

ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΓΕΩΠΟΝΙΚΩΝ ΕΠΙΣΤΗΜΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ & ΥΔΑΤΙΝΟΥ
ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ
ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΩΝ ΣΠΟΥΔΩΝ
ΜΕΣΟΓΕΙΑΚΗ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ

ΜΕΤΑΠΤΥΧΙΑΚΗ ΔΙΠΛΩΜΑΤΙΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«Κλιματική αλλαγή και ασφάλεια αλιευτικών προϊόντων»

Σφακιανάκη Μαρία

ΒΟΛΟΣ 2025

«Κλιματική αλλαγή και ασφάλεια αλιευτικών προϊόντων»

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) **Παναγιώτα Παναγιωτάκη** , Καθηγήτρια Υδατοκαλλιεργειών, Τμήμα Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος, , Σχολή Γεωπονικών Επιστημών, Πανεπιστήμιο Θεσσαλίας, **Μέλος**.

Στη μητέρα μου.

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες σε όλους όσους συνέβαλαν στο να φέρω εις πέρας την παρούσα Μεταπτυχιακή Διπλωματική Εργασία. Ιδιαίτερα θα ήθελα να ευχαριστήσω τον Επιβλέποντα της εργασίας αυτής, κ. Ιωάννη Μποζιάρη για την πολύτιμη βοήθειά του και τη διαρκή υποστήριξή του, κατά τη συγγραφή της παρούσας εργασίας, καθώς και τα υπόλοιπα μέλη της εξεταστικής επιτροπής μου, αποτελούμενη από τις κ. Παρλαπάνη Φαίη και κ. Παναγιωτάκη Παναγιώτα , για τις χρήσιμες συμβουλές τους και την καθοδήγησή τους καθ' όλα τα στάδια διεκπεραίωσης της εργασίας. Τέλος, θα ήθελα να εκφράσω τις ευχαριστίες μου στην οικογένειά μου για την αμέριστη συμπαράσταση, βοήθεια και προ πάντων κατανόηση και υποστήριξη τόσο οικονομική, όσο και ψυχολογική καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου, αλλά και για το ήθος που διαθέτουν και την αγάπη που μου προσφέρουν.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Τα αλιευτικά προϊόντα κατέχουν μια δυναμική παρουσία στην παγκόσμια αγορά, γεγονός που δυσχεραίνεται τις τελευταίες δεκαετίες από την κλιματική αλλαγή. Στην παρούσα εργασία μελετήθηκαν πειράματα της τελευταίας 20ετίας που είχαν άμεση σχέση με τις επιπτώσεις που επιφέρει η κλιματική αλλαγή στους υδρόβιους οργανισμούς ή αλλιώς τα αλιευτικά προϊόντα. Πιο συγκεκριμένα, οι μεταβολές στη θερμοκρασία των υδάτων της θάλασσας, η αύξηση της στάθμης της, αλλά και η μείωση του pH της είναι κάποιες από τις επιπτώσεις που επηρεάζουν άμεσα τους υδρόβιους οργανισμούς. Παρατηρήθηκε έντονη πρόκληση ασθενειών (βακτηριακών, ιογενών, παρασιτικών και μυκητιακών) λόγω των αλλαγών που προκλήθηκαν στο υδρόβιο οικοσύστημα κυρίως σε είδη της τάξης των οστεϊχθύων. Στις περισσότερες περιπτώσεις οι ασθένειες ήταν βακτηριακές με κύρια οικογένεια προσβολής τη *Vibrionaceae*, εξαιτίας της αυξημένης θερμοκρασίας. Μία ακόμη σημαντική επίπτωση της αυξημένης θερμοκρασίας των υδάτων είναι τα αύξηση των λεγόμενων HAB's, τα οποία προσβάλλουν τόσο το οικοσύστημα που θα αναπτυχθούν (πχ κοραλλιογενείς ύφαλοι), όσο και τους οργανισμούς που περιέχονται σε αυτά (πχ δίθυρα μαλάκια, ιχθύες). Οι ασθένειες αυτές αποτελούν κίνδυνο για την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων και κατ'επέκταση για την δημόσια υγεία, γεγονός που αυξάνει τη σημαντικότητα της παρούσας εργασίας. Ωστόσο, παρατηρήθηκε έλλειψη στο κομμάτι της συμπερίληψης και άλλων υδρόβιων ειδών, πέραν από τους οστεϊχθύες και τα δίθυρα μαλάκια στο κομμάτι της επιρροής της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξή αυτών αλλά και στην προσβολή τους από κάποια ασθένεια επηρεασμένη από τις επιπτώσεις της.

Λέξεις κλειδιά: Κλιματική αλλαγή, Ασφάλεια, *Vibrionaceae*, HAB's

Περιεχόμενα

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ	10
1.1. Κλιματική αλλαγή.....	10
1.2. Κλιματική αλλαγή, αύξηση θερμοκρασίας και θερμοκρασία νερού	12
1.3. Εμφάνιση παθογόνων λόγω της κλιματικής αλλαγής.....	13
1.4 Αλιευτικά προϊόντα και κίνδυνοι.....	13
2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ.....	15
1.1 Συλλογή πληροφορίας.....	15
1.2 Στατιστική ανάλυση	16
3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ	17
3.1.Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών και τοξίνων στους υδρόβιους οργανισμούς	19
3.1.1. Παθογόνοι μικροοργανισμοί και ασθένειες που προκαλούν στους υδρόβιους οργανισμούς.....	20
3.1.1.1. <i>Photobacterium damsela</i>	21
3.1.1.2. <i>Vibrio vulnificus</i>	22
3.1.1.3 <i>Vibrio harveyi</i>	24
3.1.1.4. <i>Klebsiella pneumoniae</i>	24
3.1.2. Παρουσία HABs και οι τοξίνες που παράγουν	25
3.2. Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών και τοξίνων σε αλιευτικά προϊόντα	27
3.2.1. Καταγεγραμμένα περιστατικά των παθογόνων που προσβάλουν τα αλιευτικά προϊόντα εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής ανά τον κόσμο	28

3.3. Ασφάλεια αλιευτικών προϊόντων	30
3.3.1. Ασφάλεια αλιευτικών προϊόντων που προέρχονται από την υδατοκαλλιέργεια.....	31
3.3.2. Ασφάλεια αλιευτικών προϊόντων που προέρχονται από αλίευση.....	33
3.3.2.1. Συσχέτιση της υπεραλίευσης και της υγείας των άγριων πληθυσμών ...	34
4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	35
4.1. Κλιματική αλλαγή και μελλοντικές προβλέψεις	36
4.2. Κλιματική αλλαγή και θαλάσσια είδη	39
4.3. Κλιματική αλλαγή και θαλάσσια οικοσυστήματα.....	45
4.4 Κλιματική αλλαγή και υδατοκαλλιέργεια	46
5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	48
6.BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	49
7. ABSTRACT.....	70

1.ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Κλιματική αλλαγή

Κλιματική αλλαγή ορίζεται ως η αλλαγή του ήδη υπάρχοντος κλίματος του πλανήτη Γη. Σύμφωνα με τα Ενωμένα Έθνη (United Nations), η κλιματική αλλαγή αφορά μακροπρόθεσμες αλλαγές στις θερμοκρασίες και τα καιρικά μοτίβα. Γενικότερα τέτοιες μετατροπές μπορούν να είναι και από φυσικές διεργασίες, που αφορούν κυρίως την ακτινοβολία του ήλιου, τις αλλαγές στην τροπόσφαιρα, την ηφαιστειακή δραστηριότητα, αλλά και τις φυσικές διακυμάνσεις. Πιο συγκεκριμένα, το κλίμα της Γης μπορεί να επηρεαστεί άμεσα από την αλλαγή της έντασης της ακτινοβολίας και έμμεσα από φυσικές διεργασίες όπως οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία της θάλασσας, κυκλώνες, τυφώνες αλλά και άλλα ακραία καιρικά φαινόμενα (Kovats et al. 2005, Nguyen et al. 2013). Την ατμόσφαιρα επίσης επηρεάζουν τα σωματίδια τα οποία εκπέμπονται κατά τη διάρκεια της έκρηξης ενός ηφαιστείου αλλά και από αλλαγές στη σύνθεση της τροπόσφαιρας που έχουν άμεση σχέση με τη θερμοκρασία της ατμόσφαιρας (Kovats et al. 2005, Nguyen et al. 2013). Από το 1800 και έπειτα όμως, η κλιματική αλλαγή θεωρείται ως μία ανθρωπογενής παρέμβαση που έχει άμεση σχέση με την καύση ορυκτών καυσίμων (άνθρακας, πετρέλαιο, φυσικό αέριο) (Διακυβερνητική Επιτροπή για την Κλιματική Αλλαγή 2023). Η κλιματική αλλαγή επίσης είναι άρρηκτα συνδεδεμένη και με το φαινόμενο του θερμοκηπίου, το οποίο όπως περιγράφει και η NASA, θεωρείται ως η διαδικασία μέσω της οποίας η θερμότητα παγιδεύεται κοντά στην επιφάνεια της Γης από ουσίες γνωστές ως «αέρια του θερμοκηπίου». Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου που συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή είναι το μεθάνιο και το διοξείδιο του άνθρακα. Η παραγωγή των παραπάνω αερίων οφείλεται κυρίως σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες όπως τις βιομηχανικές διεργασίες, την παραγωγή ενέργειας και τις μεταφορές, όπου

πραγματοποιείται καύση ορυκτών καυσίμων όπως το φυσικό αέριο, τον άνθρακα και το πετρέλαιο.

Η βιομηχανική επανάσταση στην Ευρώπη ξεκίνησε στα τέλη του 18^{ου} αιώνα και έφερε τη σταδιακή εκβιομηχάνιση διάφορων χωρών μέχρι και το 1970. Εκτός από τα κοινωνικοπολιτικά ζητήματα που έφερε στην επιφάνεια, οδήγησε στην ανέγερση και επέκταση των βιομηχανιών, την αστικοποίηση αλλά και αργότερα τη χρήση τεχνολογιών με βάση την ενέργεια. Όλες αυτές οι τεχνολογικές αναβαθμίσεις οδήγησαν στην απελευθέρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Παράλληλα, οι αλλαγές που έγιναν στη χρήση της γης σε συνδυασμό με την αποψίλωση των δασών, οδήγησαν τη γη στην ανικανότητα απορρόφησης των μεγάλων εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα (CO₂), που μέχρι τότε μπορούσε να διαχειριστεί μέσω της φωτοσύνθεσης. Ταυτόχρονα με τις βιομηχανικές διεργασίες, σημαντικό ρόλο έχουν και οι γεωργικές, οι οποίες ευθύνονται για την παραγωγή μεθανίου (CH₄) μέσω της καλλιέργειας ρυζιού και την κτηνοτροφίας, όπως και η χρήση συνθετικών λιπασμάτων απελευθερώνει υποξείδιο του αζώτου (N₂O), ένα αέριο που θεωρείται αρκετά πιο αποτελεσματικό στην παγίδευση θερμότητας σε σχέση με το διοξείδιο του άνθρακα (Kirchman 2018, Pierrehumbert, 2019). Όλοι αυτοί οι παράγοντες συμβάλλουν άμεσα στην κλιματική αλλαγή, η οποία με τη σειρά της έχει επιφέρει αλλαγές όπως την αύξηση της θερμοκρασίας, η οποία έχει επιφέρει το λιώσιμο των πάγων και κατά συνέπεια την αύξηση της θερμοκρασίας (Rahmstorf et al. 2007). Σύμφωνα με τη NASA υπάρχει μεγάλη θερμοκρασιακή αύξηση τα τελευταία 50 χρόνια, συνολικά 1,4 °C μαζί με αύξηση της στάθμης της θάλασσας σε 10 cm από το 1993 όπως και τη μείωση των στρωμάτων πάγου.

1.2. Κλιματική αλλαγή, αύξηση θερμοκρασίας και θερμοκρασία νερού

Μία από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι και η αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και της θερμοκρασίας της θάλασσας και των ωκεανών. Πιο συγκεκριμένα, οι παγκόσμιοι ωκεανοί είναι γνωστοί για το τεράστιο μέγεθος τους και ταυτόχρονα για την ικανότητα τους να απορροφούν τη θερμότητα (θερμική ικανότητα). Επομένως, για να υπάρξει κάποια μεταβολή στη θερμοκρασία τους, απαιτείται τεράστια ποσότητα προστιθέμενης θερμικής ενέργειας προκειμένου να αυξηθεί η μέση θερμοκρασία της επιφάνειάς τους, ακόμη και σε μικρή ποσότητα. Από την προβιομηχανική εποχή έως και τώρα έχει προκύψει μια αύξηση στη μέση επιφανειακή θερμοκρασία στον 1°C, πράγμα που σημαίνει ότι συμβαίνει αρκετά μεγάλη αύξηση της συσσωρευμένης θερμότητας στους ωκεανούς (Lindsey and Dahlman 2024). Τα Εθνικά Κέντρα Περιβαλλοντικής Πληροφόρησης (NCEI) της Εθνικής Ωκεάνιας και Ατμοσφαιρικής Διοίκησης (NOAA) στην Παγκόσμια Έκθεση για το Κλίμα του 2023, αναφέρουν χαρακτηριστικά ότι το 2023 ήταν από τις θερμότερες χρονιές στην ιστορία και συγκεκριμένα ο Ιούλιος, ο Αύγουστος και ο Σεπτέμβρης ήταν πάνω από 1,0°C στο μέσο όρο, σημειώνοντας ένα ακόμη αρνητικό ρεκόρ. Οι αυξημένες ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες, οδηγούν σε αυξημένες θερμοκρασίες στις θάλασσες και κατά συνέπεια στο λιώσιμο των πάγων. Στην πραγματικότητα αυτό που συμβαίνει είναι ότι η αυξημένη ποσότητα του λιωμένου νερού και του πάγου που απορρίπτονται από τους επίγειους παγετώνες και από τα στρώματα του πάγου, έχουν οδηγήσει σε αύξηση του όγκου των ωκεανών αλλά παράλληλα σε αύξηση της στάθμης της θάλασσας (Rahmstorf et al. 2007). Το αποτέλεσμα της στρωματοποίησης στα ανώτερα στρώματα του ωκεανού είναι η πιθανότητα μείωσης του οξυγόνου (Diaz et al. 2008).

1.3. Εμφάνιση παθογόνων λόγω της κλιματικής αλλαγής

Οι παραπάνω μεταβολές και συγκεκριμένα η μεταβαλλόμενη θερμοκρασία είναι πιθανό να επηρεάσουν τις ασθένειες (βακτηριακές, παρασιτικές, ιογενείς, μυκητιακές) που εμφανίζονται στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας με ιδιαίτερα απρόβλεπτο τρόπο (Collins et al. 2020). Δεδομένου ότι τα εκτρεφόμενα είδη ιχθύων όταν εκτίθενται σε συνθήκες θερμικής καταπόνησης, τείνει να αυξάνεται η ευαισθησία τους σε ασθένειες αλλά και η πιθανότητα εμφάνισης εξωτικών ασθενειών που μέχρι πρότινος δε θα τα επηρέαζε (Collins et al. 2020). Η ευπάθεια των ιχθύων και των οστρακοειδών στα παθογόνα αποτελεί καθοριστικό παράγοντα όσον αφορά τη σωστή διεξαγωγή της εκτροφής τους και είναι πιθανό να επηρεαστεί από άμεσους και έμμεσους θερμικούς παράγοντες, οι οποίοι προκαλούν στρες στους εκτρεφόμενους οργανισμούς (Chiaromonte et al. 2016). Όσον αφορά τους παθογόνους μικροοργανισμούς, η άνοδος της θερμοκρασίας είναι αρκετά πιθανό να επιταχύνει τον ρυθμό αναπαραγωγής τους, τη λοιμογόνο δύναμη τους, τη μακροζωία τους και τη μετάδοση αυτών μεταξύ πολλών ειδών ψαριών και οστρακοειδών (Marcogliese 2008). Πιο συγκεκριμένα τα παθογόνα χωρίζονται σε 2 υποκατηγορίες, σε εκείνα που μπορούν να ζήσουν και να αναπτυχθούν εντός του ξενιστή τους (ιοί, πρωτόζωα, βακτήρια) και σε εκείνα που μπορούν να αναπτυχθούν και εντός του ξενιστή τους. Τα πιο συνήθη παθογόνα που επηρεάζουν την μεσογειακή υδατοκαλλιέργεια, αφορούν την τσιπούρα (*Sparus aurata*) και το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*) και είναι τα εξής: *Vibrio* sp., *Tenacibaculum maritimum*, *Mycobacterium* sp., *Ceratomyxa oestroides* και *Amyloodinium ocellatum* (Rigos et al. 2010).

1.4 Αλιευτικά προϊόντα και κίνδυνοι

Τα αλιευτικά προϊόντα θεωρούνται ως μία από τις κυριότερες πηγές πρωτεϊνών για τον άνθρωπο και είναι επίσης γνωστά για την περιεκτικότητά τους σε απαραίτητα ω-3

λιπαρά οξέα όπως το EPA και το DHA. Εκτός του σημαντικού ρόλου στη διατροφή του ανθρώπινου πληθυσμού, τα ιχθυηρά είναι γνωστά για την ευαίσθητη φύση τους. Πιο συγκεκριμένα, είναι εύκολο να προσβληθούν από κάποια ασθένεια ή από κάποια μόλυνση, με αποτέλεσμα να επηρεαστεί η ασφάλεια τους αλλά και η υγεία των καταναλωτών τους. Γενικότερα οι διάφοροι κίνδυνοι που σχετίζονται με την κατανάλωση των ιχθυηρών χωρίζονται σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς κινδύνους. Οι φυσικοί κίνδυνοι αφορούν τυχόν μολύνσεις από το περιβάλλον αλλά και από διάφορες αλλαγές που έχουν προέλθει σε αυτό, οι χημικοί αφορούν χημικές ουσίες και φυσικά δηλητήρια που περιλαμβάνουν τοξικά βαρέα μέταλλα, αλιευτικά φάρμακα κ.α., ενώ οι βιολογικοί κίνδυνοι αναφέρονται άμεσα σε παθογόνους μικροοργανισμούς και παράσιτα. Η κλιματική αλλαγή έχει άμεση σχέση με τους κινδύνους που αφορούν την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων, καθώς σχετίζεται με τους φυσικούς λόγω του κλίματος, έπειτα επηρεάζουν οι χημικοί και τέλος οι βιολογικοί. Πιο συγκεκριμένα, σε μελέτη που διεξήχθη σε άτομα μπακαλιάρου του Ατλαντικού (*Gadus morhua*) όπου μολύνθηκαν σε συνθήκες πειράματος με τα βακτήρια *Brucella pinnipedialis* στους 6 °C που συνήθως διαβιούν και στους 15°C, παρατηρήθηκε ότι παρόλο που στην υψηλότερη θερμοκρασία οι ιχθύες κατάφεραν να εξαλείψουν πιο γρήγορα τα βακτήρια, με την ανοσολογική τους απόκριση να είναι σε εγρήγορση, τα περισσότερα άτομα επίσης πέθαναν σε αυτή τη θερμοκρασία (Larsen et al. 2018). Αυτό το παράδειγμα, αποδεικνύει ότι σε περίπτωση που η θερμοκρασία συνεχίσει την άνοδο εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, ελάχιστα είναι τα άτομα από τους πληθυσμούς των ιχθύων που θα επιβιώσουν στη φύση, σε περίπτωση που μολυνθούν από κάποιο παθογόνο μικροοργανισμό. Αξίζει επίσης να σημειωθεί ότι η αύξηση της θερμοκρασίας που έχει άμεση σχέση με την κλιματική αλλαγή ενδέχεται να ευνοήσει τη μετανάστευση παθογόνων (Cascarano et al. 2021). Πιθανή απειλή για

τους πληθυσμούς (άγριους και εκτρεφόμενους) της Μεσογείου αποτελούν και τα παράσιτα που προέρχονται από ιχθύες της Ερυθράς Θάλασσας, λόγω της προσαρμοστικότητάς τους σε πιο υψηλές θερμοκρασίες (Cascarano et al. 2021). Το παράσιτο *Polylabris mataeui* αποτελεί έναν από τους οργανισμούς που συναντάται κυρίως στην Ερυθρά Θάλασσα και συγκεκριμένα στο είδος *Siganus rivulatus*, όμως τα τελευταία χρόνια έχει παρατηρηθεί και στη Μεσόγειο Θάλασσα (Pasternak et al 2007). Παρόλο που το παράσιτο και ο ξενιστής εισήλθαν στη Μεσόγειο Θάλασσα λόγω του ανοίγματος της διώρυγας του Σουέζ, πλέον ο πληθυσμός των παρασίτων στη Μεσόγειο Θάλασσα θεωρείται ως πιο επιτυχημένος συγκριτικά με τον πληθυσμός της Ερυθράς Θάλασσας λόγω της υψηλής επικράτησης (Cascarano et al. 2021). Αυτό πιθανότατα οφείλεται στη μετέπειτα αύξηση της θερμοκρασίας των νερών της Μεσογείου Θάλασσας ανά τα χρόνια και αποτελεί ένα από τα μειονεκτήματα της κλιματικής αλλαγής. Επίσης όσον αφορά το κομμάτι των βιολογικών κινδύνων επιμόλυνσης συγκαταλέγονται και οι θαλάσσιες βιοτοξίνες σε οστρακοειδή και ιχθύες. Πιο συγκεκριμένα, ένα κομμάτι της μόλυνσης αυτής αφορά κάποια είδη μικροφυκών, τα οποία παράγουν φυσικά τις βιοτοξίνες, οι οποίες διανέμονται ανά τον κόσμο με τα άνθη των θαλάσσιων αλγών, τα επονομαζόμενα HABs (Harmfull Algal Blooms).

2. ΥΛΙΚΑ ΚΑΙ ΜΕΘΟΔΟΙ

1.1 Συλλογή πληροφορίας

Η συλλογή της πληροφορίας έγινε από τις βάσεις δεδομένων SCOPUS, PUBMED και Google scholar (132 επιστημονικά άρθρα δημοσιευμένα σε έγκριτα επιστημονικά περιοδικά του science direct index—research papers και reviews). Για την εύρεση των

άρθρων, χρησιμοποιήθηκαν λέξεις κλειδιά όπως: climate change, fish products, sea level rise, sea temperature rise, *Vibrio* sp., *Photobacterium damsela*, HABs, pathogens, foodsafety. Γενικότερα τα δεδομένα που συλλέχθηκαν αφορούν : την επιρροή της κλιματικής αλλαγής τόσο στην αύξηση της θερμοκρασίας όσο και στην ανάπτυξη και την ασφάλεια των θαλάσσιων οργανισμών, την παρουσία μικροοργανισμών σε αλιευτικά προϊόντα, τα πιθανά αίτια επιμόλυνσης των αλιευτικών προϊόντων κ.α.

1.2 Στατιστική ανάλυση

Η ανάλυση των δεδομένων και η δημιουργία των γραφημάτων πραγματοποιήθηκαν με το Excel Microsoft 365.

3.ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

Στον παρακάτω πίνακα υπάρχουν τα καταγεγραμμένα περιστατικά από το 1991 έως και το 2022 των παθογόνων μικροοργανισμών που προσέβαλαν ιχθύες και οστρακοειδή.

Πίνακας 1. Παθογόνοι μικροοργανισμοί και καταγεγραμμένα περιστατικά προσβολής ιχθύων και οστρακοειδών

Μικροοργανισμός	Είδος	Συγγραφείς
<i>Photobacterium damsela</i>	<i>Sparus aurata</i>	Vera et al. 1991
	<i>Dicentrarchus labrax</i>	Unknown
	<i>Oncorhynchus mykiss</i>	Pedersen et al. 2009
	<i>Argyrosomus regius</i>	Labella et al. 2006, 2010a, 2010b
	<i>Psetta maxima</i>	Fouz et al. 1992
	<i>Anguilla reinhardtii</i>	Ketterer and Eaves 1992
	<i>Seriola quinqueradiata</i>	Unknown
	<i>Diplodus sargus</i>	Unknown
	<i>Trachinotus ovatus</i>	Zhao et al. 1992
	Οστρακοειδή	Kim et al. 2009
<i>Vibrio vulnificus</i>	<i>Oreochromis niloticus</i>	Fouz and Amaro 2002,
	<i>Anguilla anguilla</i>	Fouz et al. 2006, Amaro et al. 2015
	<i>Peneause monodon</i>	Chatterjee και Haldar,
	<i>Litopenaeus vannamei</i>	

<i>Vibrio harveyi</i>	<i>Sulculus diversicolor</i>	2012
	<i>Crassostrea gigas</i>	Malham et al. 2009, King et al. 2019
<i>Vibrio parahaemolyticus</i>	<i>Magallana gigas</i>	McLaughlin et al. 2005
	Οστρακοειδή	Gonzalez-Escalona et al. 2005
<i>Klebsiella pneumoniae</i>	<i>Cyprinus carpio</i>	Oliveira et al. 2014
	<i>Macrobrachium rosenbergii</i>	Hossain et al. 2016
<i>Chrysochromulina leadbeateri</i> (HAB)	<i>Salmo salar</i>	Samdal et al. 2020
<i>Alexandrium catenella</i> (HAB)	<i>Mytilus edulis</i>	Boivin-Rioux et al. 2021
HAB	<i>Metacarcinus magister</i>	FAO 2018
HAB	<i>Sardinops sagax</i>	van der Lingen et al. 2016
<i>Gymnodinium catenatum</i> (HAB)	Οστρακοειδή	Rolton et al. 2022

3.1. Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών και τοξίνων στους υδρόβιους οργανισμούς

Όπως αναφέρθηκαν παραπάνω, τα αποτελέσματα της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής συνδέονται άμεσα με την παρουσία και την αύξηση παθογόνων μικροοργανισμών και τοξίνων στους υδρόβιους οργανισμούς. Γενικότερα, ο κάθε υδρόβιος οργανισμός έχει τη δυνατότητα να δεχθεί ένα εύρος περιβαλλοντικών θερμοκρασιών, το οποίο περιορίζεται από τα ανώτερα και τα κατώτερα θανατηφόρα όρια (Chiaramonte et al. 2016). Σε αυτό το θερμικό όριο, διακρίνεται ένα μικρότερο εύρος, το οποίο λέγεται προτιμώμενο εύρος θερμοκρασιών και στο οποίο οι υδρόβιοι οργανισμοί φαίνεται να ανταποκρίνονται στο μέγιστο (Chiaramonte et al. 2016). Αναλόγως το στάδιο ζωής των οργανισμών ποικίλλουν αυτές οι προτιμήσεις στο θερμοκρασιακό εύρος, με τα πρώτα στάδια (προνύμφη, πάχυνση) αλλά και στο στάδιο της ωτοκίας να θεωρούνται πιο κρίσιμα (Pörtner and Peck 2010). Επομένως, πιθανές αυξήσεις στη θερμοκρασία συνεπάγονται τη μεγαλύτερη ευαισθησία των υδρόβιων οργανισμών σε παθογόνα και τη δυσκολία στην καταπολέμησή τους. Σύμφωνα με τον Chiaramonte και τους συνεργάτες του (2016), από τα περισσότερα σενάρια που έχουν δημιουργηθεί με σκοπό να προβλέψουν τα πλαίσια της μελλοντικής κλιματικής αλλαγής, φάνηκε ότι είναι αρκετά μεγάλες οι πιθανότητες τα ψάρια να αντιμετωπίσουν θερμοκρασίες έξω από το εύρος που μπορούν να δεχτούν και αυτό θα έχει ως αποτέλεσμα την πρόκληση στρες είτε χρόνιου είτε οξέος, το οποίο θα οδηγήσει σε παθογόνες λοιμώξεις. Τέλος, το επακόλουθο της κατάστασης που αναφέρθηκε είναι αναπόφευκτα η εξασθένηση και η θνησιμότητα των οργανισμών που θα έρθουν αντιμέτωποι με την αυξημένη θερμοκρασία.

3.1.1. Παθογόνοι μικροοργανισμοί και ασθένειες που προκαλούν στους υδρόβιους οργανισμούς

Υπάρχει μεγάλη ποικιλία παθογόνων που προκαλούν βακτηριακές ασθένειες σε υδρόβια ζώα, συμπεριλαμβανομένων των *Photobacterium damsela* (Osorio et al. 2018), *Vibrio vulnificus* (Hernández-Cabanyero et al. 2020), *Vibrio harveyi* (Guzman et al. 2022) και *Klebsiella pneumoniae* (Sivaraman et al. 2020). Παρατηρήθηκε ότι ένα μεγάλο μέρος των παθογόνων που ευνοούνται από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής και συγκεκριμένα την αύξηση της θερμοκρασίας, ανήκουν στην οικογένεια *Vibrionaceae* με τα πιο σημαντικά στελέχη της να είναι το *Vibrio vulnificus*, το *Vibrio harveyi* και το *Photobacterium damsela*. Ο κοινός παρονομαστής των βακτηρίων αυτών εκτός της οικογένειας που ανήκουν είναι ότι θεωρούνται gram-αρνητικά και κατοικούν στο θαλάσσιο οικοσύστημα. Θεωρούνται αρκετά βλαβερά τόσο για τους υδρόβιους οργανισμούς, όσο και για τους ανθρώπους που θα έρθουν σε επαφή με αυτά είτε θα τα καταναλώσουν. Η λοίμωξη που προκαλούν σχετίζεται άμεσα με τις αυξημένες θερμοκρασίες, λόγω του ότι συνήθως οι μεγαλύτερες συγκεντρώσεις των συγκεκριμένων παθογόνων εντοπίζονται σε σχετικά υψηλές θερμοκρασίες, που κυμαίνονται στους 20°C έως 30°C, κάτι που τη χρίζει ως έναν κρίσιμο περιβαλλοντικό παράγοντα (Tantillo et al. 2004, Thompson et al. 2004). Ένα ακόμη μέλος της οικογένειας *Vibrionaceae*, το *Vibrio parahaemolyticus* αλλά και το *Vibrio vulnificus*, έχουν κάνει την εμφάνισή τους τις τελευταίες δεκαετίες σε περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους, όπου θεωρητικά ήταν αδύνατο να εμφανιστούν λόγω της χαμηλής θερμοκρασίας τους, προκαλώντας λοιμώξεις σε ανθρώπους και υδρόβιους οργανισμούς, γεγονός που αποδεικνύει την υπόσταση της κλιματικής αλλαγής, αλλά και της υπερθέρμανσης του πλανήτη (Ruppert et al. 2004, McLaughlin et al. 2005, Fuenzalida et al. 2006).

3.1.1.1. *Photobacterium damsela*

Το *Photobacterium damsela* είναι ένα βακτήριο και ανήκει στην οικογένεια των παθογόνων *Vibrionaceae*, το οποίο προσβάλλει συνήθως υδρόβιους οργανισμούς και τον άνθρωπο (Osorio et al. 2018). Θεωρείται ως μια από τις σημαντικές απειλές της ιχθυοκαλλιέργειας παγκοσμίως για τους πιο θερμούς μήνες του καλοκαιριού, καθώς τότε υπάρχει αύξηση της θερμοκρασίας του νερού (Fouz et al. 1992, Pedersen et al. 2009, Eissa et al. 2018, Yu et al. 2019). Είναι αυτόχthon μέλος των θαλάσσιων οικοσυστημάτων (Matanza and Osorio 2020), ενώ έχουν απομονωθεί στελέχη του από εκβολές και θαλάσσια νερά, από φύκη, από θαλάσσιους οργανισμούς, οι οποίοι εκ πρώτης όψεως δεν φαίνονταν μολυσμένοι (Buck et al. 2006, Serracca et al. 2011) αλλά και από οστρακοειδή (Lozano-León et al. 2003), ενώ συγκαταλέγεται στη φυσική μικροχλωρίδα των υγιών καρχαριοειδών (Grimes et al. 1985). Στην υδατοκαλλιέργεια ανά τον κόσμο, έχουν αναφερθεί είδη τα οποία φαίνεται να προσβάλλονται από το συγκεκριμένο βακτήριο, κάποια από αυτά τα είδη είναι η τσιπούρα *Sparus aurata* (Vera et al. 1991), το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), η ιριδίζουσα πέστροφα *Oncorhynchus mykiss* (Pedersen et al. 2009), ο κρانيός *Argyrosomus regius* (Labella et al. 2006, 2010a, 2010b), το καλκάνι *Psetta maxima* (Fouz et al. 1992), η μαυρολίτσα *Trachinotus ovatus* (Zhao et al. 1992), ένα είδος χελιού, το *Anguilla reinhardtii* (Ketterer and Eaves, 1992), το Ιαπωνικό μαγιάτικο (*Seriola quinqueradiata*), και ο σαργός (*Diplodus sargus*), μεταξύ άλλων. Τις τελευταίες δεκαετίες έχουν γίνει αναφορές όπου με την απομόνωση αυτού του βακτηρίου από εκτρεφόμενους ιχθύες που νοσούν, με αποτέλεσμα το συγκεκριμένο παθογόνο να θεωρείται ως ένας αναδυόμενος κίνδυνος για την εκτροφή ιχθύων (Labella et al. 2011). Η πηγή της επιμόλυνσης στον άνθρωπο από το *Photobacterium damsela* έχει σχέση κυρίως με πληγές που έχουν εκτεθεί σε θαλασσινό νερό (λόγω

χειρισμού εργαλείων και ιχθύων) και έχουν επιμολυνθεί (Morris et al. 1982, Dryden et al. 1989, Yuen et al. 1993, Shin et al. 1996, Tang και Wong, 1999, Goodell et al. 2004), μέσω έκθεσης του ουροποιητικού συστήματος σε θαλασσινό νερό (Alvarez et al., 2006) αλλά και από την κατανάλωση ωμών μολυσμένων οστρακοειδών (Kim et al. 2009). Το θέμα της επιμόλυνσης από το συγκεκριμένο παθογόνο είναι παγκοσμίου βεληνεκούς, καθώς τα παραπάνω περιστατικά καταγράφηκαν σε παράκτιες περιοχές της Αυστραλίας, της Ιαπωνίας και των Ηνωμένων Πολιτειών της Αμερικής.

3.1.1.2. *Vibrio vulnificus*

Το *Vibrio vulnificus* ανήκει στην κατηγορία των ζωνοσογόνων παθογόνων και οι περιοχές που συνήθως συναντάται είναι τα εύκρατα, τα τροπικά και τα υποτροπικά υδάτινα οικοσυστήματα με αλατότητα μεταξύ 0,3 και 2,5%, που όμως τα τελευταία χρόνια λόγω της κλιματικής αλλαγής και της υπερθέρμανσης του πλανήτη, η γεωγραφική τους κατανομή επεκτείνεται (Hernández-Cabanyero et al. 2020). Είναι ευρέως γνωστό ότι το είδος αυτό μεταβάλλεται γενετικά, ενώ δεν προκαλούν όλα τα στελέχη του λοίμωξη από *vibrio*, παρά μόνο εκείνα που ανήκουν στο ζωνοσογόνο σύμπλεγμα και στοχεύουν τόσο στον άνθρωπο όσο και στα ψάρια, με το χέλι να θεωρείται ο κύριος ξενιστής του (Hernández-Cabanyero et al. 2020). Συγκεκριμένα, το *Vibrio vulnificus* θεωρείται ως ένα αρκετά ετερογενές είδος, το οποίο απαρτίζεται από λοιμογόνα και μη στελέχη και στοχεύει πολλούς ξενιστές.

Γενικότερα, η κλιματική αλλαγή φαίνεται να επηρεάζει θετικά την εξάπλωση του συγκεκριμένου παθογόνου, καθώς η σοβαρότητα της λοίμωξης αυτής εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού, με τους 28°C να θεωρούνται ιδανική θερμοκρασία για τη βέλτιστη λοίμωξη. Για να απομονωθεί το συγκεκριμένο παθογόνο από τα

παράκτια οικοσυστήματα, η θερμοκρασία του νερού πρέπει να βρίσκεται από 10°C έως 30°C (Baker-Austin και Oliver, 2018). Πιο συγκεκριμένα, ο κύκλος ζωής του *V. vulnificus* βασίζεται στη θερμοκρασία του θαλάσσιου περιβάλλοντος που διαβιεί, καθώς στους 4°C έρχεται σε βιώσιμη φάση, χωρίς να έχει τη δυνατότητα πολλαπλασιασμού, ενώ για να αποκτήσει αυτή τη δυνατότητα χρειάζεται θερμοκρασία νερού από 18°C έως 25°C (με βέλτιστη θερμοκρασία άνω των 25°C) με την παρουσία θρεπτικών συστατικών (Oliver 2015). Επιπροσθέτως, το συγκεκριμένο παθογόνο προτιμά τα ζεστά υφάλμυρα ύδατα, γεγονός που συνδέεται άμεσα με την κλιματική αλλαγή, λόγω του ότι έχει αυξηθεί η θερμοκρασία του πλανήτη τις τελευταίες δεκαετίες και ταυτόχρονα έχει μειωθεί η αλατότητα, έχει λειτουργήσει προς όφελός του και αποτελεί μεγαλύτερο κίνδυνο για λοιμώξεις (Le Roux et al., 2015). Η λοίμωξη που εμφανίζεται στους ιχθύες που έχουν προσβληθεί από *Vibrio spp.* είναι η δονακίωση και τα σοβαρότερα κρούσματα συνήθως εμφανίζονται στους 25°C και άνω (Amaro et al. 2015). Η δονακίωση περιγράφεται ως μια οξεία αιμορραγική σηψαιμία που συναντάται κυρίως σε υδατοκαλλιέργειες που εκτρέφουν τιλάπιες (*Oreochromis niloticus*) και χέλια (*Anguilla anguilla*) και ο βαθμός επικινδυνότητας και θνησιμοτήτων εξαρτάται από τη θερμοκρασία του νερού, με την υψηλότερη θερμοκρασία να συνεπάγεται υψηλότερες θνησιμότητες (Fouz και Amaro 2002, Fouz et al. 2006, Amaro et al. 2015). Από μελέτες που έχουν πραγματοποιηθεί σε συνθήκες εργαστηρίου, έχει αποδειχθεί ότι η δυνατότητα του παθογόνου για μόλυνση ως προς τα χέλια, ήταν στα υψηλότερα επίπεδα στους 28°C και η ελάχιστη στους 20°C και κάτω (Amaro et al. 1995).

3.1.1.3 *Vibrio harveyi*

Το *Vibrio harveyi* ανήκει επίσης στη οικογένεια *Vibrionaceae* και συγκαταλέγεται στα Gram-αρνητικά θαλάσσια βακτήρια, τα οποία είναι υπεύθυνα για λοιμώξεις σε εκτρεφόμενους υδάτινους οργανισμούς (Ruwandepika et al. 2010), ενώ οι θνησιμότητες των οργανισμών παρουσιάζουν εποχικότητα, συγκεκριμένα από τα μέσα του Αυγούστου έως και τις αρχές του Σεπτεμβρίου. Το συγκεκριμένο παθογόνο φαίνεται να προσβάλει σε μεγάλο βαθμό εκτρεφόμενες γαρίδες (*Penaeus monodon*, *Litopenaeus vannamei* κ.α.) αλλά και δίθυρα μαλάκια (*Sulculus diversicolor*) σε χώρες με τροπικό κλίμα, γεγονός που επηρεάζει αρνητικά το οικονομικό κομμάτι της βιομηχανίας των υδατοκαλλιεργειών (Chatterjee and Halder 2012). Σε πείραμα που διεξήχθη σε συνθήκες εργαστηρίου στο στρείδι του Ειρηνικού *Crassostrea gigas* σε δύο διαφορετικές θερμοκρασίες, 12°C και 21°C, παρατηρήθηκε ότι στην περίπτωση της αυξημένης θερμοκρασίας (21°C) οι θνησιμότητες ήταν αρκετά μεγαλύτερη συγκριτικά με τους 12°C (Malham et al. 2009). Σε μία σύγκριση που αφορά τα μικροβιώματα των προσβεβλημένων από ασθένεια ατόμων του *Crassostrea gigas* και των υγιούς ατόμων, παρατηρήθηκε μεγάλο μικροβιακό φορτίο από *Vibrio spp.* και συγκεκριμένα του *Vibrio harveyi* (King et al. 2019). Σύμφωνα με τις παραπάνω αναφορές, φαίνεται πως μελλοντικά η υπερθέρμανση του πλανήτη θα έχει σημαντικό ρόλο ως προς την εξάπλωση της οικογένειας *Vibrionaceae* και κατά συνέπεια την συχνότερη εμφάνιση ασθενειών στους υδρόβιους οργανισμούς.

3.1.1.4. *Klebsiella pneumoniae*

Τα είδη της *Klebsiella* είναι gram-αρνητικοί μικροοργανισμοί, οι οποίοι συναντώνται σε διάφορα περιβάλλοντα, καθώς αποτελούν κομμάτι της φυσικής μικροχλωρίδας των θαλάσσιων οικοσυστημάτων, των εδαφών αλλά και κάποιων φυτών (Oliveira et

al. 2014). Πιο συγκεκριμένα, το *Klebsiella pneumoniae* έχει εντοπιστεί σε αρκετούς υδρόβιους οργανισμούς εκτρεφόμενους και άγριους, κάποιοι εκ των οποίων είναι ο κυπρίνος *Cyprinus carpio* (Oliveira et al. 2014) αλλά και ένα είδος γαρίδας, το *Macrobrachium rosenbergii* (Hossain et al. 2016). Σε δειγματοληψίες που είχαν διεξαχθεί έπειτα από τον εντοπισμό ενός εκτρεφόμενου πληθυσμού νεκρών γαρίδων του είδους *Macrobrachium rosenbergii* στις νοτιοδυτικές παράκτιες περιοχές του Μπαγκλαντές, παρατηρήθηκε ότι η μόλυνση που τελικά οδήγησε σε θνησιμότητες οφειλόταν στο παθογόνο *Klebsiella pneumoniae* (Hossain et al. 2016). Το συγκεκριμένο παθογόνο έχει αποτελέσει κίνδυνος για το υδάτινο περιβάλλον αλλά και κατά συνέπεια για τη βιομηχανία της υδατοκαλλιέργειας, επηρεάζοντας με αυτόν τον τρόπο έμμεσα θέματα ασφάλειας που αφορούν την κατανάλωση τροφίμων από τον άνθρωπο (Liao et al. 2023). Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι και αυτός ο μικροοργανισμός επηρεάζεται άμεσα από την κλιματική αλλαγή, μιας και ο Yang και οι συνεργάτες του (2022), εντόπισαν ότι για κάθε θερμοκρασιακή αύξηση της τάξεως του 1°C αντιστοιχούσε αύξηση 14% στο ποσοστό των δειγμάτων που περιείχαν το συγκεκριμένο παθογόνο, όπου τα συγκεκριμένα δείγματα είχαν αναπτύξει μία ανοχή στα περισσότερα αντιβιοτικά, με αποτέλεσμα να μη δέχονται κάποια άλλη θεραπεία. Το συγκεκριμένο πείραμα αποδεικνύει ότι σε μία πιθανή έξαρση του *Klebsiella pneumoniae*, δεν είναι απολύτως σίγουρη η αντιμετώπιση του με βάση τα όσα γνωρίζουμε για την αύξηση της θερμοκρασίας έως τώρα αλλά και μελλοντικά με βάση τα περιβαλλοντικά σενάρια που υπάρχουν.

3.1.2. Παρουσία HABs και οι τοξίνες που παράγουν

Οι επιβλαβείς ανθίσεις φυκιών (HABs) αποτελούν μία συνεχόμενη απειλή για τα παράκτια οικοσυστήματα ανά τον κόσμο, ενώ προσβάλλουν ένα μεγάλο εύρος

θαλάσσιων ειδών (Glibert et al. 2014). Τα HABs κυρίως εμφανίζονται τους πιο θερμούς μήνες, ενώ επηρεάζουν αρνητικά την οικονομία και την κοινωνία γενικότερα, λόγω των προβλημάτων που δημιουργούν στη δημόσια υγεία (Campbell et al. 2021). Έχει υπολογιστεί ότι κοντά στα 300 φυτοπλαγκτονικά είδη διαθέτουν την ικανότητα της ανθοφορίας αυτής, ενώ περίπου τα μισά από αυτά, έχουν την ικανότητα της παραγωγής τοξίνης, της φυτοτοξίνης (Hallegraeff 1995). Τέλος, οι υδρόβιοι οργανισμοί και κυρίως τα δίθυρα μαλάκια, συσσωρεύουν τις φυτοτοξίνες, είτε μέσω της άμεσης διήθησης των κυττάρων των φυκών είτε με την κατανάλωση μολυσμένων οργανισμών (Silva et al. 2013). Επιπροσθέτως, η ανθοφορία των φυκών είναι πιθανό να επηρεάσει αρνητικά τους κοραλλιογενείς υφάλους σε συνθήκες ευτροφισμού καθώς τα είδη των φυκών που παράγουν τις φυτοτοξίνες υπερκαλύπτουν τον ανταγωνισμό, δηλαδή τα κοράλλια (Anderson et al. 2021). Επομένως, αποτελεί πρόκληση ο εντοπισμός των παραγόντων εμφάνισης των HABs εκτός της θερμοκρασίας, η οποία φαίνεται να ευνοεί τις κρίσιμες φυσιολογικές διεργασίες των φυκών που παράγουν τις τοξίνες (Gobler et al. 2017), προκειμένου να μειωθεί η ανάπτυξή τους. Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, αυτά τα φύκη που παράγουν τοξίνες ανήκουν στα γένη *Alexandrium* και *Pyrodinium*, ενώ οι τοξίνες που παράγουν ανήκουν στην οικογένεια των βιοτοξίνων, πιο συγκεκριμένα της σαξιτοξίνης. Το είδος *Alexandrium catenella* είναι ένα από τα συνηθέστερα δυνομαστιγωτά που προκαλούν εστίες μόλυνσης κατά μήκος των ανατολικών και δυτικών ακτών των ΗΠΑ (Anderson et al. 2021), της ανατολικής ακτής του Καναδά (Boivin-Rioux et al. 2021) και της νοτίου ακτής της Αυστραλίας (Wiltshire et al. 2010). Ουσιαστικά, το συγκεκριμένο δυνομαστιγωτό όπως και άλλα του γένους *Alexandrium* και *Pyrodinium*, μέσω της παραγωγής σαξιτοξίνης, προκαλούν την παραλυτική δηλητηρίαση οστρακοειδών, τα οποία προσβάλλουν όποιον καταναλώσει

τα μολυσμένα οστρακοειδή. Ένα ακόμη είδος HAB που παρατηρείται συχνά είναι το *Chrysochromulina leadbeateri*, το οποίο έκανε μια δυναμική εμφάνιση το 2019 στα σκανδιναβικά Φιόρδ, όπου με τις έντονες ανθίσεις του, οδήγησε σε θνησιμότητες άνω των 7 εκατομμυρίων σολομών (*Salmo salar*), κόστους 9 εκατομμυρίων αμερικάνικων δολαρίων (Samda et al. 2020). Αξίζει να σημειωθεί ότι με τη βοήθεια της κλιματικής αλλαγής το φαινόμενο της προσβολής από τις συγκεκριμένες τοξίνες φαίνεται να ευνοείται σε μερικές περιοχές, λόγω της αυξημένης συχνότητας και έντασης της ανθοφορίας των φυκών (Anderson et al. 2021).

3.2. Παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών και τοξίνων σε αλιευτικά προϊόντα

Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, τα αλιευτικά προϊόντα αποτελούν αναπόσπαστο κομμάτι της διατροφής αλλά και της οικονομίας της εκάστοτε χώρας. Τις τελευταίες δεκαετίες, η βιομηχανία των προϊόντων αυτών δέχεται μεγάλες πιέσεις στο κομμάτι της αειφόρου διαχείρισης των αποθεμάτων της θάλασσας, όπως και τη σωστή διεξαγωγή της εκτροφής ιχθύων, οστρακοειδών, φυκών και άλλων ειδών. Εκτός των πιέσεων αυτών, τις τελευταίες δεκαετίες έχει εμφανιστεί και η κλιματική αλλαγή η οποία όπως φαίνεται τείνει να ευνοεί την παρουσία παθογόνων μικροοργανισμών, όπως και τοξίνων στα αλιευτικά προϊόντα. Οι υδάτινοι οργανισμοί διαθέτουν ως μέρος της φυσικής χλωρίδας τους κάποιους μικροοργανισμούς όπως τον *Aeromonas hydrophila* (κυρίως γλυκά νερά), το *Clostridium botulinum* (άμμο, λάσπη και ιζήματα) και είδη του γένους *Vibrio*, τα οποία όμως όταν βρίσκονται σε χαμηλές συγκεντρώσεις δεν αποτελούν κίνδυνο για τους οργανισμούς και τον άνθρωπο που θα τα καταναλώσει (Baker-Austin et al. 2018). Παρόλα αυτά, αρκετά από τα παθογόνα που αναφέρθηκαν, λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας δείχνουν να επικρατούν και να αποκτούν μεγάλους πληθυσμούς στα υδάτινα οικοσυστήματα και κατά συνέπεια και

στα αλιευτικά προϊόντα. Αξίζει να σημειωθεί ότι σε τόσο ευπαθή και ευαίσθητα προϊόντα, χρειάζεται και η ανάλογη διαχείριση από τους παραγωγούς και τους αλιείς, με σκοπό να διατηρηθεί η ποιότητα και να αποφευχθεί η οποιαδήποτε αλλοίωση τους.

3.2.1. Καταγεγραμμένα περιστατικά των παθογόνων που προσβάλλουν τα αλιευτικά προϊόντα εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής ανά τον κόσμο

Όπως αναφέρθηκε νωρίτερα, μία εκ των επιπτώσεων της κλιματικής αλλαγής είναι και η ανταλλαγή πληθυσμών παθογόνων εξαιτίας της ανόδου της θερμοκρασίας. Αυτό οφείλεται εν μέρη στις ανταλλαγές πληθυσμών ιχθύων, στην προσπάθειά τους να εντοπίσουν τις ιδανικές για αυτά συνθήκες διαβίωσης (FAO 2018). Ένα από τα παραδείγματα της κατάστασης αυτής αποτελούν κάποια είδη που διαβιούν σε θερμά ύδατα και εντοπίζονται στους πόλους (Cochrane et al. 2009), με αποτέλεσμα να αλλάζουν τα μικροβιακά προφίλ του κάθε οικοσυστήματος και κατ' επέκταση να αλλάζουν και οι κίνδυνοι που αφορούν την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων (FAO 2018). Ένα ακόμη παρακλάδι της κλιματικής αλλαγής θεωρείται και η μετάλλαξη των γονιδίων των παθογόνων και ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα αυτού ήταν στο Περού στις αρχές του 1994, όπου εμφανίστηκε ένας νέος βακτηριακός τύπος του *V. cholerae*, συγκεκριμένα ο O1, ο οποίος οδήγησε σε 1.000.000 περιπτώσεις χολέρας αλλά και σε 10.000 καταγεγραμμένους θανάτους σε χώρες της Λατινικής Αμερικής σε διάστημα 18 μηνών (Tauxe et al. 1995). Γενικότερα τα γένη *Vibrio* φαίνεται να παίρνουν μέρος σε αρκετά καταγεγραμμένα περιστατικά έξαρσης τόσο σε ιχθύες όσο και σε οστρακοειδή, με παραδείγματα όπως το *V. Parahaemolyticus* το οποίο βρέθηκε σε όστρακα της Αλάσκα (ένα εξ αυτών και το *Magallana gigas*), και προκάλεσε λοίμωξη του γαστρεντερικού συστήματος το 2004 σε εκατοντάδες ανθρώπους στις ΗΠΑ (McLaughlin et al. 2005). Το εν λόγω

παθογόνο επίσης βρέθηκε και στην Χιλή το 1998 και το 2004 έχοντας αντίστοιχα αποτελέσματα (Gonzalez-Escalona et al. 2005). Το κοινό των δύο αυτών εξάρσεων ήταν η αυξημένη θερμοκρασία, καθώς το 2004, τους μήνες του Ιουλίου και του Αυγούστου, παρατηρήθηκε ότι η θερμοκρασία δεν έπεσε κάτω από τους 15°C , με αποτέλεσμα την αύξηση του πληθυσμού των παθογόνων και την επιμόλυνση των οστρακοειδών (McLaughlin et al. 2005). Εκτός από τα γένη *Vibrio*, η αύξηση της θερμοκρασίας από την κλιματική αλλαγή φαίνεται να προκάλεσε αρκετές επιμολύνσεις από τα HABs τα τελευταία χρόνια, με αρκετά καταγεγραμμένα περιστατικά ανά τον κόσμο. Παράδειγμα αυτού αποτελεί και η επιμόλυνση που συνέβη το 2015-2016 στον Βορειοανατολικό Ειρηνικό και ως αποτέλεσμα είχε το κλείσιμο της σεζόν αλιείας του καβουριού *Metacarcinus magister* λόγω του μεγάλου αριθμού θνησιμοτήτων και πιθανότατα να επηρέασε και στο γενικότερο οικοσύστημα καθώς παρατηρήθηκαν εκτεταμένες θνησιμότητες σε ιχθύες αλλά και σε άλλα είδη όπως θαλάσσια θηλαστικά και πτηνά (FAO 2018). Μία ακόμη περιοχή που πιθανότατα επηρεάστηκε από τις συχνότερες ανθοφορίες των φυκών αυτών είναι η νότια ακτή της Νοτίου Αφρικής, όπου την τελευταία δεκαετία συνέπεσαν αρκετές ανθοφορίες με εντοπισμούς μεγάλων όγκων νεκρής σαρδέλας Νοτίου Αμερικής (*Sardinops sagax*) αλλά και με αλιευμένα άτομα τα οποία ήταν σε χειρίστη κατάσταση συγκριτικά με σαρδέλες αλιευμένες από διαφορετικά μέρη, ωστόσο παρατηρήθηκε πως άλλα είδη όπως ο γαύρος δεν επηρεάστηκαν από την προκειμένη ανθοφορία (van der Lingen et al. 2016). Τέλος, σημαντικό παράδειγμα αποτελεί η παρουσία των HABs στη Νέα Ζηλανδία, με τη καταγεγραμμένη άνθισή τους να κρατάει 3 χρόνια (2000-2003), όπου το είδος *Gymnodinium catenatum* , το οποίο παράγει τις λεγόμενες παραλυτικές τοξίνες οστρακοειδών, προκάλεσε το κλείσιμο

των περιοχών που λάμβαναν χώρα οι συγκομιδές των οστρακοειδών εξαιτίας της εκτεταμένης μόλυνσης που προκάλεσαν (Rolton et al. 2022).

3.3. Ασφάλεια αλιευτικών προϊόντων

Όπως είναι ευρέως γνωστό, η παρουσία των αλιευτικών προϊόντων αποτελεί ένα αναπόσπαστο κομμάτι της οικονομίας της κάθε χώρας. Η κλιματική αλλαγή και εν συνεχεία η ολοένα αυξανόμενη θερμοκρασία, τείνουν να εμποδίζουν την ομαλή διεξαγωγή των υδατοκαλλιεργειών και των αλιεύσεων εξαιτίας των συνεχών μολύνσεων που προκύπτουν από τους παθογόνους μικροοργανισμούς. Γενικότερα, η επιμόλυνση των αλιευτικών προϊόντων είτε αυτά αποτελούνται από άγριους πληθυσμούς είτε από εκτρεφόμενους, μπορεί να προέλθει από το περιβάλλον στο οποίο γίνεται η εξαλίευση, από τα μέσα μεταφοράς των ειδών, από τις επιφάνειες στις οποίες γίνεται η επεξεργασία τους και τέλος από τον άνθρωπο (Wang και Sheng 2020). Δεδομένου αυτών, παρατηρείται ότι η αρχή της αλυσίδας αυτής έχει άμεση σχέση με το περιβάλλον στο οποίο λαμβάνουν χώρα οι εξαλιεύσεις, επομένως ο ρόλος του θαλάσσιου οικοσυστήματος είναι καθοριστικός. Ο FAO (2020) κατέγραψε πως το 88% του όγκου των ιχθύων που παράγονται παγκόσμια, προορίζεται για άμεση ανθρώπινη κατανάλωση, με το 44% να αφορά την φρέσκια, ζωντανή κατάστασή τους, η οποία διαθέτει και την υψηλότερη τιμή στις περισσότερες αγορές και με το υπόλοιπο 56% να χωρίζεται ως εξής, 35% κατεψυγμένα είδη, 11% παρασκευασμένα και διατηρημένα είδη και 10% καπνιστά, αλατισμένα ή αποξηραμένα. Ως εκ τούτου, η ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων είναι άκρως σημαντική, καθώς ένα μεγάλο μέρος της συνολικής ποσότητας αφορά είδη μη επεξεργασμένα, που συνεπάγεται ότι η πιθανότητα ύπαρξης κάποιου παθογόνου ή τοξίνης, τα κρίνει ακατάλληλα για ανθρώπινη κατανάλωση. Αντίστοιχα, τα είδη που

έχουν υποστεί κάποια επεξεργασία, έχουν το πλεονέκτημα ότι ένα μεγάλο εύρος μικροοργανισμών θανατώνονται με τη χρήση της εκάστοτε επεξεργασίας, αλλά και ότι περνούν από ποιοτικούς ελέγχους σε αρκετά στάδια της επεξεργασίας τους. Όσον αφορά τα φρέσκα αλιευτικά προϊόντα και συγκεκριμένα τους ιχθύες, τυχόν παθογένειες είναι ορατές στους μύες τους, στα βράγχια και στο δέρμα και κατ' επέκταση στα εσωτερικά τους όργανα και στην πεπτική τους οδό, κάνοντας κάποιες από αυτές τις παθογένειες να εντοπιστούν πιο εύκολα όταν βρίσκονται στο εξωτερικό κομμάτι των ιχθύων. Αξίζει να σημειωθεί ότι δεδομένου των παραπάνω, η επιστημονική κοινότητα έχει δημιουργήσει τεχνολογίες εντοπισμού όπως η NGS (NextGenerationSequencing- Προσδιορισμός Αλληλουχίας Νέας Γενιάς) , με σκοπό να διαλευκάνει όλες τις πιθανές μικροβιακές κοινότητες που μπορούν να δημιουργηθούν, δηλαδή τον έλεγχο του μικροβιώματος του κάθε είδους, αλλά και την κατανόηση της πηγής των παθογόνων και την αποφυγή τους, με αποτέλεσμα την αποφυγή της αλλοίωσης των αλιευτικών προϊόντων (Brugman et al. 2018, Tan et al. 2019, Yukgehnash et al. 2020).

3.3.1. Ασφάλεια αλιευτικών προϊόντων που προέρχονται από την υδατοκαλλιέργεια

Σύμφωνα με τον FAO (2022), η παγκόσμια αύξηση της υδατοκαλλιέργειας από το 1990 έως και το 2020 αφορά το 609% στην ετήσια παραγωγή και έναν μέσο όρο αύξησης στο 6,7% ανά τον χρόνο. Η αύξηση αυτή οφείλεται σε παράγοντες όπως τη μείωση των αποθεμάτων των υδάτων σε ιχθύες, οστρακοειδή, φύκη και άλλα είδη ταυτόχρονα με την αύξηση του πληθυσμού και την ανάγκη της αυξημένης ζήτησης τροφής. Με βάση τα όσα αναφέρθηκαν νωρίτερα, η κλιματική αλλαγή προβλέπεται να προκαλέσει άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας, με

τις σημαντικότερες να αφορούν την φυσιολογία των εκτρεφόμενων ειδών, τυχόν παθογένειες αλλά και την ανάπτυξή τους παράλληλα τη μετατρεψιμότητα της τροφής που δίνεται (Catalán et al. 2019, Dahlke et al. 2020). Οι αυξανόμενες θερμοκρασίες των τελευταίων ετών ενδέχεται να προκαλέσουν σοβαρά οικονομικά πλήγματα στους παραγωγούς των υδατοκαλλιεργειών, είτε και ακόμη τον τερματισμό λειτουργίας κάποιων από αυτών (FAO 2018). Και αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι αρκετά είδη που δεν διαθέτουν αντοχές σε μεγάλο εύρος θερμοκρασιών, πιθανότατα να σταματήσουν να παράγονται, αλλά και στην περίπτωση που υπάρξουν προσπάθειες για τη συνέχιση της εκτροφής τους με μεταφοράς της μονάδας σε διαφορετική τοποθεσία με πιθανόν χαμηλότερες θερμοκρασίες και μεγαλύτερα βάθη, ελλοχεύει κινδύνους όσον αφορά τη δημιουργία νέων προκλήσεων που αφορούν την ασφάλεια της μονάδας αυτής (FAO 2018). Τέλος, αξίζει να αναφερθεί ότι μία κίνηση όπως αυτή που αναφέρθηκε, ενδέχεται να επηρεάσει τα κόστη παραγωγής και να τα ανεβάσει, κάνοντας τη λειτουργία της υδατοκαλλιέργειας ακόμη πιο απαιτητική (FAO 2018). Όσον αφορά το κομμάτι της ασφάλειας της υδατοκαλλιέργειας, η επιστημονική κοινότητα έχει προβεί σε σχεδιασμούς διαφόρων μοντέλων τα οποία στόχο έχουν να εντοπίσουν τις ευαισθησίες της κατάστασης με γνώμονα την κλιματική αλλαγή. Για να είναι ολοκληρωμένο το μοντέλο, λαμβάνονται υπόψη οι φυσικοί και χημικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες, οι οικονομικοί παράγοντες, αλλά και οι απαιτήσεις των υποδομών συνδυαστικά με τα υλικά και τις υπηρεσίες που απαιτούνται για τη σωστή λειτουργία της (FAO 2018). Ωστόσο εκτός των κλιματικών μοντέλων που χρησιμοποιούνται με σκοπό την πρόβλεψη του περιβάλλοντος και της θερμοκρασίας στο μέλλον, σημαντικό ρόλο έχουν και τα προληπτικά αντιβιοτικά, τα οποία θα αποτρέψουν τυχόν ασθένειες στους εκτρεφόμενους οργανισμούς (Cascarano et al. 2021). Σημαντική παράμετρος στη χρήση αντιβιοτικών αποτελεί η

ανθεκτικότητα κάποιων παθογόνων πλέον, καθώς η αλόγιστη χρήση που γινόταν παλαιότερα έχει οδηγήσει την επιστημονική κοινότητα στη δημιουργία καινούριων αντιβιοτικών προκειμένου να διασφαλιστεί η υγεία των εκτρεφόμενων οργανισμών (Cabello 2006). Για να υπάρχει τελικά ασφάλεια στους εκτρεφόμενους οργανισμούς την παρούσα χρονική στιγμή αλλά και μελλοντικά, πρέπει να συνδυαστεί ο ενδεδειγμένος έλεγχος κατά τη διάρκεια της εκτροφής, η χρήση αντιβιοτικών κατά τη διάρκεια της εκτροφής αλλά και ο έλεγχος στη μετέπειτα συσκευασία και στην επεξεργασία τους, (FAO 2018).

3.3.2. Ασφάλεια αλιευτικών προϊόντων που προέρχονται από αλίευση

Οι άγριοι πληθυσμοί των θαλασσών τα τελευταία χρόνια έχουν πληγεί από την υπεραλίευση που συμβαίνει συστηματικά και ασταμάτητα (Sumaila and Tai 2020). Συγκεκριμένα, λαμβάνονται ετησίως αρκετά μεγαλύτερα επίπεδα θαλάσσιων ειδών παγκοσμίως, σε βαθμό όπου δεν θεωρείται πλέον βιώσιμο για το φυσικό οικοσύστημα να αναπληρώσει τα κενά, ενώ παράλληλα αλιεύονται και αρκετά σημαντικά για την τροφική αλυσίδα είδη, με αποτέλεσμα να διαταράσσονται οι ισορροπίες και αρκετά είδη να μην έχουν την απαραίτητη ποσότητα τροφής για να επιβιώσουν (Pauly et al. 2005, Sumaila and Tai 2020). Μία ακόμη παράμετρος που δυσχεραίνει την κατάσταση είναι η αλόγιστη χρήση επιβλαβών εργαλείων αλίευσης (Chuenpagdee et al. 2003), ενώ συνδυαστικά αυτές οι παράμετροι οδηγούν σε φυσικούς πληθυσμούς αποδεδειγμένους και αποδυναμωμένους, μη μπορώντας να ανταπεξέλθουν στις παθογένειες που έχουν αυξηθεί εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής αλλά και της αυξημένης θερμοκρασίας. Όπως αναφέρθηκαν και νωρίτερα, υπάρχουν αρκετά περιστατικά την τελευταία τριακονταετία, όπου σταμάτησαν νωρίτερα από το προκαθορισμένο οι περίοδοι αλίευσης, εξαιτίας της προσβολής των άγριων

πληθυσμών από κάποιο παθογόνο μικροοργανισμό. Επομένως, για να μειωθεί όσο το δυνατόν περισσότερο η ευαισθησία των άγριων πληθυσμών, θα πρέπει να θεσμοθετηθεί ένα νομικό πλαίσιο το οποίο δεν θα επιτρέπει την υπεραλίευση, ενώ θα προφυλάσσει τη διαφάνεια της χρήσης εξειδικευμένων αλιευτικών εξοπλισμών. Δυστυχώς η ανθρωπογενής κλιματική αλλαγή βρίσκεται ήδη σε προχωρημένο στάδιο, μη αναστρέψιμο, άρα ο μοναδικός τρόπος να προφυλαχτούν τα άγρια είδη, είναι να μειωθεί η αλίευση τους (Sumaila and Tai 2020).

3.3.2.1. Συσχέτιση της υπεραλίευσης και της υγείας των άγριων πληθυσμών

Η μείωση των ιχθυαποθεμάτων από τις θάλασσες και τους ωκεανούς έχει άμεση σχέση με την ευζωία των άγριων πληθυσμών καθώς και της ευαισθησίας που αποκτούν ως προς τις ασθένειες. Επομένως, ακόμη και χωρίς τον στρεσογόνο παράγοντα της κλιματικής αλλαγής, οι πληθυσμοί θεωρούνται ευάλωτοι σε οποιεσδήποτε αλλαγές του οικοσυστήματος στο οποίο διαβιούν (Sumaila and Tai 2020). Επιπροσθέτως, ευάλωτη λόγω της υπεραλίευσης θεωρείται και η τροφική αλυσίδα, όπου έχει αποκτήσει αρκετές ανακατατάξεις, λόγω του ότι αρκετά άτομα μεγάλου μεγέθους από τα υψηλότερα τροφικά επίπεδα αλιεύονται, με αποτέλεσμα να καθυστερεί η διαδικασία της αναπαραγωγής και να μειώνεται ο άγριος πληθυσμός, ως εκ τούτου τα θαλάσσια τροφικά πλέγματα διαταράσσονται (Pauly et al. 2005). Ένα εκ των αποτελεσμάτων της διατάραξης αυτής θεωρείται και η εισβολή νέων ειδών στο εκάστοτε οικοσύστημα, καθώς η αφθονία των ειδών μειώνεται και ουσιαστικά «ελευθερώνεται» χώρος, στον οποίο θα καταφέρουν να εισχωρήσουν μη ενδημικά είδη (Cheung et al. 2009, Pecl et al. 2017, Sunday et al. 2017). Ακόμη ένα αποτέλεσμα είναι ο κλωνισμός ως προς την ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων, γεγονός που προκαλεί αμφιβολίες για την αξιοπιστία των προϊόντων αυτών (Halpern

et al. 2012, IPCC 2014, Sumaila et al. 2019). Δεδομένων όλων των παραπάνω που αναφέρθηκαν, η κατάργηση της υπεραλίευσης θα αποφέρει ευεργετικά αποτελέσματα στο φυσικό οικοσύστημα. Πιο συγκεκριμένα, η δράση αυτή θα οδηγήσει την αλίευση σε βιώσιμα για τους οργανισμούς επίπεδα, ενώ ταυτόχρονα θα επαναφέρει σε ένα βαθμό τη βιοποικιλότητα του εκάστοτε θαλάσσιου οικοσυστήματος με την επανεμφάνιση επαρκών πληθυσμών, γεγονός που θα επαναφέρει την τροφική αλυσίδα σε υγιή επίπεδα (Sumaila and Tai 2020). Εκτός της τροφικής αλυσίδας που θα ευεργετηθεί, η επαναφορά των άγριων πληθυσμών στους θαλάσσιους υδροβιότοπους, θα συμβάλει ενεργά και στην υγεία των άγριων αυτών πληθυσμών, καθώς θα φτάσουν σε φυσιολογικά επίπεδα και θα είναι δυσκολότερη η προσβολή τους από τυχόν παθογένειες. Η υπεραλίευση είναι άρρηκτα συνδεδεμένη με την υγεία των άγριων πληθυσμών, επομένως σταματώντας την, θα διεξάγεται αλίευση ενός σαφώς μικρότερου όγκου ιχθυηρών, γεγονός που πιθανότατα θα ενδυναμώσει τους άγριους πληθυσμούς.

4. ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Με βάση όσα αναφέρθηκαν νωρίτερα, την τελευταία τριακονταετία παρατηρήθηκε μεγάλη έξαρση των παθογόνων μικροοργανισμών που προσβάλλουν τους υδρόβιους οργανισμούς εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Πιο συγκεκριμένα, αποτελεί παγκόσμιο φαινόμενο η αύξηση της θερμοκρασίας, γεγονός που επηρεάζει τη γενικότερη ανάπτυξη των παθογόνων, ανεξαιρέτως της τοποθεσίας. Τα παραδείγματα επιμόλυνσης των άγριων πληθυσμών ανά τα χρόνια ήταν αρκετά για να συσχετιστεί η αύξηση της θερμοκρασίας με την παρουσία των παθογόνων. Η κατάσταση αυτή επιβαρύνθηκε με την αυξημένη αλιεία που συμβαίνει τις τελευταίες δεκαετίες, καθώς αφήνουν αποδυναμωμένους πληθυσμούς, εύάλωτους στις εξάρσεις των παθογενειών.

Παρακάτω παρουσιάζονται πιθανοί τρόποι μείωσης της επιρροής της κλιματικής αλλαγής τόσο στο υδρόβιο οικοσύστημα όσο και στους οργανισμούς που διαβιούν σε αυτό, με σκοπό πάντα τη διαφύλαξη της δημόσιας υγείας και της ασφάλειας των αλιευτικών προϊόντων.

4.1. Κλιματική αλλαγή και μελλοντικές προβλέψεις

Άλυτο παραμένει το θέμα της κλιματικής αλλαγής, καθώς ολοένα και αυξάνονται οι δείκτες που επηρεάζει η κλιματική αλλαγή όπως η θερμοκρασία και το CO₂. Γεγονός που ελλοχεύει επιπλέον κινδύνους για το παρόν αλλά και το μέλλον της παραγωγής αλιευτικών προϊόντων. Το πρόβλημα ξεκινά από την υπέρμετρη χρήση του ανθρώπου στους φυσικούς πόρους, όπως και στην εκβιομηχάνιση των πόλεων ανά τον κόσμο, που συνέβαλε στη δημιουργία των βλαβερών αερίων του θερμοκηπίου. Γενικότερα, στην παρούσα φάση αποτελεί πρόκληση η απόδοση κάποιων ακραίων καιρικών φαινομένων στην κλιματική αλλαγή που υπάρχει λόγω του ανθρώπου τα τελευταία χρόνια (Seneviratne et al. 2012). Παλαιότερα δεν υπήρχε ταύτιση των ακραίων αυτών γεγονότων ως απόρροια της κλιματικής αλλαγής (Peterson et al. 2012). Παρόλα αυτά, επί του παρόντος η επιστημονική κοινότητα έχει πλέον αποδεχτεί πως πιθανότητα μεμονωμένα καιρικά φαινόμενα ή ακραία καιρικά γεγονότα λαμβάνουν χώρα εξαιτίας της ανθρωπογενούς κλιματικής αλλαγής (Nature Publishing Group 2011). Αξίζει να σημειωθεί πως τα τελευταία χρόνια εξαιτίας της ανάλυσης που γίνεται στον τρόπο με τον οποίο έχουν μεταβληθεί οι θερμοκρασίες, αναδεικνύεται η μακροπρόθεσμη κλιματική κρίση, η οποία συνεχώς μεταβάλλει τον τυπικό έως τότε καιρό (Peterson et al. 2012). Παράδειγμα αυτής της κατάστασης αποτελεί ο χειμώνας της βορειοδυτικής Ευρώπης του 2009-2010, που σχετίζεται με μια αρνητική Ταλάντωση του Βόρειου Ατλαντικού (North Atlantic Oscillation-NAO), θα ήταν ακόμη πιο ψυχρός για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα αν δεν συνεχιζόταν η ήδη

υπάρχουσα κλιματική αλλαγή (Cattiaux et al. 2010a). Υπάρχουν και άλλες προσεγγίσεις σχετικά με το θέμα όπου χρησιμοποιούν στατιστικά μοντέλα ή αλλιώς κλιματικά μοντέλα με σκοπό τον διαχωρισμό της συνεχόμενης αύξησης της θερμοκρασίας με τις επιπτώσεις της μεταβλητότητας του κλίματος στην εμφάνιση κάποιων ακραίων καιρικών φαινομένων (Peterson et al. 2012). Ωστόσο, αυτές οι προσεγγίσεις δε ποσοτικοποιούν ακριβώς τις ανθρώπινες εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, με αποτέλεσμα να μην υπάρχει ξεκάθαρη απάντηση στην ερώτηση της απόδοσης των φαινομένων αυτών αλλά τουλάχιστον συμβάλλουν στο να αναλυθούν συγκριτικά με το εκάστοτε κλίμα (Peterson et al. 2012). Συχνά χρησιμοποιείται ο όρος «ακραίο» σε διάφορα φαινόμενα στην επιστήμη του κλίματος. Στην πραγματικότητα τα γεγονότα στα οποία χρησιμοποιείται ο όρος «ακραία» , ενδεχομένως να μην είναι σωστός, από την άποψη ότι το καιρικό φαινόμενο στο οποίο αναφέρεται ενδέχεται να είναι σπάνιο και να μη βρίσκεται ψηλά στις λίστες κατανομής των άμεσα ενδιαφερόντων φαινομένων (Peterson et al. 2012). Ένα από τα χαρακτηριστικά των ακραίων φαινομένων είναι ότι μπορούν να κατανοηθούν εντός ενός πλαισίου, με σκοπό τον καθορισμό των ετήσιων ή των εποχιακών φαινομένων ως «ακραία», παραδείγματος χάρη ένα ασυνήθιστο μικρής διάρκειας φαινόμενο, όπως μια ημερήσια βροχόπτωση πολύ μεγάλης έντασης θεωρείται ακραίο καιρικό γεγονός (Peterson et al. 2012). Ο ορισμός που χρησιμοποιείται για τα «ακραία» φαινόμενα υιοθετήθηκε από την IPCC για την Ειδική Έκθεσή της για αυτά (Field et al. 2012), και ισχύει για τα περισσότερα φαινόμενα που υπάρχουν στο εύρος των χωρικών και χρονικών κλιμάκων. Επίσης, ο ορισμός αυτός περιγράφει ένα ακραίο καιρικό γεγονός ως την εμφάνιση μια τιμής μεταβλητής του κλίματος ή του καιρού άνω ή κάτω από μια τιμή που προσεγγίζει τα ανώτερα ή τα κατώτερα άκρα του εύρους των καταγεγραμμένων τιμών της μεταβλητής αυτής (Seneviratne et al. 2012).

Η ένταση και η συχνότητα των φαινομένων αυτών ενδέχεται να επηρεαστεί από την εξωτερική πίεση αλλά και από την εσωτερική μεταβλητότητα του συστήματος του κλίματος, ενώ οι μηχανισμοί που έχουν άμεση σχέση μπορεί να είναι έμμεσοι αλλά και άμεσοι. Πράγμα που δυσκολεύει την απόδοση ευθυνών και αιτίων από αυτά τα γεγονότα, διότι τα ακραία αυτά φαινόμενα θεωρούνται σπάνια εξ ορισμού (Peterson et al. 2012). Ωστόσο, τα τελευταία 20 χρόνια έχει καταγραφεί ότι οι υδρόβιοι οργανισμοί βιώνουν τουλάχιστον δύο ακραία περιστατικά υψηλής θερμοκρασίας της θάλασσας, γνωστά και ως «marine heatwaves» (Oliver et al. 2018, Plecha και Soares, 2020). Ο Guibourd de Luzinais με τους συνεργάτες του (2024), δημιούργησαν κάποια θεωρητικά οικοσυστήματα, προκειμένου να μελετήσουν τις συνέπειες των αυξημένων θερμοκρασιών της θάλασσας ως προς τις θνησιμότητες των θαλάσσιων ειδών που θα προκύψουν κατά μήκος της τροφικής αλυσίδας. Αυτό που αξίζει να αναφερθεί ως προς τα σενάρια, είναι ότι ακόμη και στη περίπτωση που το 100% των ειδών διαθέτει την ικανότητα να αντιμετωπίσει αυτά τα ακραία καιρικά φαινόμενα, θα χρειαστεί μεγαλύτερο διάστημα ανάκαμψης και αναπροσαρμογής εξαιτίας της συνεχόμενης εξάρσής τους (Guibourd de Luzinais et al. 2024). Αυτή η μελέτη θίγει το θέμα της ανθεκτικότητας των οικοσυστημάτων και πώς θα μπορούσαν να αντιμετωπιστούν διάφορες αντίστοιχες συνθήκες. Το θέμα είναι πως σε περίπτωση που υπάρξουν μελλοντικά διαδοχικά περιστατικά αυξανόμενης θερμοκρασίας της θάλασσας, γεγονός που τα τελευταία χρόνια είναι όλο και πιο εμφανές, με τα θερμοκρασιακά αρνητικά ρεκόρ να «σπάνε» κάθε χρόνο, τα οικοσυστήματα θα δεχθούν αλλαγές πιθανότατα μη αναστρέψιμες ως προς τη δομή τους, με τα απόνερα αυτής της συνθήκης να αφήνουν πίσω τους όλο και λιγότερα θαλάσσια είδη (Smith et al. 2023, NASA 2024). Τα αποτελέσματα της μελέτης αυτής παρουσιάζουν ανισότητες στην τροφική αλυσίδα, πιο συγκεκριμένα τα είδη που βρίσκονται στα

υψηλότερα τροφικά επίπεδα φαίνεται να επηρεάζονται σε μεγαλύτερο βαθμό συγκριτικά με τα είδη των χαμηλών τροφικών επιπέδων, κάτι που έχει παρατηρηθεί και σε άλλα αντίστοιχα πειράματα (Suryan et al. 2021, Arimitsu et al. 2021, Guibourd de Luzinais et al. 2024). Εκτός από της αλλαγές στην τροφική αλυσίδα που θα επέλθουν, αναμένονται και αλλαγές στα οικοσυστήματα και πιο συγκεκριμένα, αρκετά από αυτά θα μετατραπούν σε τροπικά οικοσυστήματα (Wernberg et al. 2016, Smale et al. 2019). Ωστόσο, τα είδη που διαβιούν σε τροπικά κλίματα φαίνεται να διαθέτουν μια θερμοευαισθησία στις υψηλές θερμοκρασίες της θάλασσας (Wernberg et al. 2013, Smale et al. 2019), γεγονός που επιβεβαιώνει την κατάρρευση της τροφικής αλυσίδας, ενώ ένα παράδειγμα που αποδεικνύει την εγγύτητα αυτών είναι το 2016 όπου έπειτα από ένα γεγονός πολύ υψηλής θαλάσσιας θερμοκρασίας στην Αυστραλία, στον Μεγάλο Κοραλλιογενή Ύφαλο, παρατηρήθηκαν σε αρκετά σημεία «λεύκανση» των κοραλλιών (Pratchett et al. 2021). Τα απόνερα της κατάστασης αυτής ήταν ο οριστικός θάνατος αρκετών κοραλλιογενών υφάλων, γεγονός που διατάραξε την οικολογική ισορροπία του οικοσυστήματος (Hughes et al. 2018). Αξίζει να αναφερθεί ότι τα θαλάσσια είδη που είναι εξώθερμα, όταν αντιμετωπίσουν θερμοκρασίες που σχεδόν ισούται με τα θερμικά τους όρια, ανταποκρίνονται διαφορετικά, ενώ ενδέχεται ακόμη και να βρεθούν σε θερμικό σοκ, το οποίο συνεπάγεται αναπνευστικό στρες, κυτταρικό στρες, καταστολή του μεταβολισμού, καταστολή των ανοσολογικών αποκρίσεων, αυξήσεις στη μεταβολική ζήτηση αλλά και ρυθμούς κίνησης που μεταβάλλονται συνεχώς (Somero 2020, Alfonso et al. 2021, Smith et al. 2023).

4.2. Κλιματική αλλαγή και θαλάσσια είδη

Ένα κομμάτι της κλιματικής αλλαγής που δεν έχει μελετηθεί επαρκώς, είναι η επιρροή της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη των θαλάσσιων οργανισμών. Η

ανάπτυξη γενικότερα των οργανισμών, αποτελεί θεμελιώδη κομμάτι της ύπαρξης των ειδών και της εξέλιξης ανά τα χρόνια (Hernandez-Miranda and Ojeda 2006, Murdoch and Power 2013), επομένως η έλλειψη της μελέτης της σχετικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής αποτελεί μεγάλο πρόβλημα στην επιστημονική κοινότητα (Huang et al. 2021). Ακόμα κι όσοι επιστήμονες επέλεξαν να αναλύσουν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη των θαλάσσιων ειδών, ασχολήθηκαν με πολύ συγκεκριμένες περιοχές και συγκεκριμένα είδη, γεγονός που συνεπάγεται την έλλειψη ποικιλίας κλιματικών περιοχών και οικοσυστημάτων, όπως και ειδών (Huang et al. 2021). Πιο συγκεκριμένα, έχει μελετηθεί έως και τώρα ποσοστό μικρότερο του 1% των ιχθύων παγκοσμίως (Fricke et al. 2020). Αυτή η συνθήκη δε βοηθάει στην εύρεση των αποτελεσμάτων αυτής της κατάστασης, η οποία υπάρχει εδώ και αρκετές δεκαετίες, μιας και τα στοιχεία που είναι γνωστά μέχρι στιγμής δεν είναι αντιπροσωπευτικά για όλα τα είδη. Όσον αφορά τους ιχθύες, το μεγαλύτερο ποσοστό των ερευνών αφορούσαν είδη του γένους *Actinopterygii*, ενώ επί του παρόντος δεν έχουν διεξαχθεί έρευνες στους χονδριχθύες (Huang et al. 2021). Εξαιτίας της μεγάλης ευαισθησίας τους στη θερμοκρασία, μελετήθηκαν ιχθύες του γένους *Salmoniformes*, όπως το *Salmo salar* αλλά και του γένους *Perciformes* (Jaric et al. 2012, Aksnes and Browman 2015, Gamperl et al. 2019). Οι χονδριχθύες είναι γνωστοί για το μεγάλο τους μέγεθος αλλά και για τους σημαντικούς ρόλους που διαθέτουν κυρίως στα θαλάσσια οικοσυστήματα και στην τροφική αλυσίδα (Stein et al. 2018). Στις έρευνες που αφορούσαν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, οι μικρού μεγέθους ιχθύες αντιπροσώπευαν ένα μικρό ποσοστό ανάμεσα στα είδη που μελετήθηκαν σε όλα τα οικοσυστήματα, ενώ τα είδη με το μεγαλύτερο ενδιαφέρον για μελέτη αφορούσαν είδη υψηλού τροφικού επιπέδου και σαρκοφάγα (Huang et al. 2021). Οι λόγοι για τους οποίους προτιμήθηκαν είδη με τα εξής χαρακτηριστικά είναι

τρεις. Συγκεκριμένα, αρκετές έρευνες έχουν υπογραμμίσει την ευαισθησία των σαρκοφάγων ιχθύων (υψηλού τροφικού επιπέδου) στα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής συγκριτικά με παμφάγα και φυτοφάγα είδη (χαμηλού τροφικού επιπέδου) (Branch et al. 2010, Tao et al. 2018b). Τα φυτοφάγα είδη έχουν ευρύτερο φάσμα στην επιλογή της τροφής τους, συγκριτικά με τα σαρκοφάγα, επομένως μπορούν να διαχειριστούν καλύτερα τις πιθανές αλλαγές στη διατροφή τους εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής (Branch et al. 2010, Mo et al. 2014). Επιπλέον, η επιλογή για έρευνα των ιχθύων μεσαίου και μεγάλου μεγέθους, οφείλεται στη μεγάλη οικονομική τους αξία, καθώς θεωρούνται οι κυρίαρχοι στόχοι στην αλιεία, σε σύγκριση με τους ιχθύες μικρότερου μεγέθους (Asche et al. 2015). Τέλος, η επιλογή αυτών των ειδών οφείλεται και στο ρόλο τους στο εκάστοτε οικοσύστημα, ταυτίζεται δηλαδή η σημαντικότητα με το υψηλό τροφικό επίπεδο (Στέργιου και Καρπούζη 2002). Πιθανότατα, ο λόγος για τον οποίο δεν επιλέγονται οι χονδριχθύες είναι λόγω του ότι είναι μεγάλου μεγέθους, σε μικρούς πληθυσμούς, αλλά με μεγάλα εύρη κατανομής, με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολο να ληφθούν δείγματα (Bonar and Hubert 2002, Barria et al. 2015). Ωστόσο, σε λίγες μελέτες που έχουν διεξαχθεί στα είδη *Squalus acanthias* και *Raja radula*, φάνηκε πως η κλιματική αλλαγή πιθανότατα θα αλλάξει την φυσιολογική ανάπτυξή τους και πιθανότατα να αποτελέσει απειλή για αυτά τα είδη (Orlov et al. 2011, Kadri et al. 2013). Τέλος, πολλά από τα είδη που ανήκουν σε αυτήν την ταξινομική ομάδα, θεωρούνται είδη υπό εξαφάνιση, επομένως προέχει η διαφύλαξή τους, παρά η δειγματοληψία και μελέτη τους ως προς τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής (White and Kyne 2010). Για τους λόγους που αναφέρθηκαν νωρίτερα, προτιμάται η επιλογή μεσαίου μεγέθους ειδών για μελέτη, χωρίς όμως αυτό να αναιρεί την επιρροή που έχει η κλιματική αλλαγή στην ανάπτυξη γενικότερα σε όλα τα θαλάσσια είδη ανεξαρτήτου μεγέθους (Huang et al. 2021). Πιο

συγκεκριμένα, από μελέτη που διεξήχθη σε ιχθύες χαμηλού τροφικού επιπέδου, δηλαδή φυτοφάγα και παμφάγα, παρατηρήθηκε ότι η ανάπτυξη αυτών των ειδών δεν ήταν σε φυσιολογικά πλαίσια καθώς, η αυξημένη θερμοκρασία, η οποία είναι αποτέλεσμα της κλιματικής αλλαγής, οδήγησε σε μεγάλη αφθονία φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού, στα όρια του ευτροφισμού (Megrey et al. 2007). Ενώ, όσον αφορά ιχθύες μικρότερου μεγέθους από αυτό που συνήθως μελετάται, παρατηρήθηκε πως σε κάποιες περιπτώσεις, ο ρυθμός ανάπτυξής τους μειώνεται, εξαιτίας του υποβαθμισμένου οικοσυστήματος που έχει προέλθει από τις αλλαγές στη θερμοκρασία (Olden et al. 2007). Αξίζει να σημειωθεί ότι, αυτά τα είδη έχουν έναν εξίσου σημαντικό ρόλο στα οικοσυστήματα, καθώς συμβάλουν στη σύνδεση των παραγωγών και των καταναλωτών στην τροφική αλυσίδα (Sanchez-Hernandez et al. 2019). Ένα εργαλείο που συμβάλει στην πρόβλεψη των αποκρίσεων των υδάτινων οικοσυστημάτων είναι τα οικολογικά μοντέλα, τα οποία υποδεικνύουν τα αποτελέσματα σε διάφορα σενάρια κλιματικής αλλαγής (West et al. 2001, Sanchez-Hernandez et al. 2019). Για να υπάρχει μέγιστη λειτουργικότητα σε αυτά τα μοντέλα, πρέπει να υπάρχουν και δεδομένα που αφορούν ιχθύες μικρού μεγέθους προκειμένου να είναι ακριβή (Heather et al. 2018). Επιπροσθέτως, λόγω του ότι οι χονδριχθύες αποτελούν τα αρπακτικά της τροφικής αλυσίδας, ως εκ τούτου ονομάζονται και υψηλοί καταναλωτές, οπότε η απόκρισή τους στην κλιματική αλλαγή συνδέεται άμεσα με τον τρόπο που αναπτύσσονται και κατ'επέκταση και με την επιρροή τους στην υπόλοιπη αλυσίδα και στο θαλάσσιο οικοσύστημα (Kadri et al. 2013). Επομένως κρίνεται σχεδόν απαραίτητη η μελέτη τους μελλοντικά, καθώς συμβάλουν αρκετά στην ισορροπία των θαλάσσιων οικοσυστημάτων.

Γενικότερα η κλιματική αλλαγή επηρεάζει αρνητικά την ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών σε παγκόσμιο επίπεδο σε διαφορετικό πάντα βαθμό, αναλόγως την

περιοχή και το είδος που μελετάται (Huang et al. 2021). Όπως αναφέρθηκε και νωρίτερα, η ανάπτυξη των ιχθύων ενδέχεται να επηρεαστεί από διάφορους περιβαλλοντικούς παράγοντες, με τη θερμοκρασία και πιο συγκεκριμένα τη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας και του νερού να λαμβάνονται πιο έντονα υπόψη (Li et al. 2011). Κάποιοι ακόμη περιβαλλοντικοί παράγοντες όπως η αλατότητα, το pH και η βροχόπτωση φαίνεται να συμβάλλουν στη μειωμένη ανάπτυξη των ιχθύων ως απόρροια της κλιματικής αλλαγής (Al-Dabbas et al. 2015, Vuorinen et al. 2015, Ding et al. 2016). Ένα χαρακτηριστικό παράδειγμα της κατάστασης αυτής είναι ένα πείραμα που διεξήχθη σε νεαρά άτομα *Salvelinus alpinus* και *Salvelinus fontinalis*, όπου η ανάπτυξη των ιχθύων αυτών μειώθηκε όταν η θερμοκρασία του νερού ήταν μεγαλύτερη των 13°C και ταυτοχρόνως αυξήθηκαν και οι θνησιμότητες στο 30,5% (Prokešová et al. 2020). Ο Heuer και ο Grosell (2014), διεξήγαγαν ένα πείραμα με σκοπό να παρατηρήσουν τυχόν αλλαγές στις φυσιολογικές διεργασίες των ιχθύων στην μείωση του pH εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής. Παρατηρήθηκε λοιπόν ότι, επηρεάστηκε μεγάλο μέρος των διεργασιών όπως ο μεταβολικός τους ρυθμός, οι νευροαισθητηριακές διεργασίες αλλά και η ανάπτυξη των ωτόλιθων, με σκοπό να διατηρηθεί η ισορροπία ενάντια στο όξινο περιβάλλον των ωκεανών, γεγονός που αποδεικνύει ότι οι θαλάσσιοι οργανισμοί προσπαθούν να εγκλιματιστούν στις παρούσες αλλαγές που έχει δεχθεί το οικοσύστημα στο οποίο διαβιούν. Ένας ακόμη παράγοντας που φαίνεται να έχει αρνητικά αποτελέσματα σε συνδυασμό με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι η τροφή η οποία λαμβάνουν οι ιχθύες (Frisch et al. 2014, Mo et al. 2014). Πιο συγκεκριμένα, σε μελέτη που έγινε στο είδος *Perca fluviatilis*, παρατηρήθηκε μεγάλη μείωση στην ανάπτυξή του εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής, καθώς το ζωοπλαγκτόν και το φυτοπλαγκτόν τείνουν να μειώνονται, με τον φώσφορο να αυξάνεται και τα

πυριτικά άλατα να μειώνονται (Thackeray et al. 2013). Σε συνέχεια της προηγούμενης διαπίστωσης, η αποτελεσματικότητα των πεπτικών διεργασιών φαίνεται να επηρεάζεται από τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής (Pimentel et al. 2015). Σε αντίστοιχο πείραμα που διεξήχθη στο είδος *Solea senegalensis*, με τη μείωση του διοξειδίου του άνθρακα, προκλήθηκε αύξηση στο οξειδωτικό στρες στο κομμάτι της σωματικής ανάπτυξής του και κατ'επέκταση μειώθηκε και η ενζυμική δραστηριότητα στον εντερικό σωλήνα και το πάγκρεας γύρω στο 74,5% (Pimentel et al. 2015). Με τη συγκεκριμένη προσέγγιση αποδείχθηκε πως οι επιπτώσεις της αλλαγής του κλίματος, «αναγκάζουν» τα θαλάσσια είδη να χρησιμοποιήσουν μεγαλύτερα ποσά ενέργειας, με σκοπό να εγκλιματιστούν στις αλλαγές αυτές και το αποτέλεσμα της κατάστασης αυτής είναι αναπόφευκτα η μειωμένη ανάπτυξή τους (Frisch et al. 2014). Ως εκ τούτου, κρίνεται ζωτικής σημασίας η μελέτη και η κατανόηση της ακριβούς επιρροής της κλιματικής αλλαγής ως προς την ανάπτυξη των θαλάσσιων οργανισμών, προκειμένου να γίνει μια σωστή διαχείριση αλλά και σωστή δημιουργία μελλοντικών πλάνων που αφορούν την αλιεία άγριων ειδών (Huang et al. 2021). Παρόλα αυτά, έπειτα από διερεύνηση και μελέτη των ήδη υπάρχοντων ερευνών, δεν έχει μελετηθεί ούτε το 1% από τους ιχθύες ανά τον κόσμο, όπως επίσης υπάρχει και έλλειψη στην πλήρη κάλυψη όλων των ταξινομικών ομάδων, των ομάδων με διαφορετικό μέγεθος σώματος, των ομάδων σε διαφορετικά τροφικά επίπεδα αλλά και με διαφορετικές διατροφικές συνήθειες. Σίγουρα μια προσπάθεια εκτενούς μελέτης του εκάστοτε είδους ξεχωριστά δε θα ήταν απόλυτα δυνατή, καθώς θα απαιτούσε πλήθος ερευνητών, θα είχε υπέρογκο κόστος προκειμένου να έρθει εις πέρας, ενώ τέλος θα απαιτούσε και ένα μεγάλο χρονικό διάστημα για να διεκπεραιωθεί. Παρόλα αυτά, μια εναλλακτική πρόταση θα ήταν να μελετηθούν είδη από διαφορετικές ταξινομικές ομάδες σε μεγαλύτερο εύρος, ούτως

ώστε να είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη η συμπερίληψη (Huang et al. 2021). Τέλος, καλό θα ήταν να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή και στα διαφορετικά οικοσυστήματα και τις διαφορετικές κλιματικές ζώνες, καθώς η κάθε περιοχή περιέχει και διαφορετικούς στρεσογόνους παράγοντες οι οποίοι αξίζει να μελετηθούν, προκειμένου να δημιουργηθεί μια πιο σφαιρική άποψη σχετικά με την επιρροή της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη των θαλάσσιων ιχθύων (Huang et al. 2021).

4.3. Κλιματική αλλαγή και θαλάσσια οικοσυστήματα

Όσον αφορά τα οικοσυστήματα που έχουν μελετηθεί για τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής, οι εύκρατες ζώνες έχουν λάβει μεγαλύτερη προσοχή σε σχέση με άλλες ζώνες λόγω των μεγαλύτερων εκτάσεων συγκριτικά με τις υπόλοιπες, ωστόσο οι τροπικές ζώνες είναι εκείνες που φαίνεται να έχουν τη μεγαλύτερη βιοποικιλότητα στο κομμάτι των ιχθύων (Munday et al. 2009, Nelson et al. 2016, Spurgeon et al. 2020). Σε αρκετές μελέτες, οι περιοχές υψηλού γεωγραφικού πλάτους και οι τροπικές περιοχές, αποδεικνύεται πως ενδέχεται να υπάρξουν εντονότερα αποτελέσματα εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής και κατά συνέπεια και οι οργανισμοί που διαβιούν σε αυτά τα οικοσυστήματα να επηρεαστούν σε μεγαλύτερο βαθμό (Tao et al. 2018a, Ding et al. 2020, Smalas et al. 2020). Όπως επίσης σε έρευνα που διεξήχθη από τον Huang και τους συνεργάτες του (2021) σε σχέση με τα αποτελέσματα της κλιματικής αλλαγής στην ανάπτυξη των ιχθύων αλλά και το συνδυασμό των μέχρι τότε δεδομένων, φάνηκε ότι δεν εκτιμήθηκαν σωστά τα αποτελέσματα στην ανάπτυξη των ιχθύων σε τροπικές περιοχές και περιοχές υψηλού γεωγραφικού πλάτους. Επιπλέον, δεν έχει δοθεί η απαραίτητη σημαντικότητα στην έρευνα άλλων ηπείρων εκτός της Αμερικής και της Ευρώπης, καθώς για τα βόρεια τμήματα αυτών των ηπείρων διεξάγονται έρευνες πάνω από 90 χρόνια, σε αντίθεση με την κεντρική Αφρική και την Ανταρκτική, δύο αντιπροσωπευτικές περιοχές για

τροπικό κλίμα και υψηλό γεωγραφικό πλάτος αντίστοιχα, όπου η μελέτη τους μετρά λιγότερο από 10 χρόνια, αποδεικνύοντας κατά αυτόν τον τρόπο ότι δεν έχει δοθεί η απαιτούμενη σημασία (Dornelas et al. 2018). Ο FAO παρατήρησε ότι οι ιχθύες που διαβιούν σε εύκρατες ζώνες έχουν μεγαλύτερο σωματικό βάρος συγκριτικά με τους ιχθύες των τροπικών ζωνών, γεγονός που υπογραμμίζει την έλλειψη οικονομικής ισορροπίας και ανάπτυξης που υπάρχει σε αυτές τις περιοχές (Caddy and Garibaldi, 2000, Asche et. al. 2015).

4.4 Κλιματική αλλαγή και υδατοκαλλιέργεια

Από όσα αναφέρθηκαν και νωρίτερα, η υδατοκαλλιέργεια έχει υποστεί μεγάλο πλήγμα αναφορικά με τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής παγκοσμίως. Οι επιπτώσεις αυτές θα είναι κατά κύριο λόγο αρνητικές και ίσως να υπάρξουν και κάποιες θετικές. Όπως είναι ευρέως γνωστό, οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής είναι σε παγκόσμια κλίμακα κίνδυνος στην παραγωγή τροφίμων, ωστόσο έχει σημασία και η κλιματική ζώνη και η γεωγραφική ζώνη στην οποία βρίσκονται οι εγκαταστάσεις μιας υδατοκαλλιέργειας, για το ποσοστό στο οποίο θα επηρεαστούν οι υδρόβιοι οργανισμοί που εκτρέφονται εκεί. Προκειμένου να διασφαλιστεί η ανθεκτικότητα των εκτρεφόμενων οργανισμών σε ένα μεταβαλλόμενο κλίμα, οι παραγωγοί θα πρέπει να είναι ανοιχτοί σε προσαρμογές με βάση τους διαθέσιμους πόρους στην παρούσα φάση, αλλά παράλληλα να προσαρμόσουν τις πρακτικές παραγωγής τους στο παρόν και στο μέλλον, προκειμένου να μετριάσουν τις επιπτώσεις. Στο κομμάτι της υδατοκαλλιέργειας σε σχέση με την κλιματική αλλαγή, παρατηρήθηκε περιορισμένη βιβλιογραφία, η οποία αφορούσε κυρίως τα στάδια παραγωγής των υδρόβιων οργανισμών αλλά και τις οικονομικές επιρροές στην αλυσίδα παραγωγής. Αφήνοντας εκτός μελέτης αρκετά εξίσου σημαντικά ζητήματα, όπως τη μεταποίηση των προϊόντων, την κατανάλωσή τους αλλά και το εμπόριο τους

, με την επιρροή πάντα της κλιματικής αλλαγής. Επίσης, ακόμη και στους τομείς που έχουν μελετηθεί όπως το στάδιο παραγωγής, δεν υπήρξε σαφές το πως θα ανταποκριθούν διάφορα είδη με μεγάλη οικονομική σημασία παγκοσμίως σε διαφορετικά στάδια εκτροφής στο μεταβαλλόμενο κλίμα που επικρατεί στην παρούσα φάση και αναμένεται να συνεχίσει και μελλοντικά. Οι πληροφορίες που θα προκύψουν από μία εκτενέστερη έρευνα στο κομμάτι αυτό θα φανούν χρήσιμες για τους παραγωγούς που πιθανότατα θα τους προσέφερε μεγαλύτερο οικονομικό κέρδος η εκτροφή άλλων ειδών, ανθεκτικότερων στις μεταβολές της κλιματικής αλλαγής αλλά και γενικότερα θα εξυπηρετούσε στη δημιουργία μελλοντικών σεναρίων και στρατηγικών για ομαλή προσαρμογή. Κάτι που αξίζει επίσης να αναφερθεί είναι πως υπήρξαν ελάχιστα παραδείγματα που να αφορούν τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στη βιωσιμότητα της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών, με τα περισσότερα από αυτά τα παραδείγματα να εμπεριέχουν προκαταλήψεις σχετικά με τις περιβαλλοντικές παραμέτρους της βιωσιμότητας, παρακάμπτοντας τους οικονομικούς και κοινωνικούς τομείς. Επιπροσθέτως, ο κλάδος της υδατοκαλλιέργειας είναι ένας σταθερά αναπτυσσόμενος κλάδος τις τελευταίες δεκαετίες και αντίστοιχα η κλιματική αλλαγή και τα αποτελέσματά της γίνονται πιο ξεκάθαρα, ως εκ τούτου, θα πρέπει να υιοθετηθεί μία προσέγγιση πιο συμπεριληπτική ως προς τις μεταβολές αυτές, με σκοπό την πιο αποτελεσματική παραγωγή στην υδατοκαλλιέργεια. Κατά αυτόν τον τρόπο, όλα τα πιθανά μελλοντικά σενάρια που αφορούν τη βιωσιμότητα θα έχουν βάση και θα χρησιμοποιηθούν πιο εύκολα.

5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Από όσα αναλύθηκαν νωρίτερα σχετικά με την επιρροή της κλιματικής αλλαγής στην ασφάλεια των αλιευτικών προϊόντων προκύπτουν τα εξής συμπεράσματα:

- Η μεταβολή των οικοσυστημάτων ενδέχεται να αυξήσει την παρουσία ορισμένων παθογόνων, τα οποία μέσω της τροφής θα μεταφερθούν στον άνθρωπο που θα τα καταναλώσει.
- Η επιρροή της κλιματικής αλλαγής είναι παγκόσμια, με τα κρούσματα μόλυνσης από παθογόνα να είναι από διαφορετικές περιοχές με διαφορετικά κλίματα.
- Τα είδη που ευνοούνται περισσότερο από την αύξηση της θερμοκρασίας εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής ανήκουν στο γένος *Vibrio*.
- Η υπεραλίευση έχει επηρεάσει αρνητικά τη δυναμική των άγριων πληθυσμών, οι οποίοι γίνονται πιο ευάλωτοι σε προσβολές από ασθένειες.

6.ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- A. Murdoch, M. Power : The effect of lake morphometry on thermal habitat use and growth in Arctic charr populations: implications for understanding climate-change impacts. *Ecol. Freshw. Fish*, 22 (2013), pp. 453-466
- A. Smalas, J.F. Strom, P.A. Amundsen, U. Dieckmann, R. Primicerio (2020) Climate warming is predicted to enhance the negative effects of harvesting on high-latitude lake fish. *J. Appl. Ecol.*, 57 (2020), pp. 270-282
- A.J. Frisch, M. Ireland, R. Baker (2014) Trophic ecology of large predatory reef fishes: energy pathways, trophic level, and implications for fisheries in a changing climate. *Mar. Biol.*, 161 (2014), pp. 61-73
- A.K. Gamperl, O.O. Ajiboye, F.S. Zanuzzo, R.M. Sandrelli, C.P. Ellen de Fatima, A. Beemelmans. The impacts of increasing temperature and moderate hypoxia on the production characteristics, cardiac morphology and haematology of Atlantic Salmon (*Salmo salar*) *Aquaculture*, 519 (2019), Article e734874
- A.M. Orlov, E.F. Kulish, I.N. Mukhametov, O.A. Shubin Age and growth of spiny dogfish *Squalus acanthias* (Squalidae, Chondrichthyes) in pacific waters off the Kuril Islands. *J. Ichthyol.*, 51 (2011), pp. 42-55
- Alfonso S., Gesto M. and Sadoul B (2021) Temperature increase and its effects on fish stress physiology in the context of global warming. *Journal of Fish Biology*, 98(6), 1496–1508.
- Alvarez, J. R., Lamba, S., Dyer, K. Y., and Apuzzio, J. J. (2006). An unusual case of urinary tract infection in a pregnant woman with *Photobacterium damsela*. *Infect. Dis. Obstet. Gynecol.* 2006, 80682. doi: 10.1155/IDOG/2006/80682

- Amaro, C., Biosca, E. G., Fouz, B., Alcaide, E., and Esteve, C. (1995). Evidence that water transmits *Vibrio vulnificus* Biotype 2 infections to eels. *Appl. Environ. Microbiol.* 61, 1133–1137. doi: 10.1128/aem.61.3.1133-1137.1995
- Amaro, C., Sanjuán, E., Fouz, B., Pajuelo, D., Lee, C., Hor, L., et al. (2015). The fish pathogen *Vibrio vulnificus* Biotype 2: epidemiology, phylogeny and virulence factors involved in warm-water vibriosis. *Microbiol. Spectr.* 3, 0005–2014. doi: 10.1128/microbiolspec.VE-0005-2014
- Anne Rolton, Lesley Rhodes ,Kate S. Hutson, Laura Biessy ,Tony Bui ,Lincoln MacKenzie,Jane E. Symonds and Kirsty F. Smith : Effects of Harmful Algal Blooms on Fish and Shellfish Species: A Case Study of New Zealand in a Changing Environment. *Toxins* 2022, 14(5), 341; <https://doi.org/10.3390/toxins14050341>
- Arimitsu M.L. , Piatt J.F. , Hatch S. , Suryan R.M. , Batten S. , Bishop M.A. , Campbell R.W. , Coletti J. , Cushing D. , Gorman K. , Hopcroft R.R. , Kuletz K.J. , Masteller C. , McKinstry C. , McGowan D. , Moran J. , Pegau S. , Schaefer A. , Schoen S. , Biela V.R. (2021) Heatwave-induced synchrony within forage fish portfolio disrupts energy flow to top pelagic predators. *Global Change Biology*, 27(9), 1859–1878.
- Aude Boivin-Rioux, Michel Starr, Joël Chass, Scarratt Michael , William Perie, Zhenxia Long. Predicting the Effects of Climate Change on the Occurrence of the Toxic Dinoflagellate *Alexandrium catenella* Along Canada's East Coast. *Sec. Global Change and the Future Ocean* Volume 7 - 2020 | <https://doi.org/10.3389/fmars.2020.608021>

- B.A. Megrey, K.A. Rose, S.I. Ito, D.E. Hay, F.E. Werner, Y. Yamanaka, M.N. Aita North Pacific basin-scale differences in lower and higher trophic level marine ecosystem responses to climate impacts using a nutrient-phytoplankton–zooplankton model coupled to a fish bioenergetics model. *Ecol. Model.*, 202 (2007), pp. 196-210
- Baker-Austin, C., and Oliver, J. D. (2018). *Vibrio vulnificus*: new insights into a deadly opportunistic pathogen. *Environ. Microbiol.* 20, 423–430. doi: 10.1111/1462-2920.13955
- Buck, J. D., Wells, R. S., Rhinehart, H. L., and Hansen, L. J. (2006). Aerobic microorganisms associated with free-ranging bottlenose dolphins in coastal Gulf of Mexico and Atlantic Ocean waters. *J. Wildl. Dis.* 42, 536–544.
- C. Barria, J. Navarro, M. Coll, U. Fernandez-Arcaya, R. Saez-Liante Morphological parameters of abundant and threatened chondrichthyans of the northwestern Mediterranean Sea. *J. Appl. Ichthyol.*, 31 (2015), pp. 114-119
- C.J. Gobler, O.M. Doherty, T.K. Hattenrath-Lehmann, A.W. Griffith, Y. Kang, R.W. Litaker Ocean warming since 1982 has expanded the niche of toxic algal blooms in the North Atlantic and North Pacific oceans. *Proc. Natl. Acad. Sci.*, 114 (2017), pp. 4975-4980
- C.Z. Ding, X.M. Jiang, L.Q. Chen, T. Juan, Z.M. Chen: Growth variation of *Schizothorax dulongensis* Huang, 1985 along altitudinal gradients: implications for the Tibetan Plateau fishes under climate change. *J. Appl. Ichthyol.*, 32 (2016), pp. 729-733
- Campbell, K., Zaczek Moczydlowska, M.A.; Edwards, C., Turner, A.D., Miller, P.I., Moore, H., McKinney, A., Lawton, L., Dillon, M. Current Trends

and Challenges for Rapid SMART Diagnostics at Point-of-Site Testing for Marine Toxins. *Sensors* 2021, 21, 2499. <https://doi.org/10.3390/s21072499>

- Cheung, W. W. L., Lam, V. W. Y., Sarmiento, J. L., Kearney, K., Watson, R., and Pauly, D. (2009). Projecting global marine biodiversity impacts under climate change scenarios.
- Chiaramonte, L., Munson, D., and Trushenski, J. (2016). Climate Change and Considerations for Fish Health and Fish Health Professionals. Fish Health Section, Fisheries.
- Chuenpagdee, R., Morgan, L. E., Maxwell, S. M., Norse, E. A., and Pauly, D. (2003). Shifting gears: assessing collateral impacts of fishing methods in US waters. *Front. Ecol. Environ.* 1, 517–524.
- Cochrane, K., De Young, C., Soto, D. & Bahri, T., eds. 2009. Climate change implications for fisheries and aquaculture: overview of current scientific knowledge. FAO Fisheries and Aquaculture Technical Paper No. 530. Rome, FAO. 212 <http://www.fao.org/docrep/012/i0994e/i0994e00.htm>).
- Collins, C., Bresnan, E., Brown, L., Falconer, L., Guilder, J., Jones, L., et al. (2020). Impacts of climate change on aquaculture. *MCCIP Sci. Rev.* 2020, 482–520.
- Craig Baker-Austin, James D. Oliver, Munirul Alam, Afsar Ali, Matthew k. Waldor, Firdausi Qadri, Jaime Martinez-Urtaza : *Vibrio* spp. Infections. *Nature Reviews Disease Primers* 4, 1-19 (2018).
- D.W. Aksnes, H.I. Browman An overview of global research effort in fisheries science. *ICES J. Mar. Sci.*, 73 (2015), pp. 1004-1011
- Diaz R. J., Rosenberg R., Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems. *Science* 321, 926 (2008).

- Donald M. Anderson, Elizabeth Fensin, Christopher J. Gobler, Alicia E. Hoeglund, Katherine A. Hubbard, David M. Kulis, Jan H. Landsberg, Kathi A. Lefebvre, Pieter Provoost, Mindy L. Richlen, Juliette L. Smith, Andrew R. Solow, Vera L. Trainer (2021) Marine harmful algal blooms (HABs) in the United States: History, current status and future trends. *Harmful Algae*, Volume 102, February 2021, 101975
- Dryden, M., Legarde, M., Gottlieb, T., Brady, L., and Ghosh, H. K. (1989). *Vibrio damsela* wound infections in Australia. *Med. J. Aust.* 151, 540–541.
- Eissa, I. A. M., Derwa, H. I., Ismail, M., El-Lamie, M., Dessouki, A. A., Elsheshtawy, H., et al. (2018). Molecular and phenotypic characterization of *Photobacterium damsela* among some marine fishes in Lake Tamsah. *Microb. Pathog.* 114, 315–322. doi: 10.1016/j.micpath.2017.12.006
- F. Asche, Y. Chen, M.D. Smith. Economic incentives to target species and fish size: prices and fine-scale product attributes in Norwegian fisheries. *ICES J. Mar. Sci.*, 72 (2015), pp. 733-740
- F.J. Heather, D.Z. Childs, A.M. Darnaude, J.L. Blanchard Using an integral projection model to assess the effect of temperature on the growth of gilthead seabream *Sparus aurata*. *PloS One*, 13 (2018), Article e0196092
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (2018) Impacts of climate change on fisheries and aquaculture: Synthesis of current knowledge, adaptation and mitigation options.
- Fouz, B., and Amaro, C. (2002). Isolation of a new serovar of *Vibrio vulnificus* pathogenic for eels cultured in freshwater farms. *Aquaculture* 217, 677–682. doi: 10.1016/S0044-8486(02)00200-4

- Fouz, B., Larsen, J. L., and Amaro, C. (2006). *Vibrio vulnificus* serovar A: an emerging pathogen in European anguilliculture. *J. Fish Dis.* 29, 285–291. doi: 10.1111/j.1365-2761.2006.00719.x
- Fouz, B., Larsen, J., Nielsen, B., Barja, J., and Toranzo, A. (1992). Characterization of *Vibrio damsela* strains isolated from turbot *Scophthalmus maximus* in Spain. *Dis. Aquat. Organ.* 12, 155–166. doi: 10.3354/dao012155
- Fricke, R., Eschmeyer, W.N., Van der Laan, R., 2020. Eschmeyer's Catalog of Fishes: Genera, Species, References. <http://researcharchive.calacademy.org/research/ichthyology/catalog/fishcatmain.asp>
- Fuenzalida, L., Hernández, C., Toro, J., Rioseco, M.L., Romero, J., and Espejo, R.T. (2006) *Vibrio parahaemolyticus* in shellfish and clinical samples during two large epidemics of diarrhoea in southern Chile. *Environ Microbiol* 8: 675–683.
- G.B. West, J.H. Brown, B.J. Enquist A general model for ontogenetic growth. *Nature*, 413 (2001), pp. 628-631
- Goodell, K. H., Jordan, M. R., Graham, R., Cassidy, C., and Nasraway, S. A. (2004). Rapidly advancing necrotizing fasciitis caused by *Photobacterium* (*Vibrio*) *damsela*: a hyperaggressive variant. *Crit. Care Med.* 32, 278–281. doi: 10.1097/01.CCM.0000104920.01254.82
- Grimes, D. J., Brayton, P., Colwell, R. R., and Gruber, H. (1985). *Vibrios* as autochthonous flora of neritic sharks. *Syst. Appl. Microbiol.* 6, 221–226. doi: 10.1016/S0723-2020(85)80056-4
- H. Kadri, S. Marouani, M.N. Bradai, A. Bouaïn Age, growth and reproductive biology of the rough skate, *Raja radula* (Chondrichthyes: Rajidae), off the

Gulf of Gabes (southern Tunisia, central Mediterranean). *Mar. Freshw. Res.*, 64 (2013), pp. 540-548

- H.A. Ruwandeepika, T. Defoirdt, P.P. Bhowmick, M. Shekar, P. Bossier, I. Karunasagar : Presence of typical and atypical virulence genes in vibrio isolates belonging to the Harveyi clade. *J. Appl. Microbiol.*, 109 (2010), pp. 888-899
- Hallegraeff, G.M. Harmful algal blooms: A global overview. In *Manual on Harmful Marine Microalgae*; Hallegraeff, G.M., Anderson, D.M., Cembella, A.D., Eds.; UNESCO: Paris, France, 1995; pp. 1–22.
- Halpern, B. S., Longo, C., Hardy, D., McLeod, K. L., Samhuri, J. F., Katona, S. K., et al. (2012). An index to assess the health and benefits of the global ocean. *Nature* 488, 615–620.
- Hernandez-Miranda and Ojeda (2006) : Inter-annual variability in somatic growth rates and mortality of coastal fishes off central Chile: an ENSO driven process? *Mar. Biol.*, 149 (2006), pp. 925-936
- Horseman, M. A., and Surani, S. (2011). A comprehensive review of *Vibrio vulnificus*: an important cause of severe sepsis and skin and soft-tissue infection. *Int. J. Infect. Dis.* 15:e157-66. doi: 10.1016/j.ijid.2010.11.003
- Hossain, F., Ramim, A. M., Rahman, M. S., Faruque, A., Naser, N., & Karim, M. (2016). Identification of bacterial agents causing mortality in postlarvae of giant freshwater prawn (*Macrobrachium rosenbergii*) in south-west coastal districts of Bangladesh. *Aquaculture Research*, 48, 3545–3555. <https://doi.org/10.1111/are.13180>
- Hughes T.P. , Kerry J.T. , Baird A.H. , Connolly S.R. , Dietzel A. , Eakin C. M. , Heron S.F. , Hoey A.S. , Hoogenboom M.O. , Liu G. , McWilliam M.J. ,

- Pears R.J. , Pratchett M.S. , Skirving W.J. , Stella J.S. and Torda G. (2018)
Global warming transforms coral reef assemblages. *Nature* 556(7702) , 492-496.
- I. Jaric, G. Cvijanovic, J. Knezevic-Jaric, M. Lenhardt Trends in fisheries science from 2000 to 2009: a bibliometric study. *Rev. Fish. Sci.*, 20 (2012), pp. 70-79
 - I. Vuorinen, J. Hänninen, M. Rajasilta, P. Laine, J. Eklund, F. Montesino-Pouzols, J.W. Dippner: Scenario simulations of future salinity and ecological consequences in the Baltic Sea and adjacent North Sea areas—implications for environmental monitoring. *Ecol. Indic.*, 50 (2015), pp. 196-205
 - IPCC (2014). Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge: Cambridge University Press.
 - J. Li, M.H. Wang, Y.S. Ho: Trends in research on global climate change: a science citation index expanded-based analysis. *Glob. Planet. Change*, 77 (2011), pp. 13-20
 - J. Sanchez-Hernandez, A.D. Nunn, C.E. Adams, P.A. Amundsen Causes and consequences of ontogenetic dietary shifts: a global synthesis using fish models. *Biol. Rev.*, 94 (2019), pp. 539-554
 - J. Tao, M.J. Kennard, Y.T. Jia, Y.F. Chen. Climate-driven synchrony in growth-increment chronologies of fish from the world's largest high-elevation river. *Sci. Total Environ.*, 645 (2018), pp. 339-346

- J.D. Olden, Z.S. Hogan, M.J.V. Zanden Small fish, big fish, red fish, blue fish: size-biased extinction risk of the world's freshwater and marine fishes. *Glob. Ecol. Biogeogr.*, 16 (2007), pp. 694-701
- J.F. Caddy, L. Garibaldi (2000) Apparent changes in the trophic composition of world marine harvests: the perspective from the FAO capture database. *Ocean Coastal Manage.*, 43 (2000), pp. 615-655
- J.J. Spurgeon, M.A. Pegg, K.L. Pope, L. Xie (2020) Ecosystem-specific growth responses to climate pattern by a temperate freshwater fish. *Ecol. Indic.*, 112 (2020), Article e106130
- K.I. Stergiou, V.S. Karpouzi Feeding habits and trophic levels of Mediterranean fish. *Rev. Fish Biol. Fish.*, 11 (2002), pp. 217-254
- Kathryn Wiltshire, Keith Rowling, Marty Denevey, Introduced marine species in South Australia : a review of records and distribution mapping , *Marine Environment And Ecology, Marine Pests Subprogram, Sardi Aquatic Sciences* 2010.
- Ketterer, P. J., and Eaves, L. E. (1992). Deaths in captive eels (*Anguila reinhardtii*) due to *Photobacterium* (*Vibrio*) *damisela*. *Aust. Vet. J.* 69, 203–204. doi: 10.1111/j.1751-0813.1992.tb07528.x
- Kim, H. R., Kim, J. W., Lee, M. K., and Kim, J. G. (2009). Septicemia progressing to fatal hepatic dysfunction in a cirrhotic patient after oral ingestion of *Photobacterium damisela*: a case report. *Infection* 37, 555–556. doi: 10.1007/s15010-009-9049-8
- Kirchman, David L., *Processes in Microbial Ecology*, 2nd edn (Oxford, 2018; online edn, Oxford Academic, 23 Aug. 2018), <https://doi.org/10.1093/oso/9780198789406.001.0001>

- Kovats, R. S., Edwards, S. J., Charron, D., Cowden, J., D'Souza, R. M., Ebi, K. L. & Schmid, H. (2005). Climate variability and campylobacter infection: an international study. *International Journal of Biometeorology*, 49, 207-214.
- Labella, A., Berbel, C., Manchado, M., Castro, D., and Borrego, J. J. (2011). “*Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, an emerging pathogen affecting new cultured marine fish species in southern Spain,” in *Recent Advances in Fish Farms*, eds Faruk Aral and Zafer Doğu (New York: InTech), 135–152.
- Labella, A., Manchado, M., Alonso, M. C., Castro, D., Romalde, J. L., and Borrego, J. J. (2010a). Molecular intraspecific characterization of *Photobacterium damsela* ssp. *damsela* strains affecting cultured marine fish. *J. Appl. Microbiol.* 108, 2122–2132.
- Labella, A., Sanchez-Montes, N., Berbel, C., Aparicio, M., Castro, D., Manchado, M., et al. (2010b). Toxicity of *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* strains isolated from new cultured marine fish. *Dis. Aquat. Org.* 92, 31–40. doi: 10.3354/dao02275
- Labella, A., Vida, M., Alonso, M. C., Infante, C., Cardenas, S., López-Romalde, S., et al. (2006). First isolation of *Photobacterium damsela* ssp. *damsela* from cultured redbanded seabream, *Pagrus auriga* Valenciennes, in Spain. *J. Fish Dis.* 29, 175–179. doi: 10.1111/j.1365-2761.2006.00697.x
- Le Roux, F., Wegner, K. M., Baker-Austin, C., Vezzulli, L., Osorio, C. R., Amaro, C., et al. (2015). The emergence of *Vibrio* pathogens in Europe: ecology, evolution and pathogenesis (Paris, 11-12 March 2015). *Front. Microbiol.* 6:830. doi: 10.3389/fmicb.2015.00830
- Lianping Yang, WeibinLi,Chaojie Liu, Hung Chak Ho, Lin Shi, Yingchao Zeng, Xinyi Yang,Qixian Huang, Yi Pei, CunruiHuang :Association between

antibiotic resistance and increasing ambient temperature in China: an ecological study with nationwide panel data, VOLUME 30, 100628, JANUARY 2023.

- Ling Sheng, LuxinWang : The microbial safety and fish products : Recent advances in understanding its significance, contamination sources, and control strategies (2020). Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety / Volume 20, issue 1 / p. 738-786.
- Lozano-León, A., Osorio, C. R., Núñez, S., Martínez-Urtaza, J., and Magariños, B. (2003). Occurrence of *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* in bivalve molluscs from Northwest Spain. Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol. 23, 40–44.
- M. Dornelas, L.H. Antao, F. Moyes, A.E. Bates, A.E. Magurran, D. Adam, N. Ayyappan (2018) BioTIME: a database of biodiversity time series for the Anthropocene. Glob. Ecol. Biogeogr., 27 (2018), pp. 760-786
- M. Prokešová, T. Gebauer, J. Matoušek, K. Lundová, J. Čejka, E. Zusková, V. Stejskal: Effect of temperature and oxygen regime on growth and physiology of juvenile *Salvelinus fontinalis* × *Salvelinus alpinus* hybrids. Aquaculture, 522 (2020), Article e735119
- M.A. Al-Dabbas, A.A. Al-Zubaidi, R. Al-Khafaji: Impact of climate changes on the hydrochemistry of Razaza Lake and Rahaliya—Shithatha Springs—Central Iraq. J. Environ. Earth Sci., 5 (2015), pp. 106-115
- M.S. Pimentel, F. Faleiro, M. Diniz, J. Machado, P. Pousão-Ferreira, M.A. Peck, R. Rosa (2015) Oxidative stress and digestive enzyme activity of flatfish larvae in a changing ocean. PLoS One, 10 (7) (2015)

- Marcogliese, D. J. (2008). The impact of climate change on the parasites and infectious diseases of aquatic animals. *Rev. Sci. Tech. Off. Int. Epiz* 27, 467–484. doi: 10.20506/rst.27.2.1820
- Maria Chiara Cascarano, Orestis Stavrakidis-Zachou, Vona Mladineo, Kim D. Thompson, Nikos Papandroulakis, Pantelis Katharios (2021) Mediterranean Aquaculture in a Changing Climate: Temperature Effects on Pathogens and Diseases of Three Farmed Fish Species. *Pathogens* 2021, 10(9), 1205; <https://doi.org/10.3390/pathogens10091205>
- McLaughlin, J.B., DePaola, A., Bopp, C.A., Martinek, K.A., Napolilli, N.P., Allison, C.G., et al. (2005) Outbreak of *Vibrio parahaemolyticus* gastroenteritis associated with Alaskan oysters. *N Engl J Med* 353: 1463–1470.
- McLaughlin, J.B., DePaola, A., Bopp, C.A., Martinek, K.A., Napolilli, N.P., Allison, C.G., Murray, S.L., Thompson, E.C., Bird, M.M. & Middaugh, J.P. 2005. Outbreak of *Vibrioparahaemolyticus* gastroenteritis associated with Alaskan oysters. *The New England Journal of Medicine*, 353: 1463–1470. <https://doi.org/10.1056/NEJMoa051594>
- Minrui Huang, Liuyong Ding, Jun Wang, Chengzhi Ding, Juan Tao (2021) The impacts of climate change on fish growth: A summary of conducted studies and current knowledge. *Ecological Indicators* Volume 121, 106976.
- Morris, J. G., Wilson, R., Hollis, D. G., Weaver, R. E., Miller, H. G., Tacket, C. O., et al. (1982). Illness caused by *Vibrio damsela* and *Vibrio hollisae*. *Lancet* 319, 1294–1297. doi: 10.1016/S0140-6736(82)92853-7
- Narjol González-Escalona, Viviana Cachicas, Claudia Acevedo, María L. Rioseco, Juan A. Vergara, Felipe Cabello, Jaime Romero, and Romilio T.

- Espejo: *Vibrio parahaemolyticus* Diarrhea, Chile, 1998 and 2004. *Emerg Infect Dis.* 2005 Jan; 11(1): 129–131. doi: 10.3201/eid1101.040762
- Nature Publishing Group, 2011: Heavy weather. *Nature*, 477, 131–132, doi:10.1038/477131b
 - Nelson, J.S., Grande, T.C., Wilson, M.V., 2016. *Fishes of the World*, fifth ed. Wiley, Hoboken.
 - Nguyen, C., Barker, B. M., Hoover, S., Nix, D. E., Ampel, N. M., Frelinger, J. A., & Galgiani, J. N. (2013). Recent advances in our understanding of the environmental, epidemiological, immunological, and clinical dimensions of coccidioidomycosis. *Clinical microbiology reviews*, 26(3), 505-525.
 - Oliver E.C.J., Donat M.G. , Burrows M.T. , Moore P.J. , Smale D.A. , Alexander L.V. , Benthuyssen J.A. , Feng M. , Sen Gupta A. , Hobday A.J. , Holbrook N.J. , Perkins-Kirkpatrick E. , Scannell H.A. , Straub S.C. , Wernberg T. (2018). Longer and more frequent marine heat-waves over the past century. *Nature Communications*, 9(1), 1324.
 - Oliver, J. D. (2015). The biology of *Vibrio vulnificus*. *Microbiol. Spectr.* 3, 1–10
 - Osorio, C. R., Vences, A., Matanza, X. M., and Terceti, M. S. (2018). *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, a generalist pathogen with unique virulence factors and high genetic diversity. *J. Bacteriol.* 200:e00002-18. doi: 10.1128/JB.00002-18
 - P.L. Munday, J.M. Donelson, D.L. Dixon, G.G. Endo (2009) Effects of ocean acidification on the early life history of a tropical marine fish. *Proc. R. Soc. B-Biol. Sci.*, 276 (2009), pp. 3275-3283

- P.M. Glibert, J. Icarus Allen, Y. Artioli, A. Beusen, L. Bouwman, J. Harle, R. Holmes, J. Holt Vulnerability of coastal ecosystems to changes in harmful algal bloom distribution in response to climate change: projections based on model analysis. *Glob. Change Biol.*, 20 (2014), pp. 3845-3858
- Pasternak, Z.; Diamant, A.; Abelson, A. Co-Invasion of a Red Sea fish and its ectoparasitic monogenean, *Polylabris cf. mamaevi* into the Mediterranean: Observations on oncomiracidium behavior and infection levels in both seas. *Parasitol. Res.* 2007, 100, 721–727.
- Pauly, D., Watson, R., and Alder, J. (2005). Global trends in world fisheries: impacts on marine ecosystems and food security. *Philos. Trans. R. Soc. B Biol. Sci.* 360, 5–12.
- Pecl, G. T., Araújo, M. B., Bell, J. D., Blanchard, J., Bonebrake, T. C., Chen, I., et al. (2017). Biodiversity redistribution under climate change: impacts on ecosystems and human well-being. *Science* 355, 9214.
- Pedersen, K., Skall, H. F., Lassen-Nielsen, A. M., Bjerrum, L., and Olesen, N. J. (2009). *Photobacterium damsela* subsp. *damsela*, an emerging pathogen in Danish rainbow trout, *Oncorhynchus mykiss* (Walbaum), mariculture. *J. Fish Dis.* 32, 465–472. doi: 10.1111/j.1365-2761.2009.01041.x
- Pierrehumbert, R. (2019). There is no Plan B for dealing with the climate crisis. *Bulletin of the Atomic Scientists*, 75(5), 215-221.
- Plecha, S. M., & Soares, P. M. M. (2020). Global marine heatwave events using the new CMIP6 multi-model ensemble: From shortcomings in present climate to future projections. *Environmental Research Letters* 15(12), 124058.

- Pratchett M.S. , Heron S.F. , Mellin C. and Cumming G.S. (2021) Recurrent mass-bleaching and the potential for ecosystem collapse on Australia's great barrier reef. In J.G. Canadell and R.B. Jackson (Eds). Ecosystem collapse and climate change (Vol. 241, pp. 265-289). Springer International Publishing.
- R.W. Stein, C.G. Mull, T.S. Kuhn, N.C. Aschliman, L.N. Davidson, J.B. Joy, A.O. Mooers. Global priorities for conserving the evolutionary history of sharks, rays and chimaeras. *Nat. Ecol. Evol.*, 2 (2018), pp. 288-298
- Rachael M. Heuer and Martin Grosell (2014) Physiological impacts of elevated carbon dioxide and ocean acidification on fish. *American Journal of Physiology-Regulatory, Integrative and Comparative Physiology* Volume 307 Issue 9. Pages R1061-R1084
- Renato Ventresqui Oliveira, Pedro Gomes Peixoto, Douglas de Castro Ribeiro, Marcelo Costa Araujo, Celso Tadeu Barbosa do Santos, Carmino Hayashi, Marcelo Mattos Pedreira, Afonso Pelli : *Klebsiella Pneumoniae* as a Main Cause of Infection in Nishikigoi *Cyprinus Carpio* (Carp) by Inadequate Handling. *Braz J Vet Pathol*, 2014, 7(2), 86 - 88
- Rigos, G.; Katharios, P. Pathological obstacles of newly-introduced fish species in Mediterranean mariculture: A review. *Rev. Fish Biol. Fish.* 2010, 20, 47–70.
- Roig, F. J., González-Candelas, F., Sanjuán, E., Fouz, B., Feil, E. J., Llorens, C., et al. (2018). Phylogeny of *Vibrio vulnificus* from the analysis of the core-genome: implications for intra-species taxonomy. *Front. Microbiol.* 8:2613. doi: 10.3389/fmicb.2017.02613

- Ruppert, J., Panzig, B., Guertler, L., Hinz, P., Schwesinger, G., Felix, S.B., and Friesecke, S. (2004) Two cases of severe sepsis due to *Vibrio vulnificus* wound infection acquired in the Baltic Sea. *Eur J Clin Microbiol Infect Dis* 23: 912–915.
- S. Chatterjee, S. Haldar :*Vibrio* related diseases in aquaculture and development of rapid and accurate identification methods. *J. Mar. Sci. Res. Dev.*, S1 (2012), Article 002
- S.A. Bonar, W.A. Hubert Standard sampling of inland fish: benefits, challenges, and a call for action. *Fisheries*, 27 (2002), pp. 10-16
- S.J. Thackeray, P.A. Henrys, H. Feuchtmayr, I.D. Jones, S.C. Maberly, I.J. Winfield (2013) Food web de-synchronization in England's largest lake: an assessment based on multiple phenological metrics. *Glob. Change Biol.*, 19 (2013), pp. 3568-3580
- S.K. Malham, E. Cotter, S. O'Keeffe, S. Lynch, S.C. Culloty, J.W. King, J.W. Latchford, A.R. Beaumont :Summer mortality of the Pacific oyster, *Crassostrea gigas*, in the Irish Sea: the influence of temperature and nutrients on health and survival. *Aquaculture*, 287 (2009), pp. 128-138
- Samdal, I.A.; Edvardsen, B. Massive salmon mortalities during a *Chrysochromulina leadbeateri* bloom in Northern Norway. *Harmful Algae News* 2020, 64, 4–5.
- Seneviratne S.I., T. Corti, E.L. Davin, M. Hirschi, E. Jaeger, I. Lehner, B. Orlowsky, and A.J. Teuling, 2010: Investigating soil moisture-climate interactions in a changing climate: A review. *Earth Sci. Rev.*, 99, 125–161
- Serracca, L., Ercolini, C., Rossini, I., Battistini, R., Giorgi, I., and Prearo, M. (2011). Occurrence of both subspecies of *Photobacterium damsela* in mullets

- collected in the river Magra (Italy). *Can. J. Microbiol.* 57, 437–440. doi: 10.1139/w11-021
- Shin, J. H., Shin, M. G., Suh, S. P., Ryang, D. W., Rew, J. S., and Nolte, F. S. (1996). Primary *Vibrio damsela* septicemia. *Clin. Infect. Dis.* 22, 856–857. doi: 10.1093/clinids/22.5.856
 - Silva, M.; Barreiro, A.; Rodriguez, P.; Otero, P.; Azevedo, J.; Alfonso, A.; Botana, L.M.; Vasconcelos, V. New Invertebrate Vectors for PST, Spirolides and Okadaic Acid in the North Atlantic. *Mar. Drugs* 2013, 11, 1936–1960.
 - Smale D.A. , Wernberg T. , Oliver E.C.J. , Thomsen M. , Harvey B.P. , Straub S.C. , Burrows M.T. , Alexander L.V. , Benthuyssen J.A. , Donat M.G. , Feng M. , Hobday A.J. , Holbrook N.J. , Perkins-Kirkpatrick S.E. , Scannell H.A. , Sen Gupta A. , Payne B.L. and Moore P.J. (2019) Marine heatwaves threaten global biodiversity and the provision of ecosystem services. *Nature Climate Change* 9(4) , 306-312.
 - Smith K.E., Burrows M.T., Hobday A.J. , King N.G., Moore P.J., Sen Gupta A. , Thomsen M.S. , Wernberg T. and Smale D.A. (2023) Biological impacts of marine heatwaves. *Annual Review of Marine Science*, 15(1), 119–145.
 - Somero G. N. (2020) The cellular stress response and temperature: Function, regulation, and evolution. *Journal of Experimental Zoology. Part A: Ecological and Integrative Physiology*, 333(6), 379–397.
 - Sumaila Rashid, Travis C. Tai (2020) End Overfishing and Increase the Resilience of the Ocean to Climate Change. *Sec. Marine Fisheries, Aquaculture and Living Resources. Volume 7 - 202*

- Sumaila, U. R., Tai, T. C., Lam, V. W. Y., Cheung, W. W. L., Bailey, M., Cisneros-Montemayor, A. M., et al. (2019). Benefits of the Paris Agreement to ocean life, economies, and people. *Sci. Adv.* 5:eaau3855.
- Sunday, J. M., Fabricius, K. E., Kroeker, K. J., Anderson, K. M., Brown, N. E., Barry, J. P., et al. (2017). Ocean acidification can mediate biodiversity shifts by changing biogenic habitat. *Nat. Clim. Chang.* 1, 1–6.
- Suryan R.M. ,Arimitsy M.L. , Coletti H.A. , Hopcroft R.R. , Linderberg M.R. , Barbeaux S.J. , Batten S.D. , Burt W.J. , Bishop M.A. , Bodkin J.L. , Brenner R. , Campbell R.W. , Cushing D.A. , Danielson S.L. , Dorn M.W. , Drummond B. , Esler D. , Gelatt T. , Hanselman D.H. , Zador S.G. (2021) Ecosystem response persists after a pro-longed marine heatwave. *Scientific Reports*, 11(1), 6235.
- T.A. Branch, R. Watson, E.A. Fulton, S. Jennings, C.R. McGilliard, G.T. Pablico, S.R. Tracey. The trophic fingerprint of marine fisheries. *Nature*, 468 (2010), p. 431
- Tang, W. M., and Wong, J. W. K. (1999). Necrotizing fasciitis caused by *Vibrio damsela*. *Orthopedics* 22, 443–444.
- Tantillo, G.M., Fontanarosa, M., Di Pinto, A., and Musti, M. (2004) Updated perspectives on emerging vibrios associated with human infections. *Lett Appl Microbiol* 39: 117–126.
- Tauxe, R.M., Mintz, E.D. & Quick, R.E. 1995. Epidemic cholera in the new world:translating field epidemiology into new prevention strategies. *Emerging infectiousdiseases*, 1(4): 141–146. <https://dx.doi.org/10.3201/eid0104.950408>

- Thomas C. Peterson, Peter A. Stott, Stephanie Herring (2012) Explaining Extreme Events of 2011 from a Climate Perspective. Bulettn of the American Meteorological Society, Volume 93 : Issue 7.
- Thompson, J.R., Randa, M.A., Marcelino, L.A., Tomita-Mitchell, A., Lim, E., and Polz, M.F. (2004) Diversity and dynamics of a North Atlantic coastal *Vibrio* community. *Appl Environ Microbiol* 70: 4103–4110.
- van der Lingen, C.D., Hutchings, L., Lamont, T. & Pitcher, G.C. 2016. Climate change, dinoflagellate blooms and sardine in the southern Benguela Current Large Marine Ecosystem. *Environmental Development*, 17(Suppl. 1): 230–243. (also available at <https://doi.org/10.1016/j.envdev.2015.09.004>)
- Vera, P., Navas, J. I., and Fouz, B. (1991). First isolation of *Vibrio damsela* from seabream (*Sparus aurata*). *Bull. Eur. Assoc. Fish Pathol.* 11, 112–113.
- W.L. King, C. Jenkins, J. Go, N. Siboni, J.R. Seymour, M. Labbate Characterisation of the pacific oyster microbiome during a summer mortality event. *Microb. Ecol.*, 77 (2019), pp. 502-512
- W.T. White, P.M. Kyne The status of chondrichthyan conservation in the Indo-Australasian region. *J. Fish Biol.*, 76 (2010), pp. 2090-2117
- W.Y. Mo, Z. Cheng, W.M. Choi, Y.B. Man, Y. Liu, M.H. Wong (2014) Application of food waste based diets in polyculture of low trophic level fish: effects on fish growth, water quality and plankton density. *Mar. Pollut. Bull.*, 85 (2014), pp. 803-809
- W.Y. Mo, Z. Cheng, W.M. Choi, Y.B. Man, Y. Liu, M.H. Wong. Application of food waste based diets in polyculture of low trophic level fish: effects on fish growth, water quality and plankton density. *Mar. Pollut. Bull.*, 85 (2014), pp. 803-809

- Wenyu Liao, Dongdong Wei, Mingzhu Liu, Lin Huang, Bingzheng Li, Yunyi Wei, Shuyu Han, Shuaishuai Huang, Qing Yu, Pengfei Li : Phenotypic characteristics and immune response of *Procypris merus* following challenge with aquatic isolate of *Klebsiella pneumoniae*. Volume 47, Issue 1 January 2023.
- Wernberg T. , Bennett S. , Badcock R.C. , Bettignies T. , Cure K. , Depczynski M. , Dufois F. , Fromont J. , Fulton C.J. , Hovey R.K. , Harvey E.S. , Holmes T.H. , Kendrick G.A. , Radford B. , Santana-Garcon J. , Saunders B.J. , Smale D.A. , Thomsen M.S. , Tuckett C.A. Wilson S. (2016) Climate-driven regime shift of a temperate marine ecosystem. *Science*, 353(6295), 169–172.
- Wernberg T. , Smale D.A. , Tuya F. , Thomsen M.S. , Langlois T.J. , Bettignies T. , Bennett S. and Rousseaux C.S. (2013) An extreme climatic event alters marine ecosystem structure in a global bio-diversity hotspot. *Nature Climate Change* 3(1) 78-82.
- Yu, Y., Zhang, Z., Wang, Y., Liao, M., Rong, X., Li, B., et al. (2019). Complete Genome sequence of *Photobacterium damsela* subsp. *damsela* strain SSPD1601 isolated from deep-sea cage-cultured *Sebastes schlegelii* with septic skin ulcer. *Int. J. Genom.* 2019:4242653. doi: 10.1155/2019/4242653
- Yuen, K. Y., Ma, L., Wong, S. S. Y., and Ng, W. F. (1993). Fatal necrotizing fasciitis due to *Vibrio damsela*. *Scand. J. Infect. Dis.* 25, 659–661. doi: 10.3109/00365549309008557
- Zhao, D. H., Sun, J. J., Liu, L., Zhao, H. H., Wang, H. F., Liang, L. Q., et al. (2009). Characterization of two phenotypes of *Photobacterium damsela*

subsp. damsela isolated from diseased juvenile *Trachinotus ovatus* reared in cage mariculture. J. World Aquacu. Soc. 40, 281–289. doi: 10.1111/j.1749-7345.2009.00251.x

Ηλεκτρονική βιβλιογραφία

- Διακυβερνητική Επιτροπή για την κλιματική Αλλαγή (IPCC)
<https://www.ipcc.ch/> (Πρόσβαση 5/11/2024)
- Εθνικά Κέντρα Περιβαλλοντικής Πληροφόρησης της Εθνικής Ωκεάνιας και Ατμοσφαιρικής Διοίκησης (NOAA) Παγκόσμια Έκθεση Κλίματος 2023
<https://www.noaa.gov/> (Πρόσβαση 10/11/2024)
- Food and Agricultural Organization of the United Nations (FAO)
<https://www.fao.org/home/en> (Πρόσβαση 1/11/2024)

7. ABSTRACT

Fish products have a dynamic presence in the worldwide market, a fact that has been made more difficult the last decades due to climate change. In the present work, there were studied some experiments of the last 20 years, that were directly related to the effects of climate change on aquatic organisms or fish products. More specifically, the changes in the temperature of sea water, the increase on its level, but also the decrease on its pH are some of the effects that directly affect aquatic organisms. It was observed that a big amount of diseases (bacterial, viral, parasitic and fungal) that affect osteichthys, was due to the changes of aquatic environment. In most cases the diseases were bacterial with the main family of attack being *Vibrionaceae*, due to the increased temperature. Another important impact of the increased water temperature is the increase of the so-called HAB's, which attack both the ecosystem that they will reproduce in (eg coral reefs) but also the other organisms that live in it (eg bivalve molluscs, fish). These diseases are a huge risk for the safety of fish products and also for public health, fact that increases the importance of this work.

Key words : Climate change, Fisheries safety, *Vibrionaceae*, HAB's.