

ΤΙΤΛΟΣ: Η ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΚΛΙΜΑΤΙΚΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΣΤΟΥΣ ΩΚΕΑΝΟΥΣ: Η ΠΕΡΙΠΤΩΣΗ ΤΩΝ ΜΕΔΟΥΣΩΝ



**Συγγραφή εργασίας: Γκέκα-Σερπετσιδάκη Πανδώρα
Επιβλέπων καθηγητής: Παπαευθυμίου Σπυρίδων,
Επίκουρος καθηγητής Πολυτεχνείου Κρήτης
Χανιά 2016**

Ευχαριστίες

Θα ήθελα να ευχαριστήσω τους γονείς μου, που με έχουν στηρίξει όλα αυτά τα χρόνια οικονομικά αλλά κυρίως συναισθηματικά. Χωρίς αυτούς η πορεία μου δεν θα ήταν σε καμία περίπτωση η ίδια, με αυτήν που έχω διαγράψει μέχρι στιγμής.

Επίσης θα ήθελα να ευχαριστήσω θερμά τον επιβλέποντα καθηγητή μου, κύριο Παπαευθυμίου Σπυρίδωνα, που χωρίς την πολύτιμη βοήθεια του δεν θα είχα καταφέρει να φέρω εις πέρας την παρούσα διπλωματική μου εργασία.

Περίληψη

Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στους ωκεανούς: η περίπτωση των μεδουσών

Το φαινόμενο της κλιματικής αλλαγής έχει επηρεάσει μεταξύ άλλων τους ωκεανούς, τα θαλάσσια οικοσυστήματα, και πιο συγκεκριμένα τον αριθμό των μεδουσών παγκοσμίως. Παράγοντες που επηρεάζονται άμεσα από την αλλαγή του παγκόσμιου κλίματος, έχουν συντελέσει στη δημιουργία ευνοϊκών συνθηκών για τη γρήγορη ανάπτυξη και τον πολλαπλασιασμό των μεδουσών. Στην εργασία, αρχικά εξηγούνται όροι όπως: κλιματική αλλαγή, φαινόμενο του θερμοκηπίου, υπερθέρμανση του πλανήτη και οι επιπτώσεις τους στα θαλάσσια οικοσυστήματα και ειδικότερα στις μέδουσες. Στη συνέχεια, αναλύονται τα βασικά χαρακτηριστικά του κύκλου ζωής της μέδουσας όπως η αναπαραγωγή, η διατροφή και ο θάνατος τους. Αναφέρονται εκτενώς οι παράγοντες που έχουν οδηγήσει στην αύξηση του πληθυσμού των μεδουσών, κάποιοι από τους οποίους είναι η υπεραλίευση συγκεκριμένων ειδών, ο ευτροφισμός, η θαλάσσια ρύπανση, τα "είδη ξενιστές" και η οξίνιση των ωκεανών. Ολοκληρώνοντας, επισημαίνονται τα προβλήματα που προκαλούν οι μέδουσες στον τουρισμό, στην αλιεία και στη βιομηχανία σε παγκόσμιο επίπεδο.

Abstract

Effects of global climate change to the oceans: the case of jellyfish

Nowadays, climate change has seriously affected (amongst others) marine ecosystems and more specifically the population of jellyfish globally. Factors that are directly related to the global climate change have contributed to the development of suitable conditions for the rapid growth and proliferation of jellyfish. Initially, in this thesis, terms like climate change, greenhouse effect, planet overheating are specified and their consequences on the marine ecosystems and particularly on jellyfish are detailed. Subsequently, the main characteristics of jellyfish life cycle phases are analyzed (reproduction, nutrition and death). Factors that have led to the increase in jellyfish population are extensively studied, e.g. overfishing of specific species, eutrophication, sea pollution, "introduced species" or bio-pollution and oceans' acidification. Finally, the major problems that jellyfish cause in tourism, fishing and industry are pointed out.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-Γενικά για υπερθέρμανση του πλανήτη και πως επηρεάζει τις μέδουσες	5
1.1-Κλιματική αλλαγή	5
1.2-Το φαινόμενο του θερμοκηπίου	7
1.2.1-Ο μηχανισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου.....	9
1.3-Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα.....	10
1.3.1-Πώς λειτουργούν οι ωκεανοί	11
1.3.2-Πως επηρεάζει η κλιματική αλλαγή την τροφική αλυσίδα.....	13
1.4-Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις μέδουσες.....	14
1.4.1-Συμπέρασμα: Η κλιματική αλλαγή ευνοεί τις μέδουσες και αντιστρόφως.....	17
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- Τα βασικά χαρακτηριστικά των μεδουσών	18
2.1-Είδη μεδουσών	18
2.2-Που ζουν	22
2.3-Ανατομία- αναπαραγωγή	23
2.4-Ζωή, Θάνατος και μη Θνησιμότητα.....	26
2.5-Πως και τι Τρώνε	26
2.6-Κλωνική μεταβολή για την αντιμετώπιση απρόβλεπτων καταστάσεων	28
2.7-Ανάπτυξη και Υποανάπτυξη	29
2.8-Πώς εξακολουθούν να υπάρχουν	30
2.9-Θετικά χαρακτηριστικά των μεδουσών	31
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-Παράγοντες που οδηγούν στην ανεξέλεγκτη αύξηση των μεδουσών	33
3.1-Υπεραλίευση.....	33
3.1.1Πρακτικές ψαρέματος και μέδουσες	33
3.1.2-Η επίδραση της υπεραλίευσης στις μέδουσες.....	38
3.1.3-Υδατοκαλλιέργεια και θαλασσοκαλλιέργεια	40
3.2-Ευτροφισμός.....	43
3.2.1-Από πού προέρχεται η περίσσεια θρεπτικών συστατικών	46
3.2.2-Υποξία	48
3.2.3-Η επίδραση του ευτροφισμού στα οικοσυστήματα	51
3.2.4-Η επίδραση του ευτροφισμού στις μέδουσες	52
3.3-Ρύπανση	56
3.3.1-Γενικά.....	56
3.3.2-Βιοσυσσώρευση και βιομεγένθυση	58

3.3.3-Η «βρώμικη» δωδεκάδα	58
3.3.4-διάφορες μορφές ρύπων	59
3.3.5-Η επίδραση της ρύπανσης στα οικοσυστήματα	64
3.3.6-Η επίδραση της ρύπανσης στις μέδουσες	66
3.4-Βιορύπανση- (Εισαγόμενα είδη)	69
3.4.1- Γενικά.....	69
3.4.2-Η επίδραση των ξενικών ειδών στις μέδουσες και γενικότερα στα οικοσυστήματα.....	70
3.5-Οξίνιση των ωκεανών	73
3.5.1- Γενικά.....	73
3.5.2-Περιβαλλοντική υπερκαπνία.....	74
3.5.3-Η επίδραση της οξίνισης των ωκεανών στα οικοσυστήματα	78
3.5.4-Η επίδραση της οξίνισης των ωκεανών στις μέδουσες	86
Κεφάλαιο 4- Προβλήματα στις ανθρώπινες δραστηριότητες που προκαλούνται από την αύξηση των μεδουσών	89
4.1-Τσιμπήματα	89
4.2-Αλιεία.....	90
4.2.1-Καταστροφή αλιευτικών δικτύων	90
4.2.2-Θανάτωση των ψαριών στις υδατοκαλλιέργειες.....	92
4.3-Εργοστάσια	94
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- Συμπεράσματα	96
5.1- Πιθανή αύξηση των προβλημάτων, εξαιτίας της αύξησης των μεδουσών στο μέλλον	96

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1-Γενικά για υπερθέρμανση του πλανήτη και πως επηρεάζει τις μέδουσες

Σε αυτό το κεφάλαιο περιγράφονται οι έννοιες της κλιματικής αλλαγής και του φαινομένου του θερμοκηπίου. Στη συνέχεια αναλύεται η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα και κυρίως στους ωκεανούς και εξειδικεύονται οι επιπτώσεις των ανωτέρω στο αντικείμενο μελέτης της διπλωματικής: τις μέδουσες.}

1.1-Κλιματική αλλαγή

Το κλίμα της Γης πάντα άλλαζε και πάντα θα αλλάζει. Όταν όμως αναφερόμαστε σήμερα στην «κλιματική αλλαγή», δεν εννοούμε τη φυσική μεταβολή του κλίματος. Εννοούμε κυρίως το πρόβλημα των αλλαγών που παρατηρούνται στο κλίμα του πλανήτη και σχετίζονται με την αλλαγή στη συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα.

Υπό κανονικές συνθήκες, το φαινόμενο του θερμοκηπίου όχι μόνο δεν είναι επιβλαβές, αλλά παράλληλα βοηθά στη ρύθμιση σταθερών θερμοκρασιών και γενικότερα του κλίματος στον πλανήτη. Ανθρωπογενείς όμως δραστηριότητες οδήγησαν σε υπέρμετρη αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων του θερμοκηπίου (υδρατμοί, διοξείδιο του άνθρακα, μεθάνιο, υποξείδιο του αζώτου και χλωροφθοράνθρακες), στα στρώματα της ατμόσφαιρας. Αυτό οδηγεί σε μια συνολική αλλαγή του κλίματος, η οποία, λόγω της ταχύτητας με την οποία συμβαίνει και των επιπτώσεων που τη συνοδεύουν, ανησυχεί την επιστημονική κοινότητα, που προειδοποιεί ότι πρέπει να ληφθούν μέτρα σε παγκόσμιο επίπεδο πριν η κατάσταση είναι πλέον μη αναστρέψιμη.

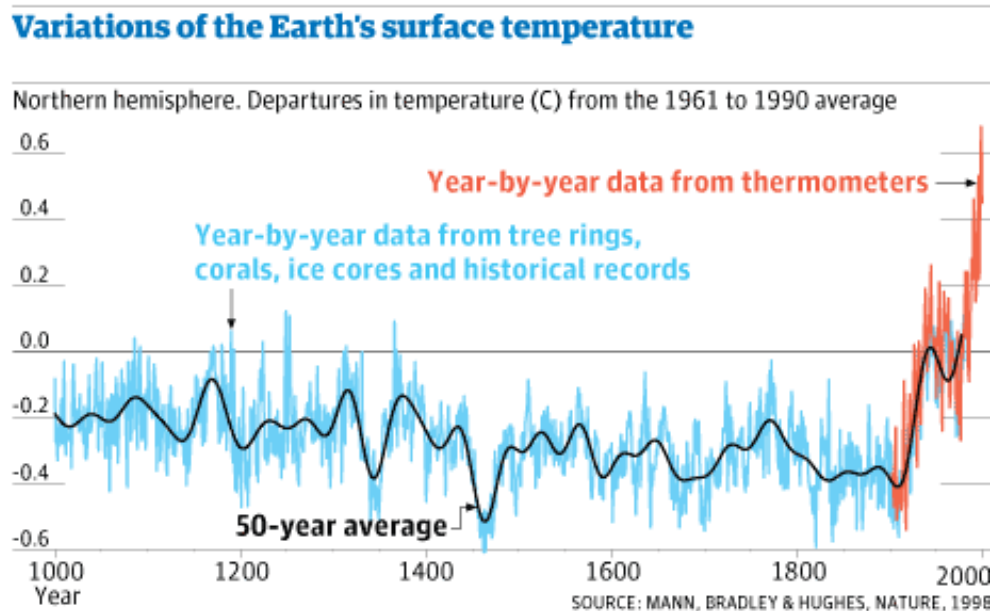
Σύμφωνα με τις επιστημονικές μελέτες, η μέση θερμοκρασία του αέρα στην επιφάνεια του πλανήτη ανέβηκε $0,74 \pm 0,18^{\circ}\text{C}$ τον 20ό αιώνα (εικόνα 2). Οι εκτιμήσεις προβλέπουν ότι τον 21ο αιώνα πιθανότατα να αυξηθεί ακόμη $1,1$ έως $6,4^{\circ}\text{C}$.

Στις επιπτώσεις της αύξησης της θερμοκρασίας του πλανήτη περιλαμβάνονται: πλημμύρες σε παράκτιες περιοχές, ακόμα και ενδεχόμενη εξαφάνισή τους, λόγω αύξησης της στάθμης της θάλασσας, αλλαγή στη συχνότητα και στην εποχικότητα των βροχοπτώσεων, πιθανή εξάπλωση των υποτροπικών ερήμων, αλλαγές στη συχνότητα και στην ένταση των ακραίων καιρικών φαινομένων, εξαλείψεις ειδών φυτών και ζώων, αλλαγές

στις αποδόσεις των καλλιεργειών κ.ά. Η αύξηση της θερμοκρασίας θα είναι μεγαλύτερη στην Αρκτική και θα συνεχιστεί η υποχώρηση των παγετώνων, του μονίμως παγωμένου υπεδάφους και του θαλάσσιου πάγου [1] (εικόνα 1).



Εικόνα 1: Απεικόνιση μιας πολικής αρκούδας, που λόγω της κλιματικής αλλαγής και του λιωσίματος των πάγων, απειλείται η ζωή της [2]



Εικόνα 2: Διάγραμμα της Διακυβερνητικής Διάσκεψης για την Κλιματική Αλλαγή (IPCC) και αναπαριστάει θερμοκρασιακά δεδομένα που έχουν συλλεχθεί από δακτυλίους των δέντρων, ιζήματα των λιμνών και από πυρήνες πάγου. [3]

1.2-Το φαινόμενο του θερμοκηπίου

Η άνοδος της θερμοκρασίας του πλανήτη οφείλεται σε αλλαγές που παρατηρούνται στο κλίμα της Γης. Αυτές οι αλλαγές σχετίζονται με τη μεταβολή της συγκέντρωσης στην ατμόσφαιρα των αερίων του θερμοκηπίου, τα οποία παγιδεύουν την υπεριώδη ακτινοβολία που ανακλάται στην επιφάνεια της Γης και προκαλούν το φαινόμενο του θερμοκηπίου. Σε αυτό ακριβώς το φαινόμενο έχουμε δώσει ονομασίες όπως υπερθέρμανση της Γης, παγκόσμια αύξηση της θερμοκρασίας κ.α.

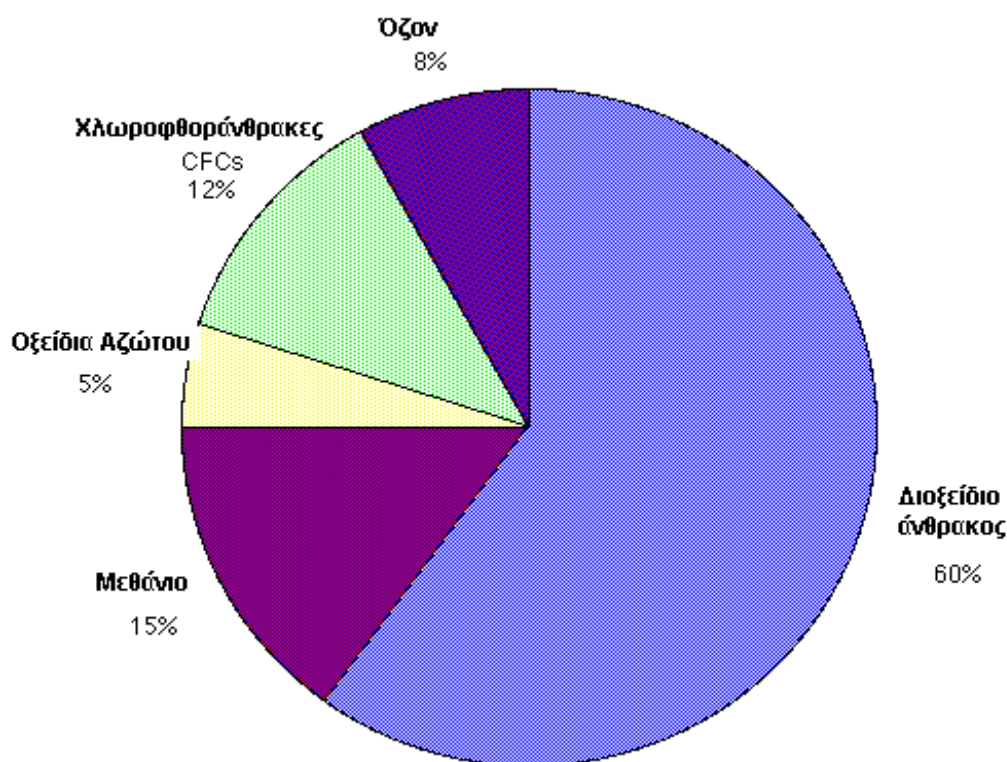
Πολλοί από μας έχουν ταυτίσει το φαινόμενο του θερμοκηπίου με την κλιματική αλλαγή. Το φαινόμενο του θερμοκηπίου, όμως, είναι ένα φυσικό φαινόμενο, με ευεργετικά αποτελέσματα στο κλίμα της Γης. Η απειλή προέρχεται από την υπερβολή, η οποία οφείλεται στις ανθρωπογενείς εκπομπές ρύπων. Έχει εξακριβωθεί ότι τα αέρια του θερμοκηπίου επιτρέπουν τη διέλευση της ηλιακής ακτινοβολίας προς τη Γη, ενώ, αντίθετα, απορροφούν και επανεκπέμπουν προς το έδαφος ένα μέρος της υπέρυθρης ακτινοβολίας που εκπέμπεται από την επιφάνεια του πλανήτη. Αυτή η παγίδευση της υπέρυθρης ακτινοβολίας (η οποία ειδικά θα χανόταν στο διάστημα) από τα συγκεκριμένα αέρια ονομάζεται φαινόμενο του θερμοκηπίου. Πρόκειται για ένα γεωφυσικό φαινόμενο που είναι ουσιώδες και απαραίτητο για την ύπαρξη, τη διατήρηση και την εξέλιξη της ζωής στον πλανήτη. Χωρίς αυτόν το μηχανισμό η μέση θερμοκρασία της Γης θα ήταν περίπου κατά 35°C χαμηλότερη, δηλαδή -20°C αντί για +15°C που είναι σήμερα, και η ύπαρξη ζωής θα ήταν αδύνατη, τουλάχιστον στη μορφή που τη γνωρίζουμε.

Το ανησυχητικό είναι η ενίσχυση του φαινομένου ως αποτέλεσμα της ατμοσφαιρικής ρύπανσης, συνεπώς η αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη. Εκτός από τις ανθρωπογενείς εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου, καταλυτικό ρόλο στην εξέλιξη του φαινομένου παίζει και η συνεχιζόμενη εκτεταμένη καταστροφή των τροπικών δασών, τα οποία έχουν σημαντική συμβολή στην ισορροπία των κυριότερων αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Συγκεκριμένα, τα δάση, μέσω της φωτοσύνθεσης, δεσμεύουν το διοξείδιο του άνθρακα και παράγουν οξυγόνο. Ειδικότερα, τα τροπικά δάση ρυθμίζουν τις ποσότητες των υδρατμών στην ατμόσφαιρα και κατ' επέκταση ολόκληρου του πλανήτη. Οι υδρατμοί έχουν τη μεγαλύτερη συνεισφορά στο φυσικό φαινόμενο του θερμοκηπίου. Παρ' όλα αυτά, η παρουσία τους στην ατμόσφαιρα επηρεάζεται σε μικρότερο βαθμό από τις ανθρώπινες δραστηριότητες. Γι' αυτό τον λόγο, μας ενδιαφέρουν περισσότερο τα αέρια εκείνα των

οποίων οι συγκεντρώσεις στην ατμόσφαιρα αυξάνονται σημαντικά λόγω της ανθρώπινης παρέμβασης.

Τα κυριότερα αέρια της ατμόσφαιρας που ευθύνονται για την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου (ανθρωπογενής συνιστώσα), καθώς και ο βαθμός συνεισφοράς τους επί τοις 100 (%), είναι: διοξείδιο του άνθρακα 50-60%, χλωροφθοράνθρακες 15-25%, μεθάνιο 12-20%, υποξείδιο του αζώτου 5%, όζον και άλλα αέρια 11% (εικόνα 3).

ΣΥΜΜΕΤΟΧΗ ΤΩΝ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΩΝ ΡΥΠΙΩΝ ΣΤΟ ΦΑΙΝΟΜΕΝΟ ΘΕΡΜΟΚΗΠΙΟΥ



Εικόνα 3: Απεικόνιση των αερίων που συμβάλλουν στο φαινόμενο του θερμοκηπίου [4]

Τα αέρια που ευθύνονται για την ενίσχυση του φαινομένου του θερμοκηπίου εκλύονται στο πλαίσιο ανθρώπινων δραστηριοτήτων που αφορούν κυρίως:

1) Τον ενεργειακό τομέα (περιλαμβανομένων και των μεταφορών), που με τη χρήση ορυκτών καυσίμων (κάρβουνο, πετρέλαιο, βενζίνη κ.λπ.) συμβάλλει στο 50% των συνολικών εκπομπών. Από τις εκπομπές αυτές, το 40% αφορά το διοξείδιο του άνθρακα, ενώ το υπόλοιπο 10% άλλα αέρια, με κυριότερα το μεθάνιο, το τροποσφαιρικό όζον, το μονοξείδιο του άνθρακα και άλλες ενώσεις.

2) Την αποψίλωση δασικών εκτάσεων, που συνεισφέρει στην παραγωγή επιπλέον αερίων του θερμοκηπίου κατά 15%. Από τα αέρια αυτά κυριότερο είναι το διοξείδιο του άνθρακα, το οποίο αποτελεί περίπου το 10%, ενώ η καύση και η αποσύνθεση των δασών συνιστούν πηγές υποξειδίου του αζώτου, μονοξειδίου του άνθρακα και μεθανίου, που καλύπτουν το υπόλοιπο 5%.

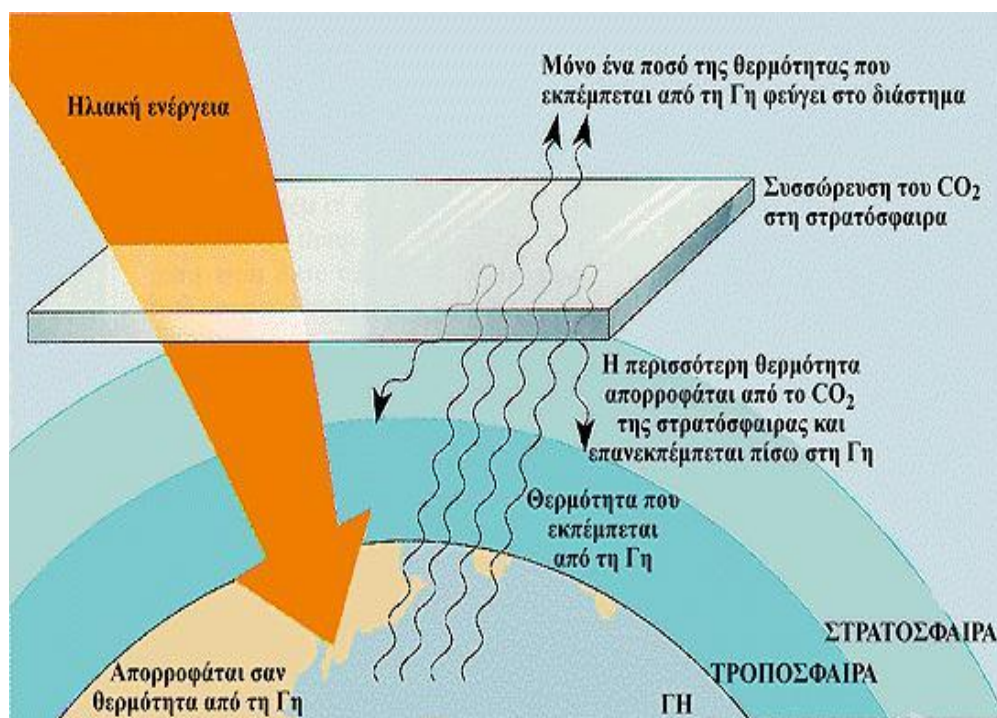
3) Τη γεωργία, που ευθύνεται για το 15% των εκπομπών, με κυριότερα αέρια το μεθάνιο, το οποίο προέρχεται από την εκτροφή βοοειδών, και τις καλλιέργειες ρυζιού, το υποξείδιο του αζώτου, που απελευθερώνεται λόγω της χρήσης λιπασμάτων και το διοξείδιο του άνθρακα, που εκλύεται από γεωργικές βιομηχανίες [1].

1.2.1-Ο μηχανισμός του φαινομένου του θερμοκηπίου

Το διοξείδιο του άνθρακα εισέρχεται στην ατμόσφαιρα όσο εμείς καίμε ορυκτά καύσιμα στις μονάδες παραγωγής ενέργειας με καύση άνθρακα και στα αυτοκίνητα. Το αποκαλούμε αέριο του θερμοκηπίου γιατί η ποσότητα που μένει στην ατμόσφαιρα δρα σαν μονωτής, αφήνοντας την ηλιακή ακτινοβολία να περάσει μέσα στην ατμόσφαιρα αλλά όχι να επιστρέψει πίσω. Έτσι, όσο προσθέτουμε επιπλέον διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα ο πλανήτης γίνεται ολοένα και θερμότερος. Συνεπώς, καταλαβαίνουμε ότι η διαδικασία της υπερθέρμανσης είναι ένα δυναμικό φαινόμενο δηλαδή όσο περισσότερη ζέστη απορροφάει τόσο δρα περισσότερο σαν μονωτής το διοξείδιο του άνθρακα αυξάνοντας την θερμοκρασία του πλανήτη ακόμα περισσότερο (εικόνα 4) [5].

Σε γενικές γραμμές, οι διαδικασίες θέρμανσης και ψύξης είναι φυσικές διαδικασίες και έχουν συμβεί πολλές φορές στην ιστορία της Γής. Αλλά σήμερα θερμαίνουμε τον πλανήτη, τον ατμοσφαιρικό αέρα και τα νερά των ωκεανών, γρηγορότερα από κάθε άλλη φορά στην ιστορία των 4,5 δισεκατομμυρίων ετών που υπάρχει (εικόνα 2). Και με αυτόν τον τρόπο δημιουργούμε ένα κλίμα με το οποίο το ανθρώπινο είδος δεν έχει έρθει ποτέ ξανά σε επαφή και ίσως θα είναι δύσκολο να προσαρμοστεί και να ζήσει με αυτό. Επίσης, υπεράριθμοι πληθυσμοί φυτών και ζώων δεν μπορούν να επιβιώσουν πλέον, αφού δεν μπορούν να προσαρμοστούν έγκαιρα σε μια τόσο γρήγορη κλιματική αλλαγή. Αυτό ίσως ανασχηματίσει τα είδη και τη σύνθεση των οικοσυστημάτων. Αυτή, η γρήγορη αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα έχει χαρακτηριστεί ένα τεράστιο ανεξέλεγκτο γεωφυσικό πείραμα

που θερμαίνει τον πλανήτη και κάνει τους ωκεανούς πιο όξινους με δεινές συνέπειες για τα φυσικά οικοσυστήματα και ολόκληρη την ανθρωπότητα [6] [5].



Εικόνα 4: Αναπαράσταση του φαινομένου του θερμοκηπίου [4]

1.3-Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στα οικοσυστήματα

Αρχικά, θα επεξηγήσουμε τον όρο οικοσύστημα για να είναι κατανοητό σε τι ακριβώς αναφερόμαστε. Η έννοια του οικοσυστήματος αποτελεί θεμελιώδη έννοια για την Οικολογία. Το οικοσύστημα είναι ένα σύστημα μελέτης που περιλαμβάνει τους βιοτικούς παράγοντες μιας περιοχής, δηλαδή το σύνολο των οργανισμών που ζουν σ' αυτήν, τους αβιοτικούς παράγοντες της περιοχής, καθώς και το σύνολο των αλληλεπιδράσεων που αναπτύσσονται μεταξύ τους [7]. Εμάς, στην παρούσα εργασία θα μας απασχολήσουν κυρίως τα θαλάσσια οικοσυστήματα αφού το αντικείμενο μελέτης μας είναι οι μέδουσες.

Η αλήθεια είναι ότι όλα τα όντα είναι προσαρμοσμένα στο περιβάλλον τους και η θερμοκρασία παίζει τόσο σημαντικό ρόλο που η αφύπνιση για το φλέγον θέμα της κλιματικής αλλαγής έχει πάρει μεγάλες διαστάσεις και είναι πλέον και σημαντικό πολιτικό θέμα. Είναι γνωστό ότι η ζέστη επιταχύνει τον μεταβολικό ρυθμό όλων των ζωντανών, ενώ το κρύο τον επιβραδύνει. Αυτό σημαίνει ότι αν ένα ζώο βρίσκει αρκετή τροφή για να παραμείνει υγιές και τότε γίνεται μία απροσδόκητη αύξηση της θερμοκρασίας του

περιβάλλοντός του, αυτή θα προκαλέσει επιτάχυνση των σωματικών του λειτουργιών με αποτέλεσμα να χρειάζεται περισσότερο φαγητό το οποίο δεν θα βρίσκει με συνέπεια να υποσιτιστεί.

Για τα υδρόβια ζώα τα πράγματα είναι ακόμα χειρότερα, γιατί τα θερμότερα νερά συγκρατούν πολύ λιγότερο διαλυμένο οξυγόνο από ότι τα λιγότερο θερμά. Έτσι, ένα ζώο του νερού που είναι προσαρμοσμένο σε ένα συγκεκριμένο αναπνευστικό ρυθμό ίσως πεθάνει από ασφυξία σε ελαφρώς θερμότερα νερά επειδή δεν θα μπορεί να βρει αρκετό οξυγόνο για να επιβιώσει. Επιπλέον, σε βάθος χρόνου ακόμα και αν αυτό δεν πεθάνει άμεσα, τα αποθέματα τροφής και ο ρυθμός σίτισης δεν θα μπορέσουν να καλύψουν τις βιολογικές του απαιτήσεις. Συμπεραίνουμε λοιπόν, ότι μία πολύ μικρή θερμοκρασιακή αλλαγή μπορεί να προκαλέσει μία τεράστια διαφοροποίηση στην υγεία αλλά και στην μακροβιότητα πολλών οργανισμών και πιο συγκεκριμένα στην ισορροπία του εκάστοτε οικοσυστήματος.

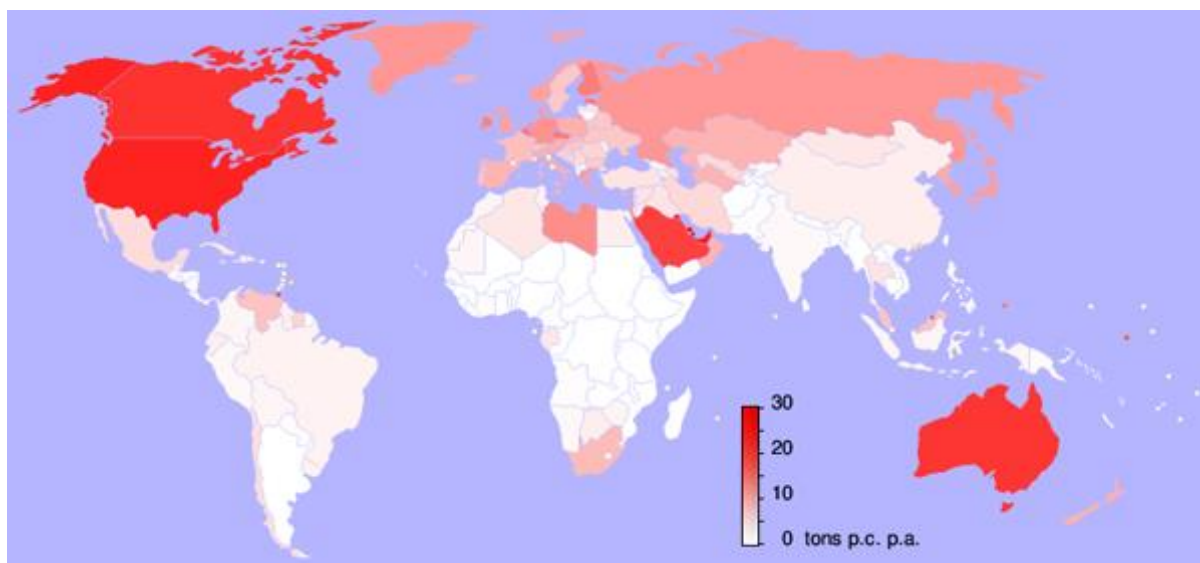
Η θερμοκρασία της θάλασσας έχει ανέβει περίπου 1°C τον περασμένο αιώνα και έχει υπολογιστεί ότι ο ρυθμός αύξησης είναι $1\text{-}2^{\circ}\text{C}$ ανά περίπου 100 χρόνια. Η περισσότερη αύξηση πραγματοποιήθηκε τις τελευταίες τρεις δεκαετίες. Μπορεί να μην φαίνεται μεγάλη η διαφορά θερμοκρασίας αλλά είναι, κάποια είδη επωφελούνται από αυτή την αλλαγή ενώ άλλα υποφέρουν. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί πρέπει να σπαταλούν περισσότερη ενέργεια για να πάρουν το οξυγόνο που χρειάζονται από το νερό. Συνεπώς, συμβαίνουν αναντιστοιχίες στην τροφικές αλυσίδες μεταξύ λείας και θηρευτή, τα ένζυμα των βιολογικών διαδικασιών λειτουργούν διαφορετικά και υψηλότερα ποσοστά θνησιμότητας προνυμφών επικρατούν [5].

1.3.1-Πώς λειτουργούν οι ωκεανοί

Οι ωκεανοί έχουν δράσει μέχρι σήμερα σαν μία δεξαμενή άνθρακα, ρυθμίζοντας τις επιδράσεις του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα. Στην πραγματικότητα, το φυτοπλαγκτόν που βρίσκεται στις θάλασσες απορροφάει διοξείδιο του άνθρακα και συγκρατεί τόσο όσο όλα τα τροπικά δάση και φυτά της ξηράς μαζί. Αυτή η διαδικασία περιλαμβάνει επίσης ασβεστοποιημένους οργανισμούς οι οποίοι όταν πεθάνουν και θαφτούν εκλύουν τον άνθρακά τους στα βάθη των ωκεανών εμπλουτίζοντάς τους. Όμως, επειδή οι συγκεντρώσεις των ατμοσφαιρικών ρύπων είναι μεγάλες, οι ωκεανοί γίνονται όλο και πιο κορεσμένοι σε διοξείδιο του άνθρακα με αποτέλεσμα η φυσική διαδικασία που

περιγράψαμε παραπάνω να μην είναι τόσο αποτελεσματική συμβάλλοντας έτσι στην υπερθέρμανση του πλανήτη.

Θα μπορούσαν κάποιοι να υποστηρίξουν πως όσο οι πάγοι στους πόλους λιώνουν, η επιφάνεια της θάλασσας αυξάνεται άρα η ικανότητα απορρόφησης του φυτοπλαγκτόν μεγαλώνει, αλλά αυτό έχει αποδειχτεί όχι μόνο ότι δεν ισχύει αλλά ότι την περιορίζει επιπλέον.



Εικόνα 5: Εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα ανά κάτοικο παγκοσμίως [9]

Σύμφωνα με επιστημονικό ιστό στο διαδίκτυο εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα έχουν ως εξής: [8]

- Το 88% των εκπομπών του άνθρακα προέρχονται από την ανθρώπινη δραστηριότητα, δηλαδή 8,5 δισεκατομμύρια τόνοι υπολογίζεται ότι απορρέουν από την καύση ορυκτών καυσίμων και την κατασκευή του τσιμέντου.
- Το υπόλοιπο 12% προέρχεται από τις διαδικασίες της αποψίλωσης και της χρήσης της Γης, δηλαδή περίπου 1,2 δισεκατομμύρια τόνοι.
- Επιπλέον, 47% από τον άνθρακα που παράγουμε πηγαίνει στην ατμόσφαιρα (4,5 δισεκατομμύρια τόνοι)
- Το 27% απορροφάται από τα δέντρα και τα φυτά στην επιφάνεια της Γης (2,6 δισεκατομμύρια τόνοι)
- Ενώ το υπόλοιπο 26% απορροφάται από τους ωκεανούς. (2,5 δισεκατομμύρια τόνοι)

Συνεπώς, συμπεραίνουμε ότι τα εργοστάσια παραγωγής με καύση άνθρακα είναι η μεγαλύτερη ανθρωπογενής πηγή εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα. Αυτόματα, η ενέργεια με βάση τον άνθρακα γίνεται η μεγαλύτερη απειλή της υπερθέρμανσης του πλανήτη [5].

1.3.2-Πως επηρεάζει η κλιματική αλλαγή την τροφική αλυσίδα

Για να προσπαθήσουμε να κατανοήσουμε καλύτερα πως η κλιματική αλλαγή επηρεάζει και προκαλεί διαταράξεις στα οικοσυστήματα, θα ρίξουμε μια ματιά στη βάση του θαλάσσιου τροφικού ιστού που είναι το φυτοπλαγκτόν. Αρχικά, τα αποτελέσματα μίας έρευνας έχουν δείξει πως η διαφάνεια του νερού επηρεάζει την πυκνότητα του φυτοπλαγκτόν και μάλιστα περιορίζει την χρωστική ουσία χλωροφύλλη που περιέχει. Συνεπώς, έχειδειχθεί πως το φυτοπλαγκτόν έχει μειωθεί παγκόσμια κατά ένα μεγάλο ποσοστό, όπου αυτή η αλλαγή σχετίζεται άμεσα με την μεταβλητότητα του κλίματος και πιο συγκεκριμένα με την αυξανόμενη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας. Έχει διαπιστωθεί πως οι ψυχρότεροι κλιματικοί κύκλοι τείνουν να συνδέονται με μεγαλύτερες ποσότητες φυτοπλαγκτόν, ενώ το αντίθετο φαίνεται να συμβαίνει με τους θερμότερους κύκλους κλίματος.

Επίσης, η μεγάλη αύξηση του ψαρέματος ανοιχτής θάλασσας έχει συμβάλλει και αυτή στην μείωση του φυτοπλαγκτόν. Όσο περισσότερα είδη ψαριών αποδεκατίζονται, τόσο περισσότερο το ζωοπλαγκτόν από το οποίο τρέφονται αυξάνεται και κατά συνέπεια αφού αυτό τρέφεται με φυτοπλαγκτόν, το τελευταίο μειώνεται. Αυτή η αλληλουχία βέβαια ισχύει και αντιστρόφως, αφού εν τέλει έχουμε μειωμένο φυτοπλαγκτόν, αυτό σημαίνει και μειωμένο ζωοπλαγκτόν και κατά συνέπεια μείωση μεγαλύτερων ειδών και ψαριών.

Τελικά συμπεραίνουμε ότι η μείωση του φυτοπλαγκτόν σημαίνει λιγότερη τροφή στην βάση της τροφικής αλυσίδας άρα αυξημένος ανταγωνισμός στην βόσκηση στους ήδη συρρικνωμένους πόρους, με ότι αυτό συνεπάγεται. Μειωμένο φυτοπλαγκτόν επίσης σημαίνει, μειωμένη ικανότητα απορρόφησης του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα, το οποίο συμβάλλει στην υπερθέρμανση και πάλι με ότι αυτό συνεπάγεται [5, 10].

1.4-Η επίδραση της κλιματικής αλλαγής στις μέδουσες

Σε γενικές γραμμές, τα είδη που είναι χαμηλά στην τροφική αλυσίδα δηλαδή όπως το φυτοπλαγκτόν, τα κωπήποδα και οι μέδουσες δείχνουν μεγαλύτερη ευαισθησία στη αλλαγή των κλιματικών συνθηκών από ότι εκείνα που είναι ψηλότερα στον τροφικό ιστό, όπως για παράδειγμα τα σπονδυλωτά. Οι μέδουσες έχουν την ικανότητα να εκμεταλλεύονται όλες τις δύσκολες συνθήκες υπέρ τους, όπως τις θερμοκρασιακές αλλαγές, τα κυμαινόμενα επίπεδα διαλυτού οξυγόνου, τη διαστρωμάτωση της στήλης ύδατος, τους κύκλους αυξομείωσης φυτοπλαγκτόν και κωπηπόδων, τον εμπλουτισμό θρεπτικών συστατικών και την οξίνιση των νερών. Επίσης, είναι προφανές πως και η μηδαμινή αλλαγή στον πληθυσμό των μεδουσών έχει άμεσες συνέπειες στην τροφική αλυσίδα και στις ιχθυοκαλλιέργειες [11]. Έτσι, μία απροσδόκητη αύξηση των μεδουσών είναι προειδοποιητικό σημάδι ότι ίσως κάτι δεν πάει καλά. Ωστόσο, λόγω των δύο σταδίων που έχουν πελαγικού και βενθικού είναι πολύ εύκολα παρατηρήσιμη μια ενδεχόμενη αύξηση τους.

Μία κλιματική αλλαγή για τις μέδουσες θα λέγαμε ότι είναι ο τέλειος συνδυασμός συνθηκών για αυτές, αφού θερμότερα νερά σημαίνουν γρηγορότερος μεταβολισμός και λιγότερο οξυγόνο. Ενώ, άλλα είδη αγωνίζονται για να επιβιώσουν οι μέδουσες όχι μόνο έχουν αυξημένη ποσότητα τροφής, λόγω αυξημένου φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν, αλλά και μειωμένο ανταγωνισμό.

Οι πιο προφανείς επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στις μέδουσες αφορά κυρίως την φυσιολογία τους. Μικρές αυξήσεις της θερμοκρασίας τείνουν να αυξήσουν το αναπαραγωγικό και αναπτυξιακό τους στάδιο, επιμηκύνοντας επιπλέον και την περίοδο αναπαραγωγής τους. Αυτό βέβαια φαίνεται να επαληθεύεται κυρίως για τα εύκρατα είδη μεδουσών, ενώ τα τροπικά είδη αντίθετα περιορίζονται από μία τέτοια αλλαγή αφού είναι ήδη κοντά στο μέγιστο της θερμοκρασίας που μπορούν να αντέξουν [12].

Όμως, κλιματική αλλαγή δεν σημαίνει απαραίτητα μόνο αύξηση της θερμοκρασίας αλλά συνοδεύεται επιπλέον από κλιματική μεταβλητότητα και αβεβαιότητα. Αλλά όπως αναφέραμε και παραπάνω οι μέδουσες μπορούν να ανταποκριθούν πολύ γρήγορα σε περιβαλλοντικές διακυμάνσεις, μπορούν να αυξηθούν ραγδαία και να επιβιώσουν με ελάχιστες πηγές θρεπτικών συστατικών εκμεταλλεύοντάς τις. Για παράδειγμα, μεγάλη αύξηση στον πληθυσμό των μεδουσών έχει παρατηρηθεί και σε μεγάλης κλίμακας φαινόμενα, όπως το El Niño.

Στη συνέχεια θα δούμε πως κάποιες μεταβλητές επηρεάζουν σε μεγάλο βαθμό την αυξομείωση των μεδουσών. Θα ξεκινήσουμε με το 'άρωμα' του νερού όπως λέγεται, που σημαίνει ότι τα νερά είναι είτε θερμά και αλμυρά, είτε ψυχρότερα και φρεσκότερα (με λιγότερο αλάτι), με τα θερμότερα και αλμυρότερα νερά να έχουν πιο ψηλό δείκτη 'αρώματός' [13]. Έχει παρατηρηθεί ότι τα είδη μεδουσών που ζουν σε παράκτιες περιοχές εμφανίζουν πολύ μεγαλύτερη αντοχή στην θερμοκρασία, στην αλμυρότητα και στο διαλυμένο οξυγόνο. Αυτό συμβαίνει γιατί σε αυτές τις περιοχές συμβαίνουν συχνές και μεγάλες μεταβολές στην θερμοκρασία και την αλμυρότητα των νερών. Μετά από μεγάλες βροχοπτώσεις για παράδειγμα τα νερά γίνονται λιγότερο αλμυρά, το καλοκαίρι θερμότερα, το χειμώνα ψυχρότερα κλπ.

Στην συνέχεια, θα εξετάσουμε τον παράγοντα θερμοκρασία που παρακινεί και ελέγχει περισσότερο από κάθε άλλον τους πληθυσμούς των μεδουσών. Σε γενικές γραμμές είναι γνωστό ότι οι πολύποδες των μεδουσών εκβλαστάνουν πιο γρήγορα και οι μικρές μέδουσες μεγαλώνουν γρηγορότερα όταν οι θερμοκρασίες είναι υψηλές, ενώ όταν δεν συμβαίνει αυτό η αναπαραγωγή και ο μεταβολισμός τους γίνονται με αργές διαδικασίες. Αυτό ισχύει κυρίως για τα εύκρατα είδη και εκείνα που ζουν στις εκβολές των ποταμών που τείνουν να έχουν ένα μεγάλο εύρος στις αντοχές τους στις περιβαλλοντικές αλλαγές. Επίσης, όλες οι διαδικασίες που έχουν να κάνουν με την παραγωγή μεδουσών βλέπουμε ότι επιταχύνονται όσο οι θερμοκρασίες αυξάνονται ειδικά για όλα τα είδη (Moon jelly). Αυτές, οι διαδικασίες δεν είναι άλλες από: μεγαλύτερα ποσοστά πολυπόδων παράγουν μέδουσες, οι διαδικασίες επιταχύνονται, περισσότεροι κύκλοι μεταμόρφωσης συμβαίνουν, ο κάθε πολύποδας απελευθερώνει περισσότερες προνύμφες μεδουσών, και τα ποσοστά των εκβλαστημάτων είναι και αυτά αυξημένα [12]. Συμπεραίνοντας, 13 από 16 είδη που μελετήθηκαν έδειξαν αύξηση στον πληθυσμό τους όταν οι συνθήκες ήταν θερμότερες. Ενδιαφέρον, επίσης παρουσιάζουν οι πολύποδες πολλών ειδών μεδουσών που παρατηρήθηκε ότι παρήγαγαν πολλές μέδουσες σε υψηλές θερμοκρασίες ενώ περισσότερα εκβλαστήματα παρουσιάστηκαν σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Αυτή η τάση των μεδουσών διοχετεύει την ενέργεια τους σε πολλές κατευθύνσεις τονίζοντας πόσο σοβαρές επιπτώσεις θα έχει η θερμοκρασία σε μία επερχόμενη κλιματική αλλαγή. Αν για παράδειγμα η μέση θερμοκρασία χειμώνα και καλοκαιριού αυξανόταν κατά 1°C, αυτό θα είχε ως αποτέλεσμα το χειμώνα οι πολύποδες να εκβλαστάνουν περισσότερους κλώνους απ' ότι συνήθως και το καλοκαίρι πολλοί περισσότεροι πολύποδες θα παρήγαγαν πολύ παραπάνω μέδουσες. Έτσι,

είναι πολύ εύκολο να αντιληφθούμε πως μία ελάχιστη αύξηση της θερμοκρασίας, μπορεί να προκαλέσει μία εκθετική διαφοροποίηση στο μέγεθος, στην συχνότητα και στη διάρκεια της άνθησης των μεδουσών.

Ένας επίσης σημαντικός παράγοντας είναι η αλμυρότητα του νερού. Κάποια είδη μεδουσών αυξάνονται ραγδαία όταν έρθουν σε επαφή με νερά αυξημένης αλμυρότητας, όπως για παράδειγμα τα είδη που ζουν στις εκβολές του Yangtze ποταμού που λόγω των φραγμάτων τα νερά είναι αλμυρά. Ενώ οι μέδουσες λοιπόν διεγείρονται άμεσα με την αύξηση της αλμυρότητας, οι πολύποδες έχουν διαφορετικές αποκρίσεις σε αυτήν. Για παράδειγμα οι πολύποδες της φαγώσιμης μέδουσας *rhophilema escuelenta* χρειάζονται μέση προς υψηλή αλμυρότητα των νερών για να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν [14], ενώ πειράματα στο είδος *moerisia lyonsi* έδειξαν ότι τα μεγαλύτερα ποσοστά στην κλωνική της αναπαραγωγή συμβαίνουν σε νερά με υψηλές θερμοκρασίες και χαμηλή αλμυρότητα [15]. Τέλος το είδος *chrysaora quinquecirrha* είναι περισσότερο παραγωγική σε νερά με ενδιάμεσες τιμές αλμυρότητας [16]. Συνεπώς τα είδη των μεδουσών μπορούν να ανταπεξέλθουν σε μία ευρεία κλίμακα διακυμάνσεων της αλμυρότητας των νερών.

Ένας άλλος παράγοντας που επιδράει στην αυξομείωση των μεδουσών είναι κατά κάποιο τρόπο και οι διακυμάνσεις στις βροχοπτώσεις. Οι μεγάλες βροχοπτώσεις στις παράκτιες περιοχές και στις ενδοχώρες οδηγούν σε αυξημένα αστικά απόβλητα και σε μεγάλες ροές των ποταμών, αυξάνοντας έτσι τα θρεπτικά συστατικά που καταλήγουν στη θάλασσα. Με την σειρά του το γεγονός αυτό οδηγεί σε αύξηση του φυτοπλαγκτόν που με τη σειρά του ενισχύει το ζωοπλαγκτόν. Ο συνδυασμός τους προσφέρει μία μεγάλη εν τέλει διαθεσιμότητα τροφής, πράγμα το οποίο συνεισφέρει στην εξάπλωση των μεδουσών. Επιπροσθέτως, αυξημένη βροχόπτωση σημαίνει υπερχειλίση και μειωμένη αλμυρότητα των νερών, των ποταμών και των παράκτιων περιοχών. Σε αυτή την περίπτωση όπως είδαμε, κάποια είδη μεδουσών και οι πολύποδες τους έχουν μεγάλο εύρος αντοχής στην αλμυρότητα και δεν επηρεάζονται ενώ άλλα δεν μπορούν να επιζήσουν σε μία τόσο μεγάλη συμβολή του γλυκού νερού στο θαλάσσιο περιβάλλον τους. Επίσης, από την άλλη πλευρά στην περίπτωση εκτεταμένης ξηρασίας, έχουμε μείωση του γλυκού νερού και αύξηση της αλμυρότητας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το να εκτεθούν σε μεγάλο κίνδυνο ψάρια και σπονδυλωτά που δεν μπορούν να προσαρμοστούν στην μεγάλη αλμυρότητα, ενώ ταυτόχρονα οι μέδουσες ευδοκιμούν σε ένα τέτοιο περιβάλλον [5].

Ο επόμενος παράγοντας που θα δούμε είναι το φώς του ήλιου. Σε σχέση με τους προηγούμενους παράγοντες που είδαμε δεν έχουν πραγματοποιηθεί τόσες μελέτες για το φως, οι επιδράσεις του δεν είναι τόσο εμφανείς, (όσο στην θερμοκρασία και στην αλμυρότητα π.χ.) αφού μπορεί το φως να επηρεαστεί από άλλους παράγοντες όπως τα σύννεφα ή τη θολότητα του νερού. Έχει βρεθεί ότι το φως λειτουργεί είτε σαν κίνητρο είτε σαν αναστολέας της διαδικασίας αναπαραγωγής των πολυπόδων σε διάφορα είδη μεδουσών (moon jelly, sea nettle). Άλλα ερεθίσματα που την επηρεάζουν είναι η θερμοκρασία, η τροφή και τα διάφορα χημικά. Διάφορες πηγές φωτοανάκλασης και φωτοαπορρόφησης αερίων αλλάζουν τώρα πλέον την ποσότητα του φωτός του ήλιου που φτάνει στην επιφάνεια της Γης. (αέρια του θερμοκηπίου, αιθάλη, σκόνη, σύννεφα). Το κατά πόσο τα παραπάνω επηρεάζουν τις μέδουσες είναι ακόμα ακαθόριστο [5].

1.4.1-Συμπέρασμα: Η κλιματική αλλαγή ευνοεί τις μέδουσες και αντιστρόφως

Όπως είδαμε και παραπάνω, η κλιματική αλλαγή επηρεάζει τις μέδουσες, όμως εδώ έρχεται μία αξιόλογη μελέτη του Dr.Rob Condon να δείξει ότι τελικά μπορεί να ισχύσει και το αντίθετο, δηλαδή οι μέδουσες να συμβάλλουν στην κλιματική αλλαγή. Ο Rob Condon και οι συνάδελφοι του ανακάλυψαν ότι οι μέδουσες εκλύουν σχηματισμούς πλούσιους σε άνθρακα από κολλοειδή και διαλυμένα οργανικά ύλη, τους οποίους χρησιμοποιούν τα βακτήρια για να αναπνεύσουν και όχι για να αναπτυχθούν που θα ήταν το αναμενόμενο. Έτσι, η αύξηση των μεδουσών μετατρέπει αυτά τα βακτήρια σε εργοστάσια παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα. Επιπλέον, αυτά τα είδη των μεδουσών που κάνουν αυτή τη διεργασία, ευνοούν τη γρήγορη ανάπτυξη και την κυριαρχία συγκεκριμένων τύπων βακτηρίων έναντι άλλων, διαφοροποιώντας τη μικροβιακή κοινότητα και έτσι ένα μεγαλύτερο ποσοστό βακτηρίων παράγει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα. Συνεπώς, η κλιματική αλλαγή προωθεί την αύξηση των μεδουσών και οι μέδουσες με τη σειρά τους προωθούν την κλιματική αλλαγή και αυτός ο φαύλος κύκλος δεν ξέρει ακόμα κανείς που τελειώνει [17].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2- Τα βασικά χαρακτηριστικά των μεδουσών

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν κάποια από τα είδη μεδουσών που υπάρχουν, θα εξεταστεί η αναπαραγωγική τους διαδικασία, η τροφή που καταναλώνουν, τα μέρη που ζουν, ο θάνατός τους καθώς και τα θετικά χαρακτηριστικά τους.

2.1-Είδη μεδουσών

Οι μέδουσες εμφανίστηκαν στη Γη πολύ πριν από 570 εκατομμύρια χρόνια (Προκάμβρια γεωλογική περίοδος). Τα αρχέγονα αυτά είδη, που αποτελούνται κατά το 95% από νερό, είναι συγγενή με τις θαλάσσιες ανεμώνες και τα κοράλλια (όλα αυτά είναι γνωστά στη ζωολογία με το όνομα κνιδόζωα, δηλαδή ζώα που φέρουν ειδικά κύτταρα με τοξικές ουσίες). Οι μέδουσες έχουν μεγάλη ποικιλία μεγεθών, σχημάτων και χρωμάτων. Οι περισσότερες έχουν διάμετρο από μερικά χιλιοστά έως και εκατοστά, αλλά μπορεί να φτάσουν μέχρι και τα 2 μέτρα, ενώ τα πλοκάμια τους φτάνουν και σε δεκάδες μέτρα [5].

Μέχρι στιγμής, έχουν ονομαστεί και κατηγοριοποιηθεί περίπου 1500 είδη μεδουσών, που σε καμία περίπτωση δεν αντιπροσωπεύει την πραγματική τους βιοποικιλότητα, αφού όλο και συχνότερα ανακαλύπτονται νέα είδη. Οι περισσότερες μέδουσες ανήκουν στο φύλο cnidaria (στα λατινικά ο όρος cnida σημαίνει τσουκνίδα) κυρίως λόγω των τσιμπημάτων τους. Ένας μικρότερος αριθμός μεδουσών ανήκει στο φύλο κτενοφόρα, που χαρακτηρίζονται από 8 σειρές βλεφαρίδων κατά μήκος του σώματος τους και δεν έχουν καρδιά, βράγχια, εγκέφαλο και κόκαλα. Οι μέδουσες και των δύο κατηγοριών έχουν τα εξής κοινά χαρακτηριστικά : αποτελούνται κατά κύριο λόγο από ένα ζελατινώδες σώμα, έχουν ένα ή περισσότερα στόματα για να λαμβάνουν την τροφή τους, ένα ή περισσότερα στομάχια για να την χωνεύουν και συνήθως 4 ή 8 γονίδια(gonads) για να παράγουν περισσότερους απογόνους [5].

Κάποια ενδεικτικά είδη μεδουσών είναι τα παρακάτω: moon jellies, comb jellies, rainbow jellies, box jellies, fire jellies, sea wasps, sea nettles, sea tomatoes, sea walnuts, sea gooseberries, venue's girdles, lion's manes, pink meanies, purple people eaters, blubbers,

snotties, agua vivas, agua mala, blue bottles, blue buttons, blue stars, Portuguese man-o-war, by-the-wind sailor, the long stingy stringy thingy (εικόνα 6) [5].



Εικόνα 6: Διάφορα είδη μεδουσών [18]

Μόνο 70 είδη μεδουσών, είναι επικίνδυνα για τον άνθρωπο και αυτά αποκαλούνται τσούχτρες, καθότι όταν έρθουν σε επαφή με αυτόν προκαλούν δυσάρεστη έως και επώδυνη αίσθηση. Η επαφή με τις τσούχτρες στη χώρα μας σπάνια οδηγεί σε σοβαρά προβλήματα και μόνο σε ορισμένα ευαίσθητα και αλλεργικά άτομα. Στην πλειονότητα των περιπτώσεων η περιοχή του σώματος που ήλθε σε επαφή με την τσούχτρα παρουσιάζει μία έντονη ερυθροδερμία με ή χωρίς πρήξιμο που συνοδεύεται από έντονο τσούξιμο, πόνο ή και κνησμό. Τα ενοχλήματα αυτά προκαλούνται από μία τοξική ουσία που απελευθερώνεται αντανακλαστικά από τα πλοκάμια της τσούχτρας, όταν έρχονται αυτά σε επαφή με κάποιον άλλον οργανισμό. Η τοξική αυτή ουσία έχει σκοπό είτε να προστατεύσει την τσούχτρα από τους εχθρούς της, είτε να παραλύσει τη λεία της (πλαγκτόν και άλλοι μικροί θαλάσσιοι οργανισμοί) για τροφή. Ο κίνδυνος παραμονεύει στα πλοκάμια τους που κρέμονται από το διαφανές και ζελατινώδες σώμα τους σε σχήμα καμπάνας ή ομπρέλας. Κάθε πλοκάμι διαθέτει εκατοντάδες κνιδοκύτταρα και νηματοκύστες, που περιέχουν ένα μακρύ, κουλουριασμένο νήμα. Όταν ερεθιστεί η νηματοκύστη, το νήμα εκτοξεύεται προς το θύμα, σαν ένα μικρό καμάκι, αφήνοντας στο στόχο του μια ποσότητα νευροτοξίνης. Αυτό το

δηλητήριο μπορεί να προκαλέσει απλό κνησμό, ερυθροδερμία, έντονα σημάδια με πόνο στο δέρμα, μέχρι και ναυτία, μυϊκή παράλυση, ακόμα και θάνατο σε ακραίες περιπτώσεις και σε αλλεργικά άτομα [19].

Οι μέδουσες, που συναντάμε πιο συχνά στις ελληνικές θάλασσες, είναι η γνωστή και ως «γυαλί» "Χρυσάλιδα η χρυσοποίκιλτη" (*Aurelia aurita*), η καφέ-μουσταρδί μέδουσα η "Κοτυλόριζα με φυμάτια" (*Cotylorhiza tuberculata*) που θυμίζει τηγανητό αυγό, η μεγάλη γαλάζια μέδουσα "Πνεύμα-ριζόστομα" (*Rhizostoma pulmo*), αλλά και η "Πελάγια που λάμπει στο σκοτάδι" (*Pelagia noctiluca*), η μόνη μέδουσα που στην περιοχή μας είναι και τσούχτρα. Οι περιοδικές πληθυσμιακές εξάρσεις της τσούχτρας "Πελάγια" στη Μεσόγειο, δεν έχουν καθοριστεί επακριβώς, αλλά φαίνονται ότι συνδέονται με τις διακυμάνσεις της θερμοκρασίας της θάλασσας και με άλλους περιβαλλοντικούς παράγοντες που επηρεάζονται από τις κλιματικές αλλαγές, όπως είναι για παράδειγμα οι περίοδοι ξηρασίας ή έντονων βροχοπτώσεων τους ανοιξιάτικους μήνες [19].

Mauve Stinger (*Pelagia noctiluca*) (εικόνα 7):

Η μέδουσα Mauve stinger έχει διάμετρο που δεν ξεπερνά τα 10 εκατοστά και έχει το κλασσικό σχήμα «καμπάνας» με κυματοειδείς άκρες. Τα χρώμα της είναι ροζ προς μωβ κι αποτελείται από οκτώ απλά πλοκάμια και τέσσερα παχύτερα γύρω από την στοματική κοιλότητα, τα οποία μπορεί να φτάσουν έως και τα 10 μέτρα μήκος. Η Mauve Stinger ζει συνήθως στην ανοιχτή θάλασσα, αλλά μεγάλες συγκεντρώσεις του είδους της παρασύρονται μερικές φορές σε παράκτιες περιοχές και ξεβράζονται σε παραλίες. Αυτές οι μέδουσες είναι γνωστές για το επίπονο τσίμπημά τους [20].



Εικόνα 7: Mauve stinger [21]

Moon Jelly (*Aurelia aurita*) (εικόνα 6):

Η μέδουσα Moon Jelly έχει διάμετρο από 5 έως 40 εκατοστά και αναγνωρίζεται εύκολα από τους τέσσερις γεννητικούς αδένες σε σχήμα πέταλου, οι οποίοι βρίσκονται πάνω στο σώμα της. Τα σώμα της, σε σχήμα καμπάνας είναι συνήθως διαφανές ή ελαφρώς λευκό, ενώ οι γεννητικοί αδένες είναι ροζ ή πορτοκαλί. Τα είδος αυτό έχει πολύ κοντά πλοκάμια στις παρυφές του σώματος του. Ζει σε παράκτιες περιοχές, κανάλια & όρμους [20].

Mediterranean Jelly/Fried Egg Jellyfish (*Cotylorhiza tuberculata*) (εικόνα 6):

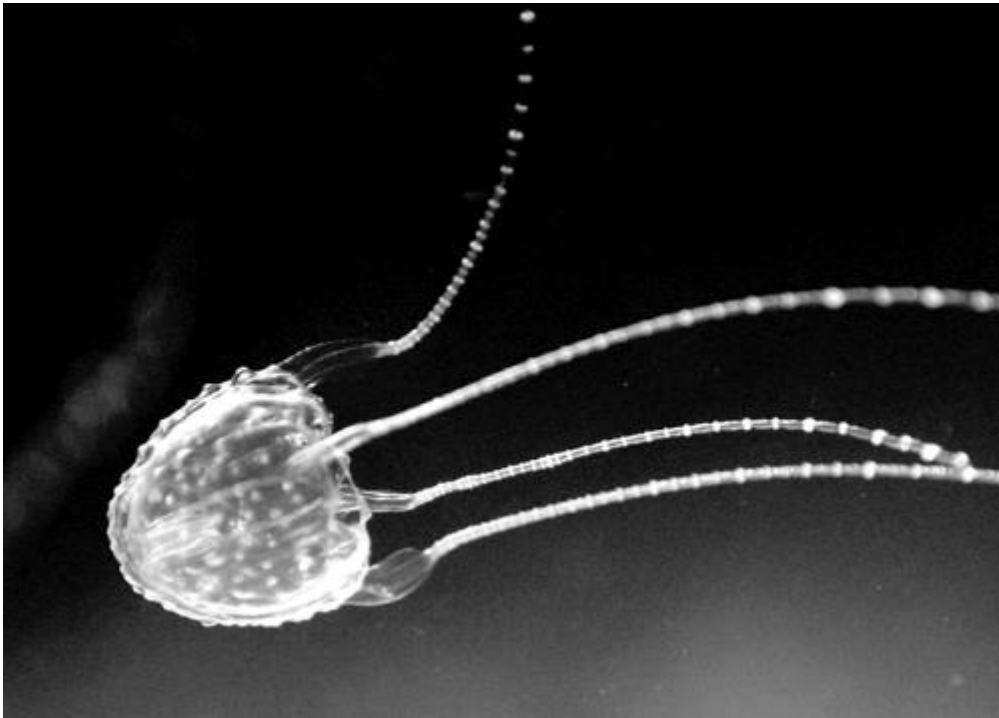
Η μεσογειακή μέδουσα (αλλιώς μέδουσα «τηγανητό αυγό» λόγω του σχήματός της) έχει διάμετρο περίπου 40 εκατοστών και κίτρινο χρώμα. Το σώμα της διαθέτει έντονο θολωτό σχήμα και περιτριγυρίζεται από ένα αυλακωτό δαχτυλίδι, κάτω από το οποίο βρίσκονται διαφόρων μεγεθών προσαρτήματα. Ζει στην ανοιχτή θάλασσα σε βάθος έως 7 μέτρα. Το τσίμπημα της έχει μικρή έως μηδαμινή επιρροή στον ανθρώπινο οργανισμό.

Το πιο επικίνδυνο είδος τσούχτρας παγκοσμίως, είναι η Κυβομέδουσα (*Chironex fleckerii*), γνωστή και ως θαλάσσια σφήκα, που είναι το πιο θανατηφόρο πλάσμα στη Γη. Συναντάται στις ακτές του Ινδικού και του Ειρηνικού Ωκεανού και χρησιμοποιεί το θανατηφόρο δηλητήριό της για τις μεγάλες και μικρές γαρίδες. Το δηλητήριο της Κυβομέδουσας μπορεί να προκαλέσει το θάνατο σ' έναν ενήλικο άνθρωπο μέσα σε τρία λεπτά, από ανακοπή καρδιάς, κατάρρευση του κυκλοφορικού συστήματος ή και παράλυση του αναπνευστικού. Στις ευρωπαϊκές ακτές του Ατλαντικού ωστόσο, τους μήνες του καλοκαιριού κυρίως, υπάρχουν είδη μέδουσας που το δηλητήριό τους περιέχει το 75% της τοξικότητας του δηλητηρίου της βασιλικής κόμπρας! [20]

Irukandji (εικόνα 8):

Είναι ένας τύπος μέδουσας πολύ επικίνδυνος και το όνομα τους προέρχεται από τους ιθαγενείς της Αυστραλίας, εκεί όπου πρώτη φορά η περίεργη ασθένεια που προκαλεί αυτή η μέδουσα εμφανίστηκε. Είναι μικρές σε μέγεθος αράπικου φιστικιού αν και υπάρχουν και λίγο μεγαλύτερα είδη. Όλα τα είδη έχουν 4 πλοκάμια που μπορούν να φτάσουν μέχρι και 100 φορές το μήκος του σώματός τους. Παρά το μικρό τους ανάστημα, τα τσιμπήματά τους μπορούν να προκαλέσουν πολύ σοβαρές ιατρικές επιπλοκές. Τα τσιμπήματά τους προκαλούν το γνωστό σύνδρομο irukandji με εμφανώς μη συσχετιζόμενα συμπτώματα. Κάποια από αυτά είναι: έντονος πόνος χαμηλά στη μέση, έντονες κράμπες, πόνος στα νεφρά,

ναυτίες, εμετοί, σπασμοί σε χέρια και πόδια, δυσκολία στην αναπνοή, εφίδρωση, υψηλή αρτηριακή πίεση. Μπορεί να οδηγήσει ακόμα και σε θάνατο [5].



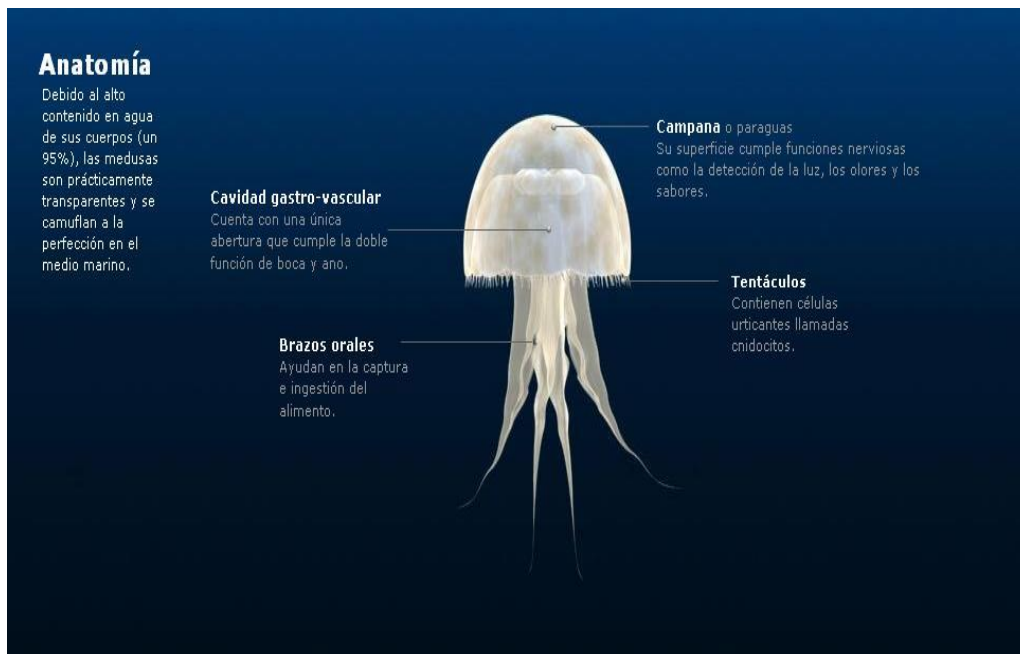
Εικόνα 8: Irukandji [22]

2.2-Που ζουν

Οι μέδουσες ζουν σε όλα τα βάθη των ωκεανών, από τον πυθμένα της θάλασσας μέχρι και τα πιο επιφανειακά νερά, σε όλα τα γεωγραφικά μήκη και πλάτη από τους πόλους μέχρι τα τροπικά νερά, όλες τις εποχές του χρόνου. Έχουν βρεθεί να ζουν ακόμη και σε βάθη μέχρι και τα 3500 μέτρα, ενώ συνήθως βρίσκουμε τις περισσότερες στην ανοιχτή θάλασσα, αλλά μεταφέρονται στις παραλίες και σε αβαθή παράκτια νερά, με τα ρεύματα της επιφανείας της θάλασσας, τα οποία εξαρτώνται από τους ανέμους. Σαφώς, διαφορετικά είδη 'κατοικούν' σε κάθε περιοχή αλλά και σε διαφορετικές κλιματολογικές συνθήκες. Τα περισσότερα είδη μεδουσών είναι θαλάσσια αλλά υπάρχουν και εκείνα που ζουν στο γλυκό νερό, παρουσιάζοντας μεγάλο ενδιαφέρον. Επίσης, φαίνεται ότι αντέχουν σε μεγάλο φάσμα θερμοκρασιών και αλμυρότητας. Οι περισσότερες μέδουσες είναι ιδιαίτερα ευκίνητες, μολονότι συνήθως παρασύρονται από τα ρεύματα της θάλασσας, έχουν την ικανότητα να κινούνται αυτόνομα, κάνοντας απαλές, παλμικές κινήσεις [19].

2.3-Ανατομία- αναπαραγωγή

Η ανατομία της μέδουσας είναι πολύ απλή. Τρία είναι τα στρώματα που σχηματίζουν την καμπάνα-σώμα της. Στο σώμα της υπάρχει μία μόνο κοινή δίοδος, από την οποία περνούν η τροφή και τα περιττώματα. Απ' αυτή την ίδια δίοδο, εξέρχονται και τα αναπαραγωγικά κύτταρα (σπερματοζωάρια και ωάρια) από τα ώριμα αρσενικά και θηλυκά άτομα. Αντί του εγκεφάλου, οι μέδουσες διαθέτουν ένα στοιχειώδες νευρικό σύστημα ή νευρικό δίκτυο, το οποίο αποτελείται από υποδοχείς για την ανίχνευση του φωτός, της οσμής και για άλλα ερεθίσματα (εικόνα 9) [19].



Εικόνα 9: Ανατομία της μέδουσας (Taringa n.d.)

Από τα γονιμοποιημένα ωάρια (σε ειδικό σάκο ή στο στόμα του θηλυκού ατόμου) γεννιέται ένα σκουλήκι, η πλάνουλα, η οποία αφού περιπλανηθεί προσκολλάται σε σκληρές επιφάνειες στο βυθό και παραμένει εκεί για μήνες ή και για χρόνια ως πολύποδας (εικόνα 10).

Απ' αυτή τη μορφή προέρχονται συνήθως και μικροί πολύποδες που προσκολλώνται με τη σειρά τους ή και νεογνά μέδουσας, τα οποία στη συνέχεια ωριμάζουν και κολυμπούν ελεύθερα για να συνεχιστεί έτσι ο κύκλος της ζωής τους. Ορισμένα είδη (π.χ. το υδρόζωο Turritopsis), από το ώριμο στάδιο μεταμορφώνονται ξανά σε πολύποδες και ανατρέπουν έτσι το συνηθισμένο κύκλο της ζωής τους, δημιουργώντας ένα άλυτο μέχρι στιγμής μυστήριο για τους επιστήμονες.

Οι περισσότερες μέδουσες έχουν δύο στάδια, το πελαγικό, που η μέδουσα αναπαράγεται σεξουαλικά και το βενθικό, που βρίσκεται στην μορφή του πολύποδα, που αναπαράγεται μη σεξουαλικά, όπως γίνεται σε πολλά προνυμφικά στάδια πολλών ειδών. Αυτά τα στοιχεία στην ιστορία τους αλλά και η οικολογική αλληλεπίδραση μεταξύ των δύο αυτών φάσεων είναι οι κύριοι λόγοι της επιτυχής επιβίωσης τους δια μέσω των αιώνων.

Η κλωνική αναπαραγωγή δεν συναντάται συχνά στους ζώντες οργανισμούς, εκτός από τα φυτά και τα ασπόνδυλα. Οι μέδουσες όμως είναι ικανές να παράγουν κλώνους, δηλαδή να αναπαράγονται μη σεξουαλικά, με τουλάχιστον 13 διαφορετικούς τρόπους. Αυτή η δυνατότητα τους μπορεί να εξηγήσει την ανεξέλεγκτη αύξησή τους. Το στάδιο του πολύποδα είναι ουσιαστικά η 'τράπεζα των σπόρων' της αύξησης τους και οι τρόποι, που πολλαπλασιάζονται οι πολύποδες, είναι η εξήγηση στην απίστευτη εξάπλωση τους.

Επίσης, οι μέδουσες έχουν δύο στάδια στην ενήλικη ζωή τους. Ουσιαστικά, όταν οι μέδουσες κάνουν μωρά, δεν θα γίνουν μέδουσες όταν μεγαλώσουν αλλά θα μοιάζουν με μικρούς πολύποδες προσκολλημένους σε κοράλλια ή σε θαλάσσιες ανεμώνες. Αλλά όταν αυτοί οι πολύποδες κάνουν μωρά θα γίνουν κανονικές μέδουσες μεγαλώνοντας. Η μέδουσα στην μορφή που όλοι γνωρίζουμε αναπαριστά το σεξουαλικό κομμάτι του κύκλου ζωής, όπου τα αρσενικά και θηλυκά παράγουν σπέρμα και αυγά αντίστοιχα. Ο πολύποδας όπως αναφέραμε αποτελεί το μη σεξουαλικό κομμάτι του κύκλου ζωής και αναπαράγεται κλωνικά. Έτσι, κάθε γενιά μεδουσών και πολυπόδων εναλλάσσεται [5].

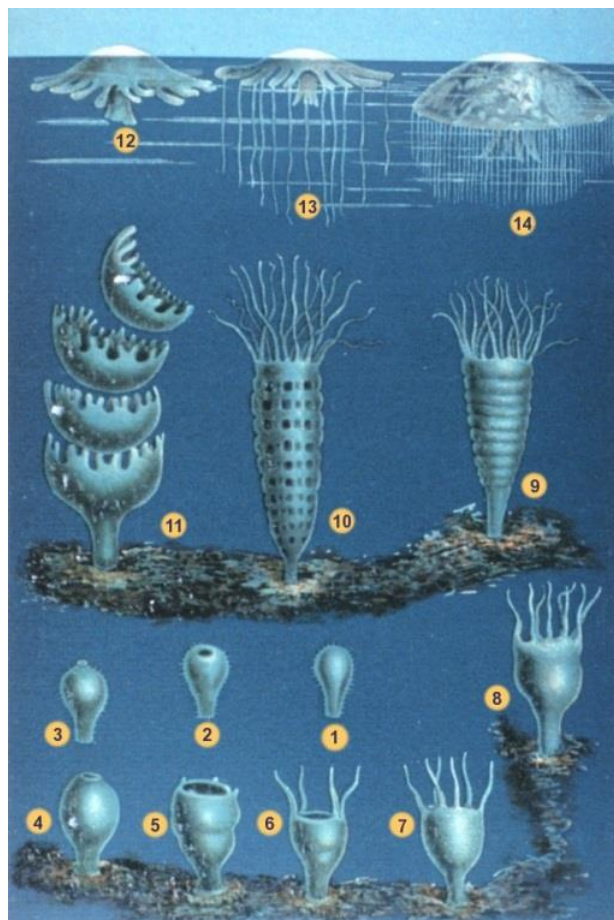
Τα εποχιακά είδη πολυπόδων είναι προσκολλημένα στο κάτω μέρος συνήθως βράχων, κελυφών ή σε άλλα σκληρά υποστρώματα. Ανθρωπογενείς κατασκευές όπως το κάτω μέρος προκυμίων και βαρκών, οι πάσσαλοι των δακτυλίων του πετρελαίου, οι γέφυρες, τα αιολικά πάρκα βασισμένα στην θάλασσα, τα απόβλητα και άλλα επιπλέοντα από ναυάγια αποτελούν το τέλειο περιβάλλον για να αποικίσουν και να εγκατασταθούν. Το αν τελικά οι πολύποδες είναι στάδιο μιας ενήλικης μέδουσας ή αποτελεί ένα αναπτυξιακό στάδιο προνύμφης, έχει συζητηθεί για αιώνες χωρίς να υπάρξει κάποιο ασφαλές συμπέρασμα.

Μία άλλη μέθοδος αναπαραγωγής της μέδουσας είναι ο "στροβιλισμός". Αυτό συμβαίνει όταν ο πολύποδας αρχίζει να υφίσταται μία μεταμορφωτική διαδικασία, μέσω της οποίας επιμηκύνεται και διαφοροποιείται σαν σε μία στοίβα από πιάτα ή νομίσματα, μέσω της διαδικασίας της εγκάρσιας σχάσης. Αυτοί οι δίσκοι αναπτύσσονται σε μικροσκοπικές, σε σχήμα μαργαρίτας, προνύμφες μεδουσών. Έπειτα, αρχίζουν να πάλλονται και τελικά

αποκόβονται για να γίνουν αυτόνομες πλέον μέδουσες. Τέλος, αρχίζουν να τρέφονται μόνες τους και να μεγαλώνουν εξαιρετικά γρήγορα.

Τώρα, οι πολύποδες που δεν αναπαράγονται με την παραπάνω μέθοδο, είναι πολύ απασχολημένοι κάνοντας πολλούς μικρούς κλώνους τους, χτίζοντας έτσι απέραντες αποικίες πολυπόδων που περιμένουν τις κατάλληλες συνθήκες για να στροβιλιστούν. Είναι γνωστό ότι η αναμονή τους αυτή μπορεί να είναι και πολυετής, αν χρειαστεί [5].

Οι μελλοντικές περιβαλλοντικές συνθήκες όπως η θερμοκρασία, η αλμυρότητα και η διαθεσιμότητα τροφής είναι απρόβλεπτες και μπορεί να μην επιτρέπουν στις εφύρες (προνύμφη μέδουσας) και τις μέδουσες την επιβίωση και την ανάπτυξή τους. Ως εκ τούτου η υγεία των πολυπόδων είναι σημαντική, γιατί όσο πιο υγιείς είναι τόσο πιο πολλές εφύρες παράγουν, άρα υπάρχουν μεγαλύτερες πιθανότητες επιβίωσης των μεδουσών. Γενικότερα το φαινόμενο του στροβιλισμού είναι πολύ περίπλοκο και πολλοί λίγοι γνωρίζουν για αυτό. Για παράδειγμα κατά την διάρκεια κάποιων ετών παρατηρήθηκε ότι το 100% των πολυπόδων στροβιλίστηκε, ενώ σε κάποια άλλα χρόνια λιγότερο από το 10% ενεργοποιήθηκε για να αναπαραχθεί.



Εικόνα 10: Αναπαραγωγή της μέδουσας [23]

Ο μικρός κύκλος ζωής κάποιων ειδών μεδουσών τους επιτρέπει να επωφελούνται από την αναμονή των πολυπόδων τους να ενεργοποιηθούν, προλαβαίνοντας έτσι να αποκριθούν στις γρήγορες οικολογικές αλλαγές που συμβαίνουν στο περιβάλλον. Ακόμα και σε μη κατεστραμμένα περιβάλλοντα, οι μέδουσες «πάνε και έρχονται» εποχιακά, αφού οι πληθυσμοί τους μπορούν να ανιχνεύσουν την άνοιξη και το καλοκαίρι την άνθηση του φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν. Ολοκληρώνοντας, οι μέδουσες έχουν τελειοποιήσει την «τέχνη της επιβίωσης» ξεπερνώντας πολλούς άλλους ζώντες οργανισμούς, με την ικανότητα τους να κλωνοποιούνται όταν οι συνθήκες το επιτρέψουν [5].

Η γνώση για την οικολογία και των δύο αυτών φάσεων του πολύποδα και της μέδουσας είναι απαραίτητη για να μπορέσουμε να καταλάβουμε τα πραγματικά αίτια των αυξήσεων και μειώσεων. Όμως, η αλήθεια είναι ότι στις περισσότερες περιπτώσεις, όταν αλλαγές στους πληθυσμούς των μεδουσών έχουν παρατηρηθεί, δεν γνωρίζουμε σχεδόν τίποτα για τον οικολογικό τομέα των πολυπόδων [24].

2.4-Ζωή, Θάνατος και μη Θνησιμότητα

Οι μέδουσες έχει αποδειχτεί ότι ζουν πάνω από μια δεκαετία. Αλλά οι πολύποδες είναι ουσιαστικά αθάνατοι. Ο κάθε πολύποδας ζει περίπου 14 μήνες, αλλά όταν πλέον αυτός πεθαίνει, ο κλώνος του συνεχίζει να υπάρχει, άρα για αυτό θεωρείται αθάνατος [25]. Αξιόλογο παράδειγμα αποτελεί το είδος *turritopsis dohrnii*, που όταν πεθαίνει τα κύτταρα της αρχίζουν να αποσυντίθενται όπως κάθε ζωντανού οργανισμού αλλά μετά από αυτό κάτι απίστευτο συμβαίνει. Όπως το σώμα της αποσυντίθεται, τα κύτταρα της ξανασυγκεντρώνονται και σχηματίζουν νέες υδροειδείς αποικίες [26]. Ο όλος μετασχηματισμός από μέδουσα σε πολύποδα κρατάει περίπου 5 ημέρες από το θάνατο της μέδουσας. Αυτή η περίεργη πλευρά του είδους *Turritopsis*, είναι το πρώτο γνωστό παράδειγμα βιολογικής μη θνησιμότητας, αλλά είναι κοινό για όλες τις μέδουσες, που με αυτόν τον μετασχηματισμό, δεν υφίστανται ποτέ ολοκληρωμένο θάνατο.

2.5-Πως και τι τρώνε

Οι περισσότερες μέδουσες τρώνε παγιδεύοντας τη λεία τους στα πλοκάμια τους. Οι cnidarian μέδουσες χρησιμοποιούν τα δηκτικά τους κύτταρα για αυτό το σκοπό, δηλαδή για να ζαλίσουν ή να σκοτώσουν τη λεία με δηλητήριο και τραυματισμό καμακιού. Τα κτενοφόρα

αντιθέτως παγιδεύουν τη λεία τους στα κολλώδη νήματά τους. Επίσης, ενώ οι cnidarian δημιουργούν μεγάλες αναταραχές με τις παλλόμενες κινήσεις τους καθώς κολυμπούν, τα κτενοφόρα κινούνται στο νερό χωρίς να προκαλούν την παραμικρή ανατάραξη, πλησιάζουν και κατακτούν τη λεία τους χωρίς να ανιχνευθούν από αυτήν. Άλλα είδη, όπως η μικρή σε μέγεθος τσέπης begoe, έχουν αναπτύξει ειδικά «δόντια» για να δαγκώνουν άλλα κτενοφόρα σε μεγάλα κομμάτια [5].

Έχουμε συνηθίσει ότι όσο πιο ψηλά βρίσκεται ένα ον στο δέντρο της εξέλιξης, τόσο πιο ψηλά βρίσκεται και στην τροφική αλυσίδα. Αλλά με τις μέδουσες δεν ισχύει το ίδιο, είναι η εξαίρεση στον κανόνα. Μικρές μέδουσες τρώνε μεγάλα κομμάτια από αχιβάδες, κάβουρες και αστερίες. Αργές μέδουσες τρώνε γρήγορα είδη ψαριών και καλαμάρια. Μέδουσες χωρίς εγκέφαλο τρώνε είδη σαλιγκαριών, μαλακόστρακα και ψάρια με εγκέφαλο. Και όχι απλώς τα τρώνε, αλλά τα ανταγωνίζονται κιάλας! Πώς γίνεται? Οι μέδουσες βάζουν στόχο τα αυγά και τις προνύμφες των ειδών που βρίσκονται πάνω από αυτές στην τροφική αλυσίδα. Αλλά και το φαγητό το οποίο προοριζόταν για τις προνύμφες. Έτσι, με αυτόν τον τρόπο αναστατώνουν ολόκληρα οικοσυστήματα με την διπλή φύση τους και ως θηρευτές αλλά και ως ανταγωνιστές των άλλων ειδών που είναι μεγαλύτερα, γρηγορότερα και εξυπνότερα από αυτές [5].

Οι μέδουσες ως σαρκοφάγα: Παρά την αρχέγονη δομή τους, οι μέδουσες είναι φοβεροί θηρευτές και μπορούν να καταναλώσουν πάνω από το μισό βάρος του σώματός τους σε φαγητό την ημέρα [27]. Με κάθε παλμό της καμπάνας τους και με κάθε ταλάντευση των πλοκαμιών τους, οι μέδουσες αιχμαλωτίζουν προνύμφες και αυγά ψαριών, μαλακοστράκων, μαλακίων, εχινόδερμων, και άλλων πλασμάτων που αποτελούν την πανίδα της θάλασσας. Μπορούν να φάνε αυγά και προνύμφες από οτιδήποτε υπάρχει γύρω από το στόμα τους, ακόμα κι αν αυτό δεν είναι απαραίτητο. Τέλος, όταν οι μέδουσες υπάρχουν σε μαζικά σμήνη, μπορούν να «καθαρίσουν» το νερό από όλα τα αυγά, προνύμφες και μικρά ασπόνδυλα, όπως κωπήποδα και μικρά μαλακόστρακα, που υπάρχουν σε τεράστιες ποσότητες στους ωκεανούς. Αυτό, μπορούν να το κάνουν με εκπληκτική ταχύτητα, μέσα σε λιγότερο από μία ημέρα.

Οι μέδουσες ως θηρευτές μεδουσών: Οι μέδουσες όχι μόνο τρώνε και ανταγωνίζονται τα πιο εκλεπτυσμένα είδη αλλά έχουν τη μοναδική ικανότητα να επιβιώνουν στο δικό τους οικοσύστημα, αποφεύγοντας, ψάρια, μαλακόστρακα και μαλάκια. Πολλά είδη

μεδουσών υποχρεώνονται να γίνουν ευκαιριακοί θηρευτές σε άλλες μέδουσες. Αυτός ο ανεξάρτητος τροφικός ιστός ονομάζεται «ο ιστός των μεδουσών» [28].

Οι μέδουσες ως συμβιωτικά είδη: Μερικά είδη μεδουσών δεν χρειάζεται να βρουν φαγητό για να φάνε. Στην πραγματικότητα, πολλά είδη όπως τα blubbers, έχουν συμβιωτικά φύκη τα οποία ζουν στους ιστούς τους, παρόμοια κατάσταση με τα κοράλλια, που ζουν με τα συμβιωτικά τους.

2.6-Κλωνική μεταβολή για την αντιμετώπιση απρόβλεπτων καταστάσεων

Οι απόγονοι των περισσότερων οργανισμών έχουν τις ευκαιρίες τους να επιβιώσουν σε μη προβλέψιμες καταστάσεις, αλλά σε γενικές γραμμές, αν υπάρχει απόθεμα τροφής, τα μικρά θα επιβιώσουν και θα αναπτυχθούν, εάν όχι τότε τα περισσότερα θα λιμοκτονήσουν. Αλλά οι μέδουσες έχουν τον τρόπο να αντισταθμίζουν αυτό τον παράγοντα της αβεβαιότητας. Στα περισσότερα είδη μεδουσών, τα μικρά γεννιούνται σε κλωνικές ομάδες, όπως παραπάνω αναφέραμε με την διαδικασία του στροβιλισμού. Οι νεαρές μέδουσες που προκύπτουν είναι γενετικά πανομοιότυπες, αλλά μπορεί να φαίνονται πολύ διαφορετικές. Οι μέδουσες βασίζονται σε ένα ακτινικό σύστημα συμμετρίας, όπως για παράδειγμα μία στρογγυλή πίτσα κομμένη σε 4 ίσα κομμάτια ή 5 ή 6 ή 3 ή 2. Το κύριο σχέδιο αποτελείται από 4 ίσα τεταρτοκύκλια, το καθένα με ένα περικυκλωμένο γόνο (gonad), μία σακούλα στομάχου, έναν βραχίονα από το στόμα που χρησιμεύει για φαγητό και αναπαραγωγή, 2 αισθητήρια κουμπιά (rhopalia) και ένα σετ από ακτινικά «κανάλια» σαν αρτηρίες και φλέβες που διανέμουν τα θρεπτικά συστατικά σε όλο το σώμα. Άλλοι σχηματισμοί διατηρούν τις ίδιες συγκεντρώσεις αλλά έχουν περισσότερα ή λιγότερα από 4 κομμάτια. Παραδείγματος χάρη, οι σχηματισμοί αποτελούμενοι από 6 μέρη έχουν 6 γόνους, 6 στομάχια, 6 χέρια κι 12 rhopalia, ενώ οι αποτελούμενοι από 3 μέρη έχουν αντίστοιχα 3 γόνους, 3 στομάχια, 3 χέρια και 6 rhopalia [5].

Η σημαντικότητα του αριθμού των ακτινικών κομματιών είναι ότι αυτοί οι διαφορετικοί σχηματισμοί είναι γεννημένοι από τον ίδιο κλώνο, από τον ίδιο πολύποδα δηλαδή, ενώ την ίδια στιγμή εξυπηρετούν διαφορετικούς οικολογικούς ρόλους [29]. Εκείνοι με τα λιγότερα όργανα αίσθησης πάλλονται λιγότερο συχνά από εκείνα που έχουν περισσότερα, αλλά τα τελευταία έχουν περισσότερο γονιδιακό υλικό για να παράξουν

περισσότερο σπέρμα και μεγαλύτερο αριθμό αυγών. Συνοψίζοντας, όταν η τροφή βρίσκεται σε αφθονία, σχεδόν όλοι οι κλώνοι επιβιώνουν, ανεξαρτήτως αν αυτοί αποτελούνται από 4, λιγότερα ή περισσότερα κομμάτια, παράγουν σπέρμα και αυγά κάνοντας πολλούς απογόνους. Στην περίπτωση όμως που το φαγητό είναι ελλιπές, οι σχηματισμοί με τα περισσότερα κομμάτια καταναλώνουν πολλή ενέργεια, παλλόμενοι πιο συχνά από αυτούς με τα λιγότερα κομμάτια. Συνεπώς, οι πιο βραδείς σχηματισμοί με τα λιγότερα κομμάτια αποκτούν σημαντικό πλεονέκτημα στην επιβίωση τους. Παρατηρούμε λοιπόν ότι μέσω των κλώνων, τα γονίδια δεν χάνονται αλλά περνάνε στο επόμενο στάδιο, «αδιαφορώντας» αν υπάρχει η απαιτούμενη ποσότητα τροφής [5].

2.7-Ανάπτυξη και Υποανάπτυξη

Σε περιπτώσεις που η ποσότητα της τροφής γίνει εξαιρετικά λίγη, τα περισσότερα είδη μέδουσών έχουν και ένα εφεδρικό σχέδιο επιβίωσης. Σε περιπτώσεις λιμού λοιπόν, οι μέδουσες μπορούν να μείνουν χωρίς φαγητό για αρκετά μεγάλο χρονικό διάστημα, μεταβαίνοντας σε μία διαδικασία που λέγεται υποανάπτυξη [30]. Όταν λιμοκτονούν, καταναλώνουν τη μάζα του σώματός τους πολύ αργά ενώ γίνονται όλο και μικρότερες, μέχρι να υπάρξει ξανά διαθέσιμη τροφή.

Όταν αρχίσουν να τρέφονται ξανά, ανακτούν πολύ γρήγορα το κανονικό τους μέγεθος, χωρίς την επίδραση καμίας ασθένειας ή λοίμωξης. Κατά τη διάρκεια της περιόδου υποανάπτυξης, παραμένουν αναπαραγωγικά ενεργές και ζουν και μοιάζουν με κανονικές μέδουσες παρόλο που γίνονται προοδευτικά μικρότερες. Αυτή η εντυπωσιακή διαδικασία έχει καταγράψει μέδουσες μέχρι και διαμέτρου 18 εκατοστών να «μικραίνουν» έως και 1.4 εκατοστά σε διάμετρο και να επιστρέφουν ξανά στο αρχικό τους μέγεθος. Η όλη διαδικασία έχει αποδειχτεί ότι διαρκεί περίπου 120 ημέρες.

Το γεγονός ότι παραμένουν αναπαραγωγικές κατά την διάρκεια της όλης διαδικασίας, είναι ένα πολύ σημαντικό χαρακτηριστικό της επιτυχίας τους. Αυτός είναι μόνο ένας από τους πιο απλούς τρόπους, που οι μέδουσες έχουν εξελιχτεί και έχουν αντιμετωπίσει απρόβλεπτες και δυσμενείς καταστάσεις [5].

Στον ανταγωνιστικό κόσμο που η φύση βρίσκεται, αυτή η ιδιότητα επιτρέπει στις μέδουσες να επιβιώσουν και να αναπαραχθούν, σε αντίθεση με όλα τα άλλα είδη που δεν έχουν πιθανότητες επιβίωσης, εκμεταλλευόμενες τις εκάστοτε ευκαιρίες.

2.8-Πώς εξακολουθούν να υπάρχουν

Οι πολύποδες των μεδουσών μπορούν να παρακινηθούν από δύο διαφορετικούς φυσιολογικούς «δρόμους» μέσω διαφορετικών μηχανισμών, με χαμηλή έκθεση σε τοξικούς παράγοντες [31]. Ο πρώτος μηχανισμός διέγερσης ονομάζεται *hornesis* και είναι ουσιαστικά μία αύξηση στο ποσοστό της ασεξουαλικής αναπαραγωγής δηλαδή μια κλωνική ανάπτυξη. Για παράδειγμα, μία αποικία πολυπόδων θα επιταχύνει το ποσοστό κλωνοποίησης, παράγοντας περισσότερους πολύποδες. Με αυτό τον τρόπο μία πολύ μεγάλη «τράπεζα σπόρων» δυνητικής έξαρσης μπορεί να χτιστεί, περιμένοντας τις κατάλληλες συνθήκες για να ανθίσουν. Ο δεύτερος μηχανισμός διέγερσης ονομάζεται γονοζωική παραγωγή (*gonozooid production*), και είναι μία αλλαγή στην κατανομή της προσπάθειας ανάπτυξης από την κλωνοποίηση στην παραγωγή μεδουσών, που είναι αναπαραγωγική ανάπτυξη. Συχνές πρακτικές σε δημόσια ενυδρεία και σε ερευνητικά εργαστήρια είναι να αναγκάζουν τους πολύποδες να στροβιλιστούν ή να παράγουν νεαρές μέδουσες «σοκάροντάς» τους με αλλαγές στην θερμοκρασία, στην αλμυρότητα, στο φως κ.α. Αυτός ο μηχανισμός είναι πιθανό να μπορεί να εξηγήσει τις μαζικές αυξήσεις των μεδουσών σε διαταραγμένα οικοσυστήματα παγκοσμίως [5].

Οι περισσότερες έρευνες για την υπέρμετρη αύξηση των μεδουσών επικεντρώνονται στην διαθεσιμότητα τροφής και σε άλλες παραμέτρους σχετικές με την ανάπτυξη της μέδουσας. Όμως, αυτές δείχνουν ότι η κύρια αιτία που θέτει σε ενεργοποίηση την αύξηση των μεδουσών είναι το στρες στους πολύποδες. Κάθε είδους στρες μπορεί να διεγείρει τους πολύποδες και να παράξουν περισσότερες μέδουσες. Οι αλλαγές αυτές μπορεί να είναι χαμηλό οξυγόνο, αλλαγές στην αλμυρότητα, θερμότερα νερά, αλλαγές στο pH και οτιδήποτε άλλο.

Ανάλογα με τις συνθήκες, ο πολύποδας μπορεί να διαφοροποιήσει το ενεργητικό του απόθεμα με αποτέλεσμα, είτε να αρχίσει να παράγει μέδουσες, είτε να επωφεληθεί από την αφθονία του φαγητού, είτε να αποφύγει δυσμενείς συνθήκες για αυτόν. Η σεξουαλική αναπαραγωγή της μέδουσας αυξάνει επίσης, την πιθανότητα γενετικής προσαρμογής σε μη σταθερές συνθήκες. Ομοίως, ο πολύποδας μπορεί να αλλάξει την ενέργειά του, παράγοντας περισσότερους πολύποδες σαν μέσο συνεχόμενης ανάπτυξης σε περιόδους σχετικής αδράνειας. Επιπροσθέτως, ρυθμίζοντας την κατανομή της ενέργειας μεταξύ των δύο παραπάνω δίοδων, ο πολύποδας μπορεί να εξασφαλίσει σε ένα μεγάλο ποσοστό μεγαλύτερα οφέλη στις ραγδαίες περιβαλλοντολογικές αλλαγές. Καταλήγοντας, αυτή η

ικανότητά τους να εναλλάσσουν τις διόδους ανάπτυξής τους, ίσως είναι το κλειδί της επιβίωσης των μεδουσών δια μέσω των αιώνων, ενώ ταυτόχρονα μαζικές εξαφανίσεις έχουν συμβεί σε πολλά γειτονικά τους είδη [5].

2.9-Θετικά χαρακτηριστικά των μεδουσών

Σε πρώτη φάση, οι μέδουσες έχουν χρησιμοποιηθεί για φαγητό στην Κίνα για πάνω από 1700 χρόνια [32]. Η χρήση των μεδουσών για φαγητό φαίνεται να έχει εξαπλωθεί από την Κίνα προς την Ιαπωνία, που τώρα αυτό είναι σύνηθες. Πριν το 1970 η αλιεία μεδουσών ήταν φτωχή, γι' αυτό και η Ιαπωνία εισήγαγε τις περισσότερες επεξεργασμένες μέδουσες από την Κίνα. Όμως, εξαιτίας της συνεχόμενης αύξησης της ζήτησης, αναπτύχθηκαν καλύτερη σύλληψη και τεχνικές επεξεργασίας τη δεκαετία του '70. Έτσι, ανοίχτηκαν νέες ευκαιρίες στο εμπόριο με χώρες όπως Νοτιοανατολική Ασία, Ηνωμένες Πολιτείες, Αυστραλία, Ινδία, Τουρκία και Μεξικό. Από το 1988 μέχρι το 1999 το ετήσιο ψάρεμα μεδουσών παγκοσμίως υπολογίστηκε ότι ήταν 321.000 τόνοι. Μία δεκαετία πριν η ετήσια αξία της αλιείας των μεδουσών ήταν 80 εκατομμύρια δολάρια. Σήμερα, η αξία τους είναι πολύ μεγαλύτερη [33].

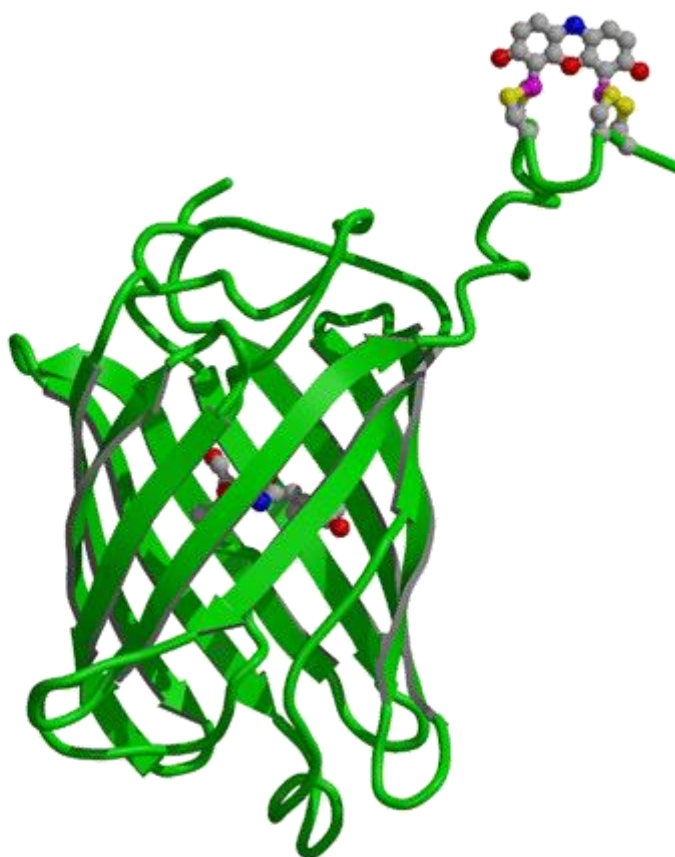
Εκτός από τη χρησιμότητα των μεδουσών ως πηγή φαγητού, διαθέτουν επίσης ιατρικά οφέλη. Ενώ έχουμε συνδυάσει τα τσιμπήματα των μεδουσών να είναι επώδυνα και μη ευχάριστα, τουλάχιστον ένα είδος της *Aurelia aurita*, έχει χρησιμοποιηθεί επιτυχώς για να θεραπεύσει τη νευραλγία και τους ρευματικούς πόνους [34]. Σε ένα θερμικό σπα στη Νορβηγία, αυτή η μέδουσα χρησιμοποιήθηκε από την αβλαβή κυρτή πλευρά της και τρίφτηκε στα προσβεβλημένα μέλη των ασθενών, έχοντας εξαίρετα αποτελέσματα.

Μία άλλη απίστευτη θετική πλευρά των μεδουσών είναι η χρήση τους στην νευροεπιστήμη, με την ανακάλυψη και ανάπτυξη της πράσινης φθορίζουσας πρωτεΐνης (GFP) από τους Shimomura, Chalfie, Tsien (Nobel prize, Chemistry 2008) (εικόνα 11). Το GFP απομονώθηκε πρώτη φορά από ένα είδος μέδουσας, που λέγεται *Aequorea victoria*, αλλά από τότε έχει βρεθεί και σε πολλά άλλα είδη. Η ουσία GFP λάμπει ζωντανά, ανοιχτό πράσινο κάτω από την υπεριώδη ακτινοβολία, επιτρέποντας της να χρησιμοποιείται ως δείκτης για να μελετηθούν οι αλληλεπιδράσεις των πρωτεϊνών μέσα στα κύτταρα, χωρίς να τα καταστρέφει. Για παράδειγμα, έχει χρησιμοποιηθεί για να εξετάζονται οι κυτταρικές διαδικασίες, που σχετίζονται με τον καρκίνο, τον HIV, το αλτσχάιμερ και την ανάπτυξη των

νευρικών κυττάρων στον εγκέφαλο. Από την πρώτη του ανακάλυψη, η τεχνολογία του GFP έχει επεκταθεί σε ένα καλειδοσκόπιο χρωμάτων, επιτρέποντας στους ερευνητές να ανιχνεύσουν τις συμπεριφορές πολλαπλών πρωτεϊνών ταυτόχρονα [5].

Η Brainbow είναι μία διαγονιδιακή διαδικασία, που χρησιμοποιείται στα ποντίκια, μαρκάροντας τους νευρώνες τους σε μία παλέτα των 90 αποχρώσεων, χαρτογραφώντας με αυτό τον τρόπο οι επιστήμονες τα νευρικά κυκλώματα του εγκεφάλου τους [35]. Οι ερευνητές πιστεύουν πως με το καλωδιακό διάγραμμα, που προκύπτει θα μπορέσουν να αναγνωρίσουν την ελαττωματική καλωδίωση στις νευροεκφυλιστικές ασθένειες όπως το αλτσχάιμερ και το πάρκισον.

Επίσης, μετά τις λαμπερές πρωτεΐνες και το νόμπελ, μία εταιρεία είναι γνωστό ότι παρασκευάζει ένα προϊόν που βελτιώνει τη μνήμη, είναι αντιγηραντικό, αποπληκτικό και καταπολεμά το αλτσχάιμερ. Είναι κατασκευασμένο από την πρωτεΐνη της μέδουσας. Το σκεύασμα όμως δεν πήρε ποτέ την έγκριση από τον οργανισμό τροφίμων και φαρμάκων και έτσι φαίνεται οι προσπάθειες να έχουν διακοπεί [36].



Εικόνα 11: Πράσινη φθορίζουσα πρωτεΐνη (GFP) [37]

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3-Παράγοντες που οδηγούν στην ανεξέλεγκτη αύξηση των μεδουσών

Στο παρόν κεφάλαιο θα εξεταστούν αναλυτικά οι έννοιες της υπεραλίευσης, του ευτροφισμού, της ρύπανσης, των μη ιθαγενών ειδών και της οξίνισης των ωκεανών. Σε πρώτη φάση, θα αναλυθεί τι ακριβώς σημαίνει ο καθένας από τους παραπάνω παράγοντες και έπειτα η επίδρασή τους στα οικοσυστήματα και ειδικότερα στις μέδουσες, οι οποίες μας απασχολούν.

3.1-Υπεραλίευση

3.1.1-Πρακτικές ψαρέματος και μέδουσες



Εικόνα 12: Η έννοια της υπεραλίευσης [38]

«Παίρνοντας» έναν μικρό αριθμό ψαριών από τη θάλασσα, ο πληθυσμός μπορεί να εύκολα να τον αντικαταστήσει. Ψαρεύοντας όμως, ένα πολύ μεγάλο μέρος κάποιου είδους, το σύστημα παραλύει και αυτό έχει άμεσες και έμμεσες συνέπειες. Οι άμεσες είναι προφανείς: μεγάλη θνησιμότητα μεταξύ των ψαριών, απώλεια της αναπαραγωγικής τους ιδιότητας και της φύσης τους ως θηρευτές ή λείας αντίστοιχα. Αλλά οι έμμεσες συνέπειες μπορεί να έχουν πιο σοβαρές επιδράσεις για το οικοσύστημα, μακροπρόθεσμα. Για παράδειγμα, το συστηματικό ψάρεμα ενός είδους, ίσως οδηγήσει στην λιμοκτονία κάποιου

άλλου. Οι επιδράσεις του ψαρέματος στις σχέσεις θηρευτή/λείας και στο δυναμικό της τροφικής αλυσίδας, οδηγούν σε αλλαγές στη δομή ολόκληρων πληθυσμών που δεν μπορούν να ανακάμψουν στην αρχική τους κατάσταση πριν την εκτεταμένη αλιεία (εικόνα 12).

Το οικοσύστημα δεν αφήνει κενό εκεί όπου έχει γίνει υπεραλίευση, περιμένοντας να ανακάμψει η περιοχή για να καλυφτεί το κενό. Άλλα είδη που ήταν ανταγωνιστές του είδους που αλιεύτηκε, θα εκμεταλλευτούν την ευκαιρία να τραφούν χωρίς ανταγωνισμό πλέον. Άλλα είδη που ήταν η λεία του εν λόγω είδους που αλιεύτηκε, τώρα θα έχουν την ευκαιρία να ανθίσουν χωρίς να έχουν θηρευτική πίεση, αλλά αυτό θα ασκήσει μεγάλη πίεση στην λεία τους. Και άλλα είδη που θα ήταν λεία, τώρα ίσως υποφέρουν, μη μπορώντας να βρουν κατάλληλη τροφή. Συνεπώς, η υπεραλίευση εκκενώνει άμεσα τα αποθέματα, αλλά μπορεί επίσης να αναστατώσει όλη την ισορροπία της τροφικής αλυσίδας.

«Άχρηστα αλιεύματα» (Bycatch)

Λέγεται το άθροισμα των ανεπιθύμητων ή ακούσιων ψαριών, πουλιών, χελωνών, δελφινιών, ασπόνδυλων και άλλων θαλάσσιων οργανισμών που εντελώς τυχαία θανατώνονται, τραυματίζονται ή απορρίπτονται κατά την διαδικασία ψαρέματος ενός συγκεκριμένου είδους. «Άχρηστα» αλιεύματα δεν ονομάζονται μόνο οι νεκροί, αλλά γενικά και οι παραμορφωμένοι, ακρωτηριασμένοι, μαχαιρωμένοι οργανισμοί που πιάνονται στην τράτα και είναι στην πλειονότητά τους μη αναγνωρίσιμοι (εικόνα 13). Πολλοί από αυτούς είναι απαγορευμένα είδη ή ψάρια που είναι πολύ μικρά για να πωληθούν και είναι υποχρεωμένοι από τον νόμο να τα ρίξουν πίσω στη θάλασσα ακόμα κι αν έχουν ήδη πεθάνει. Το πραγματικό κόστος αυτής της μεθόδου είναι η οργιάζουσα σπατάλη των ζωντανών συστατικών του οικοσυστήματος.

Θα μπορούσε κάποιος να σκεφτεί πως τα απορριπτόμενα δείγματα από τα «άχρηστα» αλιεύματα, θα μπορούσαν να φαγωθούν από άλλους οργανισμούς, άρα δεν σπαταλούνται αδίκως. Αλλά είτε φαγωθούν είτε όχι από άλλους, το παγκόσμιο ποσοστό των παρεμπιπτόντων αλιευμάτων αποτελεί το 40-90% των περιεχομένων της τράτας, δηλαδή 41 εκατομμύρια τόνους ετησίως, αυξάνοντας έτσι το παγκόσμιο ετήσιο ψάρεμα σε 165 εκατομμύρια τόνους [39].

Τα «άχρηστα αλιεύματα» (bycatch) των σκελετωμένων ασπόνδυλων μπορεί να φαίνονται ότι δεν σχετίζονται με το φθίνον απόθεμα θαλασσινών, αλλά κάτι τέτοιο δεν ισχύει. Οι προνύμφες των πεθαμένων αστεριών, σαλιγκαριών και σκουληκιών θα

μπορούσαν κάλλιστα να είναι η τροφή των νεαρών ψαριών που είναι ο στόχος. Ενώ τα ανεπιθύμητα είδη των «άχρηστων» αλιευμάτων, αφού είναι ήδη πεθαμένα δεν θα βοηθήσουν στο να κρατηθεί ο αριθμός των μεδουσών υπό έλεγχο, που σε άλλες συνθήκες αυτό θα έκαναν. Ως εκ τούτου, τα εν λόγω ψάρια και τα ασπόνδυλα δεν θα συνεισφέρουν στην ανανέωση του μελλοντικού περιβάλλοντος, ούτε σε κάποια μελλοντική γενιά.

Τα «άχρηστα» αλιεύματα δεν περιορίζονται στην αλιεία μόνο με τις τράτες βυθού. Στα παραγάδια αιχμαλωτίζονται καρχαρίες, θαλάσσιες χελώνες, δελφίνια και θαλασσοπούλια μαζί με τα ψάρια-στόχους (εικόνα 12). Η μεγαλύτερη απειλή για τα θαλάσσια πτηνά είναι η αλιεία με παραγάδια όπως για τους άλμπατρος, τους θαλασσοβάτες κ.α. Οι ειδικοί εκτιμούν ότι στο νότιο ημισφαίριο παραπάνω από 40000 άλμπατροι έχουν αγκιστρωθεί προσπαθώντας να αρπάξουν τα καλαμάρια που χρησιμοποιούνται ως δόλωμα σε παραγάδια τόνου. Οι χονδροκέφαλοι και δερματοχελώνες αποτελούν επίσης σημαντική πηγή «άχρηστων» αλιευμάτων παραγαδιού στον Ατλαντικό ωκεανό. Τα παρασυρόμενα δίχτυα αποτελούν εμφανώς τις χειρότερες αιτίες του προβλήματος των «άχρηστων» αλιευμάτων. Μόνο το 1990, τα παρασυρόμενα δίχτυα μπέρδεψαν 42 εκατομμύρια ζώα χωρίς να είναι ανάμεσα στα στοχευόμενα είδη, συμπεριλαμβανομένων θαλάσσιων πουλιών και θηλαστικών [40].



Εικόνα 13: Η έννοια της αλίευσης των «άχρηστων» αλιευμάτων [41]

Μία άλλη πλευρά του ψαρέματος που σπάνια συζητιέται ή ερευνείται είναι τα δίχτυα «φάντασμα», τα οποία είναι ουσιαστικά δίχτυα ψαρέματος και άλλος εξοπλισμός που μένουν πίσω ή χάνονται κατά την διαδικασία του ψαρέματος. Αυτά τα δίχτυα συνεχίζουν να

ψαρεύουν συνήθως για χρόνια και έτσι γίνεται μία τεράστια σπατάλη αφού παρασύρονται και σκοτώνονται άσκοπα τα ψάρια στους ωκεανούς. Και αυτά τα δίχτυα δεν περιορίζονται σε μία μικρή έκταση αλλά εκτείνονται σε χιλιάδες μίλια. Υπολογίζεται ότι 20-40 % των αλιευτικών εργαλείων χάνεται ετησίως [42]. Για να αποφευχθεί το παραπάνω πρόβλημα οι Ηνωμένες Πολιτείες θέσπισαν μία παγκόσμια απαγόρευση στο μήκος των δικτύων έτσι ώστε να μην ξεπερνάνε τα 2.5 χιλιόμετρα αλλά παρόλα αυτά, πολλές χώρες δεν την τήρησαν.

Συνέπειες των ανωτέρω είναι η καταστροφή του περιβάλλοντος που συμβαίνει όταν βαριές τράτες βυθού σκαλίζουν τον πυθμένα της θάλασσας για να πιάσουν σπάνια είδη του βυθού όπως γλώσσες, ψήσες, γάδους, μπακαλιάρους, σαλάχια, γαρίδες και άλλα. Κάθε πέρασμα της τράτας καταστρέφει το τοπικό οικοσύστημα, τη φυσική δομή του περιβάλλοντος: τα μεγάλα σφουγγάρια, τα βρυόζωα, τα κοράλλια, τα σκουλήκια, τα εχινόδερμα, τα όστρακα και άλλα μαλάκια που παρέχουν σημαντική πηγή φαγητού και κρησφύγετα για άλλα είδη, συμπεριλαμβανομένων και των εμπορικά σημαντικών ψαριών. Πολλά από αυτά τα μεγάλα είδη αναπτύσσονται τόσο αργά, που τους παίρνει δεκαετίες να ανακάμψουν μετά από ένα τέτοιου είδους πέρασμα τράτας [43]. Οι περισσότερες περιοχές σκαλίζονται πολλές φορές το χρόνο από διαφορετικούς ψαράδες που στοχεύουν σε διαφορετικά είδη ψαριών. Οι περισσότεροι υποστηρίζουν πως το ψάρεμα με τράτα στα θαλάσσια δάση είναι πολύ χειρότερο απ' ό,τι το κόψιμο των δασών στην ξηρά και αυτό συμβαίνει διότι τα κομμένα δέντρα τα αφήνουν για δεκαετίες να επανακάμψουν στη γη μέχρι να τα ξανακόψουν. Όμως με τις περιοχές που περνάνε οι τράτες δεν συμβαίνει το ίδιο γιατί γίνεται πολλές φορές το χρόνο, κάθε χρόνο χωρίς να αφήνουν χώρο και χρόνο στα τοπία να επανέλθουν. Αυτό θα ήταν σα να λέμε ισοδύναμο της ισοπέδωσης ενός δάσους έξι φορές το χρόνο με σκοπό να μαζέψουν σαύρες.

3.1.1.1-Αιτίες καταστροφής του θαλάσσιου περιβάλλοντος από τις τεχνικές ψαρέματος

Άλλες αιτίες καταστροφής του φυσικού περιβάλλοντος που οδηγούν στη μείωση αποθεμάτων των ψαριών είναι τα φράγματα που κατασκευάζονται στα ποτάμια, που είναι απαραίτητα για την αναπαραγωγή των ψαριών. Όπως για παράδειγμα ο σολομός, η άσπρη πέρκα και ο σίλουρος που χρειάζονται τα ποτάμια για να αναπαραχθούν. Υποβάθμιση του περιβάλλοντος συμβαίνει επίσης όταν αναπτύσσονται υγρότοποι, εκβολές ποταμών,

ύφαλοι, υποθαλάσσια λιβάδια και ριζοφόρα στο βωμό της προόδου. Καθίζηση σε πολύ μεγάλο βαθμό, ακολουθούμενη από θαλάσσια αποψίλωση μπορεί να σκοτώσει τα κοράλλια μπλοκάροντας το φως του ήλιου και τα διηθηματοφάγα, όπως μύδια και χτένια φράσσοντας τα βράγχιά τους.

Pelitic ομίχλη: η λεγόμενη pelitic Ομίχλη είναι μία μερίδα θαλάσσιων ιζημάτων που έχουν το μέγεθος κόκκων, όπως μία κοινή πούδρα. Οι τράτες βυθού ανακατανέμουν τεράστιες ποσότητες από αυτό το θαλάσσιο ίζημα, το οποίο μπορεί να έχει σημαντικό αντίκτυπο στο τοπικό οικοσύστημα. Αυτά τα κομμάτια φέρνουν οργανικές και τοξικές ουσίες πίσω στην στήλη του νερού, οι οποίες προστίθενται στο φαινόμενο του ευτροφισμού ή στην τροφική αλυσίδα μέσω της αναπνοής ή της τροφής. Η pelitic fog μπορεί να ταξιδέψει πάνω από 200 χιλιόμετρα και χρειάζεται μέρες για να εγκατασταθεί, δρώντας σαν ένα τοξικό αργιλώδες σύννεφο που σκεπάζει τους θαλάσσιους οργανισμούς όπως τα μύδια, τα χτένια, τα σφουγγάρια, τα βρυόζωα και τα χιτωνοφόρα. Η λάσπη και το αργίλιο απ την pelitic fog μπορούν να αλλάξουν το περιβάλλον σε εκβολές ποταμών και ο βυθός τους από αμμώδης ή με φύκη να γίνει λασπώδης. Αυτό επηρεάζει τους οργανισμούς που δεν είναι συνηθισμένοι στη λάσπη και τους αναγκάζει ή να μετακινηθούν ή ακόμα και να πεθάνουν.

Θολότητα του νερού: μία από τις κύριες επιδράσεις της pelitic fog είναι η αύξηση της θολότητας του νερού, το οποίο έχει πολλά αρνητικά αποτελέσματα στα θαλάσσια οικοσυστήματα. Μικροσκοπικά κομμάτια κατακάθονται σαν μιας μορφής σκόνης. Πολλά θαλάσσια πλάσματα όπως τα κοράλλια βλάπτονται από αυτήν την καθίζηση. Μπορεί να πνίξει ή να θάψει οργανισμούς που είναι προσκολλημένοι στον βυθό ή μπορεί να τους προκαλέσει νέκρωση των ιστών τους. Τα συμβιωτικά φύκη επηρεάζονται επίσης αρνητικά από την μειωμένη διείσδυση του φωτός στο νερό.

Συνεπώς, με λίγα λόγια όχι μόνο ψαρεύουμε τα ψάρια με πολύ γρηγορότερους ρυθμούς απ ότι η φύση μπορεί να τα ανανεώσει, αλλά καταστρέφουμε το περιβάλλον που τα νεαρά ψάρια θα ζούσαν και σκοτώνουμε την τροφή που επίσης θα έτρωγαν. Σύμφωνα με τον βιολόγο Daniel pauly το να επιτρέπουμε το πέρασμα τράτας σε κοραλλιογενή δάση είναι ότι χειρότερο θα μπορούσαμε να κάνουμε στους ωκεανούς μας σήμερα. Τίποτα δεν θα μπορούσε να είναι πιο οδυνηρό από το να καταστρέφουμε το περιβάλλον όπου ήδη αποδεκατισμένα είδη χρειάζονται για να ανακάμψουν.



Εικόνα 14: Καταστροφή του βυθού της θάλασσας που έχει προκληθεί από επαναλαμβανόμενα περάσματα τρατών βυθού. [5]

3.1.2-Η επίδραση της υπεραλίευσης στις μέδουσες

Η υπεραλίευση ίσως είναι ο πιο σημαντικός συντελεστής πίσω από την τεράστια και καταστροφική αύξηση των μεδουσών. Τα οικοσυστήματα έχουν εξελίξει ένα είδος δυναμικής ισορροπίας, σύμφωνα με την εκάστοτε ικανότητα της κάθε περιοχής. Εάν ένα είδος αυξομειώνεται, αυτό έρχεται σε σύγχυση με κάποιο άλλο. Για παράδειγμα αύξηση σε ένα είδος, οδηγεί σε αυξημένη ζήτηση της λείας του αλλά αποτελεί και μεγαλύτερη πηγή

τροφής για τους θηρευτές του. Αντίστοιχα, μείωση ενός είδους οδηγεί σε λιμοκτονία τους θηρευτές του και αποτελεί ανακούφιση από την πίεση στην λεία τους.

Ο μηχανισμός με τον οποίο οι μέδουσες εκμεταλλεύονται μία διατάραξη του οικοσυστήματος παρόμοια με αυτές που αναφέρθηκαν παραπάνω είναι ο εξής: με το ψάρεμα απομακρύνονται όπως είδαμε οι θηρευτές και οι ανταγωνιστές των μεδουσών σε ένα μεγάλο βαθμό. Η φύση με την σειρά της «απεχθάνεται» το κενό που έχει δημιουργηθεί και προσπαθεί με κάθε τρόπο να το καλύψει. Σε αυτό το σημείο έρχονται οι μέδουσες και γεμίζουν αυτά τα κενά.

Έλλειψη θηρευτών:

Μία σημαντική επιπλοκή που έχει η υπεραλίευση στις μέδουσες είναι ο αποδεκατισμός των κυνηγών τους. Εκτός ότι από την φύση τους έχουν λίγους θηρευτές, έχουν γίνει στόχος ψαρέματος εδώ και πολλά χρόνια. Κάποιοι από αυτούς είναι: θαλάσσιες χελώνες, σκουμπριά, σολομοί, τσιπούρες, ορθαγορίσκοι, άλμπατροι κ.α. Ωστόσο, ενώ υπάρχουν πολύ λίγες έρευνες που να επιβεβαιώνουν ότι η υπεραλίευση των θηρευτών των μεδουσών οδηγεί στην υπέρμετρη αύξησή τους, παρόλα αυτά είναι ένας προφανής παράγοντας που έχει οδηγήσει σε αυτό.

Έλλειψη ανταγωνιστών:

Μία άλλη εξίσου σημαντική επιπλοκή της υπεραλίευσης είναι η εξάλειψη των ανταγωνιστών των μεδουσών που είναι κυρίως τα λιπαρά ψάρια όπως οι γαύροι, οι σαρδέλες, οι ρέγγες και γενικότερα οι συγγενείς τους, τα λεγόμενα κτηνοτροφικά ψάρια που ζουν στα ανώτερα στρώματα των θαλάσσιων υδάτων. Αυτοί είναι οι πρωταρχικοί ανταγωνιστές των μεδουσών και η κύρια λεία τους είναι το ζωοπλαγκτόν όπως και των μεδουσών. Οπότε σύμφωνα με αυτό, οποιαδήποτε επιπλοκή στην τροφική αλυσίδα επηρεάζει όχι μόνο ένα είδος, αλλά ολόκληρη την κοινότητα.

Οι άνθρωποι ψαρεύουν αυτού του είδους τα ψάρια σε πολύ μεγάλο βαθμό. Οι περισσότεροι λατρεύουν τις σαρδέλες, τους γαύρους, τις ρέγγες οπότε και έχουν τρομερά μεγάλη ζήτηση. Κάποια είδη επίσης από τα παραπάνω αλιεύονται για διαφορετικές χρήσεις όπως για την παραγωγή λιπασμάτων, για ζωοτροφές και για τροφές υδατοκαλλιεργειών. Μάλιστα, το 2000 η αλίευση των κτηνοτροφικών ψαριών υπολογίστηκε περίπου στους 42 εκατομμύρια τόνους, δηλαδή 44% της παγκόσμιας αλίευσης [44].

Όπως είδαμε παραπάνω η μετακίνηση των ψαριών που λειτουργούν ως θηρευτές και ανταγωνιστές των μεδουσών, έχουν προφανείς επιπτώσεις αλλά το πρόβλημα της

υπεραλίευσης μπορεί να γίνει πολύ πιο περίπλοκο και τα αποτελέσματα της να είναι πολύ πιο σοβαρά, υποστηρίζοντας την άνθηση των μεδουσών. Για παράδειγμα, φαίνεται ότι η έντονη δραστηριότητα αλίευσης με τράτες είναι συμβάλλον παράγοντας στην επέκταση των πληθυσμών των μεδουσών [45]. Πιο συγκεκριμένα, η αλιεία με τράτες δημιουργεί περιβάλλον για την αποίκιση νέων ειδών και ταυτόχρονα σκοτώνει τους διηθητικούς οργανισμούς όπως τα μύδια, τις αχιβάδες, τα χτένια και τα σφουγγάρια που η λεία τους είναι οι προνύμφες των μεδουσών. Τέλος, το συγκεκριμένο είδος ψαρέματος όχι μόνο ισοπεδώνει το τρισδιάστατο περιβάλλον για τα φυτώρια των ψαριών, αλλά δημιουργεί και τέλειες συνθήκες για την εγκατάσταση των πολυπόδων.

3.1.3-Υδατοκαλλιέργεια και θαλασσοκαλλιέργεια

Μία απάντηση που θα μπορούσε να δοθεί στο θέμα της υπεραλιείας, θα έλεγε κανείς πως μία λύση είναι οι υδατοκαλλιέργειες, που αναπαράγουν ψάρια και οστρακοειδή σε αιχμαλωσία (εικόνα 15). Είναι ευρέως γνωστό ότι περίπου οι μισές πωλήσεις του σολομού και της γαρίδας προέρχονται από υδατοκαλλιέργειες, καθώς και το 1/5 της παγκόσμιας αλιείας. Αντιθέτως όμως από αυτό που πιστεύεται, δηλαδή ότι οι θαλασσοκαλλιέργειες θα σώσουν το οικοσύστημα, τελικά προκαλούν πολύ μεγαλύτερη ζημιά. Αυτό συμβαίνει πρώτον διότι συμβάλλουν στην παράλληλη υποβάθμιση των παραλιακών οικοσυστημάτων και δεύτερον δημιουργούν τις τέλειες συνθήκες για την εξάπλωση των μεδουσών.

Πολλά καλλιεργήσιμα είδη ψαριών χρειάζονται για τροφή άλλα ψάρια, ζήτημα το οποίο έρχεται να προστεθεί σε εκείνο της υπεραλίευσης. Οι γαρίδες για παράδειγμα ταιάζονται με νεαρά, μεγάλης αξίας ψάρια, που είναι πολύ μικρά για να πωληθούν (safina 1995). Επιπλέον, ένας μεγάλος αριθμός τοπικών περιβαλλοντικών επιδράσεων έρχονται να προστεθούν στο ζήτημα της υδατοκαλλιέργειας. Κάποιοι από αυτούς είναι: η ολική εκκαθάριση των ριζοφόρων για την απόκτηση χώρου και την εγκαθίδρυση των υδατοκαλλιεργειών, τεράστιες ποσότητες οργανικών και μη οργανικών αποβλήτων (αντιβιοτικά, βιοκτόνα), η εισαγωγή ξένων ειδών και οι αποδράσεις ειδών στο τοπικό οικοσύστημα (ciesm 2007).

Μια έρευνα έχει διεξαχθεί από τον Wen-Tseng Lo και το πανεπιστήμιο της Ταιβάν και δημοσιοποίησε τα αποτελέσματα που μπορεί να έχουν οι υδατοκαλλιέργειες στους πληθυσμούς των μεδουσών. Τα αξιόλογα αποτελέσματα της έρευνας ήταν ότι μετά την

μετακίνηση των καλλιεργειών των ψαριών και των στρειδιών, οι μέδουσες κυριολεκτικά εξαφανίστηκαν (Tarong bay). Αυτό οφείλεται σε πολλούς παράγοντες. Πρώτον, η κυκλοφορία του νερού μέσα στον κόλπο βελτιώθηκε, αφού απομακρύνθηκαν τα μεγάλα αντικείμενα που ήταν μέσα και έφρασσαν την κυκλοφορία. Δεύτερον, η συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών μειώθηκε, ως αποτέλεσμα βελτιωμένης έκπλυσης ή εξαιτίας του αυξημένου φυτοπλαγκτόν που τώρα δεν φιλτράρεται από τα στρείδια. Τρίτον, η μετακίνηση των δομών, όχι μόνο δεν αφήνει πλέον επιφάνειες στους πολύποδες των μεδουσών να εγκατασταθούν, αλλά ούτε σκιερά μέρη για την παραμονή των νέων προνυμφών τους.



Εικόνα 15: Απεικόνιση υδατοκαλλιεργειών [46]

Επιπροσθέτως, κι άλλα παρόμοια πειράματα από ειδικούς έδειξαν ότι η ροπή αυτή του ανθρώπου να χτίζει δομές μέσα και πάνω στο νερό, διευκολύνει αρκετούς τύπους μεδουσών να εκμεταλλευτούν αυτές τις κατασκευές. Παρακάτω θα αναλύσουμε κάποιες από αυτές:

- Μαρίνες, αποβάθρες και σχεδίες: παρέχουν ιδανικό υπόστρωμα, αφού είναι ήσυχες προστατευμένες περιοχές και συχνά αποικούν σε αυτές τα είδη της *Aurelia*, των οποίων οι προνύμφες προσκολλώνται στο κάτω μέρος των δομών.
- Σχάρες υδατοκαλλιέργειας και ράφια δίοβης καλλιέργειας: βασισμένα στην μέση διαμπερούς ροής υδάτων, λαμβάνουν συνεχής προμήθεια φαγητού.

Συμβάλλουν επίσης, σε μία αυξημένη συγκέντρωση θρεπτικών συστατικών, λόγω των αποβλήτων των ψαριών και της μη καταναλωμένης τροφής, το οποίο οδηγεί στην αύξηση του φυτοπλαγκτόν, που με τη σειρά του αυξάνει το ζωοπλαγκτόν. Συνεπώς, ιδανικό φαγητό και συνθήκες για τις μέδουσες.

- Τεχνητοί ύφαλοι, κυματοθραύστες και φράγματα: αυτές οι δομές διαθέτουν πολλές διαφορετικές επιφάνειες με διαφορετικές γωνίες και πλευρές, κατάλληλες για να εγκατασταθούν οι πολύποδες και άλλα διαφορετικά είδη.
- Πλατφόρμες πετρελαίου και αιολικά πάρκα βασισμένα στην θαλάσσια ενέργεια: επίσης βασισμένα στα τρέχοντα ύδατα, παρέχουν συνεχής ροή φαγητού και οξυγονωμένου νερού, περιβάλλον ιδανικό για είδη όπως οι μέδουσες.
- Κάτω μέρος σκαφών και εσωτερικό των δεξαμενών συγκράτησης των πλοίων: αυτό το ιδανικό υπόστρωμα βοηθάει τα είδη των μεδουσών να εξαπλωθούν σε νέες απομακρυσμένες περιοχές με τη μετακίνηση των πλοίων.
- Μεγάλου μήκους σωλήνες και καλώδια: δρουν σαν νέοι ύφαλοι που οι πολύποδες μπορούν να εγκατασταθούν.
- Βιομηχανικά απόβλητα και γενικότερα σκουπίδια της θάλασσας: επιπλέοντα υπολείμματα ναυαγίου και ναυάγια λειτουργούν ως ύφαλοι για να μπορέσουν να προσκολληθούν οι πολύποδες, αλλά μπορούν επίσης να μεταφέρουν είδη σε μεγάλες αποστάσεις.
- Σωλήνες πρόσληψης, φρεάτια και παραπετάσματα (screen): αυτά αποτελούν τις ιδανικές περιοχές αποίκισης για πολλά είδη, λόγω της συνεχούς διαμπερούς ροής υδάτων, που διατηρεί μία συνεχής προμήθεια φαγητού.

Ολοκληρώνοντας, παρά το γεγονός ότι υπάρχουν πολύ λίγες έρευνες που να εξετάζουν τις επιδράσεις των υδατοκαλλιεργειών στους πληθυσμούς των μεδουσών, είναι αδιαμφισβήτητο ότι τα αυξημένα θρεπτικά συστατικά οδηγούν στην εξάπλωση του φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν, που ευνοεί τις μέδουσες. Κάποια από τα πιο εμφανή αποτελέσματα αποτυπώνονται παρακάτω:

- Κάποιοι τύποι καλλιεργειών, όπως των στρειδιών, απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες «φαγητού μεδουσών» στο οικοσύστημα μέσω της παραγωγής των προνυμφών

- Πολλοί τύποι υδατοκαλλιέργειας, όπως του σολομού, απελευθερώνουν μεγάλες ποσότητες ανεκμετάλλευτης τροφής ή βιολογικών αποβλήτων που διεγείρουν το φυτοπλαγκτόν και το ζωοπλαγκτόν, παρέχοντας τεράστιες ποσότητες φαγητού για τις μέδουσες.
- Τα περισσότερα είδη υδατοκαλλιέργειας δημιουργούν νέα υποστρώματα για να εγκατασταθούν οι πολύποδες και τα υδροειδή, όπως τα κλουβιά των σολομών, σχάρες στρειδιών και χτενιών και οι σωληνώσεις ιχθυοτροφείων και εργαστηρίων
- Τα περισσότερα είδη υδατοκαλλιέργειας αλλάζουν τις φυσικές ιδιότητες του περιβάλλοντος, έτσι ώστε να γίνουν πιο ευνοϊκές για τις μέδουσες, συμπεριλαμβανομένης της καθυστέρησης της κυκλοφορίας του νερού και της ελάττωσης της διείσδυσης του φωτός.
- Αλλαγές στην χημεία του νερού όπως υποξία ή αλλαγές στην θερμοκρασία/αλμυρότητα του νερού, μπορούν να δημιουργήσουν ένα περιβάλλον αφιλόξενο για άλλα πιο ευαίσθητα είδη, γεγονός που λιγοστεύει τον ανταγωνισμό των μεδουσών
- Τα ψάρια και τα ασπόνδυλα που συγκομίζονται για να ταϊστούν οι υδατοκαλλιέργειες, αποτελούν μία σημαντική μετακίνηση της βιομάζας του οικοσυστήματος, αυξάνοντας την απομάκρυνση των ανταγωνιστών των μεδουσών, όπως για παράδειγμα τα ψάρια που τρέφονται με ζωοπλαγκτόν και τα κριλ
- Τέλος, οι υδατοκαλλιέργειες των μεδουσών μπορούν να οδηγήσουν στην απελευθέρωση μεγάλων ποσοτήτων προνυμφών τους στον ωκεανό, για παράδειγμα εδώδιμες μέδουσες, εκθέματα ενυδρείων, απόθεμα φαγητού και εργαστηριακό απιονισμένο νερό. (laboratory discharge water)

3.2-Ευτροφισμός

Ο ευτροφισμός είναι μία ειδική μορφή μόλυνσης. Η προέλευση της λέξης είναι ελληνική και σημαίνει πραγματική ή καλή θρέψη/τροφή. Η λέξη αυτή έχει χρησιμοποιηθεί σε πολλά διαφορετικά περιεχόμενα για να εξηγήσει τελείως διαφορετικές έννοιες, αλλά η σημασία που χρησιμοποιείται στην θαλάσσια οικολογία, είναι άφθονα θρεπτικά συστατικά ή για την

ακρίβεια άφθονα λιπάσματα. Το φυτοπλαγκτόν για να αναπτυχθεί χρειάζεται το φως του ήλιου από πάνω και τα θρεπτικά συστατικά από κάτω. Όμως, όταν τεράστιες ποσότητες αζώτου και φωσφόρου εισβάλλουν σε παραλιακά νερά, από λιπάσματα, λύματα και αστικές απορροές, το νερό καταλήγει να στρωματοποιείται σε υγιεινά και μη υγιεινά στρώματα. Αυτή η διαδικασία φαίνεται να ενισχύει σε απίστευτο βαθμό την αύξηση του φυτοπλαγκτόν, που με τη σειρά του προκαλεί μία αλληλουχία μη επιθυμητών γεγονότων.

Η πλειονότητα των φυτών στον ωκεανό είναι μικροσκοπικό φυτοπλαγκτόν. Το φυτοπλαγκτόν είναι ουσιαστικά τα λιβάδια της θάλασσας. Όπως τα λιβάδια στην στεριά, παρέχουν άφθονο γρασίδι για τα φυτοφάγα ζώα (αγελάδες και αρνιά) και εμάς με τη σειρά τους με κρέας, έτσι και στην θάλασσα το φυτοπλαγκτόν παρέχει στα θαλάσσια φυτοφάγα φαγητό, τα οποία με τη σειρά τους θρέφουν τα σαρκοφάγα. Τα περισσότερα θαλάσσια φυτοφάγα είναι μικροσκοπικά μαλακόστρακα που ονομάζονται κωπήποδα, τα οποία αποτελούν την τροφή, από μικρού μέχρι μεσαίου μεγέθους προνυμφών και ενηλίκων κάθε είδους, από μέδουσες μέχρι ψάρια.

Ο ευτροφισμός, μία περίσσεια θρεπτικών συστατικών στο οικοσύστημα, συμβαίνει όταν αυτά τα υπερτροφικά νερά αποστραγγιζόμενα από την ξηρά είναι θερμότερα και λιγότερο αλμυρά από τα θαλάσσια νερά που πέφτουν μέσα. Είναι η αντίληψη αυτή της νεκρής ζώνης, δηλαδή της συνάντησης των δύο αυτών σωμάτων νερού (εικόνα 16). Αυτή η ένωση δημιουργεί διαστρωμάτωση του νερού, όπου το ψυχρότερο, αλμυρότερο, με μεγαλύτερη πυκνότητα νερό παραμένει στο κάτω μέρος, ενώ το θερμότερο, λιγότερο αλμυρό νερό παραμένει στο πάνω μέρος, κοντά στην επιφάνεια. Σε πρώτη φάση, αυτά τα υπερτροφικά, ανώτερα στρώματα νερού διεγείρουν την υπερεπιτάχυνση της θαλάσσιας παραγωγικότητας. Φυτοπλαγκτόν, ζωοπλαγκτόν, ψάρια, φάλαινες, δελφίνια, φώκιες και θαλάσσια πτηνά. Όλα αυτά τα λιπάσματα, διεγείρουν όλα τα θαλάσσια φυτά, που θρέφουν όλα αυτά τα στόματα της τροφικής αλυσίδας. Τα πάντα επωφελούνται.



Εικόνα 16: Η έννοια του ευτροφισμού [47]

Όμως υπάρχει και ένα επερχόμενο πρόβλημα. Όταν αυτοί οι οργανισμοί, φυτά και ζώα αρχίζουν να πεθαίνουν, το φυτοπλαγκτόν δεν συσσωματώνεται στον τροφικό ιστό και παράλληλα τα περιττώματά τους βουλιάζουν στο κάτω μέρος του βυθού, όπου αποσυντίθενται από τα αερόβια βακτήρια, προκαλώντας έλλειψη οξυγόνου [48]. Αλλά επειδή, το αλμυρότερο στρώμα νερού είναι παγιδευμένο κάτω από αυτό της επιφάνειας, ο αέρας και συνεπώς το διαλυμένο οξυγόνο είναι αδύνατο να φτάσει σε αυτό. Ο συνδυασμός αυτός της διαστρωμάτωσης του νερού και της αποσυντιθέμενης οργανικής ύλης δημιουργούν μία ζώνη υποξίας (χαμηλού οξυγόνου) ή ανοξίας (καθόλου οξυγόνου) στην ζώνη εκείνη του νερού πάνω ακριβώς από τον βυθό, κατάσταση η οποία μπορεί να παραμείνει για μήνες. Τα πλάσματα που μπορούν να ξεφύγουν και αυτά που δεν μπορούν υποφέρουν. Τα ψάρια φεύγουν, τα καβούρια σπεύδουν, οι αχιβάδες, τα σφουγγάρια, τα κοράλλια και τα χιτωνοφόρα πεθαίνουν. Οι μέδουσες ανθίζουν. Μόνο μερικά σκουλήκια και μικρόβια επιζούν στα ιζήματα. Συμβαίνει το ίδιο ακριβώς και στα γλυκά νερά. Η κατάσταση χειροτερεύει, καθώς η υποξική περιοχή γίνεται μαύρη με ιζήματα που μυρίζουν πολύ άσχημα. Τα επιφανειακά νερά, πάνω από την νεκρή αυτή ζώνη είναι γεμάτα πλαγκτόν, με άφθονες μέδουσες και μερικά πελαγικά ψάρια. Όμως, δεν υπάρχουν γαρίδες, κάβουρες, μύδια, αχιβάδες, σφουγγάρια, αχινοί, αστερίες, σαλάχια και γάδοι. Ακόμα και τα περισσότερα είδη σκουληκιών πεθαίνουν.

Η υποξία και η ανοξία είναι ανάμεσα στις πιο διαδεδομένες επιβλαβείς ανθρωπογενείς επιρροές στα θαλάσσια περιβάλλοντα και στις περιοχές εκβολών των ποταμών. Παράλληλα με την υπεραλίευση, την απώλεια κατοικίας και την επικίνδυνη αύξηση των φυκιών αποτελούν παγκόσμια περιβαλλοντικά προβλήματα. Επί του παρόντος, η παγκόσμια τάση κατάρριψης θρεπτικών συστατικών στα ποτάμια που με τη σειρά τους τροφοδοτούν τους ωκεανούς, αυξάνεται ραγδαία. Και όπως είναι επόμενο, αυτή η αύξηση ακολουθείται από το φαινόμενο του ευτροφισμού. Τη δεκαετία του '90 υπήρχαν 125 γνωστές νεκρές ζώνες, το 2008 υπήρχαν πάνω από 400 παγκοσμίως και τον Ιανουάριο του 2011 ο επίσημος αριθμός είχε ανέλθει στις 530, με άλλες 228 περίπου τοποθεσίες να παρουσιάζουν σημάδια ευτροφισμού. Ως εκ τούτου, βλέπουμε ότι δεν υπάρχει κάποια άλλη μεταβλητή, τέτοιας οικολογικής σημαντικότητας, που να έχει πάρει τέτοιες διαστάσεις σε τόσο μικρό χρονικό διάστημα, όπως το διαλυμένο οξυγόνο στους ωκεανούς [49]. Είναι γνωστό, ότι σχεδόν κάθε έθνος που διαθέτει ακτογραμμή, έχει τουλάχιστον μία νεκρή ζώνη. Δεν υπάρχουν γνωστά παραδείγματα ανάκαμψης μεγάλων οικοσυστημάτων από υποξία ή ανοξία. Οι συνθήκες χαμηλού οξυγόνου φαίνεται να είναι μόνιμες ακόμα σε και εποχιακές περιπτώσεις [50].

3.2.1-Από πού προέρχεται η περίσσεια θρεπτικών συστατικών

Κάποιες από τις πηγές οι οποίες προκαλούν το φαινόμενο του ευτροφισμού είναι οι ακόλουθες: απορροή λυμάτων, απορροή λιπασμάτων, αστικά απόβλητα, απορρυπαντικά, καυσαέρια οχημάτων και εργοστασίων. Ανάλογα με την εκάστοτε περιοχή, υπάρχουν και διαφορετικές κυρίαρχες πηγές όπως για παράδειγμα στη γεωργία θεωρούνται τα λιπάσματα και τα κόπρανά ζωών, τα οποία καταλήγουν στους ποταμούς. Επιπλέον, τα απόβλητα, τα απορρυπαντικά και τα αστικά απόβλητα είναι εκείνα που προέρχονται από τις μεγάλες πόλεις που βρίσκονται κοντά σε κόλπους, τα οποία πάλι καταλήγουν στην ροή των ποταμών. Επίσης, το ατμοσφαιρικό νέφος με τη σειρά του μολύνει και αυτό την ανοιχτή θάλασσα. Ανεξαρτήτως πηγής λουπόν, η περίσσεια των θρεπτικών συστατικών που καταλήγει στις θάλασσες πυροδοτεί την υπερανάπτυξη των φυκιών, τα οποία πλέον τα κωπήποδα δεν είναι σε θέση να καταναλώσουν. Έπειτα, το μη καταναλωμένο πλαγκτόν πεθαίνει και βουλιάζει στον βυθό της θάλασσας, εκεί όπου η μικροβιακή αποσύνθεση του καταναλώνει όλο το διαθέσιμο οξυγόνο, αφήνοντας τα κάτω στρώματα του νερού υποξικά ή ακόμα και ανοξικά.

Φωσφορικά άλατα στα απορρυπαντικά

Η κατασκευή και η χρήση των πρώτων σαπουνιών έγινε από τους Βαβυλώνιους, τους Φοίνικες και τους Αιγύπτιους, οι οποίοι συνδύααν λίπη από ζώα και λαχανικά με αλκαλικό άλας. Όμως, σήμερα ο όρος απορρυπαντικά αναφέρεται κυρίως σε χημικές ουσίες, που κατασκευάζονται τεχνητά. Τα σαπούνια ακόμα και σήμερα φτιάχνονται από φυσικά έλαια, ενώ τα απορρυπαντικά κατασκευάζονται από πολύ όξινα, πολύ αλκαλικά ή ουδέτερα χημικά. Τα τεχνητά απορρυπαντικά άρχισαν να αντικαταστούν σε μεγάλο βαθμό τα σαπούνια το 1950, όπου τα φωσφορικά άλατα καταλάμβαναν το 30% του όγκου, κυρίως στα πλυντήρια και στα προϊόντα πλύσης πιάτων. Τα φωσφορικά άλατα δρουν με τέτοιο τρόπο ώστε να μειώνουν την σκληρότητα του νερού, να ενισχύουν την ικανότητα εκκαθάρισης των επιφανειοδραστικών ουσιών, να γαλακτώνουν τα ελαιώδη και λιπαρά στίγματα και να βοηθούν να κρατηθούν μακριά οι λεκέδες κατά τη διάρκεια της πλύσης. Όμως, παρόλο που είναι εξαιρετοι καθαριστές των βακτηρίων και των μόνιμων λεκέδων των πιάτων και των ρούχων μας, δεν παύουν να αποτελούν μία τεράστια απειλή για τα υδάτινα οικοσυστήματα. Έχουν γίνει βέβαια, αξιόλογες προσπάθειες μείωσης των φωσφορικών αλάτων ανά τον κόσμο, αφού στις περισσότερες χώρες έχει απαγορευθεί η χρήση τους. Οι περισσότερες χώρες τα έχουν αντικαταστήσει με εναλλακτικές ουσίες πιο φιλικές προς το περιβάλλον, όπως το κιτρικό οξύ.

Νιτρικά άλατα στα απόβλητα

Το άζωτο είναι ένα στοιχείο βασικό στην παραγωγή αμινοξέων και πρωτεϊνών, δηλαδή απαραίτητο για όλους τους ζώντες οργανισμούς. Η πιο κοινή φυσική πηγή νιτρικού άλατος είναι η αποικοδόμηση των νεκρών οργανισμών, ζώων και φυτών αλλά και οι απεκκρίσεις τους. Αυτές οι πηγές είναι υψηλές σε περιεκτικότητα σε αμμωνία, η οποία οξειδώνεται από ειδικά βακτήρια, που μετατρέπουν το αμμώνιο σε νιτρώδη και νιτρικά άλατα. Τα τελευταία χρησιμοποιούνται από το φυτοπλαγκτόν και λειτουργούν ως λιπάσματα. Τέλος, η μη φυσική πηγή των νιτρικών αλάτων είναι τα απόβλητα και η γεωργία. Τα επεξεργασμένα λύματα από τις εγκαταστάσεις επεξεργασίας αστικών λυμάτων, η κακή λειτουργία των αγροτικών σηπτικών συστημάτων και η ανεξέλεγκτη χρήση λιπασμάτων στις φυτείες.

Η περίσσεια θρεπτικών συστατικών προκαλεί πληθώρα προβλημάτων

Η υπερεμπλούτιση των παράκτιων νερών έχει δύο πρωταρχικές επιβλαβείς επιδράσεις, την υποξία και την υπερβολική αύξηση των φυκιών. Η ανάπτυξη των φυκιών είναι αποτέλεσμα της περίσσειας των θρεπτικών συστατικών, όπως η χρήση λιπασμάτων προκαλεί την γρήγορη ανάπτυξη των φυτών σε ένα κήπο. Η υποξία απ την άλλη πλευρά οδηγεί σε ανοξία, που με τη σειρά της οδηγεί σε τοξικό υδρόθειο. Η αύξηση των φυκιών οδηγεί σε υποξία καθώς και σε τοξικές επιπλοκές που πλήττουν την τροφική αλυσίδα. Οι περισσότεροι οργανισμοί δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτή την κατάσταση και καταλήγουν να πεθαίνουν.

3.2.2-Υποξία

Οι υποξικές ζώνες είναι φυσιολογικό να υπάρχουν σε περιορισμένο βαθμό σε βαθείς ωκεανούς και σε φιόρδ. Στην ανοιχτή θάλασσα, υπάρχει ένα στρώμα νερού μεταξύ των 200 και 1000 μέτρων που ονομάζεται «ζώνη ελαχίστου οξυγόνου» και διαχωρίζει τα ανώτερα στρώματα νερού που είναι καλώς οξυγονωμένα από τα σκοτεινά βάθη στο κάτω μέρος. Μία τέτοια περιοχή καλύπτει περίπου ένα εκατομμύριο τετραγωνικά χιλιόμετρα και είναι σαν ένα φυσικό σύνορο μεταξύ των άλλων δύο στρωμάτων του νερού [51]. Όμως η τελευταία τάση της παραθαλάσσιας υποξίας και ανοξίας δεν είναι φυσιολογική και αυξάνεται ραγδαία. Πολλοί από τους οργανισμούς όμως δεν είναι προσαρμόσιμοι στην έλλειψη οξυγόνου, άρα είναι αναγκασμένοι να υποφέρουν ή ακόμα και να πεθάνουν. Κάποιοι άλλοι βέβαια που χρειάζονται λιγότερο, καταφέρνουν να επιζήσουν. Έτσι, με αυτό τον τρόπο, επικρατεί ένας γενικός ανασχηματισμός ολόκληρου του συστήματος.

Έπειτα θα παραθέσουμε τις βιογεωχημικές αιτίες και συνέπειες των υποξικών γεγονότων. Πρώτον, αυτές οι νεκρές ζώνες όχι μόνο σκοτώνουν τα είδη που ζουν στο κάτω μέρος του βυθού, αλλά αλλάζουν και την χημεία του νερού και τον τρόπο που ένα οικοσύστημα επεξεργάζεται τα θρεπτικά συστατικά του. Έπειτα, οι υποξικές συνθήκες προκαλούν τον σχηματισμό ιζημάτων στον βυθό της θάλασσας, τα οποία εκλύουν μη οργανικό φώσφορο. Ο εν λόγω φώσφορος βοηθάει στην αύξηση του φυτοπλαγκτόν, που οδηγεί σε υποξία, σαν ένας φαύλος κύκλος. Η υποξία επίσης, αποδυναμώνει το ρυθμό της απονιτροποίησης, δηλαδή της διαδικασίας αεριοποίησης του αζώτου, μέσω αναερόβιας αναπνοής από τα μικρόβια στα ιζήματα. Μειώνοντας αυτό τον ρυθμό, η περίσσεια των συστατικών στο νερό αποτελεί ένα θετικό πλεονέκτημα για τη συνεχόμενη αύξηση του

φυτοπλαγκτόν. Έτσι, συμπεραίνουμε ότι οι νεκρές ζώνες ευνοούν τα διαθέσιμα συστατικά, τα οποία διεγείρουν το φυτοπλαγκτόν, το οποίο με τη σειρά του τροφοδοτεί τη νεκρή ζώνη. Επιπροσθέτως, φαίνεται πως αν ένα οικοσύστημα έχει έρθει αντιμέτωπο με ένα υποξικό γεγονός, είναι πιο επιρρεπής στο να αντιμετωπίσει ξανά συνθήκες έλλειψης οξυγόνου. Τα είδη που ζουν στον βυθό της θάλασσας όπως, τα σφουγγάρια, τα κοράλλια, τα ασκίδια, τα εχινόδερμα, τα σκουλήκια και άλλα βιοανατρέπουν και βιοαρδεύουν τα ιζήματα και επιταχύνουν την επανοξυγόνωση και επαναμετάλλωση των συστατικών. Όταν λοιπόν, αυτά τα ζώα υποφέρουν, αντικαθιστώνται από άλλα μικρότερα, αποικιακά είδη που μεγαλώνουν γρήγορα και δεν σκάβουν μέσα στα ιζήματα. Τέλος, τα ιζήματα γι αυτό το λόγο παραμένουν ανοξικά, έχοντας έλλειψη ενός ρυθμιστικού στην επεισοδιακή ή στην μόνιμη υποξία [52].

Αύξηση των φυκιών- άμεση και έμμεση τοξικότητα

Τα φύκια μπορούν να προκαλέσουν προβλήματα, είτε αυτά είναι άμεσα, είτε είναι έμμεσα. Τα άμεσα είναι η άμεση τοξικότητα που μπορούν να προκαλέσουν και τα έμμεσα είναι η έμμεση τοξικότητα διαμέσου της τροφικής αλυσίδας. Επίσης προκαλούν μειωμένη ορατότητα μέσα στο νερό, μειωμένη διείσδυση του φωτός, αλλαγές στον τροφικό ιστό, επιλεκτική λιμοκτονία και νεκρές ζώνες.

Μερικά είδη φυκιών εκλύουν τοξίνες, που σχηματίζουν ένα σύννεφο στο νερό. Για παράδειγμα το κόκκινο φύκι *gonyaulax* προκαλεί ερεθισμό του δέρματος, αναπνευστικό στρες και κάψιμο στις μεμβράνες των ματιών, απλώς με την έκθεση (εικόνα 17). Ένα άλλο παράδειγμα είναι το γνωστό *pfisteria* που σχετίζεται με κακώσεις του δέρματος και μαζική θνησιμότητα των ψαριών και των θαλάσσιων θηλαστικών από τις εκκρινόμενες τοξίνες του [53].



Εικόνα 17: Κόκκινο φύκι *gonyaulax*

Πολλά είδη φυκιών είναι άμεσα δηλητηριώδη όταν τρώγονται από τα κωπήποδα και άλλα μικρότερα πλαγκτόν. Επίσης κάποιοι άλλοι τύποι συγκεντρώνονται στην τροφική αλυσίδα για να προκαλέσουν μεγαλύτερη ερήμωση. Κάποια από αυτά προκαλούν ciguatera στα ψάρια, παραλυτική δηλητηρίαση από οστρακοειδή στα μύδια, στα στρείδια και στις αχιβάδες και δηλητηρίαση δομοϊκού οξέος στα ψάρια, στα θηλαστικά και σε άλλα σπονδυλωτά.

Διαύγεια των νερών

Για πολλούς λόγους, οι ευτροφικές συνθήκες συνήθως οδηγούν σε μειωμένη διαύγεια του νερού και περιορισμένη διείσδυση του φωτός. Πρώτα απ' όλα η αύξηση του φυτοπλαγκτόν και του ζωοπλαγκτόν, κάνουν τα περισσότερα άτομα μέσα στο νερό να λειτουργούν ως σωματίδια. Έπειτα, η αποσύνθεση της οργανικής ύλης συνήθως καταλήγει σε έγχρωμα, διαλυμένα σωματίδια. Τέλος, τα είδη του βυθού όπως αχιβάδες, στρείδια, μύδια, βρυόζωα και χιτωνοφόρα, δεν μπορούν να επιβιώσουν σε υποξικές συνθήκες και το φιλτράρισμα των πλωτών μελών τους καταστέλλεται. Επίσης, η μειωμένη διείσδυση του φωτός οδηγεί στη έλλειψη θαλάσσιων λιβαδιών και μακροφυκών, και μαζί με αυτά και άλλους οργανισμούς που βρίσουν καταφύγιο μέσα σε αυτά.

Όμως περισσότερα σωματίδια στη θάλασσα σημαίνει και μειωμένη ορατότητα. Τα περισσότερα ψάρια, θηλαστικά και οστρακόδερμα είναι οπτικοί θηρευτές, ενώ τα περισσότερα είδη μεδουσών είναι θηρευτές δια της αφής. Αυτό το χαρακτηριστικό τους

όμως, τους δίνει ένα μοναδικό πλεονέκτημα σε συνθήκες μειωμένης ορατότητας. Η συσχέτιση αυτή μεταξύ της μειωμένης ορατότητας, της αύξησης των μεδουσών και της μείωσης πληθυσμών των ψαριών έχει εξεταστεί στην Νορβηγία, αλλά πρέπει να εξεταστεί και σε άλλα μέρη έτσι ώστε να αποκτήσει καλύτερη αξιοπιστία [54].

Είναι γεγονός πως ο ευτροφισμός έχει οδηγήσει σε αλλαγές τους πληθυσμούς του φυτοπλαγκτόν, που έχει προκαλέσει αλλαγές στα κωπήποδα, που τέλος με τη σειρά τους έχουν δημιουργήσει σημαντικές ευκαιρίες για τις μέδουσες, έναντι των άλλων ψαριών.

3.2.3-Η επίδραση του ευτροφισμού στα οικοσυστήματα

Οι 3 φάσεις του ευτροφισμού

Ο ευτροφισμός ακολουθεί ένα προβλεπόμενο «μονοπάτι» που αποτελείται από τρεις διαδοχικές φάσεις. Στην αρχή, επικρατεί η φάση του εμπλουτισμού, που λαμβάνει χώρα σε οικοσυστήματα που πριν περιείχαν λίγα θρεπτικά συστατικά. Αυτή η φάση χαρακτηρίζεται από αφθονία ζωής, με αυξήσεις στους πληθυσμούς των ψαριών και των οστρακοειδών, καθώς και της συνολικής βενθικής (του βυθού) και πελαγικής (του νερού) βιομάζας. Ο μέτριος ευτροφισμός μπορεί να θεωρηθεί επωφελής από μία άποψη, όσον αφορά την αλιεία και τα ιχθυοτροφεία.

Η δεύτερη φάση του ευτροφισμού είναι όταν τα αρχικά και τα δευτερεύοντα σημάδια αρχίζουν να γίνονται ορατά. Εκτός από το κύριο επίπεδο της εμπλούτισης, δεν προστίθεται κάποια άλλη εκμεταλλεύσιμη πηγή. Όμως δραματικές αλλαγές αρχίζουν να εμφανίζονται στο οικοσύστημα. Το φυτοπλαγκτόν και άλλα επιβλαβή είδη φυκιών αρχίζουν να αυξάνονται σε τεράστιες ποσότητες. Αφού αυξάνεται το φυτοπλαγκτόν, η διείσδυση του φωτός μειώνεται, συνεπώς μειώνονται και οι περιοχές που ευδοκιμούν τα μακροφύκη. Εφόσον αυξάνεται η συχνότητα των υποξικών επεισοδίων, αυξάνονται και τα είδη που έχουν την απαιτούμενη αντοχή στο μειωμένο οξυγόνο, όπως διάφορα είδη σκουληκιών.

Η τρίτη φάση του ευτροφισμού είναι και η πλέον μη αναστρέψιμη. Το οικοσύστημα δεν μπορεί πλέον να επιστρέψει στην αρχική του κατάσταση. Αυτή η φάση χαρακτηρίζεται από ανοξία και μαζική θνησιμότητα. Τα ευαίσθητα είδη εξαφανίζονται, τα ευκαιριακά αυξάνονται και τα ιζήματα αφού δεν περιέχουν πια ζωντανούς οργανισμούς επιστρέφουν στο αρχικό ανοξικό τους στάδιο [55].

Αλλαγές στην δομή του τροφικού ιστού

Ο ευτροφισμός προκαλεί αλλαγές μακροκλίμακας στην δομή του τροφικού ιστού διαμέσου των μικρών μετακινήσεων στο μέγεθος του φυτοπλαγκτόν. Το μεγάλο φυτοπλαγκτόν καταναλώνεται από τα μεγάλα κωπήποδα και τα κριλ, τα οποία τρώγονται από τα ψάρια, τα θαλάσσια πουλιά και τις φάλαινες. Το μικρό φυτοπλαγκτόν τρώγεται από τα μικρά κωπήποδα, τα οποία είναι πολύ μικρά για τους οπτικούς θηρευτές αλλά αποτελούν την τέλεια λεία για τις μέδουσες. Επιπλέον, πολλά είδη μικροβίων δεν είναι φωτοσυνθετικά, αλλά αντ' αυτού προσλαμβάνουν τα απαραίτητα συστατικά τους, τρώγοντας άλλους οργανισμούς ή τα απομεινάρια τους. Αυτά τα είδη ονομάζονται ετερότροφοι οργανισμοί, επειδή ακριβώς τρέφονται από άλλες πηγές και όχι από μόνα τους όπως κάνουν τα φυτά. Πειραματικές μέθοδοι έχουν αποδείξει ότι η αύξηση του ετεροτροφικού πλαγκτόν, οδηγεί στην αύξηση των μεδουσών [56].

3.2.4-Η επίδραση του ευτροφισμού στις μέδουσες

Σε γενικές γραμμές, ο ευτροφισμός έχει την τάση να μειώσει την βιοποικιλότητα των μεδουσών, αλλά έχει ως συνέπεια την δραματική αύξηση της βιομάζας ενός ή περισσότερων ειδών. Δεν υπάρχουν περιπτώσεις που μπορεί να κατηγορηθεί ο ευτροφισμός ως η μοναδική αιτία αύξησης των μεδουσών, αλλά δεν παύει να είναι ένας απ' τους πιο σημαντικούς παράγοντες και ίσως ο χειρότερος [57]. Επίσης, φαίνεται ότι ο ευτροφισμός παίζει έναν σημαντικό ρόλο στα υποβαθμισμένα οικοσυστήματα, όπου ο συνδυασμός του με άλλες διαταράξεις μπορεί να έχουν απρόβλεπτες συνέπειες.

Επιπλέον, ο ευτροφισμός και η υπεραλίευση έχουν παρόμοιες και συνεργιστικές επιπλοκές στο οικοσύστημα. Και οι δύο παραπάνω παράγοντες μπορούν να προκαλέσουν μία μείωση στην ποικιλία των ειδών και μία αύξηση στην παραγωγικότητα των βενθικών και πελαγικών τροφικών ιστών, που ακολουθείται από την κυριαρχία ειδών, όπως οι μέδουσες [58] [59]. Στις παράκτιες περιοχές, οι αλλαγές που προκαλούνται από τον ευτροφισμό φαίνεται να ευνοούν την παραγωγή των μεδουσών και όχι αυτή των ψαριών. Το γεγονός αυτό καταδεικνύει ότι μία τροφική αλυσίδα σε αυτές τις περιοχές ευνοεί τις μέδουσες και όχι κάποιο άλλο είδος που βρίσκεται σε ανώτερο τροφικό επίπεδο. Ο ευτροφισμός των παραθαλάσσιων υδάτων εμφανίζεται να είναι ο πιο σημαντικός τύπος παράκτιας μόλυνσης [56].

Οι πολύποδες των μεδουσών και οι μέδουσες αντέχουν σε συνθήκες χαμηλού οξυγόνου καλύτερα από κάθε άλλο ψάρι ή ακόμα και μεγαλύτερους οργανισμούς με υψηλές αναπνευστικές απαιτήσεις. Στην πραγματικότητα τα πειράματα δείχνουν ότι οι υποξικές συνθήκες ευνοούν τη θήρευση των μεδουσών: ενώ οι άλλοι οργανισμοί αγωνίζονται για να επιβιώσουν, οι μέδουσες επωφελούνται, εφόσον πλέον η λεία τους είναι πολύ βραδεία [60]. Τέλος, αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι πολλές πλευρές των ευτροφικών συνθηκών ίσως προκαλούν την αύξηση των μεδουσών.

Ανατροφοδότηση θολότητας και υποξίας

Οι μέδουσες λοιπόν φαίνεται ότι αποτελούν μία θετική ενίσχυση της υποξίας με τουλάχιστον δύο διαφορετικούς τρόπους [61]. Ο ένας στηρίζεται στην θήρευση. Οι μέδουσες τρώνε το ζωοπλαγκτόν, άρα το ήδη αυξημένο φυτοπλαγκτόν δεν καταναλώνεται και καταλήγει να αποσυντίθεται στον βυθό της θάλασσας. Αυτό οδηγεί το σύστημα σε ακόμα μεγαλύτερη υποξία των νερών, σκοτώνοντας έτσι τους οργανισμούς του βυθού όπως τα μύδια, επιδεινώνοντας ως αποτέλεσμα και την ποιότητα του νερού.

Ένας άλλος τρόπος που οι μέδουσες ευνοούν την υποξία είναι το γεγονός ότι κάποια στιγμή οι τεράστιες ποσότητες μεδουσών, θα αποσυντεθούν. Ένας μεγάλος αριθμός νεκρών σωμάτων των μεδουσών καταλήγει στον βυθό της θάλασσας, εκλύοντας τεράστιες ποσότητες οργανικών και μη οργανικών θρεπτικών συστατικών. Το οξυγόνο που απαιτείται για την αποσύνθεση των ιστών τους είναι πολύ πιθανόν να οδηγήσει σε τοπική υποξία ή ανοξία [62].

Οι έρευνες έχουν δείξει ότι τα περισσότερα είδη μεδουσών μπορούν να επιζήσουν σε υποξικά νερά, επιτρέποντας τους να ανταγωνιστούν και να εξαλείψουν τα άλλα ψάρια και τα ασπόνδυλα σε ευτροφικές συνθήκες, και στα δύο τους στάδια, του πολύποδα και της μέδουσας [63] [64].

Μερικά είδη συναθροίζονται σε φυσικά υποξικές ζώνες, όπως τα φιόρδ και τα βαθιά νερά, ενώ άλλα συγκεντρώνονται σε εποχικές υποξικές συνθήκες, που είναι αποτέλεσμα ευτροφισμού. Η προσαρμογή των μεδουσών τόσο σε φυσιολογικό επίπεδο, όσο και σε συμπεριφοράς, τις κάνει να μπορούν πολύ εύκολα να ταιριάζουν σε περιβάλλοντα με χαμηλές τιμές οξυγόνου, όπως γίνονται οι παράκτιες περιοχές μας.

Προσαρμογές για να επιζήσουν σε υποξικά περιβάλλοντα

Μία έρευνα έδειξε ότι το είδος *Aurelia labiata* μπορεί να αποθηκεύει οξυγόνο στο σώμα της και να το χρησιμοποιήσει μετά όταν θα βρίσκεται σε υποξικές ή ανοξικές συνθήκες [65]. Η αποθήκη οξυγόνου μπορεί να διαρκέσει περίπου δύο ώρες σε μηδενικό οξυγόνο, και μπορεί να ξαναγεμίσει κατά 70% σε περίπου δύο ώρες. Ομοίως, τρία ακόμα είδη διαπιστώθηκαν ότι μπορούσαν να κανονίζουν τα επίπεδα του οξυγόνου τους σε υποξικές συνθήκες. Συμπερασματικά, οι μέδουσες είναι τόσο καλά προσαρμοσμένες σε ευτροφικές συνθήκες, όσο και εκείνες που εξελίχθηκαν εκατοντάδες εκατομμύρια χρόνια πριν.

Επιπλέον, το δέρμα των μεδουσών αποτελείται από μία στρώση κυττάρων, γεγονός που τις καθιστά ικανές να αναπνέουν κατά μήκος όλης της επιφάνειας του σώματός τους. Μία τόσο μεγάλη επιφάνεια ανταλλαγής οξυγόνου, ίσες τις προδιαθέτει στο να αντέχουν σε περιβάλλοντα χαμηλού οξυγόνου [66].

Τα δύο παραπάνω χαρακτηριστικά των μεδουσών που είδαμε, είναι σαφή χαρακτηριστικά για περιβάλλοντα χαμηλού οξυγόνου. Είναι ο βασικός τρόπος ζωής των μεδουσών. Σε αντίθεση με πολλούς άλλους οργανισμούς, οι μέδουσες παραμένουν στα ανώτερα στρώματα νερού, που ακόμα και στις πιο ευτροφικές περιοχές τα νερά της επιφάνειας είναι υποφερτά σε σχέση με τις νεκρές ζώνες από κάτω.

Επιπροσθέτως, φαίνεται πως οι μέδουσες χρησιμοποιούν τα στρώματα χαμηλού οξυγόνου, ως ένα εργαλείο προς όφελός τους. Πολλά είδη μεδουσών κυνηγούν κατά μήκος των ανοξικών ζωνών, γεγονός το οποίο κάνει τα ψάρια και το ζωοπλαγκτόν να μην μπορούν να ξεφύγουν [66].

Περισσότερη τροφή

Μία από τις κύριες επιπλοκές της αύξησης της πρωτογενούς παραγωγικότητας (πχ φυτοπλαγκτόν) είναι ότι αναμφισβήτητα οδηγεί στην αύξηση του ζωοπλαγκτόν και κυρίως των κωπηπόδων. Επισημαίνουμε επίσης ότι η αύξηση του φυτοπλαγκτόν και ζωοπλαγκτόν οδηγεί στον σχηματισμό νεκρών ζωνών, οι οποίες ευνοούν την αύξηση των μεδουσών, όπως είδαμε και παραπάνω.

Τα επίπεδα υψηλής περιεκτικότητας θρεπτικών συστατικών που ενεργοποιούν τη διαδικασία του ευτροφισμού, καταλήγουν στην παραγωγή μεγάλων ποσοτήτων ζωοπλαγκτόν. Ενώ φαίνεται να είναι θετικό αυτό για τα είδη που έχουν σα λεία το ζωοπλαγκτόν, στην πραγματικότητα τα πράγματα δεν είναι έτσι. Οι μέδουσες μπορούν να

αναπαραχθούν και να αναπτυχθούν πολύ γρηγορότερα από κάθε άλλο είδος. Παράλληλα, τα άλλα είδη αναγκάζονται να ψάχνουν για τροφή σε μία εξαιρετικά μειωμένη ορατότητα, γεγονός που τα δυσκολεύει ακόμα περισσότερο στην επιβίωση τους. Επίσης, οι μέδουσες πολλαπλασιάζονται ραγδαία, ενώ οι προνύμφες άλλων ειδών στην προσπάθεια τους να πολλαπλασιαστούν, γίνονται απλά τροφή για τις μέδουσες.

Επιπροσθέτως, οι μέδουσες φαίνεται να έχουν την ικανότητα να απορροφούν συστατικά διαμέσου του δέρματός τους όταν βρεθούν σε ευτροφικά νερά [67] [68]. Πιο ειδικά, διαλυμένα αμινοξέα απορροφώνται από επιδερμικά κύτταρα, που είναι ειδικευμένα στην απόσπαση οργανικής ύλης από το νερό της θάλασσας. Πειράματα έχουν δείξει ότι το 10-40% της συνολικής μεταβολικής απαίτησης των μεδουσών καλύπτεται μέσω αυτής της λειτουργίας. Επιπλέον, τα μαλακόστρακα και κάποια ψάρια, οι ανταγωνιστές των μεδουσών, έχουν περιορισμένη ικανότητα να απορροφούν συστατικά άμεσα, γεγονός που προσδίδει ακόμα ένα πλεονέκτημα στις μέδουσες σε συνθήκες ευτροφισμού.

Μετακινήσεις στον τροφικό ιστό

Ο ευτροφισμός συχνά οδηγεί στην αντιμετάθεση του μεγάλου φυτοπλαγκτόν με μικρό. Τα φυτοφάγα όπως τα κωπήποδα και τα κριλ, προτιμάνε τα μεγαλύτερα κομμάτια που μπορούν να αποσπάσουν, και έτσι τα μεγαλύτερα είδη λιμοκτονούν από την έλλειψη κατάλληλου μεγέθους φυτοπλαγκτόν για αυτά. Αυτό οδηγεί σε μία κοινότητα που κυριαρχούν τα μικρότερα κωπήποδα, που προτιμώνται από τις μέδουσες και δεν μπορούν να γίνουν αντιληπτά από οπτικούς θηρευτές, όπως τα ψάρια που δεν μπορούν να εντοπίσουν την μικρότερη λεία. Συνεπώς, καταλήγουμε σε ένα οικοσύστημα που ενώ πριν κυριαρχούσαν τα ψάρια, τώρα είναι το «βασίλειο» των μεδουσών.

Ολιγοτροφικές συνθήκες

Η έλλειψη θρεπτικών συστατικών σε ένα οικοσύστημα ονομάζονται ολιγοτροφικές συνθήκες, και είναι το ακριβώς αντίθετο των ευτροφικών συνθηκών. Ένα παράδειγμα ολιγοτροφικού οικοσυστήματος είναι η ανοιχτή θάλασσα/ωκεανός. Τα μαστιγωτά είναι τα κυριαρχικά είδη στις ολιγοτροφικές συνθήκες, επειδή τα επίπεδα των συστατικών είναι τόσο χαμηλά που τα διάτομα επωφελούνται. Τα μαστιγωτά είναι τόσο μικρά και διαθέτουν μία εξαιρετη συγκέντρωση στην επιφάνεια κατ' όγκο, που τα κάνει ικανά να προσλαμβάνουν τα συστατικά που χρειάζονται, ακόμα κι αν υπάρχουν σε πολύ μικρές ποσότητες. Παραδόξως,

ενώ οι ευτροφικές συνθήκες είδαμε ότι ευνοούν τις μέδουσες, το ίδιο ισχύει και με τις ολιγοτροφικές.

3.3-Ρύπανση

3.3.1-Γενικά

Ρύπανση με την ευρεία σημασία της λέξης, μπορεί να θεωρηθεί οποιαδήποτε ουσία ή αντικείμενο το οποίο εισέρχεται μέσα στο οικοσύστημα και μπορεί να προκαλέσει επιβλαβείς επιδράσεις. Πολλοί τύποι ρύπανσης προέρχονται από διάφορες πηγές όπως αερόφερτα σκουπίδια, καυσαέρια οχημάτων, γεωργικά ή αστικά απόβλητα. Υπάρχουν κυρίως δύο τύποι ρύπανσης, αυτός των θρεπτικών συστατικών και ο άλλος των μη θρεπτικών συστατικών. Η ρύπανση των συστατικών περιλαμβάνει ουσίες που είναι φυσικές στα θαλάσσια περιβάλλοντα, αλλά μη φυσικές σε υπερβολικές ποσότητες (ευτροφικές συνθήκες) ή ελάχιστες (ολιγοτροφικές συνθήκες). Εμείς θα εξετάσουμε τα θέματα που είναι σχετικά με την ρύπανση μη θρεπτικών συστατικών, αφού την άλλη μορφή ρύπανσης την εξετάσαμε στο κεφάλαιο του ευτροφισμού. Και οι δύο τύποι μόλυνσης παρατηρούμε ότι είναι υψηλότεροι στις παράκτιες περιοχές, ως αποτέλεσμα αυξημένης αστικοποίησης. Τέλος, και οι δύο αυτοί τύποι μπορούν να προκαλέσουν αύξηση του φυτοπλαγκτόν, που οδηγεί στην υποξία ή στην ανοξία των νερών, που συνεπώς συντελούν στην αύξηση των μεδουσών.

Η ρύπανση που δεν προέρχεται από θρεπτικά συστατικά, περιλαμβάνει σκουπίδια και τοξικές ουσίες που δεν είναι φυσικές στα θαλάσσια περιβάλλοντα και έχουν επιβλαβείς επιδράσεις στην θαλάσσια ζωή. Για παράδειγμα υδρογονάνθρακες πετρελαίου, βαρέα μέταλλα, πλαστικά σκουπίδια και τοξικά απόβλητα. Η θαλάσσια ρύπανση μπορεί να είναι εμφανής όπως μία πετρελαιοκηλίδα ή πλαστικά μπουκάλια ή κουτάκια αναψυκτικών κατά μήκος μιας ακτής, αλλά συχνότερα οι πιο επικίνδυνοι ρύποι είναι αυτοί που δεν μπορούμε να δούμε. Μερικά χημικά αντιδρούν με τέτοιο τρόπο ώστε να εκκενώνουν το νερό από το οξυγόνο, προκαλώντας ανοξία. Πολλοί τύποι τοξικών χημικών διαχέονται στο νερό ή προσκολλώνται σε μικρά σωματίδια που προσλαμβάνονται από τους οργανισμούς του βυθού. Αποθηκευμένα λοιπόν, στην σάρκα τους ή στο λίπος τους, αυτές οι τοξίνες περνούν στην τροφική αλυσίδα και καταλήγουν στο πιάτο μας, είτε άμεσα με τη μορφή μολυσμένων

ψαριών είτε έμμεσα μέσω του φαγητού των ζώων, τρώγοντας ιχθυάλευρα, μεταφέροντας τες σε μας μέσω του κρέατος και των γαλακτοκομικών προϊόντων.

Μία σειρά ρύπων ακολουθεί ο καθένας τον δρόμο του, μέσα σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα. Κάποιοι από αυτούς διαχέονται γρήγορα, ενώ κάποιοι άλλοι συγκεντρώνονται στην επιφάνεια των ιζημάτων μέχρις ότου να προσχωρήσουν μέσα στην τροφική αλυσίδα ή να επαναιωρηθούν από τα ιζήματα από τις τράτες, από τα ειδικά ασπόνδυλα ή από την δράση των καταιγίδων. Πολλοί τύποι βαρέων μετάλλων και οργανικών ρύπων, συγκεντρώνονται στους ιστούς των ανωτέρω θηρευτών, (μία διαδικασία που ονομάζεται βιομεγένθυση), όπου γίνονται επικίνδυνα για τους θηρευτές τους ή στον ίδιο τον άνθρωπο, ως θηρευτή τους (εικόνα 18).



Εικόνα 18: Περιπτώσεις ρύπανσης του νερού [69]

Φυτοφάρμακα, ζιζανιοκτόνα, μυκητοκτόνα, υδρογονάνθρακες, φθωριοάνθρακες, πετρελαιοκηλίδες, πλαστικά έκπλυσης, ραδιενεργά απόβλητα, χημικά όπλα κ.α. Στην πραγματικότητα περίπου 70.000 ανθρωπογενή χημικά μας περιτριγυρίζουν στα υλικά των κτιρίων, στα προϊόντα φυσικής φροντίδας, στους κήπους, στο νερό που πίνουμε, στον αέρα που αναπνέουμε και στο φαγητό που τρώμε [70].

Αυτά τα συστατικά προέρχονται από μία μεγάλη ποικιλία πηγών. Τα βιομηχανικά εργοστάσια εκχύνουν τα χημικά τους απόβλητα στα ποτάμια ή τα αποτεφρώνουν σε αερομεταφερόμενα σωματίδια που εν τέλει εγκαθίστανται στην ατμόσφαιρα. Η γεωργία που στηρίζεται στις φυτείες είναι μία πηγή πλούσια σε φυτοφάρμακα, ενώ η γεωργία στηριζόμενη στα αποθέματα χρησιμοποιεί τεράστιες ποσότητες αντιβιοτικών και αναπτυξιακών ορμονών. Οι αστικοί δρόμοι είναι μία κύρια πηγή πετρελαίου και υπολειμμάτων καουτσούκ. Τα φάρμακα, τα καλλυντικά, οι μικρο-πλυντρίδες, τα απολυμαντικά και μία σειρά οικιακών σκευασμάτων συνεισφέρουν με τον δικό τους τρόπο στα αποχετευτικά συστήματα που οδηγούν τελικά στα ρυάκια και τα ποτάμια μολύνοντάς τα.

3.3.2-Βιοσυσσώρευση και βιομεγένθυση

Παρόλο που μπορεί να φαίνονται να έχουν την ίδια σημασία, οι δύο παραπάνω όροι έχουν εντελώς διαφορετική έννοια. Η βιοσυσσώρευση είναι η συγκέντρωση των τοξικών ουσιών στο σώμα ενός οργανισμού στην πάροδο του χρόνου. Η βιομεγένθυση συντελείται, όταν αυτές οι συσσωρευμένες ουσίες περνάνε διαμέσου της τροφικής αλυσίδας και ενισχύονται μέσω της επαναλαμβανόμενης πρόσληψης τροφής των ήδη μολυσμένων οργανισμών.

Η υγεία των οργανισμών και κατ' επέκταση και του ανθρώπου, που βρίσκεται στην κορυφή της τροφικής αλυσίδας, μπορεί να επηρεαστεί από τη ρύπανση άμεσα με οξεία τοξική δηλητηρίαση ή έμμεσα διαμέσου αυτών των ουσιών που είναι συγκεντρωμένες στην λεία. Αυτές οι διαδικασίες μπορούν επίσης να επηρεάσουν και τα θαλάσσια οικοσυστήματα, διαμέσου των συσσωρευτικών τους επιδράσεων στα ανώτερα επίπεδα της τροφικής αλυσίδας.

3.3.3-Η «βρώμικη» δωδεκάδα

Δώδεκα επίμονοι ρύποι έχουν αναγνωριστεί από τα περιβαλλοντικά προγράμματα των Ηνωμένων Εθνών, οι οποίοι θεωρούνται οι χειρότεροι των χειροτέρων και είναι: πολυχλωριωμένα διφαινύλια (PCBs), διχλωρο-διφαινυλοτριχλωροαιθάνιο (DDT), εξαχλωροβενζόλιο, διοξίνες, φουράνια, διελδρίνη, αλδρίνη, ενδρίνη, χλωρντάν, επταχλώριο, τοξαφαίνη, και μιρέξ [71]. Αυτά τα χημικά έχουν κοινά χαρακτηριστικά που τα καθιστούν

εξαιρετικά επικίνδυνα. Είναι το ίδιο τοξικά και για τους ανθρώπους και για την άγρια ζωή. Έχουν τρομερά μεγάλη αντοχή και μπορούν να παραμείνουν άθικτα για ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Είναι επίσης, εύκολα διαλύσιμα στα λιπίδια και γι αυτό άλλωστε μπορούν και συσσωρεύονται στα σώματα των ανθρώπων, θαλάσσιων θηλαστικών και σε όλο το οικοσύστημα. Συγκεντρώνονται και προχωρούν διαμέσου της τροφικής αλυσίδας. Αυτό το πέρασμα γίνεται από την μητέρα στο έμβρυο, μέσω της μήτρας, και στο παιδί μέσω του θηλασμού. Μπορούν να προκαλέσουν ζημιές στο νευρικό σύστημα, στο ανοσοποιητικό, αναπαραγωγικές και αναπτυξιακές δυσλειτουργίες, ακόμα και καρκίνους. Σαν μονάδες είναι τοξικές, σε συνδυασμό πραγματικά δεν έχουμε ιδέα τι μπορεί να προκαλούν.

3.3.4-διάφορες μορφές ρύπων

Υπολείμματα φυτοφαρμάκων

Τα ιζήματα του ωκεανού κοντά σε αστικές περιοχές συχνά περιέχουν επίμονους οργανικούς ρύπους όπως το DDT, PCBs, και το PAHs (πολυκυκλικούς αρωματικούς υδρογονάνθρακες, μία ομάδα πάνω από 100 χημικών που παράγονται κατά τη διάρκεια της ημιτελούς καύσης άνθρακα, πετρελαίου, αερίου, ξύλου, σκουπιδιών ή άλλων οργανικών ενώσεων). Αυτά τα υπολείμματα της βιομηχανικής καύσης και τα φυτοφάρμακα που χρησιμοποιούνται εδώ και δεκαετίες, δεν είναι τόσο επικίνδυνα, όσο είναι απομονωμένα στα ιζήματα. Αλλά, όταν αυτά επαναιωρούνται, εισχωρούν ξανά πίσω στην τροφική αλυσίδα και ταυτόχρονα στην προμήθεια του φαγητού μας. Πιο συγκεκριμένα, οι καταιγίδες και οι ανθρώπινες δραστηριότητες, όπως οι τράτες του βυθού, η εκβάθυνση των καναλιών και οι παράκτιες κατασκευές (π.χ. μαρίνες) «αναστατώνουν» τα ιζήματα στον βυθό της θάλασσας, κάνοντας τα μικρά σωματίδια να επαναιωρηθούν στο νερό, τα οποία μπορούν να διανύσουν μεγάλες αποστάσεις με τη βοήθεια των τρεχόντων υδάτων. Αυτά τα μικρά σωματίδια μπορούν να γίνουν επιβλαβή στους οργανισμούς του βυθού, όπως τα στρείδια, μύδια, τα σφουγγάρια και τα χιτωνοφόρα. Ο φώσφορος, όπως έχουμε δει σε ιζήματα που βρίσκονται στην σκιά, όταν επαναιωρηθεί, μπορεί να προκαλέσει αύξηση του φυτοπλαγκτόν, που συνεπώς συνιστά στην δημιουργία νεκρών ζωνών.

Η αύξηση της θολότητας, που προκαλείται από τις τράτες βυθού μειώνουν τη διείσδυση του φωτός, που μπορεί να επηρεάσει τους φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, όπως τα φαιοφύκη και τα κοράλλια. Όπως έχουμε δει και παραπάνω, η θολότητα μπορεί να

μειώσει την ικανότητα των οπτικών θηρευτών να δουν τη λεία τους, γεγονός που δίνει πλεονέκτημα στους θηρευτές που στηρίζονται στα πλοκάμια τους, όπως είναι οι μέδουσες.

Υδρογονάνθρακες πετρελαίου

Ένας από τους πιο ορατούς ρύπους στη θάλασσα είναι σίγουρα οι πετρελαιοκηλίδες. Το αργό πετρέλαιο είναι ουσιαστικά ένα μείγμα ουσιών πηκτές, πηκτό, μυρίζει έντονα και είναι δηλητηριώδες. Η πίσσα στις παραλίες, οι κηλίδες στο νερό και τα πνιγμένα πουλιά, είναι μόνο η κορυφή του παγόβουνου. Τα χημικά συστατικά του είναι αυτά που κάνουν την μεγαλύτερη βιολογική ζημιά, παρότι δεν μπορούμε να τα δούμε. Τα συστατικά αυτά είτε διαλύονται στο νερό, είτε εξατμίζονται στην ατμόσφαιρα, αφήνοντας μόνο τα τοξικά τους υπολείμματα.

Οι υδρογονάνθρακες, το προϊόν αποσυντιθέμενης οργανικής ύλης, υπάρχουν φυσικά στο αργό πετρέλαιο. Ο στόχος της εκκαθάρισης πετρελαίου, είναι να διαχωριστούν αυτές οι ουσίες για δική μας χρήση. Άσφαλτος, προωθητικά στα σπρέι, διαλυτή βενζίνη και καύσιμα, είναι μόνο μερικές από τις διάφορες χρήσεις των υδρογονανθράκων. Μεθάνιο, προπάνιο, βουτάνιο, εξάνιο, οκτάνιο, τολουΐνη, ξυλόλιο και ναφθαλίνη, είναι τα ονόματα που ακούμε σε διαφορετικές χρήσεις της καθημερινής μας ζωής. Τα περισσότερα από αυτά προκαλούν καρκίνο ή νευρικές διαταραχές ή επηρεάζουν το αίμα, το ανοσοποιητικό, τα πνευμόνια, το δέρμα, τα μάτια, το συκώτι, τα νεφρά, ακόμα και τα αναπτυσσόμενα έμβρυα.

Όταν αυτές οι χημικές ενώσεις εισβάλλουν στο περιβάλλον, προκαλούν ανεπιθύμητα αποτελέσματα και κυρίως όταν αυτές έχουν επηρεάσει τη βάση της τροφικής αλυσίδας. Πειράματα με πολλούς τύπους φυτοπλαγκτόν έδειξαν ότι ακόμα και σε χαμηλές συγκεντρώσεις έκθεσης υδρογονανθράκων, πολλά από αυτά αναπτύχθηκαν ταχύτατα, κάποια άλλα επηρεάστηκαν μετρίως και κάποια άλλα καθόλου [72].

Στα θαλάσσια θηλαστικά, όπως φώκιες και βίδρες, έχει άμεσες συνέπειες το πετρέλαιο, διότι εφόσον έρχεται σε επαφή με το δέρμα τους, χάνονται οι μονωτικές ιδιότητες τους και παθαίνουν υποθερμία. Επίσης, μπορούν να πεθάνουν εισπνέοντας τοξικά καυσαέρια [73]. Τα κητοειδή, έχουν πρόβλημα με την αναπνοή τους, καθώς το πετρέλαιο τους μπλοκάρει τις διόδους απ' όπου αναπνέουν. Όμως εκτός από τις άμεσες συνέπειες, οξεία θνησιμότητα, υπάρχουν και οι έμμεσες, οι οποίες αποτελούν μία χρόνια υποβόσκουσα θανατηφόρα κατάσταση. Αυτά τα κρυμμένα απομεινάρια, συνεχίζουν να εκλύουν τοξίνες στο νερό για χρόνια. Ακόμα και σε χαμηλά επίπεδα, οι συνέπειες είναι ανυπολόγιστες:

- Συνεχείς μεταμορφώσεις και θνησιμότητα των εμβρύων ψαριών σε μολυσμένες με πετρέλαιο εκβολές ποταμών και χείμαρρων
- Συγκεντρωμένη μόλυνση στα μύδια και στα στρείδια, καθώς γίνονται τοξικά για τους επίδοξους θηλαστικούς θηρευτές του και τον άνθρωπο
- Επικρατεί μία διαδικασία ανάπλασης του μολυσμένου οικοσυστήματος, λόγω της διακινδυνευμένης υγείας, της μειωμένης αναπαραγωγής και της ενισχυμένης θνησιμότητας των οργανισμών. Το γεγονός αυτό δίνει τη δυνατότητα σε άλλα ευκαιριακά είδη να εκμεταλλευτούν αυτά τα κενά και να ανθίσουν (π.χ. μέδουσες, πράσινα φύκια, στρείδια) [73]

Βαρέα μέταλλα

Τα βαρέα μέταλλα που συχνά αποκαλούνται και τοξικά μέταλλα, είναι μία ανησυχητική πηγή ρύπανσης. Περιέχουν στοιχεία όπως υδράργυρο, κάδμιο, μόλυβδο, χρώμιο, ψευδάργυρο, χαλκό και αρσενικό ανάμεσα σε άλλα. Κάποια από αυτά είναι επικίνδυνα ακόμα και σε πολύ μικρές ποσότητες για την ανθρώπινη υγεία, ενώ άλλα ακόμα και σε ελάχιστες ποσότητες μπορούν να προκαλέσουν σοβαρά προβλήματα, ακόμα και θάνατο.

Ανόμοια με τους οργανικούς ρύπους, τα βαρέα μέταλλα δεν αποσυνθέτονται στο πέρασμα του χρόνου. Μπορούν να συσσωρευτούν στα ιζήματα και να επαναιωρηθούν αργότερα από τις τράτες, τους ανεμοστρόβιλους ή κάποιους ειδικούς οργανισμούς (bioturbating organisms). Υπάρχει όμως εξαιρετικός κίνδυνος για εμάς, όταν τα βαρέα μέταλλα εισχωρούν στην τροφική αλυσίδα από τους deposit-feeding οργανισμούς και συγκεντρώνονται μέσω της βιοσυσσώρευσης και της βιομεγένθυσης. Τα βαρέα μέταλλα μπορούν να προκαλέσουν αλλαγές στην ύλη των ιστών, αναπαραγωγικές και αναπτυξιακές ανωμαλίες και μεταβολές στην συμπεριφορά.

Η ρύπανση των βαρέων μετάλλων εγείρεται από διάφορες πηγές. Για παράδειγμα, το χλώριο και το κάδμιο χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροδότηση. Η μόλυνση του ψευδαργύρου προέρχεται από την τήξη των μετάλλων, τα εργοστάσια τσιμέντου και αυτά της καύσης άνθρακα. Κοινές πηγές ρύπανσης χαλκού είναι η διάβρωση των εναερίων καλωδίων από την σιδηροδρομική κυκλοφορία, η καύση των αποβλήτων και τα φρένα των αυτοκινήτων.

Πλαστικά απορρίμματα

Είναι γεγονός ότι προτιμάμε τις πλαστικές σακούλες για πολλούς λόγους, επειδή είναι πολύ ελαφριές, γερές, διαρκείς και πολύ φθηνές. Αλλά οι παραπάνω λόγοι είναι και οι ίδιοι που τις καθιστούν μία επικίνδυνη απειλή για το θαλάσσιο περιβάλλον [74]. Το ζήτημα είναι ότι κανείς δεν γνωρίζει ακριβώς πόσο μπορούν να «επιζήσουν» τα πλαστικά μέσα σε ένα θαλάσσιο περιβάλλον. Σύμφωνα με ειδικούς, εκτός από μία μικρή ποσότητα που αποτεφρώνεται, κάθε ίχνος πλαστικού που έχει κατασκευαστεί τα τελευταία 50 χρόνια παραμένει και βρίσκεται κάπου στο περιβάλλον [75]. Το πρόβλημα είναι ότι τα πλαστικά δεν αποσυντίθενται, αλλά μόνο μπορούν να διαχωριστούν στο νερό της θάλασσας. Καθώς αυτά γίνονται ολοένα και μικρότερα, θα μας βόλευε να πιστέψουμε ότι εξαλείφονται τελείως, πράγμα το οποίο φυσικά δεν ισχύει. Σωματίδια σε μέγεθος σκόνης, απορροφώνται από τα μύδια, στρείδια (filter-feeding) κ.λπ. και έτσι παίρνουν το δρόμο τους μέσω της τροφικής αλυσίδας. Στην ξηρά, η υπεριώδης ακτινοβολία και οι υψηλές θερμοκρασίες έχουν την ικανότητα να διαλύουν τα πλαστικά υπολείμματα, ενώ στο νερό τα πράγματα είναι διαφορετικά εφόσον μειώνεται η υπεριώδης διείσδυση και προκαλεί αλλαγές στην θερμοκρασία. Συνεπώς, στην βαθιά θάλασσα, έχουμε μεγάλη συγκέντρωση πλαστικών απορριμμάτων [76].

Για πολλά θαλάσσια είδη, τα πλαστικά σκουπίδια έχουν γίνει πλέον βασική πηγή τροφής τους. Οι χελώνες μπερδεύουν τις πλαστικές σακούλες με τις μέδουσες. Τα θαλάσσια πουλιά μπερδεύουν τους αναπτήρες μιας χρήσης με ψάρια. Τα ψάρια μπερδεύουν τα κομμάτια από φελιζόλ με πλαγκτόν. Και αυτά είναι μόνο κάποια από τα αποτελέσματα των πλαστικών απορριμμάτων μέσα στους ωκεανούς. Πιο συγκεκριμένα:

- Οι χελώνες πολύ συχνά παραπλανούνται από τις πλαστικές σακούλες στο νερό, νομίζοντας πως είναι η λεία τους, οι μέδουσες. Τα πλαστικά κομμάτια συσσωρεύονται στο έντερό τους για πολλούς μήνες [77], φράσσοντας το πεπτικό τους σύστημα, μπλοκάροντας την τροφή και τα κόπρανά τους.
- Οι πιγκουίνοι, οι πελεκάνοι, οι άλμπατροι, οι γλάροι και άλλα θαλάσσια πουλιά, καθώς και οι φώκιες και τα δελφίνια τρώνε πλαστικά ή μπλέκονται μέσα σε αυτά (εικόνα 19). Τα δίχτυα, τα σχοινιά, οι πετονιές και άλλα σκουπίδια περιπλέκονται γύρω από τον λαιμό, τα πόδια, τα φτερά και τις ουρές τους και προκαλούν ασφυξία, ακρωτηριασμούς, μολύνσεις και τραυματισμούς.

- Τα είδη που τρέφονται με πλαγκτόν, μπερδεύουν επίσης τη λεία τους με μικρά πλαστικά σωματίδια. Η πλειονότητα των τεμαχίων είναι λεπτή ταινία ή κομμάτια μονόινα ή πολυπροπυλένιο. Αυτά λοιπόν, έχουν την ιδιότητα να λαμπιρίζουν και με αυτό τον τρόπο μπερδεύουν τους οργανισμούς, νομίζοντας πως είναι η τροφή τους.
- Οι οργανισμοί όπως τα μύδια, στρείδια, γαύροι και σαρδέλες, έχει αποδειχτεί ότι καταναλώνουν και συσσωρεύουν μικροσκοπικά πλαστικά θραύσματα. Πειράματα σε μύδια έχουν δείξει ότι τα πλαστικά συγκεντρώνονται στο έντερό τους, έπειτα μετακινούνται στο κυκλοφορικό τους σύστημα μέσα σε 3 μέρες, όπου παραμένουν για 48 ολόκληρες ημέρες.
- Τέλος, τα πλαστικά δρουν σαν ένας μαγνήτης, ένα σφουγγάρι απορροφώντας τα PCBs και DDT και άλλους οργανικούς ρύπους απ' το θαλάσσιο περιβάλλον. Έπειτα δρουν σαν μία τοξική σφαίρα, η οποία εισέρχεται στην τροφική αλυσίδα.



Εικόνα 19: Ένα πουλί μπερδεύει την τροφή του με ένα πλαστικό μπουκάλι

Το πρόβλημα με τα πλαστικά γίνεται ακόμα χειρότερο, όσον αφορά τα μικροπλαστικά. Αυτά μπορεί να προέρχονται από δύο πηγές, πρώτον από φυσική και χημική ρίψη πλαστικών αποβλήτων στους ωκεανούς και δεύτερον, από κατασκευασμένα σφαιρίδια

ρητίνης ή από καλλυντικές και βιομηχανικές πλυντρίδες. Αυτά ίσως ακόμα προέρχονται από τις φλιν ζακέτες μας, που εκλύουν χιλιάδες μικροσκοπικά μικροπλαστικά, κάθε φορά που πλένονται στα πλυντήρια ή στα καθαριστήρια [78]. Τα μικροπλαστικά είναι επίσης άφθονα στα υποπαλιρροιακά ιζήματα [79].

Πυρηνικά απόβλητα

Η ραδιενέργεια αρχικά κατηγοριοποιείται σε 3 είδη σε σχέση με το μήκος της. Είναι οι λεγόμενες εκπομπές τύπου άλφα, όπως το πλουτώνιο και το αμερίκιο, τα οποία είναι πολύ δυνατά στην ιοντίζουσα ικανότητά τους, αλλά όχι τόσο δυνατά όσον αφορά την απόσταση που έχουν επιρροή. Έπειτα έχουμε τις εκπομπές τύπου βήτα που είναι το στρόντιο, το καίσιο, το κοβάλτιο και το ιώδιο. Αυτά είναι πιο αδύναμα στα πλαίσια της ιοντίζουσας δύναμής τους, αλλά μπορούν να ταξιδέψουν μεγαλύτερες αποστάσεις. Η ραδιενέργεια τύπου άλφα είναι η πιο επικίνδυνη από τις δύο, αφού η ιοντίζουσα διαδικασία καταφέρνει να διαλύσει τη δομή των κυττάρων. Η τύπου βήτα είναι ασφαλέστερη με την έννοια ότι καταστρέφει λιγότερο τα κύτταρα, αλλά το αρνητικό είναι ότι μπορεί να προσβάλλει περισσότερα κύτταρα. Η τρίτη κατηγορία ραδιενέργειας είναι η τύπου γάμμα, η οποία είναι μία αόρατη, πολύ υψηλής ενέργειας ακτίνα φωτός. Το επιτρεπόμενο όριο πυρηνικών αποβλήτων στους ωκεανούς είναι κατά 99% τύπου βήτα και σε χαμηλές ποσότητες, κάποια τύπου άλφα.

Σε γενικές γραμμές η πυρηνική ενέργεια συχνά αποκαλείται ως «καθαρή ενέργεια», και αυτό σε σύγκριση με το διοξείδιο του άνθρακα. Αλλά το οδυνηρό είναι, όταν συμβεί κάποιο ατύχημα σε πυρηνικό εργοστάσιο, που έχει τραγικές συνέπειες για το οικοσύστημα, για ένα πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα. Στην ιστορία έχουμε δύο πολύ ισχυρά παραδείγματα τέτοιων ατυχημάτων που είναι του Τσερνομπίλ και της Φουκουσίμα. Υπάρχουν δύο είδη συνεπειών, οι μεν εμφανείς που μέσω της τροφικής αλυσίδας τα πυρηνικά απομεινάρια καταλήγουν στο πιάτο μας, και οι δε, οι λιγότερο οφθαλμοφανείς, όντας ότι τα μεγαλύτερα ζώα τρώγοντας μικρότερα μολυσμένα ζώα, αρρωσταίνουν και αυτά, προκαλώντας αναστάτωση στις ισορροπίες της τροφικής αλυσίδας.

3.3.5-Η επίδραση της ρύπανσης στα οικοσυστήματα

Κατά κύριο λόγο, ενώ τα διαφορετικά είδη, φαίνεται να αντιδρούν και διαφορετικά στους εκάστοτε ρύπους, το κοινό είναι ότι η ρύπανση φαίνεται να ευνοεί τα διάφορα είδη

παράσιτων (weedy species). Έρευνες έχουν δείξει ότι τα μαστιγωτά έχουν ανθίσει σε νερά που περιέχουν χαμηλές συγκεντρώσεις DDT ή χαλκού, ενώ τα διάτομα όχι [80].

Τα αυγά και οι προνύμφες θαλάσσιων οργανισμών, δηλαδή τα πλαγκτονικά οικοσυστήματα φαίνεται να «αναβοσβήνουν», όταν βρίσκονται αντιμέτωπα με πετρελαιοκηλίδες. Μία έρευνα έδειξε ότι ζωοπλαγκτόν αντικαταστάθηκε μέσα σε 5 μέρες [81], ενώ άλλα μικρόβια και μαστιγωτά, έδειξαν να επηρεάζονται από το πετρέλαιο [82].

Επίσης, μία από τις ύπουλες επιδράσεις της τράτας βυθού, όπως είδαμε και παραπάνω, είναι η επαναιώρηση των τοξικών υπολειμμάτων που βρίσκονται στα ιζήματα όπως DDT, PCBs, υδρογονάνθρακες, υδράργυρος, ραδιενεργά σωματίδια και μία πληθώρα πλαστικών. Όλες οι επιβλαβείς ουσίες που έχουν προσκολληθεί ή θαφτεί στον βυθό, χωρίς να εισχωρήσουν στην τροφική αλυσίδα, τώρα είναι και πάλι ενεργά. Και αυτά τα τοξικά σύννεφα ταξιδεύουν για πολλά μίλια, διαλυμένα στο νερό και καταφέρνουν εν τέλει να διαπεράσουν πίσω στον τροφικό ιστό.



Εικόνα 20: Α) προειδοποιητική πινακίδα για μολυσμένα ψάρια, Β) πουλιά με ανωμαλίες στο φτέρωμα που υποδεικνύουν έκθεση σε ραδιενέργεια, Γ) προειδοποιητική πινακίδα μολυσμένων νερών σε ποτάμι [5].

Απομάκρυνση μικροπανίδας και μικροχλωρίδας

Τα μεγάλα ζώα αναρροφούνται από τις εισόδους των σωλήνων πρόσληψης νερού των εργοστασίων, καθώς και οι μέδουσες, αφού υπάρχουν καταγεγραμμένα πάρα πολλά

περιστατικά. Εφόσον λοιπόν και τα μεγαλύτερα ζώα συμπαράσονται τόσο μάλλον το μικρότερο πλαγκτόν, που παρασύρεται σε απίστευτες ποσότητες. Δεν υπάρχουν επαρκή στοιχεία και αντίστοιχες έρευνες για τα παραπάνω, αλλά είναι προφανή αφού τα εργοστάσια αυτά συμπεριφέρονται σαν μία ηλεκτρική σκούπα που δουλεύει συνεχόμενα, απορροφώντας κάθε είδους ζωής, μέσα σε δισεκατομμύρια γαλόνια νερού, μέσα σε μία μέρα. Αυτά μπορεί να είναι αυγά ψαριών, προνύμφες, φυτοπλαγκτόν, ασπόνδυλα, τα οποία στιγμιαία «μαγειρεύονται» και ξεβράζονται σε νερά πολύ θερμότερα από την κανονική θερμοκρασία όπου ζουν. Κάποια από αυτά κονιορτοποιούνται ή ρευστοποιούνται κατά τη διάρκεια της διαδικασίας, δημιουργώντας έτσι μεγαλύτερες επιφάνειες για να επισπευτεί η βακτηριακή διαδικασία αποσύνθεσης. Ουσιαστικά, η παραπάνω διαδικασία αποτελεί έναν ισχυρό παράγοντα στον ευτροφισμό.

Η απορροή θερμών νερών από τα εργοστάσια παραγωγής ενέργειας μπορεί να διαφοροποιήσει επίσης κατά ένα μεγάλο βαθμό το τοπικό οικοσύστημα. Εάν αυτό βρίσκεται σε μία ανοικτή ακτογραμμή, τα θερμά νερά που εκβάλλει εκτείνονται σε μερικές εκατοντάδες μέτρα, αφήνοντας την γύρω περιοχή σαν ένα σεληνιακό τοπίο. Εάν τώρα αυτό ευρίσκεται σε ένα ημίκλειστο κόλπο ή σε εκβολές κάποιου ποταμού, τότε όλο το οικοσύστημα θα αλλάξει καταστροφικά. Η συγκέντρωση διαλυμένου οξυγόνου είναι πολύ χαμηλή για τα ιθαγενή είδη και πολλές φυσιολογικές διαδικασίες τους έχουν πολύ στενά θερμικά όρια, μέσα στα οποία τα ένζυμά τους δουλεύουν καταλλήλως.

3.3.6-Η επίδραση της ρύπανσης στις μέδουσες

Η πιο εμφανής επίδραση της ρύπανσης στις μέδουσες, είναι ότι ουσιαστικά προκαλεί ακαριαίο θάνατο ή χρόνια τοξικότητα στα υπόλοιπα είδη, επιτρέποντας τους έτσι να κυριαρχήσουν. Παρόλα αυτά ακόμα και οι μέδουσες δεν είναι τελείως προστατευμένες από τα αποτελέσματα της ρύπανσης. Πολύ λίγες έρευνες έχουν διεξαχθεί στο κατά πόσο επηρεάζει η ρύπανση τις μέδουσες, εκτός από ελάχιστες πάνω στους υδρογονάνθρακες και το πετρέλαιο. Από αυτά τα πειράματα προέκυψε ότι οι πετρελαιοκηλίδες σκοτώνουν τις μέδουσες και ότι οι πολύποδες και οι νεαρές μέδουσες αναπτύσσονται με ανωμαλίες, ακόμα κι αν εκτίθενται σε χαμηλές συγκεντρώσεις. Στην πραγματικότητα, οι πολύποδες των μεδουσών έχουν χρησιμοποιηθεί σαν ένας περιβαλλοντικός δείκτης για την ρύπανση των

υδρογονανθράκων, παρατηρώντας μικρές αλλαγές στην ανάπτυξη και συμπεριφορά τους [83].

Τα παρασυρόμενα κομμάτια πλαστικού, γεμίζουν επίσης με πολύποδες μεδουσών, τα οποία δρουν σαν ένα δωμάτιο εξάπλωσης για αποικίες, πριν τη μεγάλη αύξησή τους. Ομοίως, τα επιπλέοντα πλαστικά αντικείμενα βοηθούν με τον ίδιο τρόπο τους πολύποδες να ανθίσουν, διανύοντας μεγάλες αποστάσεις, όσο χρονικό διάστημα επιπλέουν τα πλαστικά.

Η μέδουσα φαίνεται να είναι ένας από τους λίγους θηρευτές που δεν επηρεάζεται από την ακτινοβολία και πολλά είδη τοξίνων. Δεν υπάρχουν ακόμα αποδείξεις για κάτι τέτοιο αλλά είναι κάτι απολύτως λογικό. Άλλοι ζωντανοί οργανισμοί γύρω τους που διαθέτουν μύες, κόκαλα, αίμα και λίπος, αποθηκεύουν επίμονους οργανικούς ρύπους, ακτινοβολία και βαρέα μέταλλα, που πιθανώς τους επηρεάζουν. Όμως οι μέδουσες, πιθανόν δεν επηρεάζονται εξαιτίας της υδαρούς, κλωνικής και βραχύβιας φύσης τους. Πρώτον, δεν διαθέτουν χώρο ειδικό στους ιστούς τους, που να μπορούν να αποθηκευτούν οι τοξίνες. Έπειτα, ο χρόνος ζωής τους δεν είναι τόσο μεγάλος έτσι ώστε να μπορέσουν να συγκεντρώσουν μεγάλες συγκεντρώσεις. Στη συνέχεια, ακόμα κι αν στη μορφή των πολυπόδων έχουν αποθηκευτεί ποσότητες ραδιενέργειας ή τοξινών, ένα πολύ μικρό μέρος αυτών περνάει στην φάση της μέδουσας προνύμφης, το οποίο δεν έχει τόσο οδυνηρές συνέπειες. Τέλος, επειδή η μέδουσα είναι στο σεξουαλικό στάδιο και δεν έχει μεγάλο προσδόκιμο ζωής, η πιθανότητα αρρώστιας ή γενετικής μετάλλαξης εξαιτίας της ραδιενέργειας ή των τοξινών είναι πολύ μικρή. Έτσι, ενώ τα ψάρια αναπτύσσουν δύο κεφάλια και καρκινικούς όγκους, οι φάλαινες πεθαίνουν από λευχαιμία και δηλητηρίαση από υδράργυρο, τα θαλάσσια πουλιά πνίγονται με πλαστικά, οι μέδουσες συνεχίζουν να καταβροχθίζουν το πλαγκτόν τους και να επιβιώνουν, σα να μην έχει συμβεί τίποτα.

Θερμική ρύπανση

Σε γενικές γραμμές, η υπερθέρμανση διεγείρει την αναπαραγωγή των πολυπόδων και την γρηγορότερη ανάπτυξη των μεδουσών. Όμως αυτό δεν ισχύει σε κάθε περίπτωση. Έχουμε δύο διαφορετικά παραδείγματα των ασυνήθιστα θερμών νερών στις μέδουσες στην Αυστραλία. Στην πρώτη των περιπτώσεων, το τροπικό είδος *cassiopea*, ευδοκιμεί στα θερμά νερά των απορροών του σταθμού παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, της νότιας Αυστραλίας. Στη δεύτερη περίπτωση, ένα παρόμοιο θερμικό κύμα, οδηγεί στην τοπική εξαφάνιση ενός άλλου είδους μέδουσας.

Ένας ικανοποιητικός αριθμός ερευνών έχουν γίνει για την επίδραση που έχουν οι απορροές των θερμών νερών των εργοστασίων στα τοπικά οικοσυστήματα. Σε μερικές περιπτώσεις ο πλούτος των ειδών φαίνεται να παραμένει ανέπαφος ή ακόμα και να αυξάνεται, ενώ σε άλλες έχουμε σημαντική μείωση των πληθυσμών ή και εξαφάνιση. Αυτές οι διακυμάνσεις φαίνεται να οφείλονται στις τοπικές συνθήκες, όπως στην τοπογραφία της εκβολής των απορρεόντων υδάτων, ή την ένταση και τη διάρκεια των θερμοκρασιακών αλλαγών [84]. Όμως ο πλούτος των ειδών υπολογίζει μόνο τα συνολικά νούμερα και δε λαμβάνει υπόψη εάν τα είδη ήταν τα ίδια πριν την διατάραξη ή εάν τα είδη είναι ντόπια ή εισαγόμενα. Παρά την εμφανή μείωση του φαινομένου στο τοπικό οικοσύστημα, εάν τα εργοστάσια απέρριπταν τα απόβλητά τους κατευθείαν σε ανοικτή θάλασσα και όχι σε ημίκλειστες λιμνώδης περιοχές, πολλοί σταθμοί ηλεκτρικής ενέργειας θα συνεχίσουν να χτίζονται σε εκβολές ποταμών.



Εικόνα 21: Σχηματική αναπαράσταση της θερμικής ρύπανσης μιας εργοστασιακής μονάδας [85]

Ολοκληρώνοντας, η γνώση μας για τις ευθείς βιολογικές επιδράσεις των εντομοκτόνων, των πλαστικών και της ακτινοβολίας στις μέδουσες δεν είναι πλήρης. Όμως, είναι εφικτό να συμπεράνουμε ότι κάθε είδους βιολογική ή οικολογική διατάραξη σε ένα οικοσύστημα, δημιουργεί συνθήκες ευνοϊκές για τις μέδουσες, με τον ίδιο τρόπο που όπως

είδαμε λειτουργεί και η υπεραλίευση, αποδυναμώνοντας έναν ή περισσότερους συνδέσμους στην τροφική αλυσίδα.

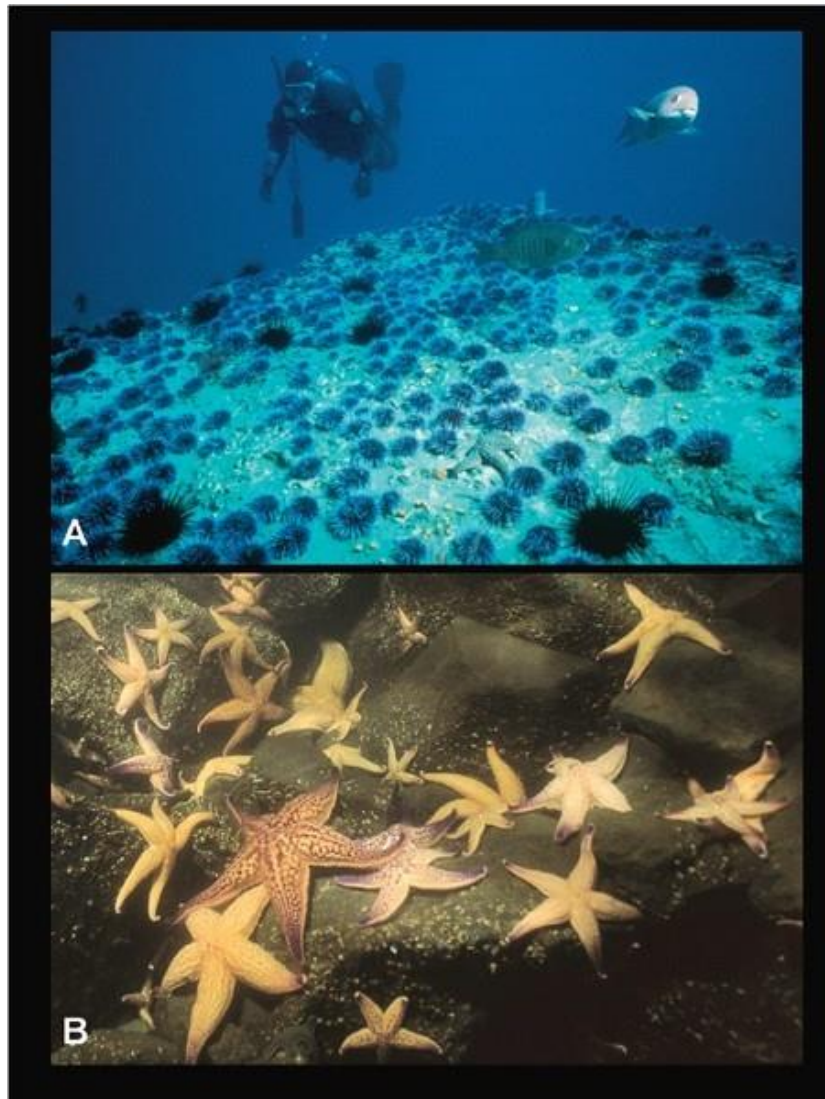
3.4-Βιορύπανση- (Εισαγόμενα είδη)

3.4.1- Γενικά

Τα εισαγόμενα είδη ή «είδη ξενιστές» είναι οργανισμοί που αποικούν σε μη ιθαγενή περιβάλλοντα και αυτό συμβαίνει πολύ συχνά με την ανθρώπινη μεσολάβηση μέσω των μεταφορών τους. Οι όροι «εισαγόμενα είδη», «εισβολικά είδη», «εξωτικά είδη», «είδη ξενιστές», «ενοχλητικά είδη» και «ξеноβιοτικά είδη» χρησιμοποιούνται εναλλακτικά και αναφέρονται στο ίδιο αντικείμενο. Αυτοί οι όροι αναφέρονται στα είδη που απειλούν στην ανθρώπινη χρήση των φυσικών πηγών ή βλάπτουν τους φυσικούς πόρους των οικοσυστημάτων. Στις περισσότερες περιπτώσεις τα είδη είναι μη ιθαγενή, ενώ σε κάποιες είναι και ιθαγενή. Και στις δύο περιπτώσεις, αυτά τα είδη τίθενται εκτός ελέγχου. Τέτοιου είδους διαταραχές περιγράφονται με τον όρο «βιορύπανση» (εικόνα 22).

Τα περισσότερα ενδημικά είδη μεταφέρονται σε άλλα οικοσυστήματα με τη βοήθεια του έρματος των πλοίων. Όταν καταφθάσουν στον προορισμό τους, φαίνεται να κατακτούν το νέο τους σπίτι και αυτό το καταφέρνουν εντελώς μόνα τους. Όμως, με αυτό τον τρόπο, προσπαθώντας να εδραιωθούν στο καινούργιο περιβάλλον τους, ασκούν τεράστια πίεση στο οικοσύστημα με αποτέλεσμα να το διαφοροποιούν ασταμάτητα πολλές φορές. Τα είδη εκείνα, τα οποία είναι εύκολη λεία για τα ξενικά ή εκείνα που είναι λιγότερο ανταγωνιστικά, διατρέχουν μεγάλο κίνδυνο εξαφάνισης.

Ο πρωταρχικός τρόπος μεταφοράς μη ιθαγενών ειδών από μέρος σε μέρος ήταν μέσα ή πάνω στα πλοία και σε βάρκες. Οι μέδουσες προσκολλώνται στις δεξαμενές κατακράτησης έρματος ή στις υδροειδείς επεκτάσεις κατά μήκος του σκελετού των πλοίων, σαν ένα απαρατήρητο χνούδι. Επιπροσθέτως, τα πλαστικά επιπλέοντα απορρίμματα παίζουν σημαντικό ρόλο στην διασκόρπιση των ειδών. Τα πλαστικά είναι επίμονα και μπορούν να παραμείνουν για πολύ μεγάλο χρονικό διάστημα στο θαλάσσιο περιβάλλον, που αποτελούν τις τέλειες προδιαγραφές για τους επίδοξους ταξιδιώτες, όπως είναι: οι πολύποδες μεδουσών, τα φύκια, οι πεταλίδες και τα χιτωνοφόρα.



Εικόνα 22: Επικράτηση μη ιθαγενών ειδών στο οικοσύστημα [5]

3.4.2-Η επίδραση των ξενικών ειδών στις μέδουσες και γενικότερα στα οικοσυστήματα

Τα εισβολικά είδη επηρεάζουν τις μέδουσες με δύο τρόπους. Πρώτον, ίσως είναι από μόνες τους ο τελευταίος εισβολικός οργανισμός: και οι δύο φάσεις τους, αυτή του πολύποδα και της μέδουσας, είναι πολύ καλά προσαρμοσμένες στην μακρινή μεταφορά τους και στον ραγδαίο αποικισμό. Τέτοια παραδείγματα αποτελούν, το είδος *mnemiopsis* που έχει εγκατασταθεί κατά μήκος του Ατλαντικού, στην Μαύρη θάλασσα, στην Βαλτική θάλασσα και σε πολλά άλλα μέρη. Επίσης η μέδουσα *phyllorhiza* από την Αυστραλία έχει εισβάλλει στην Καλιφόρνια, στην Καραϊβική, στον κόλπο του Μεξικού και στην Μεσόγειο θάλασσα.

Δεύτερον, μία άλλη κύρια επίδραση στις μέδουσες, είναι ότι τα ξενικά είδη προκαλούν μία ταλάντευση σε ολόκληρο το οικοσύστημα. Αυτό σημαίνει ότι διαταράσσουν τις τροφικές σχέσεις, συνεπώς οι μέδουσες μπορούν πιο εύκολα να εκμεταλλευτούν αυτή την αστάθεια προς όφελός τους. Οι εκβολές των ποταμών είναι κύριες εστίες για τα ξενόφερτα είδη. Αυτό συμβαίνει διότι τα ποτάμια έχουν μεγάλη κυκλοφορία πλοίων, μεγάλο διάστημα παραμονής του ίδιου νερού και πολλά σκιερά μέρη που ευνοούν τέτοιου είδους οργανισμούς. Ο κόλπος του Σαν Φρανσίσκο στην Καλιφόρνια, οι εκβολές του Derwent στην Τασμανία και το Port Phillip Bay κοντά στην Μελβούρνη είναι περιοχές πολύ διαταραγμένες από μη ιθαγενή είδη και ταυτοχρόνως, πολύ μολυσμένες από μέδουσες.

Πολλές έρευνες έχουν αποδείξει ότι η υπερθέρμανση των ωκεανών έχει διευκολύνει την εισβολή των μη ιθαγενών ειδών. Ο καθηγητής John Stachowicz και οι συνάδελφοί του μελέτησαν τα ασκίδια, δηλαδή τα θαλάσσια squirts και τα χιτωνόζωα [86]. Τα ασκίδια είναι άμισχα, κολλημένα στον βυθό της θάλασσας και τα περισσότερα από αυτά σχηματίζουν αποικίες. Η ομάδα βρήκε ότι τα τρία πιο κοινά μη ιθαγενή ασκίδια γέννησαν αυγά και εγκαταστάθηκαν νωρίτερα απ' ό,τι τα ντόπια είδη στα θερμότερα νερά. Ως εκ τούτου, ο διαθέσιμος χώρος για την αποικία είχε καλυφθεί από τα μη ιθαγενή είδη, μη αφήνοντας τα ντόπια να εγκατασταθούν.

Ομοίως, μία άλλη έρευνα μελέτησε μία δυνητική κλιματική αλλαγή, αν θα διευκόλυνε τα ξενικά είδη να εισβάλλουν, εξετάζοντας τις επιδράσεις της υπερθέρμανσης στα weedy είδη στο bodega bay, βόρεια του Σαν Φρανσίσκο, στην Καλιφόρνια [87]. Τα μη ιθαγενή είδη αποτελούν το 71% της επικάλυψης των προκυμαίων στο λιμάνι του bodega. Οι ερευνητές χρησιμοποίησαν καθαρά πλαστικά πιάτα για να μελετήσουν ποια από τα είδη εγκαταστάθηκαν πρώτα, ποια αναπτύχθηκαν γρηγορότερα και ποια μπόρεσαν να επιβιώσουν το μεγαλύτερο διάστημα κάτω από διαφορετικές συνθήκες. Ανακάλυψαν λοιπόν, ότι τα μη ιθαγενή είδη ανταποκρίθηκαν καλά στην υπερθέρμανση, ενώ τα ιθαγενή όχι και τόσο καλά. Αυτό τους οδήγησε να συμπεράνουν ότι η υπερθέρμανση είναι πιθανόν να έχει μία δυσανάλογη αρνητική επίδραση στα ιθαγενή είδη. Επίσης, μπορούν να προβλέψουν ότι όσο η θερμοκρασία των ωκεανών αυξάνεται, τα ιθαγενή είδη θα μειώνονται, ενώ τα εισβολικά θα αυξάνονται στο συγκεκριμένο σύστημα.

Αυτή η εποχή της παγκόσμιας μεταφοράς των ειδών και της ανθρωπογενούς επιρροής στην ανάμειξη των ειδών έχει ονομαστεί Homogocene περίοδος. Καθώς χιλιάδες είδη μεταφέρονται από διαφορετικά μέρη του κόσμου, κάποιοι θεωρούν ότι το γεγονός

αυτό θα μπορούσε να αυξήσει την τοπική βιοποικιλότητα. Αλλά δυστυχώς κάτι τέτοιο δεν ισχύει στις περισσότερες περιπτώσεις. Το πιο συχνό φαινόμενο είναι ότι τα εισβολικά είδη προκαλούν δραματικές απώλειες της βιοποικιλότητας. Παραδείγματα υπάρχουν πολλά όπως η περίπτωση της μέδουσας *Mnemiopsis* στην Μαύρη θάλασσα, οι αλεπούδες και οι αστερίες στην Αυστραλία, οι σκαντζόχοιροι στη Νέα Ζηλανδία, τα καφέ φίδια στο Guam, οι ζέβρες στις Αμερικάνικες λίμνες, τα πράσινα φύκια *caulerpa* στη Μεσόγειο, κ.α.

Τέλος, τα μη ιθαγενή είδη που έχουν εγκατασταθεί σε μια περιοχή είναι πολύ δύσκολο, έως ακατόρθωτο να τα εξαλείψεις ή ακόμα έστω και να τα περιορίσεις. Ο βιοέλεγχος είναι μια διαδικασία με την οποία χρησιμοποιούνται εισαγόμενοι θηρευτές για να ελέγξουν τους πληθυσμούς της ξενικής λείας. Όμως, σχεδόν κάθε τέτοια περίπτωση έχει αποτύχει πλήρως, αφού τα είδη που προσπαθούν να περιορίσουν αντιθέτως μεταμορφώνονται σε άγριους επιβλαβείς οργανισμούς με τα άκρως αντίθετα αποτελέσματα. Κάποια παραδείγματα εισβολής μη ιθαγενών ειδών παρουσιάζονται στον παρακάτω πίνακα:

Invading species	Areas of invasion	Source
Scyphomedusae		
<i>Aurelia</i> spp.	Multiple invasions	Dawson et al. (2005)
<i>Rhopilema nomadica</i>	Eastern Mediterranean Sea	Reviewed in Graham & Bayha (2007)
<i>Phyllorhiza punctata</i>	Western Australia, Hawaii & San Diego, USA, Caribbean and Mediterranean seas, Gulf of Mexico	Reviewed in Graham et al. (2003), Bolton & Graham (2004), Graham & Bayha (2007)
<i>Cassiopea andromeda</i>	Hawaii and Mediterranean Sea	Reviewed in Graham & Bayha (2007)
<i>Sanderia malayensis</i>	Yangtze River estuary	Xian et al. (2005)
Hydromedusae		
<i>Craspidacusta sowerbii</i>	Fresh water, all continents except Antarctica	Dumont (1994)
<i>Moerisia lyonsi</i>	Chesapeake and San Francisco bays, and Lake Ponchatrain, USA	Reviewed in Purcell et al. (1999a)
<i>Blackfordia virginica</i>	San Francisco Bay	Mills & Sommer (1995)
<i>Maeotias inexpectata</i>	San Francisco Bay	Mills & Sommer (1995)
Ctenophores		
<i>Mnemiopsis leidyi</i> *	Black, Azov, Caspian, Mediterranean and North seas	Reviewed in Graham & Bayha (2007)
<i>Beroe ovata</i> *	Black Sea	Reviewed in Graham & Bayha (2007)

Πίνακας 1: Είδη «εισβολής» μεδουσών και κτενοφόρων [88]

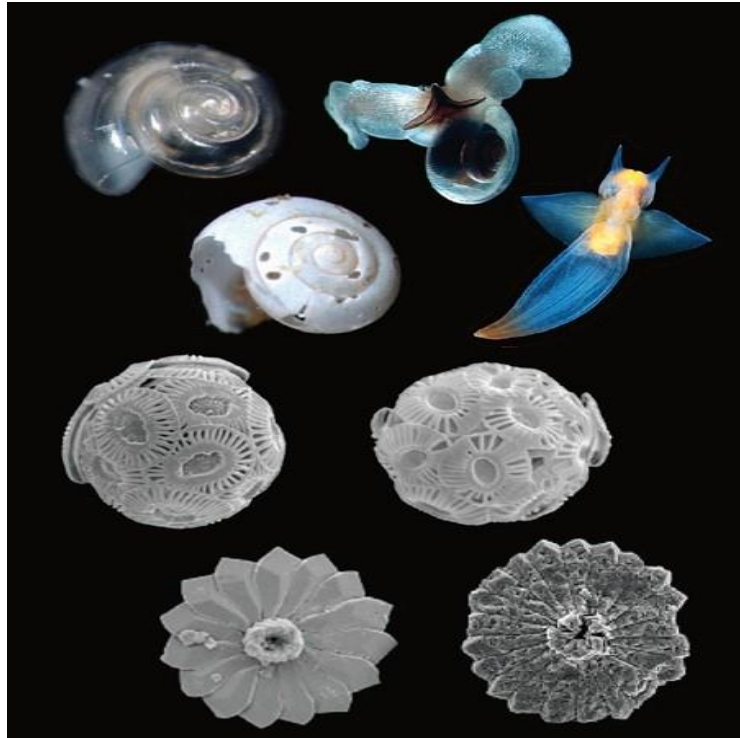
3.5-Οξίνιση των ωκεανών

3.5.1- Γενικά

Η επιστήμη της παγκόσμιας υπερθέρμανσης, ίσως χαρακτηρίζεται από αβεβαιότητες, αλλά στην περίπτωση της οξίνισης των ωκεανών, είναι προβλέψιμη συνέπεια του αυξανόμενου ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα [89]. Η οξίνιση των ωκεανών είναι απλά η μετατροπή της οξύτητας τους, δηλαδή η μείωση του pH τους. Αυτό που παραμένει αβέβαιο μέχρι στιγμής είναι το κατά πόσο η οξίνιση επηρεάζει τα διάφορα είδη και ποιες αναπόφευκτες ανακατατάξεις συμβαίνουν στις λειτουργίες των οικοσυστημάτων.

Εμείς όπως είναι γνωστό, αποπνέουμε διοξείδιο του άνθρακα και εισπνέουμε οξυγόνο. Με τους ωκεανούς συμβαίνει το ακριβώς αντίθετο, δηλαδή αποπνέουν οξυγόνο και απορροφούν το διοξείδιο του άνθρακα. Η καύση των ορυκτών καυσίμων προσθέτει περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα. Αρκετή ποσότητα από αυτό απορροφάται από τους ωκεανούς, βοηθώντας να ρυθμιστεί το φαινόμενο της παγκόσμιας θέρμανσης. Όμως, όταν το νερό της θάλασσας απορροφά διοξείδιο του άνθρακα, μειώνεται το pH του, κάνοντας τους ωκεανούς πιο όξινους.

Σε γενικές γραμμές οι θαλάσσιοι οργανισμοί αντιμετωπίζουν το απορροφημένο διοξείδιο του άνθρακα με δύο τρόπους, βοηθώντας να ρυθμιστεί το φαινόμενο της οξίνισης. Οι οργανισμοί που φωτοσυνθέτουν, όπως το φυτοπλαγκτόν, μετατρέπουν το διοξείδιο του άνθρακα σε φυτικούς υδατάνθρακες, όπως ακριβώς κάνουν τα γήινα φυτά στις ρίζες και τα φύλλα τους. Οι οργανισμοί με ανθρακικό ασβέστιο, κοχύλια και σκελετοί, όπως τα πτερόποδα και άλλα μαλάκια, τροπικά κοράλλια, αστερίες και άλλοι συγγενείς τους, χρησιμοποιούν ένα παράγωγο του διοξειδίου του άνθρακα για να φτιάξουν τα σκληρά μέρη τους. Κάποια είδη φυτοπλαγκτόν που ονομάζονται κοκολιθοφόροι και τρηματοφόρα, οστεοποιούνται και φωτοσυνθέτουν παράλληλα, βοηθώντας να εξαλειφτεί το διοξείδιο του άνθρακα, μέσω της ασβεστοποίησης και της φωτοσύνθεσης αντίστοιχα. Όταν οι ασβεστοποιημένοι οργανισμοί πεθαίνουν και βουλιάζουν στον βυθό της θάλασσας, αυτό το επιπλέον διοξείδιο απομονώνεται στα θαμμένα σώματά τους. Όμως, ο ρυθμός με τον οποίο αυξάνονται οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα, υπερβαίνει κατά πολύ τον ρυθμό με τον οποίο οι θαλάσσιοι οργανισμοί μπορούν να το απορροφήσουν.



Εικόνα 23: Επιδράσεις της οξίνισης των θαλασσών στους οργανισμούς [5]

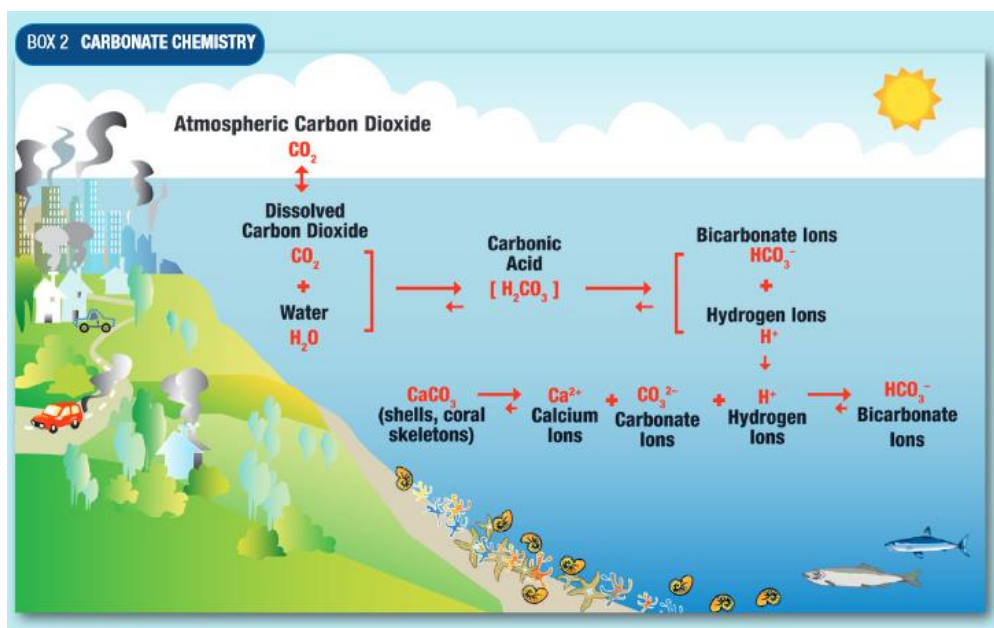
Με τον όρο ότι οι ωκεανοί γίνονται πιο όξινοι εννοούμε ότι ακόμα και μια πολύ μικρή αλλαγή, είναι ικανή να αλλάξει τη χημεία του θαλάσσιου νερού κάνοντας το πιο διαβρωτικό, αφήνοντας χωρίς ανθρακικά άλατα τα όστρακα και τους σκελετούς. Είναι εμφανές ότι τα στρείδια και οι κάβουρες χωρίς όστρακα και οι κοραλλιογενείς ύφαλοι χωρίς σκληρά μέρη, είναι αδύνατον να επιζήσουν (εικόνα 23).

Τέλος, όπως το κλίμα διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, έτσι και το pH του θαλάσσιου νερού διαφέρει ανάλογα με την εποχή, το βάθος, την παραγωγικότητα και την ώρα της ημέρας. Έτσι, όπως το κλίμα αλλάζει, το ίδιο συμβαίνει και με την οξίνιση των ωκεανών, το οποίο δεν ξέρουμε ακόμα τι ακριβώς μας επιφυλάσσει. Αυτό σημαίνει πως, ακόμα και όλες οι εκπομπές του διοξειδίου του άνθρακα να σταματούσαν σήμερα, θα έπαιρνε χιλιάδες χρόνια στους ωκεανούς για να επανέλθουν.

3.5.2-Περιβαλλοντική υπερκαπνία

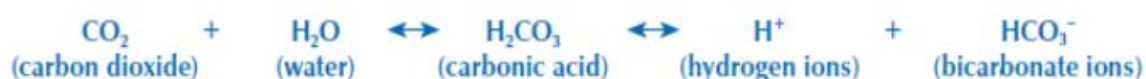
Η χημική σύσταση της οξύτητας των ωκεανών είναι γνωστή. Καθώς μεγάλες ποσότητες ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) διαχέονται στους ωκεανούς, αντιδρούν με το νερό (H_2O), παράγοντας ανθρακικό οξύ (H_2CO_3), το κοινό οξύ που περιέχουν

όλα τα ανθρακούχα ποτά. Το ανθρακικό οξύ όμως δεν είναι σταθερό και διαχωρίζεται σε ιόντα υδρογόνου, περισσότερο δισσάνθρακικά ή ανθρακικά ιόντα. Τα ιόντα υδρογόνου αυξάνουν την οξύτητα των ωκεανών, μειώνοντας έτσι το pH τους.



Εικόνα 24: Σχηματική απεικόνιση της οξίνισης των ωκεανών [90]

Δύο αντιδράσεις είναι πολύ σημαντικές, η πρώτη αφορά τον σχηματισμό του ανθρακικού οξέος που στη συνέχεια διίσταται απελευθερώνοντας ιόντα υδρογόνου, αυξάνοντας την οξύτητα και μειώνοντας έτσι το pH:



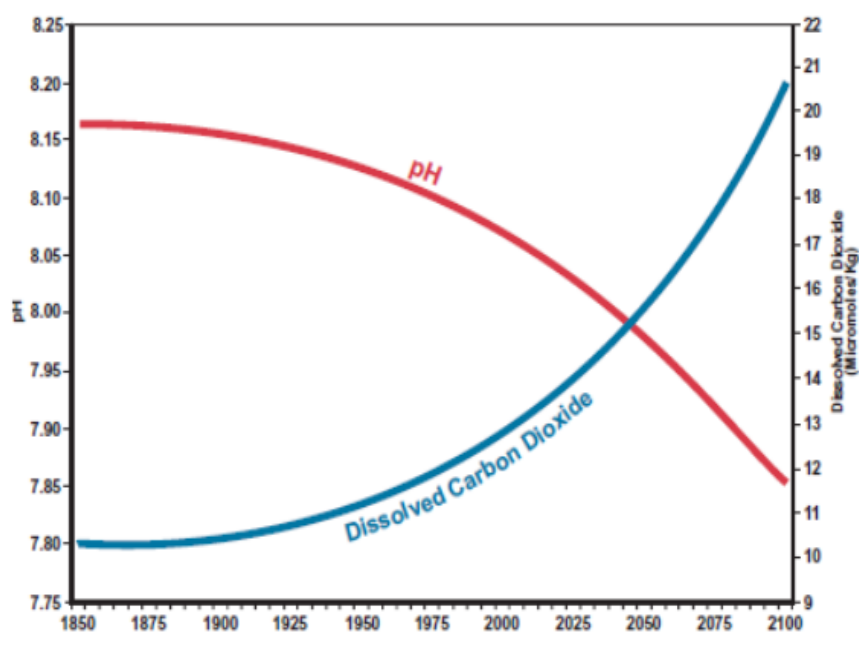
Η δεύτερη αντίδραση συντελείται μεταξύ ανθρακικών ιόντων, διοξειδίου του άνθρακα και νερού και παράγονται όξινα ανθρακικά ιόντα:



Το συνδυασμένο αποτέλεσμα των δύο αυτών αντιδράσεων οδηγεί όχι μόνο στην αύξηση της οξύτητας, αλλά και στην μείωση της διαθεσιμότητας των ανθρακικών ιόντων. Τα ανθρακικά ιόντα απαιτούνται για την ασβεστοποίηση, διαδικασία με την οποία περιγράφεται η παραγωγή ασβεστολιθικών κελυφών και σκελετών.

Το μέτρο του pH είναι μία μονάδα μέτρησης της οξύτητας ή της αλκαλικότητας, ή της συγκέντρωσης των ιόντων υδρογόνου, όπως είδαμε, σε μία κλίμακα από το 0 μέχρι το 14. Όταν η τιμή του pH είναι 7, τότε το δείγμα ονομάζεται ουδέτερο, ενώ όσο πιο κοντά στο 0 είναι τόσο πιο όξινο είναι και όσο πιο κοντά στο 14, τόσο πιο αλκαλικό είναι το δείγμα, αντιστοίχως.

Για πολλά εκατομμύρια χρόνια το pH των ωκεανών ήταν 8.2, σχεδόν αλκαλικό, αλλά αυτό διαφέρει ανάλογα με την εποχή και τη γεωγραφική τοποθεσία. Όμως από την έναρξη της βιομηχανικής επανάστασης, το pH των ωκεανών, έχει μειωθεί κατά 0.1 και πλέον είναι 8.1, το οποίο σημαίνει ότι είχαμε μία αύξηση του 30% στα ιόντα υδρογόνου [91].



Εικόνα 25: Διαχρονική εξέλιξη του CO_2 και του pH μετά την Βιομηχανική Επανάσταση (συνδυασμός μετρήσεων και προσομοιώσεων) [92]

Για να κατασκευάσουν το ανθρακικό ασβέστιο των σκληρών μερών τους, οι περισσότεροι οργανισμοί συνδυάζουν ένα αρνητικά φορτισμένο ανθρακικό ιόν με ένα θετικά φορτισμένο ιόν ασβεστίου. Οι οργανισμοί απορροφούν τα δύο αυτά είδη ιόντων από το νερό της θάλασσας. Τα κοράλλια, τα μαλάκια, τα οστρακόδερμα και άλλοι οργανισμοί κατασκευάζουν τα σκληρά τους μέρη με αυτόν τον τρόπο. Οι κύριοι συνεισφέροντες σε αυτή τη διαδικασία είναι το θαλάσσιο πλαγκτόν με τα ανθρακικά όστρακα.

Η περίσσεια των ιόντων υδρογόνου αντιδρούν με το ανθρακικό άλας και σχηματίζουν δισσάνθρακικά, μειώνοντας τη διαθεσιμότητα των ανθρακικών αλάτων για τα κοχύλια. Επίσης η περίσσεια τους χαμηλώνει το pH, κάνοντας τους ωκεανούς πιο όξινους. Η κανονική διαδικασία των ωκεανών, που συμβαίνει εδώ και εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια, μπορεί να αντιμετωπίσει το αρκετό ανθρακικό άλας, ουδετεροποιώντας το σε διαλυμένο διοξείδιο του άνθρακα, αλλά όχι τόσο γρήγορα, σε σχέση με την τρέχουσα αύξηση. Όμως, οι 22 εκατομμύρια μετρικοί τόνοι διοξειδίου του άνθρακα που απορροφούν σε καθημερινή βάση οι ωκεανοί μας, ξεπερνούν κατά πολύ την ρυθμιστική τους ικανότητα. Τέλος, οι ειδικοί εκτιμούν ότι το ωκεάνιο pH είναι πολύ πιθανόν να μειωθεί κατά 0.3-0.4 μονάδες μέχρι το 2100. Αυτό σημαίνει ότι η αφθονία των ιόντων του υδρογόνου στο νερό της θάλασσας, θα αυξηθεί περίπου κατά 150% [93].

Η οξίνιση των ωκεανών			
Χρόνος	pH	Αλλαγή του pH	Αύξηση της οξύτητας
Προβιομηχανική εποχή (αρχές 18ου αι.)	8,179	0	0%
Κοντινό παρελθόν (δεκαετία '90)	8,104	-0,075	+18,9%
Σήμερα	8,069	-0,11	+28,8%
2050 (διπλασιασμός συγκέντρωσης CO ₂)	7,949	-0,230	+69,8%
2100	7,824	-0,355	+126,5%

Εικόνα 26: Πίνακας ενδείξεων αλλαγής του pH και της οξύτητας κατά τη διάρκεια των αιώνων [94]

Ενώ οι πηγές του άνθρακα και ο βαθμός της οξίνισης των ωκεανών, παραμένει αμφιλεγόμενος, οι αποκαλυπτικές τους συνέπειες όχι. Αυτή η περίοδος ονομάζεται Παλαιόκαινο-Ηώκαινο θερμικό μέγιστο (PETM) και ωθεί σε εξαφάνιση το 35-50% των οργανισμών του βυθού της θάλασσας και την παγκόσμια εξαφάνιση των κοραλλιογενών υφάλων. Αυτά οδηγούν στις μαζικές αλλαγές στη σύσταση των ειδών και στην ανακατάταξη των τροφικών ιστών.

Ο ρυθμός του ατμοσφαιρικού διοξειδίου του άνθρακα αυξάνεται κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου κατά 200 εκατομμύρια τόνους το χρόνο, ενώ ο παρών ρυθμός των εκπομπών είναι 16 φορές το PETM, ή αλλιώς 8 δισεκατομμύρια τόνοι άνθρακα το χρόνο [95].

Στην πραγματικότητα, οι εκπομπές μας του διοξειδίου του άνθρακα, διαφοροποιούν τη χημική σύσταση του νερού, γρηγορότερα από ποτέ.

Οι ανθρώπινες βιομηχανικές και γεωργικές δραστηριότητες από το 1750, έχουν αυξήσει το διοξείδιο του άνθρακα στην ατμόσφαιρα από περίπου 100ppm σε 395ppm. Μπορεί η διαφορά να μην φαίνεται μεγάλη, αλλά είναι η υψηλότερη που έχει καταγραφεί μέσα σε μισό αιώνα. Οι οργανισμοί δεν έχουν έρθει αντιμέτωποι με τέτοιες συνθήκες ποτέ ξανά πριν. Περίπου το 50% του διοξειδίου του άνθρακα παραμένει στην ατμόσφαιρα, το 30% διαχέεται στους ωκεανούς και το υπόλοιπο 20% απορροφάται από τα γήινα φυτά και δάση. Σύμφωνα με μελέτες οι ατμοσφαιρικές συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα, αναμένεται να φτάσουν τα 500ppm μέχρι το 2050 και τα 800ppm μέχρι το 2100. Αυτή η αύξηση θα μειώσει τις συγκεντρώσεις των ανθρακικών ιόντων στους ωκεανούς κατά 50%. Οι περισσότεροι οργανισμοί ασφαλώς και δεν θα μπορέσουν να ανταποκριθούν σε μια τόσο ραγδαία αλλαγή. Τέλος, αυτό που είναι σίγουρο είναι ότι εμείς δεν μπορούμε να δούμε τις βιολογικές επιδράσεις των σημερινών μας εκπομπών διοξειδίου του άνθρακα, γιατί αυτές θα εμφανιστούν σε μερικές δεκαετίες από τώρα. Ομοίως, οι διαβρωτικές και θερμοκρασιακές επιδράσεις που αντιμετωπίζουμε εμείς σήμερα, προέρχονται από εκπομπές σε προηγούμενες δεκαετίες. Ολοκληρώνοντας, η ανάκαμψη χρειάζεται μερικές δεκάδες, εκατοντάδες χιλιάδες χρόνια και απαιτεί την σταθερή και αργή παρατήρηση των βράχων και των ιζημάτων, για να «ξεπλύνουν» περισσότερα ανθρακικά άλατα στους ωκεανούς.

3.5.3-Η επίδραση της οξίνισης των ωκεανών στα οικοσυστήματα

Σύμφωνα με τον ειδικό Dr. Richard Matear τα 3 κύρια αποτελέσματα της οξίνισης των ωκεανών είναι τα ακόλουθα [96]:

- Οι φυσικές ιδιότητες του θαλάσσιου νερού γίνονται πιο όξινες και ο κορεσμένος ορίζοντας γίνεται πιο έντονος στα σκιερά νερά
- Οι διαδικασίες των οργανισμών γίνονται πιο απαιτητικές σε αποθέματα ενέργειας, αφού απαιτείται να μετακινήσουν το ανθρακικό άλας από το νερό για να χτίσουν και να επισκευάσουν τα όστρακα και τους σκελετούς τους
- Οι μεταβολικές διαδικασίες των οργανισμών αλλάζουν με τέτοιο τρόπο που δεν τους ευνοούν

Επίδραση 1: Το νερό της θάλασσας γίνεται πιο διαβρωτικό

Οι οργανισμοί στον ωκεανό χρησιμοποιούν δύο κοινούς ορυκτούς σχηματισμούς ανθρακικού ασβεστίου για να δομήσουν τα όστρακα και τους σκελετούς τους: αραγωνίτη και ασβεστίτη. Ο αραγωνίτης χρησιμοποιείται από τα περισσότερα μαλάκια και κοράλλια, ενώ ο πιο επικρατών ασβεστίτης βρίσκεται στα όστρακα του πλαγκτόν, όπως οι κοκκολιθοφόροι, τα τρηματοφόρα, τα ασβεστοποιημένα κόκκινα φύκια, μερικά σφουγγάρια, τα βραχιόποδα, τα οστρακόδερμα και τα βρυόζωα. Ο αραγωνίτης είναι λιγότερο ανθεκτικός από τον ασβεστίτη, άρα είναι πιθανότερο να αποσυντίθεται πρώτος.

Οι ειδικοί μιλούν για την κατάσταση κορεσμού αραγωνίτη και αντίστοιχα για την κατάσταση κορεσμού ασβεστίτη. Αυτά αναφέρονται στην κατάσταση κατά την οποία ο ωκεανός είναι σε ισορροπία, δηλαδή ο αραγωνίτης και ο ασβεστίτης είναι εντελώς κορεσμένοι. Στο σημείο κορεσμού, η συγκέντρωση του ανθρακικού άλατος στο νερό είναι σε ισορροπία με τα όστρακα, δηλαδή ο περιοριστικός παράγοντας, που είναι η ταχύτητα με την οποία τα ζώα και τα φυτά μπορούν να επεξεργαστούν το ανθρακικό άλας στα όστρακά τους. Κάτω από το σημείο κορεσμού, το λιγότερο κορεσμένο νερό δρα σαν ένας μαγνήτης, σχηματίζοντας ανθρακικό άλας έξω από τα όστρακα μόριο προς μόριο, πρώτα αραγωνίτη και μετά ασβεστίτη.

Μία περίσσεια διοξειδίου του άνθρακα χαμηλώνει το pH, αυξάνει το ανθρακικό σημείο κορεσμού και το ανθρακικό άλας διαλύεται έξω από τα όστρακα, κάνοντας τα πιο αδύναμα και πιο φωτεινά. Καθώς το νερό οξύνεται, το σημείο κορεσμού του αυξάνεται, που σημαίνει ότι ο ωκεανός μπορεί να συγκρατήσει περισσότερα ανθρακικά άλατα απ' ότι πριν. Αλλά τα ανθρακικά άλατα έχουν μία μεγαλύτερη έλξη για «δεσμό» με το υδρογόνο, παρά με το ασβέστιο. Έτσι, παραμένει λιγότερο ανθρακικό άλας διαθέσιμο στο νερό, γεγονός που σημαίνει ότι η διαδικασία των οστράκων για την απόσπασή του απ' το νερό για την κάλυψη των αναγκών τους δυσκολεύει ακόμα περισσότερο.

Το ψυχρότερο νερό κατακρατεί περισσότερο διαλυμένο οξυγόνο απ' ότι το θερμότερο νερό. Το ίδιο συμβαίνει και με το διοξείδιο του άνθρακα. Συνεπώς, όσο περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα διαχέεται στους ωκεανούς από την ατμόσφαιρα, οι πολικές θάλασσες απορροφούν περισσότερο διοξείδιο του άνθρακα και γίνονται διαβρωτικές πρώτες. Η απορρόφηση επίσης αυξάνεται τους χειμερινούς μήνες, όταν οι θερμοκρασίες είναι χαμηλότερες και ανακατανέμονται τα νερά. Ως εκ τούτου, τα πτερόποδα

που είναι κυρίως πολικοί οργανισμοί, τα όστρακά τους από αραγωνίτη, είναι τα πρώτα που υφίστανται τις συνέπειες της οξίνισης των ωκεανών [97]. Όμως δεν ισχύει μόνο για τα πτερόποδα που ζουν στους πόλους. Τα τροπικά πτερόποδα δείχνουν ήδη σημάδια αποσύνθεσης. Πειράματα έδειξαν στην Αυστραλία ότι υπάρχει μία μείωση του πάχους στα όστρακά τους και ταυτόχρονα μία αύξηση στην αραιότητα της ύλης τους [98].

Απασβεστωμένα κοράλλια

Τα κοράλλια, όπως τα πτερόποδα χρησιμοποιούν αραγωνίτη για να κατασκευάσουν και να επισκευάσουν τα σκληρά μέρη τους. Είναι τα πιο επηρεασμένα είδη από την οξίνιση των ωκεανών. Τα κοράλλια είναι πολύ ιδιαίτεροι οργανισμοί γιατί είναι ζώα, φυτά και ορυκτά ταυτόχρονα. Η πλευρά του ζώου σχετίζεται με τις μέδουσες, και κατά μία άποψη, ένας πολύποδας κοραλλιού είναι σαν μία μέδουσα προσκολλημένη στο βυθό και εγκλωβισμένη στον ασβεστόλιθο. Σύμφωνα με το μέρος του φυτού, είναι φύκια που ζουν συμβιωτικά μέσα στους ιστούς των κοραλλιών, δίνοντας στα κοράλλια τα εκθαμβωτικά χρώματα τους, και καλύπτοντας τις καθημερινές διατροφικές τους ανάγκες σε άνθρακα. Το ορυκτό τους κομμάτι, είναι ο σκελετός των κοραλλιών που αποτελείται από ασβεστόλιθο.

Παρά την μικρή αναλογία των κοραλλιών που αναπαριστούν την φυσική περιοχή των ωκεανών, σχεδόν το ένα τρίτο των θαλάσσιων ψαριών-ειδών σχετίζονται με τα κοράλλια και τους κοραλλιογενείς υφάλους. Τα κοράλλια και άλλοι οργανισμοί με ασβεστοποιημένες δομές χτίζουν φυσικά και διατηρούν την ασβεστοποίηση τους, αφού το νερό της θάλασσας κοντά στην επιφάνεια της είναι κορεσμένο με ανθρακικό ασβέστιο. Κυρίως, όλα τα ιόντα υδρογόνου μέσα σε αυτό συνεργάζονται με τα ανθρακικά άλατα. Αλλά καθώς η οξίνιση αλλάζει προοδευτικά την ισορροπία μεταξύ του υδρογόνου και των ανθρακικών αλάτων, το νερό της επιφάνειας πέφτει κάτω από το σημείο κορεσμού του. Και επειδή όπως είδαμε και παραπάνω, το ανθρακικό άλας έχει την ιδιότητα να δημιουργεί δεσμό με τα ελεύθερα ιόντα υδρογόνου παρά με το ασβέστιο, τα ανθρακικά άλατα των οργανισμών θα αρχίσουν να διαλύονται από τα όστρακα και τους σκελετούς τους. Στη συνέχεια, καθώς η σκελετική τους πυκνότητα μειώνεται, τα κοράλλια γίνονται πιο εύθραυστα και λιγότερο ανθεκτικά στις καταιγίδες και στην θήρευση.

Ανεξάρτητες ομάδες ερευνητών έχουν δείξει ότι τα κοράλλια χαμηλώνουν το ρυθμό της ασβεστοποίησης τους, σε συνθήκες αυξημένης οξύτητας. Επίσης, έρευνες βασισμένες στις σημερινές εκπομπές διοξειδίου του άνθρακα, καταδεικνύουν ότι μέχρι το 2100, η

ικανότητα των κοραλλιών να ασβεστοποιούν θα μειωθεί κατά 25-30%. Συνεπώς είναι εμφανές ότι σε πολλές περιοχές τα κοράλλια θα διαβρώνονται πλέον γρηγορότερα απ' ό,τι θα ανακάμπτουν, χωρίς να ξέρουμε ακόμα με σιγουριά αν απλά πεθαίνουν ή αναπτύσσονται πολύ αργά [99].

Τέλος, μία άλλη ομάδα ερευνών συμπέρανε ότι ακόμα και μία πολύ μικρή αύξηση της θερμοκρασίας, σε ένα πολύ μικρό χρονικό διάστημα (περίπου ένα μήνα), μπορεί να προκαλέσει αφάνιση των κοραλλιών. Έτσι, οι ταυτόχρονες επιδράσεις της υπερθέρμανσης και της οξίνισης των ωκεανών μπορεί να έχουν καταστροφικές συνέπειες για τα κοράλλια.



Εικόνα 27: Διάφορα είδη τρηματοφόρων [100]

Οστεοπορωτικά τρηματοφόρα και αναστατωμένοι κοκκολιθοφόροι

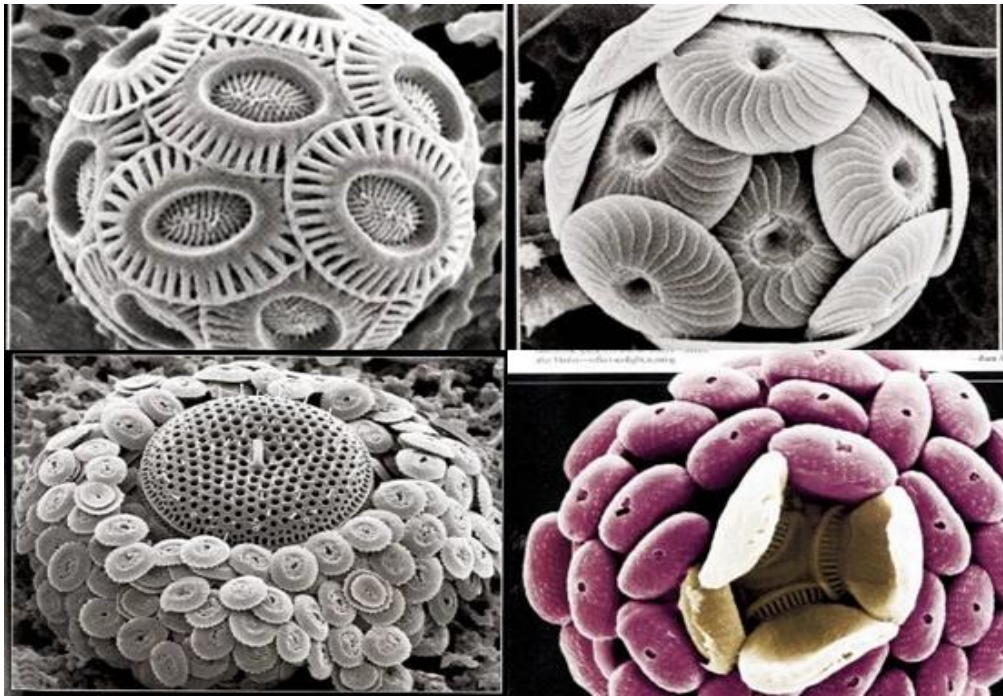
Τα τρηματοφόρα είναι πολύ περίεργοι μικροσκοπικοί οργανισμοί. Δεν είναι ακριβώς ζώα, ούτε φυτά, ούτε ορυκτά, αλλά παρόλα αυτά μπορούν να φάνε ζώα, να καλλιεργήσουν φυτά και να χτίσουν ορυκτά. Είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, όπως οι αμοιβάδες αλλά με όστρακο. Σε μήκος κυμαίνονται από ένα δέκατο του χιλιοστού, μέχρι τα 20 εκατοστόμετρα. Όπως οι συγγενείς της αμοιβάδας, έχουν λεπτές προεκτάσεις του κυτταροπλάσματός τους (ψευδοπόδια) που τα χρησιμοποιούν για να πιάνουν την τροφή τους και να κινούνται. Κάποια τρηματοφόρα καλλιεργούν συμβιωτικά φύκια, όπως τα κοράλλια ή κυνηγούν κωπήποδα. Επίσης, τα τρηματοφόρα είναι πολύ σημαντικά διότι η επικράτηση τους ανά τους αιώνες σε όλο τον κόσμο, τα καθιστά να είναι από τα αρχαιότερα όντα του πλανήτη. Η αφθονία και τα σχήματα κατανομής τους μας ενημερώνουν επιπλέον για θέματα όπως, κοιτάσματα πετρελαίου, εξαφανίσεις ειδών και κλιματικές αλλαγές.

Οστεοπορωτικά τρηματοφόρα και αναστατωμένοι κοκκολιθοφόροι

Τα τρηματοφόρα είναι πολύ περίεργοι μικροσκοπικοί οργανισμοί. Δεν είναι ακριβώς ζώα, ούτε φυτά, ούτε ορυκτά, αλλά παρόλα αυτά μπορούν να φάνε ζώα, να καλλιεργήσουν φυτά και να χτίσουν ορυκτά. Είναι μονοκύτταροι οργανισμοί, όπως οι αμοιβάδες αλλά με όστρακο. Σε μήκος κυμαίνονται από ένα δέκατο του χιλιοστού, μέχρι τα 20 εκατοστόμετρα. Όπως οι συγγενείς της αμοιβάδας, έχουν λεπτές προεκτάσεις του κυτταροπλάσμάτος τους (ψευδοπόδια) που τα χρησιμοποιούν για να πιάνουν την τροφή τους και να κινούνται. Κάποια τρηματοφόρα καλλιεργούν συμβιωτικά φύκια, όπως τα κοράλλια ή κυνηγούν κωπήποδα. Επίσης, τα τρηματοφόρα είναι πολύ σημαντικά διότι η επικράτηση τους ανά τους αιώνες σε όλο τον κόσμο, τα καθιστά να είναι από τα αρχαιότερα όντα του πλανήτη. Η αφθονία και τα σχήματα κατανομής τους μας ενημερώνουν επιπλέον για θέματα όπως, κοιτάσματα πετρελαίου, εξαφανίσεις ειδών και κλιματικές αλλαγές.

Τα τρηματοφόρα χτίζουν τους σκελετούς τους από ασβεστίτη. Καθώς η ικανότητά τους να ασβεστοποιούν επηρεάζεται, τα μικρά σώματά τους εξαφανίζονται κατά δισεκατομμύρια. Δεν υπάρχει πια κατάσχεση του διοξειδίου του άνθρακα σε τεράστιες εκτάσεις ασβεστόλιθου. Μία πρόσφατη έρευνα έδειξε ότι στον νότιο ωκεανό με είδη τρηματοφόρων, τα όστρακά τους ζυγίζουν σήμερα κατά 30-35% λιγότερο απ' ό τι ζύγιζαν την προηγούμενη χιλιετία. Το γεγονός σαφώς συνδέεται με την οξίνιση των ωκεανών που προκαλεί μειωμένη ασβεστοποίηση [101].

Οι κοκκολιθοφόροι είναι μικρά περίεργα σφαιρικά φυτοπλαγκτόν που καλύπτονται με κομμάτια ασβεστόλιθου (εικόνα). Είναι το κλειδί στην οξίνιση των ωκεανών, αφού σήμερα αποτελούν το ένα τρίτο της συνολικής θαλάσσιας παραγωγής ανθρακικού ασβεστίου. Επίσης χρονολογούνται ότι υπάρχουν πάνω από 200 εκατομμύρια χρόνια. Επειδή σχηματίζουν πλάκες ανθρακικού ασβεστίου, πιστεύεται ότι υποφέρουν από τις συνέπειες της οξίνισης των ωκεανών. Όμως πειράματα έδειξαν ότι κάποια είδη κοκκολιθοφόρων έχουν διαφορετικές συμπεριφορές ασβεστοποίησης για να αντιμετωπίσουν την οξίνιση. Φαίνεται δηλαδή, πως κάποια είδη ανταποκρίνονται στην αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα και είναι πολύ πιθανό να ανθίσουν σε ένα κόσμο με υψηλές συγκεντρώσεις διοξειδίου του άνθρακα.



Εικόνα 28: Διάφορα είδη κοκκολιθοφόρων [102]

Επίδραση 2: Απαιτείται περισσότερη ενέργεια για τον χειρισμό του περιβάλλοντος

Μία δεύτερη συνέπεια που έχει η οξίνιση των ωκεανών στο περιβάλλον είναι ότι η διαδικασία παγίδευσης του διοξειδίου του άνθρακα και υγροποίησής τους σε ασβεστόλιθους από τους οργανισμούς γίνεται δυσκολότερη και απαιτεί περισσότερη ενέργεια. Η οστεοπόρωση των ήδη υπαρχόντων οστράκων και η ανικανότητά τους να δημιουργήσουν νέα όστρακα, χειροτερεύουν όσο οι ποσότητες διοξειδίου του άνθρακα στο νερό αυξάνονται.

Στρείδια χωρίς όστρακα

Υπάρχουν αρκετές περιπτώσεις μαζικών θανάτων στρειδιών σε κάποιες περιοχές και πιστεύεται από ειδικούς ότι η κύρια αιτία είναι η οξίνιση των νερών. Τα βαθιά στρώματα νερού έχουν χαμηλότερο pH, γιατί η αποσύνθεση των νεκρών οργανισμών από τα ειδικά βακτήρια απελευθερώνει διοξείδιο του άνθρακα. Επιπροσθέτως, το φως δεν μπορεί να διεισδύσει στα βαθιά νερά, έτσι το φυτοπλαγκτόν δεν μπορεί να φωτοσυνθέσει για να χρησιμοποιήσει το διοξείδιο του άνθρακα. Συνεπώς, τα κατώτερα στρώματα νερού είναι πιο όξινα απ' ό,τι τα ανώτερα παράκτια νερά. Τα πρώτα στρώματα του κελύφους ενός μικρού σε ηλικία στρειδιού, αποτελούνται από αραγωνίτη και τα επόμενα από ασβεστίτη. Η περίοδος

της ανάβλυσης (the period of upwelling) συμπίπτει με την περίοδο που οι προνύμφες των στρειδιών προσπαθούν να χτίσουν τα πρώτα τους όστρακα. Και αυτό είναι μια διαδικασία που πλέον δεν τελείται σωστά.

Επίδραση 3: Αλλαγές στις μεταβολικές διαδικασίες

Εκτός από το θέμα που αναλύσαμε παραπάνω, δηλαδή την έλλειψη των ανθρακικών αλάτων στα όστρακα και τους σκελετούς, έχουμε και το φλέγον ζήτημα της ποιότητας του νερού, το οποίο πλέον δεν είναι κατάλληλο για την αναπαραγωγή και την επιβίωση των μη ασβεστοποιημένων ειδών, φυτών και ζώων. Οι περισσότεροι οργανισμοί είναι πολύ ευαίσθητοι για να αντιμετωπίσουν της χημικές αλλαγές του νερού, κυρίως οι προνύμφες και τα νεαρά στάδια τους. Οι ζωτικές λειτουργίες όπως η ωρίμανση των γονιδίων, η κινητικότητα του σπέρματος, η ταχύτητα της εμβρυακής ανάπτυξης, η αποίκιση και η ανάπτυξη των προνυμφών, η επιλογή συντρόφου των ψαριών, καθώς και η φωτοσύνθεση στα φυτά, επηρεάζονται από τις αλλαγές του pH του νερού. Πολλές από αυτές τις διαδικασίες εξαρτώνται από ένζυμα ή άλλους κυτταρικούς μηχανισμούς που φαίνεται να συμπεριφέρονται διαφορετικά σε περιβάλλοντα με αλλαγές στην τιμή του pH. Στην πραγματικότητα δεν ξέρουμε τι ακριβώς συμβαίνει για τα περισσότερα είδη.

Στα περισσότερα θαλάσσια ασπόνδυλα, η θνησιμότητα των προνυμφών τους αγγίζει το 90%, ακόμα και την πρώτη μέρα της ζωής τους το ποσοστό φτάνει και το 30%, σε είδη όπως δίλοβα φυτά, σαλιγκάρια, στρείδια, ασκίδια, βρυόζωα και οστρακόδερμα [103].

Σε γενικές γραμμές οι προνύμφες των οργανισμών είναι πολύ πιο ευαίσθητες στις περιβαλλοντικές αλλαγές σε σχέση με τους ενήλικες. Κάποια πειράματα έχουν δείξει ότι σε συνθήκες αυξημένου διοξειδίου του άνθρακα, η αναπαραγωγή και η επιβίωση πολλών ασπόνδυλων, είναι πιθανόν να μειωθούν με αλλαγές στο pH του νερού. Παρακάτω θα παραθέσουμε κάποια παραδείγματα και παρατηρήσεις της επίδρασης της οξίνισης των ωκεανών.

- Παραμορφωμένα κριλ: τα κριλ έχουν επηρεαστεί από τα αυξημένα επίπεδα διοξειδίου του άνθρακα. Έρευνες έχουν δείξει ότι είναι παραμορφωμένα, άρρωστα και άτονα, καθώς επίσης και ότι τα αυγά τους δεν μπορούν να εκκολαφτούν [104]
- Αλκαλική ύφεση αίματος

- Σε θηλαστικά και ψάρια: ένα πιο όξινο περιβάλλον μπορεί να οδηγήσει στην αύξηση του ανθρακικού οξέως στα υγρά του σώματος, προκαλώντας μειωμένη αντίσταση, μεταβολικές καταπτώσεις και καταπτώσεις συμπεριφοράς, μειωμένη φυσική δραστηριότητα και αναπαραγωγή, καθώς και ασφυξία [105]
- Αισθητηριακή ικανότητα: τα οσφρητικά ερεθίσματα της κατεύθυνσης και της αποφυγής θηρευτών των προνυμφών των clownfish και damselfis, καταρρέουν με την αυξημένη οξίνιση [106] [107]
- Γονιμοποίηση: η ταχύτητα κολύμβησης και η κινητικότητα του σπέρματος έχουν μειωθεί κατά πολύ με το διοξείδιο του άνθρακα που προκαλείται από την οξίνιση, μειώνοντας την γονιμοποίηση κατά 25% [108]
- Ανάπτυξη: τα χτένια και οι αχινοί μειώνουν τον αναπτυξιακό ρυθμό τους με την οξίνιση των νερών, διότι μειώνεται η σύνθεση των πρωτεϊνών τους. Στα κωπήποδα επίσης ο ρυθμός επώασης και η επιβίωση των προνυμφών φαίνεται να επηρεάζονται από το αυξημένο διοξείδιο του άνθρακα
- Αποικισμός: οι προνύμφες των κοραλλιών φαίνεται να μην επηρεάζονται από την οξίνιση, αλλά όταν εγκαθίστανται και γίνονται πολύποδες, οι σκελετοί τους παραμορφώνονται. Επίσης η εγκαθίδρυση των μαλακίων και των γαρίδων φαίνεται να επηρεάζεται αρνητικά από το αυξημένο διοξείδιο του άνθρακα
- Αναπαραγωγή: στους αχινούς και στις γαρίδες η γονιδιακή ανάπτυξη και η αναπαραγωγή καθυστερούνται ή μειώνονται σε συνθήκες αυξημένου διοξειδίου του άνθρακα, πιθανόν σαν αποτέλεσμα φυσιολογικού στρες

Τέλος, υπάρχει ακόμα ένας εναλλακτικός προβληματισμός που εκφράζει την πιθανότητα να υπάρχει μία θετική πλευρά στην αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στις θάλασσες [109]. Οι έρευνες έχουν δείξει ότι κάτω από όξινες συνθήκες, τα μικρόβια μπορούν να παράγουν οργανικές χημικές ενώσεις που δρουν σαν παρακαταθήκη για τον σχηματισμό σύννεφων, συνεπώς βοηθούν να κρυώσει η ατμόσφαιρα και άρα ευνοούν την καθυστέρηση της παγκόσμιας υπερθέρμανσης. Επιπροσθέτως, από τη στιγμή που το φυτοπλαγκτόν χρησιμοποιεί το διοξείδιο του άνθρακα για να κάνει τη φωτοσύνθεση του, η επιπλέον

ποσότητα ίσως δρα σαν λίπασμα αυξάνοντας τον πληθυσμό του. Το γεγονός αυτό έχει σαν συνέπεια την επιπλέον ποσότητα απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα, άρα βοηθάει και στην μείωση της παγκόσμιας θέρμανσης.

3.5.4-Η επίδραση της οξίνισης των ωκεανών στις μέδουσες

Όπως έχουμε δει στα προηγούμενα κεφάλαια, οι μέδουσες πάντα καταφέρνουν να τα βγάζουν πέρα και να επιβιώνουν, αν μη τι άλλο να αυξάνονται κιόλας, σε τρομερά δυσμενείς συνθήκες όπως, η υπεραλίευση, ο ευτροφισμός, η ρύπανση και τα μη ιθαγενή είδη. Ας δούμε τι συμβαίνει και στην περίπτωση της οξίνισης των νερών λοιπόν.

Οι περισσότερες έρευνες που αφορούν την οξίνιση έχουν επικεντρωθεί σε οργανισμούς με εμφανή σκληρά μέρη όπως μαλάκια, κοράλλια, μαλακόστρακα, τρηματοφόρα και κοκκολιθοφόροι. Μέχρι στιγμής υπάρχει μόνο ένας μικρός αριθμός ερευνών πάνω στις μέδουσες και την οξίνιση των ωκεανών. Μία από αυτές έχει εξάγει το συμπέρασμα από την βάση δεδομένων τους για 43 χρόνια, ότι η μείωση του pH συνδέεται με την αυξημένη αφθονία των ζελατινωδών οργανισμών [110]. Οι ερευνητές δεν μπορούσαν να εξηγήσουν ακριβώς τους λόγους που η μείωση του pH συνδέεται με την αύξηση των μεδουσών, αλλά η συσχέτιση αυτή από μόνη της τους επέτρεψε να μοντελοποιήσουν μελλοντικές καταστάσεις κάτω από διαφορετικά σενάρια. Σε γενικές γραμμές συμπέραναν, ότι οι προσεχείς κλιματικές αλλαγές, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης του pH, ίσως αυξήσει τους πληθυσμούς των ζελατινωδών θηρευτών στη Βόρεια θάλασσα τα επόμενα 100 χρόνια. Όμως, μία δεύτερη έρευνα που εξέτασε την αυξημένη οξύτητα σε σχέση με τους πληθυσμούς των μεδουσών δεν βρήκε κάποια αξιοπρόσεκτη συσχέτιση [111].

Τα αισθητήρια όργανα των μεδουσών

Κάποιοι έχουν αναρωτηθεί εάν οι μέδουσες επηρεάζονται αρνητικά από την οξίνιση των ωκεανών εξαιτίας των σκληρών μερών που τις απαρτίζουν (πιθανή αποσύνθεσή τους) [112]. Οι στατόλιθοι είναι μικροσκοπικά «κόκαλα αυτιού» που είναι όργανα υπεύθυνα για την ισορροπία των μεδουσών, επιτρέποντάς τους να αισθανθούν τη βαρύτητα. Οι στατόλιθοι τους είναι τα μόνα σκληρά μέρη σε ολόκληρο το σώμα τους και είναι πολύ μικροί στο μέγεθος των κόκκων της άμμου. Τα σκυφόζωα διαθέτουν 8 αισθητικά γάγγλια (που

ονομάζονται ροπάλια), και το καθ' ένα από αυτά έχει 12 μικροσκοπικούς στατόλιθους. Τα κυβόζα διαθέτουν 4 αισθητήρια όργανα και το καθένα έχει από ένα στατόλιθο.

Όμως, οι στατόλιθοι των μεδουσών φτιάχνονται από μία διαφορετική χημική ένωση, απ' ότι είναι κατασκευασμένα τα σκληρά μέρη άλλων θαλάσσιων οργανισμών. Αντί για ανθρακικό ασβέστιο, οι στατόλιθοι των μεδουσών αποτελούνται από ημιένυδρο θειικό ασβέστιο [113] [114], μία μορφή γύψου γνωστή ως γύψος του Παρισιού.

Σε αντίθεση με το ανθρακικό ασβέστιο που είναι εντελώς διαλυτό στα όξινα νερά, το θειικό ασβέστιο είναι ελαφρώς διαλυτό. Επιπλέον, το θειικό ασβέστιο δεν έχει ως βάση τον άνθρακα, άρα δεν επηρεάζεται από τα ανθρακικά επίπεδα κορεσμού, που είναι τα επίπεδα εκείνα που το νερό γίνεται διαβρωτικό. Έπειτα, το θειικό άλας είναι ανεξάντλητο στον ωκεανό, άρα οι στατόλιθοι δεν επηρεάζονται στον σχηματισμό τους. Τέλος, φαίνεται από την χημική κατασκευή των στατόλιθων και της χημείας του νερού ότι οι στατόλιθοι λειτουργούν άψογα, σε σχέση με τα όργανα των άλλων οργανισμών (θηρευτές και ανταγωνιστές των μεδουσών), βασισμένα στο ανθρακικό ασβέστιο, που απειλούνται από την οξίνιση των ωκεανών.

Περιέργως, σε σχέση με τα υπόλοιπα άλατα, η διαλυτότητα του θειικού ασβεστίου μειώνεται με την αύξηση της θερμοκρασίας. Όμως στο νερό της θάλασσας, η διαλυτότητά του είναι εντελώς ανεξάρτητη από την θερμοκρασία [115]. Έτσι συμπεραίνουμε ότι τα θερμά νερά ίσως να μην έχουν καμία επίδραση στους στατόλιθους, συνεπώς οι μέδουσες για ακόμα μία φορά ευνοούνται από τις δυσμενείς συνθήκες και τις κλιματικές αλλαγές.

Ένα άλλο πείραμα εξέτασε τις επιδράσεις της υπερθέρμανσης των ωκεανών και της οξίνισης πάνω στις μέδουσες [116]. Δημιούργησαν διαφορετικούς συνδυασμούς θερμοκρασίας νερού και επίπεδων pH, για να παρατηρήσουν τις συνθήκες που πρόκειται να δημιουργηθούν στα επόμενα 100-300 χρόνια. Παρατήρησαν την ανάπτυξη των πολυπόδων μεδουσών για 17 εβδομάδες. Όλοι οι πολύποδες επιβίωσαν και αναπαράχθηκαν, καταδεικνύοντας ότι οι χαμηλές τιμές στο pH, μπορούν να γίνουν ανεκτές από τις μέδουσες.

Όμως, παρότι οι πολύποδες επιβίωσαν σε αυτές τις συνθήκες, η ζωή για τις μετέπειτα νεαρές μέδουσες επεφύλασσε δυσκολίες. Σε συνθήκες χαμηλού pH, οι στατόλιθοι τους είναι σαφώς μικρότεροι απ' το κανονικό τους μέγεθος, γεγονός που σημαίνει ότι ενώ η συνολική αναπαραγωγή και ανάπτυξη τους παραμένει ανεπηρέαστη, σε συνθήκες οξίνισης οι μέδουσες φαίνεται να υποφέρουν από διαταραχές ισορροπίας.

Κεφάλαιο 4- Προβλήματα στις ανθρώπινες δραστηριότητες που προκαλούνται από την αύξηση των μεδουσών

Σε αυτό το κεφάλαιο θα παρουσιαστούν τα προβλήματα που προκαλούν οι μέδουσες στις ανθρώπινες δραστηριότητες, που είναι ο τουρισμός, η αλιεία και η βιομηχανία. Επίσης, θα δοθεί έμφαση στα αρνητικά αποτελέσματα που έχει η αύξηση των μεδουσών ανά τον κόσμο.

Είναι γεγονός ότι υπάρχουν πλέον πολλές αναφορές σχετικά με τα αυξανόμενα προβλήματα που προκαλούν οι μέδουσες, κυρίως στις περιοχές της Ανατολικής Ασίας. Οι μέδουσες είναι πολύ κακόφημες για τις άμεσα αρνητικές επιδράσεις που έχουν στις ανθρώπινες επιχειρήσεις. Ειδικότερα, στον τουρισμό, τσιμπώντας τους λουόμενους, στην αλιεία κλείνοντας τα δίχτυα στις υδατοκαλλιέργειες, σκοτώνοντας τα ψάρια στους ιχθυοκλωβούς, και στους σταθμούς παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας, φράσσοντας τους σωλήνες πρόσληψης ψύξης του νερού [88].

4.1-Τουρισμός

Τα τσιμπήματα από τις θαλάσσιες μέδουσες προκαλούν δυσφορία και κάποιες φορές ακόμα και επείγοντα περιστατικά για τους λουόμενους και τους υδροβάτες, κυρίως σε θερμά παράκτια νερά παγκοσμίως [117] [118]. Τα σοβαρά τσιμπήματα προκαλούνται κυρίως από τις κυβομέδουσες και την *Physalia spp.* Σε περιπτώσεις που οι μέδουσες βρίσκονται σε μεγάλη αφθονία, υπάρχει ο κίνδυνος τα τσιμπήματα να συμβαίνουν σε επίπεδα επιδημίας (πίνακας 2). Σε παραθαλάσσιες τουριστικές περιοχές, υπάρχουν ειδικά συστήματα ελέγχου και προειδοποίησης για να προειδοποιούν τους κολυμβητές για ενδεχόμενη «συνάντησή» τους με μέδουσες [119] [120]. Όμως καθώς οι ανθρώπινες ψυχαγωγικές δραστηριότητες κατά μήκος των ακτών φαίνεται να αυξάνονται, τα τσιμπήματα από τις μέδουσες προβλέπεται να γίνονται ένα μείζον πρόβλημα [121]. Οι παραλίες που είναι μολυσμένες με μέδουσες, αποτελούν ασφαλώς μία τεράστια απειλή για τον τουρισμό. Τέλος, οι μέδουσες επίσης αποτελούν κίνδυνο τσιμπήματος για τους ψαράδες και για τους υδατοκαλλιεργητές, όταν αυτοί τραβούν τα αλιευτικά γρανάζια επάνω στο κατάστρωμα της βάρκας τους [122].

Species	Year (months)	Location	Stinging effects	Source
Asia				
<i>Gonionemus</i> <i>osaboro</i>	1961–63 (Jul–Aug)	Hokkaido, Japan	175 swimmers (88 severe)	Yasuda (1988)
<i>Physalia physalis</i> *	1961 (June)	Kanagawa Pref., Japan	15000 swimmers	Yasuda (1988)
<i>Chrysaora melanaster</i>	1961–63 (Jul–Aug)	Hokkaido, Japan	175 swimmers (88 severe)	Yasuda (1988)
<i>C. melanaster</i>	1976 (Jul–Aug)	Kyoto Pref., Japan	300 swimmers (20 severe)	Yasuda (1988)
<i>C. melanaster</i>	1979 (Jul–Aug)	Fukui Pref., Japan	Several tens of swimmers and fishermen (5 severe, 1 dead)	Yasuda (1988)
<i>C. melanaster</i>	1999 (Apr–Aug)	Sea of Japan coast	Several hundred swimmers and fishermen	Yasuda (2003)
<i>Carybdea rastoni</i> , <i>Gonionemus vertens</i>	1978 (Jul)	Hyogo Pref., Japan	Several tens of swimmers	Yasuda (1988)
<i>Olindias formosa</i>	1979 (Jul)	Nagasaki Pref., Japan	Several tens of swimmers (3 severe, 1 dead)	Yasuda (1988)
<i>Chiropsalmus quadrigatus</i>	1981 (Jul–Sep)	Okinawa Pref., Japan	1 severe	Yamaguchi (1982)
<i>Agalma okeni</i> *	1995 (Jul–Aug)	Fukui Pref., Japan	Several tens of swimmers (3 severe)	Yasuda (2003)
<i>Euphyrsora bigelowi</i>	2000 (Jul–Aug)	Fukui Pref., Japan	Several tens of swimmers	Yasuda (2003)
<i>Nemopilema nomurai</i>	1991–96	Qingdao, China	8 deaths	Fenner & Williamson (1996)
<i>N. nomurai</i>	2002 and after	Sea of Japan coast	Several hundred fishermen	Kawahara et al. (2007), S. Uye (pers. obs.)
<i>Porpita porpita</i> *	2002 and after	Northern Sea of Japan	Swimmers	Oiso et al. (2005)
Australia/Indo-Pacific				
<i>Chironex fleckeri</i>	Annual	Australia, Malaysia, Philippines	67 deaths 2–3 deaths yr ⁻¹ ; 20–40 deaths yr ⁻¹ (1884–1996)	Fenner & Williamson (1996), Bailey et al. (2003)
<i>Carukia barnesi</i> and other species	2002, peak (Jan–Apr)	Tropical Australia; NW Australia	Irukandji syndrome Increasing, 88 in 2001–03	Bailey et al. (2003), Macrokanis et al. (2004)
<i>Physalia</i> sp.*	Annual, 2005–07	Tropical waters	10000 annually, 30 000 in 2006, 1200 in 1 weekend in 2007	Fenner & Williamson (1996), de Pastino (2007)
Europe				
<i>Pelagia noctiluca</i> *	1984–87, 2004, summer	French Riviera, Monaco	2500 treated, 45 000 treated	Bernard et al. (1988)
<i>P. noctiluca</i> *	2006, (Aug)	Spain, east & south coasts	> 14 000 treated	Pingree & Abend (2006)
<i>Cotylorhiza tuberculata</i> , <i>Rhizostoma pulmo</i>	Annual, after 1993	Coastal lagoon, Spain	Concern	Pagès (2001)
<i>Rhopilema nomadica</i>	After 1980	Eastern Mediterranean		Loftan et al. (1993), Gusmani et al. (1997)
North America				
<i>Chrysaora quinquecirrha</i> Chirodropids	Annual, Before 1996	Chesapeake Bay Gulf coast of Texas, USA; Puerto Rico	Considered painful 1 death, serious stings	Burnett (2001) Fenner & Williamson (1996)
<i>Linuche unguiculata</i>	Annual	Southeast coast USA, Brazil	Seabathers eruption	Segura-Puertas et al. (2001)
<i>Physalia physalis</i> *	Before 1996	Florida & North Carolina, USA	3 deaths	Fenner & Williamson (1996)

Πίνακας 2: Δημοσιευμένες αναφορές σοβαρών τσιμπημάτων μεδουσών παγκοσμίως [88]

4.2-Αλιεία

4.2.1-Καταστροφή αλιευτικών δικτύων

Οι παρεμβολές στις αλιευτικές δραστηριότητες είναι τα πιο συχνά αναφερόμενα προβλήματα που προκαλούνται με την έξαρση των μεδουσών (πίνακας 3). Ο μεγάλος αριθμός των μεδουσών μπορεί να χαλάσει τα αλιευτικά δίκτυα με αποτέλεσμα να μετριάζεται και η ποιότητα του ψαρέματος (εικόνα 29,30). Τέτοιου είδους προβλήματα έχουν πάρει μεγάλες διαστάσεις στην Ιαπωνία, από το 1990, όταν η *Aurelia aurita* αυξήθηκε

στην Seto Inland Sea, και από το 2002 στα παράκτια νερά, όπου η μέδουσα *Nomura's* αυξάνεται ετησίως, παρεμβαίνοντας στις αλιευτικές δραστηριότητες. Τέτοια προβλήματα είναι προφανώς πιο εκτεταμένα σε σχέση με τις δημοσιευμένες αναφορές που υπάρχουν [123, 124, 125, 126, 127, 128] (εικόνα 29).

Species	Year (months)	Location	Damage to fisheries	Source
Asia				
<i>Nemopilema nomurai</i>	1920 (Oct–Dec)	Sea of Japan coast, Hokuriku and Tohoku Districts	Caught in set net, beach seine, seine net	Kishinouye (1922), Yasuda (1988)
<i>N. nomurai</i>	1922 (Nov)	Hokuriku District	Set net	Kishinouye (1922)
<i>N. nomurai</i>	1938	Sea of Japan coast	nd	Yasuda (2003)
<i>N. nomurai</i>	1958 (Aug–Dec)	Sea of Japan coast, Tsugaru Strait, Pacific coast of northern Japan	Set, trawl, gill and dip nets	Shimomura (1959), Nishimura (1959, 1961)
<i>N. nomurai</i>	1995 (Sep–Dec)	Sea of Japan coast	Set net	Kuroda et al. (2000)
<i>N. nomurai</i>	2002–06 (Aug–Dec)	Sea of Japan coast, Tsugaru Strait, Pacific coast of northern Japan (worst in Fukui and Shimane Pref.)	Set, trawl, gill and dip nets	Yasuda (2003), Kawahara et al. (2006)
<i>Aurelia aurita</i> (s. l.)	1952 (Jul–Sep)	Kyoto, Fukui Pref.	Set net	Yasuda (1988)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1976–77 (Apr–Jul)	Kyoto Pref.	Trawl net	Yasuda (1988)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1981 (Mar–Aug)	Yatsushiro Bay, Kumamoto Pref.	Set net, gill net	Yasuda (1988)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1997 (Mar–Jun)	Sea of Japan coast	Set, trawl and gill nets	Kuroda et al. (2000)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	2000–02 (May–Oct)	Seto Inland Sea	Set, trawl and gill nets	Uye & Ueta (2004)
<i>Chrysaora melanaster</i>	1981 (May–Aug)	Fukui Pref.	Gill net	Yasuda (1988)
<i>C. melanaster</i>	1997 (Mar–Jun)	Sea of Japan coast	Set, trawl and gill nets	Kuroda et al. (2000)
<i>C. melanaster</i>	2000–02 (May–Oct)	Seto Inland Sea	Set, trawl and gill nets	Uye & Ueta (2004)
<i>Aequorea</i> sp., <i>Cyanea</i> sp.	Since mid- to late 1990s	Yellow and East China seas, China	Trawl nets	Ding & Cheng (2005), Cheng et al. (2005), Xian et al. (2005)
<i>Sanderia malayensis</i>	2004	Yangtze River estuary, China	Trawl nets	Xian et al. (2005)
<i>Chiropsalmus quadrigatus</i>	1981 (May–Aug)	Okonawa Pref.	Set net	Yamaguchi (1982)
<i>Aequorea coerulescens</i>	1999 (May–Jun)	Fukui Pref.	Set net	Kuroda et al. (2000)
<i>Bolinopsis mikado</i>	1989 (Jun–Aug)	Hiroshima Pref.	Seine net	S. Uye (pers. comm. from local fishermen)
<i>B. mikado</i>	2000–02 (May–Oct)	Seto Inland Sea	Set, trawl and gill nets	Uye & Ueta (2004)
Australia/Indo-Pacific				
Unidentified	Sporadic	Northern Australia	Fill and split prawn trawls	Rawlinson & Brewer (1995)
Africa				
<i>Chrysaora hysoscella</i> , <i>Aequorea forskalea</i>	Since 1988	Northern Benguela Current off Namibia	Reduced and spoiled catches, damaged gear	Lynam et al. (2006)
Europe/Middle East				
<i>Pelagia noctiluca</i>	Cyclic	Mediterranean Sea	Clog fishing nets	Bernard et al. (1988)
<i>Rhopilema nomadica</i>	After 1980	Eastern Mediterranean Sea	Clog fishing nets	Lotan et al. (1993)
<i>Crambionella orsini</i>	2002	Gulf of Oman, Persian Gulf	Decreased catch, damage to gear	Daryanahard & Dawson (in press)
<i>Aurelia aurita</i> , <i>Rhizostoma pulmo</i> , <i>Mnemiopsis leidyi</i>	2006	Coastal lagoons, France	Fouled fishing gear	Anonymous (2006)
North America				
<i>Phyllorhiza punctata</i>	2000 (May–Sep)	Northern Gulf of Mexico, USA	Fouled shrimp gear, reduced harvest, US\$10 million loss, predation on bivalve larvae	Graham et al. (2003)

Πίνακας 3: δημοσιευμένες αναφορές μεδουσών, που παρεμβαίνουν στις αλιευτικές δραστηριότητες παγκοσμίως [88]



Εικόνα 29: εκατοντάδες μέδουσες έχουν κλείσει τα δίχτυα των ψαράδων [5]

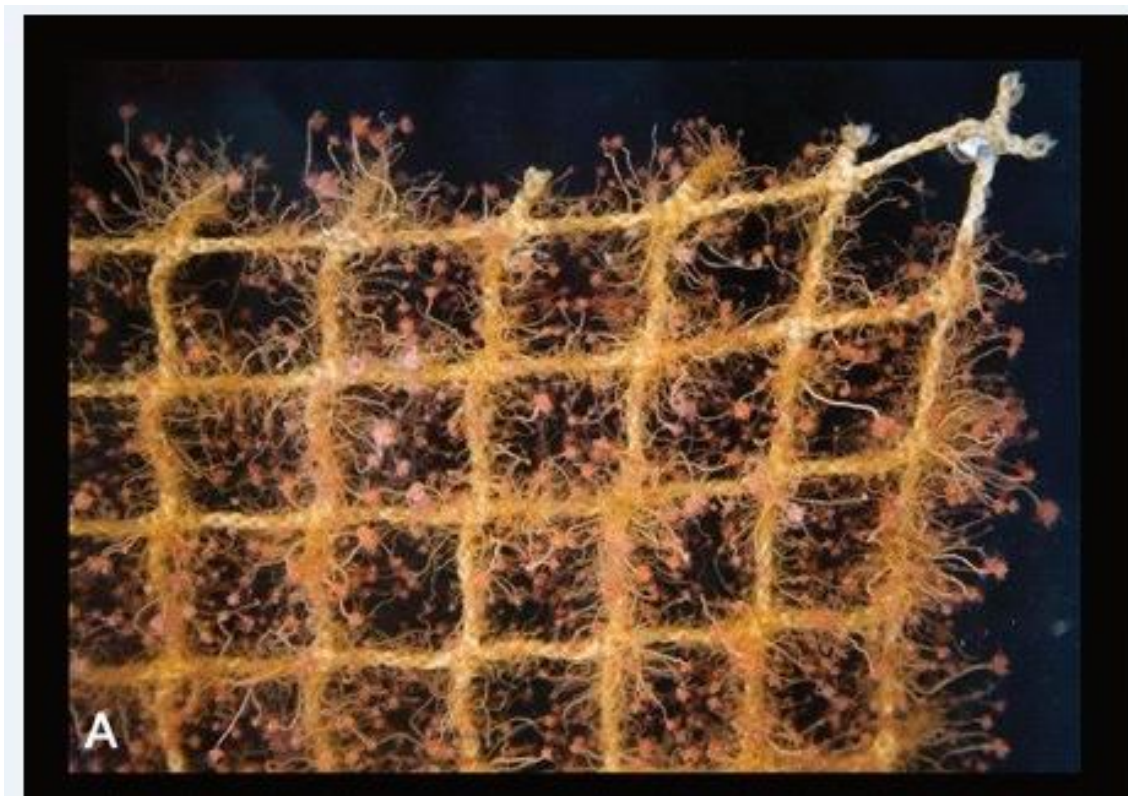


Εικόνα 30: Οι μέδουσες φράσσουν τα δίχτυα των ψαράδων [88]

4.2.2-Θανάτωση των ψαριών στις υδατοκαλλιέργειες

Οι μέδουσες επίσης σκοτώνουν τα ψάρια που βρίσκονται στους ιχθυοκλωβούς, στις υδατοκαλλιέργειες. Σχετικές αναφορές έχουν γίνει κυρίως στην Ιαπωνία και την Σκωτία (πίνακας 4). Οι μικρές μέδουσες και τα πλοκάμια των μεγαλύτερων ειδών, εισβάλλουν στους ιχθυοκλωβούς των ψαριών και ερεθίζουν τα βράγχια των ψαριών, προκαλώντας τους αιμορραγία και επακόλουθη ασφυξία [129]. Επιπλέον, η καλλιέργεια των δεκαπόδων έχει

αναφερθεί ότι επηρεάζεται αρνητικά από την έξαρση των μεδουσών στην Ινδία και στις ΗΠΑ (πίνακας 4) (εικόνα 31).



Εικόνα 31: Χιλιάδες πολύποδες μεδουσών αναπτύσσονται σε μια υδατοκαλλιέργεια σολομού [5]

Species	Year (months)	Location	Aquaculture damage	Source
Asia				
<i>Aurelia aurita</i> (s. l.)	1950 (Jul-Sep)	Lake Hachirogata, Akita Pref.	Mass mortality of fish and bivalves	Yasuda (1988)
<i>Porpita porpita</i> *	2000 (Aug-Oct)	Kyoto, Fukui Pref.	Mortality of penned fish	Yasuda (2003)
<i>Pelagia noctiluca</i> *	2004 (Apr)	Ehime Pref.	Mortality of penned fish	S. Uye (pers. comm. from local fisherman)
Australia/Indo-Pacific				
Unidentified	Before 1995	India	Giant tiger prawns	Rajagopal et al. (1995)
Rhizostome scyphozoan	2006	Goa, India	Shrimp	R. A. Sreepada (pers. comm.)
Europe				
<i>Pelagia noctiluca</i> *	1994	Brittany, France	Salmon and trout	Merceron et al. (1995)
<i>Cyanea capillata</i>	1996	Loch Fyne, Scotland	Thousands of salmon killed, GB £ 250 000 loss	Anonymous (1996)
<i>Solmaris corona</i> *	1997, summer	Shetland	Salmon killed	Anonymous (1997a)
<i>Solmaris corona</i> , <i>Phialidium</i> sp., <i>Leuckartia octona</i> , <i>Catablemma vesicarium</i>	2001-02 (Aug)	Isle of Lewis in the Outer Hebrides, Scotland	2 747 680 salmon killed in 11 incidents, GB £ 5 million loss	Johnson (2002)
<i>Apoelmia uvaria</i> *	1997-98 (Nov-Feb); 2003	West coast of Norway	Killed salmon; 600 tons killed	Bärmstedt et al. (1998), Heckmann (2004)
North America				
<i>Moerisia lyonsi</i>	1970s; 1994-97 (May-Oct)	Mesocosms, Louisiana & Maryland, USA	Killed decapods; ≤ 13.6 medusae l ⁻¹	Sandifer et al. (1974) Purcell et al. (1999a)

Πίνακας 4: Δημοσιευμένες αναφορές μεδουσών, που παρεμβαίνουν στις δραστηριότητες των υδατοκαλλιεργειών παγκοσμίως [88]

4.3-Βιομηχανία

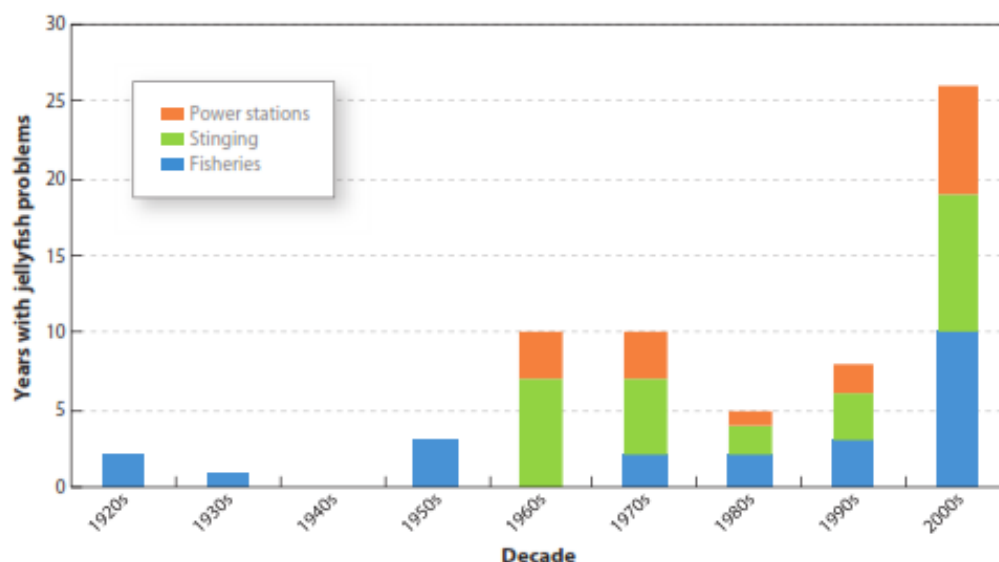
Τέλος, οι μέδουσες μπλοκάρουν τους σωλήνες πρόσληψης νερού των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας και των μονάδων αφαλάτωσης, προκαλώντας μειώσεις στην ισχύ τους ή ακόμα και διακοπές στην λειτουργία τους (πίνακας 5). Αυτό αποτελεί ένα μεγάλο πρόβλημα για την Ιαπωνία, αφού στις ακτές της κυριαρχούν μεγάλοι πληθυσμοί του είδους *Aurelia aurita*. Παρόμοια προβλήματα έχουν αναφερθεί και σε άλλες χώρες. Όταν συμβαίνουν τέτοια περιστατικά, τα εργοστάσια απαιτούν συνεχή συντήρηση. Ένα εργοστάσιο παραγωγής ενέργειας στην Ιαπωνία, έχει καταγράψει ρεκόρ στις συντηρήσεις, αφού καθημερινά απομακρύνεται μεγάλη βιομάζα μεδουσών από τους σωλήνες πρόσληψης [130]. Επίσης τέτοιου είδους περιστατικά μπορούν να προκαλέσουν επείγοντα περιστατικά και σε εργοστάσια πυρηνικής ενέργειας, συντελώντας στην σημαντική απώλεια ενέργειας και οικονομικής ζημίας των πόλεων. Για να μπορέσουν να ξεπεραστούν τέτοια περιστατικά, έρευνες σε δυνητικές απειλές των μεδουσών και σε μεθόδους αντιμετώπισής τους διενεργούνται [131, 132, 133, 134, 135] (εικόνα 32).



Εικόνα 32: Εκατοντάδες μέδουσες έχουν μπλοκάρει τις εισόδους των αγωγών υδάτων ψύξης σε πυρηνικό εργοστάσιο [5]

Species	Year (months)	Location	Effects	Source
Asia				
<i>Aurelia aurita</i> (s. l.)	1960–67	Osaka Bay, Harima Nada, Seto Inland Sea	Power reduction, shutdown	Matsueda (1969)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1962–66 (Apr–Sep)	Tokyo Bay	Power reduction, rotary screen damage	Yasuda (1988), Kuwabara et al. (1969)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1964–68 (Apr–Sep)	Osaka Bay	Power reduction, rotary screen damage	Yasuda (1988)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1971–73 (Jun–Jul)	Aichi Pref.	Power reduction, rotary screen damage	Yasuda (1988)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1971–75 (May–Oct)	Fukui Pref.	Power reduction, rotary screen damage	Yasuda (1988)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1972, (Jul)	Tokyo Bay	Power shutdown in Tokyo area	Yasuda (1988)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1997–2000 (Jun–Sep) monitored	Fukui Pref.	Power reduction	Yasuda (2003)
<i>A. aurita</i> (s. l.)		Wasaka Bay		Matsumura et al. (2005)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1998–2000	Niigata Pref.	Power reduction	Aoki (pers. comm.)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1998–2002 (Apr–Nov)	Ehime Pref.	Power reduction	H. Takeoka (pers. comm.)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	1999	Philippines	Half of country lost power	Anonymous (1999)
<i>A. aurita</i> (s. l.)	Often	China	Ulin Nuclear Power Plant intake screen clogged	Lee et al. (2006)
<i>Rhopilema asanushi</i>	1973 (Aug)	Japan	Power reduction	Yasuda (2003)
<i>Cyanea nozakii</i>	1983–84 (Aug–Nov)	Harima Nada, Seto Inland Sea	Power reduction	Yasuda (2003)
<i>Chrysaora melanaster</i>	1997–2000 (Jun–Sep)	Fukui Pref.	Power reduction	Yasuda (2003)
Europe/Middle East/India				
<i>A. aurita</i>	Unknown	Baltic Sea	Blocking	Möller (1984)
<i>A. aurita</i>	1988	India	Madras Atomic Power Station, blocking, station closure	Rajagopal et al. (1989), Masilamani et al. (2000)
<i>Crambionella orsini</i>	2002	Gulf of Oman, Persian Gulf	Damage to seawater intake systems of desalination and power plants	Daryanabard & Dawson (in press)
<i>C. orsini</i>	2003 (Apr)	Qatar	Damage to seawater intake systems of liquid natural gas plant	Vaidya (2005)
Unidentified	2006 (May)	Arabian Gulf	Blocked intake screens	Azis et al. (2000)
North America				
<i>Chrysaora quinquecirrha</i>	1960s, 2006 (Jul)	Chesapeake Bay, USA	Calvert Cliffs Nuclear Power Plant, Chalk Point Generating Station, clogged intake pumps and nets	Delano (2006)

Πίνακας 5: Δημοσιευμένες αναφορές μεδουσών, που παρεμβαίνουν στις δραστηριότητες των σταθμών παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας παγκοσμίως [88]



Σχήμα 1: Σχηματική αναπαράσταση σε κάθε δεκαετία, αναφερόμενων προβλημάτων που προέκυψαν στον ανθρώπινο παράγοντα από τις μέδουσες. Τα δεδομένα είναι συνδυασμός των πινάκων 2-5. Τα προβλήματα αλιείας και υδατοκαλλιέργειας έχουν συγχωνευτεί. Προβλήματα και στους 3 τομείς μπορούν να συμβούν κάθε χρόνο. Παρατηρούμε το τεράστιο ποσοστό της τάξης του 300% στην δεκαετία του 2000 [88].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5- Συμπεράσματα

5.1- Πιθανή αύξηση των προβλημάτων, εξαιτίας της αύξησης των μεδουσών στο μέλλον

Οι μακροπρόθεσμες αλλαγές στο κλίμα της Γης που πρόκειται να συμβούν έχουν προβλεφθεί και τεκμηριωθεί από ειδικούς επιστήμονες. Τέτοιου είδους αλλαγές είναι οι αυξημένες θερμοκρασίες, οι μειωμένοι πάγοι στην Αρκτική, αλλαγές στην κατακρήμνιση, στην αλμυρότητα των ωκεανών, στους ανέμους και γενικότερα οι έντονες αλλαγές του καιρού. Θεωρείται επίσης ότι αυτές οι αλλαγές θα συνεχίσουν να συμβαίνουν και κατά τη διάρκεια του 21^{ου} αιώνα. Η παγκόσμια υπερθέρμανση πρόκειται να αυξάνει την θερμοκρασία της Γης κατά 0.1-0.2°C ανά δεκαετία και ως εκ τούτου η θερμοκρασία στην επιφάνεια των θαλασσών θα αυξηθεί σε όλη την έκτασή της.

Όμως, υπάρχει μία μεγάλη αβεβαιότητα στην πρόβλεψη κάποιων σημαντικών παραγόντων όπως είναι οι βροχοπτώσεις, η αλμυρότητα και το pH των νερών, οι ροές των υδάτων, ο σχηματισμός των σύννεφων, κ.α. Οι συνέπειες αυτών των μεταβολών στους οργανισμούς και στους ανθρώπους είναι προς το παρόν μη προβλέψιμες. Για παράδειγμα, το φαγητό που θα είναι διαθέσιμο στις πελαγικές μέδουσες και τα κτενοφόρα, θα βασίζεται στους ανταγωνιστές, τους θηρευτές τους και την παραγωγή τους. Παρόλα αυτά οι αλλαγές στην θερμοκρασία, στην αλμυρότητα, στα κύματα και στο φως, είναι πολύ πιθανό να προκαλέσουν αλλαγές στα μεγέθη των πληθυσμών και ανακατατάξεις στα ζελατινώδη είδη.

Για να καταλάβουμε πως οι κλιματικές μεταβλητές επηρεάζουν τα διάφορα είδη, απαιτούνται υπολογιστικές εξισώσεις και μοντέλα που χρησιμοποιούν περιβαλλοντικά δεδομένα και κλιματολογικούς δείκτες όπως έχει γίνει με τα είδη των μεδουσών *relagia noctiluca*, *chrysaora quinquecirrha*, *C. Melanaster* and *Aurelia labiata*. Οι συνδυασμοί διαφόρων πεδίων και εργαστηριακών μελετών είναι επίσης απαραίτητα. Να τονίσουμε επιπλέον ότι οι περιβαλλοντικές αλλαγές επηρεάζουν και τα δύο στάδια των μεδουσών το βενθικό και το πελαγικό. Όμως για το βενθικό στάδιο των μεδουσών δεν γνωρίζουμε ακόμα και τόσα πολλά πράγματα σε σχέση με το πελαγικό, όπως για παράδειγμα το περιβάλλον προτίμησης των πολυπόδων κάποιων ειδών. Έτσι, για να έχουμε πιο ολοκληρωμένη γνώση και πιο αξιόπιστα αποτελέσματα πάνω στην έρευνα για την αύξηση των μεδουσών, είναι απαραίτητο να ανακαλύψουμε περισσότερα για την οικολογία των βενθικών σταδίων των μεδουσών.

Ο παγκόσμιος ανθρώπινος πληθυσμός αναμένεται να αυξηθεί κατά 46% μέχρι το 2050. Παράλληλα, οι ανθρώπινες επιρροές και οι απαιτήσεις τους σε σχέση με τους ωκεανούς θα αυξηθούν ταυτόχρονα με τον πληθυσμό. Οι αυξημένες απαιτήσεις για ενέργεια θα οδηγήσουν στην κατασκευή περισσότερων φραγμάτων και εργοστασίων παραγωγής ενέργειας, με προφανείς συνέπειες στα παράκτια νερά, στην θερμοκρασία και την αλμυρότητά τους. Για παράδειγμα η Κίνα έχει 3 πυρηνικά εργοστάσια που λειτουργούν και άλλα 4 που είναι υπό κατασκευή. Επίσης, η εκτεταμένη χρήση λιπασμάτων κυρίως στην Ασία, θα προκαλέσει εξαγωγές μεγάλων ποσοτήτων διαλυμένου, μη οργανικού αζώτου στις παράκτιες περιοχές. Αντίστοιχες έρευνες δείχνουν ότι οι ποσότητες αυτές θα υπερδιπλασιαστούν μέχρι το 2050.

Επιπροσθέτως, έρευνες σχετικά με τον ευτροφισμό και την υποξία πάνω στις μέδουσες πρέπει να διεξαχθούν. Θα πρέπει να ερευνηθεί εάν τα ζελατινώδη είδη ευδοκιμούν σε στρωματοποιημένα νερά, με περίσσεια θρεπτικών συστατικών και μικρή πλαγκτονική τροφή,. Η παγκόσμια παραγωγή ψαριών αναμένεται να διπλασιαστεί τα επόμενα χρόνια, κυρίως στα αναπτυσσόμενα έθνη αλλά και στις υδατοκαλλιέργειες. Τα πιο αξιόπιστα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα από έρευνες πάνω στις μέδουσες είναι από την αλιεία. Η ποσοτικοποίηση των διαφόρων παραμέτρων της ζωής των μεδουσών, όπως τι τρώνε, πόσο ζουν, η ένταση και οι αριθμοί στους πληθυσμούς τους πρέπει να γίνουν πρωτόκολλο στα πλαίσια των ερευνών της αλιείας. Σε σχέση με τις έρευνες στο παρελθόν που οι μέδουσες και τα ψάρια εξετάζονταν ξεχωριστά, η μελλοντική έρευνα πρέπει να γίνει σε συνδυασμό των ειδών για να έχει καλύτερα αποτελέσματα.

Ένας μεγαλύτερος ανθρώπινος πληθυσμός όμως, θα επιφέρει και αυξημένη παραθαλάσσια ανάπτυξη, υδατοκαλλιέργειες και εμπόριο με αποτέλεσμα οι πολύποδες να έχουν ενισχυμένες ευκαιρίες για εγκατάσταση και τα ξενικά είδη ισότιμες ευκαιρίες για να εισβάλλουν. Τα μαλάκια, τα μύδια, τα στρείδια, τα χτένια και τα ψάρια στις θαλασσοκαλλιέργειες έχουν αυξηθεί δραματικά τις τελευταίες δεκαετίες, ιδιαίτερα στην Ασία, και παρέχουν στους πολύποδες των μεδουσών ιδανικά περιβάλλοντα. Επίσης, έρευνες που να καθορίζουν τα υλικά τα οποία μπορούν να μειώσουν την εγκατάσταση των πολυπόδων σε αυτά δεν έχουν διενεργηθεί αλλά θα ήταν καλό να γίνουν.

Επιπλέον, μεγαλύτερη προσοχή θα έπρεπε να λαμβάνεται, για να μην μεταφέρονται τα ζελατινώδη είδη σε διαφορετικά περιβάλλοντα. Πολλά είδη μεδουσών τόσο στο βενθικό, όσο και στο πελαγικό τους στάδιο είναι δυνατόν να μεταφερθούν. Πολλά από αυτά τα είδη,

μπορούν να επιβιώσουν κατά τη διάρκεια της μεταφοράς τους, επειδή τα βενθικά στάδια τους εισέρχονται σε μία κατάσταση αδράνειας, για να αποφύγουν τις στρεσογόνες καταστάσεις, στην οποία μπορούν να παραμείνουν εκτεταμένες περιόδους. Ολοκληρώνοντας, σχετικά με όσα αναφέραμε παραπάνω, οι αυξήσεις στους πληθυσμούς των μεδουσών στο μέλλον είναι κάτι παραπάνω από πιθανό [88].

Βιβλιογραφία

- [1] J. M. Fahey, T. T. Kelly, G. M. Grosvenor, D. Moore and M. G. Bellows, "National geographic, εγκυκλοπαίδεια του περιβάλλοντος, τόμος 2," 2013. [Online]. Available: <http://www.inedivim.gr/images/ng-egkykpolaideia/ng-egkykpolaideia-perivalon-2-klimatiki-allagi.pdf>. [Accessed 12 3 2016].
- [2] Σ. Αλεξανδρή, "Dasarxeio.com," 30 12 2015. [Online]. Available: <http://dasarxeio.com/2015/12/30/1620-2/>. [Accessed 5 Μαρτίου 2016].
- [3] Physics4u, "Physics and Science News," 5 2 2010. [Online]. Available: <https://physics4u.wordpress.com/2010/02/05/%CE%AF-%CE%AC-%CF%8C/>. [Accessed 5 3 2016].
- [4] "users.sch," [Online]. Available: <http://users.sch.gr/xtsamis/OkosmosMas/FainThermoKip.htm>. [Accessed 5 3 2016].
- [5] L.-A. Gershwin, Stung! On jellyfish blooms and the future of the ocean, Chicago and London, 2013.
- [6] Ό. Υψηλάντη, "Πράσινο χαμομηλάκι, save our planet," 23 2 2013. [Online]. Available: <http://prasino-hamomilaki.blogspot.gr/2013/02/greenhouse-effect.html>. [Accessed 17 3 2016].
- [7] Γ. Μ. Γ. Χ. Λ. Λ. Ν. Δ. Φ. Ν. Χ. Γ. Χ. Ο. ΑΔΑΜΑΝΤΙΑΔΟΥ ΣΜ, "ebooks.edu βιολογία γενικής Γ' λυκείου," [Online]. Available: <http://ebooks.edu.gr/modules/ebook/show.php/DSGL-C106/151/1087,3995/>. [Accessed 12 3 2016].
- [8] [Online]. Available: <https://www.co2.earth/>. [Accessed 17 3 2016].
- [9] "Zero energy buildings," [Online]. Available: http://www.zeroenergybuildings.org/2012/09/blog-post_6281.html. [Accessed 10 3 2016].
- [10] NRC, "Understanding climate change feedbacks," *Panel on climate change feedbacks, climate research committee, national research council*, 2003.
- [11] R. Brodeur, M. Decker, L.Ciannelli, J.E.Purcell, N. Bond, P. Stabeno, E.Acuna and G. Jr., "Rise and fall of jellyfish in the eastern Bering sea in relation to climate regime shifts," *Progeress in oceanography*, pp. 77:103-11, 2008.
- [12] J. Purcell, "Environmental effects on asexual reproduction rates of the scyphozoan, aurelia labiata," *Marine ecology progress series*, pp. 348:183-96, 2007.
- [13] K. Raskoff, "The impact of El Nino events on populations of mesopelagic hydromedusae," *Hydrobiologia*, pp. 451:121-29, 2001.
- [14] N. Lu, C.Liu and P. Guo, "Effect of salinty of larva of edible medusae at different development phases and a review on the cause of jellyfish resources falling greatly in Liaodong bay," *Acta ecologica sinica*, pp. 9:304-9, 1989.
- [15] X. Ma and J. Purcell, "Effects of temperature, salinity and predators on mortality of and colonization by the invasive hydrozoan moerisia lyonsi," *Marine biology*, pp. 147:215-24, 2005.
- [16] J. Purcell, J. White, D.A.Nemazie and D. Wright, "Temperature, salinity and food effects on asexual reproduction and abundance of the scyphozoan chrysaora quinquecirrha," *Marine ecology progress series*, pp. 180:187-96, 1999.
- [17] R. H. Condon, D. K. Steinberg, P. Giorgio, T. Bouvier, D. Bronk, W.M.Graham and H.W.Ducklow, "Jellyfish blooms result in a major microbial respiratory sink of carbon in marine systems," *Proceedings of the nationnal academy of science*, pp. 108:10225-30, 2011.

- [18] "Tvtv.gr," 15 6 2013. [Online]. Available: <http://tvtv.gr>. [Accessed 5 3 2016].
- [19] Θ. Κουσουρής, 31 5 2009. [Online]. Available: <http://sfrang2.blogspot.gr/search?q=%CE%BC%CE%AD%CE%B4%CE%BF%CF%85%CF%83%CE%B1>. [Accessed 17 3 2016].
- [20] "Αχιπέλαγος," [Online]. Available: <http://archipelago.gr/ti-kanoume/thalassia-prostasia/medouses/idi-medouson/>. [Accessed 17 3 2016].
- [21] [Online]. Available: <https://www.flickr.com/photos/zakq100/282848014>. [Accessed 5 3 2016].
- [22] "όμορφος κόσμος, μαγικός," 17 2 2011. [Online]. Available: http://aksioperierga.blogspot.gr/2011/02/blog-post_17.html. [Accessed 5 3 2016].
- [23] "Wikipedia," [Online]. Available: <https://el.wikipedia.org/wiki/>. [Accessed 5 3 2016].
- [24] C. Mills, "Jellyfish blooms: Are populations increasing globally in response to changing ocean conditions?," *Hydrobiologia*, pp. 451:55-68, 2001.
- [25] D. Spangenberg, T.Jernigan, C.Philput and B.Lowe, "Graviceptor development in jellyfish ephyrae in space and on earth," *Advances in space research*, pp. 14:317-25, 1994.
- [26] S. Piraino, F.Boero, B.Aeschbach and V.Schmid, "Reversing the life cycle: Medusae transforming into polyps and cell transdifferentiation in turritopsis nutricula (cnidaria, hydrozoa)," *Biological bulletin (woods hole)*, pp. 190:302-12, 1996.
- [27] R. Larson, "A note on the feeding, growth and reproduction of the epipelagic scyphomedusa pelagia noctiluca," *Biological oceanography*, pp. 4:495-502, 1987.
- [28] B. Robison and J.Connor, "The deep sea Monterey, CA:Monterey bay aquarium foundation," 1999.
- [29] L. Gershwin, "Clonal and population variation in jellyfish symmetry," *Journal of the marine biological association of the United Kingdom*, pp. 79:993-1000, 1999.
- [30] W. Hammer and R. Jenssen, "Growth, degrowth, and irreversible cell differentiation in aurelia aurita," *American zoologist*, pp. 14:833-49, 1974.
- [31] A. Stebbing, "The stimulation of reproduction in coelenterates by low levels of toxic stress," *In jellyfish blooms in the mediterranean. Proceedings of the II workshop on jellyfish in the mediterranean sea. Map technical reports series no.47*, pp. 298-301, 1991.
- [32] M. Omori and E. Nakano, "Jellyfish fisheries in southeast asia," *Hydrobiologia*, pp. 451:19-26, 2001.
- [33] M. Kingsford, K. Pitt and B. Gillanders, "Management of jellyfish fisheries, with special reference to the other rhizostomeae," *Oceanography and marine biology:an annual review*, pp. 38:85-156, 2000.
- [34] F. Russell, "Medusae of the british isles.II pelagic scyphozoa with a supplement to the first volume on hydromedusae," *E.T. Browne monograph of the marine biological association of the United Kingdom. Cambridge: Cambridge university press*, 1970.
- [35] M. Zimmer, "Brainbow," 25 August 2011. [Online].
- [36] Prevagen, "Prevagen professional, jellyfish fight aging, stroke, alzheimer's," *Rejuvenation science*, 21 august 2011.
- [37] "tsien laboratory," [Online]. Available: <http://www.tsienlab.ucsd.edu/>. [Accessed 5 3 2016].
- [38] "New Post," [Online]. Available: <http://newpost.gr/ellada/enviroment/368507/h-yperalieysh-kindynos-gia-ta-psaria-ths-mesogeioy>. [Accessed 5 3 2016].

- [39] D. Pauly, "Anecdotes and the shifting baseline syndrome of fisheries," *Trends in ecology and evolution*, p. 10:430, 1995.
- [40] C. Safina, "The world's imperiled fish," *Scientific american*, pp. 46-53, november 1995.
- [41] "Fondation Segre," [Online]. Available: <http://www.fondationsegre.org/reducing-fishing-bycatch-smart-gear-competition/>. [Accessed 5 3 2016].
- [42] P. Dayton, M. Tegner, P. Edwards and K. Riser, "Sliding baselines, ghosts, and reduced expectations in kelp forest communities," *Ecological applications* 8, pp. 309-22, 1998.
- [43] J. Jackson, M.X.Kirby, W.H.Berger, K.A.Bjorndal, L.W.Botsford, B.J.Bourque, R.H.Bradbury, R.Cooke, J.Erlandson, J.A.Estes, T.P.Hughes, S.Kidwell, C.B.Lange, H. Lenihan, J.M.Pandolfi, C.H.Peterson, R.S.Ste-neck, M.J.Tegner and R.R.Warner, "Historical overfishing and the recent collapse of coastal ecosystems," *Science*, pp. 293:629-37, 2001.
- [44] Pauly, Watson and Alder, "Global trends in world fisheries: Impacts on marine ecosystems and food security," *Philosophical transactions of the royal of London, series B, biological sciences*, pp. 360:5-12, 2005.
- [45] Dayton and Thurst, "What can ecology contribute to ecosystem-based management?," *Annual review of marine science* 2, pp. 419-41, 2010.
- [46] "Αγγελιές εργασίας," [Online]. Available: <http://ageliesergasias.gr/ews-29-maiou-oi-nees-proskliseis-gia-ydatokalliergeies/>. [Accessed 5 3 2016].
- [47] [Online]. Available: https://mychemistry2012b2.wikispaces.com/Eftrofismos_Viosysorefsi. [Accessed 5 3 2016].
- [48] N. Rabalais, R. Turner and J.Wiseman, "Gulf of Mexico hypoxia, a.k.a. the dead zone," *Annual review of ecology and systematics*, pp. 33:235-63, 2002.
- [49] R. Diaz and R.Rosenberg, "Spreading dead zones and consequences for marine ecosystems," *Science*, pp. 321:926-29, 2008.
- [50] R. Diaz and R.Rosenberg, "Marine benthic hypoxia-review of ecological effects and behavioral responses on macrofauna," *Oceanography and marine biology, annual review*, pp. 33:245-303, 1995.
- [51] J. Helly and L. Levin, "Global distribution of naturally occurring marine hypoxia," *Deep-sea research*, pp. 51:1159-68, 2004.
- [52] D. Conley, Carstensen, R. Vaquer-Sunyer and C. Duarte, "Ecosystem thresholds with hypoxia," *Hydrobiologia*, pp. 629:21-29, 2009.
- [53] R. Barker, "And the waters turned to blood: the ultimate biological threat," *New York: Touchstone*, 1998.
- [54] K. Eine, D. Aksnes, E. Bagoien and S. Kaartvedt, "Fish or jellies-a question of visibility?," *Limnology and oceanography*, pp. 44:1352-57, 1999.
- [55] P. Wassmann, "Cultural eutrophication: Perspectives and prospects," 2005.
- [56] T. Parsons and C. Lalli, "Jellyfish population explosions: revisiting a hypothesis of possible causes," *La mer*, pp. 114-115, 2002.
- [57] M. Arai, "Pelagic coelenterates and eutrophication: a review," *Hydrobiologia*, pp. 451:69-87, 2001.
- [58] J. Caddy, "Toward a comparative evaluation of human impacts on fishery ecosystems of enclosed and semi-enclosed seas," *Reviews in fisheries science*, pp. 1:57-95, 1993.

- [59] J. Caddy, "Marine catchment basin effects versus impacts of fisheries on semi-enclosed seas," *ICES journal of marine science*, pp. 57:628-40, 2000.
- [60] J. Shoji, R. Masuda, Y. Yamashita and M. Tanaka, "Predation on fish larvae by moon jellyfish aurelia aurita under dissolved oxygen concentrations," *Fisheries science*, pp. 71:748-53, 2005.
- [61] J. Purcell, "Jellyfish and ctenophore blooms coincide with human proliferations and environmental perturbations," *Annual review of marine science*, pp. 4:209-35, 2012.
- [62] K. Pitt, D. Welsh and R.H. Condon, "Influence of jellyfish blooms on carbon, nitrogen and phosphorus cycling and plankton production," *Hydrobiologia*, pp. 616-133-49, 2009.
- [63] L. Rutherford and E. Thuesen, "Metabolic performance and survival of medusae in estuarine hypoxia," *Marine ecology progress series*, pp. 294:189-200, 2005.
- [64] R. Condon, M. Decker and J. Purcell, "Effects of low dissolved oxygen on survival and asexual reproduction of scyphozoan polyps (chrysaora quinquecirrha)," *Hydrobiologia*, pp. 451:89-95, 2001.
- [65] E. Thuesen, L. Rutherford, P. Brommer, K. Garrison, M. Gutowska and T. Towanda, "Intragel oxygen promotes hypoxia tolerance of scyphomedusae," *Journal of experimental biology*, pp. 208:2475-82, 2005.
- [66] J. Purcell, D. Breitburg, M. Decker, W. Graham, M. Youngbluth and K. Raskoff, "Pelagic cnidarians and ctenophores in low dissolved oxygen environments: a review," *Coastal and estuarine studies series*, pp. 58:77-100, 2001 .
- [67] L. Muscatine and R. Marian, "Dissolved inorganic nitrogen flux in symbiotic and nonsymbiotic medusae," *Limnology and oceanography*, pp. 27:910-17, 1982.
- [68] E. Wilkerson and R. Dugdale, "Possible connection between sewage effluent, nitrogen levels and jellyfish blooms," *In report on the workshop jellyfish blooms in the Mediterranean*, pp. 195-201, 1983.
- [69] [Online]. Available: <http://www.slideshare.net/evakelepouri/h-41946645>. [Accessed 5 3 2016].
- [70] L. Mc Taggart, "Twentieth century plague," *Ecologist*, july 2000.
- [71] E. Alessi, G. Tognon, M. Sinesi, C. Guerranti, G. Perra and S. Focardi, "Chemical contamination in the mediterranean the case of swordfish," *Rome: WWF-world wide fund for nature*, 2006.
- [72] W. Dunstan, P. Atkinson and J. Natoli, "Stimulation and inhibition of phytoplankton growth by low molecular weight hydrocarbons," *Marine biology*, pp. 31:305-10, 1975.
- [73] C. Peterson, S. Rice, J. Short, D. Esler, J. Bodkin, B. Ballachey and D. Irons, "Long-term ecosystem response to the Exxon Valdez Oil Spill," *Science*, pp. 302-2082-86, 2003.
- [74] J. Derraik, "The pollution of the marine environment by plastic debris: a review," *Marine pollution bulletin*, pp. 44:842-52, 2002.
- [75] A. Weisman, "The world without us," *London: Virgin*, p. 126, 2008.
- [76] G. Macfadyen, T. Huntington and R. Cappell, "Abandoned, lost or otherwise discarded fishing gear," *In UNEP regional seas reports and studies, no185: FAO fisheries and aquaculture technical paper, no.523*, 2009.
- [77] P. Lutz, "Studies on the ingestion of plastic and latex by sea turtles," *Paper read at proceedings of the second international conference on marine debris*, 2-7 april 1990.

- [78] C. Leschin-Hoar, "Fleeced again: how microplastics causes macro problems for the ocean," *Grist*, 7 december 2011.
- [79] R. Thomson, Y. Olsen, R. Mitchell, A. Davis, S. Rowland, A. John, D. McGonigle and A. Russel, "Lost at the sea: Where is all the plastic?," *Science*, p. 304:838, 2004.
- [80] W. Thomas and D. Seibert, "Effects of copper on the dominance and the diversity of algae: controlled ecosystem pollution experiment," *Bulletin of marine science*, pp. 27:23-33, 1977.
- [81] S. Johanson, U. Larsson and P. Boehm, "The tsesis oil spill: impact on the pelagic ecosystem," *Marine pollution bulletin*, pp. 11:284-93, 1980.
- [82] J. Davenport, "Oil and planktonic ecosystems," *Philosophical transactions of the royal society of London, series B, biological sciences*, pp. 297:369-84, 1982.
- [83] D. Spangenberg, "Use of the aurelia metamorphosis test system to detect subtle effects of selected hydrocarbons and petroleum oil," *Marine environmental research*, pp. 14:317-25, 1984.
- [84] K. Robinson, "Effects of thermal power station effluent on the seagrass benthic communities of lake macuarie, a new south wales coastal lagoon," *Wetlands*, pp. 7:1-12, 1987.
- [85] "Environment Agency Proposed EQS for Water Framework Directive Annex VIII substances: chlorine (free available) Science Report: SC040038/SR4 SNIFFER Report: WFD52(iv)," [Online]. Available: http://www.kireas.org/water_polution.htm. [Accessed 25 3 2016].
- [86] J. Stachowicz, J. Terwin, R. Whitlatch and R. Osman, "Linking climate change and biological invasions: ocean warming facilitates nonindigenous species invasions," *Proceedings of the national academy of sciences USA*, pp. 99:15497-500, 2002.
- [87] C. Sorte, S. Williams and R. Zerebecki, "Ocean warming increases threat of invasive species in a marine fouling community," *Ecology*, pp. 91:2198-204, 2010.
- [88] J. Purcell, S.-i. Uye and W.-T. Lo, "Anthropogenic causes of jellyfish blooms and their direct consequences for humans: A review," *Marine ecology progress series*, pp. 350:153-174, 2007.
- [89] S. Doney, V. Fabry, R. Feely and J. Kleypas, "Ocean acidification: the other CO₂ problem," *Annual review of marine science*, pp. 1:169-92, 2009.
- [90] D. d. Laffoley and J. Baxter, "Ocean acidification reference user group," 2010. [Online]. Available: <https://www.iaea.org/ocean-acidification/page.php?page=2209>. [Accessed 25 3 2016].
- [91] r. society, "Ocean acidification due to increasing atmospheric carbon dioxide," *Policy document 12/05 London: royal society*, 2005.
- [92] R. Feely, S. C.L. and F. V.J., "Carbon dioxide and our ocean legacy," 2006. [Online]. Available: www.oceanlegacy.org. [Accessed 25 3 2016].
- [93] UNEP, "Environmental consequences of ocean acidification: A threat to food security. Nairobi," *United Nations environmental programme*, 2010.
- [94] K. Ζακυθινός, "Ημερήσια.gr," 11 7 2015. [Online]. Available: <http://www.imerisia.gr/article.asp?catid=26515&subid=2&pubid=113600122>. [Accessed 25 3 2016].
- [95] S. Gibbs, P. Bown, J. Sessa, T. Bralower and P. Wilson, "Nannoplankton extinction and origination across the Paleocene-Eocene Thermal Maximum," *Science*, pp. 314:1770-73, 2006.
- [96] R. Matear, "Carbon dioxide uptake in the oceans," *The science show, ABC radio national*, 27 May 2006.

- [97] J. Orr, V. Fabry, O. Aumont, L. Bopp, S. Doney, R. Feely, A. Gnanadesikan, N. Gruber, A. Ishida, F. Joos, R. Key, K. Lindsay, E. Maier-Reimer, R. Matear, P. Monfray, A. Mouchet, R. Najjar, G.-K. Plattner, K. B. Rodgers, C. Sabine and J. Sarmiento, "Anthropogenic ocean acidification over the twenty-first century and its impact on calcifying organisms," *Nature*, pp. 437:681-86, 2005.
- [98] L. Roger, A. J. Richardson, A. McKinnon, B. K. R. Matear and C. Scadding, "Comparison of the shell structure of two thecosomata from 1963 to 2009: Potential implications of declining aragonite saturation," *ICES journal of marine science*, pp. 69:465-74, 2011.
- [99] O. Hoegh-Guldberg, P. Mumby, A. Hooten, R. S. Steneck, P. Greenfield, E. Gomez, C. D. Harvell, P. F. Sale, A. J. Edwards, K. Caldeira, N. Knowlton, C. M. Eakin, R. Iglesias-Prieto, N. Muthiga, R. H. Bradbury, A. Dubi and M. E. Hatzioiols, "Coral reefs under rapid climate change and ocean acidification," *Science*, pp. 318:1737-42, 2007.
- [100] Δ. Φ. Ντρίνια, "Εισαγωγή στη βιολογία και βασική οικολογία των τρηματοφόρων," [Online]. Available: http://users.uoa.gr/~cntrinia/Pal-eco/foram_1.pdf. [Accessed 25 3 2016].
- [101] A. Moy, W. R. Howard, S. G. Bray and T. W. Trull, "Reduced calcification in modern southern ocean planktonic foraminifera," *Nature geoscience*, pp. 2:276-80, 2009.
- [102] "Ριζοσπάστης," 17 10 2004. [Online]. Available: <http://www.rizospastis.gr/story.do?id=2539782>. [Accessed 25 3 2016].
- [103] L. Gosselin and P. Y. Qian, "Juvenile mortality in benthic marine invertebrates," *Marine ecology progress series*, pp. 146:265-82, 1997.
- [104] A. Darby, "The krilling fields: study fears catastrophe in Antarctic food chain," *The age*, 14 October 2008.
- [105] M. Hood, "A carbon sink that can no longer cope?," *World of science*, pp. 2:2-5, 2004.
- [106] P. Munday, D. L. Dixon, J. M. Donelson, G. P. Jones, M. S. Pratchett, G. V. Devitsina and K. B. Doving, "Ocean acidification impairs olfactory discrimination and homing ability of a marine fish," *Proceedings of the national academy of sciences USA*, pp. 106:1848-52, 2009.
- [107] P. Munday, D. L. Dixon, M. I. McCormick, M. Meekan, M. C. O. Ferrari and D. P. Chivers, "Replenishment of fish populations is threatened by ocean acidification," *Proceedings of the national academy of sciences USA*, pp. 107:12930-34, 2010.
- [108] J. Havenhand, F. R. Buttler, M. C. Thorndyke and J. Williamson, "Near-future levels of ocean acidification reduce fertilization success in a sea urchin," *Current biology*, pp. 18:R651-52, 2008.
- [109] C. Henderson, "Ocean acidification: The other CO₂ problem," *New scientist*, pp. 28-33, 5 August 2006.
- [110] M. Attrill, J. Wright and M. Edwards, "Climate-related increases in jellyfish frequency suggest a more gelatinous future for the North Sea," *Limnology and oceanography*, pp. 52:480-85, 2007.
- [111] A. Richardson and M. J. Gibbons, "Are jellyfish increasing in response to ocean acidification?," *Limnology and oceanography*, pp. 53:2040-45, 2008.
- [112] A. Richardson, D. McKimmon and K. M. Swadling, "Zooplankton, in a marine climate change impacts and adaptation report card for Australia 2009," *Southport, Queensland: NCCARF Publication*, 5 september 2009.

- [113] A. Becker, I.Sotje, C.Paulmann, F.Beckmann, T.Donath, R.Boese, O.Prymak, H.Tiemann and M.Epple, "Calcium sulfate hemihydrate is the inorganic mineral in statoliths of scyphozoan medusae," *Dalton transactions*, pp. 1545-50, 2005.
- [114] H. Tiemann, I.Sotje, A.Becker, G.Jarms and M.Epple, "Calcium sulfate hemihydrate statoliths in the cubozoan carybdea sp.," *Zoologischer anzeiger*, pp. 245:13-17, 2006.
- [115] L. Shaffer, "Solubility of gypsum in sea water and sea water concentrates at temperatures from ambient to 65oC," *Journal of chemical and engineering data*, pp. 12:183-89, 1967.
- [116] A. Winans and J.E.Purcell, "Effects of pH on asexual reproduction and statolith formation of the scyphozoan, aurelia labiata," *Hydrobiologia*, pp. 645:39-52, 2010.
- [117] P. Fenner and W. J.A., "Worldwide deaths and severe envenomation from jellyfish stings," *Med j' aust*, pp. 165:658-61, 1996.
- [118] J. Burnett, "Medical aspects of jellyfish envenomation, pathogenesis, case reporting and therapy," *Hydrobiologia*, pp. 451:1-9, 2001.
- [119] P. Bernard, F. Couasnon, J. Soubiran and J. Coujon, "Surveillance estivale de la meduse pelagia noctiluca sur les cotes Meditteraneennes Francaises," *Ann inst oceanogr*, pp. 64:115-125, 1988.
- [120] M. Decker, B. C.W., H. R.R., P. J.E., G. T.F., M. J. and O. R., "Predicting the distribution of the scyphomedusa chrysaora quinquecirrha in Chesa-peake bay," *Marine ecology progress series*, pp. 329:99-113, 2007.
- [121] C. Macrokanis, H. N.L. and M. J.K., "Irukandji syndrome in northern western Australia: an emerging health problem," *Med j aust*, pp. 181:699-702, 2004.
- [122] K. Sharp, "The human cost of atlantic salmon farming aquaculture book of abstracts," *World aquaculture society, Balton Rouge LA*, p. p 584, 2001.
- [123] H. Mohr and R. G., "The selectivity of jellyfish nets in shrimp fishery," *Inf Fischwirtsch*, pp. 25:138-140, 1978.
- [124] M. Broadhurst and S. Kennelly, "Rigid and flexible separator panels in trawls that reduce the by-catch of small fish in the Clarence River prawn-trawl fishery, Australia," *Mar Freshw Res*, pp. 47:991-998, 1996.
- [125] Anonymus, "Trawl to beat jellyfish," *Fish News Int*, p. 36:31, 1997.
- [126] H. Wienbeck, "First trials on the selection of a sorting grid in commercial fishery for brown shrimps," *Anim Res Dev*, pp. 47:71-78, 1998.
- [127] B. V. Marltn, D. H. D., R. A.S., D. K.E., W. H., P. M., C. J. and P. H., "By-catch reduction devices in the European Crangon fisheries," *ICES CM*, p. R:10 , 2001.
- [128] Y. Matsushita and H. N., "Method of designing and manufacturing JET for various towed fishing gears," *Bull Fish Res Agency*, pp. 16:19-27, 2006.
- [129] B. Johnston, I. H., S. I., P. G.J. and S. C.J., "Ecological toxicology and effects of mass occurrences of gelatinous zooplankton on teleosts in enclosed coastal ecosystems," *Am Soc Limn Oceanogr Meet*, p. abstract, 2005.
- [130] A. Kaneda, K. T., K. Y. and T. H., "Periodicity in the accumulation of gelatinous zooplankton during the summer season in the coastal area of Iyo-Nada, Japan," *Limnol Oceanogr*, pp. 52:707-715, 2007.

- [131] C. Marks and C. D.G., "Field tests of a bubble screen sea nettle barrier," *Mar Technol Soc*, pp. 8:33-39, 1974.
- [132] C. Marks, "Preliminary investigation of the use of water jets as a jelly fish barrier," *Mar Tech Soc*, pp. 9:34-37, 1975.
- [133] M. Toda, H. K. and Y. S., "A jellyfish monitoring system for power plants with a spectrum analysis method," *Bull Jpn Soc Oceanogr*, pp. 59:416-423, 1995.
- [134] A. PKA, A.-T. I, A.-D. M, G. TN, D. AGI and J. MA, "Effects of environment on source water for desalination plants on the eastern coast of Saudi Arabia," *Desalination*, pp. 132:29-40, 2000.
- [135] J. Lee, C. H.W., C. J. K. D.S. and L. S.B., "Performance analysis of intake screens in power plants on mass impingement of marine organisms," *Ocean Polar Res*, pp. 28:385-393, 2006.
- [136] Y. T., "jellyfish: UFO of the sea," *Koseisha-Koseikaku, Tokyo*, 2003.
- [137] "Taringa," [Online]. Available: <http://www.taringa.net/posts/mascotas/3130222/Medusas---Las-Mas-Letales.html>. [Accessed 5 3 2016].
- [138] F. Pages, "Past and present anthropogenic factors promoting the invasion, colonization and dominance by jellyfish of a Spanish coastal lagoon," *CIESM workshop series 14, Monaco*, pp. p 69-71, 2001.
- [139] L. Gusmani, A. M. G. B., P. P and R. G., "Biologically active polypeptides in the venom of the jellyfish *rhophilema nomadica*," *Toxicon*, pp. 35:637-648, 1997.
- [140] A. Lotan, B.-H. R. and L. Y., "Aggregation and dispersal of *rhophilema nomadica*, a tropical immigrant medusa in the Mediterranean sea," *Isr j zool*, pp. 39:67-68, 1993.
- [141] N. Oiso, F. K., I. M., O. T. and K. S., "Jellyfish dermatitis caused by *porpita pacifica*, a sign of global warming?," *Contact points*, pp. 52:232-233, 2005.
- [142] B. D. Pastino, "Blue jellyfish invade Australia beaches," 2007.
- [143] G. Pingree and A. L., "Spain's beaches and flora feel the heat," 2006.
- [144] L. Segura-Puertas, R. M.E., A. C., H. d. I. C. E.P. and B. J.W., "One linuche mystery solved: all three stages of the coronate scyphomedusa *linuche unguiculata* cause sea bather's eruption," *J am acad dermatol*, pp. 44:624-628, 2001.
- [145] M. Kawahara, U. S., B. J. and M. H., "Stings of edible jellyfish in Japanese waters," *Toxicon*, pp. 48:713-716, 2007.
- [146] T. Yasuda, "Studies on the common jellyfish *aurelia aurita*," *Jpn fish resour cons assoc, Tokyo*, 1988.
- [147] M. Yamaguchi, "Life cycle of cubozoans," *Aquabiology*, pp. 4:242-248, 1982.