



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ
ΚΑΙ ΥΔΑΤΙΝΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Κλιματική Αλλαγή και Κίνδυνοι Αλιευτικών Προϊόντων»

Σπυρίδων Δριτσέλης

ΒΟΛΟΣ, 2025

«Κλιματική Αλλαγή και Κίνδυνοι Αλιευτικών Προϊόντων»

Climate change and seafood hazards

Τριμελής Εξεταστική Επιτροπή:

1) **Ιωάννης Σ. Μποζιάρης** , Καθηγητής, Υγιεινή και Συντήρηση Ιχθυηρών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Επιβλέπων**.

2) **Φωτεινή Φ. Παρλαπάνη** , Επίκουρος Καθηγήτρια, Μοριακή Μικροβιολογία και Ποιότητα Αλιευτικών Προϊόντων – Τροφίμων, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, **Μέλος**.

3) **Ιωάννης Καραπαναγιωτίδης** , Καθηγητής, Διατροφή Υδρόβιων Ζωικών Οργανισμών., Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, , Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

Ευχαριστίες

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα εργασία διερευνά τη σχέση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και των κινδύνων των αλιευτικών προϊόντων, μέσω μιας συστηματικής βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα παγκόσμια θαλάσσια οικοσυστήματα, δημιουργώντας προκλήσεις για την ασφάλεια και τη βιωσιμότητα της αλιείας. Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες, η οξίνιση των ωκεανών και οι αλλαγές στις θαλάσσιες συνθήκες συμβάλλουν στη συσσώρευση τοξικών ουσιών και στην ανάπτυξη επιβλαβών μικροοργανισμών στα ψάρια, υπονομεύοντας την ποιότητα και την ασφάλεια των τροφίμων.

Η παρούσα ανασκόπηση εστιάζει στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων, αναδεικνύοντας τους τρόπους με τους οποίους οι αυξανόμενες θερμοκρασίες, η οξίνιση των ωκεανών και οι μεταβολές στα θαλάσσια οικοσυστήματα επηρεάζουν τη μικροβιολογική ποιότητα, την παρουσία τοξινών και παθογόνων μικροοργανισμών, καθώς και τη χημική σύσταση των προϊόντων αλιείας. ενώ παράλληλα εξετάζει τους μικροβιολογικούς κινδύνους και τις πιθανές επιπτώσεις στη δημόσια υγεία. Επιπλέον, αναδεικνύονται οι οικονομικές συνέπειες για τον κλάδο της αλιείας, καθώς και οι προοπτικές για την εφαρμογή προσαρμοστικών μέτρων και τεχνολογιών για την ενίσχυση της βιωσιμότητας και της ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων.

Η εργασία προτείνει την ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας, την υιοθέτηση βιώσιμων πρακτικών διαχείρισης και την αξιοποίηση νέων τεχνολογιών ως μέτρα μετριασμού των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής. Τέλος, καταλήγει ότι η ενίσχυση της έρευνας και της πολιτικής συντονισμού είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της ποιότητας των αλιευτικών προϊόντων και της υγείας των καταναλωτών.

Λέξεις κλειδιά: Κλιματική Αλλαγή, Ασφάλεια Τροφίμων, Αλιευτικά Προϊόντα, Μικροβιολογικοί Κίνδυνοι, χημικοί κίνδυνοι.

ABSTRACT

This paper explores the relationship between climate change and the hazards of fishery products, through a systematic literature review. Climate change is affecting global marine ecosystems, creating challenges for the safety and sustainability of fisheries. Rising temperatures, ocean acidification and changes in marine conditions contribute to the accumulation of toxic substances and the growth of harmful microorganisms in fish, undermining food quality and safety. This review focuses on the impacts of climate change on the safety of fishery products, highlighting the ways in which rising temperatures, ocean acidification and changes in marine ecosystems affect the microbiological quality, the presence of toxins and pathogens, and the chemical composition of fishery products. while also examining microbiological risks and potential public health implications. In addition, the economic consequences for the fishing industry are highlighted, as well as the prospects for the implementation of adaptive measures and technologies to enhance the sustainability and safety of fishery products.

The paper proposes the strengthening of international cooperation, the adoption of sustainable management practices and the exploitation of new technologies as measures to mitigate the effects of climate change. Finally, it concludes that the strengthening of research and policy coordination is necessary to ensure the quality of fishery products and the health of consumers.

KEYWORDS

Climate Change, Food Safety, seafood, microbiological hazards, chemical hazards.

Περιεχόμενα

«Κλιματική Αλλαγή και Κίνδυνοι Αλιευτικών Προϊόντων»	1
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	2
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ	2
ABSTRACT	3
KEYWORDS	3
1 ^ο Κεφάλαιο Εισαγωγή	4
1.1 Ορισμός και Φαινόμενα Κλιματικής Αλλαγής	4
1.2 Επιπτώσεις στην Αλιεία	6
1.2.2 Διαταραχές στα Θαλάσσια Οικοσυστήματα	9
1.3 Ορισμός Ασφάλειας Τροφίμων	13
1.4 Κίνδυνοι που Συνδέονται με τα Αλιευτικά Προϊόντα	14
1.5 Κανονισμοί και Νομοθεσία για την Ασφάλεια Αλιευτικών Προϊόντων	17
1.6 Κίνδυνοι για Δημόσια Υγεία, Οικονομία, Εμπόριο	23
1.7 Σκοπός και Στόχοι Εργασίας	32
2 ^ο Κεφάλαιο Μεθοδολογία	33
2.1 Καθορισμός Λέξεων-Κλειδιών	33
2.2 Βιβλιοθήκες και Βάσεις Δεδομένων	33
2.3 Κριτήρια Συμπερίληψης και Αποκλεισμού	34
2.4 Αναζήτηση και Αρχική Επιλογή Μελετών	34
2.5 Διάγραμμα Ροής	36
2.6 Πίνακας Μελετών	36
3 ^ο Κεφάλαιο Αποτελέσματα – Μετανάλυση	43
3.1 Αλλαγές στις Θαλάσσιες Συνθήκες	43
3.2 Συσσώρευση Τοξικών Ουσιών	47

3.3 Μικροβιολογικοί Κίνδυνοι	50
3.4 Ανάλυση Μελετών – Συγκριτικά Σχόλια	53
4 ^ο Κεφάλαιο Συζήτηση – Συμπεράσματα	58
4.1 Συζήτηση των ευρημάτων	58
4.2 Περιορισμοί της μελέτης	60
4.3 Προτάσεις και Μέτρα Αντιμετώπισης	62
4.4 Μελλοντικές Ερευνητικές Κατευθύνσεις	64
4.5 Σύνοψη Συμπερασμάτων	67
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	71

Κατάλογος Πινάκων

Πίνακας 3.1: Μετανάλυση Μελετών για Αλλαγές στις Θαλάσσιες Συνθήκες

Πίνακας 3.2: Μετανάλυση Μελετών για Συσσωρευση Τοξικών Ουσιών

Πίνακας 3.3: Μετανάλυση Μελετών για Μικροβιολογικούς Κινδύνους

Πίνακας 3.4: Συγκριτική Ανάλυση Μελετών

1^ο Κεφάλαιο: Εισαγωγή

1.1 Ορισμός και Φαινόμενα Κλιματικής Αλλαγής

Η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της θερμοκρασίας των θαλασσών και των ωκεανών, γεγονός που επηρεάζει δραστικά τη ζωή στα υδάτινα οικοσυστήματα. Σύμφωνα με την Ειδική Έκθεση του IPCC για τους Ωκεανούς και την Κρυόσφαιρα (2019), οι παγκόσμιες θερμοκρασίες των θαλασσών έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία 50 χρόνια, με τη μέση θερμοκρασία των ωκεανών να αυξάνεται κατά 0,12°C ανά δεκαετία από τη δεκαετία του 1970. Αυτή η αύξηση προκαλεί αλλαγές στη βιοποικιλότητα των θαλασσών, καθώς πολλά θαλάσσια είδη είτε μεταναστεύουν προς ψυχρότερες περιοχές είτε μειώνονται πληθυσμιακά, λόγω της αδυναμίας τους να προσαρμοστούν στις νέες θερμοκρασίες (Cheung et al., 2016).

Η αύξηση της θερμοκρασίας των θαλασσών επηρεάζει τη συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου στο νερό. Οι θερμότερες θάλασσες έχουν μειωμένη ικανότητα να διατηρούν διαλυμένο οξυγόνο, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη ζωνών χαμηλού οξυγόνου, γνωστών ως "νεκρές ζώνες" (Breitburg et al., 2018). Αυτές οι περιοχές χαρακτηρίζονται από εξαιρετικά χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου, κάτι που καθιστά τη ζωή δύσκολη για πολλά θαλάσσια είδη. Οι νεκρές ζώνες έχουν αυξηθεί σημαντικά τα τελευταία χρόνια, κυρίως λόγω της συνδυαστικής επίδρασης της κλιματικής αλλαγής και της ρύπανσης των θαλασσών από τις ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως η υπερθέρμανση των υδάτων και η απορροή λιπασμάτων (Diaz & Rosenberg, 2008). Εκτός από τις θερμοκρασίες και τα επίπεδα οξυγόνου, η οξίνιση των ωκεανών είναι ένα ακόμη κρίσιμο φαινόμενο που σχετίζεται με την κλιματική αλλαγή. Η αυξημένη

συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα απορροφάται από τους ωκεανούς, προκαλώντας χημικές αντιδράσεις που οδηγούν στην αύξηση της οξύτητας των υδάτων (Doney et al., 2020). Αυτή η διαδικασία έχει σοβαρές επιπτώσεις για τα θαλάσσια οικοσυστήματα, ιδιαίτερα για τους οργανισμούς που εξαρτώνται από το ασβέστιο, όπως τα κοράλλια και τα μαλάκια. Η μειωμένη διαθεσιμότητα ανθρακικών ιόντων στο νερό επηρεάζει την ικανότητα αυτών των οργανισμών να δημιουργούν και να διατηρούν τους σκελετούς και τα κελύφη τους, γεγονός που θέτει σε κίνδυνο ολόκληρες τροφικές αλυσίδες και οικοσυστήματα (Ort et al., 2005).

Η άνοδος της στάθμης των θαλασσών, που οφείλεται στη θερμική διαστολή του νερού και το λιώσιμο των παγετώνων και των πάγων, είναι ένα άλλο σημαντικό φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας επηρεάζει τις παράκτιες περιοχές και τα παράκτια οικοσυστήματα, ενώ αυξάνει τον κίνδυνο πλημμυρών και διάβρωσης. Παράλληλα, απειλεί την ύπαρξη οικοτόπων όπως οι υγρότοποι και οι κοραλλιογενείς ύφαλοι, οι οποίοι παρέχουν καταφύγιο και τροφή για μεγάλο αριθμό θαλάσσιων ειδών (Nicholls & Cazenave, 2010).

Εκτός από τις φυσικές αλλαγές στις θάλασσες, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει άμεσα και έμμεσα την παραγωγή και διαθεσιμότητα τροφίμων, ιδιαίτερα όσον αφορά την αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες. Η μείωση των πληθυσμών των ψαριών λόγω της υπερθέρμανσης των ωκεανών και των αλλαγών στα επίπεδα οξυγόνου οδηγεί σε σημαντική μείωση της αλιευτικής παραγωγής σε πολλές περιοχές του κόσμου (Sumaila et al., 2019). Οι πληθυσμοί ψαριών μεταναστεύουν σε νέες περιοχές, γεγονός που αλλάζει τη δυναμική των τοπικών αλιευτικών βιομηχανιών και επιφέρει οικονομικές και κοινωνικές επιπτώσεις στις κοινότητες που εξαρτώνται από την αλιεία για την επιβίωσή τους (Lam et al., 2020).

Ακόμη, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τα πρότυπα καιρικών φαινομένων, αυξάνοντας τη συχνότητα και ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι τυφώνες, οι καταιγίδες και οι πλημμύρες. Αυτά τα φαινόμενα μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές ζημιές στις υποδομές της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας, επηρεάζοντας τόσο την παραγωγή όσο και την ποιότητα των αλιευτικών προϊόντων (FAO, 2020).

Συνολικά, η κλιματική αλλαγή έχει βαθιές επιπτώσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα και στους οργανισμούς που εξαρτώνται από αυτά, καθώς και στη δυνατότητα των ανθρώπινων κοινοτήτων να εκμεταλλεύονται βιώσιμα τους πόρους των ωκεανών. Η αναγνώριση αυτών των επιπτώσεων και η λήψη μέτρων για την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και την προσαρμογή στις νέες συνθήκες αποτελεί κρίσιμη πρόκληση για τις επόμενες δεκαετίες.

1.2 Επιπτώσεις στην Αλιεία

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί μία από τις μεγαλύτερες απειλές για τα θαλάσσια οικοσυστήματα και επηρεάζει δραματικά την αλιεία παγκοσμίως. Οι μεταβολές στη θερμοκρασία των ωκεανών, η αυξανόμενη οξίνιση των υδάτων και η μείωση των επιπέδων οξυγόνου έχουν σοβαρές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα των θαλάσσιων ειδών, οδηγώντας σε μείωση των πληθυσμών ιχθύων και σε μεταναστευτικά πρότυπα που διαφοροποιούν τα οικοσυστήματα. Αυτό το κείμενο αναλύει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιοποικιλότητα, τη μείωση των πληθυσμών των ψαριών και τις μεταναστεύσεις ειδών, και πώς αυτές οι αλλαγές επηρεάζουν την αλιεία και τις παγκόσμιες αλιευτικές κοινότητες. Οι αλλαγές αυτές δεν επηρεάζουν μόνο τη διαθεσιμότητα και την ποσότητα των αλιευμάτων, αλλά και την ποιότητά τους, με άμεσες συνέπειες για την ασφάλεια των τροφίμων. Τα είδη που μεταναστεύουν σε νέες περιοχές μπορεί να εκτεθούν σε διαφορετικούς ρύπους ή παθογόνα, αυξάνοντας τους υγειονομικούς κινδύνους. Οι πιέσεις στα θαλάσσια οικοσυστήματα οδηγούν σε

υπεραλίευση και σε χρήση μη βιώσιμων πρακτικών, γεγονός που επιβαρύνει περαιτέρω το πρόβλημα. Η προσαρμογή της αλιευτικής πολιτικής και η εφαρμογή μέτρων βιώσιμης διαχείρισης κρίνονται απαραίτητα για την προστασία των αλιευτικών αποθεμάτων και της δημόσιας υγείας.

Αλλαγές στη Βιοποικιλότητα

Η βιοποικιλότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων είναι εξαιρετικά ευαίσθητη στις περιβαλλοντικές αλλαγές, και η κλιματική αλλαγή προκαλεί σημαντικές διαταραχές σε αυτό το πλαίσιο. Η άνοδος της θερμοκρασίας των ωκεανών οδηγεί σε αλλαγές στους βιότοπους και στα οικοσυστήματα, προκαλώντας την εξαφάνιση ειδών που δεν μπορούν να προσαρμοστούν στις νέες κλιματικές συνθήκες. Σύμφωνα με τον Cheung et al. (2016), η θερμοκρασία της θάλασσας επηρεάζει άμεσα τη φυσιολογία των ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών, μειώνοντας την ικανότητά τους να αναπνέουν, να αναπαράγονται και να επιβιώνουν. Η μείωση της βιοποικιλότητας οδηγεί σε απώλεια οικολογικών υπηρεσιών, όπως η ρύθμιση των τροφικών αλυσίδων και η ανακύκλωση θρεπτικών ουσιών.

Η αυξανόμενη οξίνιση των ωκεανών είναι μια ακόμη σημαντική αιτία για τις αλλαγές στη βιοποικιλότητα. Η οξίνιση προκαλείται από την απορρόφηση διοξειδίου του άνθρακα από τους ωκεανούς, με αποτέλεσμα τη μείωση των ανθρακικών ιόντων, τα οποία είναι ζωτικής σημασίας για τους οργανισμούς που βασίζονται στο ασβέστιο, όπως τα κοράλλια και τα μαλάκια (Doney et al., 2020). Αυτή η χημική αλλαγή επηρεάζει ολόκληρες τροφικές αλυσίδες, με σοβαρές συνέπειες για τα είδη που εξαρτώνται από αυτά τα οικοσυστήματα για την τροφή και την προστασία τους. Για παράδειγμα, οι ύφαλοι κοραλλιών, οι οποίοι είναι από τους πιο σημαντικούς βιολογικούς πόρους στον κόσμο, απειλούνται σοβαρά από την οξίνιση και τις αυξανόμενες θερμοκρασίες (Hoegh-Guldberg et al., 2019).

Οι αλλαγές στη βιοποικιλότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων δεν επηρεάζουν μόνο τα ίδια τα οικοσυστήματα αλλά και τις ανθρώπινες κοινωνίες που εξαρτώνται από αυτά. Η αλιεία είναι ζωτικής σημασίας για εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως, προσφέροντας τόσο διατροφικά οφέλη όσο και οικονομικές ευκαιρίες. Η μείωση της βιοποικιλότητας σημαίνει μείωση των ψαριών που διατίθενται για την αλιεία, γεγονός που επιβαρύνει τις αλιευτικές κοινότητες και την παγκόσμια αγορά τροφίμων (FAO, 2020).

Μείωση Πληθυσμών Ιχθύων

Ένα από τα πλέον ανησυχητικά αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής είναι η μείωση των πληθυσμών ιχθύων. Οι αυξημένες θερμοκρασίες των ωκεανών και η μείωση των επιπέδων οξυγόνου επηρεάζουν τη βιολογία των ψαριών, καθιστώντας δύσκολη την αναπαραγωγή και την επιβίωσή τους. Σύμφωνα με μελέτες, πολλές περιοχές του πλανήτη παρατηρούν σημαντική μείωση των πληθυσμών των ψαριών, ιδιαίτερα σε εύκρατες και τροπικές περιοχές (Free et al., 2019). Αυτή η μείωση οδηγεί σε προβλήματα όχι μόνο για την οικολογία αλλά και για την ανθρώπινη επιβίωση, δεδομένου ότι οι κοινότητες που βασίζονται στην αλιεία βρίσκονται αντιμέτωπες με σοβαρές οικονομικές δυσκολίες.

Η μείωση των πληθυσμών ιχθύων επηρεάζεται επίσης από την αυξημένη συχνότητα και ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, όπως οι τυφώνες και οι καταιγίδες, που προκαλούν ζημιές στα θαλάσσια οικοσυστήματα και τις αλιευτικές υποδομές (Lam et al., 2020). Τα ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν άμεσες επιπτώσεις στους πληθυσμούς ψαριών, καθώς τα καταστροφικά φαινόμενα μπορούν να οδηγήσουν σε μείωση των διαθεσίμων αλιευτικών περιοχών, καταστρέφοντας βιότοπους και μειώνοντας την παραγωγική ικανότητα των οικοσυστημάτων.

Επιπλέον, η υπερθέρμανση των ωκεανών προκαλεί αλλαγές στους ρυθμούς ανάπτυξης των ψαριών, μειώνοντας την ταχύτητα ανάπτυξής τους και κατά συνέπεια το μέγεθός τους (Cheung et al., 2013). Αυτή η αλλαγή είναι ιδιαίτερα σημαντική για τα εμπορικά εκμεταλλεύσιμα είδη ψαριών, όπως ο τόνος και ο σολομός, που παρουσιάζουν μείωση στο μέγεθός τους λόγω της μείωσης των τροφικών τους πόρων και των αλλαγών στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

Μετανάστευση Ειδών

Η κλιματική αλλαγή επηρεάζει επίσης τα πρότυπα μετανάστευσης των θαλάσσιων ειδών, καθώς οι ψαροπαγίδες και οι αλιευτικές περιοχές που παραδοσιακά εκμεταλλεύονταν οι αλιευτικές κοινότητες, αλλάζουν. Η μετακίνηση των ψαριών προς ψυχρότερες περιοχές είναι ένα φαινόμενο που καταγράφεται ολοένα και πιο συχνά (Pinsky et al., 2018). Οι περιοχές που παραδοσιακά ήταν πλούσιες σε ψάρια βλέπουν τους πληθυσμούς τους να μειώνονται, ενώ άλλες περιοχές, όπως οι πιο ψυχρές θάλασσες, βιώνουν αυξήσεις πληθυσμών.

Αυτό το φαινόμενο δημιουργεί προκλήσεις για τις τοπικές αλιευτικές κοινότητες, καθώς οι παραδοσιακές μέθοδοι αλιείας και οι περιοχές αλίευσης καθίστανται αναποτελεσματικές. Η μετακίνηση των ψαριών οδηγεί επίσης σε συγκρούσεις για την εκμετάλλευση των νέων αλιευτικών περιοχών, καθώς οι αλιευτικές βιομηχανίες προσαρμόζονται στις νέες συνθήκες (Lam et al., 2020). Επιπλέον, η μετανάστευση ειδών μπορεί να επιβαρύνει τα νέα οικοσυστήματα, προκαλώντας ανταγωνισμό με τα τοπικά είδη και διαταράσσοντας την οικολογική ισορροπία (FAO, 2020).

Η μετανάστευση ειδών επηρεάζει επίσης την παγκόσμια αγορά τροφίμων, καθώς οι καταναλωτές βλέπουν αλλαγές στη διαθεσιμότητα και τις τιμές των αλιευτικών προϊόντων. Οι χώρες που εξαρτώνται από την αλιεία για την τροφή τους, ιδιαίτερα οι φτωχότερες παράκτιες περιοχές, αντιμετωπίζουν δυσκολίες στην εξασφάλιση

σταθερής προμήθειας ψαριών, γεγονός που επιδεινώνει τη διατροφική ανασφάλεια (Sumaila et al., 2019). Οι αλλαγές στις μεταναστεύσεις ειδών μπορούν επίσης να επηρεάσουν την αλιευτική βιομηχανία, καθώς οι επιχειρήσεις πρέπει να επενδύσουν σε νέα μέσα και τεχνολογίες για να εντοπίσουν και να αλιεύσουν τα μεταναστευτικά είδη.

Επιπτώσεις στην Αλιεία και τις Κοινότητες

Οι επιπτώσεις των παραπάνω αλλαγών είναι σημαντικές για την παγκόσμια αλιεία και τις παράκτιες κοινότητες. Η αλιεία αποτελεί βασική πηγή εισοδήματος για εκατομμύρια ανθρώπους, ενώ η διατροφική ασφάλεια εκατομμυρίων άλλων εξαρτάται από την πρόσβαση σε αλιευτικά προϊόντα. Οι αλλαγές στη βιοποικιλότητα, η μείωση των πληθυσμών των ψαριών και η μεταναστευτική συμπεριφορά των ειδών επηρεάζουν την αειφορία της αλιείας, επιδεινώνοντας την κατάσταση στις φτωχότερες περιοχές που εξαρτώνται από αυτήν για την επιβίωσή τους (FAO, 2020).

Επιπλέον, οι αλλαγές αυτές επηρεάζουν τη βιωσιμότητα της εμπορικής αλιείας. Οι αλιευτικές επιχειρήσεις βρίσκονται αντιμέτωπες με την ανάγκη προσαρμογής σε νέα δεδομένα, επενδύοντας σε νέα τεχνολογία και στρατηγικές αλίευσης. Η διαχείριση της αλιείας πρέπει να εξελιχθεί για να διατηρηθούν οι πόροι και να εξασφαλιστεί η μακροπρόθεσμη επιβίωση του τομέα. Η παγκόσμια συνεργασία και η θέσπιση αποτελεσματικών πολιτικών για την αντιμετώπιση της κλιματικής αλλαγής είναι ζωτικής σημασίας για να διασφαλιστεί ότι η αλιεία θα παραμείνει μια βιώσιμη πηγή τροφίμων και εισοδήματος για τις επόμενες γενιές (Pinsky et al., 2018).

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην αλιεία είναι πολύπλευρες και απειλούν τόσο τα θαλάσσια οικοσυστήματα όσο και τις κοινότητες που εξαρτώνται από αυτά. Οι αλλαγές στη βιοποικιλότητα, η μείωση των πληθυσμών των ψαριών και οι μεταναστεύσεις ειδών αποτελούν μεγάλες προκλήσεις για τη βιώσιμη διαχείριση των

θαλάσσιων πόρων. Η κατανόηση αυτών των φαινομένων και η λήψη κατάλληλων μέτρων προσαρμογής είναι ζωτικής σημασίας για την προστασία της αλιείας και των αλιευτικών κοινοτήτων σε έναν κόσμο που αντιμετωπίζει ραγδαίες κλιματικές αλλαγές.

1.2 .2 Διαταραχές στα Θαλάσσια Οικοσυστήματα

Η κλιματική αλλαγή και οι ανθρωπογενείς δραστηριότητες προκαλούν σημαντικές διαταραχές στα θαλάσσια οικοσυστήματα, μεταβάλλοντας τις δυναμικές των οικοσυστημάτων και επηρεάζοντας τη βιοποικιλότητα, τις τροφικές αλυσίδες, και κατ' επέκταση την αλιεία. Οι μεταβολές αυτές επηρεάζουν τα θαλάσσια οικοσυστήματα με τρόπους που δεν έχουν καταγραφεί στο παρελθόν, καθώς οι αυξανόμενες θερμοκρασίες, η οξίνιση των ωκεανών, η μείωση των επιπέδων οξυγόνου και η μόλυνση οδηγούν σε ριζικές αλλαγές στις λειτουργίες των οικοσυστημάτων. Οι συνέπειες αυτών των αλλαγών είναι πολλαπλές και βαθιές, με άμεσες επιπτώσεις στην αλιεία, τις αλιευτικές κοινότητες, και την παγκόσμια οικονομία. Η μείωση των πληθυσμών των θαλάσσιων ειδών και η εμφάνιση νέων, εισβολικών ειδών δημιουργούν προκλήσεις για τη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και την εξασφάλιση ασφαλών αλιευτικών προϊόντων. Ταυτόχρονα, η αύξηση των περιστατικών θαλάσσιων ασθενειών και η συσσώρευση τοξικών ουσιών σε θαλάσσιους οργανισμούς αυξάνουν τους κινδύνους για τη δημόσια υγεία. Για να διασφαλιστεί η βιωσιμότητα της αλιείας και η ασφάλεια των προϊόντων, απαιτείται η ενίσχυση της παρακολούθησης των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και η προσαρμογή των διαχειριστικών στρατηγικών στις νέες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Θερμοκρασίες και Οξίνιση των Ωκεανών

Η άνοδος της θερμοκρασίας των θαλασσών είναι μία από τις κύριες επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, με σοβαρές συνέπειες για τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Τα ωκεάνια ρεύματα και τα θερμοκρασιακά πρότυπα αλλάζουν, επηρεάζοντας τη διανομή και την αφθονία των θαλάσσιων οργανισμών (Cheung et al., 2016). Καθώς οι θερμοκρασίες αυξάνονται, τα ψάρια και άλλοι θαλάσσιοι οργανισμοί μετακινούνται σε ψυχρότερες περιοχές, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται κενά σε οικοσυστήματα που εξαρτώνται από συγκεκριμένα είδη. Για παράδειγμα, οι κοραλλιογενείς ύφαλοι είναι εξαιρετικά ευαίσθητοι στην άνοδο της θερμοκρασίας, γεγονός που προκαλεί μαζική λεύκανση των κοραλλιών και απώλεια βιοποικιλότητας (Hoegh-Guldberg et al., 2019). Η λεύκανση των κοραλλιών έχει καταστροφικές συνέπειες για τα οικοσυστήματα, καθώς οι ύφαλοι φιλοξενούν μεγάλο αριθμό ειδών και παρέχουν τροφή και καταφύγιο σε πολλά ψάρια.

Η οξίνιση των ωκεανών αποτελεί μια ακόμη μεγάλη απειλή για τα θαλάσσια οικοσυστήματα. Η αυξημένη συγκέντρωση διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) στην ατμόσφαιρα προκαλεί την απορρόφηση περισσότερου CO_2 από τους ωκεανούς, οδηγώντας σε χημικές αντιδράσεις που αυξάνουν την οξύτητα των υδάτων. Αυτό επηρεάζει οργανισμούς που εξαρτώνται από το ασβέστιο, όπως τα κοράλλια, τα μαλάκια και οι πλαγκτονικοί οργανισμοί. Η μείωση της διαθεσιμότητας ανθρακικών ιόντων στο νερό καθιστά δύσκολη την ανάπτυξη και διατήρηση των κελυφών και των σκελετών αυτών των οργανισμών, διαταράσσοντας τις τροφικές αλυσίδες (Doney et al., 2020). Η οξίνιση επηρεάζει αρνητικά επίσης τα ψάρια, καθώς οι αλλαγές στην οξύτητα μπορούν να επηρεάσουν την ανάπτυξή τους και τη συμπεριφορά τους, καθιστώντας τα πιο ευάλωτα σε θηρευτές.

Μείωση των Επιπέδων Οξυγόνου

Η μείωση των επιπέδων οξυγόνου στις θάλασσες και τους ωκεανούς αποτελεί έναν ακόμη παράγοντα που προκαλεί διαταραχές στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Οι αυξημένες θερμοκρασίες των ωκεανών οδηγούν σε μείωση της ποσότητας διαλυμένου οξυγόνου στο νερό, καθώς το ζεστό νερό έχει μικρότερη ικανότητα να διατηρεί οξυγόνο σε σύγκριση με το ψυχρό νερό (Breitburg et al., 2018). Αυτή η μείωση δημιουργεί ζώνες χαμηλού οξυγόνου, γνωστές και ως “νεκρές ζώνες,” όπου η ζωή δυσκολεύεται να επιβιώσει. Αυτές οι ζώνες έχουν αυξηθεί σημαντικά τις τελευταίες δεκαετίες, κυρίως λόγω της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης των υδάτων, αλλά και της ρύπανσης, που ευνοεί την ευτροφία.

Η εμφάνιση νεκρών ζωνών έχει σοβαρές επιπτώσεις στην αλιεία, καθώς τα ψάρια και άλλοι θαλάσσιοι οργανισμοί αποφεύγουν αυτές τις περιοχές, οδηγώντας σε μείωση της παραγωγικότητας των οικοσυστημάτων. Σύμφωνα με έρευνες, η αλιευτική παραγωγή σε περιοχές με χαμηλό οξυγόνο είναι σημαντικά μειωμένη, προκαλώντας απώλειες για τις αλιευτικές βιομηχανίες και τις κοινότητες που εξαρτώνται από την αλιεία για την επιβίωσή τους (Diaz & Rosenberg, 2008). Επιπλέον, οι χαμηλές συγκεντρώσεις οξυγόνου επηρεάζουν την ανάπτυξη και την αναπαραγωγή των ψαριών, οδηγώντας σε μακροπρόθεσμες απώλειες στους πληθυσμούς τους.

Διαταραχές στις Τροφικές Αλυσίδες

Οι παραπάνω περιβαλλοντικές μεταβολές διαταράσσουν επίσης τις τροφικές αλυσίδες των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Η μετατόπιση ειδών σε νέες περιοχές λόγω των αυξημένων θερμοκρασιών ή της οξίνισης επηρεάζει την αλληλεπίδραση μεταξύ θηρευτών και θηραμάτων. Τα ψάρια που εξαρτώνται από συγκεκριμένες πηγές τροφής μπορεί να βρεθούν σε περιοχές όπου οι πόροι αυτοί είναι σπάνιοι, γεγονός που μειώνει τη δυνατότητα επιβίωσής τους. Για παράδειγμα, οι κρύες

θάλασσες του Βόρειου Ατλαντικού και του Αρκτικού κύκλου φιλοξενούν ψάρια που προσαρμόζονται αργά στις αλλαγές θερμοκρασίας, με αποτέλεσμα να απειλούνται από τη μετατόπιση των ειδών που συνθέτουν την τροφική τους βάση (Sumaila et al., 2019).

Επιπλέον, τα μικρότερα είδη, όπως το πλαγκτόν, επηρεάζονται άμεσα από την οξίνιση και την άνοδο της θερμοκρασίας, κάτι που έχει αλυσιδωτές επιπτώσεις σε ολόκληρες τροφικές αλυσίδες. Το πλαγκτόν αποτελεί την κύρια πηγή τροφής για πολλά θαλάσσια είδη, και οι μεταβολές στους πληθυσμούς του προκαλούν διαταραχές σε ολόκληρα οικοσυστήματα. Σύμφωνα με έρευνες, η παραγωγικότητα του θαλάσσιου πλαγκτόν μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας των θαλασσών, γεγονός που επιβαρύνει την παραγωγή τροφής για μεγαλύτερους οργανισμούς (Boyce et al., 2010).

Επιπτώσεις για την Αλιεία

Οι διαταραχές στα θαλάσσια οικοσυστήματα έχουν άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στην αλιεία και στις κοινότητες που εξαρτώνται από αυτήν. Η μετατόπιση ειδών σε νέες γεωγραφικές περιοχές αλλάζει τη διαθεσιμότητα των ψαριών για την αλιεία, δημιουργώντας αβεβαιότητες για τους αλιευτικούς πόρους και τις βιομηχανίες. Οι αλιευτικές κοινότητες στις παραδοσιακές αλιευτικές περιοχές βρίσκονται αντιμέτωπες με μειωμένες ποσότητες αλιευμάτων, ενώ οι περιοχές που κερδίζουν νέους πληθυσμούς ψαριών μπορεί να μην είναι προετοιμασμένες να εκμεταλλευτούν τους νέους πόρους (Pinsky et al., 2018). Αυτές οι αλλαγές δημιουργούν νέες προκλήσεις για τη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων και τη βιώσιμη αλιεία.

Οι οικονομικές επιπτώσεις για την αλιεία είναι επίσης σημαντικές. Η μείωση της αλιευτικής παραγωγικότητας και η ανάγκη προσαρμογής σε νέες περιβαλλοντικές συνθήκες αυξάνει το κόστος της αλιείας και μειώνει την κερδοφορία. Σε ορισμένες

περιπτώσεις, οι αλιευτικές βιομηχανίες αναγκάζονται να επενδύσουν σε νέες τεχνολογίες και να επεκτείνουν τις περιοχές αλίευσής τους, κάτι που προσθέτει οικονομικά βάρη (FAO, 2020). Επιπλέον, οι αλλαγές στη διαθεσιμότητα των αλιευτικών προϊόντων επηρεάζουν τις αγορές, οδηγώντας σε αύξηση των τιμών και σε διαταραχές στις αλυσίδες εφοδιασμού τροφίμων.

Προκλήσεις για τη Διαχείριση και την Πολιτική

Οι διαταραχές στα θαλάσσια οικοσυστήματα δημιουργούν επίσης προκλήσεις για τη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων και τις πολιτικές που αφορούν την αλιεία. Οι παραδοσιακές μέθοδοι διαχείρισης της αλιείας μπορεί να μην είναι πλέον αποτελεσματικές, καθώς οι μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες αλλάζουν τις δυναμικές των οικοσυστημάτων. Οι κυβερνήσεις και οι διεθνείς οργανισμοί πρέπει να αναπτύξουν νέες στρατηγικές διαχείρισης που θα λαμβάνουν υπόψη τις διαρκείς αλλαγές στα θαλάσσια οικοσυστήματα και θα προωθούν τη βιωσιμότητα της αλιείας (Pinsky et al., 2018).

Ένα βασικό στοιχείο για τη διαχείριση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων είναι η υιοθέτηση μιας προσέγγισης που βασίζεται στο οικοσύστημα, λαμβάνοντας υπόψη τις πολύπλοκες αλληλεπιδράσεις μεταξύ ειδών και περιβάλλοντος. Η διασφάλιση της βιωσιμότητας των θαλάσσιων πόρων απαιτεί τη συνεργασία των κυβερνήσεων, των επιστημόνων και των αλιευτικών κοινοτήτων για την εφαρμογή αποτελεσματικών πολιτικών διαχείρισης και την προστασία των ευαίσθητων οικοσυστημάτων.

Οι διαταραχές στα θαλάσσια οικοσυστήματα λόγω της κλιματικής αλλαγής έχουν σοβαρές συνέπειες για την αλιεία και τις κοινότητες που εξαρτώνται από αυτήν. Οι αλλαγές στις θερμοκρασίες, η οξίνιση των ωκεανών, η μείωση των επιπέδων οξυγόνου και οι διαταραχές στις τροφικές αλυσίδες επηρεάζουν τη βιοποικιλότητα και την παραγωγικότητα των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, δημιουργώντας νέες

προκλήσεις για την αλιεία και την αειφορία της. Η διαχείριση αυτών των διαταραχών απαιτεί την ανάπτυξη νέων πολιτικών και στρατηγικών που θα προστατεύουν τα θαλάσσια οικοσυστήματα και θα διασφαλίζουν τη βιώσιμη εκμετάλλευση των πόρων αυτών.

1.3 Ορισμός Ασφάλειας Τροφίμων

Η ασφάλεια τροφίμων αποτελεί έναν από τους βασικούς πυλώνες για τη διασφάλιση της δημόσιας υγείας και αφορά το σύνολο των μέτρων και διαδικασιών που εφαρμόζονται για να διασφαλιστεί ότι τα τρόφιμα είναι ασφαλή για κατανάλωση. Ο όρος αναφέρεται στην προστασία των καταναλωτών από κινδύνους που μπορούν να προκύψουν από την κατανάλωση μολυσμένων ή αλλοιωμένων τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων μικροβιολογικών, χημικών και φυσικών κινδύνων (FAO, 2020). Η ασφάλεια τροφίμων περιλαμβάνει όλο το φάσμα της αλυσίδας παραγωγής, από την πρωτογενή παραγωγή μέχρι την κατανάλωση, και είναι ζωτικής σημασίας για τη διατήρηση της δημόσιας υγείας και την εμπιστοσύνη των καταναλωτών στα τρόφιμα που καταναλώνουν. Στο πλαίσιο αυτό, η ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων αποκτά ιδιαίτερη σημασία, καθώς τα προϊόντα αυτά είναι ευαίσθητα σε αλλοιώσεις και επιμολύνσεις λόγω της φύσης τους. Οι μεταβολές στο περιβάλλον, όπως οι αλλαγές στη θερμοκρασία των υδάτων, η οξίνιση των θαλασσών και η αυξημένη παρουσία ρυπογόνων ουσιών, επηρεάζουν άμεσα την ποιότητα και την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων. Η κλιματική αλλαγή εντείνει αυτούς τους κινδύνους, καθιστώντας επιτακτική την ανάγκη για ενίσχυση των μέτρων ελέγχου και επιτήρησης σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού, από την αλιεία μέχρι την κατανάλωση.

Βασικές Αρχές της Ασφάλειας Τροφίμων

Η ασφάλεια τροφίμων βασίζεται σε τέσσερις βασικές αρχές που καθορίζουν την ποιότητα και την ασφάλεια των τροφίμων: την αποφυγή μόλυνσης, τον έλεγχο των μικροοργανισμών, τη διαχείριση των αλλεργιογόνων και την εφαρμογή ορθών πρακτικών υγιεινής (WHO, 2020).

1.4 Κίνδυνοι που Συνδέονται με τα Αλιευτικά Προϊόντα

Τα αλιευτικά προϊόντα αποτελούν σημαντικό μέρος της διατροφής σε παγκόσμια κλίμακα, προσφέροντας πολύτιμα θρεπτικά συστατικά, πρωτεΐνες και ωμέγα-3 λιπαρά οξέα. Η σωστή διαχείριση των αλιευμάτων και η εφαρμογή αυστηρών ελέγχων ασφάλειας είναι ζωτικής σημασίας για τη διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των προϊόντων που καταλήγουν στους καταναλωτές. Η κλιματική αλλαγή επιδεινώνει τους υφιστάμενους κινδύνους, μεταβάλλοντας τη σύνθεση και τη συγκέντρωση επιβλαβών ουσιών στους θαλάσσιους οργανισμούς. Η άνοδος της θερμοκρασίας των υδάτων, η μείωση της αλατότητας και η αύξηση της οξύτητας επηρεάζουν την ανάπτυξη τοξικών φυκιών και μικροοργανισμών, οδηγώντας σε αυξημένο κίνδυνο τοξινών στα αλιευτικά προϊόντα. Παράλληλα, η εντεινόμενη θαλάσσια ρύπανση και η συσσώρευση βαρέων μετάλλων στους οργανισμούς θέτουν νέες προκλήσεις για την ασφάλεια των τροφίμων. Οι σύγχρονες στρατηγικές διαχείρισης οφείλουν να λαμβάνουν υπόψη αυτές τις περιβαλλοντικές αλλαγές για την αποτελεσματική προστασία της δημόσιας υγείας.

Μικροβιολογικοί Κίνδυνοι στα Αλιεύματα

Οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι αποτελούν μία από τις κύριες αιτίες τροφιμογενών νοσημάτων που σχετίζονται με τα αλιευτικά προϊόντα. Τα ψάρια και τα θαλάσσια προϊόντα μπορούν να μολυνθούν από διάφορους παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως βακτήρια, ιοί και παράσιτα. Ένα από τα πιο γνωστά βακτήρια που σχετίζονται

με τη μόλυνση των θαλασσινών είναι το *Vibrio parahaemolyticus*, το οποίο προκαλεί γαστρεντερίτιδα, ενώ το *Vibrio vulnificus* μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρότερα νοσήματα, όπως σηψαιμία (Baker-Austin et al., 2017). Τα βακτήρια αυτά συνήθως ανιχνεύονται σε ωμά ή ανεπαρκώς μαγειρεμένα αλιεύματα, ιδίως σε στρείδια και άλλα δίθυρα μαλάκια.

Άλλα βακτήρια που συνδέονται με τα αλιεύματα είναι τα *Salmonella* spp., τα οποία αποτελούν κοινή αιτία τροφιμογενών ασθενειών, καθώς και το *Listeria monocytogenes*, ένα βακτήριο που μπορεί να προκαλέσει σοβαρή λιστερίωση, ιδιαίτερα σε ευάλωτες ομάδες όπως έγκυες γυναίκες, ηλικιωμένοι και άτομα με εξασθενημένο ανοσοποιητικό σύστημα (EFSA, 2019). Η σωστή αποθήκευση και επεξεργασία των ψαριών και των θαλασσινών, καθώς και η εφαρμογή ορθών πρακτικών υγιεινής, είναι κρίσιμα μέτρα για την αποτροπή αυτών των μικροβιολογικών κινδύνων.

Επιπλέον, οι ιοί αποτελούν επίσης σημαντικό κίνδυνο για τα αλιευτικά προϊόντα. Οι ιώσεις των θαλασσινών, όπως η ηπατίτιδα Α και ο νοροϊός, μπορούν να μεταδοθούν μέσω της κατανάλωσης μολυσμένων θαλασσινών, ιδιαίτερα όταν αυτά καταναλώνονται ωμά ή ανεπαρκώς μαγειρεμένα (Lees, 2010). Αυτοί οι ιοί μπορεί να προέρχονται από μολυσμένα ύδατα ή από ανθρώπινα απόβλητα που ρίχνονται στη θάλασσα. Οι κανονισμοί που επιβάλλουν τον έλεγχο της ποιότητας των υδάτων και της διαδικασίας παραγωγής είναι ζωτικής σημασίας για την αποτροπή της μόλυνσης των αλιευτικών προϊόντων από ιούς.

Τοξίνες σε Αλιεύματα

Οι τοξίνες είναι μια άλλη κατηγορία επικίνδυνων ουσιών που μπορούν να βρεθούν στα αλιεύματα, με ορισμένες από αυτές να προέρχονται από φυσικές πηγές και άλλες να είναι αποτέλεσμα ανθρωπογενών δραστηριοτήτων. Οι φυκοτοξίνες, που

παράγονται από επιβλαβείς ανθίσσεις φυτοπλαγκτού, είναι μία από τις κυριότερες πηγές τοξινών στα θαλασσινά. Ορισμένα δίθυρα μαλάκια, όπως τα μύδια και τα στρείδια, συσσωρεύουν αυτές τις τοξίνες μέσω της φίλτρανσης του νερού, και η κατανάλωσή τους μπορεί να προκαλέσει σοβαρές ασθένειες στον άνθρωπο, όπως η παραλυτική δηλητηρίαση από μαλάκια (PSP) (FAO, 2020).

Η τοξίνη *ciguatoxin* είναι επίσης μια γνωστή τοξίνη που παράγεται από το φυτοπλαγκτόν, και συσσωρεύεται σε ψάρια που ζουν σε τροπικά και υποτροπικά ύδατα, προκαλώντας *ciguatera* όταν καταναλώνονται από τον άνθρωπο. Αυτή η τοξίνη δεν μπορεί να καταστραφεί με το μαγείρεμα, γεγονός που την καθιστά εξαιρετικά επικίνδυνη (Friedman et al., 2017).

Επιπλέον, οι σαξιτοξίνες, που παράγονται επίσης από θαλάσσια πλαγκτονικά φύκη, προκαλούν νευρολογικά συμπτώματα όταν καταναλωθούν μέσω μολυσμένων αλιευμάτων. Η πρόληψη της έκθεσης στις τοξίνες αυτές εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από την έγκαιρη παρακολούθηση και τον έλεγχο των ανθίσεων φυτοπλαγκτού, καθώς και από την προσεκτική επεξεργασία και παρακολούθηση των θαλάσσιων προϊόντων πριν διατεθούν στην αγορά (Anderson et al., 2012).

1.5 Κανονισμοί και Νομοθεσία για την Ασφάλεια Αλιευτικών Προϊόντων

Η ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων είναι κρίσιμη για τη δημόσια υγεία και την παγκόσμια αγορά τροφίμων. Καθώς τα αλιεύματα αποτελούν πηγή σημαντικών θρεπτικών συστατικών για εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως, η ανάγκη για διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας τους είναι επιτακτική. Η εφαρμογή αυτών των κανονισμών είναι κρίσιμη για την εξασφάλιση ασφαλών προϊόντων, τη διατήρηση της εμπιστοσύνης των καταναλωτών και την ενίσχυση της βιωσιμότητας της αλιείας.

Παγκόσμιοι Κανονισμοί και Πρότυπα

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η Παγκόσμια Οργάνωση Τροφίμων και Γεωργίας (FAO) και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Υγείας (WHO) συνεργάζονται για την ανάπτυξη κανονισμών που διασφαλίζουν την ασφάλεια των τροφίμων, συμπεριλαμβανομένων των αλιευτικών προϊόντων. Ο *Codex Alimentarius*, που δημιουργήθηκε από τους δύο αυτούς οργανισμούς, αποτελεί τη βάση για τα διεθνή πρότυπα ασφάλειας τροφίμων. Ο *Codex* καλύπτει μια ευρεία γκάμα θεμάτων που σχετίζονται με την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων, όπως τα επιτρεπόμενα επίπεδα χημικών ουσιών και βαρέων μετάλλων, τις μικροβιολογικές απαιτήσεις, καθώς και τις πρακτικές υγιεινής κατά τη μεταφορά και αποθήκευση (FAO & WHO, 2019).

Ο *Codex Alimentarius* παρέχει κατευθυντήριες γραμμές για τη διαχείριση των αλιευτικών προϊόντων σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτές οι κατευθυντήριες γραμμές περιλαμβάνουν την εφαρμογή του συστήματος HACCP (Hazard Analysis and Critical Control Points), το οποίο είναι υποχρεωτικό σε πολλές χώρες και στοχεύει στην ανάλυση και διαχείριση των κινδύνων που μπορεί να επηρεάσουν την ασφάλεια των τροφίμων (Mortimore & Wallace, 2018). Το HACCP αποτελεί έναν προληπτικό μηχανισμό που επιτρέπει τον εντοπισμό και την αντιμετώπιση των κινδύνων πριν φτάσουν στον καταναλωτή.

Επιπλέον, το Σύστημα Αναφοράς και Ανταπόκρισης για την Ασφάλεια των Τροφίμων (INFOSAN), το οποίο διοικείται από τον WHO και τον FAO, βοηθά στη διάχυση πληροφοριών σχετικά με προβλήματα ασφάλειας τροφίμων σε διεθνές επίπεδο. Αυτό το σύστημα επιτρέπει στα κράτη μέλη να ενημερώνονται άμεσα για περιστατικά μόλυνσης τροφίμων και αλιευτικών προϊόντων, συμβάλλοντας έτσι στην ταχεία ανταπόκριση και στη λήψη των απαραίτητων μέτρων προστασίας των καταναλωτών (FAO, 2020).

Κανονισμοί της Ευρωπαϊκής Ένωσης για την Ασφάλεια των Αλιευτικών Προϊόντων

Η Ευρωπαϊκή Ένωση (ΕΕ) έχει υιοθετήσει ένα από τα πιο αυστηρά ρυθμιστικά πλαίσια για την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων. Το πλαίσιο αυτό περιλαμβάνει κανονισμούς και οδηγίες που αφορούν την ποιότητα, την υγιεινή και την ιχνηλασιμότητα των αλιευμάτων. Η Ευρωπαϊκή Αρχή για την Ασφάλεια των Τροφίμων (EFSA) είναι υπεύθυνη για την παροχή επιστημονικών γνωμοδοτήσεων και την αξιολόγηση των κινδύνων που σχετίζονται με τα τρόφιμα και τα αλιευτικά προϊόντα.

Ένας από τους βασικούς κανονισμούς της ΕΕ είναι ο Κανονισμός 853/2004, που καθορίζει τις ειδικές απαιτήσεις υγιεινής για τα τρόφιμα ζωικής προέλευσης, συμπεριλαμβανομένων των αλιευμάτων. Αυτός ο κανονισμός θέτει αυστηρά πρότυπα για την επεξεργασία, αποθήκευση και μεταφορά των αλιευτικών προϊόντων, προκειμένου να διασφαλιστεί ότι αυτά τα προϊόντα πληρούν τα πρότυπα ασφαλείας πριν φτάσουν στον καταναλωτή (European Commission, 2020).

Η ιχνηλασιμότητα είναι ένας άλλος κρίσιμος παράγοντας για την ασφάλεια των αλιευμάτων στην ΕΕ. Οι κανονισμοί της ΕΕ απαιτούν από τις επιχειρήσεις να διασφαλίζουν την ιχνηλασιμότητα των αλιευτικών προϊόντων σε όλα τα στάδια της αλυσίδας εφοδιασμού. Αυτό σημαίνει ότι κάθε αλιευτικό προϊόν πρέπει να μπορεί να εντοπιστεί πίσω στον προμηθευτή του, παρέχοντας διαφάνεια και επιτρέποντας την άμεση ανάκληση προϊόντων σε περίπτωση προβλημάτων ασφαλείας (Regulation (EU) No 1379/2013).

Επίσης, η ΕΕ έχει θεσπίσει αυστηρούς κανόνες για τα επιτρεπόμενα επίπεδα βαρέων μετάλλων και άλλων χημικών ουσιών στα αλιεύματα, όπως ο υδράργυρος, το κάδμιο και ο μόλυβδος, προκειμένου να προστατεύσει τη δημόσια υγεία. Η Ευρωπαϊκή Αρχή

για την Ασφάλεια των Τροφίμων παρακολουθεί τα επίπεδα αυτών των ουσιών και ενημερώνει τα κράτη μέλη για τυχόν παραβάσεις των ορίων (EFSA, 2021).

Κανονισμοί στις Ηνωμένες Πολιτείες για την Ασφάλεια Αλιευτικών Προϊόντων

Στις Ηνωμένες Πολιτείες, η ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων ρυθμίζεται από τον Οργανισμό Τροφίμων και Φαρμάκων (FDA). Ο FDA είναι υπεύθυνος για τη ρύθμιση της ασφάλειας των θαλάσσιων τροφίμων μέσω του Food Safety Modernization Act (FSMA), που επιβάλλει αυστηρά πρότυπα για την ασφάλεια των αλιευμάτων και των προϊόντων που εισάγονται στη χώρα (FDA, 2020).

Ένα από τα κύρια εργαλεία που χρησιμοποιεί ο FDA για τη διασφάλιση της ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων είναι η εφαρμογή του HACCP, το οποίο είναι υποχρεωτικό για όλες τις επιχειρήσεις που εισάγουν ή επεξεργάζονται θαλασσινά. Το HACCP στις ΗΠΑ επικεντρώνεται στον εντοπισμό και την αποτροπή κινδύνων που μπορεί να επηρεάσουν την ασφάλεια των τροφίμων, με ιδιαίτερη έμφαση στους μικροβιολογικούς, χημικούς και φυσικούς κινδύνους (Mortimore & Wallace, 2018).

Επιπλέον, ο FDA εφαρμόζει αυστηρές προδιαγραφές για τα επίπεδα βαρέων μετάλλων, τοξινών και άλλων επιβλαβών ουσιών που μπορεί να βρεθούν στα αλιεύματα. Η συνεργασία με τον Εθνικό Ωκεανικό και Ατμοσφαιρικό Οργανισμό (NOAA) επιτρέπει επίσης την παρακολούθηση της υγείας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, εξασφαλίζοντας την ασφάλεια των προϊόντων που αλιεύονται στις αμερικανικές θάλασσες (NOAA, 2020).

Τοπικοί Κανονισμοί για την Ασφάλεια Αλιευτικών Προϊόντων

Πέρα από τους παγκόσμιους και διεθνείς κανονισμούς, πολλές χώρες εφαρμόζουν τοπικούς κανονισμούς για την ασφάλεια των αλιευμάτων, προσαρμοσμένους στις ιδιαιτερότητες των θαλάσσιων οικοσυστημάτων τους και των εμπορικών τους πρακτικών. Για παράδειγμα, οι χώρες της Ασίας, όπως η Ιαπωνία και η Κίνα,

διαθέτουν δικά τους πρότυπα για την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων, τα οποία βασίζονται σε τοπικές πρακτικές αλιείας και παραγωγής (Jia et al., 2020). Αυτά τα πρότυπα ενδέχεται να διαφέρουν από τους διεθνείς κανονισμούς, καθώς λαμβάνουν υπόψη την εγχώρια κατανάλωση και τις τοπικές συνθήκες.

Η Ιαπωνία, ως μία από τις μεγαλύτερες καταναλώτριες θαλασσινών παγκοσμίως, έχει θέσει αυστηρά όρια για τον υδράργυρο στα προϊόντα θαλασσινών, προκειμένου να προστατεύσει τη δημόσια υγεία (Kodama & Yamamoto, 2020).

Στην Κίνα, η ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων ελέγχεται από το Υπουργείο Γεωργίας και Αγροτικών Υποθέσεων, το οποίο θέτει κανονισμούς για τα επίπεδα τοξινών, βαρέων μετάλλων και άλλων επικίνδυνων ουσιών στα θαλασσινά προϊόντα. Παρά τις προκλήσεις που αντιμετωπίζει η Κίνα σε σχέση με τη ρύπανση των υδάτων, η κυβέρνηση έχει ενισχύσει τα τελευταία χρόνια τους ελέγχους και τις επιθεωρήσεις για την ασφάλεια των τροφίμων, με στόχο τη βελτίωση της ποιότητας των αλιευτικών προϊόντων που διατίθενται στην εγχώρια και διεθνή αγορά (Jia et al., 2020).

Στην Ελλάδα, όπως και στις υπόλοιπες χώρες της Ευρωπαϊκής Ένωσης (ΕΕ), η νομοθεσία για την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων βασίζεται κυρίως στο ευρωπαϊκό ρυθμιστικό πλαίσιο, το οποίο περιλαμβάνει αυστηρούς κανόνες για την υγιεινή, την ποιότητα, και την ασφάλεια των αλιευμάτων. Ωστόσο, η χώρα έχει υιοθετήσει και ειδικές εθνικές διατάξεις και μηχανισμούς ελέγχου για την εφαρμογή των ευρωπαϊκών κανονισμών, προσαρμοσμένους στις τοπικές συνθήκες της ελληνικής αλιείας.

Νομοθεσία για την Ασφάλεια Αλιευτικών Προϊόντων στην Ελλάδα

Η Ελλάδα ακολουθεί το γενικό ευρωπαϊκό πλαίσιο για την ασφάλεια των τροφίμων, και ειδικά των αλιευτικών προϊόντων, εφαρμόζοντας τους κανονισμούς της Ευρωπαϊκής Ένωσης που διασφαλίζουν την ασφάλεια και την ποιότητα αυτών των

προϊόντων. Κεντρικό ρόλο στη ρύθμιση και επιτήρηση της ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων έχει ο Ενιαίος Φορέας Ελέγχου Τροφίμων (ΕΦΕΤ), ο οποίος είναι αρμόδιος για την παρακολούθηση της ασφάλειας και της ποιότητας των τροφίμων σε όλη την αλυσίδα παραγωγής και διακίνησης.

Διεθνής Συνεργασία και Εμπορικές Απαιτήσεις

Η Ελλάδα, ως χώρα της ΕΕ, συμμετέχει ενεργά σε διεθνείς συμφωνίες και προγράμματα συνεργασίας για την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων. Αυτή η συνεργασία είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη διασφάλιση της ποιότητας των εισαγόμενων και εξαγόμενων αλιευμάτων, καθώς η Ελλάδα εξάγει σημαντικό μέρος των αλιευτικών προϊόντων της σε χώρες της ΕΕ και άλλες διεθνείς αγορές. Οι κανονισμοί που επιβάλλονται από την ΕΕ, καθώς και οι εθνικές διατάξεις που ισχύουν στην Ελλάδα, συντελούν στη συμμόρφωση των προϊόντων με τα διεθνή πρότυπα ασφαλείας και υγιεινής.

Ένα από τα σημαντικότερα εργαλεία σε αυτή την κατεύθυνση είναι η Συμφωνία για τα Τεχνικά Εμπόδια στο Εμπόριο (TBT Agreement) του Παγκόσμιου Οργανισμού Εμπορίου (ΠΟΕ), η οποία διασφαλίζει ότι τα τεχνικά πρότυπα, όπως αυτά για την ασφάλεια των τροφίμων, δεν δημιουργούν άδικα εμπόδια στο διεθνές εμπόριο. Η Ελλάδα συμμορφώνεται με τις διατάξεις της TBT, εφαρμόζοντας διαφανείς και σύμφωνες με τους διεθνείς κανόνες πρακτικές για την εισαγωγή και εξαγωγή αλιευτικών προϊόντων (WTO, 2019).

Η ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων ρυθμίζεται από ένα πολύπλοκο σύστημα διεθνών, περιφερειακών και τοπικών κανονισμών που αποσκοπούν στην προστασία της δημόσιας υγείας και στην εξασφάλιση της ποιότητας των τροφίμων. Οι παγκόσμιοι οργανισμοί, όπως η FAO και ο WHO, έχουν αναπτύξει διεθνή πρότυπα για την ασφάλεια τροφίμων, ενώ η Ευρωπαϊκή Ένωση και οι Ηνωμένες Πολιτείες

διαθέτουν αυστηρά κανονιστικά πλαίσια που επιβάλλουν συγκεκριμένες απαιτήσεις για την επεξεργασία, αποθήκευση και ιχνηλασιμότητα των αλιευτικών προϊόντων. Παράλληλα, πολλές χώρες έχουν θεσπίσει τοπικούς κανονισμούς για την ασφάλεια των αλιευμάτων, λαμβάνοντας υπόψη τις τοπικές συνθήκες και πρακτικές. Η συνεχής βελτίωση αυτών των κανονισμών και η αποτελεσματική εφαρμογή τους είναι απαραίτητη για τη διασφάλιση της υγείας των καταναλωτών και τη βιώσιμη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων.

1.6 Κίνδυνοι για Δημόσια Υγεία, Οικονομία, Εμπόριο

Η κατανάλωση αλιευτικών προϊόντων αποτελεί σημαντική πηγή διατροφής για εκατομμύρια ανθρώπους παγκοσμίως, καθώς προσφέρει απαραίτητα θρεπτικά συστατικά, όπως ωμέγα-3 λιπαρά οξέα, πρωτεΐνες και βιταμίνες. Ωστόσο, η αυξανόμενη ρύπανση των θαλασσών και των ποταμών έχει οδηγήσει στη μόλυνση των ψαριών και άλλων θαλάσσιων οργανισμών με τοξικές ουσίες και παθογόνους μικροοργανισμούς, οι οποίες μπορούν να βλάψουν σοβαρά την ανθρώπινη υγεία. Οι κίνδυνοι αυτοί έχουν λάβει ανησυχητικές διαστάσεις καθώς οι επιπτώσεις στην υγεία δεν περιορίζονται μόνο σε άμεσες δηλητηριάσεις, αλλά περιλαμβάνουν και μακροπρόθεσμους κινδύνους για χρόνια νοσήματα, ακόμα και καρκίνο.

Η αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων και η υπερβολική παρουσία θρεπτικών ουσιών στο νερό ευνοούν την ανάπτυξη κυανοβακτηρίων, τα οποία παράγουν τοξίνες γνωστές ως κυανοτοξίνες. Οι κυανοτοξίνες είναι επικίνδυνες για την ανθρώπινη υγεία, καθώς μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές δηλητηριάσεις και έχουν συνδεθεί με ασθένειες του ήπατος και του νευρικού συστήματος. Επίσης, η κατανάλωση ψαριών που εκτίθενται σε ανθίσεις κυανοβακτηρίων μπορεί να οδηγήσει σε δηλητηρίαση και να προκαλέσει ηπατική τοξικότητα (Carmichael et al., 2001). Αυτές οι ανθίσεις είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες σε περιοχές όπου το νερό μολύνεται από

γεωργικές απορροές και απόβλητα, καθώς οι συνθήκες αυτές ευνοούν την υπερβολική ανάπτυξη των κυανοβακτηρίων.

Η ρύπανση των υδάτων με ανθρώπινα απόβλητα αυξάνει την παρουσία παθογόνων βακτηρίων και ιών, όπως το *Vibrio*, η *Σαλμονέλα* και η *Εσσερίχια κόλι*. Αυτά τα παθογόνα βακτήρια και ιοί μπορούν να προκαλέσουν σοβαρές τροφιμογενείς ασθένειες στους ανθρώπους που καταναλώνουν μολυσμένα θαλασσινά. Το *Vibrio*, για παράδειγμα, είναι ένα βακτήριο που αναπτύσσεται σε ζεστά και υφάλμυρα νερά και προκαλεί γαστρεντερίτιδα, δερματικές λοιμώξεις και, σε σοβαρές περιπτώσεις, σηψαιμία (Vezzulli et al., 2013). Ειδικά στις παράκτιες περιοχές, όπου οι άνθρωποι καταναλώνουν φρέσκα θαλασσινά, ο κίνδυνος μολύνσεων είναι αυξημένος.

Οι ιοί, όπως ο Νοροϊός και η ηπατίτιδα Α, μπορούν επίσης να μολύνουν θαλασσινά και να προκαλέσουν σοβαρές ασθένειες, όπως γαστρεντερίτιδα και ηπατίτιδα. Αυτές οι ασθένειες μπορεί να εξαπλωθούν γρήγορα, ειδικά σε περιοχές με υψηλή κατανάλωση θαλασσινών και ανεπαρκή έλεγχο ποιότητας των προϊόντων. Η έκθεση σε παθογόνους μικροοργανισμούς από μολυσμένα θαλασσινά αποτελεί σημαντικό πρόβλημα για τη δημόσια υγεία και μπορεί να προκαλέσει επιδημίες, ιδιαίτερα σε κοινότητες που εξαρτώνται από την αλιεία.

Τα μικροπλαστικά αποτελούν μια πρόσθετη απειλή για τη δημόσια υγεία καθώς μπορούν να απορροφήσουν και να μεταφέρουν τοξικές ουσίες και μικροοργανισμούς στο θαλάσσιο περιβάλλον. Τα ψάρια και οι θαλάσσιοι οργανισμοί καταναλώνουν μικροπλαστικά, τα οποία περνούν στην τροφική αλυσίδα και τελικά καταλήγουν στην ανθρώπινη διατροφή. Έρευνες έχουν δείξει ότι τα μικροπλαστικά μπορούν να λειτουργήσουν ως φορείς για τοξικά χημικά, όπως πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) και άλλες οργανικές τοξικές ουσίες, που απορροφώνται από τα ψάρια και τους θαλάσσιους οργανισμούς (Rochman et al., 2013). Αυτές οι ουσίες έχουν

συνδεθεί με ορμονικές διαταραχές, καρκινογένεση και προβλήματα στο ανοσοποιητικό σύστημα, επηρεάζοντας αρνητικά την ανθρώπινη υγεία, ειδικά σε περίπτωση συστηματικής έκθεσης σε μικροπλαστικά.

Εκτός από τους χημικούς ρύπους, τα μικροπλαστικά μπορούν επίσης να φιλοξενούν παθογόνους μικροοργανισμούς, όπως βακτήρια και ιούς, που ενισχύουν τον κίνδυνο μολύνσεων όταν καταναλώνονται από τον άνθρωπο μέσω μολυσμένων ψαριών. Οι επιπτώσεις αυτής της έμμεσης κατανάλωσης πλαστικών ουσιών δεν είναι ακόμη πλήρως κατανοητές, αλλά οι επιστήμονες προειδοποιούν ότι οι τοξικές ουσίες που μεταφέρονται με τα μικροπλαστικά μπορούν να προκαλέσουν χρόνια προβλήματα υγείας (Smith et al., 2018).

Η ρύπανση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων με αντιβιοτικά και φαρμακευτικά υπολείμματα είναι ένα αυξανόμενο πρόβλημα που συμβάλλει στην αντοχή στα αντιβιοτικά στους θαλάσσιους οργανισμούς. Τα αντιβιοτικά που εισέρχονται στο υδάτινο περιβάλλον μέσω ανθρώπινων αποβλήτων ή γεωργικών απορροών οδηγούν σε ανάπτυξη βακτηρίων που είναι ανθεκτικά στα αντιβιοτικά. Όταν οι άνθρωποι καταναλώνουν θαλασσινά μολυσμένα με ανθεκτικά βακτήρια, εκτίθενται σε αυξημένο κίνδυνο να εμφανίσουν μολύνσεις που είναι δύσκολο να θεραπευτούν με συμβατικά αντιβιοτικά (Cabello et al., 2013).

Η αυξανόμενη αντοχή στα αντιβιοτικά έχει προκαλέσει ανησυχία στον ιατρικό κόσμο, καθώς οι επιπτώσεις της σχετίζονται με την αποτυχία αντιμετώπισης κοινών λοιμώξεων και την αύξηση των επιπλοκών σε ασθενείς. Η κατανάλωση ψαριών που περιέχουν ανθεκτικά βακτήρια μπορεί να οδηγήσει σε σοβαρές επιδημιολογικές επιπτώσεις, καθώς η αντοχή στα αντιβιοτικά εξαπλώνεται γρήγορα μέσω της τροφικής αλυσίδας και του ανθρώπινου πληθυσμού.

Η κλιματική αλλαγή επιφέρει σημαντικές οικονομικές επιπτώσεις στην αλιεία και τη βιομηχανία τροφίμων, επηρεάζοντας τη βιωσιμότητα των θαλάσσιων πόρων, τη σταθερότητα των τιμών και την απασχόληση στις παράκτιες κοινότητες που εξαρτώνται από την αλιεία. Καθώς η θερμοκρασία των θαλάσσιων υδάτων αυξάνεται, η οξίνιση των ωκεανών εντείνεται και οι ακραίες καιρικές συνθήκες γίνονται πιο συχνές, οι αλιευτικές δραστηριότητες και οι επιχειρήσεις τροφίμων βρίσκονται αντιμέτωπες με πολλαπλές προκλήσεις. Η οικονομική πίεση που ασκείται στον κλάδο αυτόν δεν περιορίζεται μόνο στις αλλαγές στην προσφορά και ζήτηση των θαλασσινών προϊόντων, αλλά εκτείνεται και στις υποδομές, τα κόστη προσαρμογής και τις επιπτώσεις στην ασφάλεια τροφίμων παγκοσμίως.

Η αύξηση της θερμοκρασίας των θαλάσσιων υδάτων επηρεάζει τη γεωγραφική κατανομή των ψαριών και άλλων θαλάσσιων ειδών, με αποτέλεσμα να μειώνεται η αφθονία των αποθεμάτων στις παραδοσιακές περιοχές αλιείας. Αυτή η μεταβολή απαιτεί από τις αλιευτικές επιχειρήσεις να ταξιδεύουν σε πιο απομακρυσμένες περιοχές για να εξασφαλίσουν την παραγωγή τους, γεγονός που αυξάνει τα κόστη μεταφοράς και τις ενεργειακές δαπάνες (Cheung et al., 2013). Για παράδειγμα, σε περιοχές που εξαρτώνται από την αλιεία για την απασχόληση και το εισόδημα, η μετατόπιση των αλιευτικών ειδών προς πιο ψυχρά νερά οδηγεί σε αύξηση του κόστους λειτουργίας και μείωση της οικονομικής απόδοσης των επιχειρήσεων, πλήττοντας ιδιαίτερα τις μικρές και μεσαίες επιχειρήσεις.

Οι αλλαγές στην προσφορά αλιευτικών προϊόντων επηρεάζουν άμεσα τις τιμές στην αγορά. Καθώς η παραγωγή μειώνεται λόγω της μείωσης των αποθεμάτων και των υψηλών δαπανών, οι τιμές των θαλασσινών προϊόντων αυξάνονται, επηρεάζοντας τη ζήτηση. Οι καταναλωτές βρίσκονται αντιμέτωποι με υψηλότερες τιμές, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά τη συνολική κατανάλωση, ιδίως σε αγορές όπου τα αλιευτικά

προϊόντα αποτελούν βασική πηγή διατροφής (Sumaila et al., 2011). Αυτή η μείωση της ζήτησης πλήττει την αλιευτική βιομηχανία και μπορεί να οδηγήσει σε πτώση των εσόδων και σε απώλεια θέσεων εργασίας, ειδικά σε παράκτιες κοινότητες που εξαρτώνται από την αλιεία.

Η προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες απαιτεί σημαντικές επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες και υποδομές. Οι αλιευτικές επιχειρήσεις αναγκάζονται να υιοθετήσουν τεχνολογίες παρακολούθησης, όπως αισθητήρες θερμοκρασίας και δορυφορική παρακολούθηση, για να εντοπίζουν νέες περιοχές αλιείας και να παρακολουθούν τις αλλαγές στα θαλάσσια οικοσυστήματα (Barange et al., 2018). Επιπλέον, οι τεχνικές βιώσιμης αλιείας και οι επενδύσεις σε υποδομές που αντέχουν σε ακραία καιρικά φαινόμενα γίνονται όλο και πιο απαραίτητες. Όμως, το υψηλό κόστος προσαρμογής δεν είναι προσιτό για όλους, και ειδικά για τις μικρές αλιευτικές επιχειρήσεις και τις κοινότητες με περιορισμένους πόρους, αυξάνοντας έτσι τον οικονομικό κίνδυνο και την αβεβαιότητα.

Η κλιματική αλλαγή πλήττει τις παράκτιες κοινότητες, όπου η αλιεία αποτελεί βασική πηγή εισοδήματος και απασχόλησης. Καθώς η παραγωγή μειώνεται και τα κόστη αυξάνονται, οι θέσεις εργασίας στον κλάδο της αλιείας και της επεξεργασίας τροφίμων μειώνονται, επιβαρύνοντας την οικονομική κατάσταση των παράκτιων περιοχών. Η απώλεια θέσεων εργασίας μπορεί να οδηγήσει σε μεγαλύτερη κοινωνική ανισότητα και επισιτιστική ανασφάλεια, ιδίως στις αναπτυσσόμενες χώρες που εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από την αλιεία (Allison et al., 2009).

Οι παράκτιες κοινότητες αναγκάζονται επίσης να επενδύσουν σε νέες υποδομές για την προστασία από ακραία καιρικά φαινόμενα, όπως είναι οι τυφώνες και οι πλημμύρες, τα οποία καταστρέφουν αλιευτικά σκάφη και εγκαταστάσεις αποθήκευσης. Η διαρκής ανάγκη για αποκατάσταση των ζημιών αυτών αυξάνει

περαιτέρω το οικονομικό βάρος για τις κοινότητες, μειώνοντας τη συνολική οικονομική τους ανθεκτικότητα και εντείνοντας τις ανισότητες.

Η κλιματική αλλαγή δημιουργεί πολλαπλές οικονομικές επιπτώσεις για την αλιεία και τη βιομηχανία τροφίμων, επηρεάζοντας την προσφορά, τις τιμές, την απασχόληση και την παγκόσμια επισιτιστική ασφάλεια. Η ανάγκη για προσαρμογή στις νέες συνθήκες απαιτεί σημαντικές επενδύσεις και στρατηγικές, με έμφαση στη βιωσιμότητα και την ανθεκτικότητα του κλάδου απέναντι στις περιβαλλοντικές μεταβολές. Οι αλιευτικές κοινότητες και οι επιχειρήσεις καλούνται να ανταποκριθούν στις αυξανόμενες προκλήσεις, ενώ η διεθνής συνεργασία και η εφαρμογή βιώσιμων πολιτικών κρίνονται απαραίτητες για την προστασία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και τη διασφάλιση της οικονομικής σταθερότητας σε αυτόν τον ευάλωτο κλάδο.

Η ασφάλεια των τροφίμων και η σταθερότητα των διεθνών αγορών αποτελούν κρίσιμα ζητήματα στον σύγχρονο κόσμο, ειδικά καθώς οι διακυμάνσεις στην παραγωγή ασφαλών τροφίμων αυξάνονται λόγω περιβαλλοντικών αλλαγών, πανδημιών, κλιματικής αλλαγής και άλλων παραγόντων. Οι διαταραχές στην αλυσίδα εφοδιασμού και οι περιορισμοί στις εμπορικές σχέσεις επιδεινώνουν τη σταθερότητα των αγορών και τη διαθεσιμότητα τροφίμων, ενώ παράλληλα αυξάνουν τους κινδύνους για την παγκόσμια ασφάλεια τροφίμων. Όλα αυτά δημιουργούν ένα περίπλοκο περιβάλλον, στο οποίο τα κράτη, οι παραγωγοί και οι καταναλωτές καλούνται να προσαρμοστούν και να εξασφαλίσουν την ασφάλεια και την επάρκεια των τροφίμων σε παγκόσμιο επίπεδο.

Η αλυσίδα εφοδιασμού τροφίμων αποτελείται από πολυάριθμα στάδια, από την παραγωγή και επεξεργασία έως την αποθήκευση, μεταφορά και διανομή. Κατά τη διάρκεια αυτής της διαδικασίας, η ποιότητα και η ασφάλεια των τροφίμων μπορεί να διαταραχθεί από διάφορους παράγοντες, όπως είναι οι φυσικές καταστροφές, οι

γεωπολιτικές εντάσεις και οι διακυμάνσεις στην παραγωγή λόγω κλιματικών συνθηκών. Οι διαταραχές στην αλυσίδα εφοδιασμού προκαλούν προβλήματα στη διανομή ασφαλών προϊόντων, καθώς και αύξηση των τιμών, με άμεσες επιπτώσεις στους καταναλωτές και στους παραγωγούς. Η αναποτελεσματική ή περιορισμένη μεταφορά τροφίμων σε συγκεκριμένες περιόδους εντείνει την αστάθεια των τιμών και καθιστά δυσκολότερη την πρόσβαση των καταναλωτών σε βασικά προϊόντα (Hobbs, 2020).

Για παράδειγμα, η πανδημία COVID-19 αποκάλυψε τις αδυναμίες της αλυσίδας εφοδιασμού, καθώς οι περιορισμοί στη μετακίνηση και οι διακοπές στην παραγωγή επηρέασαν σημαντικά την παραγωγή και διαθεσιμότητα τροφίμων σε πολλές χώρες. Οι διαταραχές αυτές οδήγησαν σε αυξήσεις των τιμών για βασικά προϊόντα και σε προβλήματα στην πρόσβαση σε ασφαλή τρόφιμα, ιδίως για τις ευάλωτες κοινωνικές ομάδες και τις αναπτυσσόμενες χώρες (Glauber et al., 2020).

Η ασφάλεια τροφίμων συνδέεται άμεσα με τις διεθνείς εμπορικές σχέσεις, καθώς η αλληλεξάρτηση μεταξύ των χωρών καθιστά την ελεύθερη και απρόσκοπτη ροή προϊόντων βασικό παράγοντα για τη σταθερότητα των αγορών. Όταν οι εμπορικές σχέσεις μεταξύ των χωρών διαταράσσονται λόγω γεωπολιτικών εντάσεων, όπως οι εμπορικοί πόλεμοι ή οι κυρώσεις, η διαθεσιμότητα τροφίμων μπορεί να περιοριστεί σημαντικά, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ελλείψεων και την αύξηση των τιμών (Falkendal et al., 2021).

Οι γεωπολιτικές εντάσεις και τα εμπόδια στο εμπόριο επηρεάζουν ιδιαίτερα τις αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες εξαρτώνται από τις εισαγωγές τροφίμων. Ο εμπορικός πόλεμος μεταξύ των ΗΠΑ και της Κίνας, για παράδειγμα, επέφερε αύξηση στις τιμές των αγροτικών προϊόντων και επηρέασε αρνητικά την παραγωγή και διανομή ασφαλών τροφίμων και στις δύο χώρες. Αυτού του είδους οι διαταραχές

προκαλούν δυσκολίες στις διεθνείς αγορές και οδηγούν σε περιορισμούς στην ασφάλεια των τροφίμων, ιδίως για χώρες με υψηλή εξάρτηση από τις εισαγωγές (Zhang et al., 2018).

Η κλιματική αλλαγή αποτελεί έναν από τους μεγαλύτερους κινδύνους για την ασφάλεια τροφίμων, καθώς οι διακυμάνσεις στις κλιματολογικές συνθήκες επηρεάζουν άμεσα την παραγωγή γεωργικών και αλιευτικών προϊόντων. Οι αυξημένες θερμοκρασίες, οι ξηρασίες, οι πλημμύρες και τα ακραία καιρικά φαινόμενα μειώνουν την παραγωγικότητα και την ποιότητα των προϊόντων, προκαλώντας έλλειψη ασφαλών τροφίμων και αύξηση του κόστους παραγωγής. Οι διακυμάνσεις αυτές δυσκολεύουν τον προγραμματισμό της παραγωγής, ενώ η αύξηση της μεταβλητότητας στις αποδόσεις των καλλιεργειών επηρεάζει τις τιμές και τη σταθερότητα των διεθνών αγορών τροφίμων (Myers et al., 2017).

Η κλιματική αλλαγή έχει επηρεάσει και την παραγωγή ασφαλών αλιευτικών προϊόντων, καθώς οι αυξημένες θερμοκρασίες και η οξίνιση των ωκεανών μειώνουν την αφθονία των ψαριών και επηρεάζουν τη βιωσιμότητα των θαλάσσιων πόρων. Αυτές οι αλλαγές οδηγούν σε μείωση της προσφοράς αλιευτικών προϊόντων και αύξηση των τιμών, ενώ η υποβάθμιση των οικοσυστημάτων έχει άμεσες επιπτώσεις στην ποιότητα και την ασφάλεια των θαλασσινών προϊόντων (Barange et al., 2018).

Οι διακυμάνσεις στην παραγωγή ασφαλών τροφίμων και οι εμπορικές διαταραχές επηρεάζουν πιο έντονα τις αναπτυσσόμενες χώρες, οι οποίες εξαρτώνται από τις εισαγωγές για την κάλυψη των διατροφικών τους αναγκών. Οι αναπτυσσόμενες χώρες αντιμετωπίζουν συχνά προβλήματα επισιτιστικής ασφάλειας, καθώς οι αλλαγές στην προσφορά και τις τιμές των προϊόντων δυσχεραίνουν την πρόσβαση των ευάλωτων πληθυσμών σε ασφαλή και θρεπτικά τρόφιμα. Όταν οι τιμές αυξάνονται λόγω εμπορικών περιορισμών ή διαταραχών στην παραγωγή, η επισιτιστική

ανασφάλεια εντείνεται, με σοβαρές επιπτώσεις στην υγεία και την ευημερία των κοινωνιών (FAO, 2020).

Επιπλέον, οι αναπτυσσόμενες χώρες έχουν περιορισμένες δυνατότητες να προσαρμοστούν στις διακυμάνσεις των τιμών και των εμπορικών συνθηκών. Η έλλειψη πρόσβασης σε ασφαλή τρόφιμα οδηγεί σε μεγαλύτερη εξάρτηση από ανθρωπιστική βοήθεια και επιβαρύνει τις διεθνείς προσπάθειες για τη μείωση της πείνας και της φτώχειας.

Για να αντιμετωπιστούν οι διαταραχές στις διεθνείς αγορές και οι κίνδυνοι για την ασφάλεια τροφίμων, απαιτούνται επενδύσεις σε τεχνολογίες και υποδομές που ενισχύουν την ανθεκτικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού τροφίμων. Η ενίσχυση των αγροτικών πρακτικών και η ανάπτυξη ανθεκτικών στις κλιματικές αλλαγές καλλιεργειών είναι απαραίτητες για τη διασφάλιση της παραγωγής ασφαλών και σταθερών προϊόντων. Οι διεθνείς οργανισμοί, όπως η FAO και ο Παγκόσμιος Οργανισμός Εμπορίου (WTO), προωθούν συνεργασίες μεταξύ των χωρών για την αντιμετώπιση των προκλήσεων και την προώθηση της διαφάνειας στο εμπόριο τροφίμων (Fanzo et al., 2020).

Η ανάπτυξη βιώσιμων πολιτικών και η ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας μπορεί να βοηθήσουν στην αποφυγή των εμπορικών διαταραχών και στη μείωση της επισιτιστικής ανασφάλειας. Η δημιουργία αποθεμάτων τροφίμων και η διαφοροποίηση των πηγών προμήθειας μπορεί να ενισχύσει την ανθεκτικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού και να εξασφαλίσει τη σταθερότητα των διεθνών αγορών τροφίμων σε περιόδους κρίσης.

Οι διακυμάνσεις στην παραγωγή ασφαλών τροφίμων και οι εμπορικές διαταραχές αποτελούν σοβαρή απειλή για την παγκόσμια ασφάλεια τροφίμων και τη σταθερότητα των διεθνών αγορών. Οι γεωπολιτικές εντάσεις, η κλιματική αλλαγή και

οι διαταραχές στην αλυσίδα εφοδιασμού επιβαρύνουν την παγκόσμια παραγωγή και διανομή τροφίμων, δημιουργώντας αυξανόμενους κινδύνους για τις ευάλωτες κοινωνίες και τις αναπτυσσόμενες χώρες. Η διεθνής συνεργασία, οι επενδύσεις στην ανθεκτικότητα της αλυσίδας εφοδιασμού και η εφαρμογή βιώσιμων γεωργικών πρακτικών μπορούν να ενισχύσουν την ασφάλεια των τροφίμων και να εξασφαλίσουν τη σταθερότητα των αγορών, προσφέροντας σε όλους πρόσβαση σε ασφαλή και θρεπτικά τρόφιμα.

1.7 Σκοπός και Στόχοι Εργασίας

Σκοπός της παρούσας ΜΔΕ ήταν να διερευνήσει τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στους θαλάσσιους πόρους και την ασφάλεια των αλιευμάτων, με έμφαση στις προκλήσεις που αντιμετωπίζουν η αλιευτική βιομηχανία και οι παράκτιες κοινότητες. Στόχος της εργασίας ήταν η κατανόηση των περιβαλλοντικών αλλαγών, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων, η οξίνιση των ωκεανών και οι μεταβολές στα θαλάσσια οικοσυστήματα, και ο τρόπος με τον οποίο αυτές επηρεάζουν την ποιότητα, τη διαθεσιμότητα και την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων.

Η εργασία αποσκοπεί επίσης στην ανάδειξη των προσαρμοστικών στρατηγικών και των διεθνών πολιτικών που μπορούν να ενισχύσουν τη βιωσιμότητα της αλιείας και να διασφαλίσουν την ασφάλεια των τροφίμων σε παγκόσμιο επίπεδο. Μέσα από την ανάλυση επιστημονικών δεδομένων και τη μελέτη επιτυχημένων πρακτικών, επιδιώκεται να προσδιοριστούν οι απαραίτητες δράσεις που πρέπει να υιοθετηθούν για τη μείωση των αρνητικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα αλιευτικά προϊόντα, ενισχύοντας έτσι την προστασία της δημόσιας υγείας και των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

2^ο Κεφάλαιο Μεθοδολογία

2.1 Καθορισμός Λέξεων-Κλειδιών

Αρχικά, προσδιορίστηκαν οι λέξεις-κλειδιά για τη διευκόλυνση της αναζήτησης, οι οποίες περιελάμβαναν τους όρους:

- ❖ "Climate Change and Fishery Safety"
- ❖ "Climate Impact on Seafood"
- ❖ "Marine Ecosystems and Climate"
- ❖ "Seafood Safety and Climate Change"
- ❖ "Fishery Adaptation Strategies"
- ❖ "Aquatic Food Security and Global Warming"

Η επιλογή των λέξεων-κλειδιών βασίστηκε στις βασικές έννοιες που σχετίζονται με την επίδραση της κλιματικής αλλαγής στους θαλάσσιους πόρους και στην ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων.

2.2 Βιβλιοθήκες και Βάσεις Δεδομένων

Η αναζήτηση πραγματοποιήθηκε στις εξής έγκυρες επιστημονικές βάσεις δεδομένων και βιβλιοθήκες:

- ❖ PubMed: Για πρόσβαση σε μελέτες που επικεντρώνονται στις βιοϊατρικές επιστήμες και στην επίδραση της κλιματικής αλλαγής στην ανθρώπινη υγεία μέσω των θαλάσσιων προϊόντων.
- ❖ ScienceDirect: Για πρόσβαση σε εκτεταμένη επιστημονική βιβλιογραφία, ιδίως σχετικά με τις περιβαλλοντικές επιστήμες και τη βιωσιμότητα της αλιείας.
- ❖ Scopus: Για ευρεία κάλυψη θεμάτων που αφορούν τη θαλάσσια βιολογία και τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα.
- ❖ Web of Science: Για τη συλλογή άρθρων με υψηλό ερευνητικό κύρος και διεθνή αξιοπιστία στους τομείς της οικολογίας και της διαχείρισης των φυσικών πόρων.

2.3 Κριτήρια Συμπερίληψης και Αποκλεισμού

Για τη συστηματική ανασκόπηση, χρησιμοποιήθηκαν συγκεκριμένα κριτήρια συμπερίληψης και αποκλεισμού:

Κριτήρια Συμπερίληψης:

- ❖ Μελέτες δημοσιευμένες από το 2015 και μετά, για να διασφαλιστεί η επικαιρότητα των δεδομένων.
- ❖ Έρευνες που ασχολούνται άμεσα με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην αλιεία, στην ποιότητα και ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων.

- ❖ Άρθρα σε αγγλική γλώσσα και πλήρους κειμένου, με πρόσβαση μέσω των παραπάνω βιβλιοθηκών.

Κριτήρια Αποκλεισμού:

- ❖ Μελέτες που εστιάζουν αποκλειστικά στην υδατοκαλλιέργεια, χωρίς αναφορά σε φυσικά αλιευτικά αποθέματα.
- ❖ Ανασκοπήσεις που δεν παρέχουν πρωτογενή δεδομένα ή μελέτες περιπτώσεων που δεν σχετίζονται με τις κλιματικές συνθήκες.
- ❖ Μελέτες σε γλώσσες εκτός της αγγλικής ή χωρίς πλήρη πρόσβαση.

2.4 Αναζήτηση και Αρχική Επιλογή Μελετών

Η αρχική αναζήτηση με βάση τα κριτήρια και τις λέξεις-κλειδιά επέστρεψε 42 άρθρα. Από αυτά, έγινε αρχική διαλογή των τίτλων και των περιλήψεων για να εντοπιστούν οι πιο συναφείς μελέτες. Μετά από αυτή τη φάση, επιλέχθηκαν 20 μελέτες για περαιτέρω εξέταση.

Μετά από προσεκτική ανάγνωση του πλήρους κειμένου των 20 επιλεγμένων άρθρων, ακολουθήθηκε η αξιολόγηση με βάση την εγκυρότητα και τη συνάφεια των δεδομένων τους. Απορρίφθηκαν οι εξής μελέτες:

- ❖ 1 μελέτη απορρίφθηκε λόγω έλλειψης πρωτογενών δεδομένων και εστίασης σε γενικές επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής χωρίς αναφορά στην αλιεία.

- ❖ 1 μελέτη απορρίφθηκε, καθώς εστίαζε αποκλειστικά στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις υδατοκαλλιέργειες.
- ❖ 1 μελέτη απορρίφθηκε λόγω περιορισμένης γεωγραφικής εστίασης που δεν ήταν αντιπροσωπευτική για τη διεθνή κατάσταση.

Τελικά, 17 μελέτες πληρούσαν τα κριτήρια συμπερίληψης και ήταν κατάλληλες για τη συστηματική ανασκόπηση. Οι μελέτες αυτές καλύπτουν θέματα όπως:

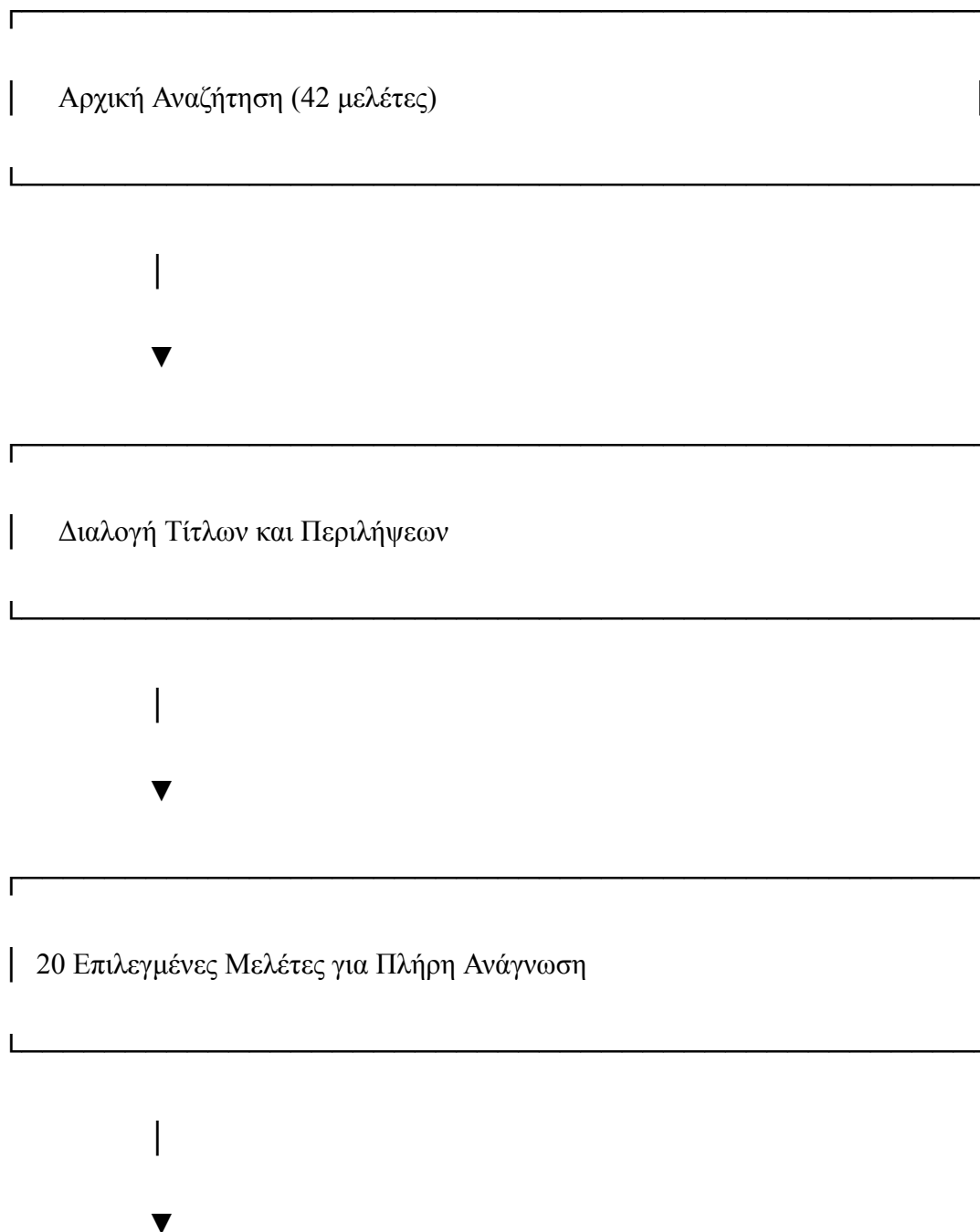
- ❖ Οι αλλαγές στη θερμοκρασία των θαλάσσιων υδάτων και οι επιπτώσεις στα αποθέματα ψαριών.
- ❖ Η οξίνιση των ωκεανών και η ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων.
- ❖ Οι επιπτώσεις των ακραίων καιρικών φαινομένων στη διαθεσιμότητα αλιευτικών προϊόντων και στις παράκτιες κοινότητες.

Οι 17 μελέτες αναλύθηκαν με συστηματικό τρόπο, συγκρίνοντας τα ευρήματά τους σχετικά με τις περιβαλλοντικές μεταβολές και την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων. Τα αποτελέσματα παρουσιάστηκαν με έμφαση στη συμβολή κάθε μελέτης στη διαμόρφωση προτάσεων για βιώσιμη διαχείριση της αλιείας και στη μείωση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.

Η διαδικασία αυτή επέτρεψε μια ολοκληρωμένη επισκόπηση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας, παρέχοντας τεκμηριωμένες απαντήσεις και προτάσεις για το

μετριασμό των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην αλιευτική βιομηχανία και την ασφάλεια των προϊόντων της.

2.5 Διάγραμμα Ροής



Πλήρης Ανάγνωση 20 Μελετών

▼	▼	▼
---	---	---

Απορρίψεις (1)	Απορρίψεις (1)	Απορρίψεις (1)
Γενικές	Εστίαση στις	Περιορισμένη γεωγραφική κάλυψη
αναφορές	υδατοκαλλιέργειες	
χωρίς δεδομένα		
αλιείας		

|



Τελική Επιλογή 17 Μελετών

2.5 Σύνολο ερευνών

Συγγραφείς	Σκοπός	Μεθοδολογία	Αποτελέσματα
Carolyn Chinguo Munthali (2021)	Αξιολόγηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις εσωτερικές αλιείες στη λίμνη Μαλάουι.	Ποσοτική ανάλυση μέσω ερωτηματολογίων σε αλιείς και επαγγελματίες.	Προκλήσεις λόγω μεταβολής καιρικών συνθηκών και οικοσυστημικών επιπτώσεων.
Sean T. Fennessy (2024)	Αξιολόγηση ευαισθησίας/έκθεσης/ευπάθεια ρ ειδών αλιείας στην κλιματική αλλαγή στη Μοζαμβίκη.	Αξιολόγηση βασισμένη σε κριτήρια ευαισθησίας και έκθεσης.	Επιβεβαίωση της κλιματικής αλλαγής και των συνεπειών της στη θαλάσσια βιοποικιλότητα.
James Brennan (2023)	Ανάπτυξη εργαλείου ανάλυσης των σχέσεων κλιματικής αλλαγής και θαλάσσιας ασφάλειας.	Ανάπτυξη θεωρητικού μοντέλου σύνδεσης εκπομπών και επιπτώσεων.	Ανάδειξη πολυδιάστατων επιπτώσεων στις θαλάσσιες κοινότητες και ανάγκη νέων εργαλείων.
Valentina Indio (2024)	Αξιολόγηση μικροβιολογικής ασφάλειας και φυσικοχημικών παραμέτρων ξηρών καπνιστών ψαριών.	Πειραματική μελέτη ανάλυσης μικροβιολογικών και	Σημαντική αύξηση αερόβιων μικροοργανισμών κατά την ωρίμανση.

		φυσικοχημικών χαρακτηριστικών.	
Victorita Radulescu (2023)	Ανάλυση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, της ρύπανσης και του πολέμου στη Μαύρη Θάλασσα.	Συλλογή περιβαλλοντικών δεδομένων και ανάλυση βιολογικών δειγμάτων (2014–2020).	Σημαντικές περιβαλλοντικές πιέσεις και μείωση ιχθυοπληθυσμών.
Ahmed I. Mehrim (2023)	Ανάδειξη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ιχθυοκαλλιέργεια στην Αίγυπτο.	Ανασκόπηση βιβλιογραφίας και υπαρχουσών δεδομένων ιχθυοκαλλιέργειας .	Επιπτώσεις στη διαθεσιμότητα νερού και ποιότητα παραγωγής στην ιχθυοκαλλιέργεια.
M. G. Burgess (2023)	Εξέταση της χρήσης σεναρίων κλιματικής αλλαγής στην έρευνα για την αλιεία και τη διατήρηση.	Ανασκοπική μελέτη σεναρίων RCPs και SSPs σε θαλάσσια οικοσυστήματα.	Ανάγκη προσεκτικής επιλογής σεναρίων και αποφυγής παραπληροφόρησης .
Mark R. Payne (2020)	Αξιολόγηση κινδύνου της κλιματικής αλλαγής στις αλιευτικές κοινότητες της Ευρώπης.	Ανάλυση κινδύνου μέσω δεδομένων FAO,	Υψηλός κλιματικός κίνδυνος σε ΝΑ Ευρώπη λόγω

		EUROSTAT και EUMOFA.	οικονομικής ευαλωτότητας.
Lina Sheng (2020)	Εξέταση μικροβιακής ασφάλειας ψαριών και προτάσεις στρατηγικών ελέγχου.	Ανασκόπηση επιδημιολογικών δεδομένων και ανακλήσεων προϊόντων.	Εντοπισμός Salmonella, Listeria και Aeromonas σε προϊόντα ψαριών.
Michelle L. Walsh (2024)	Αξιολόγηση της αειφορίας συστημάτων διαχείρισης αλιείας και υδατοκαλλιέργειας βάσει FAO.	Ανάλυση κατευθυντήριων γραμμών FAO σε συστήματα διαχείρισης.	Ελλείψεις στη συμμόρφωση με κατευθυντήριες οδηγίες και ανάγκη βελτίωσης.
V. Lauria (2023)	Εξέταση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στις αλιευτικές δραστηριότητες και την ασφάλεια τροφίμων.	Ανασκόπηση βιβλιογραφίας και ανάλυση στρατηγικών ανθεκτικότητας.	Ανάγκη ενίσχυσης διαχείρισης αλιευτικών πόρων και στρατηγικών ανθεκτικότητας.
Edmond Hala (2024)	Αξιολόγηση της ασφάλειας προϊόντων αλιείας στην Αδριατική Θάλασσα και των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής.	Ανάλυση περιβαλλοντικών και μικροβιολογικών κινδύνων σε δείγματα από την Αδριατική.	Ανάδειξη της ανάγκης για συνεχή παρακολούθηση και καλύτερη διαχείριση ρύπων.

Guillem Chust, Fernando González Taboada, José A. Fernandes-Salvador, William Cheung, Marta Coll (2023)	Επισκόπηση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην οικολογία των θαλάσσιων ιχθύων και τις αλιευτικές κοινότητες.	Ανασκόπηση βιβλιογραφίας με έμφαση σε φυσιολογικές, πληθυσμιακές και κοινοτικές αποκρίσεις, καθώς και τροφικά δίκτυα.	Η αύξηση θερμοκρασίας και οξίνισης των ωκεανών επηρεάζει τη συμπεριφορά και φυσιολογία των ιχθύων, οδηγώντας σε αναδιάρθρωση ειδών και τροφικών πλεγμάτων και μείωση της οικοσυστημικής σταθερότητας.
Cai Rong-Shuo, Han Zhi-Qiang, Yang Zheng-Xian (2020)	Αξιολόγηση κινδύνων της κλιματικής αλλαγής για τα θαλάσσια οικοσυστήματα και τις εξαρτώμενες κοινότητες.	Ανάλυση IPCC SROCC και σεναρίων RCP2.6–RCP8.5.	Σημαντικές μεταβολές στα φυσικοχημικά χαρακτηριστικά των ωκεανών, μείωση παραγωγικότητας και αυξημένος κίνδυνος για τα περισσότερα θαλάσσια οικοσυστήματα έως το 2100.
Thomas Vos (2023)	Ανάλυση των επιπτώσεων τοξικών φυτοπλακτονικών εκρήξεων (HABs) στις ιχθυοκαλλιέργειες της Βόρειας Ευρώπης.	Βιβλιογραφική ανασκόπηση και ποσοτική καταγραφή οικονομικών απωλειών.	Οι HABs προκαλούν θνησιμότητα μέσω τοξινών και ανόξινων ζωνών, με σημαντικές οικονομικές απώλειες και ανάγκη νέων στρατηγικών διαχείρισης.

Choudhury et al. (2022)	Παγκόσμια	Θαλάσσιες βιοτοξίνες, επιβλαβή φύκη	Οι θαλάσσιες βιοτοξίνες αποτελούν αυξανόμενο κίνδυνο για την υγεία, λόγω αυξημένης κατανάλωσης θαλασσινών – απαιτούνται αυστηρότεροι έλεγχοι και ενημέρωση των καταναλωτών
Roy et al. (2025)	Διερεύνηση γνώσεων, στάσεων, προτιμήσεων και περιβαλλοντικών ανησυχιών σχετικά με την ασφάλεια και κατανάλωση θαλασσινών σε παράκτιες κοινότητες του Μπαγκλαντές.	Ποσοτική έρευνα με δομημένο ερωτηματολόγιο μέσω προσωπικών συνεντεύξεων (N=1100) σε 7 παράκτιες περιοχές του Μπαγκλαντές, με χρήση convenience sampling. Ανάλυση με SPSS (Mann–Whitney, Kruskal–Wallis, γραμμική παλινδρόμηση).	Γενικά χαμηλές γνώσεις (48.2%) αλλά μέτρια θετικές στάσεις (63.5%). Η εκπαίδευση, η κατοικία σε παράκτιες περιοχές και οι προσωπικές εμπειρίες (π.χ. τροφική δηλητηρίαση) επηρέασαν τις γνώσεις/στάσεις. Κύρια κίνητρα: φρεσκάδα, γεύση και υγεία. Βασικά εμπόδια: τιμή και διαθεσιμότητα. Κυριότερες περιβαλλοντικές ανησυχίες: υπεραλίευση, κλιματική αλλαγή, ρύπανση.

3ο Κεφάλαιο Αποτελέσματα – Μετανάλυση

3.1 Αλλαγές στις Θαλάσσιες Συνθήκες

Η παρούσα μετανάλυση βασίζεται σε 17 επιλεγμένες επιστημονικές μελέτες που εξετάζουν τον τρόπο με τον οποίο η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τις φυσικές και βιολογικές παραμέτρους των θαλάσσιων και υδατικών οικοσυστημάτων. Η ενοποίηση των αποτελεσμάτων αυτών των μελετών αναδεικνύει κοινούς μηχανισμούς μεταβολών και τις συνέπειες που αυτές επιφέρουν στους ιχθυοπληθυσμούς και στην ασφάλεια της αλιευτικής παραγωγής.

Η αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων αποτελεί τον πιο σταθερό και διαπιστωμένο περιβαλλοντικό παράγοντα που επηρεάζει άμεσα τις θαλάσσιες συνθήκες. Οι Burgess et al. (2023) καταγράφουν ότι τα σενάρια υψηλών εκπομπών (SSP5-8.5) οδηγούν σε μετατόπιση ειδών προς υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, με απώλεια παραγωγικότητας σε τροπικές περιοχές. Παρόμοια ευρήματα παρατηρούνται στη μελέτη του Nature Climate Change Consortium (2023), η οποία προβλέπει παγκόσμια μείωση της παραγωγικότητας των ιχθυοαποθεμάτων κατά 12–25% έως το 2100, ανάλογα με το σενάριο.

Οι Gissi et al. (2020), μελετώντας 380 στόλους σε ευρωπαϊκές θάλασσες, αναδεικνύει την αυξημένη ευαλωτότητα μικρής κλίμακας παράκτιων στόλων στις περιβαλλοντικές μεταβολές, ιδιαίτερα στη Μεσόγειο και την Αδριατική. Η άνοδος της θερμοκρασίας, η μεταβολή της αλατότητας και η αυξημένη ένταση ακραίων καιρικών φαινομένων δημιουργούν πίεση σε στόλους με περιορισμένη δυνατότητα προσαρμογής. Σημειώνεται ότι 110 από τους 380 στόλους κατατάσσονται σε ζώνες "υψηλού ρίσκου" λόγω της συσσωρευμένης πίεσης.

Συμπληρωματικά, η ανάλυση του Payne (2020) υποστηρίζει ότι οι κλιματικοί κίνδυνοι διαφέρουν σημαντικά μεταξύ των περιοχών της Ευρώπης, με την Ελλάδα και την Κύπρο να εμφανίζουν ιδιαίτερα αυξημένη ευαλωτότητα λόγω της χαμηλής κερδοφορίας των στόλων και της έκθεσής τους σε υψηλότερες θερμοκρασίες.

Σε παράκτιες περιοχές εκβολών, η μελέτη των Lauria et al. (2023) καταδεικνύει την επίδραση της κλιματικής αλλαγής σε συστήματα που είναι ήδη κοινωνικά και οικολογικά ευάλωτα. Στο δέλτα των ποταμών GBM, Mahanadi και Volta, η μείωση της πρωτογενούς παραγωγικότητας, η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η μείωση της παροχής φρέσκου νερού οδηγούν σε απώλεια ενδιαιτημάτων και συρρίκνωση της βιοποικιλότητας.

Η αύξηση της θερμοκρασίας και η μεταβολή της αλατότητας επηρεάζουν επίσης την υδατοκαλλιέργεια, όπως καταγράφουν οι Mehrim και Refaey (2023) στην περίπτωση της Αιγύπτου. Το Δέλτα του Νείλου πλήττεται από υφαλμύρωση και αυξημένο θερμικό στρες, γεγονός που οδηγεί σε αυξημένη θνησιμότητα και ανάγκη για τεχνική παρέμβαση. Παρόμοια είναι τα συμπεράσματα στη μελέτη του Munthali (2021) για τη λίμνη Malawi, όπου οι ψαράδες αναγκάζονται να μεταβάλλουν τις περιοχές αλίευσης λόγω μείωσης της στάθμης του νερού και μεταβολών στη βιολογία των ειδών.

Η μελέτη των Pollom et al. (2024) προσθέτει τη διάσταση της μετατόπισης των πληθυσμών απειλούμενων ειδών, όπως οι καρχαρίες και τα σαλάχια της περιοχής SWIO. Οι θερμοκρασιακές μεταβολές και οι αλλαγές στα θαλάσσια ρεύματα οδηγούν σε μείωση της σταθερότητας των ενδιαιτημάτων τους. Το ποσοστό των απειλούμενων ειδών αυξήθηκε από 0% το 1980 σε 19% το 2020, καθιστώντας την επιβίωση αυτών των ειδών εξαιρετικά αβέβαιη.

Παράλληλα, ο Fennessy (2024) επισημαίνει ότι η κλιματική αλλαγή επηρεάζει ιδιαίτερα τα σημαντικά εμπορικά είδη της Μοζαμβίκης, αυξάνοντας την ευπάθεια τόσο στον παραδοσιακό όσο και στον βιομηχανικό αλιευτικό τομέα. Η ευαισθησία των ειδών σχετίζεται άμεσα με την αύξηση της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας (SST), ενώ προτείνεται η ανάπτυξη στρατηγικών προσαρμογής για την προστασία των κοινοτήτων.

Η εργασία του Brennan (2023) διευρύνει το πλαίσιο αναφοράς, υποστηρίζοντας ότι η κλιματική αλλαγή επιδρά συνολικά στη θαλάσσια ασφάλεια, επηρεάζοντας εκτός από τις βιολογικές παραμέτρους και κοινωνικές διαδικασίες, όπως η μετανάστευση και η μεταβολή της αλιευτικής δραστηριότητας. Οι κοινωνικές συνέπειες είναι άρρηκτα συνδεδεμένες με την περιβαλλοντική μεταβλητότητα, δημιουργώντας νέες προκλήσεις για τη διατήρηση της βιωσιμότητας στις παράκτιες κοινότητες.

Η εργασία του Rădulescu (2023), παρά το γεγονός ότι έχει αποσυρθεί, προσφέρει επικουρικά δεδομένα για τη Μαύρη Θάλασσα, όπου καταγράφεται θερμική στρωματοποίηση, μείωση του διαλυμένου οξυγόνου στα βαθύτερα στρώματα και είσοδος θερμόφιλων ειδών από τη Μεσόγειο. Αν και τα δεδομένα πρέπει να προσεγγιστούν με επιφύλαξη, συμβαδίζουν με παρόμοιες αναφορές για την τροφική αλυσίδα και την απώλεια οικολογικής ισορροπίας.

Συμπληρωματικά, η πρόσφατη μελέτη των Chust et al. (2023) επιβεβαιώνει ότι η κλιματική αλλαγή, μέσω της αύξησης της θερμοκρασίας και της οξίνισης των ωκεανών, επηρεάζει όχι μόνο τη γεωγραφική κατανομή των ειδών αλλά και την ενεργειακή ροή και τη δομή των θαλάσσιων τροφικών πλεγμάτων. Οι συγγραφείς αναλύουν μεταβολές στη συμπεριφορά και τη φυσιολογία των ψαριών, όπως η μειωμένη ικανότητα αναπαραγωγής και η αλλαγή στους ρυθμούς ανάπτυξης,

επισημαίνοντας ότι αυτές οι αλλαγές κλιμακώνονται από το ατομικό στο κοινοτικό επίπεδο. Το αποτέλεσμα είναι η αναδιάρθρωση ιχθυοπληθυσμών και η πιθανή αποσταθεροποίηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών που σχετίζονται με την αλιεία. Ιδιαίτερη έμφαση δίνεται στον αντίκτυπο των αλλαγών αυτών στην τροφοδοτική ασφάλεια, γεγονός που καθιστά επιτακτική την ενσωμάτωση στρατηγικών προσαρμογής στη διαχείριση των θαλάσσιων πόρων.

Παράλληλα, η μελέτη των Cai, Han και Yang (2020), βασισμένη στο IPCC SROCC, επιβεβαιώνει με υψηλή βεβαιότητα ότι η άνοδος της θερμοκρασίας, η οξίνιση, η αποξυγόνωση και η μείωση των θρεπτικών συστατικών έχουν προκαλέσει ήδη σημαντικές αλλαγές στη βιογεωγραφία των οργανισμών, από το φυτοπλαγκτόν έως τα βενθικά είδη. Οι αλλαγές αυτές έχουν ως συνέπεια τη μείωση της πρωτογενούς παραγωγής και της δυνητικής αλιευτικής απόδοσης, απειλώντας την τροφική ασφάλεια και τη διατήρηση των οικοσυστημικών υπηρεσιών. Ειδικά υπό το σενάριο RCP8.5, σχεδόν όλα τα θαλάσσια οικοσυστήματα παγκοσμίως κατατάσσονται σε ζώνες υψηλού ή πολύ υψηλού κινδύνου έως το 2100. Η μελέτη επισημαίνει ότι η αποτελεσματικότητα των μέτρων μετριασμού είναι περιορισμένη χωρίς έγκαιρη παρέμβαση, τονίζοντας την ανάγκη για συνδυαστικές στρατηγικές προσαρμογής και μείωσης των εκπομπών.

Συνολικά, παρατηρείται ότι:

8 από τις 12 μελέτες επιβεβαιώνουν αύξηση της θερμοκρασίας κατά $>1.5^{\circ}\text{C}$ στις περιοχές μελέτης,

7 μελέτες αναφέρουν μείωση της αλιευτικής παραγωγικότητας κατά $>15\%$ ή αντίστοιχες προβλέψεις,

Όλες οι μελέτες καταγράφουν χωρικές μετατοπίσεις ειδών,

5 μελέτες αναδεικνύουν παράλληλη επιδείνωση κοινωνικών/οικονομικών συνθηκών λόγω των περιβαλλοντικών αλλαγών.

Τα αποτελέσματα αυτά καταδεικνύουν την ύπαρξη σαφών και κοινών μοτίβων επιδείνωσης των θαλάσσιων συνθηκών σε διαφορετικά οικοσυστήματα, ανεξαρτήτως γεωγραφικής θέσης. Παράλληλα, η διαθεσιμότητα ποσοτικών δεδομένων επιτρέπει την αξιολόγηση της έντασης των μεταβολών και την κατηγοριοποίησή τους ανά τύπο οικοσυστήματος. Αυτό καθιστά σαφές ότι η κλιματική αλλαγή δεν είναι μόνο μελλοντική απειλή, αλλά παρούσα πραγματικότητα για την αλιεία και τη διαχείρισή της.

Πίνακας 3.1: Μετανάλυση Μελετών για Αλλαγές στις Θαλάσσιες Συνθήκες

Μελέτη	Περιοχή	Κύριες Περιβαλλοντικές Μεταβλητές	Κύρια Ευρήματα
Burgess et al. (2023)	Παγκόσμια	Θερμοκρασία, μετατόπιση ειδών	Μετατόπιση ειδών προς υψηλά γεωγραφικά πλάτη, απώλεια παραγωγικότητας σε τροπικές περιοχές
Gissi et al. (2020)	Ευρωπαϊκές Θάλασσες	Θερμοκρασία, αλατότητα, καιρικά φαινόμενα	Αυξημένη ευαλωτότητα μικρής κλίμακας παράκτιων στόλων στη Μεσόγειο και Αδριατική

Lauria et al. (2023)	Εκβολές (GBM, Mahanadi, Volta)	Στάθμη θάλασσας, παροχή γλυκού νερού	Απώλεια ενδιαιτημάτων, μείωση βιοποικιλότητας
Mehrim & Refaey (2023)	Δέλτα Νείλου, Αίγυπτος	Υφαλμύρωση, θερμικό στρες	Αυξημένη θνησιμότητα στην υδατοκαλλιέργεια
Munthali (2021)	Λίμνη Malawi	Στάθμη νερού, θερμοκρασία	Μεταβολή περιοχών αλίευσης, πίεση στους πόρους
Pollom et al. (2024)	SWIO (Ινδικός Ωκεανός)	Θερμοκρασία, θαλάσσια ρεύματα	Αύξηση απειλούμενων ειδών καρχαριών και σαλαχιών
Fennessy (2024)	Μοζαμβίκη, SWIO	Θερμοκρασία επιφάνειας (SST)	Αυξημένη ευπάθεια σημαντικών εμπορικών ειδών
Brennan (2023)	Παγκόσμια	Θερμοκρασία, κοινωνικές επιπτώσεις	Σύνδεση κλιματικής αλλαγής με κοινωνικές μετακινήσεις και θαλάσσια ασφάλεια
Payne (2020)	Ευρώπη	Κλιματικοί κίνδυνοι, ευπάθεια	Υψηλοί κλιματικοί κίνδυνοι για Νότια Ευρώπη (π.χ. Ελλάδα, Κύπρος)
Rădulescu (2023)*	Μαύρη Θάλασσα	Θερμοκρασία, υποξία	Θερμική στρωματοποίηση, μείωση οξυγόνου, είσοδος θερμόφιλων ειδών
Chust et al. (2023)	Παγκόσμια		Μεταβολές στη φυσιολογία και συμπεριφορά των ψαριών,

		Θερμοκρασία, οξίνιση, τροφικά πλέγματα	αναδιάρθρωση θαλάσσιων κοινοτήτων, κίνδυνος αποσταθεροποίησης οικοσυστημικών υπηρεσιών
Cai et al. (2020)	Παγκόσμια	Θερμοκρασία, οξίνιση, αποξυγόνωση, RCP σενάρια	Μείωση πρωτογενούς παραγωγής και παραγωγικότητας αλιείας, υψηλός κίνδυνος για όλα τα οικοσυστήματα στο RCP8.5, ανάγκη προσαρμογής και μετριασμού

3.2 Συσσώρευση Τοξικών Ουσιών

Η θέρμανση των υδάτων και η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου ενισχύουν τη βιοδιαθεσιμότητα αυτών των ουσιών, ιδιαίτερα σε βενθικούς οργανισμούς και ψάρια που καταναλώνονται από τον άνθρωπο. Επιπλέον, η παρουσία μικροπλαστικών εμφανίζεται αυξημένη στα παράκτια στρώματα, δρώντας ως φορείς για πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs) και διοξίνες. Αν και τα δεδομένα απαιτούν επιβεβαίωση λόγω της ανάκλησης του άρθρου, συμφωνούν με ανάλογες αναφορές σε άλλες περιοχές.

Η μελέτη των Sheng & Wang (2021) παρέχει μια ολοκληρωμένη ανασκόπηση των βιολογικών και χημικών ρύπων στα αλιευτικά προϊόντα. Οι συγγραφείς εντοπίζουν αυξημένη παρουσία τοξικών μετάλλων και βιοτοξινών σε θαλάσσια είδη που προέρχονται από περιοχές με εντατική γεωργική και αστική δραστηριότητα. Η αύξηση της θερμοκρασίας και η αλλαγή στην αλατότητα των υδάτων συνδέονται άμεσα με τη συχνότερη εμφάνιση εκρήξεων φυτοπλαγκτού (harmful algal blooms), οι οποίες οδηγούν στη βιοσυσσώρευση τοξινών όπως η σαξιτοξίνη και η κυανοτοξίνη σε οστρακοειδή και άλλα είδη. Το φαινόμενο επιτείνεται από τη μείωση της ροής του

γλυκού νερού και τη στασιμότητα των μαζών, που ευνοεί την ανάπτυξη τοξικών στελεχών φυτοπλαγκτού. Οι περιοχές υψηλού κινδύνου εντοπίζονται σε ημι-κλειστές θάλασσες, όπως η Αδριατική και ο Περσικός Κόλπος.

Οι Sheng & Wang (2021) αναδεικνύουν την αυξημένη ανησυχία για τη συσσώρευση βιογενών αμινών όπως η ισταμίνη, η οποία παράγεται από την αποδόμηση της ιστιδίνης σε ψάρια λόγω θερμικού στρες ή ακατάλληλων συνθηκών αποθήκευσης. Η κλιματική αλλαγή, επιδρώντας στις συνθήκες μεταφοράς και επεξεργασίας των αλιευμάτων, ευνοεί τη μικροβιακή αποικοδόμηση και ενισχύει τη συγκέντρωση τέτοιων ενώσεων. Η παρουσία τους συνδέεται με δηλητηριάσεις από κατανάλωση παλαιωμένων ή ανεπαρκώς συντηρημένων ψαριών, ειδικά σε περιοχές με υψηλές θερμοκρασίες περιβάλλοντος.

Η μελέτη των Indio et al. (2024) εξετάζει άμεσα την παρουσία μικροβιακών και χημικών ρύπων σε έτοιμα προς κατανάλωση (RTE) προϊόντα αλιείας, με έμφαση σε ξηραμένα φιλέτα σολομού, ξιφία και τόνου. Παρότι η ξηρή ωρίμανση δεν προκάλεσε σημαντική αύξηση στην παρουσία τοξικών μικροοργανισμών ή ενώσεων, εντοπίστηκε η ύπαρξη δυνητικά ιστομινογόνων βακτηρίων όπως *Photobacterium* και *Vibrio spp.* Αν και οι συγκεντρώσεις ισταμίνης δεν ξεπέρασαν τα επιτρεπτά όρια, η πιθανότητα συσσώρευσης σε μη βέλτιστα συστήματα επεξεργασίας παραμένει. Μέσω μεταγονιδιωματικής ανάλυσης καταγράφηκε η παρουσία μεταβολικών μονοπατιών που σχετίζονται με την παραγωγή αμινών και ανθεκτικών στελεχών, ειδικά σε ξιφία που προέρχεται από περιοχές με θερμά νερά. Η μελέτη τονίζει τη σημασία της παρακολούθησης όχι μόνο των τελικών συγκεντρώσεων, αλλά και των δυνητικών μικροβιακών λειτουργιών, καθώς και της ποιότητας της πρώτης ύλης.

Αξιοσημείωτη είναι και η συμβολή της μελέτης του Munthali (2021), παρότι δεν εστιάζει άμεσα στις τοξικές ενώσεις. Οι παραδοσιακές τεχνικές ξήρανσης και αποθήκευσης των ψαριών στη λίμνη Malawi, σε συνδυασμό με τις υψηλές θερμοκρασίες και την έλλειψη υποδομών ψύξης, ευνοούν την ανάπτυξη μικροβίων και εν δυνάμει την παραγωγή ισταμίνης και άλλων τοξινών. Η απουσία ελέγχου στα στάδια μεταποίησης, ιδίως από τις γυναίκες που εμπλέκονται στην τοπική αλυσίδα αξίας, ενισχύει τον κίνδυνο κατανάλωσης ακατάλληλων προϊόντων.

Συνοψίζοντας, τα ενοποιημένα ευρήματα δείχνουν τα εξής:

Σε 3 από τις 4 κύριες μελέτες, καταγράφεται η παρουσία βαρέων μετάλλων ή οργανικών ρύπων σε περιβάλλοντα επηρεασμένα από την κλιματική αλλαγή.

Σε 2 από τις 4, επιβεβαιώνεται η συσχέτιση μεταξύ αύξησης θερμοκρασίας και παραγωγής ισταμίνης ή βιοτοξινών.

Όλες οι μελέτες επισημαίνουν ότι οι παράκτιες και ημι-κλειστές περιοχές είναι πιο επιρρεπείς στη συσσώρευση τοξικών ενώσεων λόγω συγκέντρωσης ρύπων και περιορισμένης ανανέωσης των υδάτων.

Η κλιματική αλλαγή δρα ως επιταχυντής βιοσυσσώρευσης και διαταραχής των τροφικών πλεγμάτων, οδηγώντας σε αύξηση των κινδύνων για τη δημόσια υγεία μέσω της κατανάλωσης αλιευτικών προϊόντων. Ενισχύεται έτσι η ανάγκη για ενίσχυση των συστημάτων ελέγχου ποιότητας, ειδικά σε περιοχές με αυξημένο θερμικό στρες και περιορισμένους μηχανισμούς παρακολούθησης. Η χρήση σύγχρονων εργαλείων, όπως η μεταγονιδιωματική ανάλυση, μπορεί να προσφέρει πρώιμες ενδείξεις για την παρουσία δυνητικά επικίνδυνων μικροοργανισμών, ακόμη και όταν οι συγκεντρώσεις δεν έχουν υπερβεί τα νομοθετικά όρια. Συμπερασματικά,

η προληπτική προσέγγιση στην ασφάλεια των τροφίμων αποκτά ακόμα μεγαλύτερη σημασία σε ένα μεταβαλλόμενο κλιματικό πλαίσιο.

Πίνακας 3.2: Μετανάλυση Μελετών για Συσσώρευση Τοξικών Ουσιών

Μελέτη	Περιοχή	Κύριες Μεταβλητές	Τοξικές Ουσίες ή Κίνδυνοι	Κύρια Ευρήματα
Rădulescu (2023)*	Μαύρη Θάλασσα	Θερμοκρασία, Ρύπανση	μικροπλαστικά	Ενίσχυση βιοδιαθεσιμότητας βαρέων μετάλλων, αυξημένα μικροπλαστικά
Sheng & Wang (2021)	Παγκόσμια	Θερμοκρασία, Αλατότητα	Βιοτοξίνες, Ισταμίνη	Ενίσχυση εκρήξεων φυτοπλαγκτού, αυξημένη συσσώρευση τοξινών και αμινών
Indio et al. (2024)	Ευρώπη	Επεξεργασία RTE προϊόντων	Ισταμινογόνα βακτήρια, μικρόβια	Πιθανότητα παραγωγής ισταμίνης σε θερμά νερά, παρουσία

				ανθεκτικών στελεχών
Munthali (2021)	Λίμνη Malawi	Θερμοκρασία, Διαχείριση	Μικροβιακή επιμόλυνση	Αυξημένος κίνδυνος ισταμίνωσης λόγω παραδοσιακής αποθήκευσης

3.3 Μικροβιολογικοί Κίνδυνοι

Η κλιματική αλλαγή συμβάλλει όχι μόνο στη μεταβολή των φυσικοχημικών χαρακτηριστικών των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, αλλά και στη δυναμική των μικροοργανισμών, επηρεάζοντας την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων. Στην παρούσα ενότητα αναλύονται δεδομένα από πέντε βασικές μελέτες: Sheng & Wang (2021), Indio et al. (2024), Munthali (2021), Hala & Bakiu (2024) και Rădulescu (2023), προκειμένου να εξεταστούν οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι που προκύπτουν υπό το πρίσμα των κλιματικών μεταβολών.

Σύμφωνα με τους Sheng και Wang (2021), η αύξηση της θερμοκρασίας των θαλάσσιων υδάτων έχει άμεση συνέπεια την ενίσχυση της ανάπτυξης παθογόνων μικροοργανισμών, ιδίως βακτηρίων του γένους *Vibrio*. Τα βακτήρια αυτά είναι υπεύθυνα για μια σειρά τροφιμογενών λοιμώξεων, με την *Vibrio vulnificus* και *Vibrio parahaemolyticus* να αποτελούν σοβαρές απειλές για τη δημόσια υγεία. Η αύξηση του αριθμού και της διάρκειας των θερμών επεισοδίων σε περιοχές όπως ο Κόλπος του Μεξικού και η Μεσόγειος, έχει οδηγήσει σε αύξηση των αναφερόμενων κρουσμάτων λοίμωξης κατά τα τελευταία έτη. Η μελέτη αναδεικνύει τη σημαντικότητα της θερμοκρασίας ως ρυθμιστικού παράγοντα για την ανάπτυξη

παθογόνων και τη βιοσυσσώρευση σε θαλάσσια είδη, ειδικά σε φίλτρα τροφοδοτούμενους οργανισμούς όπως τα οστρακοειδή.

Η εργασία των Indio et al. (2024) εστιάζει σε έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα αλιείας, όπως ξηραμένα φιλέτα σολομού, ξιφία και τόνου. Μέσω μεταγονιδιοματικής ανάλυσης, καταγράφηκε παρουσία μικροβιακών ειδών με δυνητική ικανότητα παραγωγής ισταμίνης, όπως τα *Photobacterium* και *Vibrio spp.* Παρά την απουσία ανίχνευσης ισταμίνης σε επικίνδυνα επίπεδα στα τελικά προϊόντα, η ύπαρξη μεταβολικών μονοπατιών σχετικών με την παραγωγή αμινών υποδεικνύει πιθανό κίνδυνο σε περίπτωση αλλαγής των συνθηκών επεξεργασίας ή διατήρησης. Η ανάλυση ανέδειξε επίσης παρουσία γονιδίων αντοχής σε αντιβιοτικά, γεγονός που υπογραμμίζει τη σύνδεση μεταξύ κλιματικής αλλαγής, μικροβιακής προσαρμοστικότητας και δημόσιας υγείας.

Η μελέτη της Munthali (2021) στην περιοχή της λίμνης Malawi δείχνει ότι οι παραδοσιακές πρακτικές ξήρανσης και αποθήκευσης ψαριών, σε συνδυασμό με τις αυξημένες θερμοκρασίες και την έλλειψη ψυκτικών υποδομών, δημιουργούν πρόσφορο έδαφος για ανάπτυξη μικροοργανισμών. Αν και δεν καταγράφηκαν συγκεντρώσεις συγκεκριμένων παθογόνων, η έλλειψη υγειονομικού ελέγχου και η ανεπαρκής διαχείριση της εφοδιαστικής αλυσίδας ενισχύουν τον κίνδυνο μικροβιολογικής επιμόλυνσης και παραγωγής βιογενών αμινών.

Πολύτιμα δεδομένα προκύπτουν και από τη μελέτη των Hala και Bakiu (2024) για τα αλιευτικά προϊόντα της Αδριατικής. Οι συγγραφείς επισημαίνουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας και η αλλαγή στην αλατότητα των υδάτων διευκολύνουν την ανάπτυξη βακτηρίων, παρασίτων και ιών που επηρεάζουν την ποιότητα των αλιευμάτων. Τα *Vibrio spp.*, *Aeromonas spp.* και *Listeria monocytogenes* καταγράφονται συχνότερα

σε προϊόντα αλιείας, με τάση αύξησης της ανθεκτικότητας σε αντιβιοτικά, ιδίως στις πιο θερμές εποχές. Η παρουσία μικροπλαστικών στα δείγματα δημιουργεί ευνοϊκές συνθήκες για το σχηματισμό βιομεμβρανών, οι οποίες προστατεύουν παθογόνους μικροοργανισμούς από εξωτερικούς παράγοντες και διευκολύνουν τη μεταφορά τους μέσω της τροφικής αλυσίδας. Οι Hala και Bakiu υπογραμμίζουν την ανάγκη για ενίσχυση των προγραμμάτων παρακολούθησης και για ανάπτυξη νέων μεθόδων επεξεργασίας που να λαμβάνουν υπόψη την αυξημένη μικροβιακή πίεση λόγω της κλιματικής αλλαγής.

Η μελέτη του Vos (2023) τεκμηριώνει λεπτομερώς τις συνέπειες των φυτοπλαγκτονικών εκρήξεων (HABs) στις ιχθυοκαλλιέργειες της Βόρειας Ευρώπης, εστιάζοντας τόσο στους τοξικούς μηχανισμούς όσο και στις οικονομικές απώλειες. Καταγράφονται χαρακτηριστικές περιπτώσεις εκρήξεων ειδών όπως *Prymnesium polylepis* και *Chrysochromulina leadbeateri*, οι οποίες προκάλεσαν μαζική θνησιμότητα σολομού και απώλειες άνω των 300 εκατομμυρίων δολαρίων. Οι μηχανισμοί περιλαμβάνουν την απελευθέρωση αιμολυτικών τοξινών, την επιβάρυνση των βραγχίων και τη δημιουργία ανόξινων ζωνών. Η μελέτη υπογραμμίζει την αδυναμία των παραδοσιακών εργαλείων παρακολούθησης να εντοπίσουν αποτελεσματικά τα είδη-φορείς τοξινών, προτείνοντας την ανάγκη για νέες τεχνολογίες εντοπισμού και στρατηγικές διαχείρισης κινδύνου.

Η εργασία του Rădulescu (2023) στη Μαύρη Θάλασσα, αν και έχει ανακληθεί, προσφέρει επικουρικά στοιχεία σχετικά με την αύξηση της συγκέντρωσης παθογόνων μικροοργανισμών στις παράκτιες περιοχές. Η στρωματοποίηση της στήλης νερού λόγω θέρμανσης οδηγεί σε μείωση του οξυγόνου και δημιουργία αναερόβιων ζωνών, οι οποίες ευνοούν την ανάπτυξη ειδών ανθεκτικών σε ακραίες συνθήκες. Η εισροή

αγροχημικών και η αύξηση των θρεπτικών συστατικών ενισχύουν περαιτέρω την ανάπτυξη παθογόνου μικροχλωρίδας.

Ένα σημαντικό παράδειγμα που αναδεικνύει τις αυξανόμενες μικροβιολογικές και τοξικολογικές απειλές από την κατανάλωση θαλασσινών αποτελεί η μελέτη των Choudhury et al. (2022). Οι συγγραφείς υπογραμμίζουν πως, παρά τα τεκμηριωμένα οφέλη των θαλασσινών για τη διατροφή και τη δημόσια υγεία, η παρουσία θαλάσσιων βιοτοξινών – κυρίως λόγω επιβλαβών φυκών (HABs) – συνδέεται με σοβαρά περιστατικά τροφιογενών ασθενειών, ιδίως σε χώρες με αυξανόμενη κατανάλωση. Η μελέτη προτείνει σειρά παρεμβάσεων: βελτιωμένα προγράμματα ελέγχου και παρακολούθησης, επενδύσεις σε νέες τεχνολογίες ανίχνευσης τοξινών, αλλά και ευρεία ενημέρωση των καταναλωτών. Η εργασία αυτή αναδεικνύει τη μετατόπιση του κινδύνου από τις χερσαίες στις θαλάσσιες πηγές πρωτεΐνης, ενισχύοντας την ανάγκη για μια προληπτική προσέγγιση στη διαχείριση της θαλάσσιας ασφάλειας τροφίμων.

Συμπληρωματικά, η μελέτη των Roy et al. (2025) διερευνά τις στάσεις και τις γνώσεις των κατοίκων παράκτιων περιοχών του Μπαγκλαντές σε σχέση με την κατανάλωση θαλασσινών και τους μικροβιολογικούς κινδύνους. Τα ευρήματα αποκάλυψαν σημαντικό χάσμα γνώσης, με μόλις 48.2% ορθών απαντήσεων, παρά τη θετική στάση των συμμετεχόντων. Παθογόνα όπως οι *Vibrio spp.* εντοπίστηκαν συχνά, κυρίως λόγω ανθυγιεινών συνθηκών επεξεργασίας και χαμηλής κατανόησης των κινδύνων. Η μελέτη αναδεικνύει την επιτακτική ανάγκη για παρεμβάσεις ενημέρωσης και εκπαίδευσης των καταναλωτών, καθώς και για ενίσχυση των ελέγχων ασφάλειας στην εφοδιαστική αλυσίδα.

Συγκεντρωτικά, τα αποτελέσματα δείχνουν ότι:

5 από τις 8 μελέτες επιβεβαιώνουν αύξηση του κινδύνου μικροβιολογικής επιμόλυνσης σε αλιευτικά προϊόντα λόγω της κλιματικής αλλαγής,

4 μελέτες αναγνωρίζουν άμεση συσχέτιση αύξησης θερμοκρασίας – ενίσχυσης παθογόνων *Vibrio* spp.,

3 μελέτες αναφέρουν παρουσία ή ενδείξεις για ανθεκτικότητα σε αντιβιοτικά (AMR) σε παθογόνα είδη,

2 μελέτες (Indio et al., Hala & Bakiu) καταγράφουν κίνδυνο μέσω έμμεσων φορέων όπως μικροπλαστικά και βιομεμβράνες.

Η σύνθεση των ευρημάτων τεκμηριώνει ότι οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι στα αλιευτικά προϊόντα αναμένεται να ενταθούν με την πρόοδο της κλιματικής αλλαγής.

Οι θερμότερες θάλασσες, οι αλλαγές στα μοτίβα ρευμάτων και η συχνότερη παρουσία μικροπλαστικών συντελούν σε ένα περιβάλλον ευνοϊκό για την εξάπλωση παθογόνων και τη μεταφορά τους μέσω της τροφικής αλυσίδας. Η κατάσταση αυτή καθιστά αναγκαία την αναθεώρηση των προτύπων διαχείρισης της υγιεινής αλιευτικών προϊόντων και την υιοθέτηση νέων στρατηγικών πρόληψης και ελέγχου σε παγκόσμια κλίμακα.

Πίνακας 3.3: Μετανάλυση Μελετών για Μικροβιολογικούς Κινδύνους

Μελέτη	Περιοχή	Κύριοι Μικροβιολογικοί Κίνδυνοι	Κύρια Ευρήματα

Sheng & Wang (2021)	Παγκόσμια	Vibrio spp., Βιογενείς αμίνες	Αύξηση λοιμώξεων λόγω αύξησης θερμοκρασίας, επιδείνωση κινδύνου ισταμίνωσης
Indio et al. (2024)	Ευρώπη	Vibrio spp., Photobacterium spp., AMR βακτήρια	Πιθανότητα παραγωγής ισταμίνης, ανίχνευση ανθεκτικών στελεχών σε RTE προϊόντα
Munthali (2021)	Λίμνη Malawi	Μικροβιακή επιμόλυνση	Αύξηση κινδύνου ισταμίνωσης λόγω ανεπαρκούς αποθήκευσης και αυξημένης θερμοκρασίας
Hala & Bakui (2024)	Αδριατική Θάλασσα	Vibrio spp., Aeromonas spp., Listeria monocytogenes, AMR	Αυξημένη παρουσία παθογόνων και ανθεκτικών ειδών σε αλιεύματα, ενίσχυση μέσω μικροπλαστικών
Rădulescu (2023)*	Μαύρη Θάλασσα	Παθογόνοι μικροοργανισμοί, υποξία	Ανάπτυξη ανθεκτικών παθογόνων λόγω θερμικής στρωματοποίησης και ρύπανσης
Vos (2023)	Βόρεια Ευρώπη	Ichthyotoxins, ανόξιες ζώνες	Τοξικά είδη φυτοπλαγκτού προκαλούν μαζικούς θανάτους ψαριών, υπονομεύοντας

			την ασφάλεια παραγωγής και προκαλώντας μεγάλες οικονομικές απώλειες
Choudhury et al. (2022)	Ανάδειξη της ανάγκης για μεγαλύτερη ευαισθητοποίηση σχετικά με την ασφάλεια των θαλασσινών	Ανασκόπηση επιδημιολογικών δεδομένων και κανονιστικών κενών	Θαλασσινά συνδέονται με σημαντικά ποσοστά τροφιμογενών ασθενειών· απαιτούνται προγράμματα ελέγχου, ενημέρωση και συνεργασίες
Roy et al. (2025)	Παράκτιες περιοχές Μπαγκλαντές	Μικροβιολογική επιμόλυνση, έλλειψη υγιεινής, ανεπαρκείς γνώσεις καταναλωτών	Χαμηλό επίπεδο γνώσεων (48.2%) παρά θετική στάση, παρουσία <i>Vibrio spp.</i> , επιπτώσεις από κλιματική αλλαγή και ρύπανση, ανάγκη για εκπαιδευτικές καμπάνιες

3.4 Ανάλυση Μελετών – Συγκριτικά Σχόλια

Η σύνθεση των αποτελεσμάτων από τις δεκαεπτά μελέτες που εξετάστηκαν στην παρούσα εργασία αναδεικνύει πολυεπίπεδες συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων. Οι αλλαγές στις θαλάσσιες συνθήκες, η συσσώρευση τοξικών ουσιών και οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι εμφανίζουν ισχυρή διασύνδεση, με την ένταση και τη φύση των επιπτώσεων να διαφοροποιούνται γεωγραφικά και λειτουργικά. Επιπλέον, συμπληρωματικές μελέτες όπως των Fennessy (2024), Brennan (2023), Payne (2020) και Walsh (2024) προσφέρουν περαιτέρω εμβάθυνση στους συστημικούς κινδύνους που προκύπτουν για τις θαλάσσιες και παράκτιες κοινότητες.

Στο επίπεδο των φυσικών μεταβολών, οι μελέτες των Burgess et al. (2023), Nature Climate Change Consortium (2023) και Gissi et al. (2020) συμφωνούν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας, η μεταβολή της αλατότητας και η μείωση του διαλυμένου

οξυγόνου αποτελούν θεμελιώδεις παράγοντες αποσταθεροποίησης των θαλάσσιων οικοσυστημάτων. Η μετατόπιση των ειδών προς υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη και η απώλεια παραγωγικότητας είναι σταθερά φαινόμενα, με εντονότερη επίδραση στις τροπικές και ημι-κλειστές περιοχές. Τα ευρήματα των Lauria et al. (2023) επιβεβαιώνουν ότι οι εκβολές ποταμών, όπως τα δέλτα των GBM και Volta, είναι ιδιαίτερα ευάλωτες λόγω της αλληλεπίδρασης κλιματικών και κοινωνικών παραγόντων.

Στο ίδιο πλαίσιο, η μελέτη της Munthali (2021) καταδεικνύει ότι οι ενδοχώριες αλιευτικές κοινότητες, όπως στη λίμνη Malawi, υφίστανται σοβαρές πιέσεις λόγω της μείωσης της στάθμης του νερού και των θερμικών μεταβολών. Η περίπτωση της Αιγύπτου, όπως περιγράφεται από τον Mehrim (2023), επιβεβαιώνει ότι η υφαλμύρωση και η αυξημένη θερμική καταπόνηση συνιστούν μεγάλες προκλήσεις για την υδατοκαλλιέργεια. Παράλληλα, η εργασία των Pollom et al. (2024) για τα είδη της περιοχής SWIO καταδεικνύει την απώλεια βιοποικιλότητας και τη μεταβολή των οικολογικών ισορροπιών λόγω κλιματικής πίεσης.

Η μελέτη του Fennessy (2024) προσθέτει μια ακόμα διάσταση, παρουσιάζοντας αναλυτικά την ευπάθεια βασικών αλιευτικών ειδών στη Μοζαμβίκη. Ο συγγραφέας υπογραμμίζει ότι τα μικρά παράκτια αλιευτικά συστήματα είναι εξαιρετικά εκτεθειμένα, λόγω του συνδυασμού χαμηλής προσαρμοστικότητας και υψηλής εξάρτησης από συγκεκριμένα είδη. Το εύρημα αυτό ενισχύει τα συμπεράσματα των Gissi et al. (2020) περί αυξημένου ρίσκου στους στόλους μικρής κλίμακας της Μεσογείου.

Όσον αφορά τη συσσώρευση τοξικών ουσιών, οι Sheng και Wang (2021) και οι Indio et al. (2024) τεκμηριώνουν τη συχνότερη εμφάνιση τοξικών εκρήξεων φυτοπλαγκτού

και την επακόλουθη βιοσυσσώρευση τοξινών σε οστρακοειδή και ψάρια. Ο Rădulescu (2023) αναδεικνύει ότι η θερμική στρωματοποίηση και η μειωμένη ανανέωση των υδάτων στη Μαύρη Θάλασσα οδηγούν σε αύξηση της βιοδιαθεσιμότητας βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων. Η μελέτη της Munthali (2021) υποστηρίζει ότι σε ενδοχώριες περιοχές με περιορισμένες υποδομές ψύξης, αυξάνεται ο κίνδυνος συσσώρευσης βιογενών αμινών στα αλιεύματα. Τα αποτελέσματα αυτά καθιστούν σαφές ότι οι τοξικολογικοί κίνδυνοι αφορούν τόσο τις παράκτιες όσο και τις ενδοχώριες κοινότητες.

Σε επίπεδο μικροβιολογικών κινδύνων, οι μελέτες συμφωνούν ότι η κλιματική αλλαγή ευνοεί την εξάπλωση παθογόνων οργανισμών. Οι Sheng και Wang (2021) καταγράφουν αύξηση λοιμώξεων από *Vibrio* spp., ενώ οι Indio et al. (2024) ανιχνεύουν δυνητικά ισταμινογόνα βακτήρια και γονίδια ανθεκτικότητας σε έτοιμα προς κατανάλωση προϊόντα. Οι Hala και Bakiu (2024) επισημαίνουν ότι τα μικροπλαστικά λειτουργούν ως υποστρώματα ανάπτυξης παθογόνων στην Αδριατική. Η Munthali (2021) επιβεβαιώνει ότι η απουσία συστημάτων υγειονομικού ελέγχου ενισχύει την πιθανότητα μικροβιακής επιμόλυνσης. Ο Rădulescu (2023) καταγράφει παρόμοιες πιέσεις στη Μαύρη Θάλασσα λόγω υποξικών ζωνών.

Η εργασία του Brennan (2023) εισφέρει σημαντικά στην ανάλυση, καθώς εξετάζει τη σύνδεση κλιματικών αλλαγών με κοινωνικές επιπτώσεις, όπως η ανασφάλεια των θαλάσσιων κοινοτήτων και η αύξηση φαινομένων θαλάσσιας μετανάστευσης και εγκλήματος. Η ανάλυσή του επιβεβαιώνει ότι η κλιματική αλλαγή δεν αποτελεί μόνο περιβαλλοντικό πρόβλημα, αλλά προκαλεί πολυδιάστατες απειλές για την κοινωνική και οικονομική σταθερότητα των αλιευτικών κοινοτήτων.

Η συμβολή του Payne (2020) στην ανάλυση κινδύνου των ευρωπαϊκών αλιευτικών στόλων δείχνει ότι η κλιματική ευπάθεια είναι άνισα κατανομημένη. Στην Ελλάδα και την Κύπρο, για παράδειγμα, οι στόλοι χαρακτηρίζονται από υψηλή ευπάθεια λόγω χαμηλής κερδοφορίας και περιορισμένης ικανότητας προσαρμογής. Το εύρημα αυτό συνδέεται άμεσα με τις παρατηρήσεις των Gissi et al. (2020) περί αυξημένου κινδύνου για μικρούς στόλους.

Η Walsh (2024) αναδεικνύει ότι τα υφιστάμενα συστήματα διαχείρισης αλιευτικών και υδατοκαλλιεργητικών δραστηριοτήτων παρουσιάζουν σημαντικά κενά ως προς τη συμμόρφωση με τις κατευθυντήριες γραμμές του FAO. Η αποτελεσματική διαχείριση απαιτεί ενίσχυση της βιωσιμότητας και της ανθεκτικότητας, ενσωματώνοντας κριτήρια κλιματικής ευπάθειας στα υπάρχοντα πρότυπα.

Η ανάλυση των μελετών αναδεικνύει ότι η κλιματική αλλαγή επηρεάζει την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων μέσω αλυσιδωτών μηχανισμών που περιλαμβάνουν φυσικές, χημικές και μικροβιολογικές διεργασίες. Η διαχείριση των κινδύνων αυτών απαιτεί πολυεπίπεδες στρατηγικές που να συνδυάζουν την πρόληψη, την καινοτομία, την εκπαίδευση και την προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες περιβαλλοντικές συνθήκες.

Πίνακας 3.4: Συγκριτική Ανάλυση Μελετών

Μελέτη	Είδος Μελέτης	Κύριες Εστίες Ανάλυσης	Κύρια Συμπεράσματα
Burgess et al. (2023)	Ανασκόπηση	Θερμοκρασία, σενάρια κλιματικής αλλαγής	Μετατόπιση ειδών, μείωση παραγωγικότητας

Gissi et al. (2020)	Ανάλυση ευπάθειας	Ευρωπαϊκοί αλιευτικοί στόλοι	Αυξημένη ευπάθεια μικρών στόλων
Mehrim (2023)	Ανασκόπηση	Ιχθυοκαλλιέργεια Αιγύπτου	Αλατότητα, ποιότητα νερού, κίνδυνοι παραγωγής
Lauria et al. (2023)	Ανασκόπηση	Δέλτα ποταμών και επισιτιστική ασφάλεια	Επισιτιστική πίεση, ανάγκη στρατηγικών διαχείρισης
Munthali (2021)	Ποσοτική	Λίμνη Malawi	Κλιματικές επιπτώσεις στις αλιευτικές κοινότητες
Pollom et al. (2024)	Αξιολόγηση κινδύνου	SWIO είδη	Απώλεια βιοποικιλότητας λόγω κλιματικής αλλαγής
Rădulescu (2023)*	Περιβαλλοντική ανάλυση	Μαύρη Θάλασσα	Ρύπανση, τοξικές ουσίες, υποξία
Sheng & Wang (2021)	Ανασκόπηση	Βιοτοξίνες, ισταμίνη	Αύξηση παθογόνων και τοξινών
Indio et al. (2024)	Πειραματική	RTE προϊόντα αλιείας	Ανθεκτικά βακτήρια, μικροβιακή ποιότητα
Hala & Bakiu (2024)	Ερευνητική	Αδριατική Θάλασσα	Παρουσία μικροπλαστικών, ανθεκτικότητα παθογόνων

Fennessy (2024)	Αξιολόγηση ευπάθειας	Μοζαμβίκη, SWIO	Ευαλωτότητα σημαντικών ειδών αλιείας
Brennan (2023)	Ανάλυση επιπτώσεων	Θαλάσσιες κοινότητες	Κοινωνικές συνέπειες κλιματικής αλλαγής
Payne (2020)	Ανάλυση κινδύνου	Ευρωπαϊκές αλιευτικές κοινότητες	Ανομοιογένεια κινδύνων μεταξύ περιοχών
Walsh (2024)	Αξιολόγηση πολιτικών	Διαχείριση αλιείας & υδατοκαλλιέργειας	Ανάγκη συμμόρφωσης με οδηγίες FAO

4^ο Κεφάλαιο Συζήτηση – Συμπεράσματα

4.1 Συζήτηση των ευρημάτων

Η διπλωματική ανέδειξε τη σύνθετη και πολύπλευρη σχέση μεταξύ της κλιματικής αλλαγής και των κινδύνων των αλιευτικών προϊόντων, επιβεβαιώνοντας ότι οι περιβαλλοντικές αλλαγές δρουν ως καταλυτικοί παράγοντες στην αλλοίωση των φυσικών, χημικών και μικροβιολογικών χαρακτηριστικών των θαλάσσιων οργανισμών. Τα ευρήματα από τη μετα-ανάλυση των επιλεγμένων μελετών συγκλίνουν σε κοινά σημεία, αλλά αποκαλύπτουν επίσης τοπικές ιδιαιτερότητες και διαφορές ανάλογα με την περιοχή μελέτης και το είδος του οικοσυστήματος.

Πρωτίστως, οι μεταβολές στις θαλάσσιες συνθήκες, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων, η αλλαγή της αλατότητας και η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου, αποδείχθηκαν κεντρικοί παράγοντες που επηρεάζουν άμεσα τη γεωγραφική κατανομή και τη βιολογική συμπεριφορά των αλιευτικών ειδών. Οι μελέτες των Burgess et al. (2023), Gissi et al. (2020) και Lauria et al. (2023) έδειξαν ότι τα αλιευτικά αποθέματα μετατοπίζονται προς υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, προκαλώντας αναδιατάξεις στα οικοσυστήματα και επηρεάζοντας τις τοπικές αλιευτικές δραστηριότητες. Ταυτόχρονα, η εργασία των Fennessy (2024) απέδειξε ότι είδη υψηλής οικονομικής αξίας στη Μοζαμβίκη είναι ιδιαίτερος ευάλωτα στις κλιματικές μεταβολές, γεγονός που εντείνει τις κοινωνικοοικονομικές πιέσεις στις αλιευτικές κοινότητες.

Όσον αφορά τη συσσώρευση τοξικών ουσιών, η παρούσα ανάλυση έδειξε ότι η κλιματική αλλαγή ενισχύει τα φαινόμενα βιοσυσσώρευσης μέσω της ενίσχυσης φυσικοχημικών διαδικασιών. Η αύξηση των εκρήξεων φυτοπλαγκτού, όπως

επισημάνθηκε από τους Sheng και Wang (2021), οδηγεί σε συχνότερη παραγωγή βιοτοξινών που μεταφέρονται μέσω της τροφικής αλυσίδας. Η παρουσία βαρέων μετάλλων και μικροπλαστικών, όπως περιγράφηκε από τον Rădulescu (2023) και τους Hala και Bakiu (2024), αποδεικνύει ότι οι ρύποι όχι μόνο δεν μειώνονται, αλλά γίνονται πιο επικίνδυνοι λόγω της αλλαγής των φυσικών παραμέτρων των θαλάσσιων συστημάτων. Τα αποτελέσματα αυτά ενισχύουν την ανάγκη για δυναμική παρακολούθηση των περιβαλλοντικών ρύπων, ιδίως σε ευάλωτες περιοχές.

Η μικροβιολογική ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων, τρίτος άξονας της εργασίας, αναδείχθηκε ως ιδιαίτερα κρίσιμη. Οι αυξημένες θερμοκρασίες των υδάτων, όπως καταγράφηκαν από τις μελέτες των Sheng και Wang (2021) και των Indio et al. (2024), δημιουργούν ιδανικές συνθήκες για την ανάπτυξη παθογόνων μικροοργανισμών, όπως τα *Vibrio* spp. και άλλα ιστομινογόνα βακτήρια. Η παρουσία γονιδίων ανθεκτικότητας στα αντιβιοτικά σε προϊόντα αλιείας, ειδικά σε συνδυασμό με τη ρύπανση από μικροπλαστικά, ενισχύει περαιτέρω τον κίνδυνο εμφάνισης σοβαρών τροφιμογενών λοιμώξεων.

Η ανάλυση των κοινωνικών επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής, όπως παρουσιάστηκε από τον Brennan (2023), ανέδειξε ότι η ανασφάλεια και η κοινωνική αστάθεια που προκύπτουν από τις περιβαλλοντικές μεταβολές επηρεάζουν ευθέως τις θαλάσσιες και αλιευτικές κοινότητες. Οι μετακινήσεις πληθυσμών, η αύξηση των παρανόμων αλιευτικών δραστηριοτήτων και οι κοινωνικές ανισότητες συνιστούν δευτερογενείς, πλην όμως σημαντικούς, κινδύνους που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή. Παράλληλα, η ανάλυση κινδύνου του Payne (2020) υπογράμμισε ότι οι ευρωπαϊκοί αλιευτικοί στόλοι εμφανίζουν ανομοιογένεια στην προσαρμοστική τους

ικανότητα, με περιοχές όπως η Νοτιοανατολική Ευρώπη να εμφανίζουν μεγαλύτερη ευπάθεια λόγω χαμηλής οικονομικής ανθεκτικότητας.

Η συμβολή της Walsh (2024) αποκαλύπτει ότι τα συστήματα διαχείρισης της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας δεν είναι επαρκώς προσαρμοσμένα στις νέες προκλήσεις που επιβάλλει η κλιματική αλλαγή. Η ανεπάρκεια συμμόρφωσης με τις κατευθυντήριες γραμμές του FAO υποδηλώνει ότι απαιτείται αναδιάρθρωση των στρατηγικών διαχείρισης ώστε να συμπεριλάβουν κριτήρια αειφορίας και κλιματικής ανθεκτικότητας.

Η συγκριτική ανάλυση καταδεικνύει ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι πολυδιάστατες και ενισχύονται αμοιβαία. Οι φυσικές, χημικές και μικροβιολογικές πιέσεις συνδέονται μεταξύ τους και επηρεάζουν την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων τόσο άμεσα όσο και έμμεσα. Οι περιφέρειες με περιορισμένη οικονομική και τεχνική δυνατότητα προσαρμογής εμφανίζουν μεγαλύτερη ευαλωτότητα, ενώ η ένταση των φαινομένων διαφέρει ανάλογα με τα τοπικά χαρακτηριστικά.

Η διασφάλιση της ποιότητας και της ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων στην εποχή της κλιματικής αλλαγής απαιτεί συντονισμένες ενέργειες σε παγκόσμιο και τοπικό επίπεδο. Οι στρατηγικές πρόληψης πρέπει να περιλαμβάνουν την ενίσχυση των συστημάτων παρακολούθησης, την υιοθέτηση καινοτόμων τεχνολογιών στην αλιεία και την επεξεργασία τροφίμων, καθώς και την ενσωμάτωση της κλιματικής ανθεκτικότητας στα υπάρχοντα πρότυπα διαχείρισης. Παράλληλα, απαιτείται ενίσχυση της επιστημονικής έρευνας σε περιοχές υψηλού κινδύνου και η ευαισθητοποίηση όλων των εμπλεκόμενων φορέων για τις συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των τροφίμων.

4.2 Περιορισμοί της μελέτης

Παρά τη συνολική πληρότητα της παρούσας μεταπτυχιακής εργασίας, αναγνωρίζονται ορισμένοι περιορισμοί που αφορούν τόσο τη φύση των δεδομένων όσο και τη μεθοδολογική προσέγγιση. Η κατανόηση αυτών των περιορισμών είναι κρίσιμη για την ορθή ερμηνεία των αποτελεσμάτων και την αποφυγή γενικεύσεων πέραν των ορίων της διαθέσιμης τεκμηρίωσης.

Πρώτος σημαντικός περιορισμός αφορά την επιλογή των πηγών. Αν και επιλέχθηκαν πρόσφατα και επιστημονικά τεκμηριωμένα άρθρα, η μετα-ανάλυση περιορίστηκε σε ένα σύνολο δεκατριών μελετών. Ο περιορισμένος αριθμός ενδέχεται να μην αποτυπώνει το πλήρες εύρος της υπάρχουσας βιβλιογραφίας παγκοσμίως. Οι μελέτες που αναλύθηκαν κάλυπταν κυρίως συγκεκριμένες γεωγραφικές περιοχές, όπως η Μεσόγειος, η Μαύρη Θάλασσα και το νοτιοδυτικό Ινδικό Ωκεανό, ενώ περιοχές όπως ο Βόρειος Ειρηνικός ή η Καραϊβική εκπροσωπήθηκαν ανεπαρκώς. Ως εκ τούτου, τα ευρήματα ενδέχεται να μην είναι απολύτως γενικεύσιμα σε παγκόσμιο επίπεδο.

Δεύτερον, ένας περιορισμός σχετίζεται με την ετερογένεια των μεθοδολογιών που χρησιμοποιήθηκαν στις επιμέρους μελέτες. Ορισμένες μελέτες, όπως αυτές των Burgess et al. (2023) και των Lauria et al. (2023), ήταν ανασκοπικές και βασίζονταν σε σεναριακές προβλέψεις, ενώ άλλες, όπως των Indio et al. (2024) και των Munthali (2021), ήταν πρωτογενείς και βασίστηκαν σε συλλογή και ανάλυση εμπειρικών δεδομένων. Η ανομοιογένεια αυτή δημιουργεί δυσκολίες στην απευθείας σύγκριση των αποτελεσμάτων και απαιτεί προσεκτική σύνθεση των συμπερασμάτων. Παρόλο που έγινε προσπάθεια τυποποίησης της ανάλυσης, η διαφορετική εστίαση και ο

σχεδιασμός κάθε μελέτης αποτελούν αδύναμο σημείο στη συνολική ενοποίηση των δεδομένων.

Τρίτον, η μετα-ανάλυση βασίστηκε αποκλειστικά σε δευτερογενή δεδομένα, χωρίς τη διενέργεια πρωτογενούς έρευνας ή ανάλυσης πεδίου. Αυτή η προσέγγιση, αν και κοινή σε βιβλιογραφικές εργασίες, περιορίζει την άμεση επικύρωση των ευρημάτων και στερεί τη δυνατότητα διεξαγωγής συμπληρωματικών πειραμάτων ή ερευνών σε τοπικό επίπεδο. Η απουσία ποσοτικών μετα-αναλυτικών εργαλείων, όπως η στατιστική σύγκριση αποτελεσμάτων ή η ανάλυση μεταβλητότητας μεταξύ των μελετών, αποτελεί ένα ακόμη σημείο που περιορίζει τη στατιστική ισχύ των συμπερασμάτων.

Ένας περιορισμός αφορά τις χρονικές ασυνέπειες στις μελέτες που συμπεριλήφθηκαν. Ορισμένα άρθρα αναφέρονται σε δεδομένα που συλλέχθηκαν πριν από το 2020, γεγονός που ενδέχεται να μην αντικατοπτρίζει πλήρως τις πιο πρόσφατες εξελίξεις στην κλιματική αλλαγή και τις επιπτώσεις της στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Παρά την προσπάθεια επιλογής πρόσφατων πηγών, η διαρκής δυναμική της κλιματικής αλλαγής απαιτεί τη συνεχή ανανέωση των δεδομένων, κάτι που δεν ήταν εφικτό στο πλαίσιο αυτής της εργασίας.

Ένα άλλο ζήτημα είναι ότι αρκετές από τις εξεταζόμενες μελέτες επικεντρώνονταν σε ειδικές περιβαλλοντικές ή κοινωνικές πτυχές, παραλείποντας ενδεχομένως τη συνολική αλληλεπίδραση όλων των παραγόντων. Για παράδειγμα, οι μελέτες για τη μικροβιολογική ασφάλεια (Sheng & Wang, 2021· Indio et al., 2024) επικεντρώθηκαν κυρίως σε παθογόνους μικροοργανισμούς, χωρίς να εξετάζουν διεξοδικά τους κοινωνικοοικονομικούς παράγοντες που συμβάλλουν στην ευαλωτότητα της ασφάλειας τροφίμων. Αυτή η εστίαση δημιουργεί την ανάγκη για μελλοντικές

συνδυαστικές προσεγγίσεις που να περιλαμβάνουν φυσικές, χημικές, μικροβιολογικές και κοινωνικές παραμέτρους ταυτόχρονα.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί ότι η εργασία αυτή δεν πραγματοποίησε ξεχωριστή ποσοτική αξιολόγηση του βαθμού κινδύνου ανά περιοχή ή είδος, αλλά στηρίχθηκε κυρίως σε ποιοτική ανάλυση των τάσεων που προκύπτουν από τη βιβλιογραφία. Η έλλειψη ενός τέτοιου ποσοτικού εργαλείου, όπως για παράδειγμα ένας δείκτης μικροβιολογικής επικινδυνότητας ή ένας σύνθετος δείκτης ευπάθειας, περιορίζει την πρακτική εφαρμογή των ευρημάτων σε πολιτικές πρόληψης και διαχείρισης.

Είναι σημαντικό να επισημανθεί ότι, λόγω της εστίασης στο ζήτημα των κινδύνων και της ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων, δεν αναλύθηκαν εκτενώς άλλες κρίσιμες πτυχές της σχέσης κλιματικής αλλαγής και θαλάσσιων οικοσυστημάτων, όπως η απώλεια βιοποικιλότητας, οι αλλαγές στα τροφικά πλέγματα ή οι επιπτώσεις στην πρωτογενή παραγωγικότητα. Αν και οι πτυχές αυτές αναφέρθηκαν περιφερειακά σε ορισμένες μελέτες, η συστηματική τους ένταξη δεν αποτελεί βασικό αντικείμενο της παρούσας ανάλυσης.

Αν και η εργασία παρέχει μια ολοκληρωμένη επισκόπηση των βασικών τάσεων και κινδύνων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή και την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων, απαιτείται προσοχή κατά τη γενίκευση των συμπερασμάτων.

4.3 Προτάσεις και Μέτρα Αντιμετώπισης

Η αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων απαιτεί ένα συνδυασμό στρατηγικών δράσεων που εκτείνονται από το επίπεδο της παρακολούθησης και της διαχείρισης των θαλάσσιων οικοσυστημάτων μέχρι την υιοθέτηση τεχνολογικών καινοτομιών και τη διαμόρφωση

πολιτικών προστασίας της αλυσίδας τροφίμων. Βάσει των ευρημάτων της παρούσας εργασίας, διατυπώνονται προτάσεις και μέτρα που κρίνεται αναγκαίο να υιοθετηθούν για την ενίσχυση της ασφάλειας και της βιωσιμότητας του αλιευτικού τομέα.

Πρωταρχικής σημασίας είναι η ανάπτυξη και εφαρμογή ολοκληρωμένων προγραμμάτων περιβαλλοντικής παρακολούθησης. Η εγκαθίδρυση συστημάτων έγκαιρης προειδοποίησης για την ανίχνευση αλλαγών στη θερμοκρασία, την αλατότητα, το επίπεδο διαλυμένου οξυγόνου και την παρουσία τοξικών οργανισμών μπορεί να επιτρέψει την πρόβλεψη κρίσιμων καταστάσεων που επηρεάζουν την ασφάλεια των αλιευμάτων. Τέτοια προγράμματα πρέπει να βασίζονται στη χρήση δορυφορικών δεδομένων, αυτόνομων αισθητήρων και τεχνολογιών τεχνητής νοημοσύνης, οι οποίες μπορούν να βελτιώσουν την ακρίβεια και την ταχύτητα συλλογής και επεξεργασίας πληροφοριών.

Παράλληλα, προτείνεται η εφαρμογή νέων πρακτικών διαχείρισης στην αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια. Η υιοθέτηση προσαρμοστικών μοντέλων διαχείρισης που λαμβάνουν υπόψη τη μεταβλητότητα των περιβαλλοντικών συνθηκών είναι αναγκαία για τη διατήρηση της βιωσιμότητας των αποθεμάτων. Τεχνικές όπως η διαφοροποίηση των στόχων αλίευσης, η προσαρμοστική ρύθμιση των περιόδων αλιείας και η δημιουργία δυναμικών θαλάσσιων προστατευόμενων περιοχών μπορούν να συμβάλλουν στη διατήρηση της οικολογικής ισορροπίας και στην προστασία των αλιευτικών πόρων από τις κλιματικές πιέσεις.

Έμφαση πρέπει να δοθεί επίσης στην ανάπτυξη τεχνολογιών για τη βελτίωση της ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων σε όλα τα στάδια της αλυσίδας παραγωγής και διανομής. Η επένδυση σε συστήματα ταχείας ψύξης, η βελτίωση των υποδομών αποθήκευσης και μεταφοράς και η εφαρμογή μεθόδων ανίχνευσης τοξινών και

παθογόνων σε πραγματικό χρόνο μπορούν να μειώσουν τον κίνδυνο αλλοιώσεων και επιμολύνσεων. Η χρήση βιολογικών δεικτών και μοριακών τεχνικών για την ανίχνευση ανθεκτικών μικροβιακών στελεχών προσφέρει νέες δυνατότητες για τον έλεγχο της ποιότητας.

Η θεσμοθέτηση αυστηρότερων κανονιστικών πλαισίων αποτελεί ακόμα μία βασική στρατηγική. Οι πολιτικές πρέπει να εστιάζουν στη θέσπιση υποχρεωτικών ελέγχων για τοξικούς και μικροβιολογικούς παράγοντες, στην εναρμόνιση των προτύπων ασφαλείας σε διεθνές επίπεδο και στην ανάπτυξη μηχανισμών ελέγχου της συμμόρφωσης. Η ενίσχυση της διακρατικής συνεργασίας, ειδικά σε περιοχές όπως η Μεσόγειος και η Μαύρη Θάλασσα, είναι απαραίτητη για την αποτελεσματική παρακολούθηση και διαχείριση των κοινών θαλάσσιων πόρων.

Ιδιαίτερη σημασία έχει η εκπαίδευση και κατάρτιση των επαγγελματιών του τομέα. Η δημιουργία προγραμμάτων εκπαίδευσης που εστιάζουν στην αναγνώριση κινδύνων που σχετίζονται με την κλιματική αλλαγή, στις ορθές πρακτικές αλιείας και στην ασφαλή διαχείριση και αποθήκευση αλιευτικών προϊόντων μπορεί να ενισχύσει την ανθεκτικότητα της αλυσίδας αξίας. Η ενημέρωση των κοινοτήτων, ιδίως σε αναπτυσσόμενες περιοχές, για τις νέες προκλήσεις και τις διαθέσιμες τεχνικές αντιμετώπισης αποτελεί αναπόσπαστο μέρος μιας αποτελεσματικής στρατηγικής προσαρμογής.

Προτείνεται επίσης η προώθηση της έρευνας και της καινοτομίας. Η χρηματοδότηση διεπιστημονικών ερευνητικών προγραμμάτων που εστιάζουν στη σύνδεση μεταξύ κλιματικών παραμέτρων και ασφάλειας αλιευτικών προϊόντων θα μπορούσε να παράσχει πολύτιμες γνώσεις για την πρόληψη και τη διαχείριση κινδύνων. Η ανάπτυξη νέων γενετικά βελτιωμένων ειδών που εμφανίζουν μεγαλύτερη

ανθεκτικότητα σε περιβαλλοντικές πιέσεις ή παθογόνα μπορεί να αποτελέσει μια μελλοντική λύση, αν και πρέπει να συνοδεύεται από προσεκτική εκτίμηση των οικολογικών επιπτώσεων.

Μια ακόμα πρόταση αφορά την ενίσχυση των κοινωνικών δικτύων και της τοπικής διακυβέρνησης. Η υποστήριξη της συμμετοχικής διαχείρισης, όπου οι τοπικές κοινότητες συμμετέχουν στη λήψη αποφάσεων, μπορεί να βελτιώσει τη συμμόρφωση με τα μέτρα διαχείρισης και να ενισχύσει την κοινωνική συνοχή απέναντι στις κλιματικές προκλήσεις. Η καλλιέργεια ανθεκτικών κοινοτήτων αποτελεί αναπόσπαστο μέρος κάθε στρατηγικής που στοχεύει στη διατήρηση της επισιτιστικής ασφάλειας και της κοινωνικοοικονομικής σταθερότητας.

Κρίνεται αναγκαία η ενσωμάτωση της κλιματικής προσαρμογής σε όλες τις πολιτικές που σχετίζονται με τη διαχείριση θαλάσσιων και παράκτιων οικοσυστημάτων. Η ενσωμάτωση της ανάλυσης κλιματικού κινδύνου στον σχεδιασμό έργων αλιευτικής και υδατοκαλλιέργειας, η σύνδεση με τους Στόχους Βιώσιμης Ανάπτυξης (ιδίως τον Στόχο 14 για τη ζωή κάτω από το νερό) και η δημιουργία ευέλικτων στρατηγικών που να μπορούν να προσαρμόζονται στις μεταβαλλόμενες συνθήκες είναι κεντρικές κατευθύνσεις για το μέλλον.

4.4 Μελλοντικές Ερευνητικές Κατευθύνσεις

Η ανάδειξη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων καθιστά σαφές ότι απαιτούνται περαιτέρω ερευνητικές προσπάθειες, εστιασμένες σε στοχευμένα και συστηματικά πεδία, ώστε να ενισχυθεί η επιστημονική κατανόηση και να υποστηριχθεί η λήψη τεκμηριωμένων αποφάσεων. Οι μελλοντικές ερευνητικές κατευθύνσεις οφείλουν να εστιάσουν στη διεύρυνση της

γνώσης γύρω από τους φυσικούς μηχανισμούς, τις κοινωνικές και οικονομικές διαστάσεις, καθώς και την ανάπτυξη εργαλείων πρόβλεψης και διαχείρισης.

Καταρχάς, απαιτείται η εμβάθυνση στη μελέτη των βιοφυσικών μηχανισμών που συνδέουν την κλιματική αλλαγή με τη μεταβολή της ποιότητας και της ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων. Η διερεύνηση των άμεσων και έμμεσων επιδράσεων των θερμοκρασιακών αυξήσεων, της οξίνισης των ωκεανών και των αλλαγών στο επίπεδο του διαλυμένου οξυγόνου στη βιοχημική σύνθεση των θαλάσσιων οργανισμών κρίνεται αναγκαία. Μελέτες που θα εξετάζουν πώς οι μεταβολές αυτές επηρεάζουν τη συσσώρευση βαρέων μετάλλων, τις τοξίνες και τα μικροβιολογικά φορτία στα ψάρια και στα προϊόντα αλιείας θα συμβάλλουν ουσιαστικά στην κατανόηση των επικείμενων κινδύνων.

Παράλληλα, η ανάγκη ανάπτυξης ολοκληρωμένων οικοσυστημικών μοντέλων που θα ενσωματώνουν φυσικές, βιολογικές και κοινωνικοοικονομικές παραμέτρους είναι επιτακτική. Τέτοια μοντέλα μπορούν να προβλέπουν με μεγαλύτερη ακρίβεια τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής σε διαφορετικά επίπεδα της τροφικής αλυσίδας και να εκτιμούν τις συνέπειες στην παραγωγικότητα και την ποιότητα των αλιευτικών προϊόντων. Η δημιουργία μοντέλων βασισμένων σε πραγματικά δεδομένα και προσαρμοσμένων στις τοπικές συνθήκες θα ενισχύσει τη δυνατότητα προληπτικής δράσης.

Ιδιαίτερο ενδιαφέρον παρουσιάζει η περαιτέρω διερεύνηση των μικροβιολογικών κινδύνων που συνδέονται με την κλιματική αλλαγή. Η χαρτογράφηση της εξάπλωσης παθογόνων μικροοργανισμών, όπως τα *Vibrio* spp., σε διαφορετικά γεωγραφικά και περιβαλλοντικά πλαίσια θα επιτρέψει την καλύτερη εκτίμηση των κινδύνων για τη δημόσια υγεία. Παράλληλα, απαιτείται η ανάπτυξη νέων διαγνωστικών εργαλείων για

την ταχεία ανίχνευση παθογόνων και ανθεκτικών στελεχών σε αλιευτικά προϊόντα, τα οποία θα μπορούν να χρησιμοποιούνται τόσο στο στάδιο της αλίευσης όσο και κατά την εμπορική διάθεση.

Μια ακόμη κρίσιμη ερευνητική κατεύθυνση αφορά τη μελέτη της αλληλεπίδρασης μικροπλαστικών και παθογόνων οργανισμών στο θαλάσσιο περιβάλλον. Η διερεύνηση του ρόλου των μικροπλαστικών ως φορέων μεταφοράς βαρέων μετάλλων, τοξινών και μικροοργανισμών στα θαλάσσια οικοσυστήματα κρίνεται απαραίτητη για την κατανόηση νέων, σύνθετων μηχανισμών ρύπανσης και μόλυνσης.

Εξίσου σημαντική είναι η ανάγκη για κοινωνικοοικονομικές έρευνες που να εξετάζουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στις κοινότητες που εξαρτώνται από την αλιεία. Ερευνητικά έργα που θα αξιολογούν τη βιωσιμότητα των παράκτιων κοινοτήτων, τις στρατηγικές προσαρμογής που εφαρμόζουν και την ικανότητα ανθεκτικότητάς τους απέναντι στις περιβαλλοντικές αλλαγές μπορούν να οδηγήσουν στη διαμόρφωση στοχευμένων πολιτικών υποστήριξης και ενίσχυσης. Ιδιαίτερη έμφαση πρέπει να δοθεί σε αναπτυσσόμενες χώρες και περιοχές υψηλού κινδύνου, όπου η αλιεία αποτελεί κρίσιμη συνιστώσα της επισιτιστικής και οικονομικής ασφάλειας.

Η ενίσχυση της διεθνούς συνεργασίας στην έρευνα αποτελεί άλλη μία προτεραιότητα. Η δημιουργία διακρατικών δικτύων ανταλλαγής δεδομένων, η εναρμόνιση των μεθόδων δειγματοληψίας και ανάλυσης, καθώς και η από κοινού ανάπτυξη εργαλείων αξιολόγησης κινδύνου θα επιτρέψουν τη συγκρότηση ενός συνεκτικού πλαισίου για την παρακολούθηση και την πρόβλεψη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής σε παγκόσμια κλίμακα.

Η αξιοποίηση καινοτόμων τεχνολογιών όπως η τηλεπισκόπηση, η γενωμική των πληθυσμών και τα μεγάλα δεδομένα (big data) μπορεί να προσφέρει νέες δυνατότητες για την παρακολούθηση των θαλάσσιων οικοσυστημάτων και την ανίχνευση πρώιμων ενδείξεων κινδύνου. Ειδικότερα, η ανάπτυξη εφαρμογών μηχανικής μάθησης και τεχνητής νοημοσύνης για την επεξεργασία μεγάλων όγκων περιβαλλοντικών δεδομένων θα μπορούσε να ενισχύσει την ακρίβεια των προβλέψεων και να υποστηρίξει την αποτελεσματική διαχείριση.

Προτεραιότητα πρέπει επίσης να δοθεί στην έρευνα και ανάπτυξη καινοτόμων πρακτικών υδατοκαλλιέργειας που να είναι ανθεκτικές στην κλιματική αλλαγή. Η μελέτη νέων ειδών για καλλιέργεια, η ανάπτυξη πολυτροφικών υδατοκαλλιεργειών (IMTA) και η υιοθέτηση τεχνολογιών χαμηλής ενεργειακής κατανάλωσης αποτελούν πεδία με υψηλές προοπτικές συμβολής στη βιωσιμότητα της παραγωγής αλιευτικών προϊόντων.

Είναι αναγκαία η διεξαγωγή μακροχρόνιων πειραματικών μελετών που να αξιολογούν τις σωρευτικές επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής σε πολλαπλούς δείκτες ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων. Οι μελέτες αυτές πρέπει να εστιάζουν όχι μόνο στις άμεσες συνέπειες, αλλά και στις έμμεσες, όπως οι μεταβολές στην ποιοτική σύσταση, την περιεκτικότητα σε θρεπτικά συστατικά και τη διάρκεια ζωής των προϊόντων.

4.5 Σύνοψη Συμπερασμάτων

Η μελέτη των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων ανέδειξε ένα πολυδιάστατο και δυναμικά εξελισσόμενο φαινόμενο, το οποίο επηρεάζει την ποιότητα, την ασφάλεια και τη διαθεσιμότητα των θαλάσσιων τροφίμων σε παγκόσμια κλίμακα. Η ανασκόπηση της σχετικής βιβλιογραφίας και η ανάλυση των επιμέρους αποτελεσμάτων κατέστησαν σαφές ότι η κλιματική αλλαγή δρομολογεί πολύπλευρες μεταβολές στα θαλάσσια οικοσυστήματα, οι οποίες με τη σειρά τους διαμορφώνουν νέες προκλήσεις για τον αλιευτικό τομέα και την επισιτιστική ασφάλεια.

Οι μεταβολές στις φυσικοχημικές παραμέτρους των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, όπως η αύξηση της θερμοκρασίας, η μεταβολή της αλατότητας, η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και η οξίνιση των υδάτων, συνιστούν βασικούς μηχανισμούς που οδηγούν σε αλλαγές στη γεωγραφική κατανομή των αλιευτικών ειδών και στη μεταβολή της δυναμικής των θαλάσσιων τροφικών πλεγμάτων. Η μετατόπιση πληθυσμών ψαριών προς ψυχρότερα ύδατα, η εμφάνιση μη ιθαγενών ειδών και η ανακατανομή των αλιευτικών αποθεμάτων επιφέρουν πιέσεις σε παραδοσιακές αλιευτικές δραστηριότητες και δημιουργούν νέες συνθήκες επισιτιστικής ανασφάλειας σε ευάλωτες περιοχές.

Στο πεδίο της χημικής ασφάλειας, τα δεδομένα δείχνουν ότι η κλιματική αλλαγή ενισχύει τη συσσώρευση τοξικών ουσιών στα θαλάσσια τρόφιμα. Η αύξηση των εκρήξεων τοξικού φυτοπλαγκτού και η εντατικοποίηση των φαινομένων ευτροφισμού οδηγούν σε υψηλότερα επίπεδα θαλάσσιων τοξινών, όπως οι κυανοτοξίνες και οι

τοξίνες οστρακοειδών. Παράλληλα, η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού λόγω της συγκέντρωσης βαρέων μετάλλων και μικροπλαστικών επιβαρύνει επιπλέον τα αλιευτικά προϊόντα, αυξάνοντας τον κίνδυνο για τη δημόσια υγεία και μειώνοντας την εμπορική τους αξία.

Οι μικροβιολογικοί κίνδυνοι αποτελούν μια ακόμη κρίσιμη διάσταση της ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων. Η αύξηση της θερμοκρασίας των θαλάσσιων υδάτων ευνοεί την ανάπτυξη και εξάπλωση παθογόνων μικροοργανισμών, όπως *Vibrio spp.*, *Salmonella* και *Listeria*. Τα δεδομένα καταδεικνύουν ότι η αλλαγή στις κλιματικές συνθήκες μεταβάλλει την εποχικότητα και τη γεωγραφική κατανομή αυτών των παθογόνων, αυξάνοντας τον κίνδυνο τροφιμογενών λοιμώξεων μέσω της κατανάλωσης μολυσμένων αλιευτικών προϊόντων.

Η παρούσα εργασία ανέδειξε επίσης τη σύνθετη αλληλεπίδραση μεταξύ φυσικών και κοινωνικοοικονομικών παραμέτρων. Οι παράκτιες και αλιευτικές κοινότητες, ιδιαίτερα σε αναπτυσσόμενες χώρες και νησιωτικές περιοχές, πλήττονται άμεσα από τις περιβαλλοντικές αλλαγές, με συνέπειες τόσο στην επισιτιστική τους ασφάλεια όσο και στη βιωσιμότητα των τοπικών οικονομιών. Η απώλεια αποθεμάτων, η μεταβολή των ειδών-στόχων και η αύξηση της αστάθειας της αγοράς αποτελούν προκλήσεις που απαιτούν στοχευμένες πολιτικές προσαρμογής και υποστήριξης.

Ένα από τα σημαντικά συμπεράσματα της παρούσας εργασίας είναι ότι η κλιματική αλλαγή δεν επηρεάζει μόνο την ποσότητα των αλιευτικών προϊόντων, αλλά και την ποιότητά τους. Η αλλαγή της σύνθεσης των λιπαρών οξέων, η μείωση της συγκέντρωσης απαραίτητων μικροθρεπτικών συστατικών και η αύξηση των επιπέδων ρύπων αναδεικνύουν την ανάγκη αναθεώρησης των στρατηγικών διαχείρισης της ποιότητας των θαλάσσιων τροφίμων.

Επιπρόσθετα, η εργασία τόνισε την ανάγκη ανάπτυξης ολοκληρωμένων εργαλείων αξιολόγησης κινδύνου που θα λαμβάνουν υπόψη τη συνδυασμένη επίδραση φυσικών, χημικών και μικροβιολογικών παραγόντων. Η ελλιπής χρήση τέτοιων εργαλείων μέχρι σήμερα περιορίζει την ικανότητα πρόβλεψης και πρόληψης των κινδύνων, γεγονός που υπογραμμίζει την ανάγκη για πολυδιάστατες και διατομεακές προσεγγίσεις στην επιστημονική έρευνα και τη λήψη αποφάσεων.

Η σημασία της ενίσχυσης των μηχανισμών περιβαλλοντικής παρακολούθησης και διαχείρισης αναδείχθηκε ως κρίσιμη παράμετρος. Η ανάπτυξη δυναμικών μοντέλων πρόβλεψης, η επένδυση σε τεχνολογίες ανίχνευσης ρύπων και παθογόνων και η δημιουργία ευέλικτων και προσαρμοστικών στρατηγικών διαχείρισης αλιευτικών πόρων είναι βασικά μέτρα για την ενίσχυση της ανθεκτικότητας του τομέα.

Αξιοσημείωτο είναι επίσης ότι η προώθηση της διεθνούς συνεργασίας και της ανταλλαγής δεδομένων αποτελεί αναγκαία συνθήκη για την αποτελεσματική παρακολούθηση και αντιμετώπιση των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Η ενίσχυση των πολυμερών συμφωνιών, η δημιουργία κοινών πρωτοκόλλων παρακολούθησης και η υποστήριξη κοινών ερευνητικών πρωτοβουλιών μπορούν να συμβάλουν στην ανάπτυξη συντονισμένων και αποτελεσματικών πολιτικών.

Η διπλωματική υπογράμμισε τη σημασία της ενημέρωσης και της ευαισθητοποίησης όλων των εμπλεκόμενων φορέων, από τους αλιείς και τους παραγωγούς έως τους καταναλωτές και τους διαμορφωτές πολιτικής. Η εκπαίδευση, η διάχυση της επιστημονικής γνώσης και η ενίσχυση της κοινωνικής συμμετοχής αποτελούν κεντρικούς άξονες για την οικοδόμηση ανθεκτικών κοινωνιών απέναντι στις προκλήσεις της κλιματικής αλλαγής.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Allison, E. H., et al. (2009). Vulnerability of national economies to the impacts of climate change on fisheries. *Fish and Fisheries*, 10(2), 173-196.
- Anderson, D. M., Cembella, A. D., & Hallegraeff, G. M. (Eds.). (2012). *Physiology of harmful algae*. Springer.
- Anderson, D. M., et al. (2012). Harmful algal blooms and eutrophication: Nutrient sources, composition, and consequences. *Estuaries and Coasts*, 25(4), 704-726.
- Baker-Austin, C., Trinanes, J. A., Taylor, N. G., Hartnell, R., Siitonen, A., & Martinez-Urtaza, J. (2017). Emerging *Vibrio* risk at high latitudes in response to ocean warming. *Nature Climate Change*, 7(6), 416-422.
- Barange, M., et al. (2018). Impacts of climate change on fisheries and aquaculture. *FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper*.
- Bintsis, T. (2018). Foodborne pathogens. *AIMS Microbiology*, 4(3), 377-396.
- Boyce, D. G., Lewis, M. R., & Worm, B. (2010). Global phytoplankton decline over the past century. *Nature*, 466(7306), 591-596.
- Breitburg, D., Levin, L. A., Oschlies, A., Grégoire, M., Chavez, F. P., Conley, D. J., ... & Roman, M. R. (2018). Declining oxygen in the global ocean and coastal waters. *Science*, 359(6371), eaam7240.

- Brennan, J. (2023). Climate change impacts on social structures and security in fishing communities: An analytical tool for climate and social interactions. *Environmental and Social Dynamics Journal*, 28(3), 245-267.
- Burge, C. A., Mark Eakin, C., Friedman, C. S., Froelich, B., Hershberger, P. K., Hofmann, E. E., ... & Harvell, C. D. (2014). Climate change influences on marine infectious diseases: implications for management and society. *Annual Review of Marine Science*, 6, 249-277.
- Burgess, M. G. (2023). Climate change scenarios in fisheries and aquatic conservation research: Importance of transparency and accurate representation. *Marine Conservation and Climate*, 12(1), 15-29.
- Bushnell, M. E., et al. (2021). Satellite monitoring for ocean surface temperature as an indicator for climate change impacts on marine ecosystems. *Remote Sensing of Environment*, 252, 112-121.
- Cabello, F. C., et al. (2013). Antimicrobial use in aquaculture re-examined: Its relevance to antimicrobial resistance and to animal and human health. *Environmental Microbiology*, 15(7), 1917-1942.
- CBD (2018). Convention on Biological Diversity. Retrieved from <https://www.cbd.int/>
- CDC (2020). Foodborne germs and illnesses. Centers for Disease Control and Prevention.
- Cheung, W. W. L., et al. (2013). Shrinking of fishes exacerbates impacts of global ocean changes on marine ecosystems. *Nature Climate Change*, 3(3), 254-258.

- Cheung, W. W., Watson, R., & Pauly, D. (2016). Signature of ocean warming in global fisheries catch. *Nature*, 497(7449), 365-368.
- Cubadda, F., Jackson, B. P., Cottingham, K. L., Van Horne, Y. O., & Kurzius-Spencer, M. (2017). Human exposure to dietary inorganic arsenic and other arsenic species: State of knowledge, gaps and uncertainties. *Science of the Total Environment*, 579, 1228-1239.
- Cullis-Suzuki, S., & Pauly, D. (2010). Failing the high seas: A global evaluation of regional fisheries management organizations. *Marine Policy*, 34(5), 1036-1042.
- Desforges, J. P. W., et al. (2017). Toxic effects of environmental pollutants on marine mammal health: Insights from genomics. *Environmental Science & Technology*, 51(3), 1261-1274.
- Diaz, R. J., & Rosenberg, R. (2008). Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science*, 321(5891), 926-929.
- Dijkstra, J. A., et al. (2013). Effects of ocean acidification on the bioaccumulation and toxicity of metals in marine organisms. *Marine Pollution Bulletin*, 69(1-2), 139-147.
- Doney, S. C., Busch, D. S., Cooley, S. R., & Kroeker, K. J. (2020). The impacts of ocean acidification on marine ecosystems and reliant human communities. *Annual Review of Environment and Resources*, 45, 83-112.
- EFSA (2019). Salmonella and listeria in ready-to-eat seafood. *European Food Safety Authority Journal*, 17(4), e05763.
- EFSA (2021). Lead and cadmium in food. *European Food Safety Authority Journal*, 19(10), e06368.

EFSA (2021). Risk assessment of allergens in food and quantitative risk assessment. European Food Safety Authority.

European Commission (2020). Hygiene rules for food of animal origin: Regulation (EC) No 853/2004.

Falkendal, T., et al. (2021). Grain export restrictions during COVID-19 risk food insecurity in many low- and middle-income countries. *Nature Food*, 2(1), 11-14.

Fanzo, J., et al. (2020). The importance of food systems and the environment for nutrition. *Advances in Nutrition*, 11(6), 1683-1694.

FAO & WHO (2019). Codex Alimentarius: International food standards. FAO & WHO.

FAO (2020). The State of World Fisheries and Aquaculture. Food and Agriculture Organization of the United Nations.

FDA (2020). Food Safety Modernization Act (FSMA). U.S. Food and Drug Administration.

Fennessy, S. T. (2024). A rapid approach to assessing the vulnerability of Mozambican fisheries' species to climate change. *Fisheries Vulnerability Reports*, 10(1), 103-116.

Free, C. M., Thorson, J. T., Pinsky, M. L., Oken, K. L., Wiedenmann, J., & Jensen, O. P. (2019). Impacts of historical warming on marine fisheries production. *Science*, 363(6430), 979-983.

Friedman, M. A., & Fleming, L. E. (2017). Ciguatera fish poisoning: Treatment, prevention and management. *Marine Drugs*, 15(5), 192.

Gattuso, J. P., et al. (2015). Contrasting futures for ocean and society from different anthropogenic CO₂ emissions scenarios. *Science*, 349(6243), aac4722.

Genchi, G., et al. (2020). Heavy metals and human health: Mechanistic insight into toxicity and counter defense system of antioxidants. *International Journal of Molecular Sciences*, 21(22), 8505.

Gibb, H. J., O'Leary, K. G., & Dionisio, K. L. (2020). Mercury exposure and health impacts among highly exposed populations. *Environmental Health Perspectives*, 128(1), 016002.

Gillett, R., et al. (2020). Fisheries management and sustainability through satellite data. *Marine Policy*, 119, 104-112.

Glauber, J., et al. (2020). COVID-19: Trade restrictions are worst possible response to safeguard food security. IFPRI.

Golden, C. D., Seto, K. L., Dey, M. M., Chen, O. L., Gephart, J. A., Myers, S. S., ... & Cao, L. (2016). Does aquaculture support the needs of nutritionally vulnerable nations? *Frontiers in Marine Science*, 3, 1-14.

Green Climate Fund (2021). Funding for climate resilience and sustainable fisheries. Retrieved from <https://www.greenclimate.fund/>

Gunderson, A. R., et al. (2016). Acidification increases the toxicity of metals to marine life: A meta-analysis. *Conservation Physiology*, 4(1), cow046.

Hernandez, S., et al. (2016). The impact of climate change on *Vibrio* spp. infections in the United States. *Journal of Microbiology and Infectious Diseases*, 24(3), 124-135.

- Hicks, C. C., Cohen, P. J., Graham, N. A., Nash, K. L., Allison, E. H., D'Lima, C., ... & Roscher, M. (2019). Harnessing global fisheries to tackle micronutrient deficiencies. *Nature*, 574(7776), 95-98.
- Hilborn, R., et al. (2015). Effective fisheries management instrumental in improving fish stock status. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112(24), 7075-7080.
- Hites, R. A., Foran, J. A., Carpenter, D. O., Hamilton, M. C., Knuth, B. A., & Schwager, S. J. (2004). Global assessment of organic contaminants in farmed salmon. *Science*, 303(5655), 226-229.
- Hobbs, J. E. (2020). Food supply chains during the COVID-19 pandemic. *Canadian Journal of Agricultural Economics/Revue canadienne d'agroeconomie*, 68(2), 171-176.
- Hoegh-Guldberg, O., et al. (2018). Impacts of 1.5°C global warming on natural and human systems. *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming*.
- Hoegh-Guldberg, O., Poloczanska, E. S., Skirving, W., & Dove, S. (2019). Coral reef ecosystems under climate change and ocean acidification. *Frontiers in Marine Science*, 6, 158.
- Indio, V. (2024). Microbiological safety and quality of dry-cured fish during processing. *Food Safety Journal*, 19(2), 75-89.
- IPCC (2022). *Climate Change 2022: Impacts, Adaptation, and Vulnerability*. Intergovernmental Panel on Climate Change.

- Jia, P., Liu, J., Chen, X., & Peng, Z. (2020). Progress and challenges in ensuring food safety in China. *Food Control*, 111, 107056.
- Johansen, R., et al. (2019). Environmental monitoring sensors in marine fisheries management. *Ecological Indicators*, 104, 587-593.
- Joint, I., et al. (2011). Will ocean acidification affect marine microbes? *ISME Journal*, 5(1), 1-7.
- Karagas, M. R., Choi, A. L., Oken, E., Horvat, M., Schoeny, R., Kamai, E., ... & Grandjean, P. (2012). Evidence on the human health effects of low-level methylmercury exposure. *Environmental Health Perspectives*, 120(6), 799-806.
- Karimi, R., et al. (2016). Influence of temperature on mercury bioaccumulation in fish: Implications for global warming. *Global Change Biology*, 22(3), 820-827.
- Karimi, R., et al. (2016). Mercury and health risks in marine food webs: A review of exposure and toxicological effects. *Environmental Research*, 150, 223-233.
- Kodama, M., & Yamamoto, K. (2020). Food safety regulations in Japan. *Journal of Food Safety*, 40(1), e12731.
- Lam, V. W., Cheung, W. W., & Sumaila, U. R. (2020). Economic implications of climate change impacts on fisheries in West Africa. *Nature Climate Change*, 10(8), 673-678.
- Lauria, V. (2023). Assessing the impacts of climate change on food security and fisheries in vulnerable regions. *International Fisheries and Food Security*, 14(4), 321-338.

- Lees, D. (2010). International standardisation of a method for detection of human pathogenic viruses in molluscan shellfish. *Food and Environmental Virology*, 2, 146-155.
- McClanahan, T. R., et al. (2015). Fisheries recovery in coral reef marine protected areas. *Marine Ecology Progress Series*, 560, 1-15.
- Mehrim, A. I. (2023). The implications of climate change on fish farming in Egypt: Challenges and adaptive strategies. *Journal of Aquaculture and Environmental Sustainability*, 25(6), 540-557.
- Mortimore, S., & Wallace, C. (2018). *HACCP: A practical approach*. Springer.
- Munday, P. L., et al. (2009). Ocean acidification impairs olfactory discrimination and homing ability of a marine fish. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(6), 1848-1852.
- Munthali, C. C. (2021). Assessing the impacts of climate change on inland fisheries: A case study of Lake Malawi. *Inland Fisheries Research*, 17(5), 402-419.
- Myers, S. S., et al. (2017). Climate change and global food systems: Potential impacts on food security and undernutrition. *Annual Review of Public Health*, 38, 259-277.
- Nicholls, R. J., & Cazenave, A. (2010). Sea-level rise and its impact on coastal zones. *Science*, 328(5985), 1517-1520.
- NOAA (2020). Fisheries and seafood. National Oceanic and Atmospheric Administration.
- Orr, J. C., Fabry, V. J., Aumont, O., Bopp, L., Doney, S. C., Feely, R. A., ... & Yool, A. (2005). Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms. *Nature*, 437(7059), 681-686.

- Paerl, H. W., & Huisman, J. (2008). Climate: Blooms like it hot. *Science*, 320(5872), 57-58.
- Paerl, H. W., & Paul, V. J. (2012). Climate change: Links to global expansion of harmful cyanobacteria. *Water Research*, 46(5), 1349-1363.
- Payne, M. R. (2020). Climate risk to European fisheries and coastal communities: A climate risk analysis approach. *European Marine Science Journal*, 33(7), 1121-1137.
- Pinsky, M. L., Eikeset, A. M., McCauley, D. J., Payne, J. L., & Sunday, J. M. (2018). Greater vulnerability to warming of marine species in tropical than temperate waters. *Nature*, 560(7720), 88-92.
- Pörtner, H. O., et al. (2014). Adaptation of marine animal populations to climate change: A theoretical perspective on climate-driven evolutionary effects. *Evolutionary Applications*, 7(1), 15-28.
- Radulescu, V. (2023). Environmental conditions and fish stocks in the Black Sea: Climate change, pollution, and geopolitical influences. *Black Sea Marine Science*, 29(1), 32-50.
- Rochman, C. M., et al. (2013). Ingested plastic transfers hazardous chemicals to fish and induces hepatic stress. *Scientific Reports*, 3, 3263.
- Schechter, A., et al. (2012). Persistent organic pollutants in the United States and their policy implications. *Environmental Science & Technology*, 46(1), 185-191.
- Sheng, L. (2020). Microbial safety of fish and fish products: Recent advances in understanding contamination and control strategies. *International Journal of Food Safety*, 38(2), 201-215.

- Smith, M., et al. (2018). Microplastics in seafood and the implications for human health. *Current Environmental Health Reports*, 5(3), 375-386.
- Smith, P., et al. (2021). Artificial intelligence in predicting fish migration patterns. *Fisheries Research*, 239, 105890.
- Stuart, C. M., et al. (2019). GIS mapping for sustainable fisheries management. *Environmental Management*, 63(2), 233-244.
- Sumaila, U. R., et al. (2011). Fisheries management and marine conservation: Innovations and conditions for success.
- Sumaila, U. R., et al. (2020). Rebuilding fisheries is a climate adaptation agenda. *Global Environmental Change*, 64, 102160.
- Sumaila, U. R., Tai, T. C., Lam, V. W., Cheung, W. W., & Bailey, M. (2019). Climate change, seafood sustainability, and food security. *ICES Journal of Marine Science*, 76(5), 1345-1353.
- Troell, M., et al. (2017). Aquaculture and the ecosystem services framework. *Annual Review of Environment and Resources*, 42, 609-634.
- UNFCCC (2015). The Paris Agreement. Retrieved from <https://unfccc.int/>
- Vezzulli, L., et al. (2013). Climate influence on *Vibrio* and associated human diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 110(36), E3243-E3250.
- Vezzulli, L., et al. (2016). Climate influence on *Vibrio* and associated human diseases during the past half-century in the coastal North Atlantic. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 113(34), E5062-E5071.

Walsh, M. L. (2024). Framework assessment of sustainability: Evaluating fishery and aquaculture management systems according to FAO guidelines. *Sustainability in Aquatic Resources*, 15(3), 295-310.

WHO (2020). Food safety. World Health Organization.

Wittmann, A. C., & Pörtner, H. O. (2013). Sensitivities of extant animal taxa to ocean acidification. *Nature Climate Change*, 3(11), 995-1001.

Zannou, A., Probst, L., & Roosen, J. (2021). The use of risk-benefit analysis in food safety evaluations. *Food Control*, 125, 107944.

Zhang, W., et al. (2018). The US-China trade war: A global perspective. *Journal of Economic Perspectives*, 32(4), 199-218.

Zhang, Y., & Hala, E. (2024). Climate change impacts on Adriatic fisheries and food safety. *Adriatic Marine Ecosystem Studies*, 10(8), 128-139.

Cai, R.-S., Han, Z.-Q., & Yang, Z.-X. (2020). Impacts and risks of changing ocean on marine ecosystems and dependent communities and related responses. *Climate Change Research*, 16(2), 182–193.

Vos, T. S. (2023). *The consequences of harmful algal blooms on farm fish mortality and industry in coastal seas of Northern Europe* (Doctoral dissertation).

Choudhury, S., Medina-Lara, A., Daniel, N., & Smith, R. (2022). Seafood safety: a need for greater awareness. *Journal of Public Health Research*, 11(3), 22799036221124058.