

Contents

Σύντομη περιγραφή	2
Στόχοι Ενότητας	2
Μαθησιακά αποτελέσματα	2
Προαπαιτούμενα (αν υπάρχουν).....	2
Διάρκεια	2
3. Οικοσυστημικές υπηρεσίες, περιβαλλοντική παρακολούθηση, διαχείριση κινδύνων και ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή.....	3
3.1 Οικοσυστημικές υπηρεσίες: ορισμός, τυπολογία και πολιτική της ΕΕ στον τομέα.....	3
3.1.1 Κατανόηση: Οικοσυστημικές υπηρεσίες.....	3
3.1.2 Κατανόηση του θετικού αντίκτυπου που έχουν οι οικοσυστημικές υπηρεσίες στο θαλάσσιο περιβάλλον	6
3.1.3 Κατανόηση των στρατηγικών κατευθυντήριων γραμμών της ΕΕ για την υδατοκαλλιέργεια (2021-2030)	7
3.2 Επιπτώσεις της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων: ανάλυση του αποτυπώματος άνθρακα και αξιολόγηση του κύκλου ζωής	8
3.2.1 Κατανόηση των πιθανών επιπτώσεων της καλλιέργειας δίθυρων μαλακίων και του τρόπου μετριασμού αυτών των πιθανών επιπτώσεων	8
3.2.2 Καλύτερη κατανόηση του αποτυπώματος άνθρακα και της LCA.....	9
3.3 Αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή δίθυρων	12
3.3.1 Κατανόηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα συστήματα υδατοκαλλιέργειας (θερμοκρασία, αλλαγές στην αλατότητα, εξάντληση του οξυγόνου, ακραία καιρικά φαινόμενα)	13
3.3.2 Λύσεις κατά των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων.....	14
3.4 Κατανόηση των διαφόρων στρατηγικών σε επίπεδο εκμετάλλευσης για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και τον μετριασμό της, συμπεριλαμβανομένης της επιλογής ειδών και των τεχνολογικών καινοτομιών	15
3.4.1 Κατανόηση του τρόπου αντιμετώπισης των ζημιών που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων (μεταφορά προϊόντων, επιλογή γονότυπων ή ειδών πιο ανθεκτικών στη θερμοκρασία, πολυκαλλιέργεια για την αποφυγή απώλειας προϊόντων)	15
3.4.2 Αναγνώριση του ρόλου των τεχνολογικών καινοτομιών (αισθητήρες ελέγχου της ποιότητας του νερού) στην προσαρμογή και τον μετριασμό	17
3.4.3 Κατανόηση των πολιτικών, των πιστοποιήσεων και των βέλτιστων πρακτικών που προωθούν την κλιματικά έξυπνη υδατοκαλλιέργεια (πρότυπα FAO, GAA και ASC).....	18

Σύντομη περιγραφή

Στην ενότητα 2 αναλύεται ο στρατηγικός ρόλος της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων σε σχέση με το περιβάλλον, με ιδιαίτερη έμφαση στις προκλήσεις που θέτει η κλιματική αλλαγή. Η ενότητα παρουσιάζει τις οικοσυστημικές υπηρεσίες, επεξηγώντας τον ορισμό τους, τα κύρια είδη και την αναγνώρισή τους στο πλαίσιο των πολιτικών της ΕΕ, επισημαίνοντας την περιβαλλοντική και οικονομική αξία που δημιουργούν αυτές οι υπηρεσίες. Επίσης, θα εξεταστεί διεξοδικά ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μέσω εργαλείων ανάλυσης, όπως το αποτύπωμα άνθρακα και η αξιολόγηση του κύκλου ζωής, επισημαίνοντας τους λόγους για τους οποίους αυτή η μορφή υδατοκαλλιέργειας θεωρείται μία από τις πιο βιώσιμες. Μεγάλο μέρος της ενότητας είναι αφιερωμένο στην αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής όσον αφορά την παραγωγή δίθυρων μαλακίων και την ανάλυση των κύριων στρατηγικών προσαρμογής και μετριασμού προς υιοθέτηση, όπως η επιλογή ειδών και η τεχνολογική καινοτομία.

Στόχοι Ενότητας

- Οικοσυστημικές υπηρεσίες: ορισμός, τυπολογία και πολιτική της ΕΕ επί του θέματος.
- Περιβαλλοντικός αντίκτυπος της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων: ανάλυση του αποτυπώματος άνθρακα και αξιολόγηση του κύκλου ζωής.
- Αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή δίθυρων μαλακίων.
- Κατανόηση των διαφόρων στρατηγικών σε επίπεδο υδατοκαλλιέργειας για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και τον μετριασμό της, όπως η επιλογή ειδών και η τεχνολογική καινοτομία.

Μαθησιακά αποτελέσματα

Οι συμμετέχοντες κατανοούν τη σημασία και την αξία των οικοσυστημικών υπηρεσιών που παρέχει η υδατοκαλλιέργεια δίθυρων: πώς ορίζεται, τι επιπτώσεις έχει στο περιβάλλον και ποια η οικονομική της αξία για τον υδατοκαλλιεργητή. Θα αναλυθεί επίσης ο περιβαλλοντικός αντίκτυπος της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων, απαριθμώντας τους λόγους για τους οποίους είναι ιδιαίτερα χαμηλός. Τέλος, εξετάζονται ζητήματα σχετικά με την κλιματική αλλαγή: οι εκπαιδευόμενοι θα είναι σε θέση να αξιολογήσουν τον αντίκτυπο της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή υδατοκαλλιέργειας και να εφαρμόσουν στρατηγικές προσαρμογής για την αντιμετώπιση των επιπτώσεών της.

Προαπαιτούμενα (αν υπάρχουν)

Δεν ισχύει

Διάρκεια

240 λεπτά (150 δια ζώσης διαδικτυακά, 90 διαδικτυακά)

3. Οικοσυστημικές υπηρεσίες, περιβαλλοντική παρακολούθηση, διαχείριση κινδύνων και ανθεκτικότητα στην κλιματική αλλαγή

3.1 Οικοσυστημικές υπηρεσίες: ορισμός, τυπολογία και πολιτική της ΕΕ στον τομέα

Ορισμός

των οικοσυστημικών υπηρεσιών. Κατανόηση της έννοιας των οικοσυστημικών υπηρεσιών, των θετικών περιβαλλοντικών επιπτώσεων που παρέχουν τα δίθυρα μαλάκια και των στρατηγικών κατευθυντήριων γραμμών της ΕΕ για την υδατοκαλλιέργεια (2021-2030).

3.1.1 Κατανόηση: Οικοσυστημικές υπηρεσίες

Η υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων είναι επίσης σημαντική λόγω των οικοσυστημικών υπηρεσιών που παρέχει. Πράγματι, τα δίθυρα μαλάκια διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη διατήρηση της υγείας των παράκτιων οικοσυστημάτων, συμβάλλοντας σημαντικά στη ρύθμιση των βιογεωχημικών κύκλων και στην προστασία των ενδιαιτημάτων παρέχοντας μια σειρά υπηρεσιών που συνοψίζεται παρακάτω.

Διήθηση του θαλασσινού νερού

Μία από τις πιο γνωστές και οικολογικά σημαντικές οικοσυστημικές υπηρεσίες που παρέχουν τα δίθυρα μαλάκια είναι η αξιοσημείωτη ικανότητά τους διήθησης μεγάλου όγκου νερού.

Ο ρόλος των δίθυρων μαλακίων στον κύκλο του άνθρακα και των θρεπτικών στοιχείων

Τα δίθυρα μαλάκια διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στον κύκλο του άνθρακα, δεσμεύοντας διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) από το θαλασσινό νερό και ενσωματώνοντάς το στα κελύφη τους, τα οποία αποτελούνται κυρίως από ανθρακικό ασβέστιο (CaCO_3). Η βιολογική αυτή διεργασία, γνωστή ως βιομεταλλοποίηση (biomineralization), συμβάλλει στον μετριασμό της κλιματικής αλλαγής μειώνοντας τη συγκέντρωση CO_2 στην ατμόσφαιρα.

Εκτός από τη δέσμευση ανόργανου άνθρακα, η βιομάζα των δίθυρων μαλακίων αποτελεί σημαντική δεξαμενή οργανικού άνθρακα. Μέσω των μεταβολικών τους διεργασιών και της επακόλουθης εναπόθεσης οργανικής ύλης στα θαλάσσια ιζήματα, τα μαλάκια διευκολύνουν την ταφή οργανικού άνθρακα, συμβάλλοντας περαιτέρω στον κύκλο του άνθρακα. Αν και η διαδικασία της ασβεστοποίησης απελευθερώνει μέρος του CO_2 ως παραπροϊόν, η συνολική επίδραση της καλλιέργειας δίθυρων μαλακίων στη δέσμευση άνθρακα παραμένει θετική, ιδιαίτερα όταν εφαρμόζονται ορθές πρακτικές περιβαλλοντικής διαχείρισης (Heilweck et al., 2023).

Επιπλέον, η υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων προσφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά οφέλη μέσω της απομάκρυνσης και δέσμευσης θρεπτικών στοιχείων, όπως το άζωτο και ο φώσφορος. Τα δίθυρα μαλάκια διηθούν μεγάλες ποσότητες αιωρούμενης οργανικής ύλης από το νερό, απομακρύνοντας τα περιττά θρεπτικά στοιχεία που ενδεχομένως να προκαλέσουν ευτροφισμό στις παράκτιες περιοχές.

Σύμφωνα με μία μελέτη, η υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων συμβάλλει στην απομάκρυνση θρεπτικών ουσιών, στη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων και στην

ενίσχυση της υγείας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων (Gren, 2019). Επιπλέον, η ενσωμάτωση της καλλιέργειας δίθυρων μαλακίων σε συστήματα Ολοκληρωμένης Πολυτροφικής Υδατοκαλλιέργειας (Integrated Multi-Trophic Aquaculture – IMTA) ενισχύει την αποδοτικότητα της ανάκτησης θρεπτικών στοιχείων, μειώνοντας το συνολικό περιβαλλοντικό αποτύπωμα της υδατοκαλλιέργειας.

Συμπερασματικά, παρότι η συμβολή των δίθυρων μαλακίων στη δέσμευση άνθρακα απαιτεί προσεκτική διαχείριση ώστε να μεγιστοποιούνται τα περιβαλλοντικά οφέλη, ο ρόλος τους στον κύκλο του αζώτου και του φωσφόρου αποτελεί μια ιδιαίτερα σημαντική οικοσυστημική υπηρεσία για την υγεία του θαλάσσιου περιβάλλοντος.

Ως εκ τούτου, η υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων προσφέρει σημαντικά οφέλη τόσο για την παραγωγή τροφίμων όσο και για την προστασία του περιβάλλοντος.

Δημιουργία ενδιαιτημάτων και ζωνών αναπαραγωγής

Οι μονάδες υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων διαδραματίζουν κρίσιμο ρόλο στη δημιουργία σύνθετων ενδιαιτημάτων που προσφέρουν καταφύγιο και τροφή σε διάφορους θαλάσσιους οργανισμούς.

Οι φυσικές δομές που χρησιμοποιούνται στην υδατοκαλλιέργεια, όπως τα σχοινιά, τα δίχτυα και οι πάσσαλοι, παρέχουν επιφάνειες για την εγκατάσταση ακίνητης επίβενθου πανίδας, δημιουργώντας ένα σύνθετο πλέγμα ενδιαιτημάτων. Παράλληλα, τα εμπλουτισμένα και περισσότερο ετερογενή ιζήματα κάτω από τις κατασκευές αυτές δημιουργούν ευνοϊκές συνθήκες για την ανάπτυξη της υπόβενθου πανίδας, ενισχύοντας έτσι την τοπική βιοποικιλότητα.

Σε έρευνα των Rumohr et al. (2016) επισημαίνεται ότι οι μονάδες μυδοκαλλιέργειας ενισχύουν τη βιοποικιλότητα, υποστηρίζοντας μεγάλη ποικιλία βενθικών και νηκτικών οργανισμών. Οι μονάδες αυτές λειτουργούν ως ζώνες αναπαραγωγής για γόνους και ασπόνδυλα, βελτιώνοντας τα ποσοστά επιβίωσης καθώς προσφέρουν προστασία από τους θηρευτές και ευνοϊκές συνθήκες ανάπτυξης.

Η αυξημένη ποικιλομορφία των ενδιαιτημάτων γύρω από τα ιχθυοτροφεία ευνοεί τις οικολογικές αλληλεπιδράσεις που συμβάλλουν στην παραγωγικότητα και στην ανθεκτικότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

Επιπλέον, οι κατασκευές για τις καλλιέργειες δίθυρων μαλακίων συμβάλλουν στην ανακύκλωση των θρεπτικών στοιχείων και στη σταθεροποίηση των ιζημάτων, παρέχοντας σημαντικές οικοσυστημικές υπηρεσίες, απαραίτητες για τη διατήρηση της υγείας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, ιδιαίτερα σε περιοχές υποβαθμισμένες λόγω ανθρωπογενούς δραστηριότητας.

Ενσωματώνοντας αυτές τις πρακτικές, η υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων βελτιώνει τις οικοσυστημικές υπηρεσίες, προάγει τη βιοποικιλότητα και υποστηρίζει τη βιώσιμη αλιεία, συμβάλλοντας στην οικολογική και οικονομική σταθερότητα των παράκτιων περιοχών.

Προστασία από τη διάβρωση των ακτών

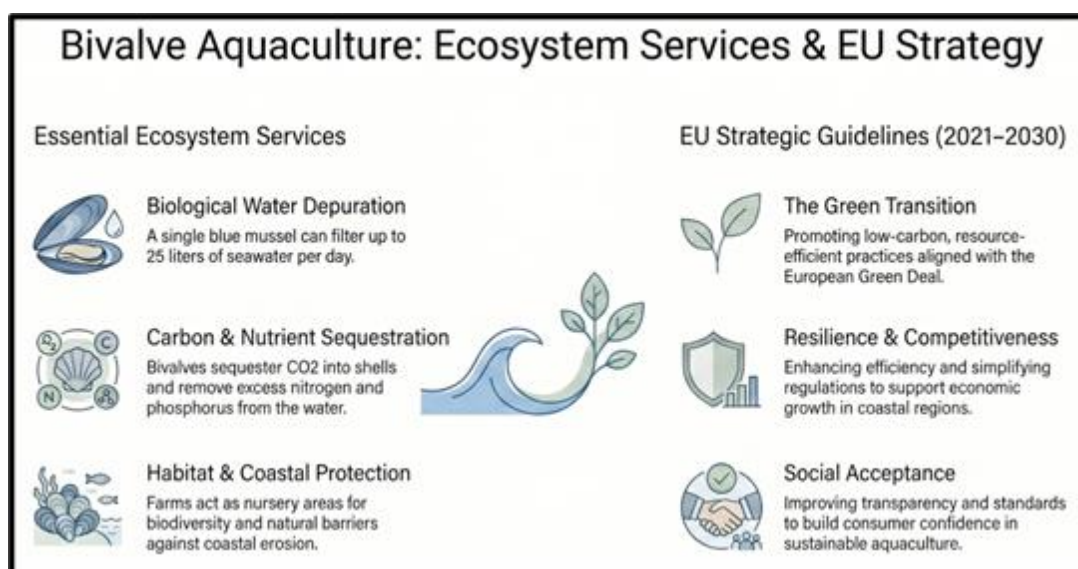
Οι μονάδες υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων συμβάλλουν στην προστασία των ακτών, καθώς μετριάζουν την ενέργεια των κυμάτων και σταθεροποιούν το ίζημα. Οι δομές των εκμεταλλεύσεων λειτουργούν ως κυματοθραύστες, μετριάζοντας τον αντίκτυπο των παλιρροιών από θύελλες στην ακτή.

Σύμφωνα με ανάλυση των Turner et al. (2009), οι μονάδες καλλιέργειας στρειδιών μειώνουν σημαντικά τη διάβρωση των ακτών, συμβάλλοντας έτσι στην προστασία των ακτών και των τοπικών κοινοτήτων.

Επιπλέον, όπως επισημαίνεται στην αναλυτική ανασκόπηση των van der Schatte Olivier et al. (2018), η υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων παρέχει ένα ευρύ φάσμα οικοσυστημικών υπηρεσιών, μεταξύ των οποίων, όπως προαναφέρθηκε, η προστασία των ακτών.

Η μελέτη τονίζει ότι χάρη στα πυκνά, συγκροτημένα ενδιαιτήματα που δημιουργούν οι καλλιέργειες δίθυρων ενισχύεται η απόθεση ιζήματος και μειώνεται η διάβρωση, συμβάλλοντας στη συνολική σταθερότητα των παράκτιων οικοσυστημάτων.

Οι εν λόγω εγκαταστάσεις, λειτουργώντας ως φυσικά εμπόδια, αυτές οι μονάδες υδατοκαλλιέργειας δεν συμβάλλουν μόνο στη διατήρηση της ακτογραμμής, αλλά και στη βελτίωση της ποιότητας των υδάτων και στην προώθηση της βιοποικιλότητας.



Εικ. 20 - Οικοσυστημικές υπηρεσίες των δίθυρων μαλακίων και στρατηγική της ΕΕ, ένας τέλειος συνδυασμός

3.1.2 Κατανόηση του θετικού αντίκτυπου που έχουν οι οικοσυστημικές υπηρεσίες στο θαλάσσιο περιβάλλον

Τον Ιούνιο του 2021, το Γνωμοδοτικό Συμβούλιο Υδατοκαλλιέργειας (Aquaculture Advisory Council - AAC) δημοσίευσε τη Σύσταση με τίτλο «Η παροχή οικοσυστημικών υπηρεσιών της ευρωπαϊκής υδατοκαλλιέργειας», η οποία επισημαίνει τη σπουδαιότητα της υδατοκαλλιέργειας ως προς την παροχή βασικών οικοσυστημικών υπηρεσιών.

Σε εναρμόνιση με την Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, η Στρατηγική της Επιτροπής για τη Βιοποικιλότητα με ορίζοντα το 2030 περιγράφει μέτρα για την αντιμετώπιση της απώλειας βιοποικιλότητας, ενσωματώνοντας τη Στρατηγική «Από το αγρόκτημα στο πιάτο» για τη μετάβαση προς ένα βιώσιμο και ισότιμο σύστημα τροφίμων. Αυτές οι στρατηγικές τονίζουν ότι η διατήρηση της βιοποικιλότητας αποτελεί αναπόσπαστο μέρος των βιώσιμων συστημάτων τροφίμων, γεγονός που καθιστά την ευρωπαϊκή υδατοκαλλιέργεια θεμελιώδη παράγοντα για την προστασία της βιοποικιλότητας, τη βελτίωση των οικοσυστημικών υπηρεσιών και τη διατήρηση του τοπίου.

Οι συστάσεις του AAC τάσσονται υπέρ της αναγνώρισης και της υποστήριξης της ευρωπαϊκής υδατοκαλλιέργειας, ιδίως της καλλιέργειας δίθυρων μαλακίων, ως φορέα παροχής ζωτικών οικοσυστημικών υπηρεσιών.

Οι βασικές προτάσεις περιλαμβάνουν:

- Την αναγνώριση των οικοσυστημάτων υδατοκαλλιέργειας, ιδίως όσων συνεπάγονται εκτεταμένη καλλιέργεια δίθυρων, ως μέρος της φυσικής κληρονομιάς που σχετίζεται με τις ανθρώπινες παραγωγικές δραστηριότητες.
- Τη διασφάλιση της συνοχής μεταξύ του μητρώου υδάτων για την καλλιέργεια δίθυρων μαλακίων και της προστασίας του, σύμφωνα με την Οδηγία-Πλαίσιο για τα ύδατα της ΕΕ, με στόχο την προώθηση της κατάλληλης ρύθμισης και τη στήριξη των παρεχόμενων οικοσυστημικών υπηρεσιών, σύμφωνα με τη στρατηγική της ΕΕ για τη βιοποικιλότητα.
- Τη μελέτη, την αξιολόγηση και την ανάδειξη των οικοσυστημικών υπηρεσιών που παρέχει η καλλιέργεια δίθυρων μέσω της χρηματοδότησης ερευνών που αποσκοπούν στην κατανόηση αυτών των υδρόβιων οικοσυστημάτων.
- Την υποστήριξη πρωτοβουλιών ευαισθητοποίησης του κοινού για την προβολή της βιώσιμης υδατοκαλλιέργειας δίθυρων ως ένα σύστημα παραγωγής τροφίμων με χαμηλές εκπομπές άνθρακα, το οποίο ενισχύει τη βιοποικιλότητα και προσφέρει σημαντικά οφέλη για το οικοσύστημα.

Αν συνδυαστούν αυτές οι ιδέες, είναι σαφές ότι οι μονάδες υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων είναι κάτι περισσότερο από συστήματα παραγωγής τροφίμων· αποτελούν ζωτικής σημασίας στοιχεία για την ανθεκτικότητα των ακτών, συμβάλλοντας στην οικολογική και οικονομική σταθερότητα των παράκτιων περιοχών.

3.1.3 Κατανόηση των στρατηγικών κατευθυντήριων γραμμών της ΕΕ για την υδατοκαλλιέργεια (2021-2030)

Οι Στρατηγικές Κατευθυντήριες Γραμμές της ΕΕ για την Υδατοκαλλιέργεια (2021-2030), που εκπονήθηκαν από την Ευρωπαϊκή Επιτροπή, παρέχουν ένα συντονισμένο πλαίσιο για τη στήριξη της ανάπτυξης ενός βιώσιμου, ανταγωνιστικού και ανθεκτικού τομέα υδατοκαλλιέργειας σε όλα τα κράτη μέλη της ΕΕ. Σχεδιάστηκαν με στόχο να κατευθύνουν τις εθνικές πολιτικές, συμβάλλοντας ταυτόχρονα σε ευρύτερες προτεραιότητες της ΕΕ, όπως η Ευρωπαϊκή Πράσινη Συμφωνία, δίνοντας ιδιαίτερη έμφαση στην περιβαλλοντικά υπεύθυνη παραγωγή τροφίμων, την οικονομική ανάπτυξη και τη δημιουργία θέσεων εργασίας σε παράκτιες και αγροτικές περιοχές. Ο γενικός στόχος των κατευθυντήριων γραμμών είναι η δημιουργία ενός τομέα υδατοκαλλιέργειας που εξισορροπεί τους περιβαλλοντικούς, οικονομικούς και κοινωνικούς στόχους. Αυτό συνεπάγεται την ανάπτυξη συστημάτων παραγωγής που ελαχιστοποιούν τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις, ενώ παράλληλα παραμένουν οικονομικά βιώσιμα και ανταγωνιστικά σε παγκόσμια κλίμακα. Ταυτόχρονα, ο τομέας πρέπει να είναι διαφανής και να χαίρει κοινωνικής αποδοχής από τους καταναλωτές και τις κοινότητες, με ιδιαίτερη έμφαση στην καινοτομία, την έρευνα και τη γνώση για τη στήριξη της μακροπρόθεσμης βιωσιμότητας.

Οι κατευθυντήριες γραμμές βασίζονται σε τέσσερις θεμελιώδεις προτεραιότητες που καθορίζουν τη μελλοντική κατεύθυνση της υδατοκαλλιέργειας στην ΕΕ.

Η πρώτη προτεραιότητα είναι η βελτίωση της ανταγωνιστικότητας και της ανθεκτικότητας μέσω της αύξησης της απόδοσης, της απλούστευσης των γραφειοκρατικών διαδικασιών και της διασφάλισης καλύτερης πρόσβασης σε κατάλληλες τοποθεσίες και σε υδάτινους πόρους.

Η δεύτερη προτεραιότητα υποστηρίζει την οικολογική μετάβαση, με στόχο τη μείωση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, την προώθηση πρακτικών χαμηλών εκπομπών άνθρακα και αποδοτικής χρήσης των πόρων, καθώς και την ενίσχυση της ικανότητας προσαρμογής του τομέα στην κλιματική αλλαγή.

Η τρίτη προτεραιότητα αφορά την κοινωνική αποδοχή και την εμπιστοσύνη των καταναλωτών, προάγοντας τη διαφάνεια, βελτιώνοντας την πληροφόρηση και τη σήμανση των προϊόντων και διατηρώντας υψηλά πρότυπα σε τομείς όπως η ασφάλεια τροφίμων και η καλή μεταχείριση των ζώων.

Η τέταρτη προτεραιότητα υπογραμμίζει τη σημασία της γνώσης, της καινοτομίας και της ψηφιοποίησης, προωθώντας τις επενδύσεις στην έρευνα, τις νέες τεχνολογίες, τα συστήματα δεδομένων και την κατάρτιση του εργατικού δυναμικού με στόχο τη μελλοντική ανάπτυξη.

Για να δοθεί η δέουσα σημασία στις εν λόγω προτεραιότητες, οι κατευθυντήριες γραμμές ορίζουν μια σειρά βασικών τομέων δράσης που τα κράτη μέλη καλούνται να αντιμετωπίσουν. Σε αυτούς συμπεριλαμβάνονται η βελτίωση της πρόσβασης στον χώρο μέσω του θαλάσσιου χωροταξικού σχεδιασμού, η απλούστευση των ρυθμιστικών διαδικασιών και των διαδικασιών αδειοδότησης και η ενίσχυση των περιβαλλοντικών επιδόσεων σε όλες τις δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας. Άλλες δράσεις επικεντρώνονται στην ενίσχυση της υγείας και της καλής διαβίωσης των ζώων, στη στήριξη της ανάπτυξης

της αγοράς και των αλυσίδων αξίας, στην ενίσχυση της ενημέρωσης και της επικοινωνίας προς το κοινό, καθώς και στην προώθηση της καινοτομίας μέσω της καλύτερης συλλογής δεδομένων, της έρευνας και της τεχνολογικής ανάπτυξης.

Οι κατευθυντήριες γραμμές δεν είναι νομικά δεσμευτικές, αλλά λειτουργούν ως στρατηγικό πλαίσιο για τον συντονισμό της δράσης σε ολόκληρη την ΕΕ.

Τα κράτη μέλη αναμένεται να μεταφέρουν αυτούς τους στόχους σε εθνικές πολιτικές, μέσω της εκπόνησης ή επικαιροποίησης των Εθνικών Σχεδίων για την Υδατοκαλλιέργεια.

Η υλοποίηση υποστηρίζεται από χρηματοδοτικούς μηχανισμούς της ΕΕ, ιδίως από το Ευρωπαϊκό Ταμείο Θάλασσας, Αλιείας και Υδατοκαλλιέργειας, το οποίο παρέχει χρηματοδότηση για τη βιώσιμη ανάπτυξη, την καινοτομία και την ανάπτυξη του τομέα.

Σε γενικές γραμμές, οι Στρατηγικές Κατευθυντήριες Γραμμές της ΕΕ για την Υδατοκαλλιέργεια (2021-2030) παρέχουν έναν ολοκληρωμένο χάρτη πορείας για την ανάπτυξη ενός σύγχρονου τομέα υδατοκαλλιέργειας που συνδυάζει την ανάπτυξη με τη βιωσιμότητα. Εστιάζοντας στην ανταγωνιστικότητα, την περιβαλλοντική ευθύνη, την κοινωνική αποδοχή και την καινοτομία, οι κατευθυντήριες γραμμές συμβάλλουν στη μακροπρόθεσμη βιωσιμότητα και στη θετική συνεισφορά της υδατοκαλλιέργειας στην Ευρωπαϊκή Ένωση.

3.2 Επιπτώσεις της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων: ανάλυση του αποτυπώματος άνθρακα και αξιολόγηση του κύκλου ζωής

Ο αντίκτυπος της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων στο περιβάλλον και τη βιοποικιλότητα: ακόμη και αν είναι μέτριος, ποιες είναι οι κύριες πηγές αντίκτυπου του κλάδου και πώς μπορούν να αντιμετωπιστούν;

3.2.1 Κατανόηση των πιθανών επιπτώσεων της καλλιέργειας δίθυρων μαλακίων και του τρόπου μετριασμού αυτών των πιθανών επιπτώσεων

Η αξιολόγηση του κύκλου ζωής (LCA) είναι ένα θεμελιώδες εργαλείο για την αξιολόγηση του οικολογικού αποτυπώματος οποιασδήποτε δραστηριότητας. Η εν λόγω ανάλυση εφαρμόζεται επίσης στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων, προκειμένου να προσδιοριστούν πιο βιώσιμες στρατηγικές.

Η LCA καθιστά δυνατή την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων ενός προϊόντος ή μιας διαδικασίας καθ' όλη τη διάρκεια του κύκλου ζωής του, από την παραγωγή των πρώτων υλών έως τη διάθεση των αποβλήτων. Υπάρχουν διαφορετικές προσεγγίσεις για τη διεξαγωγή της LCA και δύο ευρέως χρησιμοποιούμενες μέθοδοι είναι τα μοντέλα **cradle-to-grave** (από τη γέννηση έως τον θάνατο) και **cradle-to-gate** (από τη γέννηση έως την πύλη).

- Η προσέγγιση **Cradle-to-grave** είναι μια ολοκληρωμένη προσέγγιση LCA που εξετάζει ολόκληρο τον κύκλο ζωής, από την εξόρυξη των πρώτων υλών μέχρι το τέλος του κύκλου ζωής, συμπεριλαμβανομένης της μεταφοράς και της διάθεσης των αποβλήτων. Η μέθοδος αυτή είναι ιδιαίτερα χρήσιμη κατά την αξιολόγηση των περιβαλλοντικών επιπτώσεων που συνδέονται με τον πλήρη κύκλο της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων, από την παραγωγή γόνων, την καλλιέργεια και τη συγκομιδή έως τη διανομή και την κατανάλωση.

- Αφετέρου, η προσέγγιση **Cradle-to-gate** επικεντρώνεται μόνο στα στάδια πριν το προϊόν φύγει από τις εγκαταστάσεις καλλιέργειας, όπως η παραγωγή γόνων, η καλλιέργεια και η συγκομιδή. Η μέθοδος αυτή συμβάλλει στην έμφαση στις άμεσες επιχειρησιακές δραστηριότητες και είναι χρήσιμη για τη βελτίωση της αποτελεσματικότητας και της βιωσιμότητας της ίδιας της διαδικασίας υδατοκαλλιέργειας.

Σε αμφότερες τις περιπτώσεις, η LCA συμβάλλει:

- στην ποσοτικοποίηση του αποτυπώματος άνθρακα με τη μέτρηση των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου,
- στην αξιολόγηση της χρήσης πόρων, αναλύοντας την κατανάλωση νερού, ενέργειας και πρώτων υλών,
- στον προσδιορισμό των περιβαλλοντικών επιπτώσεων, όπως ο ευτροφισμός, η οξίνιση των ωκεανών και η ρύπανση,
- στη σύγκριση πρακτικών καλλιέργειας για τον εντοπισμό των πλέον βιώσιμων μεθόδων.

Ο κύκλος ζωής της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων περιλαμβάνει διάφορες φάσεις, καθεμία από τις οποίες συμβάλλει με συγκεκριμένο τρόπο στο αποτύπωμα άνθρακα:

- **Παραγωγή γόνων:** Σε ορισμένους τύπους καλλιέργειας, υπάρχει μια φάση κατά την οποία οι γόνοι παράγονται σε εκκολαπτήρια. Το στάδιο αυτό προϋποθέτει ενέργεια για τη λειτουργία των εγκαταστάσεων του εκκολαπτηρίου. Σε πολλές περιπτώσεις, η χρήση εκκολαπτηρίων αποφεύγεται με τη χρήση γόνων που προέρχονται απευθείας από τις θαλάσσιες περιοχές ωοτοκίας (περιοχές καλλιέργειας).
- **Στάδιο καλλιέργειας:** Οι εκπομπές σε σχέση με την καλλιέργεια οφείλονται κυρίως στην κατανάλωση ενέργειας για τη συγκομιδή και την επεξεργασία δίθυρων μαλακίων: για τη συγκομιδή των μαλακίων απαιτείται κατανάλωση καυσίμων για τα σκάφη, ενώ για την επεξεργασία απαιτείται ενέργεια για τον καθαρισμό, τη συσκευασία και την ψύξη.
- **Διανομή και κατανάλωση:** Η μεταφορά των τελικών προϊόντων στις αγορές των καταναλωτών και η απόρριψη της συσκευασίας συμβάλλουν στο συνολικό αποτύπωμα άνθρακα.

3.2.2 Καλύτερη κατανόηση του αποτυπώματος άνθρακα και της LCA

Η εκτίμηση του αποτυπώματος άνθρακα της υδατοκαλλιέργειας θαλάσσιων δίθυρων μαλακίων περιλαμβάνει αναμφίβολα την ακριβή εκτίμηση της έκλυσης CO₂ που σχετίζεται με τα αγαθά επένδυσης και τις δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας, αλλά εν προκειμένω είναι σημαντικό να ληφθεί υπόψη και το μεταβολικό ισοζύγιο CO₂ των καλλιεργούμενων ειδών (Alvarez-Salgado et al, 2022). Οι ειδικές περιβαλλοντικές συνθήκες της τοποθεσίας και οι μέθοδοι καλλιέργειας της περιοχής επηρεάζουν επίσης σημαντικά τις εκτιμήσεις.

Σύμφωνα με πολλές μελέτες, η υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων έχει σημαντικά χαμηλότερο αποτύπωμα άνθρακα από άλλες ζωικές παραγωγές, όπως η εκτροφή βοοειδών

ή χοίρων. Αυτό οφείλεται κυρίως στο γεγονός ότι τα δίθυρα μαλάκια αναπτύσσονται γρήγορα και έχουν χαμηλές ενεργειακές απαιτήσεις, καθώς τρέφονται κυρίως με διήθηση του θαλασσινού νερού (Crawford et al., 2003; Dumbauld et al., 2009).

Ένα θέμα που παρουσιάζει έντονο ενδιαφέρον στην επιστημονική έρευνα είναι επίσης η ικανότητα των δίθυρων μαλακίων να δεσμεύουν άνθρακα. Μέσω της διαδικασίας διήθησης, οι οργανισμοί αυτοί αφομοιώνουν ανθρακικό ασβέστιο από το θαλασσινό νερό για να σχηματίσουν το κέλυφός τους. Αυτό το ανθρακικό ασβέστιο, αφού εναποτεθεί στον πυθμένα της θάλασσας όταν ο οργανισμός πεθάνει, παραμένει δεσμευμένο για χιλιάδες χρόνια, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των συγκεντρώσεων διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα.

Μηχανισμοί δέσμευσης άνθρακα:

- **Βιομεταλλοποίηση:** ο σχηματισμός κελυφών είναι η κύρια διαδικασία με την οποία τα δίθυρα μαλάκια δεσμεύουν άνθρακα.
- **Καθίζηση:** όταν πεθαίνουν, τα κελύφη εναποτίθενται στον θαλάσσιο βυθό, συμβάλλοντας έτσι στη δημιουργία ασβεστολιθικών κοιτασμάτων και ιζημάτων.

Παράγοντες που επηρεάζουν τη δέσμευση άνθρακα:

- **Είδη:** Τα διάφορα είδη δίθυρων μαλακίων έχουν διαφορετικούς ρυθμούς ανάπτυξης και ασβεστοποίησης, γεγονός που επηρεάζει την ποσότητα του δεσμευμένου άνθρακα.
- **Περιβαλλοντικές συνθήκες:** η θερμοκρασία, η αλατότητα, η διαθεσιμότητα τροφής και άλλοι περιβαλλοντικοί παράγοντες επηρεάζουν την ανάπτυξη και την ασβεστοποίηση των μαλακίων.
- **Διαχείριση των εγκαταστάσεων καλλιέργειας:** οι πρακτικές διαχείρισης της εκμετάλλευσης, όπως η πυκνότητα του πληθυσμού και η συχνότητα συγκομιδής, επηρεάζουν την ποσότητα του άνθρακα που δεσμεύεται.
- **Σύστημα καλλιέργειας:** Υπάρχουν διαφορετικές τεχνικές καλλιέργειας, η καθεμία με τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα όσον αφορά τη βιωσιμότητα.
- **Τοποθεσία:** Οι περιβαλλοντικές συνθήκες της τοποθεσίας της μονάδας καλλιέργειας (π.χ. ποιότητα νερού, βάθος, ρεύματα) επηρεάζουν σημαντικά τις επιπτώσεις.
- **Διαχείριση αποβλήτων:** η ορθή διαχείριση των αποβλήτων που παράγονται από την εκτροφή ζώων είναι απαραίτητη για την ελαχιστοποίηση της ρύπανσης.

Η υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων έχει εξαιρετικά χαμηλό αποτύπωμα άνθρακα: Οι εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου (GHG) για την παραγωγή μυδιών, στρειδιών και μυδιών βυθού που καλλιεργούνται σε σειρές σχοινιών είναι 07 κιλά ισοδύναμου CO₂/τόνο, 235 κιλά ισοδύναμου CO₂/τόνο και 824 κιλά ισοδύναμου CO₂/τόνο αντίστοιχα.

Η χρήση πετρελαίου κίνησης για τα σκάφη εργασίας είναι η μεγαλύτερη πηγή εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στην περίπτωση των μυδιών, καθώς αντιπροσωπεύει σχεδόν το

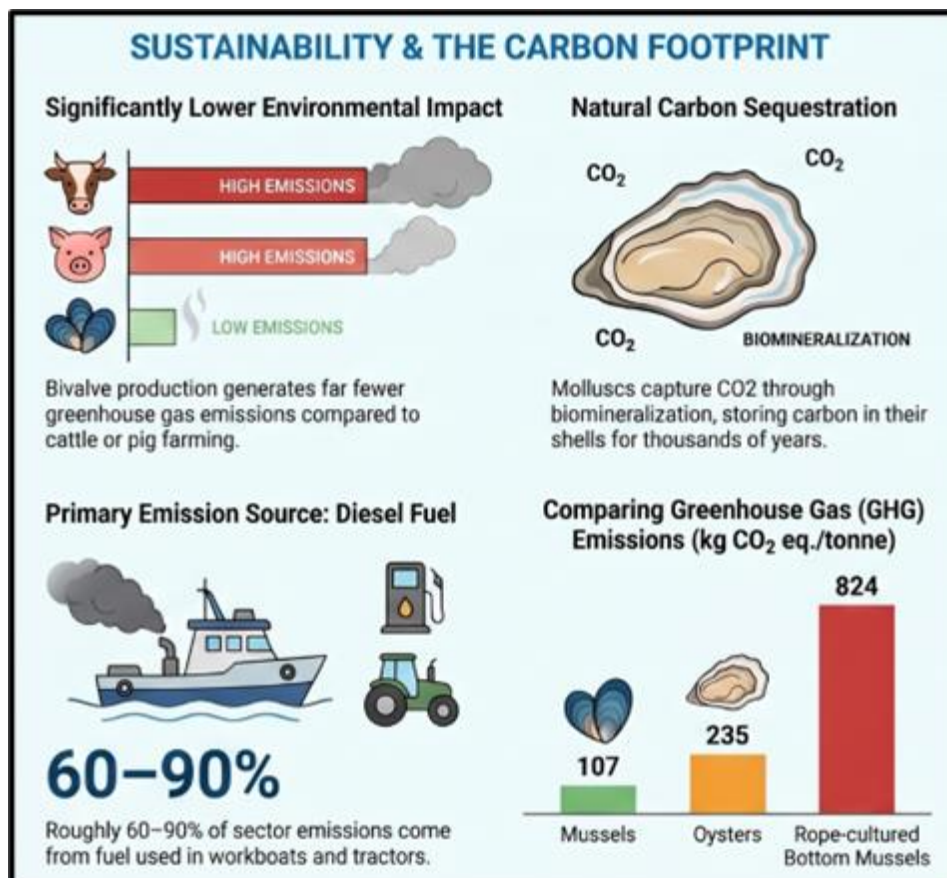
90% των εκπομπών. Τα αναλώσιμα στον τομέα των μυδιών αντιπροσωπεύουν μόνο ένα μικρό μέρος των συνολικών εκπομπών (λιγότερο από 10 %).

Ομοίως, το καύσιμο ντίζελ για τους ελκυστήρες αποτέλεσε τον κυριότερο παράγοντα εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου στον τομέα των στρειδιών, αντιπροσωπεύοντας σχεδόν το 60% των εκπομπών.

Συνολικά, οι εκπομπές στον ιρλανδικό τομέα της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων είναι χαμηλές, συμβάλλοντας σε ποσοστό μικρότερο του 1% των εκπομπών αερίων του θερμοκηπίου της Ιρλανδίας από τα θαλασσινά.

Για την περαιτέρω μείωση του αποτυπώματος άνθρακα της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων απαιτούνται πρακτικές βιώσιμης διαχείρισης και κυκλικής οικονομίας.

Στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων, η εφαρμογή των αρχών της κυκλικής οικονομίας αποφέρει σημαντικά περιβαλλοντικά και οικονομικά οφέλη.



Εικ. 21 - Διαφορά στο αποτύπωμα άνθρακα μεταξύ της κτηνοτροφίας και της καλλιέργειας δίθυρων. Κύριες επιπτώσεις των δίθυρων μαλακίων

- **Βελτιστοποίηση της κατανάλωσης ενέργειας:** Χρήση ανανεώσιμων πηγών ενέργειας, βελτίωση της ενεργειακής απόδοσης και καθιέρωση συστημάτων παρακολούθησης και ελέγχου.

- **Μείωση, επαναχρησιμοποίηση και ανακύκλωση:** Ελαχιστοποίηση της παραγωγής αποβλήτων, επαναχρησιμοποίηση υλικών και προϊόντων για όσο το δυνατόν μεγαλύτερο χρονικό διάστημα και ανακύκλωση εκείνων που δεν είναι πλέον χρήσιμα.
- **Βελτιστοποίηση της υλικοτεχνικής υποδομής:** Μείωση των αποστάσεων μεταφοράς και χρήση περιβαλλοντικά βιώσιμων συσκευασιών.
- **Αξιοποίηση των υποπροϊόντων:** Ανάκτηση και αξιοποίηση των υποπροϊόντων από την επεξεργασία οστρακοειδών, όπως τα κελύφη, για τη μείωση των αποβλήτων και τη δημιουργία νέων προϊόντων.
- **Ολοκληρωμένη υδατοκαλλιέργεια:** Η ενσωμάτωση της υδατοκαλλιέργειας με άλλες δραστηριότητες, όπως η αναπαραγωγή άλλων ειδών, μπορεί να βελτιστοποιεί τη χρήση των πόρων και μειώνει τις περιβαλλοντικές επιπτώσεις.

Τα προϊόντα υδατοκαλλιέργειας έχουν πολύ μικρό αποτύπωμα άνθρακα, το οποίο θα συμβάλει στους θεσμοθετημένους στόχους μείωσης των εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα - Οι επιχειρήσεις παραγωγής τροφίμων με χαμηλές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα έχουν τη δυναμική να αυξήσουν τη διαθεσιμότητα και την επισιτιστική ασφάλεια θρεπτικών θαλασσινών για τους καταναλωτές.

Η εκτίμηση του αποτυπώματος άνθρακα της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων προϋποθέτει την ακριβή εκτίμηση της έκλυσης CO₂ σχετικά με τα επενδυτικά αγαθά και τις δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας, καθώς και το μεταβολικό ισοζύγιο CO₂ των καλλιεργούμενων ειδών (Alvarez-Salgado et al, 2022).

Υπάρχουν αποκλίσεις σχετικά με τις εξεταζόμενες διαδικασίες: πώς να συμπεριληφθεί και να εκτιμηθεί το μεταβολικό ισοζύγιο CO₂ και πώς πρέπει να εφαρμοστεί η κλίμακα από την επιμέρους δράση ως το οικοσύστημα; Οι ειδικές περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής και οι μέθοδοι καλλιέργειας επηρεάζουν επίσης σημαντικά τις εκτιμήσεις.

Οι Alvarez-Salgado et al, το 2022 στη μελέτη τους για το μεταβολικό ισοζύγιο CO₂ στην υδατοκαλλιέργεια μυδιών στους παράκτιους κόλπους της βορειοδυτικής Ιβηρικής, διαπίστωσαν ότι η υψηλή μεταβλητότητα που παρατηρήθηκε εξαρτάται από τον χρόνο σποράς των μυδιών και το μέγεθος της συγκομιδής, λόγω των διαφορετικών εποχιακών προτύπων ανάπτυξης της σάρκας και του κελύφους.

Η συμπερίληψη του CO₂ που ενδεχομένως ακινητοποιείται στα περιττώματα μυδιών που θάβονται στα ιζήματα θα οδηγούσε σε χαμηλότερο υπολογισμό του μεταβολικού ισοζυγίου CO₂ μέχρι και 6% σε σύγκριση με τις μεμονωμένες εκτιμήσεις.

3.3 Αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή δίθυρων

Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή δίθυρων στη ΕΕ: κρίσιμα ζητήματα και λύσεις.

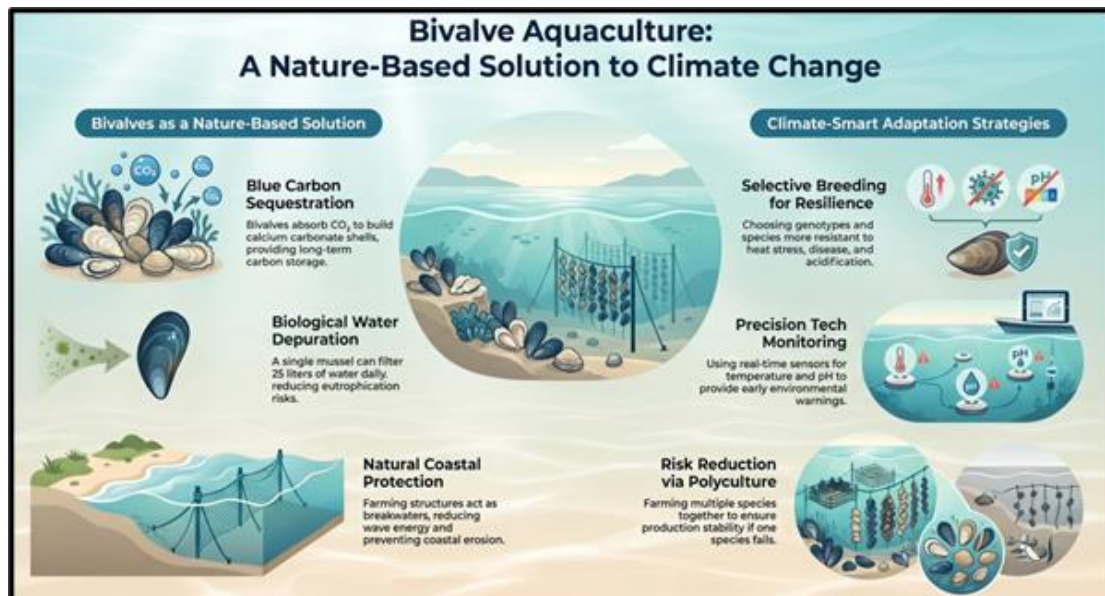
3.3.1 Κατανόηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα συστήματα υδατοκαλλιέργειας (θερμοκρασία, αλλαγές στην αλατότητα, εξάντληση του οξυγόνου, ακραία καιρικά φαινόμενα)

Η κλιματική αλλαγή έχει σημαντικές και εκτεταμένες επιπτώσεις στα συστήματα υδατοκαλλιέργειας, καθώς επηρεάζει τις περιβαλλοντικές συνθήκες που είναι κρίσιμες για την επιβίωση και την ανάπτυξη των καλλιεργούμενων ιχθύων, των οστρακοειδών και των αλγών.

Μία από τις σημαντικότερες επιπτώσεις είναι η άνοδος της θερμοκρασίας του νερού. Καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, επιταχύνεται ο μεταβολισμός των υδρόβιων ειδών, γεγονός που μπορεί αρχικά να βελτιώσει τους ρυθμούς ανάπτυξης. Ωστόσο, όταν οι θερμοκρασίες υπερβούν τα βέλτιστα επίπεδα, οι οργανισμοί υφίστανται θερμική καταπόνηση, η οποία προκαλεί μείωση της ανάπτυξης, αποδυνάμωση του ανοσοποιητικού συστήματος και, σε σοβαρές περιπτώσεις, θνησιμότητα. Τα θερμότερα νερά ευνοούν επίσης την εξάπλωση ασθενειών και παρασίτων, καθιστώντας τους πληθυσμούς της υδατοκαλλιέργειας πιο ευάλωτους σε επιδημίες.

Οι αλλαγές στην αλατότητα είναι ένα άλλο ζήτημα, ειδικά στα παράκτια και εκβολικά συστήματα. Η κλιματική αλλαγή μεταβάλλει τα πρότυπα βροχόπτωσης και εντείνει τη συχνότητα των ξηρασιών και των πλημμυρών, γεγονός που τροποποιεί σημαντικά τα επίπεδα αλατότητας. Αυτές οι διακυμάνσεις καταπονούν τους υδρόβιους οργανισμούς, καθώς πρέπει να χρησιμοποιούν περισσότερη ενέργεια για να διατηρήσουν την εσωτερική ισορροπία, μια διαδικασία γνωστή ως ωσμωρρύθμιση. Οι ξαφνικές ή ακραίες αλλαγές στην αλατότητα μπορεί να μειώσουν τους ρυθμούς ανάπτυξης ή ακόμη και να προκαλέσουν μαζικούς θανάτους, ειδικά σε είδη που δεν είναι πολύ ανθεκτικά σε τέτοιες διακυμάνσεις.

Η εξάντληση του οξυγόνου, ή υποξία, εμφανίζεται ολοένα και συχνότερα στα περιβάλλοντα υδατοκαλλιέργειας λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας και της ρύπανσης από θρεπτικά συστατικά. Τα θερμότερα νερά περιέχουν μικρότερες συγκεντρώσεις διαλυμένου οξυγόνου, ενώ η αυξημένη απορροή θρεπτικών ουσιών μπορεί να οδηγήσει στην ανάπτυξη ανθίσεων αλγών, οι οποίες, κατά την αποσύνθεσή τους, μειώνουν περαιτέρω τα επίπεδα οξυγόνου. Οι συνθήκες χαμηλής συγκέντρωσης οξυγόνου προκαλούν έντονη καταπόνηση στους υδρόβιους οργανισμούς, περιορίζοντας τη διατροφή και την ανάπτυξή τους και αυξάνοντας την ευαισθησία τους σε ασθένειες. Σε ακραίες περιπτώσεις, η υποξία μπορεί να προκαλέσει μαζικούς θανάτους ψαριών, με σοβαρές οικονομικές επιπτώσεις.



Εικ. 22 - Ορισμένες λύσεις για την καταπολέμηση της κλιματικής αλλαγής

Επιπλέον, η αύξηση της συχνότητας και της έντασης των ακραίων καιρικών φαινομένων, που προκαλεί η κλιματική αλλαγή, αποτελεί άμεση απειλή για τις υποδομές και τις δραστηριότητες της υδατοκαλλιέργειας. Οι καταιγίδες και οι πλημμύρες ενδεχομένως να προκαλέσουν ζημιές σε κλωβούς, δεξαμενές και άλλες εγκαταστάσεις, με αποτέλεσμα την απώλεια αποθεμάτων και δαπανηρές επισκευές. Οι πλημμύρες μπορούν επίσης να μεταφέρουν ρύπους, ιζήματα και παθογόνους οργανισμούς στις εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειας, υποβαθμίζοντας περαιτέρω την ποιότητα του νερού. Τα φαινόμενα αυτά ενδέχεται να διαταράξουν τα προγράμματα διατροφής, τη συγκομιδή και τη συνολική διαχείριση των μονάδων, καθιστώντας τη λειτουργία της υδατοκαλλιέργειας πιο απρόβλεπτη και εντείνοντας τους σχετικούς κινδύνους.

Γενικά, οι συνδυασμένες επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας, των μεταβολών της αλατότητας, της υποξίας και των ακραίων καιρικών φαινομένων μειώνουν την παραγωγικότητα, αυξάνουν το λειτουργικό κόστος και εντείνουν την αβεβαιότητα για τον κλάδο της υδατοκαλλιέργειας. Ως αποτέλεσμα, η προσαρμογή σε αυτές τις μεταβαλλόμενες συνθήκες έχει καταστεί απαραίτητη για τη διατήρηση βιώσιμων πρακτικών υδατοκαλλιέργειας.

3.3.2 Λύσεις κατά των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων

Τα δίθυρα μαλάκια συμβάλλουν σημαντικά στον κύκλο του άνθρακα, καθώς απορροφούν διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) από το θαλασσινό νερό και το αποθηκεύουν στα κελύφη τους από ανθρακικό ασβέστιο (CaCO₃) μέσω της βιομεταλλοποίησης, συμβάλλοντας έτσι στη μείωση των επιπέδων CO₂ στην ατμόσφαιρα. Η βιομάζα τους λειτουργεί επίσης ως αποθήκη οργανικού άνθρακα, καθώς η βιολογική δραστηριότητα και η εναπόθεση ιζημάτων ευνοούν τη μακροπρόθεσμη ταφή της οργανικής ύλης. Αν και ο σχηματισμός

κελύφους απελευθερώνει κάποια ποσότητα CO₂, η υδατοκαλλιέργεια δίθυρων επιδρά θετικά στην αποθηκευτική ικανότητα άνθρακα, ειδικά υπό περιβαλλοντικές συνθήκες με σωστή διαχείριση (Heilweck et al., 2023).

Σύμφωνα με τους Lalli et al. (2010), τα συστήματα μυδοκαλλιέργειας δεσμεύουν σημαντικές ποσότητες «μπλε άνθρακα», προσφέροντας το διττό όφελος της παραγωγής τροφίμων και της προστασίας του περιβάλλοντος.

Πρόσφατες μελέτες υποδεικνύουν ότι η επέκταση της υδατοκαλλιέργειας δίθυρων μαλακίων θα μπορούσε να αξιοποιηθεί στρατηγικά ως μια λύση βασισμένη στη φύση για τον μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, συμπληρώνοντας τις προσπάθειες δέσμευσης του άνθρακα στην ξηρά.

3.4 Κατανόηση των διαφόρων στρατηγικών σε επίπεδο εκμετάλλευσης για την προσαρμογή στην κλιματική αλλαγή και τον μετριασμό της, συμπεριλαμβανομένης της επιλογής ειδών και των τεχνολογικών καινοτομιών

Στρατηγικές προσαρμογής και μετριασμού σε επίπεδο εκμετάλλευσης (για παράδειγμα, επιλογή ειδών/ποικιλιών, μετεγκατάσταση ζωνών, τεχνολογικές καινοτομίες).

3.4.1 Κατανόηση του τρόπου αντιμετώπισης των ζημιών που προκαλούνται από την κλιματική αλλαγή στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων (μεταφορά προϊόντων, επιλογή γονότυπων ή ειδών πιο ανθεκτικών στη θερμοκρασία, πολυκαλλιέργεια για την αποφυγή απώλειας προϊόντων)

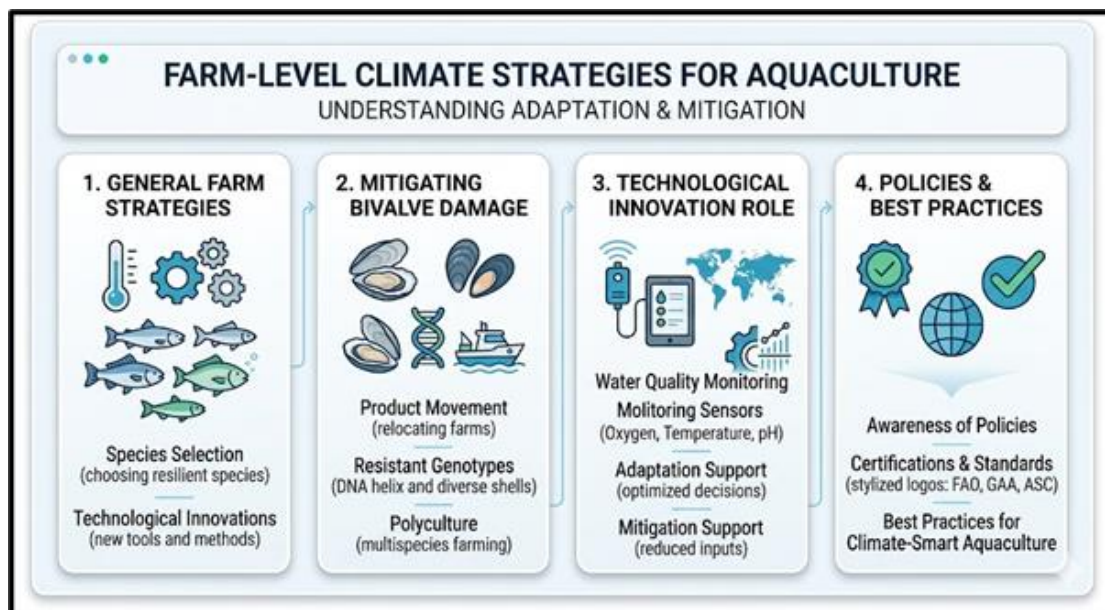
Οι υδατοκαλλιεργητές υιοθετούν όλο και περισσότερο μια σειρά στρατηγικών σε επίπεδο εκμετάλλευσης για να προσαρμοστούν στην κλιματική αλλαγή και να μετριάσουν τις επιπτώσεις της.

Μία από τις σημαντικότερες προσεγγίσεις είναι η επιλογή ειδών και γονότυπων. Οι υδατοκαλλιεργητές μπορούν να επιλέξουν είδη ή στελέχη πιο ανθεκτικά στις υψηλότερες θερμοκρασίες, στις διακυμάνσεις της αλατότητας και σε συνθήκες χαμηλού επιπέδου οξυγόνου. Στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων (όπως τα μύδια και τα στρείδια), αυτό συνεπάγεται την επιλογή ή την καλλιέργεια γονότυπων που παρουσιάζουν μεγαλύτερη αντοχή στη θερμική καταπόνηση, στις ασθένειες και στην οξίνιση. Για παράδειγμα, τα επιλεγμένα στελέχη στρειδιών αντέχουν καλύτερα τα θερμότερα νερά και τις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες, γεγονός που συμβάλλει στη διατήρηση της παραγωγικότητας ακόμη και όταν το κλίμα αλλάζει.

Μια ακόμη βασική στρατηγική είναι η μετεγκατάσταση των περιοχών παραγωγής και η επιλογή κατάλληλων θέσεων εγκατάστασης. Καθώς οι περιβαλλοντικές συνθήκες μεταβάλλονται, οι υδατοκαλλιεργητές μπορούν να μεταφέρουν την παραγωγή τους σε περιοχές με καταλληλότερες θερμοκρασίες, καλύτερη ποιότητα νερού ή πιο σταθερά επίπεδα αλατότητας. Αυτό μπορεί να περιλαμβάνει τη μετακίνηση των μονάδων σε βαθύτερα νερά, σε διαφορετικές παράκτιες ζώνες ή περιοχές λιγότερο εκτεθειμένες σε ακραία καιρικά φαινόμενα. Στην καλλιέργεια δίθυρων μαλακίων, η μεταφορά των γραμμών ή των πεδίων καλλιέργειας συμβάλλει στην αποφυγή περιοχών επιρρεπών σε επιβλαβείς ανθίσεις φυτοπλαγκτού, υποξία ή υπερβολική αύξηση της θερμοκρασίας.

Για την ειδικότερη αντιμετώπιση των κινδύνων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων, οι παραγωγοί εφαρμόζουν επίσης στρατηγικές μετακίνησης του καλλιεργούμενου αποθέματος. Η πρακτική αυτή περιλαμβάνει τη μεταφορά των οργανισμών σε διαφορετικές θέσεις ή βάθος, ώστε να αποφεύγονται δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες, όπως η μεταφορά των οστρακοειδών σε ψυχρότερα νερά σε περιόδους καύσωνα ή μακριά από περιοχές όπου παρατηρείται υποβάθμιση της ποιότητας των υδάτων. Η ευελιξία αυτή συμβάλλει στη μείωση της θνησιμότητας κατά τη διάρκεια ακραίων περιβαλλοντικών φαινομένων.

Μια ακόμη αποτελεσματική στρατηγική είναι η πολυκαλλιέργεια, κατά την οποία καλλιεργούνται ταυτόχρονα περισσότερα από ένα είδη. Στα συστήματα καλλιέργειας δίθυρων μαλακίων, ο συνδυασμός διαφορετικών ειδών (για παράδειγμα, μυδιών με στρείδια ή άλγες) μετριάξει τον συνολικό κίνδυνο. Αν ένα είδος επηρεαστεί αρνητικά από κάποιον παράγοντα που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή, τα υπόλοιπα είδη ενδέχεται να συνεχίσουν να αναπτύσσονται κανονικά, διασφαλίζοντας ότι οι παραγωγοί δεν θα χάσουν το σύνολο της παραγωγής τους. Επιπλέον, η πολυκαλλιέργεια μπορεί να βελτιώσει την ποιότητα των υδάτων, καθώς ορισμένα είδη, όπως οι άλγες, απορροφούν την περίσσεια θρεπτικών συστατικών, συμβάλλοντας στον περιορισμό φαινομένων όπως ο ευτροφισμός.



Εικ. 23 - Προσαρμογή και μετριασμός της κλιματικής αλλαγής στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων μαλακίων

Σε γενικές γραμμές, αυτές οι στρατηγικές σε επίπεδο εκμετάλλευσης -που κυμαίνονται από την επιλεκτική καλλιέργεια και τη μετεγκατάσταση έως την τεχνολογική καινοτομία και τα διαφοροποιημένα συστήματα καλλιέργειας- είναι απαραίτητες για την ανάπτυξη της ανθεκτικότητας στην υδατοκαλλιέργεια. Υιοθετώντας συνδυαστικά αυτές τις προσεγγίσεις, ειδικά σε ευάλωτους τομείς όπως η καλλιέργεια δίθυρων, οι παραγωγοί

ανταπεξέρχονται καλύτερα τις περιβαλλοντικές αλλαγές, διατηρώντας παράλληλα βιώσιμες και παραγωγικές δραστηριότητες.

3.4.2 Αναγνώριση του ρόλου των τεχνολογικών καινοτομιών (αισθητήρες ελέγχου της ποιότητας του νερού) στην προσαρμογή και τον μετριασμό

Οι τεχνολογικές καινοτομίες, όπως οι αισθητήρες ποιότητας νερού, καθίστανται βασικός παράγοντας για την προσαρμογή των ιχθυοκαλλιεργειών στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και τον μετριασμό της.

Στην υδατοκαλλιέργεια οστρακοειδών (όπως στρείδια, μύδια και αχιβάδες), αυτά τα εργαλεία είναι ιδιαίτερα πολύτιμα επειδή τα δίθυρα είναι εξαιρετικά ευαίσθητα στις περιβαλλοντικές μεταβολές και δεν μπορούν εύκολα να μετακινηθούν ή να ελεγχθούν μετά την εγκατάστασή τους σε συστήματα ανοικτής θάλασσας.

Στο επίκεντρο αυτών των καινοτομιών βρίσκονται τα δίκτυα αισθητήρων σε πραγματικό χρόνο που μετρούν συνεχώς βασικές περιβαλλοντικές παραμέτρους, όπως η θερμοκρασία, το διαλυμένο οξυγόνο, η αλατότητα, το pH και τα επίπεδα χλωροφύλλης.

Αυτοί οι αισθητήρες μπορούν να τοποθετηθούν απευθείας σε παραγάδια, πλωτήρες ή συστήματα καλλιέργειας στον βυθό που χρησιμοποιούνται για την καλλιέργεια οστρακοειδών. Καθώς παρέχουν συνεχή δεδομένα, οι υδατοκαλλιεργητές ανιχνεύουν πρώιμες ενδείξεις περιβαλλοντικής καταπόνησης, όπως επεισόδια θέρμανσης, πτώσεις οξυγόνου ή επιβλαβείς αλλαγές στην αλατότητα, πριν φτάσουν σε κρίσιμα επίπεδα.

Αυτό ευνοεί την προσαρμογή, καθώς επιτρέπει γρήγορες αντιδράσεις, όπως την προσαρμογή της πυκνότητας του πληθυσμού, την καθυστέρηση της συγκομιδής ή την εφαρμογή στρατηγικών μετακίνησης του προϊόντος (για παράδειγμα, τη μετακίνηση των μαλακίων σε καταλληλότερες θέσεις ή βάθος).

Στην υδατοκαλλιέργεια δίθυρων, οι αισθητήρες είναι ιδιαίτερα σημαντικοί για την παρακολούθηση κινδύνων που σχετίζονται με τον ευτροφισμό και τις επιβλαβείς ανθίσεις αλγών (HAB). Για παράδειγμα, οι αισθητήρες χλωροφύλλης και θολρότητα υποδεικνύουν αυξήσεις του φυτοπλαγκτού, ενώ οι αισθητήρες οξυγόνου ανιχνεύουν υποξικές συνθήκες που προκαλεί η αποσύνθεση των αλγών. Τα συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης που βασίζονται σε αυτές τις μετρήσεις βοηθούν τους υδατοκαλλιεργητές να αποφεύγουν τη συγκομιδή κατά τη διάρκεια τοξικών φαινομένων άνθισης, γεγονός που προστατεύει τόσο τους πληθυσμούς όσο και την υγεία των καταναλωτών και μειώνει τις οικονομικές απώλειες.

Μια άλλη σημαντική λειτουργία της τεχνολογίας αισθητήρων είναι η βελτίωση της λήψης αποφάσεων και της αποτελεσματικότητας της διαχείρισης των μονάδων. Τα δεδομένα που συλλέγουν οι αισθητήρες μπορούν να ενσωματωθούν σε ψηφιακές πλατφόρμες ή μοντέλα πρόβλεψης περιβαλλοντικών μεταβολών, επιτρέποντας στους καλλιεργητές να παραμένουν σε ετοιμότητα για καύσωνες, καταιγίδες ή εποχικές μεταβολές.

Στα εκκολαπτήρια οστρακοειδών, η ακριβής παρακολούθηση της θερμοκρασίας, του pH και της αλατότητας είναι κρίσιμη για την ανάπτυξη των προνυμφών· οι

αισθητήρες εξασφαλίζουν σταθερές συνθήκες, βελτιώνοντας τα ποσοστά επιβίωσης και επιτρέποντας την παραγωγή πιο ανθεκτικών νεαρών οργανισμών (γόνων).

Από πλευράς μετριάσμού, οι εν λόγω τεχνολογίες συμβάλλουν επίσης στη μείωση του περιβαλλοντικού αποτυπώματος της υδατοκαλλιέργειας. Βελτιστοποιώντας την πυκνότητα πληθυσμού και τον χρόνο συγκομιδής βάσει πραγματικών συνθηκών, οι καλλιεργητές αποτρέπουν την υπερεκμετάλλευση των τοπικών πόρων και μειώνουν τη συσσώρευση αποβλήτων. Η παρακολούθηση των επιπέδων οξυγόνου και θρεπτικών ουσιών συμβάλλει στην αποφυγή της υπερβολικής συσσώρευσης οργανικής ύλης, η οποία μπορεί να επιδεινώσει την τοπική ποιότητα του νερού και να συμβάλει σε περαιτέρω περιβαλλοντική υποβάθμιση.

Σε ολοκληρωμένα συστήματα (π.χ. συνδυασμένη καλλιέργεια οστρακοειδών με άλγες), οι αισθητήρες μπορούν να παρακολουθούν την αποτελεσματικότητα απομάκρυνσης θρεπτικών στοιχείων, υποστηρίζοντας πιο βιώσιμες πρακτικές.

Μερικά παραδείγματα στην υδατοκαλλιέργεια οστρακοειδών και μαλακίων είναι τα ακόλουθα:

- **Συστήματα έξυπνων σημαντήρων** εξοπλισμένα με αισθητήρες πολλαπλών παραμέτρων που μεταδίδουν δεδομένα σε πραγματικό χρόνο στα τηλέφωνα ή τους υπολογιστές των υδατοκαλλιεργητών, τα οποία χρησιμοποιούνται συνήθως σε καλλιέργειες στρειδιών.
- **Σταθερές συστοιχίες αισθητήρων σε σχοινιά μυδιών** που παρακολουθούν τη θερμοκρασία και το οξυγόνο σε διαφορετικά βάθη, βοηθώντας τους καλλιεργητές να αποφασίζουν τον βέλτιστο χρόνο συγκομιδής ή να εντοπίζουν διαστρωμάτωση του νερού.
- **Συστήματα παρακολούθησης σε εκκολαπτήρια** που ελέγχουν αυστηρά το pH και τη θερμοκρασία για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων της οξίνισης των ωκεανών στις προνύμφες στρειδιών.
- **Δίκτυα έγκαιρης προειδοποίησης** για επιβλαβείς ανθίσεις φυτοπλαγκτού, όπου τα δεδομένα από περιφερειακούς αισθητήρες κοινοποιούνται σε πολλές εκμεταλλεύσεις.

Συνολικά, οι αισθητήρες παρακολούθησης ποιότητας νερού αποτελούν ένα ισχυρό εργαλείο τόσο για την προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες όσο και για τον μετριάσμό των αρνητικών επιπτώσεων. Στην υδατοκαλλιέργεια οστρακοειδών, όπου οι καλλιεργητές εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις φυσικές συνθήκες του νερού, αυτές οι τεχνολογίες ενισχύουν την ανθεκτικότητα, μειώνουν τον κίνδυνο και υποστηρίζουν πιο βιώσιμες και τεκμηριωμένες πρακτικές διαχείρισης.

3.4.3 Κατανόηση των πολιτικών, των πιστοποιήσεων και των βέλτιστων πρακτικών που προωθούν την κλιματικά έξυπνη υδατοκαλλιέργεια (πρότυπα FAO, GAA και ASC)

Η κλιματικά έξυπνη υδατοκαλλιέργεια υποστηρίζεται από μια σειρά διεθνών πολιτικών, συστημάτων πιστοποίησης και βέλτιστων πρακτικών που έχουν ως στόχο να καταστήσουν

την ιχθυοκαλλιέργεια και την καλλιέργεια οστρακοειδών πιο βιώσιμη, ανθεκτική και περιβαλλοντικά υπεύθυνη.

Βασικοί οργανισμοί όπως ο Οργανισμός Τροφίμων και Γεωργίας των Ηνωμένων Εθνών (FAO), η Παγκόσμια Συμμαχία για την Υδατοκαλλιέργεια (GAA) και το Συμβούλιο Διαχείρισης Υδατοκαλλιεργείας (ASC) διαδραματίζουν καθοριστικό ρόλο σε αυτές τις προσπάθειες.

Ο FAO παρέχει παγκόσμιες κατευθυντήριες γραμμές και συστάσεις που προάγουν τη βιώσιμη ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας. Ενθαρρύνει την εφαρμογή πρακτικών που μετριάζουν τον περιβαλλοντικό αντίκτυπο, βελτιώνουν την αποδοτική χρήση των φυσικών πόρων και ενισχύουν την προσαρμογή των μονάδων στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής. Παραδείγματα αποτελούν η κατάλληλη επιλογή τοποθεσίας, η διαχείριση με βάση το οικοσύστημα και η υπεύθυνη χρήση του νερού και των ζωοτροφών. Οι πολιτικές του FAO δίνουν έμφαση στην ανθεκτικότητα, βοηθώντας τους παραγωγούς υδατοκαλλιεργείας να προετοιμαστούν για ακραία καιρικά φαινόμενα και αλλαγές στις συνθήκες του νερού.

Τα συστήματα πιστοποίησης, όπως το Best Aquaculture Practices (BAP – Βέλτιστες Πρακτικές Υδατοκαλλιεργείας) της Global Aquaculture Alliance (GAA – Παγκόσμια Συμμαχία Υδατοκαλλιεργείας) και τα πρότυπα του Aquaculture Stewardship Council (ASC – Συμβούλιο Διαχείρισης Υδατοκαλλιεργείας), καθορίζουν συγκεκριμένα κριτήρια που πρέπει να πληρούν οι μονάδες υδατοκαλλιεργείας προκειμένου να αναγνωρίζονται ως βιώσιμες. Οι πιστοποιήσεις αυτές εστιάζουν στη διαχείριση της ποιότητας των υδάτων, στην προστασία της βιοποικιλότητας, στην υγεία και την ευζωία των εκτρεφόμενων οργανισμών, καθώς και στην κοινωνική υπευθυνότητα. Στο πλαίσιο της κλιματικής αλλαγής, προωθούν τη μείωση της ρύπανσης, την αποδοτική χρήση της ενέργειας και τη συστηματική παρακολούθηση των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Ειδικότερα για την καλλιέργεια οστρακοειδών, τα πρότυπα του ASC δίνουν έμφαση στη διατήρηση υψηλής ποιότητας των υδάτων και στην προστασία των γειτονικών οικοσυστημάτων.

Οι βέλτιστες πρακτικές που προωθούνται σε αυτά τα πλαίσια περιλαμβάνουν την τακτική παρακολούθηση της ποιότητας του νερού, την εφαρμογή κατάλληλων πυκνοτήτων πληθυσμού, τη χρήση ανθεκτικότερων ειδών ή στελεχών και τη μείωση των αποβλήτων. Παράλληλα, υποστηρίζουν καινοτομίες όπως η ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια (για παράδειγμα, ο συνδυασμός οστρακοειδών με άλγες), η οποία βελτιώνει τις περιβαλλοντικές επιδόσεις.

Συνολικά, αυτές οι πολιτικές και οι πιστοποιήσεις συμβάλλουν στη διασφάλιση της προετοιμασίας των συστημάτων υδατοκαλλιεργείας για την κλιματική αλλαγή, ελαχιστοποιώντας παράλληλα τους κινδύνους.