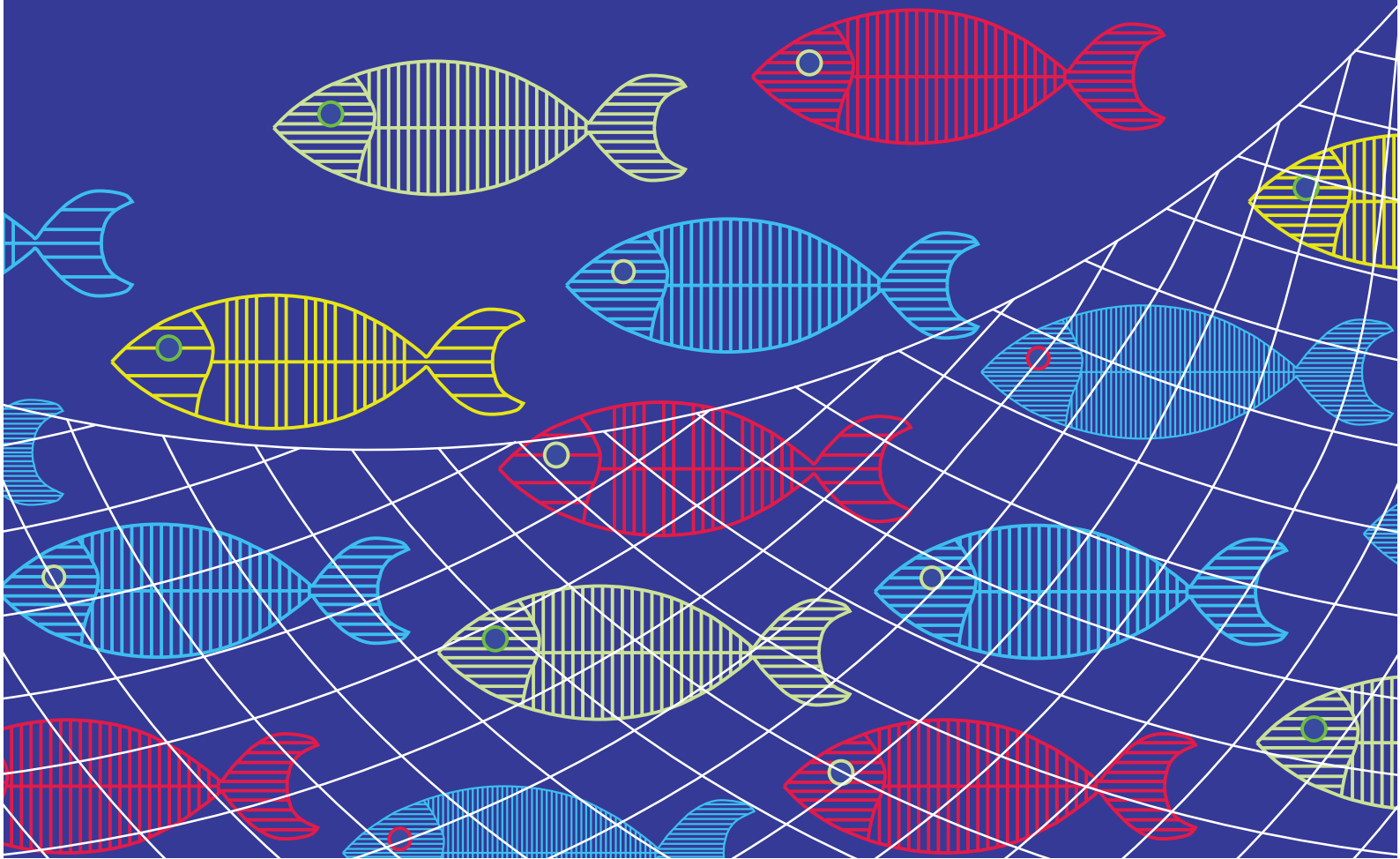


Κωνσταντίνος Ι. Στεργίου - Αθανάσιος Χ. Τσίκληρας

# Αλιευτική βιολογία και αλιεία



Ελληνικά Ακαδημαϊκά Ηλεκτρονικά  
Συγγράμματα και Βοηθήματα  
[www.kallipos.gr](http://www.kallipos.gr)

**HEALLINK**  
Σύνδεσμος Ελληνικών Ακαδημαϊκών Βιβλιοθηκών



Ευρωπαϊκή Ένωση  
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΕΠΙΧΕΙΡΗΣΙΑΚΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ  
ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ ΚΑΙ ΔΙΑ ΒΙΟΥ ΜΑΘΗΣΗ  
*επένδυση στην κοινωνία της γνώσης*  
ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ  
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ  
Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ  
2007-2013  
Πρόγραμμα για την ανάπτυξη  
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

## 3. Παραγωγικές διαδικασίες και αλιευτικοί πόροι

### Σύνοψη

Το κεφάλαιο αυτό περιλαμβάνει τις θαλάσσιες παραγωγικές διαδικασίες από την πρωτογενή και ετεροτροφική παραγωγή έως την αλιευτική παραγωγή. Η τελευταία συμπεριλαμβάνει, εκτός από τις συλλήψεις των εμπορικών ειδών, τα παρεμπιπτόντα αλιεύματα, τις τυχαίες συλλήψεις και τις απορρίψεις. Αναλύονται τα συστήματα καταγραφής αλιευτικής παραγωγής και αναφέρονται τα κυριότερα αλιευόμενα είδη ασπόνδυλων και σπονδυλωτών.

### Εισαγωγή

Η ηλιακή ακτινοβολία είναι η κυριότερη εξωτερική πηγή ενέργειας στα θαλάσσια οικοσυστήματα και αξιοποιείται από το φυτοπλαγκτό που βρίσκεται στη βάση του θαλάσσιου τροφικού πλέγματος (Lindeman 1942). Η πρωτογενής παραγωγή στη συνέχεια μεταφέρεται στα ανώτερα τροφικά επίπεδα μέσω της θήρευσης και χάνεται εξαιτίας του μεταβολισμού. Η αλιευτική παραγωγή κάθε οικοσυστήματος καθορίζεται από τη μετατροπή οργανικού υλικού σε κάθε τροφικό επίπεδο (Chassot et al. 2010).

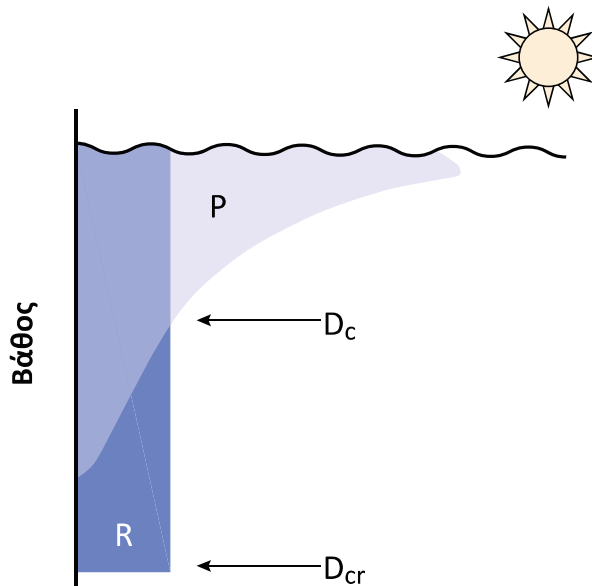
### 3.1. Πρωτογενής παραγωγή

**Πρωτογενής παραγωγή** (primary production) είναι η φωτοσυνθετική δέσμευση του άνθρακα (C) από οργανισμούς που περιέχουν χλωροφύλλη. Μετριέται σε βάρος άνθρακα που δεσμεύεται ανά μονάδα επιφάνειας ανά μονάδα χρόνου (π.χ.  $125 \text{ g C m}^{-2} \text{ yr}^{-1}$ ). Η μικτή (ή συνολική) πρωτογενής παραγωγή αποτελεί τη συνολική δέσμευση άνθρακα, ενώ η καθαρή (net) πρωτογενής παραγωγή είναι αυτό που απομένει μετά τις απώλειες της αναπνοής (Mann & Lazier 1996). Αν και υπάρχει αβεβαιότητα σε σχέση με την πρωτογενή παραγωγή στο θαλάσσιο περιβάλλον και τον υπολογισμό της (Mann & Lazier 1996), η συνολική πρωτογενής παραγωγή από τους θαλάσσιους οργανισμούς υπολογίζεται σε 30 με 60 δισεκατομμύρια τόνους ανά έτος, δηλαδή περίπου το 40% της παγκόσμιας πρωτογενούς παραγωγής σε ξηρά και θάλασσα (Longhurst et al. 1995).

Οι φωτοσυνθετικοί οργανισμοί (φυτοπλαγκτό και φύκη) βρίσκονται σε περιοχές με άφθονο φως, το οποίο παρέχει την απαραίτητη ενέργεια για τη φωτοσύνθεση. Έτσι, το μεγαλύτερο ποσοστό της θαλάσσιας πρωτογενούς παραγωγής προέρχεται από τα παράκτια οικοσυστήματα και από τα ωκεάνια νερά, τόσο τα επιφανειακά όσο και αυτά που βρίσκονται σε μεγαλύτερα βάθη, όπου επαρκεί ο φωτισμός και τα θρεπτικά συστατικά. Η υψηλότερη ποσότητα άνθρακα στα θαλάσσια συστήματα δεσμεύεται από το φυτοπλαγκτό στα ωκεάνια και παράκτια νερά (Pauly & Christensen 1995), που καλύπτουν το 70% των ωκεανών. Αν και τα μακροφύκη, η μαγκρόβια βλάστηση και οι ελώδεις εκτάσεις δεσμεύουν περισσότερο άνθρακα ανά μονάδα επιφάνειας, εντούτοις η συμμετοχή τους στην παγκόσμια πρωτογενή παραγωγή είναι πολύ μικρότερη από αυτή του φυτοπλαγκτού (Duarte & Cebrian 1996).

#### 3.1.1. Παραγωγή φυτοπλαγκτού και παράγοντες που την επηρεάζουν

Το φυτοπλαγκτό αποτελείται από αυτότροφους ευκαρυωτικούς και προκαρυωτικούς οργανισμούς. Οι αυτότροφοι οργανισμοί αποκτούν όλη την ενέργεια που χρειάζονται από ανόργανα υλικά. Πρόκειται για βακτήρια, μαστιγωτά και διάτομα διαμέτρου 20 μm μέχρι δινομαστιγωτά διαμέτρου 200 μm ή και περισσότερο. Οι οργανισμοί αυτοί για να αυξηθούν και να πολλαπλασιαστούν χρειάζονται φως, θρεπτικά συστατικά και διοξείδιο του άνθρακα ( $\text{CO}_2$ ). Το άζωτο (ως νιτρικά άλατα), ο φώσφορος (ως φωσφορικά άλατα) και ο σίδηρος αποτελούν σε μερικές περιπτώσεις περιοριστικούς παράγοντες για την αύξηση του φυτοπλαγκτού (Martin 1992). Η ένταση του φωτός μειώνεται με το βάθος και έτσι η φωτοσύνθεση περιορίζεται στα 200 m στα καθαρά ωκεάνια νερά και στα 40 m στην παράκτια ζώνη και τις περιοχές ανάβλυσης (Lalli & Parsons 2004). Αντίθετα με τη φωτοσύνθεση, η αναπνοή των οργανισμών δεν επηρεάζεται από το βάθος. Έτσι, όσο το βάθος μεγαλώνει, ολοένα και μεγαλύτερο ποσοστό της δέσμευσης του άνθρακα χρησιμοποιείται στην αναπνοή (Lalli & Parsons 2004).



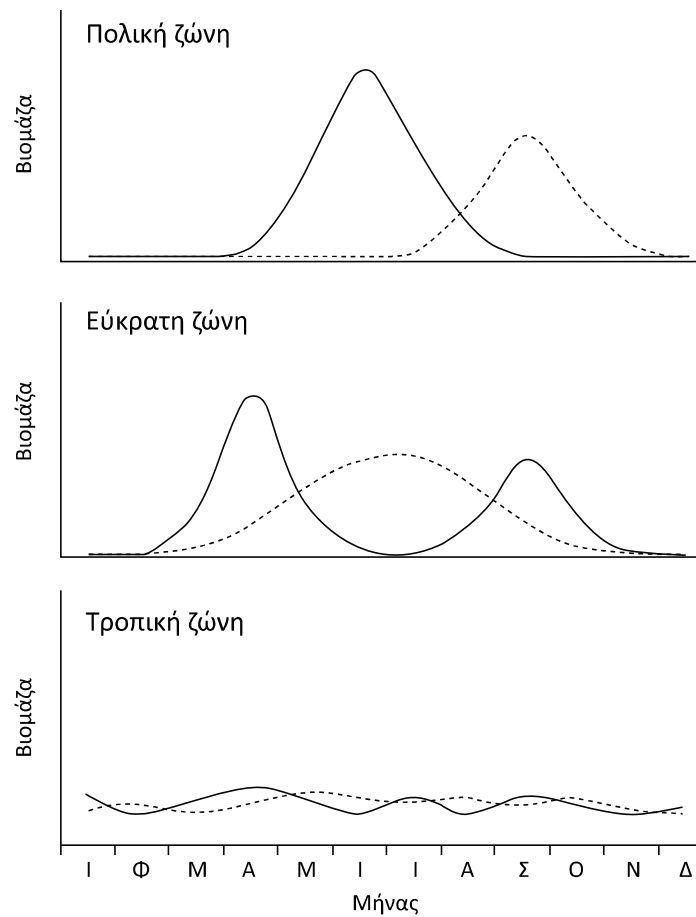
**Εικόνα 3.1.** Σχέση της φωτοσύνθεσης ( $P$ ) και της αναπνοής ( $R$ ) του φυτοπλαγκτού με το βάθος. Διακρίνονται το αντισταθμισμένο ( $D_c$ ) και το κρίσιμο ( $D_{cr}$ ) βάθος.

Το βάθος στο οποίο η δέσμευση από τη φωτοσύνθεση ισούται με την απώλεια λόγω αναπνοής (Εικόνα 3.1) ονομάζεται **αντισταθμισμένο βάθος** (compensation depth,  $D_c$ ) και ποικίλλει από 1-2 m στα θολά παράκτια νερά έως 100 m στα καθαρά ωκεάνια νερά. Η ένταση του φωτός στο αντισταθμισμένο βάθος είναι περίπου 1% (Lalli & Parsons 2004).

Όταν το φυτοπλαγκτό βρεθεί κάτω από το αντισταθμισμένο βάθος, τότε απελευθερώνει αντί να δεσμεύει άνθρακα εξαιτίας της αναπνοής (Sverdrup 1953). Η σχέση του  $D_c$  με το βάθος της επιφανειακής μικτής ζώνης καθορίζει το ρυθμό της πρωτογενούς παραγωγής. Η μεταφορά του φυτοπλαγκτού κάτω από το  $D_c$  μπορεί να συμβεί όταν η ένταση του ανέμου είναι υψηλή και συνεπώς η στήλη του νερού είναι ομοιογενής δηλαδή η επιφανειακή μικτή ζώνη είναι βαθιά. Αντίθετα, όταν το νερό ζεσταθεί από την ηλιακή ακτινοβολία και η ένταση των ανέμων μειωθεί, κάτι που συνήθως συμβαίνει στην αρχή της άνοιξης στις εύκρατες περιοχές, η υδάτινη στήλη αρχίζει να στρωματοποιείται. Σιγά-σιγά σχηματίζεται μια φυσική διαχωριστική γραμμή μεταξύ του θερμότερου επιφανειακού και χαμηλής πυκνότητας στρώματος και του ψυχρότερου πυκνότερου στρώματος που ονομάζεται θερμοκλινές. Η ανώτερη υδάτινη μάζα αναμιγνύεται από τον άνεμο και το βάθος της καθορίζει την πρωτογενή παραγωγή (Sverdrup 1953).

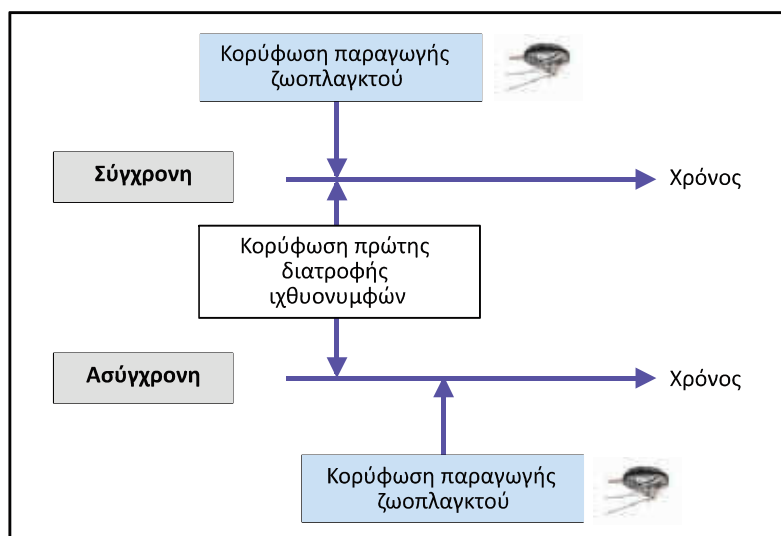
Η στρωματοποίηση της υδάτινης στήλης εμποδίζει τη μεταφορά του φυτοπλαγκτού από την επιφάνεια προς το βάθος και τη μεταφορά θρεπτικών συστατικών από το βάθος προς την επιφάνεια με αποτέλεσμα την εξάντλησή τους στην επιφανειακή μικτή ζώνη. Τα θρεπτικά συστατικά μεταφέρονται από τα επιφανειακά στα βαθύτερα στρώματα, είτε με το φυτοπλαγκτό που όταν πεθάνει βυθίζεται, είτε μέσω του ζωπλαγκτού που τρέφεται στην επιφανειακή ζώνη αλλά μεταναστεύει κάθετα στην υδάτινη στήλη για να προστατευτεί από τους θηρευτές (Vinogradov 1997). Εκεί μπορεί να απεκκρίνει τα προϊόντα του μεταβολισμού ή να φαγωθεί και τα θρεπτικά συστατικά που περιέχει να χαθούν. Η διαδικασία της μεταφοράς θρεπτικών από το ζωπλαγκτό είναι γνωστή ως βιολογική αντλία (Longhurst & Harrison 1989).

Σε πολλές περιοχές των τροπικών θαλασσών η στρωματοποίηση της υδάτινης στήλης είναι μόνιμη με ελάχιστες εποχικές διακυμάνσεις με αποτέλεσμα η παραγωγή θρεπτικών συστατικών να είναι περιορισμένη (Knauss 1997). Έτσι, η πρωτογενής παραγωγή παρουσιάζει μικρή εποχικότητα (Εικόνα 3.2). Στις εύκρατες περιοχές η υδάτινη στήλη στρωματοποιείται μόνο το καλοκαίρι, όταν οι άνεμοι είναι ασθενείς και η ηλιακή ακτινοβολία υψηλή. Η έναρξη της στρωματοποίησης την άνοιξη «παγιδεύει» τα θρεπτικά συστατικά πάνω από το θερμοκλινές. Η άφθονη τροφή προκαλεί την άνθηση του φυτοπλαγκτού που ακολουθείται από αύξηση της βιομάζας του ζωπλαγκτού για τον ίδιο λόγο (Εικόνα 3.2). Η άνθηση σταματάει με την εξάντληση των θρεπτικών συστατικών και με τη θήρευση του ζωπλαγκτού από πλαγκτοφάγα ψάρια, όπως η φρίσσα *Sardinella aurita* και ο γαύρος *Engraulis encrasicolus* (Tsikliras et al. 2005). Σε ορισμένες εύκρατες περιοχές μάλιστα υπάρχει και δεύτερη άνθηση φυτοπλαγκτού που ξεκινά με τη μείωση της βιομάζας του ζωπλαγκτού προς το τέλος του καλοκαιριού (Εικόνα 3.2). Τέλος, στις πολικές περιοχές η στρωματοποίηση της υδάτινης στήλης είναι χρονικά περιορισμένη στους καλοκαιρινούς μήνες και ακολουθείται από σύντομη άνθηση φυτοπλαγκτού και ζωπλαγκτού (Εικόνα 3.2).

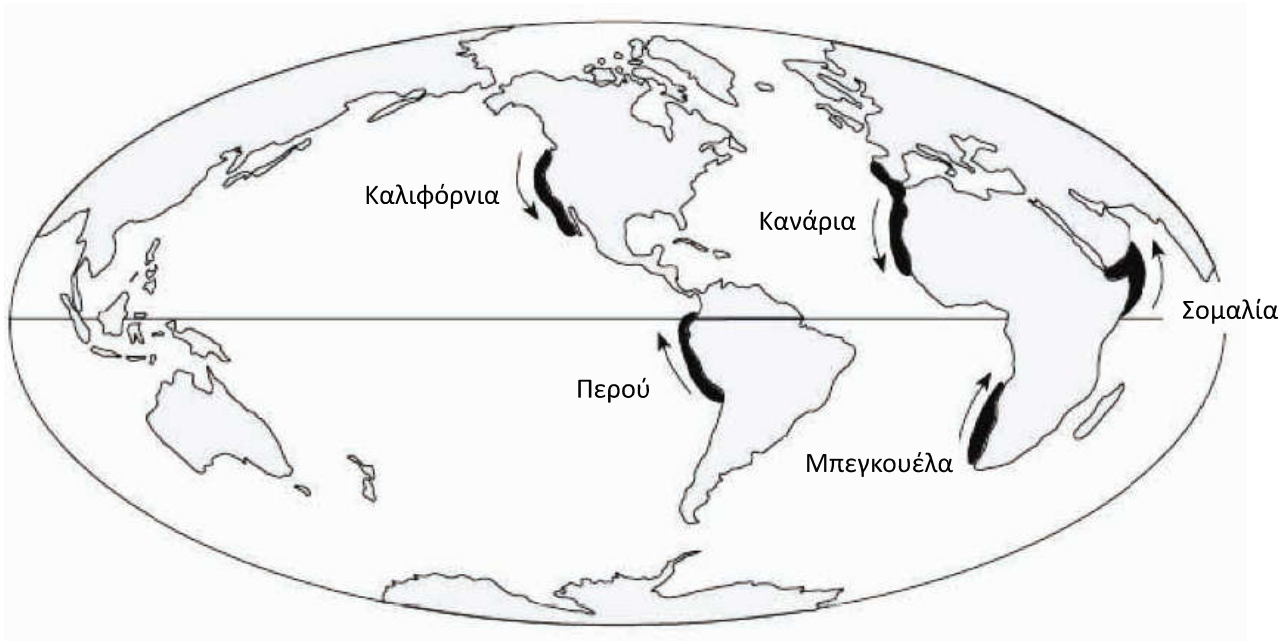


**Εικόνα 3.2.** Μηνιαία διακύμανση βιομάζας φυτοπλαγκτού (—) και ζωοπλαγκτού (----) σε πολικό, εύκρατο και τροπικό περιβάλλον. Οι καμπύλες δεν είναι στην ίδια κλίμακα.

Η αναπαραγωγή πολλών ειδών ψαριών είναι συγχρονισμένη με τους κύκλους πρωτογενούς παραγωγής καθώς οι προνύμφες και τα νεαρά άτομα βασίζονται στο φυτοπλαγκτό και κυρίως στο ζωοπλαγκτό για να τραφούν (Cushing 1996). Στις εύκρατες περιοχές η αναπαραγωγή και η ανάπτυξη των ιχθυονυμφών πολλών ψαριών συμπίπτει με την άνθηση του φυτοπλαγκτού την άνοιξη και η κορύφωση της πρώτης διατροφής τους με την κορύφωση της παραγωγής ζωοπλαγκτού (Εικόνα 3.3). Ο Cushing (1981) ονόμασε το φαινόμενο αυτό **σύγχρονη-ασύγχρονη υπόθεση** (match-mismatch hypothesis). Ο συγχρονισμός της αναπαραγωγής με συνθήκες που θα ευνοήσουν την επιβίωση των απογόνων είναι πολύ σημαντικός και για τη μετέπειτα βιομάζα κάθε γενεάς και κατά συνέπεια την αλιευτική παραγωγή κάθε έτους (Κεφάλαιο 9).



**Εικόνα 3.3.** Σχηματική απεικόνιση της σύγχρονης-ασύγχρονης υπόθεσης που διατυπώθηκε για να περιγράψει τη σύμπτωση της πρώτης διατροφής των ιχθυονυμφών με την κορύφωση της ζωοπλαγκτικής παραγωγής.



**Εικόνα 3.4.** Τα επιφανειακά ρεύματα που προκαλούν τα πέντε σημαντικότερα συστήματα ανάβλυσης στους ωκεανούς και οι περιοχές που επηρεάζονται (σκίαση).

Η πρωτογενής παραγωγή που προέρχεται από το φυτοπλαγκτό εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το συνδυασμό φυσικών (ωκεάνια κυκλοφορία, ανάβλυση υδάτινων μαζών) και βιολογικών διεργασιών μικρής και μεγάλης κλίμακας (Mann & Lazier 1996). Τα συστήματα **ανάβλυσης υδάτων** (upwelling) είναι ρεύματα ψυχρού νερού με ανοδική πορεία από τις βαθύτερες υδάτινες μάζες προς την επιφάνεια. Η συνεχής μεταφορά πλούσιων σε θρεπτικά συστατικά υδάτινων μαζών προς τα επιφανειακά στρώματα ενισχύει την παραγωγή φυτοπλαγκτού και ζωοπλαγκτού και συνεπώς την αλιευτική παραγωγή (Cushing 1971).

Περίπου το 25% της παγκόσμιας θαλάσσιας αλιευτικής παραγωγής προέρχεται από τα πέντε μεγάλης κλίμακας συστήματα ανάβλυσης (Εικόνα 3.4) που αποτελούν μόνο το 5% της ωκεάνιας έκτασης. Τα τέσσερα από τα συστήματα αυτά βρίσκονται στις ανατολικές πλευρές του Ατλαντικού (Μπεγκουέλα, Κανάρια Νησιά) και του Ειρηνικού (Καλιφόρνια, Περού) και προκαλούνται από την κίνηση του ανέμου παράλληλα προς την ακτή, που, μαζί με τη δύναμη Coriolis, δημιουργεί μετακίνηση των επιφανειακών υδάτων από την ακτή προς τον ωκεανό και αναπλήρωσή τους από αναβλύζουσες υδάτινες μάζες (Mann & Lazier 1996). Τα ρεύματα που προκύπτουν από την επίδραση του ανέμου και της δύναμης Coriolis είναι αριστερόστροφα στο νότιο ημισφαίριο και δεξιόστροφα στο βόρειο. Το πέμπτο σύστημα ανάβλυσης βρίσκεται στην ανατολική ακτή της Αφρικής (Σομαλία) και προκαλείται από διαφορετικά φαινόμενα (μουσώνες). Η ένταση της ανάβλυσης εξαρτάται κυρίως από την ένταση του ανέμου, με αποτέλεσμα την ισχυρή εποχική διακύμανση σε κάποια συστήματα, αλλά μπορεί να επηρεαστεί και από την κλιματική αλλαγή (Bakun 1990). Στο σύστημα των Καναρίων Νησιών η ανάβλυση κυμαίνεται εποχικά και διαφέρει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος, καθορίζοντας έτσι την αναπαραγωγική δραστηριότητα πολλών πελαγικών ψαριών, αλλά και τις εποχικές τους μεταναστεύσεις (Binet et al. 2001).

Το σύστημα ανάβλυσης του Περού (γνωστό και ως Humboldt) υποστηρίζει τεράστια αλιευτική παραγωγή, με το γαύρο του Περού *Engraulis ringens* να είναι το είδος με τις υψηλότερες συλλήψεις παγκοσμίως που υπερβαίνουν τα 8 εκατομμύρια τόνους (Alheit & Niquen 2004). Το σύστημα αυτό επηρεάζεται σε μεγάλο βαθμό από τις κλιματικές αλλαγές και κυρίως από το φαινόμενο El Niño, που ευθύνεται για τη μείωση της έντασης των ανέμων και την παύση της ανάβλυσης, με ανυπολόγιστες συνέπειες στην αλιευτική παραγωγή. Η πτώση της παραγωγής του γαύρου του Περού ποικίλλει ανάλογα με την ένταση του El Niño και επηρεάζει έμμεσα και τα θαλασσοπούλια που ζουν στην περιοχή και τρέφονται με γαύρο (Mann & Lazier 1996).

Η υψηλή πρωτογενής παραγωγή μπορεί να σχετίζεται και με τα **ωκεάνια μέτωπα** (fronts), που είναι οι περιοχές συνάντησης δύο ή περισσότερων υδάτινων μαζών με διαφορετικά χαρακτηριστικά. Τα μέτωπα, που μπορεί να είναι μόνιμα ή περιστασιακά, εξαιτίας της υψηλής παραγωγικότητας αποτελούν περιοχές με ευνοϊκές συνθήκες και έτσι προσελκύουν ψάρια που πρόκειται να αναπαραχθούν (Le Fevre 1986), αλλά και θαλασσοπούλια (Durazo et al. 1998).



### 3.1.2. Κατανομή και προορισμός πρωτογενούς παραγωγής

Οι μετρήσεις των συγκεντρώσεων της χλωροφύλλης χρησιμοποιούνται ως δείκτες της βιομάζας του φυτοπλαγκτού, καθώς η μέτρηση των κυττάρων σε μεγάλη κλίμακα θα ήταν αδύνατη (Falkowski & Raven 1997). Παρομοίως, η πρωτογενής παραγωγή μετριέται ως ο ρυθμός κατανάλωσης CO<sub>2</sub> από οργανισμούς που μεγαλώνουν σε φυσικές συνθήκες. Με βάση τις μετρήσεις αυτές η πρωτογενής παραγωγή κυμαίνεται από 100 g C m<sup>-2</sup> γ<sup>-1</sup> στον ανοιχτό ωκεανό έως 973 g C m<sup>-2</sup> γ<sup>-1</sup> στις περιοχές ανάβλυσης και στην παράκτια ζώνη (Pauly & Christensen 1995).

Περίπου το 10% της θαλάσσιας πρωτογενούς παραγωγής προέρχεται από μη-φυτοπλαγκτικούς οργανισμούς, όπως τα μακροφύκη με παραγωγές που ποικίλλουν ανά οργανισμό και περιοχή (Duarte & Cebrian 1996). Οι τιμές της πρωτογενούς παραγωγής από μη-φυτοπλαγκτικούς οργανισμούς είναι πολύ υψηλότερες από αυτές του φυτοπλαγκτού ανά μονάδα επιφάνειας και χρόνου. Ένα μακροφύκος μπορεί να παράγει μέχρι και 1000 g C m<sup>-2</sup> γ<sup>-1</sup>, ενώ τα μανγκρόβια φυτά μέχρι και 5000 g C m<sup>-2</sup> γ<sup>-1</sup>. Όμως, το ποσοστό της συνολικής θαλάσσιας μάζας που καταλαμβάνουν αυτοί οι τύποι βλάστησης είναι τόσο μικρό, που η συνολική τους συνεισφορά δεν ξεπερνάει το 10% (Duarte & Cebrian 1996).

Η πρωτογενής παραγωγή που παραμένει στα όρια ενός οικοσυστήματος μπορεί να καταναλωθεί από φυτοφάγους οργανισμούς, να αποσυντεθεί ή να αποθηκευτεί. Οι φυτοφάγοι οργανισμοί είναι ετερότροφοι (λαμβάνουν την απαραίτητη ενέργεια από εξωτερικές πηγές οργανικών ενώσεων) που καταναλώνουν ζωντανούς φυτικούς οργανισμούς. Η αποσύνθεση αναφέρεται στη χρήση διαλυμένου οργανικού άνθρακα (DOC) ή στοιχειώδους οργανικού άνθρακα (POC) από τους καταναλωτές, ενώ η αποθήκευση αναφέρεται στις ποσότητες άνθρακα που δεν αποσυντίθενται, αλλά συσσωρεύονται στο ίζημα.

### 3.1.3. Πρωτογενής παραγωγή που απαιτείται για να συντηρήσει την αλιεία

Η αλιευτική παραγωγή είναι υψηλότερη στην παράκτια ζώνη, στις περιοχές ανάβλυσης και στους κοραλλιογενείς υφάλους, αντικατοπτρίζοντας την υψηλή πρωτογενή παραγωγή στις περιοχές αυτές. Οι εκτιμήσεις της πρωτογενούς παραγωγής θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τον υπολογισμό της αλιευτικής απόδοσης του οικοσυστήματος. Η εκτίμηση της πρωτογενούς παραγωγής που απαιτείται για να συντηρήσει την αλιευτική δραστηριότητα και απόδοση για κάθε οικοσύστημα μπορεί να χρησιμοποιηθεί και για να επιβληθούν όρια στην αλιευτική παραγωγή. Για να γίνει αυτός ο υπολογισμός, πρέπει να είναι γνωστή η αποδοτικότητα μεταφοράς ενέργειας μεταξύ της λείας και του θηρευτή. Πράγματι, η πρωτογενής παραγωγή χρησιμοποιήθηκε στο παρελθόν για να εκτιμηθεί η μέγιστη βιομάζα ψαριών που μπορεί να αφαιρεθεί από τη θάλασσα.

Το 1969 έγινε η πρώτη προσπάθεια εκτίμησης από τον Ryther (1969), που χώρισε τις θάλασσες σε ανοιχτή θάλασσα, παράκτια ζώνη και περιοχές ανάβλυσης και προέβλεψε την παγκόσμια αλιευτική παραγωγή με βάση την πρωτογενή παραγωγή. Η πρόβλεψή του ήταν ότι οι παγκόσμιες συλλήψεις ψαριών δεν θα ξεπερνούσαν τους 100 εκατομμύρια τόνους ετησίως, ποσότητα όμως που έχει ήδη ξεπεραστεί κατά πολύ (Pauly 1996). Για την πρόβλεψη αυτή χρησιμοποιήθηκε η εκτίμηση ότι η πρωτογενής παραγωγή είναι 20×10<sup>9</sup> t C γ<sup>-1</sup> δηλαδή λιγότερη από τη μισή σημερινή εκτίμηση. Άρα, η ετήσια αλιευτική παραγωγή θα μπορούσε θεωρητικά να ξεπεράσει τους 200 εκατομμύρια τόνους. Ακολούθησαν πολλές προβλέψεις, οι περισσότερες από τις οποίες προβλέπουν αλιευτική παραγωγή μεταξύ 100 και 200 εκατομμυρίων τόνων (Pauly 1996).

Με τη χρήση των κλασματικών τροφικών επιπέδων (Κεφάλαιο 10) ανά ομάδα ειδών που εκφορτώνονται και απόδοση μεταφοράς ενέργειας 10%, οι Pauly & Christensen (1995) υπολόγισαν το ποσοστό της πρωτογενούς παραγωγής που απαιτείται για να συντηρηθεί η υπάρχουσα παγκόσμια αλιευτική παραγωγή (PPR). Σύμφωνα με τους συγγραφείς περισσότερο από το 20% της πρωτογενούς παραγωγής απαιτείται για την υποστήριξη της αλιείας σε έντονα εκμεταλλεόμενα παράκτια οικοσυστήματα. Η εξίσωση υπολογισμού είναι (Pauly & Christensen 1995):

$$PPR = \sum_{i=1}^n \frac{C_i}{CR} \times \left(\frac{1}{TE}\right)^{(TL-1)}$$

3.1

όπου C<sub>i</sub> είναι η παραγωγή του είδους i, CR ο ρυθμός μετατροπής του υγρού βάρους σε άνθρακα, TE η απόδοση ενέργειας μεταξύ τροφικών επιπέδων TL το τροφικό επίπεδο του είδους i και n ο αριθμός των ειδών σε μια περιοχή. Συνήθως CR=9:1 και TE=10% (Pauly & Christensen 1995).

Σύμφωνα με τον Tudela (2000) η πρωτογενής παραγωγή που απαιτείται για να συντηρηθεί η αλιευτική παραγωγή είναι:

$$PPR = \left(\frac{C}{9}\right) \times 10^{(TL-1)}$$

3.2

όπου C είναι η αλιευτική παραγωγή και TL το μέσο τροφικό επίπεδο των ειδών σε μια περιοχή.

Η εκτίμηση του Tudela (2000) ήταν ότι απαιτείται το 40% της πρωτογενούς παραγωγής για να συντηρηθεί η αλιεία (συμπεριλαμβανομένων των απορριπτόμενων και των λάθους καταγραφών) στις ισπανικές ακτές (Tudela et al. 2004). Η αύξηση της πρωτογενούς παραγωγής στη ΒΔ και βόρεια Μεσόγειο ως αποτέλεσμα του ευτροφισμού μπορεί να έχει ευεργετικά αποτελέσματα για τα τροφικά πλέγματα και να ενισχύσει σημαντικά την αλιευτική παραγωγή και συνεπώς την οικονομία της δυτικής λεκάνης της Μεσογείου (Caddy 1997, 2000).

### 3.2. Ετεροτροφική παραγωγή

Ένα ποσοστό του άνθρακα που έχει δεσμευτεί από τους αυτότροφους οργανισμούς καταναλώνεται από τους ετερότροφους οργανισμούς οι οποίοι με την σειρά τους καταναλώνονται από άλλους, με αποτέλεσμα τη δημιουργία του τροφικού πλέγματος που βασίζεται στην κατανάλωση ενός οργανισμού από έναν άλλο.

Οι ετερότροφοι οργανισμοί δεν ανταποκρίνονται άμεσα στην αύξηση του φυτοπλαγκτού αν και καταναλώνουν περισσότερο από το 60% (περίπου  $26 \times 10^{15} \text{ g C } \gamma^{-1}$ ) του ωκεάνιου και παράκτιου φυτοπλαγκτού (Duarte & Cebrian 1996). Η διάρκεια και η ένταση της δευτερογενούς (ετεροτροφικής) παραγωγής ποικίλλει ανάλογα με το γεωγραφικό πλάτος και την περιοχή (Εικόνα 3.2). Ο υπολογισμός της συνολικής δευτερογενούς παραγωγής είναι σχετικά δύσκολος, γιατί οι μεγαλόσωμοι ετερότροφοι οργανισμοί συνήθως μελετώνται σε επίπεδο είδους (Miller & Wheeler 2012). Επιπλέον, η δευτερογενής παραγωγή δεν εξαρτάται μόνο από ποσότητα του φυτοπλαγκτού που υπάρχει στην θάλασσα μία δεδομένη στιγμή, αλλά και από τον ρυθμό ανανέωσής του, δεδομένης της μικρής διάρκειας ζωής των κυττάρων του φυτοπλαγκτού και του υψηλού ρυθμού αναπαραγωγής του. Αυτό αποτελεί μια βασική διαφορά των θαλασσίων οικοσυστημάτων από τα χερσαία τα οποία βασίζονται στην φυτική παραγωγή πολυκύτταρων οργανισμών.

Η κύρια ομάδα μικροζωοπλαγκτού είναι τα βλεφαριδοφόρα (φύλο *Ciliata*) που καταναλώνουν μικρόβια και το μικρότερο σε μέγεθος φυτοπλαγκτό. Στα παράκτια οικοσυστήματα της εύκρατης ζώνης τα βλεφαριδοφόρα καταναλώνουν 40-60% της πρωτογενούς παραγωγής το καλοκαίρι, όταν κυριαρχεί το νανοπλαγκτό, και το 10-60% σε ετήσια βάση (Pierce & Turner 1992). Στο Kattegat (βόρεια Ευρώπη) η ετήσια παραγωγή βλεφαριδοφόρων ήταν  $57 \text{ g C m}^{-2} \gamma^{-1}$  (Nielsen & Kiorboe 1994).

Η παραγωγή του μεγαλύτερου σε μέγεθος ζωοπλαγκτού, όπως τα κωπήποδα (υποκλάση *Copepoda*), είναι πολύ μικρότερη ( $12 \text{ g C m}^{-2} \gamma^{-1}$  στο Kattegat), αλλά μπορεί να φτάσει τα  $150 \text{ g C m}^{-2} \gamma^{-1}$  σε περιοχές ανάβλυσης υδάτων (Hutchings et al. 1995). Τέλος, η παραγωγή της μεγαλόσωμης ζωοπλαγκτικής ομάδας κριλ (ευφασεώδη της τάξης *Euphausiacea*) που καταναλώνει φυτοπλαγκτικούς και μικρόσωμους ζωοπλαγκτικούς οργανισμούς κυμαίνεται από 30 ως  $97 \times 10^6 \text{ t } \gamma^{-1}$  (Trathan et al. 1995), αλλά από έτος σε έτος παρουσιάζει έντονες διακυμάνσεις που επηρεάζουν και τη βιομάζα των θηρευτών του.

### 3.3. Αλιευτική παραγωγή

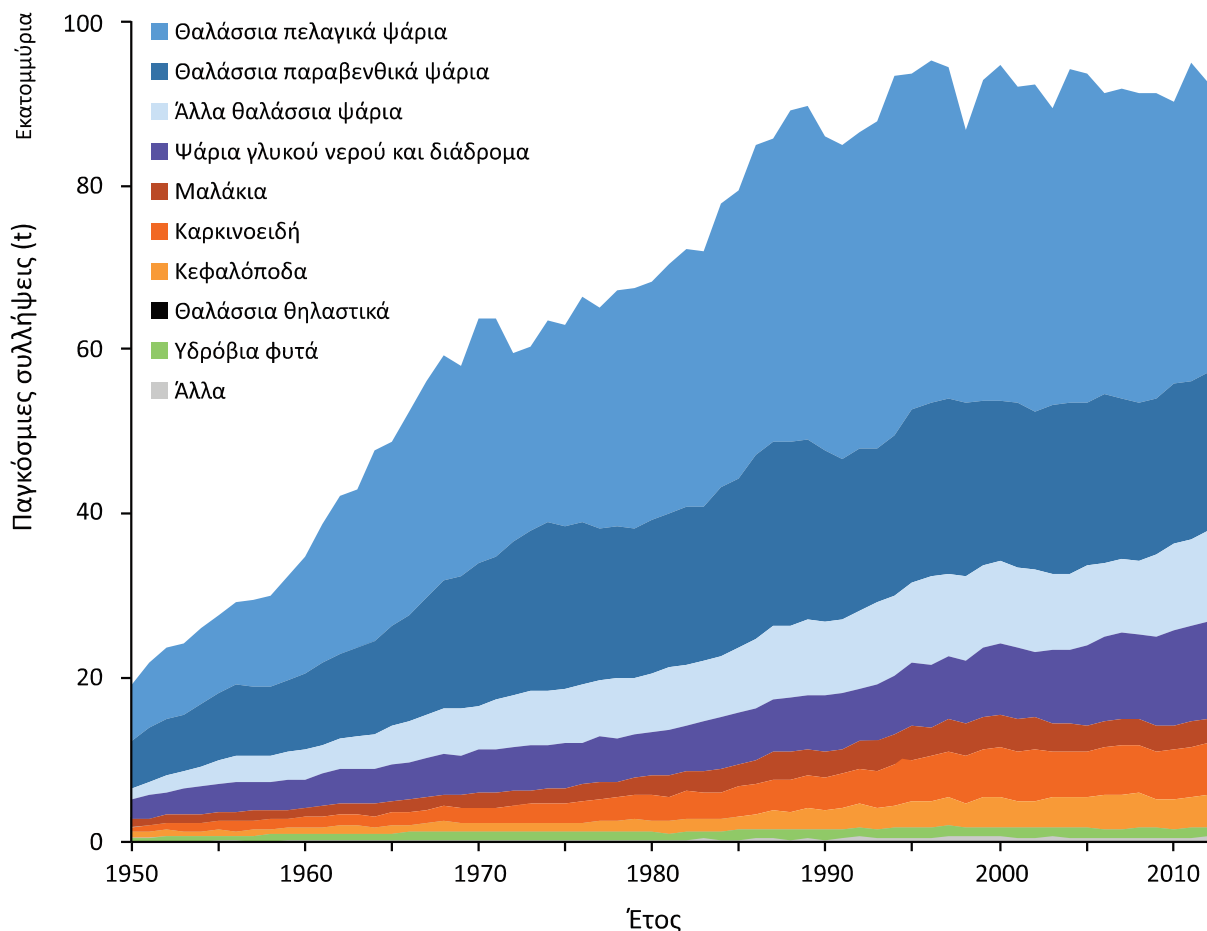
Οι **συνολικές συλλήψεις** ή **εξαλιεύσεις** (=η βιομάζα σπονδυλωτών και ασπόνδυλων, αλλά και φυτών, που αφαιρείται από το οικοσύστημα, total catch ή catches) των αλιευτικών σκαφών αποτελούνται από τις **εκφορτώσεις** (=το ποσοστό της συνολικής βιομάζας που φτάνει στο λιμάνι και καταγράφεται, landings) και τις **απορρίψεις** (=το ποσοστό του αλιεύματος που αφού έρθει επί του αλιευτικού σκάφους απορρίπτεται πίσω στη θάλασσα, είτε γιατί δεν έχει εμπορική αξία, είτε γιατί είναι υπομεγέθους, discards). Τα απορριπτόμενα αλιεύματα, που μαζί με τα **παράνομα** (illegal), τα **ανεξέλεγκτα** (unregulated) και τα **μη-καταγεγραμμένα** αλιεύματα (unreported) μπορεί να ισούνται με το μισό της βιομάζας που εκφορτώνεται, αποτελούν ένα από τα μεγαλύτερα προβλήματα της αλιευτικής επιστήμης (Pitcher et al. 2002). Οι όροι αυτοί αναλύονται στο επόμενο κεφάλαιο.

Η παγκόσμια αλιευτική παραγωγή καταγράφεται από το 1950 από τον διεθνή οργανισμό FAO (*Food and Agriculture Organization*) που υπάγεται στα Ηνωμένα Έθνη. Ο FAO δημοσιεύει ετήσια στατιστικά δελτία αλιείας (Yearbook of Fishery Statistics) που περιέχουν πληροφορίες για τις ετήσιες εκφορτώσεις των ψαριών, των καρκινοειδών, των μαλακίων και άλλων υδρόβιων οργανισμών (φυτικών και ζωικών). Τα πρωτογενή δεδομένα προέρχονται από τις χώρες/μέλη και αναφέρονται σε εμπορική, βιομηχανοποιημένη και μικρής κλίμακας παράκτια αλιευτική δραστηριότητα (αλλά όχι σε ερασιτεχνική ή αθλητική αλιεία) που πραγματο-

ποιούνται σε εσωτερικά (λίμνες και ποτάμια) και παράκτια νερά, αλλά και στην ανοιχτή θάλασσα και τους ωκεανούς. Εξαιρείται η παραγωγή οποιασδήποτε μορφής εκτροφής ή καλλιέργειας, οι οποίες καταγράφονται σε ξεχωριστά δελτία.

Παρά την πληθώρα των πληροφοριών που καταγράφονται τα δεδομένα αυτά έχουν κάποια μειονεκτήματα, καθώς βασίζονται στις παραγωγές που δίνουν οι χώρες/μέλη χωρίς να ελέγχεται συστηματικά η αξιοπιστία τους. Έτσι, η Κίνα για πολλά χρόνια εμφάνιζε ψευδή αύξηση της εγχώριας αλιευτικής παραγωγής της καλύπτοντας την παγκόσμια πώση των θαλάσσιων αποθεμάτων (Watson & Pauly 2001). Όμως, το μεγαλύτερο πρόβλημα των δεδομένων του FAO είναι ότι δεν περιλαμβάνει παράνομα και μη καταγεγραμμένα αλιεύματα που μπορεί να φτάσουν το 50% των συνολικών συλλήψεων (Pitcher et al. 2002), ούτε απορριπτόμενα αλιεύματα που επίσης μπορεί να αποτελούν μέχρι το 40% των συνολικών συλλήψεων (Alverson et al. 1994, Zeller & Pauly 2005).

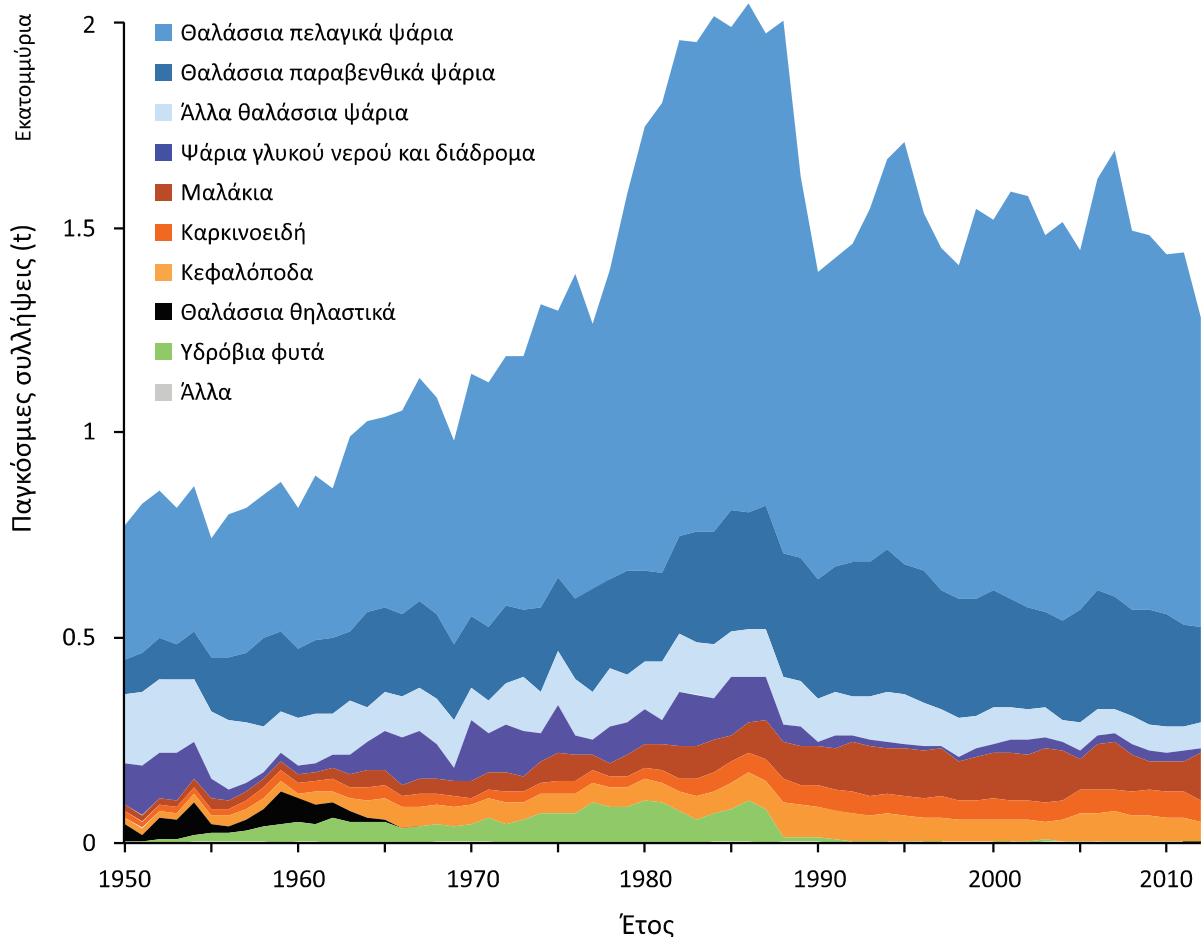
Τα δεδομένα που καταγράφονται από τον οργανισμό *FAO* είναι ελεύθερα διαθέσιμα στην ιστοσελίδα του οργανισμού, αλλά και μέσω της *FishBase* (Froese & Pauly 2015) όπου διατίθεται δωρεάν το στατιστικό πρόγραμμα *Fishstat J* που περιέχει τις παραγωγές για όλα τα αλιεύσιμα είδη (ή ομάδα ειδών) ανά περιοχή, χώρα και οικοσύστημα από το 1950 μέχρι σήμερα. Με βάση τα στοιχεία του *FAO* για το διάστημα 1950-2010 η παγκόσμια θαλάσσια αλιευτική παραγωγή κυμάνθηκε από 17 (1950) έως 87 (2000) εκατομμύρια τόνους με τάσεις σταθεροποίησης στους 80-85 εκατομμύρια τόνους περίπου (Εικόνα 3.5). Το είδος με τις υψηλότερες συλλήψεις παγκοσμίως είναι ο γαύρος του Περού (anchovetta) *Engraulis ringens*. Όπως είναι αναμενόμενο, λόγω της μεγάλης πληθυσμιακής τους πυκνότητας και των μαζικών συλλήψεών τους, τα μικρά πελαγικά ψάρια κυριαρχούν στις συλλήψεις και ακολουθούνται από τα παραβενθικά είδη ψαριών.



**Εικόνα 3.5.** Παγκόσμιες συλλήψεις αλιευόμενων οργανισμών για την περίοδο 1950-2012 (δεδομένα από FAO 2014).

Στη Μεσόγειο Θάλασσα, τα μικρά πελαγικά ψάρια, όπως ο γαύρος *Engraulis encrasicolus*, η σαρδέλα *Sardina pilchardus* και η φρίσσα *Sardinella aurita* κυριαρχούν στις συλλήψεις, αν και οι αθροιστικές τους ποσότητες εμφανίζουν τάση μείωσης από το 1980 και μετά (Εικόνα 3.6). Ακολουθούν τα μικρά παραβενθικά είδη, όπως η γόπα *Boops boops*, τα μεσαία πελαγικά, όπως τα σαυρίδια *Trachurus trachurus* και *Trachurus mediterraneus*, και τα μεσαία παραβενθικά, όπως ο μπακαλιάρος *Merluccius merluccius*, με παρόμοια πτωτική τάση στις συλλήψεις (Εικόνα 3.6).

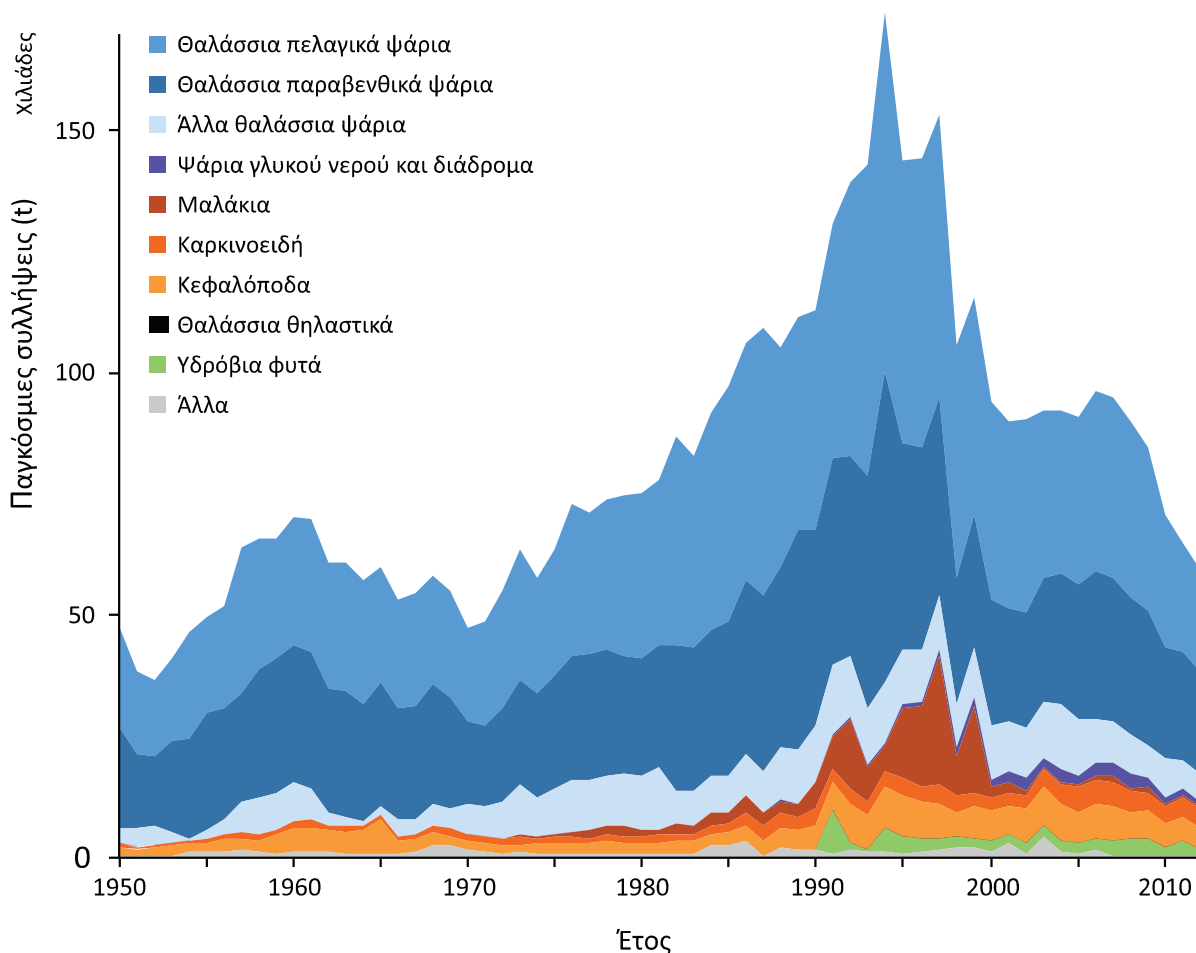




**Εικόνα 3.6.** Εκφορτώσεις θαλάσσιας αλιείας ανά λειτουργική ομάδα στη Μεσόγειο και Μαύρη Θάλασσα (περιοχή FAO 37) για την περίοδο 1950-2012 (δεδομένα από FAO 2014).

Υπάρχουν χώρες που καταγράφουν μέρος της αλιευτικής τους παραγωγής από το 1600 (Ιταλία: Ravier & Fromentin 2001, Δανία: Roulsen et al. 2007), ενώ σε άλλες -τις περισσότερες- τα επίσημα στοιχεία σε μορφή που δεν παρουσιάζει ασυνέχειες ξεκινούν μετά το 1950. Στην Ελλάδα η παραγωγή που προέρχεται από τη θαλάσσια αλιεία των μηχανοκίνητων σκαφών με υποδύναμη μηχανής μεγαλύτερη από 19 HP καταγράφεται από την Ελληνική Στατιστική Αρχή (ΕΛΣΤΑΤ) από το 1964 (Stergiou et al. 1997a, Tsikliras et al. 2007α).

Εκτός από τις εκφορτώσεις 66 ειδών (ή ομάδων ειδών) ψαριών, καρκινοειδών, δίθυρων και κεφαλόποδων που καταγράφονται ανά μήνα, ανά αλιευτική περιοχή και ανά αλιευτικό εργαλείο, η ΕΛΣΤΑΤ καταγράφει τον αριθμό σκαφών ανά αλιευτικό εργαλείο, τη χωρητικότητα και την υποδύναμη του αλιευτικού στόλου, καθώς και τον αριθμό των αλιέων και την τιμή πώλησης των αλιευμάτων. Τα δεδομένα της ΕΛΣΤΑΤ είναι πολύτιμο εργαλείο στα χέρια των επιστημόνων αλλά έχουν μειονεκτήματα που είναι παρόμοια με αυτά των στοιχείων του FAO, τα οποία περιγράφονται παρακάτω. Επιπλέον, η ΕΛΣΤΑΤ δεν καταγράφει την παραγωγή της μικρής παράκτιας αλιείας που κυμαίνεται από 10-60% (μέση τιμή 35%) των συνολικών συλλήψεων (Tsikliras et al. 2007α), ούτε και αυτήν της ερασιτεχνικής αλιείας, που μπορεί να φτάσει τους 16 χιλιάδες τόνους ετησίως (Moutouroulos et al. 2013). Στις ελληνικές θάλασσες (Stergiou et al. 2004) οι συνολικές συλλήψεις αυξήθηκαν από 49.544 t το 1964 σε 162.018 t το 1994 και στη συνέχεια μειώθηκαν σε λιγότερο από 85.000 t το 2002 (Εικόνα 3.7). Οι εκφορτώσεις των ψαριών που αποτελούν το κυριότερο μέρος των συνολικών εκφορτώσεων αυξήθηκαν θεαματικά από 47.000 t το 1964 σε 150.000 t το 1994 και μετά μειώθηκαν απότομα σε 75.000 t το 2002 (Εικόνα 3.7). Οι εκφορτώσεις των καρκινοειδών (Εικόνα 3.7) κυμάνθηκαν στους 1100 t περίπου για το διάστημα 1964-1985 και αυξήθηκαν στους 3500 t κατά την υπόλοιπη περίοδο. Τέλος, οι εκφορτώσεις των κεφαλόποδων (Εικόνα 3.7) κυμάνθηκαν στους 2000 t περίπου για την περίοδο 1964-1985, αυξήθηκαν σημαντικά περίπου στους 8000 t μέχρι το 1995 και από τότε μειώνονται.

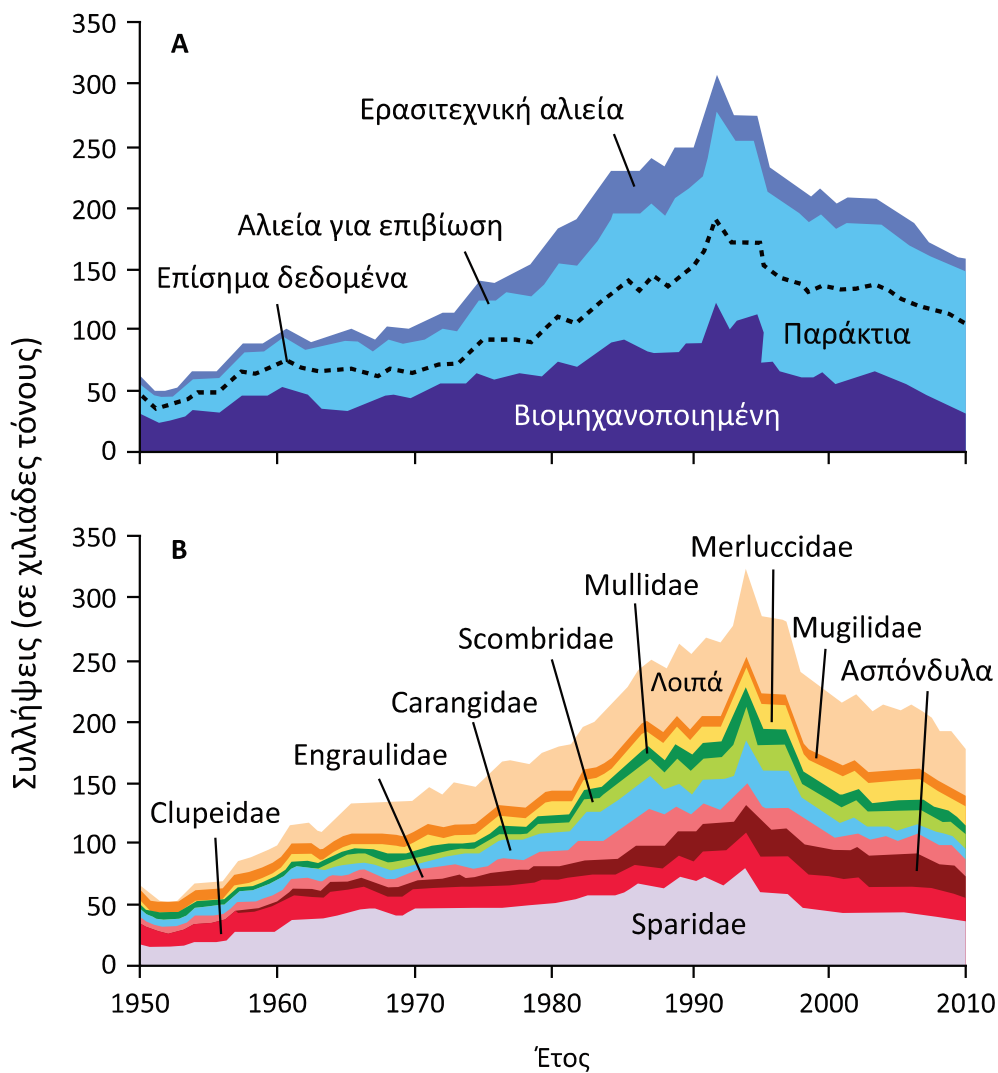


**Εικόνα 3.7.** Εκφορτώσεις θαλάσσιας αλιείας ανά λειτουργική ομάδα στις ελληνικές θάλασσες για την περίοδο 1950-2012 (δεδομένα από FAO 2014).

### Τι δεδομένα;

Τον Φεβρουάριο του 2013 το περιοδικό Nature φιλοξένησε (και στο εξώφυλλο) μια από τις μεγαλύτερες επιστημονικές διαφωνίες στην αλιευτική επιστήμη σχετικά με την προέλευση των δεδομένων που χρησιμοποιούνται για τον υπολογισμό διάφορων αλιευτικών δεικτών (Pauly et al. 2013). Η μια πλευρά, που εκφράζεται από τον *Daniel Pauly* (University of British Columbia), υποστηρίζει ότι οι εκφορτώσεις (ή οι συλλήψεις) επαρκούν για να γίνει αντιληπτή η αλιευτική κατάσταση των αποθεμάτων, ενώ η αντίθετη πλευρά, που εκφράζεται από τον *Ray Hilborn* (University of Washington) θεωρεί ότι θα πρέπει να χρησιμοποιούνται μόνο τα δεδομένα από τακτικές εκτιμήσεις αποθεμάτων και από επιστημονικές δειγματοληψίες. Σε περιοχές όπου δεν υπάρχουν εκτενείς χρονοσειρές δεδομένων από τακτικές εκτιμήσεις αποθεμάτων, όπως στις περισσότερες χώρες της Μεσογείου, η χρήση των δεδομένων εκφορτώσεων είναι μονόδρομος.

Πρόσφατα επιχειρήθηκε ανασύσταση της ελληνικής επαγγελματικής αλιευτικής παραγωγής από το 1928 μέχρι το 2010 (Moutouroulos & Stergiou 2012), στην οποία συμπεριλήφθηκε η ερασιτεχνική αλιεία και τα απορριπτόμενα αλιεύματα (Moutouroulos et al. 2013). Η τελική ανασυσταθείσα αλιευτική παραγωγή (Εικόνα 3.8) είναι περίπου 1,5 φορές υψηλότερη της επίσημης παραγωγής που δηλώνεται στον *FAO* (Moutouroulos et al. 2014α). Παρ' όλ' αυτά, η αξιοπιστία των δεδομένων καταγραφής πρέπει να βελτιωθεί και αυτό μπορεί να γίνει μέσω του Εθνικού Προγράμματος Συλλογής Αλιευτικών Δεδομένων, που είναι σε εφαρμογή του Ευρωπαϊκού Κανονισμού 199/2008, με βάση τον οποίο τα αλιευτικά στοιχεία συλλέγονται αναλυτικά με βάση ένα κοινά συμφωνηθέν πρωτόκολλο. Το πρόγραμμα αυτό πρακτικά έχει διακοπεί στην Ελλάδα από το 2008. Τα δεδομένα αυτά μπορούν να αξιοποιηθούν παράλληλα και για την τακτική εκτίμηση των αποθεμάτων των ελληνικών θαλασσών.



**Εικόνα 3.8.** Ανασύσταση των συλλήψεων της ελληνικής θαλάσσιας αλιευτικής παραγωγής (A) ανά κατηγορία και (B) ανά ταξινομική ομάδα για την περίοδο 1950-2010 (από Μουτορούλος et al. 2014α).

### 3.3.1. Πλεονεκτήματα συστημάτων καταγραφής

Το μεγαλύτερο πλεονέκτημα είναι ότι τα δεδομένα αλιευτικής παραγωγής είναι διαθέσιμα δωρεάν στο διαδίκτυο. Η εξοικονόμηση χρόνου και χρήματος είναι τεράστια, αν αναλογιστεί κανείς τον φόρτο εργασίας που θα απαιτείτο για να συλλεχθούν αυτά τα δεδομένα με ερευνητικές δειγματοληψίες. Το δεύτερο πλεονέκτημα είναι ότι καλύπτουν μεγάλο χρονικό διάστημα (στην Ελλάδα περισσότερο από 50 χρόνια). Η χρονική και χωρική ανάλυση είναι πολύ υψηλή, ώστε να καλύπτονται όλες οι ελληνικές θάλασσες σε μηνιαία βάση. Επίσης, η συνέχεια και συνέπεια συλλογής των δεδομένων και ο σχετικός βαθμός υποκειμενικότητας στη συλλογή (επόμενο κεφάλαιο) προσφέρουν αξιοπιστία στα δεδομένα, ενώ, τέλος, ο δειγματοληπτικός σχεδιασμός έχει γίνει με την κατάλληλη στατιστική επεξεργασία (Stergiou et al. 1997a, Tsikliras et al. 2007a).

### 3.3.2. Μειονεκτήματα συστημάτων καταγραφής

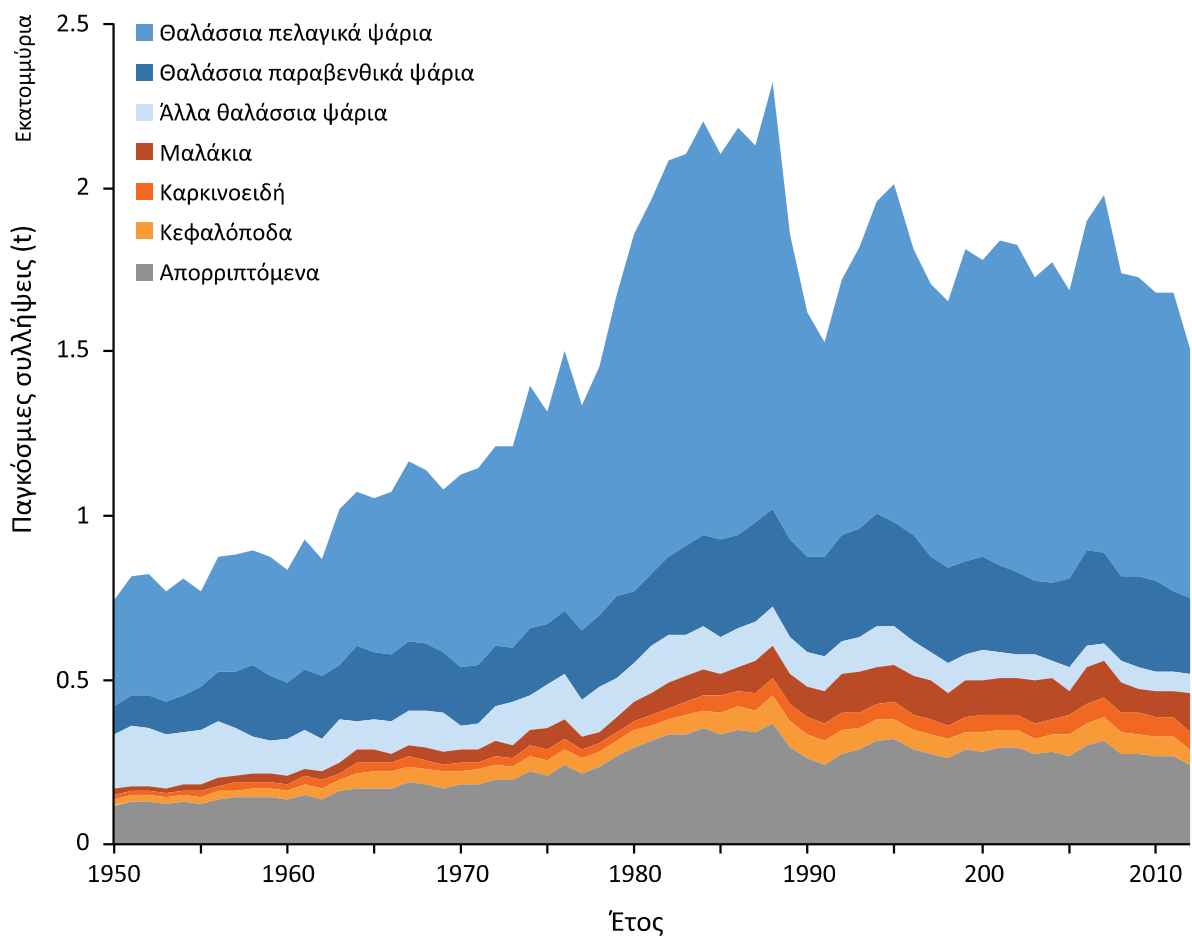
Η καταγραφή από την *ΕΛΣΤΑΤ* είναι υποκειμενική, καθώς δεν βασίζεται σε πραγματικά δεδομένα συλλήψεων ή εκφορτώσεων, αλλά σε στοιχεία συλλήψεων που δηλώνονται από τους ψαράδες, τα οποία όμως δεν διασταυρώνονται. Μπορεί, λοιπόν, να δηλώνονται ψευδή ή παραποιημένα δεδομένα, ειδικά σε σχέση με το εισόδημα (Paraconstantinou 2002, Kavadas et al. 2007).

Το προσωπικό που επεξεργάζεται τα δεδομένα δεν είναι επαρκώς εκπαιδευμένο ούτε ενημερωμένο, απουσιάζουν οι παρατηρήσεις στο πεδίο καθώς και η τυποποίηση της συλλογής. Δεν υπάρχει έλεγχος στη μεταφορά των δεδομένων ή στην επεξεργασία τους. Οι τελικοί πίνακες που δημοσιεύονται είναι ελλιπείς σε

σχέση με τη διαθέσιμη πληροφορία, ενώ περιέχουν και πάρα πολλά λάθη στα κοινά ελληνικά, αλλά κυρίως στα κοινά αγγλικά ονόματα των ειδών (Tsikliras et al. 2007α). Το αποτέλεσμα είναι να μεταφέρονται αυτά τα λάθη από την *ΕΛΣΤΑΤ* στον *FAO* και να φαίνεται τελικά ότι, για παράδειγμα, στις ελληνικές θάλασσες αλιεύονται τεράστιες ποσότητες ειδών του γλυκού νερού.

Το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι ότι δεν καταγράφεται η αλιευτική προσπάθεια για κάθε εργαλείο ως ημέρες αλιείας κάθε μήνα και ανά περιοχή. Η παραγωγή από μόνη της δεν επαρκεί, γιατί μπορεί να παραμένει σταθερή ακόμη και αν η αλιευτική προσπάθεια έχει διπλασιαστεί. Αυτό στην πραγματικότητα σημαίνει ότι η παραγωγή ανά μονάδα προσπάθειας έχει υποδιπλασιαστεί, δείχνοντας ότι τα αποθέματα μειώνονται. Με αυτόν τον τρόπο η αλιευτική προσπάθεια δίνει πληροφορίες για την πίεση που ασκείται στα αποθέματα.

Τέλος, ένα επίσης σημαντικό μειονέκτημα των συστημάτων καταγραφής, που είναι μεγαλύτερο στις ελληνικές θάλασσες, είναι η απουσία καταγραφής της παραγωγής μεγάλου τμήματος της παράκτιας αλιείας, καθώς και των απορρίψεων από κάθε κατηγορία αλιείας (Εικόνα 3.9). Πρόσφατα έχει υπολογιστεί ότι η παραγωγή των παράκτιων σκαφών που δεν καταγράφεται φτάνει σε ορισμένες περιπτώσεις το 65% της συνολικής ελληνικής αλιευτικής παραγωγής (Tsikliras et al. 2007α). Φυσικά δεν καταγράφονται οι συλλήψεις της ερασιτεχνικής, ψυχαγωγικής και αθλητικής αλιείας.

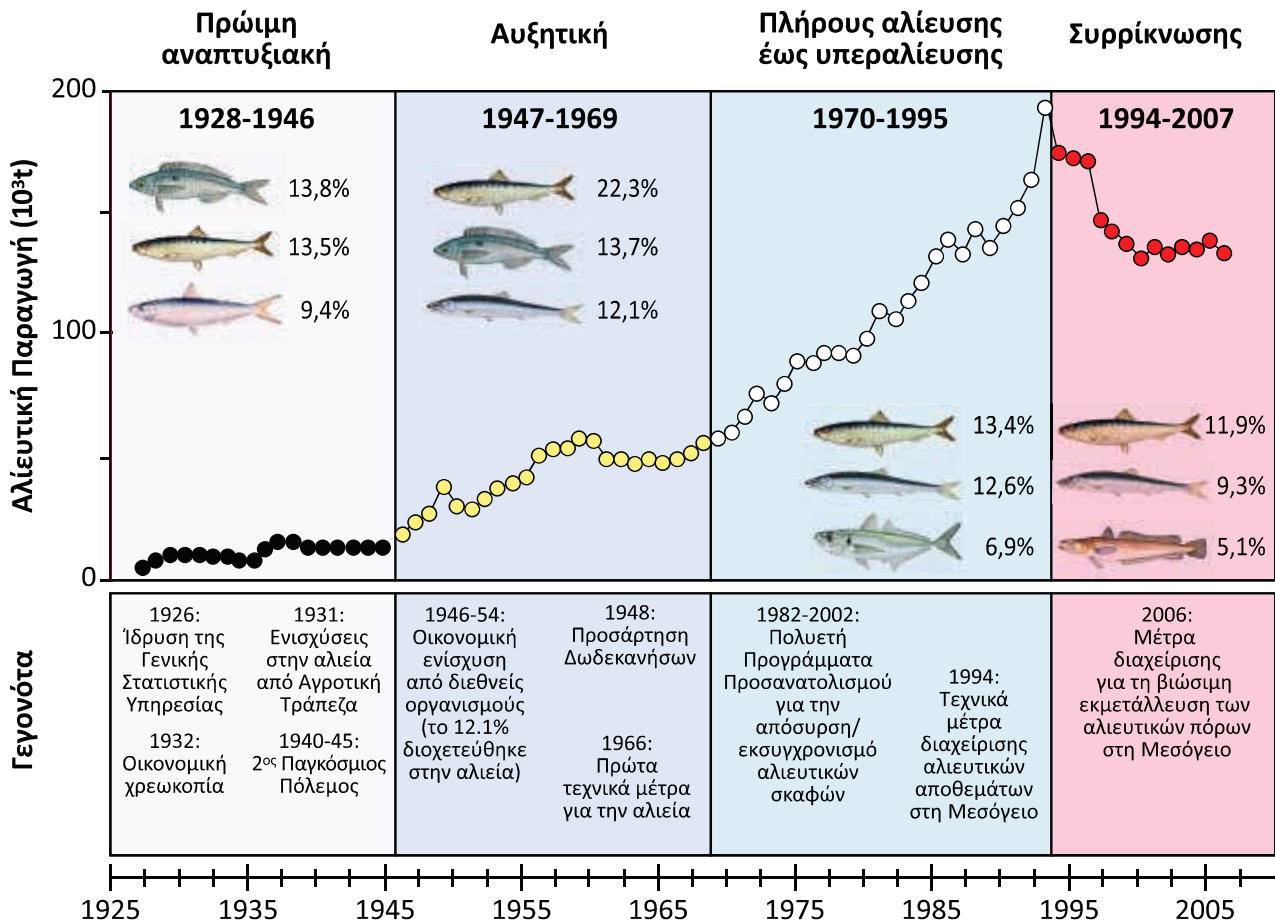


**Εικόνα 3.9.** Εκφορτώσεις θαλάσσιας αλιείας ανά λειτουργική ομάδα στη Μεσόγειο και τη Μαύρη Θάλασσα (FAO 37) για την περίοδο 1950-2012 συμπεριλαμβανομένων των απορριπτόμενων [δεδομένα συλλήψεων από FAO (2014) και απορριπτόμενων με βάση την εκτίμηση των Tsagarakis et al. (2014)].

### 3.3.3. Φάσεις ανάπτυξης της ελληνικής αλιείας

Ιστορικά διακρίνονται τέσσερις φάσεις εξέλιξης της ελληνικής αλιείας (Moutopoulos & Stergiou 2011, 2012). Η πρώτη φάση (1928-1946) ακολουθείται από την αυξητική φάση που διαρκεί μέχρι το τέλος της δεκαετίας 1960 (1947-1969), ενώ η φάση πλήρους αλίευσης έως υπεραλίευσης, η οποία είναι η εκτενέστερη και τελειώνει με την κορύφωση της αλιευτικής παραγωγής (1970-1994). Ακολουθεί η φάση της συρρίκνωσης από το 1995 μέχρι σήμερα, η οποία χαρακτηρίζεται από σταθεροποίηση κατά την τελευταία δεκαετία (Εικόνα 3.10).

## Φάσεις ανάπτυξης της ελληνικής αλιείας, 1928-2007



**Εικόνα 3.10.** Συνολική ετήσια διορθωμένη παραγωγή (σε χιλιάδες τόνους) στις ελληνικές θάλασσες και τα σημαντικότερα γεγονότα της περιόδου 1928-2007. Η αλιευτική παραγωγή δεν περιλαμβάνει την παραγωγή των παράνομων και μη καταγεγραμμένων αλιευμάτων και τα απορριπτόμενα αλιεύματα. Οι φάσεις υποδεικνύουν τις περιόδους ανάπτυξης της ελληνικής αλιείας. Τα ποσοστά υποδεικνύουν τη συμμετοχή των πιο άφθονων ειδών σε κάθε φάση (από Στεργίου et al. 2013, τροποποιημένη από Μουτορούλος & Στεργίου 2012).

Οι φάσεις αυτές ακολουθούν χρονολογικά διάφορες κοινωνικο-οικονομικές και πολιτικές αλλαγές που διαδραματίστηκαν στην Ελλάδα τις αντίστοιχες περιόδους (Μουτορούλος & Στεργίου 2011, 2012). Οι πιο σημαντικές αλλαγές από αυτές που καθόρισαν την ανάπτυξη και τον εκσυγχρονισμό της ελληνικής αλιείας ήταν η οικονομική ενίσχυση από διεθνείς οργανισμούς για την ανασυγκρότηση του αλιευτικού τομέα, η οργάνωση του αλιευτικού τομέα σε υποτομείς και η είσοδος της Ελλάδας στην Ευρωπαϊκή Ένωση που συνοδεύτηκε από επιδοτήσεις (Ραραconstantinou 2002).

Ο εκσυγχρονισμός του αλιευτικού στόλου κατά τις δεκαετίες 1980 και 1990, που στηρίχθηκε σε μεγάλο βαθμό στις επιδοτήσεις της Ε.Ε., περιελάμβανε την αντικατάσταση των παλαιών σκαφών και μηχανών με μεγαλύτερα σκάφη και ισχυρότερες μηχανές και τον εξοπλισμό των σκαφών με πιο αποδοτικά αλιευτικά εργαλεία, σύγχρονα ηλεκτρονικά μέσα πλοήγησης και εντοπισμού των αποθεμάτων (π.χ. βυθόμετρα, GPS) και μέσα συντήρησης του αλιεύματος (π.χ. ψυγεία, παγομηχανές). Ο εκσυγχρονισμός αυτός έδωσε στον στόλο τη δυνατότητα να επεκταθεί σε νέα αλιευτικά πεδία, δηλαδή σε μεγάλα βάθη, όπου γενικά κυριαρχούν είδη υψηλού τροφικού επιπέδου (Lamprakis et al. 2008) και σε πιο απομακρυσμένες από την ακτή περιοχές, να δραστηριοποιείται ολόκληρο το 24ωρο και να αυξήσει σημαντικά την αλιευτική του ικανότητα.

Η ανάπτυξη αυτή, όμως, της αλιευτικής δραστηριότητας, ικανότητας και προσπάθειας, καθώς και η επιχειρησιακή εξάπλωση του αλιευτικού στόλου τόσο γεωγραφικά, όσο και σε μεγάλα βάθη είχε σημαντικές αρνητικές επιπτώσεις στα ελληνικά θαλάσσια οικοσυστήματα, που περιγράφονται αναλυτικά στα επόμενα κεφάλαια.



### 3.4. Κυριότερα αλιευόμενα είδη

Οι ζωικοί οργανισμοί αποτελούν τη συντριπτική πλειονότητα των συλλήψεων που μπορεί να περιλαμβάνει, σύμφωνα με τις επίσημες καταγραφές του FAO, και υδρόβια φυτά. Το 2012 η συνολική παγκόσμια αλιευτική παραγωγή ζωικών οργανισμών ανήλθε σε 91,5 εκατομμύρια τόνους περίπου (FAO 2014).

#### 3.4.1. Ασπόνδυλα

Τα ασπόνδυλα συνεισφέρουν λιγότερο από τα σπονδυλωτά στην παγκόσμια αλιευτική παραγωγή, αλλά συχνά έχουν μεγάλη εμπορική αξία και υποστηρίζουν σημαντικά αλιευτικά πεδία. Τα μαλάκια αποτελούν περίπου το 7,5% των συνολικών εκφορτώσεων (FAO 2014), ενώ τα καρκινοειδή περίπου το 6,8%.

#### Εχινόδερμα

Το φύλο Εχινόδερμα (*Echinodermata*) περιλαμβάνει τους αχινούς και τα ολοθούρια, που γενικά δεν αλιεύονται σε μεγάλο βαθμό παγκοσμίως (109.000 t εκφορτώθηκαν το 2012, από τους οποίους ο Χιλιανός αχινός *Loxechinus albus* αποτελεί περίπου το 30%), αν και σε κάποιες περιοχές έχουν πολύ υψηλή εμπορική αξία. Μερικά είδη αχινών μπορούν να ζήσουν πολλά χρόνια, όπως για παράδειγμα ο βόρειος αχινός *Strongylocentrotus droebachiensis*, που μπορεί να ξεπεράσει τα 50 έτη ζωής (Russel et al. 1998). Οι αχινοί αλιεύονται για τις γονάδες τους που είναι εδώδιμες, ενώ από τα ολοθούρια παράγεται ξηρό έδεσμα υψηλής αξίας. Αν και οι παγκόσμιες εκφορτώσεις των αχινών είναι σχετικά περιορισμένες, οι οικολογικές επιπτώσεις της αλιείας τους μπορεί να είναι δραματικές σε οικοσυστήματα όπου οι αχινοί είναι **θεμελιώδη είδη** (keystone species). Στις ελληνικές θάλασσες η επαγγελματική αλιεία των ειδών αυτών δεν καταγράφεται, ούτε φυσικά η ερασιτεχνική.

#### Καρκινοειδή

Το υποφύλο Καρκινοειδή (*Crustacea*) περιλαμβάνει περίπου 35.000 είδη που διαβιούν σε περιβάλλοντα που κυμαίνονται από την παλιρροϊκή ζώνη μέχρι τα πολύ βαθιά νερά. Πολλά από αυτά αποτελούν το ζωοπλαγκτό και περνούν ολόκληρο τον κύκλο ζωής τους στην πελαγική φάση. Τα περισσότερα είδη ζωοπλαγκτού δεν αλιεύονται, με εξαίρεση το ανταρκτικό κριλ *Euphausia superba* που είναι πολύ άφθονο στα νερά του νότιου Ατλαντικού. Από τα καρκινοειδή, τα είδη που αλιεύονται περισσότερο (σε βάθη μικρότερα των 200 m) είναι τα δεκάποδα που έχουν και την υψηλότερη εμπορική αξία. Τα εμπορικά δεκάποδα κατατάσσονται σε τρεις ομάδες: τις γαρίδες (οικογένειες *Penaeidae*, *Pandalidae*, *Crangonidae*), τα καβούρια (υποτάξεις *Brachyura*, *Anomura*) και τους αστακούς (οικογένειες *Nephropidae*, *Paniluridae*). Η διάρκεια ζωής τους κυμαίνεται από 1 έτος για τις τροπικές καραβίδες μέχρι 50 έτη για τους αστακούς, όπως ο ευρωπαϊκός αστακός (ή αστακοκαραβίδα) *Homarus gammarus* (Palomares & Pauly 2015).

Τα είδη που κυριαρχούν στις παγκόσμιες εκφορτώσεις (περίπου 6 εκατομμύρια τόνοι) είναι οι γαρίδες *Natantia* με 10%, η γαρίδα *Acetes japonicus* με 6.5%, ο ιαπωνικός κάβουρας *Portunus trituberculatus* με 5%, τα *Brachyura* με 4% και η καραβίδα *Pandalus borealis* με εκφορτώσεις 3.5%. Στις ελληνικές θάλασσες οι εκφορτώσεις των καρκινοειδών κυμάνθηκαν από 500 t το 1950 μέχρι 4.326 t το 2012. Το είδος με τις υψηλότερες εκφορτώσεις το 2012 ήταν η γαρίδα *Melicertus kerathurus* με 2100 t.

#### Μαλάκια

Το φύλο Μαλάκια (*Mollusca*) περιλαμβάνει τα δίθυρα, τα κεφαλόποδα και τα γαστερόποδα. Η μεγαλύτερη κλάση είναι τα Γαστερόποδα (*Gastropoda*) που αποτελούν το 80% των μαλακίων, δηλαδή περίπου 40.000 είδη. Τα θαλάσσια γαστερόποδα εξαπλώνονται στην τροπική, εύκρατη και πολική ζώνη και τα περισσότερα καλύπτονται από κέλυφος. Αλιεύονται τόσο για τη σάρκα τους που είναι εδώδιμη σε μερικά είδη (το πράσινο σαλιγκάρι *Turbo marmoratus* και ο τροχός *Trochus niloticus*), όσο και για τα κελύφη τους που χρησιμοποιούνται ως διακοσμητικά και ως κοσμήματα. Στις ελληνικές θάλασσες δεν καταγράφεται επίσημα η αλιεία γαστεροπόδων.

Η κλάση Δίθυρα (*Bivalvia*) περιλαμβάνει περίπου 7.500 κυρίως θαλάσσια είδη, μεταξύ των οποίων βρίσκονται τα μύδια, τα στρείδια και οι αχιβάδες. Μερικά είδη δίθυρων ζουν μέχρι 100 έτη, όπως η γιγάντια αχιβάδα *Tridacna gigas*. Αλιεύονται σε πολλές παράκτιες περιοχές της εύκρατης ζώνης και πολλά από αυτά έχουν εμπορική αξία. Οι παγκόσμιες εκφορτώσεις τους ανέρχονται σε 1,6 εκατομμύρια τόνους περίπου (για

το 2012), με κυρίαρχο είδος το χτένι *Mizuhopecten yessoensis* (20%). Στις ελληνικές θάλασσες αλιεύεται κυρίως το μεσογειακό μύδι *Mytilus galloprovincialis* και το εδώδιμο στρείδι *Ostrea edulis*, αλλά οι ποσότητες που καταγράφονται για τα είδη αυτά δεν είναι αξιόπιστες, γιατί περιλαμβάνουν μεγάλες ποσότητες που προέρχονται από υδατοεκτροφές.

Η κλάση Κεφαλόποδα (*Cephalopoda*) αποτελείται από 650 είδη και περιλαμβάνει τις σουπιές, τα καλαμάρια, τα θράψαλα και τα χταπόδια. Οι περισσότερες σουπιές (*Sepiidae*) και καλαμάρια (*Loliginidae*) δεν ζουν περισσότερο από ένα έτος. Πολλά κεφαλόποδα έχουν υψηλή εμπορική αξία και αλιεύονται εντατικά, όπως το καλαμάρι *Loligo vulgaris*. Οι παγκόσμιες εκφορτώσεις των κεφαλόποδων ανέρχονται σε 4 εκατομμύρια τόνους περίπου (για το 2012), με κυρίαρχο είδος το τζαμποθράψαλο *Dosidicus gigas* (25%). Στις ελληνικές θάλασσες εκφορτώνονται περίπου 5.000 t κεφαλόποδων (για το 2012), από 10.000 t το 2003. Μεταξύ των κεφαλόποδων η σουπιά *Sepia officinalis* και το χταπόδι *Octopus vulgaris* έχουν τις υψηλότερες εκφορτώσεις στις ελληνικές θάλασσες, με 1.400 και 1.350 t περίπου, αντίστοιχα.

### 3.4.2. Σπονδυλωτά

Θα περίμενε κανείς ότι τα μόνα σπονδυλωτά που αποτελούν αντικείμενο αλιείας είναι τα ψάρια. Όμως, εκτός από τα ψάρια, στις βάσεις δεδομένων του FAO καταγράφονται οι συλλήψεις θαλάσσιων θηλαστικών, θαλάσσιων ερπετών, αλλά και αμφιβίων. Τα ερπετά (κυρίως ο κροκόδειλος *Crocodylus niloticus* στην Αφρική, ο αμερικάνικος αλιγάτορας *Alligator mississippiensis* στη βόρεια Αμερική, ο κροκόδειλος κάιμαν *Caiman crocodilus* στη νότια Αμερική και ο θαλάσσιος κροκόδειλος *Crocodylus porosus* στην Ωκεανία, αλλά και θαλάσσιες χελώνες) και τα αμφίβια (κυρίως βάτραχοι του γένους *Rana*), παρόλο που σε κάποιες περιοχές θεωρούνται σημαντικά «αλιεύματα», δεν θα αναλυθούν περαιτέρω στο συγκεκριμένο βιβλίο.

### Ψάρια

Σήμερα υπάρχουν περισσότερα από 33.000 είδη ψαριών, από τα οποία το ένα τρίτο αλιεύεται για διάφορους εμπορικούς σκοπούς (*FishBase*). Εντούτοις, πολλά είδη «πιάνονται» παρεμπιπτόντως στα αλιευτικά εργαλεία και ονομάζονται **παρεμπίπτοντα αλιεύματα ή παρααλιεύματα** (by-catch), ενώ υπάρχουν και είδη ψαριών που αλιεύονται για να προμηθεύσουν ενυδρεία ή το λαθρεμπόριο σπάνιων ειδών. Είκοσι από τα εμπορικά είδη αποτελούν το 40% των παγκόσμιων συλλήψεων σε ψάρια -μόνο ο γαύρος του Περού *Engraulis ringens* αποτελεί περίπου το 10-12% των συνολικών συλλήψεων. Τα είδη των τάξεων *Clupeiformes* (σαρδέλες, γαύροι, ρέγκες, φρίσσες) και *Gadiformes* (μπακαλιάροι, γάδοι) αποτελούν το 30% και το 20% των παγκόσμιων θαλάσσιων συλλήψεων αντίστοιχα.

Στις ελληνικές θάλασσες, τα κυριότερα μικρά **πελαγικά** ψάρια που αλιεύονται είναι ο γαύρος *Engraulis encrasicolus* και η σαρδέλα *Sardina pilchardus*, τα μεσαία πελαγικά είναι ο κολιός *Scomber colias* και το σκουμπρί *Scomber scombrus*, και τα μεγάλα ο ξιφίας *Xiphias gladius* και ο ερυθρός τόννος *Thunnus thynnus*. Τα κυριότερα **παραβενθικά** αλιεύματα ψαριών είναι ο μπακαλιάρος *Merluccius merluccius*, η κουτσομούρα *Mullus barbatus* και το μπαρμπούνη *Mullus surmuletus*. Τέλος, η γλώσσα *Solea solea* και οι πεσκαντρίτσες (*Lophius piscatorius* και *Lophius budegassa*) είναι τα κυριότερα **βενθικά** ή **βύθια** είδη ψαριών που αλιεύονται στις ελληνικές θάλασσες.

### Θηλαστικά

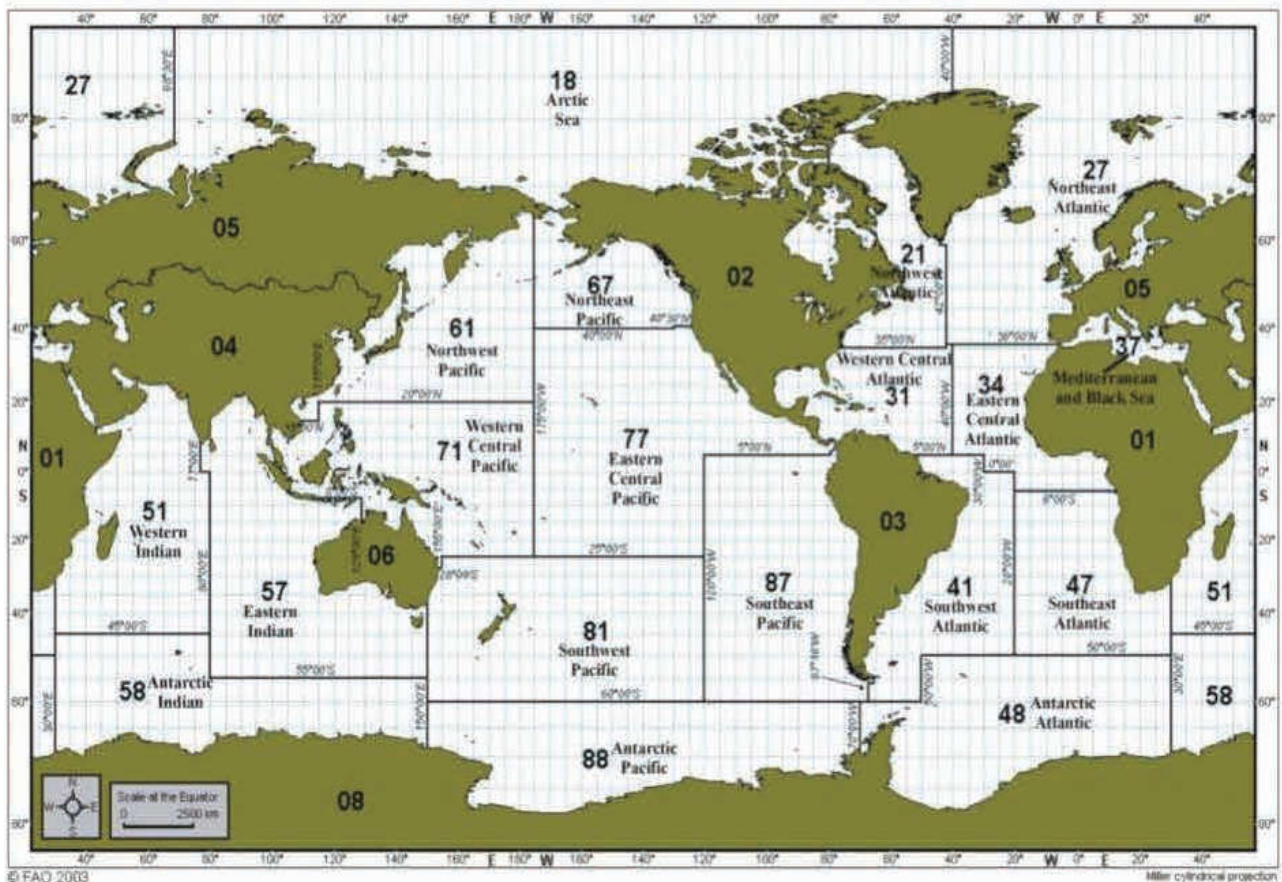
Μπορεί να φαίνεται ασυνήθιστο, αλλά, εκτός από σχεδόν όλα τα είδη φαλαινών, το κυνήγι των οποίων απελευθερώθηκε τον Ιούνιο του 2006 από μερικές χώρες (Νορβηγία, Ιαπωνία), υπάρχουν πολλά άλλα θηλαστικά που αλιεύονται, μεταξύ των οποίων δελφίνια, φώκιες, θαλάσσιοι λέοντες (π.χ. *Eumetopias jubatus*), θαλάσσιοι ελέφαντες (π.χ. *Mirounga angustirostris*) και θαλάσσιες αγελάδες (π.χ. *Hydrodamalis gigas*). Πρωταθλήτριες χώρες/περιοχές στην αλιεία των θηλαστικών είναι η Ιαπωνία, η Νορβηγία, η Γροιλανδία, η Ρωσία, οι Η.Π.Α., η Ολλανδία και η Μ. Βρετανία. Τα στατιστικά στοιχεία καταγραφής δεν είναι πολύ ακριβή στην περίπτωση των θαλάσσιων θηλαστικών, γιατί οι εκφορτώσεις καταγράφονται είτε σε μετρικούς τόνους, είτε σε άτομα, όπως στην περίπτωση των φαλαινών και των φωκιών. Σε κάθε περίπτωση πάντως, οι συλλήψεις θαλάσσιων θηλαστικών είναι εξαιρετικά υψηλές (Γκιωνη & Τσικληρας 2010).

Συνολικά 73 είδη (ή ταξινομικές ομάδες) θαλάσσιων θηλαστικών αποτελούν αντικείμενο εκμετάλλευσης από 53 χώρες σε όλες τις θάλασσες του κόσμου, ακόμη και στα εσωτερικά νερά, όπου διαβιούν ελάχιστα είδη. Οι παγκόσμιες συλλήψεις θαλάσσιων θηλαστικών το 2012 ανήλθαν σε 225.000 άτομα και παρουσιά-

ζουν σαφή μείωση σε σχέση με τα 1.100.000 άτομα που είχαν αλιευθεί το 1951 (Γκιωνη & Τσικληρας 2010). Ο υποδιπλασιασμός οφείλεται κυρίως στον αφανισμό κάποιων ειδών (π.χ. γκριζα φάλαινα *Eschrichtius robustus* και θαλάσσια αγελάδα *Hydrodamalis gigas*), στη δραματική πληθυσμιακή μείωση πολλών άλλων (π.χ. θαλάσσια βίδρα *Lutra felina*, φάλαινα *Eubalaena glacialis*, μεσογειακή φώκια *Monachus monachus* από τη δυτική Μεσόγειο, την Καραϊβική και τη Μαύρη Θάλασσα) και στο καθεστώς προστασίας που έχει θεσμοθετηθεί από διεθνείς οργανισμούς για τα υπόλοιπα, και λιγότερο στη μείωση της αλιευτικής πίεσης. Τα περισσότερα είδη θαλάσσιων θηλαστικών αλιεύονται στην Ανταρκτική και τον Νότιο Παγωμένο Ωκεανό (54 είδη), ενώ οι υψηλότερες ποσότητες (490.000 άτομα, κυρίως αρποφώκιες *Phoca groenlandicus*) στον βόρειο Ατλαντικό (Γκιωνη & Τσικληρας 2010).

Τα τελευταία χρόνια η αρποφώκια *Phoca groenlandicus* είναι το είδος με τις υψηλότερες συλλήψεις (περίπου 106.000 άτομα παγκοσμίως) και αλιεύεται κυρίως στην Αρκτική. Σε υψηλές ποσότητες αλιεύονται όλες οι φώκιες του γένους *Phoca*, οι μπαλενόπτερες φάλαινες (*Balaenopteridae*), οι φυσητήρες (*Physeteridae*) και τα δελφίνια (*Delphinidae*). Η αρποφώκια είναι διαχρονικά το είδος με τις υψηλότερες συνολικές συλλήψεις μέχρι σήμερα (17 εκατομμύρια άτομα). Ακολουθούν οι φώκιες *Phoca hispida* (3 εκατομμύρια άτομα), *Callorhinus ursinus* (2,3 εκατομμύρια άτομα) και *Pusa caspica* (2,3 εκατομμύρια άτομα). Τα κητώδη που έχουν αλιευτεί περισσότερο την περίοδο 1950-2012 είναι η σπερμοφάλαινα *Physeter macrocephalus*, η πτεροφάλαινα *Balaenoptera physalus*, το μαυροδέλφινο *Globicephala melas* και το δελφίνι μπελούγκα *Delphinapterus leucas* (Γκιωνη & Τσικληρας 2010).

Αξίζει να αναφερθεί ότι το πρόσχημα των χωρών που ενδιαφέρονταν για την απελευθέρωση της φάλαινοθηρίας ήταν ότι οι φάλαινες ευθύνονται για τη μείωση των αποθεμάτων ψαριών, επειδή τρέφονται με αυτά σε τεράστιες ποσότητες (αναλυτικά στο Κεφάλαιο 5). Σε παγκόσμια έρευνα που έγινε πρόσφατα αποδείχθηκε ακριβώς το αντίθετο. Η διατροφή των θηλαστικών (με εξαίρεση μερικά είδη παράκτιων δελφινιών) παρουσιάζει ελάχιστη αλληλοεπικάλυψη με τα είδη-στόχους της εμπορικής αλιείας καθώς τα θηλαστικά τρέφονται κυρίως με μη εμπορικά είδη βαθύβιων κεφαλόποδων και ψαριών (Trites et al. 1997, Kaschner & Pauly 2004). Το ίδιο ισχύει και για τη Μεσόγειο (Kaschner et al. 2004).



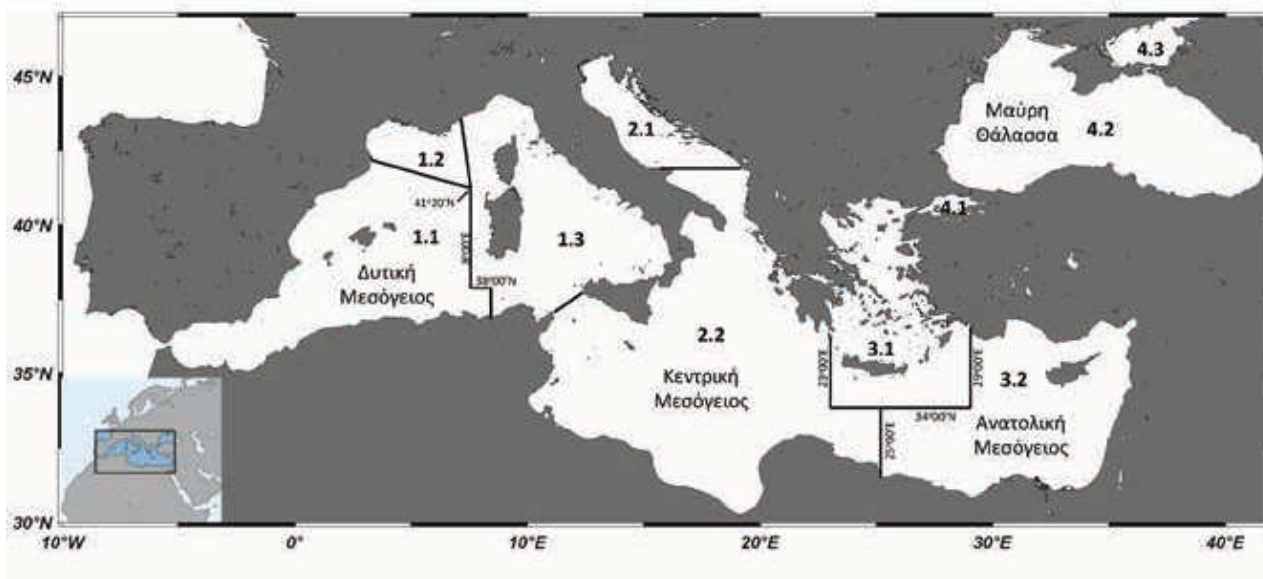
**Εικόνα 3.11.** Οι αλιευτικές περιοχές στις οποίες έχουν χωριστεί οι θάλασσες του κόσμου από τον FAO.



### 3.5. Αλιευτικές περιοχές

Οι παγκόσμιες θάλασσες έχουν χωριστεί από τον FAO σε αλιευτικές περιοχές, με σκοπό την καλύτερη διαχείριση τόσο των δεδομένων, όσο και των αποθεμάτων, ενώ τα εσωτερικά νερά έχουν χωριστεί ανά ήπειρο (Εικόνα 3.11). Ο διαχωρισμός αυτός είναι πολύ χρήσιμος και για τους καταναλωτές στην Ελλάδα, οι οποίοι μπορούν πλέον να γνωρίζουν την περιοχή από την οποία προέρχονται τα ψάρια που αγοράζουν.

Η Μεσόγειος και η Μαύρη Θάλασσα (περιοχή FAO 37) έχουν χωριστεί από τη Γενική Αλιευτική Επιτροπή για τη Μεσόγειο (*General Fisheries Commission for the Mediterranean*, GFCM) σε δυτική (με τρεις υποδιαιρέσεις: Βαλεαρίδες 1.1, Κόλπος Λεόντων 1.2, Σαρδηνία 1.3), κεντρική (με δυο υποδιαιρέσεις: Αδριατική 2.1, Ιόνιο 2.2) και ανατολική (με δύο υποδιαιρέσεις: Αιγαίο 3.1, Λεβαντίνη 3.2) Μεσόγειο και σε Μαύρη Θάλασσα (με τρεις υποπεριοχές: Μαρμαράς 4.1, Μαύρη Θάλασσα 4.2, Αζοφική 4.3) (Εικόνα 3.12).

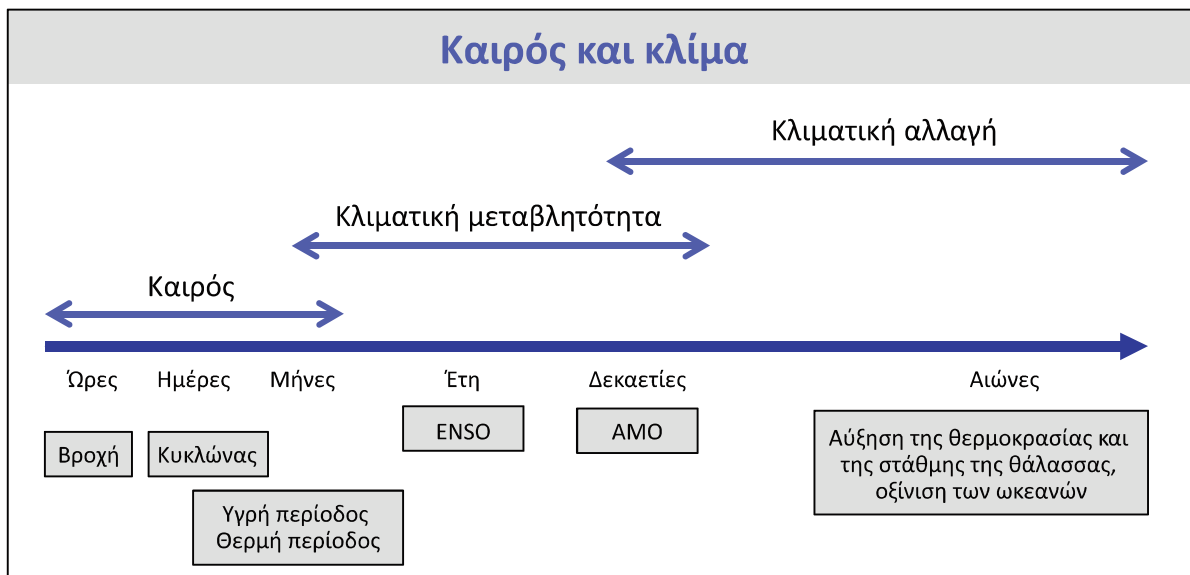


**Εικόνα 3.12.** Οι τέσσερις υποπεριοχές (δυτική, κεντρική, ανατολική Μεσόγειος και Μαύρη Θάλασσα) της αλιευτικής περιοχής FAO 37 (Μεσόγειος και Μαύρη Θάλασσα) και οι υποδιαιρέσεις της κάθε υποπεριοχής (1.1: Βαλεαρίδες, 1.2: κόλπος Λεόντων, 1.3: Σαρδηνία, 2.1: Αδριατική, 2.2: Ιόνιο, 3.1: Αιγαίο, 3.2: Λεβαντίνη, 4.1: Μαρμαράς, 4.2: Μαύρη Θάλασσα, 4.3: Αζοφική).

Η GFCM αναφέρει τις παραγωγές ανά χώρα ή περιοχή από το 1970 (στη βάση δεδομένων *GFCM Capture production 1970-20012*) με τρόπο παρόμοιο με του FAO, αλλά δεν περιλαμβάνει τα εκτρεφόμενα είδη, ούτε δεδομένα θαλάσσιων θηλαστικών, ερπετών, αμφιβίων και φυκών όπως η βάση του FAO.

### 3.6. Κλίμα και αλιευτικά αποθέματα

Μερικές έννοιες που σχετίζονται με το κλίμα και τον καιρό χρειάζεται να αποσαφηνιστούν, προκειμένου να γίνει ευκολότερα κατανοητή η επίδραση του κλίματος στους θαλάσσιους οργανισμούς (*NASA*). Ο **καιρός** (weather) περιγράφει τις ατμοσφαιρικές συνθήκες (βροχόπτωση, θερμοκρασία και ένταση ανέμου) που επικρατούν σε μια συγκεκριμένη περιοχή και χρονική στιγμή και αλλάζει από μέρα σε μέρα (Εικόνα 3.13). Το **κλίμα** (climate) μια περιοχής είναι οι συνηθισμένες (ο μέσος όρος) καιρικές συνθήκες μιας περιοχής που είναι σχετικά σταθερές για δεκαετίες (Εικόνα 3.13). Η **κλιματική μεταβλητότητα** (climate variability) αναφέρεται στις ετήσιες διακυμάνσεις του κλίματος πάνω ή κάτω από μια μακροπρόθεσμα μέση τιμή και είναι μια φυσική διεργασία μεγάλης κλίμακας με περιοδικότητα, ενώ η **κλιματική αλλαγή** (climate change) αναφέρεται στη συνεχή και μακροπρόθεσμη αλλαγή (αύξηση ή μείωση) των καιρικών συνθηκών και μπορεί να έχει εκτός από φυσικά και ανθρωπογενή αίτια. Το κλιματικό φαινόμενο El Niño-Southern Oscillation (*ENSO*) είναι ένα παράδειγμα κλιματικής μεταβλητότητας (Bjerknes 1969), ενώ η θέρμανση του πλανήτη και η αύξηση της θαλάσσιας στάθμης είναι παραδείγματα κλιματικής αλλαγής (Εικόνα 3.13).



**Εικόνα 3.13.** Χρονικές κλίμακες καιρικών και κλιματικών φαινομένων.

### 3.6.1. Αύξηση της θαλάσσιας θερμοκρασίας

Η επίδραση της αύξησης της θαλάσσιας θερμοκρασίας (Levitus et al. 2000) στην εξάπλωση και αφθονία των θαλάσσιων πληθυσμών ψαριών, η οποία έχει διαπιστωθεί στη Μεσόγειο (Bethoux & Gentili 1999), είναι καλά τεκμηριωμένη (Sabates et al. 2006, Tsikliras 2008, Tzanatos et al. 2014). Για παράδειγμα, η αύξηση της θερμοκρασίας είχε ως αποτέλεσμα την εξάπλωση της θερμοφίλης φρίσσας *Sardinella aurita* από το νότιο στο βόρειο Αιγαίο, με παράλληλη αύξηση της αφθονίας της (Tsikliras 2008).

Εκτός από την εξάπλωση και τη βιομάζα των θαλάσσιων πληθυσμών (Cheung et al. 2010) και τη δομή των θαλάσσιων βιοκοινοτήτων (Stenseth et al. 2002), η αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να επηρεάσει τα βιολογικά χαρακτηριστικά ενός πληθυσμού, συμπεριλαμβανομένης της σωματικής αύξησης (Brander 1995), της έναρξης και διάρκειας της αναπαραγωγικής περιόδου (Tsikliras et al. 2010α) και του μήκος και της ηλικίας γεννητικής ωρίμασης (Tsikliras & Stergiou 2014β, 2015). Η επίδραση της αύξησης της θερμοκρασίας μπορεί να είναι άμεση μέσω οικοφυσιολογικών προσαρμογών στο επίπεδο του ατόμου ή έμμεση μέσω μεταβολών στο αβιοτικό περιβάλλον και τη διαθεσιμότητα τροφής (Tzanatos et al. 2014). Η κλιματική αλλαγή, λοιπόν, επηρεάζει και τη διαχείριση των ιχθυοποθεμάτων, γιατί η θερμοκρασία αποτελεί το ερέθισμα για τον ορμονικό έλεγχο της γεννητικής ωρίμασης των ψαριών (Stergiou 1984, Tsikliras & Antonopoulou 2006). Στη Μεσόγειο Θάλασσα τα περισσότερα είδη ψαριών αναπαράγονται μεταξύ Μαΐου και Ιουλίου (Tsikliras et al. 2010α), επομένως τα διαχειριστικά μέτρα που αφορούν την εποχική απαγόρευση της αλιείας με σκοπό την προστασία του αναπαραγωγικού δυναμικού γίνονται αναποτελεσματικά, αν η αναπαραγωγή εξαιτίας της κλιματικής αλλαγής κορυφωθεί νωρίτερα, π.χ. τον Απρίλιο αντί για τον Μάιο.

Η αύξηση της θαλάσσιας θερμοκρασίας είναι περισσότερο εμφανής στην ανατολική Μεσόγειο, καθώς έχει διευκολύνει την είσοδο ξενικών ατόμων (λεσεψιανοί μετανάστες) με προέλευση από τον ινδοειρηνικό διαμέσου της διώρυγας του Σουέζ (Golani et al. 2002). Περισσότερα από 435 είδη έχουν εισβάλλει στη Μεσόγειο διαμέσου της διώρυγας του Σουέζ, από τα οποία το 50% είναι μαλάκια και αρθρόποδα και το 20% είναι ψάρια (Nunes et al. 2014). Τα είδη αυτά έχουν αλλάξει τη σύσταση της πανίδας της Μεσογείου και σε πολλές περιπτώσεις έχουν αλλοιώσει τη δομή και τη λειτουργία του οικοσυστήματος (Sala et al. 2011, Bianchi et al., 2014). Σε κάποιες περιοχές της Μεσογείου ορισμένα ξενικά είδη ψαριών έχουν εγκατασταθεί και υπόκεινται σε αλιευτική εκμετάλλευση (Kallianiotis & Lekkas 2005, Giakoumi 2014), χωρίς όμως να καταγράφεται ακόμη η αλιευτική τους παραγωγή, τουλάχιστον όχι σε επίπεδο είδους (Tsikliras & Stergiou 2014α).

### 3.6.2. Κλιματική μεταβλητότητα

Δύο είναι τα μεγάλης κλίμακας κλιματικά φαινόμενα που φαίνεται ότι επηρεάζουν τη Μεσόγειο και τους θαλάσσιους οργανισμούς της: η **Πολυδεκαετής Ταλάντωση του Ατλαντικού** (Atlantic Multidecadal Oscillation,



AMO) και η **Ταλάντωση του Βόρειου Ατλαντικού** (North Atlantic Oscillation, NAO). Η ένταση και έκταση της επίδρασης ποικίλλει ανάλογα με την περιοχή και επηρεάζεται από τις τοπικές κλιματικές συνθήκες. Στη δυτική Μεσόγειο έχει αναπτυχθεί και ένα τοπικός δείκτης, η **Ταλάντωση της Δυτικής Μεσογείου** (Western Mediterranean Oscillation, WeMO), που εξηγεί τη μεταβλητότητα των βροχοπτώσεων στην Ιβηρική Χερσόνησο (Martín-Vide & Lopez-Bustins 2006) και έχει αναφερθεί ότι επηρεάζει την ιχθυοπανίδα της δυτικής Μεσογείου (Martín et al. 2012).

Το AMO (Kerr 2000) ορίζεται ως η δεκαετής τρέχουσα μέση τιμή των ανωμαλιών της θερμοκρασίας της επιφάνειας της θάλασσας στον βόρειο Ατλαντικό (από 0° έως 60°N) και ως δείκτης περιγράφει την ταλάντωση εναλασσόμενων ψυχρών και θερμών περιόδων του βόρειου Ατλαντικού (Alheit et al. 2014) που διαρκούν 20-40 χρόνια (Alexander et al. 2014). Οι μετρήσεις του δείκτη AMO ξεκίνησαν το 1856 και σήμερα βρισκόμαστε περίπου στο μέσο της θερμής φάσης που ξεκίνησε το 1995, ενώ προηγήθηκε η ψυχρή φάση που είχε ξεκινήσει το 1965 (Deser et al. 2010).

Το NAO είναι ένας δείκτης που βασίζεται στη διαφορά ατμοσφαιρικής πίεσης ανάμεσα σε δυο τοποθεσίες: το υποτροπικό κέντρο υψηλής πίεσης που βρίσκεται στις Αζόρες και το υποπολικό κέντρο χαμηλής πίεσης που βρίσκεται στην Ισλανδία (Hurrell 1995). Ο δείκτης NAO μετράει την ισχύ των δυτικών ανέμων που φυσούν στον βόρειο Ατλαντικό μεταξύ 40°N και 60°N. Κατά τις θετικές φάσεις του NAO οι δυτικοί άνεμοι κατευθύνονται βόρεια και προκαλούν ξηρασία και κρύο στη Μεσόγειο, ενώ κατά τις αρνητικές φάσεις του NAO οι δυτικοί άνεμοι κατευθύνονται νοτιότερα και προκαλούν βροχές και υψηλότερες θερμοκρασίες στη Μεσόγειο (Stenseth et al. 2002).

Η οικολογική επίδραση του NAO στα χερσαία και υδάτινα οικοσυστήματα της Μεσογείου έχει μελετηθεί αρκετά (Gordo et al. 2011), ενώ στην περίπτωση του AMO οι έρευνες έχουν επικεντρωθεί στον Ατλαντικό, τη Βόρεια Θάλασσα και τη Βαλτική (Alheit et al. 2012, Nye et al. 2014). Συγκεκριμένα, έχει αναφερθεί ότι ο AMO, που καθορίζει σε μεγάλο βαθμό το κλίμα του βόρειου ημισφαιρίου (Knudsen et al. 2014), επηρεάζει όλους τους οργανισμούς και την κατάσταση του οικοσυστήματος στον βόρειο Ατλαντικό (Nye et al. 2014). Πρόσφατα αναφέρθηκε ο συγχρονισμός της πληθυσμιακής δυναμικής και των μεταναστεύσεων των μικρών πελαγικών ψαριών στην ανατολική πλευρά του Ατλαντικού με τις θερμές και ψυχρές φάσεις του AMO (Alheit et al. 2014).

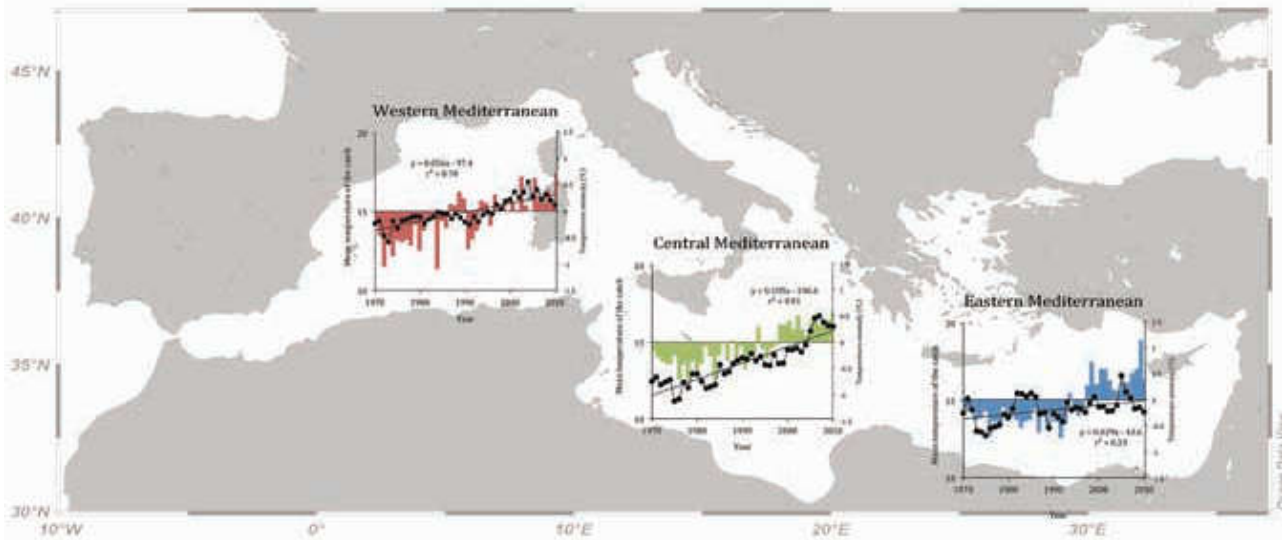
Τα μικρά πελαγικά είδη ψαριών είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στις αλλαγές που προκαλούνται από την κλιματική μεταβλητότητα (Cole & McGlade 1998, Alheit et al. 2012) εξαιτίας της «γρήγορης» στρατηγικής ζωής τους, η οποία χαρακτηρίζεται από μικρό μέγεθος, υψηλή γονιμότητα, ταχεία αύξηση, γεννητική ωρίμαση σε μικρό μήκος και ηλικία και σύντομη διάρκεια ζωής (Blaxter & Hunter 1982). Τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν σαν αποτέλεσμα οι διακυμάνσεις της αφθονίας τους να εξαρτώνται πάρα πολύ από την ετήσια νεοσυλλογή, η οποία με την σειρά της εξαρτάται κυρίως από τις περιβαλλοντικές συνθήκες. Ως αποτέλεσμα, οι περιβαλλοντικές και κλιματικές μεταβολές έχουν άμεση και μεγαλύτερη επίδραση στις ετήσιες διακυμάνσεις της αφθονίας των ειδών αυτών, απ' ό,τι ανθρωπογενείς παράγοντες όπως είναι η αλιεία. Συνεπώς, αποτελούν πολύ καλούς δείκτες της επίδρασης της κλιματικής μεταβλητότητας στα θαλάσσια οικοσυστήματα, όταν βέβαια οι μεταβολές της βιομάζας τους δεν είναι αποτέλεσμα της αλιευτικής υπερεκμετάλλευσης.

### **3.6.3. Μέση θερμοκρασία του αλιεύματος (MTC)**

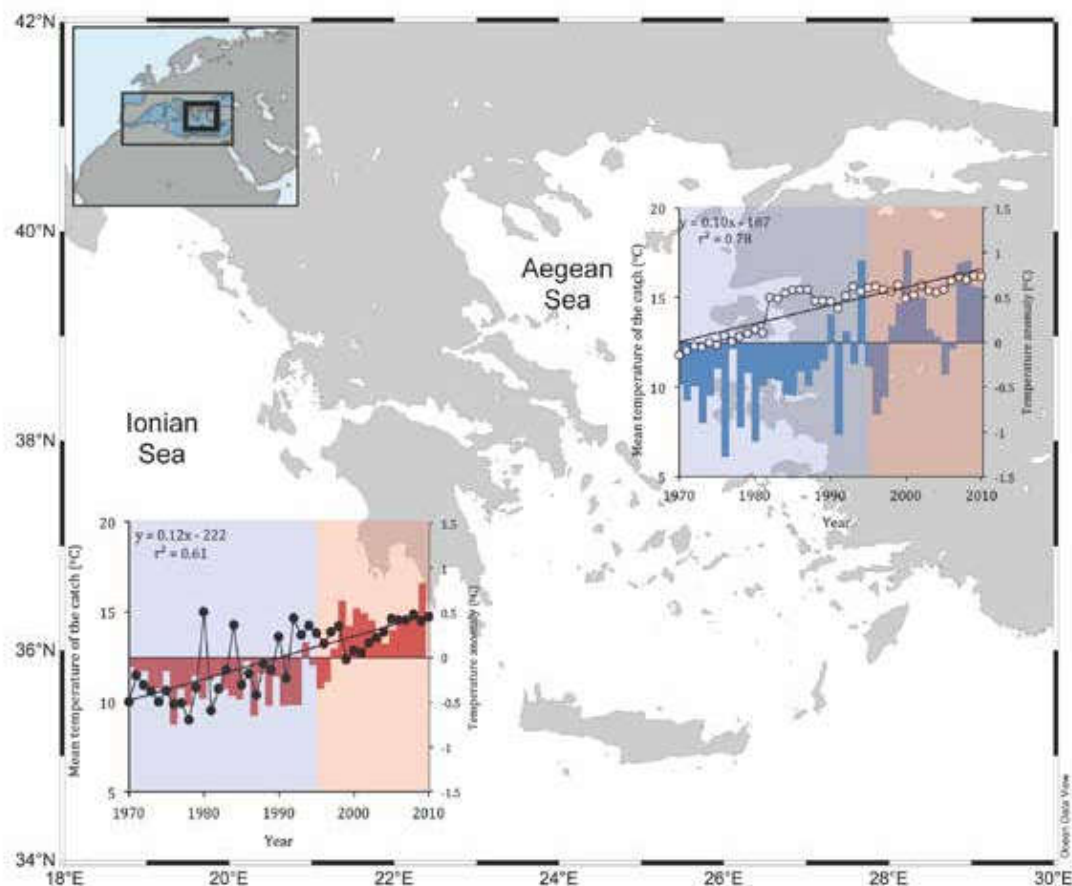
Ο δείκτης της μέσης θερμοκρασίας του αλιεύματος (mean temperature of the catch, MTC) προτάθηκε πολύ πρόσφατα από τους Cheung et al. (2013) με σκοπό την εκτίμηση της επίδρασης της αύξησης της θαλάσσιας θερμοκρασίας και της κλιματικής μεταβλητότητας στη σύσταση της ιχθυοπανίδας και της θαλάσσιας αλιευτικής παραγωγής. Ο δείκτης αυτός βασίζεται στις θερμοκρασιακές προτιμήσεις κάθε είδους, που προκύπτουν από την παγκόσμια εξάπλωσή του και διατίθενται για όλα τα είδη που αλιεύονται (σε παράρτημα στην εργασία των Cheung et al. 2013), και στη βιομάζα του, που προσεγγίζεται με τα δεδομένα αλιευτικής παραγωγής τα οποία πρέπει πρώτα να διορθωθούν (ως προς την αλιευτική προσπάθεια για να αποκλειστεί η επίδρασή της).

Η μέση θερμοκρασία του αλιεύματος έχει αυξηθεί παγκοσμίως με ρυθμό 0.19 °C ανά δεκαετία, αύξηση που σχετίζεται με τη μεταβολή της θαλάσσιας θερμοκρασίας στα περισσότερα μεγάλα οικοσυστήματα του κόσμου (Cheung et al. 2013). Ο δείκτης MTC εξετάστηκε πρόσφατα και στη δυτική κεντρική και ανατολική λεκάνη της Μεσογείου (Tsikliras & Stergiou 2014α). Ο ρυθμός αύξησης του δείκτη MTC ήταν χαμηλότερος στην ανατολική λεκάνη (περιλαμβάνει το Αιγαίο Πέλαγος και τη Θάλασσα της Λεβαντίνης) σε σχέση με τις άλλες δυο λεκάνες (Tsikliras & Stergiou 2014α), αλλά υψηλότερος σε σχέση με την παγκόσμια μέση τιμή (Cheung et al. 2013).

Το Ιόνιο Πέλαγος, μέρος του οποίου αλιεύεται από τον ελληνικό στόλο, περιλαμβάνεται στην κεντρική λεκάνη της Μεσογείου η οποία εμφάνισε τον υψηλότερο ρυθμό αύξησης του δείκτη MTC από το 1970 (Tsikliras & Stergiou 2014α). Αναλυτικά ο ρυθμός αύξησης του δείκτη MTC ήταν 0,56 °C, 1,05 °C, 0,29 °C ανά δεκαετία για τη δυτική, κεντρική και ανατολική λεκάνη αντίστοιχα (Εικόνα 3.14).



**Εικόνα 3.14.** Ο δείκτης της μέσης θερμοκρασίας του αλιεύματος (MTC, °C) για τη δυτική, κεντρική, και ανατολική Μεσόγειο (συνεχής γραμμή, μαύρες βούλες) και η θερμοκρασιακή ανωμαλία (μπάρες) για την περίοδο 1970-2010. Τα δεδομένα συλλήψεων προέρχονται από τις βάσεις δεδομένων του GFCM-FAO οι θερμοκρασίες από τον οργανισμό NOAA (από Tsikliras & Stergiou 2014α).



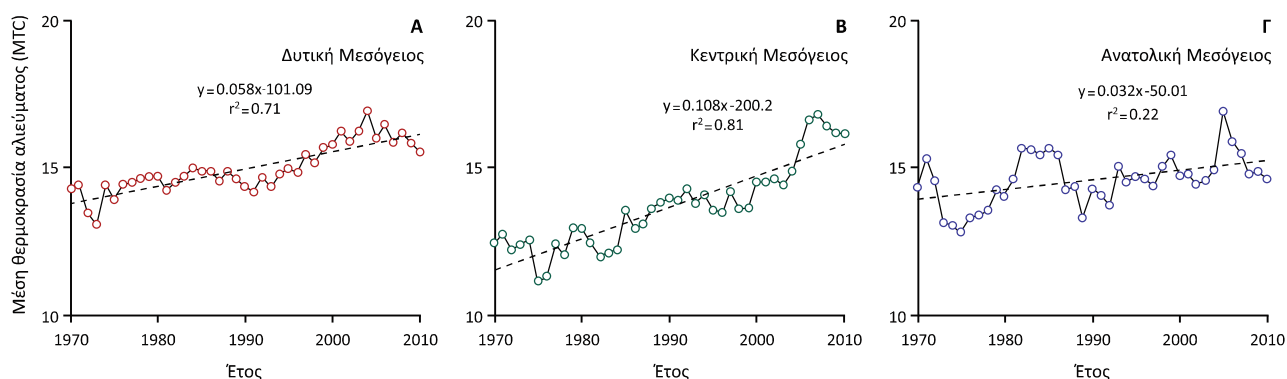
**Εικόνα 3.15.** Ο δείκτης της μέσης θερμοκρασίας του αλιεύματος (MTC, °C) για το Αιγαίο (συνεχής γραμμή, άσπρες βούλες) και το Ιόνιο Πέλαγος (συνεχής γραμμή, μαύρες βούλες) και η θερμοκρασιακή ανωμαλία (μπάρες) για την περίοδο 1970-2010. Τα δεδομένα συλλήψεων προέρχονται από τις βάσεις δεδομένων του GFCM-FAO και οι θερμοκρασίες από τον οργανισμό NOAA (από Tsikliras et al. 2015α).

Ο δείκτης MTC για το σύνολο των ελληνικών θαλασσών αυξήθηκε με ρυθμό 0,2 °C ανά δεκαετία, από 17,5 °C το 1970 σε 18,2 °C το 2007 (Τσίκληρας & Στεργίου 2013). Σε μια άλλη έρευνα που έγινε ξεχωριστά για το Αιγαίο και το Ιόνιο Πέλαγος ο δείκτης MTC αυξήθηκε από 11,8 °C σε 16,2 °C στο Αιγαίο και από 10,0 °C σε 14,7 °C στο Ιόνιο Πέλαγος (Tsikliras et al. 2015α). Ο ρυθμός αύξησης του δείκτη MTC ήταν 1,01 °C ανά δεκαετία για το Αιγαίο και 1,17 °C ανά δεκαετία για το Ιόνιο και συσχετίστηκε θετικά με την επιφανειακή θαλάσσια θερμοκρασία και στις δύο περιοχές (Εικόνα 3.15). Τα αποτελέσματα επιβεβαιώθηκαν και με δεδομένα από ερευνητικές δειγματοληψίες (Tsikliras et al. 2015α).

Η αύξηση του δείκτη MTC δείχνει ότι και στις ελληνικές θάλασσες, όπως και στο σύνολο της Μεσογείου, έχει αλλάξει η αναλογία θερμόφιλων προς ψυχρόφιλα είδη προς όφελος των θερμόφιλων. Αυτό συμβαίνει είτε γιατί αλιεύονται υψηλότερες ποσότητες θερμόφιλων ειδών, είτε γιατί αλιεύονται χαμηλότερες ποσότητες ψυχρόφιλων ειδών, είτε γιατί συμβαίνουν και τα δύο ταυτόχρονα (Τσίκληρας & Στεργίου 2013α, Tsikliras & Stergiou 2014α, Tsikliras et al. 2015α). Η αύξηση του MTC αφορά μόνο τη μεταβολή της βιομάζας και αφθονίας των αυτόχθονων ειδών που αλιεύονται, αφού στις ελληνικές θάλασσες δεν καταγράφεται ακόμη ξεχωριστά η αλιευτική παραγωγή των ξενικών ειδών.

Η μεταβολή του δείκτη MTC αποδίδεται στην αύξηση της θαλάσσιας θερμοκρασίας που διευκολύνει την εξάπλωση των ειδών με τροπική και υποτροπική εξάπλωση προς τις εύκρατες περιοχές (Zenetos et al. 2011). Είναι βέβαιο ότι αν συμπεριληφθούν οι συλλήψεις των ξενικών ειδών, των οποίων η συχνότητα σύλληψης και η βιομάζα αυξάνουν με τον χρόνο (Peristeraki et al. 2007, Tsikliras et al. 2015α), θα αυξηθεί ο δείκτης MTC, καθώς τα είδη αυτά έχουν προτίμηση για υψηλότερες θερμοκρασίες. Μια πιθανή αντικατάσταση στις συλλήψεις (άρα θα έχει προηγηθεί αντικατάσταση στο οικοσύστημα) του μπαρμπουνιού *Mullus surmuletus* και της κουτσομούρας *Mullus barbatus* από τα συγγενικά τους είδη του γένους *Upeneus* κυρίως τον λοχία *Upeneus moluccensis* (Bianchi et al. 2014), της σάλπας *Sarpa salpa* από τη μαύρη *Siganus luridus* και άσπρη *Siganus rivulatus* αγριόσαλπα (Giakoumi 2014) και του γαύρου *Engraulis encrasicolus* από τη στρογγυλόρεγκα *Etrumeus golanii* (Kallianiotis & Lekkas 2005) έχει ήδη αρχίσει να συμβαίνει σε διάφορες περιοχές της Μεσογείου, όπου τα ξενικά είδη έχουν αυξηθεί (Zenetos et al. 2011). Έχει ήδη παρατηρηθεί αντικατάσταση της σαρδέλας *Sardina pilchardus* και της παπαλίνας *Sprattus sprattus* από τη φρίσσα *Sardinella aurita*, στη δυτική Μεσόγειο (Sabates et al. 2006) -πιθανολογείται για την ανατολική (Tsikliras 2008)- εξαιτίας της εξάπλωσης της φρίσσας προς τον βορρά.

Ένα υποθετικό σενάριο σταδιακής αύξησης της βιομάζας τριών θερμόφιλων ειδών [της στρογγυλόρεγκα *Etrumeus golanii* που αλιεύεται στις Κυκλάδες (Kallianiotis & Lekkas 2005) και ειδών των γενών *Siganus* και *Upeneus* που αλιεύονται σταθερά στο νότιο Αιγαίο και στο Ιόνιο] από το 2000 έως το 2007 (Στεργίου & Τσίκληρας 2014) έδειξε ότι ο δείκτης MTC στις ελληνικές θάλασσες αυξάνεται με υψηλότερο ρυθμό (0,25 °C ανά δεκαετία), δηλαδή αλλάζει περαιτέρω η αναλογία θερμόφιλων προς ψυχρόφιλα είδη προς όφελος των θερμόφιλων. Το ίδιο πρότυπο παρατηρήθηκε και για τη δυτική, κεντρική και ανατολική λεκάνη της Μεσογείου σε αντίστοιχο υποθετικό σενάριο αύξησης της βιομάζας των ξενικών ειδών (Εικόνα 3.16, Stergiou et al. 2015). Η αύξηση ήταν υψηλότερη στην κεντρική Μεσόγειο και χαμηλότερη στην ανατολική (Εικόνα 3.16, Stergiou et al. 2015).



**Εικόνα 3.16.** Μέση θερμοκρασία του αλιεύματος (MTC) για τη δυτική, κεντρική και ανατολική Μεσόγειο για την περίοδο 1970-2010 σε ένα υποθετικό σενάριο σταδιακής αύξησης της βιομάζας τριών ξενικών θερμόφιλων ειδών την τελευταία δεκαετία (από Stergiou et al. 2015).

## Προτεινόμενη βιβλιογραφία κεφαλαίου

Για την πρωτογενή και ετεροτροφική παραγωγή και τους παράγοντες που τις επηρεάζουν υπάρχουν αρκετά συγγράμματα βιολογικής ωκεανογραφίας όπως αυτό των Mann & Lazier (2006), ενώ, αν εξαιρεθούν οι πολλές και συχνές εκδόσεις του FAO, τα διεθνή βιβλία για την αλιευτική παραγωγή και τα κυριότερα αλιεύματα είναι λίγα (Coull 1993, Pauly & MacLean 2003, Taylor et al. 2007). Για τους αλιευτικούς πόρους των ελληνικών θαλασσών υπάρχει μια έκδοση του *ΕΛΚΕΘΕ* (Paraconstantinou et al. 2007) με δύο κεφάλαια για την αλιευτική παραγωγή (Stergiou et al. 2007 α, β). Τέλος, για την επίδραση του κλίματος στους θαλάσσιους πληθυσμούς υπάρχουν πάρα πολλές δημοσιευμένες εργασίες, αλλά λίγα βιβλία (π.χ. Stenseth et al. 2004).

## Ασκήσεις

- 1.** Μετά την εξοικείωση με το πρόγραμμα *FishStat J*, να επιλεγεί η βάση δεδομένων των συλλήψεων (Capture production) και να μετατραπούν τα κοινά ονόματα των ειδών σε επιστημονικά. Να απομονωθούν τα είδη που αλιεύονται από τον ελληνικό στόλο (επιλογή Ελλάδας στις χώρες), στις ελληνικές θάλασσες (επιλογή Μεσόγειου Θάλασσας στις περιοχές).
  - α.** Να επιλεγεί ένα απόθεμα και να αποτυπωθεί σε διάγραμμα η παγκόσμια αλιευτική παραγωγή του για το διάστημα 1950 μέχρι σήμερα.
  - β.** Να υπολογιστεί η συνολική αλιευτική παραγωγή της Μεσογείου από το 1970 μέχρι σήμερα όπως καταγράφεται στη βάση δεδομένων Capture production και στη βάση δεδομένων GFCM Capture production του FishStat J. Είναι ίδιες ή διαφέρουν; Να εντοπιστούν και να εξηγηθούν τυχόν διαφορές.
- 2.** Να αποτυπωθεί σε διάγραμμα η διακύμανση της συνολικής αλιευτικής παραγωγής και του αλιεύματος που επιλέχθηκε στην άσκηση 1 σε μία από τις επιμέρους μεσογειακές υποπεριοχές από το 1970 μέχρι σήμερα και να σχολιαστεί το διάγραμμα σε 3-5 γραμμές.
- 3.** Να υπολογιστεί η πρωτογενής παραγωγή που απαιτείται για την υποστήριξη της ελληνικής αλιευτικής παραγωγής με βάση τη GFCM Capture production του FishStat J και τα τροφικά επίπεδα των ειδών όπως αναφέρονται στη FishBase.
- 4.** Να υπολογιστεί η μέση θερμοκρασία αλιεύματος (MTC) στις ελληνικές θάλασσες με βάση τη GFCM Capture production του FishStat J και τις θερμοκρασιακές προτιμήσεις όπως αναφέρονται στη FishBase.