έχει η απόρριψή τους στο περιβάλλον (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Περιληπτική λειτουργία συστήματος RAS

Η φιλοσοφία των ανακυκλούμενων συστημάτων RAS είναι αρκετά απλή. Το νερό ρέει από τις δεξαμενές των ψαριών και πηγαίνει σε μηχανικά φίλτρα τα οποία απομακρύνουν τα αιωρούμενα στερεά σωματίδια. Στη συνέχεια το νερό μεταφέρεται στο βιολογικό φίλτρο και από εκεί στην δεξαμενή αερισμού προκειμένου να απομακρυνθεί το CO₂ πριν επιστρέψει ξανά στην δεξαμενή εκτροφής των ψαριών. Στην διαδικασία αυτή προστίθενται κατά περίπτωση και κάποιοι άλλοι μηχανισμοί επεξεργασίας όπως η χρήση U.V ή O₃, η ρύθμιση του pH, ο έλεγχος της θερμοκρασίας κ.α. (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Τα ψάρια στις δεξαμενές εκτροφής χρειάζεται να ταίζονται αρκετές φορές. Ο μεταβολισμός της τροφής παρέχει ενέργεια και θρεπτικά στοιχεία κατάλληλα για την ανάπτυξη των οργανισμών. Το οξυγόνο εισέρχεται στον οργανισμό μέσω των βραγχίων και είναι απαραίτητο για την λειτουργία της καύσης προς παραγωγή ενέργειας. Από τις καύσεις αυτές παράγεται αμμωνία και διοξείδιο του άνθρακα τα οποία και εξέρχονται στο νερό (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Η ποσότητα τροφής η οποία δεν μεταβολίζεται αποβάλλεται στο νερό με την μορφή αιωρούμενων σωματιδίων και οργανικού υλικού. Η μόνη μορφή τροφής η οποία επιτρέπεται να χρησιμοποιείται στο κλειστά συστήματα εκτροφής είναι η ξηρά τροφή συνήθως με την μορφή των *pellets*. Η χρήση νωπής τροφής από αλεσμένα ιχθυρά είναι αναγκαίο να αποφεύγεται μιας και μπορεί να μολύνει το σύστημα και να μεταφέρει ασθένειες (Τζαρμάνης Ν., 2020). Η ξηρά τροφή επιβάλλεται να έχει υψηλή πεπτικότητα αλλά και διατροφική αξία ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις στο σύστημα καθαρισμού του νερού αλλά και να προσδώσει υψηλό ρυθμό ανάπτυξης στα ψάρια. Επίσης ο ρυθμός παροχής της τροφής είναι απαραίτητο να είναι τέτοιος που να διασφαλίζει ότι τα ψάρια δεν θα αφήσουν ποσότητα που να μην καταναλωθεί. Ο ρυθμός μετατρεψιμότητας – Feed Conversion Ratio (FCR)

περιγράφει τα κιλά τροφής που απαιτούνται για την παραγωγή ενός κιλού προϊόντος (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Συστήματα ροής / κυκλοφορίας

Στα συστήματα ροής / κυκλοφορίας παρουσιάζεται υψηλό επίπεδο ανταλλαγής νερού όπου τα περισσότερα από τα παραγόμενα απόβλητα απορρίπτονται από τη μονάδα ιχθυοκαλλιέργειας. Στα περισσότερα συστήματα ροής, ο χρόνος κατακράτησης νερού είναι μικρότερος από μία ώρα. Τα στερεά απόβλητα συλλέγονται συνήθως σε περιοχές ηρεμίας (Ebeling & Timmons, 2012).

Η σωστή ρύθμιση της ροής του νερού του συστήματος είναι ικανό να προσφέρει την γρήγορη συγκέντρωση και απομάκρυνση των στερεών αποβλήτων πριν αυτά κατακερματιστούν (Miller & Semmens, 2002). Σύμφωνα με τους Summerfelt και Timmons (2000), μια κυκλική δεξαμενή έχει την δυνατότητα να αποτελείται από δύο εκροές μια για έξοδο στερεών αποβλήτων μικρής πυκνότητας στο επάνω μέρος και μία άλλη έξοδο για την απομάκρυνση στερεών αποβλήτων υψηλής πυκνότητας στο κάτω μέρος. Η σωστή σχεδίαση της κυκλικής δεξαμενής στα συστήματα ροής / κυκλοφορίας είναι ικανή να απομακρύνει το μεγαλύτερο ποσοστό των απόβλητων από την δεξαμενή.

Το κύριο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν τα συστήματα ροής κυκλοφορίας στη διαχείριση των στερεών αποβλήτων είναι και αυτό που τα καθιστά μονάδες με μεγάλες επιπτώσεις προς το περιβάλλον (Blancheton et al., 2007). Η απομάκρυνση των αποβλήτων στα συστήματα αυτά είναι δύσκολη και κοστοβόρα λόγω της πολύ υψηλής ροής του νερού η οποία είναι έως και 100 φορές μεγαλύτερη από αυτή των συστημάτων ανακυκλοφορίας. Επίσης η συγκέντρωση των αποβλήτων στα συστήματα αυτά είναι πολύ υψηλότερη σε σχέση με τα RAS και για τον λόγο αυτό δεν προτιμούνται (Blancheton et al., 2007).

Συνοψίζοντας αρκετά από τα παραπάνω μπορούμε να εξάγουμε το συμπέρασμα ότι η ιχθυοκαλλιέργεια και η ανάπτυξή της είναι αναγκαία για την

παραγωγή των κατάλληλων ζωικών προϊόντων που προορίζονται για τον άνθρωπο. Ωστόσο τα περιβαλλοντικά προβλήματα σε όλες τις ανεπτυγμένες χώρες συνεχώς αυξάνονται και εισάγονται ολοένα και περισσότεροι περιορισμοί, θα πρέπει η ιχθυοκαλλιέργεια να αναπτύσσεται όλο και περισσότερο με γνώμονα βιώσιμες μεθόδους παραγωγής που δεν δημιουργούν προβλήματα στο περιβάλλον.

Η αύξηση της ζήτησης για προϊόντα και υποπροϊόντα ψαριών τα τελευταία χρόνια είναι ραγδαία και η παραγωγή τους μέσω εκτατικών ή ημι-εντατικών συστημάτων δεν μπορεί να καλυφθεί. Τα ανακυκλούμενα συστήματα εκτροφής όπως τα RAS είναι σε θέση να καλύψουν τις ανάγκες λόγω των εγκαταστάσεων και της τεχνολογίας που διαθέτουν. Ταυτόχρονα η τήρηση των οδηγιών και η σωστή τους συντήρηση μπορούν να τα καταστήσουν συστήματα παραγωγής με ελάχιστες επιπτώσεις προς το περιβάλλον.

Η ανάπτυξη και η ενίσχυση συστημάτων όπως τα ανακυκλούμενα συστήματα εκτροφής RAS που έχουν την δυνατότητα να επαναχρησιμοποιούν ήδη υπάρχοντες πόρους του συστήματος μπορούν να ενισχύσουν σημαντικά την βιωσιμότητα της ιχθυοκαλλιέργειας. Τα συστήματα αυτά έχουν την δυνατότητα να εκτρέφουν τα είδη ψαριών που έχουν την μεγαλύτερη καταναλωτική ζήτηση με χαμηλό λειτουργικό κόστος και μικρό αντίκτυπο στο περιβάλλον. Ο κλάδος της ιχθυοκαλλιέργειας έχει επιτακτική ανάγκη την υιοθέτηση τέτοιων συστημάτων που θα την καταστήσουν κυρίαρχο στον παραγωγικό κλάδο,

3.3 Πηγές αποβλήτων στα ανακυκλούμενα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας

3.3.1 Τροφές Ψαριών

Μεγάλη σημασία στην παραγωγική διαδικασία των ιχθυοκαλλιεργειών έχουν οι ζωοτροφές. Το πόσο σημαντικές είναι εξαρτάται από τον τύπο της καλλιέργειας (Biswas et al., 2006, Dauda, Ibrahim, Bichi, & Tola-Fabunmi, 2017). Ανάλογα τον τύπο εκτροφής η παροχή της τροφής αλλάζει. Σε ένα εκτατικό σύστημα εκτροφής η τροφοδοσία των ψαριών εξαρτάται σχεδόν αποκλειστικά από το περιβάλλον. Τα ψάρια των συστημάτων αυτών τρέφονται κυρίως με τους φυσικούς οργανισμούς που υπάρχουν στην περιοχή που εκτρέφονται (Ajani, Akinwole, & Ayodele, 2011).

Η εντατική εκτροφή αποτελεί ένα σύστημα το οποίο δεν μπορεί να ανταπεξέλθει στα υψηλά επίπεδα ζήτησης για προϊόντα ιχθυοκαλλιέργειας που υπάρχουν στην αγορά (Ajani, Akinwale, & Ayodele, 2011). Όσον αφορά τα ημί-εντατικά συστήματα, η πυκνότητα εκτροφής των ψαριών είναι υψηλή και η διατροφή τους βασίζεται τόσο στο φυσικό περιβάλλον όσο και στην συμπλήρωση τροφής από τον άνθρωπο (Dauda et al., 2017).

Αναφορικά με τα εντατικά συστήματα, όπως τα ανακυκλούμενα συστήματα RAS οι τεχνητές ζωοτροφές είναι αυτές στις οποίες βασίζεται η διατροφή και προσφέρουν γρήγορη και ποιοτική ανάπτυξη. Που συζητάμε, η διατροφή βασίζεται στη χρήση τεχνητών ζωοτροφών πολύ υψηλής ποιότητας που στοχεύουν στη γρήγορη ανάπτυξη (Ajani et al., 2011). Κύρια πηγή αποβλήτων στα ανακυκλούμενα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας αποτελούν οι ζωοτροφές (Akinwale, Dauda, & Ololade, 2016, Martins et al., 2010). Η επίδραση της παραγωγής αποβλήτων λόγω ιχθυοτροφής ποικίλλει ανάλογα με την ποσότητα της συμπληρωματικής τροφής. Η παραγωγή αποβλήτων από ζωοτροφές εξαρτάται από πολλούς παράγοντες. Κάποιοι από αυτούς τους παράγοντες είναι η ποσότητα των θρεπτικών συστατικών στις ζωοτροφές, η αναλογία μεγέθους τροφής / μεγέθους ψαριού και η ποσότητα τροφής και η συχνότητα της τροφοδοσίας (Miller & Semmens, 2002).

3.3.2 Χημικά Στοιχεία

Σε όλα τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας η χρήση χημικών είναι πολύ αυστηρή και περιορίζεται σε ουσίες που χρησιμοποιούνται για την απολύμανση ή σε φάρμακα (Read & Fernandes, 2003). Η χρήση των φαρμάκων προορίζεται για θεραπευτικούς σκοπούς όπως είναι η θεραπεία για παράσιτα ή μικροβιακές λοιμώξεις (Ajadi, Sabri, Dauda, Ina-Salwany, & Hasliza, 2016).

Επιπλέον ουσίες που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι για παράδειγμα ο ασβέστης που μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη ρύθμιση του πυθμένα κατά την διάρκεια της προετοιμασίας του συστήματος. Οποιαδήποτε χημική ουσία χρησιμοποιηθεί είναι μη επιβλαβής για τα ψάρια αλλά σε κάποιες συγκεντρώσεις μπορεί να είναι επιβλαβής για το περιβάλλον (Boyd & McNevin, 2015).

3.3.3 Παθογόνα στοιχεία

Τα παθογόνα στοιχεία που μπορούν να απορριφθούν μέσω των λυμάτων στο περιβάλλον μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά. Τα ήδη υπάρχοντα ύδατα του περιβάλλοντος έχουν παθογόνο φορτίο και η προσθήκη νέων μέσω των συστημάτων ιχθυοκαλλιέργειας είναι ικανά να προκαλούν προβλήματα στους υδρόβιους οργανισμούς (Goldburg & Triplett, 1997). Η εκροή παθογόνων στοιχείων από τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας είναι ελάχιστη και για τον λόγο αυτό σπάνια εξετάζεται η ποσότητα τους.

3.4 Κύριες κατηγορίες αποβλήτων ανακυκλούμενων συστημάτων ιχθυοκαλλιέργειας

Πολύ είναι οι συγγραφείς που έχουν αναφερθεί σε αυτά τα κύρια συστατικά των αποβλήτων που δημιουργούν τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας (Akinwale et al., 2016, Piedrahita, 2003, Timmons, Ebeling, Wheaton, Summerfelt, & Vinci, 2002). Η κύρια πηγή αποβλήτων στην ιχθυοκαλλιέργεια και πιο ειδικά στα ανακυκλούμενα συστήματα είναι οι ζωοτροφές, για τον λόγο αυτό η εστίαση μας θα είναι σε αυτά. Τα απόβλητα των ανακυκλούμενων συστημάτων ιχθυοκαλλιέργειας τα οποία προέρχονται από την τροφή διακρίνονται σε στερεά και διαλυμένα απόβλητα.

3.4.1 Στερεά Απόβλητα

Ως επί το πλείστο τα στερεά απόβλητα προέρχονται από τη μη φαγωμένη τροφή και τα περιττώματα των καλλιεργημένων ψαριών (Akinwale et al., 2016). Περιστασιακά περιλαμβάνουν εκείνα τα ψάρια που δεν επιβιώνουν στη διάρκεια καλλιέργειας. Μπορούν να ταξινομηθούν σε αιωρούμενα στερεά ή καθιζάνοντα στερεά. Όσον αφορά τα αιωρούμενα στερεά επιπλέουν στο νερό λόγω της μικρής του πυκνότητας και αποτελούν τον τύπο στερεών αποβλήτων που αφαιρείται δυσκολότερα (Cripps & Bergheim, 2000).

Τα καθιζάνοντα στερεά είναι σωματίδια με μεγαλύτερη πυκνότητα και έχουν την τάση να κατευθύνονται προς τον πυθμένα της δεξαμενής καλλιέργειας. Επιπλέον η απομάκρυνση του είναι σαφώς ευκολότερη συγκριτικά με των αιωρούμενων (Ebeling & Timmons, 2012). Τα στερεά απόβλητα έχουν χαρακτηριστεί ως τα πιο επικίνδυνα απόβλητα των ιχθυοκαλλιέργειας και η

απομάκρυνση τους θα πρέπει να γίνεται έγκαιρα (Timmons & Summerfelt, 1997). Λόγο της ικανότητας τους να φράζουν τα βράγχια των ψαριών και να τα οδηγούν σε θάνατο είναι ακόμη ένας λόγος που χαρακτηρίζονται ως επικίνδυνα (Akinwole et al., 2016).

Σε περίπτωση που αποσυντεθούν λόγω της μη έγκαιρης απομάκρυνσης τους μπορούν να οδηγήσουν σε αύξηση της συνολικής ποσότητας των διαλυμένων στερεών αποβλήτων αλλά και διάφορων αζωτούχων ενώσεων που είναι υπεύθυνες για την αύξηση του στρες των ψαριών (Akinwole et al., 2016). Επίσης, η μη έγκαιρη απομάκρυνση τους μπορεί να οδηγήσει στην μείωση του οξυγόνου στο νερό της καλλιέργειας η οποία θα επιφέρει σημαντικές επιπτώσεις (Akinwole et al., 2016).

Η σωστή διαχείριση ενός ανακυκλούμενου συστήματος ιχθυοκαλλιέργειας μετατρέπει περίπου το 30% της τροφής σε στερεά απόβλητα (Miller & Semmens, 2002). Με την σωστή διαχείριση εννοούμε το σωστό μέγεθος της τροφής, την αποτελεσματική τροφοδοσία και την σωστή αποθήκευση. Όσον αφορά την μετατρεψιμότητα της τροφής σε στερεά απόβλητα, εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από τον τύπο καλλιέργειας στα συστήματα ανακυκλοφορίας σε σύγκριση με τα συστήματα ροής / ανακυκλοφορίας (d'Orbcastel et al., 2009).

Τα στερεά απόβλητα έχουν εμπλακεί ως τα πιο επιβλαβή απόβλητα στα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας ψαριών και τα συστήματα που είναι πιο αποτελεσματικά στην απομάκρυνση τους είναι και αυτά που προτιμούνται (Akinwole et al., 2016). Η μη φαγώσιμες ζωοτροφές και οι άπεπτες ουσίες οι οποίες διοχετεύονται στο σύστημα καλλιέργειας ως κόπρανά είναι οι πηγές από τις οποίες προέρχονται κυρίως τα στερεά απόβλητα (Turcios & Papenbrock, 2014).

Ο τύπος του συστήματος καλλιέργειας, η ποσότητα της τροφής που διοχετεύεται καθώς και η αποτελεσματικότητα της είναι οι παράγοντες που καθορίζουν την ποσότητα των στερεών αποβλήτων στο σύστημα αλλά και την ποσότητα των αποβλήτων που θα ελευθερωθούν στο περιβάλλον (Bergheim & Asgard, 1996).

3.4.2 Διαλυμένα Απόβλητα

Τα διαλυμένα απόβλητα είναι προϊόντα του μεταβολισμού των ψαριών. Στα διαλυμένα απόβλητα, τα δύο κύρια συστατικά που προκαλούν ανησυχία είναι τα προϊόντα αζώτου (N) και φωσφόρου (P) (Boyd & Massaut, 1999). Το άζωτο και ο φώσφορος είναι σημαντικά συστατικά της πρωτεΐνης η οποία περιέχεται στις τροφές των ψαριών. Τα ψάρια, ανεξαρτήτως είδους, απαιτούν υψηλή διατροφική ακατέργαστη πρωτεΐνη που κυμαίνεται από 25-50%.

Λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε πρωτεΐνη οι τροφές των ψαριών έχουν και υψηλή περιεκτικότητα σε άζωτο και φωσφόρο. Με την σύληψη της τροφής το ποσοστό αζώτου και φωσφόρου που θα διατηρήσουν τα ψάρια δεν ξεπερνά το 50% (Piedrahita, 2003). Έτσι γίνεται κατανοητό ότι μεγάλο ποσοστό του αζώτου και του φωσφόρου που περιέχεται στην τροφή θα απελευθερωθεί στο νερό της ιχθυοκαλλιέργειας.

Κατά μέσο όρο η ποσότητα αζώτου που κατακρατείται από τα ψάρια κυμαίνεται μεταξύ 25% και 30% (Boyd, 2003) ενώ η ποσότητα του φωσφόρου κυμαίνεται μεταξύ 15%-45% (Piedrahita, 2003). Σε περαιτέρω ανάλυση ο Piedrahita (2003) ανέφερε ότι στα περιττώματα των ψαριών περιέχονται 3,6%-35% N και 15%-70% P. Η μορφή που εκκρίνεται το άζωτο στο νερό της καλλιέργειας είναι η αμμωνία ενώ ο φώσφορος ως διαλυμένα σωματίδια (Bureau & Cho, 1999; Sugiura, Raboy, Young, Dong, & Hardy, 1999).

Η αδυναμία των ψαριών να αφομοιώσουν σημαντικό ποσοστό αζώτου και φωσφόρου μέσω της τροφής είναι και ο κύριος λόγος που τα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας δημιουργούν περιβαλλοντική ρύπανση (Lazzari & Baldisserotto, 2008). Τα δύο αυτά ενώ εισέρχονται στο σύστημα ως θρεπτικά συστατικά εξέρχονται από αυτό ως απόβλητα (Stephens & Farris, 2004).

Σε υψηλές συγκεντρώσεις όταν απελευθερώνονται στο νερό μπορούν ανά βλάβουν του οργανισμού του υδάτινου οικοσυστήματος. Επίσης έχουν την ικανότητα να αυξήσουν την ποσότητα των αιωρούμενων στερεών ενώ είναι υπεύθυνα και για την αύξηση της θολότητας του νερού (Boyd et al., 2000, Teichert-Coddington, Rouse, Potts, & Boyd, 1999). Ανάλογα με τις συγκεντρώσεις που απελευθερώνονται αυξάνεται η μειώνεται η πιθανότητα

να έχουν αρνητική επίδραση στα καλλιεργούμενα ψάρια (Ansa, 2010). Όμως αν βρίσκονται σε υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό που θα απελευθερωθεί στο περιβάλλον μπορεί να προκαλέσουν αρνητικές επιπτώσεις στους υδρόβιους οργανισμούς των συστημάτων υποδοχής (Boyd & Massaut, 1999, Piedrahita, 2003, Stephens & Farris, 2004).

Η αμμωνία είναι η κύρια μορφή με την οποία απελευθερώνεται το άζωτο στο νερό και αποσυντίθεται περαιτέρω σε νιτρικά και νιτρώδη (Dauda, Akinwole, & Olatinwo, 2014, Piedrahita, 2003). Είναι ιδιαίτερα τοξική για τους οργανισμούς που βρίσκονται στο σύστημα καλλιέργειας. Εάν δεν επεξεργαστεί περαιτέρω πριν απελευθερωθεί στο περιβάλλον μπορεί να προκαλέσει προβλήματα στους οργανισμούς που ζουν σε αυτό (Romano & Zeng, 2013).

Τα νιτρικά και τα νιτρώδη είναι η μορφές που διασπάται η αμμωνία και οι ποσότητες τους εξαρτώνται τόσο από την θερμοκρασία όσο και από το pH του νερού (Ebeling & Timmons, 2012). Η μη ιονισμένη μορφή της αμμωνίας δηλαδή τα νιτρικά είναι πολύ τοξική για το περιβάλλον της καλλιέργειας και θα πρέπει να βρίσκεται σε ισορροπία με την ιονισμένη μορφή της αμμωνίας δηλαδή να νιτρώδη για να υπάρχει σωστή λειτουργία στο σύστημα (Ebeling & Timmons, 2012).

Στα ανακυκλούμενα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας για την σωστή λειτουργία της απαιτείται η αμμωνία να κυμαίνεται σε επίπεδα κάτω του 1 mg/L (Ajani et al., 2011). Όταν η αμμωνία οξειδώνεται παράγονται τα νιτρώδη τα οποία είναι τοξικά και η συγκέντρωσή τους στα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας απαιτείται να είναι κάτω από 0,5 mg/L (Ajani et al., 2011). Τελικό προϊόν της οξείδωσης της αμμωνίας θεωρούνται τα νιτρικά ή νιτρικό άλας. Για τα περισσότερα ήδη ψαριών θεωρείται μη τοξικό ακόμα και σε συγκεντρώσεις που ξεπερνούν τα 200 mg/L (Dauda & Akinwole, 2015). Όμως θεωρείται τοξικό για το περιβάλλον επειδή μπορεί να προκαλέσει ευτροφισμό πρέπει να διατηρείται και αυτό σε χαμηλές συγκεντρώσεις (Dauda et al., 2014).

Στα ανακυκλούμενα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας η οξείδωση της αμμωνίας σε νιτρικά πραγματοποιείται μέσω βιοφίλτρον (Dauda & Akinwole, 2014,

Dauda et al., 2014, Suzuki et al., 2003, van Rijn, Tal, & Schreier, 2006). Τα νιτρικά άλατα μπορούν να συσσωρευτούν με την πάροδο του χρόνου σε επίπεδα έως και 300-400 mg/L (van Rijn, 1996) και, ανάλογα με τη συχνότητα ανταλλαγής νερού και όταν απελευθερώνεται τέτοιο νερό, θα επηρεάσει αρνητικά το υδάτινο σώμα υποδοχής (Dauda et al., 2014).

Ο φώσφορος είναι ένας άλλος σημαντικός μεταβολίτης ή αποσυντεθειμένο προϊόν που προέρχεται από την τροφή που χρησιμοποιείται στα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας. Δεν είναι τοξικός για τα ψάρια που καλλιεργούνται αλλά όταν απελευθερώνονται στο περιβάλλον σε μεγάλες συγκεντρώσεις μπορεί να οδηγήσει σε ευτροφισμό (Wong, 2001). Κυριότερα απελευθερώνεται στο νερό ως σωματίδια μέσω των κοπράνων. Σύμφωνα με τον Piedrahita (2003) η ποσότητα του φωσφόρου που απελευθερώνεται στο νερό ποικίλει ανάλογα με το είδος που εκτρέφεται.

Υπάρχουν πολλές τεχνικές για την απομάκρυνση του αζώτου από τα ανακυκλούμενα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας σε αντίθεση με τις τεχνικές που υπάρχουν για την απομάκρυνση του φωσφόρου. Αυτός συμβαίνει γιατί στις περισσότερες περιπτώσεις ο φώσφορος δεν είναι τοξικός εν αντιθέσει με τα τοξικά παράγωγα του αζώτου όπως η αμμωνία και τα νιτρώδη (Lazzari & Baldisserotto, 2008).

Στα ανακυκλούμενα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειας ο φώσφορος μειώνεται είτε μέσω της μείωσης των ποσοτήτων του φωσφόρου που περιέχονται στην τροφή είτε μέσω της γρήγορης αφαίρεσης των στερεών αποβλήτων (Bergheim & Asgard, 1996, Martins et al., 2010, Piedrahita, 2003).

3.5 Μείωση αποβλήτων μέσω της σωστής διαχείρισης ιχθυοτρόφων

Η διαχείριση των ζωοτροφών αποτελεί ίσως την σημαντικότερη λύση στη διαχείριση των αποβλήτων των ανακυκλούμενων συστημάτων εκτροφής και κατ'επέκταση την μείωση των περιβαλλοντικών τους επιπτώσεων στο περιβάλλον (Martins et al., 2010, Turcios & Papenbrock, 2014). Ένα σύστημα τροφοδοσίας σωστά ρυθμισμένο, βάση δεδομένων, για την εισροή των τροφών σε συνδυασμό με υψηλής ποιότητας και ενέργειας τροφές έχουν την δυνατότητα να μειώσουν την ποσότητα των αποβλήτων από ένα σύστημα

εκτροφής.. Στην ερευνά τους οι d'Orbcastel et al. (2009) υποστήριξαν ότι η μείωση του δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής (FCR) κατά 30% σε ένα σύστημα ιχθυοκαλλιέργειας μπορεί να μειώσει περίπου 15-20% την δημιουργία αποβλήτων και κατ επέκταση τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις στο περιβάλλον.

Διάφορες μελέτες έχουν υποστηρίξει ότι η μείωση του ποσοστού αποβλήτων που παράγονται από ένα σύστημα ιχθυοκαλλιέργειας λόγω των ζωοτροφών μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους, Πιο συγκεκριμένα είναι αναγκαίο να υπάρχουν πληροφορίες σχετικά με τις ζωοτροφές που χρησιμοποιούνται και να παρέχονται οι κατάλληλες στα ανάλογα είδη ψαριών σύμφωνα με τις δυνατότητες απόδοσης που έχουν. Είναι απαραίτητο να υπάρχουν πληροφορίες για τις ζωοτροφές όπως η πτητικότητα τους, η ποσότητα τους σε θρεπτικά συστατικά όπως φώσφορος και άζωτο, πληροφορίες σχετικά με τον δείκτη μετατρεψιμότητας τροφής κ.α.. Όλα τα παραπάνω θα βοηθήσουν στο υπολογισμό των ποσοτήτων αποβλήτων που μπορούν να παραχθούν από ένα σύστημα εκτροφής και θα οδηγήσουν σε λήψη μέτρων για την μείωσή τους.

Πολύ σημαντική είναι και η ύπαρξη της βιομάζας των ψαριών που εκτρέφονται στο σύστημα σε συνδυασμό με άλλες πληροφορίες όπως είναι η υγεία και η φυσιολογική κατάσταση των ειδών που εκτρέφονται, Η σημαντικότητα αυτών των πληροφοριών έχει να κάνει με την διαδικασία της τροφοδοσίας. Για παράδειγμα ένα σύστημα εκτροφής με ίδιο μέγεθος ψαριών θα δεχτούν το ίδιο μεγεθός τρφής με την ίδια συχνότητα με αποτέλεσμα να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες μη φαγωμένης τροφής που δημιουργούν απόβλητα στο νερό εκτροφής.

Τα τελευταία χρόνια η χρήση τροφών με χαμηλά ποσοστά σε φυτικά υποστηρίζεται όλο και περισσότερο. Ο λόγος είναι ότι οι ποσότητες φωσφόρου που απελευθερώνονται στο νερό είτε λόγω της τροφής που δεν καταναλώνεται είτε λόγω των μεταβολικών αποβλήτων των ψαριών είναι εξαιρετικά μειωμένες. Ο Hardy (2010) ανέφερε ότι η μεγαλύτερη ποσότητα φωσφόρου που λαμβάνουν τα ψάρια μέσω της τροφής δεν μπορεί να πεμφτεί και να χρησιμοποιηθεί λόγω της ύπαρξης ενός στομαχιού. Πολλοί είναι αυτοί

που έχουν υποστηρίξει ότι η αύξηση της φυτάσης στις ζωοτροφές είναι ικανή να βοηθήσει τους οργανισμούς να αφομοιώσουν καλύτερα ποσότητες φωσφόρου (Baker, Smith-Lemmon, & Cousins, 2001, Orisasona & Ajani, 2015, Papatryphon, Howell, & Soares, 1999). Υποστήριξαν επίσης ότι αυτό έχει μεγαλύτερη αποτελεσματικότητα σε είδη που εκτρέφονται θερμό νερό, καθώς η επίδρασή της μειώνεται στο ψυχρό.

Οι Baker et al. (2001) ανέφεραν σε μελέτη τους ότι η πέστροφα αφομοίωνε καλύτερα τον φώσφορο που υπήρχε στη τροφή, όταν το επίπεδο της φυτάσης σε αυτή ήταν μεταξύ 500 και 2000 FTU/kg. Κάτι παρόμοιο αναφέρεται και σε άλλη μελέτη για το είδος *Clarias gariepinus* (αφρικανικό γατόψαρο) όταν το επίπεδο φυτάσης στην τροφή ήταν περίπου 5000 FTU/kg (Orisasona & Ajani, 2015).

Οι εξωθημένες τροφές υψηλής ενέργειας έχουν συμβάλει στην καλύτερη χρήση των ζωοτροφών στα συστήματα εκτροφής, ενώ έχουν επηρεάσει και τον δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής FCR. Ο συνδυασμός αυτών έχει ως αποτέλεσμα την μείωση της σπατάλης κατά την διάρκεια των παραγωγικών διαδικασιών το οποίο είναι πολύ κερδοφόρο για τις παραγωγικές μονάδες. Οι εξωθημένες τροφές έχουν την δυνατότητα να επιπλέουν και να παραμένουν περισσότερη ώρα στην επιφάνεια με αποτέλεσμα να γίνεται πιο ευκολή η πρόσληψη από τα ψάρια αλλά και να ρυθμίζεται καλύτερα η διαδικασία της τροφοδοσίας (Miller & Semmens, 2002).

Οι Bender et al. (2004) ανέφεραν στην μελέτη τους ότι η χρήση εξωθημένων ζωοτροφών υψηλής ενέργειας σε σύστημα εκτροφής πέστροφας είχε ως αποτέλεσμα την μείωση του δείκτη μετατρεψιμότητας τροφής FCR με αποτέλεσμα την μείωση των ποσοτήτων αποβλήτων. Η μείωση των αποβλήτων με τη χρήση εξωθημένων ζωοτροφών οφείλεται και στα μορφολογικά χαρακτηριστικά καθώς είναι ομοιόμορφη και αυτό βοηθάει στο να μην μένει τροφή που δεν καταναλώνεται (Turcios & Papenbrock, 2014).

3.6 Αξιοποίηση αποβλήτων ιχθυοκαλλιέργειας για παραγωγή διάφορων προϊόντων για επαναχρησιμοποίηση

Τα ψάρια αποτελούν μια πλούσια πηγή πρωτεΐνης με όλα τα απαραίτητα αμινοξέα. Επιπλέον προσφέρουν ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, πολύ σημαντικά για την υγεία του ανθρώπου, πολλές βιταμίνες όπως Α, Β και D, και πολλά μέταλλα και ιχνοστοιχεία όπως για παράδειγμα ασβέστιο, σίδηρο, ιώδιο και άλλα (Tal, et al, 2009). Λόγω αυτών τα ψάρια αποτελούν κύριο συστατικό στη διατροφή του ανθρώπου, καθώς προσφέρουν πολλά οφέλη για την υγεία όπως για παράδειγμα η πρόληψη και η προστασία από καρδιαγγειακές παθήσεις. Μεγάλη αναγνώριση έχουν και πολλά υποπροϊόντα ψαριών, τα οποία χρησιμοποιούνται για διάφορους ιατρικούς σκοπούς (Tal, et al, 2009).

Σημαντική πηγή πρωτεϊνών μετάλλων και ιχνοστοιχείων αποτελούν τόσο τα υποπροϊόντα των ψαριών όσο και τα απόβλητα που δημιουργούν κατά την διαδικασία της παραγωγής τους. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι τα στοιχεία που εξήχθησαν από μελέτη στο είδος της τσιπούρας, η οποία ανέδειξε τα παρακάτω στοιχεία. Το δέρμα της τσιπούρας αποτελεί πηγή πλούσια σε πρωτεΐνη, τα κόκκαλα αποτελούν πηγή ασβεστίου ενώ τα όργανα της αποτελούν πολύ καλή πηγή λιπιδίων (Turcios & Parenbrock, 2014).

Τα τελευταία χρόνια η ιχθυοκαλλιέργεια πέρα από την παραγωγή ψαριών που προορίζονται για την κατανάλωση από τον άνθρωπο, έχει στρέψει το ενδιαφέρον της στην παραγωγή εναλλακτικών προϊόντων όπως τα υποπροϊόντα των ψαριών καθώς φαίνεται ότι υπάρχει όλο και μεγαλύτερη ζήτηση από τον καταναλωτή (Bossier & Ekasari, 2017) Τα υποπροϊόντα των ψαριών είναι πλούσια σε ουσίες με υψηλή αξία όπως το κολλαγόνο, η χιτίνη και τα πολυακόρεστα λιπαρά οξέα και χρησιμοποιούνται ευρέως σε βιοτεχνολογικές και φαρμακευτικές εφαρμογές. Η αγοραστική τους αξία ανεβαίνει συνεχώς οπότε όλο και περισσότερες επιχειρήσεις ασχολούνται με την παραγωγή τους. Τέλος η παραγωγή υποπροϊόντων έχει αναδειχθεί πολύ λόγω της ανάγκης μετάβασης σε μια κυκλική οικονομία. Αυτό γιατί μέσω της επεξεργασίας των αποβλήτων και την μετατροπή τους σε επαναχρησιμοποιούμενα προϊόντα η βιωσιμότητα των επιχειρήσεων έχει σταθεροποιηθεί.

Παρακάτω παρουσιάζονται τεχνικές που είναι ικανές να μετατρέψουν τα απόβλητα των ανακυκλούμενων συστημάτων σε προϊόντα επαναχρησιμοποίησης.

Κλασσικές τεχνικές

- Επεξεργασία αποβλήτων για παραγωγή ιχθυελαίου

Σε αυτή τη διαδικασία υπόκεινται τα υποπροϊόντα των ψαριών που προέρχονται από την φιλετοποίηση και τον εκσπλαχνισμό των ψαριών. Η διαδικασία ξεκινάει με την τεχνική τήξης του λίπους (*Rendering*) υπό συγκεκριμένη θερμοκρασία και πίεση και ακολουθείται από τον εξευγενισμό του λίπους με σκοπό να παραχθεί το ιχθυέλαιο το οποίο θα διατεθεί για ανθρώπινη κατανάλωση. Προκειμένου η διαδικασία να έχει την επιθυμητή απόδοση προϊόντος, η χρήση των σπλάχνων, τα οποία περιέχουν την μεγαλύτερη ποσότητα αποθηκευμένου λίπους είναι απαραίτητη (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Σύμφωνα με μελέτη των Lenas et.al, (2011), το ποσοστό ενδομυϊκού λίπους στις εκτρεφόμενες τσιπούρες είναι 8,85% και του περισπλαχνικού λίπους στο 10,67%. Εφόσον η φιλετοποίηση των ψαριών έχει αποσπάσει το μεγαλύτερο ποσοστό της μυϊκής μάζας, αυτό που έχει απομείνει είναι το κεφάλι, η ουρά, τα κόκκαλα και μικρή ποσότητα ιστών. Έτσι, το ποσοστό λίπους στα συγκεκριμένα υποπροϊόντα θα είναι ελάχιστο. Για λόγους συνέχισης των υπολογισμών και εξ αιτίας της έλλειψης βιβλιογραφικών πηγών, το ποσοστό ορίζεται στο 1%.

- Παραγωγή Ενέργειας μέσω της παραγωγής Βιοαερίου

Αποτελεί την κύρια μορφή επεξεργασίας της λάσπης η οποία προέρχεται από τα περιττώματα και την άπεπτη τροφή που αποβάλλονται από τα ανακυκλώμενα συστήματα εκτροφής. Περιλαμβάνει την εφαρμογή αναερόβιας ζύμωσης μέσα σε σύγχρονους αντιδραστήρες και την μετατροπή σε μεθάνιο ποσότητας οργανικού άνθρακα μεγαλύτερης από το 90% της αρχικής. Για λόγους διατήρησης της αναερόβιας ζύμωσης σε υψηλά επίπεδα απόδοσης, ο λόγος C:N πρέπει να είναι στα βέλτιστα επίπεδα και αυτό συνήθως

επιτυγχάνεται με την συνεχή προσθήκη νωπής κοπριάς αγελάδας (Tai & Sowers. 2017).

Μιας και η απόδοση της ζύμωσης εξαρτάται και από την θερμοκρασία, η συνεχής έρευνα με διάφορες τεχνικές οι οποίες διαφοροποιούνται ως προς τα βακτήρια, την μορφή του αντιδραστήρα και το *Ph* ανέδειξαν εντυπωσιακά αποτελέσματα όπως αυτό της ερευνητικής ομάδας του Πανεπιστημίου του Maryland με Διεθνή αριθμό Δημοσίευσης WO 2008/131403A και κατοχυρωμένη πατέντα PCT/US2008/061219.

- Παραγωγή Ζωοτροφής από την επεξεργασία των θνησιμοτήτων.

Οι διαχείριση των θνησιμοτήτων αποτελεί ένα μεγάλο ζήτημα για την ιχθυοκαλλιέργεια την σημερινή εποχή. Οι θνησιμότητες αφαιρούν μέρος των κερδών της ιχθυοκαλλιέργειας και εξαιτίας των απωλειών βιομάζας αλλά και εξαιτίας των δαπανών για την συλλογή και επεξεργασία τους. Αποτέλεσμα της πίεσης για δαπάνες συλλογής και επεξεργασίας σε περιόδους που η Ελληνική Ιχθυοκαλλιέργεια αντιμετωπίζει συνεχή πίεση τιμών και απώλειες κεφαλαίων, έχει ως αποτέλεσμα την παραμέληση της συλλογής και τον συμβιβασμό στην επεξεργασία (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Οι θνησιμότητες που δεν έχουν αλλοιωμένα οργανοληπτικά χαρακτηριστικά, δεν έχουν προέλθει από ασθένεια, δεν έχουν αλλοιωθεί τα οργανοληπτικά τους χαρακτηριστικά και δεν έχουν υποστεί φαρμακευτική αγωγή, μπορούν να χρησιμοποιηθούν αλεσμένες ως συστατικά νωπών ζωοτροφών (χοίροι και γουνοφόρα) και για τροφή που προορίζεται για κατοικίδια ζώα. Επίσης, μπορούν να γίνουν άλευρο και να προστεθούν σε ζωοτροφές μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εδαφοβελτιωτικά μετά από διαδικασία κομποστοποίησης ή και να εξαχθούν – μέσω της διαδικασίας τήξης του λίπους (*rendering*) - τεχνικά έλαια για χρήση ως βερνίκια (Τζαρμάνης Ν., 2020) Η τελευταία λύση για αδρανοποίησή τους, είναι η καύση. Τα νεκρά ψάρια της σημερινής εκτροφής μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εδαφοβελτιωτικά ή να καούν. Τα νεκρά ψάρια που προέρχονται από ανακυκλούμενα συστήματα

RAS μπορούν να συλλεχθούν άμεσα με σκοπό να διατηρήσουν τα θρεπτικά τους συστατικά αναλλοίωτα (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Ενναλακτικές τεχνικές

- Το κολλαγόνο ως υλικό που παρασκευάζεται από τα απόβλητα των Ιχθυοκαλλιεργειών

Η αγορά θαλάσσιου κολλαγόνου εκτιμάται ότι θα φτάσει τα 983,84 εκατομμύρια δολάρια ΗΠΑ έως το 2025, αυξανόμενη με σύνθετο ετήσιο ρυθμό ανάπτυξης (CAGR) 7,4%. Η ανάπτυξη της αγοράς θαλάσσιου κολλαγόνου από απόβλητα ψαριών της ιχθυοκαλλιέργειας, οφείλεται στη χρήση του κολλαγόνου σε καλλυντικά, τρόφιμα και τα απόβλητα των ψαριών αποτελούν μία φθηνή και αποτελεσματική λύση για τη βιομηχανία (Tal, et al, 2009).

Το κολλαγόνο αποτελεί μια ομάδα ινωδών πρωτεϊνών και ανιχνεύονται κυρίως πολυκύτταρα ζώα. Έχουν αναφερθεί περίπου 30 διαφορετικοί τύποι κολλαγόνου σε ανώτερα μετόζωα, οι οποίοι ταξινομούνται ανάλογα με τις πρωτογενείς δομές και τις μορφές υπερμοριακής τους οργάνωσης. Είναι υπεύθυνο για βασικές λειτουργίες των οστών, των τενόντων αλλά και του δέρματος (Tal, et al, 2009). Παρουσιάζουν διαφορετικές ονομασίες σύμφωνα με το είδος του ιστού. Στους τένοντες και το δέρμα ονομάζονται ως ινοβλάστες, ενώ στο οστά ονομάζονται οστεοβλάστες.

Το δέρμα και τα οστά βοοειδών και χοίρων καθώς και τα απόβλητά τους είναι οι κύριες πηγές από τις οποίες προέρχεται το εμπορικό κολλαγόνο. Άλλες πηγές κολλαγόνου αποτελούν και διάφορα θαλάσσια ζώα όπως οι μέδουσες, οι σουπιές, τα εχινόδερμα, τα ψάρια και τα σφουγγάρια.

Η ύπαρξη του κολλαγόνου στους θαλάσσιους οργανισμούς έχει κάνει την ιχθυοκαλλιέργεια να στρέψει την προσοχή της σε αυτό. Τα απόβλητα που προέρχονται από την ιχθυοκαλλιέργεια θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν ως μια εναλλακτική και φθηνότερη πηγή για την δημιουργία κολλαγόνου. Το κολλαγόνο που παράγεται από τα ψάρια παρουσιάζει πολύ σημαντικές

ιδιότητες. Έχει πολύ αποτελεσματική απορρόφηση από το ανθρώπινο σώμα ενώ χαρακτηρίζεται και από υψηλότερη βιοδιαθεσιμότητα συγκριτικά με το κολλαγόνο που προέρχεται από βοοειδή και χοίρους (Τζαρμάνης Ν., 2020).

Δεν θα μπορούσε φυσικά να μην υπάρχουν μειονεκτήματα ως αναφορά το κολλαγόνο που παράγεται από τα ψάρια. Το κολλαγόνο που προέρχεται από θαλάσσιους οργανισμούς είναι πολύ ευαίσθητο και θα πρέπει οι βιομηχανίες να αναπτύξουν βιώσιμες και ακριβείς διαδικασίες εκχύλισης ώστε να μπορέσει το κολλαγόνο να είναι εμπορικά εκμεταλλεύσιμο.

Ωστόσο, το κολλαγόνο των ψαριών έχει μειονεκτήματα στο σημείο τήξης, τη μηχανική αντοχή, την εμβιομηχανική ακαμψία και τον υψηλό ρυθμό αποικοδόμησης. Ωστόσο, το κύριο πρόβλημα που σχετίζεται με τη χρήση του κολλαγόνου ψαριών είναι η ανάπτυξη μιας βιώσιμης διαδικασίας εκχύλισης για την εμπορική του εκμετάλλευση (Tal, et al, 2009).

Οι διαδικασίες με τις οποίες μπορούν τα απόβλητα των ψαριών να μετατραπούν σε κολλαγόνο είναι πολλές. Κυριότερη και αυτή που χρησιμοποιείτε περισσότερο είναι η εκχύλιση με οξύ. Η διαδικασία γίνεται με τη χρήση οξέων όπως το οξικό οξύ και το υδροχλωρικό οξύ τα οποία αυξάνουν κατακόρυφα τα επίπεδα αποτελεσματικότητας της διαδικασίας. Το προϊόν που δημιουργείται από αυτή τη διαδικασία ονομάζεται διαλυτό σε οξύ κολλαγόνο (ASC).

Από το κολλαγόνο μπορεί να παραχθεί και η ζελατίνη, άλλο ένα προϊόν που τα τελευταία χρόνια έχει μεγάλη αγοραστική και εμπορική αξία. Τόσο οι ιδιότητες του κολλαγόνου όσο και της ζελατίνης είναι μεγάλη για διάφορους τομείς και ειδικότερα στις βιομηχανίες καλλυντικών, φαρμακευτικών, βιοϋλικών, τροφίμων και διατροφικών προϊόντων.

- Καλλιέργεια Εντόμων προς παραγωγή Εντομάλευρου

Ίσως το πιο φιλόδοξο πλάνο για την διαχείριση των αποβλήτων στα συστήματα ιχθυοκαλλιέργειάς είναι αυτό στο οποίο τα απόβλητα θα μετατραπούν σε υπόστρωμα για την καλλιέργεια εντόμων. Η πρωτεΐνη προερχόμενη από τα έντομα θα έχει τη δυνατότητα με τις κατάλληλες

διεργασίες να χρησιμοποιείται σαν συστατικό για την παραγωγή τροφών που θα προορίζονται για τα ίδια τα συστήματα εκτροφής (Barroso et. al., 2014).

Η καλλιέργεια εντόμων σε έτοιμο υπόστρωμα με σκοπό την παραγωγή πρωτεΐνης με την μορφή εντομάλευρου είναι ήδη ένας από τους πιο αναπτυσσόμενους τομείς της διατροφής των ζώων με αρκετές από τις βιομηχανίες παραγωγής ιχθυοτροφών να έχουν στραφεί εκεί για την προμήθεια θρεπτικών αφού τα ζωικά άλευρα αποφεύγονται και τα ιχθυάλευρα γίνονται κάθε χρόνο και πιο ακριβά (Barroso et. al., 2014).

- Υπόστρωμα Καλλιέργειας Σκουληκιών για Δόλωμα Ψαρέματος

Αποτελεί μορφή πολυκαλλιεργειών, όπου τα απόβλητα ενός είδους αποτελούν πηγή θρεπτικών για κάποιο άλλο είδος, το οποίο με την σειρά του έχει θρεπτική ή και εμπορική αξία. Οι Wang et.al., (2019) μελέτησαν την θρεπτική αξία του πολύχαιτου *Hediste diversicolor*, ο οποίος καλλιεργήθηκε σε υπόστρωμα από περιττώματα και άπεπτη τροφή εκτροφής σολομού και έχει την δυνατότητα να χρησιμοποιηθεί είτε ως πρωτεϊνούχο συστατικό της τροφής του σολομού ή άλλου είδους εκτροφής είτε να πωληθεί ως έτοιμο δόλωμα ψαρέματος (Wang et.al., 2019).

Επίλογος – Συμπεράσματα

Σύμφωνα με όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, θα λέγαμε πως τα απόβλητα ψαριών δεν αποτελούν μόνο μείζον περιβαλλοντικό πρόβλημα, αλλά και τεράστια οικονομική απώλεια. Για το λόγο αυτό, απαιτείται καλύτερη διαχείριση των απορριμμάτων ψαριών για να ξεπεραστούν αυτά τα σημαντικά ζητήματα.

Ως εκ τούτου, σήμερα, η ανάπτυξη μιας βιώσιμης διαχείρισης αποβλήτων που προέρχεται από την εκτροφή ψαριών ή άλλων υδρόβιων οργανισμών διαδραματίζει βασικό ρόλο, καθώς συνδέεται στενά με την οδηγία πλαίσιο αναφορικά με την διαχείριση των αποβλήτων, η οποία θέτει ως στόχο πρόληψη της δημιουργίας αποβλήτων σε σημείο που να είναι μηδαμικά και στην επεξεργασία των αποβλήτων που παράγονται με σκοπό τη χρήση του ως επαναχρησιμοποιούμενο πόρο. Με αυτόν τον τρόπο, η στροφή στη χρήση των αποβλήτων θα μπορούσε να συμβάλει στην ανάπτυξη προϊόντων υψηλής εμπορικής αξίας και κατά συνέπεια στην οικονομική ανάπτυξη των επιχειρήσεων της ιχθυοκαλλιέργειας.

Η ανασκόπηση απεικονίζει αναλυτικά τα προϊόντα που μπορούν να ληφθούν από τις απορρίψεις ψαριών και τα υποπροϊόντα τους, υπογραμμίζοντας πώς αυτά τα απόβλητα έχουν την δυνατότητα να γίνουν τεράστια πηγή για την παραγωγή προϊόντων προστιθέμενης αξίας (π.χ. πεπτίδια, πρωτεΐνες, κολλαγόνο, χιτίνη, λάδι και ένζυμα) με πολλές πιθανές εφαρμογές.

Το φάσμα των εφαρμογών για όλες τα προϊόντα που προέρχονται από την επεξεργασία των αποβλήτων / απορριμμάτων των ψαριών είναι πολύ ευρύ, καλύπτοντας τους τομείς της ιατρικής, της φαρμακευτικής και άλλων. Λαμβάνοντας υπόψη την κλίμακα της ζήτησης για θαλασσινά παγκοσμίως, η χρήση των αποβλήτων / απορριμμάτων των ψαριών ως πηγή προϊόντων υψηλής αξίας είναι μια εξαιρετική στρατηγική ανάκτησης κόστους, ειδικά στην ιστορική περίοδο που βιώνουμε.

Μεταξύ πολλών κοινωνικών και οικονομικών πεδίων, η πανδημία έχει επηρεάσει και τα τρέχοντα συστήματα τροφίμων, με βάση ένα γραμμικό και παγκοσμιοποιημένο μοντέλο παραγωγής και κατανάλωσης. Αυτό υπογραμμίζει την ανάγκη ενός νέου οικονομικού μοντέλου που θα

επικεντρώνεται στην κοινωνική ευημερία και την περιβαλλοντική βιωσιμότητα στον πυρήνα της οικονομικής ανάκαμψης της ΕΕ. Η κυκλική οικονομία θεωρείται πλέον βασικό στοιχείο του σχεδίου ανάκαμψης [301] και σε αυτό το πλαίσιο, στο παρόν, παρουσιάζουμε την πιθανή συγκεκριμενοποίηση αυτού του είδους οικονομικού μοντέλου στον τομέα των θαλάσσιων πόρων και των αλιευτικών προϊόντων.

Βιβλιογραφία

Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

Alabaster, J.S. (1982) *A survey of fish farm effluents in some EIFAC Countries*. Silkeborg, Denmark, 26-28 May 1981. European Inland Fisheries Advisory Commission, Technical paper No.41:5-20.

Baker, R.T., Smith-Lemmon, L.L., and Cousins, B. (2001) *Phytase Unlocks Plant Potential in Aquafeeds*. Global Aquaculture Advocate: Vol. 4, Issue 2, April 2001

Barroso, F. G., de Haro, C., Sánchez-Muros, M. J., Venegas, E., Martínez-Sánchez, A., & Pérez-Bañón, C. (2014). "The potential of various insect species for use as food for fish." *Aquaculture*, 422–423, 193–201.

Bender, T.R., Lukens, W.B., and Ricker, D.C. (1999) *Pennsylvania Fish and Boat Commission*, Benner Spring Fish Research Station, 1225 Shiloh Road, State College, PA

Boardman, G. D., Maillard, V., Nyland, J., Flick, G., and Libey, G. S. (1998) Final Report: *The Characterization, Treatment and Improvement of Aquacultural Effluents*. Departments of Civil and Environmental Engineering, Food Science and Technology, and Fisheries and Wildlife Sciences. VPI and SU Blacksburg, VA 24061

Burrows, R. and Chenoweth, H. (1970) *Evaluation of three types of rearing ponds*. Research Report 39, U.S. Dept. of Interior, Fish and Wildlife Service, Washington, D.C.

Chen, S., Timmons, M. B., Aneshansley, D. J., and Bisogni, Jr., J. J., 1993. *Suspended solids characteristics from recirculating aquacultural systems and design implications*. *Aquaculture*, 112, 143-155.

Environmental Protection Agency – Office of Research and Development – Manual: *Constructed Wetlands Treatment of Municipal Wastewaters*, EPA/625/R-99/010; September 2000

Ewart, J. W., Hankins, J.A., and Bullock, D. (1995) *State Policies for Aquaculture Effluents and Solid Wastes in the Northeast Region*. Bulletin No. 300 Northeast Regional Aquaculture Center, Univ. of Massachusetts, Dartmouth, North Dartmouth, MA

Hammer, D. A. 1993. *Designing Constructed Wetlands Systems to Treat Agricultural Nonpoint Source Pollution*. Pages 71-111 in Olson, R. K. (ed.). *Created and Natural Wetlands for Controlling Nonpoint Source Pollution*. U. S. Environmental Protection Agency, Washington, D.C.

Hammer, D.A., and R. K. Bastian. 1989. *Wetlands Ecosystems: Natural Water Purifiers?* Pages 5-19 in Hammer, D. A. (ed.). *Constructed Wetlands for*

Wastewater Treatment - Municipal, Industrial and Agricultural. Lewis Publishers, Chelsea, Michigan.

Hardy, R.W. (1999) *Aquaculture Magazine*, Vol. 25, No. 2, pp. 80-83

Hulbert, P.J. (2000) *Phosphorus Reduction at Adirondack Hatchery: Is the end in sight?* Proceedings: Third East Coast Trout Management and Culture Workshop, June 6-8, Frostburg State University, Frostburg, MD

Hossain MS, Santhanam A, Norulaini NN, Omar AM. Clinical solid waste management practices and its impact on human health and environment–A review. *Waste Manag.* (2011) 31:754–66

Jackson, L.S., Li, M.H., and Robinson, E.H. (1996) *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 27, No. 3, pp. 309- 313

Lenas, D. S., Triantafillou, D. J., Chatziantoniou, S., & Nathanailides, C. (2011). "Fatty acid profile of wild and farmed gilthead sea bream (*Sparus aurata*)". *Journal Für Verbraucherschutz Und Lebensmittelsicherheit*, 6(4), 435-440. doi:10.1007/s00003- 011-0695-2

Lester J (2006), *Description of Filamentous Bacteria Present in Industrial Activated Biological Processes I*. Imperial College. London

Lindfred L., & Nordled I., (2017), *Investigating the move towards circular economy for consumer and retail companies. How PLM support circular business companies?*, Master's thesis in the Master's Program Management and Economics of Innovation, CHALMERS UNIVERSITY OF TECHNOLOGY, Sweden, p. 26-39

Mathieu, F. and Timmons, M. B. (1995) *Techniques for Modern Aquaculture*.

McDonough W., & Braungart M., (2008), *3 Remaking the way we make things: creating a new definition of quality with cradle-to-cradle design.*, The international handbook on environmental technology management, 33, p.25-42

J. K. Wang (ed.), American Society of Agricultural Engineers, St. Joseph, MI *National Small Flows Clearinghouse Constructed Wetlands and Aquatic Plant Systems for Municipal Wastewater Treatment*. Design Module Number 38

Negrone, Gianluigi (2000) Management optimization and sustainable technologies for the treatment and disposal / reuse of fish farm effluent with emphasis on constructed wetlands. *World Aquaculture* Vol.31 No.3, pp. 16-19

Papatryphon, E.; Howell, R.A.; and Soares, J.H. (1999) *Journal of the World Aquaculture Society*, Vol. 30, No. 2, pp. 161-173

Posadas, B.C. and LaSalle, M.W. (1997) Use of Constructed Wetlands to Improve Water Quality in Finfish Pond Culture Coastal Research and Extension Center Mississippi Agricultural and Forestry Experiment Station, Mississippi State University 2710 Beach Boulevard, Suite 1-E, Biloxi, Mississippi 39531

- Rakocy, J. (1999) *The Status of Aquaponics*, Part 2, *Aquaculture Magazine*, Vol. 25, No. 5, pp. 64-70
- Reed, S. C., Crites, R. W. and Middlebrooks, E. J. (1995) *Natural Systems for Waste Management and Treatment*, 2ed edition, McGraw-Hill, Inc., New York
- Rodehutsord, M. and Pfeffer, E. (1995) *Effects of supplemental microbial phytase on phosphorus digestibility and utilization in rainbow trout*. *Water Science and Technology*, 31 (10): 141-147
- Smearman, S.C., D'Souza, G.E. and Norton, V.J. (1997) *Environmental and Resource Economics* 10: pp. 167-175 Summerfelt, S.T. and Timmons, M.B. (2000)
- Hydrodynamics in the "Cornell-Type" Dual-Drain Tank, Third International Conference of Recirculating Aquaculture, July 19-21, 2000 Roanoke, VA
- Summerfelt, S.T., Alder, P.R., Glenn, D.M., and Kretschmann, R.N. (1996) 5th *International Conference on Wetland Systems for Water Pollution Control*, Vienna
- Tal, Y., and Sowers, K.R., (2017), "Conversion of fish waste from marine, brackish and freshwater aquaculture systems to methane by a modified UASB reactor". US9.637.402. Granted to University of Maryland
- Wang, H., Seekamp, I., Malzahn, A., Hagemann, A., Carvajal, A. K., Slizyte, R., Reitan, K. I. (2019). "Growth and nutritional composition of the polychaete *Hediste diversicolor* (OF Müller, 1776) cultivated on waste from land-based salmon smolt aquaculture". *Aquaculture*, 502, 232-241. doi:10.1016/j.aquaculture.2018.12.047
- Wong, K.B. and Piedrahita, R.H. (2001) *Enhanced solids removal for aquacultural raceways*. *Aquaculture 2001 Mtg.* Jan. 21-25, 2001 Lake Buena Vista, FL
- Νουτσόπουλος Κ., Μαμάης Δ., (2006) *Προχωρημένες Μέθοδοι Επεξεργασία Υγρών Αποβλήτων – Καθαρισιμότητα Ιλύος*. ΕΜΠ. Αθήνα

Διαδικτυακή Αρθρογραφία

- Abeyasinghe, D. H., Shanableh, A., & Rigden, B. (1996). *Biofilters for water reuse in aquaculture*. *Water Science and Technology*, 34, 253–260.
- Ajadi, A., Sabri, M. Y., Dauda, A. B., Ina-Salwany, M. Y., & Hasliza, A. H. (2016). *Immunoprophylaxis: A better alternative protective measure against shrimp vibriosis—a review*. *PJSSR*, 2(2), 58–69.
- Ajani, E. K., Akinwale, A. O., & Ayodele, I. A. (2011). *Fundamentals of fish farming in Nigeria*. *Nigeria: Walecrown publishers Ibadan*.

- Akinwole, A. O., Bankole, A. F., Dauda, A. B., & Ayanlere, S. V. (2014). *Fish farming facilities, and operation in Ibarapa area of Oyo State*. EIJAST, 1(2), 85–94.
- Akinwole, A. O., Dauda, A. B., & Ololade, A. O. (2016). *Haematological response of *Clarias gariepinus* juveniles reared in treated wastewater after waste solids removal using alum or *Moringa oleifera* seed powder*. International Journal of Acarology, 6(11), 1–8.
- Ampofo, J. A., & Clerk, G. C. (2003). *Bacterial flora of fish feeds and organic fertilizers for fish culture ponds in Ghana*. Aquaculture Research, 34(8), 677–680.
- Ansah, Y. B. (2010). *Characterization of pond effluents and biological and physicochemical assessment of receiving waters in Ghana*. MSc thesis USA: Virginia polytechnic institute and state University.
- Avnimelech, Y. (2012). *Biofloc technology — a practical guide book* (2nd ed.). Baton Rouge, Louisiana, United States: The World Aquaculture Society.
- Avnimelech, Y., & Lacher, M. (1979). *A tentative nutrient balance for fish ponds*. Israeli Journal of Aquaculture Bamidgah, 31, 3–8.
- Baker, R. T., Smith-Lemmon, L. L., & Cousins, B. (2001). *Phytase unlocks plant potential in aquafeeds*. Global Aquaculture Advocate, 4(Issue 2) April 2001.
- Bender, J., Lee, R., Sheppard, M., Brinkley, K., Philips, P., Yeboah, Y., et al. (2004). *A waste effluent treatment system based on microbial mats for black sea bass *Centropristis striata* recycled water mariculture*. Aquacultural Engineering, 31(1–2), 73–82.
- Bergheim, A., & Asgard, T. (1996). *Waste production in aquaculture*. In D. J. Baird, M. C.
- M. Beveridge, L. A. Kelly, & J. F. Muir (Eds.). *Aquaculture and water resource management* (pp. 50–80). Oxford: Blackwell Science.
- Beveridge, M. C. M., Phillips, M. J., & Clarke, R. M. (1991). *A quantitative and qualitative assessment of wastes from aquatic animal production*. In D. E. Brune, & J. R. Tomasso (Eds.). *Aquaculture and water quality* (pp. 506–533). Baton Rouge, LA: World Aquaculture Society.
- Biswas, G., Jena, J. K., Singh, S. K., & Muduli, H. K. (2006). *Effect of feeding frequency on growth, survival and feed utilization in fingerlings of *Catla catla* (Hamilton), *Labeo rohita* (Hamilton) and *Cirrhinus* (Hamilton) in outdoor rearing systems*. Aquaculture Research, 37, 410–414.
- Blancheton, J. P., Piedrahita, R., Eding, E. H., Lemarie, G., Bergheim, A., Fivelstad, S., et al. (2007). *Intensification of landbased aquaculture production in single pass and reuse systems*. Aquacultural engineering and environment (pp. 21–47).

- Bossier, P., & Ekasari, J. (2017). *Biofloc technology application in aquaculture to support sustainable development goals*. *Microb Biotechnol*, 10, 1012–1016.
- Boyd, C. E. (1985). *Chemical budgets for channel catfish ponds*. *Transactions of the American Fisheries Society*, 11, 291–298.
- Boyd, C. E. (2003). *Guidelines for aquaculture effluent management at the farm-level*. *Aquaculture*, 226, 101–112.
- Boyd, C. E., & Massaut, L. (1999). *Risks associated with the use of chemicals in pond aquaculture*. *Aquacultural Engineering*, 20, 113–132.
- Boyd, C. E., & McNevin, A. A. (2015). *Chemical in aquaculture. Aquaculture, resource use, and the environment* (pp. 172–210). (1st ed.). John Wiley & Sons, Inc.
- Boyd, C. E., Queiroz, J., Lee, J., Rowan, M., Whitis, G. N., & Gross, A. (2000). *Environmental assessment of channel catfish, *Ictalurus punctatus*, farming in Alabama*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 31(4), 511–544.
- Bureau, D. P., & Cho, C. Y. (1999). *Phosphorus utilization by rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*): Estimation of dissolved phosphorus waste output*. *Aquaculture*, 179, 127–140.
- Buschmann, A. H., Riquelme, V. A., Hernández-González, M. C., Varela, D., Jiménez, J. E., Henríquez, L. A., et al. (2006). *A review of the impacts of salmonid farming on marine coastal ecosystems in the southeast Pacific*. *ICES Journal of Marine Science*, 63(7), 1338–1345.
- Costello, M. J., Grant, A., Davies, I. M., Cecchini, S., Papoutsoglou, S., Quigley, D., et al. (2001). *The control of chemicals used in aquaculture in Europe*. *Journal of Applied Ichthyology*, 17(4), 173–180.
- Crab, R., Avnimelech, Y., & Defoirdt, T. (2007). *Nitrogen removal techniques in aquaculture for a sustainable production*. *Aquaculture*, 270, 1–14.
- Crab, R., Defoirdt, T., Bossier, P., & Verstraete, W. (2012). *Biofloc technology in aqua-culture: Beneficial effects and future challenges*. *Aquaculture*, 356, 351–356.
- Cripps, S. J., & Bergheim, A. (2000). *Solids management and removal for intensive land-based aquaculture production systems*. *Aquacultural Engineering*, 22, 33–56.
- d'Orbcastel, E. R., Blancheton, J.-P., & Aubin, J. (2009). *Towards environmentally sustainable aquaculture: Comparison between two trout farming systems using Life Cycle assessment*. *Aquacultural Engineering*, 40(3), 113–119.
- Dauda, A. B., & Akinwole, A. O. (2014). *Interrelationships among water quality parameters in recirculating aquaculture system*. *NJRED*, 8(4), 20–25.

- Dauda, A. B., & Akinwole, A. O. (2015). *Evaluation of polypropylene and palm kernelshell as biofilter media for denitrification of fish culture wastewater*. NSUK JST, 5, 207–213.
- Dauda, A. B., Akinwole, A. O., & Olatinwo, L. K. (2014). *Biodenitrification of aquaculture wastewater at different drying times in water reuse system*. JAFT, 4(2), 6–12.
- Dauda, A. B., Folorunso, L. A., & Dasuki, A. (2013). *Use of probiotics for sustainable aquaculture production in Nigeria*. JASR, 13(2), 35–45.
- Dauda, A. B., Ibrahim, H. I., Bichi, A. H., & Tola-Fabunmi, A. S. (2017a). *Assessment of fish farming practices, operations, water resource management and profitability in Katsina state, Nigeria*. Journal of Northeast Agricultural University, 24(4), 89–96.
- Dauda, A. B., Romano, N., Ebrahimi, M., Karim, M., Natrah, I., Kamarudin, M. S., et al. (2017b). *Different carbon sources affected biofloc volume, water quality and the survival and physiology of African Catfish *Clarias gariepinus* fingerlings reared in intensive biofloc technology system*. Fisheries Science, 83, 1037–1048.
- Dauda, A. B., Romano, N., Ebrahimi, M., Teh, J. C., Ajadi, A., Chong, C. M., et al. (2018). *Influence of carbon/nitrogen ratios on biofloc production and biochemical composition and subsequent effects on the growth, physiological status and disease resistance of African catfish (*Clarias gariepinus*) cultured in glycerol-based biofloc system*. Aquaculture, 483, 120–130.
- Ebeling, J. M., & Timmons, M. B. (2012). *Recirculating aquaculture systems*. In J. H. Tidwell (Ed.). Aquaculture production systems (pp. 245–278). A publication of World Aquaculture Society. John Willey & Sons, Inc.
- Ekasari, J., Crab, R., & Verstraete, W. (2010). *Primary nutritional content of bio-flocs cultured with different organic carbon sources and salinity*. HAYATI J Biosci, 17(3), 125–130.
- Emerenciano, M., Gaxiola, G., & Cuzon, G. (2013). *Biofloc technology (BFT): A review for aquaculture application and animal food industry. Biomass now – cultivation and utilization* (pp. 1–28). INTECH. <https://doi.org/10.5772/53902>.
- FAO (2016). *The state of world fisheries and aquaculture-contributing to food security and nutrition for all. Fisheries and aquaculture department*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- FAO (Food and Agriculture Organisation) (2009). *National aquaculture sector overview: Ghana*. FAO fisheries and aquaculture Department. Rome. Italy.
- Gaona, C. A. P., Almeida, M. S., Viau, V., Poersch, L. H., & Wasielesky, W. (2017). *Effect of different total suspended solids levels on a *Litopenaeus vannamei* (Boone, 1931) BFT culture system during biofloc formation*. Aquaculture Research, 48(3), 1070–1079.

Godfray, C. H. J., Beddington, J. R., Crute, I. R., Haddad, L., Lawrence, D., Muir, J. F., et al. (2010). *Food security: The challenge of feeding 9 billion people*. *Science*, 327, 812–818.

Goldburg, R., & Triplett, T. (1997). *Murky waters: Environmental effects of aquaculture in the United States*. Washington, DC: Environmental Defense Fund.

Good, C., Davidson, J., Welsh, C., Brazil, B., Snekvik, K., & Summerfelt, S. (2009). *The impact of water exchange rate on the health and performance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss* in water recirculation aquaculture systems*. *Aquaculture*, 294(1–2), 80–85.

Hakanson, L. (1988). *Basic concepts concerning assessments of environmental effects of marine fish farms*. Copenhagen: Nordic Council of Ministers.

Hardy, R. W. (2010). *Utilization of plant proteins in fish diets effects of global demand and supplies of fishmeal*. *Aquaculture Research*, 41, 770–776.

Hargreaves, J. A. (2006). *Photosynthetic suspended-growth systems in aquaculture*. *Aquacultural Engineering*, 34, 344–363.

Henriksson, P. J. G., Belton, B., Murshed-e-Jahan, K., & Rico, A. (2018). *Measuring the potential for sustainable intensification of aquaculture in Bangladesh using life cycle assessment*. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. www.pnas.org/cgi/doi/10.1073/pnas.1716530115.

Holby, O., & Hall, P. O. J. (1994). *Chemical fluxes and mass balances in a marine fish cage farm*. III. Silicon. *Aquaculture*, 120(3–4), 305–318.

Johnsen, F., Hillestad, M., & Austreng, E. (1993). *High energy diets for Atlantic salmon*.

Kaushik S. J. & P. Luquet (Eds.). *Fish nutrition in practice* (pp. 391–401). Effect on pollution. Paris: INRA.

Kamstra, A., Van Der Heul, J. W., & Nijhof, M. (1998). *Performance and optimisation of trickling filters on eel farms*. *Aquacultural Engineering*, 17, 175–192.

Krom, M. D., Ellner, S., van Rijn, J., & Neori, A. (1995). *Nitrogen and phosphorus Cycling and transformations in a prototype “non-polluting” integrated mariculture system*. Eilat, Israel. *Marine Ecology Progress Series*, 118, 25–36.

Kumar, S., Anand, P. S. S., De, D., Deo, A. D., Ghoshal, T. K., Sundaray, J. K., et al. (2017). *Effects of biofloc under different carbon sources and protein levels on water quality, growth performance and immune responses in black tiger shrimp *Penaeus monodon**. *Aquaculture Research*, 48, 1168–1182.

- Lazzari, R., & Baldisserotto, B. (2008). *Nitrogen and phosphorus waste in fish farming*, Vol. 34, Boletim do Instituto de Pesca 591–600.
- Lemarie, G., Martin, J. L. M., Dutto, G., & Garidou, C. (1998). *Nitrogenous and phosphorous waste production in a flow-through land-based farm of European seabass (*Dicentrarchus zuber*)*. *Aquatic Living Resources*, 11(4), 247–254.
- Luo, G., Gao, Q., Wang, C., Liu, W., Sun, D., Li, L., et al. (2014). *Growth, digestive activity, welfare and partial cost-effectiveness of genetically improved farmed tilapia (*Oreochromis niloticus*) in recirculating aquaculture system and an indoor biofloc systems*. *Aquaculture*, 422–423, 1–7.
- Malone, R. F., & Pfeiffer, T. J. (2006). *Rating fixed film nitrifying biofilters used in recirculating aquaculture systems*. *Aquacultural Engineering*, 34, 389–402.
- Martins, C. I. M., Eding, E. H., Verdegem, M. C. J., Heinsbroek, L. T. N., Schneider, O., Blancheton, J. P., et al. (2010). *New developments in recirculating aquaculture systems in Europe: A perspective on environmental sustainability*. *Aquacultural Engineering*, 43(3), 83–93.
- Martins, C. I. M., Ochola, D., Ende, S. S. W., Eding, E. H., & Verreth, J. A. J. (2009). *Is growth retardation present in Nile tilapia *Oreochromis niloticus* cultured in low water exchange recirculating aquaculture systems*. *Aquaculture*, 291, 65–73.
- Miller, D., & Semmens, K. (2002). *Waste management in aquaculture*. *Aquaculture Information Series 1–10 #AQ02-1* (January).
- Orisasona, O., & Ajani, E. K. (2015). *The growth and mineral utilization of *Clarias gariepinus* fingerlings fed phytase-supplemented toasted lima bean (*Phaseolus lunatus*) diets*. *Journal of Aquaculture Research & Development*, 361.
- Papatryphon, E., Howell, R. A., & Soares, J. H. (1999). *Growth and mineral absorption by striped bass *Morone saxatilis* fed a plant feedstuff based diet supplemented with phytase*. *Journal of the World Aquaculture Society*, 30(2), 161–173.
- Patterson, R. N., Watts, K. C., & Timmons, M. B. (1999). *The power of law in particle size analysis for aquacultural facilities*. *Aquacultural Engineering*, 19, 259–273.
- Pedersen, P. B., Svendsen, L. M., Sortkjær, O., Ovesen, N. B., Skriver, J., Larsen, S. E., et al. (2008). *Environmental benefits achieved by applying recirculation technology at Danish trout farms (Model trout farm)*. *Proceedings of the aquacultural engineering society's fourth Issues forum* (pp. 139).
- Piedrahita, R. H. (2003). *Reducing the potential environmental impact of tank aqua-culture effluents through intensification and recirculation*. *Aquaculture*, 226, 35–44.

- Pillay, T. V. R. (1992). *Aquaculture and the environment*. New York: Wiley.
- Porter, C. P., Krom, M. D., Robbins, M. G., Bricknell, L., & Davidson, A. (1987). *Ammonia excretion and total N budget for gilthead seabream *Sparus aurata* in marine fish-ponds and its effect on water quality conditions*. *Aquaculture*, 66(3–4), 287–297.
- Rakocy, J. E., Bailey, D. S., Thoman, E. S., & Shultz, R. C. (2004). *Intensive tank culture of tilapia with a suspended, bacterial-based treatment process*. in: *New dimensions in farmed tilapia*. In R. B. Bolivar (Ed.). *Proceedings of the 6th international symposium on Tilapia in aquaculture*, Manila, Philippines (pp. 584–596).
- Read, P., & Fernandes, T. (2003). *Management of environmental impacts of marine aquaculture in Europe*. *Aquaculture*, 226, 139–163.
- van Rijn, J. (1996). *The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture-A review*. *Aquaculture*, 139, 18–201.
- van Rijn, J., Tal, Y., & Schreier, H. J. (2006). *Denitrification in recirculating systems: Theory and applications*. *Aquacultural Engineering*, 34(3), 364–376.
- Rodehutsord, M., & Pfeffer, E. (1995). *Effects of supplemental microbial phytase on phosphorus digestibility and utilization in rainbow trout*. *Water Science and Technology*, 31(10), 141–147.
- Romano, N., & Zeng, C. (2013). *Toxic effects of ammonia, nitrite, and nitrate to decapod crustaceans: A review on factors influencing their toxicity, physiological consequences, and coping mechanisms*. *Reviews in Fisheries Science*, 21(1), 1–21.
- Schneider, O., Blancheton, J. P., Varadi, L., Eding, E. H., & Verreth, J. A. J. (2006). *Cost price and production strategies in european recirculation systems*. *Linking Tradition and Technology Highest Quality for the Consumer*. Firenze, Italy: WAS.
- Schram, E., Person-Le Ruyet, J., Blancheton, J. P., Vinçon, B., Verniau, B., Jansen, J., et al. (2009). *Long-term effects of water refreshment rate on turbot growth. "new research frontiers", novel approaches for evolving needs*, Trondheim, Norway. EAS.
- Sgnaulin, T., Lemos de Mello, G., Cristina Thomas, M., Ramon Esquivel Garcia, J., Rodriguez Montes de Oca, G., & Gustavo Coelho Emerenciano, M. (2018). *Biofloc technology (BFT): An alternative aquaculture system for piracanjuba *Brycon or-bignyanus* ?* *Aquaculture*, 485, 119–123.
- Siddiqui, A. B., & Al-Harbi, A. H. (1999). *Nutrient budgets in tanks with different stocking densities of hybrid tilapia*. *Aquaculture*, 170, 245–252.
- Singh, S., Ebeling, J. M., & Wheaton, F. (1999). *Water quality trials in four recirculating aquaculture system configurations*. *Aquacultural Engineering*, 20, 75–84.

Stephens, W. W., & Farris, J. L. (2004). *A biomonitoring approach to aquaculture effluent characterization in channel catfish fingerling production*. *Aquaculture*, 241, 319–330.

Sugiura, S. H., Raboy, V., Young, K. A., Dong, F. M., & Hardy, R. W. (1999). *Availability of phosphorus and trace elements in low-phytate varieties of barley and corn for rainbow trout (*Oncorhynchus mykiss*)*. *Aquaculture*, 170, 285–296.

Summerfelt, S. T., Sharrer, M. J., Tsukuda, S. M., & Gearheart, M. (2009). *Process requirements for achieving full-flow disinfection of recirculating water using ozonation and UV irradiation*. *Aquacultural Engineering*, 40, 17–27.

Summerfelt, S. T., & Timmons, M. B. (2000). *Hydrodynamics in the "Cornell-Type" dual-drain tank*. *Third international conference of recirculating aquaculture*, July 19-21, 2000 Roanoke, VA.

Suzuki, Y., Maruyama, T., Numata, H., Sato, H., & Asakawa, M. (2003). *Performance of a closed recirculating system with foam separation, nitrification and denitrification units for intensive culture of eel: Towards zero emission*. *Aquacultural Engineering*, 29, 165–182.

Tal, Y., Schreier, H. J., Sowers, K. R., Stubblefield, J. D., Place, A. R., & Zohar, Y. (2009). *Environmentally sustainable land-based marine aquaculture*. *Aquaculture*, 286, 28–35.

Teichert-Coddington, D. R., Rouse, D. B., Potts, A., & Boyd, C. E. (1999). *Treatment of harvest discharge from intensive shrimp ponds by settling*. *Aquacultural Engineering*, 19, 147–161.

Timmons, M. B., Ebeling, J. M., Wheaton, F. W., Summerfelt, S. T., & Vinci, B. J. (2002). *Recirculating aquaculture systems* (2nd ed.). Ithaca, NY 14850, USA: Cayuga Aqua Ventures.

Timmons, M. B., & Lørsodo, T. M. (1994). *Aquaculture water reuse systems, engineering design and management*. New York, USA: Elsevier science B.V.

Timmons, M. B., & Summerfelt, S. T. (1997). *Advances in circular culture tanks engineering hydraulics, solids removal and fish management. Recent advances in aqua-cultural engineering*. Ithaca, New York: North east regional Agricultural Engineering.

Tucker, C. S., Hargreaves, J. A., & Boyd, C. E. (2001). *Management of effluents from catfish ponds*. West Virginia: Aquacultural Engineering Society Issues Forum, Shepardstown.

Turcios, A. E., & Papenbrock, J. (2014). *Sustainable treatment of aquaculture effluents-what can we learn from the past for the future*. *Sustainability*, 6, 836–856.

Ελληνική βιβλιογραφία

Τζαρμάνης Ν., (2020). «Μοντέλο ολικής αξιοποίησης αποβλήτων προερχόμενων από κλειστό σύστημα εκτροφής (Recirculating aquaculture system RAS), του είδους *Sparous aurata*, ετήσιας παραγωγής δυναμικότητας 20000 MT. Μελέτη περίπτωσης στο πλαίσιο της ελληνικής κυκλικής οικονομίας και αειφόρου ανάπτυξης», Διπλωματική εργασία, 72-89

Γαλυφά Μ. & Μπάτση Θ (2018)., «Εφαρμογές αρχών κυκλικής οικονομίας στα ενεργειακά έργα. Δυνατότητες και περιορισμοί.», Διπλωματική εργασία, 24-26

Διαδικτυακή βιβλιογραφία

<https://www.europarl.europa.eu/portal/el>

<https://ec.europa.eu/eurostat>

<https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EL/TXT/PDF/?uri=CELEX:52023DC0306>

<https://ypen.gov.gr/perivallon/kykliki-oikonomia/>