



ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ ΘΕΣΣΑΛΙΑΣ

Διατμηματικό Πρόγραμμα Μεταπτυχιακών Σπουδών μεταξύ του
Τμήματος Γεωπονίας Φυτικής Παραγωγής και Αγροτικού
Περιβάλλοντος και του Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και
Υδάτινου Περιβάλλοντος

Ι. Α. Βέργος

**«ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΙΣ
ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ»**



ΒΟΛΟΣ 2009

ΕΠΙΠΤΩΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΛΙΜΑΤΙΚΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΙΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

ΤΡΙΜΕΛΗΣ ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΙΚΗ ΕΠΙΤΡΟΠΗ

Σ. Κλαουδάτος	Καθηγητής, Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Χ. Νεοφύτου	Καθηγητής, Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας
Π. Παναγιωτάκη	Μόνιμη Επίκουρη Καθηγήτρια, Τμήματος Γεωπονίας Ιχθυολογίας και Υδάτινου Περιβάλλοντος Πανεπιστημίου Θεσσαλίας

Υδατοκαλλιέργεια: Μέθοδος εκτροφής, ανάπτυξης ή παραγωγής προϊόντων σε φυσικό ή ελεγχόμενο υδάτινο περιβάλλον (Meade, 1989).

Κλιματική αλλαγή: Φυσική ή ανθρωπογενής παρατεταμένη μεταβολή της κλιματικής κατάστασης, η οποία μπορεί να προσδιορισθεί (π.χ. με χρήση στατιστικών μεθόδων) μέσω μεταβολών των μέσων τιμών ή/και της μεταβλητότητας των χαρακτηριστικών του. (De Silva & Soto, 2009)

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Κεφάλαιο 1

1.Εισαγωγή	9
1.1 Δομή της εργασίας	11

Κεφάλαιο 2. Κλιματικές αλλαγές

2.1 Εισαγωγή	13
2.2 Μεταβολές στη θερμοκρασία	14
2.3 Μεταβολές στους πόλους, την επιφάνεια παγοκάλυψης και τη στάθμη της θάλασσας	17
2.4 Φαινόμενο Ελ Νίνιο	24
2.5 Ρεύμα του Κόλπου (Gulf stream)	25
2.6 Ακραία καιρικά φαινόμενα	26
2.6.1 Ακραίες θερμοκρασίες	27
2.6.2 Ακραίες τιμές ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων	28
2.6.3 Περίοδοι ξηρασίας και υγρές περίοδοι	29
2.6.4 Τροπικές θύελλες	30
2.7 Στοιχεία αβεβαιότητας των κλιματικών αλλαγών	31

Κεφάλαιο 3. Σύνοψη της υπάρχουσας κατάστασης των υδατοκαλλιεργειών

σε παγκόσμιο επίπεδο

3.1 Εισαγωγή	32
3.2 Παραγωγή υδατοκαλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο	32
3.3 Ρυθμός αύξησης της παραγωγής	37
3.4 Γεωγραφική κατανομή της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών	38
3.5 Κατανομή της παραγωγής ανά περιβάλλον	43
3.6 Κύριες ομάδες ειδών που χρησιμοποιούνται στην υδατοκαλλιέργεια	43
3.7 Εμπορική αξία παραγωγής	48
3.8 Καλλιέργεια νέων ειδών	49
3.9 Καλλιεργητικά συστήματα	50
3.10 Εξελίξεις στις μεθόδους παραγωγής	51
3.11 Το μέλλον των ιχθυοτροφών	52

Κεφάλαιο 4. Υλικά και μέθοδοι της βιβλιογραφικής ανασκόπησης

4.1	Εισαγωγή	54
4.2	Κριτήρια επιλογής	54
4.3	Μέθοδοι αναζήτησης	55
4.4	Διαδικασία της ανασκόπησης	58
Κεφάλαιο 5. Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα συστήματα υδατοκαλλιέργειας		
5.1	Εισαγωγή	59
5.2	Επιπτώσεις στην παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών	61
5.2.1	Συνέπειες σχετικές με την αύξηση της θερμοκρασίας	66
5.2.1.1	Υδατοκαλλιέργειες εσωτερικών υδάτων	67
5.2.1.2	Θαλασσοκαλλιέργεια	72
5.2.2	Λειψυδρία	75
5.2.3	Αλλαγές στους ετήσιους κύκλους των μουσώνων και εμφάνιση ακραίων κλιματικών φαινομένων	80
5.2.4	Εισχώρηση αλμυρών υδάτων	86
5.2.5	Επιπτώσεις στους πόρους ζωής που εξαρτώνται από την υδατοκαλλιέργεια	88
5.2.6	Επιπτώσεις στο φυσικό κεφάλαιο	91
5.2.7	Επιπτώσεις στο υλικό κεφάλαιο και η επιρροή του οικονομικού κεφαλαίου	94
5.2.8	Μειωμένο ανθρώπινο κεφάλαιο και επιπτώσεις στο κοινωνικό κεφάλαιο	95
5.3	Έμμεσες επιπτώσεις – Η επίδραση των αλιευμάτων	96
5.3.1	Ιχθυάλευρο και ιχθυέλαιο	100
5.3.2	Το παράδειγμα της βιομηχανίας ιχθυάλευρου του Περού	106
Κεφάλαιο 6. Μέτρα προσαρμογής για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών στις υδατοκαλλιέργειες		
6.1	Εισαγωγή	111
6.2	Προτεινόμενα θεσμικά, πολιτικά μέτρα και μέτρα σχεδιασμού	112
6.2.1	Διασφάλιση των υδατοκαλλιεργειών	114
6.3.	Διάχυση της έρευνας και τεχνολογίας	115
6.3.1	Συμπεράσματα από τις περιπτώσεις επέκτασης των καλλιεργούμενων ειδών πέρα από τις περιοχές της φυσικής κατανομής των πληθυσμών τους	115

6.3.2 Διαφοροποίηση της υδατοκαλλιέργειας	116
6.1.3 Χωροταξική μελέτη και παρακολούθηση υδατοκαλλιεργειών	118
Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα	120
Περίληψη	129
Βιβλιογραφία	131

Κεφάλαιο 1. Εισαγωγή

Ο πληθυσμός της γης προβλέπεται να αυξηθεί στα 9 δισεκατομμύρια μέχρι το 2050, γεγονός που συνεπάγεται ανάλογη αύξηση στις παγκόσμιες ανάγκες σίτισης για το πρώτο μισό του αιώνα (McMichael, 2001). Η ικανότητα εξασφάλισης των τροφικών αποθεμάτων για έναν αυξανόμενο στο μέλλον ανθρώπινο πληθυσμό θα εξαρτηθεί από τη μεγιστοποίηση της αποτελεσματικότητας και βιωσιμότητας των μεθόδων παραγωγής κάτω από την επίδραση των αναμενόμενων κλιματικών αλλαγών. Μια πρόσφατη ανάλυση της παγκόσμιας παραγωγής τροφίμων σε σχέση με το παγκόσμιο σύστημα εμπορίου, όπως αναφέρεται στην Ειδική Έκθεση για τα σενάρια των εκπομπών από τη Διακυβερνητική Οργάνωση για τις Κλιματικές Αλλαγές (Intergovernmental Panel of Climate Change - IPCC), υποδεικνύει ότι ο παγκόσμιος πληθυσμός θα έχει αυτάρκεια ως προς τις διατροφικές του ανάγκες τον επόμενο αιώνα, που είναι ένα αισιόδοξο συμπέρασμα. Παρόλα αυτά το μοντέλο που προβλέπει αυτό το συμπέρασμα βασίστηκε στην παραγωγή των ανεπτυγμένων κρατών, τα οποία και αναμένεται να ωφεληθούν περισσότερο από τις κλιματικές αλλαγές. Το γεγονός αυτό αντισταθμίζει τη μείωση που προβλέπεται στην παραγωγή χειρσαίων γεωργικών καλλιεργειών στις αναπτυσσόμενες χώρες, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι διαφοροποιήσεις ανά περιοχή στην καλλιεργητική παραγωγή προβλέπεται να γίνουν εντονότερες με το χρόνο (Parry *et al.*, 2004). Ένα θέμα προς διερεύνηση κάτω από αυτές τις προβλέψεις είναι η υδατοκαλλιέργεια, μία δραστηριότητα συγκεντρωμένη κυρίως στα αναπτυσσόμενα κράτη, η οποία μπορεί να συμβάλλει με ένα διαφορετικό σενάριο στην ικανοποίηση των μελλοντικών αναγκών για τροφή.

Ολοένα και περισσότερες μελέτες εστιάζουν στις θετικές επιδράσεις των ψαριών στην υγιεινή διατροφή, στην ανάπτυξη του ανθρώπου και γενικότερα στην ποιότητα ζωής. Είναι αποδεδειγμένο ότι πολλές από τις ελλείψεις κάποιων πολυακόρεστων λιπαρών οξέων συνδέονται με σοβαρούς κινδύνους στην υγεία. Κάποιες ασθένειες και αρνητικές καταστάσεις της υγείας μπορούν να θεραπευθούν με τη χορήγηση πολυακόρεστων λιπαρών οξέων που περιέχονται στα ψάρια (Hunter and Roberts, 2000). Σαν αποτέλεσμα της ενημέρωσης της κοινής γνώμης για τη σημασία των λιπαρών οξέων στην ανθρώπινη διατροφή, υπάρχει αυξανόμενη κατανάλωση ψαριών σε διάφορες

περιοχές, ιδιαίτερα στα ανεπτυγμένα κράτη. Από την άλλη πλευρά τα ψάρια παρέχουν οικονομικά προσιτή πηγή πρωτεΐνης ζωικής προέλευσης σε κατοίκους αγροτικών περιοχών στα αναπτυσσόμενα κράτη (De Silva & Soto, 2009).

Από όλες τις σύγχρονες πηγές τροφής πλούσιες σε ζωικές πρωτεΐνες, είναι μόνο τα ψάρια που προέρχονται κυρίως από φυσικούς πληθυσμούς σε σχέση με άλλα είδη διατροφής που προέρχονται κυρίως από την παραγωγή εκτρεφόμενων ζώων και πτηνών. Σε γενικότερο επίπεδο έχουν πραγματοποιηθεί σημαντικές αλλαγές στην παγκόσμια παραγωγή αλιευμάτων και στις καταναλωτικές τάσεις (Delgado *et al.*, 2003) με επίκεντρο τη συμβολή των αναπτυσσόμενων κρατών και ιδιαίτερα της Κίνας. Αυτές οι αλλαγές συνοδεύονται με αλλαγές στις πηγές παραγωγής των αλιευμάτων, καθώς οι υδατοκαλλιέργειες αυξάνουν συνεχώς τη συνεισφορά τους, ενώ η παραγωγή από την ελεύθερη αλιεία μειώνεται (FAO, 2008).

Την τελευταία δεκαετία, στην πολιτική, σε διάφορους τομείς επιστημονικών ερευνών αλλά και στην κοινή γνώμη, οι κλιματικές αλλαγές, οι συνέπειες και επιπτώσεις τους, έχουν γίνει σημείο αναφοράς και αντικείμενο ενδιαφέροντος. Οι κλιματικές αλλαγές αν και συχνά ορίζονται και ερμηνεύονται με διάφορους τρόπους, ως φαινόμενο επιβεβαιώνουν την ύπαρξή τους από αξιόπιστες έρευνες και διάφορες μεθόδους ανάλυσης και μοντέλα πρόβλεψης. Θα πρέπει να σημειωθεί, όμως, ότι υπάρχουν και πηγές αμφισβήτησης του φαινομένου (Holgate, 2007; Lomborg, 2001) (ιδιαίτερα όσον αφορά στην επιτάχυνση των κλιματικών αλλαγών τον 20^ο αιώνα με την επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων –κάποια αναφορά θα γίνει στο 2^ο κεφάλαιο της παρούσας εργασίας). Γενικότερα, είναι κοινώς αποδεκτό ότι η ανθρωπότητα θα επηρεαστεί ποικιλοτρόπως από τις κλιματικές αλλαγές συμπεριλαμβανομένων των αλλαγών στην παραγωγή τροφίμων και τα οικοσυστήματα στα οποία παράγονται (IPCC, 2007). Επίσης, το κατά πόσο η παγκόσμια κοινότητα, συλλογικά, θα καταφέρει να αμβλύνει τους παράγοντες που προκαλούν τις κλιματικές αλλαγές και να υιοθετήσει μέτρα για την αντιμετώπιση των αλλαγών, θα καθορίσει το βαθμό των επιπτώσεων στους διάφορους τομείς στις επόμενες δεκαετίες ή και εκατονταετίες.

Είναι σημαντικό να αναφερθεί ότι οι μελέτες που εστιάζουν στις κλιματικές αλλαγές και την αλιευτική παραγωγή είναι σχετικά περιορισμένες γεγονός που δείχνει ότι το πεδίο αυτό δεν έχει λάβει την προσοχή που έχουν λάβει άλλοι τομείς της

πρωτογενούς παραγωγής και αποτελεί πεδίο με δυσκολότερη προβλεψιμότητα σε σχέση με τις κλιματικές αλλαγές. Χαρακτηριστικά να αναφερθεί ότι τα αλιεύματα έχουν αναφερθεί μόνο μία φορά στην Έκθεση αξιολόγησης του IPCC (Synthesis Report, 2007) σύμφωνα με την οποία είναι πιθανόν να προκληθούν αλλαγές στη παραγωγικότητα των οικοσυστημάτων και των αλιευμάτων λόγω της ανατροπής της κυκλοφορίας θαλάσσιων ρευμάτων στον μεσημβρινό (meridional overturning circulation-MOC) στον Ατλαντικό ωκεανό που αναμένεται ως συνέπεια των κλιματικών αλλαγών.

Οι πιο αξιοσημείωτες και σημαντικές αλλαγές που σχετίζονται με το κλίμα, είναι η σταδιακή αύξηση στο μέσο όρο της θερμοκρασίας παγκοσμίως (Zwiers & Weaver, 2000) και η σταδιακή αύξηση στη συγκέντρωση των αερίων θερμοκηπίου (Brook *et al.*, 1996), αλλαγές που έχουν αναφερθεί και καταγραφεί εκτενώς (IPCC, 2007). Οι συζητήσεις και αντιπαραθέσεις αφορούν περισσότερο στο βαθμό των αλλαγών των βασικών κλιματικών χαρακτηριστικών όπως η παγκόσμια θερμοκρασία, η αύξηση της στάθμης της θάλασσας και η ένταση και συχνότητα των κατακρημνισμάτων. Η παγκόσμια θέρμανση και η αύξηση της στάθμης της θάλασσας συμβαίνει, αλλά με τι ρυθμό θα συμβούν οι αλλαγές τις επόμενες δεκαετίες είναι επίσης σημαντικό. Η παραγωγή των αλιευμάτων όπως και οι άλλοι τομείς της πρωτογενούς παραγωγής αναμένεται να επηρεαστούν σε διάφορα επίπεδα από τις κλιματικές αλλαγές και η εκδήλωση των επιπτώσεων αναμένεται να ποικίλει στην ένταση και στη μορφή εμφάνισης σε διαφορετικές περιοχές. Η παραγωγή τροφίμων από αλιεύματα, σε αντίθεση με άλλους παραγωγικούς τομείς τροφίμων ζωικής προέλευσης, διαχωρίζεται σε δύο τομείς: τη συλλεκτική αλιεία και τις υδατοκαλλιέργειες. Η συλλεκτική αλιεία στηρίζεται κυρίως στους φυσικούς πληθυσμούς που αλιεύονται, το μεγαλύτερο ποσοστό των οποίων προέρχεται από τους ωκεανούς (περίπου 85-90%). Οι υδατοκαλλιέργειες στηρίζονται στην εκτροφή υδρόβιων οργανισμών συμπεριλαμβανομένων των ιχθύων, οστρακοειδών και φυκιών, η σημασία και η προτίμηση των οποίων συνεχώς αυξάνεται (De Silva & Soto, 2009).

Λαμβάνοντας υπόψη την υφιστάμενη κατάσταση όπως αναφέρθηκε παραπάνω, σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η βιβλιογραφική ανασκόπηση της έρευνας που εστιάζεται στις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις υδατοκαλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο.

Ο σκοπός της εργασίας περιλαμβάνει έρευνες που πραγματοποιήθηκαν σε διάφορους τομείς των υδατοκαλλιεργειών, όπως εκτροφές ιχθύων, οστρακοειδών και φυκών σε διαφορετικά υδάτινα οικοσυστήματα, όπως θαλάσσια, γλυκά και υφάλμυρα. Ως κλιματικές αλλαγές η παρούσα εργασία θα υιοθετήσει τον ορισμό της IPCC (2007, Τεύχος 30) σύμφωνα με τον οποίο είναι οι αλλαγές που μπορούν να εντοπιστούν (για παράδειγμα με χρήση στατιστικών μεθόδων) στο μέσο όρο και/ή τη μεταβλητότητα των κλιματικών χαρακτηριστικών, εφόσον εκδηλώνονται για μία εκτεταμένη χρονική περίοδο, τυπικά δεκαετία ή μεγαλύτερη. Οι κλιματικές αλλαγές περιλαμβάνουν οποιαδήποτε αλλαγή στο κλίμα κατά τη διάρκεια του χρόνου ως αποτέλεσμα φυσικών διεργασιών ή ανθρωπογενών δραστηριοτήτων.

Καθώς υπάρχουν διάφορα είδη βιβλιογραφικής ανασκόπησης, αξίζει να σημειωθεί ότι η παρούσα εργασία αποτελεί σύνθεση της έρευνας που εξετάζει τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις υδατοκαλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο. Η ερευνητική σύνθεση ή συστηματική ανασκόπηση εστιάζει στις ερευνητικές μελέτες και στοχεύει στο να συνοψίσει προηγούμενες έρευνες και να εξάγει συμπεράσματα συγκρίνοντας τα αποτελέσματά τους, να επισημάνει το επίπεδο των γνώσεων που έχουν επιτευχθεί από τις προηγούμενες έρευνες σε ένα συγκεκριμένο πεδίο αλλά και θέματα που δεν έχουν διερευνηθεί ακόμη (Cooper et al., 2009).

1.1 Δομή της εργασίας

Στην εισαγωγή παρουσιάστηκε συνοπτικά η υφιστάμενη κατάσταση όσον αφορά στις αλλαγές και προκλήσεις στο μέλλον στην παραγωγή των τροφίμων, εστιάζοντας στη σημασία της υδατοκαλλιέργειας και τις κλιματικές αλλαγές, πεδίο έρευνας στο οποίο θα επικεντρωθεί η παρούσα εργασία. Στο 2^ο κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των κλιματικών αλλαγών που αναμένονται με βάση δείκτες που χρησιμοποιούνται στην επιστημονική έρευνα για την αναγνώριση και παρακολούθηση των αλλαγών και αποτελούνται από τη θερμοκρασία παγκοσμίως, τη στάθμη της θάλασσας, τα ακραία καιρικά φαινόμενα, την κάλυψη με πάγο, το φαινόμενο El Niño και το θαλάσσιο ρεύμα Gulf Stream. Στη συνέχεια στο κεφάλαιο 3 παρουσιάζεται η υφιστάμενη κατάσταση στις

υδατοκαλλιέργειες σε παγκόσμιο επίπεδο, αρχικά σε σχέση με το σύνολο της αλιευτικής παραγωγής και στη συνέχεια ανά περιοχή παραγωγής, διαφορετικά περιβάλλοντα, ανά ομάδες ειδών. Πρόσθετα θα αναφερθούν και άλλα χαρακτηριστικά των υδατοκαλλιεργειών, όπως ο ρυθμός ανάπτυξης και εξελίξεις στις μεθόδους παραγωγής. Το 4^ο κεφάλαιο περιγράφονται οι τεχνικές και μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ώστε να διασφαλιστεί η ποιότητα και η συστηματικότητα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Το 5^ο κεφάλαιο αποτελεί το κυρίως κεφάλαιο της εργασίας, καθώς περιλαμβάνει παρουσίαση της υπάρχουσας βιβλιογραφίας που ασχολείται με τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις υδατοκαλλιέργειες. Η παρουσίαση θα γίνει ανά θεματικές ενότητες στις οποίες κατηγοριοποιήθηκαν οι μελέτες και θα εξαχθούν τα ανάλογα συμπεράσματα όσον αφορά τα αποτελέσματα των μελετών αλλά και θετικά, ισχυρά σημεία της βιβλιογραφίας καθώς και αδυναμίες. Στα συμπεράσματα, στο 7^ο και τελικό κεφάλαιο της εργασίας, συνοψίζονται τα κύρια ευρήματα της ανασκόπησης και προτείνονται τόσο μέτρα προσαρμογής του κλάδου των υδατοκαλλιεργειών στις επερχόμενες κλιματικές αλλαγές όσο και τομείς της έρευνας που θα μπορούσαν να αναπτυχθούν στο μέλλον.

Κεφάλαιο 2. Κλιματικές αλλαγές

2.1 Εισαγωγή

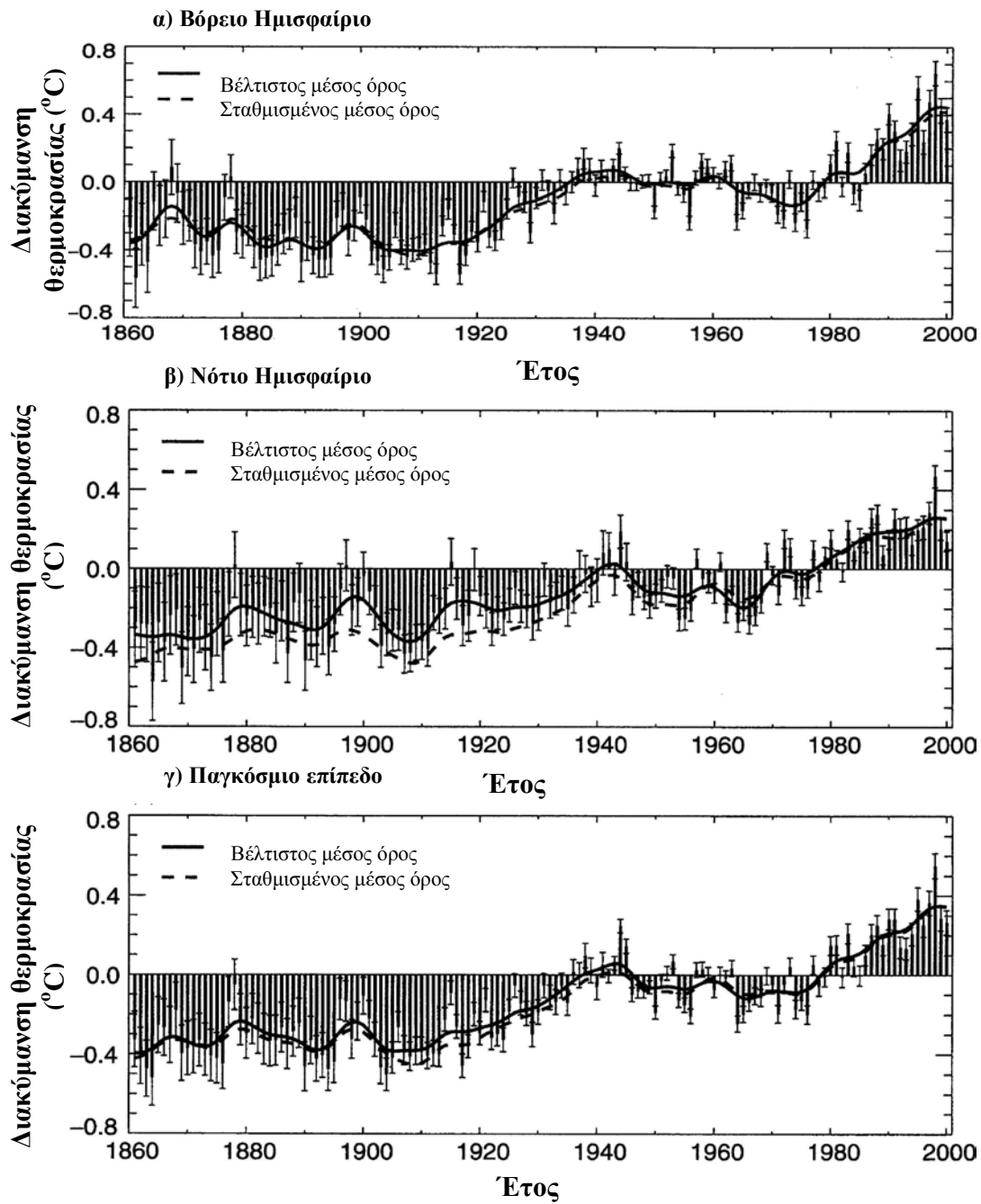
Η αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων αναμένεται να είναι ο πιο σπουδαίος παράγοντας που θα επιδράσει στις κλιματικές αλλαγές τον 21^ο αιώνα. Στην ατμόσφαιρα υπάρχουν αέρια του θερμοκηπίου που εμφανίζονται από φυσικές διεργασίες, τα οποία εγκλωβίζουν κάποια ποσοστά υπεριώδους ακτινοβολίας που εκπέμπονται από την επιφάνεια της γης και την ατμόσφαιρα. Τα κυριότερα αέρια του θερμοκηπίου είναι σωματίδια νερού σε μορφή ατμών, διοξείδιο του άνθρακα, (CO₂), όζον (O₃), μεθάνιο (CH₄) and οξείδια του αζώτου (NO) τα οποία σε συνδυασμό με τα νέφη διατηρούν τη θερμοκρασία της επιφάνειας της γης και της τροπόσφαιρας 33 °C υψηλότερη από ότι θα ήταν χωρίς την επίδρασή τους. Η ατμόσφαιρα απορροφά το μεγαλύτερο ποσοστό της εξερχόμενης χερσαίας ακτινοβολίας από την επιφάνεια όταν η συγκέντρωση των αερίων του θερμοκηπίου αυξάνεται. Η ακτινοβολία εκπέμπεται σε υψηλότερα επίπεδα και χαμηλότερες θερμοκρασίες και επιστρέφει ως θετική ακτινοβολία που τείνει να θερμάνει τα χαμηλότερα στρώματα της ατμόσφαιρας και την επιφάνεια της γης. Αυτό είναι το φαινόμενο του θερμοκηπίου που επιδρά στην ατμόσφαιρα της γης για δεσεκατομμύρια έτη λόγω αερίων του θερμοκηπίου φυσικής προέλευσης (IPCC, 2001). Η φυσική συγκέντρωση των αερίων κυμαίνεται από 190-280 ppm. Όταν οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα είναι χαμηλές, χαμηλές είναι και οι θερμοκρασίες και όταν η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα αυξάνεται, ανάλογα αυξάνεται και η θερμοκρασία. Τα αέρια του θερμοκηπίου αναμένονται να αυξηθούν στην ατμόσφαιρα λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων και εκτιμάται να διπλασιαστούν ή να τετραπλασιαστούν έως το 2100. Διάφορα μοντέλα έχουν κατασκευαστεί προκειμένου να προβλέψουν τις μελλοντικές εκπομπές αερίων του θερμοκηπίου και αντίστοιχα να προβλέψουν τις αλλαγές στο κλίμα (Salinger, 2005).

Στο κεφάλαιο παρουσιάζονται οι διάφορες αλλαγές που έχουν παρατηρηθεί τις τελευταίες δεκαετίες, ως ενδείξεις ότι το φαινόμενο των κλιματικών αλλαγών είναι υπαρκτό, καθώς και προβλέψεις για το κλίμα στο μέλλον. Οι συγκεκριμένες κλιματικές κατηγορίες που θα αναφερθούν, οι οποίες μπορεί να χαρακτηρισθούν και ως δείκτες των

κλιματικών αλλαγών είναι η θερμοκρασία, η στάθμη της θάλασσας, η επιφάνεια των πάγων παγκοσμίως, τα ακραία καιρικά φαινόμενα, το φαινόμενο El Nino και το ρεύμα Gulf stream. Επιπρόσθετα θα αναφερθούν περιπτώσεις στις οποίες δεν είναι δυνατόν να εξαχθούν ασφαλή συμπεράσματα σχετικά με τις τάσεις των κλιματικών αλλαγών.

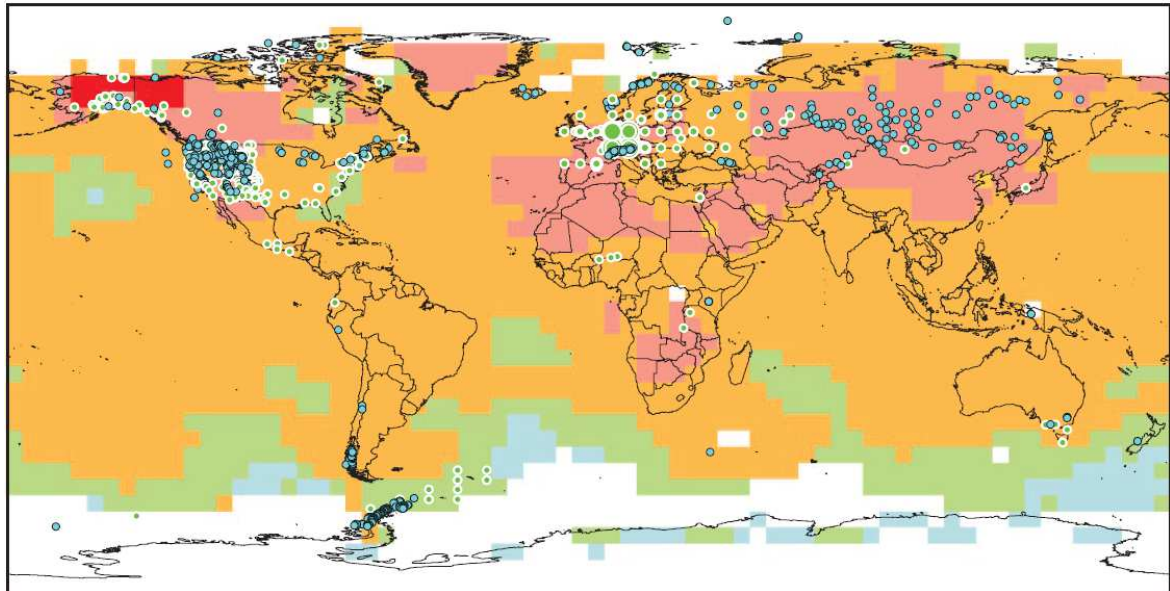
2.2 Μεταβολές στη θερμοκρασία

Σύμφωνα με τη Διακυβερνητική Οργάνωση για την Κλιματική Αλλαγή (Intergovernmental. Panel of Climate Change - IPCC) την περίοδο 1995-2006 παρατηρήθηκαν οι υψηλότερες θερμοκρασίες στην επιφάνεια της γης από το 1850. Η γραμμική αυξητική τάση της θερμοκρασίας τα τελευταία 100 έτη (1906-2005) ήταν της τάξης των $0,74 [0,56 \text{ έως } 0,92]^{\circ}\text{C}$ ενώ η γραμμική αύξηση της θερμοκρασίας από το 1956-2005 είναι σχεδόν διπλάσια από αυτή των τελευταίων 100 ετών. Η αύξηση της θερμοκρασίας κατανέμεται σε όλο τον πλανήτη και ιδιαιτέρως στα βόρεια γεωγραφικά πλάτη. Ο μέσος όρος των θερμοκρασιών στις Αρκτικές περιοχές για τα έτη 1956-2005 έχει αυξηθεί σχεδόν στο διπλάσιο από το παγκόσμιο μέσο όρο αύξησης τα τελευταία 100 έτη, ενώ παρατηρήσεις από το 1961 δείχνουν ότι ο μέσος όρος της θερμοκρασίας των ωκεανών παγκοσμίως έχει αυξηθεί έως και σε βάθη 3000 m και οι ωκεανοί απορροφούν πάνω από το 80% της θερμότητας που προστίθεται στο κλιματικό σύστημα. Οι μετρήσεις του παγκόσμιου μέσου όρου θερμοκρασίας του αέρα στις χερσαίες επιφάνειες είναι διαθέσιμες από καταγραφές χιλιάδων σταθμών παγκοσμίως, ενώ οι θαλάσσιες θερμοκρασίες προέρχονται από καταγραφές μετρητών σε πλοία, συνδυασμός των οποίων απεικονίζεται στο Σχήμα 1 όπου παρατηρείται ότι ο παγκόσμιος μέσος όρος της επιφανειακής θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας, έχει αυξηθεί περίπου $0,6^{\circ}\text{C}$ από το 1860 μέχρι το 2004. Νέες αναλύσεις των στοιχείων καταλήγουν ότι η αύξηση της θερμοκρασίας που παρατηρείται τον 20^ο αιώνα είναι πιθανόν να είναι η μεγαλύτερη από κάθε προηγούμενο αιώνα τα τελευταία 1000 χρόνια ιδιαίτερα για το Βόρειο Ημισφαίριο όπως απεικονίζεται στο Σχήμα 1. Σε παγκόσμιο επίπεδο η δεκαετία του 1990 ήταν η θερμότερη δεκαετία και το 1998 το θερμότερο έτος από το 1860. Παρατηρήθηκαν δύο περίοδοι αύξησης της θερμοκρασίας, μία μεταξύ των ετών 1910-1945 κατά την οποία η παγκόσμια θερμοκρασία αυξήθηκε κατά $0,14^{\circ}\text{C}$ και η άλλη μεταξύ των ετών 1976-1999 όταν η θερμοκρασία αυξήθηκε κατά $0,17^{\circ}\text{C}$ (IPPC, 2007).

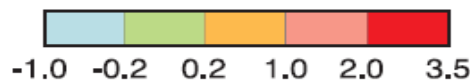


Σχήμα 1: Συνδυασμός ετήσιων θαλάσσιων και χερσαίων επιφανειακών μετρήσεων της θερμοκρασίας α)Βόρειου ημισφαιρίου, β)Νότιου ημισφαιρίου c) Παγκόσμιο επίπεδο (Salinger, 2005).

Παράλληλα στο Χάρτη 1, παρουσιάζονται οι μεταβολές της θερμοκρασίας για τα έτη 1970-2004 ανά περιοχές στον πλανήτη (IPCC, 2007). Τα περισσότερα μοντέλα πρόβλεψης υποστηρίζουν ότι αν διπλασιαστεί η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) στην ατμόσφαιρα, θα οδηγήσει σε αύξηση της θερμοκρασίας σε παγκόσμιο επίπεδο περίπου 3 °C (με διάστημα αβεβαιότητας 2–4,5 °C) όταν το κλίμα επανακτήσει την ισορροπία (IPCC, 2007). Τα μοντέλα αυτά δε συμπεριλαμβάνουν τις μακροπρόθεσμες διεργασίες αντίδρασης που μπορούν να θερμάνουν επιπλέον το κλίμα, όπως η μείωση της επιφάνειας του πάγου ή οι αλλαγές στη μεταβολή της βλάστησης. Αν αυτές οι αργές αντιδράσεις συμπεριληφθούν, στην περίπτωση που η συγκέντρωση του διοξειδίου του άνθρακα διπλασιαστεί, μπορεί να καταλήξει σε αύξηση μέχρι 6 °C (με διάστημα αβεβαιότητας 4–8 °C) (Rockström et al., 2009).



Μεταβολές στη θερμοκρασία °C
1970-2004

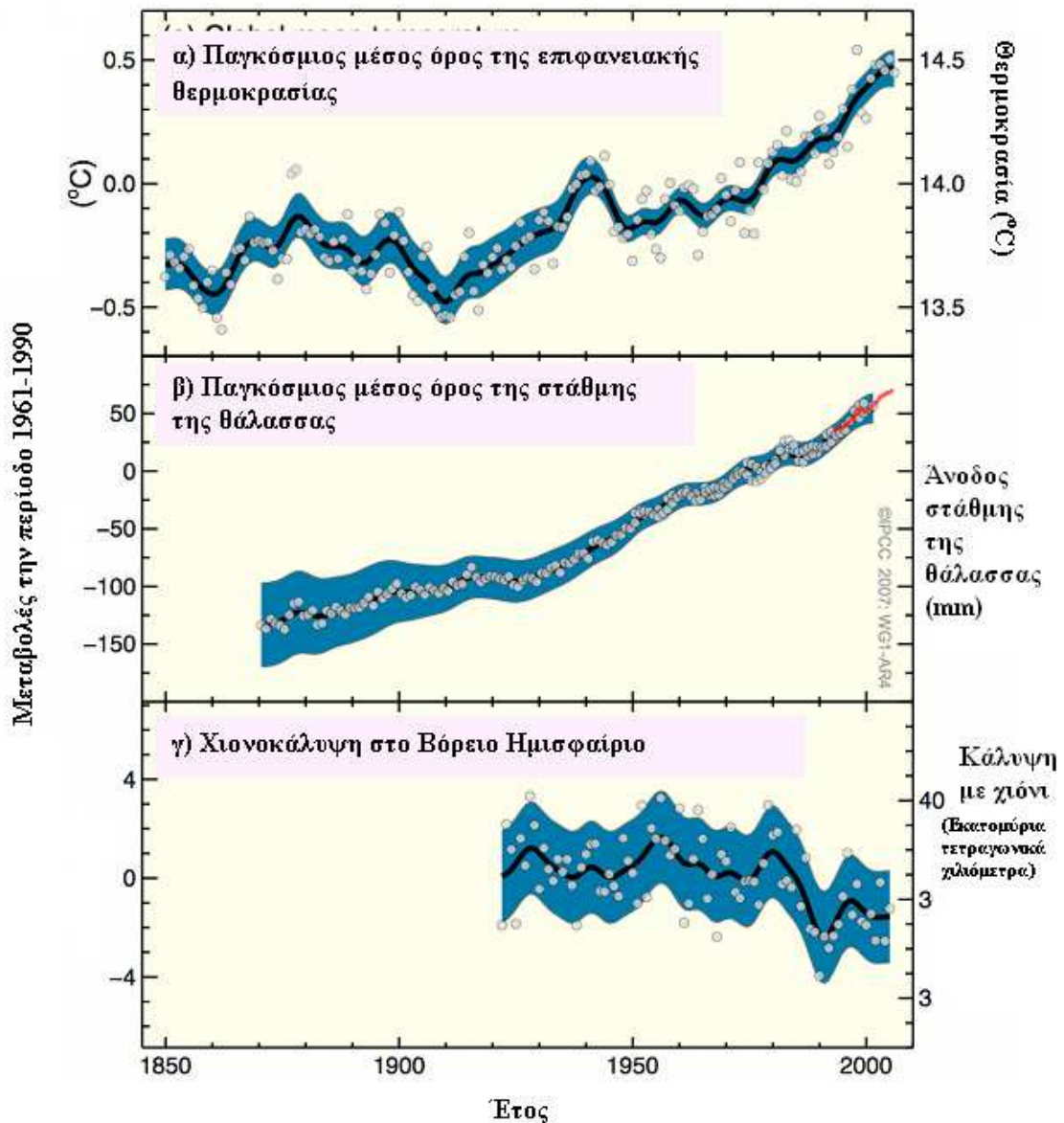


Χάρτης 1: Περιοχές με μεταβολές στη θερμοκρασία του ατμοσφαιρικού αέρα κατά τη περίοδο 1970-2004 (IPCC, 2007)

2.3 Μεταβολές στους πόλους, στην επιφάνεια παγοκάλυψης, στην επιφάνεια των παγετώνων και στη στάθμη της θάλασσας

Παλιαιοκλιματικά στοιχεία, από 100 εκατομμύρια έτη, δείχνουν ότι η συγκέντρωση του CO₂ ήταν ο κύριος παράγοντας στη μακροπρόθεσμη ψύχρανση του κλίματος των τελευταίων 50 εκατομμυρίων ετών. Ο πλανήτης καλύφθηκε από πάγους όταν οι συγκεντρώσεις του διοξειδίου του άνθρακα μειώθηκαν κάτω από 450 ppm κατ' όγκο (± 100 μέρη στο εκατομμύριο κατ' όγκο), γεγονός που καταδεικνύει το κρίσιμο όριο μεταξύ 350 - 550 ppm κατ' όγκο. (Hansen, *et al.*, 2008) το οποίο μπορεί να διασφαλίσει τη συνέχεια της ύπαρξης των πολικών στρωμάτων πάγου. Υπάρχουν αυξανόμενες ενδείξεις ότι κάποια από τα υποσυστήματα τη γης έχουν αρχίσει να μεταβάλλονται εκτός της σταθερής κατάστασης της περιόδου του Ολόκαινου. Αυτό περιλαμβάνει τη θερινή μείωση του θαλάσσιου πάγου στον Ωκεανό της Αρκτικής (Johannessen, 2008), την υποχώρηση μεγάλης μάζας των στρωμάτων πάγου της Γροιλανδίας και της Δυτικής Ανταρκτικής (Cazenave, 2006) και την επιτάχυνση του ρυθμού αύξησης της στάθμης της θάλασσας τα τελευταία 10-15 έτη (Church & White, 2006). Στοιχεία από δορυφόρους από το 1978 δείχνουν ότι η έκταση του ετήσιου μέσου όρου του πάγου στην Αρκτική θάλασσα έχει μειωθεί κατά 2,7 [2,1 – 3,3]% ανά δεκαετία, μείωση η οποία είναι επίσης ανάλογη με την αύξηση της θερμοκρασίας. Οι ορεινοί παγετώνες και η κάλυψη με χιόνι κατά μέσο όρο έχουν μειωθεί και στα δύο ημισφαίρια (IPPC, 2007). Στο Σχήμα 2 απεικονίζονται οι ταυτόχρονες αλλαγές στο μέσο όρο της θερμοκρασίας παγκοσμίως, στη στάθμη της θάλασσας και την κάλυψη με χιόνι στο Βόρειο Ημισφαίριο.

Η τήξη πολλών παγετώνων στα περιθώρια των στρωμάτων πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής επιταχύνεται και συνεισφέρει ολοένα και περισσότερο στην αύξηση παγκοσμίως της στάθμης της θάλασσας (Scott *et al.* 2009). Παγκοσμίως οι απώλειες πάγου προκαλούν περίπου 1,8mm/έτος άνοδο στη στάθμη της θάλασσας (Meier *et al.*, 2007) αλλά το ποσό αυτό μπορεί να αυξηθεί αν η υποχώρηση των υφαλοκρηπίδων πάγου και των παγετώνων Α' τάξης, που παρουσιάζουν μορφή ποταμού, ενισχύσει την απώλεια του πάγου (Vielí *et al.*, 2001) ή προξενήσει την κατάρρευση μεγάλου μεγέθους ευπαθών στρωμάτων πάγου (Schoof, 2007).

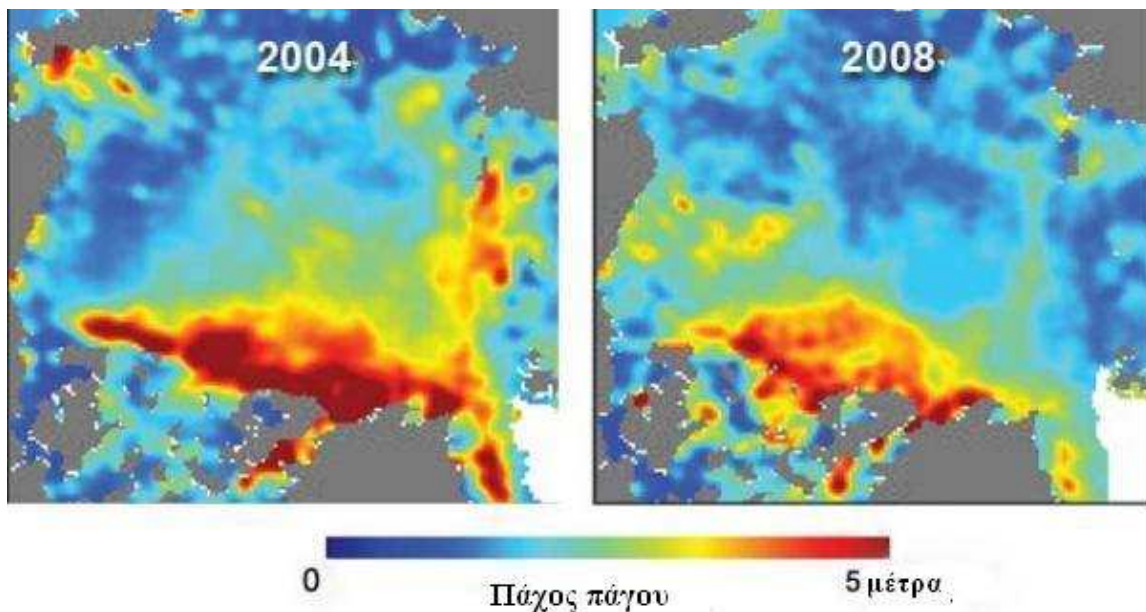


Σχήμα 2: Παρατηρούμενες αλλαγές **α)** στον παγκόσμιο μέσο όρο της θερμοκρασίας της επιφάνειας, **β)** παγκόσμιος μέσος όρος της στάθμης της θάλασσας από παλιρροίμετρα και (μπλε) και δορυφορικά στοιχεία (κόκκινο), **γ)** Κάλυψη με χιόνι στο Βόρειο Ημισφαίριο από Μάρτιο-Απρίλιο. Όλες οι διαφορές αντιστοιχούν στους μέσους όρους για την περίοδο 1961-1990. Οι καμπύλες έχουν εξομαλυνθεί και αναπαριστούν τιμές των μέσων όρων ανά δεκαετία ενώ οι κύκλοι αναπαριστούν ετήσιες τιμές. Οι επισκιασμένες περιοχές είναι τα διαστήματα εμπιστοσύνης που έχουν εκτιμηθεί μέσω ανάλυσης των στοιχείων αβεβαιότητας (**α και β**) και από τη χρονική σειρά (**γ**) Πηγή: (IPPC, 2007)

Η απώλεια πάγου, ως αποτέλεσμα της επιτάχυνσης της ροής (κίνησης) των πάγων που είναι γνωστή ως λέπτυνση του πάγου (dynamic thinning), είναι τόσο ελάχιστα κατανοητή ώστε η υποθετική συνεισφορά στη στάθμη της θάλασσας τον 21^ο αιώνα παραμένει απρόβλεπτη (Bindoff et al., 2007). Οι Pritchard et al. (2009) χρησιμοποίησαν τα υψηλής ανάλυσης στοιχεία του δορυφόρου της NASA, γνωστού και ως ICESat (Ice, Cloud and land Elevation Satellite) για να χαρτογραφήσουν τις αλλαγές στα άκρα των στρωμάτων πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής. Διαπιστώθηκε ότι η λέπτυνση των παγετώνων έχει εξαπλωθεί σε όλα τα πλάτη της Γροιλανδίας, έχει εντατικοποιηθεί σε κύριες γραμμές της Ανταρκτικής, διεισδύει στο εσωτερικό κάθε στρώματος πάγου και επεκτείνεται κατά μήκος της υφαλοκρηπίδας για δεκαετίες μετά την κατάρρευσή της. Στη Γροιλανδία, οι παγετώνες που ρέουν γρηγορότερα από 100m/έτος λέπτυναν κατά μέσο όρο με ρυθμό 0,84 m/έτος, και στον κόλπο της θάλασσας του Αμούδσεν στην Ανταρκτική, η λέπτυνση υπερέβη τα 9,0 m/έτος για κάποιους παγετώνες. Τα αποτελέσματα δείχνουν ότι οι πιο εμφανείς αλλαγές στα στρώματα του πάγου σήμερα είναι αποτέλεσμα διεργασιών στους παγετώνες στα άκρα των ωκεανών (Pritchard et al., 2009).

Ο θαλάσσιος πάγος στον Αρκτικό Ωκεανό έχασε μεγάλο μέρος από το πάχος του κατά τις χειμερινές περιόδους από το 2004 έως το 2008 (Εικ. 1), με το λεπτό εποχικό πάγο να αντικαθιστά το παχύ στρώμα παλαιότερου πάγου και να καθίσταται ως ο κυρίαρχος τύπος πάγου, γεγονός το οποίο καταγράφεται επισήμως για πρώτη φορά. Τα τελευταία αποτελέσματα, βασισμένα σε στοιχεία από διαστημόπλοιο της NASA που βρίσκεται σε τροχιά γύρω από τη Γη, παρέχουν περισσότερες αποδείξεις για την ταχεία και συνεχιζόμενη αλλαγή της αρκτικής παγοκάλυψης. Στοιχεία από τις παρατηρήσεις του δορυφόρου της NASA, χρησιμοποιήθηκαν για να εκτιμηθεί η λεπτότητα και ο όγκος του πάγου στην ευρύτερη λεκάνη του Αρκτικού Ωκεανού. Σύμφωνα με τις εκτιμήσεις ο συνολικός πάγος στην Αρκτική λέπτυνε κατά 0,17 m κάθε χρόνο αγγίζοντας σε συνολικές απώλειες τα 0,68 m μέσα σε τέσσερις χειμώνες (2004-2008). Έτσι, το σύνολο της περιοχής που καλυπτόταν από τον παχύ και "μακρόβιο" πάγο, ο οποίος είχε την ικανότητα να διατηρηθεί για ένα ή και περισσότερα καλοκαίρια, συρρικνώθηκε κατά 42%. Παλαιότερα, οι επιστήμονες βασίζονταν μόνο σε μετρήσεις της περιοχής που βοηθούσαν στον προσδιορισμό της έκτασης του Αρκτικού Ωκεανού που ήταν καλυμμένη

με πάγο, ενώ πλέον ο ICESat καθιστά δυνατό τον έλεγχο των αλλαγών στο πάχος και τον όγκο του πάγου σε ολόκληρο τον Αρκτικό Ωκεανό. Τα αποτελέσματα βοηθούν τους επιστήμονες να κατανοήσουν καλύτερα την τοπική κατανομή του πάγου και να δώσουν μια καλύτερη εικόνα για το τι συμβαίνει στην Αρκτική (Kwok et al., 2009).



Εικόνα 1: Μετρήσεις της κατανομής του πάχους του πάγου τους χειμερινούς μήνες στον Αρκτικό Ωκεανό το 2004 και 2008, με βάση στοιχεία του δορυφόρου ICESat. (http://www.nasa.gov/images/content/365869main_earth2-20090707-full.jpg).

Τα τελευταία χρόνια, η ποσότητα του πάγου που αποκαθίσταται κατά τη διάρκεια του χειμώνα δεν είναι επαρκής, ώστε να αντισταθμίσει τις απώλειες του καλοκαιριού. Ως συνέπεια είναι η μεγαλύτερη απελευθέρωση νερού το καλοκαίρι, το οποίο απορροφά περισσότερη θερμότητα (σε αντίθεση με τον πάγο), θερμαίνοντας έτσι και τον ωκεανό και προκαλώντας περαιτέρω τήξη των πάγων. Μεταξύ των ετών 2004 και 2008, το πολυετές στρώμα πάγου συρρικνώθηκε κατά 1,54 εκατομμύρια τετραγωνικά χιλιόμετρα. Κατά τη διάρκεια της περιόδου της έρευνας, η συγκριτική συμβολή των δύο τύπων πάγου στο συνολικό όγκο της αρκτικής παγοκάλυψης αντεστράφη. Το 2003, το 62% του όγκου του συνολικού πάγου του Αρκτικού Ωκεανού αποτελούταν από πάγο διάρκειας επιβίωσης περισσότερο του ενός έτους και το υπόλοιπο 38% από ετήσιο εποχικό πάγο.

Μέχρι το 2008, το 68% του πάγου ήταν μονοετής εποχικός πάγος και το 32% πολυετής. Οι αλλαγές στο συνολικό όγκο και πυκνότητα του πάγου του Αρκτικού Ωκεανού αποδίδεται στην πρόσφατη υπερθέρμανση και τις ανωμαλίες στα πρότυπα του κύκλου του θαλάσσιου πάγου. Η σχεδόν μηδαμινή αναπλήρωση του πολυετούς παγοκαλύμματος, συνδυασμένη με ασυνήθιστες εξαγωγές πάγου πέρα από την Αρκτική μετά τα καλοκαίρια του 2005 και 2007, έχουν συμβάλει στην απώλεια του όγκου του πάγου της Αρκτικής (Kwok et al., 2009).

Επικεντρώνοντας την προσοχή στις αλλαγές της στάθμης της θάλασσας, σύμφωνα με την IPCC (2007) είναι πιθανό ότι περιστατικά μεγάλων αυξήσεων στη στάθμη της θάλασσας έχουν αυξηθεί σε ένα ευρύ φάσμα περιοχών σε παγκόσμια κλίμακα από το 1975. Οι αυξήσεις στα επίπεδα της θάλασσας είναι ανάλογες με την αύξηση της θερμοκρασίας. Ο παγκόσμιος μέσος όρος της στάθμης της θάλασσας αυξήθηκε με μέσο ρυθμό 1,8 [1,3-2,3]mm ανά έτος την περίοδο 1961 έως 1993, ενώ την περίοδο 1993 έως 2003 αυξήθηκε περίπου 3.1 [2.4 έως 3.8] mm ανά έτος . Το αν αυτός ο αυξημένος ρυθμός την περίοδο 1993 έως 2003 αντικατοπτρίζει μεταβλητότητα από δεκαετία σε δεκαετία ή η αύξηση είναι τάση σε πιο μακροχρόνια κλίμακα δεν είναι ξεκάθαρο (Holgate, 2007). Από το 1993 η αύξηση της θερμότητας των ωκεανών έχει προκαλέσει περίπου το 57% του σύνολο της εκτιμώμενης αύξησης της στάθμης της θάλασσας, η μείωση των παγετώνων και των πάγων των πόλων προκάλεσε το 28% της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και οι απώλειες πολικών στρωμάτων πάγου το υπόλοιπο 15 %. Από το 1993 έως το 2003 το σύνολο αυτών των κλιματικών συνεισφορών είναι σύμφωνο (συμπεριλαμβανομένου των σχετικών αβεβαιοτήτων) με τη συνολική αύξηση της στάθμης της θάλασσας που παρατηρείται άμεσα (IPPC, 2007).

Η μελλοντική αύξηση της στάθμης της θάλασσας είναι ένα σημαντικό θέμα που συνδέεται με την συνεχή αύξηση της συγκέντρωσης των αερίων θερμοκηπίου στην ατμόσφαιρα. Τα στρώματα πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής με το υποθετικό σενάριο να μειωθούν περίπου κατά 70m αν λιώσουν πλήρως, κυριαρχούν στα σενάρια αβεβαιότητας σχετικά με τις αλλαγές της στάθμης της θάλασσας. Η ροή των γλυκών νερών από αυτά τα στρώματα πάγου μπορεί, επίσης, να επηρεάσει την κυκλοφορία του νερού στους ωκεανούς συνεισφέροντας στις κλιματικές αλλαγές. Νέες εξελίξεις στο χώρο της καταγραφής και των μοντέλων έχουν μειώσει αβεβαιότητες που συνδέονται με

τη συμπεριφορά των στρωμάτων πάγου αλλά προσφάτως έχουν παρατηρηθεί ταχείες αλλαγές στα περιθώρια των πάγων να συνεισφέρουν στην αύξηση του επιπέδου της θάλασσας που μπορεί να υποδεικνύουν μεγαλύτερη ευαισθησία των στρωμάτων πάγου στη θέρμανση από ότι έχει εκτιμηθεί μέχρι σήμερα (Alley, et al. 2005). Τον 20^ο αιώνα η στάθμη της θάλασσας αυξήθηκε περίπου 1,0 έως 2,0 mm/έτος με την αύξηση του νερού λόγω θέρμανσης του πλανήτη να συμβάλει κατά $0,5 \pm 0,2$ mm (Church *et al.*, 2001) ενώ το υπόλοιπο προέρχεται από το νερό που προστέθηκε στους ωκεανούς κυρίως μέσω του λιώσιμου των πάγων. Με το τέλος του 21^{ου} αιώνα η στάθμη της θάλασσας προβλέπεται να αυξηθεί περίπου $0,5 \pm 0,4$ m ως αποτέλεσμα της παγκόσμιας θέρμανσης (Church *et al.*, 2001), με προβλεπόμενες συνεισφορές από τα στρώματα πάγου της Γροιλανδίας και Ανταρκτική να κυριαρχούν στην αβεβαιότητα των προβλέψεων. Αυτές οι προβλέψεις δίνουν έμφαση στο επιφανειακό λιώσιμο και συγκέντρωση της ισορροπίας που ελέγχει τα στρώματα πάγου με διαφορετικές ανάλογες συνεισφορές από τη θερμότερη Γροιλανδία και τη ψυχρότερη Ανταρκτική. Τα στρώματα πάγου της Γροιλανδίας μπορεί να λιώσουν πλήρως λόγω μελλοντικής θέρμανσης, ενώ το στρώμα πάγου της Ανατολικής Ανταρκτικής είναι πιθανό να αυξηθεί εάν η αύξηση της θερμοκρασίας δεν υπερβεί τους 5 °C ενώ το μέλλον του στρώματος πάγου της Δυτικής Ανταρκτικής παραμένει αβέβαιο. Καθώς η διαμόρφωση του βασίζεται στη θάλασσα, η πιθανότητα σημαντικών απωλειών τους επόμενους αιώνες αυξάνει (Church *et al.*, 2001). Παρόλες τις αβεβαιότητες, οι γεωλογικές καταγραφές υποδεικνύουν ότι αλλαγές του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα στο παρελθόν συνδέονται με σημαντικές αλλαγές στο ποσοστό του όγκου και την παγκόσμια στάθμη της θάλασσας. Πρόσφατες παρατηρήσεις αλλαγών στα όρια της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής στα στρώματα πάγου, δείχνουν ότι οι δυναμικές αντιδράσεις στη θέρμανση του πλανήτη μπορεί να επηρεάσουν πολύ περισσότερο την ισορροπία της μάζας των στρωμάτων πάγου από ότι έχει προβλεφθεί μέχρι στιγμής. Επίσης επειδή περιοχές που διαμορφώνονται βαθιά ωκεάνια ρεύματα βρίσκονται παρακείμενα των στρωμάτων πάγου της Γροιλανδίας και της Ανταρκτικής, οποιαδήποτε σημαντική αύξηση στη ροή γλυκών νερών από τα στρώματα πάγου μπορεί να προκαλέσει αλλαγές στη μεταφορά θερμότητας μέσω του ωκεανού και κατ' επέκταση στο κλίμα (Alley et al, 2005).

Τα στρώματα πάγου εμφανίζονται να συνεισφέρουν μετρίως στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας καθώς η θέρμανση έχει αυξήσει την απώλεια μάζας από τις παράκτιες περιοχές περισσότερο από ότι η θέρμανση έχει αυξήσει τη δημιουργία μάζας εξαιτίας των ενισχυμένων χιονοπτώσεων στις ψυχρές κεντρικές περιοχές. Στην παρούσα κατάσταση η πάχυνση του στρώματος πάγου της Ανατολικής Ανταρκτικής φαίνεται σχεδόν να εξισορροπείται από τη λέπτυνση του στρώματος πάγου στη Δυτική Ανταρκτική στην ακτή της θάλασσας του Αμούδσεν, κάτι που αντικατοπτρίζεται σε πρόσφατες αλλαγές. Με το στρώμα πάγου της Ανταρκτικής όχι μακριά από κατάσταση ισορροπίας παρά τις μεγάλες τοπικές ανισορροπίες, η Γροιλανδία προκαλεί τη μεγαλύτερη συνεισφορά στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας. Τα μοντέλα πρόβλεψης των στρωμάτων πάγου που έχουν στηρίξει τις προβλέψεις του IPCC δεν περιλαμβάνουν όλες τις φυσικές διεργασίες που συμπεριλαμβάνονται στις αλλαγές, οπότε δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί αν αυτές οι αλλαγές αποτελούν μικρές διαταραχές πριν τη σταθεροποίηση ή μεγάλες αλλαγές που θα επηρεάσουν τη στάθμη της θάλασσας σημαντικά. Οι κατηγορίες των δεδομένων καθώς και τα υπάρχοντα μοντέλα δεν μπορούν να συμβάλουν στην εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων και αυτή η δυσκολία αποτελείται από τις πιθανές αλληλεπιδράσεις μεταξύ της ροής των γλυκών νερών, από τα στρώματα πάγου, την κυκλοφορία των ωκεάνιων ρευμάτων και το κλίμα. Η κύρια πρόκληση είναι να συλλεχθούν δεδομένα απαραίτητα για το χαρακτηρισμό ραγδαίων δυναμικών αλλαγών, και να συμπεριληφθούν τα δεδομένα στα βελτιωμένα μοντέλα ώστε να γίνουν πιο ασφαλείς προβλέψεις στο μέλλον σχετικά με τη συνεισφορά των στρωμάτων πάγου στην αύξηση της στάθμης της θάλασσας της επόμενης δεκαετίας και αιώνες (Alley et al, 2005).

Η παραπάνω περιγραφή στις αλλαγές της στάθμης της θάλασσας και της μείωσης των πάγων συνδέεται με τις κλιματικές αλλαγές και την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου από τις ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Είναι απαραίτητο να γίνει αναφορά σε απόψεις που αμφισβητούν την αύξηση της στάθμης της θάλασσας ως αποτέλεσμα των κλιματικών αλλαγών. Συγκεκριμένα ο Holgate (2007) αναφέρει ότι η στάθμη της θάλασσας αυξάνεται εδώ και 10.000 χρόνια, που είναι ένα αδιαμφισβήτητο φαινόμενο. Κατά την τελευταία περίοδο των παγετώνων, το επίπεδο της θάλασσας μειώθηκε κατά περίπου 120 m καθώς το νερό δεσμεύθηκε στον πάγο. Καθώς η περίοδος

των παγετώνων έχει παρέλθει, η στάθμη της θάλασσας έχει αρχίσει να επανακάμπτει. Το ερώτημα για τους ειδικούς της κλιματικής αλλαγής είναι όχι αν αυξάνεται η στάθμη της θάλασσας αλλά αν ο ρυθμός της αύξησης επιταχύνεται.

2.4 Φαινόμενο Ελ Νίνιο

Το φαινόμενο Ελ Νίνιο (El Niño - ENSO Southern Oscillation) εμφανίζεται με περιοδικότητα 2-7 ετών και αποτελεί τη μεγαλύτερη αιτία μεταβλητότητας του κλίματος (Diaz & Markgraf, 1992). Όταν το φαινόμενο εξελίσσεται οι άνεμοι εξασθενούν και θερμότερα νερά στον κεντρικό και ανατολικό Ειρηνικό Ωκεανό εμφανίζονται, οδηγώντας τις τροπικές καταιγίδες προς τα ανατολικά. Υψηλότερες από τις συνήθειες ατμοσφαιρικές πιέσεις αναπτύσσονται στην Βόρεια Αυστραλία και Ινδονησία με ξηρότερες συνθήκες ή ξηρασία. Την ίδια περίοδο χαμηλότερες από τις συνήθειες ατμοσφαιρικές πιέσεις αναπτύσσονται στον κεντρικό και δυτικό Ειρηνικό Ωκεανό με υπερβολικές βροχοπτώσεις σε αυτές τις περιοχές και στη δυτική ακτή της Νοτίου Αμερικής. Τα αντίστροφα φαινόμενα παρατηρούνται κατά το φαινόμενο Λα Νίνια. Η αναστροφή της κατανομής της πίεσης ονομάζεται Νότια Κύμανση και λόγω του γεγονότος ότι συμβαίνει σχεδόν ταυτόχρονα με το θερμό ωκεάνιο ρεύμα, οι επιστήμονες το ονομάζουν συχνά ENSO (Southern Oscillation). Μια τεράστια περιοχή του Ειρηνικού Ωκεανού γίνεται το κέντρο ενός εκτεταμένου τροπικού συστήματος που τροποποιεί τη γενική κυκλοφορία της ατμόσφαιρας. Λόγω αλλαγής της κυκλοφορίας, τα θερμά νερά του δυτικού Ειρηνικού κινούνται ανατολικά προς τις ακτές της Νοτίου Αμερικής ανεβάζοντας τις θερμοκρασίες της θάλασσας μέχρι και 7°C. Η αύξηση αυτή εμποδίζει τα ψάρια που αποτελούν την κυριότερη πλουτοπαραγωγική πηγή των περιοχών αυτών να ανέλθουν σε μικρότερα βάθη με αποτέλεσμα μεγάλες απώλειες αλιευμάτων κατά τη διάρκεια του Ελ Νίνιο. Καθώς τα θερμά νερά παρασύρουν μαζί τους μεγάλα σύννεφα βροχής, όσο πιο ψηλή είναι η θερμοκρασία τόσο περισσότερες και εντονότερες είναι οι βροχές, οι οποίες πλημμυρίζουν τις περιοχές αυτές και προκαλούν πολλές καταστροφές. Αντίθετα στις δυτικές περιοχές του Ειρηνικού όπου κανονικά θα υπήρχαν βροχές (περίοδος μουσώνων) επικρατεί ξηρασία, μέχρι και τις ακτές της ανατολικής Αφρικής.

Όλες οι περιοχές από την Αιθιοπία και το Σουδάν μέχρι την Ινδία, το Βόρνεο και την Αυστραλία υπόκεινται σε εξοντωτική ξηρασία (Diaz & Markgraf, 2000).

Μεγάλος αριθμός περιβαλλοντικών μεταβλητών επηρεάζονται άμεσα από το φαινόμενο Ελ Νίνιο π.χ. κυκλοφορία των θαλάσσιων ρευμάτων, θερμοκρασία του νερού και κινήσεις των ατμοσφαιρικών στρωμάτων. Ως αποτέλεσμα η κλιμάκωση των φαινομένων είναι υψηλή ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές. Δευτερεύουσες επιδράσεις του φαινομένου Ελ Νίνιο παρατηρούνται και σε τοπικό επίπεδο, όπως για παράδειγμα η επίδραση Ελ Νίνιο στην τοπική μεταβλητότητα των εποχιακών βροχοπτώσεων, και της εκροής των ποταμών στη Φλόριντα. Στις παράκτιες περιοχές η επίδραση του Ελ Νίνιο μπορεί να καταλήξει σε αλλαγές στην έκταση ή στο χρόνο ή στο φάσμα σημαντικών περιβαλλοντικών παραγόντων όπως ο άνεμος, η ημερήσια κα εποχιακή θερμοκρασία και οι βροχοπτώσεις (Hewitt & Thrush, 2008).

Η μεγαλύτερη παγκόσμια επίδραση του φαινομένου είναι ότι προκαλεί άνοδο στην παγκόσμια θερμοκρασία πέρα από τα κανονικά όρια. Από τα μέσα της δεκαετίας του 1970 τα φαινόμενα του Ελ Νίνιο είναι πιο συχνά και οι αντίστοιχες επιδράσεις στην παγκόσμια θερμοκρασία σημαντικότερες. Καταγραφές του φαινομένου της δραστηριότητας και περιοδικότητας του Ελ Νίνιο διαφέρουν σημαντικά από το 1871 με σημαντική μη κανονικότητα στο χρόνο. Παρατηρήθηκε μια αλλαγή στη θερμοκρασία του τροπικού Ειρηνικού περίπου το 1976 σε πιο θερμές συνθήκες, φαινόμενο που φαίνεται ότι συνέχισε τουλάχιστον μέχρι το 1998. Δεν είναι ξεκάθαρο αν αυτή η επίδραση στην αύξηση της θερμοκρασίας συνεχίζει μέχρι σήμερα αφενός γιατί στη δεκαετία του 1990 το φαινόμενο Ελ Νίνιο εμφανίστηκε σε ένταση μεγαλύτερη σε σχέση με τις προηγούμενες δεκαετίες, ενώ παράλληλα το μέτριο φαινόμενο Λα Νίνια εμφανίστηκε αυξημένο σε διάρκεια από τέλος του 1998 και έως το 2001 (Salinger, 2005).

2.5 Ρεύμα του Κόλπου (Gulf stream)

Το Ρεύμα του Κόλπου είναι το γνωστό Θερμό Ρεύμα του Βόρειου Ατλαντικού το οποίο όταν φθάνει στην Ευρώπη χωρίζεται στα δύο. Ο βόρειος κλάδος του ρέει προς την Ισλανδία και το νότιο παρακλάδι του προς τις Αζόρες με κατεύθυνση τα Κανάρια νησιά. Το Θερμό Ρεύμα του βόρειου Ατλαντικού είναι μέρος ενός παγκόσμιου κυκλοφοριακού

δακτυλίου ανακύκλωσης των νερών. Τα επιφανειακά νερά που θερμαίνονται στους τροπικούς ρέουν προς το βόρειο Ατλαντικό ωκεανό, ενώ τα ψυχρά βυθίζονται και ρέουν προς τον Ισημερινό για να θερμανθούν πάλι. Τα επιφανειακά νερά του Θερμού Ρεύματος του βόρειου Ατλαντικού, κατά τη μεταφορά τους προς τις Πολικές περιοχές ψύχονται, λόγω της εξάτμισης και της μεταφοράς θερμότητας προς την ατμόσφαιρα. Ο ωκεανός παγώνει σε αυτές τις περιοχές και ο σχηματισμός θαλάσσιου πάγου αυξάνει την αλατότητα των νερών. Έτσι, τα ψυχρά νερά γίνονται αλμυρότερα, πυκνότερα και συνεπώς βαρύτερα και βυθίζονται σε βάθη μεγαλύτερα των 3 χιλιομέτρων. Σ' αυτό το στάδιο, καθώς τα νερά αυτά βυθίζονται μεταφέρουν το 50% του διοξειδίου του άνθρακα (CO₂) που έχουν απορροφήσει οι ωκεανοί. Χάρη σε αυτή τη διαδικασία το CO₂ παγιδεύεται στα βάθη των ωκεανών για μερικές εκατοντάδες έως και χιλιάδες χρόνια. Το Ρεύμα του Κόλπου έχει μεταβληθεί σε έντονο βαθμό και κατά το παρελθόν και προβλέπεται να αποδυναμωθεί ως αποτέλεσμα της υπερθέρμανσης του πλανήτη λόγω των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων (Meehl et al. 2007).

Υπάρχουν ενδείξεις ότι το γεωγραφικό πλάτος του Βόρειου ορίου του Gulf stream έχει μεταφερθεί ελαφρώς βορειότερα τις τελευταίες δεκαετίες ως αντίδραση της τάσης της Ταλάντωσης του Βόρειου Ατλαντικού (North Atlantic Oscillation-αντίστοιχο φαινόμενο της Ν. Ταλάντωσης του El Nino). Οι πιέσεις έχουν μειωθεί στην περιοχή της Αρκτικής και έχουν αυξηθεί στα χαμηλότερα γεωγραφικά πλάτη ενώ οι δυτικοί άνεμοι έχουν ενδυναμωθεί σε υποπολικά γεωγραφικά πλάτη και έχουν αποδυναμωθεί σε μικρότερα γεωγραφικά πλάτη. Τέτοιες αλλαγές είναι φανερές σε όλα τα γεωγραφικά επίπεδα και σε όλες τις εποχές αλλά είναι ιδιαίτερα έντονες στα κατώτερα επίπεδα της στρατόσφαιρας κατά τη διάρκεια του χειμώνα. Μια συνεχιζόμενη μεταβολή προς το βορρά θα ευνοήσει επιπλέον θέρμανση της Ευρασιατικής περιοχής και της Αρκτικής περαιτέρω από τις αλλαγές της Ταλάντωσης του Βορείου Ατλαντικού (Hartmann, et al. 2000).

2.6 Ακραία καιρικά φαινόμενα

Υπάρχουν διαφορετικοί τρόποι που μπορεί να ορισθούν τα ακραία κλιματικά γεγονότα όπως ακραίες ημερήσιες θερμοκρασίες, ακραίες ποσότητες ημερήσιας

βροχόπτωσης, εκτεταμένες περιοχές που παρουσιάζουν μη συνήθη θέρμανση στις μηνιαίες θερμοκρασίες ή και περιστατικά καταιγίδας, όπως οι τυφώνες. Τα ακραία φαινόμενα μπορούν, επίσης, να ορισθούν με βάση τις επιπτώσεις που έχουν στην κοινωνία, όπως για παράδειγμα απώλειες σε ανθρώπινες ζωές ή/και οικονομικές απώλειες. Η έλλειψη μακροχρόνιων στοιχείων κατάλληλων για να αναλυθούν τα ακραία καιρικά φαινόμενα είναι το κυριότερο εμπόδιο για την ποσοτικοποίησή του, αν τα ακραία φαινόμενα έχουν αλλάξει τον 20^ο αιώνα είτε σε παγκόσμια είτε σε τοπική κλίμακα (Easterling et al., 2000).

Είναι χρήσιμο να εξετασθούν οι τάσεις στα ακραία φαινόμενα στο πλαίσιο των τάσεων σε τιμές σε ευρεία κλίμακα για παράδειγμα με το μέσο όρο της ετήσιας θερμοκρασίας. Είναι φανερό από τις παρατηρούμενες μετρήσεις ότι υπάρχει αύξηση στον παγκόσμιο μέσο όρο της θερμοκρασίας περίπου 0,6 °C από τις αρχές του 20^{ου} αιώνα και αυτή η αύξηση συνδέεται με πιο έντονη θέρμανση στις ημερήσιες κατώτατες θερμοκρασίες παρά στις μέγιστες. Με βάση αυτές τις αυξήσεις αναμένονταν ότι θα παρατηρούνταν αύξηση των ακραίων καιρικών φαινομένων και οι αναγνωρίσιμες τάσεις αυτών των φαινομένων θα αποτελούν πρόσθετη ένδειξη/απόδειξη ότι υπάρχει διακριτή επίδραση των ανθρωπίνων δραστηριοτήτων στο κλίμα (Easterling et al., 2000). Υποστηρίζεται ότι τα ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν μεταβάλει τη συχνότητα και την έντασή τους τα τελευταία 50 χρόνια. Είναι αναγκαία η μεμονωμένη εξέταση κάθε κατηγορίας φαινομένων σε συνδυασμό με τις παρατηρούμενες αλλαγές (IPCC, 2007).

2.6.1 Ακραίες θερμοκρασίες

Λίγες μελέτες έχουν ολοκληρωθεί σχετικά με τις αλλαγές στη συχνότητα ακραίων θερμοκρασιών όπως συνοψίζονται στον Πίνακα 1 και προέρχονται από στοιχεία κυρίως μετά το 1930. Περιλαμβάνει κύματα καύσωνα, ψυχρά κύματα, αριθμό ημερών που υπερβαίνουν τα όρια της θερμοκρασίας. Ένα στοιχείο που είναι εμφανές στον πίνακα αυτό είναι ότι παγκοσμίως οι ημέρες παγετού μειώνονται σε αριθμό, γεγονός που συμφωνεί με την αύξηση του μέσου όρου των κατώτατων θερμοκρασιών σε κάθε χώρα. Παρόλα αυτά, τα αποτελέσματα άλλων ακραίων τιμών θερμοκρασιών είναι λιγότερο εμφανή ιδιαίτερα όσον αφορά τα ανώτατα όρια στις υψηλές θερμοκρασίες (Easterling et

al., 2000). Είναι πολύ πιθανό οι μέρες και οι νύχτες παγετού να έχουν γίνει λιγότερο συχνές στις περισσότερες χερσαίες περιοχές ενώ οι ζεστές μέρες και νύχτες αλλά και οι περίοδοι καύσωνα να έχουν γίνει πιο συχνές στις περισσότερες. (IPCC 2007).

Πίνακας 1: Περίληψη αναλύσεων των ακραίων θερμοκρασιών σε παγκόσμιο επίπεδο (Easterling et al., 2000)

Χώρα	Μέρες παγετού (παγωνιάς)	Ελάχιστες τιμές στις θερμές θερμοκρασίες	Μέγιστες τιμές στις θερμές θερμοκρασίες	Ψυχρά κύματα	Θερμά κύματα
Αυστραλία	Λιγότερες		Αύξηση		
Κίνα	Λιγότερες	Αύξηση	Μείωση	Λιγότερα	
Κεντρική Ευρώπη	Λιγότερες				
Βόρεια Ευρώπη	Λιγότερες				
Νέα Ζηλανδία	Λιγότερες		Αύξηση		
Η.Π.Α.	Λιγότερες	Αύξηση	Καμία τάση	Καμία τάση	Καμία τάση

2.6.2 Ακραίες τιμές των ατμοσφαιρικών κατακρημνίσεων

Τάσεις στα φαινόμενα έντονων κατακρημνίσεων μιας ή περισσότερων ημερών στις Η.Π.Α και σε άλλες χώρες, υποδεικνύουν τάση για περισσότερες μέρες με έντονη 24ωρη βροχόπτωση (Karl & Knight, 1998). Η τάση των περισσότερων χωρών, που έχουν σημαντική αύξηση ή μείωση στα μηνιαία ή εποχιακά κατακρημνίσματα, είναι συνδεδεμένη με αλλαγή στο ποσό της ίδιας κατηγορίας κατακρημνισμάτων που παρατηρούνται κατά τη διάρκεια έντονων και υπερβολικών κατακρημνισμάτων. Στοιχεία από διάφορες μελέτες παγκοσμίως, από τις αρχές του αιώνα μέχρι και τη δεκαετία του 90, δείχνουν γραμμικές τάσεις στο σύνολο και έντονες κατακρημνίσεις πάνω από τα

όρια για έναν αριθμό χωρών. Στις περισσότερες χώρες έχει παρατηρηθεί αλλαγή, μείωση ή αύξηση και στο εποχιακό σύνολο ποσοτήτων και στη συχνότητα των φαινομένων έντονων κατακρημνισμάτων μιας ημέρας. Οι αλλαγές στις έντονες βροχοπτώσεις είναι δυσανάλογα μεγάλες (Easterling et al., 2000). Σε κάποιες περιπτώσεις, όπως για παράδειγμα στην Ιαπωνία (Iwashima & Yamamoto, 1993) δεν υπήρχε αύξηση στο εποχιακό σύνολο των κατακρημνισμάτων αλλά υπήρχε αύξηση στη συχνότητα των φαινομένων έντονων κατακρημνισμάτων μιας μέρας. Στην Αυστραλία έχει παρατηρηθεί αύξηση στα φαινόμενα έντονων κατακρημνισμάτων σε όλη τη διάρκεια του έτους εκτός των νοτιοδυτικών περιοχών όπου έχει παρατηρηθεί μείωση στις βροχερές ημέρες και στα φαινόμενα έντονων κατακρημνισμάτων (Supriah & Hennessy 1998). Στη Μεγάλη Βρετανία σημειώθηκε αύξηση στα φαινόμενα βαρυχειμωνιάς και μείωση στα έντονα φαινόμενα τους καλοκαιρινούς μήνες (Osborn et al. 2000). Στη περιοχή Sahel της Νιγηρίας σημειώθηκε μείωση των ημερήσιων ποσοτήτων έντονων κατακρημνισμάτων, που συμπίπτει με την ολική μείωση στο ετήσιο ποσό βροχόπτωσης (Tarhule & Woo, 1998). Η IPCC (2007) συνοψίζει ότι έχει παρατηρηθεί αύξηση των κατακρημνίσεων τα τελευταία 50 χρόνια στις ανατολικές περιοχές της Β. και Ν. Αμερικής, Βόρεια Ευρώπη και Β. και Κεντρική Ασία, ενώ οι κατακρημνίσεις μειώθηκαν στην περιοχή Sahel της Αφρικής, τη Μεσόγειο, Ν. Αφρική και τμήματα της Νοτιοανατολικής Ασίας. Συνολικά σε παγκόσμια κλίμακα οι περιοχές που επηρεάζονται από την ξηρασία έχουν πιθανόν αυξηθεί από το 1970, ενώ παράλληλα είναι πιθανό η συχνότητα των έντονων κατακρημνίσεων (ή το ποσοστό των συνολικών βροχοπτώσεων από έντονες βροχοπτώσεις) να έχει αυξηθεί στις περισσότερες περιοχές (IPCC, 2007).

2.6.3 Περίοδοι ξηρασίας και υγρές περίοδοι

Ένα σημαντικό μέρος των κλιματικών ακραίων φαινομένων συνδέεται με ακραία ξηρασία ή υγρές περιόδους. Αναλύσεις των Dai et al. (1998) υποδεικνύουν αύξηση στις περιοχές του πλανήτη που επηρεάζονται από ξηρασίες είτε από υπερβολική υγρασία. Πρόσφατη μελέτη μακροπρόθεσμης μεταβλητότητας τα τελευταία 2000 έτη με βάση παλαιοκλιματικά στοιχεία δείχνει ότι υπερβολικές ξηρασίες όπως για παράδειγμα αυτές που παρατηρήθηκαν τη δεκαετία του 1930 μπορούν να αναμένονται να συμβούν μία ή

δύο φορές κατά τη διάρκεια του αιώνα στις Κεντρικές Η.Π.Α. (Woodhouse & Overpeck 1998). Αν και δεν φαίνεται να υπάρχουν τάσεις μακράς διάρκειας στη ξηρασία, στις Η.Π.Α. παρατηρείται η υπερβολική υγρασία να αυξάνεται ιδιαίτερα από το 1970 (Karl et al. 1996). Ανάλυση στοιχείων ξηρασίας για άλλες περιοχές υποδεικνύει κάποια τάση για αύξηση της ξηρασίας για παράδειγμα στην Κίνα και την Ουγγαρία (Easterling et al., 2000).

2.6.4 Τροπικές θύελλες

Συνολικά τα φαινόμενα των τυφώνων του Ατλαντικού δεν εμφανίζουν στατιστικά σημαντική μακροχρόνια αυξητική τάση κατά τη διάρκεια του 20^{ου} αιώνα. Παρόλα αυτά οι Landsea et al. (1999) διαπίστωσαν στατιστική μείωση στην ένταση των τυφώνων αυτών που προξενούν τη μεγαλύτερη καταστροφή. Την περίοδο 1944-μέσα 1990 ο αριθμός των έντονων και αυτών που επηρεάζουν την ξηρά, Ατλαντικών τυφώνων, έχει μειωθεί (Landsea et al. 1996). Στις περιοχές του Βορείου Ειρηνικού έχει παρατηρηθεί αυξητική τάση της δραστηριότητας τροπικών θυελλών καθώς και των τυφώνων από τα μέσα του 1970 (Chan and Shi 1996). Από το 1969 μία πτωτική τάση στη συχνότητα των τροπικών θυελλών έχει παρατηρηθεί στη περιοχή της Αυστραλίας, νότια του Ισημερινού που έχει κυρίως αποδοθεί στις διακυμάνσεις του φαινομένου El Nívio (Nicholls et al., 1998).

Συνοψίζοντας όσον αφορά τα ακραία καιρικά φαινόμενα, σε πολλές περιοχές βραχυπρόθεσμα έχουν διαπιστωθεί σημαντικές αλλαγές, όπως η θερμοκρασία και τα κατακρημνίσματα, ενώ όσον αφορά άλλα φαινόμενα όπως οι τυφώνες του Ατλαντικού που επηρεάζουν τις χερσαίες περιοχές, η αύξηση τους είναι περισσότερο αντίληψη της κοινής γνώμης παρά γεγονός. Η εμφάνιση συγκεκριμένων σπάνιων φαινομένων, όπως οι έντονοι τυφώνες, έχει μειωθεί. Παρόλα αυτά δείκτες που επιτρέπουν την εξαγωγή ασφαλών συμπερασμάτων είναι υπό εξέλιξη. Όσον αφορά τα αίτια αύξησης των τιμών του μέσου όρου των ακραίων φαινομένων, αυτά συνδέονται κυρίως με την αύξηση των αερίων του θερμοκηπίου που ενισχύουν την κλιματική αλλαγή και την εντατικοποίηση του υδρολογικού κύκλου. Υπάρχουν ενδείξεις ότι αυτό συμβαίνει αλλά οι μελέτες βασίζονται σε στοιχεία σχετικά περιορισμένων χρονικών περιόδων και τα αποτελέσματα

δεν μπορούν να θεωρηθούν ότι είναι αναμφισβήτητη απόδειξη. Τέτοιες ενδείξεις περιλαμβάνουν την παρατηρούμενη αύξηση στην ετήσια ποσότητα κατακρημνισμάτων, ιδιαίτερα στα υψηλότερα γεωγραφικά πλάτη, τοπικές αυξήσεις στις ποσότητες έντονων κατακρημνίσεων και παρατηρούμενες αυξήσεις στην ατμοσφαιρική υγρασία στη Βόρεια Αμερική, Κίνα και στην υγρασία εδάφους της πρώην Σοβιετικής Ένωσης. Το μοντέλο του Trenberth (1999) υποδεικνύει ότι η επίδραση της αύξησης των αερίων του θερμοκηπίου στον υδρολογικό κύκλο και άλλοι παράγοντες επηρεάζουν κλιματικά ακραία φαινόμενα. Σύμφωνα με το μοντέλο αυτό η αυξημένη ακτινοβολία αυξάνει τη θερμοκρασία της επιφάνειας, και η θέρμανση οδηγεί στην αύξηση της θερμοκρασίας της ατμόσφαιρας και της εξάτμισης. Αντίστοιχα αναμένεται αύξηση της υγρασίας της ατμόσφαιρας, αυξημένα ποσοστά κατακρημνίσεων και ενισχυμένη ένταση θυελλών. Από τα μεγαλύτερα προβλήματα για τη διεξαγωγή αναλύσεων των ακραίων κλιματικών φαινομένων είναι η έλλειψη υψηλής ποιότητας, μακροχρόνιων κλιματικών δεδομένων για μικρές χρονικές περιόδους (Easterling et al., 2000).

2.7 Στοιχεία αβεβαιότητας των κλιματικών αλλαγών

Το IPCC υποστήριξε ότι οι αλλαγές στους ωκεανούς και στην ξηρά, συμπεριλαμβανομένης της μείωσης της κάλυψης από χιόνι και στην έκταση του πάγου στη θάλασσα του Βορείου Ημισφαιρίου, λεπτότερα στρώματα πάγου στη θάλασσα, συντομότερες περιόδους κάλυψης με πάγους στις λίμνες και σε ποτάμια, τήξη των παγετώνων, μείωση στην έκταση του μόνιμα παγωμένου υπεδάφους και αύξηση στις θερμοκρασίες του εδάφους και αύξησης στη στάθμη της θάλασσας αποτελούν αποδείξεις ότι ο πλανήτης θερμαίνεται. Σύμφωνα με πλήθος στοιχείων που χρησιμοποιήθηκαν σε 75 μελέτες, που υποδεικνύουν ότι υπάρχουν σημαντικές αλλαγές σε πολλά φυσικά και βιολογικά συστήματα, περισσότερες από 89% είναι συνεπείς με τη κατεύθυνση των αλλαγών που αναμένονται ως ανταπόκριση της υπερθέρμανσης (IPCC, 2007). Κάποιες κλιματικοί παράμετροι δεν εμφανίζουν αλλαγές ενώ για κάποιες άλλες υπάρχει έλλειψη επαρκών στοιχείων που σημαίνει ότι δεν είναι δυνατόν να αποφανθεί το αν έχουν μεταβληθεί. Τα επίπεδα πάγων της Ανταρκτικής θάλασσας δείχνουν μεταβλητότητα ετησίως και τοπικές αλλαγές που δεν είναι στατιστικώς σημαντικές κατά μέσο όρο ανά

δεκαετία. Ανάλογα δεν παρατηρείται αύξηση στις ατμοσφαιρικές θερμοκρασίες κοντά στην επιφάνεια σε όλη την ήπειρο. Δεν υπάρχουν στοιχεία να καθορίσουν το αν οι τάσεις που υπάρχουν σε κάποιες μεταβλητές, για παράδειγμα στην ανατροπή της κυκλοφορίας στον μεσημβρινό (Meridional Overturning Circulation-MOC) των ωκεανών παγκοσμίως ή μικρότερης εμβέλειας φαινόμενα όπως οι ανεμοστρόβιλοι, θύελλες, αστραπές και οι θύελλες σκόνης. Ακόμη, δεν υπάρχει ξεκάθαρη τάση στον ετήσιο αριθμό των τροπικών κυκλώνων (IPPC, 2007). Παρόλες τις ασάφειες και τις προκλήσεις για την ασφαλή πρόβλεψη των κλιματικών αλλαγών στο μέλλον είναι απαραίτητο να ληφθούν υπόψη οι υπάρχουσες ενδείξεις, όπως περιγράφηκαν στο παρόν κεφάλαιο, ώστε να εκτιμηθούν οι επιπτώσεις στις ανθρωπογενείς δραστηριότητες και να ληφθούν τα απαραίτητα μέτρα.

Κεφάλαιο 3. Σύνοψη της υπάρχουσας κατάστασης των υδατοκαλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο

3.1 Εισαγωγή

Το κεφάλαιο θα επιχειρήσει να παρουσιάσει την υφιστάμενη κατάσταση των ιχθυοκαλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο. Η κύρια πηγή των στοιχείων που θα παρουσιαστούν είναι μελέτες του FAO (Οργανισμός για την Γεωργία και τα Τρόφιμα του ΟΗΕ) καθώς είναι ο οργανισμός που συγκεντρώνει με συστηματικό τρόπο στοιχεία που αφορούν την αλιεία σε παγκόσμια κλίμακα και τα επεξεργάζεται στατιστικά για την παρακολούθηση των τάσεων και εξελίξεων. Επιπλέον, τα στατιστικά στοιχεία του FAO αποτελούν τη βάση για πλήθος μελετών στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών, όπως αναφέρονται στα δημοσιευμένα σε έγκυρα περιοδικά επιστημονικά άρθρα. Η παρουσίαση των στοιχείων θα συνδυασθεί με παραπομπές σε σχόλια από τη βιβλιογραφία.

Η υδατοκαλλιέργεια θα πρέπει να σημειωθεί ότι, από μια δραστηριότητα που ήταν βασικά Ασιατική, έχει εξαπλωθεί σε όλες τις ηπείρους. Ακόμη, η δραστηριότητα επικεντρωνόταν στα ψάρια των γλυκών νερών ιδιαίτερα της οικογένειας των Κυπρινοειδών ενώ σήμερα περιλαμβάνει όλα τα υδάτινα περιβάλλοντα και πολλά υδρόβια είδη. Η ασιατική προέλευση και η έμφαση στην εκτροφή κυπρίνων που υπήρχε εξ αρχής στις υδατοκαλλιέργειες είναι ακόμη εμφανής σήμερα, καθώς τα είδη αυτής της οικογένειας κυριαρχούν. Η παρούσα κατάσταση όσον αφορά τους φυσικούς πόρους, το περιβάλλον, τους πληθυσμούς των υδρόβιων οργανισμών που εκτρέφονται, τις εξελίξεις της βιοτεχνολογίας και τη διακίνηση των αγαθών και υπηρεσιών, φέρνει ελπίδες για το μέλλον καθώς και προκλήσεις για την ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας (FAO, 2006).

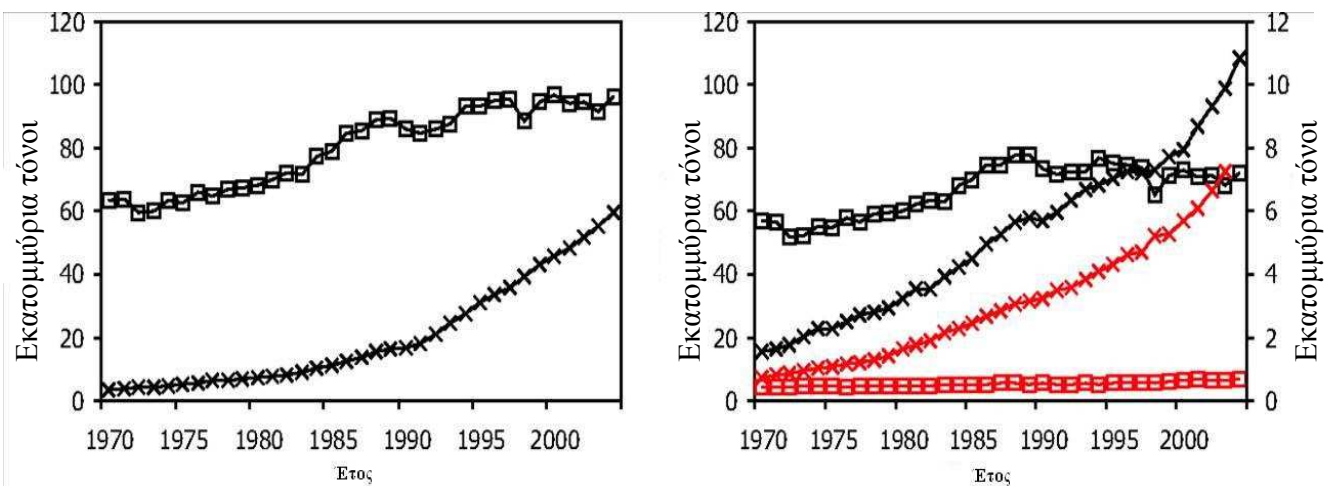
3.2 Παραγωγή υδατοκαλλιεργειών σε παγκόσμιο επίπεδο

Η αλιεία και οι υδατοκαλλιέργειες έμμεσα ή άμεσα διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο στις ζωές εκατομμυρίων ανθρώπων σε όλη τη γη. Το 2006 εκτιμάται ότι 43,5 εκατομμύρια άνθρωποι ήταν άμεσα απασχολούμενοι (μερική ή πλήρη απασχόληση) στην

αλιεία και επιπλέον 4 εκατομμύρια άνθρωποι ήταν απασχολούμενοι σε περιστασιακή βάση (2,5 εκατομμύρια από αυτούς στην Ινδία) (FAO, 2009).

Η συνεισφορά της υδατοκαλλιέργειας στην παγκόσμια παραγωγή ψαριών, γαριδών, οστρακοειδών καθώς και άλλων υδρόβιων οργανισμών, αυξάνεται συνεχώς από 3,9 % της συνολικής παραγωγής το 1970, σε 36,0 % το 2004. Την ίδια περίοδο η κατά κεφαλήν κατανάλωση υδατοκαλλιεργητικών προϊόντων αυξήθηκε από 0,7 kg το 1970 σε 7,8 kg το 2004 με μέσο ρυθμό ετήσιας αύξησης 7,0 % (FAO, 2006).

Αν δε ληφθεί υπόψη η παραγωγή της Κίνας, η παραγωγή ψαριών, οστρακοειδών και γαριδών που προέρχεται από την ελεύθερη αλιεία μειώνεται ετησίως κατά περίπου 233.000 τόνους από το 1989. Τουλάχιστον 70% της παγκόσμιας ποσότητας ψαριών εκτιμάται ότι είναι πλήρως εκμεταλλεζόμενα, υπερεκμεταλλεζόμενα ή σε ανάκαμψη από την περίοδο μείωσης των αποθεμάτων (FAO, 2004). Στο Σχήμα 3 απεικονίζεται η αυξητική πορεία της υδατοκαλλιέργειας παγκοσμίως σε σχέση με τη συλλεκτική αλιεία.



Σχήμα 3: Παγκόσμιες ποσότητες ιχθυηρών από συλλεκτική αλιεία (τετράγωνα) και υδατοκαλλιέργειες (σταυροί). Διευκρινίζεται ότι το αριστερό σχήμα αντιπροσωπεύει παγκόσμιες ποσότητες συμπεριλαμβανομένων της παραγωγής της Κίνας ενώ το δεξιό σχήμα αναπαριστά τις παγκόσμιες ποσότητες χωρίς την παραγωγή της Κίνας. Οι μαύρες καμπύλες αναπαριστούν τις ποσότητες που προέρχονται από θαλάσσια περιβάλλοντα ενώ οι κόκκινες από εσωτερικά νερά (Brander, 2007).

Το 77% των υδατοκαλλιεργειών παγκοσμίως το 2002 χρησιμοποιήθηκε για άμεση κατανάλωση από τους ανθρώπους ενώ το υπόλοιπο 24% χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή ιχθυελαίων και ιχθυάλευρων που χρησιμοποιούνται στην υδατοκαλλιέργεια. Αν και τα χερσαία αγροτικά συστήματα βασίζονται σε περιορισμένο αριθμό ειδών πανίδας και χλωρίδας, περισσότερα από 220 διαφορετικά είδη αποτελούν την παραγωγή υδρόβιων οργανισμών που προέρχεται από τη συλλεκτική αλιεία και την υδατοκαλλιέργεια όπως καταγράφηκε για το 2002 (FAO, 2004, 2007).

Η συλλεκτική αλιεία και οι υδατοκαλλιέργειες τροφοδότησαν σε παγκόσμιο επίπεδο 110 εκατομμύρια τόνους αλιευμάτων το 2006 που αντιστοιχεί σε μέση κατανάλωση 16,7 kg ανά κάτοικο, μια από τις πιο υψηλές καταγεγραμμένες ποσότητες. Σε αυτές τις ποσότητες οι υδατοκαλλιέργειες συνεισφέρουν κατά 47% (Πίν. 2). Το 2006 η Κίνα συνεισέφερε κατά 67% στην παγκόσμια παραγωγή εκτρεφόμενων υδρόβιων ζώων και κατά 72% στην παραγωγή καλλιεργούμενων υδρόβιων φυτών (FAO, 2009).

Πίνακας 2: Παγκόσμια παραγωγή συλλεκτικής αλιείας και υδατοκαλλιέργειας και χρήσεις (FAO, 2009).

	Ποσότητες σε εκατομμύρια τόνους				
	2002	2003	2004	2005	2006
Παραγωγή					
Εσωτερικών υδάτων					
Συλλεκτική αλιεία	8,7	9,0	8,9	9,7	10,1
Υδατοκαλλιέργειες	24,0	25,5	27,8	29,6	31,6
Συνολικό εσωτερικών υδάτων	32,7	34,4	36,7	39,3	41,7
Θαλάσσια					
Συλλεκτική αλιεία	84,5	81,5	85,7	84,5	81,9
Υδατοκαλλιέργειες	16,4	17,2	18,1	18,9	20,1
Σύνολο θαλάσσιας	100,9	98,7	103,8	103,4	102,0
Σύνολο συλλεκτικής αλιείας	93,2	90,5	94,6	94,2	92,0
Σύνολο	40,4	42,7	45,9	48,5	51,7

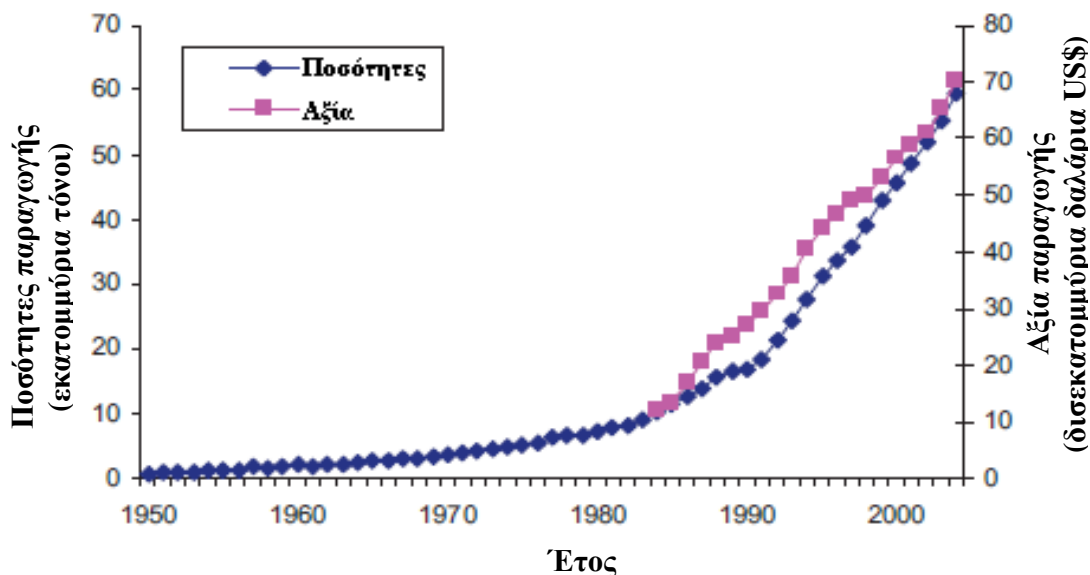
υδατοκαλλιιεργειών					
Σύνολο παγκόσμιας αλιείας	133,6	133,2	140,5	142,7	143,6
Χρήση					
Κατανάλωση από ανθρώπους	100,7	103,4	104,5	107,1	110,4
Ποσότητες προοριζόμενες για ζωοτροφές	32,9	29,8	36,0	35,6	33,3
Ανθρώπινος πληθυσμός σε εκατ.	6,3	6,4	6,4	6,5	6,6
Κατά κεφαλή κατανάλωση ιχθυηρών (kg)	16,0	16,3	16,2	16,4	16,7
Σημείωση: εξαιρείται η παραγωγή υδρόβιων φυτών					

Η αυξημένη υδατοκαλλιεργητική παραγωγή, έχει γίνει εφικτή χάρη στις τεχνολογικές αλλαγές και τη συνοδευόμενη μείωση του κόστους παραγωγής που αποτέλεσαν τις κινητήριες δυνάμεις ανάπτυξης της σύγχρονης παραγωγής της υδατοκαλλιέργειας και του εμπορίου των υδατοκαλλιεργητικών προϊόντων. Τα προϊόντα υδατοκαλλιέργειας αποτελούν ολοένα και περισσότερο πηγή ξένου συναλλάγματος σε πολλές χώρες παραγωγής και επίσης συνεισφέρουν στην αύξηση παραγωγής τροφών, την απασχόληση και την οικονομική ανάπτυξη μέσω της απασχόλησης και του εισοδήματος για εκατομμύρια ανθρώπους. Οι υδατοκαλλιέργειες είναι παραγωγική πηγή για περισσότερες από 180 χώρες που δηλώνουν κάποιο επίπεδο παραγωγής. Είναι ιδιαίτερα υψηλή στην Ασία καθώς αποτελεί το 91% της παγκόσμιας παραγωγής σε ποσότητα και 82% σε αξία. Όλες οι άλλες περιοχές έχουν περισσότερο μερίδιο στην αξία από ότι στις ποσότητες, καθώς παράγουν υψηλής αξίας προϊόντα. Οι δέκα πιο παραγωγικές χώρες με βάση την αξία είναι η Ιαπωνία, Ινδία, Χιλή, Βιετνάμ, Ταϊλάνδη, Ινδονησία, Νορβηγία, Μπανγκλαντές, Νότια Κορέα και Βραζιλία (Asche και Khatun, 2006).

3.3 Ρυθμός αύξησης της παραγωγής

Η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών έχει αυξηθεί σημαντικά την τελευταία πεντηκονταετία. Από την παραγωγή λιγότερο από 1 εκατομμύριο τόνων στις αρχές 1950 η καταγεγραμμένη παραγωγή το 2006 αυξήθηκε σε 51,7 εκατομμύρια τόνους, συνολικής αξίας 78,8 δισεκατομμυρίων δολαρίων, γεγονός που υποδηλώνει ότι οι υδατοκαλλιεργείες συνεχίζουν να αυξάνονται γρηγορότερα από άλλους τομείς ζωικής παραγωγής. Ενώ η παραγωγή της συλλεκτικής αλιείας σταμάτησε να αυξάνεται περίπου στα μέσα της δεκαετίας '80, ο τομέας της υδατοκαλλιέργειας έχει διατηρήσει μέσο ετήσιο ρυθμό αύξησης 8,7 % παγκοσμίως. Αν προστεθούν η παραγωγή υδρόβιων φυτών, η παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας το 2006 φθάνει στα 66,7 εκατομμύρια τόνους, συνολικής αξίας 85,9 δισεκατομμυρίων δολαρίων (FAO, 2009). Στο Σχήμα 4 απεικονίζεται η διαχρονική αύξηση της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών από το 1950 έως το 2004. Η ταχεία αύξηση του ποσοστού της συμμετοχής των υδατοκαλλιεργειών στην παγκόσμια παραγωγή ψαριών και άλλων υδρόβιων οργανισμών ως προϊόντα διατροφής, οφείλεται στο συνδυασμό της αύξησης του παγκόσμιου πληθυσμού με τη μείωση των αλιευμένων ποσοτήτων (Caddy and Griffiths, 1995) καθώς και στην αλλαγή των προτιμήσεων των καταναλωτών στις ανεπτυγμένες χώρες (Lem & Shehadeh 1997: Tacou 1997). Ενώ παρατηρήθηκε συνεχής αύξηση της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών στις αναπτυσσόμενες χώρες ανά έτος από το 1970, αντίθετα η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών στις ανεπτυγμένες χώρες αυξάνεται με πολύ μικρότερο ρυθμό στο ίδιο χρονικό διάστημα και ιδιαίτερα την περίοδο 1999 και 2000 παρουσιάστηκε μείωση της αύξησης (Frankic & Hershner, 2003). Η υδατοκαλλιεργητική παραγωγή της Κίνας έχει αυξηθεί κατά μέσο ετήσιο ρυθμό 11,2 % την ίδια περίοδο, ενώ πρέπει να σημειωθεί η μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργειών της Κίνας από 17,3 % τη δεκαετία το '80 σε 14,3 % τη δεκαετία του '90. Αντίστοιχη μείωση του ρυθμού αύξησης της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών έχει σημειωθεί στην Ευρώπη και Βόρεια Αμερική σε περίπου 1 % μετά από το 2000 για να υπάρξει εκ νέου ανάκαμψη μετά το 2006. Στη Γαλλία και την Ιαπωνία, χώρες με υψηλό ρυθμό αύξησης της παραγωγής, η παραγωγή τους έχει μειωθεί την τελευταία δεκαετία. Είναι φανερό ότι ενώ

η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών θα συνεχίσει να αυξάνεται, ο ρυθμός αύξησης προβλέπεται να μειωθεί στο άμεσο μέλλον (FAO, 2009).

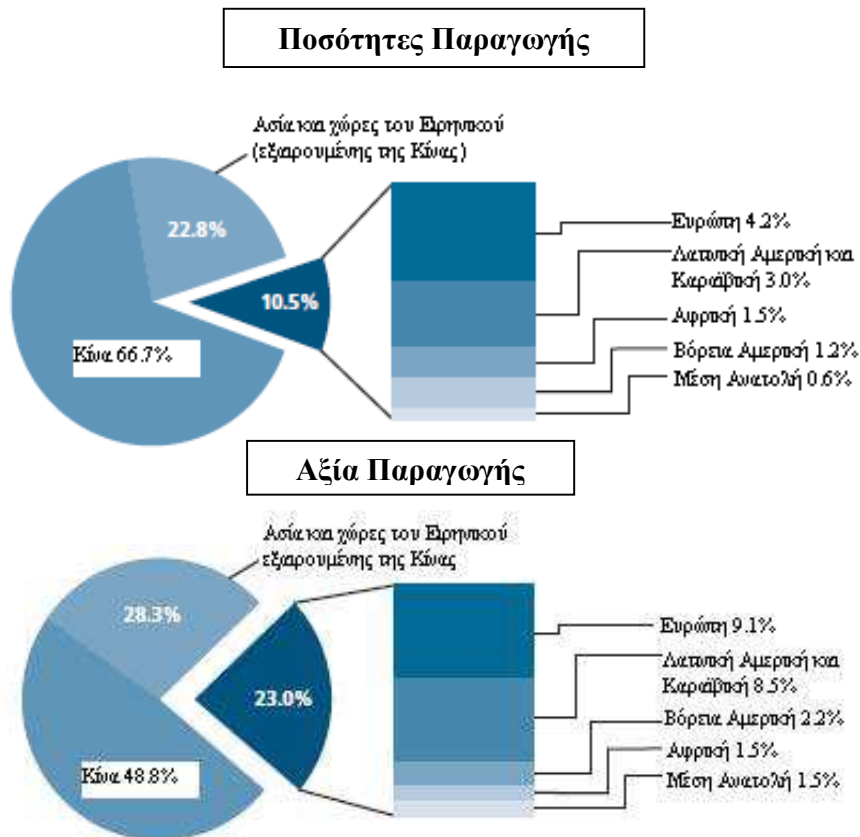


Σχήμα 4: Τάσεις στη συνολική παραγωγή και αξία (συμπεριλαμβανομένων φυτικών οργανισμών) μεταξύ 1950 και 2004 (FAO, 2009).

3.4 Γεωγραφική κατανομή της παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών.

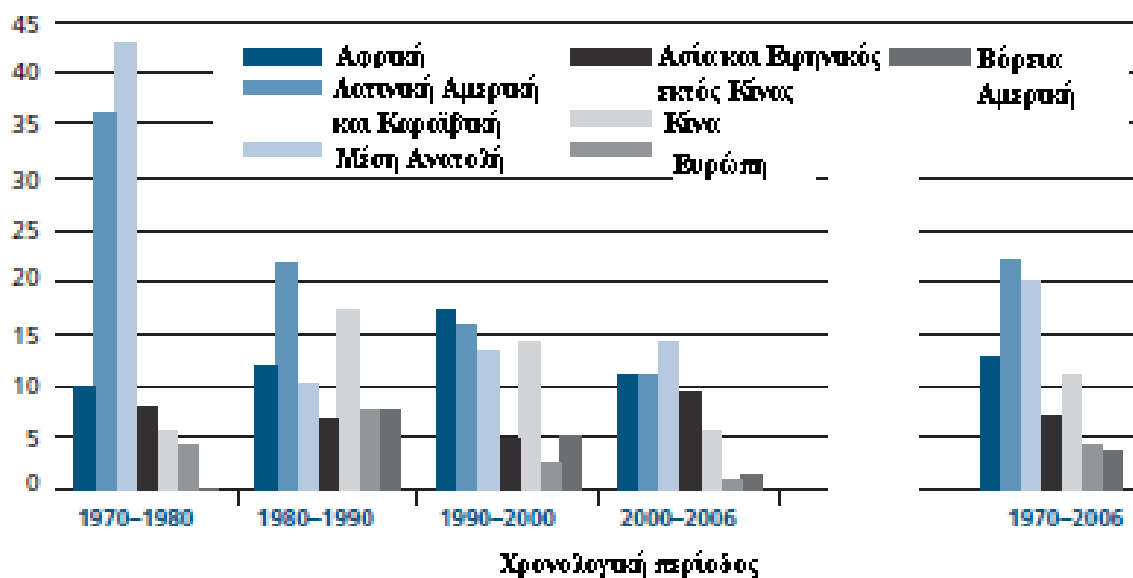
Το 2006, οι Ασιατικές χώρες και οι περιοχές του Ειρηνικού ωκεανού συνεισέφεραν κατά 89% στη συνολική παγκόσμια παραγωγή και 49% στη συνολική αξία της παραγωγής υδατοκαλλιεργειών παγκοσμίως (Σχ. 5). Μία ανάλυση της παραγωγής ανά περιοχή για την περίοδο 1970-2006 υποδεικνύει ότι η ανάπτυξη δεν είναι ομοιόμορφη (Σχ. 6). Η Λατινική Αμερική και οι περιοχές της Καραϊβικής έχουν τον υψηλότερο μέσο όρο ετήσιας ανάπτυξης (22,0%) (FAO, 2009) που εξηγείται από το γεγονός ότι η υδατοκαλλιέργεια στις περιοχές αυτές ήταν ανύπαρκτη μέχρι τις αρχές του 1970. Η ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας της Νοτίου Αμερικής συνδέεται με τις γαρίδες και το σολομό και είναι συγκεντρωμένη σε τρεις χώρες: Εκουαδόρ, Χιλή, Βραζιλία (FAO, 2006). Ακολουθεί η Μέση Ανατολή (20,0%) και οι Αφρικανικές περιοχές (12,7%) (FAO, 2009). Η μεγαλύτερη ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας στις Αφρικανικές περιοχές είναι συγκεντρωμένη στην Αίγυπτο με περιορισμένο αριθμό ειδών όπως η τιλάπια του

Νείλου (*Oreochromis niloticus*), είδη κεφάλου (*Mugil cephalus*) και διάφορα είδη κυπρίνων. Με βάση το μέγεθος και την αξία, ακολουθεί η Νιγηρία, η Μαδαγασκάρη, η Νότια Αφρική, η Τανζανία, η Ουγκάντα και η Ζάμπια, οι 6 κυρίαρχες χώρες παραγωγής υδατοκαλλιέργειας στην υποσαχάρια Αφρική (FAO, 2006).



**Σχήμα 5: Παραγωγή υδατοκαλλιεργειών ανά περιοχή (FAO, 2006) .
Σημείωση: τα στοιχεία δεν περιλαμβάνουν τα υδρόβια φυτά**

Ποσοστό %



Σημείωση: εξαιρούνται τα υδρόβια φυτά

Σχήμα 6: Αλλαγές στο ρυθμό ανάπτυξης της παγκόσμιας παραγωγής υδατοκαλλιέργειας ανά περιοχή από το 1970 (FAO, 2006).

Στον Πίνακα 3 παρουσιάζονται οι 10 μεγαλύτερες παραγωγικές χώρες στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών (υδρόβια ζώα) για το 2006 καθώς και οι 10 χώρες με το μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης της παραγωγής υδατοκαλλιεργειών για την περίοδο 2005 - 2006 (για παραγωγή άνω των χιλίων τόνων). Η Χιλή και οι Φιλιπίνες έχουν βελτιώσει τη θέση τους το 2006 σε σύγκριση με τα δύο προηγούμενα έτη, ενώ η Ιαπωνία και οι Η.Π.Α. έχουν κατέλθει στη λίστα (FAO, 2009).

Οι Frankic & Hershner (2003) επισήμαναν ότι ενώ λίγες ανεπτυγμένες χώρες όπως η Ιαπωνία, Η.Π.Α. καθώς και η Ε.Ε. συμπεριλαμβάνονται στις κύριες χώρες παραγωγής υδατοκαλλιεργειών, το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής προέρχεται από χώρες χαμηλών εισοδημάτων με κύρια την συνεισφορά της Κίνας. Η Κίνα είναι η κύρια παραγωγός, και ακολουθεί η Ινδία, οι Φιλιπίνες και η Ινδονησία. Αν και η Ασία είναι η

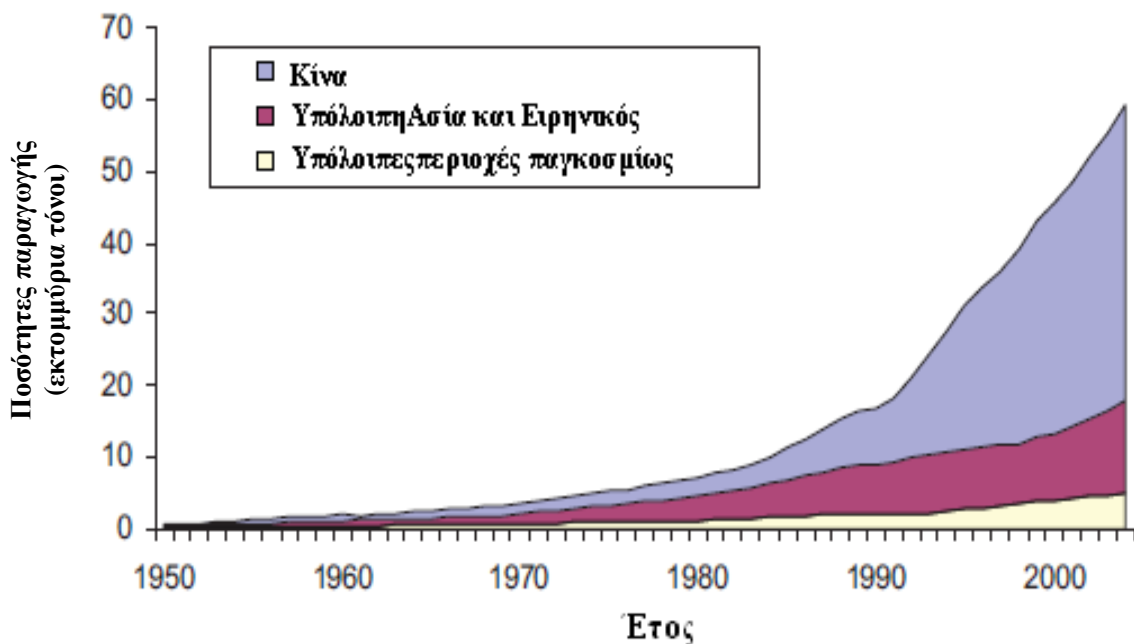
κυρίαρχος παραγωγός υδατοκαλλιέργειας, η Λατινική Αμερική και οι Αφρικανικές χώρες ακολουθούν με σταθερό ρυθμό ανάπτυξης

Πίνακας 3: Οι δέκα χώρες με τη μεγαλύτερη παραγωγή υδατοκαλλιέργειας σε ποσότητα και ρυθμό ανάπτυξης (FAO, 2009).

Πρώτες 10 χώρες παραγωγής υδατοκαλλιέργειας σε ποσότητες, 2006				Πρώτες 10 χώρες παραγωγής υδατοκαλλιέργειας σε ρυθμό ανάπτυξης, 2004-2006			
	2004 (τόνοι)	2006 (τόνοι)	Ετήσιος μέσος όρος του ρυθμού ανάπτυξης (%)		2004 (τόνοι)	2006 (τόνοι)	Ετήσιος μέσος όρος του ρυθμού ανάπτυξης (%)
Κίνα	30.614.968	34.429.122	6,05	Ουγκάντα	5.539	32.392	141,83
Ινδία	2.794.636	3.123.135	5,71	Γουατεμάλα	4.908	16.293	82,20
Βιετνάμ	1.198.617	1.657.727	17,60	Μοζαμβίκη	446	1.174	62,24
Ταϊλάνδη	1.259.983	1.385.801	4,87	Μαλάουι	733	1.500	43,05
Ινδονησία	1.045.051	1.292.899	11,23	Τόγκο	1.525	3.020	40,72
Μπανγκλαντές	914.752	892.049	-1,25	Νιγηρία	43.950	84.578	38,72
Χιλή	665.421	802.410	9,81	Καμπότζη	20.675	34.200	28,61
Ιαπωνία	776.421	733.891	-2,78	Πακιστάν	76.653	121.825	26,07
Νορβηγία	636.802	708.780	5,50	Σιγκαπούρη	5.406	8.573	25,93
Φιλιππίνες	512.220	623.369	10,32	Μεξικό	104.354	158.642	23,30

Σημείωση: Τα στοιχεία δεν περιλαμβάνουν τα υδρόβια φυτά. Για τις πρώτες χώρες σε ρυθμό ανάπτυξης, μόνο οι χώρες με παραγωγή περισσότερο από 1000 τόνους το 2006 λήφθηκαν υπόψη.

Η μεγάλη ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας παγκοσμίως τα τελευταία 50 έτη έχει γίνει πιο αισθητή στην Ασία και στις περιοχές του Ειρηνικού και ιδιαίτερα στην Κίνα. Η ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας στην Κίνα έχει οδηγήσει σε σημαντικές διαφορές στο μέγεθος και το ρυθμό ανάπτυξης της υδατοκαλλιέργειας ανάμεσα στις ηπείρους. Για το λόγο αυτό η αξιολόγηση της ανάπτυξης της υδατοκαλλιέργειας σε παγκόσμιο επίπεδο θα πρέπει να γίνει ανά περιοχές. Επίσης, λόγω του υπερβολικού ποσοστού της παραγωγής να προέρχεται από την Κίνα, για κάποιες αναλύσεις η Κίνα θα πρέπει να εξετασθεί ξεχωριστά ώστε να μη διαστρεβλώσει τα αποτελέσματα και συμπεράσματα ιδιαίτερα για την Ασία και τις περιοχές του Ειρηνικού, αλλά και για τον υπόλοιπο κόσμο. Το Σχήμα 7 παρουσιάζει την κυρίαρχη θέση της Κίνας στην παραγωγή υδατοκαλλιεργητικών προϊόντων. Στην υπόλοιπη Ασία και τις περιοχές του Ειρηνικού εκτός της Κίνας, η ετήσια ανάπτυξη από το 1950 έως το 2004 ήταν κατά μέσο όρο 7.5% ενώ ο 10ετής ρυθμός ανάπτυξης μεταξύ 1950 και 1980 διακυμάνθηκε μεταξύ 6,4-10,1 ενώ έπεσε στο 3,4% τη δεκαετία το 90. Μεταξύ 2000-2004 ο μέσος όρος ανάπτυξης ετησίως αυξήθηκε σε 9,2% (FAO, 2006).



Σχήμα 7: Παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας με την Κίνα και την υπόλοιπη Ασία και τις περιοχές του Ειρηνικού αναπαριστάμενες ξεχωριστά από τις υπόλοιπες περιοχές μεταξύ 1950 και 2004 (FAO, 2006).

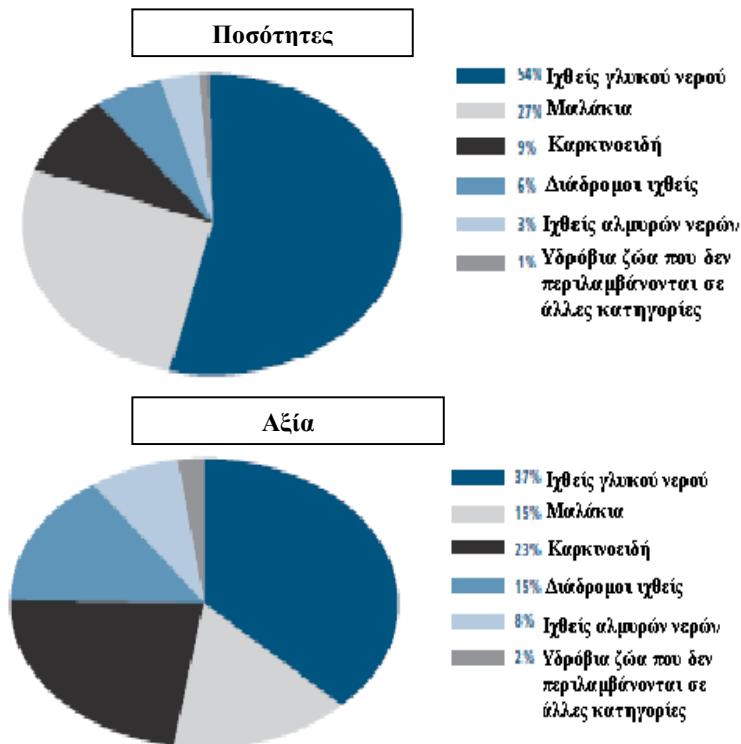
3.5. Κατανομή της παραγωγής ανά περιβάλλον

Η μεγαλύτερη παραγωγή υδατοκαλλιέργειας σε ψάρια, οστρακοειδή και καρκινοειδή συνεχίζει να προέρχεται από τα εσωτερικά νερά (61% σε ποσότητα και 53% σε αξία). Εξετάζοντας την παραγωγή υδατοκαλλιέργειών σε σχέση με το υδάτινο περιβάλλον, τα γλυκά νερά συνεισφέρουν κατά 58% στην παραγωγή σε ποσότητα και 48% σε αξία, ενώ η υδατοκαλλιέργεια στο θαλάσσιο περιβάλλον συνεισφέρει στο 34% της παραγωγής και 36% σε εμπορική αξία. Αν και το μεγαλύτερο μέρος της θαλάσσιας παραγωγής αποτελείται από υψηλής εμπορικής αξίας ψάρια, σημαντική είναι επίσης η παραγωγή οστρακοειδών χαμηλής εμπορικής αξίας. Ταυτόχρονα η παραγωγή των υφάλμυρων νερών αποτελούσε μόνο το 8% της συνολικής παραγωγής το 2006, και συνεισέφερε κατά 16% στη συνολική αξία κάτι που είναι αντιπροσωπευτικό τις υψηλής εμπορικής αξίας των οστρακοειδών και ψαριών που εκτρέφονται. Ενώ η παραγωγή των υφάλμυρων νερών δείχνει τη μεγαλύτερη αύξηση σε ποσότητες από το 2000 (11,6 % ανά έτος) η αύξηση σε εμπορική αξία παραμένει στάσιμη στο 5,9%. Την ίδια περίοδο ο μέσος όρος ετήσιας αύξησης σε υδατοκαλλιεργητικά προϊόντα από γλυκά και αλμυρά νερά ήταν 6,5% και 5,4% σε ποσότητα και 7,8% και 8,3% σε εμπορική αξία, αντίστοιχα (FAO, 2009). Ο FAO (2006) σημειώνει ότι θα πρέπει να υπάρχει σύνεση στην εξαγωγή συμπερασμάτων για τη σημαντικότητα του κάθε τύπου περιβάλλοντος γιατί μόνο η παραγωγή των γλυκών νερών μπορεί να θεωρηθεί ευδιάκριτη. Δεν μπορεί να ειπωθεί το ίδιο για τη παραγωγή από θαλάσσια και υφάλμυρα νερά γιατί δεν υπάρχουν ενιαία κριτήρια σε κάθε χώρα που να διαχωρίζουν ξεκάθαρα την παραγωγή από τα αλμυρά και τα υφάλμυρα νερά. Για παράδειγμα το Ιράν κατατάσσει την εκτροφή γαρίδας στις εκτροφές υφάλμυρων νερών ενώ η Σαουδική Αραβία την κατατάσσει στη θαλάσσια εκτροφή αν και οι δύο χώρες χρησιμοποιούν τις ίδιες μεθόδους εκτροφής σε υδροστάσια.

3.6 Κύριες ομάδες εκτρεφόμενων ειδών στην υδατοκαλλιέργεια

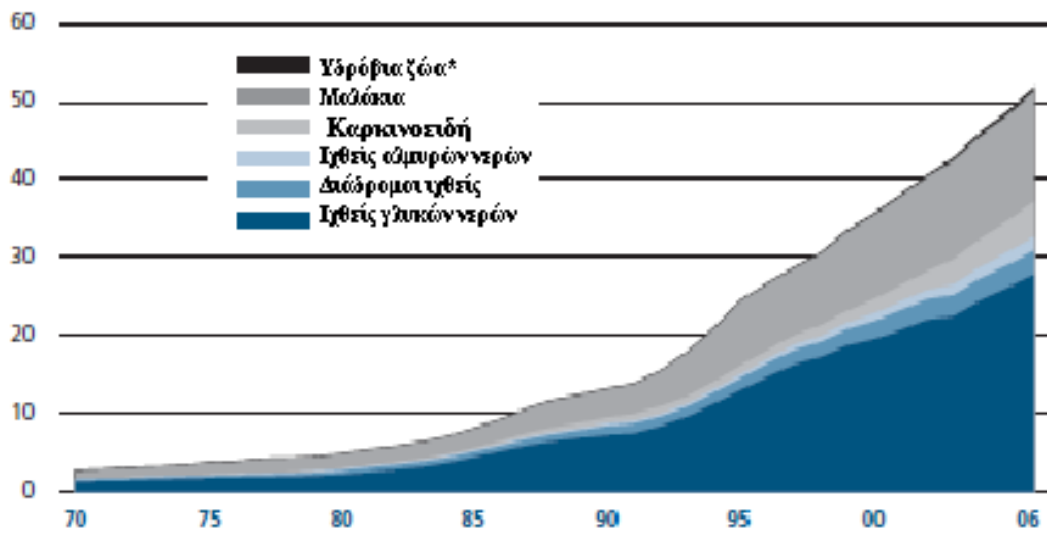
Το 2006 περισσότερο από το μισό της παγκόσμιας παραγωγής υδατοκαλλιέργειών αποτελείται από ψάρια των γλυκών νερών. Η παραγωγή έφθασε στα

27,8 εκατομμύρια τόνους και αξία 29,5 δισεκατομμύρια δολάρια. Το ίδιο έτος, τα μύδια αποτελούσαν τη δεύτερη πιο παραγωγική κατηγορία με 14,1 εκατομμύρια τόνους (27% της συνολικής παραγωγής) αξίας 11,9 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Οι πολύ μικρότερες ποσότητες στρειδιών, 4,5 εκατομμύρια τόνοι, ήταν σημαντικής εμπορικής αξίας 17,95 δισεκατομμυρίων δολαρίων (Σχ. 8) (FAO, 2009). Η αύξηση της παραγωγής στις μεγαλύτερες ομάδες ειδών συνεχίζεται αν και οι αυξήσεις που έχουν σημειωθεί την τελευταία δεκαετία ήταν μικρότερες από αυτές της δεκαετίας '80 και '90. Την περίοδο 2000-2006 σημειώθηκε μεγάλη αύξηση στην παραγωγή οστρακοειδών και στα θαλάσσια ψάρια. Η αύξηση παραγωγής για τις υπόλοιπες ομάδες των ειδών έχει αρχίσει να μειώνεται και ο συνολικός ρυθμός αύξησης δεν είναι ανάλογος του ρυθμού τις δύο προηγούμενες δεκαετίες. Το Σχήμα 9 παρουσιάζει την παραγωγή ανά κυριότερες ομάδες ειδών (FAO, 2009).



Σχήμα 8: Παγκόσμια παραγωγή υδατοκαλλιέργειας ανά ομάδες ειδών το 2006 (FAO, 2009)

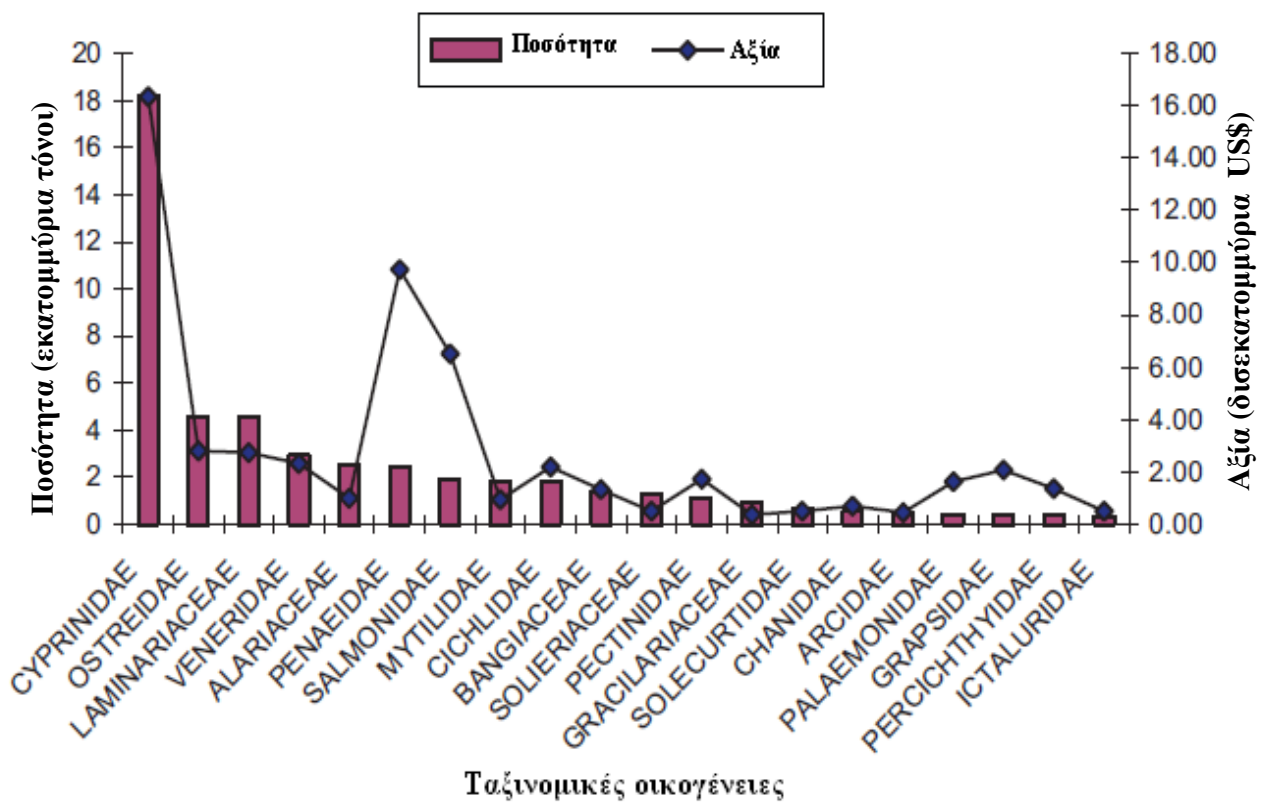
Εκατομμύρια τόνοι



*που δεν περιλαμβάνονται σε άλλες κατηγορίες

Σχήμα 9: Τάσεις στην παγκόσμια παραγωγή των κυριότερων ομάδων ταξινόμησης (FAO, 2009)

Ένα σύνολο 442 ειδών έχει καταγραφεί στη βάση δεδομένων του FAO (FISHSTAT Plus) ως εκτρεφόμενα κατά την περίοδο 1950-2004. Ο αριθμός των εκτρεφόμενων ειδών στην πραγματικότητα μπορεί να υπερβαίνει αυτό το νούμερο, καθώς στη λίστα συμπεριλαμβάνονται οργανισμοί που δεν έχουν αναγνωρισθεί σε επίπεδο είδους, ενώ οι χώρες μπορεί να δηλώνουν παραγωγή για οργανισμούς που εκτρέφουν σε κατηγορίες ειδών που είναι ήδη στη λίστα για να τα περιγράψουν. Η ευρεία ποικιλότητα της υδατοκαλλιέργειας και η συγκέντρωση των στοιχείων καθιστά δύσκολη την ανάλυση σε επίπεδο ειδών και είναι πιο σύνηθες τα είδη να ομαδοποιούνται σε επίπεδο οικογένειας, καθώς τα είδη στην ίδια οικογένεια έχουν τις ίδιες διατροφικές συνήθειες, εκτρέφονται χρησιμοποιώντας τα ίδια βασικά πρωτόκολλα και έχουν τις ίδιες αγορές. Στο Σχήμα 10 απεικονίζονται οι κύριες ταξινομικές ομάδες που χρησιμοποιούνται στην υδατοκαλλιέργεια (FAO, 2006).



Σχήμα 10: Οι κύριες ταξινομικές οικογένειες που χρησιμοποιούνται στην παγκόσμια υδατοκαλλιέργεια (παραγωγή πάνω από 250 000 τόνοι) με τις αντίστοιχες τιμές το 2004 (Πηγή: FAO, 2006).

Η υδατοκαλλιέργεια προμηθεύει με το 76% της παγκόσμιας παραγωγής ψαριών του γλυκού νερού και 65% της παραγωγής μαλακίων και μεταναστευτικών ψαριών. Η συνεισφορά στις παγκόσμιες προμήθειες οστρακοειδών έχει αυξηθεί με γοργούς ρυθμούς την τελευταία δεκαετία, φθάνοντας στο 42% της παγκόσμιας παραγωγής το 2006 ενώ το ίδιο έτος συνεισφερε στο 70% της παραγωγής παγκοσμίως σε γαρίδες (shrimp & prawn). Το μεγαλύτερο ποσοστό των εκτρεφόμενων θαλάσσιων ειδών είναι σχετικά υψηλής εμπορικής αξίας, μερικές φορές για το λόγο ότι τα αποθέματα των φυσικών πληθυσμών είναι μικρά ή σε φθίνουσα πορεία. Ενώ το ποσοστό των εκτρεφόμενων ειδών στις υδατοκαλλιέργειες είναι σχετικά μικρό, στα είδη της θαλασσοκαλλιέργειας είναι ακόμα μικρότερο. Είδη που εκτρέφονται είναι το λαβράκι (*Dicentrarchus labrax*), η τσιπούρα

(*Sparus aurata*), ο ιππόγλωσσος (*Hippoglossoides spp.*), το φαγκρί (*Pagrus spp.*), το καλκάνι (*Scophthalmus maximus*) και άλλα (FAO, 2009). Η ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας στην Κίνα δεν αφορά λίγα μόνο είδη αλλά κατανέμεται σε μεγάλο εύρος εκτρεφόμενων και καλλιεργούμενων ειδών με κυρίαρχα τα θαλάσσια φύκη, το στρείδι του Ειρηνικού (*Crassostrea gigas*), διάφορα είδη κυπρίνων, διάφορα υδρόβια φυτά (FAO, 2006).

Η παραγωγή διαφέρει από περιοχή σε περιοχή. Στην Ασία και τις περιοχές του Ειρηνικού ωκεανού η υδατοκαλλιέργεια από την Κίνα, Νοτιοανατολική Ασία και τις περισσότερες Νοτιοανατολικές χώρες της Ασίας αφορά κυρίως κυπρινοειδή, ενώ η παραγωγή από την υπόλοιπη Ανατολική Ασία αποτελείται από υψηλής αξίας θαλασσινά ψάρια. Στη Λατινική Αμερική και την Καραϊβική την τελευταία δεκαετία τα σαλμονοειδή έχουν ξεπεράσει την παραγωγή γαρίδας και αποτελούν το πρώτο είδος σε παραγωγή, γεγονός που ενισχύθηκε από την εκδήλωση επιδημιών στις κυριότερες γαριδοπαραγωγικές περιοχές και τη ραγδαία ανάπτυξη της παραγωγής σαλμονοειδών στη Χιλή. Στη Βόρεια Αμερική (Η.Π.Α.) η παραγωγή γατόψαρων είναι το κύριο είδος υδατοκαλλιέργειας, ενώ στον Καναδά ο σολομός του Ατλαντικού και του Ειρηνικού Ωκεανού. Στην Αφρική η Νιγηρία είναι η κυριότερη χώρα με τη μεγαλύτερη παραγωγή (85.000 τόνους) γατόψαρων, τιλάπιας και άλλων ειδών του γλυκού νερού. Στη Μέση Ανατολή το Ιράν και η Τουρκία είναι οι κύριες χώρες παραγωγής υδατοκαλλιεργειών και η κάθε μία παράγει περίπου 130.000 τόνους πέστροφας, κυπρίνου και γαρίδας. Σε παγκόσμιο επίπεδο λίγες είναι οι χώρες που κυριαρχούν στην παραγωγή των κυριότερων ομάδων ειδών. Η Κίνα παράγει το 77% όλων των κυπρινοειδών και το 82% της παγκόσμιας παραγωγής στρειδιών. Η Ασία και η περιοχή του Ειρηνικού παρέχει το 98% των κυπρινοειδών και 95% των στρειδιών. Το 88% της παραγωγής γαρίδας επίσης έρχεται από την ίδια περιοχή με τις 5 μεγαλύτερες σε παραγωγή χώρες Κίνα, Ταϊλάνδη, Βιετνάμ, Ινδονησία και Ινδία να παράγουν το 81% της συνολικής παραγόμενης ποσότητας. Η Νορβηγία και η Χιλή είναι οι κυριότερες χώρες παραγωγής σολομού του Ατλαντικού (*Salmo salar*) παρέχοντας το 33% και 31% της παγκόσμιας παραγωγής αντίστοιχα (FAO, 2009).

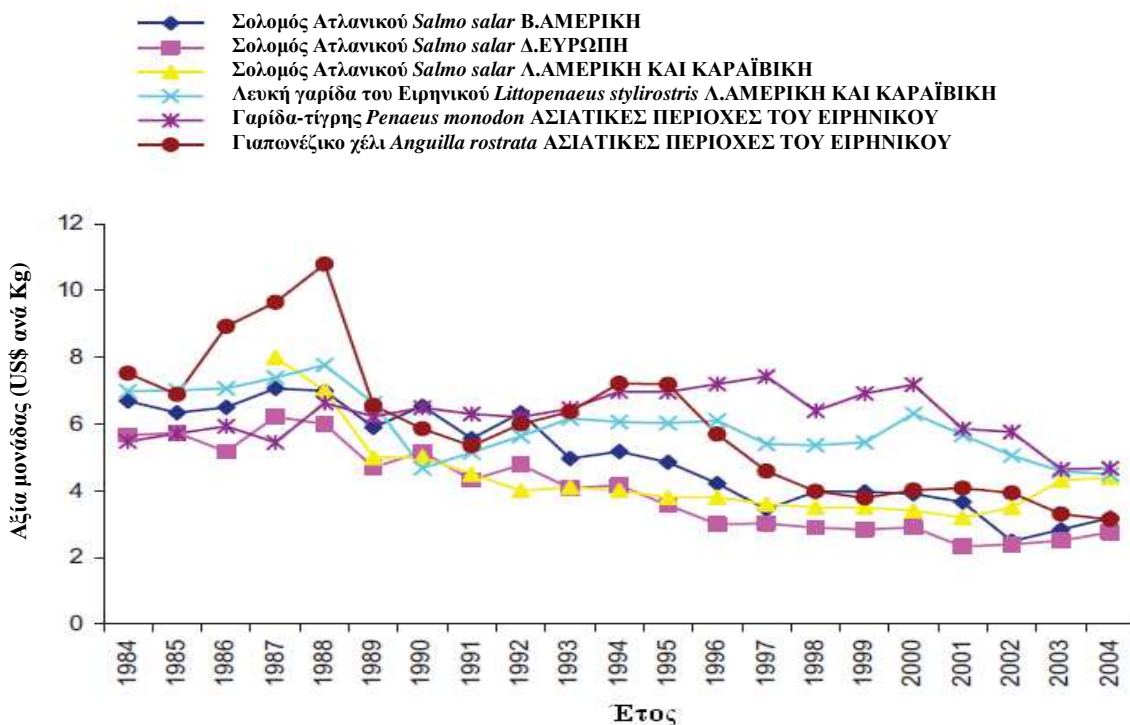
Η ετήσια παραγωγή υδρόβιων φυτών το 2006 ανερχόταν στους 15,1 εκατομμύρια τόνους αξίας 7,2 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Η καλλιέργεια των υδρόβιων φυτών έχει

αυξηθεί με μέσο όρο ετήσιας αύξησης 8,0% από το 1970 με αποτέλεσμα το 2006 να αποτελεί το 93% της παγκόσμιας παραγωγής υδρόβιων φυτών. Το 72% της παραγωγής προέρχεται από την Κίνα με 10,9 εκατομμύρια τόννους αξίας 5,2 δισεκατομμυρίων δολαρίων. Όλοι η υπόλοιπη παραγωγή προέρχεται από την Ασία: Φιλιππίνες (1,5 εκατομμύρια τόνοι), Ινδονησία (0,91 εκατομμύρια τόνοι), Δημοκρατία της Κορέας (0,77 εκατομμύρια τόνοι) και Ιαπωνία (0,49 εκατομμύρια τόνοι). Η Ιαπωνία είναι η δεύτερη χώρα παραγωγής υδρόβιων φυτών σε αξία 1,1 δισεκατομμύρια δολάρια χάρη στο υψηλής αξίας φυκόν νόρι (*Porphyra haitanensis*) και κελπ (*Laminaria Japonica*) (FAO, 2009).

3.7 Εμπορική αξία παραγωγής

Κρίνοντας από τις σχετικές αξίες τους τα περισσότερα είδη ψαριών εκτρέφονται για τοπική κατανάλωση παρά για εξαγωγή, όπως για παράδειγμα τα κυπρινοειδή, γεγονός που φανερώνει τη σημασία της ιχθυοκαλλιέργειας στη διατροφή του γηγενούς πληθυσμού. Εκτός από τα κυπρινοειδή, άλλα σημαντικά είδη για τη διατροφή που παράγονται από την υδατοκαλλιέργεια με συνολική παραγωγή πάνω από 200.000 τόννους το 2004, ήταν οι τιλάπιες και τα γατόψαρα (FAO, 2006).

Χάρη στην ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας ακόμη και είδη που θεωρούνταν πολυτελείας όπως ο σολομός και οι γαρίδες, είναι πιο προσιτά πλέον καθώς οι μεγάλες ποσότητες που πετυχαίνονται χάρη στην τεχνολογία έχουν μειώσει τις τιμές. Τάση μείωσης στις τιμές παρατηρείται στο σολομό Ατλαντικού (*Salmo salar*), στη γαρίδα του Ειρηνικού (*Litopenaeus stylirostris*), στη γιγάντια γαρίδα τίγρη (*Penaeus monodon*) και τα ιαπωνικά χέλια (*Anguilla rostrata*) τα τελευταία 20 έτη (Σχ. 11) (FAO, 2006).



Σχήμα 11: Τάσεις στην αξία επιλεγμένων ειδών υδατοκαλλιέργειας υψηλής αξίας στις πρώτες σε παραγωγή χώρες μεταξύ 1984-2004 (Πηγή: FAO, 2006).

3.8 Εκτροφή νέων ειδών

Η εισαγωγή νέων ειδών στην υδατοκαλλιέργεια δεν είναι νέα. Δεν υπάρχει καταγραφή του πότε ακριβώς ο κοινός κυπρίνος, που είναι αυτόχθονο είδος στην Κίνα, εμφανίστηκε στην Ινδονησία. Το ίδιο ισχύει για την τιλάπια Μοζαμβίκης που είναι πιο γνωστή με την τοπική κοινή ονομασία του ως ‘mujair’ στην Ινδονησία παρά ως τιλάπια. Παράλληλα η ιριδιζούσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) έχει διασχίσει τους ωκεανούς ακόμη και κάτω από δύσκολες συνθήκες. Γεγονός είναι, ότι τόσο οι αερομεταφορές όσο και η αύξηση του παγκόσμιου εμπορίου, έχουν συμβάλει σημαντικά στην αύξηση του ρυθμού εισαγωγών των νέων προς εκτροφή ειδών τα τελευταία χρόνια. Επιπλέον, υπάρχουν είδη όπως η τιλάπια του Νείλου (*Oreochromis niloticus*) και η γαρίδα του Ειρηνικού (*Litopenaeus stylirostris*) τα οποία στις περιοχές που έχουν εισαχθεί οι πληθυσμοί τους πλέον είναι μεγαλύτεροι από τις περιοχές που ζουν οι

αυτόχθονοι πληθυσμοί τους. Η αδυναμία αναπαραγωγής κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες διαφόρων ειδών, όπως τα χέλια, οδηγεί στην αναγκαστική αλιεία των ιχθυδίων τους προς εκτροφή από το φυσικό τους περιβάλλον. Ο κυριότερος λόγος εισαγωγής μη ενδημικών ειδών είναι η θεωρούμενη υπεροχή του εισαγόμενου είδους στην ανάπτυξη και απόδοση σε σχέση με το αντίστοιχο αυτόχθονο είδος. Αν και η εκτροφή μη ενδημικών ειδών πέτυχε να αυξήσει το εισόδημα και τα κοινωνικά οφέλη παγκοσμίως, αποτελεί σοβαρή απειλή για την βιοποικιλότητα και τη μετάδοση ασθενειών. Η εισαγωγή των μη ενδημικών ειδών αποτελεί κίνδυνο και για την τοπική βιοποικιλότητα λόγω της πιθανής διασταύρωσης με αυτόχθονα είδη σε περίπτωση που τα εκτρεφόμενα εισαχθέντα είδη δραπετεύσουν. Η εκτροφή του σολομού του Ατλαντικού στην ακτές του Ειρηνικού της Αμερικής είναι ένα θέμα που έχει φέρει αντιπαραθέσεις. Αν και εκτρεφόμενα σε ιχθυοκλωβούς, η πιθανότητα να δραπετεύσουν είναι υπαρκτή με επιπτώσεις στα αυτόχθονα είδη λόγω ανταγωνισμού και θήρευσης. Ίσως λόγω του γεγονότος ότι το μεγαλύτερο ποσοστό των υδατοκαλλιεργειών στην Ασία και τις περιοχές του Ειρηνικού αποτελείται από μη ενδημικά είδη το θέμα της πιθανότητας διαφυγής τους δεν έχει λάβει μεγάλη προσοχή. Ο προβληματισμός αυτός ήρθε στο προσκήνιο με την εισαγωγή και την ευρεία εκτροφή της γαρίδας του Ειρηνικού (*Litopenaeus stylirostris*) η οποία γνώρισε αντιδράσεις από τους περιβαλλοντολόγους λόγω της πιθανότητας να εισάγει ασθένειες ή να μεταβάλει την τοπική βιοποικιλότητα με το να εκτοπίσει τα τοπικά είδη από συγκεκριμένους οικολογικούς θώκους (FAO, 2006).

3.9 Συστήματα εκτροφής

Μία σειρά διαφορετικών συστημάτων χρησιμοποιούνται σε παγκόσμιο επίπεδο. Διάφορες εγκαταστάσεις εκτροφής είναι συνήθεις στα γλυκά νερά, τα υφάλμυρα και τα θαλασσινά συμπεριλαμβανομένων των χωμάτων υδροστασιών, τιμεντένιων δεξαμενών, κλωβών, καθώς και θαλάσσιων πάρκων εκτροφής οστρακοειδών, χτενιών (κυδώνια) και άλλων συγγενικών ειδών. Η σύγχρονη μέθοδος καταγραφής των υδατοκαλλιεργειών από τον FAO περιλαμβάνει μόνο υδάτινα οικοσυστήματα οπότε δεν είναι δυνατό να εκτιμηθεί η σημασία της κάθε μεθόδου ανά περιοχή. Συμπέρασμα για τα συστήματα παραγωγής μπορεί να εξαχθεί μόνο με βάση το κυρίαρχο είδος που

εκτρέφεται. Τα κυπρινοειδή, για παράδειγμα, είναι πιθανότερο να παράγονται σε λίμνες γλυκού νερού, οι σολομοί σε θαλάσσιους κλωβούς και οι γαρίδες σε υφάλμυρα ή θαλάσσια υδροστάσια. Τα θαλασσινά δίθυρα μαλάκια εκτρέφονται κυρίως σε πασαλωτές ή πλωτές εγκαταστάσεις, σχεδίες, δίκτυα και κλωβούς, ενώ τα θαλάσσια φύκη παράγονται κυρίως σε πλωτές εγκαταστάσεις. Αυτό μπορεί να σημαίνει ότι οι χωμάτινες δεξαμενές του γλυκού νερού, οι θαλάσσιοι κλωβοί, οι πλωτήρες και οι πάσσαλοι είναι σημαντικοί για τις υδατοκαλλιέργειες. Η εμπορική υδατοκαλλιέργεια των θαλασσιών ιχθύων επεκτείνεται σε περισσότερες περιοχές ανοιχτής θάλασσας, με ειδικούς κλωβούς που έχουν εισαχθεί σε εμπορική κλίμακα τα τελευταία χρόνια (FAO, 2006).

3.10 Εξελίξεις στις μεθόδους παραγωγής

Οι Frankic & Hershner (2003) επισημαίνουν ότι παρόλες τις τάσεις ανάπτυξης στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών, υπάρχουν ακόμη παράγοντες που δρουν περιοριστικά. Για παράδειγμα οι Goldberg and Triplett (1997) αναφέρουν τον περιορισμένο αριθμό κατάλληλων τοποθεσιών για εγκατάσταση και λειτουργία υδατοκαλλιεργητικών μονάδων, ανησυχίες για αρνητικές περιβαλλοντικές επιπτώσεις και συγκρουόμενα συμφέροντα όσον αφορά τις χρήσεις γης και υδάτινου περιβάλλοντος. Ένα ακόμη πρόβλημα είναι η εντατική χρήση των φυσικών παράκτιων περιοχών και οικοσυστημάτων από την μονοκαλλιέργεια, εξαιτίας της οποίας η φέρουσα ικανότητα των περιοχών αυτών υπερεκμεταλεύεται. Ως αποτέλεσμα παρατηρείται η περιβαλλοντική υποβάθμιση των περιοχών, η εμφάνιση ασθενειών, και η μειωμένη ανάπτυξη (για παράδειγμα η καταστροφή των μανγκρόβιων οικοσυστημάτων από την εκτροφή γαρίδων (της οικογένειας των *Penaeidae*) (Binh et al. 1997: Treece 2002: Davenport et al., 2003).

Μία λύση στα παραπάνω προβλήματα μπορεί να αποτελεί η εκτεταμένη και ισορροπημένη «πολυκαλλιέργεια», ένα ολοκληρωμένο σύστημα εκτροφής το οποίο υιοθετήθηκε αρχικά πριν από 4000 χρόνια στην Κίνα και πριν από 1500 χρόνια στη Χαβάη (Frankic & Hershner, 2003). Οι τεχνικές της πολυκαλλιέργειας αναμιγνύουν είδη που τους παρέχεται τροφή (για παράδειγμα ψάρια, γαρίδες), με φυτοφάγα είδη και διηθηματοφάγα είδη δημιουργώντας ένα πιο ισορροπημένο σύστημα υδατοκαλλιέργειας

(Naylor et al. 2000: McVey et al. 2002: Davenport et al., 2003). Ενώ η πολυκαλλιέργεια δεν έχει εφαρμοστεί σε μεγάλη κλίμακα μπορεί να προσφέρει ευκαιρίες για μείωση ή μεταφορά των υψηλών συγκεντρώσεων των θρεπτικών. Τα οικοσυστήματα ανακυκλώνουν φυσικά την ενέργεια και μπορεί να παρέχουν πόρους που χρειάζονται οι ανθρώπινοι πληθυσμοί εφόσον δεν διαταράσσονται (Frankie & Hershner, 2003). Σε πρόσφατη έκθεση του FAO (2009) το σύστημα της πολυκαλλιέργειας αναφέρεται ως ολοκληρωμένη πολυτροφική υδατοκαλλιέργεια (συνδυασμός ειδών από διαφορετικά τροφικά και διατροφικά επίπεδα στο ίδιο σύστημα) και αναφέρεται ότι η μέθοδος αυτή είναι σε ανάπτυξη και ότι προωθεί την οικονομική και περιβαλλοντική αειφορία. Επιπλέον αναφέρεται ότι υπάρχουν κίνδυνοι μεταφοράς ασθενειών από το ένα είδος στο άλλο που αποτελεί θέμα για την ασφάλεια της υγείας των καταναλωτών και καθώς η μέθοδος είναι νέα απαιτείται έρευνα για τη διασφάλιση της ποιότητας (FAO, 2009).

Η βιολογική υδατοκαλλιέργεια επίσης έχει τραβήξει την προσοχή του καταναλωτή με υποστηρικτές περιβαλλοντολόγους και καινοτόμους επιχειρηματίες. Μερικοί υποστηρίζουν ότι μειώνει τον κίνδυνο έκθεσης σε τοξικά χημικά από γεωργικά φάρμακα που μπορούν να συσσωρευθούν στο έδαφος, τον αέρα ή τα ύδατα και την τροφική αλυσίδα μειώνοντας έτσι τον κίνδυνο για την υγεία των καταναλωτών. Το αυξανόμενο ενδιαφέρον για τις βιολογικές υδατοκαλλιέργειες έχει οδηγήσει τις κυβερνήσεις στη θέσπιση κανόνων γι' αυτόν τον τομέα, ωστόσο τα πρότυπα ποιότητας που έχουν αναπτυχθεί διαφέρουν ανάμεσα στα κράτη αλλά και στις υπηρεσίες διαπίστευσης (FAO, 2009)

3.11 Κύρια σύσταση και μέλλον των ιχθυοτροφών

Οι υδατοκαλλιέργειες προβλέπεται το 2009 να φθάσουν στα υψηλότερα επίπεδα παραγωγής, να παρέχουν το μισό των συνολικών ποσοτήτων ψαριών και οστράκων που καταναλώνονται από τον ανθρώπινο πληθυσμό παγκοσμίως (FAO, 2008). Αν και η παραγωγή των ιχθυοκαλλιεργειών μειώνει τον κίνδυνο υπεραλίευσης των φυσικών πληθυσμών ψαριών, τα αποθέματα των φυσικών ιχθυοπληθυσμών υφίσταται μια επιπλέον αλιευτική πίεση, εφόσον αυξάνει το ποσοστό των ιχθυοκαλλιεργειών σαρκοφάγων ψαριών που καταναλώνουν παγκοσμίως ιχθυάλευρα και ιχθυέλαια σε

παγκόσμιο επίπεδο. Το ποσοστό αυτών έχει υπερδιπλασιαστεί την τελευταία δεκαετία κατά 68% και 88% αντίστοιχα (Tacon & Metian, 2008). Αυτές οι αλλαγές αντικατοπτρίζουν την ταχεία αύξηση της παραγωγής των ιχθυοκαλλιεργειών και τη μειωμένη χρήση των ιχθυάλευρων στον κτηνοτροφικό τομέα ως αποτέλεσμα των υψηλότερων τιμών που έχουν αποκτήσει. Θα πρέπει επίσης να σημειωθεί και η σημαντική βελτίωση της αποτελεσματικότητας των σιτηρεσιών στην ιχθυοκαλλιέργεια την ίδια περίοδο. Τα οφέλη που έχουν προκύψει από την υποκατάσταση συστατικών μη-ιχθυοπροέλευσης για τις τροφές των εκτρεφόμενων ψαριών είναι εντυπωσιακά. Η ποσότητα της παραγωγής παμφάγων και φυτοφάγων ειδών έχει επίσης αυξηθεί, όπως φαίνεται για παράδειγμα από την μετάβαση από την παραγωγή σαρκοφάγων γαρίδων σε φυτοφάγα είδη όπως *Penaeus monodon* ή παμφάγα είδη όπως *Litopenaeus vannamei*. Το ποσοστό των αλιευμάτων της συλλεκτικής αλιείας που χρησιμοποιούνται για την διατροφή των εκτρεφόμενων ψαριών έχει μειωθεί κατά 33 % και συγκεκριμένα από 1,04 % το 1995 σε 0,63 % το 2007 αν και για τον Ατλαντικό σολομό το ποσοστό παραμένει σχετικά υψηλό (5,0%). Η μείωση αυτή υπογραμμίζει το αυξανόμενο ποσοστό των παμφάγων ψαριών που παράγονται στις υδατοκαλλιεργητικές μονάδες και τις πιέσεις από την αγορά να μειωθούν τα ιχθυάλευρα και τα ιχθυέλαια που περιέχονται στις τροφές των εκτρεφόμενων ψαριών. Διάφορα συστατικά φυτικής ή ζωικής προέλευσης αποτελούν υποκατάστατα για τις ιχθυοτροφές ανάλογα με τις τιμές, την αποδοχή από τους καταναλωτές και υπάρχουν προοπτικές να αντικατασταθούν τα ιχθυέλαια με μονοκύτταρους οργανισμούς (Naylor et al., 2009).

Παρόλα αυτά, υφίστανται ακόμη προκλήσεις για τη μείωση του συνολικού επιπέδου της χρήσης των ιχθυάλευρων και ιχθυελαιών ως βασικά συστατικά στις ιχθυοτροφές και στην εξάλειψη των πιέσεων στη μείωση των ιχθυοαποθεμάτων στο μέλλον. Οι ευμετάβλητες αγορές προϊόντων έχουν διαταράξει την ομαλή μετάβαση στην υποκατάσταση των συστατικών των ιχθυοτροφών. Ακόμη, παρόλο που το ποσοστό των ιχθυάλευρων και των ιχθυελαιών ως συστατικά των ιχθυοτροφών έχει μειωθεί, η παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών έχει αυξηθεί σε ποσότητες καθώς οι καταναλωτικές προτιμήσεις έχουν στραφεί περισσότερο στα ψάρια τα οποία περιέχουν πολυακόρεστα λιπαρά της σειράς ω-3 κυρίως για λόγους υγείας (Naylor et al., 2009).

Κεφάλαιο 4. Υλικά και μέθοδοι της βιβλιογραφικής ανασκόπησης

4.1 Εισαγωγή

Στο κεφάλαιο αυτό, συνοψίζονται οι τεχνικές και οι μέθοδοι αναζήτησης που ακολουθήθηκαν στη βιβλιογραφική ανασκόπηση. Παρουσιάζονται τα κριτήρια επιλογής που χρησιμοποιήθηκαν για την επιλογή ή απόρριψη των ερευνητικών εργασιών, οι μέθοδοι αναζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν για να εντοπισθεί η σχετική βιβλιογραφία και οι μέθοδοι επεξεργασίας με τις οποίες οι σχετικές έρευνες αναλύθηκαν και αξιολογήθηκαν. Κρίνεται απαραίτητο να περιγραφούν οι μέθοδοι που ακολουθήθηκαν ώστε να τεκμηριωθεί η εγκυρότητα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης. Οι συγκεκριμένες μέθοδοι εφαρμόστηκαν με βάση τα κριτήρια και τα πρωτόκολλα που περιγράφονται σε εγχειρίδια που εξειδικεύονται στις τεχνικές βιβλιογραφικής ανασκόπησης (Hart, 1999: Boote & Beile, 2005: Cooper, 1998: Torgerson, 2003).

4.2 Κριτήρια επιλογής

Το πλαίσιο της ανασκόπησης διαμορφώθηκε από μία σειρά παραμέτρων που καθορίστηκαν στα πρώτα στάδια της ανασκόπησης (Πίν. 4).

Πίνακας 4: Οι παράμετροι της ανασκόπησης

Επίκεντρο της ανασκόπησης	Έρευνες στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών που εστιάζουν στην επίδραση των υδατοκαλλιεργειών
Χρονική κλίμακα	Έρευνες που έχουν δημοσιευθεί την περίοδο 1990-2009
Κατηγορίες υδατοκαλλιεργειών	Ιχθυοκαλλιέργειες, εκτροφές μαλακίων, οστρακοειδών, καλλιέργειες υδρόβιων φυτών συμπεριλαμβανομένων αλμυρών, γλυκών και υφάλμυρων υδάτων
Γεωγραφική αναφορά	Παγκόσμιο επίπεδο (έρευνες που έχουν δημοσιευθεί στην Αγγλική και Ελληνική γλώσσα).
Πηγές	Δημοσιευμένα άρθρα, εκθέσεις έρευνας, βιβλία και κρατικές/διεθνείς εκδόσεις

Αυτές οι παράμετροι αναζήτησης καθορίστηκαν για να εντοπιστούν ενδεικτικά στοιχεία από μία σειρά ερευνών σχετικές με τη δραστηριότητα της υδατοκαλλιέργειας. Η έμφαση στο διεθνές επίπεδο είναι απαραίτητη καθώς η έκταση των κλιματικών φαινομένων επηρεάζει το σύνολο του πλανήτη και οι υδατοκαλλιέργειες είναι μία δραστηριότητα που λόγω της μεγάλης ανάπτυξης που έχει γνωρίσει την τελευταία 50ετία συνεισφέρει κατά μεγάλο βαθμό στις επισιτιστικές ανάγκες του παγκόσμιου πληθυσμού. Να σημειωθεί ότι οι υδατοκαλλιέργειες είναι ανεπτυγμένη δυσανάλογα μεν στις Ασιατικές χώρες αλλά με αυξανόμενους ρυθμούς στις υπόλοιπες χώρες (βλέπε κεφάλαιο 2, περιγραφή της υφιστάμενης κατάστασης στις υδατοκαλλιέργειες). Το γεγονός ότι στην ανασκόπηση περιλαμβάνονται έρευνες από τις χρονολογίες 1990 έως 2009 (με μεγαλύτερο ποσοστό των ερευνών την περίοδο 2000-2009) αντικατοπτρίζει επίσης το σχετικό πρόσφατο ενδιαφέρον στο πεδίο της έρευνας των υδατοκαλλιεργειών που έρχεται ως απάντηση στις αυξανόμενες ανησυχίες τόσο της κοινής γνώμης όσο και της πολιτικής και των ερευνητών σχετικά με τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών.

4.3 Μέθοδοι αναζήτησης

Για να διασφαλιστεί η συστηματικότητα της βιβλιογραφικής ανασκόπησης απαιτούνται βιβλιογραφικές μέθοδοι για την αναζήτηση και την αναγνώριση ερευνών από διαφορετικές πηγές (Boote & Beile, 2005). Με βάση τις παραμέτρους ανασκόπησης, η σχετική βιβλιογραφία εντοπίστηκε χρησιμοποιώντας συμπληρωματικές μεθόδους αναζήτησης οι οποίες περιλαμβάνουν:

- αναζήτηση σε βιβλιογραφικές βάσεις δεδομένων
- αναζήτηση σε επιστημονικά περιοδικά που είναι διαθέσιμα στο διαδίκτυο
- αναζήτηση σε χειρόγραφα αντίτυπα επιστημονικών περιοδικών σχετικά με τις υδατοκαλλιέργειες και τις κλιματικές αλλαγές
- αναζήτηση σε ιστοσελίδες σχετικές με τις υδατοκαλλιέργειες και τις κλιματικές αλλαγές

Λεπτομέρειες σχετικά με τις πηγές που χρησιμοποιήθηκαν κατά την βιβλιογραφική ανασκόπηση παραθέτονται στον Πίνακα 5.

Χρησιμοποιώντας τις παραπάνω μεθόδους η αναζήτηση κατέληξε σε ένα μεγάλο αριθμό υποθετικά σχετικών ερευνών από τις οποίες επιλέχθηκε ένας συγκεκριμένος

αριθμός για πιο λεπτομερή ανασκόπηση. Οι δημοσιεύσεις επιλέχθηκαν τελικά με βάση το αν περιλάμβαναν σαφή αναφορά σε αποτελέσματα έρευνας ή αξιολόγησης (σε αντιπαράθεση με εκθέσεις που απλώς περιγράφουν την υφιστάμενη κατάσταση) και με βάση το αν το επίκεντρο του θέματος της δημοσίευσης ήταν σύμφωνο με τις παραμέτρους της ανασκόπησης.

Να σημειωθεί ότι ενώ χρησιμοποιήθηκε και ελληνική ορολογία στην αναζήτηση βιβλιογραφίας, δεν εντοπίστηκαν σχετικές έρευνες που εστιάζουν στις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στην υδατοκαλλιέργεια και ιδιαίτερα στην υδατοκαλλιέργεια στην Ελλάδα. Πρόσθετα, στην ελληνική βιβλιογραφία (συνήθως εκθέσεις) οι πηγές που χρησιμοποιούνται προέρχονται κυρίως από τη διεθνή βιβλιογραφία στο συγκεκριμένο πεδίο και γι αυτό το λόγο δικαιολογείται η έμφαση που δόθηκε στις ξενόγλωσσες πηγές έρευνας στην παρούσα βιβλιογραφική ανασκόπηση.

Πίνακας 5: Λεπτομέρειες διαδικασίας αναζήτησης

Λέξεις κλειδιά που χρησιμοποιήθηκαν	Aquaculture, climate change impacts, climate change, global warming, fish culture, fish farming, κλιματικές αλλαγές, επιπτώσεις κλιματικών αλλαγών, φαινόμενο του θερμοκηπίου	
Βάσεις δεδομένων αναζήτησης που χρησιμοποιήθηκαν	<u>Web of Knowledge</u> –γενική βάση δεδομένων που περιλαμβάνει επίσης αναζήτηση στις βάσεις: <u>Web of Science</u> , <u>Biosis Previews</u> <u>Encyclopedia of Life Sciences</u> Faculty of 1000: Biology Google Scholar	
Λίστα των περιοδικών που χρησιμοποιήθηκαν στην ανασκόπηση	Acta Oecologica Annual Review Ecological Systematics Aquaculture Aquaculture Association of Canada Spec. Publ Aquaculture International	Eurofish Magazine Fisheries Management and Ecology GeoJournal Global Environmental Change Helgoland Marine Research Hydrobiologia Hydrological Science Journal

Aquaculture Research	INFOFISH International
Aquatic Biology	Journal of Marine Science
Aquatic Resources, Culture and Development	Journal of Fish Biology
Biodiversity and Conservation	Limnology and Oceanography
Canadian Journal of Zoology	Live Reef Fish Information Bulletin
Climate Research	Nature
Conservation Biology	Nature online
Ecological Applications	Reviews in Fish Biology and Fisheries
Ecography	Reviews in Fisheries Science
Ecosystem health	Science
Environmental Economics and Management	Water Resources Development
Environmental management	World Development
Environment	
Estuarine Coastal and Shelf Science	

Άλλες πηγές	<p>Βιβλία με θέμα τις κλιματικές αλλαγές ή τις υδατοκαλλιέργειες</p> <p>Τεχνικές εκθέσεις διεθνών οργανισμών π.χ. FAO, IPCC</p> <p>Και ιστοσελίδες οργανισμών που σχετίζονται με την υδατοκαλλιέργεια π.χ. FIN (Fishmeal Information Network)</p> <p>http://www.gafta.com/fin/fin.html</p> <p>http://www.enaca.org/</p>
-------------	---

4.4 Διαδικασία της ανασκόπησης

Αφού εντοπίστηκε η σχετική βιβλιογραφία και αποφασίστηκε ποιές ερευνητικές εργασίες θα συμπεριληφθούν στην ανασκόπηση, το σύνολο των εργασιών και εκθέσεων αριθμείται σε 172 (συμπεριλαμβάνονται στη βιβλιογραφία που επισυνάπτεται στο τέλος). Για να διασφαλιστεί η συστηματικότητα στη διαδικασία της ανασκόπησης όλες οι δημοσιεύσεις αναλύθηκαν με βάση ένα συγκεκριμένο πλαίσιο που σχεδιάστηκε για να εξαχθούν πληροφορίες για τρεις σκοπούς:

Κατηγοριοποίηση και αναφορά-Βασικές περιγραφικές πληροφορίες (π.χ. στοιχεία της δημοσίευσης, γεωγραφική περιοχή, είδος υδατοκαλλιέργειας) καθώς και να χαρακτηριστεί σε ποια κατηγορία ανήκει για να διευκολυνθεί η ανάλυση ενός μεγάλου αριθμού μελετών.

Αξιολόγηση-σχετικά με την σε βάθος και λεπτομερή αναφορά για διαφορετικές πτυχές κάθε έρευνας π.χ. μεθοδολογία, δειγματοληψία, τα κύρια συμπεράσματα, εγκυρότητα και τυχόν συγκεκριμένες αδυναμίες ή θετικά σημεία των μελετών.

Σύνθεση/ανάλυση για να παραχθούν ιδέες σχετικά με τη συνεισφορά κάθε δημοσίευσης στη βάση τεκμηρίωσης (π.χ. κύρια ευρήματα, κύρια συμπεράσματα) και περιπτώσεις που τα αποτελέσματα των ερευνών συγκλίνουν ή αποκλίνουν.

Σημαντικό μέρος της διαδικασίας της ανασκόπησης ήταν η κριτική ανάλυση των διαθέσιμων τεκμηριωμένων στοιχείων σχετικά με την εγκυρότητα και αξιοπιστία των αποτελεσμάτων των μεμονωμένων μελετών και τις αδυναμίες και τα δυνατά σημεία του συνόλου της έρευνας στο πεδίο των υδατοκαλλιεργειών και των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών.

Κεφάλαιο 5. Επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στα συστήματα υδατοκαλλιέργειας

5.1.Εισαγωγή

Είναι δύσκολο να εκτιμήσουμε τις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών σε κοινωνικο-οικονομικούς όρους λόγω της αβεβαιότητας γύρω από την έκταση και το βαθμό των προβλεπόμενων αλλαγών καθώς και σε ορισμένες περιπτώσεις την περιορισμένη γνώση των δυνητικών βιοφυσικών επιπτώσεων στα συστήματα εκτροφής. Φαίνεται πως η έρευνα για τις πιθανές επιπτώσεις των κλιματικών μεταβλητών στην υδατοκαλλιέργεια είναι περιορισμένη, πιθανώς επειδή το ζήτημα της κλιματικής αλλαγής δε θεωρήθηκε ως προτεραιότητα από τη βιομηχανία. Ωστόσο, η κατανόηση των μηχανισμών μέσα από τους οποίους η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τα συστήματα παραγωγής υδατοκαλλιέργειας είναι αναγκαία για τον κατάλληλο σχεδιασμό των πολιτικών και των στρατηγικών διαχείρισης στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας, ειδικότερα όταν το μέλλον του τομέα της αλιείας νοείται κατά μεγάλο ποσοστό με όρους αυξανόμενης υποστήριξης για την ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας.

Οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής μπορεί να είναι σημαντικές σε μια ευρεία κλίμακα παγκοσμίου επιπέδου μέχρι τις τοπικές κοινωνίες. Με το συνδυασμό δεικτών σε εθνικό και παγκόσμιο επίπεδο, με μελέτες περιπτώσεων σε επίπεδο περιφέρειας ή τοπικών κοινωνιών ίσως είναι δυνατό να επισημάνουμε και να κατανοήσουμε καλύτερα μια ευρύτερη κλίμακα επιπτώσεων (O' Brien et al., 2004). Για παράδειγμα ενώ μια μεγάλη περιοχή μπορεί να έχει εκτεθεί σε κινδύνους πλημμύρων ή ξηρασίας, η ικανότητα προσαρμογής των διαφόρων κοινωνιών εντός της περιοχής μπορεί να ποικίλει σε μεγάλο βαθμό. Ένα άλλο παράδειγμα θα μπορούσε να είναι μια κατάσταση όπου οι τοπικές επιδράσεις της μειωμένης παραγωγής ως αποτέλεσμα κλιματικών αλλαγών συνδυάζονται με μείωση στην τιμή ενός προϊόντος, ή αυξήσεις στην τιμή των εισροών όπως οι τροφές, ως αποτέλεσμα αλλαγής της εθνικής ή της διεθνούς πολιτικής και των παγκόσμιων αγορών.

Ο Arnason (2003) προβλέπει ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής στην αλιεία έχουν δύο τουλάχιστον όψεις: μεταβάλλουν τη διαθεσιμότητα των ψαριών στους ψαράδες (άμεση επίπτωση) και αλλάζουν την τιμή και τη διαθεσιμότητα των προϊόντων ψαριών και των εισροών των ιχθυοτροφείων (έμμεση επίπτωση). Εδώ γίνεται μια παρόμοια διάκριση για την υδατοκαλλιέργεια με άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις οι οποίες συζητούνται ξεχωριστά στα πλαίσια μια προσπάθειας να ξεκαθαρίσουν οι εμπλεκόμενες οδοί, αν και είναι αναγνωρισμένο ότι πρόκειται για αλληλεπίδραση και των δύο παραπάνω συστατικών μέσα από πολλαπλές οδούς που τελικά καθορίζουν την ευπάθεια των βιοποριστικών μέσων στις κλιματικές αλλαγές. Οι κλιματικές αλλαγές θα επιδράσουν σε μια ευρεία κλίμακα τομέων και είναι πιθανό να έχουν συνεργιστικές επιπτώσεις με ορισμένες κοινωνικοοικονομικές και περιβαλλοντικές πιέσεις (IPCC, 2001b· O'Brien et al., 2004). Επιπλέον, θα πρέπει να ληφθεί υπόψη και η αλληλεπίδραση ανάμεσα σε διαφορετικά συστήματα καθώς και η πιθανότητα των εξελίξεων σε ένα σύστημα να επηρεάσουν άμεσα ή έμμεσα τις αντίστοιχες σε άλλο σύστημα (Brooks, 2003). Η ιδέα αυτή ερευνάται στην παρούσα μελέτη λαμβάνοντας υπόψη πώς οι αλλαγές στα συστήματα αλιευτικής παραγωγής μπορούν έμμεσα να επιδράσουν στην υδατοκαλλιέργεια.

Καθώς η υδατοκαλλιέργεια έχει αυξανόμενη τάση τα τελευταία είκοσι χρόνια για την παραγωγή τροφής και για την εξασφάλιση της επισιτιστικής ασφάλειας και η έρευνα για τις επιδράσεις των κλιματικών αλλαγών αυξάνεται, αλλά ελάχιστη έρευνα γίνεται για τη σύζευξη των δύο. Στην παρούσα εργασία εξετάστηκε ένας συνδυασμός εργασιών, μερικές μελέτες από τις οποίες ήταν ποιοτικές και παρατηρητικές, εξετάζοντας την κλιματική μεταβλητότητα στο παρελθόν και το παρόν (που συχνά χρησιμοποιήθηκε ως αντιπροσωπευτική για την κλιματική αλλαγή) επιδράσεων στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας, ενώ λίγες ερεύνησαν μελλοντικά σενάρια κλιματικών αλλαγών και προέβλεψαν επιδράσεις για τη βιομηχανία της υδατοκαλλιέργειας. Αξίζει να σημειωθεί ότι ο αριθμός από τις επισταμένως αναθεωρημένες μελέτες που εστιάζουν στο θέμα είναι περιορισμένος, επισημαίνοντας ένα κενό στην έρευνα.

5.2 Επιπτώσεις στην παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών.

Αντίθετα με τα υπόλοιπα εκτρεφόμενα ζώα, όλα τα υδρόβια εκτρεφόμενα είδη είναι ποικιλόθερμα. Συνεπώς, κάποια αύξηση και/ή μείωση στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος θα επηρεάσει σημαντικά τον γενικό μεταβολισμό και συνεπώς τον ρυθμό ανάπτυξης της συνολικής παραγωγής, της αναπαραγωγής, της εποχικότητας και ενδεχομένως της αναπαραγωγικής αποδοτικότητας (π.χ. σχετική γονιμότητα, τον αριθμό των ωαρίων (βλ. Wood and McDonald, 1997), της αυξημένης ευπάθειας σε νόσους και ακόμα και σε τοξικές ουσίες (Ficke *et al.*, 2007). Η κατώτερη και η ανώτερη θερμοκρασία αντοχής και το βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας παρουσιάζουν μεγάλες διαφορές για τα διάφορα είδη ψαριών (Πίνακας 6). Συνεπώς, οι διαφορές στη θερμοκρασία που προκαλούνται από τις κλιματικές αλλαγές αναγκαστικά έχουν συνέπειες στη χωρική κατανομή των υδατοκαλλιεργητικών δραστηριοτήτων που είναι συγκεκριμένες για ορισμένα είδη.

Πίνακας 6. Αντοχές στη θερμοκρασία επιλεγμένων, εκτρεφόμενων ειδών διαφορετικής κλιματικής κατανομής. (Ficke <i>et al.</i> 2007).			
Οργάνωση με βάση το κλίμα/θερμοκρασία / Είδη	Ακραία όρια θερμοκρασιών (°C)		Βέλτιστο εύρος (°C)
	Χαμηλό	Υψηλό	
Τροπικά είδη			
Τιλάπια Redbelly (<i>Tilapia zillii</i>)	7	42	28,8-31,4
Τιλάπια Γουινέας (<i>Tilapia guineensis</i>)	14	34	18-32
Θερμών υδάτων (υποτροπικά)			
Ευρωπαϊκό χέλι (<i>Anguilla anguilla</i>)	0	39	22-23
Γατόψαρα (<i>Ictalurus punctatus</i>)	0	40	20-25
Εύκρατα /πολικά			
Αρκτοσαλβελίνος (<i>Salvelinus alpinus</i>)	0	19,7	6-15
Ιριδίζουσα πέστροφα (<i>Oncorhynchus mykiss</i>)	0	27	9-14
Σολομός Ατλαντικού (<i>Salmo salar</i>)	-0,5	25	13-17

Περαιτέρω, η υδατοκαλλιέργεια πραγματοποιείται σε τρία εντελώς διαφορετικά περιβάλλοντα, ενδεικτικά σε γλυκά, στη θαλάσσια και σε υφάλμυρα ύδατα, και το καθένα είναι κατάλληλο για συγκεκριμένα είδη υδρόβιων ειδών με συγκεκριμένα χαρακτηριστικά στη φυσιολογία τους. Οι κλιματικές αλλαγές ενδεχομένως να επιφέρουν σημαντικές αλλαγές ιδιαίτερα όσο αφορά την αλατότητα και τις θερμοκρασίες σε υφάλμυρα ύδατα και συνεπώς να επηρεάσουν την παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας σε αυτά τα περιβάλλοντα. Σε αυτό το πλαίσιο, οι τρέχουσες δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας θα μπορούσαν να ανταποκριθούν στο βαθμό της ανόδου της στάθμης της θάλασσας και την εισχώρηση υφάλμυρων υδάτων στην ενδοχώρα, μεταφέροντας τις εγκαταστάσεις εκτροφής ή εναλλακτικά εκτρέφοντας είδη περισσότερο ανθεκτικά σε αυξημένες τιμές αλατότητας. Υπάρχει μία αμφίδρομη σχέση ανάμεσα στη θερμοκρασία και την αλατότητα. Η μία επηρεάζει την άλλη. Αυτές οι επιρροές διαφέρουν σημαντικά στους εκτρεφόμενους υδρόβιους οργανισμούς και πρέπει να ληφθούν υπόψη στην ανάπτυξη προσαρμοστικών μέτρων.

Οι σχετιζόμενες με το κλίμα αλλαγές στα συστήματα παραγωγής υδατοκαλλιέργειών μπορούν γενικά να ομαδοποιηθούν ως: αλλαγές στη θερμοκρασία του αέρα και των γλυκών υδάτων, αλλαγές στην ηλιακή ακτινοβολία, αλλαγές στη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας, αλλαγές στις υπόλοιπες ωκεανογραφικές μεταβλητές (ρεύματα, ταχύτητα ανέμου, ύψος κύματος κ.λπ.), άνοδος του επιπέδου της θάλασσας, αύξηση στη συχνότητα ή την ένταση ακραίων γεγονότων και έλλειψη νερού. Οι μεταβολές αυτές με τη σειρά τους θα προκαλέσουν φυσιολογικές (αύξηση, ανάπτυξη, αναπαραγωγή, ασθένειες), οικολογικές (οργανικοί και ανόργανοι κύκλοι, θήρευση, λειτουργίες οικοσυστήματος) και λειτουργικές (επιλογή ειδών, επιλογή θέσης, τεχνολογία ιχθυοκλωβών κλπ.) μεταβολές.

Η διαφορά ανάμεσα στις σταδιακές αλλαγές των μέσων όρων στις κλιματικές μεταβλητές απέναντι σε ακραία γεγονότα (σοκ και τάσεις), καθώς και στον τύπο, την κλίμακα και την ένταση του συστήματος εκτροφής, λαμβάνονται υπόψη ως σημαντικές γενικές έννοιες όταν αναφερόμαστε στις κλιματικές επιπτώσεις. Οι πιθανές οδοί επίδρασης της κλιματικής αλλαγής στην υδατοκαλλιέργεια συνοψίζονται στον Πίνακα 6.

Πίνακας 6. Πιθανές επιπτώσεις κλιματικής αλλαγής στην υδατοκαλλιέργεια

Κατηγορίες αλλαγών	Αντίκτυπος στα συστήματα εκτροφής	Λειτουργικός αντίκτυπος
Αλλαγές στη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας	<ul style="list-style-type: none"> • Αύξηση στις συγκεντρώσεις τοξικών φυκών που απελευθερώνουν τοξίνες στο νερό και θανατώνουν την παραγωγή ψαριών. • Μείωση του διαλελυμένου οξυγόνου • Αύξηση ασθενειών και παρασίτων • Ενίσχυση της χρονικής περιόδου εκτροφής • Αλλαγή στην τοποθεσία εκτροφής συγκεκριμένων ειδών • Χαμηλότερη φυσική χειμερινή θνησιμότητα • Αυξημένοι ρυθμοί ανάπτυξης ρυθμοί μεταβολισμού • Αυξημένη πρωτογενής παραγωγικότητα (φωτοσυνθετική δραστηριότητα) που ευνοεί την εκτροφή δίθυρων μαλακίων) • Μεταβολή των τοπικών οικοσυστημάτων – ανταγωνιστές και κυνηγοί • Ανταγωνισμός, παρασιτισμός και καταβροχθισμός από εξωτικά είδη και εισβολείς 	<ul style="list-style-type: none"> • Αλλαγές στη δομή και τα λειτουργικά κόστη • Αυξημένη ρύπανση ρυπογόνων οργανισμών, παρασίτων, επιβλαβών ειδών ή/και αρπακτικών • Διευρυμένη γεωγραφική διανομή και εύρος των υδάτινων ειδών προς εκτροφή • Αλλαγές στα επίπεδα παραγωγής
Επίδραση στη γεωμορφολογία των ακτών	<ul style="list-style-type: none"> • Ζημιά σε κοραλλιογενείς υφάλους που μπορεί να βοηθούσαν στην προστασία των ακτών από τη δραστηριότητα των 	<ul style="list-style-type: none"> • Αυξημένη πιθανότητα ζημιάς σε υποδομές από κύματα ή πλημμύρες των ηπειρωτικών παράκτιων περιοχών

	κυμάτων – μπορεί σε συνδυασμό με την άνοδο του επιπέδου της θάλασσας να αύξηση περαιτέρω την έκθεση	από καταιγίδες
Αλλαγές σε άλλες ωκεανογραφικές μεταβλητές (μεταβολές σε ταχύτητα ανέμου, ρεύματα και δραστηριότητα κυμάτων)	<ul style="list-style-type: none"> • Μειωμένος ρυθμός ροής που μπορεί να επηρεάσει τη διαθεσιμότητα τροφής στα όστρακα • Μεταβολές στις ανταλλαγές νερού και διασκορπισμό αποβλήτων • Αλλαγές στην αφθονία και/ή στο εύρος των ειδών των αλιευμάτων που χρησιμοποιούνται στην παραγωγή ιχθυάλευρου και ιχθυέλαιου 	<ul style="list-style-type: none"> • Συσσώρευση αποβλήτων στα ιχθυοτροφεία • Αυξημένα λειτουργικά κόστη
Άνοδος του επιπέδου της θάλασσας	<ul style="list-style-type: none"> • Απώλεια περιοχών διαθέσιμων για υδατοκαλλιέργεια • Απώλεια περιοχών όπως τα μαγκρόβια δάση που ίσως παρέχουν προστασία από κύματα/πλημμύρες και δρουν ως περιοχές νηπιακής ανάπτυξης ιχθυδίων, μετανυμφών ειδών που χρησιμοποιούνται στην υδατοκαλλιέργεια • Η άνοδος του επιπέδου της θάλασσας σε συνδυασμό με καταιγίδες μπορεί να δημιουργήσουν σοβαρότερες πλημμύρες • Υφαλμύρωση υπογείων υδάτων 	<ul style="list-style-type: none"> • Ζημιές σε υποδομές • Αλλαγές στις ζώνες υδατοκαλλιέργειας • Ανταγωνισμός για χώρο με οικοσυστήματα που παρέχουν υπηρεσίες παράκτιας προστασίας (πχ. τα μαγκρόβια) • Αυξημένο ασφαλιστικό κόστος • Μειωμένη διαθεσιμότητα πόσιμου νερού
Αύξηση στη συχνότητα και/ή ένταση καταιγίδων	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγάλα κύματα • πλημμύρες από καταιγίδες • Πλημμύρες από εντατική βροχόπτωση • Κατασκευαστικές ζημιές • Μεταβολές στην 	<ul style="list-style-type: none"> • Απώλεια αποθεμάτων • Ζημιές σε εγκαταστάσεις • Υψηλότερο κόστος κεφαλαίου, ανάγκη για σχεδιασμό

	<p>αλατότητα</p> <ul style="list-style-type: none"> • Εισαγωγή ασθενειών ή αρρακτικών κατά τη διάρκεια πλημμυρών 	<p>αγκυροβόλιων, προβλητών κλπ. για τους κλωβούς ώστε να αντέχουν τα φαινόμενα</p> <ul style="list-style-type: none"> • Αρνητικές επίπτώσεις στους τοίχους και την προστασία των δεξαμενών • Αυξημένο ασφαλιστικό κόστος
<p>Υψηλότερες θερμοκρασίες γλυκών υδάτων (πιθανές αιτίες: αλλαγές στην θερμοκρασία του αέρα, αύξηση στην ηλιακή ακτινοβολία και την ταχύτητα του ανέμου</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Μειωμένη ποιότητα νερού ειδικότερα σε συγκεντρώσεις διαλελυμένου οξυγόνου • Αυξημένα περιστατικά ασθενειών και παρασίτων • Αυξημένη πρωτογενής παραγωγικότητα που ίσως ωφελήσει την παραγωγή • Αλλαγή στην τοποθεσία εκτροφής και/ή το μέγεθος του κατάλληλου εύρους για δεδομένα είδη • Αυξημένος μεταβολικός ρυθμός που οδηγεί σε αυξημένο ρυθμό διατροφής, βελτιωμένο ρυθμό μετατροπής της τροφής και ανάπτυξης με δεδομένο ότι η ποιότητα του νερού και τα επίπεδα του διαλελυμένου οξυγόνου είναι επαρκή αλλιώς η απόδοση διατροφής και ανάπτυξης μπορεί να μειωθεί 	<ul style="list-style-type: none"> • Αλλαγές στα επίπεδα παραγωγής • Αλλαγές στα λειτουργικά κόστη • Αυξημένο κόστος κεφαλαίου πχ. Αερισμός, βαθύτερες δεξαμενές • Αλλαγή στα εκτρεφόμενα είδη
<p>Πλημμύρες λόγω αλλαγών σε κατακρημνίσεις (ένταση, συχνότητα, εποχικότητα, διακύμανση)</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Αλλαγές στην αλατότητα • Εισαγωγές ασθενειών ή αρρακτικών • Κατασκευαστικές ζημιές • Διαφυγή αποθέματος 	<ul style="list-style-type: none"> • Απώλεια αποθέματος • Ζημιές σε εγκαταστάσεις • Υψηλότερο κόστος κεφαλαίου σχετικού με την κατασκευαστική αντίσταση στις πλημμύρες

		<ul style="list-style-type: none"> • Αυξημένο ασφαλιστικό κόστος
Ξηρασία (ως ακραίο φαινόμενο (σοκ), σε αντίθεση με τη σταδιακή μείωση της διαθεσιμότητας νερού)	<ul style="list-style-type: none"> • Αλλαγές στην αλατότητα • Μειωμένη ποιότητα νερού • Μειωμένος όγκος νερού 	<ul style="list-style-type: none"> • Απώλεια αποθέματος • Απώλεια ευκαιριών – περιορισμένη παραγωγή (πιθανόν δύσκολη η ασφάλιση)
Έλλειψη νερού (ως σταδιακή μείωση της διαθεσιμότητας νερού (τάση) λόγω αυξημένου ρυθμού εξάτμισης και μειωμένων βροχοπτώσεων)	<ul style="list-style-type: none"> • Υποβαθμισμένη ποιότητα νερού που οδηγεί σε αύξηση ασθενειών • Μειωμένα επίπεδα δεξαμενών • Τροποποιημένη και μειωμένη παροχή πόσιμου νερού – μεγαλύτερος κίνδυνος επιπτώσεων από ξηρασία αν η παροχή είναι οριακή 	<ul style="list-style-type: none"> • Κόστος διατήρησης του επιπέδου των δεξαμενών τεχνητά • Συγκρούσεις με άλλους χρήστες νερού • Απώλεια αποθέματος • Μειωμένη ικανότητα παραγωγής • Αυξημένο παραγωγικό κόστος ανά μονάδα • Αλλαγή των προς εκτροφή ειδών

5.2.1 Συνέπειες σχετικές με την αύξηση της θερμοκρασίας

Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι μία βασική συνέπεια της κλιματικής αλλαγής. Οι αυξημένες θερμοκρασίες επιφέρουν σχετικές αλλαγές στη ροή και τη στρωμάτωση των υδάτινων όγκων, επιδεινώνουν την εμφάνιση υπερβολικού αριθμού φυκών και των κόκκινων παλιρροιών κ.λπ. Όλοι αυτοί οι παράγοντες θα μπορούσαν να έχουν σημαντικές συνέπειες στην υδατοκαλλιέργεια.

Οι αλλαγές στη θερμοκρασία θα έχουν επιπτώσεις στην επιλογή των ειδών σε μια δεδομένη τοποθεσία. Ακόμη, πιθανώς να επηρεαστούν και άλλοι παράγοντες όπως τα επίπεδα του οξυγόνου, εξάρσεις τοξικών φυκών και η διάδοση παρασίτων, ασθενειών και αύξηση των αρπακτικών (2WE Associates Consulting LTD, 2000). Σε εύκρατες περιοχές οι αυξανόμενες θερμοκρασίες μπορούν να φέρουν τα πλεονεκτήματα των ταχύτερων ρυθμών ανάπτυξης και μεγαλύτερων περιόδων ανάπτυξης. Οι McCauley και Beitinger (1992) προβλέπουν ότι για κάθε 1° C αύξησης στη θερμοκρασία το γεωγραφικό εύρος για την εκτροφή του γατόψαρου (*Ictalurus punctatus*) θα ανέβει

βόρεια περίπου 240 χλμ. Το γατόψαρο προσφέρει μια καλή απεικόνιση ορισμένων από τα κόστη και των ωφελειών των υψηλότερων θερμοκρασιών. Ο ρυθμός ανάπτυξης και κατά συνέπεια η έκταση παραγωγής ανά μονάδα θα αυξηθεί με την αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του νερού, αλλά για θερμοκρασίες πάνω από τους 30 °C τρέφεται λιγότερο και η ανάπτυξη επιβραδύνεται (McCauley και Beitinger, 1992). Το γεγονός αυτό μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένες παραγωγές στις εκτροφές των ψυχρότερων περιοχών ενώ σε αυτές των στις θερμότερων περιοχών θα μειωθεί η παραγωγή.

Για να αξιολογηθεί η επίδραση στην υδατοκαλλιέργεια και να εξεταστούν τα κατάλληλα προσαρμοστικά μέτρα είναι απαραίτητη η διάκριση των εσωτερικών υδάτων και του θαλάσσιου περιβάλλοντος ως μεμονωμένων ενοτήτων.

5.2.1.1 Υδατοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων

- **Υδατοκαλλιέργεια σε υδροστάσια**

Το μεγαλύτερο μέρος της υδατοκαλλιέργειας στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές είναι η εκτροφή ψαριών. Η ιχθυοκαλλιέργεια στην ενδοχώρα γίνεται στα υδροστάσια, το μέγεθος των οποίων εκτείνεται από λίγες εκατοντάδες τετραγωνικά μέτρα μέχρι και μερικές δεκάδες στρέμματα. Συχνά τα υδροστάσια είναι ρηχά, τα βαθύτερα παρατηρούνται στις εκτροφές γατόψαρων στο Βιετνάμ, με μέσο βάθος νερού 4 με 4,5 m. Οι βασικοί παράγοντες που συμβάλλουν στον καθορισμό της θερμοκρασίας του νερού των υδροστασιών είναι η ηλιακή ακτινοβολία, η ατμοσφαιρική θερμοκρασία, η ταχύτητα του αέρα, η υγρασία, η θολότητα του νερού και η μορφομετρία του υδροστασίου. Η προβλεπόμενη αύξηση στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος θα προκαλέσει αύξηση στις εξατμίσεις και τη νέφωση (IPCC, 2007) και συνεπώς θα μειωθούν οι ακτίνες του ήλιου που φτάνουν στις λίμνες, στα ποτάμια και στα υδροστάσια. Συνεπώς συνολικά, η αύξηση στην παγκόσμια θερμοκρασία μπορεί να μην προκαλέσει αντίστοιχες αυξήσεις στις εκτροφές στην ενδοχώρα. Αυτό σημαίνει ότι μπορεί να μην χρειαστεί να προγραμματιστούν αλλαγές στα είδη ή στον τρόπο λειτουργίας των σημερινών μορφών υδατοκαλλιέργειας, ιδιαίτερα στα τροπικά και τα υποτροπικά μέρη.

Ωστόσο, το σενάριο αυτό μπορεί να διαφέρει ελαφρώς όσον αφορά την υδατοκαλλιέργεια σε λίμνες στις εύκρατες περιοχές. Αυτή η δραστηριότητα βρίσκεται σε χαμηλή θέση σε παγκόσμια κλίμακα και περιορίζεται κυρίως στα είδη σολομού και σε μικρότερο βαθμό στα κυπρινοειδή. Οι σαλμονίδες που εκτρέφονται κυρίως στα γλυκά νερά είναι η ιριδίζουσα πέστροφα (*Oncorhynchus mykiss*) και η καφέ πέστροφα (*Salmo trutta*), οι οποίες έχουν ένα πολύ περιορισμένο βέλτιστο εύρος θερμοκρασίας και ένα σχετικά χαμηλό ανώτερο όριο αντοχής (Πίν. 6). Αυτά τα είδη εκτρέφονται επίσης στις τροπικές ορεινές περιοχές, σε μικρότερη κλίμακα αλλά παρέχουν τα προς το ζην σε φτωχές κοινότητες εκτροφών. Η αύξηση της θερμοκρασίας του αέρα θα μπορούσε να συνδέεται με αυξήσεις στη θερμοκρασία των υδροστασίων υδατοκαλλιέργειας, επηρεάζοντας την παραγωγικότητα και σε ορισμένες περιπτώσεις προκαλώντας θνησιμότητα. Στις περισσότερες περιπτώσεις, οι πρακτικές εκτροφής για την πέστροφα και τα άλλα ψυχρόφιλα είδη πραγματοποιούνται σε υδροστάσια με αυξημένη ανανέωση υδάτων ή σε περιοχές με συνεχή ροή νερού, όλο το 24ωρο. Αυτή η ανταλλαγή υδάτων μπορεί να αμβλύνει τις ενδεχόμενες συνέπειες από τις αυξημένες θερμοκρασίες. Ωστόσο, η αυξημένη κυκλοφορία υδάτων είναι ένα ζήτημα για αυτά τα συστήματα στις περιόδους ξηρασίας που οφείλονται στις κλιματικές αλλαγές, όπως συμβαίνει στις Άνδεις της Νότιας Αμερικής όπου υποχωρούν οι παγετώνες.

Το παράδειγμα της λίμνης Τούλικ αφορά ένα φυσικό σύστημα ψυχρού κλίματος που είναι πολύ περιορισμένο θρεπτικά και συνεπώς δεν είναι εύκολα συγκρίσιμο με ένα τυπικό σύστημα υδατοκαλλιέργειας, όπου συχνά εκτρέφονται θερμόφιλα είδη και η εκτροφή των ζώων υποβοηθείται με την προσθήκη λιπασμάτων. Για τους εκτροφείς που στοχεύουν στη μεγιστοποίηση του κέρδους οι σχέσεις ανάμεσα στη θερμοκρασία, την ποσότητα τροφής που χορηγείται τη μετατρεψιμότητα τροφής κ.α. είναι σημαντικές για τα διαφορετικά είδη τα οποία εκτρέφουν. Οι στρατηγικές προσαρμογής στην αύξηση της θερμοκρασίας των υδάτων μπορεί να περιλαμβάνουν αλλαγές στη διατροφή, το ρυθμό προσφοράς τροφής καθώς και την αλλαγή του εκτρεφόμενου είδους.

Η αύξηση της θερμοκρασίας που προβλέπεται για τις ηπειρωτικές περιοχές από τα μοντέλα κλιματικών αλλαγών τυπικά αναφέρονται στη θερμοκρασία του αέρα. Η αύξηση της μέσης θερμοκρασίας του αέρα δεν αντιστοιχεί απαραίτητα στις αυξήσεις που παρατηρούνται στη θερμοκρασία των δεξαμενών υδατοκαλλιέργειας. Οι κύριοι

κλιματικοί παράγοντες που επηρεάζουν τη θερμοκρασία του νερού σε ένα ηπειρωτικό περιβάλλον είναι η ηλιακή ακτινοβολία, η θερμοκρασία του αέρα, η ταχύτητα του ανέμου και η υγρασία, σε συνδυασμό με το μέγεθος και το σχήμα του υδροστασίου εκτροφής και τις συνθήκες του νερού. Η διαύγεια και το χρώμα του νερού της υδροστασίου εκτροφής επίσης επηρεάζουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που απορροφάται και συνεπώς τη θερμοκρασία του νερού. Καθώς τα υδροστάσια είναι συνήθως θολά και ρηγά, η ηλιακή ακτινοβολία πιθανώς να επηρεάζει σημαντικά τη θερμοκρασία. (Kutty, 1987). Ίσως τα αυξημένα επίπεδα εξάτμισης του νερού που προβλέπεται ότι συνοδεύουν ένα θερμότερο κλίμα θα μειώσουν την ποσότητα της ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στα υδροστάσια λόγω της αυξημένης νεφοκάλυψης αντισταθμίζοντας μέρος της επίδρασης της αυξημένης θερμοκρασίας (IPCC, 2001a). Η ακριβής δημιουργία μοντέλου της θερμοκρασίας του νερού χρησιμοποιώντας κλιματικά δεδομένα είναι εξαιρετικά δύσκολη και ακόμη δυσκολότερη χρησιμοποιώντας μελλοντικά δεδομένα. Κάνοντας διάκριση ανάμεσα στις μέσες τιμές σε αντιδιαστολή με τη μεταβλητότητα και τις ακρότητες είναι πιθανό να χρησιμεύσει στην κατανόηση των οδών των επιπτώσεων. Όσον αφορά στη θερμοκρασία ίσως ο μεγαλύτερος αντίκτυπος να προέρχεται από την αύξηση στην κλιματική μεταβλητότητα και τον αριθμό των ακραίων θερμών ημερών και καυσώνων. Όσο για τις τάσεις στην αύξηση της μέσης θερμοκρασίας φαίνεται πιθανότερο ότι τα περισσότερα προβλήματα που σχετίζονται με τη ζέστη θα είναι αποτέλεσμα μειωμένης ποιότητας υδάτων, επιπέδων οξυγόνου, αυξημένης έλλειψης και συσχετιζόμενων ασθενειών και μειωμένης τροφής και απόδοσης ανάπτυξης παρά από την άμεση υπέρβαση των θερμικών αντοχών των ζώων που εμπλέκονται.

- **Ολοκληρωμένη υδατοκαλλιέργεια**

Η ολοκληρωμένη υδατοκαλλιέργεια είναι μία πολύ παλιά πρακτική που μπορεί να πάρει πολλές μορφές: καλλιέργεια ρυζιού μαζί με εκτροφή ιχθύων και/ή ενσωμάτωση της υδατοκαλλιέργειας με κτηνοτροφία. Όλες αυτές οι μορφές είναι πολύ παραδοσιακές πρακτικές, που πραγματοποιούνται σε οικογενειακές εγκαταστάσεις μικρής κλίμακας, συχνά μίας μονάδας.

Η ενσωματωμένη υδατοκαλλιέργεια είναι ακόμα σχετικά δημοφιλής στην αγροτική Κίνα και εξασκείται επίσης σε άλλες τροπικές ασιατικές χώρες και σε ορισμένες εύκρατες

περιοχές στην ανατολική Ευρώπη. Το ακριβές επίπεδο παραγωγής ψαριών και άλλων εμπορευμάτων από αυτές τις πρακτικές δεν είναι γνωστό, αλλά αρκεί για να πούμε ότι είναι σημαντικό για αγροτικές κοινότητες όπου η υδατοκαλλιέργεια ασκείται ως αποκλειστική βιοποριστική απασχόληση (Miao, 2009).

- **Εκτροφή σε κλωβούς**

Η υδατοκαλλιέργεια σε κλωβούς γίνεται όλο και περισσότερο μία σημαντική πτυχή της ανάπτυξης της υδατοκαλλιέργειας σε όλο τον κόσμο και αυτό θα συνεχιστεί και στο άμεσο μέλλον (Tacon and Halwart, 2007). Αυτή η τάση πιθανόν να ενισχύεται από:

- Τη συνειδητοποίηση της ανάγκης χρήσης των υφιστάμενων εσωτερικών υδάτων για την παραγωγή ψαριών προς βρώση, λόγω περιορισμένης διαθεσιμότητας γης και νερού, (De Silva and Phillips, 2007) και
- στο θαλάσσιο περιβάλλον για την ικανοποίηση των αυξανόμενων απαιτήσεων για βρώσιμο ψάρι υψηλότερης ποιότητας/διατροφικής αξίας,
- η υδατοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων σε κλωβούς θεωρείται, επίσης ένα σημαντικό μέσο για την παροχή εναλλακτικών πόρων εισοδήματος για άτομα που μετακινήθηκαν από υδροταμιευτήρες (Abery et al., 2005), μία κατάσταση που συναντάται σε μεγαλύτερο ποσοστό στην Ασία (Nguyen and De Silva, 2006).

Οι πρακτικές της χερσαίας εκτροφής σε κλωβούς παρουσιάζουν μεγάλη ποικιλία στην ένταση και τον τρόπο λειτουργίας και τα είδη που εκτρέφονται. Ωστόσο, ένα μεγάλο ποσοστό της χερσαίας εκτροφής σε κλωβούς πραγματοποιείται στις τροπικές περιοχές κυρίως σε υδροταμιευτήρες και λίμνες, με πιο παραδοσιακές και λιγότερο εμπορικές πρακτικές που εφαρμόζονται στα ποτάμια. Συνήθως, η ενδοχώρια εκτροφή σε κλωβούς περιορίζεται στην παραγωγή ψαριών χαμηλής προς μεσαίας διατροφικής αξίας (De Silva and Phillips, 2007). Η ανεξέλεγκτη αύξηση μονάδων εκτροφής σε κλωβούς σε πολλούς υδάτινους όγκους στις τροπικές περιοχές έχει οδηγήσει στη ρύπανση των υδάτων με αποτέλεσμα την εμφάνιση θανάτων στα ψάρια, τη μετάδοση νόσων και συνεπώς σε χαμηλότερα κέρδη κυρίως λόγω της μεγάλης πυκνότητας των κλωβών σε

ένα υδάτινο όγκο χωρίς να ληφθεί υπόψη η φέρουσα ικανότητα του οικοσυστήματος (Abery *et al.*, 2005).

Ο Ficke *et al.*, (2007) υποστηρίζει ότι οι κλιματικές αλλαγές θα μπορούσαν να επιδεινώσουν τον ευτροφισμό και να προκαλέσουν περισσότερη στρωμάτωση των στάσιμων νερών. Ο αυξημένος ευτροφισμός θα μπορούσε να οδηγήσει στην εξάλειψη του οξυγόνου κατά την ανατολή του ήλιου. Ξαφνικές αλλαγές στην κίνηση των ανέμων και βροχοπτώσεις θα οδηγούσαν σε άνοδο στην επιφάνεια βαθύτερων υδάτινων στρωμάτων με μικρή συγκέντρωση οξυγόνου, με ανεπιθύμητες παρενέργειες στις εκτροφές και στον πληθυσμό των ψαριών που ζει στον υδάτινο όγκο. Σήμερα, σε ορισμένους υδάτινους όγκους, τα προβλήματα έλλειψης οξυγόνου που προκαλούνται από την άνοδο των βαθύτερων υδάτινων στρωμάτων οδήγησαν στον περιορισμό των εκτροφών (μια εκτροφή ετησίως σε αντίθεση με τις δύο εκτροφές ετησίως που γίνονταν στο παρελθόν). Αναμένοντας τις κλιματικές αλλαγές θα έπρεπε να υπάρχει καλύτερος προγραμματισμός στις τροπικές δραστηριότητες εκτροφής σε κλωβούς για να αποτραπούν αυτές οι συνέπειες, διαφορετικά αυτά τα συστήματα εκτροφής δεν θα είναι πλέον δυνατόν να υπάρχουν. Ως προς αυτό, τα προσαρμοστικά μέτρα θα πρέπει να στοχεύουν σε μία προοπτική οικοσυστήματος με υψηλό βαθμό προσαρμογής ανάμεσα στο εύρος των πρακτικών εκτροφής σε κλωβούς και τη φέρουσα ικανότητα κάθε υδάτινου όγκου. Θα πρέπει να αποφεύγεται η τοποθέτηση των κλωβών σε ρηχές περιοχές και σε ζώνες περιορισμένης κυκλοφορίας των υδάτων.

Η παραδοσιακή εκτροφή σε ιχθυοκλωβούς σε ποταμούς εμφανίζεται στις περισσότερες τροπικές περιοχές της Ασίας. Ωστόσο σε όρους παραγωγικότητας, η συνεισφορά τους θεωρείται σχετικά μικρή αν και παρέχουν τα μέσα για την επιβίωση σε πολλούς ανθρώπους των παραποτάμιων περιοχών. Συχνά αυτός ο τύπος εκτροφής τείνει να παράξει ψάρια σχετικά χαμηλής αξίας για τοπικές αγορές και τα περισσότερα από αυτά βασίζονται στη φυσική παραγωγικότητα (De Silva and Phillips, 2007). Ωστόσο, οι περισσότερες πρακτικές υδατοκαλλιέργειας είναι πλέον ανεξάρτητες από τη συλλογή ιχθυδίων από το φυσικό περιβάλλον (με σημαντική εξαίρεση τα χέλια και λίγα θαλάσσια σαρκοφάγα είδη), αν και υπάρχουν ακόμα κάποιες τεχνητές πρακτικές στις αγροτικές περιοχές, ιδιαίτερα από κοινότητες που βρίσκονται κοντά σε ποταμούς, όπου η εκτροφή σε κλωβούς για την ίδια κατανάλωση των κατοίκων βασίζεται στη συλλογή ιχθυδίων ή

μετανυμφών από τη φύση(De Silva and Phillips, 2007). Οι κλιματικές αλλαγές θα μπορούσαν να επηρεάσουν την περίοδο αναπαραγωγής των φυσικών πληθυσμών καθώς και των αριθμό των παραγόμενων ιχθυδίων, ενώ επίσης η μειωμένη διάθεση νερού στα ποτάμια θα μπορούσε να επηρεάσει σημαντικά τις τοπικές μορφές υδατοκαλλιέργειας. Οι βελτιωμένες πρακτικές εκτροφής, συμπεριλαμβανομένης και του τρόπου προσφοράς τροφής θα μπορούσαν να αποτελέσουν προσαρμογή που είναι απαραίτητη για την αντιμετώπιση των προαναφερθεισών αλλαγών.

5.2.1.2 Θαλασσοκαλλιέργεια

Η αύξηση στην θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας λόγω της παγκόσμιας υπερθέρμανσης και των αλλαγών στα ρεύματα των ωκεανών μπορεί να επιτρέψει ξανά επιμήκυνση των περιόδων ανάπτυξης. Η πρωτογενής παραγωγικότητα μπορεί επίσης να αυξηθεί που με τη σειρά της μπορεί να αυξήσει την παραγωγή των διηθηματοφάγων όπως τα μαλάκια (Johannes, 2004). Η μείωση στην κάλυψη των θαλάσσιων πάγων μπορεί να διευρύνει τη διαθέσιμη περιοχή για την εκτροφή πολύτιμων θαλάσσιων ειδών παρέχοντας νέες ευκαιρίες για περιοχές που προηγουμένως δεν ήταν κατάλληλες για τέτοιου είδους ανάπτυξη (IPCC, 2001b). Οι αρνητικές επιπτώσεις της αυξημένης θερμοκρασίας της θάλασσας περιλαμβάνουν: μειωμένη ποιότητα νερού, αυξημένο κίνδυνο ασθενειών και αυξημένο κίνδυνο άνθισης τοξικών φυκών οι οποίες μπορούν να καταστρέψουν το απόθεμα ή να το κάνουν μη εμπορεύσιμο (Mudie et al., 2002; Harvell et al., 1999). Όσον αφορά στα γλυκά νερά, οι μεταβαλλόμενες αυξητικά θερμοκρασίες μπορούν να μεταβάλλουν την επιλογή των εκτρεφόμενων ειδών. Επίσης θα μπορούσε να επηρεαστεί και η διανομή ή/και η αφθονία των αποθεμάτων των φυσικών πληθυσμών. Αυτό μπορεί να έχει τοπικές, εθνικές και διεθνείς επιπτώσεις καθώς τα αλιεύματα μειώνονται ή μετακινούνται από την περιοχή που συνήθως αλιευόταν από μια χώρα ή κοινότητα. Το αποτέλεσμα στην υδατοκαλλιέργεια από τις αλλαγές στις τιμές των προϊόντων των αλιευμάτων ή μέσω της προσφοράς και ζήτησης των πόρων όπως το ιχθυάλευρο που χρησιμοποιείται στις τροφές των υδατοκαλλιεργειών περιγράφεται στο κεφάλαιο που ασχολείται με τις έμμεσες επιπτώσεις.

Οι μορφές θαλασσοκαλλιέργειας που περιλαμβάνουν την εκτροφή σε υδροστάσια και την εκτροφή σε πλωτές γραμμές και κλωβούς, πραγματοποιούνται σε παράκτιες και

υπεράκτιες περιοχές σε όλες τις κλιματικές ζώνες, δηλαδή την τροπική την υποτροπική και την εύκρατη. Η βασική δραστηριότητα υδατοκαλλιέργειας στις εύκρατες περιοχές είναι η θαλασσοκαλλιέργεια σαλμονιδών σε κλωβούς (Tacon and Halwart, 2007). Η θαλασσοκαλλιέργεια σε τροπικές και υποτροπικές περιοχές αποτελείται από σχετικά ακριβές ποικιλίες ψαριών όπως σφυρίδες (*Epinephelus spp.*), τσιπούρα (*Sparus spp.*), κόμπια (*Rachycentron canadum*). Επιπλέον υπάρχουν μονάδες εκτροφής για μαλάκια όπως *Ruditapes sp.*, *Mytilus sp.* και φύκη όπως *Gracilaria sp.* Τα φύκη, τα στρείδια και τα οστρακοειδή αποτελούν το μεγαλύτερο ποσοστό της παγκόσμιας παραγωγής της θαλασσοκαλλιέργειας. Η εκτροφή των τελευταίων ομάδων επιφέρει ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας, ενώ αποτελούν βασικούς πόρους απορρόφησης διοξειδίου του άνθρακα. Το βασικό ενεργειακό κόστος που συνδέεται με την εκτροφή αυτών των οργανισμών είναι η μεταφορά του προϊόντος στον καταναλωτή. Αυτές οι μορφές εκτροφής είναι φιλικές προς το περιβάλλον σε πολύ μεγάλο βαθμό και γενικά δεδομένου ότι είναι σωστά τοποθετημένες προκαλούν μόνον ελάχιστη περιβαλλοντική επιβάρυνση. Ουσιαστικά, οι καταγεγραμμένες επιπτώσεις σχετίζονται με τις αλλαγές στις υδρογραφικές συνθήκες της περιοχής εκτροφής και με την αποβολή στο υδάτινο περιβάλλον των περιττωμάτων και των υπολειμμάτων τροφής των εκτρεφόμενων οργανισμών.

Οι κλιματικές αλλαγές και συγκεκριμένα η υπερθέρμανση του πλανήτη θα μπορούσαν να επηρεάσουν άμεσα και έμμεσα την θαλασσοκαλλιέργεια στις εύκρατες περιοχές. Τα είδη που εκτρέφονται σε αυτές της περιοχές, κυρίως σαλμονίδες (π.χ. *Salmo salar*) και η αναδυόμενη εκτροφή μπακαλιάρου, (*Gadus morhua*), έχουν ένα σχετικά μικρό εύρος βέλτιστης θερμοκρασίας (Πίνακας 6). Ενδεχόμενη άνοδος της θερμοκρασίας άνω των 17°C θα ήταν καταστροφική για τις μονάδες εκτροφής σολομού δεδομένου ότι θα προκαλούσε μείωση της πρόσληψης αλλά και της μετατρεψιμότητας της τροφής στο συγκεκριμένο είδος. Για την ανάπτυξη πιθανών προσαρμοστικών μέτρων, έχει ξεκινήσει μία έρευνα για τις επιπτώσεις της θερμοκρασίας στην αποδοτικότητα της χρήσης της τροφής και την χρήση πρωτεϊνών και λιπιδίων στο ρυθμό ανάπτυξης αντίθετα με τη διατήρηση των σωματικών λειτουργιών σε υψηλές θερμοκρασίες, π.χ. 19°C.

Ορισμένοι συγγραφείς απέδειξαν ότι τροφές χαμηλές σε λιπαρά οδηγούν σε καλύτερη απόδοση σε υψηλότερες θερμοκρασίες (Bendiksen *et al.*, 2002). Συνεπώς,

υπάρχει κάποιο περιθώριο βελτίωσης και προσαρμογής μέσω της τροφής. Επίσης, υπάρχει το ενδεχόμενο αύξησης της εκτροφής θαλάσσιων ειδών όπως κόμπια (*Rachycentron canadum*), ένα από τα πλέον ταχέως αναπτυσσόμενα είδη με υψηλή μετατρεψιμότητα τροφής που απαιτεί λιγότερη πρωτεΐνη στη διατροφή του από πολλά άλλα εκτρεφόμενα θαλάσσια είδη ψαριών. Επίσης αντίθετα με πολλά άλλα εκτρεφόμενα θαλάσσια είδη, είναι εξαιρετικά γόνιμο με ταχύτατη επώαση των αυγών και υψηλή ποσότητα επιβίωσης των νυμφών του (Benetti *et al.*, 2008).

Η άνοδος της θερμοκρασίας των θαλασσών στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές θα μπορούσε να οδηγήσει σε αυξημένο ρυθμό ανάπτυξης και κατά συνέπεια της συνολικής παραγωγής. Η προβλεπόμενη άνοδος της θερμοκρασίας από μόνη της θα είναι εντός των βέλτιστων ορίων για τα περισσότερα είδη που εκτρέφονται σε αυτά τα νερά (θαλάσσια, υφάλμυρα και/ή γλυκά) και συνεπώς η υπερθέρμανση του πλανήτη θα μπορούσε να επηρεάσει θετικά το μεγαλύτερο μέρος της παραγωγής υδατοκαλλιέργειας, υπό την προϋπόθεση ότι τηρούνται οι εισροές τροφίμων που απαιτούνται για την αντιστάθμιση του αυξημένου μεταβολισμού και ότι οι υπόλοιποι σχετικοί παράγοντες, όπως ασθένειες, δεν γίνονται πιο καταστροφικοί.

Το 2006 η παραγωγή ψαριών σε θαλάσσια και υφάλμυρα νερά έφτασε τους 4.385.179 τόνους, 39 % εκ των οποίων ήταν σαλμονίδες (De Silva and Soto, 2009). Το μεγαλύτερο μέρος αυτής της παραγωγής βασιζόταν στην προσφορά τροφής, βασικά συστατικά της οποίας είναι ιχθυάλευρο και ιχθυέλαιο. Η διαχείριση της τροφής στην εκτροφή των σαλμονιδών είναι ίσως η πιο αποτελεσματική από όλες τις πρακτικές υδατοκαλλιέργειας, ωστόσο, ο υψηλός βαθμός εξάρτησης από το ιχθυάλευρο και το ιχθυέλαιο αναδεικνύεται ως ένα πολύ σχετικό ζήτημα στα περισσότερα σενάρια κλιματικών αλλαγών. Οι πιθανές συνέπειες της κλιματικής αλλαγής στη μελλοντική διαθεσιμότητα αυτών των αγαθών για ιχθυοτροφές αναφέρονται λεπτομερώς παρακάτω (βλ. ενότητα 5.4). Οι εξελίξεις στην παραγωγή τροφής για τον σολομό τις τελευταίες δύο δεκαετίες, έχουν οδηγήσει σε σημαντική μείωση των παραγόντων μετατρεψιμότητας της τροφής και στη χρήση λιγότερου ιχθυάλευρου στη διατροφή, κυρίως μέσω της υιοθέτησης διατροφών με υψηλή ενέργεια όπως και στη μείωση του δείκτη μετατρεψιμότητας της τροφής. Η πρόκληση που αντιμετωπίζει ο τομέας αυτός είναι να

εξασφαλιστεί ότι οι τροφές υψηλής περιεκτικότητας σε ενέργεια είναι εξίσου αποτελεσματικές σε ένα *περιβάλλον* αυξημένης θερμοκρασίας.

Η κλιματική αλλαγή προβλέπεται να αυξήσει την ενεργό οξύτητα (pH) (Hughes *et al.*, 2003; IPCC, 2007). Εκτός από την επίδρασή της στην κοραλλιογένεση, υπάρχει το ενδεχόμενο η αυξημένη οξύτητα να εμποδίσει τη διαμόρφωση των ασβεστολιθικών θυρίδων των οστράκων, ιδιαίτερα σε μαλάκια, μία συνέπεια που μπορεί να επιδεινωθεί από την αυξημένη θερμοκρασία του νερού και συνεπώς να επηρεαστεί η εκτροφή μαλακίων. Το ζήτημα αυτό έτυχε μικρής προσοχής και επιτάσσει επείγουσα έρευνα. Σήμερα, η εκτροφή μαλακίων αποτελεί περίπου το 25% όλης της παγκόσμιας παραγωγής (περίπου 15 εκατομμύρια τόνοι το 2005) και συνεπώς τυχόν αρνητικές συνέπειες στην παραγωγή των οστράκων θα επηρέαζε σημαντικά την συνολική παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας. Δεν υπάρχει σχεδόν καμία πληροφόρηση σχετικά με τις ενδεχόμενες συνέπειες της αυξημένης θερμοκρασίας των υδάτων στην φυσιολογία των πιο γνωστών δίθυρων μαλακίων. Παρόλα αυτά, εάν η παραγωγικότητα του παράκτιου πλαγκτόν βελτιωθεί από τις υψηλότερες θερμοκρασίες και υπό την προϋπόθεση ότι διατίθενται θρεπτικά συστατικά, μπορεί να υπάρχει μία θετική συνέπεια στην εκτροφή διηθηματοφάγων. Ωστόσο, οι αυξημένες θερμοκρασίες που συνδέονται με τον ευτροφισμό και τις επιβλαβείς εκρήξεις στον πληθυσμό των φυκών (Peperzak, 2003) θα μπορούσαν να αυξήσουν την εμφάνιση τοξικών παλιρροιών και κατά συνέπεια να επηρεάσουν την παραγωγή καθώς και να αυξήσουν τις πιθανότητες να υπάρχουν κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία από την κατανάλωση μαλακίων που εκτρέφονται σε αυτές τις περιοχές. Προφανώς είναι απαραίτητη περαιτέρω έρευνα για καλύτερες προβλέψεις των αναμενόμενων αποτελεσμάτων.

5.2.2. Λειψυδρία

Η υδατοκαλλιέργεια που πραγματοποιείται στις χερσαίες περιοχές με τη χρήση του γλυκού νερού θα πρέπει να ανταγωνιστεί με τη γεωργία καθώς και με τους βιομηχανικούς και οικιακούς χρήστες για μια περιορισμένη παροχή νερού η οποία μπορεί συχνά να υποστηρίζει έναν αυξανόμενο πληθυσμό. Η σχετική αξία των προϊόντων υδατοκαλλιέργειας θα είναι σημαντική σε σχέση με τις εναλλακτικά προϊόντα

που δεν προέρχονται από ψάρια, όπως και η παραγωγικότητα των αλιευμάτων (Brugere & Ridler, 2004). Η έλλειψη νερού λόγω των μειωμένων κατακρημνίσεων και/ή της αυξημένης εξάτμισης ίσως περιορίσουν την υδατοκαλλιέργεια σε ορισμένες περιοχές. Αυτό μπορεί να πάρει τη μορφή αυξημένων κινδύνων που σχετίζονται με μειωμένη παροχή νερού σε συνεχή βάση, ή μειώνοντας τη διάρκεια μιας κανονικής περιόδου ανάπτυξης. Η αυξημένη διακύμανση στη μορφή κατακρημνίσεων και οι ξηρασίες ίσως αυξήσουν τον κίνδυνο και το κόστος των υδατοκαλλιεργειών σε ορισμένες περιοχές καθώς θα πρέπει να παρθούν μέτρα για τέτοια ακραία φαινόμενα.

Η αναμενόμενη λειψυδρία που θα οφείλεται στις κλιματικές αλλαγές θα έχει σημαντικές συνέπειες στην υδατοκαλλιέργεια σε τροπικές περιοχές, ιδιαίτερα στην Ασία. Η αναμενόμενη έλλειψη θεωρείται ότι θα καταλήξει σε μειωμένη διαθεσιμότητα νερού σε σημαντικούς ποταμούς στην Κεντρική, Νότια, Ανατολική, Βορειανατολική Ασία και στην Αφρική (IPCC, 2007), περιοχές στις οποίες υπάρχουν σημαντικές δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας. Για παράδειγμα, οι περιοχές των δέλτα ορισμένων μεγάλων ποταμών όπως ο Μεκόνγκ, ο Μεγκνα-Βραχμαπούτρα και Ιραγουάρντι, είναι περιοχές έντονης δραστηριότητας υδατοκαλλιέργειας, που συνεισφέρουν σε εισόδημα από τις εξαγωγές και προσφέρουν εισόδημα σε πολλές χιλιάδες σπιτικά. Πέρα από αυτό, η συνετή χρήση αυτής της βασικής πηγής κάνει ολοένα και μεγαλύτερο μέλημα τη διατήρηση της υδατοκαλλιέργειας.

Η ποσότητα νερού που χρησιμοποιείται στην παραγωγή τροφής διαφέρει σε πολύ μεγάλο βαθμό ανάμεσα στους διάφορους τομείς. Οι Zimmer and Renault (2003) υποστήριξαν την ανάγκη διαφοροποίησης ανάμεσα στους τομείς παραγωγής τροφίμων, όπως για παράδειγμα κυρίως:

- βασικά προϊόντα (π.χ. δημητριακά, φρούτα κ.λπ.),
- επεξεργασμένα προϊόντα (π.χ. τρόφιμα που παράγονται από τα πρωτογενή προϊόντα),
- μεταποιημένα προϊόντα (π.χ. ζωικά προϊόντα γιατί παράγονται χρησιμοποιώντας πρωτογενή φυτικά προϊόντα) και
- προϊόντα με χαμηλή ή καθόλου κατανάλωση νερού.

Μία σύγκριση των αναγκών σε νερό για την παραγωγή μίας μονάδας για επιλεγμένα εμπορεύματα του τομέα της κτηνοτροφίας εμφανίζεται στον Πίνακα 7. Ωστόσο, εκτός από την υδατοκαλλιέργεια σε υδροστάσια, οι υπόλοιπες πρακτικές όπως η εκτροφή σε κλωβούς γίνεται σχεδόν εντελώς χωρίς την κατανάλωση νερού, άμεσα, εκτός από τις ανάγκες για την παραγωγή τροφών. Γενικά, η μείωση του νερού που χρησιμοποιείται στην υδατοκαλλιέργεια θα μπορούσε να επιτευχθεί μέσω (α) της επιλογής ανάλογων συστατικών ιχθυοτροφών η παραγωγή των οποίων απαιτεί μειωμένη ποσότητα νερού, (β) τη χρήση των περίφυτων ως πηγή τροφής για τα εκτρεφόμενα είδη και (γ) της συνδυασμένης χρήσης νερού σε υδατοκαλλιέργειες και γεωργικές εκμεταλλεύσεις (Verdegem et al., 2006). Ορισμένα από τα παραπάνω μέτρα χρησιμοποιούνται ήδη στην υδατοκαλλιέργεια της Ασίας με βάση το τάισμα των ψαριών με είδη χαμηλότερα στη διατροφική αλυσίδα, όπως για παράδειγμα αυξάνοντας τις φυσικά διαθέσιμες πηγές τροφής μέσω κατάλληλης ανάπτυξης του περίφυτου σε συστήματα πολυκαλλιέργειας κυπρινοειδών (Wahab et al., 1999; Van Dam et al., 2002). Η προβλεπόμενη μειωμένη διαθεσιμότητα νερού στα μεγάλα συστήματα ποταμών στις περιοχές δέλτα της Ασίας, όπου υπάρχουν σημαντικές δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας, πρέπει να εξεταστεί σε συνδυασμό με την εισχώρηση αλμυρών υδάτων από την άνοδο της στάθμης της θάλασσας (Highes et al., 2003) και τις αναμενόμενες αλλαγές στους κύκλους ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων ή μουσώνων (Goswami et al., 2005).

Κατά μήκος των σημαντικών ποτάμιων συστημάτων στην τροπική Ασία υπάρχει μία εκτεταμένη εξόρυξη και απόρριψη νερού στους ποταμούς, ιδιαίτερα από εντατικές πρακτικές υδατοκαλλιέργειας όπως εκτροφή γαρίδας και γατόψαρων. Υπ' αυτή την έννοια, μία σημαντική πρότυπη προσπάθεια ενσωμάτωσης αυτών των μεταβλητών για τις περιοχές των δέλτα όπως το Μεκόνγκ, το Μεγκνα-Βραχμαπούτρα στο Μπαγκλαντές και το Ιραγουάντι στη Μιανμάρ μεταξύ άλλων, θα καταστήσει δυνατό τον πιο ακριβή καθορισμό:

- του βαθμού εισχώρησης του θαλάσσιου νερού στον ποταμό και στους γειτονικούς υγροτόπους,
- της εκτίμησης της αγροτικής δραστηριότητας που είναι πιθανόν να χαθεί από την εισχώρηση του θαλασσινού νερού,

- των μεγάλων αλλαγών στους οικοτόπους (δείτε επίσης Ενότητα 5.3.2.1.b) καθώς και των ενδεχόμενων συνεπειών στις μεταναστεύσεις του αποθέματος αναπαραγωγής και συνεπώς των αλλαγών στη διαθεσιμότητα σπόρων για την επιβίωση της εκτροφής σε κλωβούς,
- των συνολικών κοινωνικο-οικονομικών συνεπειών των γεγονότων που θα προκύψουν.

Πίνακας 7. Απαιτήσεις σε νερό (m³/t) συγκεκριμένα για διαφορετικά προϊόντα ζωοτροφών (δεδομένα από Zimmer and Renault, 2003) και σύγκριση με τις απαιτήσεις για την υδατοκαλλιέργεια.	
Προϊόν	Απαίτηση σε νερό
Βοδινό, αρνίσιο, κατσικίσιο κρέας	13500
Χοιρινό κρέας	4600
Πουλερικά	4100
Γάλα	790
Βούτυρο + λίπος	18000
Κοινοί κυπρίνοι (εντατική/υδροστάσια) ^a	21000
Τιλάπια (εκτατική/υδροστάσια) ^a	11500
Εντατική εκτροφή με χρήση ιχθυοτροφών ^b	30100
a- Muir, 1995; b- Verdegem <i>et al.</i> , 2006	

Αυτές οι πληροφορίες θα καταστήσουν δυνατή τη λήψη προσαρμοστικών ενεργειών, για παράδειγμα θα μπορέσει να απαντηθεί το ερώτημα: Η απώλεια σε αγροτική δραστηριότητα θα αντισταθμιστεί σε αυτές τις περιοχές δέλτα από την προσφορά εναλλακτικών εργασιών μέσω της υδατοκαλλιέργειας (θαλασσοκαλλιέργειας); Αυτό το ενδεχόμενο μπορεί να εξεταστεί ως μία μη καταστροφική συνέπεια της κλιματικής αλλαγής στις φτωχές αγροτικές κοινότητες όπου μπορεί να βρεθεί πιο προσοδοφόρα εργασία. Εάν πρόκειται να ληφθεί ένα τέτοιο προσαρμοστικό μέτρο, χρειάζεται ταχεία ικανότητα επένδυσης στην υδατοκαλλιέργεια στις αγροτικές κοινότητες και η παροχή κατάλληλης κυβερνητικής υποστήριξης για να διευκολυνθεί η μετάβαση από τη γεωργία στην υδατοκαλλιέργεια, συμπεριλαμβανομένης ίσως και της

οικονομικής υποστήριξης για τη δημιουργία υποδομών, π.χ. υδροστασίων και εκκολαπτηρίων.

Όλο και περισσότερο, η χειρσαία εκτροφή σαλμονιδών σε εύκρατες και ορεινές περιοχές, σε περιοχές με χαμηλές θερμοκρασίες των τροπικών και υποτροπικών ζωνών τείνει να υιοθετήσει την εκτροφή σε περιοχές διέλευσης των υδάτων όπου οι απαιτήσεις σε νερό είναι εξαιρετικά υψηλές. Αυτό που πιθανόν θα συμβεί είναι ότι η λειψυδρία θα επηρεάσει αυτές τις μορφές υδατοκαλλιέργειας και συνεπώς πρέπει να αλλάξουν οι πρακτικές ώστε να παραμείνει βιώσιμη η υδατοκαλλιέργεια των σαλμονιδών. Σε περιοχές της ανάντης, εξαιτίας της αυξημένης τήξης των πάγων, είναι πιθανή η δημιουργία νέων περιοχών κατάλληλων για υδατοκαλλιέργεια ειδών που χρειάζονται ψυχρά και χλιαρά νερά.

Ενθαρρύνονται μη υδροβόρες μέθοδοι εκτροφής, όπως η εκτροφή σε κλωβούς και η χρήση μικρών στάσιμων συστημάτων ιχθυοκαλλιέργειας (De Silva, 2003· De Silva et al., 2006) με βάση φυσικά παραχθείσες τροφές μέσα στο υδάτινο σύστημα. Η δραστηριότητα αυτή βασίζεται στη χρήση δημοσίων πηγών νερού, απαιτεί λιγότερα κεφάλαια και είναι γνωστό ότι είναι πιο αποδοτική σε μη ανανεώσιμους υδάτινους όγκους που διατηρούν το νερό για έξι με οκτώ μήνες (De Silva et al., 2006). Η κλιματική αλλαγή σε ορισμένες περιοχές, ιδιαίτερα στην Ασία και την Αφρική προβλέπεται ότι θα αυξήσει τις περιόδους ξηρασίας (Goswami et al., 2005; IPCC, 2007), οδηγώντας σε μικρότερους χρόνους διατήρησης του νερού σε μη ανανεώσιμους υδάτινους όγκους. Έτσι αυτοί οι υδάτινοι όγκοι θα καταστούν σχετικά ακατάλληλοι για υδατοκαλλιέργεια καθώς χρειάζεται μία ελάχιστη περίοδος έξι μηνών για να αποκτήσουν τα περισσότερα ψάρια μέγεθος ούτως ώστε να διατεθούν στην αγορά.

Για να αντιμετωπιστούν σημαντικά εμπόδια ή οι συνέπειες της ενδεχόμενης λειψυδρίας, χρειάζονται εντατικές προσπάθειες για να διατηρηθούν αυτές οι αρχικές πηγές στην χειρσαία υδατοκαλλιέργεια, που εξακολουθεί να είναι η κυρίαρχη μορφή της ενδοχώριας υδατοκαλλιέργειας. Προς αυτό το σκοπό η τεχνολογία επανακυκλοφορίας θεωρείται μία βιώσιμη λύση. Ωστόσο, οι σημερινές κεφαλαιακές δαπάνες και το σημερινό κόστος συντήρησης της τεχνολογίας επανακυκλοφορίας είναι αρκετά υψηλά, καθώς και οι γνώσεις που απαιτούνται για την συνηθισμένη διαχείρισή της (De Ianno et al., 2006). Για να είναι επικερδής η επανακυκλοφορία, ο αποδεκτός τρόπος είναι τα είδη που

εκτρέφονται σε συστήματα επανακυκλοφορίας να έχουν μία σχετικά υψηλή τιμή στην αγορά. Έτσι η παραγωγή τροφών από τις υδατοκαλλιέργειες θα τοποθετηθεί υψηλά στην διατροφική αλυσίδα, γεγονός που σημαίνει ότι θα υπάρξουν προβλήματα τροφών που θα πρέπει να αντιμετωπιστούν. Ένας από τους βασικούς στόχους των προσαρμοστικών μέτρων για την ελαχιστοποίηση των συνεπειών των κλιματικών αλλαγών είναι να εξελιχθούν γύρω από την έννοια της «εξοικονόμησης ενέργειας».

Τις τελευταίες δύο δεκαετίες, συχνότερα, η εξέλιξη της υπεράκτιας θαλασσοκαλλιέργειας συνιστάται ως ένα εύλογο μέσο αύξησης της παραγωγής βρώσιμων ψαριών με ελάχιστες άμεσες περιβαλλοντικές συνέπειες. Αυτές οι εξελίξεις εμποδίζονται από τεχνικές και λογιστικές προκλήσεις και τις απαιτούμενες κεφαλαιακές δαπάνες (Grøttum & Beveridge, 2007). Δεν χρειάζεται να πούμε ότι αυτές οι εξελίξεις θα πρέπει να αντιμετωπίσουν το αναπόφευκτο πρόβλημα που αντιμετωπίζουν οι περισσότερες υδατοκαλλιέργειες, δηλαδή την παροχή κατάλληλων επιπέδων ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου στις τροφές.

5.2.3 Αλλαγές στους ετήσιους κύκλους των μουσώνων και εμφάνιση ακραίων κλιματικών φαινομένων

Η συχνότητα ακραίων καιρικών φαινομένων όπως τυφώνες, θύελλες και οι ασυνήθιστες πλημμύρες έχουν αυξηθεί δραματικά τις τελευταίες πέντε δεκαετίες. Ο αριθμός αυτών των συμβάντων αυξήθηκε από 13 που ήταν μεταξύ 1950 και 1960 σε 72 από το 1990 μέχρι το 2000 (IPCC, 2005). Αυτά τα ακραία συμβάντα οδηγούν σε τεράστιες οικονομικές απώλειες. Για τις παραπάνω δύο δεκαετίες οι μέσες οικονομικές απώλειες έχουν υπολογιστεί μεταξύ 4 και 38 δισεκατομμυρίων δολαρίων (με σταθερή τιμή δολαρίου) και σε κάποια μεμονωμένα έτη έφτασαν μέχρι και τα 58 δισεκατομμύρια δολάρια (IPCC, 2005). Τα ακραία κλιματικά φαινόμενα προβλέπεται ότι θα εμφανίζονται κυρίως στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Στα τελευταία αυτά γεγονότα, οι ζημιές στην υδατοκαλλιέργεια δεν υπολογίστηκαν.

Το El Niño και η La Niña προκαλούν επίσης ακραία καιρικά φαινόμενα στις εύκρατες περιοχές. Για παράδειγμα, κατά το El Niño 1994 με 1995, πολύ μεγάλες καταγίδες στην νότια Χιλή έπληξαν σημαντικά τη βιομηχανία σολομού και καθώς

μεγάλος αριθμός ατόμων διέφυγε από τους ιχθυοκλωβούς (Soto *et al.*, 2001). Είναι γνωστό ότι το El Niño προκαλεί οικολογικές συνέπειες στα επίγεια οικοσυστήματα με παρεπόμενες συνέπειες στη χερσαία και θαλάσσια βλάστηση και την πανίδα (Jaksic, 2001). Μία εμφάνιση του El Niño αυξάνει επίσης τη σοβαρότητα των χειμερινών καταιγίδων στη Βόρεια Αμερική που μπορεί να εμποδίσουν την ανάπτυξη της υπεράκτιας υδατοκαλλιέργειας. Με την πρόβλεψη ότι οι κλιματικές αλλαγές είναι πιθανόν να αυξηθούν, η συχνότητα αυτών των φαινομένων θα μπορούσε να έχει σημαντικές συνέπειες στην παράκτια και υπεράκτια υδατοκαλλιέργεια στις εύκρατες περιοχές, πέρα από τις συνέπειες που συνδέονται με τα αποθέματα ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου. Τα ακραία καιρικά φαινόμενα έχουν τη δυνατότητα να επηρεάσουν τις δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές της Ασίας και αλλού. Οι ενδεχόμενες συνέπειες μπορεί να εκτείνονται από φυσική καταστροφή των εγκαταστάσεων υδατοκαλλιέργειας, απώλεια της παραγωγής και εξάπλωση ασθενειών. Τα πρόσφατα ακραία καιρικά φαινόμενα, δηλαδή οι ασυνήθιστα χαμηλές θερμοκρασίες και χιονοθύελλες που παρουσιάστηκαν στην Κίνα, δίνουν ένα παράδειγμα του βαθμού των συνεπειών που έχουν αυτές οι κλιματικές αλλαγές στην υδατοκαλλιέργεια (ωστόσο, δεν υποστηρίζουμε ότι τα πρόσφατα γεγονότα είναι μία από τις αιτίες της παγκόσμιας κλιματικής αλλαγής). Ομοίως, το κεντρικό Βιετνάμ υπέστη την χειρότερη πλημμύρα των τελευταίων 50 ετών το 2007 και η ζημία στην υδατοκαλλιέργεια είναι ακόμα ανυπολόγιστη (Nguyen, 2008).

Οι αρχικές εκτιμήσεις υποστηρίζουν ότι στην κεντρική Κίνα υπήρξε απώλεια σχεδόν 0,5 εκατομμυρίων τόνων εκτρεφόμενων ψαριών, κυρίως ειδών θερμών υδάτων και κυρίως ξένων ειδών, π.χ. τιλάπια, σημαντικό ποσοστό των οποίων ήταν γεννήτορες. Με δεδομένο ότι η ασιατική χερσαία υδατοκαλλιέργεια εξαρτάται σε σημαντικό βαθμό από τα ξένα είδη, οι πιθανές περιβαλλοντικές διαταράξεις που θα μπορούσαν να προκαλέσουν τα είδη που διέφυγαν, ιδιαίτερα τα εκτρεφόμενα αλλόχθονα είδη, αν και δεν έχουν καθοριστεί, παραμένουν σημαντικές. Επιπλέον, άμεσες είναι και οι οικονομικές απώλειες και ζημίες στην υποδομή των εγκαταστάσεων της υδατοκαλλιέργειας (De Silva *et al.*, 2005).

Παρόλο που η διαφυγή από τις εγκαταστάσεις υδατοκαλλιέργειας είναι σχεδόν αναπόφευκτη σε κανονικές συνθήκες και παραμένει ένα μόνιμο πρόβλημα (Ανώνυμος,

2007), οι πιθανότητες να δραπέτευσης μεγάλου αριθμού αλλόχθονων ειδών στους φυσικούς υδάτινους δρόμους, λόγω των καταστροφικών συνεπειών των ακραίων κλιματικών φαινομένων είναι πολύ μεγαλύτερες. Αυτές οι ακούσιες αποδράσεις μεγάλης κλίμακας έχουν μεγαλύτερες πιθανότητες να προκαλέσουν διαταράξεις στο περιβάλλον και το ενδεχόμενο να επηρεάσουν τη βιοποικιλότητα γίνεται σημαντικά μεγαλύτερο. Χαρακτηριστικό παράδειγμα αποτελεί ο ανταγωνισμός μεταξύ ατόμων του σολομού του Ατλαντικού (*Salmo salar*) που προέρχονται από αποδράσεις και της ενδημικής ιριδιζουσας πέστροφας (*Oncorhynchus mykiss*) σε παράκτιες περιοχές και εκβολές ποταμών της Βρετανικής Κολομβίας με αποτέλεσμα την επικράτηση και εξάπλωση πληθυσμών του αλλόχθονου σολομού ιδιαίτερα σε οικολογικούς θώκους με αραιούς πληθυσμούς των αυτοχθόνων σαλμονιδών (Volpe et al., 2001).

Είναι σχεδόν αδύνατο να ληφθούν προσαρμοστικά μέτρα για να αποτραπούν αυτά τα ενδεχόμενα, εκτός ίσως από κάποια μείωση στην εκτροφή αλλόχθονων ειδών, γεγονός που θα περιόριζε τις ζημιές μόνον στις οικονομικές απώλειες. Ωστόσο, δεν είναι η ιδανική λύση γιατί ακόμα και οι αποδράσεις ενδημικών εκτρεφόμενων ειδών μπορεί να αποτελέσουν πρόβλημα καθώς επηρεάζουν τη γενετική ποικιλία των ενδημικών φυσικών πληθυσμών, όπως έχει τεκμηριωθεί επαρκώς για τον σολομό του Ατλαντικού. Συγκεκριμένα ο υβριδισμός και η γενετική ροή μεταξύ εκτρεφόμενων και φυσικών πληθυσμών σολομού του Ατλαντικού μέσω της επαναδιασταύρωσης των υβριδίων για συνεχόμενες γενιές μπορεί να προκαλέσει α) μεταβολή της γενετικής μεταβλητότητας και ποικιλομορφίας και β) μεταβολή στη συχνότητα και τους τύπους των αλληλομόρφων γονιδίων. Με αυτό τον τρόπο η διασταύρωση εκτρεφόμενων και φυσικών πληθυσμών θα μπορούσε να μεταβάλλει γενετικά αυτόχθονες πληθυσμούς, να μειώσει την προσαρμοστικότητα τους επηρεάζοντας αρνητικά τη βιωσιμότητα και τα χαρακτηριστικά τους. Αρκετές μοριακές αναλύσεις έχουν δείξει ότι οι αποδράσεις αυτές έχουν μεταβάλει τη γενετική σύσταση αυτοχθόνων πληθυσμών (Thorstad et al., 2008). Τα ακραία καιρικά φαινόμενα αναφέρονται ως ο πιο συχνός παράγοντας για αυτές τις αποδράσεις.

Η κλιματική αλλαγή σε ορισμένες περιοχές του κόσμου είναι πιθανόν να επιφέρει σοβαρά καιρικά φαινόμενα (θύελλες), αλλαγές στην ποιότητα του νερού (π.χ. από εξάρσεις στο πλαγκτόν) και ενδεχομένως αυξημένους παράγοντες ρύπανσης

από βλαβερά υλικά που παρασύρονται με τις πλημμύρες από χερσαίες πηγές, προκαλώντας ρύπανση στις παράκτιες περιοχές. Αυτές οι καιρικές συνθήκες θα αυξήσουν την ευπάθεια της θαλάσσιας υδατοκαλλιέργειας, ιδιαίτερα την υδατοκαλλιέργεια σε κλωβούς, την κυρίαρχη μορφή της θαλάσσιας ιχθυοκαλλιέργειας και την καλλιέργεια φυκών σε παράκτιους κολπίσκους της Ασίας, που γίνεται σταδιακά ο βασικός παράγοντας στην παραγωγή καλλιεργημένων φυκών παγκοσμίως. Η παράκτια υδατοκαλλιέργεια που έχει τη βάση της κοντά στη στεριά έχει μία αυξημένη ευπάθεια κάθε μορφής: στα ακραία καιρικά φαινόμενα, στη διάβρωση και τα πλημμυρικά φαινόμενα που οδηγούν σε δομικές ζημιές και στην απώλεια των εισοδημάτων των υδατοκαλλιεργητών. Ορισμένες από τις πιο ευαίσθητες περιοχές είναι τα μεγάλα παράκτια δέλτα της Ασίας όπου υπάρχουν πολλές χιλιάδες υδατοκαλλιέργειες και υδατοκαλλιεργητές με βασικά είδη τις γαρίδες και τα ψάρια. Τα οικοσυστήματα κατάντη των δέλτα αποτελούν κάποιες από τις πιο ευαίσθητες περιοχές εξαιτίας των ανάντη μεταβολών στη διαθεσιμότητα και την απορροή υδάτινων μαζών, προκαλώντας ποιοτικές και ποσοτικές μεταβολές των φυσικών, χημικών και βιολογικών χαρακτηριστικών στις περιοχές των δέλτα. Παρόλο που οι συνέπειες είναι σχεδόν παρόμοιες με αυτές που αφορούν τη χερσαία υδατοκαλλιέργεια, ελάχιστα προσαρμοστικά μέτρα μπορούν να ληφθούν.

Οι εποχές των τυφώνων στην Κεντρική Αμερική είχαν συνέπειες στην παράκτια αγροτική υδατοκαλλιέργεια, όπως στην περίπτωση της Νικαράγουα όπου η εκτροφή γαρίδων ανθούσε από τις αρχές του 1990 μέχρι το 1998 όταν ο Τυφώνας Μιτς κατέστρεψε πολλές μονάδες και οι μικροκαλλιεργητές δεν μπόρεσαν να αντικαταστήσουν την παραγωγή. Άλλες θύελλες που προκάλεσαν μεγάλες ζημιές ήταν οι τυφώνες Ντένις και Έμιλυ στη Τζαμάικα, ο τυφώνας Σταν στο Ελ Σαλβαδόρ και τη Γουατεμάλα και πιο πρόσφατα ο τυφώνας Φέλιξ, ο οποίος ισοπέδωσε πολλές αγροτικές περιοχές στη Νικαράγουα και σε ορισμένες από αυτές υπήρχαν αρχικές δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας.

Μια μελέτη του μεγέθους της πολυετούς απορροής ως λειτουργία των κατακρημνίσεων στην Αφρική εισηγείται μια μη γραμμική σχέση με 2 κατώτερα όρια (de Wit & Stankiewicz, 2006). Περιοχές με ετήσια βροχόπτωση λιγότερη από 400 χιλ/έτος στην ουσία δεν έχουν καθόλου απορροή, με εξαίρεση τις ορεινές περιοχές,

μεταξύ 400 και 1000 χιλ/έτος το μέγεθος της πολυετούς απορροής αυξάνεται γραμμικά με την αύξηση της βροχόπτωσης, ενώ από τα 1000 χιλ/έτος το μέγεθος της πολυετούς απορροής μειώνεται καθώς αυξάνεται η βροχόπτωση. Αυτό επισημαίνει το εύρος του καθεστώτος βροχόπτωσης στο οποίο ίσως συμβεί η μεγαλύτερη επίπτωση της κλιματικής αλλαγής. Η μελέτη της επίδρασης της μείωσης της βροχόπτωσης κατά 10 και 20% επισήμανε ότι περιοχές με ετήσια βροχόπτωση κοντά στο κατώτερο άκρο της κλίμακας φαίνεται να επηρεάζονται περισσότερο με μείωση κατά 50, 30 και 17 % στην πολυετή απορροή για περιοχές που δέχονται βροχόπτωση 500, 600 και 1000 χιλ/έτος αντίστοιχα. Σε όρους υδατοκαλλιέργειας, η επίπτωση στις κοινωνίες που εξαρτώνται από τα νερά των ποταμών των χειμάρρων, ειδικότερα αυτών της υψηλής τάξης ροής, μπορεί να είναι πολύ σημαντική σε όρους άμεσης διαθεσιμότητας νερού για την υδατοκαλλιέργεια, αλλά και μέσω του αυξανόμενου ανταγωνισμού για άλλες υδατικές χρήσεις. Οι de Wit & Stankiewicz (2006) ερεύνησαν ποιες περιοχές είναι πιθανότερο να επηρεαστούν περισσότερο σε όρους πολυετούς απορροής. Περιοχές της νότιας Αφρικής φαίνεται πως επηρεάζονται με πιθανές επιπτώσεις για τον ποταμό Όραντζ ο οποίος παρέχει νερό στην κατά τα άλλα πολύ ξηρή νοτιοδυτική Αφρική. Επίσης, η περιοχή Σαχέλ που εκτείνεται από τη Σενεγάλη μέχρι το Σουδάν και διαχωρίζει τη Σαχάρα από την κεντρική Αφρική, φαίνεται να βρίσκεται σε σημαντικό κίνδυνο.

Η αυξημένη βροχόπτωση μπορεί να επιφέρει από μόνη της προβλήματα με τη μορφή πλημμύρων. Οι πλημμύρες μπορούν να καταστρέψουν εγκαταστάσεις, να προκαλέσουν τη διαφυγή του ζωικού κεφαλαίου, να επηρεάσουν την αλατότητα και να εισάγουν αρπακτικά ή ασθένειες. Έχει προβλεφθεί αύξηση στην ένταση των μουσώνων για ορισμένες Ασιατικές περιοχές (IPCC, 2001a), ενώ αλλαγές στην περίοδο των μουσώνων και αυξημένη μεταβλητότητα κατά τη διάρκεια του έτους μπορούν επίσης να είναι σημαντικές (Mirza, 2001: 2002). Στο Μπανγκλαντές, οι πλημμύρες είναι συχνές κατά τη διάρκεια των μουσώνων. Ιδιαίτερα σοβαρές πλημμύρες, όπως το 1988 και το 1998, λαμβάνουν χώρα όταν οι ποταμοί Γάγγης, Βραχμαπούτρα και Μέγκνα φτάνουν το μέγιστο επίπεδό τους ταυτόχρονα. Σήμερα η περίοδος που κορυφώνονται οι μουσώνες στις λεκάνες απορροής αυτών των ποταμών είναι συνήθως σε διαφορετική χρονική στιγμή αλλά εικάζεται ότι αυτό μπορεί να αλλάξει ως

αποτέλεσμα συχνότερων ταυτόχρονων μέγιστων στις εκβολές των τριών ποταμών με επακόλουθες πλημμύρες (Mirza, 2001: 2002: Islam & Sado, 2000).

Η άνοδος του επιπέδου της θάλασσας θα έχει σταδιακό αντίκτυπο εξαιτίας της απώλειας εκτάσεων από κατακλύσεις και διάβρωση. Περιοχές όπως οι μαγκρόβιες και οι αλμυροί βάλτοι, που λειτουργούν ως νηπιακές περιοχές ανάπτυξης τροφοδοτώντας με νεαρά άτομα για πολλά εκτρεφόμενα είδη και παρέχουν μερική παράκτια προστασία, ίσως χαθούν καθώς είτε ξεπερνιούνται από την ταχύτητα της ανόδου του επιπέδου της θάλασσας είτε δεν μπορούν να αντεπεξέλθουν αφού συμπιέζονται ανάμεσα στο ανεβασμένο επίπεδο της θάλασσας και στις εκτάσεις που αναπτύσσονται πίσω τους (IPCC, 2001b). Η υφαλμύρωση των υπογείων υδάτων είναι πιθανό να συμβεί, ειδικότερα σε χαμηλές νησιώτικες περιοχές, μειώνοντας τη διαθεσιμότητα του γλυκού νερού για την υδατοκαλλιέργεια και για άλλες χρήσεις (IPCC, 2001b). Άλλοι παράγοντες των κλιματικών αλλαγών μπορούν να αλληλεπιδράσουν με την άνοδο του επιπέδου της θάλασσας για να προκαλέσουν αυξημένες επιπτώσεις. Οι Sheppard et al. (2005) αναφέρουν ότι η καταστροφή των κοραλλιογενών υφάλων στις Σεϋχέλλες λόγω της αύξησης της θερμοκρασίας της θάλασσας, μαζί με την άνοδο του επιπέδου της θα έχει ως αποτέλεσμα τη σημαντικά αυξημένη διάβρωση των ακτών.

Ορισμένα κλιματικά μοντέλα προβλέπουν αύξηση στο μέγιστο της ταχύτητας του ανέμου και την ένταση των βροχοπτώσεων που σχετίζονται με τους τροπικούς κυκλώνες, αν και όχι με την ίδια βεβαιότητα όπως με τις προβλέψεις για τη μέση θερμοκρασία και την αύξηση των βροχοπτώσεων. Ενώ οι σταθερές ενδείξεις για την αύξηση στη συχνότητα των κυκλώνων είναι ανεπαρκείς (IPCC, 2001a) συχνά εικάζεται ότι αυτό μπορεί να συμβεί παράλληλα με μια γενική αύξηση στην ποικιλότητα του κλίματος. Ο συνδυασμός χαμηλής ατμοσφαιρικής πίεσης και ισχυρών ανέμων μπορεί να δημιουργήσουν καταιγίδες που θα κατακλύσουν τις χαμηλές παράκτιες περιοχές προκαλώντας ζημιές στις υδατοκαλλιέργειες. Το Μπανγκλαντές, μια χώρα σε χαμηλό υψόμετρο με σημαντική υδατοκαλλιέργεια, συνήθως δοκιμάζεται από πλημμύρες που οφείλονται σε καταιγίδες και προκαλούν άνοδο της στάθμης του νερού από 3 έως 6 μέτρα, με θεωρητικές προβλέψεις μέχρι τα 7,5 μέτρα (Salam, 2000). Μελλοντικές προβλέψεις για το Μπανγκλαντές σε συνδυασμό με τις αυξημένες θερμοκρασίες της επιφάνειας της θάλασσας κατά 2° C και 4° C δείχνουν μέγιστο ύψος πλημμύρων 9,2 και

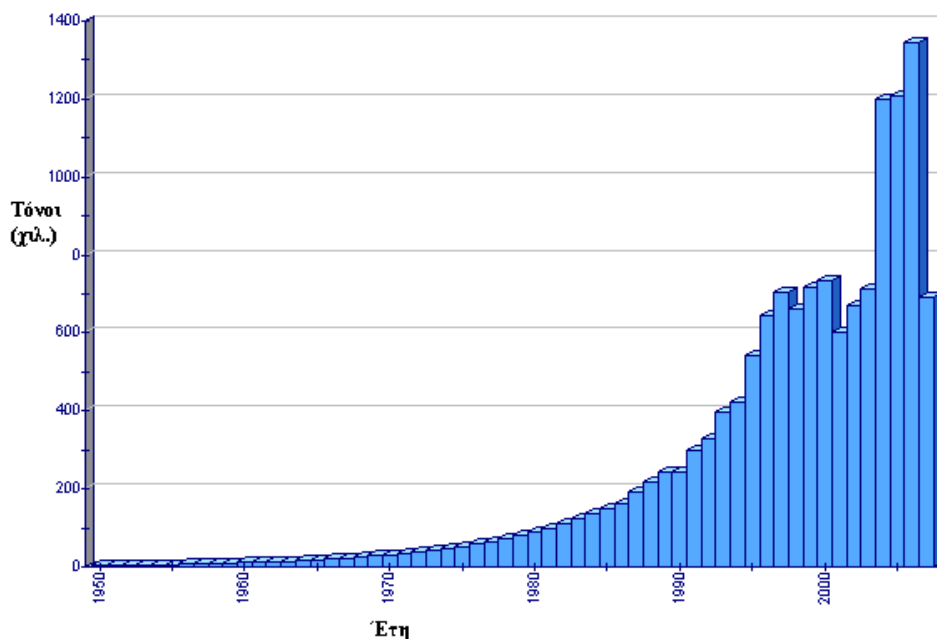
11,3 μέτρα ανάλογα με την έκταση της ανόδου του επιπέδου της θάλασσας (Ali, 1996). Η απόσταση που διανύει στην ενδοχώρα το πλημμυρικό φαινόμενο εξαρτάται από την ανύψωση του εδάφους, την ένταση της καταιγίδας και τον παράγοντα τριβής που σχετίζεται με τον τύπο του εδάφους. Οι επιπτώσεις των πλημμυρικών καταιγίδων μπορεί να είναι αυξημένες λόγω των επιδράσεων από την άνοδο του μέσου επιπέδου της θάλασσας και την απώλεια της φυσικής προστασίας όπως οι μανγκρόβιες περιοχές και οι κοραλλιογενείς ύφαλοι.

Οι ισχυροί άνεμοι και τα κύματα μπορούν να καταστρέψουν θαλάσσιες κατασκευές που χρησιμοποιούνται στην εκτροφή οστράκων και ψαριών όπως κλωβοί και πάσσαλοι προκαλώντας απώλεια των εκτρεφόμενων ειδών και ζημιές ή απώλεια των εγκαταστάσεων. Η κατάκλυση των παράκτιων περιοχών είναι πιθανότερο να είναι μεγαλύτερη σε επίπεδες εκτάσεις χαμηλού υψομέτρου οι οποίες είναι επίσης και ο κατάλληλος τύπος για την εκτροφή ειδών των υφάλμυρων νερών, όπως οι γαρίδες. Οι επιπτώσεις των καταιγίδων και των κυκλώνων στην υδατοκαλλιέργεια μπορεί να είναι σοβαρές σε οικονομικούς όρους καθώς τα είδη των θαλάσσιων και του υφάλμυρου νερού που πιθανόν θα επηρεαστούν είναι συνήθως υψηλής αξίας.

5.2.4 Εισχώρηση αλμυρών υδάτων

Πέρα από τις δραστηριότητες εκτροφής γαρίδων στις εκβολές ποταμών στην Ασία, τη Νότια Αμερική και την Καραϊβική, στις τροπικές περιοχές της Ασίας εκτυλίσσονται σημαντικές δραστηριότητες υδατοκαλλιέργειας στις περιοχές των δέλτα σημαντικών ποταμών που βρίσκονται στα μεσαία ή ανώτερα επίπεδα του παλιρροιακού εύρους. Οι πιο αξιοσημείωτη από αυτές είναι η σχετικά νέα εκτροφή είδους γατόψαρων (*Pangasianodon hypophthalmus*) και ρόχου (*Labeo rohita*) στο Μεκόνγκ, Βιετνάμ (Nguyen, 2006) και στο Ιραγουάντι της Μυανμάρ (Aye et al., 2007) αντίστοιχα .

Οι προηγούμενες δύο εκτροφές γνώρισαν άνθηση τις τελευταίες δεκαετίες, έχοντας παραγωγή 1,2 και 1,4 εκατομμύρια τόνους αντίστοιχα (Σχ. 12), παράγοντας σημαντικό ξένο συνάλλαγμα και παρέχοντας επιπρόσθετο εισόδημα στις αγροτικές κοινότητες. Τα υφάλμυρα ύδατα των περισσότερων περιοχών δέλτα στην Ασία είναι και σημαντικές περιοχές εκτροφής γαρίδων.



Σχήμα 12. Παγκόσμια παραγωγή του εκτρεφόμενου είδους *Labeo rohita* για το χρονικό διάστημα 1950- 2007 (FAO Fishery Statistic, 2007).

Ιδιαίτερη σημασία έχει το γεγονός ότι και οι δύο πρακτικές εκτροφής ψαριών και γαρίδας είναι ακόμα σε φάση ανάπτυξης και σχεδόν όλα τα προϊόντα υφίστανται επεξεργασία και εξάγονται στο εξωτερικό. Οι συνέπειες αυτού είναι ότι δημιουργήθηκε ένας μεγάλος αριθμός πρόσθετων εργατικών θέσεων με βαθιά επίδραση στην κοινωνικο-οικονομική κατάσταση των τοπικών κοινοτήτων.

Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας στις επόμενες δεκαετίες θα αυξήσει την εισχώρηση του αλμυρών υδάτων στα ανάντη των ποταμών και συνεπώς θα επηρεάσει και τις πρακτικές εκτροφής γλυκών νερών. Τα προσαρμοστικά μέτρα θα επέφεραν τη μετακίνηση των εγκαταστάσεων της υδατοκαλλιέργειας στα ανάντη των ποταμών, αναπτύσσοντας ή αλλάζοντας τις ποικιλίες αυτών των ειδών με πιο ανθεκτικές στην αλατότητα και/ή στην εκτροφή ενός άλλου ανθεκτικού είδους στην αλατότητα. Αυτές οι αλλαγές θα κοστίσουν και θα επηρεάσουν επίσης την κοινωνικο-οικονομική κατάσταση των κοινοτήτων που αφορούν. Το πιο σημαντικό από όλα είναι ότι τα προσαρμοστικά μέτρα θα μπορούσαν να οδηγήσουν σε ένα μεγάλο αριθμό εγκαταλελειμμένων υδροστασιών, δείχνοντας τι συνέβη με τις εκτροφές γαρίδας πριν από μια δεκαετία. Στις

θετικές συνέπειες για την υδατοκαλλιέργεια, οι εισχωρήσεις αλμυρών υδάτων που θα καταστήσουν περιοχές ακατάλληλες για τη γεωργία ιδιαίτερα για την παραδοσιακή καλλιέργεια ρυζιού θα προσφέρουν επιπλέον περιοχές για την εκτροφή γαρίδας. Η γαρίδα είναι ένα εμπόρευμα με πολύ υψηλότερη αξία σε σύγκριση με άλλα αγροτικά προϊόντα και έχει μεγαλύτερες δυνατότητες απορρόφησης στην αγορά αλλά και υψηλότερους κινδύνους διαχείρισης. Αν αυτές οι αλλαγές πρόκειται να γίνουν, θα πρέπει να υιοθετηθούν και σημαντικές αλλαγές στις αλυσίδες τροφοδοσίας και οι τοπικές κυβερνήσεις θα πρέπει να αξιοποιούν αυτές τις ανάγκες στον προγραμματισμό και τις προβλέψεις τους. Η άνοδος της στάθμης της θάλασσας και η εισχώρηση αλμυρών υδάτων θα επιβάλλουν οικολογικές αλλαγές και αλλαγές στους οικοτόπους, μεταξύ άλλων τα μαγκρόβια που λειτουργούν ως τόπος αναπαραγωγής για πολλά ευρύαλα είδη. Παρόλο που σε γενικές γραμμές, οι περισσότερες πρακτικές υδατοκαλλιέργειας προς το παρόν βασίζονται μόνον σε μικρό βαθμό στα φυσικά αποθέματα ιχθυδίων με αξιοσημείωτη εξαίρεση το χέλι (*Anguilla* spp.), η ανάγκη για συνεχόμενη παρακολούθηση αυτών των αλλαγών είναι υπέρτατης σημασίας για την ανάπτυξη προσαρμοστικών μέτρων.

Διατίθενται συγκεκριμένες προβλέψεις για την άνοδο της στάθμης της θάλασσας για το Δέλτα του ποταμού Μεκόνγκ στο Βιετνάμ. Το Δέλτα του Μεκόνγκ είναι κυριολεκτικά το καλάθι των τροφίμων του Βιετνάμ, παράγοντας το 46 τοις εκατό της αγροτικής παραγωγής της χώρας και το 80 τοις εκατό των εξαγωγών ρυζιού (How, 2008). Η προβλεπόμενη άνοδος της στάθμης της θάλασσας κατά ένα μέτρο θα καλύψει με νερό 15 με 20.000 km², δημιουργώντας απώλεια της τάξης του 76 % στην ανάπτυξη. Κατά συνέπεια η απώλεια των καλλιεργησίμων εδαφών απαιτεί τη διερεύνηση εναλλακτικών βιοποριστικών ενασχολήσεων στην υδατοκαλλιέργεια.

5.2.5. Επιπτώσεις στους πόρους ζωής που εξαρτώνται από την υδατοκαλλιέργεια

Οι κλιματικές αλλαγές θα επιφέρουν κοινωνικές αλλαγές. Πιθανό να υπάρχουν επαγγελματικές ευκαιρίες ενώ άλλες βιομηχανίες μπορεί να αφανιστούν. Ίσως συμβούν δημογραφικές αλλαγές, αλλαγές στις αγορές και τις υποδομές παράλληλα με την ταυτόχρονη δημιουργία και απώλεια διαφόρων εργασιών (2WE Associates Consulting

LTD, 2000). Κατά τη μελέτη του τρόπου με τον οποίο η κλιματική αλλαγή μπορεί να επηρεάσει τους πόρους ζωής θα πρέπει να δοθεί προσοχή στον τύπο και την κλίμακα της υδατοκαλλιέργειας που λαμβάνει χώρα καθώς και τον δυνητικό αντίκτυπο στην υπό έρευνα περιοχή. Για παράδειγμα ένα αρκετά εκτατικό μικρής κλίμακας σύστημα που παρέχει τροφή ή/και εισόδημα σε επίπεδο οικιακό ή κοινότητας μπορεί να επηρεαστεί σημαντικά από ένα ακραίο γεγονός όπως μια πλημμύρα, επιφέροντας άμεση μείωση της διαθεσιμότητας τροφής και χρημάτων. Σε μια τέτοια περίπτωση οι τοπικές κοινότητες πιθανόν να μην διαθέτουν τους απαραίτητους οικονομικούς πόρους για τη λήψη αναγκαίων προσαρμοστικών μέτρων, υφιστάμενες άμεσα προβλήματα. Το ίδιο σύστημα λόγω της εκτατικότητάς του, ίσως είναι λιγότερο ευαίσθητο στις επιπτώσεις από τις σταδιακές κλιματικές αλλαγές όπως η υπερθέρμανση, ενώ η ποιότητα του νερού ή η εμφάνιση ασθενειών να είναι σημαντικά ζητήματα. Καθώς οι εισροές γενικά είναι φτηνές και παράγονται τοπικά, οι αγορές είναι τοπικές και τα παραγόμενα είδη είναι μικρής αξίας, είναι επίσης πιθανό να υπάρχουν λιγότερες συνέπειες από αλλαγές στις τιμές της αγοράς των παραγόμενων ειδών αλλά και των πόρων. Αυτό έρχεται σε αντίθεση με την εντατική εκτροφή που παράγει σαρκοφάγα είδη. Μια τέτοια εγκατάσταση μπορεί να έχει ασφάλιση και/ή το κεφάλαιο να αντεπεξέλθει σε ένα μεμονωμένο ακραίο γεγονός αλλά μπορεί να κινδυνεύει μακροπρόθεσμα από τις αυξήσεις στο κόστος ασφάλισης, τις χαμένες ευκαιρίες και τις αλλαγές στις τιμές της αγοράς των προϊόντων και των εισροών όπως το ιχθυάλευρο.

Οι κλιματικές αλλαγές που σχετίζονται με τη ροή των πόρων μπορούν να επηρεάσουν την ασφάλεια των βιοποριστικών μέσων, ειδικότερα ανάμεσα στους φτωχούς (SEI et al., 2003). Δεν είναι αναγκαίο να βελτιωθεί η κατανόηση των παραγόντων που κάνουν τους παραγωγούς ψαριών ευάλωτους σε γεγονότα και παράγοντες που φέρουν ως αποτέλεσμα την φτώχεια και πού είναι η δυσκολία για τη βελτίωση των πόρων ζωής, καθώς και των στρατηγικών προσαρμογής και των πιθανών λύσεων που υπάρχουν στα πλαίσια της μεταβλητότητας και της αλλαγής του κλίματος. Στη βιβλιογραφία για τις κλιματικές αλλαγές η έννοια των πόρων ζωής αναπτύσσεται για την κατανόηση του πλαισίου της ευπάθειας των κοινοτήτων (Adger 1999, Elasha et al. 2005, Morris et al. 2002, SEI et al. 2003, Ziervogel & Calder 2003). Οι σχετικές με το κλίμα εργασίες περί αλιευμάτων συνήθως εστιάζεται στην μεταβλητότητα του κλίματος,

τη διακύμανση των αποθεμάτων και τα συστήματα των βιοποριστικών μέσων (Allison, Ellis, Mvula & Mathieu, 2001: Sarch & Allison, 2000). Ενώ υπάρχει ένας σημαντικός όγκος εργασίας που εστιάζεται στους πόρους ζωής που εξαρτώνται από την υδατοκαλλιέργεια (Bunting, 2004: Perez-Sanchez et al., 2005: Ross & Martinez Palacios, 2004: Tien, 2005: van Brakel et al., 2003b) λίγα έχουν γίνει για την άμεση συσχέτιση με την κλιματική αλλαγή. Ωστόσο, υπάρχει χρήσιμη έρευνα που εστιάζει στις απαιτήσεις και την καταλληλότητα μιας τοποθεσίας για τις υδατοκαλλιέργειες που περιλαμβάνει περιβαλλοντικές και κλιματικές μεταβλητές όπως η διαθεσιμότητα, η αλατότητα και η θερμοκρασία του νερού (Aguilar-Manjarrez & Nath 1998, Kapetsky & Nath 1997, Salam 2000, Salam & Ross 1000, 2000, Salam et al. 2003, 2005, van Brakel 2003a). Οι μελέτες αυτές θα αποδειχθούν πολύ χρήσιμες κατά την εκτίμηση των δυνατοτήτων των υδατοκαλλιεργειών σε μελλοντικά κλιματικά σενάρια.

Χρησιμοποιώντας την προσέγγιση των αειφόρων πόρων ζωής ο αντίκτυπος των κλιματικών αλλαγών στις κοινότητες που εκτρέφουν ψάρια μπορούν να συνδεθούν με 5 στοιχεία που απαρτίζουν το πλαίσιο των πόρων ζωής: ανθρώπινο, φυσικό, οικονομικό, κοινωνικό και υλικό (Πλ. 1). Τα τμήματα που ακολουθούν δίνουν παραδείγματα του πώς μπορούν να επηρεαστούν αυτά τα στοιχεία από την αλλαγή και τη μεταβλητότητα του κλίματος, βασισμένα στη βιβλιογραφία που ερευνήθηκε και τις γνώσεις γύρω από τα συστήματα υδατοκαλλιέργειας. Τα πρωταρχικά αποτελέσματα δείχνουν ότι το πλαίσιο μπορεί να είναι χρήσιμο εργαλείο στην κατανόηση των επιπτώσεων από τις κλιματικές πιέσεις στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών και κατά την πρόβλεψη της σημειολογίας των επιπτώσεων σε ευρεία κλίμακα.

Πλαίσιο 1. Στοιχεία πόρων ζωής

Φυσικό κεφάλαιο – τα αποθέματα φυσικών πόρων (έδαφος, νερό, αέρας, γενετικοί πόροι κλπ.) και περιβαλλοντικών λειτουργιών (υδρολογικός κύκλος, εστίες απορρόφησης της ρύπανσης κλπ.) από τα οποία πηγάζουν οι πόροι και προέρχονται οι χρήσιμες υπηρεσίες για τα βιοποριστικά μέσα.

Υλικό κεφάλαιο – τα υλικά στοιχεία απαρτίζουν το κεφάλαιο που δημιουργείται από τις διαδικασίες της οικονομικής παραγωγής. Αναφέρεται στις βασικές υποδομές και τα παραγωγικά αγαθά που χρειάζονται για να υποστηρίξουν τους πόρους ζωής.

Οικονομικό κεφάλαιο – η κεφαλαιακή βάση (δηλαδή μετρητά, πίστωση/χρέωση και άλλα οικονομικά στοιχεία) που είναι απαραίτητα για την επιδίωξη οποιαδήποτε στρατηγικής βιοπορισμού.

Ανθρώπινο κεφάλαιο – η κατάρτιση, η γνώση, η ικανότητα για εργασία και η καλή υγεία και η φυσιολογική δυνατότητα που είναι σημαντικές για την επιδίωξη των διαφόρων στρατηγικών βιοπορισμού.

Κοινωνικό κεφάλαιο – οι κοινωνικοί πόροι (δίκτυα, κοινωνικές αξιώσεις, κοινωνικές σχέσεις, συγγένειες, συνεργασίες) πάνω στους οποίους οι άνθρωποι σχεδιάζουν όταν επιδιώκουν διάφορες στρατηγικές βιοπορισμού που απαιτούν συντονισμένες δράσεις.

(Badjeck 2004) προσαρμογή από (DFID 2001) και (Scoones 1998)

5.2.6 Επιπτώσεις στο φυσικό κεφάλαιο

Οι αλλαγές στο φυσικό κεφάλαιο περιλαμβάνουν αλλαγές στη θερμοκρασία, στη στάθμη της επιφάνειας της θάλασσας, την ποιότητα του νερού κ.λ.π. που μπορούν να επηρεάσουν το κόστος παραγωγής και το εισόδημα.

Στην Ιαπωνία οι παραγωγοί χελιών στη λίμνη Χαμάνα θεωρούν ότι η παγκόσμια άνοδος της θερμοκρασίας ευθύνεται για την άνοδο της αλατότητας στη λίμνη η οποία υποστηρίζουν ότι έχει επηρεάσει σημαντικά την παραγωγή (Growfish, 2004c). Στην Τασμανία, τα θερμότερα ρεύματα που θεωρείται πως συνδέονται με την κλιματική αλλαγή λέγεται ότι επηρεάζουν τον σολομό στα ιχθυοτροφεία μειώνοντας την ανάπτυξη και αυξάνοντας την εμφάνιση της άνθισης φυκών και της παρασιτικής αμοιβάδας στα βράγχια των ψαριών, ένα παράσιτο που μπορεί να οδηγήσει σε αυξημένη θνησιμότητα. Έχει υποστηριχθεί πως η μερική λύση του προβλήματος της μειωμένης ανάπτυξης μπορεί να προκύψει από τη μελέτη του τρόπου με τον οποίο η θερμοκρασία επηρεάζει τον σολομό και την ανάλογη ρύθμιση των διατροφικών τύπων (Paine, 2003). Οι ξηρασίες των Ηνωμένων Πολιτειών, οι οποίες έχουν συνδεθεί με τις υψηλότερες μέσες θερμοκρασίες, προκαλούν μειωμένη ανάπτυξη του γατόψαρου και αυξημένη πιθανότητα εμφάνισης ασθενειών. Οι παραγωγοί είναι αναγκασμένοι να διατηρήσουν το γατόψαρο για μεγαλύτερη περίοδο ώστε να φθάσει στο εμπορεύσιμο μέγεθος, κάτι που αυξάνει σημαντικά το κόστος παραγωγής (AgJournal, 1999).

Λόγω της αυξημένης θερμοκρασίας στην επιφάνεια της θάλασσας που καταλογίζεται στην παγκόσμια άνοδο της θερμοκρασίας, το θαλάσσιο γαστερόποδο *Haliotis*, γνωστό επίσης και ως αβαλόνη, βρίσκεται πλέον στο Ουέστ Κάουντρι της Αγγλίας. Έτσι η περιοχή γίνεται κατάλληλη για την εκτροφή της αβαλόνης και η τοπική κυβέρνηση προωθεί αυτή τη νέα βιομηχανία για την αναζωογόνηση του τομέα της αλιείας που φθίνει (Brown & Sutton 2002).

Οι διακυμάνσεις στη θερμοκρασία της θάλασσας στις ακτές του Εκουαδόρ αντιστοιχούν στη διακύμανση της συλλογής της γαρίδας σε εποχιακές και πολυετείς χρονικές κλίμακες (Cornejo-Grunauer et al., 1997). Ως αποτέλεσμα οι τιμές των γεννητόρων του φυσικού πληθυσμού μπορούν να ποικίλουν σε μεγάλο βαθμό. Για παράδειγμα το 1991 η αύξηση της θαλάσσιας θερμοκρασίας οδήγησε στη διαμόρφωση τιμών 15-30 \$ ΗΠΑ ανά ενήλικο άτομο, ενώ το 1995 η μείωση της θαλάσσιας θερμοκρασίας προκάλεσε αύξηση των τιμών των γεννητόρων σε 130-160 δολάρια ΗΠΑ (Cornejo-Grunauer, 1997).

Με υψηλότερες θερμοκρασίες και μεγαλύτερες περιοχές υφάλμυρων υδάτων που δημιουργούνται από έντονη βροχόπτωση η αυξημένη διαθεσιμότητα μετανυμφών

φυσικών πληθυσμών γαρίδας κατά μήκος των ακτών της Νοτίου Αμερικής στον Ειρηνικό Ωκεανό θα δημιουργήσει ανταγωνισμό στα εκκολαπτήρια που ίσως χρειαστεί να απολύσουν προσωπικό τουλάχιστον προσωρινά (Rosenberry, 2004). Στην περίπτωση του Εκουαδόρ, η μείωση της αλιείας των μικρών πελαγικών ειδών επηρέασε την παραγωγή ιχθυάλευρου για τροφή που με τη σειρά του οδήγησε σε εισαγωγές ιχθυάλευρου σε υψηλότερες τιμές λόγω της αυξημένης ζήτησης σε σχέση με την προσφορά με τελικό αποτέλεσμα το αυξημένο κόστος παραγωγής (Cornejo-Grunauer 1998b: Cornejo-Grunauer et al., 1997). Μπορεί επίσης να υπάρχουν και ζητήματα ποιότητας νερού κατά τη διάρκεια των ψυχρών περιόδων Λα Νίνια λόγω των μειωμένων βροχοπτώσεων και κατά συνέπεια της διαθεσιμότητας του νερού, οδηγώντας σε μειωμένη παραγωγή. Σε όρους παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών το φαινόμενο Ελ Νίνιο (ENSO) μπορεί να θεωρηθεί ότι έχει και θετικές και αρνητικές επιπτώσεις στην περιοχή (Rosenberry, 2004).

Η μειωμένη διαθεσιμότητα του νερού και η υποβάθμιση της ποιότητας του νερού, που οδηγεί σε αυξημένα περιστατικά ασθενειών επηρεάζει επίσης χώρες όπως ο Παναμάς και η Κόστα Ρίκα όπου έχει επηρεαστεί η παραγωγή της τιλάπια και της πέστροφας (CRRH 2002).

Τα περισσότερα από τα περιστατικά Ελ Νίνιο της Ασίας έχουν ως αποτέλεσμα ξηρότερες συνθήκες (NOAA, 2005) κάτι που ίσως έχει αρνητική επίπτωση σε είδη όπως η γαρίδα. Για παράδειγμα το Ελ Νίνιο κατά το 1991-93 είχε συνεισφέρει στην ξηρασία σε περιοχές της Ταϊλάνδης, της Ινδονησίας και των Φιλιππίνων, που στη συνέχεια οδήγησε σε μείωση της παραγωγής της γαρίδας εξαιτίας της μειωμένης ποιότητας νερού και των ασθενειών που συνδέονται με αυτή, καθώς και μειωμένη διαθεσιμότητα του γόνου και γεννητόρων προερχόμενων από φυσικούς πληθυσμούς (Rosenberry, 2004). Η παραγωγή ψαριών στις δεξαμενές μπορεί επίσης να επηρεαστεί, όπως αναφέρεται στις Φιλιππίνες για μειωμένη παραγωγή σε είδη όπως η τιλάπια που συσχετίστηκε με τη σχετική ξηρασία με το Ελ Νίνιο (Yap, 1999).

5.2.7 Επιπτώσεις στο υλικό κεφάλαιο και η επιρροή του οικονομικού κεφαλαίου

Η απώλεια του υλικού κεφαλαίου συχνά συνδέεται με τις επιπτώσεις ακραίων φαινομένων όπως πλημμύρες, καταιγίδες και ξηρασίες. Το αποτέλεσμα της απώλειας των στοιχείων και της δυνατότητας εκτροφής είναι οικονομική απώλεια την οποία οι μικρές μονάδες συγκεκριμένα ίσως να μην μπορούν να αντεπεξέλθουν.

Το 2004 η υπηρεσία Γεωργίας της Φλόριντα εκτίμησε ότι οι τυφώνες Φράνσις και Τσάρλι προκάλεσαν απώλειες ύψους 8,7 εκατομμυρίων δολαρίων σε παραγωγούς μυδιών και στρειδιών στην πολιτεία, αριθμός που αντιστοιχεί μόνο σε απώλειες αποθέματος και δεν περιλαμβάνει υποδομές όπως βάρκες, κτίρια και εγκαταστάσεις εκτροφής (Bierschenk, 2004).

Στο Μπανγκλαντές, οι πλημμύρες του 2004 προκάλεσαν ζημιές στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών: υπερχείλισαν δεξαμενές και στην περιοχή Τσαντπούρ τα περισσότερα από τα 13.000 ιχθυοτροφεία έχασαν μέρος του αποθέματος που μεταφράζεται σε οικονομικές απώλειες ύψους περίπου 3,5 εκατομμυρίων δολαρίων (Growfish, 2004b). Στο χωριό Σομπούλια στη Φουλπούρ, τα εκτροφεία γαρίδας γλυκού νερού που καλύπτουν περίπου 120 στρέμματα γης παρασύρθηκαν από τα νερά των πλημμύρων (Hague 2004). Στο Μπανγκλαντές, η Ένωση Μικρών Ψαράδων εκτίμησε ότι οι προνύμφες και τα νεαρά άτομα διαφορετικών σταδίων ανάπτυξης στο 80 % των υδάτινων όγκων στις 45 περιοχές που επλήγησαν από πλημμύρες παρασύρθηκαν προκαλώντας σημαντικές απώλειες στους παραγωγούς (Growfish, 2004a). Οι περισσότεροι παραγωγοί ψαριών δε διέθεταν τους οικονομικούς πόρους να εξοφλήσουν κάποια από τα δάνεια που πήραν για να επανεκινήσουν τις μονάδες εκτροφής και απευθύνθηκαν στην κυβέρνηση για την παροχή άτοκων δανείων και δωρεάν προνυμφών από τα κυβερνητικά εκκολαπτήρια (Growfish, 2004a).

Στη νότια Αγγλία οι πλημμύρες το καλοκαίρι του 2004 επίσης επηρέασαν ιχθυοπαραγωγούς. Στο Μποσκάσλ ένας ιδιοκτήτης έχασε 40.000 ψάρια, περιλαμβανομένων και της καφέ πέστροφας και σολομού (Growfish, 2004d).

Στη Λατινική Αμερική η κλιματική μεταβλητότητα (τα φαινόμενα ENSO και τα ακραία φαινόμενα (δηλ. Τυφώνες) έχουν σημαντικές επιπτώσεις στη βιομηχανία των υδατοκαλλιεργειών όπως φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα:

1. Στο Εκουαδόρ μεγάλα φαινόμενα Ελ Νίνιο όπως του 1997-98 προκαλούν μειωμένο κέρδος στους παραγωγούς γαρίδας παρά τη δυνατότητα για αυξημένη παραγωγή που σχετίζεται με τις συνθήκες του Ελ Νίνιο στην περιοχή (Rosenberry, 2004). Οι πρωταρχικές αιτίες είναι οι δυσκολίες στη μεταφορά από τις ζημιές και τις απώλειες στις υποδομές όπως οι δρόμοι και οι γέφυρες (Cornejo-Grunauer, 1998b), καθώς και ζημιές στα εκκολαπτήρια που μπορεί να έχουν καθυστερημένη επίπτωση στη βιομηχανία συνολικά (Rosenberry, 2004).

2. Στην Ονδούρα περίπου το 10% των υποδομών των εκτροφείων γαρίδας καταστράφηκε από τον τυφώνα Μιτς το 1998 με μια εκτιμώμενη απώλεια στην παραγωγή της τάξης των 23 και 4 εκατομμυρίων δολαρίων το 1998 και το 1999 αντίστοιχα και μια απώλεια της τάξης των 8 εκατομμυρίων δολαρίων σε εξοπλισμό, εγκαταστάσεις και υποδομές (Rosenberry, 1999). Οι καταιγίδες τέτοιας φύσης δεν μπορούν να συνδεθούν άμεσα με τις κλιματικές αλλαγές, αν και ωστόσο η υπόθεση ότι μπορεί να αυξηθούν είτε σε ένταση ή συχνότητα χρειάζεται προσεκτική μελέτη σε σχέση με τις πιθανές ζημιές που συσχετίζονται με το κόστος και συνεπώς τη σκοπιμότητα μελλοντικών δραστηριοτήτων υδατοκαλλιέργειας.

5.2.8 Μειωμένο ανθρώπινο κεφάλαιο και επιπτώσεις στο κοινωνικό κεφάλαιο

Η μεταβλητότητα και η ένταση των κλιματικών αλλαγών μπορεί να οδηγήσει σε πιθανές συγκρούσεις για τη χρήση των πόρων που σχετίζονται με την υδατοκαλλιέργεια.

Το φαινόμενο Ελ Νίνιο του 1997-98 επηρέασε σημαντικά την απασχόληση στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών στο Εκουαδόρ με την κατάρρευση των εκκολαπτηρίων γαρίδας (περίπου 300) που απασχολούσαν σχεδόν 6.000 ανθρώπους και παρείχαν μετανύμφες γαρίδας στα υδροστάσια εκτροφής (Cornejo-Grunauer, 1998b).

Η ποικιλότητα και η αλλαγή του κλίματος μπορεί να αυξήσουν τις σημερινές συγκρούσεις για τους λιγοστούς πόρους όπως το γλυκό νερό και τις περιοχές της ακτογραμμής, όπως φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα:

Η εντατική εκτροφή γαρίδας στην Ταϊλάνδη και την Ταϊβάν οδήγησε στη χρήση μεγάλων ποσοτήτων υπογείων υδάτων η οποία χαμήλωσε τον υδροφόρο ορίζοντα και προκάλεσε ζητήματα αλατότητας στις τοπικές εκτάσεις και τους υδάτινους πόρους

(Braaten & Flaherty 2001, Dierberg & Kiattisimkul 1996, Primavera, 1998). Η υφαλμύρωση δε μειώνει μόνο το διαθέσιμο για τη γεωργία νερό αλλά και για άλλες οικιακές και βιομηχανικές χρήσης (Primavera, 1998). Σύμφωνα με τα σενάρια των κλιματικών αλλαγών όπου αυξάνεται η συχνότητα των ξηρασιών, το διαθέσιμο γλυκό νερό μπορεί να αποτελέσει πηγή συγκρούσεων ανάμεσα στον τομέα της ιχθυοκαλλιέργειας και σε άλλους τομείς (όπως η καλλιέργεια ρυζιού), ή μπορεί τουλάχιστο να γίνει εμπόδιο για την πλήρη ανάπτυξη της υδατοκαλλιέργειας. Η υδατοκαλλιέργεια μπορεί να προκαλέσει τροποποίηση των ενδιαιτημάτων επηρεάζοντας διάφορες λειτουργίες ενός οικοσυστήματος όπως η προστασία των ακτών και ο έλεγχος των πλημμύρων με την αφαίρεση των μαγκρόβιων δασών (Naylor et al., 2000). Η κυριότερη αιτία του αφανισμού των μαγκρόβιων τις τελευταίες δεκαετίες στο Μπανγκλαντές και τη Σρι Λάνκα υπήρξε η μετατροπή τους σε υδροστάσια εκτροφής γαρίδας, ενώ στο Βιετνάμ από το 1983 μέχρι το 1987 καταστράφηκαν συνολικά 120.000 στρέμματα μαγκρόβιων δασών για εκτροφή γαρίδας (Primavera, 1998). Στο πλαίσιο των αυξανόμενων ακραίων φαινομένων που επηρεάζονται από τις κλιματικές αλλαγές υπάρχει ένα κίνητρο για τη διεκδίκηση των μαγκρόβιων περιοχών οι οποίες θα μπορούσαν μακροπρόθεσμα να οδηγήσουν σε συγκρούσεις μεταξύ των παραγωγών υδατοκαλλιεργειών και άλλων χρήσεων της παράκτιας ζώνης.

5.3. Έμμεσες επιπτώσεις – η επίδραση των αλιευμάτων

Οι τρόποι με τους οποίους οι κλιματικές αλλαγές επιδρούν στην υδατοκαλλιέργεια ίσως είναι ανεπαίσθητοι, περίπλοκοι και δύσκολο να αναγνωριστούν ή να ποσοτικοποιηθούν. Οι επιπτώσεις μπορούν να λάβουν χώρα σε ευρεία κλίμακα τοπικά ή παγκόσμια και σε πολλές περιπτώσεις ίσως χρειαστούν μελέτες σε επίπεδο κοινότητας ώστε να διακριθούν οι τρόποι που εμπλέκονται. Οι επιδράσεις στη διαθεσιμότητα και/ή το κόστος των εισροών θα επηρεάσουν το κόστος και τις μεθόδους παραγωγής, ενώ η σχετική τιμή των προϊόντων της υδατοκαλλιέργειας σε σχέση με τα εναλλακτικά προϊόντα θα περιορίσει επίσης την παραγωγή. Έχοντας υπόψη αυτά τα δεδομένα, ο ρόλος των αλιευμάτων πρέπει να θεωρηθεί πολύ σημαντικός και σε όρους ανταγωνισμού με τα προϊόντα υδατοκαλλιέργειας στην αγορά αλλά και στην προμήθεια εισροών,

συνήθως με τη μορφή ιχθυάλευρου ή ιχθυελαίου. Επίσης σημαντικό ρόλο θα διαδραματίσουν και άλλες μορφές γεωργικής εκμετάλλευσης που επηρεάζουν τις υδατοκαλλιέργειες ως εισροές όπως η παραγωγή ιχθυοτροφών και λιπασμάτων, καθώς και ανταγωνιστικοί τομείς όπως η εκτροφή πουλερικών (Delgado, 2003).

Ο Πίνακας 7 δείχνει τις προβλεπόμενες αλλαγές στην τιμή σε διάφορα εμπορεύματα αλιείας και γεωργίας κάτω από ορισμένα οικονομικά σενάρια για την περίοδο 1997-2020. Συγκρίνοντας τα σενάρια της ταχύτερης και βραδύτερης διεύρυνσης της ιχθυοκαλλιέργειας με το βασικό σενάριο που δείχνει την επίδραση ενός αυξανόμενα σημαντικότερου τομέα υδατοκαλλιέργειας. Το σενάριο της οικολογικής κατάρρευσης βασίζεται στην ετήσια μείωση κατά 1% όλων των αλιευόμενων προϊόντων συμπεριλαμβανομένων του ιχθυάλευρου και του ιχθυελαίου. Ενώ το σενάριο της οικολογικής κατάρρευσης είναι προς το παρόν πολύ μακρινό, αυτό που θεωρείται πιθανότερο από τους αναλυτές των αλιευμάτων (Delgado, 2003) επισημαίνει την πιθανότητα ζημιάς στα αλιεύματα στην τιμή των ψαριών συνολικά. Οι υψηλές τιμές των ψαριών θα μείωναν τη ζήτηση και συνεπώς την παραγωγή τους. Οι εκτιμήσεις για την παραγωγή αλιευμάτων για το έτος 2020 δίνονται στον Πίνακα 8. Η σχετικά μικρή μέση μείωση κατά 17% στην παραγωγή για όλες τις περιοχές που περιλαμβάνει το σενάριο της οικολογικής κατάρρευσης εξηγείται από την αντίδραση της παραγωγής στην αύξηση των τιμών και των υδατοκαλλιεργειών και των αλιευμάτων (Delgado, 2003).

Πίνακας 7. Πρόβλεψη ποσοστιαίων μεταβολών στην τιμή διαφόρων βασικών προϊόντων μεταξύ 1997-2020 σε διαφορετικά σενάρια παραγωγής (προσαρμογή από Delgado 2003).

Εμπόρευμα	Σενάριο					
	Πιθανότερο (βασικό)	Ταχύτερη εξάπλωση υδατοκαλλιέργειας	Χαμηλότερη παραγωγή Κίνας	Επάρκεια Ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου	Βραδύτερη εξάπλωση υδατοκαλλιέργειας	Οικολογική κατάρρευση
Ψάρια χαμηλής αξίας	6	-12	6	5	25	35
Ψάρια υψηλής αξίας	15	9	16	14	19	69
οστρακόδερμα	16	4	19	15	26	70
Μαλάκια	4	-16	3	3	25	26
Ιχθυάλευρο	18	42	21	-16	0	134
Ιχθυέλαιο	18	50	18	-5	-4	128
Βοδινό	-3	-5	-3	-4	-2	1
Χοιρινό κρέας	-3	-4	-2	-3	-1	4
Πρόβειο κρέας	-3	-5	-3	-3	-1	2
Πουλερικά	-2	-5	-2	-3	0	7
Αβγά	-3	-5	-3	-4	-2	3
Γάλα	-8	-10	-8	-9	-8	-5
Λαχανικά	-1	3	0	-7	-4	16

Πίνακας 8. Πρόβλεψη παραγωγής ιχθυοκαλλιεργειών το 2020 σε διαφορετικά σενάρια παραγωγής (προσαρμογή από Delgado 2003) (σε εκατομμύρια τόνους).

Περιοχή	Σενάριο						
	Πραγματικό 1997	Πιθανότερο (βασικό)	Ταχύτερη εξάπλωση υδατοκαλ/γείας	Χαμηλότερη παραγωγή Κίνας	Επάρκεια Ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου	Βραδύτερη εξάπλωση υδατοκαλ/είας	Οικολογική κατάρρευση
Κίνα	33.3	53.1	61.7	45.7	53.3	46.1	47.7
Νοτιοανατολική Ασία	12.6	17.5	19.5	17.5	17.6	16.2	13.5
Ινδία	4.8	8.0	9.8	8.0	8.0	6.7	2.6
Λοιπή Νότια Ασία	2.1	3.0	3.5	3.0	3.0	2.6	2.5
Λατινική Αμερική	6.4	8.8	9.4	8.8	8.9	8.5	6.1
Δυτική Ασία και Βόρεια Αφρική	2.2	2.8	2.9	2.8	2.8	2.7	2.1
Υποσαχάρια Αφρική	3.7	6.0	6.0	6.0	6.1	6.0	3.0
Ηνωμένες Πολιτείες	4.4	4.9	5.1	4.9	4.9	4.8	4.2

Ιαπωνία	5.2	5.2	5.1	5.2	5.2	5.2	4.8
Ευρωπαϊκή Ένωση 15	5.9	6.7	7.0	6.7	6.8	6.5	6.0
Ανατολική Ευρώπη και πρώην Σοβιετική Ένωση	4.9	5.0	5.0	5.0	5.0	5.1	4.2
Λοιπές Αναπτυγμένες χώρες	4.8	5.8	6.1	5.8	5.8	5.5	4.7
Αναπτυσσόμενος κόσμος	68	102.5	116.2	95.1	10.0	92.0	84.3
Αναπτυσσόμενος κόσμος εκτός Κίνας	34.6	49.4	54.5	49.4	49.7	45.9	36.6
Αναπτυγμένος κόσμος	25.2	27.6	28.3	27.6	27.8	27.1	23.9
Παγκόσμια	93.2	130.1	144.5	122.7	130.8	119.1	108.2

Οι επιδράσεις των κλιματικών αλλαγών στα αλιεύματα πιθανό να είναι τοπικές και ο αντίκτυπος σε ορισμένα είδη πολύ μεγαλύτερος από άλλα. Οι επιδράσεις των κλιματικών αλλαγών μπορεί να συνδυαστούν με αυτές της αλιευτικής πίεσης και να μειωθούν τα αποθέματα μερικών ειδών. Για παράδειγμα η αλιεία της μουρούνας του Ατλαντικού φαίνεται ότι έχει επηρεαστεί από τις μεταβολές του κλίματος που προκλήθηκαν από τη Βορειοατλαντική ταλάντωση (NOA) μόνον όταν τα απόθεμα των ιχθυδίων είναι μικρά (Brander, 2005) καθώς ένα ή δύο θερμά έτη έχουν ως αποτέλεσμα την αλίευση στη Βόρεια Θάλασσα συγκεκριμένων ηλικιακών κλάσεων (Cook et al., 1997).

Οι αλλαγές στις θερμοκρασίες των ωκεανών μπορεί να προκαλέσουν αύξηση στην κατανομή ορισμένων αλιευομένων ειδών, όπως ο τόνος, έξω από τις παραδοσιακές ή νόμιμες αλιευτικές περιοχές μιας χώρας (Lehodey et al., 1997; Loukos et al., 2003) και να επιφέρουν πιθανές συνέπειες στις εξαγωγές και στις τιμές διάθεσης των αλιευμάτων (Aaheim & Sygna, 2000).

Η αλλαγή στη βροχόπτωση μπορεί να είναι κρίσιμος παράγοντας για την αλιεία του γλυκού νερού. Για παράδειγμα η συλλογή των ψαριών και συνεπώς η αλιεία έχουν συσχετιστεί με την ετήσια διακύμανση στην πλημμυρική κάλυψη του ποταμού Μαγκντελένα, στην Κολομβία και του ποταμού Καφούε στη Ζάμπια (Welcomme, 1985; Kapetsky, 2000). Για τη λίμνη Ταγκανίκα υποστηρίζεται ότι σχετίζονται τα φαινόμενα ENSO, το τοπικό κλίμα και η παραγωγή των ιχθυοτροφείων (Pilsnier, 1997).

Ενώ η υδατοκαλλιέργεια μπορεί να αποκομίσει ορισμένα οφέλη και κίνητρα από υψηλότερες τιμές των ψαριών λόγω των αλιευμάτων που έχουν επηρεαστεί από το κλίμα, πιθανόν είναι να υπάρξουν αρνητικές επιπτώσεις που σχετίζονται με το κόστος των εισροών, ιδιαίτερα της πολυσυζητημένης χρήσης του ιχθυάλευρου και του ιχθυελαίου από τον τομέα της υδατοκαλλιέργειας.

5.3.1 Ιχθυάλευρο και ιχθυέλαιο

Η παραγωγή του ιχθυάλευρου και του ιχθυελαίου είναι κατά μεγάλο ποσοστό εξαρτημένη από τα μικρά πελαγικά είδη όπως ο γαύρος του Περού, το σαυρίδι της Χιλής, τη ρέγκα, τον κολιό, τον γαύρο της Ιαπωνίας, τη στρογγυλοσαρδέλα, το σκουμπρί και τον ευρωπαϊκό γαύρο (Naylor et al., 2000). Σχεδόν τα δύο τρίτα του ιχθυάλευρου προέρχονται από εξειδικευμένα αλιευτικά που είναι ειδικά εξοπλισμένα και βασισμένα στην παραγωγή ιχθυάλευρου (New & Wijkstrom, 2002). Οι Πίνακες 9, 10, 11 και 12 δείχνουν την κατανάλωση του ιχθυάλευρου και του ιχθυελαίου σε αριθμούς και δίνουν μια ένδειξη για το πού μπορούν οι τομείς της αλιείας και της υδατοκαλλιέργειας να επηρεαστούν αρνητικά ως καταναλωτές στην περίπτωση επιπτώσεων στην παραγωγή ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου (τα δεδομένα είναι από το Πληροφοριακό Δίκτυο Ιχθυάλευρου – FIN). Το ποσοστό της συνολικής κατανάλωσης ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου για μια χώρα που δραστηριοποιείται στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών ποικίλει. Εκείνες οι ποσότητες που το μεγαλύτερο ποσοστό χρήσης ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου διατίθενται σε τομείς διαφορετικούς από την υδατοκαλλιέργεια, όπως ζωοτροφές για άλλα ζώα, ίσως έχουν μεγαλύτερη δυνατότητα υποκατάστασης των πηγών πρωτεΐνης με εναλλακτικές, αν αντιμετωπίσουν αυξημένες τιμές ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου.

Ο Delgado et al. (2003) υποστηρίζει ότι εξαιρώντας την Κίνα, οι χώρες που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου είναι γενικά οι περισσότερο αναπτυγμένες και αυτό αντανακλά την εντατική φύση της ζωικής παραγωγής και της υδατοκαλλιέργειας σε αυτές τις περιοχές παράλληλα με μια τάση προς εκτροφή σαρκοφάγων ειδών ψαριών. Ο Delgado et al. (2003) υποστηρίζει επίσης ότι η παραπάνω κατάσταση έχει ως αποτέλεσμα μια γενική τάση ροής ιχθυάλευρου και

ιχθυελαίου από τον αναπτυσσόμενο στον αναπτυγμένο κόσμο. Η τάση αυτή δε φαίνεται εύκολα στα δεδομένα που παρουσιάζονται στους Πίνακες 9, 10, 11 και 12 αλλά θα πρέπει να εξεταστεί το γεγονός ότι οι πίνακες δεν είναι πλήρως αντιπροσωπευτικοί όλων των χωρών και ότι το επίπεδο και η ακρίβεια των αναφορών και της τήρησης των αρχείων μεταξύ των χωρών μπορεί επίσης να ποικίλει.

Πίνακας 9. Παραγωγή ιχθυάλευρου σε χιλιάδες τόνους για τις πρώτες 16 χώρες (Πληροφοριακό Δίκτυο Ιχθυάλευρου – FIN)

Χώρα	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Περου	1972	1740	815	1904	2309	1844	1941	1251	1983
Χιλή	1376	1195	642	957	842	699	839	664	933
Ταϊλάνδη	382	386	410	398	387	381	387	397	403
Κίνα	359	534	693	707	806	723	460	420	400
ΗΠΑ	329	394	294	355	335	342	337	318	353
Ιαπωνία	406	363	379	409	387	227	225	230	295
Δανία	297	341	324	311	318	299	311	246	259
Νορβηγία	214	253	301	241	264	216	241	212	215
Ισλανδία	265	279	220	234	272	286	304	279	204
Νότια Αφρική	65	55	94	84	109	111	93	113	114
Ισπανία	65	93	93	84	120	115	117	119	103
Εκουαδόρ	110	44	72	51	78	89	59	79	85
Ρωσία	207	177	163	155	126	98	95	68	70
Νήσοι Φερόες				25	24	44	37	42	68
Μαρόκο	75	70	55	59	53	55	61	64	63
Μεξικό	68	63	45	48	65	61	65	65	55
Βρετανία	55	51	52	53	50	47	48	52	51

Πίνακας 10. Κατανάλωση ιχθυάλευρου σε χιλιάδες τόνους για τις πρώτες 16 χώρες (Πληροφοριακό Δίκτυο Ιχθυάλευρου – FIN)

Χώρα	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Κίνα	882	976	416	673	1241	984	976	797	1147
Ιαπωνία	412	437	330	346	338	478	480	388	402
Ταϊβάν	373	320	172	294	299	295	242	239	238
Γερμανία	290	293	252	233	304	197	120	198	183
Νορβηγία	106	128	100	143	183	143	127	150	162
Βρετανία	242	285	239	221	241	233	192	184	143
Δανία	107	87	94	139	131	130	135	167	132
Ισπανία	63	97	63	94	123	116	89	95	105
ΗΠΑ	61	64	57	33	36	51	67	55	71
Ινδονησία	134	121	40	77	118	113	67	57	70
Ελλάδα	33	36	40	40	53	77	84	74	69
Ιταλία	87	87	48	68	76	87	67	66	64
Ολλανδία	114	82	64	50	73	52	73	64	63
Καναδάς	65	77	62	66	98	102	80	68	61
Βιετνάμ	-	-	-	14	15	29	20	60	61
Ρωσία	59	144	95	73	40	167	133	99	55

Ο τύπος των ειδών που εκτρέφονται και το σύστημα εκτροφής θα καθορίσουν σε μεγάλο βαθμό τα επίπεδα της εξάρτησης από το ιχθυάλευρο και το ιχθυέλαιο. Θαλάσσια σαρκοβόρα και διάδρομα είδη ψαριών συνήθως έχουν μεγαλύτερες απαιτήσεις πολυακόρεστων λιπαρών οξέων και κατά συνέπεια ιχθυάλευρο και ιχθυέλαιο, από τα παμφάγα είδη του γλυκού νερού όπως οι κυπρίνοι και οι τιλάπιες. Η ποσότητα των ψαριών που τρέφονται άμεσα με παρασκευασμένες τροφές σε αντίθεση με τη φυσική τροφή που εμφανίζεται στη φύση είναι προφανώς καθοριστική καθώς τα επίπεδα έντασης της χορήγησης της τροφής παίζουν σημαντικό ρόλο. Τα συστήματα ποικίλουν από εκτατικές εκτροφές σε υδροστάσια χωρίς επιπλέον χορήγηση τροφής μέχρι τα σταδιακά περισσότερο εντατικά συστήματα και τέλος τα πολύ εντατικά συστήματα όπου τα ψάρια είναι πλήρως εξαρτημένα από συνθετικές τροφές.

Πίνακας 11. Παραγωγή ιχθυελαίου σε χιλιάδες τόνους για τις πρώτες 16 χώρες (Πληροφοριακό Δίκτυο Ιχθυάλευρου – FIN)

Χώρα	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004
Περου	422	330	123	515	593	300	221	205	352
Χιλή	11	8	7	188	171	145	146	130	138
ΗΠΑ	113	128	101	130	87	118	96	80	81
Δανία	142	131	136	129	98	80	86	71	68
Ιαπωνία	48	52	58	68	70	63	64	61	68
Ισλανδία	137	130	88	102	95	96	70	104	49
Νορβηγία	77	85	98	69	83	56	72	52	37
Μαρόκο	14	15	18	14	18	31	20	29	25
Ισπανία	19	17	20	20	20	21	20	21	22
Τουρκία	4	5	5	5	5	6	9	14	14
Εκουαδόρ					6	10	7	8	14
Κίνα	11	8	7	10	24	27	27	30	13
Μεξικό	10	11	4	7	7	7	8	9	12
Βρετανία	12	9	10	12	10	10	11	11	12
Ν. Φερόες	10	7	9	10	9	9	10	10	11
Ρωσία	6	2	8	12	12	11	11	11	4

Πίνακας 12. Κατανάλωση ιχθυελαίου σε χιλιάδες τόνους (Πληροφοριακό Δίκτυο Ιχθυάλευρου – FIN)

Χώρα	1997	1998	1999	2000	2001	Μέσος όρος
Χιλή	172	124	180	245	236	191
Νορβηγία	156	154	181	214	213	184
Περου	132	80	160	178	64	123
Ιαπωνία	114	107	107	122	142	118
Βρετανία	80	58	57	54	69	64
Ολλανδία	73	11	47	66	24	44
Δανία	60	47	55	53	99	63
Γερμανία	44	12	16	19	14	21
Καναδάς	30	34	38	24	52	36
Γαλλία	24	21	27	24	32	26
Ισπανία	21	36	31	35	42	33
Ιταλία	21	19	28	29	22	24
Βέλγιο	18	1	1	4	1	5
Κίνα	13	10	38	49	30	28
Φινλανδία	9	6	5	3	4	5
Ιρλανδία	6	4	6	5	5	5
Πολωνία	2	1	1	1	2	1
Σουηδία	1	0	0	4	4	2
Αυστρία	1	1	1	1	1	1
Πορτογαλία	0	1	1	1	1	1
Τσεχία	0	0	0	0	0	0
Άλλες	282	205	273	297	192	250
Σύνολο	3.258	2.930	3.252	3.428	3.250	1.225

Στον Πίνακα 13 απεικονίζονται τα εκτιμώμενα επίπεδα περιεκτικότητας ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου που χρησιμοποιούνται σε τυποποιημένες δίαιτες για διάφορα είδη ψαριών, το ποσοστό των εκτρεφόμενων ψαριών (F) που τρέφονται με τέτοιες δίαιτες και η μετατρεψιμότητα. Οι αριθμοί δίνουν μια ένδειξη των διαφορών που παρουσιάζονται ανάμεσα στις ομάδες των ειδών και αρχικά χρησιμοποιήθηκαν σε μελέτη που ερευνούσε τη δυνατότητα μελλοντικής χρήσης ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου στην υδατοκαλλιέργεια (New & Wijkstrom, 2002). Η μελέτη έδειξε ότι με βάση τα ιστορικά επίπεδα παραγωγής ιχθυάλευρου και με την πρόβλεψη της ανάπτυξης της υδατοκαλλιέργειας, μέχρι το 2015 ο κλάδος θα χρησιμοποιεί σχεδόν το 70% της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυάλευρου. Η περίπτωση του ιχθυελαίου είναι χειρότερη με τη ζήτηση να ξεπερνά την προσφορά μέχρι το 2010. Ενώ αυτά τα νούμερα είναι εκτιμήσεις, με τις αιχμές στις τιμές του ιχθυάλευρου που σχετίζονταν με παρελθόντα φαινόμενα ENSO, υπονοούν μια πιθανή σοβαρότητα που αφορά στον αντίκτυπο του κλίματος στα αλιεύματα.

Πίνακας 13. Προβλεπόμενη χρήση ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου από ορισμένα είδη υδατοκαλλιέργειας (New & Wijkstrom 2002)

ΟΜΑΔΕΣ ΕΙΔΩΝ	ΕΤΟΣ	ΜΕΤΑΤΡΕΨΙΜΟΤΗΤΑ ΤΡΟΦΗΣ	F % (Ποσοστό εκτρεφόμενων ψαριών)	ΑΝΑΛΟΓΙΑ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΤΡΟΦΕΣ	
				ΙΧΘΥΑΛΕΥΡΟ	ΙΧΘΥΕΛΑΙΟ
ΚΟΙΝΟΣ ΚΥΠΡΙΝΟΣ	1999	2,0	25	5	1
	2015	1,5	50	2	1
	2030	1,3	80	0	1
ΤΙΛΑΠΙΑ	1999	2,0	40	7	1
	2015	1,5	60	3	1
	2030	1,3	90	0	1
ΓΑΤΟΨΑΡΟ	1999	1,6	85	3	1
	2015	1,4	90	0	1
	2030	1,2	95	0	1
ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΨΑΡΙΑ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ	1999	2,5	50	50	10
	2015	1,8	80	25	15
	2030	1,5	100	15	15
ΧΕΛΙΑ	1999	2,0	80	50	10

	2015	1,5	90	40	8
	2030	1,2	95	20	8
ΣΟΛΟΜΟΣ	1999	1,2	100	40	25
	2015	1,0	100	25	15
	2030	0,8	100	15	15
ΠΕΣΤΡΟΦΕΣ ΚΑΙ ΟΞΥΡΥΓΧΟΙ	1999	1,2	100	30	15
	2015	1,0	100	20	15
	2030	0,8	100	15	15
ΓΑΛΑΤΟΨΑΡΟ	1999	2,0	40	12	3
	2015	1,5	60	5	2
	2030	1,3	80	5	2
ΆΛΛΑ ΔΙΑΔΡΟΜΑ ΨΑΡΙΑ	1999	1,8	60	40	10
	2015	1,5	80	20	10
	2030	1,2	95	20	10
ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΑ ΘΑΛΑΣΣΙΑ ΨΑΡΙΑ	1999	2,0	60	45	10
	2015	1,8	80	35	10
	2030	1,4	90	25	10
ΚΟΚΚΙΝΟΨΑΡΟ	1999	2,0	80	45	20
	2015	1,8	100	35	15
	2030	1,4	100	25	10
ΤΟΥΡΝΕΣ ΚΑΙ ΜΑΓΙΑΤΙΚΑ	1999	2,0	80	45	20
	2015	1,8	100	35	15
	2030	1,4	100	25	10
ΓΑΡΙΔΕΣ ΤΟΥ ΓΛΥΚΟΥ ΝΕΡΟΥ	1999	2,0	85	20	1
	2015	1,6	95	15	2
	2030	1,4	100	15	2
ΚΑΒΟΥΡΙΑ ΚΑΙ ΑΣΤΑΚΟΙ	1999	1,8	80	25	2
	2015	1,6	90	15	3
	2030	1,4	90	15	3
ΘΑΛΑΣΣΙΕΣ ΓΑΡΙΔΕΣ	1999	1,8	80	25	2
	2015	1,6	90	15	3
	2030	1,2	95	15	3

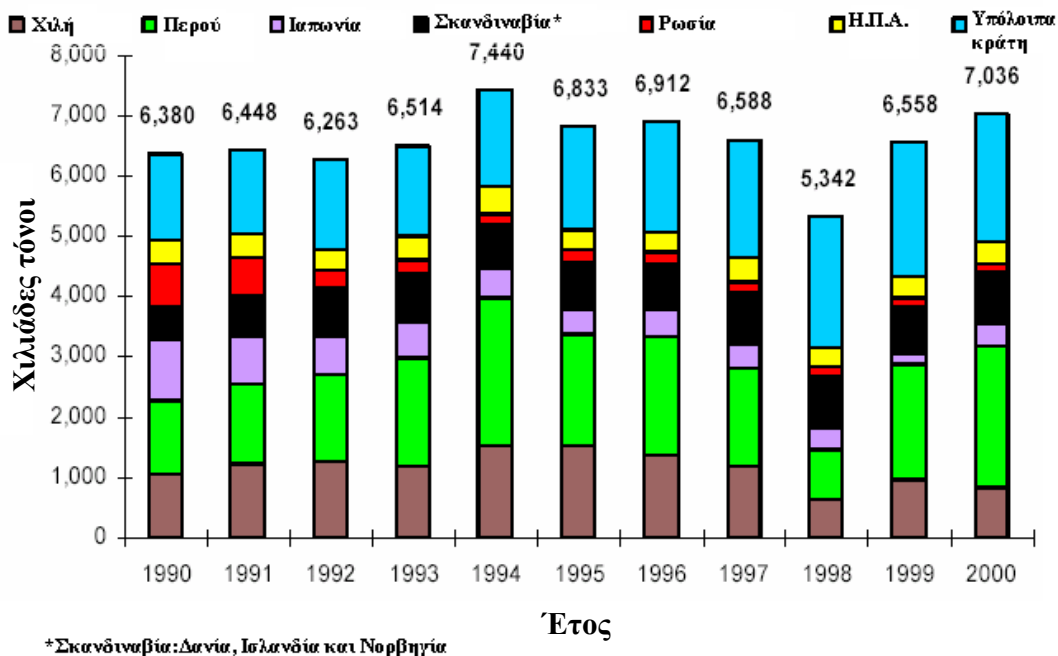
Σε σύγκριση με άλλους τομείς της πρωτογενούς παραγωγής που σήμερα χρησιμοποιούν ιχθυάλευρο, η υδατοκαλλιέργεια έχει σημαντικά λιγότερη ελαστικότητα μεταξύ τιμής και ζήτησης. Αυτό οφείλεται κατά πολύ στη σχετική έλλειψη δυνατότητας

για εναλλακτικές πηγές πρωτεΐνης όπως για παράδειγμα το σογιάλευρο σε σχέση με την εκτροφή πουλερικών και χοίρων, τομείς που σήμερα καταναλώνουν σημαντικές ποσότητες ιχθυάλευρου. Είναι πιθανό ότι η αύξηση της χρήσης ιχθυάλευρου για την εκτροφή σαρκοβόρων ειδών θα προκαλέσει αύξηση της εμπορικής του αξίας. Ο Delgado et al. (2003) υποστηρίζει ότι μέχρι το 2020 οι τιμές του ιχθυάλευρου θα έχουν αποσυνδεθεί από αυτές του σογιάλευρου και ότι η υδατοκαλλιέργεια των σαρκοβόρων ψαριών θα είναι ιδιαίτερα ευαίσθητη στις αλλαγές των αλιευμάτων που παρέχουν ιχθυάλευρο και ιχθυέλαιο.

Τυχόν βελτιώσεις στη σύσταση της τροφής και στις τεχνικές εκτροφής ίσως βοηθήσουν να αντισταθμιστούν ορισμένες από τις συνέπειες των αυξημένων τιμών ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου μειώνοντας την αναλογία τους στις καθορισμένες δίαιτες και μέσα από βελτιωμένες τιμές μετατρεψιμότητας (New & Wijkstrom, 2002). Υποστηρίζουν επίσης πως τα αλιεύματα που τώρα εκμεταλλεύονται λιγότερο όπως το κριλ και τα μεσοπελαγικά είδη μπορούν να παράσχουν εναλλακτικές πηγές ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου, αν και θα πρέπει να αυξηθούν σημαντικά οι τιμές του ιχθυάλευρου και του ελαίου πριν καταστούν βιώσιμες οι επενδύσεις στην ανάπτυξη υποδομών αλίευσης και επεξεργασίας για τα νέα αυτά αλιεύματα. Φαίνεται ότι χωρίς σημερινές εναλλακτικές λύσεις και με τις μεγάλες ποσότητες της παγκόσμιας παραγωγής ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου να προέρχονται από περιορισμένο αριθμό ειδών ψαριών, θα πρέπει να ληφθεί σοβαρά υπόψη η πιθανότητα να επηρεαστεί έμμεσα η υδατοκαλλιέργεια των σαρκοβόρων ειδών από τις κλιματικές αλλαγές.

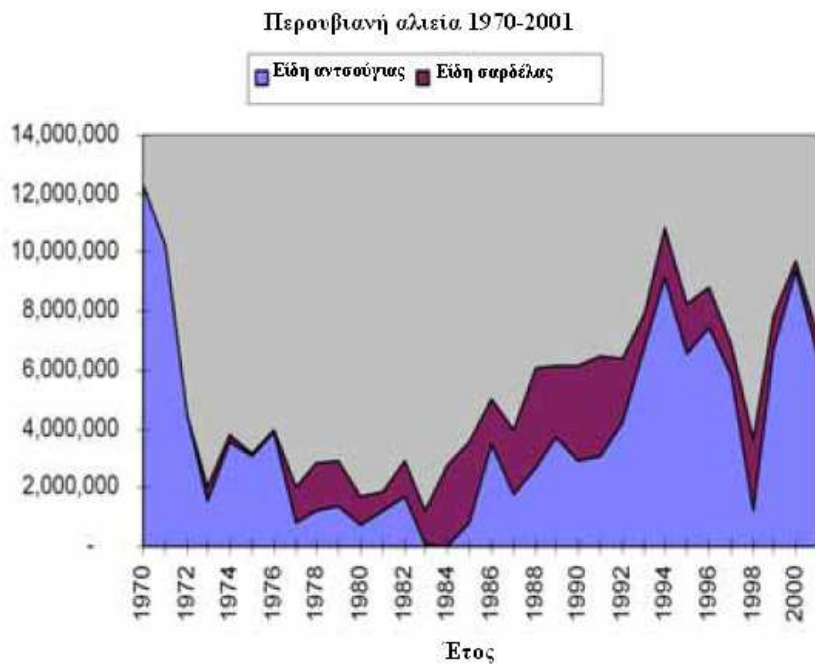
5.3.2 Το παράδειγμα της βιομηχανίας ιχθυάλευρου του Περού

Το Περού και η γειτονική Χιλή είναι από τους μεγαλύτερους παραγωγούς ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου. Η ετήσια παραγωγή είναι αρκετά σταθερή τα τελευταία χρόνια εκτός από την περίοδο Ελ Νίνιο του 1998 (Pike & Barlow, 2002) (Σχ. 13).



Σχήμα 13. Παγκόσμια παραγωγή ιχθυάλευρου – μεγαλύτεροι παραγωγοί 1990-2000 (Pike & Barlow 2002).

Ιστορικά οι ποσότητες αλιευμάτων αντσούγιας και σαρδέλας στο Περού είναι εξαιρετικά ευμετάβλητες σε σχέση με τη θέρμανση του ωκεανού κατά τη διάρκεια των φαινομένων Ελ Νίνιο και μια συνακόλουθη μείωση των ανοδικών ρευμάτων που τροφοδοτούν την περιοχή με θρεπτικά συστατικά και αυξάνουν την πρωτογενή παραγωγή. Όμοια διακύμανση παρατηρείται και για είδη που τρέφονται με πλαγκτόν όπως ο γαύρος. (Delgado et al., 2003). Το 1970 το Περού αλίευε 12 εκατομμύρια τόνους ψαριών για παραγωγή ιχθυάλευρου (γαύρο και σαρδέλες). Κατά την περίοδο έντονου φαινομένου Ελ Νίνιο το 1972-73 η παραγωγή έπεσε σημαντικά και ενώ έχει παρατηρηθεί ανάκαμψη ήταν πολύ μικρή, με τις σαρδέλες να γίνονται το κύριο αλιεύσιμο είδος (Σχ. 14). Το Ελ Νίνιο κατά το 1982-83 μείωσε επίσης την παραγωγή αλλά το φαινόμενο του 1998 προκάλεσε μια ακόμη δραματικότερη πτώση. Όπως θα ήταν αναμενόμενο οι τάσεις στην παραγωγή και τις εξαγωγές ιχθυάλευρου ακολουθούν αυτές των αλιευμάτων και φαίνονται στο Σχήμα 15.

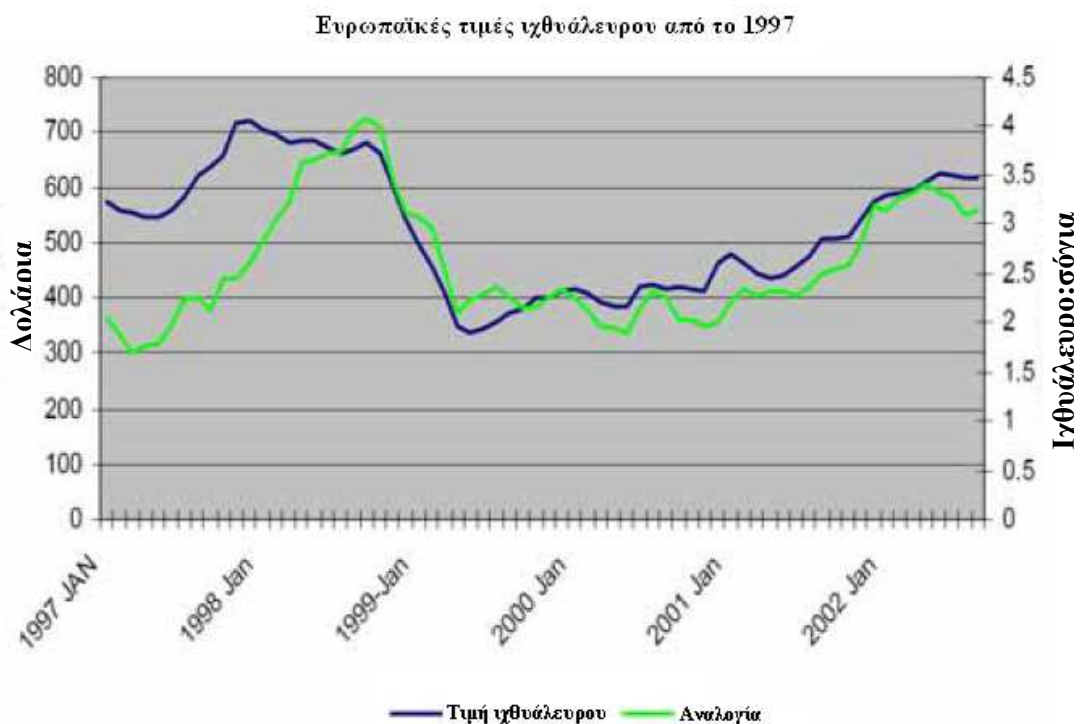


Σχήμα 14. Συγκομιδή των ειδών αντσούγιας και σαρδέλας από το 1970 έως το 2000 σε τόνους (Pike & Barlow 2002)



Σχήμα 15. Παραγωγή και εξαγωγές του Περουβιανού ιχθυάλευρου από το 1970 έως το 2000 σε τόνους (Pike & Barlow 2002)

Στο Σχήμα 16 απεικονίζεται η αύξηση στην τιμή του ιχθυάλευρου στην Ευρώπη που σχετίζεται με τις ελλείψεις που προκλήθηκαν το 1998 από το Ελ Νίνιο. Φαίνεται επίσης ο λόγος της τιμής προς τη σόγια, με την παραγωγή της σόγιας να παραμένει σχετικά σταθερή κατά την περίοδο των αυξημένων τιμών του ιχθυάλευρου (Barlow, 2002). Η τιμή του ιχθυάλευρου εμφανίζεται να πέφτει το 1999 καθώς τα αλιεύματα του γαύρου αρχίζουν να ανακάμπτουν αλλά υπάρχει μια σταθερή αύξηση που συνδέεται με την αυξημένη ζήτηση από την υδατοκαλλιέργεια (Barlow, 2002).



Σχήμα 16. Ευρωπαϊκές τιμές ιχθυάλευρου και λόγος τιμής ως προς τη σόγια από το 1997 έως το 2000 (Pike & Barlow 2002)

Καθώς αυξάνονταν οι τιμές του ιχθυάλευρου, λόγω της μείωσης της προσφοράς, παρατηρήθηκε υποκατάστασή του με λιγότερο ακριβά φυτικής προέλευσης σιτηρέσια η οποία ήταν μεγαλύτερη στις τροφές χοίρων και πουλερικών ενώ στην υδατοκαλλιέργεια σε περιορισμένη έκταση (Delgado et al., 2003). Ως αποτέλεσμα η υδατοκαλλιέργεια έγινε ο μεγαλύτερος τελικός χρήστης του ιχθυάλευρου το 1998 (Delgado et al.,

2003). Χωρίς προσαρμογή μέσω βελτιωμένης τεχνολογίας και μεθόδων παραγωγής η ζήτηση για ιχθυάλευρο και ιχθυέλαιο από την υδατοκαλλιέργεια πιθανώς θα συνεχίσει να αυξάνεται με αποτέλεσμα υψηλότερες τιμές και μπορεί να προκληθούν περαιτέρω αύξηση στην πίεση προς τα ιχθυοαποθέματα φυσικών πληθυσμών (Delgado et al., 2003). Η σχετικά ανελαστική και αυξανόμενη ζήτηση για ιχθυάλευρο και ιχθυέλαιο από τις υδατοκαλλιέργειες σε συνδυασμό με τη διακύμανση στην προσφορά που σχετίζεται με τις μεταβολές του κλίματος και τα σοκ θα μπορούσαν να ευθύνονται για την αυξημένη συχνότητα αιχμών στις τιμές που θα οδηγήσουν σε μεγαλύτερο κόστος παραγωγής, ειδικότερα στην περίπτωση των σαρκοβόρων ειδών (Delgado et al., 2003).

Ο αντίκτυπος των μεταβολών του κλίματος και της κλιματικής αλλαγής στα ιχθυοαποθέματα φυσικών πληθυσμών (ειδικότερα στα μικρά πελαγικά) σε τοπικό επίπεδο, θα προκαλέσει έμμεσες επιπτώσεις στα συστήματα παραγωγής των υδατοκαλλιεργειών ανά τον κόσμο. Ο προβλεπόμενος αντίκτυπος της κλιματικής αλλαγής θα μπορούσε να είναι κίνητρο για τους παραγωγούς να εκτρέφουν είδη χαμηλότερου τροφικού επιπέδου (Naylor et al., 2000). Η τροφή αποτελεί συχνά το μεγαλύτερο κόστος παραγωγής στην υδατοκαλλιέργεια και συνεπώς η βελτίωση της αποδοτικότητας της τροφής θεωρείται ήδη επιτακτική (Naylor et al., 2000), αλλά η κλιματική αλλαγή μπορεί να φέρει επιπλέον ερέθισμα για μεγαλύτερη ανάπτυξη (Hew & Fletcher, 2001). Στο πλαίσιο αυτό για πολλές χώρες ο ρόλος της κυβερνητικής πολιτικής και των υπηρεσιών διεθνούς βοήθειας είναι κρίσιμος ώστε ο τομέας της υδατοκαλλιέργειας να προσαρμοστεί επαρκώς στις μελλοντικές κλιματικές αλλαγές.

Κεφάλαιο 6. Μέτρα προσαρμογής για την αντιμετώπιση των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών στις υδατοκαλλιέργειες

6.1 Εισαγωγή

Εφόσον έχει γίνει εκτενής αναφορά στις ήδη παρατηρούμενες αλλά και μελλοντικές επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις υδατοκαλλιέργειες είναι σκόπιμο να ακολουθήσουν προτεινόμενα μέτρα στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών ώστε να προσαρμοσθούν στις επικείμενες αλλαγές. Τα πιθανά ρυθμιστικά μέτρα για την αντιμετώπιση ή την άμβλυνση των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών στις υδατοκαλλιέργειες περιλαμβάνουν πρώτιστα τεχνικά μέτρα, θα συμπεριληφθεί όμως και η κοινωνική πλευρά του θέματος. Τα τελευταία χρόνια έχει αποδειχθεί ότι επιτυχημένες προσπάθειες στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών θα πρέπει να συνοδεύονται με σχετικές αλλαγές ή προσαρμογές σε επίπεδο θεσμικό, πολιτικό και επίπεδο σχεδιασμού (De Silva & Soto, 2009). Κατά αναλογία, παρόμοιες αλλαγές ή προσαρμογές θα πρέπει να υιοθετηθούν στην περίπτωση των κλιματικών αλλαγών ώστε τα μέτρα για τις υδατοκαλλιέργειες να είναι αποτελεσματικά και βιώσιμα.

6.2 Προτεινόμενα θεσμικά, πολιτικά μέτρα και μέτρα σχεδιασμού

Όσον αφορά στα θεσμικά και πολιτικά μέτρα οι τομείς στους οποίους θα πρέπει να δοθεί προτεραιότητα περιλαμβάνουν:

- Εφαρμογή παγκόσμιας στρατηγικής στις υδατοκαλλιέργειες σε επίπεδο οικοσυστημάτων (Ecosystem approach).
- Προτεραιότητα και ενίσχυση της θαλάσσιας υδατοκαλλιέργειας σε θαλάσσια περιβάλλοντα και ιδιαίτερα αυτότροφων ειδών όπως φυκών και διθύρων μαλακίων
- Ενίσχυση της χρήσης κατάλληλων εσωτερικών υδάτων για αλιεία βασισμένη σε και πρακτικές εμπλουτισμού των ιχθυοαποθεμάτων.

Η οικοσυστημική προσέγγιση στην υδατοκαλλιέργεια (*Ecosystem Approach in Aquaculture - EAA*) στοχεύει στην ενσωμάτωση της υδατοκαλλιέργειας στα ευρύτερα

οικοσυστήματα με τέτοιο τρόπο ώστε να προάγεται η αειφορία των αλληλεπιδρώντων κοινωνικο-οικολογικών συστημάτων (Soto *et al.*, 2008). Αντίστοιχα με τη συστημική προσέγγιση στον τομέα της οργάνωσης και διοίκησης (management), η EAA συμπεριλαμβάνει ένα σύνολο χρηστών γης, ευρύ φάσμα συμφερόντων και άλλους αλληλένδετους παράγοντες. Στην περίπτωση της υδατοκαλλιέργειας, η εφαρμογή της οικοσυστημικής προσέγγισης θα πρέπει να περιλαμβάνει φυσικά, οικολογικά, κοινωνικά και οικονομικά συστήματα στο σχεδιασμό της κοινωνικής ανάπτυξης και θα πρέπει να λάβει υπόψη τις απόψεις και εμπειρίες των διαφόρων χρηστών γης στο ευρύτερο κοινωνικό, οικονομικό και περιβαλλοντικό πλαίσιο της υδατοκαλλιέργειας. Η οικοσυστημική προσέγγιση δίνει έμφαση στην ανάγκη της υδατοκαλλιέργειας να συνδυασθεί με άλλους τομείς (για παράδειγμα ελεύθερη αλιεία, γεωργία, αστική ανάπτυξη) οι οποίοι χρησιμοποιούν και επηρεάζουν κοινούς πόρους (γη, ύδατα, κτηνοτροφές κλπ.) εστιάζοντας σε διαφορετικές κλίμακες στο χώρο:

1. Επίπεδο μονάδας εκτροφής
2. Επίπεδο υδατοκαλλιεργητικής ζώνης, υδάτινης ζώνης ή λεκάνης απορροής όπου πραγματοποιείται η δραστηριότητα και
3. Παγκόσμια κλίμακα (Soto *et al.*, 2008).

Πιθανόν η εφαρμογή της EAA στην κλίμακα της υδάτινης ζώνης είναι η πιο απαραίτητη για την προσαρμογή στις κλιματικές αλλαγές. Η δικαιοδοσία σε γεωγραφικό επίπεδο των διοικητικών αρχών που ελέγχουν τις υδατοκαλλιέργειες (διοικητικά όρια) συχνά δεν περιλαμβάνουν τα όρια της λεκάνης απορροής και το γεγονός αυτό αποτελεί πρόκληση καθώς η αντιμετώπιση των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών και τα ρυθμιστικά μέτρα απαιτούν διαχείριση της λεκάνης απορροής. Για παράδειγμα η προστασία της παράκτιας ζώνης από υποχώρηση εδαφών, τις φερτές ύλες, τις εκροές, ή η παροχή των απαραίτητων υδάτινων πόρων για την υδατοκαλλιέργεια. Από την άλλη πλευρά, η υδατοκαλλιέργεια μπορεί να συνεισφέρει στην προσαρμογή των παράκτιων γεωργικών πληθυσμών, οι οποίοι μπορεί να αντιμετωπίσουν φαινόμενα υφαλμύρυνσης ως αποτέλεσμα της αύξησης της στάθμης της θάλασσας. Σε παράκτιες περιοχές η υδατοκαλλιέργεια υφάλμυρων νερών, μπορεί να αποτελέσει μέσο παραγωγής ζωικής

πρωτεύουσας στην περίπτωση που εμφανιστεί έλλειψη γλυκών υδάτινων πόρων. Η προσέγγιση του προβλήματος σε επίπεδο λεκάνης απορροής απαιτεί αλλαγές στην πολιτική και ενσωμάτωση διαφορετικών τομέων (π.χ. γεωργία-υδατοκαλλιέργειες) σε συνδυασμό με την ανάπτυξη ικανοτήτων και δεξιοτήτων καθώς και τις ανάλογες αλλαγές στις υποδομές. Καθώς οι κλιματικές αλλαγές υπερβαίνουν τα σύνορα που διαχειρίζεται η πολιτική δράση, οι προσαρμογές στις πολιτικές και στο σχεδιασμό σε διακρατικές λεκάνες απορροής αποτελούν κύρια πρόκληση. Παρόλα αυτά ο κοινός κίνδυνος λόγω των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών μπορεί να αποτελέσει το κίνητρο για διασυνοριακή διαχείριση. Για τον τομέα των υδατοκαλλιεργειών, η προσέγγιση του προβλήματος σε επίπεδο λεκάνης απορροής είναι επίσης απαραίτητη για την οργανωμένη προσπάθεια προσαρμογής ώστε να διαπραγματευτεί η συλλογική ασφάλεια, για την εφαρμογή μέτρων βιοασφάλειας. Παραδείγματα προσαρμογών, οι οποίες δεν παρακινήθηκαν κατ' ανάγκη ως ρυθμιστικά μέτρα για την αντιμετώπιση των κλιματικών αλλαγών, αποτελούν οι αλλαγές στον τομέα της γαριδοκαλλιέργειας στην ανατολική ακτή της Ινδίας (Umesh *et al.*, υπό έκδοση). Η συγκεκριμένη περίπτωση αποδεικνύει την ικανότητα να επεκταθεί η συγκεκριμένη προσέγγιση σε άλλους τομείς εκτροφής μικρής κλίμακας.

Η οικοσυστημική προσέγγιση στην υδατοκαλλιέργεια γίνεται αντικείμενο προσοχής ως η κατάλληλη στρατηγική για να διασφαλιστεί η αειφορία, δεδομένου ότι θα περιλαμβάνει επαρκή σχεδιασμό ανάπτυξης που θα λαμβάνει υπόψη τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών. Επιπρόσθετα θέματα που είναι απαραίτητο να εξετασθούν από την πολιτική και το σχεδιασμό θα παρουσιασθούν παρακάτω.

6.2.1 Διασφάλιση των υδατοκαλλιεργειών

Προσαρμοστικό μέτρο που θα συμβάλλει στον περιορισμό πτωχεύσεων στις επιχειρήσεις των υδατοκαλλιεργειών ως αποτέλεσμα των απωλειών που θα προκληθούν από τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών είναι η προτροπή των εμπλεκόμενων στην υδατοκαλλιέργεια να ασφαλίσουν τα αποθέματά τους και τις εγκαταστάσεις τους για τυχόν απώλειες λόγω ακραίων κλιματικών φαινομένων. Η ασφαλιστική κάλυψη

τουλάχιστον θα εξασφαλίσει οικονομικούς πόρους στις επιχειρήσεις για να ανακτήσουν τις υδατοκαλλιεργητικές δραστηριότητές τους. Η ασφάλιση στις υδατοκαλλιέργειες είναι εδραιωμένη για κύρια προϊόντα όπως ο σολομός και η γαρίδα που παράγονται σε βιομηχανική κλίμακα αλλά δεν συμβαίνει το ίδιο για τους μικρούς εκτροφείς. Το θέμα αυτό είναι σημαντικό ιδιαίτερα στις Ασιατικές χώρες (Secretan *et al.*, 2007) όπου εντοπίζεται και το μεγαλύτερο μέρος των εκτροφών μικρής κλίμακας. Οι κυβερνήσεις οφείλουν να εξετάσουν τη θέσπιση υποχρεωτικής ασφάλισης για τις επιχειρήσεις υδατοκαλλιέργειας πάνω από ένα συγκεκριμένο μέγεθος και ανάλογα να μειώσουν τις μακροπρόθεσμες απώλειες στην παραγωγή, τα εισοδήματα και τις πιθανές περιβαλλοντικές καταστροφές όπως αυτές που συνδέονται με τη διαφυγή εκτρεφόμενων μη ενδημικών ειδών στο περιβάλλον.

6.3 Διάχυση της έρευνας και τεχνολογίας

Σχετική έρευνα απαιτείται για την προσαρμογή των υδατοκαλλιεργειών στις κλιματικές αλλαγές και οι χώρες και οι περιοχές είναι απαραίτητο να δρομολογήσουν έρευνα σχετικά με νέες ασθένειες και θεραπείες αντιμετώπισης, φυσιολογία των υδρόβιων ζωικών οργανισμών, έρευνα σχετικά με νέα και καλύτερα προσαρμοσμένα στις αλλαγές είδη προς εκτροφή, βελτιωμένες τροφές και πρακτικές εκτροφής, οι οποίες είναι φιλικές προς το περιβάλλον. Η διάχυση της τεχνολογίας θα πρέπει να συμπεριλάβει τους εκτροφείς και ιδιαίτερα τους μικρούς υδατοκαλλιεργητές. Σε αυτό το πλαίσιο η εφαρμογή των Βελτιωμένων Πρακτικών Διαχείρισης στις μικρής κλίμακας μονάδες θα πρέπει να ενσωματωθεί στις στρατηγικές *EEA*. Πρακτικά μέτρα που είναι διαθέσιμα σε διάφορες χώρες θα παρουσιασθούν στη συνέχεια.

6.3.1 Συμπεράσματα από τις περιπτώσεις επέκτασης των εκτρεφόμενων ειδών πέρα από τις περιοχές της φυσικής κατανομής των πληθυσμών τους.

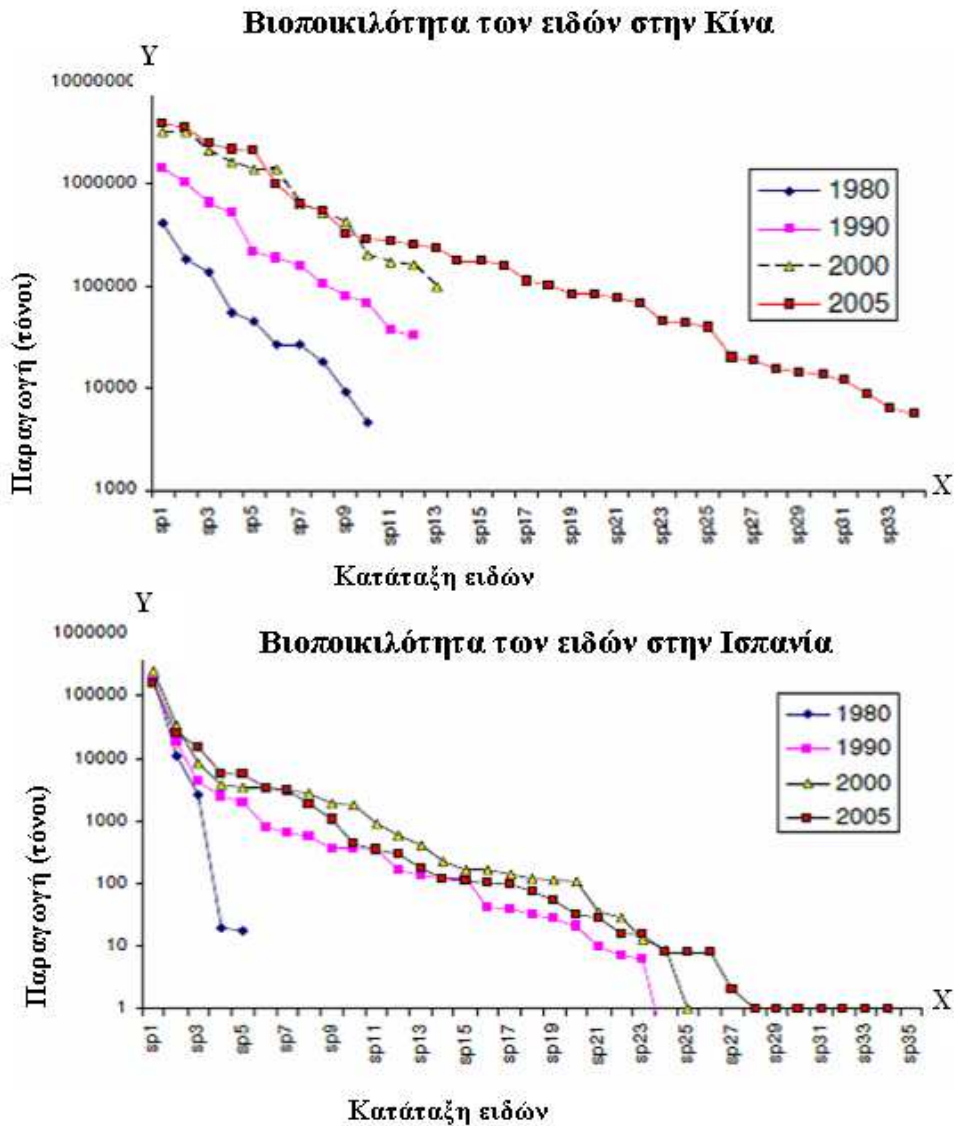
Η υπερθέρμανση του πλανήτη είναι ένας επικείμενος κίνδυνος και είναι αναγκαίο να εκτιμηθούν οι απαιτούμενες προσαρμογές των εκτρεφόμενων ειδών ιδιαίτερα στις

εύκρατες περιοχές. Μία προσέγγιση του θέματος μπορεί να περιλαμβάνει μαθήματα από την εμπειρία της διεύρυνσης των εκτρεφόμενων ειδών εκτός των φυσικών οικοτόπων τους. Μεγάλο μέρος της γνώσης σχετικά με την προσαρμοστικότητα μπορεί να είναι ήδη διαθέσιμο στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας ανάμεσα στους πρωτοπόρους υδατοκαλλιεργητές και είναι σκόπιμο αυτές οι γνώσεις να συλλεχθούν σε παγκόσμια κλίμακα. Για παράδειγμα υπάρχει ανεπτυγμένο γνωστικό πεδίο σχετικά με την εκτροφή σολομού εκτός της φυσικής κατανομής των πληθυσμών του είδους, οι οποίοι αντιμετωπίζουν διαφορετικές κλιματικές και καιρικές συνθήκες και ευπάθεια σε προηγούμενες και νέες ασθένειες. Παρόμοια παραδείγματα υπάρχουν με την εκτροφή Τιλάπιας και της γαρίδας του είδους *Penaeus vannamei*. Πιθανόν μπορεί να χρησιμοποιηθούν γενετικά βελτιωμένα είδη τα οποία έχουν αποδειχθεί πιο ανθεκτικά σε συγκεκριμένες ξενικές συνθήκες. Ειδική προσοχή παρόλα αυτά θα πρέπει να δοθεί στη μετακίνηση των ζωντανών οργανισμών (De Silva & Soto, 2009).

6.3.2 Διαφοροποίηση της υδατοκαλλιέργειας

Σε πολλές περιοχές και κράτη υπάρχει τάση για διαφοροποίηση των εκτρεφόμενων ειδών και τεχνολογιών (FAO, 2006). Οι Duarte *et al.* (2007) υπέδειξαν τον γρήγορο ρυθμό διαφοροποίησης και την αποκαλούμενη «εξημέρωση» των ειδών της υδατοκαλλιέργειας και ιδιαίτερα της υδατοκαλλιέργειας σε αλμυρά νερά. Σύμφωνα με τους επιστήμονες, η διεργασία αναπτύσσεται γρηγορότερα από ότι πραγματοποιήθηκε με τα οικιακά ζώα και φυτά, και τονίζουν τη σημασία των δυνατοτήτων προσαρμοστικότητας. Το Σχήμα 17 απεικονίζει το σχετικά γρήγορο ρυθμό διαφοροποίησης της υδατοκαλλιέργειας στην Κίνα και Ισπανία. Στην Κίνα παρατηρείται ένα μεγάλο άλμα στην παραγωγή νέων ειδών και αύξηση από 13 των ειδών που εκτρέφονταν το 2000 σε 34 είδη το 2005. Σε εξελικτικούς όρους, είναι κοινώς κατανοητό ότι η ποικιλότητα προσφέρει «έδαφος» για φυσική επιλογή και προσαρμογή, και μπορεί επίσης να υποστηριχθεί ότι η εκτροφή περισσότερων ειδών αποτελεί μία μορφή διασφάλισης και προσφέρει μεγαλύτερες πιθανότητες προσαρμογής σε διαφορετικά σενάρια των κλιματικών αλλαγών ιδιαίτερα όσον αφορά στα μη αναμενόμενα φαινόμενα όπως οι ασθένειες και ζητήματα της αγοράς. Η διαφοροποίηση απαιτεί ενημέρωση των καταναλωτών σχετικά με τα νέα είδη και τα προϊόντα, σε συνδυασμό με επιτυχή διάχυση

της τεχνολογίας σε νέους επαγγελματίες. Εθνικές και παγκόσμιες πολιτικές μπορούν να συμβάλλουν στη διαφοροποίηση της υδατοκαλλιέργειας και ταυτόχρονη ενίσχυση των εδραιωμένων ειδών. Η διαφοροποίηση μπορεί να αποτελέσει μέτρο προγράμματος διασφάλισης του τομέα της υδατοκαλλιέργειας σε κρατικό ή και περιφερειακό επίπεδο.



Σχήμα 17. Διαφοροποίηση των ειδών στην Κίνα και την Ισπανία με βάση στατιστικά στοιχεία του FAO (FAO Fishstat, 2008). Το σχήμα απεικονίζει τα είδη με βάση την παραγωγή από τα αριστερά στα δεξιά (άξονας Y) με τέτοιο τρόπο ώστε το είδος Sp1 είναι το είδος με τη μεγαλύτερη παραγωγή. Μια απότομη καμπή της καμπύλης είναι ένδειξη ότι ένα ή λίγα είδη μονοπωλούν την παραγωγή. Αυτή είναι η

κατάσταση στην Ισπανία και την Κίνα το 1980. Παρόλα αυτά η αύξηση στον αριθμό των ειδών που εκτρέφονται είναι αξιοσημείωτη από το 1990 και μετέπειτα για την Ισπανία και από το 2005 στην Κίνα με 34 εκτρεφόμενα είδη και μία πιο ομαλή καμπή στην καμπύλη για την Κίνα που υποδηλώνει μια πιο «διαφοροποιημένη» παραγωγή.

6.3.3 Χωροταξική μελέτη και παρακολούθηση υδατοκαλλιέργειών

Η επιλογή κατάλληλης τοποθεσίας και ο καθορισμός ζωνών υδατοκαλλιέργειας μπορεί να αποτελέσει σημαντικό ρυθμιστικό μέτρο σχετικά με τις κλιματικές αλλαγές. Στην επιλογή της τοποθεσίας των υδατοκαλλιεργητικών μονάδων είναι σημαντικό να προσδιορισθούν πιθανοί κίνδυνοι με ανάλυση της εκτιμώμενης επικινδυνότητας. Κατά την επιλογή των κατάλληλων τοποθεσιών για τις μονάδες εκτροφής, ιδιαίτερα στις παράκτιες περιοχές και σε εκτεθειμένες περιοχές γενικότερα, κίνδυνοι σχετικοί με τα καιρικά φαινόμενα θα πρέπει να ληφθούν υπόψη. Για παράδειγμα οι παράκτιες μονάδες εκτροφής γαρίδας μπορεί να χρειασθούν προστατευτικές κατασκευές. Οι ιχθυοκλωβοί θα πρέπει να στερεωθούν με ασφάλεια στο βυθό ή με αντίστοιχη στηρικτική κατασκευή. Βυθιζόμενοι κλωβοί μπορούν να προταθούν και έχουν ήδη χρησιμοποιηθεί σε συγκεκριμένες τοποθεσίες ανοιχτής θάλασσας καθώς είναι ανθεκτικοί σε δυσμενείς καιρικές συνθήκες. Η θέρμανση των υδάτων και η αντίστοιχη μείωση της συγκέντρωσης οξυγόνου, πιθανή αύξηση φαινομένων ευτροφισμού κλπ μπορούν να αποφευχθούν ή να μειωθούν σε βαθύτερες τοποθεσίες οι οποίες διακρίνονται για την καλύτερη κυκλοφορία των υδάτινων μαζών. Παρόλα αυτά υπάρχουν πάντα αντισταθμιστικοί παράγοντες κατά την έκθεση σε ακραίες συνθήκες. Η πιθανότητα μετάδοσης ασθενειών ελαχιστοποιείται όταν αυξάνεται η απόσταση των υδατοκαλλιεργητικών μονάδων καθώς και με την εφαρμογή αυστηρών προγραμμάτων μέτρων βιοασφάλειας σε ζώνες υδατοκαλλιέργειας. Η εφαρμογή κατάλληλης επικοινωνίας σε περιπτώσεις κινδύνου είναι επίσης σημαντική αλλά η επικοινωνία και οι πηγές ενημέρωσης θα πρέπει να είναι έγκυρες και γρήγορες και οι πληροφορίες ακριβείς. Σχετικά με αυτό το ζήτημα τα συστήματα πληροφοριών σε παγκόσμιο επίπεδο βελτιώνονται με στόχο την αποφυγή σημαντικών απωλειών στη παραγωγή και καταστροφής των υποδομών. Για την υδατοκαλλιέργεια, κάποια από τα σπουδαιότερα συστήματα πρόληψης στηρίζονται στην αποτελεσματική παρακολούθηση

των φυσικοχημικών παραμέτρων του νερού και της υγιεινής κατάστασης των εκτρεφόμενων οργανισμών. Ένα σημαντικό μέτρο προσαρμογής σε τοπικό επίπεδο και επίπεδο λεκάνης απορροής είναι η εφαρμογή αποτελεσματικών ολοκληρωμένων συστημάτων παρακολούθησης. Κατάλληλα συστήματα παρακολούθησης μπορούν να παρέχουν επαρκείς πληροφορίες σχετικές με τις φυσικές και χημικές διεργασίες των υδάτινων οικοσυστημάτων, έγκαιρο εντοπισμό ασθενειών και παρουσίας παρασιτικών ειδών, συμπεριλαμβανομένων αυξημένων συγκεντρώσεων τοξικών φυκών. Συχνά στις παράκτιες περιοχές μπορεί να μην υπάρχουν οι συνθήκες και οι εγκαταστάσεις για να εφαρμοσθεί παρακολούθηση των παραπάνω παραμέτρων από τους υδατοκαλλιεργητές. Παρόλα αυτά κάποιες απλές μετρήσεις μπορεί να εφαρμοσθούν όπως μετρήσεις θερμοκρασίας του νερού και ανάγνωση του δίσκου Secchi. Το δεύτερο μπορεί να χρησιμοποιηθεί ιδιαίτερα για την πρόωρη ανίχνευση πληθυσμιακών εκρήξεων φυτοπλαγκτονικών οργανισμών. Σε ιδανικές συνθήκες οι τοπικές αρχές μπορούν να βοηθήσουν στην εφαρμογή συστήματος ολοκληρωμένης παρακολούθησης με αντίστοιχες στρατηγικές επικοινωνίας σε περίπτωση κινδύνου και συστήματα έγκαιρης προειδοποίησης των χρηστών γης. Κάποια ενδιαφέροντα παραδείγματα αποτελούν τα συστήματα παρακολούθησης των «ερυθρών παλιρροιών» σε συνδυασμό με την εκτροφή μυδιών στους παράκτιους κόλπους της περιοχής της Γαλικίας στην Ισπανία καθώς και τα προγράμματα παρακολούθησης για την εκτροφή του σολομού. Στην Γαλικία, το Τεχνολογικό Ινστιτούτο που εξειδικεύεται στον έλεγχο του θαλάσσιου περιβάλλοντος έχει μόνιμο πρόγραμμα παρακολούθησης διαθέσιμο στο διαδίκτυο με εύκολη πρόσβαση. Το σύστημα παρέχει συναγερμό και έγκαιρη προειδοποίηση σχετικά με τις κόκκινες παλίρροιες και άλλες υδατικές συνθήκες σχετικές με την εκτροφή των μυδιών (<http://www.intecmar.org/informacion/biotoxinas/EstadoZonas/Mapas.aspx?sm=a1>) . Η βιομηχανική παραγωγή σολομού στη Χιλή μέσω του Συνδέσμου των εκτροφέων σολομού λειτουργεί ολοκληρωμένο σύστημα παρακολούθησης το οποίο παρέχει μετρήσεις διαφορετικών υδατικών παραμέτρων μέσω μηχανισμού καταγραφής και οι πληροφορίες παρέχονται σε ημερήσια βάση στους εκτροφείς μέσω του διαδικτύου καθώς και μέσω των ραδιοφωνικών προγραμμάτων τα οποία μπορούν να παρέχουν πρόσβαση στην πληροφορία και στις πλέον απομονωμένες περιοχές (www.pronosticos.salmonchile.cl/antecedentes.asp) (De Silva & Soto, 2009).

Κεφάλαιο 7. Συμπεράσματα

Τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, η υδατοκαλλιέργεια έχει εδραιωθεί ως μείζων τομέας παραγωγής τροφίμων, παρέχοντας σημαντικό ποσοστό στις ανάγκες ζωικών πρωτεϊνών σε όλες τις κοινωνίες ασχέτως βιοτικού επιπέδου. Αυτό κατέστη δυνατό μετά από πολλές αλλαγές συνθηκών μέσα από τις οποίες αναδείχθηκε η αντοχή και προσαρμοστικότητά του τομέα. Όπως όλοι οι τομείς παραγωγής τροφίμων, έτσι και η υδατοκαλλιέργεια αντιμετωπίζει σήμερα μια μεγάλη πρόκληση: τις επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών. Η υδατοκαλλιέργεια είναι πιθανό να ανταποκριθεί θετικά στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, λαμβάνοντας υπόψη την αντοχή, την προσαρμοστικότητα και την εκτροφή του ευρέως φάσματος ειδών/ποικιλιών που εκτρέφονται. Ωστόσο, για να γίνει αυτό δυνατό είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχετικής στρατηγικής, θεσμικών και κοινωνικοοικονομικών αλλαγών οι οποίες θα συνοδεύονται από αντίστοιχη ανάπτυξη της τεχνολογίας και της έρευνας. Κατά προτίμηση, θα ήταν ωφέλιμη μια ολιστική προσέγγιση που ξεκινά από τη βάση προς τα πάνω και όχι το αντίθετο. Το τελευταίο είναι κρίσιμο, καθώς η πλειοψηφία των υδατοκαλλιεργητών διαθέτουν μονάδες μικρής κλίμακας, πρωτίστως ιδιωτικές ιδιοκτησίες τις οποίες λειτουργούν και διαχειρίζονται αγρότες, κατά κύριο λόγο στην Ασία, που αποτελεί και το επίκεντρο της παγκόσμιας υδατοκαλλιέργειας. Η εφαρμογή των προσαρμοστικών αλλαγών με τρόπο αποτελεσματικό και σε εύλογο χρονικό διάστημα είναι εφικτή μόνο ενσωματώνοντας την ενδογενή γνώση και με συνεργασίες σε τοπικό επίπεδο.

Θεωρούμε ότι, στη διάρκεια πολλών χιλιάδων χιλιετιών, έχουν λάβει χώρα πολλές κλιματικές αλλαγές στον πλανήτη μας, που επέφεραν μεγάλες αλλαγές στην χλωρίδα και την πανίδα. Οι λόγοι αυτών των αλλαγών δεν είναι πάντα οφθαλμοφανείς ή/και διεθνώς αποδεκτοί. Ωστόσο, γνωρίζουμε ότι η κλιματική αλλαγή που αντιμετωπίζει τώρα η γη απορρέει κυρίως από ανθρωπογενείς δραστηριότητες και ξεκίνησε στις αρχές της τελευταίας βιομηχανικής επανάστασης. Οι παράγοντες που συντελούν στις αλλαγές αυτές και συνεπώς τα απαιτούμενα ελαφρυντικά μέτρα είναι πλέον κατανοητά και έχουν υποστεί αυστηρό επιστημονικό έλεγχο (IPCC, 2007). Οι επιπτώσεις των κλιματικών και άλλων ανάλογων αλλαγών που έχουν αντίκτυπο στις ανάγκες του ανθρώπου για τρόφιμα και παραγωγή τροφίμων, θα προκαλέσουν μεγάλες αναταραχές τις επόμενες δεκαετίες,

ιδίως για τα υπό ανάπτυξη έθνη. Λαμβάνοντας υπόψη την εκτιμώμενη πληθυσμιακή αύξηση των επόμενων δεκαετιών σε συνδυασμό με το γεγονός της ανομοιόμορφης κατανομής της παραγωγής τροφίμων ανά την υφήλιο και της αδυναμίας κάλυψης των αναγκών διατροφής των γηγενών πληθυσμών (Kerr, 2006), έχει προβλεφθεί ότι οι επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής θα είναι περισσότερο αρνητικές για τις φτωχές υπό ανάπτυξη χώρες που θα υποστούν και τις σκληρότερες επιπτώσεις.

Μια άλλη απώλεια θα αφορά τον τομέα της χλωρίδας και της πανίδας με αμφότερες να επιδεικνύουν τη μικρότερη προσαρμοστικότητα στις αλλαγές. Αναμένεται ότι ακόμη και να προκύψει η μετριοπαθέστερη άποψη κλιματικής αλλαγής στις επόμενες δεκαετίες, θα μειωθεί η παραγωγή εκτροφών στα χαμηλά υψόμετρα (Kerr, 2006), όπου βρίσκονται οι περιοχές στις οποίες οι υδατοκαλλιέργειες κατέχουν δεσπόζουσα θέση. Ωστόσο, είναι ενθαρρυντικό ότι ένα μεγάλο μέρος των καινοτομιών σχετικά με τις υδατοκαλλιέργειες έχουν προέλθει από τοπικές πρωτοβουλίες, που έδρασαν γρήγορα ώστε να προπορευτούν και να υιοθετήσουν κρίσιμα τεχνικά πλεονεκτήματα. Υπό αυτή την έννοια, οι αγρότες με τις υδατοκαλλιέργειες μικρής κλίμακας φαίνεται πως θα είναι σε επαγρύπνηση για τις κλιματικές αλλαγές και θα προβούν στις απαραίτητες προσαρμογές.

Στο γενικό σενάριο του τομέα τροφίμων ζωικών πρωτεϊνών, η συνεισφορά των ψαριών υπολείπεται κατά πολύ των χερσαίων πηγών ζωικών πρωτεϊνών. Για παράδειγμα, η κατά κεφαλή κατανάλωση κρέατος στις υπό ανάπτυξη περιοχές του κόσμου είναι πολύ υψηλότερη, φτάνοντας από 15 kg το 1982 σε 28 kg το 2002 και θεωρείται ότι θα φτάσει τα 37 kg έως το 2030 (Gerber *et al.*, 2007) σε αντίθεση με τα 16,6 kg ψαριού το 2005 (FAO, 2007). Οι τομείς της χερσαίας κτηνοτροφίας και των υδατοκαλλιεργειών έχουν γίνει μάρτυρες μιας μετατόπισης της κυριαρχίας από τις χώρες που βρίσκονται υπό ανάπτυξη στις ανεπτυγμένες χώρες (Gerber *et al.*, 2007: Delgado *et al.*, 2003). Γνωρίζουμε ότι η ημερήσια κατανάλωση κρέατος έχει αυξηθεί γραμμικά σε σχέση με το κατά κεφαλήν εισόδημα (Houtman, 2007). Ωστόσο, για τα ψάρια δεν είναι διαθέσιμες τέτοιου είδους αναλύσεις.

Η βασική διαφορά μεταξύ των δύο τομέων έγκειται στο γεγονός ότι οι προμηθευτές ψαριών συνεχίζουν να είναι κατά κύριο λόγο οι αλιείς, εν αντιθέσει με τις υδατοκαλλιέργειες. Ο ρόλος των αλιέων στην καλύτερη περίπτωση θα παραμείνει

στατικός, ενώ υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να μειωθεί η σημασία του, λόγω της κλιματικής αλλαγής. Συνεπώς, η υδατοκαλλιέργεια θα καλύψει το κενό και θα αντιμετωπίσει τις ανθρώπινες ανάγκες για την κατανάλωση ψαριών.

Παρόλο που είναι ένας σχετικά μικρός τομέας παραγωγής τροφίμων, η υδατοκαλλιέργεια συνεισφέρει σημαντικά στην συνιστώσα των ζωικών πρωτεϊνών στο καλάθι της νοικοκυράς. Η κατανάλωση προϊόντων υδατοκαλλιέργειας έχει αυξηθεί από 0,7 kg κατά κεφαλή το 1970 σε 6,4 kg κατά κεφαλή το 2002, έχοντας περίπου 10 εκατομμύρια ανθρώπους που δραστηριοποιούνται στον τομέα παραγωγής. Αυτή η αύξηση είναι κατά πολύ υψηλότερη από αυτή που παρατηρήθηκε για την χερσαία κτηνοτροφία που αυξήθηκε μόλις κατά 2,8% ανά έτος για την ίδια χρονική περίοδο (Bunting and Pretty, 2007) και αντανάκλα την πρόσφατη ανάδυση της υδατοκαλλιέργειας ως σημαντικής συνιστώσας στο καλάθι τροφίμων του ανθρώπου. Επίσης, είναι σημαντικό να επισημάνουμε ότι η υδατοκαλλιέργεια έχει εξεταστεί πλήρως από πλευράς περιβαλλοντικών επιπτώσεων, κυρίως επειδή αυτός ο τομέας έγινε γνωστός περίπου κατά τις τελευταίες τρεις δεκαετίες, περίοδος που συμπίπτει με το ρεύμα παγκόσμιας επίγνωσης σχετικά με την σταθερή ανάπτυξη και την περιβαλλοντική ακεραιότητα (UNEP, 1987; CBD, 1994).

Αντίθετα με άλλους τομείς παραγωγής κρέατος, η υδατοκαλλιέργεια, που εκτρέφει ποικιλόθερμα ζώα, είναι κατανομημένη αποσπασματικά με αυξημένες συγκεντρώσεις στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές της Ασίας, σε γλυκά και θαλασσινά νερά. Μικρότερες συγκεντρώσεις απαντώνται στις θερμότερες ακτές της Ευρώπης και της Νοτίου Αμερικής. Με δεδομένη αυτή την κατανομή, θα ήταν αναμενόμενες επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στις υδατοκαλλιέργειες μέσω της παγκόσμιας υπερθέρμανσης και κατά συνέπεια της αύξησης των θερμοκρασιών του νερού. Τέτοιου είδους αλλαγές θα είναι μείζονος σημασίας σε ψυχρότερα νερά και θα επηρέαζαν τις πρακτικές υδατοκαλλιέργειας σε εύκρατες περιοχές, όπου πραγματοποιούνται εκτροφές σολομού και μαλακίων.

Επίσης υπάρχει η πιθανότητα υπερθέρμανσης που θα οδηγήσει σε συχνότερη εμφάνιση επιβλαβών φυτοπλακτονικών εξάρσεων και ανάπτυξης πρώην αδρανών παθογενών μικροοργανισμών, που θα απειλούσαν ιδιαίτερα τις εκτροφές μαλακίων. Τα μέτρα προσαρμογής που υπάρχουν για την εξουδετέρωση των αρνητικών επιπτώσεων

είναι ελάχιστα, πέραν της αυξημένης επαγρύπνησης μέσω τακτικών μέτρων παρακολούθησης. Για τις εκτροφές σολομού, ένα μέτρο προσαρμογής θα μπορούσε να είναι η εξερεύνηση πιθανοτήτων ανάπτυξης ποικιλιών, ανθεκτικών σε θερμοκρασίες 19 έως 20°C.

Οι προβλεπόμενες αυξήσεις στις θερμοκρασίες του νερού συχνά βρίσκονται εντός της κλίμακας φυσιολογικών θερμοκρασιών των περισσότερων εκτρεφόμενων ειδών, ιδίως στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές. Αυτό σημαίνει ότι η υπερθέρμανση ουσιαστικά θα υποβοηθούσε την ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ειδών σε αυτές τις περιοχές και θα αύξανε την παραγωγή (Πίν. 14).

Η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης και η σχετική διείσδυση νερών αυξημένης αλατότητας, σε συνδυασμό με σχήματα αλλαγής των καιρικών συνθηκών μουσώνων, προκαλούν ανησυχία στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές, όπου λαμβάνει χώρα η μέγιστη δραστηριότητα υδατοκαλλιέργειών. Η επίδραση είναι πιθανό να είναι πιο έκδηλη στις εκβολές ποταμών των τροπικών περιοχών. Ωστόσο, τα μέτρα προσαρμογής είναι εφικτά μέσω της αλλαγής των ειδών ή της απομάκρυνσης μεγάλων υφιστάμενων υδατοκαλλιέργειών από τις ακτές. Η διείσδυση του θαλασσινού νερού θα καθιστούσε αδύνατες ή ασύμφορες κάποιες χερσαίες δραστηριότητες εκτροφής. Η υδατοκαλλιέργεια ίσως προσφέρει εναλλακτικούς βιοτικούς πόρους και ενδεχομένως να αυξήσει την συνεισφορά στην τοπική οικονομία. Κίνητρα ανάπτυξης αποτελούν εν μέρει το γεγονός ότι οι οικονομικές απολαβές της παραγωγής από υδατοκαλλιέργεια τείνουν να είναι πολύ υψηλότερες από τις αντίστοιχες της παραδοσιακής εκτροφής, με βάση μια δεδομένη μονάδα γης και από την άλλη πλευρά η μικρότερη ενεργειακή κατανάλωση σε σχέση με την παραδοσιακή κτηνοτροφία.

Στις τροπικές και υποτροπικές περιοχές κυριαρχεί η υδατοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων και πιθανώς η υφιστάμενη κατάσταση βραχυπρόθεσμα να μη μεταβληθεί. Ωστόσο, λαμβάνοντας υπόψη την πιθανότητα αυξημένων πιέσεων για διαθεσιμότητα και ποιότητα πόσιμου νερού και τις πιθανές επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στις υδάτινες πηγές, είναι δύσκολο να προβλέψουμε την εξάπλωση υδατοκαλλιέργειών γλυκού ύδατος μεσοπρόθεσμα. Οι υδατοκαλλιέργειες γλυκού νερού σε υφιστάμενους υδάτινους όγκους, όπως λίμνες, ταμιευτήρες και ποτάμια αυξάνονται κυρίως μέσω της εκτροφής σε κλωβούς. Οι αναμενόμενες κλιματικές αλλαγές ίσως

ασκήσουν μεγάλη επιρροή σε στατικούς υδάτινους όγκους μέσω ενισχυμένου ευτροφισμού και στρωμάτωσης και να επιφέρουν θνησιμότητα στα εκτρεφόμενα είδη μέσω της ανόδου των υδάτων και μείωσης της συγκέντρωσης του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου. Ωστόσο, υπάρχουν διαθέσιμα πολλά μέτρα προσαρμογής προς αποφυγή τέτοιων συμφορών. Πρώτιστο αυτών είναι η ανάπτυξη δραστηριοτήτων υδατοκαλλιέργειας σύμφωνα με τις πιθανές χωρητικότητες νερού των υδάτινων όγκων και η συνεχής παρακολούθηση των περιβαλλοντικών μεταβλητών σε σχέση με το θρεπτικό φορτίο, εξωτερικά και εσωτερικά.

Οι επιδράσεις της κλιματικής αλλαγής στους φυσικούς ιχθυοπληθυσμούς είναι πιθανό να ασκήσουν μεγάλες επιδράσεις στις υδατοκαλλιέργειες και συγκεκριμένα σε σχέση με τη διαθεσιμότητα πρωτογενών υλών για την παραγωγή ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου. Οι τροφές για εκτροφή ζώων κρύβουν ένα μεγάλο περιβαλλοντικό κόστος (Bartley *et al.*, 2007) και οι υδατοκαλλιέργειες σαρκοφάγων ειδών, που προς το παρόν αποτελούν μόνο ένα μικρό ποσοστό όλων των υδατοκαλλιεργητικών δραστηριοτήτων, δεν αποτελούν εξαίρεση. Τέτοια ψάρια έχουν μεγάλη αξία. Οπότε, ο καταλληλότερος τρόπος διευθέτησης του ζητήματος θα ήταν η ανάπτυξη κατάλληλου σιτηρεσίου χαμηλού στην χρήση ιχθυάλευρων και ιχθυελαίων. Αυτή η διαδικασία ξεκίνησε πριν από περίπου 15 χρόνια με την ανάπτυξη διαιτολογίων υψηλών σε ενέργεια για σολομούς, αλλά έκτοτε δεν παρουσίασε ιδιαίτερη εξέλιξη.

Επίσης είναι σημαντικό να μειώσουμε την χρήση σιτηρεσίων που περιέχουν ιχθυέλαια στην φάση ωρίμανσης και να υιοθετήσουμε «σιτηρέσια ωρίμανσης» (Jobling, 2003, 2004; Turchini *et al.*, 2007) πριν την εξαλίευση για να ικανοποιήσουμε τις ανάγκες των καταναλωτών και να διατηρήσουμε την υψηλή ποιότητα των αλιευμάτων (Menoyo, 2004; Mourente *et al.*, 2005).

Από την άλλη πλευρά, η αβεβαιότητα που συνδυάζεται με τις προμήθειες των ιχθυοτροφών και των ιχθυελαίων και η προβλεπόμενη μείωσή τους ως αποτέλεσμα των κλιματικών αλλαγών δεν αφορά μόνο τον τομέα της υδατοκαλλιέργειας. Τα ίδια συστατικά χρησιμοποιούνται σε άλλους κτηνοτροφικούς τομείς καθώς και στη βιομηχανία παραγωγής τροφής κατοικίδιων ζώων και πρόσφατα έχει δοθεί έμφαση στη χρήση των συστατικών αυτών στην παραγωγή ζωοτροφής (Naylor *et al.*, 2000; Aldhous,

2004). Υπάρχει ανάγκη για διάλογο σχετικά με τη χρήση των βιολογικών πόρων που πιθανόν να περιοριστούν στο μέλλον (De Silva and Turchini, 2008).

Θα πρέπει επίσης να τονιστεί το ευρύ φάσμα των κερδών από τη χρήση ενός τμήματος της παραγωγής ιχθυάλευρων και ιχθυελαίων από τη συνολική παραγωγή των προϊόντων της υδατοκαλλιέργειας. Η υδατοκαλλιέργεια σε αντίθεση με τα χερσαία κτηνοτροφικά συστήματα, βασίζεται σε ένα μεγάλο αριθμό ειδών, περίπου 300 στην σημερινή κατάσταση (FAO, 2009). Σε μία προσπάθεια να γίνει σύγκριση του περιβαλλοντικού κόστους της υδατοκαλλιέργειας σε σχέση με άλλους διατροφικούς παραγωγικούς τομείς, προτεραιότητα θα πρέπει να δοθεί στην παρουσίαση μιας ισορροπημένης εικόνας του περιβαλλοντικού κόστους όλων των διατροφικών παραγωγικών τομέων και στην ανάπτυξη πολιτικής που θα λαμβάνει υπόψη τις επιπτώσεις όλων των τομέων (Bartley *et al.*, 2007). Παρόλα αυτά είναι φανερό ότι η υδατοκαλλιέργεια αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση καθώς οι διαφορές μεταξύ του οικολογικού κόστους της εκτροφής σαρκοφάγων ειδών όπως ο σολομός και φυτοφάγων ειδών όπως ο κυπρίνος είναι τόσο μεγάλες μεταξύ τους, αλλά και σε σύγκριση με το οικολογικό κόστος της πτηνοτροφίας για παράδειγμα, γεγονός που απαιτεί τα διαφορετικά προϊόντα εκτροφής να εξετασθούν ως ξεχωριστές περιπτώσεις.

Μία άλλη αυξανόμενη ανησυχία αφορά τον αποχρωματισμό των κοραλλιών που εντείνεται λόγω του φαινομένου του θερμοκηπίου και οι επιπτώσεις που το φαινόμενο έχει στη βιοποικιλότητα. Είναι σημαντικό η διεργασία του αποχρωματισμού να εξεταστεί σε σχέση με την καταστροφή των κοραλλιών, που οφείλεται στις αλιευτικές μεθόδους που χρησιμοποιούνται, για να ικανοποιηθεί η ζήτηση για ζωντανά ψάρια από το εμπόριο των εστιατορίων που είναι ένα αναπτυσσόμενο εμπόριο πολυτελείας σε περιορισμένες τοποθεσίες Ασιατικών τροπικών και υποτροπικών περιοχών. Λόγω της αυξανόμενης ανησυχίας της κοινής γνώμης για το περιβαλλοντικό κόστος, η εξάρτηση αυτού του τύπου εμπορίου από ψάρια που προέρχονται από την ελεύθερη αλιεία, έχει μετατοπιστεί με τη χρήση εκτρεφόμενων ειδών. Αυτό είναι ένδειξη ότι η υδατοκαλλιέργεια έχει τη δυνατότητα να συμβάλει στη μείωση της καταστροφής των κοραλλιογενών υφάλων και στην ενίσχυση της διατήρησης της βιοποικιλότητας. Παρόλα αυτά η υδατοκαλλιέργεια είναι συχνότερα αντικείμενο κριτικής ως μέθοδος με υψηλό οικολογικό κόστος και προκαλεί περιβαλλοντική υποβάθμιση. Τέτοια συμπεράσματα βασίζονται συνήθως στην

παραγωγή της υδατοκαλλιέργειας προϊόντων υψηλής αξίας όπως η γαρίδα και σαρκοφάγα είδη ψαριών όπως οι σαλμονίδες και έχουν προξενήσει διαστρέβλωση της κοινής γνώμης αλλά και της γνώμης των επενδυτών και των υπεύθυνων σχεδιασμού και ανάπτυξης. Στην πραγματικότητα το μεγαλύτερο μέρος της υδατοκαλλιέργειας βασίζεται σε ψάρια και μαλάκια τα οποία βρίσκονται στα κατώτερα τροφικά επίπεδα καθώς και σε προϊόντα θαλασσίων φυκών τα οποία λειτουργούν ως δεσμευτικές μεγάλων ποσοτήτων διοξειδίου του άνθρακα και συμβάλλουν στην εξισορρόπηση του κύκλου του άνθρακα (De Silva & Soto 2009).

Συνολικά, οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στην υδατοκαλλιέργεια προβλέπεται να είναι ευμετάβλητες, ανάλογα με τη δραστηριότητα στις διαφορετικές κλιματικές ζώνες. Οι σημαντικότερες επιπτώσεις ενδέχεται να εμφανιστούν στη υδατοκαλλιεργητική δραστηριότητα στις εύκρατες περιοχές με τη μορφή:

- επιπτώσεις στο ρυθμό ανάπτυξης των εκτρεφόμενων ειδών σε ψυχρά νερά, ως αποτέλεσμα θερμοκρασιακών αλλαγών που υπερβαίνουν τα θερμοκρασιακά όρια ανοχής για την ομαλή λειτουργία των οργανισμών
- αύξηση των πιθανών κινδύνων εκδήλωσης ασθενειών λόγω της αύξησης της τοξικότητας ως αποτέλεσμα των αυξανόμενων θερμοκρασιών που υπερβαίνουν τις θερμοκρασίες στις οποίες οι παθογόνοι οργανισμοί βρίσκονται σε κατάσταση αδράνειας (De Silva & Soto 2009).

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί παρατηρώντας την υπάρχουσα κατάσταση και τις εξελίξεις στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών σήμερα, ο οποίος συνεχώς αναπτύσσεται ότι οι καταναλωτές εξαρτώνται περισσότερο από τις υδατοκαλλιέργειες για την ικανοποίηση των διατροφικών τους αναγκών σε σχέση με τη συλλεκτική αλιεία. Λαμβάνοντας υπόψη ότι οι κλιματικές αλλαγές περιλαμβάνουν σειρά αλλαγών που μπορεί να πλήξουν κάποιες περιοχές σε μεγαλύτερο βαθμό από άλλες (για παράδειγμα οι παράκτιες περιοχές σε σχέση με τις ηπειρωτικές, ή οι περιοχές που πλήγονται από φαινόμενα όπως το El Nino) αν οι περιοχές που θα πληγούν περισσότερο περιλαμβάνουν περιοχές όπου προέρχεται η μεγαλύτερη παραγωγή των υδατοκαλλιεργειών, οι επιπτώσεις θα είναι μεγαλύτερες. Αντίστοιχα αν τα είδη που θα πληγούν περισσότερο από τις κλιματικές αλλαγές είναι τα είδη από τα οποία προέρχεται το μεγαλύτερο

ποσοστό της παραγωγής, εξίσου οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στην υδατοκαλλιέργεια θα είναι σφοδρότερες. Είναι φανερό ότι η γνώση της υπάρχουσας κατάστασης της υδατοκαλλιέργειας ιδιαίτερα όσον αφορά την παραγωγή, την κατανομή της παραγωγής ανά χώρα, τα περιβάλλοντα και τα κύρια είδη που εκτρέφονται, είναι απαραίτητα στοιχεία για την εκτίμηση των επιπτώσεων αλλά και του βαθμού των επιπτώσεων των κλιματικών αλλαγών στην υδατοκαλλιέργεια.

Πίνακας 14. Σύνοψη των σημαντικότερων επιπτώσεων στις υδατοκαλλιέργειες των διαφόρων παραμέτρων της κλιματικής αλλαγής και πιθανά μέτρα αντιμετώπισης (De Silva. & Soto 2009).

Είδος υδατοκαλλιέργειας	Επιπτώσεις		Μέτρα αντιμετώπισης
	+/-	Τύπος/μορφή	
Όλες	-	Άνοδος θερμοκρασίας πέραν των ορίων ανοχής	Βελτίωση ιχθυοτροφών, επιλεκτικές διασταυρώσεις για τη δημιουργία ειδών ανθεκτικών σε υψηλότερες θερμοκρασίες
Υδατοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων/Όλες	+	Αυξημένη ανάπτυξη/παραγωγή	Αύξηση παρεχόμενης ιχθυοτροφής
Υδατοκαλλιέργεια εσωτερικών υδάτων/Συστήματα ιχθυοκλωβών	-	Ευτροφισμός και κατακόρυφες κινήσεις θαλασσιών μαζών/αυξημένη θνησιμότητα ιχθυοαποθεμάτων	Αποτελεσματικότερος σχεδιασμός, παρακολούθηση και επιτήρηση της εκτροφής
Θαλασσοκαλλιέργειες/Υδατοκαλλιέργειες εσωτερικών υδάτων/Εκτροφές μαλακίων	-	Αυξημένος κίνδυνος μετάδοσης αδρανών παθογόνων	Παρακολούθηση για την πρόληψη κινδύνων για τη δημόσια υγεία
Σαρκοφάγα ψάρια/οστρακόδερμα	-	Μείωση αποθεμάτων και αύξηση κόστους ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου	Αντικατάσταση ιχθυάλευρου και ιχθυελαίου, νέες μορφές διαχείρισης εκτροφής, στροφή σε μη σαρκοφάγα είδη
Άνοδος της στάθμης της θάλασσας και άλλες μεταβολές στην κυκλοφορία των υδάτινων μαζών			
Όλες/ Κυρίως εκτατικές και ημικτατικές εκτροφές σε δέλτα ποταμών	+/-	Εισβολή θαλασσιών μαζών	Μετακίνηση στενόαλων ειδών προς την ανάντη του ποταμού και επικράτηση ευρύαλων ειδών στις υπάρχουσες εγκαταστάσεις
	+/-	Απώλεια χερσαίων καλλιεργήσιμων εκτάσεων	Πιθανή απασχόληση του ντόπιου πληθυσμού στον τομέα της υδατοκαλλιέργειας
Θαλάσσια σαρκοφάγα ψάρια	-/+	Μείωση της παραγωγής παραδοσιακών ημικτατικών εκτροφών, απώλεια εισοδήματος από αλιεία	Μείωση παρεχόμενης τροφής, μείωση περιβαλλοντικής πίεσης στα οικοσυστήματα
Οστρακοκαλλιέργειες	-	Αύξηση καταστροφικών φυτοπλακτονικών εξάρσεων	Αυξημένοι κίνδυνοι για την ανθρώπινη υγεία εξαιτίας της κατανάλωσης οστράκων
Μεταβολές/απώλειες ενδιαιτημάτων	-	Έμμεσες επιπτώσεις σε	Κανένα

		υδατοκαλλιέργειες λιμνοθάλασσας	
Είδος υδατοκαλλιέργειας		Επιπτώσεις	Μέτρα αντιμετώπισης
	+/-	Τύπος/μορφή	
Αύξηση της ενεργούς οξύτητας (pH)			
Εκτροφές μαλακίων/φυκών	-	Επιπτώσεις στο σχηματισμό και στην εναπόθεση ασβεστίου κελυφών και οστράκων	Κανένα
Έλλειψη νερού (φαινόμενα ξηρασίας)			
Εκτροφές σε υδροστάσια	-	Περιορισμοί στη διαθεσιμότητα	Βελτίωση της αποτελεσματικότητας μεθόδων διαχείρισης υδάτινων πόρων, ενθάρρυνση χρησιμοποίησης κατώτερης ποιότητας υδάτων
Εκτατικές και ημιεκτατικές εκτροφές	-	Μείωση της περιόδου συγκράτησης των υδάτων	Εκτροφή ειδών με υψηλό ρυθμό ανάπτυξης, συνδιαχείριση υδάτινων πόρων με υδροβόρες γεωργικές καλλιέργειες π.χ. ορυζώνες
Ποτάμιοι ιχθυοκλωβοί	-	Μείωση διαθεσιμότητας και μεταβολή περιόδου εξαλίευσης γόνου φυσικών ιχθυοπληθυσμών	Μεταστροφή σε ιχθύδια παραγόμενα σε ιχθυογεννητικούς σταθμούς, αύξηση κόστους
Ακραία κλιματικά γεγονότα			
Όλες μορφές υδατοκαλλιέργειας και ιδιαίτερα οι παράκτιες	-	Καταστροφή εγκαταστάσεων, απώλεια παραγωγής, επιχείρησης, μαζικές αποδράσεις με πιθανές επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα	Ενθάρρυνση ασφάλισης των μονάδων, βελτιωμένος σχεδιασμός εγκαταστάσεων για να ελαχιστοποιούνται οι μαζικές αποδράσεις, ενθάρρυνση εκτροφής αυτόχθονων/ενδημικών ειδών για να ελαχιστοποιηθούν οι επιπτώσεις στη βιοποικιλότητα

Περίληψη

Είναι πλέον γενικά αποδεκτό ότι οι παρατηρούμενες κλιματικές μεταβολές οφείλονται τουλάχιστον σε ένα σημαντικό βαθμό σε ανθρωπογενείς δραστηριότητες. Η προβλεπόμενη άνοδος της θερμοκρασίας θα είναι εντονότερη σε περιοχές μεγάλου γεωγραφικού πλάτους σε σχέση με τις περιοχές του Ισημερινού. Αναμένονται αυξομειώσεις των μέσων ελαχίστων και μέσων μεγίστων θερμοκρασιών σε ημερήσια, εποχική και ετήσια κλίμακα. Αν και παγκοσμίως αναμένεται αύξηση των ατμοσφαιρικών κατακρημνισμάτων, σε περιοχές όπως η Νότιος Αφρική, η Αυστραλία και η Κεντρική Αμερική θα σημειωθεί μείωσή τους. Μεταβολές στις εποχικές διακυμάνσεις των κατακρημνισμάτων σε σχέση με τη διαθεσιμότητα νερού και την εμφάνιση πλημμυρικών φαινομένων ενδέχεται να επιμηκύνουν ή να μειώσουν τις περιόδους ανάπτυξης των υδρόβιων οργανισμών. Η μέση άνοδος της στάθμη της θάλασσας προβλέπεται να κυμαίνεται μεταξύ 10 και 90 cm. Η πρόβλεψη αυτή είναι αρκετά αβέβαιη εξαιτίας του απρόβλεπτου ρυθμού τήξης του στρώματος πάγων της Ανταρκτικής και της Γροιλανδίας. Αναμένεται αύξηση της έντασης και της συχνότητας ακραίων κλιματικών φαινομένων (ξηρασία, μουσώνες, καταιγίδες κ.λπ.) χωρίς ωστόσο να είναι δυνατή η ακριβής πρόβλεψη και ποσοτικοποίηση των φαινομένων αυτών. Τέλος μεταβολές στην κυκλοφορία ωκεάνιων ρευμάτων αναμένεται να προκαλέσουν μεταβολές στη θερμοκρασία, την πρωτογενή παραγωγικότητα και κατά συνέπεια στη διαθεσιμότητα τροφής στα υδάτινα οικοσυστήματα επιδρώντας έτσι άμεσα στον τομέα των υδατοκαλλιεργειών.

Η συνεισφορά των υδατοκαλλιεργειών στην παγκόσμια αλιευτική παραγωγή συνεχίζεται να αυξάνεται. Περιοχές της Ασίας και ειδικότερα της Κίνας αποτελούν τους κύριους παραγωγούς υδατοκαλλιεργητικών προϊόντων, τα οποία παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατροφή αλλά και την οικονομία των χωρών αυτών. Αν και ο μέσος ρυθμός ανάπτυξης του τομέα των υδατοκαλλιεργειών επιβραδύνθηκε την τελευταία δεκαετία σε σχέση με τις δεκαετίες του '80 και του '90, η μειωμένη ποσότητα αλιευμάτων της συλλεκτικής αλιείας, οι οικονομικές πιέσεις σε παγκόσμια επίπεδο αλλά και η ανάπτυξη και διάδοση νέων υδατοκαλλιεργητικών τεχνολογιών θα συμβάλλουν στην περαιτέρω

ανάπτυξη του κλάδου των υδατοκαλλιέργειών, με κυρίαρχη τάση τα εντατικά συστήματα εκτροφής.

Οι επιπτώσεις των κλιματικών αλλαγών στις υδατοκαλλιέργειες θα σχετίζονται με αλλαγές στη θερμοκρασία της επιφάνειας της θάλασσας, τη γεωμορφολογία των ακτών, τις ωκεανογραφικές μεταβλητές όπως ταχύτητα και διεύθυνση του ανέμου, θαλάσσια ρεύματα και δραστηριότητα των κυμάτων, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την αύξηση στη συχνότητα και την ένταση των καταιγίδων, τη σημαντική άνοδο της θερμοκρασίας των εσωτερικών υδάτων, τα πλημμυρικά φαινόμενα, την ξηρασία και τους αυξημένους ρυθμούς εξάτμισης.

Η υδατοκαλλιέργεια είναι πιθανό να ανταποκριθεί θετικά στις επιπτώσεις της κλιματικής αλλαγής, λαμβάνοντας υπόψη την αντοχή, την προσαρμοστικότητα και την εκτροφή του ευρέως φάσματος ειδών/ποικιλιών που χρησιμοποιούνται. Ωστόσο, για να γίνει αυτό δυνατό είναι απαραίτητη η ύπαρξη μιας σχετικής στρατηγικής, θεσμικών και κοινωνικοοικονομικών αλλαγών που θα συνοδεύονται από αντίστοιχη ανάπτυξη της τεχνολογίας και της έρευνας.

Βιβλιογραφία

2WE Associates Consulting LTD (2000). Aquaculture and climate change in Canada: A discussion paper. Seafood Sustainability in a Changing Climate: A participatory workshop to develop solutions for the Northeast Pacific Ocean and Coastal Zones, May 25-26, University of Victoria, Victoria, BC, Canadian Institute for Climate Studies CICS. <http://www.cics.uvic.ca/workshop/>.

Aaheim, H.A. & Sygna, L., (2000). Economic impacts of climate change on tuna fisheries in Fiji Islands and Kiribati, CICERO Working Paper 2000:4, CICERO. Oslo

Abery, N.W., Sukadi, F., Budhiman, A.A., Kartamihardja, E.S., Koeshendrajana, S., Buddhiman, A.A. & De Silva, S.S. (2005) Fisheries and cage culture of three reservoirs in west Java, Indonesia; a case study of ambitious developments and resulting interactions. *Fisheries Management and Ecology*, 12: 315–330.

Adger, N.W. (1999). Social Vulnerability to Climate Change and Extremes in Coastal Vietnam. *World Development*, 27, 249-69.

AgJournal (1999). Drought hurts catfish production. *AgJournal*, http://www.agjournal.com/story.cfm?story_id=447. 13/10/2004

Aldhous, P. (2004) Fish farms still ravage the sea. Sustainable aquaculture takes one step forward, two steps back. *Nature online*, 17: February 2004; doi:10.1038/news040216-10.

Ali, A. (1996) Vulnerability of Bangladesh to climate change and sea level rise through tropical cyclones and storm surges. *J Water Air Soil Pollution*, 92d: 171–179.

Alley, P.B. Clark, P.U. Huybrechts, P. Joughin, I. (2005) Ice-Sheet and Sea-Level Changes, *Science* vol.310 (5747): 456-460

Allison, E.H., Ellis, F., Mvula, P.M., & Mathieu, L.F. (2001). Fisheries management and uncertainty: the causes and consequences of variability in inland fisheries in Africa, with special reference to Malawi. In *Proceedings of the Lake Malawi Fisheries Management Symposium, 4th-9th June 2001* (eds O.L.F. Weyl & M.V. Weyl), pp. 66-79. National Resource Management Programme, Government of Malawi, Lilongwe, Malawi.

Allison, E.H., Adger, W.N., Badjeck, M.-C., Brown, K., Conway, D., Dulvy, N.K., Halls, A., Perry, A. & Reynold, J.D. (2005) Effects of climate change on sustainability of capture and enhancement fisheries important to the poor: analysis of the vulnerability and adaptability of fisher folk living in poverty. UK. Project No. R 4778J, Final Technical Report, DFID, 168pp.

Allsopp, M., Johnston, P. & Santillo, D. (2008) Challenging the aquaculture industry on sustainability. Amsterdam. Greenpeace. 22 pp.

Anonymous (2007) Escapes from aquaculture are a danger to ecosystems. *Eurofish Magazine*, 1/ 2007: pp. 90–93.

Anonymous (2008)a. The new face of hunger. *The Economist*, 19th April 2008: 3–5.

Anonymous (2008)b. The silent tsunami. *The Economist*, 19th April 2008: pp1.

Araguas, R.M., Sanz, N., Pla, C. & Garcia-Martin, J.L. (2004). Breakdown of the brown trout evolutionary history due to hybridisation between native and cultivated fish. *Journal of Fish Biology*, 65 (Supplement A): 28–37.

Aguilar, M.J. & Nath, S.S. (1998). A strategic reassessment of fish farming potential in Africa. Food and Agriculture Organisation, Rome, Italy.

Arnarson, R. (2003) Global warming and North Atlantic Fisheries: attempting to assess the economic impact. Climate change with focus on Natural Resources: The Biological Dimensions and the Economic consequences, 2-4 June 2003, Copenhagen, Denmark, Center for Fisheries and Aquaculture Management and Economics, University of Southern Denmark.

Asche, F. & Khatun, F. (2006), Aquaculture: Issues and Opportunities for Sustainable Production and Trade, International Centre for Trade and Sustainable Development (ICTSD), Issue Paper No. 5. Accessed at <http://www.trade-environment.org/> on March 2007.

Aye Khin Maung, Ko Lay Khin, Win Hla & De Silva, S.S. (2007) A new freshwater aquaculture practice that has successfully targeted a niche export market with major positive societal impacts: Myanmar. *Aquaculture Asia*, XII (4).

Badjeck, M. C. (2004). Oil or Fish? Natural resource use and livelihood security of fisherfolk in Cameroon's coastal zone - Draft, Sustainable Fisheries Livelihoods Programme, FAO, Rome.

Barlow, S.M. (2002). The world market overview of fishmeal and fish oil. 2nd Seafood Byproducts Conference, November 2002, Alaska, International Fishmeal and Fish Oil Organisation. <http://www.iffco.org.uk/tech/alaska.htm>.

Bartley, D.M., Brugere, C., Soto, D., Gerber, P. & Harvey, B. (2007). Comparative assessment of the environment costs of aquaculture and other food production sectors: methods of meaningful comparisons. Rome. FAO Fisheries Proceedings, No 10, 240 pp. FAO.

Bendiksen, E.A., Jobling, M. & Arnesen, A.M. (2002) Feed intake of Atlantic salmon parr *Salmo salar* L. in relation to temperature and feed composition. *Aquaculture Research*, 33: 525–532.

Benetti, D.D., Orhun, M.R., Sardenberg, B., O'Hanlon, B., Welch, A., Hoenig, R., Zink, I., Rivera, J., Denlinger, B., Bacoat, D., Palmer, K. & Cavalin, F. (2008) Advances in hatchery and grow-out technology of Cobia, *Rachycentron canadum*. *Aquaculture Research* 39: 701–711.

Bibby, R., Widdicombe, S., Parry, H., Spicer, J. & Pipe, R. (2008) Effect of ocean acidification on the immune response of the blue mussel, *Mytilus edulis*. *Aquatic Biology*, 2: 67–74.

Bierschenk, E. (2004). Storm damages shock local shellfish industry. GROWfish, Gippsland Aquaculture Industry Network-GAIN, Victoria, Australia. <http://www.growfish.com.au/content.asp?ContentId=2471>. 11/10/2004.

- Bindoff, N.L., J. Willebrand, V. Artale, A. Cazenave, J. Gregory, S. Gulev, K. Hanawa, Le Quéré, S. Levitus, Y. Nojiri, C.K. Shum, L.D. Talley & A. Unnikrishnan, (2007). Observations: oceanic climate change and sea level. Chapter 5 In: *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate* [Solomon, S., D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Avery, M. Tignor, and H.L. Miller (eds.)]. Cambridge University Press, Cambridge, UK and New York, pp. 385-432.
- Binh C.T., Phillips M.J. & Demaine H. (1997). Integrated shrimps–mangrove farming systems in the Mekong delta of Vietnam. *Aquaculture Resources* 28: 599–610.
- Boote, D.N. & Beile, P. (2005) Educational Researcher, Scholars Before Researchers: On the Centrality of the Dissertation Literature Review in Research Preparation, Vol. 34, No. 6, pp. 3–15
- Braaten, R. & Flaherty, M. (2001). Salt balances of inland shrimp ponds in Thailand: implications for land and water salinization. *Environmental Conservation*, 28, 357-367.
- Brander, K.M., (2005). Cod recruitment is strongly affected by climate when stock biomass is low. *ICES Journal of Marine Science*. Vol. 62, no. 3, pp. 339-343.
- Brander, K.M. (2007) Global fish production and climate change, *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, Vol.104, no.50, p. 19709–19714
- Broad, K., Pfaff, A.S.P. & Glantz, M.H. (1999). Climate information and conflicting goals: El Niño 1997–98 and the Peruvian fishery. Public philosophy, environment and social justice, Thursday 21 1999 to Friday 22 October 1999. New York, USA, Carnegie Council of Ethics and International Affairs.
- Brook, E.J., Sowers, T. & Orchardo, J. (1996). Rapid variation in atmospheric methane concentration during past 110 000 years. *Science*, 273: 1087–1990.
- Brooks, N. (2003). Vulnerability, risk and adaptation: a conceptual framework, Tyndall Working Paper. No. 38, Tyndall Centre for Climate Change Research, Norwich, UK.
- Brown, J.D., Swayne, D.E., Cooper, R.J., Burns, R.E. & Stallknecht, D.E. (2006) Persistence of H5 and H7 avian influenza viruses in water. *Avian Diseases*, 50: 236–242.
- Brown, P. & Sutton, T. (2002). Global warming brings new cash crop for fishermen, *The Guardian*, 10th December 2002, London.
- Brugere, C., & Ridler, N. (2004). *Global Aquaculture Outlook in the Next Decades: An Analysis of National Aquaculture Production Forecasts to 2030*. UN Food and Agriculture Organization, Rome, Fisheries Circular No. C1001.
- Bunting, S.W. (2004). Wastewater aquaculture: perpetuating vulnerability or opportunity to enhance poor livelihoods? *Aquatic Resources, Culture and Development* 1, 51-75.
- Caddy J.F. & Griffiths R.C. (1995). Living marine resources and their sustainable development. *FAO Fisheries Technical Paper* 353, p. 167.
- Catto, N.R. (2004). Impacts of climate variation and adaptation for Atlantic Canadian fisheries communities. Moncton, Canada, Canadian Association of Geographers, Annual Meeting, May 2004.

- Cazenave, A. (2006) How Fast Are the Ice Sheets Melting? *Science* 314, 1250–1252
- Chan, J., and J.-E. Shi (1996) Long-term trends and interannual variability in tropical cyclone activity over the western North Pacific. *Geophys. Res. Lett.*, 23, 2765–2768.
- Church, J. A., & N. J. White (2006), A 20th century acceleration in global sea-level rise, *Geophys. Res. Lett.*, 33
- Church, J. et al., (2001) in *Climate Change 2001: The Scientific Basis: Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, J. T. Houghton et al., Eds. (Cambridge Univ. Press, Cambridge, 2001), pp. 639–693.
- Collares-Pereira, M.J. & Cowx, I.G. (2004) The role of catchment scale environmental management in freshwater fish conservation. *Fisheries Management and Ecology*, 11: 303–312.
- Cook, R. M., Sinclair, A. and Steffanson, G. (1997). Potential collapse of North Sea cod stocks. *Nature* 385:521-522.
- Cooper, H., Hedges, L. V., & Valentine, J. C. (Eds.)(2009). *The handbook of research synthesis and meta-analysis* (2nd ed.). New York: Russell Sage Foundation.
- Cornejo-Grunauer, P., Calderón, J., Santos, J.L., & Silva, G. (1997). Application of climate information in Shrimp Aquaculture: the Ecuadorian Case. *ENSO SIGNAL, IRI-OGPNOOA*.
- Crump, M. (1998) *In Search of the Golden Frog*. Chicago, USA. University of Chicago Press.
- Cornejo-Grunauer, P. (1998b). Variaciones climáticas: Impacto del Fenómeno de El Niño/Oscilación Sur en la Acuicultura de Ecuador. *Boletín. CENAIM*, 41, 5-7.
- CRRH (2002). *Mitigando los efectos de El Niño : Estudio caso sector agrícola, Centroamérica*, 14317, Comité Regional de Recursos Hidráulicos, Centro de Coordinación para la Prevención de los Desastres Naturales en América Central (CEPREDENAC). Panamá.
http://www.crid.or.cr/crid/CD_Alerta_Temprana/pdf/spa/doc14317/doc14317.htm
- Dai, A., K. E. Trenberth, and T. R. Karl, 1998: Global variations in droughts and wet spells. *Geophys. Res Lett.*, 25, 3367–3370.
- Dalton, M.G. (2001). El Niño expectations and fishing effort in Monterey Bay, California. *Environmental Economics and Management*, 42: 336–359.
- Daszak, P., Cunningham, A.A. & Hyatt, A.D. (2000) Emerging infectious diseases of wildlife threats to biodiversity and human health. *Science*, 287: 443–448.
- Davenport J., Black K., Burnell G., Cross T., Culloty S., Ekaratne S., Furness B., Mulcahy M. & Thetmeyer H. (2003). *Aquaculture: The Ecological Issues*. British Ecological Society, Blackwell, Oxford.
- De Ionno, P., Wines, G., Jones, P. & Collins, R. (2006) A bioeconomic evaluation of a commercial scale recirculating finfish growout system - An Australian perspective. *Aquaculture*, 259: 315–327.

- Delgado, C.L., Wada, N., Rosegrant, M.W., Meijer, S., & Ahmed, M. (2003). *Fish to 2020: Supply and demand in changing global markets*, International Food Policy Research Institute (IFPRI) and WorldFish Center, Washington, D.C., Penang, Malaysia. <http://www.ifpri.org/pubs/books/fish2020book.htm>
- DFID (2001). *Sustainable livelihoods guidance sheets*, Department for International Development, London.
- De Silva, S.S. (2003) Culture-based fisheries: an underutilized opportunity in aquaculture. *Aquaculture*, 221: 221–243.
- De Silva, S.S. & Davy, B.F. (eds) (in press, online version available). *Success Stories in Asian Aquaculture*, Springer, London & New York, 214 p
- De Silva, S.S., Subasinghe, R.P., Bartley, D.M. & Lowther, A. (2004) Tilapias as alien aquatics in Asia and the Pacific: a review. *FAO Fisheries Technical Paper*, 453: 65 pp.
- De Silva, S.S. & Phillips, M. (2007) A review of cage culture: Asia (excluding China).
- De Silva, S.S., Nguyen, T.T.T., Abery, N.W. & Amarasinghe, U.S. (2006) An evaluation of the role and impacts of alien finfish in Asian inland aquaculture. *Aquaculture Research*, 37: 1–17.
- De Silva, S.S. & Hasan, M.R. (2007) Feeds and fertilizers: the key to the long term sustainability of Asian aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper*, 497: 19–48.
- De Silva, S.S. & Soto, D. (2009) Climate change and aquaculture: potential impacts, adaptation and mitigation, *Fisheries Technical paper*, 537, 137-215 Network of Aquaculture Centres in Asia-Pacific (NACA)
- De Silva, S.S., Sim, S.Y. & Turchini, G.M. (2008) Review on usage of fish, directly and indirectly, as feed ingredients and feeds in Asian-Pacific aquaculture. *FAO Fisheries Technical Paper* (in press).
- De Wit, M. & Stankiewicz, J. (2006). Changes in surface water supply across Africa with predicted climate change. *Science*. Publ. online 2 Mar 2006. DOI: 10.1126/science.1119929
- Diaz HF, Markgraf, V (2000) *El Niño and the Southern Oscillation: multiscale variability and global and regional impacts*. Cambridge University Press, Cambridge
- Diederich, S. Nehls, G. van Beusekom, G.E.E. & Reise, K. (2005) Introduced Pacific oysters (*Crassostrea gigas*) in the northern Wadden Sea: invasion accelerated by warm summers? *Helgoland Marine Research*, 59(2): 97-106
- Dierberg, F. & Kiattisimkul, W. (1996). Issues, Impacts, and Implications of Shrimp Aquaculture in Thailand. *Environmental Management*, 20, 649-66.
- Dobson, A. P., & MAY R.M. (1986) Patterns of invasions by pathogens and parasites. Pages 58-76 in *Ecology of Biological Invasions of North America and Hawaii* (H. A. Mooney and J. A. Drake, Eds.). Springer-Verlag, New York.
- Dowling, T.E. & Childs, M.R. (1992) Impact of hybridisation on a threatened trout of the south western United States. *Conservation Biology*, 6: 355–364.

- Duarte, C.M. Marbá, N. Holmer, M. (2007). Rapid domestication of marine species. *Science (Wash.)* 316(5823): 382-383 + supporting materials
- Easterling, D. R. Evans, J.L. Groisman, P. Ya. Karl, T.R. Kunkel, K.E. and Ambenje, P. 2000. Observed variability and trends in extreme climate events: A brief review. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 81 (3) 417-425.
- Edgerton, B.F., Henttonen, P., Jussila, J., Mannonen, A.R., Paasonen, P., Taugbøl, T., Edsman, L. & Souty-Grosset, C. (2004) Understanding the causes of disease in European freshwater crayfish. *Conservation Biology*, 18: 1466–1473.
- Edwards, P., Le, A.T. & Allan, G.L. (2004) A survey of marine trash fish and fish meal as aquaculture feed ingredients in Viet Nam. Canberra. ACIAR Working Paper No 57. Australian Centre for International Agricultural Research: 56 pp.
- Edwards, M., Johns, D.G., Leterme, S.C., Svendsen, E. & Richardson, A.J. (2006) Regional climate change and harmful algal blooms in the northeast Atlantic. *Limnology and Oceanography*, 51: 820–829.
- Eknath, A.E. & Doyle, A.E. (1990) Effective population size and rate of inbreeding in aquaculture of Indian major carps. *Aquaculture* 85 (1990), pp. 293–305.
- Elasha, B.O., Elhassan, N.G., Ahmed, H., & Zakieldin, S. (2005). Resilient or vulnerable?: new methodology shows promise for studying local climate change adaptations, AIACC Working Paper. No. 17, Assessments of Impacts and Adaptations to Climate Change (AIACC), Washington, DC.
http://www.aiaccproject.org/working_papers/Working%20Papers/AIACC_WP_No017.pdf
- Epstein, P.R., Diaz, H.F., Elias, S., Grabherr, G. & Graham, N.E. (1998) Biological and physical signs of climate change: focus on mosquito-borne diseases. *Bulletin of the American Meteorological Society*, 78: 409–417.
- Epstein, P.R. (2005) Climate change and human health. *New England Journal of Medicine*, 353: 1433-1436
- FAO, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Fisheries Department (2004) *The State of World Fisheries and Aquaculture* (FAO, Rome).
- FAO (2004) *FAO recommendations on the prevention, control and eradication of highly pathogenic avian influenza (HPA1) in Asia*. FAO Position Paper, Rome. FAO, 49 pp.
- FAO Fisheries** Department. *State of world aquaculture (2006)*. **FAO Fisheries Technical Paper. No. 500**. Rome, **FAO**. 134p
- FAO (2008)a. Fisheries and Aquaculture Information and Statistics Service. Total fisheries production 1950 to 2006. FISHSTAT Plus - Universal software for fishery statistical time series (online or CD-ROM). Food and Agriculture Organization of the United Nations. (also available at www.fao.org/fi/statist/FISOFT/FISHPLUS.asp).
- FAO (2008). *FAO Food Outlook 2008*. Rome. FAO.
- FAO (2009), *The State of World Fisheries and Aquaculture 2008*, FAO Fisheries and Aquaculture Department, Rome <ftp://ftp.fao.org/docrep/fao/011/i0250e/i0250e.pdf>

- Feare, C.J. (2006) Fish farming and the risk of spread of avian influenza. Cambridge, UK. WildWings Bird Management, BirdLife International. 11 pp. (also available at [www.birdlife.org/ action/science/species /avian.flu/index.html](http://www.birdlife.org/action/science/species/avian.flu/index.html)).
- Ficke, A.D., Myrick, C.A. & Hansen, L.J. (2007) Potential impacts of global climate change on freshwater fisheries. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 17: 581–613.
- FIN (Fishmeal Information Network) <http://www.gafta.com/fin/fin.html>
- Frankic, A. & Hershner, C. (2003) Sustainable aquaculture: developing the promise of aquaculture, *Aquaculture International* 11: 517–530, 2003.
- Gajardo, G. & Laikre, L. (2003) Chilean aquaculture boom is based on exotic salmon resources: a conservation paradox. *Conservation Biology*, 17: 1173–1174.
- Gianni, A., Saravanan, R. & Chang, P. (2003) Oceanic forcing of Sahel rainfall on interannual to interdecadal time scales. *Science*, 320: 1027–1030.
- Gienapp, P., Teplitsky, C., Alho, J.S., Mills, J.A. & Merila, J. (2008). Climate change and evolution: disentangling environmental and genetic responses. *Molecular Ecology*, 17: 162–176.
- Goldburg R. & Triplett T. (1997). *Murky Waters: Environmental Effects of Aquaculture in the United States*. Environmental Defense Fund.
- Cooper, H. (1998). *Integrating Research: A Guide for Literature Reviews* (2nd Ed.). Thousand Oaks, CA: Sage.
- Goswami, B.N., Venugopal, V., Sengupta, D., Madhusoodanan, M.S. & Xavier, P.K. (2006) Increasing trend of extreme rain events in a warming environment. *Science*, 314: 1442–1445.
- Grøttum, J.A. & Beveridge, M. (2007). A review of cage aquaculture: northern Europe. In, M. Halwart, D. Soto & J.R. Arthur, eds. *Cage aquaculture. Regional reviews and global overviews*. Rome, FAO. FAO Fisheries Technical Paper, 498: 126–154.
- Growfish (2004a). Flood-hit fish farmers seek govt support. Daily Star and Gippsland Aquaculture Industry Network - GAIN, <http://www.growfish.com.au/content.asp?contentid=2182>. 21/10/04.
- Growfish (2004b). Floods: the bad news & the good news: Bangladeshi joy at fish bonanza. Gippsland Aquaculture Industry Network - GAIN, <http://growfish.com.au/content.asp?contentid=2491>. 10/10/04.
- Growfish, (2004)c. Japanese production of summer favourite eels falling. Gippsland Aquaculture Industry Network - GAIN, <http://growfish.com.au/content.asp?contentid=2145>. 21/10/04.
- Growfish (2004d). Life's work wiped out in just seconds. Western Morning News and Gippsland Aquaculture Industry Network - GAIN, <http://growfish.com.au/content.asp?contentid=2268>. 21/10/04.
- Hague, Z. (2004). Blow to fresh water shrimp farmers. Daily Star and Gippsland Aquaculture Industry Network - GAIN, <http://www.growfish.com.au/content.asp?contentid=2095>. 21/10/04.

- Halwart, M., Soto, D. & Arthur, J.R. (2007) Cage aquaculture. Regional reviews and global overviews. FAO. Rome. FAO Fisheries Technical Paper, 498: 240 pp.
- Handisyde, N.T., Ross, L.G., Badkeck, M.-C. & Allison, E.H. (undated). The effects of climate change on world aquaculture: a global perspective. London. Department for International Development (DFID). 151 pp.
- Hansen, J. Sato, M. Kharecha, P. Beerling, D. Berner, R. Masson-Delmotte, V. Pagani, M. Raymo, M. Royer, D.L. & Zachos, J.C. (2008) Target Atmospheric CO₂: Where Should Humanity Aim? *Open Atmos. Sci. J.* 2, 217–231
- Harvell, C.D., Kim, K., Burkholder, J.M., Colwell, R.R., Epstein, P.R., Grimes, J., Hofmann, E.E., Lipp, E., Osterhaus, A.D.M.E., Overstreet, R., Porter, J.W., Smith, G.W., & Vasta, G.R. (1999). Emerging marine diseases - climate links and anthropogenic factors. *Science*, 285: 1505–1510.
- Hart, C. (1999). *Doing a literature review: Releasing the social science research imagination*. London: SAGE.
- Hartmann, D.L. Wallace, J.M. Limpasuvan, V. Thompson, D.W.J. and Holton, J.R. (2000) Can ozone depletion and global warming interact to produce rapid climate change? *PNAS* 97(4): 1412-1417
- Hassan, M.R., Hecht, T., De Silva, S.S. & Tacon, A.D.J. (2007) Study and analysis of feeds and fertilizers for sustainable aquaculture development. FAO Technical Paper, 497. pp. 512
- Hewitt, J.E. & Thrush, S.F. (2008) Reconciling the influence of global climate phenomena on macrofaunal temporal dynamics at a variety of spatial scales, *Global Change Biology*, 15(8): 1911-1929
- Hofmann, E., Ford, S., Powell, E. & Klinck, J. (2001) Modelling studies of the effect of climate variability on MSX disease in eastern oyster (*Crassostrea virginica*) populations. *Hydrobiologia*, 460: 195–212.
- Hõ, Thu L. (2008) Adapting to global warming. *Outlook, Viet Nam News Monthly Publication*, 51 (March 2008): 8–11.
- Holgate, S. J. (2007) On the decadal rates of sea level change during the twentieth century, *Geophysical Research Letters*, 34
- Hughes, T.P., Baird, A.H., Bellwood, D.R., Card, M., Connolly, S.R., Folke, C., Grosberg, R., Hoegh-Guldberg, O., Jackson, J.B.C., Kleypas, J., Lough, J.M., Marshall, P., Nyström, M., Palumbi, S.R., Pandolfi, J.M., Rosen, B. & Roughgarden, J. (2003) Climate change, human impacts and the resilience of coral reefs. *Science*, 301: 929–934.
- Hunter, B.J. & Roberts, D.C.K. (2000). Potential impacts of the fat composition of farmed fish on human health. *Nutrition Research*, 20: 1047–1058.
- IPCC (2001)a. Houghton, J.T., Ding, Y., Griggs, D.J., Noguer, M., van der Linden, P.J., Dai, X., Maskell, K., & Johnson, C.A., eds. (2001). *Climate Change 2001: The Scientific Basis. Contribution of Working Group I to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Cambridge University Press, Cambridge.

- IPCC (2001)b. McCarthy, J., Canziani, O.S., Leary, N., Dokken, D., & White, K., eds. (2001). *Climate change 2001: impacts, adaptation, and vulnerability. Contribution of Working Group II to the Third Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge.
- IPCC (2002) *Climate change and biodiversity*. In H. Gitay, A. Suarez, R.T. Watson, D.J. Dokken, eds. *IPCC Technical Paper V*, 76 pp. Inter-Governmental Panel on Climate Change, WMO and UNEP.
- IPCC (2007) *Climate change 2007: synthesis report*. Inter-Governmental Panel on Climate Change. (Also available at www.ipcc.ch/pdf/assessment-report/ar4/syr/ar4-syr-topic/pdf/.)
- Islam, M.D.M. & Sado, K. (2000). Development of flood hazard maps of Bangladesh using NOAAVHRR images with GIS. *Hydrological Science Journal*, 45 (3): 337-355.
- Iwashima, T. & Yamamoto, R. (1993): A statistical analysis of the extreme events: Long-term trend of heavy daily precipitation. *J. Meteor. Soc. Japan*, 71, 637–640.
- Jallow, B.P., Barrow, M.K.A. & Leatherman, S.P. (1996). Vulnerability of the coastal zone of The Gambia to sea level rise and development of response strategies and adaptation options. *Climate Research*, 6: 165–177.
- Jaksic, F.M. (2001) Ecological effects of El Niño in terrestrial ecosystems of western South America. *Ecography*, 24 (3): 241–250.
- Johannes, M.R.S. (2004). *Adapting to Climate Variation and Change in Canadian Aquaculture*. Aquaculture Association of Canada Spec. Publ., 8, 51-55.
- Johannessen, O..M (2008) Decreasing Arctic Sea Ice Mirrors Increasing CO2 on Decadal Time Scale. *Atmos. and Ocean. Sci. Lett.*, 1, 5156
- Jonsson, B. & Jonsson, N. (2006) Cultured Atlantic salmon in nature: a review of their ecology and interaction with wild fish. *ICES Journal of Marine Science*, 63: 1162–1181.
- Jørstad, K.E., van der Meeren, T., Paulsen, O.N., Thomsen, T., Thorsen, T. & Svåsand, T. (2008). “Escapes” of eggs from farmed cod spawning in net pens: recruitment to wild stocks. *Reviews in Fisheries Science*, 16: 2 pp.
- Kapetsky, J.M. & Nath, S.S. (1997). A strategic assessment of the potential for freshwater fish farming in Latin America: COPESCAL TECHNICAL PAPER 27, Food And Agriculture Organisation, Rome, Italy.
- Kapetsky, J.M. (2000). Present applications and future needs of meteorological and climatological data in inland fisheries and aquaculture. *Agricultural and Forest Meteorology*, 103, 109-117.
- Kongkeo, H. (in press). The role of backyard hatcheries in shrimp farming in Thailand. In S.S. De Silva & F.B. Davy, eds. *Success stories in aquaculture: an Asian perspective*, NACA, Bangkok.
- Krkošek, M., Ford, J.S., Morton, A., Lele, S., Myers, R.A. & Lewis, M.A. (2008) Declining wild salmon populations in relation to parasites from farm salmon. *Science*, 318: 1772–1773.

- Kutty, M.N. (1987). Site Selection For Aquaculture: Physical Features of Water. United Nations Development Program. Food and Agriculture Organisation of the United Nations. Nigerian Institute for Oceanography and Marine Research. Project RAF/82/009
- Kwok R., G. F. Cunningham, M. Wensnahan, I. Rigor, H. J. Zwally, D. Yi (2009), Thinning and volume loss of the Arctic Ocean sea ice cover: 2003–2008, *J. Geophys. Res.*, 114
- Landsea, C. W., N. Nicholls, W. M. Gray, and L. A. Avila (1996) Downward trends in the frequency of intense Atlantic hurricanes during the past five decades. *Geophys Res. Lett.*, 23, 1697– 1700.
- Landsea, C. W., R. A. Pielke Jr., A. M. Mestas-Nunez and J. A. Knaff (1999) Atlantic basin hurricanes: Indices of climatic changes. *Climatic Change*, 42, 89–129.
- Leary, R.F., Allendorf, F.W. & Forbes. S.H. (1993) Conservation genetics of bull trout in the Columbia and Klamath River drainages. *Conservation Biology*, 7: 856–865.
- Lehodey P., Bertignac M., Hampton J., Lewis A. & Picaut J. (1997) El Niño Southern Oscillation and tuna in the western Pacific. *Nature* 389: 715-718. 147
- Lem A. & Shehadeh Z.H. (1997). International trade in aquaculture products. *FAO Aquaculture Newsletter* 17: 3–6.
- Lomborg, B. (2001). *The sceptical environmentalist: measuring the real state of the world*. Cambridge, UK. Cambridge University Press. 511 pp.
- Loukos, H., P. Monfray, L. Bopp, & P. Lehodey. (2003). Potential changes in skipjack tuna (*Katsuwonus pelamis*) habitat from a global warming scenario: Modelling approach and preliminary results. *Fisheries Oceanography* 12: 474-482.
- Luam Kong, A. (2002). Impact of climate changes on Caribbean fisheries resources: research needs. *Caribbean food systems: Developing a research agenda*, 19-20 September 2002, St Augustine, Trinidad, Global Environmental Change and Food Systems (GECAFS).
- Mahon, R. (2002). *Adaptation of fisheries and fishing communities to the impacts of climate change in the CARICOM region: Issue Paper - Draft, Mainstreaming Adaptation to Climate Change (MACC) of the Caribbean Center for Climate Change (CCCC)*, Organization of American States, Washington.
<http://www.oas.org/macc/bibliography.htm>
- Marcogliese, D.J. (2001) Implications of climate change for parasitism of animals in the aquatic environment. *Canadian Journal of Zoology*, 79: 1331–1352.
- McCauley, R. & Beitinger, T. (1992). Predicted effects of climate warming on the commercial culture of the channel catfish, *Ictalurus punctatus*. *GeoJournal* 28(1): 61-66.
- McDonald M. E., Hershey A. E. & Miller M. C. (1996) Global warming impacts on lake trout in arctic lakes. *Limnology and Oceanography* 41: 1102-1108.
- McManus, J.W., Reyes, R.B.J. & Nanola, C.L.J. (1997) Effects of some destructive fishing methods on coral cover and potential rates of recovery. *Environmental Management*, 21: 69–78.

- McMichael, A.J. (2001) Impact of climatic and other environmental changes on food production and population health in the coming decades. *Proceedings of the Nutrition Society*, 60: 195–201.
- McMichael, A.J. (2003) *Climate change and human health risks*. Geneva. World Health Organization. 322 pp.
- McVey J.P., Stickney R.R., Yarish C. & Choppin T. (2002). Aquatic polyculture and balanced ecosystem management: new paradigms for seafood production. In: Stickney R.R. and McVey J.P. (eds) *Responsible Marine Aquaculture*. CAB International, Wallingford, UK.
- Meehl, G. A., T. F. Stocker, W. Collins, P. Friedlingstein, A. Gaye, J. Gregory, A. Kitoh, R. Knutti, J. Murphy, A. Noda, S. Raper, I. Watterson, A. Weaver, and Z.-C. Zhao, (2007): Chapter 10 Global climate projections in *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, S. Solomon, D. Qin, and M. Manning, Eds., Cambridge University Press)
- Meier, M.F. Dyurgerov, M.B. Rick, U.K. O'Neel, S. Pfeffer, T.W. Anderson, R.S. Anderson, S.P. Glazovsky, A.F. (2007) Glaciers dominate eustatic sea-level rise in the 21st century, *Science* 317, 1064–1067
- Miao, W. (in press). Recent development of rice-fish culture in China – a holistic approach to livelihood improvement in rural areas. In S.S. De Silva & F.B. Davy, eds. *Success stories in aquaculture: an Asian perspective*, NACA, Bangkok. In press.
- Mirza, MMQ, (2002). Global warming and changes in the probability of occurrence of floods in Bangladesh and implications. *Global environmental change-human and policy dimensions*, 12 (2): 127-138 JUL 2002
- Morales, V.V.Q. & Morales, R.R. (2006) *Regional review on aquaculture development 1. Latin America and the Caribbean - 2005*. Rome. FAO Fisheries Circular, F1017/1. 177 pp. FAO.
- Morris, S., Neidecker-Gonzales, O., Carletto, C., Munguia, M., & Wood, Q. (2002). Hurricane Mitch and the livelihoods of eth rural poor in Honduras. *World Development*, 30, 49-60.
- Mous, P.J., Pet-Soede, L., Erdmann, M., Cesar, H.S.J., Sadovy, Y. & Pet, J.S. (2000) Cyanide fishing on Indonesian coral reefs for the live food fish market - what is the problem? *SPC Live Reef Fish Information Bulletin*, 7: 20-27.
- Moyle, P. B. and R. A. Leidy. (1992) Loss of biodiversity in aquatic ecosystems; evidence from fish faunas. In: *Conservation Biology: The Theory and Practice of Nature Conservation..* Fielder, P. L. and S. K. Jain, editors. Chapman and Hall. London. pp. 129–161.
- Mudie P. J., Rochon A. & Levac E. (2002) Palynological records of red tideproducing species in Canada: past trends and implications for the future. *Palaeogeography Palaeoclimatology Palaeoecology* 180: 159-186.

- Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Mooney H., Beveridge, M., Clay, J., Folke, C., Kautsky, N., Lubchenco, J., Primavera, J. & Williams, M. (1998) Nature's subsidies to shrimp and salmon farming. *Science*, 282: 883–884.
- Naylor, R.L., Goldberg, R.J., Primavera, J., Kautsky, N., Beveridge, M., Clay, J., Folke, C., Lubchenco, J., Mooney, H. & Troell, M. (2000) Effect of aquaculture on world fish supplies. *Nature*, 405: 1097–1024
- Naylor, R.L., Liska, A.J., Burke, M.B., Falcon, W.P., Gaskell, J.C. Rozelle, S.D. & Cassman, K.G. (2006). The ripple effect. *Biofuels, food security, and the environment. Environment*, 49: 32–43.
- Naylor, R.L. Hardy, R.W. Bureau, D.P. Chiu, A. Elliott, M. Farrell, A.P. Forster, I. Gatlin, D.M. Goldberg, R.J. Hua, K. Nichols, P.D. (2009) Feeding aquaculture in an era of finite resources, *Proceedings of the National Academy of Sciences (PNAS)*, Vol. 106 no. 36, page(s) 15103–15110
- New, M. B. & Wijkstrom, U.N. (2002). Use of fishmeal and fish oil in aquafeeds: Further thoughts on the fishmeal trap. *FAO Fisheries Circular No. 975*. Rome: Food and Agriculture Organization of the United Nations.
- Nguyen, K.C. (2008) Surviving the flood. *Outlook, Viet Nam News Monthly Publication*, 51 (March 2008), 14–16.
- Nguyen, T.T.T. & De Silva, S.S. (2006) Freshwater finfish biodiversity and conservation: an Asian perspective. *Biodiversity and Conservation*, 15: 3543–3568.
- Nichols, N.N. , C. Landsea & Gill, J. (1998). Recent trends in Australian regional tropical cyclone activity. *Meteor Atmos. Phys.*, 65, 197–205.
- NOAA, (2005). The ENSO cycle. Available online at: http://www.cpc.noaa.gov/products/analysis_monitoring/ensocycle/enso_cycle.shtml (accessed 10/05/06).
- O'Brien, K, R. Leichenko, U. Kelkar, H. Venema, G. Aandahl, H. Tompkins, A. Javed, S. Bhadwal, S. Barg, L. Nygaard, and J. West. (2004). Mapping Vulnerability to Multiple Stressors: Climate Change and Economic Globalization in India. *Global Environmental Change* 14: 303-313
- Paine, M. (2003). Warming threat to salmon. The Mercury and Gippsland Aquaculture Industry Network - GAIN, <http://growfish.com.au/content.asp?contentid=636>. 21/10/04.
- Parry, M.L., Rosenweig, C., Iglesias, A., Livermore, M. & Fischer, G. (2004). Effect of climate change on global food production under SRES emissions and socio-economic scenarios. *Global Environmental Change*, 14: 53–67.
- Patz, J.A. (2000). Climate change and health: New research challenges. *Ecosystem Health*, 6, 52-58.
- Pawiro, S. (2005) Trends in major Asian markets for live grouper. *INFOFISH International*, 4/99: 20–24.
- Peperzak, L. (2003) Climate change and harmful algal blooms in the North Sea. *Acta Oecologica*, 24: S139–S144.

- Pérez-Sánchez, E., Muir, J., & Ross, L. (2005). Livelihood options for the coastal zone of Tabasco, Mexico. *Aquatic Resources, Culture and Development*, 1, 91-108.
- Pike, I.H. & Barlow, S.M. (2002) Impacts of fish farming on fish, Bordeaux Aquaculture and Environment Symposium. Bordeaux, France. (Available at www.iffo.org.uk/tech/bordeau.htm.)
- Plisnier, P.D. (1997) Climate, Limnology and Fisheries Changes in Lake Tanganyika. FAO/FINNIDA: Research for the Management of the Fisheries on Lake Tanganyika. CP/RAF/271/FIN-TD/72 (available from: <ftp://ftp.fao.org/fi/ltr/TD72.PDF>)
- Pradhan, B.R., (1987). Potential of reservoir fisheries development in Nepal, a paper prepared for the Workshop on Reservoir Fishery Management and Development in Asia (23–28th November), Kathmandu.
- Primavera, J.H. (1998). Tropical shrimp farming and its sustainability. In *Tropical Mariculture* (ed S.S. De Silva), pp. 257-289. Academic Press, London.
- Pritchard, H.D. Arthern, R.J. Vaughan, D.G. & Edwards, L.A. (2009) Extensive dynamic thinning on the margins of the Greenland and Antarctic ice sheets, *Nature*, September 23, 2009
- Rhymer, J.M. & Simberloff, D. (1996) Extinction by hybridisation and introgression. *Annual Review Ecological Systematics*, 27: 83–109.
- Rockstrom, J. Steen, W. Noone, K. Persson, A. Chapin, F.S. Lambin, E.F. Lenton, T.M. Scheer, M. Folke, C. Schellnhuber, H.J. Nykvist, B. de Wit, C.A. Hughes, T. van der Leeuw, S. Rodhe, H. Sorlin, S. Snyder, P.K. Costanza, R. Svedin, U. Falkenmark, M. Karlberg, L. Corell, R.W. Fabry, V.J. Hansen, J. Walker, B. Liverman, D. Richardson, K. Crutzen, P. and Foley, J.A. (2009) A safe operating space for humanity, *Nature*, 461(7263):472-475
- Rosenberg, A.A. (2008) The price of lice. *Nature*, 451/3: 23–24.
- Rosenberry, B. (1999). Mitch's Reign : Three Days of Rain Flood Shrimp Farms in Honduras and Nicaragua. *Shrimp News International*, San Diego, U.S. <http://www.shrimpnews.com/Mitch.html>. 02/03/2005.
- Rosenberry, B. (2004). About Shrimp Farming. *Shrimp News International*, San Diego, U.S. <http://www.shrimpnews.com/About.html>. 11/23/2004.
- Ross, L. & Martinez Palacios, C. (2004). Towards a culture technology for pescado blanco, *Chirostoma estor estor*. *Aquaculture news*. Vol. 31, pp. 2-3. 2004.
- Rungruangsak-Torrissen, K. (2002) Wild salmon should not be threatened by healthy and non-genetically manipulated escapees. *ICES CM 2002/ T:07*. 16 pp.
- Salam, A. Md. (2000). GIS modelling of coastal aquaculture development in Khulna district, Sunderbans, Bangladesh. Ph.D. University of Stirling. 2000. p400.
- Salam, M. A. Ross, L.G. & Beveridge, M.C.M. (2003). A comparison of development opportunities for crab and shrimp aquaculture in South-western Bangladesh, using GIS modelling. *Aquaculture*. 220: 477-494. <http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/index.htm>

- Salam, M.A. and Ross, L.G. (1999). GIS modelling for aquaculture in South-western Bangladesh: Comparative production scenarios for brackish and freshwater shrimp and fish. Proceedings of GIS'99. 13th Annual Conference on Geographic Information Systems. Vancouver, Canada. p141-145.
<http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/index.htm>
- Salam, M.A. and Ross, L.G. (2000). Optimizing site selection for development of shrimp (*Penaeus monodon*) and mud crab (*Scylla serrata*) culture in Southwestern Bangladesh. Proceedings of GIS'2000, 14th Annual Conference on Geographic Information Systems. Toronto, Canada, 13-16 March'2000.
<http://www.aquaculture.stir.ac.uk/GISAP/index.htm>
- Salinger, M.J. (2005). Climate Variability and change: past, present and future-an overview, *Climatic Change*, 70: 9–29
- Sarch, M.T. & Allison, E.H. (2000). Fluctuating fisheries in Africa's inland waters: well adapted livelihoods, maladapted management. Proceedings of the 10th International Conference of the Institute of Fisheries Economics and Trade., 2000, Corvallis, Oregon. July 9-14th 2000., <http://osu.orst.edu/dept/IIFET/2000/papers/sarch.pdf>.
- Scales, H., Balmford, A. & Manica, A. (2007) Monitoring the live reef food fish trade: lessons learned from local and global perspectives. *SPC Live Reef Fish Information Bulletin*, 17: 36–44.
- Schmittner, A. (2005) Decline of the marine ecosystem caused by a reduction in the Atlantic overturning circulation. *Nature*, 434: 628–633.
- Schoof, C. (2007) Ice sheet grounding line dynamics: steady states, stability and hysteresis. *J. Geophys. Res.* 112
- Scoones, I. (1998). Sustainable Rural Livelihoods: A framework for analysis, Working Paper. No. 72, Institute of Development Studies, Brighton.
- Scott, J. B. T. Gudmundsson, G. H. Smith, A. M. Bingham, R. G. Pritchard, H. D. and D. G. Suppiah, R. & Hennessy, K. (1998). Trends in seasonal rainfall, heavy rain-days, and number of dry days in Australia 1910– 1990. *Int. J. Climatol.*, 18, 1141–1155.
- Secretan, P.A.D., Bueno, P.B., van Anrooy, R., Siar, S.V. Olofsson, A., Bondad-Reantaso, M.G. & Funge-Smith, S. (2007). Guidelines to meet insurance and other risk management needs in developing aquaculture in Asia. Rome. FAO. FAO Fisheries Technical Paper, 496: 148 pp
- SEI, IUCN, IISD, & Intercooperation (2003). Livelihoods and climate change: combining disaster risk reduction, natural resource management and climate change adaptation in a new approach to the reduction of vulnerability and poverty. SEI, IUCN, IISD, Intercooperation, <http://iisd.org/publications/publication.asp?pno=529>. 10/05/04.
- Sheppard C, Dixon DJ & Gourlay M, (2005). Coral mortality increases wave energy reaching shores protected by reef flats: Examples from the Seychelles. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 64 (2-3): 223-234.

- Smayda, T.J. (1990) Novel and nuisance phytoplankton blooms in the sea: evidence of a global epidemic. In E. Graneli, B. Sunderstroem, L. Edler, D.M. Anderson, eds. *Toxic Marine Phytoplankton*, pp. 29–41. Holland, Elsevier.
- Snieszko, S.F. (1974) The effects of environmental stress on outbreaks of infectious diseases of fishes. *Journal of Fish Biology*, 6 (2): 197–208.
- Soto, D., Jara, F. & Moreno, C. (2001) Escaped salmon in the inner seas, southern Chile: facing ecological and social conflicts. *Ecological Applications*, 11 (6): 1750–1762.
- Soto, D., Arismendi, I., Gonzalez, J., Guzman, E., Sanzana, J., Jara, F., Jara, C. & Lara, A. (2006) Southern Chile, trout and salmon country: invasion patterns and threats for native species. *Revista Chilena de Historia Natural*, 79: 97–117.
- Soto, D., Aguilar-Manjarrez, J., Brugère, C., Angel, D., Bailey, C., Black, K., Edwards, P., Costa Pierce, B., Chopin, T., Deudero, S., Freeman, S., Hambrey, J., Hishamunda, N., Knowler, D., Silver, W., Marba, N., Mathe, S., Norambuena, R., Simard, F., Tett, P., Troell, M. & Wainberg, A. (2008). Applying an ecosystem-based approach to aquaculture: principles, scales and some management measures. In D. Soto, J. Aguilar-Manjarrez & N. Hishamunda, eds. *Building an ecosystem approach to aquaculture*. FAO/Universitat de les Illes Balears Expert Workshop, 7–11 May 2007, Spain, Mallorca. Rome. FAO. FAO Fisheries Proceedings. No. 14: 15–35.
- Sugiyama, S., Staples, D. & Funge-Smith, S. (2004) Status and potential of fisheries and aquaculture in Asia and the Pacific. RAP Publication 2004/25, FAO, Regional Office for Asia and the Pacific, Bangkok. 53 pp.
- Swing, T.G. (2003) What future for the oceans? New York, USA. Foreign Affairs September-October: pp.139–52.
- Tacon A.G.J. (1997). Contribution to food fish supplies. In: Review of the State of the World Aquaculture. FAO Fisheries Cir. #FIRI/C886 (Rev. 1), pp. 17–21.
- Tacon, A.G.J., Halwart, M.(2007) Cage aquaculture: a global overview. In M. Halwart, D. Soto and J.R. Arthur (eds). *Cage aquaculture – Regional reviews and global overview*, pp. 1–16. FAO Fisheries Technical Paper. No. 498. Rome, FAO. 2007. 241 pp.
- Tacon, A.G.J., Hasan, M.R. & Subasinghe, R.P. (2006) Use of fishery resources as feed inputs for aquaculture development: trends and policy implications. FAO Fisheries Circular, 1018. Rome. 99 pp.
- Tacon AGJ, Metian M (2008) Global overview on the use of fish meal and fish oil in industrially compounded aquafeeds: Trends and future prospects. *Aquaculture*, 285:146–158.
- Tarhule, S. & Woo, M. (1998). Changes in rainfall characteristics in northern Nigeria. *Int. J. Climatol.*, 18, 1261–1272.
- Thomas, C.D., Cameron, A., Green, R.E., Bakkenes, M., Beaumont, L.J., Collingham, Y.C., Erasmus, B.F.N., Siqueira, M.F.D., Grainger, A. & Hannah, L. (2004) Extinction risks from climate. *Nature* 427: 145–48.
- Thorstad, E.B., Fleming, I.A., McGinnity, P., Soto, D., Wennevik, V. & Whoriskey, F. (2008) Incidence and impacts of escaped farmed Atlantic salmon *Salmo salar* in nature.

- NINA Special Report 36. 110 pp. (Also available at <ftp://ftp.fao.org/FI/DOCUMENT/aquaculture/aj272e00.pdf>.)
- Tien, N.T.H., Tuan, P.A., Phoung, N.T.D. & Leschen, W. (2005). Feeding cities - Dong My, a peri-urban community in Ha Noi, Vietnam, involved in the cultivation of fish. *Aquaculture news*. Vol. 32, pp. 3-5.
- Torgerson, C. (2003) *Systematic reviews*. London, New York: Continuum
- Treece G.D. (2002). Shrimp farm effluents. In: Stickney R.R. and McVey J.P. (eds), *Responsible Marine Aquaculture*. CAB International, Wallingford, UK.
- Trenberth, K. E. (1999) Conceptual framework for changes of extremes of the hydrological cycle with climate change. *Climatic Change*, 42, 327–339.
- Turchini, G.M. & De Silva, S.S. (2008) Bio-economical and ethical impacts of alien finfish culture in European inland waters. *Aquaculture International*, available online DOI 10.1007/s10499-007-9141-y. 33 pp.
- Umesh, N.R. Chandra Mohan, A.B. Ravibabu, G. Padiyar, P.A. Philips, M.J. Mohan, C.V. & Vishnu Bhat, B. (in press-online version available). *Shrimp Farmers in India: Empowering Small-Scale Farmers through a Cluster-Based Approach in Success Stories in Asian Aquaculture*, De Silva, S.S. & Davy, B.F. (eds), Springer, London & New York. p. 41-66.
- United Nations: 1992, United Nations Framework Convention on Climate Change. Rio de Janeiro
- van Brakel, M.L., Muir, J.F. and Ross, L.G. (2003)a. Modelling for aquaculture related development, poverty and needs in the Mekong basin. *Proceedings of the 2nd Large Rivers Conference*. Phnom Penh. Cambodia.
- van Brakel, M., Morales, E.J., Danai Turongruang and Little. D.C. (2003)b. Livelihood improving functions of pond-based integrated Agriculture/Aquaculture systems. December 2003.
- Van Dam, A.A., Beveridge, M.C.M., Azim, M.C. & Verdegem, M.C.J. (2002) The potential of fish production based on periphyton. *Reviews in Fish Biology and Fisheries*, 12: 1–31.
- Vaughan, D.G. (2009) Increased rate of acceleration on Pine Island Glacier strongly coupled to changes in gravitational driving stress. *Cryosphere* 3, 125–131
- Verdegem, M.C.J., Bosma, R.H. & Verreth, J.A.V. (2006) Reducing water use for animal production through aquaculture. *Water Resources Development*, 22: 101–113.
- Vieli, A. Funk, M. & Blatter, H. (2001) Flow dynamics of tidewater glaciers: a numerical modelling approach. *J. Glaciol.* 47, 595–606
- Wagle, S.K., Gurung, T.B., Bista, J.D. & Rai, A.K. (2007). Cage fish culture and fisheries for food security and livelihoods in mid hill lakes of Pokhara Valley, Nepal: post community based management adoption. *Aquaculture Asia*, XII (3): 21–27.

- Wahab, M.A., Azim, M.E., Ali, M.H., Beveridge, M.C.M. & Kahn, S. (1999). The potential of periphyton based culture of the native major carp calbaush, *Labeo clabasu* (Hamilton). *Aquaculture Research*, 30: 409–419.
- Waples, R.S. (1991) Genetic interactions between hatchery and wild salmonids: lessons from the Pacific Northwest. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 48: 124–133.
- Welcomme R.L. (1985). River fisheries. FAO Fisheries Technical Paper 262:330p.
- Wood, C.M. & McDonald, D.G. (1997) Global warming: implications for freshwater and marine fish. Cambridge, UK. Cambridge University Press. 425 pp.
- Woodhouse, C., & Overpeck, J. (1998). 2000 years of drought variability in the central United States. *Bull. Amer. Meteor. Soc.*, 79, 2693–2714.
- Yap, W.G. (1999). Rural Aquaculture in the Philippines, Regional Office for Asia and the Pacific, FAO, Bangkok, Thailand.
http://www.fao.org/documents/show_cdr.asp?url_file=/DOCREP/003/X6943E/x6943e07.htm
- Ye, Zwiers, F.W. & Weaver, A.J. (2000). The causes of the twentieth century warming. *Science*, 290: 2081–2083.
- Ziervogel, G. & Calder, R. (2003). Climate variability and rural livelihoods: assessing the impact of seasonal climate forecasts in Lesotho. *Area*, 35, 403-417.
- Zimmer, D. & Renault, D. (2003) Virtual water in food production and global trade. Review of methodological issues and preliminary results. (available at www.NWW.hydroaid.it/FTP/Data_Research/D.%20Zimmer%20et%20alvirtual%20water.pdf).