

| | |
|--|--|
| <p>Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ</p> | |
|--|--|

| |
|--|
| <p>ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ ΑΛΙΕΥΤΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ (ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΙΙ)</p> |
|--|

| | | |
|--|--|---|
| | | <p>Δρ.ΚΟΣΜΑΣ Λ. ΒΙΔΑΛΗΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ</p> |
|--|--|---|

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2018

**Τ.Ε.Ι. ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ &
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ & ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ
ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

ΣΗΜΕΙΩΣΕΙΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

ΑΛΙΕΥΤΙΚΗΣ ΒΙΟΛΟΓΙΑΣ (ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑΣ ΙΙ)

**Δρ. ΚΟΣΜΑΣ Λ. ΒΙΔΑΛΗΣ
ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ**

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2018

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΓΕΝΙΚΑ

ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ.

2. ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.

A. ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

2. ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ - ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΑΛΑΤΑ

3. ΝΕΡΟ - ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

4. ΦΩΣ

5. ΘΟΛΟΤΗΤΑ

6. ΟΞΥΓΟΝΟ

7. ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO_2) ΚΑΙ ΥΔΡΟΘΕΙΟ (H_2S)

8. ΡΕΥΜΑΤΑ - ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

9. ΠΙΕΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ - ΗΧΟΣ

10. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

B. ΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

I. ΒΙΟΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

1. ΕΝΔΟΕΙΔΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

2. ΔΙΑΕΙΔΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

II. ΒΙΟΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΨΑΡΙΩΝ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

1. ΓΕΝΙΚΑ
2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ
 - I. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ
 - II. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ
 - III. ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ
3. ΠΙΝΑΚΕΣ ΖΩΗΣ - ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ
4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ ΙΧΘΥΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ-ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ
5. ΤΟΠΟΙ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ, ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΕΙΣ ΨΑΡΙΩΝ
 - Μέθοδοι μελέτης των μεταναστεύσεων των ψαριών
 - Η ΣΗΜΑΝΣΗ (ΜΑΡΚΑΡΙΣΜΑ) ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ
6. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ
7. ΗΛΙΚΙΑ - ΑΥΞΗΣΗ
8. ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

ΑΝΤΙ ΠΡΟΛΟΓΟΥ

Όλες οι επιστήμες εμφανίζουν αλματώδη εξέλιξη, ιδιαίτερα την τελευταία εικοσαετία, και έτσι, οι τρόποι προσέγγισης ορισμένων επιστημονικών θεμάτων μεταβάλλονται ή ανακαλύπτονται και εφαρμόζονται σύγχρονες, πιο αποδοτικές τεχνικές. Κάτω από αυτή την συνεχή εξέλιξη βρίσκεται και το αντικείμενο της ιχθυολογίας.

Οι σημειώσεις αυτές ήταν μία προσπάθεια να καλυφθούν κατά το δυνατό πολλοί από αυτούς τους τρόπους, που απαντούν ή δίνουν λύσεις σε πολλά ερωτήματα της ιχθυολογίας, ορισμένα από τα οποία είναι αρκετά παλιά.

Οι σημειώσεις αυτές δεν έχουν στόχο να συμπεριλάβουν το σύνολο της επιστημονικής γνώσης σε θέματα ιχθυολογίας, αλλά να αποτελέσουν το έναυσμα για παραπέρα εξέταση ορισμένων θεμάτων, που θα κεντρίσουν το ενδιαφέρον του αναγνώστη.

Όπως κάθε προσπάθεια, έτσι και στις σημειώσεις αυτές, είναι φυσικό να υπάρχουν λάθη, αβλεψίες κ.ά., για τα οποία αισθάνομαι την ανάγκη να ζητήσω προκαταβολικά συγνώμη από τον αναγνώστη. Κάθε υπόδειξη και εποικοδομητικό σχόλιο θα πρέπει να θεωρηθεί εκ των προτέρων καλοδεχούμενο και θα τύχει της αμέριστης προσοχής μου.

Δρ. Κοσμάς Λεονάρδου Βιδάλης

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1. ΓΕΝΙΚΑ.

Η **Ιχθυολογία** είναι ο κλάδος της επιστήμης, που ασχολείται με τη **μελέτη των ψαριών**.

Η Ιχθυολογία ασχολείται κυρίως με την εξωτερική και εσωτερική **μορφολογία**, τη **συστηματική ταξινόμηση**, την **ανατομία** και μορφολογία των διαφόρων συστημάτων και οργάνων των ψαριών και με ορισμένα θέματα **φυσιολογίας** των ψαριών και στόχο έχει να εισάγει τους αναγνώστες σε ορισμένες βασικές έννοιες σχετικές με τα ψάρια. Επίσης ασχολείται με το σπουδαιότερο και πιο ενδιαφέρον κομμάτι, που είναι η **οικολογία** και η **βιολογία** των ψαριών. Επιπρόσθετα, συνδέεται με άλλες βιολογικές επιστήμες (βιολογική εξέλιξη, ζωογεωγραφία, παλαιοζωολογία, γενετική και γενετική βελτίωση, αλιευτική βιολογία και δυναμική πληθυσμών κ.ά.), με στόχο την κατανόηση και εξήγηση φαινομένων της βιολογίας και οικολογίας των ψαριών αλλά και τη δυνατότητα επέμβασης σε εκμεταλευόμενους (αλιευόμενους ή καλλιεργούμενους) πληθυσμούς με στόχο την αύξηση της παραγωγής και την αειφόρο ανάπτυξη.

Με τον όρο **Οικολογία** αναφερόμαστε στην εξέταση των σχέσεων που έχουν τα ψάρια με ορισμένους άλλους παράγοντες του περιβάλλοντος και την κατανόηση της θέσης των ψαριών στο περιβάλλον. Με τον όρο **Βιολογία** αναφερόμαστε στην εξέταση και κατανόηση των κυριοτέρων φαινομένων της ζωής των ψαριών, όπως η επιβίωση, η αναπαραγωγή, η ανάπτυξη, η διατροφή, η μετακίνηση, κ.ά..

Σκοπός των σημειώσεων φιλοδοξεί να είναι η δυνατότητα εισαγωγής του αναγνώστη σε ορισμένες βασικές έννοιες της Ιχθυολογίας. Επιπλέον, τα παραπάνω αποτελούν τα σκαλοπάτια στα οποία βασίζεται η περαιτέρω εξέταση της δυναμικής των ιχθυοπληθυσμών και κατά συνέπεια η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων και μοντέλων μελλοντικής πρόβλεψης σε διαχειριστικά θέματα αλιείας και σε θέματα διαχείρισης και βελτίωσης υδατοκαλλιεργειών.

ΟΙΚΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

1. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ ΚΑΙ ΥΔΡΟΒΙΟΛΟΓΙΑΣ.

Στο σημείο αυτό θεωρήθηκε σωστό να μεταφερθούν με σύντομο σχετικό τρόπο, ώστε να μπορέσει να ξαναθυμηθεί κάποιος, ορισμένοι ορισμοί και βασικές έννοιες οικολογίας και υδροβιολογίας. Η **οικολογία** λοιπόν είναι η επιστήμη που μελετά τη δομή και τη λειτουργία της φύσης. Στην οικολογία ξεχωρίζουμε για να μελετήσουμε μικρότερες λειτουργικές μονάδες περιβάλλοντος, που είναι τα **οικοσυστήματα**.

Κάθε οικοσύστημα αποτελείται από μη ζωντανά (**Αβιοτικά**) και ζωντανά (**Βιοτικά**) μέρη, που όλα βρίσκονται **σε άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ τους** και σε μία συνεχή ανταλλαγή ύλης και ενέργειας, που τροφοδοτείται από τον ήλιο.

Τα **αβιοτικά** μέρη αποτελούν το **βιότοπο** ενός οικοσυστήματος και διακρίνονται σε αυτά που αφορούν στο **έδαφος** (ή και το νερό) και λέγονται **εδαφότοπος** (π.χ. χημική σύσταση, μέγεθος κόκκων κ.λ.π.) και σε αυτά, που αφορούν στο **κλίμα** και λέγονται **κλιμάτοπος** (π.χ. θερμοκρασία, υγρασία, βροχόπτωση κ.λ.π.).

Τα **βιοτικά** μέρη, όλοι δηλαδή οι ζωντανοί οργανισμοί μίας καθορισμένης περιοχής, αποτελούν τη **βιοκοινότητα** ή **βιοκοινωνία** ενός οικοσυστήματος. Οι οργανισμοί, σε σχέση με τη ροή ενέργειας διακρίνονται σε **παραγωγούς** (αυτότροφοι) και σε **καταναλωτές** (ετερότροφοι). Οι **αποσυνθέτες** ανήκουν στους καταναλωτές.

Με τον όρο **πληθυσμός** αναφερόμαστε σε μία ομάδα ζωντανών οργανισμών, του ίδιου είδους, που ζούν σε μία ορισμένη περιοχή. Το σύνολο των πληθυσμών των ειδών μίας περιοχής είναι η βιοκοινότητα.

Οι **παράμετροι**, που εξετάζουμε κυρίως για έναν πληθυσμό είναι

α) ή πυκνότητα, δηλαδή ο αριθμός των ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας (ή και όγκου) σε μία συγκεκριμένη περιοχή και

β) η εσωτερική δομή (π.χ. η **ηλικιακή κατανομή**) του πληθυσμού δηλαδή ο σχετικός αριθμός ατόμων σε κάθε διακριτή ομάδα (π.χ. ηλικίας).

Ο βιότοπος ενός οικοσυστήματος, στον οποίο ζεί ένας οργανισμός ή μία ομάδα οργανισμών ονομάζεται **ενδιαίτημα** (HABITAT). Το σύνολο των βιοτικών και αβιοτικών παραγόντων, που αφορούν στη διαβίωση ενός είδους ονομάζεται **οικολογική φωλεά** ή **οικολογικός θώκος** ή απλά **θώκος** (NICHE).

2. ΣΧΕΣΗ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ ΜΕ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΤΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ.

Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, όλοι οι αβιοτικοί και βιοτικοί παράγοντες ενός οικοσυστήματος βρίσκονται σε άμεση αλληλεπίδραση μεταξύ τους.

Αυτό φυσικά σημαίνει ότι ένας αβιοτικός παράγοντας (π.χ. η θερμοκρασία) μπορεί να μεταβληθεί και να επηρεάσει έναν άλλο αβιοτικό παράγοντα (π.χ. την αλατότητα) ή έναν άλλο βιοτικό παράγοντα (π.χ. το φυτοπλαγκτόν). Ομοίως, η μεταβολή ενός βιοτικού παράγοντα (π.χ. η αύξηση του φυτοπλαγκτόν) μπορεί να επηρεάσει τόσο αβιοτικούς (π.χ. διαπερατότητα του φωτός και θολότητα), όσο και άλλους βιοτικούς παράγοντες (αύξηση του ζωοπλαγκτόν και των ψαριών). Τα ψάρια επηρεάζονται από άλλους αβιοτικούς και βιοτικούς παράγοντες του περιβάλλοντος στο οποίο ζούν.

Η μεταβολή ενός παράγοντα μπορεί να έχει τόσο άμεσες όσο και έμμεσες συνέπειες στα ψάρια. Οι συνέπειες αυτές σχετίζονται με τις δύο κύριες δυνάμεις της ζωής την αναπαραγωγή και την επιβίωση και έχουν συνήθως ως συνέπεια τη μεταβολή πληθυσμιακών χαρακτηριστικών στα ψάρια. Τα πληθυσμιακά χαρακτηριστικά, όπως αναφέραμε και σε προηγούμενη παράγραφο αναφέρονται στην πυκνότητα ενός πληθυσμού και στην εσωτερική του δομή.

Ετσι, η μεταβολή ενός παράγοντα μπορεί άμεσα να επιφέρει θανάτους στα ψάρια (π.χ. έλλειψη οξυγόνου προκαλεί ασφυξία), η να προκαλέσει την αλλαγή της δομής του πληθυσμού λόγω μετανάστευσης των ψαριών σε άλλες περιοχές και κατά συνέπεια την αλλαγή της γεωγραφικής κατανομής του πληθυσμού ή λόγω της επιλεκτικής θνησιμότητας ορισμένων ομάδων του πληθυσμού (π.χ. πολύ νεαρά άτομα) με αποτέλεσμα τη δημογραφική μεταβολή του πληθυσμού ή την μείωση της πυκνότητάς του και κατά συνέπεια την αλλαγή της εσωτερικής δομής του πληθυσμού.

Όλα τα παραπάνω είναι σχετικά δύσκολο να συμπεριληφθούν αναλυτικά στα πλαίσια των σημειώσεων ενός μαθήματος. Εν τούτοις, θα γίνει προσπάθεια να εξετάσουμε τη σχέση που έχουν τα ψάρια (έμμεση και άμεση) με τους κυριότερους από τους παράγοντες (βιοτικούς και αβιοτικούς) του περιβάλλοντος στο οποίο ζούν.

A. ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

1. ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ

Η θερμοκρασία και οι μεταβολές της θα πρέπει να θεωρείται ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες, που επηρεάζουν άμεσα και έμμεσα τη ζωή των ψαριών, αλλά και άλλων οργανισμών, που ζουν στο νερό, καθώς επίσης και άλλους αβιοτικούς παράγοντες του νερού, που με τη σειρά τους επηρεάζουν άμεσα και έμμεσα τα ψάρια.

Τα ψάρια είναι **ποικιλόθερμοι** οργανισμοί. Κατά συνέπεια η θερμοκρασία του σώματός τους ακολουθεί τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος στο οποίο ζούν. Τα διάφορα είδη των ψαριών κατά την πορεία της εξέλιξής τους, έχουν επιλέξει ένα θερμοκρασιακό εύρος στο οποίο ζουν. Ανάλογα με την θερμοκρασία που ζουν διακρίνονται σε **ψυχρόφιλα** ή **θερμόφιλα** είδη. Τα ακραία όρια θερμοκρασίας, όπου έχει παρατηρηθεί διαβίωση των ψαριών εκτείνονται μεταξύ -2°C (*Boreogadus saida*) και 52°C (*Cyprinodon macularis* είδος, το οποίο ζει σε θερμές πηγές).

Όπως και για κάθε αβιοτικό παράγοντα, έτσι και για τη θερμοκρασία, για κάθε είδος ψαριού μπορούμε να διακρίνουμε μία κατανομή συχνότητας εμφάνισης του αριθμού ατόμων ενός είδους σε σχέση με τη θερμοκρασία. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να διαπιστώσουμε ότι για κάθε είδος ψαριού υπάρχει μία **άριστη** θερμοκρασία (κορυφή της κατανομής) και ένα εύρος θερμοκρασίας (**προτίμησης**), που τα διάφορα είδη ψαριών προτιμούν να ζουν και κατά συνέπεια ο αριθμός ατόμων της κατανομής είναι υψηλός, ένα εύρος θερμοκρασίας (**ανοχής**) στο οποίο τα ψάρια ανέχονται να ζουν σε τέτοιες θερμοκρασίες, αλλά δεν θα επέλεγαν να ζήσουν εάν μπορούσαν να βρίσκονται σε καλύτερες συνθήκες και κατά συνέπεια ο αριθμός ατόμων είναι μικρός και ένα εύρος θερμοκρασίας (**αντοχής**), πέρα από το οποίο τα διάφορα είδη δεν μπορούν να ζήσουν και συνεπώς, είτε μετακινούνται σε περιοχές με καλύτερες συνθήκες είτε οδηγούνται στο θάνατο και κατά συνέπεια ο αριθμός ατόμων της κατανομής σε αυτές τις θερμοκρασίες είναι μηδέν.

Η κατανομή και η αφθονία των διαφόρων ειδών στο χώρο (οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή) σχετίζεται άμεσα με τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η σχέση μεταξύ της παρουσίας διάφορων ειδών και της θερμοκρασίας είναι πολύ ισχυρή. Έτσι, η συχνότητα εμφάνισης του είδους *Ulcina olriki* είναι μέγιστη μεταξύ -1 και 1.5°C ενώ του είδους *Eumeces grammus praecisus* μεταξύ $+1$ και $+2^{\circ}\text{C}$.

Τα ψάρια είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα στη θερμοκρασία. Ακόμη και όταν ζούν σε περιοχές με ανεκτά όρια θερμοκρασίας, μετακινούνται αναζητώντας την άριστη θερμοκρασία για το στάδιο ζωής ή τη φυσιολογική κατάσταση στην οποία βρίσκονται. Έτσι, αλλαγές της θερμοκρασίας επηρεάζουν τη γεωγραφική κατανομή των ψαριών.

Είναι γνωστή επίσης η συχνή συνεύρεση διαφορετικών συμπλεγμάτων ιχθυοπανίδων, που ανήκουν σε διαφορετικές γεωγραφικές ζώνες, στα σημεία όπου συναντώνται θερμά και ψυχρά ρεύματα (σύγκλιση ρευμάτων). Γενικά η θερμοκρασία καθορίζει την γεωγραφική εξάπλωση αλλά και την επιτυχή επιβίωση των διαφόρων ειδών.

Η κατακόρυφη επίσης κατανομή των διαφόρων ειδών εξαρτάται από τη θερμοκρασία. Σε εύκρατες και τροπικές περιοχές, όπου παρατηρείται σαφής θερμοκρασιακή στρωμάτωση σε συνάρτηση με το βάθος, μπορούμε εύκολα να διαπιστώσουμε διαφορές στην κατακόρυφη κατανομή, με αποτέλεσμα τη ζώνωση των διαφόρων ειδών.

Τα ψάρια, ως ποικιλόθερμοι οργανισμοί, δεν καταναλώνουν ενέργεια για θερμοκρασιακή ομοίωση. Η απαιτούμενη ενέργεια για παραγωγή θερμότητας είναι μηδαμινή για τη συντήρηση των ψαριών (ψυχρόαιμα) σε αντίθεση με άλλους ομοιόθερμους οργανισμούς. Γενικά η θερμοκρασία των ψαριών διαφέρει ελάχιστα από αυτήν του περιβάλλοντος. Η διαφορά θερμοκρασίας είναι δυνατόν να κυμαίνεται μεταξύ 0,5-1^ο C, εκτός του τόνου που μπορεί να υπερβαίνει τους 10^οC.

Αλλαγές της θερμοκρασίας του νερού επηρεάζουν άμεσα το μεταβολισμό των ψαριών, επιδρώντας στην ταχύτητα των διάφορων βιοχημικών αντιδράσεων και κατά συνέπεια επιφέρουν αλλαγές του μεταβολισμού, που σημαίνουν αλλαγές στην ανάπτυξη και στην αναπαραγωγική ικανότητα. Απότομες μεταβολές της θερμοκρασίας (θερμικό σοκ), ακόμη και μέσα στα όρια αντοχής σε απόλυτες τιμές, είναι δυνατόν να αποβούν μοιραίες. Η επίδραση των μεταβολών θερμοκρασίας στη ζωή των ψαριών είναι άμεση. Διακυμάνσεις της θερμοκρασίας του περιβάλλοντος επηρεάζουν **το ρυθμό μεταβολισμού**, και κατ' επέκταση την κατανάλωση οξυγόνου, το ρυθμό συγκέντρωσης τοξικών ουσιών, το ρυθμό πέψης και κατανάλωσης των τροφών, το ρυθμό αύξησης κ.ά.. Γενικά, οι βιολογικές διεργασίες επιταχύνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας μέχρι ενός ανώτερου ορίου, ενώ επιβραδύνονται σε χαμηλές θερμοκρασίες.

Γενικά όμως, από πλευράς ανοχής των μεταβολών της θερμοκρασίας τα ψάρια διακρίνονται σε **στενόθερμα** (που αντέχουν μικρό εύρος θερμικής διακύμανσης) και σε

ευρύθερμα, που ανέχονται μεγαλύτερο εύρος θερμικής διακύμανσης (όπως η πεταλούδα).

Όμως, η **απότομη μεταβολή της θερμοκρασίας** είναι δυνατό να προκαλέσει **θερμικό σοκ** και συχνά προκαλεί το θάνατο στα ψάρια, ανεξάρτητα από το εύρος θερμοκρασίας στο οποίο αυτά αντέχουν. Το ίδιο φαίνεται να συμβαίνει σε ακραίες θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασιακές μεταβολές χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις μεταφοράς ιχθυδίων από ένα χώρο σε έναν άλλο, όπως η μεταφορά γόνου ή περιπτώσεις μεταφοράς ψαριών για εμπλουτισμό. Τα ανώτατα όρια ανοχής της θερμοκρασίας προκαλούν ένα είδος λανθάνουσας ζωής, ενώ τα κατώτερα όρια προκαλούν ένα είδος διαχείμανσης. Άλλωστε, υψηλή θερμοκρασία οδηγεί σε μειωμένη διαλυτότητα οξυγόνου στο νερό, με ότι αυτό μπορεί να σημαίνει για τα ψάρια.

Επιπλέον, οι **περιοδικές μεταβολές της θερμοκρασίας**, που σχετίζονται με την ετήσια περιοδικότητα της αλλαγής της θερμοκρασίας και μπορούν να χαρακτηρισθούν ως **θερμοπερίοδος**, μόνες, ή σε συνδυασμό και με τις μεταβολές της σχετικής διάρκειας ύπαρξης φωτός (διάρκεια ημέρας / νύχτας), που με τη σειρά τους μπορούν να χαρακτηρισθούν ως **φωτοπερίοδος**, αποτελούν εξωτερικό ερέθισμα με το οποίο διεγείρεται η έναρξη ορισμένων βιολογικών και φυσιολογικών λειτουργιών των ψαριών (μετανάστευση, ωρίμανση, γονιμοποίηση, δημιουργία ορμονών κλπ.). Το γεγονός αυτό μπορούμε να εκμεταλευτούμε τεχνητά σε ελεγχόμενα συστήματα και να μεταβάλλουμε την εποχή π.χ. που ωριμάζει και γεννά ένα είδος ψαριού, αλλάζοντας τη θερμοπερίοδο ή / και τη φωτοπερίοδο. Με αυτό τον τρόπο επιτυγχάνεται διαθεσιμότητα γόνου (για καλλιέργεια) σχεδόν όλο το χρόνο για ορισμένα καλλιεργούμενα είδη.

Η επίδραση της θερμοκρασίας στα διάφορα στάδια της ζωής των ψαριών μπορεί να είναι διαφορετική. Κυρίως όμως στα πλέον ευαίσθητα στάδια, που είναι τα αρχικά στάδια της ζωής του ψαριού, αλλαγές ή αποκλίσεις από τα όρια θερμοκρασιακής ανοχής μπορεί να επιφέρουν αλλαγές στα ψάρια, που καθορίζουν την μετέπειτα ανάπτυξη.

Έτσι, η **επίδραση της θερμοκρασίας στην λαρβική ανάπτυξη** είναι ιδιαίτερα σημαντική. Μεταβολές της θερμοκρασίας (ή και της αλατότητας) έχει παρατηρηθεί ότι μπορούν να προκαλέσουν: **α)** αλλαγή στον αριθμό των ουραίων σπονδύλων κατά τη διάρκεια του σχηματισμού των μυομερών του σώματος και **β)** αλλαγή στον αριθμό των ακτίνων των άζυγων πτερυγίων. Ο οργανισμός φαίνεται ότι και στις δύο περιπτώσεις προσπαθεί να προσαρμοστεί σε αλλαγές του περιβάλλοντός του, όπου με μετατροπές του

σώματος του, που προκαλούνται από τη μεταβολή της θερμοκρασίας, προσπαθεί να προσαρμόσει την κίνηση του σε νερό διαφορετικών πυκνοτήτων.

Επίσης, έχει παρατηρηθεί διαφορά στη ανάπτυξη ατόμων του ίδιου είδους, που έζησαν και αναπτύχθηκαν σε διαφορετικές θερμοκρασίες κατά το πρώτο έτος της ζωής τους. Είναι χαρακτηριστικό ότι η αρχική ανάπτυξη μπορεί να καθορίζει μία σειρά μεταβολικών διεργασιών (όπως η συσσώρευση λίπους, η κατά μήκος και βάρος αύξηση κ.ά.), που ακολουθούν το ψάρι στην μετέπειτα ζωή του.

Αλλαγές της θερμοκρασίας του νερού σχετίζονται και με άλλους παράγοντες του περιβάλλοντος, που επιδρούν στα ψάρια.

Η **αύξηση της θερμοκρασίας** σχετίζεται με τη μείωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου, την αύξηση της διαλυτότητας ορισμένων αλάτων, αλλά και την αύξηση του μεταβολισμού των ψαριών (μέχρις ενός θερμοκρασιακού ορίου) και την παράλληλη αύξηση της φυτοπλαγκτονικής και ζωοπλαγκτονικής βιομάζας (εάν οι συνθήκες είναι κατάλληλες), που αποτελούν τροφή (άμεσα ή έμμεσα) για τα ψάρια.

Αντίθετα, οι **χαμηλές θερμοκρασίες** σχετίζονται με αύξηση του διαλυμένου οξυγόνου, μείωση της διαλυτότητας των αλάτων, μείωση του μεταβολισμού των ψαριών και μείωση της φυτοπλαγκτονικής και ζωοπλαγκτονικής βιομάζας.

Κατά τη **μαζική πήξη** του νερού επέρχεται αύξηση της θερμοκρασίας και της αλατότητας, ενώ **κατά την τήξη του πάγου** επέρχεται μείωση της θερμοκρασίας και της αλατότητας.

Οι **περιοδικές αλλαγές στη θερμοκρασία**, που παρατηρούνται στα εύκρατα κλίματα κατά το φθινόπωρο (σταδιακή πτώση της θερμοκρασίας) και κατά την άνοιξη (σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας) είναι υπεύθυνες για την **ανάμιξη των υδάτων** (τα επιφανειακά νερά βυθίζονται και τα βαθύτερα νερά, πλούσια σε θρεπτικά άλατα, έρχονται στην επιφάνεια), που συνήθως ακολουθούνται από φυτοπλαγκτονικές εκρήξεις (φθινοπωρινά και εαρινά bloomings) καθώς αναπτύσσονται ιδιαίτερα ευνοϊκές συνθήκες.

Η θερμοκρασία επηρεάζει άμεσα την αλατότητα και την πυκνότητα του νερού (λόγω εξάτμισης του νερού ή κατακρίμνησης και ιζηματοποίησης διαφόρων αλάτων), τη διαλυτότητα των αερίων όπως του οξυγόνου, καθώς επίσης και τους μεταβολικούς ρυθμούς ορισμένων άλλων οργανισμών, που είναι τροφή ορισμένων ψαριών.

Κατά συνέπεια, η θερμοκρασία και οι μεταβολές της είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που επιδρούν στην βιολογία και οικολογία των ψαριών είτε άμεσα, είτε έμμεσα.

Ιδιαίτερες περιπτώσεις επίδρασης της θερμοκρασίας στη ζωή των ψαριών αναφέρονται στη συνέχεια.

Ενα αποτέλεσμα της πολύ χαμηλής θερμοκρασίας είναι και η **δημιουργία πάγου** στην επιφάνεια του νερού κυρίως σε λίμνες ή κλειστούς κόλπους ή ακόμη και σε εξωτερικές δεξαμενές ή συντριβάνια. Ο σχηματισμός πάγου στην επιφάνεια του νερού από πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, μπορεί να επηρεάσει τη ζωή των ψαριών. Με τον πάγο σχηματίζεται μία μόνωση μεταξύ της ατμόσφαιρας και του νερού κάτω από τον πάγο, αποτρέποντας έτσι την είσοδο του φωτός (και κατά συνέπεια την παραγωγή οξυγόνου από τη φωτοσύνθεση) αλλά και την διάλυση του οξυγόνου της ατμόσφαιρας στο νερό. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η μείωση του διαλυμένου οξυγόνου και παράλληλα η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα και κατά συνέπεια η δημιουργία **ανοξικών συνθηκών**, η οποία μπορεί να οδηγήσει σε μαζικούς θανάτους ψαριών.

Η αποβολή από υδροηλεκτρικά ή πυρηνικά εργοστάσια νερού, που έχει προηγουμένως χρησιμοποιηθεί για την ψύξη των μηχανημάτων τους και κατά συνέπεια έχει μεγαλύτερη θερμοκρασία από την αντίστοιχη θερμοκρασία του περιβάλλοντος (που μπορεί να φτάνει και τους 10-15 °C) μπορεί να οδηγήσει σε **θερμική ρύπανση**, με ιδιαίτερα δυσμενή αποτελέσματα για τα ψάρια. Η οικολογική διαδοχή, που έχει πιθανή συνέπεια την έλλειψη ειδών με τα οποία τρέφονται τα είδη των ψαριών, που ζούσαν σε αυτές τις περιοχές και η μεταβολές στη γεωγραφική κατανομή ενός είδους είναι οι λιγότερο σημαντικές. Η θερμική ρύπανση σε εσωτερικά νερά μπορεί να αποβεί μοιραία.

Όμως, σε πολλές περιπτώσεις, το θερμό νερό τέτοιων εργοστασίων, αλλά και νερό, που αναβλύζει ζεστό από τη γη (**γεωθερμία**) έχει χρησιμοποιηθεί για υδατοκαλλιέργεια σε χώρες με ψυχρά κατά κανόνα κλίματα, αλλά και στη Βόρεια Ελλάδα, με τη βοήθεια κατάλληλων συστημάτων κυκλοφορίας του νερού, δίνοντας τη δυνατότητα καλύτερης και γρηγορότερης ανάπτυξης των εκτρεφόμενων οργανισμών.

Τέλος η θερμοκρασία και οι αλλαγές της είναι δυνατόν να επηρεάσουν συνδυαστικά με άλλους παράγοντες τα ψάρια. Τις έμμεσες επιδράσεις της θερμοκρασίας ή ακόμη τη σύνθετη δράση της θερμοκρασίας με άλλους παράγοντες θα εξετάσουμε όσο είναι δυνατόν παρακάτω, στα πλαίσια κάθε παράγοντα.

2. ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ - ΔΙΑΛΥΜΕΝΑ ΑΛΑΤΑ

Τα διαλυμένα άλατα επιδρούν στα ψάρια μέσα από μεταβολές της ωσμωτικής πίεσης και της πυκνότητας του νερού. Οι ωσμωρυθμιστικοί μηχανισμοί των ψαριών επιτρέπουν την επιβίωσή τους σε κάποιο συγκεκριμένο εύρος διακύμανσης της αλατότητας του νερού.

Σύμφωνα με το χαρακτήρα της εσωτερικής ωσμωτικής πίεσης τα ψάρια διακρίνονται σε 4 κατηγορίες:

1. **Ισοτονικά** : (όπως οι μύξиноι) έχουν υγρά σώματος ισοτονικά με το περιβάλλον νερό
2. **θαλάσσια υπερτονικά** : (όπως οι χονδριχθύες) έχουν εσωτερική πίεση μεγαλύτερη από εκείνη του περιβάλλοντος εξ αιτίας της παρουσίας άφθονων ουρικών αλάτων
3. **υποτονικά** : (όπως οι θαλάσσιοι οστειχθύες) έχουν ωσμωτική πίεση μικρότερη από το νερό του περιβάλλοντος.
4. **υπερτονικά γλυκών νερών** : (όπως οι οστειχθύες των εσωτερικών νερών) έχουν ωσμωτική πίεση μεγαλύτερη από το νερό του περιβάλλοντος λόγω της παρουσίας μεταλλικών αλάτων.

Ανάλογα με το εύρος της αλατότητας, όπως και για κάθε αβιοτικό παράγοντα, υπάρχει μία **άριστη αλατότητα** και ένα εύρος αλατότητας (**προτίμησης**), που τα διάφορα είδη ψαριών προτιμούν να ζουν, ένα εύρος αλατότητας (**ανοχής**) στο οποίο τα ψάρια ανέχονται αλλά δεν θα επέλεγαν να ζήσουν και ένα εύρος αλατότητας (**αντοχής**), πέρα από το οποίο τα διάφορα είδη είτε μεταναστεύουν είτε οδηγούνται στο θάνατο. Ανάλογα με την αντοχή τους στο εύρος διακύμανσης της αλατότητας τα ψάρια διακρίνονται σε **στενόαλα** (που δεν επιδέχονται σημαντικές αλλαγές στην διακύμανση της αλατότητας) και **ευρύαλα** (που επιδέχονται μεγαλύτερες αλλαγές στην διακύμανση της αλατότητας).

Τα είδη των ψαριών, ανάλογα με την προτίμησή τους χωρίζονται σε είδη, που ζουν σε αλμυρό νερό (θαλάσσια), είδη, που ζουν σε γλυκό νερό (ψάρια εσωτερικών υδάτων) και είδη, που μπορούν να ζουν τόσο σε γλυκό όσο και σε αλμυρό νερό (ευρύαλα). Υπάρχουν επίσης ορισμένα είδη, που ζουν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους στη θάλασσα αλλά αναπαράγονται στα γλυκά νερά (όπως ο σολωμός) αλλά και αντίστροφα, είδη τα οποία ζουν το μεγαλύτερο μέρος της ζωής τους και αναπτύσσονται στα εσωτερικά νερά αλλά είτε ωριμάζουν είτε αναπαράγονται στη θάλασσα (όπως το χέλι).

Όπως και με τη θερμοκρασία, η απότομη μεταβολή της αλατότητας είναι δυνατόν να προκαλέσει **ωσμωτικό σοκ** και συχνά προκαλεί το θάνατο στα ψάρια, ανεξάρτητα από το εύρος αλατότητας στο οποίο αυτά αντέχουν. Ο θάνατος μπορεί να προέλθει από ωσμωτικά φαινόμενα που μπορεί να επιφέρουν βλάβες στα λεπτά τριχοειδή αγγεία με αποτέλεσμα να δημιουργούνται εγκεφαλίτιδες κ.ά. Το ίδιο φαίνεται να συμβαίνει σε ακραίες αλατότητες, που μπορεί να παρατηρηθούν σε τμήματα θαλασσιών περιοχών ή περιοχών της λιμνοθάλασσας που αποκόπηκαν περιστασιακά από την επικοινωνία τους με τον κύριο όγκο του νερού, κάτω από τη δράση της εξάτμισης. Με αυτό τον τρόπο δημιουργούνται μικρές υπέραλες λιμνούλες, όπου τα παγιδευμένα ψάρια υφίστανται πολύ υψηλές αλατότητες. Οι μεταβολές της αλατότητας χρειάζονται επίσης ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις μεταφοράς ιχθυδίων από ένα χώρο σε έναν άλλο, όπως η μεταφορά γόνου ή περιπτώσεις μεταφοράς ψαριών για εμπλουτισμό.

Η είσοδος των διαλυμένων αλάτων στο σώμα πραγματοποιείται από τη στοματική κοιλότητα, τα βράγχια (κυρίως) και το δέρμα και πιθανώς επιταχύνουν την αύξηση των ψαριών. Έτσι, όταν η συγκέντρωση των αλάτων φωσφόρου (**P**) στο νερό αυξάνει μέχρι τα 10 mg/l, ο ρυθμός αύξησης του νεαρού οξύρρυγχου είναι ταχύς, η παραπέρα όμως αύξηση της συγκέντρωσης φωσφόρου έδειξε να μην επηρεάζει το ρυθμό αύξησης.

Η κύρια όμως επίδραση των αλάτων στα ψάρια επιτελείται έμμεσα στην τροφή αυτών ή ακόμη και στην τροφή της λείας τους. Έτσι, στις εκβολές και τα δέλτα των ποταμών η είσοδος νερών πλούσιων σε φερτές ύλες αλλά κυρίως σε άλατα φωσφόρου **P** και αζώτου **N** (θρεπτικά άλατα) προκαλεί την ανάπτυξη τεράστιας ποσότητας φυτοπλαγκτού με το οποίο τρέφονται διάφορα καρκινοειδή, που με τη σειρά τους αποτελούν τροφή ψαριών.

Ευνόητο είναι ότι η κατασκευή φραγμάτων μπορεί να δημιουργήσει δυσμενείς συνθήκες για τη διατροφή των ψαριών μέσω της ελάττωσης εισροής των ποτάμιων νερών και της φερτής ύλης τους, ενώ οι φερτές ύλες συσσωρεύονται στα φράγματα καθιστώντας τα σταδιακά ανάκανα να επιτελέσουν το έργο για το οποίο κατασκευάστηκαν.

Σε κλειστούς κόλπους και σε λίμνες, η παρουσία υψηλών συγκεντρώσεων θρεπτικών αλάτων (**ευτροφισμός**) σε συνδυασμό με ορισμένα καιρικά φαινόμενα (όπως υψηλή θερμοκρασία και άπνοια) είναι δυνατό να προκαλέσει φαινόμενα υπερβολικής ανάπτυξης του φυτοπλαγκτού (**άνθιση του νερού** ή Blooming), όπως οι **ερυθρές παλίρροιες**. Τέτοια φαινόμενα είναι δυνατόν να έχουν άμεσες και έμμεσες επιδράσεις στα ψάρια, αλλά και σε άλλους οργανισμούς (όπως το φαινόμενο των βιοτοξινών στα μύδια), που σχετίζονται άμεσα με τα ψάρια. Οι επιδράσεις αυτές μπορεί να είναι : ασφυξία από επικάθιση μάζας

φυτοπλαγκτού στα βράγχια, δηλητηριάσεις από τοξίνες ορισμένων ειδών φυτοπλαγκτού, δημιουργία ανοξικών συνθηκών (κυρίως τη νύχτα) από υπερβολική κατανάλωση του οξυγόνου από το φυτοπλαγκτό (κατά τη διάρκεια των σκοτεινών αντιδράσεων, της παραγωγής διοξειδίου του άνθρακα και κατανάλωσης οξυγόνου), αύξηση του BOD (Biological Oxygen Demand-Βιολογική απαίτηση σε οξυγόνο) και TOD (Total O.D.-Ολική απαίτηση), μείωση της διαπερατότητας του φωτός (και της ορατότητας των ψαριών) λόγω υπερβολικής ανάπτυξης του φυτοπλαγκτού στα επιφανειακά στρώματα, αύξηση της θολότητας, αύξηση της βιομάζας της λείας των ψαριών κ.ά.

Τα φωσφορικά και νιτρικά άλατα ευνοούν την ανάπτυξη των οργανισμών στο νερό, γι' αυτό και ο εμπλουτισμός των νερών των εκτατικών και ημιεντατικών ιχθυοκαλλιεργειών (λιμνοθάλασσες, μεσόκοσμοι, pond farming) με φωσφορικά κυρίως λιπάσματα αλλά και με συνδυασμό Νιτρικών-φωσφωρικών ή και πιά σύνθετων λιπασμάτων είναι συνήθης διαδικασία, που καλείται **λίπανση των υδάτων** και είναι γνωστό ότι προκαλεί την αύξηση της ιχθυομάζας. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε περιπτώσεις λίπανσης των υδάτων γιατί υπερβολική ανάπτυξη της βιομάζας μπορεί να οδηγήσει σε περιπτώσεις ευτροφισμού και ανοξικών καταστάσεων με τελικό αποτέλεσμα τελείως αντίθετο από το αναμενόμενο, δηλαδή την εμφάνιση θανάτων των ψαριών. Η επαρκής τεχνητή οξυγόνωση ή ο τεχνητός αερισμός του νερού σε περιπτώσεις επιλογής της λίπανσης των υδάτων ως λύσης ανάπτυξης της ιχθυομάζας, θα πρέπει να θεωρούνται εκ των προτέρων εξασφαλισμένα γιά την αποφυγή δυσάρεστων συνεπειών και καταστάσεων στη συνέχεια.

Εκτός από τα θρεπτικά άλατα, πολύ σημαντική είναι και η παρουσία άλλων ιόντων αλάτων στο νερό. Η παρουσία ορισμένων αλάτων μετάλλων στο νερό είναι ουσιώδης για την ομαλή ανάπτυξη των ψαριών. Άλατα σιδήρου (Fe^{++}) σε μικρές ποσότητες φαίνεται να διευκολύνουν την εμβρυογένεση.

Γενικά όμως, τα άλατα των μετάλλων και κυρίως των βαρέων μετάλλων σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι τοξικά για τα ψάρια, γιατί προκαλούν κροκίδωση του πρωτοπλάσματος των κυττάρων και πήξη της βλέννας των βραγχίων με αποτέλεσμα τη διακοπή του μεταβολισμού. Ειδικότερα τα **βαρέα μέταλλα** εμφανίζουν αθροιστική συσσώρευση στους οργανισμούς και συσσωρευτική δράση στο οικοσύστημα και στα διάφορα τροφικά πλέγματα. Χαρακτηριστικό παράδειγμα είναι η βιολογική συσσώρευση υδραργύρου (μεθυλικού χλωριωμένου υδραργύρου) στο οικοσύστημα αλλά κυρίως σε τόννους (που είναι ανώτεροι θηρευτές), μετά από διαφυγή του στο περιβάλλον, όπου η συχνή κατανάλωση τόννων και άλλων αλιευμάτων από αλιείς ενός ιαπωνικού ψαράδικου

χωριού (Επεισόδιο ρύπανσης στον κόλπο της Minamata), οδήγησε μέρος των κατοίκων του στο θάνατο, που αναφέρεται επίσημα “ασθένεια της Minamata ή γελαστός θάνατος”.

Η εμφάνιση οξέων στο νερό, που μπορεί να προέρχονται από οξείδια του θείου και του αζώτου (NO_2^- , NO_3^- , SO_3^{2-} , SO_4^{2-}) (όξινη βροχή των εργοστασίων) έχει δυσμενή επίδραση στην αύξηση των ψαριών, μεταβάλλοντας το pH του νερού. Ισχυρές συγκεντρώσεις σίγουρα προκαλούν το θάνατο με την καταστροφή των βραγχίων (θάνατος από ασφυξία) και διείσδυση στα υγρά του σώματος από το πεπτικό σύστημα επιφέροντας ανωμαλίες στο ρυθμό του μεταβολισμού. Η σκληρότητα του νερού (άλατα Ca, Mg) μειώνει τη μεταβολή του pH στις χαμηλές οξύτητες, περιορίζοντας έτσι την τοξική τους δράση.

Τα διάφορα **βιομηχανικά λύματα** μπορούν να αποτελέσουν πρόβλημα για τη διαβίωση των ψαριών, αν διοχετευτούν ανεπεξέργαστα σε υδάτινους αποδέκτες. Χαρακτηριστικά είναι τα παραδείγματα νεκρών ψαριών σε ποτάμια ή σε θαλάσσιους κλειστούς κόλπους. Η τοξικότητα τους έχει ποικίλλο αποτέλεσμα (π.χ. **φαινόλες** - αιμόλυση, **θειικό οξύ** - διακοπή του φυσιολογικού μεταβολισμού των αυγών, **θειικό νάτριο** - διακοπή της ομαλής διαίρεσης του αυγού και ανάπτυξης του εμβρύου). Η ουσιαστικότερη όμως επίδραση τους συνίσταται στην οξειδωση του νερού λόγω αύξησης του COD (Chemical Oxygen Demand-Χημική απαίτηση σε οξυγόνο) και συνεπώς στην ταχεία μείωση της συγκέντρωσης του οξυγόνου.

Εκτός από τα προαναφερθέντα, που βρίσκονται σε σχετικά υψηλές συγκεντρώσεις στο νερό, μία σειρά ιόντων διαφόρων στοιχείων, μπορεί να παίζουν σημαντικό ρόλο στην ομαλή διαβίωση των ψαριών. Τέτοια ιόντα είναι το κάλιο (K^+), το Νάτριο (Na^+), το ασβέστιο (Ca^{++}), το μαγνήσιο (Mg^{++}), το χλώριο (Cl^-), και τα θειικά (SO_4^{--}) και διτανθρακικά [$(\text{CO}_3^{--})_2$] ανιόντα τα οποία όμως σε υψηλές συγκεντρώσεις είναι τοξικά.

Ιόντα, που βρίσκονται σε ιδιαίτερα μικρές συγκεντρώσεις στο νερό, όπως ο ψευδάργυρος (Zn), ο χαλκός (Cu), το μαγγάνιο (Mn), το φθόριο (F), το ιώδιο (I), το βόριο (B), το στρόντιο (Sr), το βανάδιο (V), το κοβάλτιο (Co), το πυρίτιο (Si), το μολυβδένιο (Mo) κ.ά., αλλά εντούτοις είναι απαραίτητα για τον οργανισμό των ψαριών καλούνται **ιχνοστοιχεία**. Τα περισσότερα από αυτά μπορούν να λειτουργήσουν ως καταλύτες βιοχημικών αντιδράσεων και για το λόγο αυτό η παρουσία τους είναι απαραίτητη έστω και σε ελάχιστες συγκεντρώσεις, ενώ πλήρης απουσία τους μπορεί να έχει ως συνέπεια τη μη ομαλή ανάπτυξη των ψαριών. Αυτός άλλωστε εκτός των άλλων είναι και ο λόγος που είναι δύσκολο να δημιουργήσουμε τεχνητό θαλασσινό νερό για μεγάλης κλίμακας ενυδρεία.

3. ΝΕΡΟ - ΠΛΕΥΣΤΟΤΗΤΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

Το νερό είναι το περιβάλλον μέσα στο οποίο τα ψάρια ζούν και κινούνται. Έτσι, η επίδραση πολλών αβιοτικών παραγόντων ασκείται έμμεσα με τις μεταβολές που προκαλούν οι παράγοντες αυτοί στην υδάτινη στήλη.

Η **πυκνότητα του νερού** επηρεάζεται από την αλατότητα (διαλυμένα άλατα στο νερό) και τη θερμοκρασία. Αύξηση της αλατότητας προκαλεί αντίστοιχα αύξηση της πυκνότητας του νερού, με όλα τα γνωστά από τη φυσικοχημεία αποτελέσματα. Αντίθετα, αύξηση της θερμοκρασίας (πάνω από τους 4 °C, όπου το νερό παρουσιάζει τη μέγιστη πυκνότητα) προκαλεί μείωση της πυκνότητας του νερού.

Τα ψάρια έχουν κατά κανόνα ειδικό βάρος μεγαλύτερο του νερού, αφού φέρουν κατασκευές με μεγαλύτερο ειδικό βάρος (π.χ. οστά ή χόνδρους, μυς, όργανα κ.λ.π.). Στα ψάρια μέσα στο νερό εξασκούνται δύο δυνάμεις στον κατακόρυφο άξονα. Αυτές είναι το **βάρος**, με τάση να βυθίσει τα ψάρια και η **άνωση**, που είναι αντίθετης φοράς από το βάρος και ωθεί τα ψάρια προς την επιφάνεια. Για να αποφύγουν τα ψάρια τη βύθισή τους αλλά και γιά να είναι σε θέση να παραμένουν σε ένα επιθυμητό βάθος, θα πρέπει να είναι σε θέση να ρυθμίζουν την πλευστότητά τους. Γιά να το επιτύχουν αυτό θα πρέπει να μπορούν να ρυθμίζουν το ειδικό τους βάρος, με τρόπο ώστε οι δύο δυνάμεις (βάρος και άνωση) να έχουν ανυσματικό άθροισμα σχεδόν 0 και έτσι στον κατακόρυφο άξονα να μην ασκείται καμμία δύναμη. Η κατάσταση αυτή (δηλ. στον κατακόρυφο άξονα η συνισταμένη δύναμη να είναι 0 ώστε τα ψάρια να παραμένουν στο επιθυμητό βάθος) ονομάζεται **ουδέτερη πλευστότητα**.

Στόχος των μηχανισμών ρύθμισης της πλευστότητας των ψαριών είναι να επιτυγχάνεται **ουδέτερη πλευστότητα** στο επιθυμητό βάθος, γεγονός που έχει ως αποτέλεσμα την εξοικονόμηση ενέργειας, που σε διαφορετική περίπτωση θα καταλάωνε το ψάρι για κολύμβηση, ώστε να διατηρήσει τη θέση του στο βάθος αυτό.

Γά την ρύθμιση της πλευστότητάς τους πολλά ψάρια διαθέτουν τη νηκτική κύστη. Η νηκτική κύστη ρυθμίζει την πλευστότητα των ψαριών με τη ρύθμιση (αυξομείωση) του όγκου του αερίου (O₂, N, CO₂) που υπάρχει στη νηκτική κύστη. Διαφυγή αερίου (μείωση του όγκου του αερίου) προκαλεί αύξηση του ειδικού βάρους και κατά συνέπεια βύθιση των ψαριών, ενώ αντίστροφα, προσρόφηση ή δημιουργία αερίου στη νηκτική κύστη προκαλεί μείωση του ειδικού βάρους και κατά συνέπεια ανάδυση των ψαριών.

Ψάρια, που δεν διαθέτουν νυκτική κύστη έχουν κατά κανόνα ειδικό βάρος σώματος σχετικά κοντά με το ειδικό βάρος του νερού στο οποίο ζουν. Αυτό το έχουν επιτύχει εξελικτικά με τη μείωση του βάρους τους εξ αιτίας της αύξησης της σχετικής περιεκτικότητά τους σε λίπη στα διάφορα όργανα και την μείωση του βάρους των σκληρών κατασκευών. Έτσι, η ρύθμιση της πλευστότητας γίνεται με την αύξηση του περιεχομένου των ιστών σε λίπος και το φαινόμενο αυτό είναι χαρακτηριστικό του είδους, το οποίο έχει επιλεγεί εξελικτικά. Το φαινόμενο έχει παρατηρηθεί σε ορισμένα ψάρια, που ζούν σε μεγάλα βάθη.

Μεταβολές του ειδικού βάρους των παρατηρούνται επίσης εποχιακά ανάλογα με την τροφική κατάσταση και την ευρωστία του ψαριού και το ποσοστό του περιεχόμενου στους ιστούς και τα εσωτερικά όργανα λίπους.

Η έλλειψη της νηκτικής κύστης σε ορισμένα άλλα είδη αναγκάζει τα ψάρια να διατηρούν την ισορροπία τους με την κίνηση των πτερυγίων (τόνος, καρχαρίας, σκουμπρί). Στην κατηγορία αυτή των ψαριών η μετακίνηση κατακορύφως (αλλαγή βάθους) πραγματοποιείται ταχύτατα σε αντίθεση με τα ψάρια που φέρουν νηκτική κύστη και στα οποία η κατακόρυφη μετακίνηση είναι σχετικά αργή.

Σε απότομες μεταβολές της υδροστατικής πίεσης, τα αέρια της νηκτικής κύστης είναι δυνατό να προκαλέσουν υπερβολική διόγκωση της νηκτικής κύστης ή και των ματιών και έξοδο μέρους του πεπτικού σωλήνα από το στόμα. Η διόγκωση της νηκτικής κύστης οφείλεται σε εκτόνωση του αερίου της κύστης λόγω μείωσης της εξωτερικής πίεσης και είναι πιθανό να συμβεί σε βαθυπελαγικά ψάρια, όταν δεν υπάρχει σύνδεση της νηκτικής κύστης με τον πεπτικό σωλήνα (φυσόκλειστοι). Αυτό συχνά παρατηρείται όταν τα ψάρια ανασύρονται κατά την αλίευση, με δυναμικά κυρίως αλιευτικά εργαλεία (όπως γρι-γρί ή μηχανότρατες), από τα βάθη που ζούν, στην επιφάνεια (στο σκάφος).

Η ουδέτερη πλευστότητα είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες που σχετίζονται με την επιβίωση και την επιτυχή αναπαραγωγή. Έτσι, σε διαφορετικά στάδια της ζωής των ψαριών επιδιώκεται η ουδέτερη πλευστότητα. Στη φάση του αυγού και της λάρβας ο τρόπος καθορισμού της πλευστότητας εξαρτάται κυρίως από το ειδικό τους βάρος και τον όγκο σε σχέση με την επιφάνεια. Τόσο τα αυγά, όσο και οι λάρβες έχουν κατά κανόνα ειδικό βάρος μεγαλύτερο από το νερό. Η μείωση του ειδικού βάρους τους ή η αύξηση του όγκου μπορεί να γίνει με διάφορους τρόπους σε διαφορετικά είδη. Η μείωση του ειδικού βάρους των αυγών είναι ιδιαίτερα σημαντική για την επιτυχή αναπαραγωγή, την εκκόλαψη και την επιβίωση των νεαρών ψαριών. Εάν τα αυγά βυθιστούν, πιθανά δεν θα γονιμοποιηθούν ή θα γίνουν βορά θηρευτών αλλά και αν ακόμη γονιμοποιηθούν και

εκκολαφθούν, οι προνύμφες δεν θα καταφέρουν να επιβιώσουν μακριά από την επιφάνεια και την εύφωτη ζώνη, όπου κατά κανόνα οι συνθήκες είναι ευνοϊκότερες (αφθονία τροφής, θερμοκρασία κ.λ.π.).

Η μείωση του ειδικού βάρους των αυγών ή η σχετική αύξηση του όγκου τους είναι τρόποι αποφυγής της βύθισης και ρύθμισης της πλευστότητάς τους. Αυτό μπορεί να γίνει :

α) με την παρουσία ενός ή περισσότερων **σταγονιδίων ελαίου**, που φαίνεται να είναι ο πλέον συνήθης τρόπος ρύθμισης της πλευστότητας. Εμφανίζεται στους περισσότερους οστεϊχθύες. Οι σταγόνες λαδιού μειώνουν το ειδικό βάρος του αυγού, αφού το λάδι έχει ειδικό βάρος μικρότερο από το νερό.

β) με την **αραίωση της λεκίθου** (που παρατηρείται στον κέφαλο), και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου του αυγού με αντίστοιχη μείωση του ειδικού βάρους.

γ) με το **γέμισμα** του εξωτερικού διαστήματος **του λεκιθικού σάκου με νερό** (που παρατηρείται στον κινέζικο κυπρίνο) και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου του αυγού και κατά συνέπεια την αύξηση της άνωσης

δ) με **διόγκωση της μεμβράνης του αυγού** που παρατηρείται σε ορισμένα είδη και έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση του όγκου του αυγού και κατά συνέπεια αύξηση της άνωσης.

ε) με την **ύπαρξη τριχιδίων ή μικρών εξογκωμάτων** στα αυγά ορισμένων ειδών, με αποτέλεσμα να αυξάνεται η επιφάνεια και κατά συνέπεια να μειώνεται η ταχύτητα βύθισης.

Όλοι οι παραπάνω μηχανισμοί εμφανίζονται μόνο στα αυγά που ελευθερώνονται στην υδάτινη στήλη (πελαγικά αυγά), επιτρέποντας έτσι την πλευστότητα των αυγών ή την παραμονή μέχρι την εκκόλαψή τους σε ένα ορισμένο βάθος (κοντά στην επιφάνεια και σχετικά μακριά από τον πυθμένα), που είναι απαραίτητη προϋπόθεση για την επιβίωση τόσο των αυγών όσο και των μετέπειτα λαρβιών.

Στις λάρβες, η ρύθμιση της πλευστότητας είναι κατά κανόνα αποκλειστικό αποτέλεσμα του ειδικού τους βάρους, αφού δεν διαθέτουν (ακόμη) νυκτική κύστη, ούτε άμεση ικανότητα κολύμβησης. Έτσι, η περιεκτικότητά τους σε λίπος στους διάφορους ιστούς αλλά κυρίως στο λεκιθικό σάκκο (που μειώνει το ειδικό βάρος) και η ύπαρξη τριχοειδών προεξοχών (που αυξάνουν την επιφάνεια του σώματος) αποτελούν το κύριο όπλο τους ενάντια στη βύθιση, που θα είχε ως αποτέλεσμα το θάνατό τους.

4. ΦΩΣ

Το φως είναι ένας παράγοντας του περιβάλλοντος, που επηρεάζει έμμεσα και άμεσα τα ψάρια. Η φωτεινότητα σε ένα ορισμένο βάθος είναι συνάρτηση της διείσδυσης του φωτός και του μέσου από το οποίο διέρχεται. Έτσι, η γωνία πρόσπτωσης του φωτός (που σχετίζεται με την εποχή και την ώρα της ημέρας) και η θολότητα του νερού (που αναλύεται παρακάτω) είναι οι κυριότεροι παράγοντες που επηρεάζουν την ένταση του φωτός σε ένα ορισμένο βάθος.

Τα περισσότερα ψάρια αντιλαμβάνονται το φως με τα μάτια και τις φωτοευαίσθητες κηλίδες. Γενικά, διακρίνουν με ευκρίνεια αντικείμενα σε απόσταση 1 μέτρου με μέγιστη οπτική απόσταση περίπου 15 μ. Το μικρό αυτό οπτικό πεδίο οφείλεται στην κατασκευή των φακών που είναι περισσότερο σφαιρικοί απ' ό τι στα σπονδυλωτά της ξηράς. Το οριζόντιο οπτικό πεδίο της πέστροφας είναι 160-170° και το κάθετο 150°. Επειδή τα μάτια έχουν θέση αρκετά πλάγια εξαιτίας της κατασκευής του σώματος, η διόφθαλμη όραση έχει οπτικό πεδίο 20-30° ενώ του ανθρώπου 120°. Αντικείμενα έξω από το νερό γίνονται ορατά μόνο όταν εμπίπτουν στη γωνία των 48,8° με την κάθετο. Είναι προφανές ότι το ψάρι όσο περισσότερο βυθίζεται τόσο περισσότερα αντικείμενα μπορεί να δει έξω από το νερό και το αντίθετο. Υπάρχουν πάντως και εξαιρέσεις, όπως στα ψάρια του γένους *Anableps* (*Anablepidae*), που παρουσιάζουν την εξής ιδιομορφία : τα μάτια του είναι χωρισμένα σε δύο τμήματα, το ένα έχει την ικανότητα να βλέπει στον αέρα, ενώ το κάτω βλέπει στο νερό, έτσι το ψάρι κολυμπά ακριβώς στην επιφάνεια του νερού.

Γενικότερα, η **θέση και το μέγεθος των ματιών** σχετίζονται άμεσα με τη βιολογία του είδους και είναι εξελικτικό γνώρισμα των διαφόρων ειδών. Έτσι, μεγαλύτερη διόφθαλμη όραση σχετίζεται με την ικανότητα προσδιορισμού της απόστασης ενός αντικειμένου και απαντάται συνήθως στους θηρευτές, ενώ η πλάγια θέση των ματιών σχετίζεται με την ανάγκη αντίληψης του χώρου και παρατηρείται συνήθως σε είδη που υφίστανται θήρευση. Στα ψάρια, που ζουν κοντά στην εύφωτη ζώνη, τα μάτια δεν είναι ιδιαίτερα μεγάλα σε σχέση με το κεφάλι και το σώμα. Αντίθετα, στα ψάρια, που ζούν σε βάθη που το φως είναι περιορισμένο τα μάτια παρουσιάζονται μεγάλα σε σχέση με το κεφάλι και το σώμα. Τέλος, εκεί που το φως είναι πρακτικά μηδέν (πολύ μεγάλα βάθη ή σπήλαια, τα μάτια μπορεί να έχουν υποπλαστεί ή και να λείπουν τελείως, και η αντίληψη του χώρου γίνεται με άλλες αισθήσεις πλην της όρασης (με μηχανικό ή χημικό τρόπο όπως η αφή με μουστάκια ή άλλα ανάλογα αισθητήρια όργανα, πλευρική γραμμή κ.λ.π. ή οσφρηση κ.λ.π.)

Στα μεσο- και βαθυ- πελαγικά ψάρια το φαινόμενο της βιοφωταύγειας (βιολογικού φωτισμού) είναι συνηθισμένο. Αυτό επιτυγχάνεται από τα διάφορα είδη :

α) με τη βοήθεια ειδικών οργάνων παραγωγής φωτός (φωτοφόρα) διάσπαρτων σε διάφορα μέρη του σώματος, που είναι και συστηματικά γνωρίσματα των διαφόρων ειδών

β) με επιδερμικούς βλεννώδεις αδένες οι οποίοι περιέχουν μία ουσία (λουσιφερίνη-λουσιφεράση) που φωσφορίζει και εκπέμπει ασθενές φως που στο βαθύ σκοτάδι κάνει το ψάρι κυριολεκτικά να λάμπει.

γ) με τη συμβίωση ειδικών βακτηρίων σε επιδερμικούς ιστούς του ψαριού (όπως στο ψάρι Photoblepharon)

Η εκπομπή του βιολογικού φωτισμού διευκολύνει τη συνεύρεση άλλων ατόμων για το σχηματισμό αγέλης, την εύκολη ανεύρεση του άλλου φύλου κατά την αναπαραγωγική περίοδο, και την προσέλκυση λείας ή την αποφυγή των θηρευτών (με απότομη εκπομπή έντονου φωτός στο σκοτεινό περιβάλλον των βαθιών νερών).

Το φως **επιδρά στην πορεία ωρίμανσης των γονάδων**. Η φωτοπερίοδος στις διάφορες εποχές του έτους μαζί με τη θερμοκρασία φαίνεται να είναι οι πλέον καθοριστικοί παράγοντες για την έναρξη της διαδικασίας ωρίμανσης και την έναρξη της αναπαραγωγής. Η μεγαλύτερη ένταση φωτός μαζί με την παρατεταμένη φωτοπερίοδο στα τροπικά κλίματα πιθανόν να είναι η αιτία για τη συνεχή αναπαραγωγή όλο το χρόνο.

Τα ψάρια έχουν προσαρμόσει τις ικανότητές τους να βλέπουν φως διαφορετικής έντασης. Τα ραβδία στον αμφιβληστροειδή εξυπηρετούν την όραση σε αδύνατο φως και τα κωνία σε έντονο φως. Οι ακτίνες των διαφόρων μηκών κύματος του φωτός παρουσιάζουν διαφορετική απόσβεση (απορρόφηση) όταν διαπερνούν την υδάτινη μάζα. Το κόκκινο φως απορροφάται ταχύτερα (σε βάθος 1 μ. τα 25% έχουν ήδη απορροφηθεί) και τελευταίο το ιώδες (στο ίδιο βάθος μόνο τα 3%) που αποσβήνεται τελείως στα 100 μ. βάθος. Σε αυτό το βάθος τα διάφορα χρώματα δύσκολα διακρίνονται ενώ σε βάθη > 1500 μ. επικρατεί πλήρες σκοτάδι που διαταράσσεται μόνο από το βιολογικό φωτισμό. Σκοτάδι επικρατεί επίσης και στα ψάρια που ζούν σε σπήλαια. Στην περίπτωση αυτή παρατηρείται σταδιακή προσαρμοστική μετάβαση των ματιών από ικανοποιητική όραση ως πλήρη τύφλωση.

Το οπτικό φάσμα των ψαριών ποικίλλει από είδος σε είδος, είναι όμως μεγαλύτερο σε ψάρια που ζούν στην ακτή και στην επιφάνεια του νερού και μικρότερο στα βαθυπελαγικά ψάρια. Έχει αποδειχθεί ότι τα περισσότερα ψάρια μπορούν να διακρίνουν χρώματα και ακόμη να μεταβάλλουν το χρώμα του δέρματος τους ανάλογα με το χρώμα του

περιβάλλοντος όπου διαβιούν. Όταν δοθεί στα ψάρια μία σειρά από διαφορετικά υποστρώματα θα διαλέξουν το χρώμα εκείνο για το οποίο έχουν προσαρμοστεί φυσιολογικά και κατά συνέπεια θα μεταβάλλουν το χρώμα του σώματός τους σύμφωνα με εκείνο που αντιστοιχεί στο δέρμα τους. Η ικανότητα αυτή προσαρμογής οφείλεται μάλλον στην οπτική διέγερση των ματιών. Αυτό αποδεικνύεται από το γεγονός ότι όταν στο φασί (είδος γλώσσας) το κεφάλι του βρίσκεται σε διαφορετικό υπόστρωμα (άσπρο) από ότι το σώμα (μαύρο) το χρώμα του δέρματος παίρνει την ασπριδερή χροιά.

Οι χρωματισμοί των ψαριών που οφείλονται στην εξελικτική προσαρμοστικότητα του χρώματος στο περιβάλλον που ζούν, διακρίνονται στους παρακάτω:

α) πελαγικός χρωματισμός - ράχη γενικά σκούρα γαλάζια ή πράσινη ή καφέ και κοιλιά ασημόχρωμη (ρέγγα, γαύρος, σκουμπρί κ.λ.π.). Με αυτό τον τρόπο το χρώμα του ψαριού είναι ίδιο με το χρώμα του περιβάλλοντος, δηλαδή σκούρο σε φόντο σκούρο (βαθεία νερά) όταν κοιτάμε από πάνω και ασημί φωτεινό όταν κοιτάμε από κάτω προς τα επάνω.

β) φυτικός χρωματισμός - καφέ, πράσινη ή κίτρινη ράχη με εγκάρσιες κηλίδες ή λουρίδες στα πλάγια. Είναι φυτόφιλα γενικά ψάρια (τούρνα, πέρκα) και ψάρια των κοραλλιογενών υφάλων και ζούν στην εύφωτη ζώνη.

γ) βενθικός χρωματισμός - σκούρα ράχη και πλευρές αλλά καμιά φορά με σκούρες κηλίδες και ανοιχτόχρωμη κοιλιά. Ο βενθικός χρωματισμός διακρίνεται σε **χρωματισμό ρυακιού** όταν κυριαρχούν σκούρες κηλίδες στα πλάγια του σώματος μαζί πολλές φορές με επιμήκεις λουρίδες (όπως π.χ. η πέστροφα), άτομα δηλαδή που ζούν σε πετρώδες υπόστρωμα με διάφανο νερό. Τα βενθικά ψάρια των στάσιμων νερών παρουσιάζουν μία κάπως άτονη εμφάνιση των χρωμάτων (μερικός αποχρωματισμός).

δ) ο χρωματισμός αγέλης έχει επίσης προσαρμοστική σημασία, γιατί διευκολύνει τον προσανατολισμό των διάφορων ατόμων μεταξύ τους στο κοπάδι. Συνίσταται από μία ή περισσότερες κηλίδες στις πλευρές ή στο ραχιαίο πτερύγιο ή από μία σκοτεινή επιμήκη λουρίδα. Με αυτό τον τρόπο δίνει τη δυνατότητα ακριβούς προσανατολισμού στα αμέσως διπλανά άτομα και σχετίζεται άμεσα με τη συνεκτικότητα του κοπαδιού, που με τη σειρά της έχει ως συνέπεια καλλίτερη υδροδυναμική για ολόκληρο το κοπάδι και γυσικά ενεργειακό κέρδος (με την ίδια ενέργεια διανύονται μεγαλύτερες αποστάσεις). Άλλωστε οι κηλίδες μπορούν να χρησιμοποιηθούν και ως σινιάλα σε περίπτωση επίθεσης (άν ένα ψάρι αντιληφθεί κίνδυνο εγκαταλείπει τη θέση του και αυτό, δηλαδή η μετακίνηση της

κηλίδας του διπλανού ψαριού λειτουργεί ως σήμα που έχει ως αντίδραση την εγκατάληψη της θέσης και του διπλανού ψαριού, με αποτέλεσμα το γεγονός αυτό να μεταδίδεται αστραπιαία στο κοπάδι.

ε) ο χρωματισμός των βαθυπελαγικών ψαριών είναι σκοτεινός (καφέ σκούρο κ.λ.π.) ή τελείως μαύρος και σε ορισμένες φορές έχει κόκκινες αποχρώσεις. Το κόκκινο χρώμα απορροφάται στα ανώτερα στρώματα (2-10 μέτρα) και στα μεγάλα βάθη εμφανίζεται ως μαύρο και δε διακρίνεται εύκολα από τους θηρευτές (ουδέτερος χρωματισμός). Η ύπαρξη φωτοφόρων οργάνων είναι επίσης συχνή.

στ) χρωματισμός προειδοποίησης. Ορισμένα ψάρια (κυρίως των κοραλιογενών υφάλων ή των ρηχών σχετικά νερών) έχουν έντονα χρώματα, ή έντονες ραβδώσεις ή κηλίδες (πορτοκαλί κίτρινες ή κόκκινες σε σκούρο φόντο ή αντίστροφα). Τα ψάρια αυτά είναι σηνήθως δηλητηριώδη ή τοξικά και ο χρωματισμός τους είναι προειδοποίηση για τους υποψήφιους θηρευτές.

ζ) μιμητικός χρωματισμός. Ορισμένα είδη ψαριών μιμούνται το χρωματισμό άλλων ειδών (με τα οποία δεν έχουν καμμία συστηματική συγγένεια), εκμεταλευόμενα το γεγονός ότι τα ψάρια τα οποία μιμούνται έχουν κάποια χαρακτηριστική ιδιότητα και τα αποφεύγουν οι θηρευτές (π.χ. είναι τοξικά ή δηλητηριώδη). Άλλες πάλι φορές μπορεί να φέρουν μία κηλίδα στο ουραίο πτερύγιο σε θέση σχεδόν συμμετρική με το μάτι (κατά τον άξονα συμμετρίας). Με αυτό τον τρόπο, κοιτάζοντάς τα από το πλάϊ δίνουν την εντύπωση ενός πολύ μεγαλύτερου κεφαλιού ψαριού στο θηρευτή ή μπερδεύουν το θηρευτή καθώς δεν είναι εύκολο να ξεχωρίσει το κεφάλι από την ουρά του ψαριού

Πολλές φορές τα ψάρια εμφανίζουν μεταβολές στο χρωματισμό κατά τη διάρκεια της ζωής τους. Μεταβολές του χρωματισμού παρατηρούνται στις εξής περιπτώσεις :

α) όταν το ψάρι αλλάζει βιότοπο κατά την περίοδο της ανάπτυξής του. Κοινή περίπτωση είναι ο σολωμός που μεταναστεύει από το ποτάμι (χρωματισμός ρυακιού) στη θάλασσα (πελαγικός χρωματισμός) ή το μπαρμπούνι, που από πελαγικό γίνεται βενθικό.

β) ημερήσιες μεταβολές, π.χ. χρωματισμός αγέλης την ημέρα στα Characinidae και φυτικός τη νύχτα.

γ) γαμήλιος χρωματισμός κατά την περίοδο της αναπαραγωγής που είναι δυνατόν να παρατηρηθεί στο ένα (π.χ. στη μαρίδα) ή και στα δύο φύλλα.

δ) αλλαγή του χρωματισμού ανάλογα με το υπόστρωμα που βρίσκεται το ψάρι (εμφανίζεται σε ορισμένα είδη γλώσσας).

ε) σταδιακός αποχρωματισμός ή αλλαγή χρώματος όταν η διατροφή δεν είναι κατάλληλη, ή το φώς είναι διαφορετικής έντασης (λόγω π.χ. μεγάλης θολότητας ή μέσα σε κλειστούς χώρους όπως ενυδρεία) ή το βάθος διαβίωσης και η πίεση είναι διαφορετική.

Οι άμεσες λοιπόν επιδράσεις του φωτός αναφέρθηκαν παραπάνω και σχετίζονται με το χρωματισμό του σώματος, τις μετακινήσεις και μεταναστεύσεις, την πορεία ωρίμανσης και την αναπαραγωγή και την ανάπτυξη, την διατροφή και την αποφυγή των εχθρών.

Το φώς όμως επηρεάζει και **έμμεσα** την παρουσία των ψαριών στο περιβάλλον, επιδρώντας στην **κατανομή της λείας** τους και τη διαθεσιμότητά της και κατά συνέπεια στην **μεταβολή της οριζόντιας αλλά και κατακόρυφης κατανομής των ψαριών**, καθώς αποτελεί βασικό παράγοντα της δημιουργίας οργανικής ύλης μέσω της φωτοσύνθεσης των υδρόβιων φυτών και του φυτοπλαγκτού.

Επίσης, το φώς ως βασικός παράγοντας της φωτοσύνθεσης σχετίζεται άμεσα με την παραγωγή οξυγόνου και τη δέσμευση διοξειδίου του άνθρακα (κατά τις φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης).

5. ΘΟΛΟΤΗΤΑ

Οφείλεται στην παρουσία διαλυμένων (dissolved) και αιωρούμενων (suspended ή particulate) σωματιδίων στο νερό. Η ποσότητα αυτών καθορίζει και το βαθμό **διαφάνειας του νερού** ή με άλλα λόγια τη μείωση της διαπερατότητας του φωτός. Τα σωματίδια προέρχονται από θρύμματα οργανικής (βιογενή) ή ανόργανης φερτής ύλης ή και από αναταραχή του ιζήματος του πυθμένα (συνήθως λασπώδους ή ιλυσιαργιλώδους). Ως παράγοντες θολότητας θεωρούνται επίσης οι ζωντανοί ή νεκροί φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί, που βρίσκονται σε αιώρηση στη στήλη του νερού. Η θολότητα του νερού μετριέται με **θολόμετρα**. Σχετικές ενδείξεις της θολότητας μπορούμε να έχουμε από **φασματοφωτόμετρα** και με όργανα μέτρησης της διαύγειας των νερών (**δίσκος του Secchi**)

Σε μεγάλες ποσότητες η παρουσία διαλυμένων (D.O.M., Dissolved Organic Matter) και αιωρούμενων (P.O.M., Particulate Organic Matter) σωματιδίων στο νερό μπορεί να προκαλέσει αναπνευστική δυσλειτουργία ή ακόμη και ασφυξία στα ψάρια, γιατί τα

αιωρούμενα σωματίδια είναι δυνατό να επικολλώνται στα βράγχια των ψαριών, επιφέροντας μείωση της αναπνευστικής επιφάνειας των βραγχίων ή μερική καταστροφή τους.

Σε συνδυασμό με τη ροή του νερού, η θολότητα πολλές φορές δημιουργεί δυσκολίες στην όραση και ορισμένες φορές βλάβες στα μάτια των ψαριών. Ψάρια προσαρμοσμένα να ζούν σε θολά νερά προφυλάσσονται με έκκριση βλέννας από το δέρμα τους, που έχει την ικανότητα να δημιουργεί κρόκους (θρόμβους) με τα αιωρούμενα στερεά, με αποτέλεσμα την ταχεία καθίζηση τους στον πυθμένα. Άλλα πάλι ψάρια, προσαρμοσμένα σε έντονη κίνηση νερού, που μεταφέρει πολλά διαλυμένα και αιωρούμενα σωματίδια έχουν ένα είδος μεμβράνης, που καλύπτει τα μάτια για να αποφεύγονται βλάβες στα ζωτικά αυτά όργανα.

Η θολότητα του νερού σχετίζεται επίσης με την ποσότητα των φυτοπλακτονικών οργανισμών που υπάρχουν σε αυτό. Υψηλές συγκεντρώσεις φυτοπλακτονικών οργανισμών στη στήλη του νερού αυξάνουν τη θολότητα και μειώνουν τη διείσδυση του φωτός σε βαθύτερα στρώματα νερού. Τα φαινόμενα του ευτροφισμού και των “ πράσινων νερών “ είναι χαρακτηριστικά και σχετίζονται τόσο με την ύπαρξη θρεπτικών αλάτων, όσο και με την ύπαρξη συγκεκριμένων συνθηκών, που έχουν ήδη αναλυθεί.

Η θολότητα του νερού μπορεί επίσης να αυξάνει από την βιολογική δραστηριότητα ορισμένων οργανισμών. Η **βιοανάδευση** ως βιολογική δραστηριότητα ορισμένων οργανισμών, που ζουν στο ίζημα και το ανακατεύουν είτε ψάχνοντας για τροφή είτε προσπαθώντας να δημιουργήσουν στοές ή φωλιές έχει ως συνέπεια την τοπική αύξηση της θολότητας. Τα διάφορα **ρεύματα ή ο κυματισμός** από την αιολική δράση σε συνδυασμό με το υποστρώμα μπορεί να δημιουργήσουν θολότητα σε νερά παράκτιων περιοχών, που έχουν μικρά σχετικά βάθη. Σε υποστρώματα υλύος ή σε υλιοαργιλώδη υποστρώματα ή ακόμη σε υποστρώματα ψιλής άμμου, η θολότητα μπορεί να είναι έντονη. Το γεγονός αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις εγκατάστασης μονάδων μυδοκαλλιέργειας, καθώς τα μύδια, ως διηθηματοφάγοι οργανισμοί, κινδυνεύουν με απόφραξη των βραγχίων τους και μείωση της διατροφικής τους ικανότητας και συνεπώς της ανάπτυξής τους.

Σε ειδικές περιπτώσεις, (όπως ορισμένοι κρατήρες σε κοραλιογενείς υφάλους ή ορισμένα υποθαλάσσια σπήλαια), όπου δεν υπάρχει έντονη ή καθόλου κίνηση του νερού δημιουργούνται πολλές φορές ειδικές συνθήκες. Σε τέτοιες περιοχές, η φυτοπλακτονική παραγωγή των ανωτέρων στρωμάτων, όταν νεκρωθεί, βυθίζεται και καθιζάνει στον

πυθμένα. Εκεί αποσυντίθεται και τα κατώτερα στρώματα του νερού προς τον πυθμένα είναι ιδιαίτερα πλούσια σε διαλυμένα και αιωρούμενα σωματίδια, που έχουν ως συνέπεια την υπερβολική αύξηση της θολότητας με μικρή ανάδευση. Τέτοιες περιοχές είναι ιδιαίτερα επικίνδυνες σε περίπτωση κατάδυσης γιατί μπορεί κανείς πολύ εύκολα να χάσει τον προσανατολισμό του και να μην καταφέρει να βγει στην επιφάνεια.

6. ΟΞΥΓΟΝΟ

Το οξυγόνο είναι επίσης ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες του περιβάλλοντος, που επιδρά στη ζωή των ψαριών. Είναι το απαραίτητο αέριο για την αναπνοή και τις διάφορες βιολογικές οξειδώσεις (καύσεις) όλων των ζωντανών οργανισμών. Το οξυγόνο βρίσκεται διαλυμένο στο νερό. Η διαλυτότητα του οξυγόνου στο νερό είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας. Σε χαμηλές θερμοκρασίες η συγκέντρωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου είναι υψηλή ενώ αντίστροφα, σε υψηλές θερμοκρασίες η συγκέντρωση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου είναι χαμηλή.

Τα βράγχια είναι το κύριο όργανο για τη λειτουργία της αναπνοής στα ψάρια. Εκεί γίνεται η απορρόφηση του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου και η μεταφορά του στη συνέχεια στα διάφορα όργανα από το αίμα. Στα λαρβικά στάδια, όπου η ανάπτυξη των βραγχίων δεν έχει ακόμη ολοκληρωθεί, η ανταλλαγή των αερίων για την αναπνοή επιτελείται με τη δημιουργία ολόκληρου δικτύου αγγείων αίματος στο λεκιθικό σάκο, που αντικαθίσταται σταδιακά από ένα δίκτυο αγγείων στις πτυχώσεις των πτερυγίων.

Διάφορες προσαρμογές των ψαριών βοηθούν στην είσοδο νερού στα βράγχια, όταν η στοματική κοιλότητα δε βοηθάει σ' αυτό. Τέτοιες προσαρμογές έχουν παρατηρηθεί και είναι : ή ύπαρξη στομίου στις ρίνες, η κίνηση των πτερυγίων στα εξοπλισμένα ψάρια με βαρεία θωράκιση κ.ά. Στους κυκλόστομους, εξαιτίας του παρασιτικού τρόπου ζωής που επιτελούν, το στόμα (που ενεργεί ως μυζητήρας προσκολλημένος στο σώμα των θυμάτων του) δεν μπορεί να έλθει σε άμεση επαφή με το νερό. Το νερό φθάνει στους βραγχιακούς σάκους μέσα από ένα ρώθωνα που συνδέεται με τη φαρυγγική κοιλότητα, εξασφαλίζοντας έτσι τη λειτουργία της αναπνοής και την ανταλλαγή των αερίων.

Ορισμένα ψάρια της τροπικής κυρίως ζώνης χρησιμοποιούν απευθείας το ατμοσφαιρικό οξυγόνο για τις αναπνευστικές τους ανάγκες. Σε μερικά τροπικά ψάρια τα πρωτεύοντα όργανα τα οποία επιτελούν προσαρμοστικά την αναπνευστική λειτουργία αντί για τα βράγχια μπορεί να είναι τα ακόλουθα:

1. Νηκτική κύστη : όταν υπάρχει έλλειψη οξυγόνου χρησιμοποιείται ο αέρας που υπάρχει στην νηκτική κύστη. Στους **δίπνευστους** ιχθύες, η κύστη έχει μετατραπεί σε ένα “**σπογγώδη πνεύμονα**”, που επιτρέπει την ατμοσφαιρική αναπνοή έξω και πολλές φορές αρκετά μακριά από το νερό και την επιβίωση σε περιόδους ξηρασίας του υδάτινου περιβάλλοντος.

2. Δέρμα : χρησιμοποιείται ως **βοηθητικό όργανο αναπνοής** όπως συμβαίνει στα χέλια. Η αναπνοή επικουρικά μέσω της δερματικής επιφάνειας παρατηρείται σε πάρα πολλά ζώα και ονομάζεται **άδηλος αναπνοή**, ενώ το ποσοστό του χρησιμοποιούμενου οξυγόνου με αυτό τον τύπο αναπνοής είναι δυνατό να φτάσει και το 50% του συνολικά χρησιμοποιούμενου οξυγόνου από τον οργανισμό (σε ορισμένους βάτραχους).

3. Στομάχι : μία τυφλή έκφυση του στομαχιού επιτρέπει στο είδος *Otocinclus* την απορρόφηση ατμοσφαιρικού O₂.

4. Έντερο : το μήκος του εντέρου αυξάνει και εμφανίζονται τριχοειδή αιμοφόρα αγγεία στην εσωτερική επιφάνεια, ενώ εξαφανίζονται οι εντερικές λάχνες κατά τόπους μειώνοντας την πεπτική λειτουργία και αυξάνοντας την επιφάνεια ανταλλαγής αερίων.

5. Επιβραγχιακά όργανα : σχηματίζονται διάφοροι τύποι επιβραγχιακών θαλάμων στην περιοχή των βραγχίων, που παγιδεύουν ή κατακρατούν αέρα.

Οι **απαιτήσεις σε οξυγόνο** διαφέρουν από είδος σε είδος ψαριού και είναι συνάρτηση του τρόπου ζωής, που εξελικτικά έχει προσαρμοστεί το κάθε είδος. Υπάρχουν ψάρια με ιδιαίτερα υψηλές απαιτήσεις σε οξυγόνο (π.χ. τόνος) έως πολύ χαμηλές απαιτήσεις σε οξυγόνο. Η απαίτηση σε οξυγόνο σχετίζεται εκτός των άλλων με τη μεταβολική δραστηριότητα, που με τη σειρά της σχετίζεται με τη θερμοκρασία.

Τα ψάρια των εσωτερικών νερών ανάλογα με τις απαιτήσεις τους σε οξυγόνο (κάτω από φυσιολογικές συνθήκες) διακρίνονται σε 4 κατηγορίες:

α. ψάρια με υψηλές απαιτήσεις σε O₂ (7-11 ml/l) π.χ. πέστροφα και γενικά τα ψάρια των ψυχρών νερών

β. ψάρια με ενδιάμεσες τιμές (5-7 ml/l) - π.χ. κέφαλος

γ. ψάρια που απαιτούν χαμηλές συγκεντρώσεις O₂ > 4 ml/l π.χ. τσιρώνι

δ. ψάρια που απαιτούν πολύ μικρή συγκέντρωση O₂ μέχρι 0.5 ml/l π.χ. πεταλούδα.

Τα θαλασσινά ψάρια δεν υπόκεινται άμεσα στον παραπάνω διαχωρισμό, γιατί τα θαλασσινά νερά είναι συνήθως κορεσμένα ή και υπερκορεσμένα σε οξυγόνο, δηλαδή δεν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις στη συγκέντρωση του διαλελυμένου οξυγόνου, κάτι πολύ συνηθισμένο στα εσωτερικά νερά.

Πλήρης απουσία οξυγόνου στις υδάτινες μάζες δεν είναι σπάνιο φαινόμενο και είναι πιθανό να προκαλέσει μαζικούς θανάτους των ψαριών. Η απουσία οξυγόνου στο νερό δημιουργεί **ανοξικές συνθήκες**. Η εξέλιξη ενός τέτοιου φαινομένου μπορεί να είναι σταδιακή ή απότομη. Ανάλογα με την ταχύτητα εξέλιξης του φαινομένου, δίνεται η δυνατότητα διαφυγής στα διάφορα ψάρια με το να μετακινηθούν σε άλλες περιοχές, όταν οι συνθήκες αρχίζουν να πλησιάζουν τα όρια ανοχής και σαφώς πριν τα όρια αντοχής του κάθε είδους. Η πιθανότητα διαφυγής από περιοχές, που αρχίζουν να εμφανίζουν φαινόμενα ανοξικών συνθηκών είναι συνάρτηση της ταχύτητας αντίληψης του φαινομένου από τα ψάρια, της ταχύτητας κολύμβησης του ψαριού και της έκτασης και ταχύτητας εξέλιξης του φαινομένου. Τέτοια φαινόμενα ανοξίας έχουν παρατηρηθεί :

α) το χειμώνα, σε εσωτερικά νερά ή και κλειστούς κόλπους με χαμηλό ρευματισμό, όταν δημιουργείται πάγος, ο οποίος εμποδίζει την είσοδο ατμοσφαιρικού οξυγόνου

β) σε περιπτώσεις άπνοιας, όπου δεν γίνεται ανάδευση των νερών και είναι δυνατόν να δημιουργηθεί επιφανειακό θερμοκλινές και

γ) τις πρώτες πρωινές ώρες, πριν την ανατολή του ηλίου το καλοκαίρι σε στάσιμα νερά ή σε νερά με χαμηλή ή ελάχιστη ανανέωση. Το καλοκαίρι, λόγω των υψηλών σχετικά θερμοκρασιών η πρωτογενής παραγωγή κατά τη διάρκεια της ημέρας είναι υψηλή. Κατά τη διάρκεια της νύχτας, το φυτοπλαγκτό, που είχε δημιουργηθεί κατά τη διάρκεια της ημέρας και παρήγαγε οξυγόνο, καταναλώνει πλέον οξυγόνο και παράγει διοξείδιο του άνθρακα κατά τη διαδικασία των σκοτεινών αντιδράσεων της φωτοσύνθεσης. Επιπρόσθετα, αυξάνει η νεκρή βιομάζα, που αποτελεί υπόστρωμα ανάπτυξης βακτηρίων, τα οποία επίσης καταναλώνουν οξυγόνο κατά την αποσύνθεσή της. Έτσι, σταδιακά αυξάνεται το BOD λόγω χρησιμοποίησης του διαλελυμένου οξυγόνου από την υδρόβια βλάστηση και το φυτοπλαγκτό κατά τη διάρκεια των σκοτεινών αντιδράσεων και επιπλέον, λόγω της ταχείας οξειδωσις της οργανικής ύλης από βακτήρια. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι η δημιουργία ανοξικών συνθηκών τις πρώτες πρωινές ώρες, όπου η κατανάλωση του οξυγόνου έχει πλησιάσει τη μέγιστη τιμή της. Στάσιμα νερά ή νερά μικρού βάθους υποβοηθούν στην εμφάνιση του φαινομένου.

7. ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ (CO₂) ΚΑΙ ΥΔΡΟΘΕΙΟ (H₂S)

Το ελεύθερο CO₂ εμφανίζεται σε μικρές συγκεντρώσεις γιατί τά ιόντα Mg και Ca γρήγορα αντιδρούν με αυτό και σχηματίζουν αβλαβείς ενώσεις. Η δράση του σε μεγάλη συγκέντρωση είναι δυσμενής για τα ψάρια γιατί η απορρόφηση του στο αίμα μειώνει την ικανότητα απορρόφησης του οξυγόνου, ενώ σε πολύ μεγάλες συγκεντρώσεις είναι τοξικό.

Η συγκέντρωση του CO₂ στο νερό επηρεάζει κυρίως έμμεσα τα ψάρια, καθώς το CO₂ είναι το βασικό στοιχείο, που μαζί με την φωτεινή ακτινοβολία καθορίζει τη δυνατότητα δημιουργίας οργανικής ύλης, η οποία παράγεται μέ τις φωτεινές αντιδράσεις της φωτοσύνθεσης των υδροβίων φυτών και του φυτοπλαγκτού. Η παραγόμενη φυτική ή φυτοπλαγκτονική βιομάζα μπορεί να καθορίζει την κατανομή ορισμένων ψαριών καθώς καθορίζει την κατανομή της λείας τους. Με άλλα λόγια, η ύπαρξη μεγάλης φυτοπλαγκτονικής βιομάζας σε μία περιοχή σχετίζεται με την κατανάλωσή της από το ζωοπλαγκτό και κατά συνέπεια από την ύπαρξη ζωοπλαγκτού στην συγκεκριμένη περιοχή και την σχετικά γρήγορη ανάπτυξή του. Το ζωοπλαγκτό με τη σειρά του αποτελεί λεία ορισμένων ψαριών και καθορίζει έτσι την κατανομή τους. Εκτός αυτού, έχουμε ήδη αναφέρει την πιθανότητα δημιουργίας ασφυξίας από υπέρμετρη πυτοπλαγκτονική παραγωγή και την δημιουργία ανοξικών συνθηκών τις πρώτες πρωινές ώρες του καλοκαιριού σε κλειστούς κυρίως κόλπους και σε αβαθή νερά με χαμηλή ανανέωση.

Το υδρόθειο εμφανίζεται κυρίως ως προϊόν έκλυσης βιοχημικών αντιδράσεων που συνοδεύουν την αποσύνθεση μεγάλης ποσότητας οργανικής ύλης σε ανοξικές συνθήκες. Προϋποθέτει την έλλειψη οξυγόνου στο νερό γιατί με την παρουσία του γρήγορα οξειδώνεται. Είναι πολύ τοξικό για τα ψάρια. Σε φυσικές συνθήκες είναι δυνατόν να παρατηρείται παραγωγή υδροθείου όταν υπάρχουν ανοξικές συνθήκες σε ορισμένες περιοχές, όπως κάποιες περιοχές λιμνοθαλασσών και γενικά εσωτερικών ιχθυοτρόφων υδάτων, όπου υπάρχει μεγάλο οργανικό φορτίο. Η κατανάλωση όλου του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου δίνει την δυνατότητα αποσύνθεσης της οργανικής ύλης σε ανοξικές συνθήκες με παραγωγή υδροθείου. Τέτοιες περιπτώσεις είναι σχετικά σπάνιες σε μεγάλη κλίμακα, εν τούτοις έχουν παρατηρηθεί στη λιμνοθάλασσα Μεσολογίου-Αιτωλικού σε περιόδους συνεχιζόμενης άπνοιας και υψηλών θερμοκρασιών για πολλές ημέρες και έχουν ως αποτέλεσμα την έντονη μυρωδιά υδροθείου (μυρωδιά κλούβιου αυγού) και τη μαζική μετακίνηση των ψαριών προς τη θάλασσα ή ακόμη και το μαζικό θάνατο των ψαριών.

8. ΡΕΥΜΑΤΑ - ΚΙΝΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

Η κίνηση των ψαριών γίνεται με δύο κυρίως τρόπους :

α) με **προωθητικές κινήσεις** που συνοδεύονται με κάμψη του όλου σώματος σαν κύμα που περνά κατά μήκος αυτού

β) με κινήσεις των πτερυγίων ενώ το σώμα παραμένει αδρανές, όπου υπεύθυνα πτερύγια για την κίνηση μπορεί να είναι τα εδρικά (ηλεκτρικό χέλι), το ραχιαίο ή ταυτόχρονα και τα δύο (γλώσσα) ή τέλος τα θωρακικά (σαλάχια).

Η αναστολή της κίνησης (σταμάτημα) γίνεται με το ουραίο πτερύγιο το οποίο αποδυναμώνει την κίνηση των κυμάτων επιστροφής του σώματος πολλές φορές σε συνδυασμό με την αντίθετη κάμψη του πίσω μέρους του ραχιαίου (επάνω) και εδρικού (κάτω) πτερυγίου, και την παράλληλη χρήση των θωρακικών πτερυγίων. Ο συνδυασμός των παραπάνω δημιουργεί επιφάνεια αντίστασης μέσα στο νερό με αποτέλεσμα το σταμάτημα ή και την αντιστροφή της κίνησης.

Ανάλογα με το σχήμα της ουράς τα ψάρια διακρίνονται σε **ισόλοβα** (σκουμπρί, τόνος), **επίλοβα** (καρχαρίας, οξύρυγχος) και **υπόλοβα** (λεστιά). Το εμβαδόν της ουράς σχετίζεται με τον όγκο νερού που μετατοπίζει κατά την κίνησή της και κατά συνέπεια με την πρόωση των ψαριών. Επιπλέον, σχετίζεται και με την αντίσταση που πρέπει να υπερνικήσει για την κίνηση και κατά συνέπεια με την ενέργεια που χρειάζεται να καταναλώσει το ψάρι για να κινηθεί. Ετσι, μεγάλο εμβαδόν ουράς σχετίζεται με μεγάλη πρόωση αλλά και μεγάλη αντίσταση στο νερό και αντιστρόφως. Ψάρια με μεγάλο εμβαδόν ουράς (π.χ. σκορπίνα) είναι κατά κανόνα μέτριοι κολυμβητές, έχουν όμως μεγάλη επιτάχυνση (ισχυρή πρόωση για μικρό διάστημα), ενώ ψάρια με μικρό εμβαδόν ουράς (π.χ. τόνος) είναι κατά κανόνα πολύ καλοί κολυμβητές, έχουν μικρή σχετικά επιτάχυνση, αλλά μπορούν να διανύουν μεγάλες αποστάσεις για μεγάλο χρονικό διάστημα.

Τα θωρακικά και κοιλιακά πτερύγια λειτουργούν σαν πηδάλιο, ενώ τα άζυγα (εδρικό και ραχιαίο) επιτρέπουν την πρόσθια ή την προς τα πάνω και κάτω στροφή του σώματος. Η δυνατότητα στρέψης του σώματος εξαρτάται από τον αριθμό των σπονδύλων (περισσότεροι σπόνδυλοι - μεγαλύτερη κάμψη του σώματος) και το μέγεθος των λεπίων (μικρά λέπια - μεγαλύτερη κάμψη). Η αντίσταση του νερού υπερκάμπτεται σε ορισμένα είδη με τη βοήθεια λίπανσης (βλέννας) του σώματος που εκκρίνεται από αδένες του δέρματος και που καθιστά την επιφάνεια του ψαριού λεία.

Η ταχύτητα κίνησης των ψαριών καθορίζεται

α) από το σχήμα του σώματος και

β) από τη δομή, το σχήμα και μέγεθος, και τη σχετική θέση των πτερυγίων.

Ανάλογα με τη μορφή του σώματος τα ψάρια διακρίνονται σε:

1. **Ατρακτόμορφα ή τορπιλόμορφα** (σχήμα τορπίλης) - είναι οι ταχύτεροι κολυμβητές και ζούν στην υδάτινη στήλη (σκομβροειδή, κέφαλος, σολωμός). Για παράδειγμα, ο ξιφίας αναπτύσσει ταχύτητα 15 μέτρα/δευτ. και ο σολωμός 5 μέτρα/δευτ. Το μέγεθος του σώματος παίζει σημαντικό ρόλο στον υπολογισμό της πραγματικής ταχύτητας.

2. **Βελόμορφα** - μοιάζουν με τα προηγούμενα αλλά το σώμα τους είναι πιο επίμηκες και τα άζυγα πτερύγια βρίσκονται λίγο προς τα πίσω. Επίσης επιδέξιοι κολυμβητές της υδάτινης στήλης.

3. **Πλατύμορφα πλευρικά** - στην κατηγορία αυτή εντάσσεται ο τύπος της λεστιάς, ο τύπος του φεγγαρόψαρου και ο τύπος της γλώσσας. Είναι ψάρια με διαφορετικό τρόπο ζωής (πελαγικά - φεγγαρόψαρο, βενθικά - γλώσσα, λεστιά).

4. **Πλατύμορφα ραχιοκοιλιακά** - εδώ ανήκουν τα σαλάχια.

5. **Οφιόμορφα** - έχουν σώμα επίμηκες κυλινδρικό (χέλια).

6. **Ταινιόμορφα** - έχουν σώμα πολύ επίμηκες και πλατύ πλευρικά. (σπαθόψαρο)

7. **Σφαιρόμορφα** - έχουν σώμα σφαιρικό με ουραίο πτερύγιο όχι καλά αναπτυγμένο.

Η επίδραση των ρευμάτων στην εξέλιξη της ιχθυοπανίδας (κατανομή ειδών, μορφή σώματος, ανάπτυξη ειδικών εξαρτημάτων) είναι σημαντική. Τα ψάρια που ζούν σε τρεχούμενα νερά έχουν αναπτύξει ειδικές προσαρμογές για να αντιμετωπίσουν την παράσυρση τους από την ταχύτητα ροής. Μυζητήρες ή αγκίστρια για την προσκόλληση τους στον πυθμένα, ισχυρό κυλινδρικό σώμα για την εύκολη κίνηση αντίθετα προς το ρεύμα, μικρό μέγεθος για τη διαβίωση κάτω από πέτρες ή την εύκολη μετακίνηση μεταξύ των πετρών του υποστρώματος ή τέλος εκλογή τόπου διαβίωσης σε νερά χαμηλής ταχύτητας ροής π.χ. λάκκους καταρρακτών, ποταμόλακκους κ.ά.. Τα ψάρια που ζούν σε χαμηλής ταχύτητας ρεύματα (λιμναία νερά) έχουν σώμα πιο πλατύ και δεν αναπτύσσουν υψηλές ταχύτητες.

Σύμφωνα με την παρουσία ορισμένα ειδών ψαριών κατά μήκος ενός ποτάμιου ρεύματος και των φυσικών χαρακτηριστικών αυτού διακρίνονται 3 ζώνες:

α. ζώνη ταχείας ροής ή ζώνη της πέστροφας - είναι το ορεινό τμήμα του ρεύματος με μεγάλες κλίσεις εδάφους, γρήγορη ροή, πετρώδη πυθμένα και με ψάρια κυλινδρικού σώματος (πέστροφα, φοξίνος)

β. ζώνη μέσης ροής ή ζώνη της μπριάνας (Barbus) - ροή του ρεύματος μικρότερης ταχύτητας και με ψάρια πιο λεπτού σχήματος (*Leuciscus leuciscus*)

γ. ζώνη χαμηλής ροής ή ζώνη της λεστιάς - ροή βραδεία με πυθμένα γεμάτο από λάσπη ή και άμμο, με βλάστηση και με ψάρια πλατυσμένα πλευρικά (τσιρώνι κοκκινοφτέρα). Είναι ο κάτω ρούς και τα Δέλτα των ποταμών προς τις εκβολές.

Σε μεγαλύτερες υδάτινες μάζες (λίμνες, θάλασσα) τα ρεύματα προκαλούν μεταβολές ορισμένων παραγόντων του περιβάλλοντος (θερμοκρασία, αλατότητα), που επηρεάζουν συνήθως έμμεσα τα ψάρια. Επιπλέον όμως τα ψάρια επηρεάζονται και από ορισμένες μηχανικές ιδιότητες των ρευμάτων. Η μηχανική επίδραση των ρευμάτων έγκειται στην παθητική μεταφορά ψαριών (κυρίως νεαρών αλλά και ενηλίκων, ή και λαρβών και αυγών, με μικρές ή μηδενικές κολυμβητικές ικανότητες) ακόμη και σε μεγάλες αποστάσεις, με ελάχιστη κατανάλωση ενέργειας. Έτσι η λάρβα του χελιού μεταφέρεται σχεδόν παθητικά από το ρεύμα του Κόλπου του Μεξικού (Gulf stream) από τη θάλασσα των Σαργασσών μέχρι τις ανατολικές ευρωπαϊκές ακτές. Η δυνατότητα εκμετάλλευσης του ενεργειακού κέρδους από την παθητική μεταφορά σε μεγάλες αποστάσεις είναι συνήθως ένα χαρακτηριστικό, που φαίνεται ότι έχει επιλεγεί εξελικτικά, καθώς ευνοεί την διασπορά του είδους σε μεγάλες αποστάσεις και αυξάνει τις πιθανότητες επιβίωσής του.

Ρεύματα διαφορετικής θερμοκρασίας μπορούν να διεισδύσουν σε ζώνες διαφορετικών ιχθυοπανίδων σε κάποιο σημείο. Το αποτέλεσμα είναι η μεταβολή της κατανομής των ψαριών πχ. το ψυχρό ρεύμα του Labrador να εκτοπίζει την παρουσία των ειδών των θερμών νερών αρκετά μακριά προς το νότο ενώ στην ευρωπαϊκή ακτή τα είδη αυτά εκτοπίζονται μέχρι ψηλά στο βορρά από το θερμό ρεύμα του Κόλπου του Μεξικού.

Έχει παρατηρηθεί το φαινόμενο στις **περιοχές ανάμιξης** ψυχρού και θερμού ρεύματος, να αναπτύσσεται μια **ζώνη μεγάλης παραγωγικότητας** που οφείλεται στην υψηλή παραγωγικότητα του φυτοπλαγκτού από την υψηλή σχετικά θερμοκρασία (θερμό επιφανειακό ρεύμα) και την υψηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και θρεπτικά άλατα (ψυχρό βαθύτερο ρεύμα) με αποτέλεσμα την υψηλή παραγωγή οργανικής ύλης που επιτρέπει τη μαζική ανάπτυξη μερικών ευρύαλων ψαριών. Οι ζώνες αυτές συχνά παρατηρούνται σε περιπτώσεις απότομων κλίσεων του ηπειρωτικού πρσανούς, όπου τα ψυχρά ωκεάνια

ρεύματα μεγάλου βάθους, φτάνοντας κοντά στις ακτές, βρίσκουν εμπόδιο την κλίση του ηπειρωτικού πρσανούς, αναδύονται προς την επιφάνεια (UPWELLING), μεταφέροντας θρεπτικά άλατα και άλλα στοιχεία του πυθμένα.

Τα ρεύματα επίσης μπορούν να αλλάξουν ριζικά την αλατότητα μιας υδάτινης μάζας με τη μεταφορά περισσότερου ή λιγότερου γλυκού ή θαλασσινού νερού. Το αποτέλεσμα είναι να παρατηρείται ποικιλία ειδών ψαριών και από τις δύο κατηγορίες.

Τα κύματα (παλινδρομικές κινήσεις του νερού), οι παλίρροιες και οι μαζικές εκτοξεύσεις νερού, επηρεάζουν συχνά τη διαβίωση των ψαριών.

Κατά τη διάρκεια καταιγίδας στη θάλασσα τα πελαγικά ψάρια κατέρχονται σε βάθη όπου η κίνηση των κυμάτων δεν είναι αισθητή, ενώ τα παράκτια ψάρια προσαρμόζονται παραμένοντας σε μέρη που είναι δυνατόν να μην πληγωθούν από τις πέτρες με τη βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων π.χ. μυζητήρων (από μετατροπή των κοιλιακών πτερυγίων στο γοβιό). Η δράση των κυμάτων επεκτείνεται και στην ανάμιξη των νερών με αποτέλεσμα τη μετατόπιση του θερμοκλινούς σε μεγαλύτερα βάθη.

Τα ψάρια των παλιρροϊκών εκτάσεων έχουν συνήθως σχήμα πλατύ ραχιοκοιλιακά, οφιομόρφο ή κυλινδρικό. Ιδιόμορφες προσαρμογές παρατηρούνται στις περιοχές αυτές με πιο ιδιόζουσα αυτή του είδους *Leuresthes tenuis* που γεννά, κατά την πλημμυρίδα, αυγά σε μέρη που παραμένουν ακάλυπτα κατά τη διάρκεια της άμπωτης. Τα αυγά επωάζονται στο περιβάλλον και εκκολάπτονται αμέσως με την έλευση της επόμενης πλημμυρίδας. Οι παλίρροιες επίσης είναι δυνατόν να λειτουργούν και ως **χρονικά σινιάλα** για πολλά ψάρια της παραλιακής ζώνης και σχετίζονται με τον συγχρονισμό του αναπαραγωγικού κύκλου ορισμένων ειδών ή την εναρμόνιση της έναρξης μεταναστεύσεων κ.ά..

Τέλος, κατά τη διάρκεια ισχυρών καταιγίδων (τυφώνες κλπ.) μεγάλες ποσότητες νερού μαζί με τα τυχόν εγκλωβισμένα ψάρια αρπάζονται και μεταφέρονται σε πολύ μεγάλες αποστάσεις. Έτσι, **βροχές ψαριών** έχουν παρατηρηθεί στη Νορβηγία, Ισπανία και Ινδία. Η βιολογική σημασία του φαινομένου έγκειται κυρίως στη δυνατότητα διασποράς των ψαριών αυτών και κατά συνέπεια στην αλλαγή της γεωγραφικής κατανομής των, καθώς με τη βοήθεια της φύσης καταφέρνουν να ξεπερνούν εμπόδια που υπό κανονικές συνθήκες είναι αξεπέραστα.

9. ΠΙΕΣΗ ΤΟΥ ΝΕΡΟΥ - ΗΧΟΣ

Η πίεση του νερού είναι ανάλογη του βάθους. Στην επιφάνεια η πίεση είναι 1 (μία) ατμόσφαιρα. Για κάθε 10 (δέκα) περίπου μέτρα βάθος το υπερκείμενο στρώμα νερού ασκεί πίεση μίας ατμόσφαιρας. Έτσι, σε ένα συγκεκριμένο βάθος η πίεση του νερού μπορεί να δωθεί από τον εμπειρικό τύπο $P=B/10+1$, δηλαδή η πίεση σε ατμόσφαιρες είναι το 1/10 (ένα δέκατο) του βάθους σύν μία ατμόσφαιρα (της επιφανείας).

Αλλαγές στην πίεση παρατηρούνται με πυκνώματα και αραιώματα του νερού. Ο ήχος, η κίνηση των ψαριών, τα ρεύματα του νερού, η προπέλα ενός σκάφους κ.λ.π. δημιουργούν αλλαγές στην πίεση του νερού, που μεταδίδονται στο νερό ως κύματα (όπως όταν πετάμε ένα βότσαλο στα ήρεμα νερά). Τις αλλαγές στην πίεση του νερού αντιλαμβάνονται τα ψάρια. Ο ήχος μεταδίδεται στο νερό με πυκνώματα και αραιώματα του νερού. Η ταχύτητα του ήχου είναι μεγαλύτερη στο νερό απ' ότι στον αέρα. Τα ψάρια αντιλαμβάνονται τις διάφορες μεταβολές της πίεσης του νερού, κατά συνέπεια και τους διάφορους ήχους (ρεύματα νερού, μηχανικές και υποηχητικές δονήσεις) με τη βοήθεια των οργάνων της πλευρικής γραμμής (εύρος συχνότητας 5-25 Hertz) και του ακουστικού λαβύρινθου του εσωτερικού αυτιού (εύρος συχνότητας 16-13000 Hertz), που στα Cyprinidae συνδέεται με τη νηκτική κύστη με τα οστά του Weber.

Ήχοι παράγονται και από τα ψάρια και είναι ποικίλου χαρακτήρα. Οι ήχοι των ψαριών διακρίνονται σε **μηχανικούς** που παράγονται κατά τις μετακινήσεις τους, κατά τη λήψη τροφής, σκάψιμο του εδάφους κτλ. και σε **βιολογικούς** που φαίνεται να έχουν κάποια προσαρμοστική σημασία.

Υπεύθυνα **όργανα παραγωγής ήχου** στα ψάρια (βιολογικοί ήχοι) είναι η νηκτική κύστη στα Labridae και Sianidae, οι θωρακικές ακτίνες μαζί με τα οστά της θωρακικής ζώνης στα γατόψαρα (Siluridae) και τα φαρυγγικά και στοματικά δόντια στα Tetradontidae.

Η σκοπιμότητα παραγωγής ήχων από ορισμένα είδη ψαριών δεν έχει ακόμη διευκρινιστεί απόλυτα, εν τούτοις φαίνεται ότι η παραγωγή ήχων αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της ηθολογίας των ψαριών αυτών. Έτσι, έχει διαπιστωθεί ότι διάφοροι ήχοι παράγονται συχνότερα κατά την περίοδο της αναπαραγωγής με σκοπό την προσέλκυση του άλλου φύλου ή έχουν εκφοβιστικό χαρακτήρα, όταν τα ψάρια προστατεύουν τις φωλιές τους ή εμφανίζονται συχνότερα κατά την περίοδο εντατικής βόσκησης των κοπαδιών και φαίνεται να αποτελούν σινιάλα ειδοποίησης ή και επικοινωνίας των ψαριών.

Ο έντονος και απότομος ήχος “τρομάζει” τα ψάρια. Μία τεχνική αλιείας, που λέγεται “βόλασμα”, χρησιμοποιεί την δημιουργία έντονων ήχων. Σε γενικές γραμμές η αλιεία γίνεται με περικλείση μίας περιοχής με στατικά δίχτυα και στη συνέχεια, καθώς η βάρκα διασχίζει το νερό σε κοντινή απόσταση από το δίχτυ, ο ψαράς, χτυπώντας το νερό αριστερά και δεξιά από τη βάρκα με τη βοήθεια ενός εργαλείου για δημιουργία ήχου (συνήθως ένας τενεκές με το στόμιο προς τα κάτω καρφωμένος σε ένα κοντάρι) ή απλά χτυπώντας έντονα τα πόδια του στην κουπαστή δημιουργεί έντονους ήχους για να τρομάξει τα ψάρια και να τα κάνει να πέσουν στα δίχτυα.

Οι απότομες μεταβολές της πίεσης μπορεί να αποβούν μοιραίες για τα ψάρια. Έχουμε ήδη αναφέρει την περίπτωση που τα ψάρια αλιεύονται σε μεγάλα βάθη και ανασύρονται στο σκάφος. Απότομες μεταβολές της πίεσης μπορεί να επιφέρουν διόγκωση ή και ρήξη της νυκτικής κύστης, ρήξη των τριχοειδών αγγείων ή και άλλων ζωτικών οργάνων με αποτέλεσμα το θάνατο των ψαριών.

Μία απότομη μεταβολή της πίεσης δημιουργείται επίσης στο νερό με έκρηξη. Η αλιεία με δυναμίτη ή άλλα εκρηκτικά (που οι ψαράδες αποκαλούν “μπόμπες”), που προκαλεί έκρηξη στο νερό σε ένα συγκεκριμένο βάθος **απαγορεύεται αυστηρά**. Οι συνέπειες είναι καταστροφικές, όχι μόνο για τα ψάρια, τα οποία θανατώνονται και αλιεύονται, αλλά και για το βιότοπο γενικότερα. Άλλωστε, η ζημιά που προκαλείται δεν είναι μόνο τα ψάρια, που συλλέγονται. Περίπου το 90% των ψαριών που σκοτώνονται δεν μπορούν να συλλεγούν γιατί σπάει η νυκτική κύστη και ως βαρύτερα του νερού βυθίζονται στον πυθμένα. Ο γόνος καταστρέφεται ολοσχερώς σε μεγάλη ακτίνα από την έκρηξη και γενικότερα η χλωρίδα και πανίδα της περιοχής υφίσταται ζημιές, που χρειάζονται πολλά χρόνια για να αποκατασταθούν. Είναι χαρακτηριστικό ότι σε περιοχή που πέφτει δυναμίτης μπορεί να μην εμφανιστούν ψάρια για μεγάλο χρονικό διάστημα. Έχουν επίσης αναφερθεί πάρα πολλά περιστατικά, που αλιείς οι οποίοι ψάρευαν με δυναμίτη έχασαν μέλη του σώματος ή ακόμη σκοτώθηκαν. Είναι επίσης επικίνδυνο για τους δύτες, γιατί μπορεί και σε μεγάλη απόσταση από την έκρηξη, η απότομη μεταβολή της πίεσης να τους δημιουργήσει σοβαρά προβλήματα όπως ρήξη τυμπάνου του αυτιού μέχρι και το θάνατο.

10. ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΡΕΥΜΑ

Ασθενή ηλεκτρικά ρεύματα παρατηρούνται στα νερά εξαιτίας του γήινου μαγνητισμού και της ηλιακής ενέργειας. Μερικά ψάρια μπορούν όχι μόνο να αντιλαμβάνονται αλλά και να παράγουν ηλεκτρικές εκκενώσεις μέσα από τα όργανα αφής. Οι ισχυρές εκκενώσεις χρησιμεύουν για επίθεση ή άμυνα ενώ οι ασθενείς για την εκπομπή σημάτων. Στο κυκλόστομο *Petromyzon marinus* η παραγωγή τάσης 200-300 mV γύρω από το κεφάλι χρησιμεύει για να αντιλαμβάνεται το χώρο και παρακείμενα αντικείμενα.

Το ηλεκτρικό ρεύμα επηρεάζει τα ψάρια. Η επίδραση του ηλεκτρικού ρεύματος στα ψάρια είναι συνήθως ανάλογη με την ένταση του ρεύματος (τάση). Ανάλογα με τις αντιδράσεις των ψαριών όταν βρεθούν μέσα σε ηλεκτρικό πεδίο, διακρίνουμε 3 φάσεις:

1η φάση: (**αντίδραση ενόχλησης και αποφυγής**) ένα ψάρι, κατά την πορεία του, μπορεί να εισέλθει σε ένα σταθερό ηλεκτρικό πεδίο (π.χ. γεννήτρια παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος). Κάθε ψάρι, όταν βρεθεί μέσα στο ηλεκτρικό πεδίο δείχνει να ενοχλείται. Προσπαθεί να απομακρυνθεί από το ηλεκτρικό πεδίο ακολουθώντας διεύθυνση παράλληλη προς τη διεύθυνση του ρεύματος. Ο ρυθμός αναπνοής γενικά επιταχύνεται.

2η φάση: (**αντίδραση πολικότητας**) το ψάρι αντιδρά στρέφοντας το κεφάλι του προς την άνοδο και κολυμπά κατ' ευθείαν προς αυτή την κατεύθυνση. Οι κινήσεις του στην αρχή είναι γρήγορες και σταθερές, στη συνέχεια όμως φαίνεται να γίνονται πιο νωχελικές και σε ορισμένες περιπτώσεις σπασμωδικές.

3η φάση: (**γαλβανική νάρκωση**) το ψάρι σταδιακά ναρκώνεται από τη δημιουργία γαλακτικού οξέος στους μύς και την ύπαρξη σε μεγάλες ποσότητες ακετυλοχολίνης στο αίμα που επιδρά στα ένζυμα της αναπνευστικής αλυσίδας και έχει ως συνέπεια τη μείωση και τέλος τη διακοπή της λειτουργίας της αναπνοής με τελικό αποτέλεσμα το θάνατο του ψαριού.

Η **ηλεκτραλιεία** στηρίζεται στις αντιδράσεις των ψαριών στο ηλεκτρικό πεδίο. Είναι πολύ αποτελεσματική μέθοδος αλιείας των εσωτερικών υδάτων και μάλιστα των ρεόντων υδάτων (ποτάμια, ρυάκια, κ.λ.π.), είναι **απαγορευμένη μέθοδος αλιείας σε ευρεία κλίμακα**, όμως μπορεί να χρησιμοποιηθεί για ερευνητικούς σκοπούς και ύστερα από επίσημη χορήγηση αδείας. **Ηλεκτρικός αποκλεισμός** (μπαράζ) εφαρμόζεται επίσης σε περιοχές όπου επιδιώκεται η απομάκρυνση των ψαριών από κανάλια καλλιεργημένων περιοχών.

B. ΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Ως βιοτικοί παράγοντες σε ένα οικοσύστημα θεωρούνται όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί, που ζουν σε ένα συγκεκριμένο χώρο (**βιότοπος**) και αποτελούν τη **βιοκοινωνία** του οικοσυστήματος. Όλοι οι ζωντανοί οργανισμοί **αλληλεπιδρούν** (έμμεσα ή άμεσα) τόσο μεταξύ τους, όσο και με τους αβιοτικούς παράγοντες του οικοσυστήματος.

Τα ψάρια, που ζουν σε μία περιοχή (ποτάμι, λίμνη, κόλπο, ανοικτό πέλαγος, μεγάλα θαλάσσια βάθη κ.λ.π.) μοιράζονται το χώρο, τρέφονται και αναπτύσσονται, ωριμάζουν, αναπαράγονται και γεννούν και φυσικά πεθαίνουν. Οι διάφοροι τρόποι και οι στρατηγικές, που κάθε είδος έχει εξελικτικά επιλέξει για να μπορεί να ανταπεξέρχεται τις διάφορες αντιξοότητες του περιβάλλοντος, στο οποίο ζει, εκτελώντας όλες του τις βιολογικές ανάγκες και διεργασίες, που αναφέραμε παραπάνω, αποτελούν τις περισσότερες φορές τμήμα έρευνας ενός κλάδου της Ιχθυολογίας, που καλείται **ηθολογία των ψαριών**. Όπως είναι ευκολονόητο, όλα τα παραπάνω δεν είναι εύκολο να συμπεριληφθούν και να αναλυθούν στα πλαίσια ενός μαθήματος.

Γιά καθαρά διδακτικούς λόγους θα εξετάσουμε τις σχέσεις αλληλεπίδρασης, που αναπτύσσονται ανάμεσα στους ζωντανούς οργανισμούς ενός οικοσυστήματος (**βιοτικές σχέσεις**), εξετάζοντάς τες από την πλευρά των ψαριών. Οι σχέσεις αλληλεπίδρασης, που αναπτύσσουν τα ψάρια με άλλους οργανισμούς του οικοσυστήματος μπορούν να χωριστούν σε σχέσεις που αναπτύσσονται ανάμεσα :

I. σε διάφορα ψάρια (**βιοτικές σχέσεις μεταξύ των ψαριών**) και διακρίνονται σε σχέσεις, που αναπτύσσονται ανάμεσα

1) σε ψάρια, που ανήκουν στο ίδιο είδος (ενδο-ειδικές σχέσεις)

2) σε ψάρια, που ανήκουν σε διαφορετικά είδη (δια-ειδικές σχέσεις)

II. σε ψάρια και σε άλλους ζωντανούς οργανισμούς

I. ΒΙΟΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΜΕΤΑΞΥ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

Είναι οι σχέσεις, που αναπτύσσονται ανάμεσα σε ψάρια, που ζουν στην ίδια περιοχή. Διακρίνονται σε **ενδο-** και **δια- ειδικές σχέσεις**.

1. ΕΝΔΟΕΙΔΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Είναι οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ των ατόμων του ίδιου είδους. Οι σχέσεις αυτές έχουν εξελικτικά επιλεγεί από τα διάφορα είδη και στοχεύουν στη διατήρηση της ύπαρξης ή της εξέλιξης του είδους και την επιβίωση του πληθυσμού (και όχι της μονάδας)

Τέτοιες σχέσεις είναι ο κανιβαλισμός, ο παρασιτισμός, η γονική φροντίδα, η χωροκρατικότητα, ο ενδοειδικός ανταγωνισμός για τροφή και άλλες, αλλά κυρίως ο σχηματισμός κοπαδιού ή μιας συνάθροισης πολλών ατόμων για την εκπλήρωση κάποιου συγκεκριμένου στόχου. Στόχοι της συνάθροισης μπορεί να είναι η ομαδική γεννοβολία, μετανάστευση, διαχείμαση, εύρεση τροφής ή η ομαδοποίηση ατόμων ίδιας βιολογικής κατάστασης π.χ. ίδιας ηλικίας, ίδιων μορφολογικών χαρακτηριστικών. Ανάλογα με τα παραπάνω και ανάλογα με τη σχετική συνοχή που διαθέτει η συνάθροιση μπορεί να λέγεται αγέλη ή κοπάδι, σμήνος, πληθυσμός (στοιχειώδης), φυλή ή γενιά, ομάδα κτλ. Στις παραπάνω σχέσεις έρχεται να προστεθεί το κομμάτι του ηθολογικού προτύπου ενός είδους, που αφορά στη σχέση του με άτομα του ίδιου είδους. Έτσι, η τελετουργία της διαδικασίας ζευγαρώματος, η φύλαξη των αυγών ή των νεαρών ψαριών, η δημιουργία συναθροίσεων για τις διάφορες βιολογικές διεργασίες κάποιου είδους κ.ά. ανήκουν στην κατηγορία των ενδοειδικών σχέσεων.

Το κοπάδι συνίσταται από ψάρια με ομοιόμορφες τάσεις κινητικού προσανατολισμού, με ίδια βιολογική κατάσταση και ηλικία και με ομοιόμορφη συμπεριφορά. Παρατηρείται σε μικρά πελαγικά ψάρια (ρέγγα, γαύρος) και διατηρείται συνήθως μέχρι το στάδιο της ωρίμανσης. Η αγέλη έχει καθορισμένο μέγεθος και σχήμα και διαφέρει κατά την κίνηση ή στάση του ακόμη και στο ίδιο είδος ψαριού. Ο οδηγός της αγέλης δεν είναι μόνιμος αλλά εναλλάσσεται από διάφορα μέλη της ομάδας προς τα οποία και κατευθύνεται το υπόλοιπο κοπάδι. Ο προσανατολισμός ανάμεσα στο κοπάδι (η κατάληψη συγκεκριμένης θέσης σε σχέση με τα διπλανά άτομα) επιτελείται με την όραση (χρωματισμός αγέλης) και την πλευρική γραμμή.

Τα πλεονεκτήματα της αγέλης έναντι των μεμονωμένων ψαριών συνοψίζονται στα εξής:

α) Η κατανάλωση των μοναχικών ατόμων από τους άρπαγες είναι ταχύτερη σε σύγκριση με εκείνη της αγέλης. Τα ψάρια της αγέλης αντιλαμβάνονται τους εχθρούς (θηρευτές) σε μεγαλύτερες αποστάσεις και ξεφεύγουν τον κίνδυνο πιο εύκολα. Όταν επιτίθενται οι άρπαγες τα ψάρια συνήθως σκορπίζονται αποπροσανατολίζοντας τους εχθρούς. Το έναυσμα δίνεται από την οσμή των σωματικών υγρών των ατόμων που πιάστηκαν από τους άρπαγες ή ακόμη από την απότομη αλλαγή του οπτικού πεδίου των γειτονικών ψαριών. Η αγέλη αντιλαμβάνεται οπτικά τους άρπαγες μόνο κατά την ημέρα (εκτός από περιπτώσεις μεσο- και βαθυ- πελαγικών ψαριών, που διαθέτουν φωτοφόρα) γι' αυτό πολλές φορές τα ψάρια που σχηματίζουν κοπάδι την ημέρα, χωρίζονται τη νύχτα σε μικρές ομάδες ή διασκορπίζονται και ζουν μόνα τους και επανασυγκροτούνται ως κοπάδι την ημέρα. Στα μεσο- και βαθυ- πελαγικά ψάρια, είναι δυνατό να εμφανίζεται το αντίθετο. Το σχήμα της αγέλης πολλές φορές βοηθάει για την αντιμετώπιση των εχθρών. Η διάταξη των ατόμων σε πυκνές γραμμές αναγκάζει τους άρπαγες να συλλαμβάνουν τη λεία τους με δυσκολία. Όταν όμως διασπασθεί η αγέλη ο ρυθμός κατανάλωσης αυξάνει αμέσως.

β) Τα ψάρια της αγέλης εντοπίζουν πιο γρήγορα τη λεία τους, δε χάνουν εύκολα την επαφή τους με αυτή και γι' αυτό τρέφονται ταχύτερα από τα μεμονωμένα άτομα. Σε ειδικές περιπτώσεις, κοπάδια θηρευτών με ιδιαίτερα υψηλή συνοχή καταφέρνουν, σκίζοντας τα νερά, όπου βρίσκεται συγκεντρωμένη η λεία τους, να μεταφέρουν με τα ρεύματα που νερού, που δημιουργούνται υδροδυναμικά από την κίνησή τους να μεταφέρουν τη λεία ακριβώς στο στόμα των πίσω και πλάγια από αυτά. Με αυτό τον τρόπο καταφέρνουν να καταναλώνουν λιγότερη ενέργεια για τη σύλληψη της λείας.

γ) Η αγέλη μπορεί να αποφεύγει ευκολότερα ορισμένα εμπόδια και κατά συνέπεια και τα διάφορα αλιευτικά εργαλεία, όπως τα στατικά δίκτυα απ' ότι τα μεμονωμένα άτομα. Το αντίθετο συμβαίνει όταν ο άνθρωπος εκμεταλεύεται την ιδιότητα αυτή των ψαριών για να συλλάβει ολόκληρο το κοπάδι, όπως συμβαίνει με τα διάφορα δυναμικά εργαλεία (π.χ. Γρι-Γρι) και τη χρήση συστημάτων ανίχνευσης των κοπαδιών (ηχοβολιστικά, σόναρ κ.ά.).

Ο κανιβαλισμός είναι η θήρευση ατόμων του ίδιου είδους και παρατηρείται κατά κανόνα σε είδη, που είναι σαρκοφάγα. Ο κανιβαλισμός μπορεί να παρατηρηθεί σε άτομα του ίδιου είδους αλλά διαφορετικού μεγέθους. Βέβαια υπάρχει και εξαίρεση στον κανόνα μεγέθους σε ορισμένα είδη πολύ βαθιών νερών, όπου η τροφή είναι σπάνια. Σε τέτοια περίπτωση, είναι δυνατόν (έχει διαπιστωθεί σε συλξηψη από αλιευτικό εργαλείο) ψάρι μικρότερου μεγέθους να έχει καταβροχθίσει άλλο ψάρι του ίδιου είδους μεγαλύτερου μεγέθους. Σε άλλες πάλι περιπτώσεις μπορεί να παρατηρηθεί κανιβαλισμός, που όμως

είναι παθητικός, καθώς ένα ψάρι, κάτω από ιδιαίτερες συνθήκες, μπορεί να φάει τα αυγά (υγιή και όχι νεκρά, που κατά κανόνα παρατηρείται για τον καθαρισμό και την εξυφάνση της φωλιάς) ή και τα νεοεκολαφθέντα άτομα του ίδιου είδους ή και τα δικά του. Βέβαια, ο κανιβαλισμός δεν παρατηρείται ευρέως αλλά έχει μεγάλη σημασία σε ορισμένες περιπτώσεις για τη διατήρηση του είδους. Χαρακτηριστική περίπτωση είναι η περίπτωση της πέρκας. Η ενήλικη πέρκα ζει σε περιβάλλον με αντίξοες συνθήκες (έλλειψη άλλου είδους για να τραφεί), ενώ η νεαρή πέρκα τρέφεται με ζωοπλαγκτό, το οποίο εφόσον στερείται άλλων θηρευτών είναι σχετικά άφθονο. Ως εξελικτική λύση έχει επιλεγεί η κατανάλωση των νεαρών ατόμων πέρκας και με αυτό τον τρόπο το είδος επιβιώνει.

Αναλύοντας το φαινόμενο διαπιστώνουμε ότι υπάρχει αλληλεξάρτηση ανάμεσα στον αριθμό των ενήλικων ατόμων πέρκας (τα οποία και θα αναπαραχθούν), στα νεαρά άτομα πέρκας και το ζωοπλαγκτό. Το ζωοπλαγκτόν, που είναι η τροφή των νεαρών ατόμων πέρκας αλλά όχι και των ενήλικων ατόμων, μπορεί να αυξηθεί σε βιομάζα (από το μειωμένο αριθμό θηρευτών του, που είναι τα νεαρά άτομα πέρκας). Ύπαρξη περιορισμένου όμως αριθμού νεαρών ατόμων οδηγεί σε μείωση του αριθμού των ενήλικων (αφού δεν βρίσκουν ικανές ποσότητες για να τραφούν. Ο περιορισμένος αριθμός των ενήλικων αυξάνει με τη σειρά του τις πιθανότητες επιβίωσης των νεαρών ατόμων κ.ο.κ. Οι μεταβολές στη σύνθεση των πληθυσμών της πέρκας είναι συνήθως περιοδικές, καθώς υψηλή πυκνότητα νεαρών ατόμων πέρκας ένα έτος έχει ως συνέπεια την μείωση της πυκνότητας του ζωοπλαγκτόν με το οποίο τρέφονται, ενώ την επόμενη χρονιά, που τα νεαρά άτομα θα μεγαλώσουν, θα υπάρξει μείωση του αριθμού των νεαρών ατόμων πέρκας της ίδιας χρονιάς. Με αυτόν τον τρόπο αποτρέπεται πιθανός ενδοειδικός ανταγωνισμός για τροφή και εξασφάλιση της επιβίωσης και διαιώνισης του είδους. Ο κανιβαλισμός πάντως, μπορεί να είναι και αποτέλεσμα συνοστισμού ενός είδους (σαρκοφάγου θηρευτή) σε περιορισμένο χώρο και πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψη σε περιπτώσεις καλλιέργειας ενός είδους.

Ο **ενδοειδικός τροφικός ανταγωνισμός** δεν είναι σπάνιος. Παρατηρείται σε περιοχές όπου υπάρχει περιορισμένη τροφή για ένα είδος ή όταν οι συνθήκες μεταβληθούν με αποτέλεσμα την έλλειψη τροφής. Συνήθως, ενδοειδικός τροφικός ανταγωνισμός οδηγεί σε μείωση της πληθυσμιακής πυκνότητας (σε μία συγκεκριμένη περιοχή) είτε λόγω θανάτων (από αστία ορισμένων ατόμων, που δεν βρίσκουν να φάνε) είτε από μετανάστευση σε περιοχές με ευνοϊκότερες συνθήκες και είναι ένας μηχανισμός αυτορρύθμισης της πυκνότητας ενός πληθυσμού.

Ο ενδοειδικός παρασιτισμός είναι γενικά σπάνιος. Εμφανίζεται στα ψάρια της οικογένειας Cerotioidea (ψάρια που ζούν σε μεγάλα βάθη, όπου η τροφή είναι σπάνια και κατ' επέκταση η πυκνότητα του πληθυσμού είναι μικρή συνεπώς και η πιθανότητα συνάντησης δύο ατόμων του ίδιου είδους και αντιθέτου φύλου είναι μικρή).

Στα ψάρια αυτά το αρσενικό, που είναι πάρα πολύ μικρότερο σε μέγεθος από το θηλυκό, όταν συναντήσει κατά την διάρκεια της ζωής του ένα θηλυκό άτομο, προσκολλάται (συνήθως στην κοιλιακή χώρα του θηλυκού) και σταδιακά συνδέεται με το κυκλοφορικό σύστημα του θηλυκού, τρεφόμενο με τα σωματικά του υγρά. Έχουν βρεθεί θηλυκά άτομα του είδους αυτού, τα οποία μεταφέρουν αρκετά αρσενικά άτομα στο σώμα τους (σε ορισμένες περιπτώσεις πέντε και έξι αρσενικά).

Με αυτόν τον τρόπο, το αρσενικό ζει από τα σωματικά υγρά του θηλυκού έχοντας παράλληλα την προστασία του μεγαλόσωμου θηλυκού. Δεν χρειάζεται να τρέφεται ανεξάρτητα από το θηλυκό, ούτε να αυξηθεί σε μέγεθος αντίστοιχο με αυτό του θηλυκού. Αν δεν υπήρχε το φαινόμενο του ενδοειδικού αυτού παρασιτισμού (που θα μπορούσαμε να το ονομάσουμε και ενδοειδική συμβίωση παράλληλα), οι πιθανότητες επιβίωσης καθενός από τα δύο φύλα θα μειώνονταν στο μισό, καθώς θα έπρεπε να ανταγωνίζονται για τροφή. Επιπρόσθετα, επειδή στα μεγάλα βάθη, που το είδος αυτό ζει, τα νερά είναι σχετικά ψυχρά και κατά συνέπεια ο μεταβολισμός είναι χαμηλός, η ηλικία ωρίμανσης είναι μεγάλη (μπορεί να φτάνει και τα πενήντα έτη). Αντιλαμβάνεται λοιπόν κανείς πόσο δύσκολο θα ήταν να συναντηθούν δύο άτομα διαφορετικού φύλου από ένα πληθυσμό ιδιαίτερα χαμηλής πυκνότητας μετά από πενήντα έτη, μία ορισμένη στιγμή, όπου και τα δύο θα ήταν ώριμα και σε κατάσταση να αναπαραχθούν, ώστε να ολοκληρωθεί επιτυχώς η αναπαραγωγή και να επιτευχθεί η διαιώνιση του είδους.

Επιλέγοντας το συγκεκριμένο είδος τον ενδοειδικό παρασιτισμό ως στρατηγική (επιβίωσης και αναπαραγωγής) επιτυγχάνει να αυξάνεται η πιθανότητα εύρεσης τροφής (για το είδος, καθώς δεν χρειάζεται να μεγαλώσουν παράλληλα και τα αρσενικά σε μέγεθος όπως τα θηλυκά) άρα αυξάνει και η πιθανότητα επιβίωσης του θηλυκού, αφού ο τροφικός ανταγωνισμός μειώνεται, αλλά και του αρσενικού, αφού από τη στιγμή, που θα συναντήσει ένα θηλυκό και προσκολληθεί έχει εξασφαλίσει την διατροφή και την προστασία του από θηρευτές άρα και την επιβίωση (τουλάχιστον όσο και το θηλυκό άτομο, που το φέρει), ενώ έχει εξασφαλισθεί και για τα δύο φύλα η πιθανότητα συνάντησης κατά την αναπαραγωγή. Είναι λοιπόν προφανές ότι το είδος φαίνεται να αποκτά ένα σαφές εξελικτικό πλεονέκτημα όσον αφορά την αναπαραγωγή και τη διαιώνιση του είδους.

2. ΔΙΑΕΙΔΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ

Είναι οι σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ ατόμων ψαριών από διαφορετικά είδη.

Το σύνολο των διαφόρων ειδών των ψαριών, που υπάρχει σε μία περιοχή, αποτελεί το **ιχθυοπανιδικό σύμπλεγμα** που αναπτύσσεται σε μία γεωγραφική ζώνη. Οι βιοτικοί και αβιοτικοί παράγοντες της γεωγραφικής ζώνης, προηγούμενοι και τωρινοί, καθορίζουν την εξέλιξη του ιχθυοπανιδικού συμπλέγματος. Η εξέλιξη αυτή έχει κατεύθυνση που μπορεί σε γενικές γραμμές να προβλεφτεί και στην οικολογία καλείται **οικολογική διαδοχή**. Η οικολογική διαδοχή (προοδευτική αλλαγή) σχετίζεται με τις μεταβολές στο χρόνο των διαφόρων περιβαλλοντικών συνθηκών και της εξαρτώμενης πανίδας και χλωρίδας ενός βιότοπου. Κατ' αντιστοιχία, στο ιχθυοπανιδικό σύμπλεγμα υπάρχει διαχρονικά μία διαδοχή των περιβαλλοντικών συνθηκών και των πληθυσμών των ψαριών σε μία περιοχή.

Για να γίνει πιο κατανοητό θα χρησιμοποιήσουμε ως παράδειγμα την εξελικτική πορεία των λιμνών παγετώδους προέλευσης. Οι λίμνες παγετώδους προέλευσης εμφανίζουν αρχικά ως χαρακτηριστικό την έλλειψη θρεπτικών αλάτων και κατά συνέπεια είναι φτωχές και χαρακτηρίζονται ως **ολιγοτροφικές** ή **ολιγότροφες**. Με την πάροδο του χρόνου όμως γίνεται απόθεση υλικών και θρεπτικών αλάτων και οι λίμνες γίνονται ολοένα και πιο πλούσιες, (περνώντας από φάσεις που χαρακτηρίζονται ως **μεσότροφες**, ως **εύτροφες** και ως **υπέτροφες**) γεμίζοντας παράλληλα από τα φερτά υλικά και χάνοντας σταδιακά βάθος, ώσπου τελικά εξαφανίζονται. Η κατάσταση αυτή ονομάζεται **ευτροφισμός** των λιμνών, Καθώς το περιβάλλον μεταβάλλεται, τα είδη των ψαριών του ψυχρού νερού, που ζούσαν αρχικά στη λίμνη, αντικαθίστανται σταδιακά από είδη ψαριών πιο θερμόφιλα και στο τέλος, με την σταδιακή αποξήρανση της λίμνης, τα διάφορα είδη ψαριών εξαφανίζονται από το βιότοπο.

Στην εξελικτική πορεία των ποτάμιων ρευμάτων, μπορούμε επίσης να διακρίνουμε την διαδοχή ροής. Ξεκινώντας από τον άνω ρού (ζώνη μεγάλης κλίσης και ταχείας ροής), όσο προχωρούμε προς τις εκβολές, η κλίση του εδάφους (κατά συνέπεια και η ροή του νερού) ελαττώνεται. Τα είδη των ψαριών, μεταβάλλονται κατά μήκος του ποταμού με σταδιακή μείωση του αριθμού ατόμων και την τελική εξαφάνιση ειδών της ζώνης ταχείας ροής (πέστροφα, φοξίνος), τα οποία σταδιακά διαδέχονται είδη της ζώνης μέσης ροής (μπριάνια, *Leuciscus leuciscus*) και στη συνέχεια τα είδη της ζώνης χαμηλής ροής (λεσιτιά, τσιρώνι), καλύτερα προσαρμοσμένα στις μεταβολές του περιβάλλοντος.

Στις διαειδικές σχέσεις ανήκουν η σχέση λείας-θηρευτή, ο τροφικός ανταγωνισμός, η συμβίωση, ο ομοσιτισμός και ο παρασιτισμός.

Η **σχέση λείας-θηρευτή** αναλύθηκε εν μέρει στην περίπτωση του κανιβαλισμού της πέρκας. Κατά κανόνα εμφανίζεται οικολογική ισορροπία και οι πληθυσμοί των διαφόρων ειδών εξαρτώνται από τους πληθυσμούς της λείας τους ή του θηρευτή τους. Η ισορροπία αποκτάται από τα διάφορα είδη με τη βοήθεια διαφόρων εξελικτικών προσαρμογών. Έτσι ένα είδος ψαριού, που είναι λεία ενός άλλου είδους (αλλά μπορεί να είναι και θηρευτής ενός άλλου είδους) προσπαθεί να εξασφαλίσει τη επιβίωση και διαιώνισή του έχοντας κατά κανόνα μεγάλη γονιμότητα, διάφορα προστατευτικά εξαρτήματα για άμυνα και αποφυγή των θηρευτών του και φροντίδα των νεαρών ατόμων για αύξηση της επιβίωσης των νεαρών ηλικιακών τάξεων.

Οι **προστατευτικές προσαρμογές** εμφανίζουν μεγάλη ποικιλία και σκοπό έχουν να μειώσουν την αρπακτική ικανότητα των θηρευτών. Για παράδειγμα διακρίνουμε ενεργητικά **δηλητηριώδη ψάρια**, δηλαδή αυτά που φέρουν δηλητηριώδεις αδένες, συνήθως στη βάση των ακανθωδών πτερυγίων ή στα βραγχιακά επικαλύμματα, και παθητικά δηλητηριώδη ψάρια που έχουν δηλητηριώδη σάρκα, αίμα, δέρμα και αυγά. Στη Μεσόγειο η δράκαινα θεωρείται η πλέον δηλητηριώδης και φέρει δηλητηριώδεις αδένες στην 13η άκανθα του ραχιαίου πτερυγίου. Μερικά ψάρια διαθέτουν ισχυρή εξωτερική θωράκιση που είναι συνήθως αποτέλεσμα διογκώσεων των λεπιών ή των οστών. Η παρουσία επίσης ακανθών κάνει τη λεία λιγότερη διαθέσιμη στον άρπαγα, γιατί όταν προτάσσονται αυξάνουν το μέγεθος του ψαριού και συχνά αποθαρρύνονται θηρευτή. Η τούρνα μαθαίνει να αποφεύγει το μικρό *Gasterosteus* διότι οι άκανθες που φέρει στο ραχιαίο πτερύγιο καθιστούν πολύ δύσκολη την κατάποση του. Η βαρειά θωράκιση με σκληρά λέπια ή οστέϊνες πλάκες χρησιμοποιείται επίσης για τον ίδιο λόγο (προστασία από θηρευτές). Τα ψάρια, που τη φέρουν χάνουν κατά κανόνα σε ταχύτητα μετακίνησης ή επιτάχυνση, που σε άλλα είδη αποτελούν τα κύρια όπλα τους εναντίων των επίδοξων θηρευτών. Τα φωτοφόρα όργανα ορισμένων βαθυπελαγικών ψαριών χρησιμοποιούνται επίσης για άμυνα, χρησιμοποιώντας την έντονη και απότομη λάμψη (flashing) στο σκοτάδι, και τυφλώνοντας τον επίδοξο θηρευτή. Τέλος, ο χρωματισμός και η κάλυψη, η ακριβής δηλαδή απομίμηση της μορφής (μιμιτισμός) και όχι μόνο του χρώματος του περιβάλλοντος τοπίου (camouflage) είναι επίσης μορφές προσαρμογής, που έχουν προστατευτικό χαρακτήρα. Εξ άλλου έχουμε ήδη συζητήσει την περίπτωση του μιμητικού χρωματισμού ή των φωτοφόρων.

Τροφικός ανταγωνισμός καλείται η σχέση δύο διαφορετικών ειδών, που τρέφονται με το ίδιο είδος λείας. Σε κανονικές συνθήκες δεν υπάρχει άμεσος τροφικός ανταγωνισμός, γιατί το τροφικό φάσμα των ενθλίκων ψαριών συμπίπτει μόνο ως προς εκείνες τις τροφές που είναι συνήθως δευτερεύουσας σημασίας για το κάθε είδος.

Η διατάραξη των φυσιολογικών συνθηκών ενός βιοτόπου είναι πιθανό να προκαλεί τροφικό ανταγωνισμό δύο ειδών με την αναγκαστική μεταστροφή του ενός είδους (ή και των δύο ειδών) σε είδη λείας που έγιναν άφθονα, μετά από τη διαταραχή, αλλά που σε φυσιολογικές συνθήκες δεν θα αποτελούσαν την κύρια τροφική επιλογή των δύο ειδών. Για παράδειγμα, η πτώση της στάθμης του νερού στις φραγμαλίμνες καταστρέφει την παράκτια βλάστηση μαζί με την πανίδα της (οικότοπος α). Τα ψάρια του είδους Α που τρέφονται αποκλειστικά με τους φυτόφιλους οργανισμούς αναγκάζονται να τρέφονται με τους ίδιους οργανισμούς που τρέφεται το είδος Β στην υδάτινη στήλη (οικότοπος β). Παρατηρείται δηλαδή στροφή του τροφικού φάσματος (switching) του είδους Α στα είδη λείας του οικότοπου β. Ισχυρός τροφικός ανταγωνισμός εμφανίζεται μόνο μεταξύ των ειδών ψαριών που καταλαμβάνουν τον ίδιο οικολογικό τροφικό θώκο (food niche).

Τα νεαρά άτομα διάφορων ειδών του ίδιου οικοσυστήματος μπορεί να τρέφονται με τους ίδιους οργανισμούς (ζωοπλαγκτό), εμφανίζουν δηλαδή μεγαλύτερο βαθμό ομοιότητας στην εκμετάλλευση της τροφής και επίσης μεγαλύτερο βαθμό στενοφαγίας (λιγότερα είδη λείας) απ' ότi τα ενθλίκα άτομα του ίδιου είδους. Εν τούτοις, τα νεαρά άτομα των διάφορων ειδών μπορούν να αποφύγουν τον τροφικό ανταγωνισμό, είτε γιατί η τροφή τους είναι εξαιρετικά άφθονη (σε σχέση με την απαιτούμενη ποσότητα και την πιθανότητα σύλληψης), είτε γιατί γεννιούνται σε διαφορετικές χρονικές περιόδους.

Η **Συμβίωση** είναι η περίπτωση διαιδικής σχέσης δύο (ή και περισσότερων) ειδών όπου και τα δύο είδη επηρεάζονται θετικά (κερδίζουν) από την παρουσία του άλλου είδους. Εμφανίζεται δηλαδή μία σχέση αμοιβαιότητας, όπου το ένα είδος ευεργετείται από την παρουσία του δεύτερου είδους (εκμεταλευόμενο ορισμένα ηθολογικά ή βιολογικά πρότυπά του) και ομοίως το δεύτερο είδος ευεργετείται από την παρουσία του πρώτου. Η συμβίωση δεν είναι ιδιαίτερα σύνηθες φαινόμενο ανάμεσα στα ψάρια, ενώ αντίθετα είναι σχετικά συχνό ανάμεσα σε ψάρια και σε άλλες συστηματικές κατηγορίες οργανισμών.

Ως χαρακτηριστικό παράδειγμα συμβίωσης στα ψάρια πάντως έχει ερμηνευθεί η σχέση που εμφανίζεται μεταξύ του καρχαρία και του ψαριού "πιλότου". Τα ψάρια "πιλότοι" είναι μικρού μεγέθους ψάρια τα οποία κολυμπούν συνήθως μπροστά από τους καρχαρίες και πολλές φορές βρίσκονται μπροστά ή και σχεδόν μέσα στο ανοιχτό στόμα του

καρχαρία, μοιάζοντας να είναι ιδιαίτερα ενοχλητικά, αν και ο καρχαρίας δεν φαίνεται να ενοχλείται ιδιαίτερα. Οι “πιλότοι” κολυμπούν μπροστά από τους καρχαρίες (οι οποίοι έχουν σχετικά ασθενή όραση) και φαίνεται πιθανό ότι εντοπίζουν την πιθανή τροφή των καρχαριών πιο εύκολα με την οξύτερη όραση που διαθέτουν. Οι “πιλότοι” τρέφονται με τα υπολείμματα τροφής του καρχαρία και έτσι ευεργετούνται, ενώ ο καρχαρίας βρίσκει πιο εύκολα τροφή και έτσι ευεργετείται και αυτός. Δεν έχει αναφερθεί καμμία περίπτωση όπου οι καρχαρίες να τρώνε το ψάρι “πιλότο”.

Ο **ομοσιτισμός** είναι μια ιδιόζουσα σχέση μεταξύ ατόμων διαφορετικών ειδών, από την οποία το ένα είδος φαίνεται να ευεργετείται (κερδίζει), ενώ το άλλο παραμένει αδιάφορο (ούτε κερδίζει ούτε ζημιώνεται), χωρίς μάλιστα να μεταβάλει το ηθολογικό του πρότυπο (την συμπεριφορά του). Αναφέρεται συνήθως στην εκμετάλευση του ίδιου είδους τροφής ή καλλίτερα της ίδιας τροφής (κυρίως υπολείμματα τροφής ενός ανώτερου θηρευτή, που αποτελούν την τροφή ενός άλλου είδους, που απλά τον ακολουθεί χωρίς να τον ενοχλεί ή να τον ευεργετεί). Χαρακτηριστική ίσως περίπτωση είναι η σχέση που υπάρχει μεταξύ του καρχαρία και του κολλησόψαρου (*Echineis naucrates*), που προσκολλάται στο σώμα του καρχαρία με τη βοήθεια βεντούζας που φέρει στο πάνω μέρος της κεφαλής του μετά από τροποποίηση του ραχιαίου πτερυγίου. Το κολλησόψαρο ευεργετείται τρεφόμενο με τα υπολείμματα τροφής του καρχαρία καθώς αυτός μετακινείται. Είναι πιθανό και ο καρχαρίας να ευεργετείται έμμεσα από την παρουσία του ψαριού, όμως αυτό δεν έχει αποδειχτεί.

Ο **διαειδικός παρασιτισμός** παρατηρείται σπάνια ανάμεσα στα ψάρια. Είναι η περίπτωση της διαειδικής σχέσης όπου το ένα είδος (παράσιτο) κερδίζει, ενώ το άλλο είδος (ξενιστής) όχι μόνο δεν κερδίζει, αντίθετα ζημιώνεται από την παρουσία του παρασίτου. Ο παρασιτισμός εμφανίζεται συνήθως με δύο τύπους :

α) ο ξενιστής (το ψάρι, που παρασιτείται) εξασθενεί από την παρουσία του παρασίτου και τελικά φονεύεται από το παρασιτικό ψάρι (όπως συμβαίνει στους κυκλόστομους)

β) το παρασιτικό ψάρι δε φονεύει τελικά τον ξενιστή (ή τουλάχιστον η παρουσία του δεν είναι ο αιτιολογικός παράγοντας θανάτου).

Και στις δύο περιπτώσεις ο ξενιστής είναι δυνατόν να πεθάνει όχι μόνο από την παρουσία του παρασιτικού ατόμου, αλλά και σε συνδυασμό με τις περιβαλλοντικές συνθήκες, καθώς είναι δυνατόν η εξασθένησή του να μειώσει το εύρος ανοχής των ορίων των περιβαλλοντικών συνθηκών.

Φαινόμενα **συνεξέλιξης ξενιστού και παρασίτου**, φαινόμενα δηλαδή όπου το παράσιτο εμφανίζεται να μειώνει εξελικτικά τη δραστικότητα της επίδρασής του στον ξενιστή (γιά να μην πεθάνει ο ξενιστής και συνεπώς πεθάνει και το παράσιτο) και ταυτόχρονα ο ξενιστής να αυξάνει την αντοχή του στο παράσιτο, δεν έχουν αναφερθεί στα ψάρια.

II. ΒΙΟΤΙΚΕΣ ΣΧΕΣΕΙΣ ΨΑΡΙΩΝ ΜΕ ΑΛΛΟΥΣ ΟΡΓΑΝΙΣΜΟΥΣ

Οι σχέσεις των ψαριών με τους υπόλοιπους πληθυσμούς ειδών μιάς περιοχής εξετάζεται διεξοδικά από το αντικείμενο της Υδροβιολογίας, της Λιμνολογίας και της Θαλάσσιας Βιολογίας και γενικότερα από την Οικολογία.

Όπως είναι εύκολα αντιληπτό, οι σχέσεις αυτές είναι όλες διαειδικές σχέσεις και λίγο έως πολύ ακολουθούν αυτά που αναφέρονται παραπάνω στις διαειδικές σχέσεις των ψαριών. Οι σχέσεις αυτές καθορίζονται κατά κύριο λόγο από τη σχετική θέση των ψαριών και των υπολοίπων ειδών στο τροφικό πλέγμα ενός συγκεκριμένου βιότοπου.

Η σχέση λείας-θηρευτή, ο τροφικός ανταγωνισμός, η συμβίωση, ο ομοσιτισμός και ο παρασιτισμός είναι οι κύριοι τύποι των σχέσεων που παρατηρούνται και εδώ, με τη διαφορά ότι αφορούν στο σύνολο των υπολοίπων ειδών μιάς περιοχής. Έτσι, το ίδιο είδος ψαριού είναι δυνατόν να είναι θηρευτής κάποιων ειδών (π.χ. ζωοπλαγκτόν), να είναι λεία κάποιων άλλων ειδών (είτε ψαριών είτε θηλαστικών ή και πουλιών), να παρασιτείται από κάποια άλλα είδη και να συμβιώνει με κάποια άλλα. Από τα παραπάνω είναι εμφανής η πολυπλοκότητα των σχέσεων, που παρατηρούνται μεταξύ των ψαριών και των υπολοίπων ειδών μιάς περιοχής, η οποία εξετάζεται από την Οικολογία.

Η πολυπλοκότητα των σχέσεων, που παρατηρούνται σε ένα οικοσύστημα είναι ευθέως ανάλογη του **αριθμού των διαφορετικών ειδών μιάς βιοκοινωνίας (= βιοποικιλότητα)** και οδηγεί στη **σταθερότητα** του οικοσυστήματος. Μεταβολές των διαφόρων συνθηκών ενός πολύπλοκου οικοσυστήματος είναι δυνατόν να το εκτρέψουν από τη θέση **δυναμικής ισορροπίας** και να το οδηγήσουν σε μία νέα θέση δυναμικής ισορροπίας, όμως δεν θα έχουν ως αποτέλεσμα την κατάρευσή του. Το αντίθετο, δηλαδή ο μικρός αριθμός ειδών, είναι πιθανό να οδηγήσει ακόμη και σε κατάρρευση του οικοσυστήματος από μία μεταβολή των συνθηκών του και απόκλιση από τη θέση ισορροπίας του. Για το λόγο αυτό χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή σε περιπτώσεις ανθρώπινων επεμβάσεων (εισαγωγή νέων ειδών, μονοκαλλιέργειες, εμπλουτισμοί, βιομηχανική δραστηριότητα, οικιστικά λύματα κ.ά.) ειδικά σε ευαίσθητα οικοσυστήματα με μικρό αριθμό ειδών και πιθανότητα έντονων αλλαγών, όπως ορισμένες λίμνες, ρυάκια και ποτάμια, μικροί κλειστοί κόλποι κ.ά. Τα υδάτινα αυτά οικοσυστήματα, λόγω της σπουδαιότητάς τους προστατεύονται από διεθνείς συνθήκες, διακρατικές ή εθνικές συμφωνίες και χαρακτηρίζονται είτε ως προστατευόμενες περιοχές είτε ως εθνικά πάρκα.

ΒΙΟΛΟΓΙΑ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Με τον όρο Βιολογία των ψαριών, αναφερόμαστε στην εξέταση και κατανόηση των κυριότερων φαινομένων της ζωής των ψαριών, όπως η αναπαραγωγή, η ανάπτυξη, η διατροφή, η μετακίνηση, η επιβίωση, η ομοιογένεια του πληθυσμού κ.ά..

Η γνώση της βιολογίας των ψαριών είναι αναπόσπαστο κομμάτι της έρευνας αλλά και του σχεδιασμού ενεργειών, που στόχο έχουν την αλιευτική διαχείριση ή την καλλιέργεια ενός είδους.

Η προσέγγιση των διαφόρων θεμάτων, που απασχολούν την ιχθυολογία είναι ποικίλη και εξαρτάται κυρίως από τις απαντήσεις που κανείς μπορεί να ζητήσει σε βασικά ερωτήματα. Εν τούτοις, κάποιες βασικές ερωτήσεις τίθενται σχεδόν πάντοτε, τουλάχιστον όσον αφορά στη διερεύνηση της βιολογίας ενός είδους ψαριού.

Το πρώτο, που μπορεί να ρωτήσει κανείς είναι το ποιά χαρακτηριστικά κάνουν το συγκεκριμένο είδος διαφορετικό από κάποια άλλα είδη ψαριών. Στο ερώτημα αυτό απαντά η **συστηματική ταξινόμηση** ενός είδους.

Στη συνέχεια, θα μπορούσε να ερωτηθεί κανείς που συναντάται το συγκεκριμένο είδος στο χώρο (**οριζόντια και κατακόρυφη κατανομή** ή γεωγραφική κατανομή) και το χρόνο, (**χωροχρονική κατανομή**), ποιές είναι οι συνθήκες της περιοχής ή των περιοχών που ζεί και αν οι πληθυσμοί των διαφόρων περιοχών, που το είδος συναντάται συνδέονται ή όχι μεταξύ τους. Τα παραπάνω αναφέρονται στη **Γεωγραφική εξάπλωση και κατανομή** του είδους, την **οικολογία** του και την **πληθυσμιακή ομοιομορφία** του.

Βασικές γνώσεις **πληθυσμιακής οικολογίας** θα πρέπει να θεωρηθούν απαραίτητες για την κατανόηση των παραπάνω, ενώ τα ερωτήματα αυτά θα πρέπει να θεωρηθούν γενικά ερωτήματα, που σχετίζονται με τη βιολογία ενός είδους.

Ειδικότερα ερωτήματα της βιολογίας ενός είδους είναι αυτά, που αφορούν στις διάφορες **βιολογικές παραμέτρους** του είδους. Τέτοια ερωτήματα σκοπό έχουν να αποσαφηνίσουν τον **κύκλο ζωής** ενός είδους και των παραμέτρων που διέπουν τις διάφορες **βιολογικές λειτουργίες** του, ώστε να μπορέσουν να ολοκληρωθούν οι πληροφορίες για την συμπλήρωση των διαφόρων πινάκων ζωής του είδους και να συμπληρωθούν τα όποια κενά.

Η καλή γνώση των παραπάνω αποτελεί το κατ' εξοχήν εργαλείο έρευνας, το οποίο στα χέρια ενός ιχθυολόγου πιθανά θα του δώσει τη δυνατότητα να απαντήσει σε ερωτήματα σχετικά με τη ζωή των ψαριών και τη σχέση τους με το περιβάλλον τους.

Επιπλέον, τα παραπάνω αποτελούν τα σκαλοπάτια στα οποία βασίζεται η περαιτέρω εξέταση της δυναμικής των ιχθυοπληθυσμών και κατά συνέπεια η δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων και μοντέλων μελλοντικής πρόβλεψης σε διαχειριστικά θέματα αλιείας και σε θέματα διαχείρισης και βελτίωσης υδατοκαλλιεργειών.

2. ΒΑΣΙΚΕΣ ΕΝΝΟΙΕΣ ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΗΣ ΟΙΚΟΛΟΓΙΑΣ

I. Η ΕΝΝΟΙΑ ΤΟΥ ΠΛΗΘΥΣΜΟΥ

1. Γενικά.

Σε κάθε οικοσύστημα υπάρχουν πολλά φυτικά και ζωικά είδη, των οποίων ο ρόλος στο οικοσύστημα είναι διαφορετικός. Όλα τα άτομα, που ανήκουν στο ίδιο είδος και συνυπάρχουν χρονικά και τοπικά (δηλαδή ζουν σε ένα οικοσύστημα) αποτελούν ένα πληθυσμό. Ο σπουδαιότερος χαρακτήρας ενός πληθυσμού είναι η δυνατότητα διασταύρωσης και αναπαραγωγής των ατόμων του πληθυσμού μεταξύ τους. Τα όρια (εξάπλωσης) ενός πληθυσμού δεν είναι πάντοτε σαφή. Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις (που υπάρχει γεωγραφική απομόνωση) τα όρια μπορεί να είναι σαφή.

Παράμετροι ενός πληθυσμού

Σε κάθε πληθυσμό αναφερόμαστε σε στατιστικά μεγέθη (**μεταβλητές** ή **παραμέτρους**), που δεν αφορούν μεμονομένα άτομα, αλλά περιγράφουν και χαρακτηρίζουν μία ομάδα ατόμων όπως είναι ο πληθυσμός. Κύριες παράμετροι του πληθυσμού είναι η πυκνότητα και η εσωτερική δομή (όπως η ηλικιακή κατανομή, η σχέση των δύο φύλων κ.ά.).

Η **πυκνότητα** ενός πληθυσμού είναι παράγωγο μέγεθος που επηρεάζεται από πρωτογενή στοιχεία της δυναμικής του πληθυσμού όπως η γεννησιμότητα, η θνησιμότητα και η ανταλλαγή ή η διασπορά του πληθυσμού (εποικισμός ή μετανάστευση). Αναφέρεται στον αριθμό των ατόμων του πληθυσμού στην μονάδα όγκου ή επιφανείας του συγκεκριμένου οικοσυστήματος. Διακρίνεται σε :

α) ειδική οικολογική πυκνότητα. Εκφράζει την πυκνότητα του πληθυσμού παίρνοντας υπ' όψη μόνο την έκταση (ή τον όγκο), που είναι κατάλληλη κατοικία του είδους και όχι την συνολική έκταση εξάπλωσης του πληθυσμού.

β) γενική πυκνότητα. Είναι ο συνολικός αριθμός ατόμων/μονάδα του συνολικού χώρου.

Η συνηθέστερη μέθοδος προσδιορισμού της πυκνότητας είναι η μέθοδος σύλληψης και επανασύλληψης (Petersen) που εφαρμόζεται ιχνηθέτηση (μαρκάρισμα) των ατόμων.

Η πυκνότητα ενός πληθυσμού μπορεί να επηρεάζεται από πληθυσμιακούς ρυθμούς σύμφωνα με το σχήμα :

Εποικισμός
(+)
Γεννησιμότητα (+) **ΠΥΚΝΟΤΗΤΑ** (-) Θνησιμότητα
(-)
Μετανάστευση

Η κατανομή των ηλικιών είναι επίσης χαρακτηριστική. Μπορεί να μεταβάλλεται από διάφορα δημογραφικά μεγέθη και απεικονίζει μεταβολές στη γεννησιμότητα, τη θνησιμότητα και το ρυθμό αύξησης του πληθυσμού.

II. ΜΕΤΑΒΟΛΕΣ ΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ

1. ΠΛΗΘΥΣΜΟΙ ΧΩΡΙΣ ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΔΟΜΗ

Στους πληθυσμούς χωρίς ηλικιακή δομή η πιθανότητα να συμβεί ένα δημογραφικό γεγονός είναι **ανεξάρτητη της ηλικίας**.

A. ΣΥΝΕΧΗ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΥΞΗΣΗΣ

Οι γενικές παραδοχές είναι :

α) η επικάλυψη γενεών είναι απόλυτη

β) Τα δημογραφικά γεγονότα (γεννήσεις και θάνατοι) συμβαίνουν συνεχώς.

Ο γενικός τύπος είναι : $dN / dt = f(N)$

1. **Εκθετικά μοντέλα αύξησης** : Προϋποθέτουν ότι ο ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού (r) είναι σταθερός και ανεξάρτητος της ηλικίας και πυκνότητας του πληθυσμού

$$dN / dt = r * N \Rightarrow N(t) = N_0 e^{rt}$$

$$r = b - m \quad (b = \text{γεννητικότητα}, m = \text{θνησιμότητα})$$

2. **Λογιστικά μοντέλα αύξησης** : Προϋποθέτουν ότι ο ρυθμός μεταβολής του πληθυσμού (r) είναι ανεξάρτητος της ηλικίας είναι όμως συνάρτηση της πυκνότητας του πληθυσμού. Οι πληθυσμοί διαθέτουν αναδραστικούς μηχανισμούς αυτορρύθμισης της πυκνότητάς τους σε σχέση με τη βιοχωρητικότητα του περιβάλλοντος.

$$dN / N dt = r - b * N$$

$$\text{αν } r / b = K \text{ (βιοχωρητικότητα)} \quad dN / N dt = r (1 - N / K) \Rightarrow N(t) = K / (1 + e^{-rt})$$

Αποκλίσεις από την κατάσταση ισορροπίας του πληθυσμού έχουν ως συνέπεια την τάση του πληθυσμού να ξαναγυρίσει στην κατάσταση ισορροπίας. Ο χρόνος που χρειάζεται ο πληθυσμός λέγεται **περίοδος ή χρόνος αποκατάστασης** (T_R) και για το λογιστικό μοντέλο είναι : $T_R = 1 / r$

Αν υπάρχει χρονική υστέρηση T στην αναδραστική ρύθμιση της πυκνότητας τότε το λογιστικό μοντέλο γίνεται :

$$dN / N dt = r [1 - N(t - T) / K]$$

B. ΑΣΥΝΕΧΗ ΜΟΝΤΕΛΑ ΑΥΞΗΣΗΣ

Οι γενικές παραδοχές είναι :

α) δεν υπάρχει επικάλυψη γενεών

β) Τα δημογραφικά γεγονότα (γεννήσεις και θάνατοι) συμβαίνουν σε καθορισμένες στιγμές του βιολογικού κύκλου. Ο χρόνος είναι ασυνεχής μεταβλητή (t, t+1, t+2, ...)

Ο γενικός τύπος είναι : $N_{t+1} = f(N_t)$

1. Ανάλογο του εκθετικού μοντέλου (χωρίς αυτορρύθμιση της πυκνότητας)

$$N_{t+1} = \lambda * N_t \text{ όπου } \lambda = e^r$$

άν η $f(N_t)$ θεωρηθεί γραμμική συνάρτηση

2. Ανάλογο του λογιστικού μοντέλου (με αυτορρύθμιση της πυκνότητας)

άν η $f(N_t)$ θεωρηθεί μη γραμμική συνάρτηση υπάρχουν πολλά μοντέλα που την περιγράφουν. Τα κυριότερα είναι :

| ΜΟΝΤΕΛΟ | Βιοχωρητικότητα | T_R |
|--|-----------------|-------|
| $N_{t+1} = N_t [1 + r (1 - N / K)]$ | K | 1 / r |
| $N_{t+1} = N_t * e^{r (1 - N / K)}$ | K | 1 / r |
| $N_{t+1} = \lambda * N_t^{1-b} (N > \epsilon)$ | $\lambda^{1/b}$ | 1 / b |

όπου ϵ είναι η οριακή τιμή της παραμέτρου r, πάνω από την οποία η δυναμική συμπεριφορά του συστήματος χάνει την κανονικότητά της και μετατρέπεται σε χαοτική.

Οι παράμετροι των μοντέλων αυτών μετρούν την ισχύ των αναδραστικών μηχανισμών ρύθμισης της πυκνότητας από γενιά σε γενιά.

2. ΠΛΗΘΥΣΜΟΙ ΜΕ ΗΛΙΚΙΑΚΗ ΔΟΜΗ

Στους πληθυσμούς με ηλικιακή δομή η πιθανότητα να συμβεί ένα δημογραφικό γεγονός είναι **συνάρτηση της ηλικίας**. Στους πληθυσμούς αυτούς οι ηλικιακές κλάσεις είναι διακριτές και συνήθως επικαλύπτονται.

A. ΣΥΝΕΧΗ ΜΟΝΤΕΛΑ : Πίνακες ζωής

Η μελέτη των πληθυσμών με ηλικιακή δομή σε συνεχή χρόνο γίνεται με την κατάστρωση των Πινάκων ζωής.

Οι κυριότερες παράμετροι ενός πίνακα ζωής είναι οι ακόλουθοι :

1. λ = πεπερασμένος ρυθμός αύξησης. Μετρά τη σχετική (ανά άτομο) αύξηση του πληθυσμού από γενιά σε γενιά. Ισχύει η σχέση : $r = \ln \lambda$.
2. s_x = η πιθανότητα επιβίωσης των ατόμων της ηλικιακής κλάσης x .
3. S_x = η πιθανότητα επιβίωσης των ατόμων της ηλικιακής κλάσης x ως τη μέση της επόμενης ηλικιακής κλάσης $x+1$.
4. F_x = η γονιμότητα της ηλικιακής κλάσης x
5. R_f = ο αναμενόμενος μέσος αριθμός θηλυκών απογόνων, που παράγεται από ένα θηλυκό άτομο σε όλη τη διάρκεια της ζωής του
6. G = η μέση διάρκεια γενιάς
7. T_x = ο συνολικός χρόνος, που έζησαν τα άτομα της ηλικιακής κλάσης x
8. e_x = η μέση διάρκεια ζωής, που απομένει στο μέσο αντιπροσωπευτικό άτομο της ηλικιακής κλάσης x

B. ΑΣΥΝΕΧΗ ΜΟΝΤΕΛΑ : Μητρωτικά μοντέλα

Για να μελετηθούν πληθυσμοί με ηλικιακή δομή σε ασυνεχή χρόνο χρησιμοποιούνται τα δημογραφικά ανύσματα και οι μήτρες μεταφοράς.

Τα δημογραφικά ανύσματα περιγράφουν τη δομή του πληθυσμού σε μία χρονική στιγμή t , έστω N_t .

Η Μήτρα μεταφοράς (M) καθορίζει τη μετάβαση του πληθυσμού από τη δομή N_t κατά τη χρονική στιγμή t , στη δομή N_{t+1} κατά τη χρονική στιγμή $t+1$. Το δημογραφικό ανύσμα κατά τη στιγμή $t+1$ προκύπτει από τη σχέση :

$$N_{t+1} = M * N_t \text{ ή αλλιώς } N_{t+1} = M^{t+1} N_0$$

III. ΕΠΙΛΕΚΤΙΚΕΣ ΣΤΡΑΤΗΓΙΚΕΣ ΚΑΙ ΠΡΟΣΑΡΜΟΣΤΙΚΟΤΗΤΑ

Οι βασικές παράμετροι των μοντέλων δυναμικής πληθυσμών είναι συνολικές έννοιες και μεταφράζουν το σύνθετο αποτέλεσμα της επίδρασης ενός συνόλου από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες στη μεταβολή του πληθυσμού.

Ενα από τα πιο παραγωγικά σημεία της οικολογικής θεωρίας, που συνδέει τις παραμέτρους r και K (από τις οποίες εξαρτάται κατά κύριο λόγο η αύξηση του πληθυσμού) με τα χαρακτηριστικά του βιοτόπου στον οποίο αυτός ζει, εκφράζεται με τις έννοιες των δύο **επιλεκτικών στρατηγικών**, r και K . Οι στρατηγικές αυτές είναι οι λειτουργικές απαντήσεις του πληθυσμού σε πιέσεις του περιβάλλοντος και σφυρηλατήθηκαν κάτω από τη δράση της φυσικής επιλογής στην πορεία της εξέλιξης των ειδών.

K-στρατηγική

Αναφέρεται σε πληθυσμούς, που **ζουν σε σταθερό βιότοπο**. Η διάρκεια γενιάς αυτών των πληθυσμών (G) είναι πολύ μικρότερη από το χρόνο (H) κατά τον οποίο ο βιότοπος παραμένει ευνοϊκός για τον πληθυσμό. ($G / H \ll 1$). Η πυκνότητά τους παραμένει σταθερή ή παρουσιάζει σταθερή ταλάντωση γύρω από τη βιοχωρητικότητα σε σχέση με το χρόνο. Οι πληθυσμοί παρουσιάζουν **μικρή γεννητικότητα και μικρή θνησιμότητα**, που συνεπάγεται **μεγάλη διάρκεια ζωής**.

Βασική επιδίωξη των πληθυσμών με K-στρατηγική είναι η **διατήρηση σταθερής πληθυσμιακής πυκνότητας**. Αυτό επιτυγχάνεται με την ικανότητα μέγιστης εκμετάλλευσης των τροφικών διαθεσίμων σε περιορισμένο περιβάλλον και την ανάπτυξη αμυντικών μηχανισμών, που αυξάνουν την δυνατότητα επιβίωσης σε περιπτώσεις διαειδικού ανταγωνισμού.

Ο χρόνος αποκατάστασης σε πληθυσμούς με K-στρατηγική είναι μεγάλος, ενώ ο ρυθμός γεννητικότητας αυξάνει με τη μείωση της πυκνότητας. Κατά συνέπεια διαπιστώνουμε ότι πρόκειται για πληθυσμούς που εμφανίζουν έντονο (τροφικό κατά κύριο λόγο) ενδοειδικό ανταγωνισμό.

r-στρατηγική

Αναφέρεται σε πληθυσμούς, που ζουν σε ασταθές ή έντονα μεταβαλλόμενο περιβάλλον. Η διάρκεια γενιάς αυτών των πληθυσμών (G) είναι πολύ μεγαλύτερη από το χρόνο (H) κατά τον οποίο ο βιότοπος παραμένει ευνοϊκός για τον πληθυσμό. ($G/H > 1$). Χαρακτηρίζει πληθυσμούς που αποικίζουν νέους βιότοπους ή οικολογικά κενά.

Ο ρυθμός μετανάστευσης αυτών των πληθυσμών αποτελεί ουσιαστική παράμετρο των μοντέλων που περιγράφουν τη δυναμική τους. Έχουν **μικρή διάρκεια γενιάς** και μικρή ικανότητα για δια-ειδικό ανταγωνισμό.

Οι κύριοι αμυντικοί μηχανισμοί των πληθυσμών αυτών έναντι του δια-ειδικού ανταγωνισμού είναι η **μεγάλη γεννητικότητα**, που είναι ανεξάρτητη της πυκνότητας του πληθυσμού, και η **μετανάστευση**. Οι πληθυσμοί αρχίζουν την ανάπτυξή τους σε μία νέα περιοχή με το σχηματισμό μικρών αποικιών που η δυναμική τους περιγράφεται από το εκθετικό μοντέλο, το οποίο ως γνωστόν δεν παράγει σταθερούς πληθυσμούς.

Οι πληθυσμοί της r-στρατηγικής αποφεύγουν την αστάθεια με τη μετανάστευση. Φαινόμενα μαζικής θνησιμότητας δεν είναι σπάνια σε τέτοιους πληθυσμούς. Η πιθανότητα εξαφάνισης ενός πληθυσμού με r-στρατηγική είναι μεγάλη, όμως αν τα είδη με r-στρατηγική θεωρηθούν ως σύνολο, αποτελούν σχετικά σταθερό σύστημα.

3. ΠΙΝΑΚΕΣ ΖΩΗΣ - ΚΥΚΛΟΣ ΖΩΗΣ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

Ο πλήρης κύκλος ζωής των ψαριών είναι δυνατόν να διαχωριστεί σε ορισμένες διακριτές περιόδους, κύρια σε σχέση με την αναπαραγωγή. Έτσι, μπορούμε να διακρίνουμε τις παρακάτω περιόδους ανάπτυξης :

α) εμβρυϊκή ανάπτυξη : είναι η περίοδος της ανάπτυξης μεταξύ της γονιμοποίησης και μέχρι της έναρξης εύρεσης εξωτερικής τροφής. Χωρίζεται σε τρία μέρη:

i) περίοδος του αυγού, όπου το έμβρυο τρέφεται από τη λέκιθο, που είναι απόθεμα τροφής που παρέχεται από το μητρικό οργανισμό και η ανάπτυξη του εμβρύου γίνεται μέσα στη μεμβράνη του αυγού,

ii) περίοδος του ελεύθερου εμβρύου (αρχικό στάδιο προλάρβας που φέρει λεκιθικό σάκο), όπου η ανάπτυξη συνεχίζεται έξω από το γονιμοποιημένο αυγό, χωρίς την πρόσληψη εξωτερικής τροφής. Η ικανότητα κολύμβησης είναι μικρή ή μηδενική.

iii) περίοδος ατελούς λάρβας (τελικό στάδιο προλάρβας που φέρει υπολείμματα λεκιθικού σάκου), η ελεύθερη προλάρβα στρέφεται σταδιακά σε εξωτερική τροφή και εάν δεν κατορθώσει να τραφεί εξαντλείται και πεθαίνει. Εμφανίζονται φαινόμενα φωτοτακτισμού και ρεοτακτισμού καθώς αρχίζει να υπάρχει η δυνατότητα κολύμβησης.

β) λαρβική περίοδος : Η λαρβική περίοδος και αυτή διακρίνεται σε δύο επιμέρους στάδια :

i) περίοδος ατελούς ιχθυδίου όπου είναι συνέχεια του προηγούμενου σταδίου και η λάρβα τρέφεται αποκλειστικά με εξωτερική τροφή αλλά δεν έχει αναπτύξει ακόμα τα εσωτερικά και εξωτερικά τυπικά χαρακτηριστικά του ενήλικου ψαριού. Η φάση χαρακτηρίζεται από γρήγορη ανάπτυξη και πολλαπλές αλλαγές στις διατροφικές συνήθειες και στην ηθολογία

ii) περίοδος τελείου ιχθυδίου, που χαρακτηρίζεται από σταθεροποίηση των εξωτερικών μορφολογικών γνωρισμάτων και συνηθειών του ψαριού. Το ιχθύδιο αρχίζει να μοιάζει εξωτερικά με το ενήλικο άτομο. Η διατροφή του εξαρτάται από την περιοχή διαβίωσης και το σχετικό μέγεθος του ψαριού.

γ) περίοδος του ανώριμου ή ανήλικου ατόμου : η εξωτερική εμφάνιση μοιάζει με αυτήν του ενήλικου αλλά οι γονάδες δεν είναι αναπτυγμένες και τα δευτερεύοντα φυλετικά χαρακτηριστικά (όπου υπάρχουν στα ενήλικα) λείπουν.

δ) περίοδος ώριμου ή ενήλικου ατόμου : Δευτερεύοντα φυλετικά χαρακτηριστικά έχουν αναπτυχθεί και υπάρχει πλήρης ικανότητα για αναπαραγωγή.

ε) περίοδος του γήρατος : σταδιακή εξασθένηση και τελικά παύση της ικανότητας αναπαραγωγής και αντίστοιχα η αύξηση σε μήκος είναι πολύ βραδεία ή σταματά.

Ιδιαίτερα βιολογικά χαρακτηριστικά όπως και διαφορετικές βιολογικές παραμέτρους (θνησιμότητα, ταχύτητα ανάπτυξης, δυνατότητα αναπαραγωγής κ.λ.π.) μπορούμε να διακρίνουμε σε κάθε επι μέρους στάδιο της ζωής ενός είδους. Είναι λοιπόν σημαντικό να γνωρίζουμε τα παραπάνω κυρίως σε εκμεταλευόμενους πληθυσμούς, όπου υπάρχει ανάγκη καθορισμού μέτρων αλιευτικής διαχείρισης και πρόβλεψης της παραγωγής. Βέβαια, όπως είναι αντιληπτό, οι βιολογικές παράμετροι αφορούν έναν συγκεκριμένο πληθυσμό και όχι το είδος. Έτσι η **δυνατότητα διάκρισης των πληθυσμών** και του ελέγχου **ομοιογένειας του πληθυσμού** είναι εξ ίσου σημαντικές και θα τις εξετάσουμε στη συνέχεια

4. ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΔΙΑΚΡΙΣΗΣ ΙΧΘΥΑΠΟΘΕΜΑΤΩΝ- ΕΛΕΓΧΟΣ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΤΩΝ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ

1. ΓΕΝΙΚΑ

Στα είδη των ψαριών, όπως και στους περισσότερους οργανισμούς, δεν υφίστανται συνεχείς ή ομοιογενείς πληθυσμοί, αλλά συνήθως παρουσιάζεται ένα σύνολο υπομονάδων, λιγότερο ή περισσότερο διακριτών μεταξύ τους ως προς ορισμένα χαρακτηριστικά γνωρίσματα (Dobzansky, 1970).

Σύμφωνα με τα παραπάνω, ένας δεδομένος πληθυσμός ψαριών μπορεί να περιλαμβάνει ομάδες ατόμων, που έχουν ζήσει και αναπυχθεί σε διαφορετικές γεωγραφικές περιοχές, ή έχουν γεννηθεί σε διαφορετικά πεδία ωτοκίας, ή έχουν τραφεί ως προνύμφες ή νεαρά άτομα σε διαφορετικά πεδία διατροφής. Επίσης, ένας δεδομένος πληθυσμός ψαριών, είναι δυνατόν να αποτελείται από ομάδες διαφορετικής ηλικίας, που σχηματίζουν διακριτά σμήνη (schools). Τέλος, τα ενήλικα άτομα, μπορεί να επιστρέφουν σε διαφορετικά αλλά συγκεκριμένα πεδία ωτοκίας με κάποιο βαθμό πιστότητας. Τα παραπάνω είναι σχεδόν ένας πλήρης κατάλογος των χαρακτηριστικών, που αφορούν στη πληθυσμιακή δομή ενός είδους.

2. ΕΞΕΤΑΣΗ ΟΜΟΙΟΓΕΝΕΙΑΣ ΠΛΗΘΥΣΜΩΝ ΕΝΟΣ ΕΙΔΟΥΣ

Σύμφωνα με τον Marr (1957) :

Υποπληθυσμός είναι ένα κομμάτι του πληθυσμού, **γενετικά αυτοσυντηρούμενο** (shelf sustaining) και είναι συνώνυμο με την Ελληνική λέξη "Δήμος". Παρά το γεγονός ότι οι διαφορές ανάμεσα στους υποπληθυσμούς ενός είδους μπορεί να είναι μικρές, εντούτοις είναι κληρονομίσιμες, ενώ

Απόθεμα είναι ένας πληθυσμός ή ένα τμήμα κάποιου πληθυσμού, όλα τα μέλη του οποίου χαρακτηρίζονται από ομοιότητες, όχι απαραίτητα κληρονομίσιμες, αλλά οφείλονται κυρίως στην **επίδραση του περιβάλλοντος**. Ένα απόθεμα μπορεί να συμπεριλαμβάνει μέλη από διαφορετικούς υποπληθυσμούς. Η σημαντικότερη διάκριση ανάμεσα στους υποπληθυσμούς και το αλιευτικό απόθεμα θεωρείται η ιδιότητα των μελών ενός υποπληθυσμού να συνευρίσκονται κατά την περίοδο ωτοκίας, ενώ για τα μέλη του αποθέματος αυτό δεν είναι απαραίτητο.

Στην αλιευτική βιολογία θεωρείται σημαντικό να γνωρίζουμε την πληθυσμιακή δομή ενός είδους ψαριού και κατά πόσο αυτή είναι αρκετά σταθερή ώστε να οδηγεί σε κάποιου βαθμού γενετική διαφοροποίηση ανάμεσα στους υποπληθυσμούς. Τα παραπάνω πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά την εκτίμηση του αποθέματος και των παραμέτρων δυναμικής του συνολικού πληθυσμού, γιατί έχει διαπιστωθεί ότι μπορεί να υπάρξει μεταβολή της δυναμικής του συνολικού πληθυσμού, προερχόμενη από μεταβολές επιμέρους ομάδων του. Τα ανωτέρω φανερώνουν ότι η πληθυσμιακή δομή ορισμένων ομάδων ενός είδους μπορεί να μεταβάλλεται ανεξάρτητα και να επηρεάζει την δυναμική του συνολικού πληθυσμού χωρίς να απαιτείται η ύπαρξη μεγάλου βαθμού γενετικής διαφοροποίησης ανάμεσα στις επιμέρους ομάδες.

Ο **καθορισμός του αλιευτικού αποθέματος** είναι ιδιαίτερα σημαντικός για την ιχθυολογική έρευνα, γιατί δίνει την δυνατότητα εκτιμήσεων και λήψης αποφάσεων επί διαχειριστικών θεμάτων αλιείας. Σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές οι βιοστατιστικές παράμετροι μιάς μονάδας ιχθυαποθέματος, ιδιαίτερα οι παράμετροι της αύξησης και του ποσοστού των νεοεισερχομένων ατόμων σ' ένα ιχθυοπληθυσμό (recruitment), παρουσιάζουν ομοιογένεια, ώστε, από πλευράς διαχείρισης, ένα απόθεμα μπορεί να θεωρηθεί ως ανεξάρτητο σύνολο ατόμων ενός είδους.

Ενας αριθμός διαφορετικών μεθόδων έχει ήδη ή θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί σε μελέτες διάκρισης ιχθυοπληθυσμών. Κάθε κατάταξη ή απαρίθμηση των διαφόρων μεθόδων θεωρείται περισσότερο αυθαίρετη παρά φυσική, καθώς αρκετές από τις μεθόδους αλληλεπικαλύπτονται (Bagenal, 1978). Μεταξύ των μεθόδων, που έχουν χρησιμοποιηθεί για διάκριση ιχθυοπληθυσμών συγκαταλέγονται οι παρακάτω:

1.-**Ανατομικές μελέτες** με χρήση μορφομετρικών και μεριστικών χαρακτήρων (εξωτερικών και εσωτερικών), καθώς και αναλογιών ανάμεσα σε ομάδες τέτοιων χαρακτήρων ή η παρουσία-απουσία μιάς δομής (όπως δόντια, ψευδοβράγχια κ.λ.π.).

2.-**Μαρκάρισμα και επανασύλληψη**, που παράλληλα με τις πληροφορίες για την έννοια της μονάδας του ιχθυαποθέματος, χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του μεγέθους ενός πληθυσμού και την διαπίστωση μετακινήσεων και μεταναστεύσεων.

3.-**Χαρακτηριστικά του κύκλου ζωής** των ψαριών, όπως διαφορές στην εποχή αναπαραγωγής ή την θερμοκρασιακή απαίτηση για την έναρξη της αναπαραγωγής.

4.-**Φυσιολογικά χαρακτηριστικά**, όπως εγγενή αναπτυξιακά χαρακτηριστικά, τα οποία αντικατοπτρίζονται συνήθως στους ρυθμούς ανάπτυξης.

5.-**Βιοχημικές μελέτες**, όπως ανίχνευση αιματολογικών διαφορών στον ορό και τα κύτταρα του αίματος με χρήση αντιδράσεων αντιγόνου-αντισώματος, ανίχνευση διαφορών σε αμινοξέα μυών με χρωματογραφία χάρτου κ.λ.π.

6.-**Γενετικές μελέτες** με τη χρήση γενετικών σημαντών (genetic markers), δηλαδή τμημάτων του DNA ή άμεσων παραγώγων του (RNA, πρωτεΐνες), που παρουσιάζουν πολυμορφισμό μέσα στο είδος. Μεταξύ των ευρύτερα διαδεδομένων γενετικών σημαντών περιλαμβάνονται το μιτοχονδριακό DNA και οι ηλεκτροφορητικά διακριτές μορφές πρωτεϊνών (αλλοένζυμα).

Γιά τη μελέτη της **πληθυσμιακής δομής** και της **διάκρισης αμιγών αποθεμάτων** ιχθυοπληθυσμών χρησιμοποιούνται πρόσφατα οι γενετικές μέθοδοι με τη χρήση γενετικών σημαντών, καθώς η γενετική μελέτη της δράσης της φυσικής επιλογής σε πληθυσμούς έχει προσελκύσει την προσοχή πολλών ερευνητών. Οι γενετικοί σημαντές είναι κατάλληλα εργαλεία για διάκριση των αμιγών ιχθυοαποθεμάτων, αποθεμάτων δηλαδή που παρουσιάζουν σχεδόν απόλυτη απομόνωση (πολύ μικρή ή καθόλου γενετική ροή) και για μεγάλα χρονικά διαστήματα (τάξεως εκατοντάδων χιλιάδων ή και εκατομμυρίων ετών), στα οποία οι πληθυσμοί συσσωρεύουν μεταλλακτικές αλλαγές με αποτέλεσμα τη γενετική τους διαφοροποίηση.

Η έννοια του **αμιγούς αποθέματος** όμως δεν είναι η καταλληλότερη για περιπτώσεις διαχείρισης αλιευτικών αποθεμάτων. Κατά την έννοια του **αλιευτικού αποθέματος** η χρονική κλίμακα είναι πολύ πιο περιορισμένη. Τό ζητούμενο απ' αυτή την άποψη είναι κατά πόσο ένα διαχειριστικό απόθεμα δέχεται εισροή μεταναστών από γειτονικούς υποπληθυσμούς (ώστε π.χ. σε περιπτώσεις υπεραλίευσης να μπορεί να καθοριστεί εάν και πότε το συγκεκριμένο απόθεμα θα μπορούσε να ανακάμψει). Ετσι, ένα ποσοστό ατόμων μεταξύ διαφορετικών υποπληθυσμών ενός είδους μπορεί να ανταλλάσσεται μεταξύ διαφορετικών αλιευτικών αποθεμάτων. Το ποσοστό ανταλλαγής, ενώ μειώνει την γενετική απομόνωση μεταξύ των υποπληθυσμών, εντούτοις μπορεί να μην είναι αρκετό ώστε να επιφέρει την ανάκαμψη ενός αποθέματος σε περίπτωση υπεραλίευσης σε σύντομο χρονικό διάστημα, το οποίο επιβάλλεται από οικονομικούς κυρίως περιορισμούς. Σε παρόμοιες περιπτώσεις, ενώ οι επιμέρους υποπληθυσμοί μπορούν να θεωρηθούν ως διαφορετικές μονάδες από πλευράς αλιευτικής διαχείρισης, γενετικά εμφανίζονται ομοιογενείς και δεν μπορούν να θεωρηθούν διαφορετικά αμιγή αποθέματα. Οπου βέβαια οι γενετικοί σημαντές αποκαλύπτουν την ύπαρξη διαφορετικών αμιγών αποθεμάτων, θεωρείται δεδομένη και η ύπαρξη διαφορετικών διαχειριστικών αποθεμάτων. Οι γενετικοί

σημαντές όμως έχουν αποτύχει να καταδείξουν στα είδη των θαλασσίων ψαριών τις απόλυτες γενετικές διαφορές, που απαιτούνται από την έννοια των αμιγών αποθεμάτων.

Τα **μορφομετρικά και μεριστικά χαρακτηριστικά** είναι φαινοτυπικά χαρακτηριστικά, που μπορεί να προκύπτουν από γονίδια, των οποίων η γενετική βάση δεν είναι ακόμη σαφώς καθορισμένη. Η εμφάνιση τέτοιων φαινοτυπικών χαρακτηριστικών μπορεί να είναι αποτέλεσμα της έκφρασης γονιδίων σε συνάρτηση με το περιβάλλον, αλλά και σε συνδυασμό με ολόκληρο τον υπόλοιπο γενότυπο. Διαφορές αυτών των χαρακτηριστικών, αντικατοπτρίζονται στην ικανότητα επιβίωσης των ατόμων, με αποτέλεσμα την διαφορική αναπαραγωγή γονοτύπων προσαρμοστικά επιτυχημένων. Κατ' αυτό τον τρόπο, ενώ δεν γνωρίζουμε επακριβώς την δυνατότητα κληρονομής τέτοιων γονιδίων ή πιθανές γενετικές συσχετίσεις μεταξύ τους ή με άλλα γονίδια, είμαστε σε θέση να διακρίνουμε διαφορές στα χαρακτηριστικά αυτά, ικανές για να προσδιορίσουμε ορισμένες διακριτές ομάδες.

Η χρήση της μεθόδου ανάλυσης των μορφομετρικών και μεριστικών χαρακτήρων είναι ιδιαίτερα διαφωτιστική για περιπτώσεις ανίχνευσης αλιευτικών διαχειριστικών αποθεμάτων, καθώς οι μορφομετρικοί και μεριστικοί χαρακτήρες είναι μερικώς μόνο καθορισμένοι γενετικά και βρίσκονται καθαρά κάτω από την επίδραση της φυσικής επιλογής.

Όπως φαίνεται από τα παραπάνω, η δομή ενός πληθυσμού σχετίζεται άμεσα με τον τόπο διαβίωσής του και με εγγενή βιολογικά χαρακτηριστικά του. Είναι επίσης γνωστό ότι από τις σημαντικότερες βιολογικές λειτουργίες στη ζωή των ψαριών είναι η αναπαραγωγή και η επιβίωση που εξαρτάται από τη διατροφή και την ανάπτυξη. Ολόκληρος όμως ο κύκλος ζωής ενός ψαριού δεν διάγεται απαραίτητα στον ίδιο τόπο. Τα ψάρια είναι δυνατό να αλλάζουν τόπο διαβίωσης (ενεργητικά ή παθητικά, παρασυρόμενα από ρεύματα ή άλλες κινήσεις των υδάτινων μαζών) κατά τη διάρκεια της ζωής τους, είτε τυχαία, είτε ακολουθώντας κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο μετακίνησης. Τις μετακινήσεις αυτές των ψαριών θα εξετάσουμε στη συνέχεια.

5. ΤΟΠΟΙ ΔΙΑΒΙΩΣΗΣ, ΜΕΤΑΚΙΝΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΝΑΣΤΕΥΣΕΙΣ ΨΑΡΙΩΝ

Όπως ήδη αναφέρθηκε, ολόκληρος ο κύκλος ζωής ενός ψαριού δεν διάγεται απαραίτητα στον ίδιο τόπο. Τα ψάρια αλλάζουν τόπο διαβίωσης κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων της ζωής τους, είτε τυχαία, είτε ακολουθώντας κάποιο συγκεκριμένο πρότυπο μετακίνησης.

Ανάλογα με το στάδιο του κύκλου ζωής των ψαριών είναι δυνατόν να χαρακτηρίσουμε τον τόπο, που διαμένουν ομοιογενείς λίγο έως πολύ ομάδες ψαριών. Έτσι, υπάρχουν περιοχές, στις οποίες συναντάμε ώριμα ενήλικα άτομα, τα οποία αναπαράγονται και τις ονομάζουμε "**πεδία αναπαραγωγής**" (spawning grounds), περιοχές, που συναντάμε νεαρά ιχθύδια και τις ονομάζουμε "**πεδία διατροφής νεαρών ατόμων**" ή "**νηπιαγωγεία**" (nursery grounds), περιοχές, όπου τα ψάρια τρέφονται ορισμένες χρονικές περιόδους και τις ονομάζουμε "**πεδία διατροφής**" (feeding grounds). Τα πεδία διατροφής μπορεί να αναφέρονται σε διαφορετικού τύπου πληθυσμιακές ομάδες, και να αναφέρονται συχνά ως **πεδία διατροφής ενηλίκων, πεδία διατροφής ωριμαζόντων ατόμων** κ.λ.π. . Τέλος, υπάρχουν περιοχές, που τα ψάρια συγκεντρώνονται για να περάσουν την περίοδο του χειμώνα και λέγονται "**πεδία διαχείμανσης**" ή το καλοκαίρι κ.ά.

Οι μετακινήσεις ενός είδους από και προς τα πεδία αυτά μπορεί να είναι μικρής ή μεγάλης κλίμακας και είναι χαρακτηριστικές. Επαναλαμβάνονται συνήθως με το ίδιο πρότυπο για κάθε επι μέρους ομάδα του πληθυσμού. Ο χρονισμός της μετακίνησης (πότε δηλαδή θα διεξαχθεί) δίνεται με διάφορα σινιάλα ή παράγοντες, που αναλύονται παρακάτω.

Ως **μεταναστεύσεις** θεωρούνται οι **μαζικές μετακινήσεις** των ψαριών από ένα υδάτινο χώρο σε κάποιο άλλο (**ενεργητικές** και σπάνια **παθητικές**) με μία ή και περισσότερες επιστροφές στο χώρο έναρξης της μετανάστευσης. Οι μετακινήσεις αυτές έχουν **γενετική προέλευση**, είναι συνήθως **περιοδικές** και **επαναλαμβανόμενες** από γενιά σε γενιά και γίνονται κάποια **συγκεκριμένη χρονική στιγμή** της ζωής ενός είδους ψαριού.

Οι μεταναστεύσεις των ψαριών είναι δυνατό να επηρεάζονται από διάφορους παράγοντες, που θα μπορούσαν να ομαδοποιηθούν στους παρακάτω :

α) φυσικοί παράγοντες : σε αυτούς συγκαταλέγονται η θερμοκρασία και οι περιοδικές μεταβολές της (θερμοπερίοδος), η ένταση του φωτός και η φωτοπερίοδος

καθώς και η συσχέτιση φωτός και θερμοκρασίας (εποχή του έτους), το βάθος του νερού, η πίεση του νερού και του αέρα, το είδος του υποστρώματος, η τοπογραφία και η γεωγραφική θέση μιάς περιοχής, τα ρεύματα του νερού, οι φάσεις της σελήνης, η παλίρροια, η βροχόπτωση, η νέφωση, συγκεκριμένες καιρικές συνθήκες (π.χ. νύχτες με κακοκαιρία, με κρύο, βροχή και αέρα σε συνδυασμό με έλλειψη φεγγαριού, που θεωρούνται “ιδεώδης καιρός” για την έναρξη της μετακίνησης του χελιού και λέγονται “χελοβραδυές”) και άλλα.

β) χημικοί παράγοντες : σε αυτούς συγκαταλέγονται η αλατότητα, η αλκαλικότητα, η συγκέντρωση ιόντων υδρογόνου, η συγκέντρωση διαλυμένων αερίων όπως του οξυγόνου, ή συγκέντρωση ορισμένων ιόντων, οσμές, χημική ρύπανση και άλλοι.

γ) βιολογικοί παράγοντες : σε αυτούς συγκαταλέγονται η πίεση του αίματος, ο σχηματισμός του φύλου, η ωρίμανση, ο φωτοτακτισμός, ο ρεοτακτισμός, η θήρευση και ο τροφικός ανταγωνισμός, η έλλειψη τροφής, η τροφική κατάσταση η ενδοκρινική κατάσταση των ψαριών και η ύπαρξη ή έλλειψη ορισμένων ορμονών του ίδιου οργανισμού ή κοινωνικοί παράγοντες και η έκκριση ορμονών ή άλλων ουσιών από τα άλλα ψάρια του ίδιου είδους στο περιβάλλον και πολλοί άλλοι.

Τα περισσότερα είδη ψαριών στην ενήλικη φάση μεταναστεύουν **ενεργητικά** προς κάποιο συγκεκριμένο τόπο. Ανάλογα με τον τόπο προς τον οποίο γίνονται οι μεταναστεύσεις, τα ψάρια διακρίνονται σε:

1. Ποταμόδρομα Θεωρούνται τα είδη εκείνα των ψαριών, που κατευθύνονται προς τον άνω ρου των ποταμών (προς τις πηγές). Η πέστροφα είναι τυπικό ποταμόδρομο είδος, που ζει κατά μήκος των ποταμών και ανέρχεται για να ωοτοκήσει.

2. Λιμνόδρομα Θεωρούνται τα είδη των ψαριών, που κατευθύνονται προς την ακτή της λίμνης κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή και σε βαθύτερα νερά κάποια άλλη. Η μετακίνηση αυτή μπορεί να είναι εποχιακή (να κατευθύνονται προς τα ρηχά για ωοτοκία όπως η πέστροφα της λίμνης ή ο κορέγονος) ή ακόμη και ημερήσια (όπως η πέρκα, που μετακινείται προς την ακτή το σούρουπο και προς τα βαθύτερα την αυγή).

3. Ωκεανόδρομα Θεωρούνται τα είδη των ψαριών, τα οποία, όταν η θερμοκρασία του νερού ανέρχεται, κατευθύνονται προς τους πόλους, είτε προς βορρά (ψάρια της βόρειας Εύκρατης ζώνης) είτε προς το νότο (ψάρια της νότιας Εύκρατης ζώνης) και αντίθετα όταν αυτή κατέρχεται. Η μετακίνηση γίνεται συνήθως κατά μήκος της ακτής και σταματά όταν τα ψάρια φτάνουν σε συγκεκριμένες συνήθως περιοχές ή πεδία, που σχετίζονται με

upwellings ή γενικά περιοχές με βέλτιστες εποχιακά συνθήκες διαβίωσης (ρέγγα, σκουμπρί, τόνος).

4. Διάδρομα Θεωρούνται τα είδη των ψαριών, τα οποία μετακινούνται μεταξύ γλυκών και αλμυρών νερών. Ανάλογα με την κατεύθυνσή τους διακρίνονται σε **ανάδρομα** (όταν μετακινούνται από τη θάλασσα προς τους ποταμούς για να ωτοκήσουν) και σε αυτά περιλαμβάνονται οι σολωμοί του Ειρηνικού και σε **κατάδρομα** (όταν μετακινούνται από τους ποταμούς προς τη θάλασσα για να ωτοκήσουν) όπως το χέλι που κατέρχεται τους ποταμούς της Ευρώπης και της Αμερικής και κατευθύνεται προς τη θάλασσα των Σαργασών όπου ωτοκεί και πεθαίνει.

5. Αμφίδρομα Θεωρούνται τα είδη των ψαριών, τα οποία εκτελούν μετακινήσεις μεταξύ γλυκών και αλμυρών νερών αλλά όχι απαραίτητα για να αναπαραχθούν. Τα περισσότερα από τα ευρύαλα είδη ψαριών, που συναντάμε στις εκβολές ή στα δέλτα των ποταμών και στις λιμνοθάλασσες φαίνεται να ανήκουν σε αυτήν την κατηγορία.

Οι **παθητικές μεταναστεύσεις** αφορούν συνήθως τα πολύ νεαρά άτομα ενός είδους (ή και τα αυγά), που δεν έχουν ακόμη μεγάλη (ή και καθόλου) ικανότητα κολύμβησης και κατά συνέπεια παρασύρονται από συγκεκριμένα σημεία (όπως τα πεδία αναπαραγωγής) σε ορισμένα άλλα (όπως τα πεδία διατροφής νεαρών ατόμων) μέσω διαφόρων ρευμάτων (που είτε εμφανίζονται περιοδικά είτε είναι συνεχή).

Συνήθως οι μεταναστεύσεις αυτές έχουν επιλεγεί **εξελικτικά** από τα διάφορα είδη καθώς φαίνεται να εκμεταλεύονται περιοδικά επαναλαμβανόμενα φαινόμενα (ρεύματα) για την μεταφορά των αυγών ή των λαρβών τους από τα πεδία αναπαραγωγής σε περιοχές με βέλτιστες συνθήκες για την ανάπτυξη των νεαρών ατόμων. Η περίπτωση του χελιού, που εκμεταλεύεται το θερμό ρεύμα του Κόλπου του Μεξικού για παθητική μεταφορά των νεαρών από τη θάλασσα των Σαργασών, όπου αναπαράγεται, στις Ευρωπαϊκές ακτές, είναι πολύ χαρακτηριστική.

Ανάλογα με το **σκοπό** που γίνονται από τα ψάρια οι μεταναστεύσεις διακρίνονται σε:

Μεταναστεύσεις ωτοκίας, διατροφής, διαχείμανσης ή διαθέρισης.

1. Μετανάστευση ωτοκίας ή αναπαραγωγής. Είναι η μετακίνηση από τα πεδία διαχείμανσης ή τα πεδία διατροφής ενηλίκων ατόμων προς τα πεδία ωτοκίας. Η μετανάστευση ωτοκίας χαρακτηρίζεται πολλές φορές από σύμπτωση των πεδίων διαχείμανσης και διατροφής, ενώ η μετανάστευση για διατροφή από σύμπτωση των πεδίων ωτοκίας και διατροφής νεαρών ατόμων. Το ερέθισμα για την έναρξη της μετανάστευσης

εξαρτάται από την κατάσταση των ψαριών και τις μεταβολές του περιβάλλοντος. Για τις μεταναστεύσεις ωοτοκίας το ερέθισμα είναι η πορεία ωρίμανσης των γονάδων μέχρις ενός καθορισμένου σταδίου με σύγχρονη εμφάνιση ορμονικής δραστηριότητας στους ενδοκρινείς αδένες. Αναφέρονται παρακάτω ορισμένα χαρακτηριστικά παραδείγματα.

Ορισμένα ψάρια ωοτοκούν στον άνω ρου των ποταμών. Σε αυτές τις περιπτώσεις, είναι πιθανόν, παράλο που η περίοδος ωοτοκίας είναι την άνοιξη, η είσοδος των ψαριών στον ποταμό να γίνεται συνήθως κατά την περίοδο του χειμώνα και να συνδυάζεται με την μετακίνηση διαχείμανσης. Έτσι, τα ψάρια καλύπτουν μέρος της πορείας τους προς τον άνω ρου, διαχειμάζουν κοντά στον τόπο ωοτοκίας και ωοτοκούν την άνοιξη. Αν τα πεδία ωοτοκίας βρίσκονται χαμηλά στο ποτάμι, η είσοδος των ψαριών στα ποτάμια γίνεται κυρίως την άνοιξη όπου και ωοτοκούν.

Η άνοδος προς τον άνω ρου (ανάντι) του ποταμού απαιτεί τη δαπάνη τεράστιων ποσών ενέργειας. Όσο ταχύτερο είναι το ρεύμα του νερού τόσο μεγαλύτερη δύναμη χρειάζεται για να υπερικηθεί. Κατά τη διάρκεια της ανόδου τα ψάρια τρέφονται ελάχιστα ή καθόλου, έτσι η ενέργεια που απαιτείται για την ανοδική πορεία προέρχεται από τη συσσώρευση ενέργειας (με τη μορφή λίπους στη σάρκα, το συκώτι ή την περισπλαχνική κοιλότητα) όταν τρέφονται στη θάλασσα. Όταν φτάνουν στον τόπο ωοτοκίας είναι πολύ εξάντλημένα, ενώ αρκετά δεν καταφέρνουν να ολοκληρώσουν αυτό το ταξίδι.

Κατά την περίοδο της μετανάστευσης σημαντικές **φυσιολογικές και μορφολογικές μεταβολές** εμφανίζονται.

Στα **ανάδρομα ψάρια** οι κυριότερες μεταβολές είναι:

α) αλλαγή μεγέθους του εντερικού σωλήνα και της δράσης των εντερικών ενζύμων.

β) μείωση ή και διακοπή της διατροφής

γ) μεταβολή της ωσμωτικής πίεσης και του σημείου πήξεως του αίματος.

δ) μεταβολή στην περιεκτικότητα των βιταμινών στη σάρκα.

ε) αλλαγή (ανάλογα με το είδος ή το φύλο) ορισμένων μορφολογικών χαρακτηριστικών

(όπως χρώμα, εμφάνιση αλλομετρίας κ.λ.π)

στ) αλλαγή των ηθολογικών προτύπων (εμφάνιση τακτισμού, χωροκρατικότητας κ.ά.)

Στα **κατάδρομα ψάρια** (χέλι) οι κυριότερες μεταβολές είναι οι εξής:

1. Πριν το χέλι εισέλθει στη θάλασσα:

α) αύξηση του μεγέθους του ματιού

β) αλλαγή του χρωματισμού, που αποκτά τα πρότυπα του πελαγικού χρωματισμού

(η ράχη γίνεται πιο σκούρα και η κοιλιά από κίτρινη γίνεται ασημένια)

γ) διακοπή της διατροφής (αφού έχει προηγουμένως συσσωρευθεί λίπος)

2. Όταν το χέλι εισέλθει στη θάλασσα:

α) αύξηση της ωσμωτικής πίεσης του αίματος

β) μείωση του μεγέθους της νηκτικής κύστης

γ) σημαντική εκφύλιση του πεπτικού σωλήνα.

2. Μετανάστευση για διατροφή. Είναι η μετακίνηση από τα πεδία ωτοκίας, τα πεδία διατροφής νεαρών ατόμων ή τα πεδία διαχείμασης που είτε είναι φτωχά σε παροχή τροφής είτε δεν καλύπτουν πλέον τις διατροφικές απαιτήσεις λόγω αλλαγής τροφής, στα πεδία διατροφής. Η μετανάστευση για διατροφή χαρακτηρίζεται αρκετές φορές από σύμπτωση των πεδίων ωτοκίας και διατροφής νεαρών ατόμων

Το άμεσο ερέθισμα για την έναρξη της μετανάστευσης για διατροφή είναι η ανάγκη εύρεσης τροφής μετά την εξάντληση που επέρχεται από την ωτοκία, τη διαχείμαση, ή λόγω της ανάγκης για διαφορετική τροφή από την ανάπτυξη των νεαρών ατόμων. Η παθητική μετανάστευση για διατροφή είναι συχνή και χαρακτηρίζεται από τη μεταφορά αυγών και λαρβών από τους τόπους ωτοκίας με τη βοήθεια ρευμάτων στους τόπους διατροφής νεαρών ατόμων (nursery grounds). Στην περίπτωση αυτή ανήκουν τα χέλια.

3. Μετανάστευση διαχείμασης. Είναι η μετακίνηση από τα πεδία ωτοκίας ή διατροφής στα πεδία διαχείμασης. Η περίπτωση αυτή δε είναι απαραίτητο να παρατηρείται σε όλα τα μεταναστευτικά είδη, καθώς σχετίζεται άμεσα με την περίοδο αναπαραγωγής.

Χαρακτηρίζεται από ελάττωση έως και πλήρη παύση της κατανάλωσης τροφής και από μείωση της μεταβολικής δραστηριότητας. Η συντήρηση γίνεται με δαπάνη ενέργειας που έχει προηγουμένως συσσωρευτεί στον οργανισμό κυρίως με μορφή εναπόθεσης λίπους.

Η μετακίνηση των ψαριών από τα πεδία διατροφής στα πεδία διαχείμασης, οφείλεται στην αναζήτηση βέλτιστων (καλύτερων) συνθηκών του περιβάλλοντος και στην προστασία

από τους θηρευτές. Το έναυσμα για την έναρξη της μετανάστευσης για το βόρειο ημισφαίριο είναι η πτώση της θερμοκρασίας κάτω από ένα ορισμένο όριο χαρακτηριστικό για κάθε είδος, και για ορισμένα από τα τροπικά ψάρια η έναρξη της περιόδου ξηρασίας.

Η **επιτυχία της μετανάστευσης διαχείμασης** απαιτεί την **εναπόθεση λίπους** με κορεσμένα λιπαρά οξέα, συνεπώς η ποιότητα αλλά και η ποσότητα της λείας κατά την περίοδο συσσώρευσης λίπους παίζει σημαντικό ρόλο. Αν τα ψάρια δεν έχουν προσεγγίσει το βαθμό ετοιμότητας που χαρακτηρίζεται από υψηλό συντελεστή ευρωστίας, τότε παραμένουν στα πεδία διατροφής, συνεχίζουν να τρέφονται και αναβάλλουν τη μετανάστευση διαχείμασης.

Κατά τη διάρκεια της περιόδου διαχείμασης, τα ψάρια εμφανίζονται συνήθως συγκεντρωμένα, γιατί η συνάθροιση μειώνει περισσότερο το μεταβολισμό από ότι η απομόνωση. Αυτό επιτυγχάνεται με την έκκριση βλέννας που δρα ως μονωτικός παράγοντας και χρησιμοποιείται πιο αποτελεσματικά στις συγκεντρώσεις των ψαριών.

Στις μεταναστεύσεις διαχείμασης, που ακολουθούν συνήθως μία περίοδο παραμονής στα πεδία διατροφής, το ερέθισμα φαίνεται να είναι η επίτευξη ενός καθορισμένου συντελεστή ευρωστίας (ανάλογα με το είδος) και η συσσώρευση λίπους (και κατά συνέπεια αποθεμάτων ενέργειας). Ο χρόνος έναρξης της μετανάστευσης καθορίζεται προσαρμοστικά από την εμφάνιση ευνοϊκών συνθηκών του περιβάλλοντος που λαμβάνονται ως σινιάλα από τα ψάρια και εξασφαλίζουν την επιτυχία της μετανάστευσης και της τύχης των απογόνων.

Η προσπάθεια ερμηνείας της εμφάνισης των ανάδρομων μεταναστεύσεων στα ψάρια, λαμβάνοντας υπόψη διάφορους οικολογικούς και εξελικτικούς παράγοντες, φαίνεται να συνοψίζεται στα παρακάτω. Η μετακίνηση ορισμένων ειδών, στα θαλάσσια οικοσυστήματα από τα ποτάμια, που βρίσκονται, επιτρέπει στα είδη να αυξήσουν τους πληθυσμούς τους εξαιτίας της μεγάλης τροφικής αφθονίας που υπάρχει στη θάλασσα. Η μετακίνηση για αναπαραγωγή στους ποταμούς επιτρέπει τη μεγαλύτερη επιβίωση απογόνων από έλλειψη μεγάλου αριθμού θηρευτών. Η κάθοδος κατόπιν προς τη θάλασσα είναι αναπόφευκτη από την έλλειψη άφθονης τροφής στους ποταμούς. Επειδή λοιπόν δεν υπάρχει άφθονη τροφή στα πεδία ωοτοκίας ο νέος πληθυσμός θα έπρεπε είτε να μειωθεί σε αριθμό ή να επεκτείνει την περιοχή τροφοληψίας γεγονός που οδηγεί σχεδόν αναγκαστικά σε μετανάστευση προς τη θάλασσα. Η ερμηνεία αυτή της μεταναστευτικής προσαρμογής ενισχύεται και από το γεγονός ότι μεταξύ συγγενικών πληθυσμιακών τύπων του ίδιου είδους αφθονότερα είναι εκείνα που μεταναστεύουν και λιγότερο άφθονα εκείνα που ζούν

σε ένα τόπο. Η έλλειψη άφθονης τροφής στον άνω ρου των ποταμών, όπου μεταναστεύουν οι σολωμοί για να γεννήσουν, σε συνδυασμό με τον θάνατο των εξασθενημένων γονέων μετά την ωτοκία, έχει ερμηνευτεί από ορισμένους ερευνητές ως εξασφάλιση της διατροφής της νέας γενιάς.

Οι συνθήκες κάτω από τις οποίες ξεκίνησαν να γίνονται οι μεταναστεύσεις για πρώτη φορά επιδέχονται διάφορες ερμηνείες, που σχετίζονται με κλιματικές αλλαγές, μετατόπιση του άξονα περιστροφής της γής, γεωλογικά φαινόμενα όπως η μετακίνηση των τεκτονικών πλακών κ.ά.. Για τους σολωμούς π.χ., η μεταστροφή τους στο μεταναστευτικό τύπο πιθανά οφείλεται στη μεταβολή της αλατότητας της θάλασσας, που συνέβη στο βόρειο ημισφαίριο κατά την παγετώδη περίοδο. Τότε τεράστιες ποσότητες νερού που προήρθαν από τήξη των πάγων, μείωσαν σημαντικά την αλατότητα των παρακείμενων τμημάτων της θάλασσας. Για τα ψάρια των τροπικών η μεταστροφή προς μετανάστευση προήρθε πιθανά εξαιτίας των σταθερών συνθηκών ροής των ποταμών όπου τα ψάρια εισέρχονταν για να ωτοκήσουν. Για το χέλι εικάζεται ότι η περιοχή που γεννά δεν έχει μεταβληθεί, αλλά απομακρύνθηκε από τις Ευρωπαϊκές ακτές λόγω μετακίνησης των τεκτονικών πλακών.

Τα ψάρια που εκτελούν μεταναστεύσεις μικρής ή μεγάλης κλίμακας, διαθέτουν ορισμένες **προσαρμοστικές ιδιότητες**, που εξασφαλίζουν την **επιτυχία της μετακίνησης**. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά αυτών των προσαρμογών είναι:

α) η κατασκευή του σώματος και η γενική τους κατάσταση. Όσο μεγαλύτερα, ισχυρότερα και παχύτερα είναι, τόσο μεγαλύτερες αποστάσεις αντίθετα του ρεύματος του νερού μπορούν να διανύσουν.

β) προσανατολίζονται πάντοτε αντίθετα προς την κατεύθυνση του ρεύματος με τη βοήθεια των αισθητηρίων οργάνων τους (αρνητικός ρεοτακτισμός).

γ) το μεταναστευτικό κοπάδι έχει καθορισμένο σχήμα που εξασφαλίζει τις πλέον καλύτερες υδροδυναμικές συνθήκες για μετακίνηση και προσανατολισμό.

δ) κατά την διαδικασία αποχώρησης και έναρξης της μετανάστευσης φαίνεται να εμφανίζονται φαινόμενα θετικής ανάδρασης (το ξεκίνημα ορισμένων ατόμων σηματοδοτεί την έναρξη της μετανάστευσης και άλλων κ.λ.π.)

Εκτός από τις μεταναστεύσεις των ψαριών (που είναι κατά κανόνα μετακινήσεις μεγάλης κλίμακας), παρατηρούνται επίσης **περιοδικές μετακινήσεις μικρότερης όμως κλίμακας**.

Μικρές **κατακόρυφες ή οριζόντιες μετακινήσεις** παρατηρούνται συχνά και επαναλαμβάνονται μερικές φορές σε ημερήσια βάση. Οι μετακινήσεις, που γίνονται με καθημερινή περιοδικότητα ονομάζονται **ημερήσιες (diurnal) μετακινήσεις**,

Οι κατακόρυφες μετακινήσεις έχουν σχέση με τη μετακίνηση της τροφής και γίνονται από κάποιο βάθος νερού προς την επιφάνεια και αντίστροφα ακολουθώντας τη λεία. Οι ανωτέρω μετακινήσεις έχουν θεωρηθεί ιδιαίτερα σημαντικές από πολλούς επιστήμονες, γιατί με τον τρόπο αυτό μεταφέρεται στα βαθύτερα στρώματα του νερού ένα σημαντικό ποσό ενέργειας, με τη μορφή αφομοιωμένης βιομάζας στα μετακινούμενα ψάρια θηρευτές.

Έτσι ένα μέρος της ενέργειας, που παράγεται στα ανώτερα στρώματα του νερού με τη φωτοσύνθεση, είναι δυνατόν να μεταφερθεί σε βαθύτερα νερά, όπου δεν υπάρχει πρωτογενής παραγωγή (εκτός ελάχιστων περιπτώσεων χημειοαυτότροφων οργανισμών). Η διαδοχική μεταφορά ενέργειας σε βαθύτερα στρώματα νερού από ψάρια, που εκτελούν ημερήσιες κατακόρυφες μετακινήσεις ανάμεσα σε διαφορετικά στρώματα νερού χαρακτηρίζεται από τους επιστήμονες ως **κλίμακα (σκάλα) μεταφοράς βιομάζας και ενέργειας**. Κατακόρυφες μετακινήσεις μπορεί να γίνονται επίσης εξαιτίας του σχηματισμού του θερμοκλινούς (ζώνη απότομης μεταβολής της θερμοκρασίας).

Οι οριζόντιες μετακινήσεις γίνονται συνήθως παράλληλα προς την επιφάνεια του νερού ή ακολουθώντας τον πυθμένα και οφείλονται σε διάφορους λόγους π.χ. εύρεση τροφής στα ρηχά, ωτοκόκια, εκμετάλλευση θερμότερων νερών, ακολούθηση περιοδικών ρευμάτων του νερού από και προς την ακτή (ενεργητική ή παθητική) κ.ά..

Εκτός από τις περιοδικές μετακινήσεις των ψαριών παρατηρούνται μή περιοδικές επίσης μετακινήσεις μικρής ή μεγάλης κλίμακας. Τέτοιες μετακινήσεις χαρακτηρίζονται ως **σποραδικές ή τυχαίες** και δεν είναι συνήθως επαναλαμβανόμενες.

Οι σποραδικές μετακινήσεις των ψαριών δεν ακολουθούν συγκεκριμένα πρότυπα, αλλά ακολουθούν ένα βασικό κανόνα. Τα ψάρια αναζητούν πάντοτε τις καλλίτερες δυνατές συνθήκες διαβίωσης. Έτσι, αλλαγές του περιβάλλοντος σε μία περιοχή έχει ως αποτέλεσμα τη μεταβολή των συνθηκών διαβίωσης των ψαριών. Η άνοδος ή η πτώση της θερμοκρασίας ή της αλατότητας, η έλλειψη τροφής, η μείωση του οφυγόνου κ.ά. είναι κάποιοι από τους παράγοντες, που ή δη έχουμε αναφέρει στην οικολογία των ψαριών. Η αλλαγή των συνθηκών διαβίωσης σε ένα βιότοπο έχει συνήθως ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση των ειδών εκείνων των ψαριών, που ζούσαν στην περιοχή με στόχο την εύρεση καλλίτερων συνθηκών διαβίωσης. Η ταχύτητα εξέλιξης ενός φαινομένου (π.χ. της

μεταβολής της αλατότητας λόγω εξάτμισης σε σχετικά κλειστές περιοχές μιάς λιμνοθάλασσας) σε σχέση με την ικανότητα αντίληψης της μεταβολής και την ικανότητα κολύμβησης των ψαριών σχετίζεται με την δυνατότητα επιβίωσης των ψαριών.

Πολλές φορές οι αλλαγές στις συνθήκες μπορεί να είναι ραγδαίες με αποτέλεσμα μαζικούς θανάτους ψαριών, που δεν κατάφεραν να απομακρυνθούν. Τέτοια φαινόμενα δεν είναι σπάνια στα εσωτερικά νερά, ενώ είναι κατά κανόνα πιά δύσκολο να παρατηρηθούν στη θάλασσα. Απότομες αλλαγές στις περιβαλλοντικές συνθήκες δεν εμφανίζονται μόνο από φυσικά αίτια, αλλά κυρίως οφείλουν την παρουσία τους σε ανθρωπογενείς δράσεις και επεμβάσεις. Έτσι, η θερμική ή η χημική ρύπανση από αστικά ή βιομηχανικά απόβλητα ή ακόμη η μόλυνση από αστικά λύματα μπορεί να δημιουργήσουν τέτοια φαινόμενα μαζικών θανάτων στα ψάρια. Τα αποτελέσματα των παραπάνω μπορεί να είναι άμεσοι θάνατοι ψαριών λόγω υψηλής τοξικότητας των αποβλήτων, έμμεσοι θάνατοι ψαριών (από απόφραξη των βραγχίων λόγω υπερβολικής ανάπτυξης των φυτοπλακτονικών οργανισμών και την μείωση του οξυγόνου), πρόσκαιρη μετακίνηση των ψαριών σε άλλο βιότοπο και επιστροφή τους μετά την παρέλευση του φαινομένου ή τέλος οικολογική διαδοχή, απομάκρυνση ορισμένων ειδών (άμεσα λόγω αλλαγής των συνθηκών εκτός ορίων αντοχής του είδους ή έμμεσα λόγω έλλειψης της τροφής του) και αλλαγή σύνθεσης της βιοκοινωνίας.

Μέθοδοι μελέτης των μεταναστευτεύσεων των ψαριών

Η μελέτη της μετανάστευσης των ψαριών αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα ζητήματα που μπορεί να κληθεί κάποιος να απαντήσει, κυρίως λόγω της εξαιρετικά μεγάλης σπουδαιότητας που έχουν οι μεταναστεύσεις, τόσο για τους διάφορους πληθυσμούς των ψαριών, όσο και για την αλιεία.

Οι εκμεταλευόμενοι (αλιευόμενοι) πληθυσμοί οι οποίοι μεταναστεύουν συγκεντρώνονται συνήθως ορισμένες χρονικές περιόδους σε ορισμένα σημεία. Με αυτό τον τρόπο, γνωρίζοντας **πότε, που, πόσα, ποιά** (ενήλικα, ώριμα, νεαρά κ.λ.π.) ψάρια μπορούμε να συναντήσουμε και **γιατί** (ωτοκία, διαχείμανση, διατροφή), μπορούμε να έχουμε αποδοτικότερη αλιεία (περισσότερο αλίευμα με μικρότερη αλιευτική προσπάθεια και μικρότερο κόστος). Θα πρέπει βέβαια να έχουμε υπόψη και διάφορα άλλα χαρακτηριστικά του πληθυσμού για να μην εμφανιστούν φαινόμενα υπεραλίευσης ή ακόμη και κατάρευσης του αλιευόμενου πληθυσμού.

Γιά να μπορέσουμε να εξετάσουμε και να αποσαφηνίσουμε την μετανάστευση ενός είδους θα πρέπει να συγκεντρώσουμε ορισμένες πληροφορίες, που αφορούν στα βασικά χαρακτηριστικά της μετανάστευσης. Τέτοιες πληροφορίες αναφέρονται στο χαρακτήρα της μετανάστευσης (ωτοκίας, διαχείμανσης, διατροφής κ.λ.π.), την πορεία, που ακολουθείται από τα ψάρια, την απόσταση που διανύουν, τη χρονική περίοδο που επιτελείται η μετανάστευση και τη χρονική της διάρκεια, το ποσοστό των ατόμων του πληθυσμού που συμμετέχουν σ' αυτήν και την ηλικιακή ή φυλετική κατανομή του κ.ά.

Πληροφορίες για τις μεταναστεύσεις μπορούμε να έχουμε :

α) από την ανάλυση των εμπορικών συλλήψεων ως προς τον τόπο και χρόνο αλιείας, το μέγεθος της σύλληψης και τη σύσταση τους σε είδη.

β) από άμεσες παρατηρήσεις στα μεταναστευτικά ψάρια

γ) από παρατηρήσεις σε είδη θηρευτές των προς μελέτη ειδών (φάλαινες, πουλιά κ.ά.)

Η **ανάλυση των εμπορικών συλλήψεων** εστιάζεται στα παρακάτω. Η αύξηση της ολικής σύλληψης ή της **σύλληψης ανά μονάδα προσπάθειας** (Catch per Unit of Effort - C.P.U.E.) είναι ενδεικτικό σημείο της άφιξης ψαριών σε κάποιο μέρος, ενώ η μείωση αυτής σημαίνει συνήθως την αναχώρηση των ψαριών. Η αύξηση της σύλληψης οφείλεται όχι

μόνο στη συγκέντρωση μεγάλων ποσοτήτων μεταναστευτικών ψαριών, σε συγκριτικά μικρή αλιευόμενη έκταση (π.χ. στόμιο εκβολών) που τα κάνει πολύ τρωτά στα αλιευτικά μέσα, αλλά και στη συμπεριφορά των ίδιων των ψαριών που δεν καταβάλλουν προσπάθεια να αποφύγουν τη σύλληψη. Αντίθετα, οι συλλήψεις είναι πολύ μικρότερες όταν πρόκειται απλώς για ψάρια που κινούνται για εύρεση τροφής, που διαχειμάζουν ή παραμένουν ακίνητα.

Η **άμεσες και έμμεσες παρατηρήσεις** όμως δίνουν **ακριβέστερα δεδομένα** και βοηθούν στη βαθύτερη γνώση της μετανάστευσης των ειδών. Τέτοιου είδους παρατηρήσεις μπορούν να γίνουν κυρίως με τη σήμανση ή μαρκάρισμα των ψαριών, που εξετάζονται παρακάτω. Σε γενικές γραμμές πάντως η σήμανση μπορεί να αφορά στην αναγνώριση κάθε μαρκαρισμένου ατόμου χωριστά με ένα είδος “ταυτότητας” και τότε καλείται ατομική σήμανση ή μία ομάδα ατόμων, χωρίς όμως να μπορούμε να διακρίνουμε το κάθε άτομο ξεχωριστά και καλείται ομαδική σήμανση.

Με τα δεδομένα από το μαρκάρισμα και σε συνδυασμό με τις εμπορικές συλλήψεις ή με σύνθετα προγράμματα μαρκαρίσματος και ερευνητικής αλιείας, επιτυγχάνεται η μελέτη της βιολογικής κατάστασης των ψαριών (π.χ. κατάσταση θρέψης, περιεχόμενο λίπους, κατάσταση γονάδων, ρυθμός τροφοληψίας) και ο ρυθμός αλλαγής αυτής. Έτσι, είναι δυνατή η πρόβλεψη του χρόνου εντός του οποίου τα ψάρια θα φτάσουν στην κατάσταση ετοιμότητας για μετανάστευση.

Η **πρόβλεψη** επίσης των **υδρολογικών και μετεωρολογικών συνθηκών** που συμπίπτουν με το χρόνο εμφάνισης ενός ειδικού συνθήματος π.χ. πτώση ή αύξηση της θερμοκρασίας, ορισμένη ένταση φωτός κτλ. που λειτουργεί ως φυσικό έναυσμα, επιτρέπει τον εντοπισμό του χρόνου έναρξης της μετανάστευσης. Η πρόβλεψη έχει ως τελικό στόχο την αύξηση της αποτελεσματικότητας της αλιείας και τη μείωση του χρόνου αναμονής μέχρι την εμφάνιση των μεταναστευτικών κοπαδιών.

Ενα ουσιαστικό λοιπόν ερευνητικό κομμάτι της ιχθυολογίας σχετίζεται με το μαρκάρισμα (σήμανση) των ψαριών και τη χρήση του, το οποίο και θα εξετάσουμε παρακάτω

Η ΣΗΜΑΝΣΗ (ΜΑΡΚΑΡΙΣΜΑ) ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

1. Γενικά

Η κατανόηση της σημασίας του μαρκαρίσματος και η αναβάθμιση του ρόλου που διαδραματίζει στην ορθή αλιευτική διαχείριση είναι κεφαλαιώδης για την Ιχθυολογία. Ιδιαίτερα στα ψάρια, όπου η αλιεία τους είναι ανεπτυγμένη και τα αποθέματα ορισμένων ειδών αντιμετωπίζουν τον κίνδυνο εξάντλησης, λόγω υπεραλίευσης, η εφαρμογή του μαρκαρίσματος κρίνεται ουσιαστικά απαραίτητη.

Τα δεδομένα από το μαρκάρισμα προσφέρουν αξιόλογες πληροφορίες που αφορούν, την εκτίμηση και δομή των ιχθυαποθεμάτων, τις μεταναστεύσεις, την αύξηση, την βιολογία των ειδών και τις συνήθειες τους.

Σε δεκάδες των περιπτώσεων, το μαρκάρισμα προμηθεύει σημαντικές ενδείξεις, ικανές να επηρεάσουν την αλιευτική πολιτική, ιδιαίτερα όταν πρέπει να αντιμετωπιστούν κρίσιμα προβλήματα όπως: εξαντλημένα αποθέματα, διαχείριση μεταναστευτικών αποθεμάτων και διαμάχες ανάμεσα σε δικαιοδοσίες χωρών ή άλλων ομάδων (π.χ. παράκτιοι αλιείς και αλιείς μηχανοκινήτων σκαφών) οι οποίες εκμεταλλεύονται το ίδιο απόθεμα.

2. Το μαρκάρισμα και η σημασία του στην αλιευτική διαχείριση.

2.1. Το μαρκάρισμα και οι χρήσεις του

Η σήμανση (μαρκάρισμα) των ψαριών αποτελεί μία από τις σπουδαιότερες εργασίες για τους επιστήμονες που μελετούν τους ζωικούς οργανισμούς. Η σήμανση των ψαριών ξεκίνησε από τις Η.Π.Α. το 1873 όπου σημάνθηκε ένας μεγάλος αριθμός σολομών. Ο όρος «μάρκα» (mark) αποδίδεται στο μαρκάρισμα των ψαριών με την χρησιμοποίησημπογιάς, ένεσης ή άλλου μέσου που αφήνει ένα είδος σφραγίδας εξωτερικά ή εσωτερικά του σώματος των ψαριών. Ο όρος «σήμα» (tag) αποδίδεται σε κάθε αντικείμενο που προσαρτάται σε κατάλληλο σημείο του σώματος του ψαριού εσωτερικά ή εξωτερικά.

Η χρήση της μάρκας - σήματος, σκοπό έχει να αποτελέσει **μέσο αναγνώρισης** του συγκεκριμένου οργανισμού που την φέρει. Γενικά η μάρκα είναι ένας παράγοντας που κάνει ένα ψάρι να ξεχωρίζει ατομικά ή το συμπεριλαμβάνει ως μέλος μιας ομάδας ψαριών.

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία ειδών και τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την σήμανση και το μαρκάρισμα των ψαριών.

Σκοποί του μαρκαρίσματος μπορεί να είναι, η δυνατότητα έμμεσης εκτίμησης των ιχθυαποθεμάτων ή η παρακολούθηση των μετακινήσεων ψαριών, από την στιγμή του μαρκαρίσματος και απελευθέρωσης, μέχρι την επανασύλληψή τους (χρόνος ελευθερίας).

Το μαρκάρισμα **χρησιμοποιείται** σε μελέτες που αφορούν:

- α)** Εκτιμήσεις αποθεμάτων
- β)** Μετακινήσεις - μεταναστεύσεις
- γ)** Προσδιορισμό ηλικίας και αύξησης ή έλεγχο της εγκυρότητάς τους
- δ)** Μελέτη των αποθεμάτων (ανταλλαγές - αναμείξεις)
- ε)** Εκτίμηση άλλων πληθυσμιακών παραμέτρων (ποσοστά θνησιμότητας, ποσοστά εκμετάλλευσης, ποσοστά ανανέωσης πληθυσμού)
- στ)** Διερεύνηση βιολογίας και συμπεριφοράς των υδρόβιων οργανισμών.

Η ιδεατή μέθοδος μαρκαρίσματος, σχετίζεται με την ικανοποιητική μονιμότητα της μάρκας στο ψάρι, καθώς και με την εύκολη και αλάνθαστη αναγνώρισή της, από οποιονδήποτε αλιεύσει ένα μαρκαρισμένο ψάρι.

Επίσης η χρησιμοποιούμενη μέθοδος επιβάλλεται να είναι εύκολη και απλή στην εφαρμογή της σε συνθήκες πεδίου, χαμηλού κόστους και να μην επιδρά στην αύξηση, στην θνησιμότητα, στη συμπεριφορά, στην ευκολία σύλληψης από τα αλιευτικά εργαλεία και στην εμπορική αξία του μαρκαριζόμενου ψαριού.

Δυστυχώς οι υπάρχουσες έως τώρα τεχνικές που έχουν αναπτυχθεί, ανταποκρίνονται μόνο σε ορισμένες από τις παραπάνω προϋποθέσεις. Παρ'όλα αυτά, ένας ερευνητής μπορεί να επιλέξει την κατάλληλη μέθοδο μαρκαρίσματος η οποία συγκεντρώνει τα περισσότερα πλεονεκτήματα, ανάλογα με τις απαιτήσεις και τους σκοπούς του εκάστοτε προγράμματος ή μελέτης που διενεργείται.

2.2. Ο ρόλος του μαρκαρίσματος στη διαχείριση αλιείας

Από μια έρευνα εκτίμησης των αποθεμάτων, πολλών ειδών ψαριών που έγινε στην Αυστραλία, παρατηρήθηκε ότι το 50 - 80% των γνώσεων σχετικά με την αλιεία, πηγάζει από δεδομένα μαρκαρίσματος.

Οι μάρκες-σήματα, επαληθεύουν την αξία τους στα πέντε σημαντικότερα προβλήματα που διέπουν την αλιεία: εκμετάλλευση αποθεμάτων, αύξηση ψαριών, μετακινήσεις, επιβίωση και εκτίμηση πληθυσμών. Τα παραπάνω είναι ουσιώδη γιατί :

- Πολλά ιχθυαποθέματα αποτελούν στόχο εκμετάλλευσης από πολλές ομάδες αλιέων
- Οι μελέτες αύξησης εξαρτώνται έμμεσα από δεδομένα μαρκαρίσματος. Το μαρκάρισμα αποτελεί τον καλύτερο τρόπο να μετρήσουμε τα χρονικά διαστήματα που μεσολαβούν μεταξύ διαφόρων μεγεθών ψαριών που παρατηρήθηκαν, ή να

εκτιμήσουμε την εγκυρότητα άλλων μεθόδων προσδιορισμού της ηλικίας και αύξησης που χρησιμοποιούνται.

- Διάφορα μοντέλα (υποδείγματα ή πρότυπα) μετακινήσεων, συχνά δεν μπορούν να γίνουν κατανοητά, λόγω της πολυπλοκότητάς τους, εκτός εάν υπάρχουν δεδομένα από μαρκάρισμα και επανασύλληψη ψαριών.
- Τέλος, ορισμένες μέθοδοι μαρκαρίσματος χρησιμοποιούνται σε μελέτες, που αφορούν πληθυσμιακές εκτιμήσεις και προσδιορισμό ποσοστών επιβίωσης ενός ιχθυαποθέματος. Το μεγαλύτερο μέρος της στατιστικής επεξεργασίας που έχει αναπτυχθεί όσον αφορά στο μαρκάρισμα ψαριών σχετίζεται με τα δύο παραπάνω προβλήματα εκτίμησης.

Κάθε μια από αυτές τις χρήσεις του μαρκαρίσματος, συνεισφέρει σε σημαντικό βαθμό στην αλιευτική διαχείριση.

3. Κύριες κατηγορίες μαρκαρίσματος και τύποι σημαντήρων (μάρκες).

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία ειδών και τεχνικών που χρησιμοποιούνται για την σήμανση και το μαρκάρισμα των ψαριών. Αρκετές μάρκες έχουν μια μακρά παράδοση χρήσης εξαιτίας των επιτυχιών που σημείωσαν. Στο πέρασμα του χρόνου, άλλαζαν μόνο τα υλικά κατασκευής τους, διατηρούσαν όμως την μορφή και το μέγεθός τους.

Η εφαρμογή μεγάλων προγραμμάτων μαρκαρίσματος, με εξειδικευμένους στόχους και κατάλληλη επιλογή των θαλασσιών ειδών που μαρκάρωνταν (ανάλογα με τις εκάστοτε ανάγκες), οδήγησαν σε μια μεγάλη διαφοροποίηση των μαρκών, κάθε μια από τις οποίες εξυπηρετούσε ένα συγκεκριμένο σκοπό. Η ανάπτυξη των επιστημών Βιολογίας, Χημείας και Ηλεκτρονικής, συνέβαλλαν αποτελεσματικά σ' αυτήν την διαφοροποίηση και ανάπτυξη της τεχνολογίας μαρκαρίσματος.

Για πρακτικούς λόγους οι μάρκες χωρίζονται σε διάφορες κατηγορίες (υποομάδες), με βάση κάποια ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Στη βιβλιογραφία αναφέρονται διάφοροι τύποι κατηγοριών όπου οι μάρκες ταξινομούνται με διαφορετικό τρόπο κάθε φορά σύμφωνα με κάποιο ιδιαίτερο χαρακτηριστικό ως προς το οποίο εξετάζονται. Θα αναφερθούμε συνοπτικά σε τρεις τύπους - μεθόδους ταξινόμησης των μαρκών που παρατηρήθηκαν.

1. Ανάλογα με τον τρόπο διεξαγωγής του μαρκαρίσματος, οι μάρκες χωρίζονται σε ομαδικές και ατομικές. Στην κατηγορία «ομαδικές» περιλαμβάνονται οι μάρκες που αφήνουν ένα ιδιαίτερο χαρακτηριστικό σε μια ομάδα ψαριών ώστε να ξεχωρίζει από άλλες

ομάδες. Στην κατηγορία «ατομικές» κάθε ψάρι μαρκάρεται με μια ξεχωριστή ατομική μάρκα και το κάνει να ξεχωρίζει από όλα τα υπόλοιπα ψάρια που μαρκαρίστηκαν.

Έτσι οι μάρκες ταξινομούνται ως ακολούθως:

α) ομαδική τεχνική μαρκαρίσματος

- κόψιμο ή τρύπημα πτερυγίου
- Σφράγισμα
- Τατουάζ
- Υποδόριος ένεση (βαφές, ένεση με υγρό «Latex», φθορίζουσες ενώσεις)
- Βιολογικό μαρκάρισμα
- Υδρακουστικό μαρκάρισμα

β) ατομικό μαρκάρισμα

- Εσωτερικές μάρκες
- Υποδόριες μάρκες
- Εξωτερικές μάρκες
- Εσωτερικοί ηχητικοί σημαντές(πομποί)

2. Αναλόγως του είδους και της σύνθεσης, ταξινομούνται σε 4 κατηγορίες:

α) βιολογικές ή φυσικές μάρκες

- παράσιτα
- μεριστικά και μορφομετρικά χαρακτηριστικά
- γενετικοί σημαντές (μιτοχονδριακό DNA κ.ά.)

β) χημικές μάρκες

- με εμβάπτιση
- με ένεση
- με τατουάζ
- με εισαγωγή χημικών (φάρμακα) μέσω τροφής

γ) σωματικές μάρκες

- εσωτερικές (εντός της κοιλότητας του σώματος, υποδόριες, κωδικές - συρμάτινες, μικροσήμανση)
- εξωτερικές (ακρωτηριασμός, σφράγισμα, άλλες σωματικές μάρκες)

δ) ηλεκτρονικές ή ακουστικές μάρκες

3. Ανάλογα με το αν ανιχνεύονται εσωτερικά ή εξωτερικά του σώματος των ψαριών, ταξινομούνται σε δύο γενικές κατηγορίες

α) εξωτερικά παρατηρούμενες μάρκες

- φυσικές μάρκες (μεριστικά και μορφομετρικά χαρακτηριστικά, αναλογίες μεγεθών των μελών του σώματος, διάφορα άλλα ταξινομημένα μοντέλα ανάλυσης).
- τεχνητές (ακρωτηριασμός, σφράγισμα, βαφές/χρώματα, σωματικές μάρκες).

β) εσωτερικά παρατηρούμενες μάρκες

- φυσικές μάρκες (αποτυπώνονται στα σκελετικά-οστέινα-μέρη του σώματος των ψαριών που ανήκουν σε άγριους πληθυσμούς και οφείλονται σε διάφορους περιβαλλοντικούς και βιολογικούς παράγοντες).
- τεχνητές μάρκες (με τεχνητά προκαλούμενες αλλαγές διάφορων παραμέτρων: θερμοκρασία - διατροφή, ή με προσθήκη διαφόρων χημικών ουσιών όπως ακεταζολαμίδη, οξυτετρακυκλίνη κ.α.).

I. Εξωτερικές μάρκες

Οι εξωτερικές μάρκες έχουν ομαδοποιηθεί σε δύο γενικές κατηγορίες. Τις «φυσικές» και τις «τεχνητές» μάρκες.

A. Φυσικές μάρκες

Μια διαβάθμιση μεριστικών και μορφωμετρικών χαρακτηριστικών χρησιμοποιούνταν διακεκομμένα σαν «φυσικές» μάρκες από τις αρχές του 1900. Οι φυσικές μάρκες περιλαμβάνουν μεριστικούς υπολογισμούς, αναλογίες μεγεθών των μελών του σώματος, σχήμα και χρωματισμός και ταξινομημένα μοντέλα υπό κυκλοφορία. Η χρήση των μεριστικών και μορφωμετρικών μαρκών είναι περιορισμένη επειδή αυτά τα χαρακτηριστικά υπόκεινται σε περιβαλλοντικές και γενετικές επιδράσεις οι οποίες συχνά προξενούν υπολογισμούς και μετρήσεις για επικάλυψη ανάμεσα σε πληθυσμιακά αποθέματα. Το σχήμα, το μέγεθος και τα υπό κυκλοφορία μοντέλα που είναι σε υψηλή προτίμηση είναι οι πιο συχνά χρησιμοποιούμενες μάρκες μαρκαρίσματος.

B. Τεχνητές μάρκες

Σε αυτές συγκαταλέγονται οι παρακάτω

Ακρωτηριασμός: Ο ακρωτηριασμός των πτερυγίων ή άλλου οστέινου μέρους, εφαρμόζεται πάνω από 100 χρόνια, ως μαρκάρισμα ψαριών για μελέτες μετανάστευσης ή ανάπτυξης. Ο ακρωτηριασμός γενικά επιτυγχάνεται με κόψιμο ή τρύπημα πτερυγίου ή άλλου μέρους του σώματος. Αυτή η απλή και γρήγορη μέθοδος έγινε άκρως δημοφιλής

κατά την εφαρμογή ομαδικού μαρκαρίσματος για μακροπρόθεσμες ή βραχυπρόθεσμες μελέτες. Οποσδήποτε η αναγνώριση των οργανισμών ατομικά είναι περιορισμένη.

Σφράγισμα: Σφράγισμα είναι η εξέλιξη στο μαρκάρισμα ενός οργανισμού, θέτοντας καθένα για μερικά δευτερόλεπτα σ'ένα θερμό ή ψυχρό εργαλείο με αριθμούς ή γράμματα αποτυπωμένα πάνω στο σώμα. Το σφράγισμα εκτοπίζει ή παραμερίζει τις τεχνικές με χρώματα. Και τα δύο θερμό και ψυχρό σφράγισμα είχαν χρησιμοποιηθεί σε ψάρια, καρκινοειδή, αμφίβια, ερπετά και κητώδη. Τεχνικές θερμού και ψυχρού σφραγίσματος είχαν εφαρμοστεί σε οργανισμούς με ανάμεικτη επιτυχία. Γενικά το ψυχρό σφράγισμα είχε περισσότερη επιτυχία απ'ότι το θερμό. Το κυριότερο μειονέκτημα αυτών των τεχνικών είναι ότι το σφράγισμα γίνεται δυσανάγνωστο με την πάροδο του χρόνου, και είναι περιορισμένης αξίας για μακροπρόθεσμες έρευνες. Επιπλέον ιδιαίτερα χαρακτηριστικά ή αριθμοί δεν είναι εύκολο να εξακριβωθούν.

Βαφές και χρώματα: Βαφές και χρώματα χρησιμοποιήθηκαν ευρέως από το 1930. Αυτή η κατηγορία περιλαμβάνει κάθε βαφή, βούλα, μελάνι, χρώμα, υγρό «latex» ή πλαστικό, μεταλλικές ενώσεις, αντιβιοτικά τετρακυκλίνης και ραδιοϊσότοπα, τα οποία εφαρμόζονται (στο σώμα του μαρκαριζόμενου οργανισμού) με εμβάπτιση, ένεση, τατουάζ ή με την τροφή. Το πλεονέκτημα της χρήσης βαφών και χρωμάτων είναι η ευκολία με την οποία μπορούν να μαρκαριστούν γρήγορα αρκετοί οργανισμοί. Το μεγαλύτερο μειονέκτημα είναι ότι ατομικά δεν μπορούν να διαπιστωθούν και η διατήρηση της μάρκας είναι γενικά σύντομη. Από τις ποικίλες χημικές μάρκες τα χρώματα χρησιμοποιήθηκαν αρχικά (σχεδόν αποκλειστικά) στα οστρακοειδή. Το **τατουάζ** (δερματοστιξία) των ψαριών, δοκιμάστηκε για πρώτη φορά το 1929 σε χέλια, χρησιμοποιώντας σινική μελάνη. Η πιο συχνά χρησιμοποιούμενη και επιτυχημένη μέθοδος χημικού μαρκαρίσματος, είναι η βαφή των οργανισμών με εμβάπτιση ή με έκχυση της βαφής στο ψάρι μέσω ένεσης.

Σωματικές μάρκες: Αν και ο ακρωτηριασμός, το σφράγισμα και η χρήση χρωμάτων και βαφών μπορούν να εφαρμοστούν με κάποια επιτυχία, η ανάπτυξη εξωτερικών μαρκών προσφέρει στους βιολόγους την αναγκαία πληροφόρηση που οδηγεί στην επίλυση αρκετών βιολογικών ερωτήσεων. Οι μάρκες κατασκευάζονται με προσοχή όσον αφορά το χρώμα, το σχήμα, το μέγεθος ή το σημείο τοποθέτησης. Οι εξωτερικές - σωματικές μάρκες φτιάχνονται από ποικίλα υλικά που μπορούν να ομαδοποιηθούν σε 3 κατηγορίες:

(1) Κουμπιά ή δίσκοι (Button and disk tags) όπως τον δίσκο του Petersen. Προσαρμόζονται στο σώμα με συρμάτινες περόνες, βελόνες ή ελαστικά καρφιά.

(2) Αιωρούμενες (κρεμαστές) μάρκες: περιλαμβάνουν μια μεγάλη ποικιλία μαρκών που αιωρούνται ελεύθερα και στο άκρο τους έχουν μια μορφή προσάρτησης· αυτή μπορεί να είναι δέσιμο με σύρμα, ναύλον θηλιές ή να έχει την μορφή internal anchor.

(3) Όλες οι άλλες μορφές μαρκών, αποτελούν ένα ετερογενές σύνολο. Έχουν λίγα κοινά χαρακτηριστικά και δεν υπάρχει σ'αυτές κάποιος ειδικός μηχανισμός προσάρτησης.

II. Εσωτερικές μάρκες

Στις εσωτερικές μάρκες περιλαμβάνεται κάθε είδους σήματος ή μάρκας που διαπιστώνεται εσωτερικά του σώματος του ψαριού.

Αφορούν τεχνικές μαρκάρια οι οποίες αφήνουν ειδικές αποτυπώσεις στα σκληρά σημεία του σώματος του ψαριού όπως ωτόλιθοι, οστά, ακτίνες πτερυγίων βραγχιοκαλύμματα και λέπια. Οι αποτυπώσεις αυτές οφείλονται σε διαταραχές - απότομες αλλαγές διαφόρων παραγόντων κατά την διάρκεια της ζωής του ψαριού. Τέτοιοι παράγοντες μπορεί να είναι η θερμοκρασία του περιβάλλοντος, το ποσοστό διατροφής, η φωτοπερίοδος κ.α.

Εσωτερικές μάρκες μπορούν επίσης να προκληθούν με τεχνητή μεταβολή ενός ή περισσότερων από τους παραπάνω παράγοντες μέσα σε ορισμένο χρονικό διάστημα για ψάρια που διαβιούν κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες π.χ. μέσα σε δεξαμενές, στα εκκολαπτήρια.

Τέλος εσωτερικό μαρκάρισμα μπορεί να προκληθεί με χρήση διάφορων χημικών ουσιών, οι οποίες με την εισαγωγή τους στο σώμα του ψαριού, απορροφούνται από τα οστέινα μέρη, όπου υπάρχει ενεργή ανάπτυξη και αφήνουν σ'αυτά ένα είδος σήματος που φθορίζει κάτω από υπεριώδης ακτινοβολία.

Βάση των παραπάνω, οι εσωτερικές μάρκες χωρίζονται σε φυσικές και τεχνητές ανάλογα με το αν επιδρά ο άνθρωπος με τεχνητό τρόπο ή όχι.

Προκειμένου να διαπιστωθεί αν υπάρχει εσωτερική μάρκα σε ένα συλλαμβανόμενο ψάρι, αυτό θα πρέπει να φέρει μια ιδιαίτερη μάρκα - σήμα εξωτερικά του σώματος. Για την ανίχνευση των εσωτερικών μαρκών απαιτείται ειδικός εργαστηριακός εξοπλισμός (ανατομικά όργανα για την αφαίρεση των επιλεγμένων οστέινων μερών και οπτικό μικροσκόπιο). Σε περιπτώσεις ανίχνευσης μιας χημικής μάρκας, το οπτικό μικροσκόπιο πρέπει να διαθέτει πηγή υπεριώδους ακτινοβολίας. Επίσης για την καλύτερη παρατήρηση των ωτολίθων όταν αυτοί είναι δυσδιάκριτοι, απαιτείται ένας μικροτόμος και μια συσκευή

λείανσης για τη δημιουργία λεπτών τομών. Τέλος η παρατηρητικότητα του ερευνητή παίζει σπουδαίο ρόλο όπως επίσης και η εμπειρία του.

Η σπουδαιότητα των εσωτερικών μαρκών είναι μεγάλη δεδομένου ότι συμβάλλουν κυρίως σε μελέτες που ασχολούνται με τον προσδιορισμό της ηλικίας των ψαριών. Επίσης βοηθούν στην καλύτερη εφαρμογή των μοντέλων αύξησης και στον υπολογισμό των παραμέτρων και του ρυθμού αύξησης σε κάθε εξεταζόμενο είδος ψαριού.

Χημικό μαρκάρισμα

Στο χημικό μαρκάρισμα γίνεται χρήση χημικών και φαρμάκων, τα οποία επιδρούν, αφήνοντας χαρακτηριστικές μάρκες πάνω στα σκελετικά μέρη του ψαριού. Μερικές χημικές μάρκες αναφέρονται παρακάτω:

- Τετρακυκλίνη και άλλες φθορίζουσες ενώσεις

Η τετρακυκλίνη είναι μέλος μιας ομάδας αντιβιοτικών φαρμάκων (Οξυτετρακυκλίνη, χλωροτετρακυκλίνη, διμεθυλχλωροτετρακυκλίνη), οι οποίες απορροφώνται και ενσωματώνονται, στους ασβεστώδεις ιστούς των ψαριών, που βρίσκονται υπό συνεχή αύξηση όπως π.χ. οι ωτόλιθοι. Το αποτέλεσμα είναι η παραγωγή χαρακτηριστικής φθορίζουσας εκπομπής, όταν το εκάστοτε παρατηρούμενο σκελετικό στοιχείο, βρίσκεται κάτω από την επίδραση υπεριώδους ακτινοβολίας. Άλλες ενώσεις όπως οι: fluorescein, calcein, παράγουν επίσης χαρακτηριστικές φθορίζουσες μάρκες, σε οστά και ωτολίθους. Πολλαπλοί συνδυασμοί διαφορετικών μαρκών, μπορούν να χρησιμοποιηθούν, προκειμένου να παράγουν μια σειρά μοναδικών μαρκών που να ξεχωρίζει τις φουρνιές των ψαριών. Για μεγάλα ψάρια, οι χημικές μάρκες, χρησιμοποιούνται συνήθως με την μορφή της ένεσης. Επιπρόσθετα, η τετρακυκλίνη μπορεί να χρησιμοποιηθεί αναμεμιγμένα με την τροφή ή σε μορφή διαλυμάτων, όπου εμβαπτίζονται κυρίως νεαρά ψάρια, για πρόκληση μαζικού μαρκαρίσματος. Παρατηρώντας έναν μαρκαρισμένο ωτόλιθο, συγκεκριμένα από ένα δείγμα ενήλικου ψαριού, διαπιστώνουμε ότι πολλές φορές απαιτείται η παρασκευή λεπτών τομών ωτολίθων, προκειμένου για την καλύτερη εξέταση του, σε μικροσκόπιο που διαθέτει μια πηγή υπεριώδους ακτινοβολίας.

Γενικά η τετρακυκλίνη, φαίνεται να είναι μια κατώτερη τεχνική μαρκαρίσματος, συγκρινόμενη με μάρκες που παράγονται από μεταβολές στην θερμοκρασία. Αν και η προετοιμασία των ωτολίθων και στις δύο τεχνικές είναι παρόμοια, στο χημικό μαρκάρισμα, απαιτείται επιπλέον μια πηγή υπεριώδους ακτινοβολίας (UV). Οι θνησιμότητες που προκαλούν οι μάρκες τετρακυκλίνης, μπορεί να είναι σημαντικές σε ορισμένες περιπτώσεις. Όσον αφορά την μονιμότητα της μάρκας, πιστεύεται ότι είναι μακράς

διάρκειας. Μάλιστα σε κάποιο δείγμα μεγαλοπελαγικού ψαριού, μάρκα οξυτετρακυκλίνης ανιχνεύτηκε ύστερα από 5 χρόνια.

- Ακεταζολαμίδη

Ενέσεις ακεταζολαμίδης παράγουν μάρκες σε νεαρά άτομα και γόνο ψαριών, αλλά φαίνεται να προκαλεί υψηλή θνησιμότητα όταν εφαρμόζεται σε έμβρυα (πριν από την εκκόλαψη). Έχει διαπιστωθεί ότι η ακεταζολαμίδη, εμποδίζει την εναπόθεση κρυστάλλων ανθρακικού ασβεστίου (αραγωνίτη), πάνω στα σκελετικά μέρη του σώματος του ψαριού, δημιουργώντας έτσι μια λεπτή πρωτεϊνική στρώση. Η μάρκα μπορεί να διαπιστωθεί με οπτικό μικροσκόπιο αλλά για καλύτερη επιβεβαίωση, απαιτείται η χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου (5 EM). Αν και η ακεταζολαμίδη είναι ευδιάλυτη στο νερό, μαρκάρισμα με τη μέθοδο εμβάπτισης δεν επιχειρήθηκε, εξαιτίας της αμυδρότητας της μάρκας που παρατηρήθηκε, κάνοντας χρήση ένεσης, σε ψάρια που ήταν σε σταθερές θερμοκρασίες.

- Άλλα χημικά στοιχεία ως μάρκες

Χημικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται στο μαρκάρισμα των ψαριών είναι ο μόλυβδος, το στρόντιο και ποικίλα άλλα που χρησιμοποιούνται ατομικά το καθένα ή σε συνδυασμό. Το φθόριο, ο χαλκός, ο ψευδάργυρος και άλλα στοιχεία που σπάνια απατούνται στην φύση, είναι επίσης ιδιαίτερου ενδιαφέροντος. Επίσης έχουν χρησιμοποιηθεί ραδιενεργά ισότοπα όπως το Ca-45, η ενσωμάτωση του οποίου ανιχνεύεται, στα σκελετικά μέρη του ψαριού, με χρήση ραδιογραφημάτων και διάφορων φασματομετρικών μεθόδων.

Για μη ραδιενεργά στοιχεία, οι απαραίτητες παρατηρήσεις και η εκτίμηση των αποτελεσμάτων, εμπλέκουν την χρήση ηλεκτρονικού μικροσκοπίου και εφαρμογή φασματομετρίας με ακτίνες X.

Ηλεκτρονικές ή ακουστικές μάρκες

Το ηλεκτρονικό μαρκάρισμα είναι μια τεχνική βραχυπρόθεσμης παρακολούθησης της συμπεριφοράς των ψαριών, χρησιμοποιώντας ηλεκτρονικά κύματα. Ένα τυπικό σύστημα ηλεκτρονικής παρακολούθησης, συνίσταται από έναν πομπό με ευαισθησία στην θερμοκρασία και το βάθος, ο οποίος στερεώνεται στο ψάρι και ανιχνεύεται από μια κατευθυνόμενη κεραία υδροφώνου και ένα σύστημα λήψης, τοποθετημένο στο σκάφος παρακολούθησης. Η συμπεριφορά του ψαριού, σε σχέση με το σκάφος, προσδιορίζεται από την χρονική διάρκεια των εκπεμπόμενων σημάτων από τον προσκολλημένο στο ψάρι πομπό. Το κολυμβητικό βάθος ή η θερμοκρασία του νερού που περιβάλλει το ψάρι, υπολογίζεται από τις μεταβολές του ρυθμού επανάληψης των παλμών της συχνότητας

που χρησιμοποιείται. Έτσι, μια λήψη αυξημένου αριθμού παλμών / μονάδα του χρόνου, μεταφράζεται σε μετακίνηση του ψαριού σε αβαθή ή σε υψηλότερης θερμοκρασίας νερά.

Υπάρχουν τρία βασικά **κριτήρια σχεδιασμού** των ηλεκτρονικών μαρκών, το μέγεθος, η διάρκεια ζωής και η εμβέλεια τους. Αυτά αλληλοεπηρεάζονται επειδή μικρό μέγεθος της μάρκας, σημαίνει μικρές μπαταρίες και υψηλές συχνότητες συντονισμού, που ελαττώνουν την διάρκεια ζωής και την εμβέλεια της μάρκας. Εάν το μέγεθος της μπαταρίας διατηρείται σταθερό, η διάρκεια ζωής πολλές φορές θυσιάζεται, χάρη της υψηλής εμβέλειας ή και το αντίθετο. **Το μέγεθος, ο χρόνος ζωής και η εμβέλεια**, αλλάζουν ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις και προσδιορίζονται από την ισχύ του πομπού, την χρησιμοποιούμενη συχνότητα, τον ρυθμό και το εύρος των παλμών και το μέγεθος των μπαταριών. Σε πρώιμες μελέτες παρακολούθησης, η ηλεκτρονική μάρκα εισερχόταν με τεχνητό τρόπο, στο στομάχι ορισμένων ειδών ψαριών όπως π.χ. στα τοννοειδή. Αυτή η μέθοδος, ενώ είχε το πλεονέκτημα της γρήγορης εφαρμογής και της ελαχιστοποίησης στην πρόκληση τραυμάτων, παρουσίαζε δύο σημαντικά μειονεκτήματα. Πρώτον, δεν μπορούσε να εφαρμοστεί σε περιπτώσεις που ο πομπός ήταν μεγαλύτερος, σε σχέση με τον όγκο του στομαχιού. Δεύτερον, τα εκπεμπόμενα σήματα, ήταν σημαντικά εξασθενημένα, επειδή ο πομπός βρισκόταν εντός του σώματος του ψαριού. Αποτέλεσμα των παραπάνω ήταν σε πρόσφατες μελέτες, η ηλεκτρονική μάρκα να προσκολληθεί εξωτερικά στο ψάρι, χρησιμοποιώντας ραφές ή συνθετικές ίνες για την πρόσδεση της. Η μάρκα τοποθετούνταν συνήθως στο 2ο ραχιαίο ή στο εδρικό περύγιο. Διαβρώσεις του πομπού και παραμορφώσεις του ιστού και των μυών του ψαριού αποφεύγονται με προσεκτική στερέωση του, πάνω στο ψάρι.

Για μια επιτυχή μέθοδο παρακολούθησης, είναι ουσιώδες, το υδρόφωνο να είναι προφυλαγμένο από τα ρεύματα του νερού και να είναι προσεχτικά στερεωμένο. Είναι σημαντικό, τα εκπεμπόμενα σήματα, να μπορούν να ακούγονται, ενώ το σκάφος παρακολούθησης θα έχει ταχύτητα κατά προσέγγιση 6 κόμβους. Επίσης δίνεται έμφαση στην άνεση του πληρώματος, το οποίο απαιτείται να είναι άγρυπνο, σε όλη την διάρκεια της παρακολούθησης. Η ταχύτητα κολύμβησης του ψαριού είναι δύσκολο να προσδιοριστεί, ειδικά όταν το ψάρι αλλάζει συχνά κατεύθυνση. Όταν όμως το υπό παρακολούθηση ψάρι διατηρεί μια σταθερή πορεία, κατά την διάρκεια γρήγορων μετακινήσεων, η κολυμβητική ταχύτητά του, μπορεί να προσδιοριστεί με ικανοποιητική ακρίβεια. Με την επεξεργασία των δεδομένων από την παρακολούθηση διάφορων ψαριών, με την μέθοδο του ηλεκτρονικού μαρκαρίσματος, προκύπτουν οι πορείες των

ψαριών σε ένα προφίλ βάθους και θερμοκρασίας. Έτσι παίρνουμε χρήσιμες πληροφορίες, που αφορούν την αλιεία, την βιολογία και τις συνήθειες των ψαριών.

4. Εφαρμογές και χρήσεις του μαρκαρίσματος

4. 1. Επιλογή της μεθόδου μαρκαρίσματος

Η επιλογή της κατάλληλης μάρκας παίζει σπουδαίο ρόλο στην επιτυχία της εκάστοτε μελέτης. Γι'αυτό απαιτείται μεγάλη προσοχή στην επιλογή ή ακόμα και στην προσαρμογή της μάρκας εκείνης, που προσεγγίζει περισσότερο τις ανάγκες της διενεργούμενης μελέτης. Αν και δεν υπάρχουν συγκεκριμένα κριτήρια επιλογής μιας μεθόδου μαρκαρίσματος, θα μπορούσαμε να αναφέρουμε κάποιους παράγοντες που επηρεάζουν ή σχετίζονται με την επιλογή αυτή :

- α) Αντικειμενικός σκοπός του μαρκαρίσματος
- β) Μονιμότητα της μάρκας
- γ) Χαρακτηριστικά οργανισμών που μαρκάρονται (είδος, μέγεθος, δέρμα)
- δ) Ορατότητα και αναγνώριση της μάρκας
- ε) Πληροφορίες που περιέχονται στην μάρκα
- στ) Επίδραση στην επιβίωση, συμπεριφορά, αύξηση των οργανισμών
- ζ) Στρες κατά το μαρκάρισμα - χειρισμοί
- η) Ευκολία εφαρμογής της μάρκας
- θ) Αριθμός των οργανισμών που μαρκάρονται
- ι) Χρησιμοποιούμενος εξοπλισμός
- ια) Εμπειρία προσωπικού που διενεργεί το μαρκάρισμα και διαθεσιμότητα
- ιβ) Ανεύρεση των μαρκαρισμένων οργανισμών (συνεργασία - αμοιβές)
- ιγ) Εμπειρίες από προηγούμενες μελέτες
- ιδ) Κόστος από ωφέλη που θα αποκομηθούν από την μελέτη.

Οι σκοποί - στόχοι του προγράμματος μαρκαρίσματος, αποτελούν τον πιο σημαντικό παράγοντα που επηρεάζει την επιλογή της εκάστοτε μεθόδου μαρκαρίσματος που θα χρησιμοποιηθεί. Μάλιστα, δεν μπορεί να επιχειρηθεί ένα πρόγραμμα μαρκαρίσματος, πριν αποφασιστεί τι ακριβώς πληροφορίες απαιτούνται.

Η μονιμότητα της μάρκας, αποτελεί επίσης έναν σημαντικό παράγοντα επιλογής. Για μακροπρόθεσμες μελέτες, θα χρησιμοποιηθούν μάρκες με μεγάλη μονιμότητα ενώ σε βραχυπρόθεσμες μελέτες, αυτό δεν είναι απαραίτητο.

Τα χαρακτηριστικά του μαρκαριζόμενου οργανισμού, διαμορφώνουν αποτελεσματικά την ακολουθούμενη μέθοδο μαρκαρίσματος. Έμφαση δίδεται στο είδος

του οργανισμού που μαρκάρεται, στο μέγεθος, στην σκληρότητα του δέρματος του κ.α. Αξιόλογο παράδειγμα εδώ, αποτελούν, τα βαθύβια ψάρια, τα οποία πεθαίνουν όταν μεταφερθούν στην επιφάνεια. Προκειμένου για το μαρκάρισμά τους, ο Kotthaus χρησιμοποίησε αριθμημένα αγκίστρια, τα οποία μόλις καταπιούν τα ψάρια, σπάζουν και μένουν μέσα τους.

Η ορατότητα μιας μάρκας, μπορεί να έχει ισχυρές επιδράσεις, στην εξήγηση των δεδομένων μαρκαρίσματος, στην οποία λαμβάνει υπ'όψη, ο αριθμός των επανασυλλήψεων. Δύο κύριοι παράγοντες, το χρώμα της μάρκας και η περιοχή προσάρτισης, επιδρούν στην ορατότητα, αλλά και το σχήμα της μάρκας είναι εξίσου σημαντικό. Η εκλογή του χρώματος εμπλέκει κάποιο συμβιβασμό επειδή λαμπερά χρώματα που είναι εύκολο να αναγνωρισθούν, καθιστούν τα ψάρια, στόχο και εύκολη λεία των θηρευτών. Ευτυχώς, ορισμένα χρώματα που διακρίνονται εύκολα έξω από το νερό, είναι δυσδιάκριτα εντός του νερού. Το κόκκινο, το πορτοκαλί και το κίτρινο, είναι τα χρώματα που εκλέγονται συχνότερα. Οι μάρκες όταν δίδεται έμφαση στην εύκολη αναγνώριση τους, τοποθετούνται σε εμφανή μέρη του σώματος του ψαριού (κατά μήκος της ραχιαίας επιφάνειας ή πλευρικά). Σε ορισμένες όμως περιπτώσεις, τα ψάρια μαρκάρονται εσωτερικά, για την εξυπηρέτηση ιδιαίτερων στόχων.

Οι πληροφορίες που περιέχονται στην μάρκα, ποικίλλουν, ανάλογα με την εφαρμοζόμενη μέθοδο μαρκαρίσματος και τον σκοπό για τον οποίο διενεργείται. Έτσι, εάν πρόκειται π.χ. για μελέτες αποθεμάτων και διαχωρισμό αυτών, χρησιμοποιείται ομαδικό μαρκάρισμα μιας κοινής μάρκας για κάθε ομάδα ψαριών που θέλουμε να μελετήσουμε. Εάν όμως εξετάζεται η ηλικία και αύξηση των ψαριών, τότε απαιτείται ατομικό μαρκάρισμα για κάθε ψάρι, με χρήση κωδικοποιημένων μαρκών. Επίσης πολλές μάρκες αναφέρουν διεύθυνση και άλλες οδηγίες, για την επιστροφή των μαρκών που θα ανευρεθούν.

Η θνησιμότητα που παρουσιάζουν ορισμένες μάρκες επιδρά στα αποτελέσματα διάφορων μελετών όπως, πληθυσμιακές εκτιμήσεις ή ποσοστά θνησιμότητας.

Οι μάρκες που **επηρεάζουν την συμπεριφορά των οργανισμών**, μετά την απελευθέρωσή τους, επιδρούν στο ποσοστό ανεύρεσης των μαρκών και μπορεί να οδηγήσουν συχνά σε εσφαλμένα συμπεράσματα. Επίσης μερικές σωματικές μάρκες, ελατώνουν την ανάπτυξη των μαρκαρισμένων ψαριών και επομένως είναι ακατάλληλες για μελέτες προσδιορισμού του ρυθμού αύξησης.

Οι τεχνικές σύλληψης και οι χειρισμοί κατά την διάρκεια του μαρκαρίσματος, επιδρούν στην ωσμоруθμιστική ικανότητα και στην φυσιολογία του ψαριού. Έτσι, ένα ψάρι που έχει χάσει αρκετά λέπια ανευρίσκεται σε χαμηλότερο ποσοστό, από ένα ψάρι που

απελευθερώθηκε σε καλή κατάσταση. Τα μικρά ψάρια είναι πιο ευαίσθητα, στην πρόκληση βλαβών και οι επιστροφές τους (επανασυλλήψεις), σχετικά μικρότερες, συγκρινόμενες σε μεγάλο μέγεθος ψάρια. Επιπλέον ορισμένα είδη ψαριών είναι πιο ευαίσθητα από άλλα. Εκείνο που πρέπει να προσεχθεί είναι, η χρησιμοποιούμενη μέθοδος να είναι εύχρηστη και γρήγορη στην εφαρμογή, διαφορετικά μπορούν να προκληθούν υψηλές θνησιμότητες. Οι τραυματισμοί που προξενούνται κατά την διενέργεια του μαρκάρισματος, φυσιολογικά επουλώνονται ικανοποιητικά, χωρίς την χρήση αντιβιοτικών, εκτός ειδικών περιπτώσεων όπως, μαρκάρισμα σε θερμά νερά ή πρόκληση στρες και δευτερογενών μολύνσεων. Οι μάρκες που έχουν σταθερότητα, είναι καλύτερες από τις αιωρούμενες, όσον αφορά την επούλωση του τραύματος και φαίνονται να έχουν καλύτερη διατήρηση. Η δοσολογία των αναισθητικών και η διάρκεια έκθεσης των ψαριών σ'αυτά, αποτελούν επίσης παράγοντες που επιδρούν στο στρες. Η προσοχή στις συλλήψεις και στους χειρισμούς επιβάλλεται, ώστε να μην βλαφτούν ζωτικά όργανα και η εκδορά του ιστού - δέρματος, να είναι ελάχιστη. Υπερενεργητικά ψάρια, μπορούν να ηρεμήσουν με ήπια αναισθητικά και τυχόν ωσμωρυθμιστικά προβλήματα, μπορούν να ελαττωθούν, με την προσθήκη γλυκού νερού.

Ο αριθμός των οργανισμών που πρόκειται να μαρκριστούν επηρεάζει επίσης την εκλογή της κατάλληλης τεχνικής μαρκάρισματος. Εάν απαιτείται ομαδικό μαρκάρισμα, η επιλεγόμενη μάρκα, θα πρέπει να είναι χαμηλού κόστους και εύκολη στην εφαρμογή. Οι χημικές βαφές για παράδειγμα, έχουν ικανοποιητικά αποτελέσματα, όταν πρόκειται για μαρκάρισμα μεγάλου αριθμού ψαριών, σε βραχυπρόθεσμα προγράμματα μαρκάρισματος. Εάν ο αριθμός των ψαριών που πρόκειται να μαρκριστούν, είναι περιορισμένος, μια ακριβότερη μάρκα που να προμηθεύει περισσότερες πληροφορίες, είναι κατάλληλη.

Μια άλλη σχετική εξέταση που απαιτείται, για την ορθολογική εφαρμογή ενός προγράμματος μαρκάρισματος, είναι **ο καθορισμός των πόρων και των μέσων** που διατίθενται, για την διεκπεραίωση του προγράμματος. Επίσης εξετάζεται η επιδεξιότητα, εμπειρία και διαθεσιμότητα του προσωπικού, που θα διενεργήσει το μαρκάρισμα και εκτιμούνται προσεγγιστικά, τα όρια του κόστους, στα οποία θα διακυμανθεί η αξία του προγράμματος, φροντίζοντας να είναι μέσα σε λογικά πλαίσια.

Από τα παραπάνω, καταλαβαίνουμε ότι, για να υπάρξει και να εφαρμοστεί ένα πρόγραμμα μαρκάρισματος, είναι απαραίτητος πρώτα, ο εντοπισμός και ακριβής καθορισμός των προβλημάτων, στα οποία το μαρκάρισμα έρχεται να δώσει απαντήσεις με την εφαρμογή του. Τέτοιου είδους προβλήματα και ερωτηματικά, που συνήθως δημιουργούνται είναι: η εκτίμηση των αποθεμάτων που υπόκεινται σε υπερεκμετάλλευση, το μοντέλο διαχείρισης που πρέπει να ακολουθηθεί, η σωστή απονομή των αποθεμάτων,

όπου υφίστανται διαμάχες ανάμεσα σε δικαιοδοσίες, ο εμπλουτισμός γνώσεων στην βιολογία ορισμένων ειδών με οικονομικό ενδιαφέρον.

Κάτω από τέτοιες συνθήκες και σύμφωνα με την ένταση των πιέσεων που αντιμετωπίζουν κυρίως οι διαχειριστές αλιείας, αποφασίζεται ο σχεδιασμός και εφαρμογή ενός προγράμματος μαρκαρίσματος, με συγκεκριμένο σκοπό, να βοηθήσει στην εξιχνίαση και επίλυση του εκάστοτε προβλήματος που προβάλλεται. Για να προχωρήσει το πρόγραμμα, θα πρέπει να έχει εξασφαλισμένη χρηματοδότηση, πόρους και μέσα (συνεργασίες με υπηρεσίες, οργανισμούς και εργαστήρια), τα οποία θα βοηθήσουν στην διεκπαιρέωση του. Επίσης επιβάλλεται έγκαιρα, ο καθορισμός των ειδών των ψαριών, που θα μελετηθούν, καθώς και οι μέθοδοι μαρκαρίσματος που θα χρησιμοποιηθούν. Η επιλογή των μεθόδων, όπως αναφέραμε, παίζει σπουδαίο ρόλο και γι'αυτό μπορεί να περιλαμβάνει, αρχικά πειραματικό μαρκάρισμα, εκτός εάν υπάρχουν προηγούμενες εμπειρίες, από εφαρμογές των μεθόδων μαρκαρίσματος, στα εξεταζόμενα είδη ψαριών. Σε κάθε περίπτωση, η επιτυχία εφαρμογής του μαρκαρίσματος, θα πρέπει να είναι εξασφαλισμένη, πριν αρχίσουν μεγάλα και πολυδάπανα προγράμματα, για μεγάλες χρονικές περιόδους.

Για την διενέργεια του μαρκαρίσματος, απαιτείται αρχικά, ο καθορισμός των αλιευτικών εργαλείων για την σύλληψη των οργανισμών. Η αλιεία μπορεί να πραγματοποιηθεί με ερευνητικά σκάφη, ναυλωμένα σκάφη, επαγγελματικά αλιευτικά (ανάλογα με την εποχή απόπλου), καθώς και με ψαρόβαρκες αλιέων που συμμετέχουν εθελοντικά στο μαρκάρισμα. Επίσης θα πρέπει να εξασφαλιστεί η διαθεσιμότητα του προσωπικού που διενεργεί το μαρκάρισμα και η τυχόν εκπαίδευσή του, σε περιπτώσεις που δεν είναι πεπειραμένο.

Η διαφήμιση του προγράμματος, κρίνεται απαραίτητη, σε ιχθυόσκαλες, αλιευτικούς συναιτερισμούς κ.α. όπου τονίζονται οι χρηματικές ανταμοιβές, για όσους αλιείς παραδίδουν στις αρμόδιες υπηρεσίες, τις μάρκες ή ολόκληρα τα μαρκαρισμένα ψάρια που εξαλίευσαν. Συνήθως επιδιώκεται η συνεργασία με επαγγελματίες και ερασιτέχνες αλιείς, προκειμένου να υπάρξει ικανοποιητικός αριθμός επανασυλλαμβανόμενων ψαριών.

Τα δεδομένα μαρκαρίσματος, ταξινομούνται και αρχειοθετούνται με προσοχή, προκειμένου να αξιολογηθούν και να εκτιμηθεί η αποτελεσματικότητά τους. Επίσης καταγράφονται οι ιδιαίτερες δυσκολίες που παρουσιάστηκαν, τυχόν αλλαγές κατά την διάρκεια του προγράμματος μαρκαρίσματος και μια έκθεση των γενικών συμπερασμάτων που προέκυψαν.

6. ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ

Αναπαραγωγή είναι η βιολογική διεργασία με την οποία τα είδη διαιωνίζονται. Είναι μία από τις δύο κύριες λειτουργίες όλων των ζωντανών οργανισμών (αναπαραγωγή και ομοιόσταση). Η αναπαραγωγή έχει ως στόχο τη δημιουργία απογόνων με χαρακτηριστικά ίδια με αυτά των γονέων (κληρονομικότητα). Σε συνδυασμό όμως με τις γενετικές αλλαγές (μεταλλάξεις) και τις διεργασίες της εξέλιξης, τα διάφορα είδη είναι δυνατόν να εμφανίζουν νέα χαρακτηριστικά, που ενδέχεται να αποτελέσουν τη βάση δημιουργίας καινούργιων ειδών. Μία σειρά μορφολογικών, ηθολογικών φυσιολογικών και βιολογικών εξελικτικών προσαρμογών έχει αναπτυχθεί στα ψάρια, που σχετίζονται με την αναπαραγωγή και την επιτυχία της και σε περιγράφονται με γενικούς όρους ως **r** και **K επιλεκτικές στρατηγικές**, γιά τις οποίες έχουμε ήδη μιλήσει.

Η αναπαραγωγή επιτελείται από τα **ώριμα ή ενήλικα** άτομα του πληθυσμού. Οι **γεννητικοί αδένες** των ψαριών ονομάζονται **γονάδες** και σε αυτούς παράγονται ή αποθηκεύονται τα **γεννητικά προϊόντα (σπερματοζώαρια και ωάρια)**. Τα διάφορα είδη ψαριών σε σχέση με την αναπαραγωγή είναι δυνατόν να παρουσιάζονται ως :

α) αμφιγονικά ή γονοχωριστικά, όπου σπέρμα και ωάρια αναπτύσσονται χωριστά σε αρσενικά και θηλυκά άτομα (η πιο συχνή περίπτωση)

β) ερμαφρόδιτα, όπου και τα δύο φύλα απαντώνται στο ίδιο άτομο.

Τα ερμαφρόδιτα είδη μπορεί να περιλαμβάνουν άτομα, που είναι :

1. ταυτόχρονα ερμαφρόδιτα, δηλαδή και τα δύο φύλα απαντώνται μαζί στο ίδιο άτομο και στην ίδια γονάδα. Από πλευράς λειτουργικότητας των γονάδων τα άτομα μπορεί να είναι είτε **σύγχρονα ερμαφρόδιτα**, όπου και τα δύο φύλα είναι λειτουργικά στο ίδιο άτομο κατά την στιγμή της αναπαραγωγής και έτσι είναι πιθανή η δυνατότητα αυτογονιμοποίησης, άν και το τελευταίο ως γεγονός είναι ιδιαίτερα σπάνιο και συνήθως αποφεύγεται με διάφορους τρόπους, είτε τα άτομα είναι **ετερόχρονα ερμαφρόδιτα**, όπου και τα δύο φύλα είναι λειτουργικά στο ίδιο άτομο αλλά κατά την στιγμή της αναπαραγωγής κυρίως βιολογικοί και κοινωνικοί παράγοντες αναστέλλουν την λειτουργικότητα του ενός από τα δύο φύλα στο ίδιο άτομο και έτσι είναι αδύνατη η αυτογονιμοποίηση.

2. διαδοχικά ερμαφρόδιτα, δηλαδή και τα δύο φύλα απαντώνται στο ίδιο άτομο (και στην ίδια γονάδα) αλλά τα άτομα εμφανίζονται πρώτα ως αρσενικά και αργότερα ως

θηλυκά (**πρώτανδρα** ερμαφρόδιτα) ή αντίστροφα πρώτα ως θηλυκά και αργότερα ως αρσενικά (**πρωτόγυνα**), με φυσιολογική ανάπτυξη των γονάδων σε κάθε φύλο, γονιμοποιούμενα κανονικά ως γονοχωριστικά είδη σε κάθε αναπαραγωγική φάση.

Ο ερμαφροδιτισμός θεωρείται εξελικτικά ως ο νεότερος από πλευράς χρονικής εμφάνισης και ο πιο πλεονεκτικός τρόπος αναπαραγωγής και παρατηρείται κυρίως στους ανώτερους τελεόστεους (Seranidae, sparidae). Το είδος του ερμαφροδιτισμού είναι χαρακτηριστικό για κάθε συγκεκριμένο είδος ψαριού.

γ) παρθενογενετικά, (σπάνια) όπου η ανάπτυξη του εμβρύου πραγματοποιείται χωρίς γονιμοποίηση, η παρουσία όμως του σπέρματος είναι απαραίτητη για τη μερική διάτρηση του ωαρίου αναγκάζοντάς το να αναπτυχθεί. Οι απόγονοι είναι πάντα θηλυκά (γυνογένεση).

Η λειτουργία σχηματισμού των **σπερμικών κυττάρων** στους όρχεις, που έχει ως τελικό αποτέλεσμα τη δημιουργία σπερματοζωαρίων, καλείται **σπερματογένεση ή σπερμιογένεση**. Ο κύκλος ζωής του σπέρματος εξαρτάται από το είδος του ψαριού και τον τύπο του υποστρώματος που εναποτίθεται. Η γονιμοποίηση των ωαρίων γίνεται συνήθως μέσα στο νερό. Τα **σπερματοζωάρια** αποκτούν **κινητικότητα** μόλις εισέλθουν στο νερό και γονιμοποιούν τα ωάρια, διατρυπώντας τη μικροπύλη τους. Στα ψάρια των τρεχούμενων νερών ο χρόνος επαφής του σπερματοζωαρίου με το αυγό είναι πολύ περιορισμένος εξαιτίας της ταχύτητας του νερού (ροή ποταμού), γι' αυτό και η κινητικότητα τους είναι μεγάλη, αλλά διαρκεί για μικρό χρονικό διάστημα. Αντίθετα στα ψάρια των στάσιμων νερών η πιθανότητα της γονιμοποίησης είναι πολύ μεγαλύτερη και η κινητικότητα των σπερματοζωαρίων διαρκεί για σχετικά μεγάλο χρονικό διάστημα. Η κινητικότητα είναι αντιστρόφως ανάλογη της **θερμοκρασίας** και του **χρόνου ζωής** των σπερματοζωαρίων. Η θερμοκρασία λοιπόν επιδρά άμεσα στην κινητικότητα. Τα σπερματοζωάρια ζούν γενικά περισσότερο σε χαμηλότερες θερμοκρασίες από ότι σε υψηλότερες. Η δυνατότητα αυτή επιτρέπει τη διατήρηση σπέρματος σε κατάσταση ψύξης για ορισμένο χρονικό διάστημα ανάλογα με το είδος και την κατάσταση του ψαριού και τη δυνατότητα χρησιμοποίησής του για τεχνητή γονιμοποίηση. Σε αρκετές περιπτώσεις χρησιμοποιείται για την τεχνητή αναπαραγωγή συλλογή σπέρματος από ώριμα αρσενικά κατά την αλιεία και κατάψυξή του για ορισμένο (μικρό πάντως) χρονικό διάστημα, παρά η διατήρηση αρσενικών γεννητόρων.

Η λειτουργία σχηματισμού των **ωρίμων ωοκυττάρων ή ωαρίων** στην ωοθήκη καλείται **ωογένεση**. Όλα τα ψάρια σχηματίζουν ωάρια. Το μέγεθος των ωαρίων ποικίλει

στα διάφορα είδη (ψάρια με 0,5-5 χιλιοστά διάμετρο) και μπορεί να εξαρτάται από διάφορους βιολογικούς παράγοντες. Το σχήμα διαφέρει (π.χ. ελλειπτικά στο γαύρο, ωσειδή στα Cichlidae), το σφαιρικό όμως σχήμα είναι συχνότερο. Ο αριθμός ωρίμων ωοκυττάρων, που παράγουν τα είδη κατά την περίοδο ωοτοκίας επίσης ποικίλει. Ψάρια, που γεννούν αυγά μεγάλου μεγέθους, αποθέτουν κατά κανόνα μικρό αριθμό αυγών και αντίστροφα.

Ο αριθμός των αποτιθέμενων αυγών είναι αντιστρόφως ανάλογος του μεγέθους και σχετίζεται με τις **r** και **K επιλεκτικές στρατηγικές**. Τα ψάρια, που αποθέτουν μεγάλο αριθμό αυγών, έχουν συνήθως επιπλέοντα πελαγικά αυγά και έπονται σε αριθμό συνήθως εκείνα που ωοτοκούν σε φυτά. Τα ψάρια αυτά εμφανίζουν μεγάλη θνησιμότητα και αντισταθμίζουν τις απώλειες από την μεγάλη γεννησιμότητα (**r-στρατηγική**). Τα μικρά αυγά, είναι κατά κανόνα πολύ περισσότερα σε αριθμό, αντισταθμίζοντας έτσι το μειονέκτημα του μεγέθους. Αντίθετα, αυγά μεγάλου μεγέθους εξασφαλίζουν μεγαλύτερο ποσοστό επιβίωσης στις μετέπειτα λάρβες, γιατί έτσι σχηματίζεται μεγαλύτερος λεκιθικός σάκος που αυξάνει την δυνατότητα τροφοδοσίας του ελευθέρου εμβρύου και είτε επιταχύνει την ανάπτυξη, είτε παρατείνει το χρόνο παραμονής στο στάδιο αυτό, αυξάνοντας τις πιθανότητες εύρεσης εξωτερικής τροφής (**K-στρατηγική**). Είδη, που παρέχουν γονική φροντίδα (ενδοσωματική ή εξωσωματική) στα αυγά τους ή και στα νεοεκκολαφθέντα άτομα, γεννούν κατά κανόνα μικρό αριθμό αυγών και αντίστροφα. Έτσι, πολλοί καρχαρίες γεννούν λίγα και μεγάλα αυγά, ενώ το φεγγαρόψαρο (*Mola mola*) φτάνει τα τρία εκατομμύρια.

Τα αυγά, ανάλογα με το είδος του ψαριού, τον τρόπο και τόπο απόθεσης κ.λ.π. φέρουν ορισμένες προστατευτικές κατασκευές και άλλα προσαρμοστικά χαρακτηριστικά. Τα αυγά φέρουν **προστατευτικό κέλυφος**, αλλά κατά περίπτωση μπορεί να εμφανίζουν και άλλες προσαρμογές. Μερικά είναι ελαφρά, φέρουν **σταγόνα ελαίου** και επιπλέουν στο νερό σε ορισμένο βάθος (πελαγικά, όπως στο μπακαλιάρο). Άλλα έχουν **κολλώδη ουσία** και προσκολλώνται στο ανώτερο μέρος του υποστρώματος (πχ. σε βιογενή θρύμματα του βυθού, κελύφη διθύρων κ.λ.π.) ή πάνω σε φυτά, αποφεύγοντας τη βύθιση τους μέσα στο ίζημα, όπου ο θάνατος από ασφυξία θα ήταν αναπόφευκτος. Τα ψάρια των τρεχούμενων νερών, γεννούν αυγά που βυθίζονται ή τοποθετούνται από τους γονείς κάτω από τα χαλίκια, αποφεύγοντας έτσι την εύκολη μετακίνησή τους από την έντονη κίνηση των ρευμάτων.

Διαφορές παρατηρούνται και στα **εξαρτήματα** που φέρουν τα αυγά ορισμένων ψαριών. Αυτά έχουν τη μορφή **ελίκων** (Myxiniidae), ενός μίσχου και απλών ή πολλαπλών νηματίων που σκοπό έχουν την προσκόλλησή τους στη βλάστηση ή σε πέτρες.

Τα διάφορα είδη των ψαριών χρειάζονται διαφορετικό χρονικό διάστημα για να φτάσουν να ωριμάσουν για πρώτη φορά. Η χρονική διάρκεια, που απαιτείται για την ενηλικίωση των ατόμων και την παραγωγή ώριμων γεννητικών προϊόντων για πρώτη φορά αναφέρεται ως **χρόνος πρώτης ωρίμανσης** ή πρώτη αναπαραγωγική ηλικία και ποικίλει ανάλογα με το είδος (από ένα έως και 50 χρόνια σε ελάχιστες περιπτώσεις). Πολλοί βιολογικοί και άλλοι παράγοντες (δυνατότητα εύρεσης τροφής, μεταβολισμός κ.λ.π.) σχετίζονται με αυτή τη διάρκεια.

Η **αναπαραγωγική περίοδος** ή **περίοδος αναπαραγωγής** ενός είδους είναι το χρονικό διάστημα, στη διάρκεια του έτους, που ένα είδος αναπαράγεται. Όπως αναφέρει και η λέξη είναι περιοδική, δηλαδή επαναλαμβανόμενη σε ίδια χρονικά διαστήματα και στα περισσότερα ψάρια ετήσια. Εξαιρέσεις παρατηρούνται σε μερικά είδη όπου η αναπαραγωγή τελείται **μία φορά** σε όλη τη διάρκεια της ζωής τους (σολωμός του Ειρηνικού με 2-5 χρόνια ζωής, *Petromyzon marinus* με 5-6 χρόνια ζωής, χέλι με 10-14 χρόνια ζωής) ή σε ορισμένα τροπικά ψάρια που αναπαράγονται πολλές φορές το χρόνο. Τα περισσότερα ψάρια έχουν **καθορισμένη περίοδο ωοτοκίας** και διακρίνονται σε ψάρια θερμών νερών που αποθέτουν τα αυγά τους κατά κανόνα άνοιξη-καλοκαίρι (μαριδά-κέφαλος) και σε ψάρια ψυχρών νερών που αποθέτουν τα αυγά τους φθινόπωρο και χειμώνα (τσιπούρα-λαυράκι). Η διάρκεια της εκκόλαψης των αυγών εξαρτάται κυρίως από τη θερμοκρασία. Ο χρόνος εκκόλαψης των αυγών μετράται σε **θερμοώρες** ή **θερμοημέρες** (χρόνος επί θερμοκρασία) και είναι πάντοτε μικρός στα ψάρια των θερμών νερών και σχετικά μακρός στα ψάρια των ψυχρών νερών.

Η **διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου** αναφέρεται στο χρονικό διάστημα, που τα θηλυκά άτομα του είδους αποθέτουν τα αυγά τους. Η διάρκεια της αναπαραγωγικής περιόδου μπορεί να είναι **στενή** ή **παρατεταμένη**, ανάλογα με το είδος. Η κάθε περίπτωση φαίνεται να εμφανίζει διαφορετικά πλεονεκτήματα σχετικά με την επιβίωση των απογόνων. Στην πρώτη περίπτωση (στενή), η αναπαραγωγική περίοδος μπορεί να διαρκεί ένα ή δύο μήνες στη διάρκεια ενός έτους. Με αυτό τον τρόπο, δίνεται η δυνατότητα στους απογόνους να μπορούν να εκμεταλευτούν ορισμένα περιοδικά φαινόμενα (υψηλές θερμοκρασίες, άφθονη τροφή κ.λ.π.), που εμφανίζονται σε συγκεκριμένες χρονικές περιόδους στη διάρκεια του έτους, ώστε να επιτύχουν μεγαλύτερη επιβίωση και καλλίτερη

ανάπτυξη. Ο κίνδυνος βέβαια, που υπάρχει είναι να εμφανιστούν δυσμενείς συνθήκες μετά την αναπαραγωγή και να εμφανιστεί πολύ υψηλή θνησιμότητα (“καλές” και “κακές” γέννες). Το αντίθετο εκμεταλεύονται τα ψάρια που εμφανίζουν παρατεταμένη περίοδο ωοτοκίας. Μειώνουν την πιθανότητα πολύ υψηλής θνησιμότητας κάποια συγκεκριμένη χρονική στιγμή παρατείνοντας τη διάρκεια της αναπαραγωγικής τους περιόδου.

Ανάλογα με το είδος, ένα θηλυκό άτομο, στην ίδια περίοδο αναπαραγωγής, μπορεί να ωριμάζει και να αποθέσει σε μία μόνο φορά το σύνολο των προς απόθεση ωαρίων ή η ωρίμανση και η απόθεση να γίνεται διαδοχικά για μικρότερες ομάδες ωαρίων. Ανάλογα με το αν την ωρίμανση των ωοκυττάρων στη γονάδα του θηλυκού ακολουθεί η απόθεση των αυγών μία ή περισσότερες φορές στη διάρκεια μίας αναπαραγωγικής περιόδου τα είδη των ψαριών χαρακτηρίζονται ως **απλοί** (μία φορά) ή **πολλαπλοί αποθέτες**. Δεν υπάρχει συνήθως αντιστοιχία με τα αρσενικά άτομα των διαφόρων ειδών καθώς φαίνεται ότι η αποβολή του σπέρματος είναι στα περισσότερα είδη σταδιακή. Για διαφορετικούς λόγους, καθεμία από τις δύο περιπτώσεις (απλή ή πολλαπλή απόθεση αυγών), εμφανίζει εξελικτικά πλεονεκτήματα, που σχετίζονται όπως αναφέρθηκε παραπάνω με την επιβίωση των απογόνων. Επιπρόσθετα, η πολλαπλή απόθεση επιτρέπει τη δημιουργία λιγότερων αλλά μεγαλύτερων σε μέγεθος αυγών σε κάθε απόθεση, καθώς αυτά έχουν περιθώρια αύξησης του μεγέθους τους στην κοιλιακή χώρα του θηλυκού, αφού μόνο όσα πρόκειται να αποτεθούν κάθε φορά ωριμάζουν. Συνολικά όμως κάθε θηλυκός πολλαπλός αποθέτης μπορεί να αποθέσει πολλά και μεγάλα αυγά σε μία αναπαραγωγική περίοδο.

Η **γονιμοποίηση** των αυγών γίνεται **εσωτερικά** και **εξωτερικά**. Επιτυγχάνεται με τη βοήθεια διάφορων εξαρτημάτων και ειδικής φυλετικής και ηθολογικής συμπεριφοράς.

Στην **εξωτερική γονιμοποίηση** υπάρχει προσέγγιση δύο ή περισσότερων ατόμων αντίθετου φύλου. Η προσέγγιση μπορεί να πάρει τη μορφή πραγματικού ζευγαρώματος, όταν τα ψάρια έρχονται σε επαφή πλευρά με πλευρά και ταυτόχρονα εκβάλλουν τα γεννητικά προϊόντα τους, ή όταν το αρσενικό κάμπτεται το σώμα του γύρω από το θηλυκό γράφοντας ημικόκλιο ή περιελικτικές κινήσεις ή όταν ακόμη υπάρχει δημιουργία φωλιάς και “πρόσκληση” του αντιθέτου φύλου. Μία σειρά από φυσιολογικά (όπως ο γαμήλιος χρωματισμός) και ηθολογικά (όπως η δημιουργία και φύλαξη της φωλιάς) πρότυπα έχουν παρατηρηθεί σε σχέση με τη στιγμή του ζευγαρώματος ή την προετοιμασία του για την επιτυχία της αναπαραγωγής σε κάθε είδος. Τα είδη, που αποθέτουν ωάρια λέγονται **ωοτόκα**.

Στην **εσωτερική γονιμοποίηση** είναι απαραίτητη η τοποθέτηση του σπέρματος στον αναπαραγωγικό σωλήνα του θηλυκού με τη βοήθεια ειδικών εξαρτημάτων. Έχουν παρατηρηθεί ειδικές τροποποιήσεις των κοιλιακών πτερύγιων (πτερυγιόποδα) ή του εδρικού πτερυγίου (γονοπόδιο) ή την ανάπτυξη ειδικών γεννητικών οργάνων στην περιοχή του γεννητικού πόρου. Μετά τη γονιμοποίηση ακολουθεί συνήθως εσωτερική επώαση των αυγών που επιτυγχάνεται με την ανάπτυξη ειδικού “ενδομήτριου” στα θηλυκά άτομα. Η προσαρμοστική σημασία της εσωτερικής γονιμοποίησης έγκειται στην παροχή μεγαλύτερης προστασίας απέναντι στους θηρευτές και την διατήρηση πιο σταθερού περιβάλλοντος. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται αύξηση της επιβίωσης των απογόνων με παράλληλη μείωση της γονιμότητας.

Τα ψάρια που επιτελούν εσωτερική γονιμοποίηση και φέρουν ενδομήτριο διακρίνονται

- σε **ωοζωοτόκα**, στα οποία τα αυγά αναπτύσσονται μέσα στο μητρικό σώμα αλλά δεν τρέφονται με δαπάνες των σωματικών υγρών και
- σε **ζωοτόκα**, όπου τα έμβρυα λαμβάνουν βοηθητική τροφή με δαπάνες των μητρικών υγρών του σώματος.

Ο **βαθμός επιτυχίας της αναπαραγωγής** επηρεάζεται από πολλούς παράγοντες όπως: καιρικές συνθήκες, στάθμη του νερού, τύπος υποστρώματος, φράγματα φυσικά ή τεχνητά, θήρευση, αφθονία τροφής, ρύπανση κ.ά. και βιολογικούς (προστασία απογόνων κ.λ.π.)

Τα διάφορα ηθολογικά πρότυπα συμπεριφοράς μετά την αναπαραγωγή (βιολογικός παράγοντας) έχουν στόχο την καλλίτερη επιβίωση των απογόνων. Ο τρόπος μεταχείρισης των γονιμοποιημένων αυγών από τους γονείς μετά την ωοτοκία ποικίλει ανάμεσα στα διάφορα είδη. Έτσι, παρατηρούνται ψάρια, που τα αυγά τους αποτίθενται στο περιβάλλον και στη συνέχεια εγκαταλείπονται στην τύχη τους (είναι κυρίως τα πελαγικά αυγά που έχουν ουδέτερη ή ελαφρά θετική πλευστότητα ή φέρουν όργανα προσκόλλησης). Η επιβίωση και διαιώνιση του είδους βασίζεται στην “**ασφάλεια σε αριθμούς**” ακολουθώντας την **r-στρατηγική**. Αλλά πάλι αποθέτουν τα αυγά τους κατά μάζες (π.χ. της πέρκας σε σχήμα σχοινού) με σκοπό την αύξηση της πιθανότητας της εξωτερικής γονιμοποίησης ή άλλα κατασκευάζουν φωλιές. Αλλά ψάρια τοποθετούν τα αυγά τους σε άλλα ζώα (π.χ. το ψάρι *Rhodeus* που τα εισάγει στο μύδι) ή τα αποθέτουν σε φωλιές άλλων ψαριών που είτε εμφανίζουν γονική φροντίδα (*Gasterosteus*) είτε όχι (κυκλόστομο). Ορισμένα άλλα είδη γεννούν αυγά, τα οποία στη συνέχεια μεταφέρονται

από έναν από τους γονείς (ιππόκαμπος, Siluridae) σε διάφορα μέρη του σώματος τους (στόμα, κοιλία) μέχρι την εκκόλαψη ή μερικές φορές συνεχίζουν για ορισμένο διάστημα να μεταφέρουν και να προφυλλάσσουν τα νεοεκκολαφθέντα ψάρια.

Ανάλογα με το **ηθολογικό πρότυπο κατασκευής φωλιάς** από τα διάφορα είδη ψαριών, είναι δυνατόν να διακρίνουμε τις παρακάτω περιπτώσεις :

A. Είδη ψαριών με επικείμενη φροντίδα των γονιμοποιημένων αυγών.

Η φροντίδα των αυγών μπορεί να αφορά στον καθαρισμό της φωλιάς από νεκρά αυγά (τα οποία σε αρκετές περιπτώσεις “τρώγονται” από τον γονέα) και την αποφυγή ανάπτυξης και διάδοσης ορισμένων ασθενειών στά υγιή, τον αερισμό της φωλιάς, έμμεσα με την επιλογή του τρόπου κατασκευής της ή άμεσα με κινήσεις των πτερυγίων του γονέα, την αποθάρρυνση και απομάκρυνση πιθανών θηρευτών των αυγών κ.ά. Η παραμονή του γονέα πάντως στον ίδιο χώρο για μεγάλο χρονικό διάστημα (μέχρι την εκκόλαψη των αυγών ή και αργότερα), αυξάνει την πιθανότητα του ίδιου του γονέα να πέσει θύμα θήρευσης από άλλα ψάρια. Το γεγονός αυτό σε πολλές περιπτώσεις έχει απαντηθεί εξελικτικά από το σχετικά μεγάλο μέγεθος του γονέα φρουρού. Μία λειτουργική απάντηση είναι και ο διαδοχικός ερμαφροδιτισμός. Η περίπτωση της μαρίδας (πρωτόγυνο είδος) είναι ίσως χαρακτηριστική. Τα νεαρά άτομα ως θηλυκά γεννούν τα αυγά, τα οποία φυλάσσουν τα μεγάλα αρσενικά. Οι φωλιές που κατασκευάζονται από τα διάφορα είδη μπορεί να είναι :

α) φωλιές με κυκλικό βαθούλωμα , που κατασκευάζονται σε υπόστρωμα λάσπης, άμμου, μεταξύ των ριζών των υδροβίων φυτών ή σε χαλικώδες υπόστρωμα

β) φωλιές, που κατασκευάζονται με σκάψιμο κάτω από πέτρες ή άλλα αντικείμενα

γ) φωλιές, που κατασκευάζονται με σύνθεση από φυτικά υλικά

δ) φωλιές τύπου σήραγγος, που κατασκευάζονται με σκάψιμο ή απομάκρυνση του υποστρώματος με το στόμα και την επικάλυψη της δημιουργηθείσας στοάς με βλέννα

B. Είδη ψαριών με εγκατάλειψη της φωλιάς μετά την ωοτοκία.

Τα ψάρια αυτά θα πρέπει να προστατέψουν τα αυγά τους με τη φωλιά, αφού δεν παραμένουν στη συνέχεια. Τα ψάρια διακρίνονται σε αυτά τα οποία δημιουργούν ή διαμορφώνουν φωλιά και σε αυτά, που απλώς επιλέγουν μία κατάλληλη τοποθεσία. Έτσι η επιλογή του χώρου και των υλικών κατασκευής (όταν πραγματικά κατασκευάζεται

φωλιά) είναι πολύ σημαντική για την επιβίωση των απογόνων. Μπορούμε να διακρίνουμε τους παρακάτω τύπους

α) Σε περιοχές, που θεωρούνται δυσπρόσιτες σε πιθανούς θηρευτές, ορισμένα "φυσικά καταφύγια" χρησιμοποιούνται ως φωλιά. Συνήθως γίνονται μικρές επεμβάσεις, που αφορούν κυρίως στη βελτίωση του εσωτερικού χώρου και του στομίου της φωλιάς, (για αερισμό, προστασία από θηρευτές κ.λ.π.) μετά την απόθεση των αυγών.

β) Οι φωλιές κατασκευάζονται συνήθως σε χαλικώδη πυθμένα (πέστροφα) για να είναι σχετικά σταθερές και να μην παρασύρονται ή καταστρέφονται από το έντονο ρεύμα.

γ) κατασκευάζονται φωλιές από όστρακα ή χαλίκια σε υπόστρωμα λάσπης, άμμου, μεταξύ των ριζών των υδροβίων φυτών, και συχνά, κοντά στα πεδία διατροφής νεαρών ατόμων (nursery grounds)

Όλα τα είδη των ψαριών έχουν επιλέξει συγκεκριμένο τόπο απόθεσης των αυγών τους, που σχετίζεται με την ηθολογία του είδους και τα εξελικτικά πλεονεκτήματα, που παρέχονται για την επιβίωση των απογόνων. Ανάλογα με το χώρο, που επιλέγουν τα ψάρια για να αποθέσουν τα αυγά τους, ανεξάρτητα από την κατασκευή ή μη φωλιάς και την επικείμενη ή μη φύλαξη των αυγών, μπορούμε να διακρίνουμε :

1. λιθόφιλα είδη, Είναι τα είδη, που αποθέτουν τα αυγά τους σε πετρώδεις ή χαλικώδεις βυθούς. Τα αυγά των ειδών αυτών είναι κατά κανόνα βενθικά.

2. φυτόφιλα είδη, Είναι είδη, που αποθέτουν ή προσκολλούν τα αυγά τους ανάμεσα ή πάνω σε φυτά σε στάσιμα ή χαμηλής ταχύτητας νερά. Τα αυγά των ειδών αυτών είναι κατά κανόνα επιβενθικά ή βενθικά

3. αμμόφιλα, Είναι τα είδη, που αποθέτουν τα αυγά τους πάνω στην άμμο ή στις ρίζες των φυτών με προσκόλληση των αυγών. Τα αυγά των ειδών αυτών είναι βενθικά.

4. πελαγόφιλα, Είναι τα είδη, που αποθέτουν τα αυγά τους στην υδάτινη στήλη και τα αυγά και οι λάρβες αναπτύσσονται εκεί (σαρδέλλα, γαύρος). Τα αυγά θεωρούνται πελαγικά

5. οστρακόφιλα, που γεννούν αυγά στη μανδουακή κοιλότητα των μαλακίων ή κάτω από τις δαγκάνες των καβουριών. Τα αυγά των ειδών αυτών είναι επιβενθικά ή βενθικά

Ανάλογα με τη βιολογία του είδους είναι δυνατόν στο ίδιο είδος ψαριού, τα δύο φύλα να διαφέρουν ως προς την εμφάνιση. Το φαινόμενο ονομάζεται **φυλετικός διμορφισμός**. Ο φυλετικός διμορφισμός οφείλεται κυρίως σε δευτερογενή φυλετικά γνωρίσματα, που

εμφανίζονται κατά την ανάπτυξη των γονάδων. Γίνεται αντιληπτός από την εμφάνιση ειδικών εξωτερικών χαρακτηριστικών που επιτρέπουν τον **οπτικό διαχωρισμό των δύο φύλων**. Λίγο πριν την έναρξη της ωοτοκίας ο διαχωρισμός των φύλων επιτυγχάνεται με απλή πίεση στη θέση των γεννητικών οργάνων όπου σπέρμα ή αυγά εξέρχονται εύκολα.

Τα **φυλετικά χαρακτηριστικά** διακρίνονται σε **πρωτεύοντα** (όρχεις και ωοθήκες μαζί με το γεννητικό πόρο) και σε **δευτερεύοντα**, που χωρίζονται σε όσα δεν έχουν άμεση σχέση με την αναπαραγωγική δράση και σε εκείνα που είναι βοηθητικά όργανα της αναπαραγωγής. Οι σπουδαιότερες διαφορές ανάμεσα στα δύο φύλα του ίδιου είδους, που εμφανίζουν φυλετικό διμορφισμό είναι δυνατόν να εμφανίζονται στα εξής χαρακτηριστικά:

1. Βοηθητικά όργανα αναπαραγωγής: σε αυτά περιλαμβάνονται τα γονοπόδια, που είναι τροποποιημένες επιμηκύνσεις του εδρικού πτερυγίου και βοηθούν στη μεταφορά του σπέρματος και τα μυξοπτερύγια ή γονοπόδια που είναι μετασχηματισμοί των κοιλιακών πτερυγίων και εξασφαλίζουν την εσωτερική γονιμοποίηση με τη συνεχή κίνησή τους.

2. Χρωματισμός (φυλετικός διχρωματισμός): τα αρσενικά κατά κανόνα εμφανίζουν πιο έντονο χρωματισμό από ότι τα θηλυκά. Πολλές φορές σε ορισμένα είδη ο χρωματισμός αυτός των αρσενικών παραμένει μόνο κατά το διάστημα της αναπαραγωγικής περιόδου (γαμήλιος χρωματισμός).

3. Σχήμα του σώματος: το θηλυκό σε κατάσταση προχωρημένης ωρίμανσης έχει πιο διογκωμένη κοιλιά σε σχέση με το αρσενικό λόγω μεγαλύτερου γεννητικού φορτίου.

4. Μέγεθος του σώματος: συνήθως το θηλυκό είναι μεγαλύτερο του αρσενικού εξασφαλίζοντας έτσι μεγαλύτερη γονιμότητα. Στο τσιρώνι και στη λεσιά το θηλυκό είναι λίγο μεγαλύτερο του αρσενικού. Η διαφορά αυτή αποδίδεται στην πρώιμη ωρίμανση του αρσενικού που γι' αυτό το λόγο έχει και μικρότερο κύκλο ζωής. Μεγάλη αντίθεση διαφοράς μεγέθους παρατηρείται στο βαθυπελαγικό ψάρι *Photocorynus spiniceps* (περίπτωση ενδοειδικού παρασιτισμού). Το αρσενικό μπορεί να είναι μεγαλύτερου μεγέθους σε ορισμένα είδη που το αρσενικό προστατεύει τα νεοεκκολαφθέντα άτομα (γόνος) και θεωρείται ως αποτέλεσμα εξελικτικής προσαρμογής, αφού τα μεγάλα και εύρωστα άτομα έχουν περισσότερες πιθανότητες επιβίωσης και επικράτησης απέναντι από τους επίδοξους θηρευτές..

5. Σχήμα της κεφαλής: οι σιαγόνες του αρσενικού σολωμού και της πέστροφας κυρτώνουν προς τα μέσα και εμφανίζουν σχήμα αγκιστρίου. Επίσης οι αρσενικοί σολωμοί

εμφανίζουν χαρακτηριστική κύρτωση της ράχης πίσω από την κεφαλή που παίρνει τη μορφή καμπούρας.

6. μεριστικά χαρακτηριστικά : ο αριθμός των ακτίνων των πτερυγίων ή και των σπονδύλων μπορεί να διαφέρει μεταξύ των δύο φύλων

7. Φυμάτια: είναι εξογκώσεις του κερατοειδούς επιθηλίου της κεφαλής και των λεπιών του σώματος των αρσενικών κυπρινοειδών.

8. Σχήμα και μέγεθος πτερυγίων: είναι κυρίως χαρακτηριστικά, τα οποία εμφανίζονται μεγαλύτερα στα αρσενικά. Στο αρσενικό *Xiphorhynchus* π.χ. ο υπόλοβος επιμηκύνεται και παίρνει τη μορφή ξίφους.

Γονιμότητα και ωρίμανση των γονάδων

Οι γονάδες των ψαριών εμφανίζουν συγκεκριμένα χαρακτηριστικά ανάλογα με το στάδιο ωρίμανσης που βρίσκονται. Η αναγνώριση των δύο φύλων αλλά και των διαφόρων σταδίων ωρίμανσης μπορεί να γίνει τόσο μακροσκοπικά, όσο και με τη χρήση διάφορων εργαστηριακών τεχνικών.

Τα στάδια ωρίμανσης των γονάδων χρησιμεύουν για τον προσδιορισμό:

α) της τρέχουσας αναπαραγωγικής κατάστασης ενός ατόμου και ενός συνόλου ατόμων,

β) του ποσοστού του πληθυσμού που είναι αναπαραγωγικά ώριμο

γ) της φύσης του αναπαραγωγικού κύκλου ενός πληθυσμού ή είδους

δ) της ηλικίας ή του μεγέθους πρώτης ωρίμανσης σε σχέση με το μέγεθος ή την ηλικία των ψαριών

Σε πίνακα παρατίθενται δύο μέθοδοι (κλίμακες) μακροσκοπικού διαχωρισμού των σταδίων ωρίμανσης των γονάδων. Ο διαχωρισμός ισχύει κυρίως για είδη ψαριών, που έχουν εποχιακή περίοδο αναπαραγωγής έτσι ώστε όλα τα ωκύτταρα στην ωοθήκη να παρουσιάζουν την ίδια λίγο ή πολύ φάση ανάπτυξης. Στα τροπικά ψάρια και στους πολλαπλούς αποθέτες τα ωκύτταρα στην ωοθήκη παρουσιάζουν σχεδόν όλα τα στάδια ανάπτυξης με αποτέλεσμα ο προσδιορισμός του σταδίου ωρίμανσης να μην είναι εφικτός. Στην περίπτωση αυτή αλλά και σε άλλες, οι πιο πάνω μακροσκοπικές κλίμακες προσδιορισμού των διαφόρων σταδίων ωρίμανσης μπορούν να τροποποιηθούν αναλόγως.

Η ανάπτυξη των γονάδων μπορεί να μετρηθεί. Ένας τρόπος μέτρησης και ποσοτικοποίησης της ανάπτυξης των γονάδων είναι ο υπολογισμός του **γονοσωματικού δείκτη** (gonado-somatic index, GSI) γνωστού και ως συντελεστή ωρίμανσης:

$$GSI = \frac{Wg}{Wf} \times 100 \text{ ή } 1000$$

όπου Wg = βάρος γονάδας και
 Wf = βάρος σώματος (μέ ή χωρίς γονάδες)

Ο γοναδοσωματικός δείκτης είναι παράγωγο μέγεθος και εξαρτάται ουσιαστικά από το στάδιο ανάπτυξης καθενός από τα ψάρια που εξετάζονται. Επειδή για κάθε χρονική στιγμή ή για κάθε δείγμα ο GSI δίνει μία μέση τιμή, η διαχρονική εξέλιξη του δείκτη είναι αυτή που εξετάζεται. Για ψάρια με συγκεκριμένη εποχιακή αναπαραγωγική περίοδο, το μέγεθος των

γονάδων μεταβάλλεται εντυπωσιακά καθώς αλλάζει το στάδιο γεννητικής ωριμότητας. Η μεταβολή του GSI σε συνάρτηση με το χρόνο ή την εποχή (μήνες) ποικίλει από είδος σε είδος, αλλά και από πληθυσμό σε πληθυσμό ανάμεσα στο ίδιο είδος. Έτσι, σε είδη που έχουν στενή αναπαραγωγική περίοδο, ο γονοσωματικός δείκτης εμφανίζει μία ή δύο κορυφές (εξάρσεις) και η πτώση του είναι απότομη μετά το τέλος της ωοτοκίας. Αντίθετα, σε άλλα είδη η κλίση της πτώσης είναι πιο βραδεία και εξηγείται από την επιμήκυνση της περιόδου ωοτοκίας. Σε τροπικά ψάρια η εναπόθεση των αυγών είναι συχνή και πολλές φορές τμηματική, διότι αναπαράγονται σχεδόν όλο το χρόνο, γι' αυτό και η διακύμανση του GSI είναι συγκριτικά μικρή με αρκετές εξάρσεις.

Μία παράμετρος ιδιαίτερα σημαντική στην αλιευτική βιολογία είναι η **γονιμότητα** των ψαριών. Ως γονιμότητα ενός ψαριού ορίζεται ο αριθμός των ώριμων ωοκυττάρων, που βρίσκονται στις γονάδες ενός θηλυκού ατόμου ενός είδους λίγο πριν την έναρξη της ωοτοκίας (αποβολής των αυγών). Ο υπολογισμός της γονιμότητας για ολόκληρο το είδος γίνεται με τον υπολογισμό της μέσης τιμή της γονιμότητας των θηλυκών. Με αυτό τον τρόπο ποσοτικοποιείται η αναπαραγωγική ένταση ενός πληθυσμού η οποία συσχετίζεται με το μέγεθος του αναπαραγόμενου πληθυσμού. Με αυτό τον τρόπο μπορούμε να έχουμε μία εκτίμηση των ψαριών, που θα ενταχθούν στο ενήλικο απόθεμα σε επόμενη χρονική στιγμή και κατά συνέπεια μπορούμε να υπολογίσουμε την πιθανή αύξηση ή μείωση ενός αλιευόμενου πληθυσμού.

Γιά τη μέτρηση της γονιμότητας χρησιμοποιούνται συνήθως δύο μεγέθη :

Η **απόλυτη γονιμότητα**, που είναι ο αριθμός των ώριμων ωοκυττάρων στην ωοθήκη ενός θηλυκού ατόμου και

Η **σχετική γονιμότητα**, που είναι ο αριθμός των ώριμων ωοκυττάρων στην ωοθήκη ενός θηλυκού ατόμου ανά μονάδα μήκους ή βάρους σώματος ή ανά μονάδα βάρους της γονάδας.

Η εξέταση της μεταβολής αυτών των μεγεθών σε σχέση με την ηλικία ή με το μήκος του ψαριού είναι συχνή και θεωρείται σημαντική στην αλιευτική βιολογία για τον καθορισμό εκτός των άλλων και του ελάχιστου αλιευόμενου μεγέθους ενός είδους.

Το βάρος του σώματος επηρεάζεται σημαντικά από την αύξηση του βάρους των γονάδων και από άλλες μεταβολές της κατάστασης του ψαριού, όσο πλησιάζει η περίοδος ωοτοκίας, γι' αυτό το μήκος του ψαριού θεωρείται ως καλύτερος δείκτης της σχετικής γονιμότητας. Γενικά παρατηρείται μεγάλη διακύμανση του αριθμού των αυγών των ψαριών

που έχουν το ίδιο μήκος, βάρος ή και ηλικία και πρέπει αυτή να λαμβάνεται υπόψη όταν συγκρίνεται η γονιμότητα δύο διαφορετικών πληθυσμών.

Η σχέση της γονιμότητας με το μήκος ή το βάρος δίνεται από την εξίσωση

$$F = a \cdot L^b \quad \text{ή} \quad F = a \cdot W^b$$

όπου F = γονιμότητα (Fecundity), L = μήκος ή W = βάρος του ψαριού,

a = σταθερά και b = ένας εκθέτης που πλησιάζει την τιμή 3 όταν η γονιμότητα σχετίζεται με το μήκος και τιμή 1 όταν σχετίζεται με το βάρος

Η μεγάλη διασπορά σημείων γύρω από την καμπύλη μήκους-γονιμότητας αντιπροσωπεύει τη μεγάλη διακύμανση που παρατηρείται στη γονιμότητα όταν σχετίζεται με το μήκος. Η καμπύλη, μετά από λογαρίθμηση της παραπάνω εξίσωσης, μετατρέπεται σε ευθεία γραμμή (γραμμική παλινδρόμηση) που έχει αξία πρόβλεψης. Παρατηρείται δηλαδή μία αύξηση του αριθμού των αυγών με την αύξηση του μήκους του ψαριού. Αυτό γενικά θα πρέπει να θεωρείται αναμενόμενο, καθώς με την αύξηση του μεγέθους του ψαριού αυξάνεται ο χώρος, που μπορούν να αυξηθούν οι γονάδες, ενώ το μέγεθος των αυγών παραμένει σχεδόν σταθερό για κάθε είδος.

Η γονιμότητα μερικές φορές σχετίζεται και με την ηλικία του πληθυσμού με την ημιλογαριθμική εξίσωση $\log F = a + bt$, όπου t = ηλικία από τη μέθοδο του ανάδρομου υπολογισμού της αύξησης. Η διακύμανση της γονιμότητας και σε αυτή τη σχέση έχει βρεθεί να είναι μεγάλη. Στην πλειοψηφία των ψαριών η γονιμότητα στην αρχή αυξάνει με την αύξηση της ηλικίας και αρχίζει να ελαττώνεται όταν τα ψάρια προσεγγίζουν το στάδιο του γήρατος (υπερήλικα).

Όλα τα ωριμάζοντα ωκύτταρα στη γονάδα δεν είναι απαραίτητο ότι θα αποτεθούν ή θα γονιμοποιηθούν. Όσα από αυτά δεν αποτεθούν συνήθως απορροφώνται. Έτσι, εκτός από τη γονιμότητα, για την αλιευτική βιολογία θεωρείται σημαντικό να ξέρουμε τον μέσο αριθμό αυγών, που αποτίθεται ή γονιμοποιείται (γεννιέται) για κάθε ενήλικο θηλυκό άτομο. Ως **γεννησιμότητα** λοιπόν ορίζεται ο αριθμός των αυγών που πραγματικά αποβάλλεται ή κατά άλλους ερευνητές ως ο μέσος αριθμός ωαρίων που γονιμοποιούνται για κάθε ενήλικο θηλυκό άτομο ή για κάθε αναπαραγωγικό ζεύγος. Με αυτό τον τρόπο και γνωρίζοντας παράλληλα και τη θνησιμότητα ενός είδους στα διάφορα στάδια ζωής, είναι δυνατόν να εκτιμήσουμε ή να προβλέψουμε το μέγεθος του πληθυσμού (αριθμό ατόμων και ηλικιακή σύνθεση) σε κάποια επόμενη χρονική στιγμή.

Επίδραση παραγόντων του περιβάλλοντος στη γονιμότητα.

Οποιαδήποτε μεταβολή των συνθηκών του περιβάλλοντος μπορεί να προκαλέσει σημαντικές μεταβολές στη γονιμότητα. Αυτό πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπόψιν σε περιπτώσεις λήψης μέτρων αλιευτικής διαχείρισης σε αλιευόμενους πληθυσμούς.

Αύξηση της **ποσότητας τροφής** στο περιβάλλον προκαλεί αύξηση όχι μόνο του ρυθμού ανάπτυξης, αλλά και του βάρους των γονάδων ανά ηλικία και μήκος ψαριού. Για τον ίδιο λόγο παρατηρείται και αύξηση του λίπους και της λεκίθου στα αυγά. Γενικά η καλή ποιότητα τροφής συντελεί και στην καλύτερη ποιότητα αυγών, γεγονός που προσέχεται ιδιαίτερα στις ιχθυοκαλλιέργειες κατά την εκτροφή των γεννητόρων.

Η **σχέση των δύο φύλων** (sex ratio) επίσης πρέπει να εξετάζεται. Στην πλειονότητα των ειδών ο λόγος αυτός (θηλυκών προς αρσενικά) είναι περίπου 1:1. Μεταβολές όμως συχνά παρατηρούνται στο ίδιο είδος και οφείλονται κυρίως στις μεταβολές των τροφικών αποθεμάτων. Η σχέση των δύο φύλων μπορεί να διαφέρει και να αποκλίνει σημαντικά από την κλασική αναλογία (1:1), αν υπάρχουν περιπτώσεις διαφορεικής θνησιμότητας ανά φύλο και ηλικία ή σε περιπτώσεις διαδοχικού ερμαφροδιτισμού.

Έντονη **θήρευση ή υπεραλιεία** προκαλεί πολλές φορές αύξηση της γονιμότητας του αλιευόμενου είδους. Το γεγονός αυτό μπορεί να εξηγηθεί ως μία λειτουργική απάντηση (plastic response) του είδους στον παράγοντα μείωσης της πυκνότητάς του, δηλαδή ως προσπάθεια αύξησης της επιβίωσης σε δυσμενείς συνθήκες διαβίωσης. Σχετίζεται με φαινόμενα της **r-στρατηγικής**. Με άλλα λόγια η αυξημένη γονιμότητα τείνει να εξασφαλίσει την αναπλήρωση της απώλειας ενός πληθυσμού και να του εξασφαλίσει κάποια σταθερότητα όταν υπάρχει σοβαρή διακύμανση των συνθηκών του περιβάλλοντος.

Η γονιμότητα ενός ψαριού εξαρτάται από το είδος ή ακόμη από τον **πληθυσμό** (λόγω του περιβάλλοντος στο οποίο ζει) και από την **βιολογική κατάσταση** του ψαριού (ηλικία, ευρωστία κ.ά.) Ψάρια του ίδιου μήκους και ηλικίας καθώς και του ίδιου είδους μπορεί να διαφέρουν σημαντικά στη γονιμότητα ανάμεσα σε διαφορετικούς **βιοτόπους**.

Μεταβολές της **θερμοκρασίας** ή της **αλατότητας** του νερού κατά την εμβρυϊκή περίοδο μπορούν να προκαλέσουν προσαρμοστικές μορφο-οικολογικές αλλαγές στο γόνο. Έτσι, μείωση της θερμοκρασίας ή αύξηση της αλατότητας, προκαλεί αύξηση στο ρυθμό των σπονδύλων στο ουραίο τμήμα του σώματος, ή το αντίστροφο.

Παράγοντες, που επηρεάζουν την ωρίμανση και την ωτοκία

Η έναρξη της πορείας ωρίμανσης (είσοδος στο στάδιο ωρίμανσης III, που σημαίνει την εγκατάλειψη του σταδίου II ή σταδίου ηρεμίας και έναρξη της πορείας ωρίμανσης) διαφέρει ανάλογα με το είδος και με τον πληθυσμό. Εξωτερικοί παράγοντες όπως η θερμοκρασία (θερμοπερίοδος) και το φως (φωτοπερίοδος) κυρίως αλλά και η διατροφή φαίνεται να σηματοδοτούν την έκκριση ορμονών, που με τη σειρά τους προάγουν τη διαδικασία ωρίμανσης. Μετά την ολοκλήρωση της διαδικασίας ωρίμανσης και σύμφωνα με το βιολογικό και ηθολογικό πρότυπο κάθε είδους (εκτέλεση μετανάστευσης, δημιουργία φωλιάς κ.λ.π) ακολουθεί η έναρξη της ωτοκίας.

Η **έναρξη της ωτοκίας** είναι συνήθως το αποτέλεσμα κάποιας φυσικής διέγερσης. **Παράγοντες** που προκαλούν αυτή τη διέγερση, η οποία σχετίζεται με έκκριση ορισμένων ορμονών, μεταξύ άλλων είναι : η θερμοκρασία (πτώση αυτής διεγείρει την ωτοκία των ψυχρόφιλων ψαριών και το αντίθετο), το υπόστρωμα (πέτρες για τα λιθόφιλα, βλάστηση για τα φυτόφιλα κτλ.), η άνοδος της στάθμης του νερού, ορισμένες φάσεις της σελήνης και η περίοδος του 24ωρου (πολλά ψάρια ωτοκοούν τη νύχτα για να προστατεύσουν τα αυγά από τους οπτικούς θηρευτές). Η επίδραση των ορμονών στην έναρξη της ωτοκίας επίσης είναι σημαντική. Τα ώριμα αρσενικά εκκρίνουν στερορμόνες στο νερό που φέρουν τα θηλυκά σε κατάσταση ετοιμότητας για ωτοκία. Σε ορισμένα είδη κοινωνικοί παράγοντες, όπως η ύπαρξη ενός ελαχίστου αριθμού ατόμων (του ενός ή και των δύο φύλων) φαίνεται να παίζουν ρόλο στην έναρξη της ωτοκίας.

Ιδιαίτερα σημαντικός είναι ο καλός χρονισμός (timing) της ωτοκίας. Ο **χρόνος απόθεσης** των αυγών μπορεί να είναι καθοριστικός για την επιβίωση των νεοεκκολαφθέντων ψαριών. Αλλαγές στις περιβαλλοντικές συνθήκες, που συνήθως επικρατούν κατά την εποχή της αναπαραγωγής ενός είδους είναι πιθανό να έχουν ως αποτέλεσμα την μεγάλη θνησιμότητα των νεαρών ψαριών (λόγω περιορισμένης τροφής ή έντονης θαλασσοταραχής και κρύου κ.λ.π.). Το γεγονός αυτό γίνεται γρήγορα αντιληπτό στην αλιεία, ιδιαίτερα την περίοδο εμφάνισης των νεοεισερχομένων ατόμων στο αλιευτικό απόθεμα (recruitment), όπου αναφέρονται συχνά "καλές" και "κακές" χρονιές ή "γέννες", σε σχέση είτε με την επιβίωση, είτε με την ανάπτυξη των νεαρών ψαριών και την είσοδό τους στο αλιευόμενο απόθεμα.

Εκτός από τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (αβιοτικούς και βιοτικούς), που σχετίζονται με τη θνησιμότητα των αυγών και λαρβών, υπάρχουν και ενδοειδικοί βιολογικοί παράγοντες.

Ενδοειδικοί βιολογικοί παράγοντες που επιδρούν στην επιβίωση του γόνου μπορεί να είναι: το μέγεθος του αυγού (μεγάλα αυγά παρέχουν μεγαλύτερο ρυθμό αύξησης και επιβίωσης), ο συντελεστής ευρωστίας του θηλυκού (ψάρια με μεγαλύτερη περιεκτικότητα λίπους παρέχουν αυγά με μικρότερο ποσοστό θνησιμότητας επιδρώντας στο μέγεθος του αυγού και στην ποσότητα της λεκίθου), και η ηλικία των γονέων (ψάρια μέσης ηλικίας παρέχουν πιο "ισχυρό" γόνο από ότι τα ανήλικα ή γερασμένα άτομα).

Από όλα τα παραπάνω γίνεται εύκολα αντιληπτό ότι ένα μεγάλο μέρος της ενέργειας, που δαπανά το ψάρι στη ζωή του, έχει ως κύριο στόχο την αναπαραγωγή. Η διοχέτευση της ενέργειας για αναπαραγωγικούς λόγους επιδρά στην ανάπτυξη. Πολλοί ερευνητές θεωρούν ότι η ωρίμανση και η ωτοκία επιδρούν ως παράγοντας stress, μειώνοντας ή και σταματώντας την αύξηση του ψαριού. Η προσπάθεια άλλωστε για αναπαραγωγή εξασθενεί το ψάρι και σύμφωνα με ορισμένους ερευνητές, ως παράγοντας stress, μπορεί να οδηγεί στη γρηγορότερη γήρανση ή και στο θάνατο σε ορισμένες περιπτώσεις (π.χ. σολωμός). Φαίνεται λοιπόν ότι η διαδικασία της αναπαραγωγής σχετίζεται άμεσα με την ηλικία και την αύξηση του ψαριού.

7. ΗΛΙΚΙΑ - ΑΥΞΗΣΗ

Γνωρίζοντας την ηλικία των ατόμων ενός είδους σε ένα συγκεκριμένο βιότοπο μπορούμε να έχουμε την ηλικιακή κατανομή του πληθυσμού. Η μεταβολή της ηλικιακής σύνθεσης ενός πληθυσμού σε σχέση με τον χρόνο, είναι πολύ σημαντική για τους αλιευόμενους πληθυσμούς, γιατί σχετίζεται τόσο με την ικανότητα αναπαραγωγής του πληθυσμού (άν ο πληθυσμός αποτελείται κατά μεγάλο μέρος από άτομα, που δεν έχουν φτάσει την αναπαραγωγική ηλικία πιθανά δεν θα είναι σε θέση να αναπληρώσει τις απώλειες από την έντονη αλίευση) όσο και με την αλιευτική παραγωγή.

Ο χρόνος, που χρειάζεται ένα άτομο του πληθυσμού για να φτάσει σε ένα ορισμένο μέγεθος (μετρούμενο σε μήκος ή βάρος ψαριού), δηλαδή ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού, είναι βιολογικές παράμετροι απαραίτητες στην αλιευτική βιολογία. Ο συνδυασμός της ηλικίας και του ρυθμού αύξησης με άλλες βιολογικές παραμέτρους ενός πληθυσμού, όπως η αναπαραγωγή και η διατροφή, μπορεί να δώσει μία σαφή εικόνα του πληθυσμού κάποια δεδομένη στιγμή αλλά και τα απαραίτητα στοιχεία πρόβλεψης της κατάστασης του πληθυσμού σε επόμενες χρονικές στιγμές καθώς τα παραπάνω αποτελούν απαραίτητα στοιχεία για τη λήψη αποφάσεων σε διαχειριστικά θέματα αλιείας και γενικότερα για τον έλεγχο της αλιείας και την ορθολογική εκμετάλλευση των ιχθυοαποθεμάτων με στόχο την αειφόρο ανάπτυξη.

Η γνώση του **ρυθμού αύξησης** των ψαριών και του αριθμού των ανηλίκων και ενηλίκων ατόμων σε ένα πληθυσμό δίνει πληροφορίες για το βαθμό που επιδρά η αλιεία και η θήρευση. Επίσης, σε συνδυασμό με το μέγεθος και την ηλικία που τα είδη φτάνουν στην ωριμότητα, μπορεί, ύστερα από μελέτη, να καθοριστεί μέχρι ενός ορίου, ο βαθμός πίεσης της αλιείας σε ένα πληθυσμό ψαριών, έτσι ώστε ο κατάλληλος περιορισμός ή αύξηση της έντασής της να μη δημιουργήσει πρόβλημα στο απόθεμα. Η χωρίς έλεγχο ανάπτυξη της αλιείας είναι πιθανό να μὴ επιτρέψει στα ψάρια να αναπαραχθούν προτού εκτεθούν σε βαριά αλιευτική εκμετάλλευση, με αποτέλεσμα την ραγδαία πτωτική τάση του πληθυσμού και στη συνέχεια την κατάρρευση του ιχθυοαποθέματος και της αλιείας, που στηρίζεται σε αυτό.

Για τα παραπάνω λοιπόν πρωταρχικής σημασίας είναι ο προσδιορισμός της ηλικίας των ψαριών και η συσχέτισή της με άλλα βιολογικά στοιχεία του ψαριού (μήκος, βάρος, αναπαραγωγική δυνατότητα κ.λ.π.).

Ο **προσδιορισμός της ηλικίας** μπορεί να γίνει με τις παρακάτω μεθόδους:

α) με μία **στατιστική μέθοδο**, η οποία βασίζεται στην ανάλυση της κατανομής των συχνοτήτων εμφάνισης ομάδων μήκους (**μέθοδος Petersen**)

β) με μία **ανατομική μέθοδο**, που βασίζεται στην **ανάγνωση της ηλικίας** από τις σκληρές κατασκευές του σώματος των ψαριών (λέπια, ωτόλιθους, οστά, κτλ).

γ) με τη μέθοδο **σύλληψης και επανασύλληψης**, όπου τα ψάρια μαρκάρονται και παράλληλα καταγράφονται στοιχεία του ψαριού και του τόπου και χρόνου σύλληψης και στη συνέχεια απελευθερώνονται και τέλος

δ) με μία **εμπειρική μέθοδο**, που βασίζεται σε άμεσες παρατηρήσεις ψαριών περιορισμένων σε **κάποιο ελεγχόμενο ή κλειστό χώρο** (ενυδρεία ή κλουβιά κ.λ.π.)

Η **μέθοδος Petersen** και η μέθοδος **ανάγνωσης της ηλικίας** από σκληρές κατασκευές θεωρούνται οι καλύτερες και πιο οικονομικές μέθοδοι, οι οποίες με σωστή εφαρμογή μπορούν να δώσουν αξιόλογα αποτελέσματα. Η τελευταία μάλιστα, δίνει πληροφορίες όχι μόνο για την ηλικία του ψαριού, αλλά και για ορισμένα άλλα βιολογικά γεγονότα της ζωής του (αλλαγή του τρόπου διατροφής ή του τόπου διαβίωσης, αναπαραγωγή κ.λ.π.), που ενδεχομένως απεικονίζονται στη σκληρή κατασκευή, αν καταφέρουμε να τα αποκαλύψουμε και να τα αναγνωρίσουμε.

Τα ψάρια, ως ποικιλόθερμοι οργανισμοί ακολουθούν μεταβολικά τις αλλαγές θερμοκρασίας στη διατροφή και ανάπτυξή τους. Οι μεταβολές αυτές στην ανάπτυξη απεικονίζονται στις διάφορες σκληρές κατασκευές του σώματος των ψαριών με επάλληλες ζώνες απόθεσης υλικού με τη μορφή κύκλων (όπως φαίνεται σε μία τομή δέντρου).

Η **βασική αρχή**, στην οποία βασίζεται ο **προσδιορισμός της ηλικίας** από την εξέταση και ανάγνωση των σκληρών κατασκευών του ψαριού, είναι η **αναγνώριση των ετήσιων δακτυλίων**. Κάθε δακτύλιος είναι μία ζώνη απόθεσης υλικού, που σχηματίζεται κάθε χρόνο από την επιβράδυνση της αύξησης του ψαριού κυρίως εξαιτίας της πτώσης της θερμοκρασίας, δηλαδή το χειμώνα. Ο ακριβής χρόνος εμφάνισης δεν είναι πάντοτε σταθερός, αλλά εξαρτάται από παράγοντες του **περιβάλλοντος** (πχ. αφθονία του είδους, τροφής κτλ.), της **φυσιολογίας** του ψαριού και από διαφορές **ενδοειδικές** (που συνήθως είναι γονιδιακές). Εν τούτοις, ο σχηματισμός των ετησίων δακτυλίων γίνεται συνήθως για όλα τα άτομα ενός πληθυσμού μέσα σε ορισμένα (στενά πάντως) χρονικά όρια στη διάρκεια ενός έτους (σε διάστημα δύο ή τριών μηνών). Γι αυτό, συνηθίζεται από τους διάφορους ερευνητές να λαμβάνεται, ως έναρξη σχηματισμού του κάθε ετησίου δακτύλιου

(ηλικίας) η 1η Ιανουαρίου για τα ψάρια του βόρειου ημισφαιρίου και, για τα ψάρια του Νότιου ημισφαιρίου, η 1η Ιουλίου.

Η **ανάγνωση της ηλικίας** γίνεται σε στερεοσκόπιο ή μικροσκόπιο μετά από κατάλληλη επεξεργασία της σκληρής κατασκευής. Ανάλογα με τη χρήση προσπίπτοντος ή διερχόμενου φωτισμού, οι διάφορες ζώνες βραδείας απόθεσης του υλικού εμφανίζονται ως φωτεινές και σκούρες ζώνες. Διάφορες σύγχρονες τεχνικές έχουν εξελιχτεί για τη βελτίωση της ανάγνωσης της ηλικίας από τις σκληρές κατασκευές. Η χρήση μικροσκοπίου με πολωμένο φως ή συνδυασμός προσπίπτοντος και διερχόμενου πολωμένου φωτός έχουν χρησιμοποιηθεί. Πιο πρόσφατη μέθοδος είναι η ανάλυση εικόνας με το σύστημα οπτικής αναγνώρισης εικόνας (O.P.R.S., Optical Pattern Recognition System), όπου η εικόνα του λεπιού ή ωτόλιθου λαμβάνεται με βιντεοκάμερα, ψηφιοποιείται και στη συνέχεια με κατάλληλο λογισμικό αναλύονται οι διαφορές της φωτεινότητας των ανατομικών στοιχείων με τη βοήθεια computer.

Η **καταγραφή της ηλικίας** γίνεται με το αραβικό σύστημα (1,2,3) ή το λατινικό (I, II, III) όπου κάθε αριθμός αντιστοιχεί στο σχηματισμό του εκάστοτε δακτυλίου. Τα νεαρά ψάρια, που ακόμα δεν έχει σχηματιστεί σε αυτά ο πρώτος ασβεστώδης δακτύλιος, ορίζονται ως μέλη της ομάδας ηλικίας 0. Κατά την αυξητική περίοδο (δηλαδή τους θερμούς μήνες), όπου τότε δε σχηματίζεται ετήσιος δακτύλιος, η αύξηση της σκληρής δομής (λέπια, ωτόλιθοι κτλ.) μεταξύ του τελευταίου ετήσιου δακτυλίου και του χείλους της σκληρής δομής ορίζεται ως + αύξηση. Για παράδειγμα, αν κάποιο ψάρι ηλικία II συλληφθεί το καλοκαίρι ή το φθινόπωρο, η ηλικία του θα είναι II+ γιατί ήδη θα υπάρχει κάποια αύξηση του μεγέθους της σκληρής δομής από το σημείο σχηματισμού του 2ου δακτυλίου. Αν όμως το ίδιο ψάρι συλληφθεί τον επόμενο χειμώνα, μετά την 1η Ιανουαρίου αλλά πριν το σχηματισμό του 3ου δακτυλίου η ηλικία του ορίζεται ως III ακόμη και αν υπάρχει έντονη II+ αύξηση κατά την ανάγνωση της δομής του.

Σε ψάρια, που διανύουν μέρος της ζωής τους σε διαφορετικούς βιοτόπους (π.χ. σε εσωτερικά νερά και στη θάλασσα) και κατά συνέπεια μεταναστεύουν από τον ένα στον άλλο, ο ορισμός της ηλικίας περιλαμβάνει και την παραπάνω πληροφορία και γίνεται με δύο μεθόδους. Με την ευρωπαϊκή μέθοδο, ως ηλικία 2.3 δηλώνεται ένα ψάρι όταν είναι 5 ετών από τα οποία τα 2 πρώτα χρόνια έζησε π.χ. σε εσωτερικά νερά και τα υπόλοιπα 3 στη θάλασσα. Με την μέθοδο Gilbert και Rich, η ηλικία του ίδιου ψαριού αναφέρεται ως 5₂ όπου το 2 δείχνει τον αριθμό των περιόδων του χειμώνα, που το ψάρι έζησε σε εσωτερικά νερά.

Τεχνικές συλλογής σκληρών κατασκευών για τον καθορισμό της ηλικίας

1. Λέπια. Ένας αριθμός λεπιών (10-20) αφαιρείται πολύ εύκολα με τη βοήθεια λαβίδας, νυστεριού ή μαχαιριού με αμβλύ ή αιχμηρό άκρο ανάλογα με το είδος του ψαριού. Ως σημείο δειγματοληψίας λεπιών επιλέγεται η περιοχή κάτω από την πλευρική γραμμή και πίσω από τα θωρακικά πτερύγια. **Πλεονέκτημα επιλογής των λεπιών** για την ανάγνωση της ηλικίας αποτελεί το γεγονός ότι δεν καταστρέφεται το ψάρι και κατά συνέπεια μπορεί να πουληθεί. Χρησιμοποιείται συνήθως σε συνδυασμό με τα στοιχεία μήκους και βάρους του ψαριού για την παρακολούθηση της αλιείας εκμεταλευόμενων πληθυσμών. Η συλλογή των στοιχείων μπορεί να γίνει είτε πάνω στο σκάφος, είτε στα σημεία διάθεσης (ιχθυόσκαλες, ιχθυοπωλεία κ.λ.π.), χωρίς την καταστροφή του ψαριού και τη μείωση της εμπορικής του αξίας. Άλλωστε, μπορούμε να αφαιρέσουμε λέπια, χωρίς να χρειαστεί να θανατώσουμε το ψάρι. Επιπρόσθετα, η διατήρηση των λεπιών είναι σχετικά πιο εύκολη και καταλαμβάνει μικρότερο αποθηκευτικό χώρο.

2. Ωτόλιθοι. Έχουν σχήμα που κυμαίνεται από πλατύ ωοειδές μέχρι επίμηκες τύπου οδοντογλυφίδας. Μόνο το μεγαλύτερο από τα 3 ζευγάρια που καλείται βελοειδής (sagita) χρησιμοποιείται. Η θέση τους εντοπίζεται πίσω από τον εγκέφαλο και η αποκάλυψη τους επιτυγχάνεται με μία τομή με κλίση 45 μοιρών (με νυστέρι, μαχαίρι ή πριόνι ανάλογα με τη σκληρότητα της κεφαλής) που αρχίζει λίγο πιο πάνω από το ύψος των ματιών και φτάνει μέχρι το ανώτερο χείλος του βραγχιακού επικαλύμματος. Ένας δεύτερος τρόπος προσέγγισης των ωτολίθων είναι από την κοιλιακή χώρα του ψαριού μετά από αφαίρεση των βραγχίων. Οι ωτόλιθοι αποκαλύπτονται συνήθως στην βάση του κρανίου και αφαιρούνται με προσοχή μετά την απομάκρυνση της οστέινης κοιλότητας, που τους περικλείει. **Πλεονεκτήματα της χρήσης του ωτολίθου** είναι ότι:

α) σχηματίζονται από την εμβρυϊκή περίοδο και κατά συνέπεια αντικατοπτρίζουν και αντιπροσωπεύουν όλα τα στάδια ζωής του ψαριού

β) δείχνουν καθαρότερα την ηλικία (σε μερικές περιπτώσεις) απ' ότι τα λέπια, ακόμη και για ψάρια μεγάλης ηλικίας

γ) χρειάζονται μόνο δύο δείγματα για κάθε ψάρι

δ) έχουν το ίδιο σχήμα στο ίδιο είδους ψαριού

Σοβαρό μειονέκτημα της χρήσης ωτολίθων είναι ότι απαιτείται ο θάνατος του ψαριού, πράγμα που αποφεύγεται με τη χρήση των λεπιών.

3. Άκανθες, ακτίνες πτερυγίων, σπόνδυλοι και βραγχιακό επικάλυμμα.

Χρησιμοποιούνται σε ψάρια χωρίς λέπια ή σε εκείνα, στα οποία ο προσδιορισμός της ηλικίας με τους ωτόλιθους είναι ανεπαρκής. Από τις άκανθες προτιμούνται οι θωρακικές κυρίως διότι δεν απαιτείται η θανάτωση του ψαριού και η διαδικασία συλλογής είναι ταχεία. Το μειονέκτημα που μπορούν να παρουσιάσουν είναι η απόκρυψη του 1ου ετήσιου δακτύλιου σε ψάρια μεγάλης ηλικίας και το κόστος προπαρασκευής των δειγμάτων για ανάγνωση. Από τις ακτίνες των πτερυγίων προτιμώνται κατά κανόνα οι σκληρές. Οι ακτίνες πτερυγίων αποκολλούνται κάτω από το σημείο της άρθρωσης με ψαλίδι, μαχαίρι ή μικρή τανάλια. Το βραγχιακό επικάλυμμα αποσπάται σχετικά γρήγορα με μαχαιρίδιο ύστερα από τομή της περιοχής γύρω από το οπίσθιο τμήμα του επικαλύμματος. Οι σπόνδυλοι αφαιρούνται μετά την ανατομή του ψαριού. Προτιμώνται οι σπόνδυλοι του ουραίου μίσχου. Στα μαλάκια (δίθυρα) η ηλικία βρίσκεται είτε από απλή οπτική ανάγνωση του εξωτερικού του οστράκου. Η παρατήρηση σε όλα τα παραπάνω γίνεται μετά από εγκάρσια τομή και είτε ακολουθεί οπτική αναγνώριση είτε η ανάγνωση της ηλικίας γίνεται κατόπιν ειδικής προετοιμασίας δειγμάτων, που περιλαμβάνει χρώση, έγκλειση σε σκληρά υλικά όπως ρυτίνες, κοπή και λείανση λεπτών εγκάρσιων τομών και τέλος παρατήρηση.

Προσδιορισμός της ηλικίας από σκληρές κατασκευές

Η περίοδος σχηματισμού των ετήσιων δακτύλιων έχει μεγάλη σημασία. Παράγοντες που επηρεάζουν την εποχή εμφάνισης των ετήσιων δακτύλιων σε ένα πληθυσμό ψαριών είναι πρωτίστως η θερμοκρασία και ενγενείς παράγοντες του είδους και έπονται η περίοδος ωτοκίας, οι τροφικές συνήθειες του είδους, οι μεταναστεύσεις, το γεωγραφικό πλάτος και άλλοι. Για τα είδη της εύκρατης ζώνης όπως προαναφέρθηκε υπάρχουν εμφανείς εποχιακές μεταβολές και οι ετήσιοι δακτύλιοι (ζωνώσεις) εμφανίζονται συνήθως τον πιο κρύο μήνα του χειμώνα.

Η ηλικία των ψαριών επίσης επηρεάζει το χρόνο εμφάνισης ή αναγνώρισης των ετήσιων δακτυλίων. **Τα νεαρά** ψάρια παρουσιάζουν υψηλότερο ετήσιο ρυθμό αύξησης απ' ό,τι τα μεγαλύτερα και μπορούν να σχηματίσουν τον ετήσιο δακτύλιο νωρίτερα ή τουλάχιστον γίνεται πιο γρήγορα η αναγνώριση του δακτυλίου μετά την απόθεση και νέου υλικού μετά το σχηματισμό. **Στα μεγάλα ψάρια** ο ρυθμός αύξησης είναι αργός, οι δακτύλιοι μπορεί να σχηματίζονται αλλά αναγνωρίζονται δύσκολα (καθώς συνοστίζονται στο χείλος της κατασκευής) και τουλάχιστον αρκετά αργότερα από το σχηματισμό τους καθώς καθυστερεί η απόθεση νέου υλικού μετά το δακτύλιο, λόγω του αργού ρυθμού αύξησης.

Περιπτώσεις σχηματισμού ανώμαλων ζωνώσεων (που ονομάζονται **ψευδοδακτύλιοι**) εμφανίζονται σε όλα τα σκληρά μέρη, που χρησιμοποιούνται για τον προσδιορισμό της ηλικίας. Η ύπαρξη ψευδοδακτυλίων είναι δυνατό να οδηγήσει σε εσφαλμένη ανάγνωση. Τέτοιες τυπικές περιπτώσεις αναφέρονται από διάφορους ερευνητές και είναι:

- **δευτερεύοντες δακτύλιοι** που εμφανίζονται κατά την περίοδο ταχείας αύξησης των ψαριών (θερμοί μήνες) και

- **διπλοί δακτύλιοι** πλησίον ο ένας του άλλου που σχηματίζονται κατά τη χειμερινή περίοδο, δηλαδή την περίοδο βραδείας αύξησης.

Οι περιπτώσεις αυτές παρατηρούνται εξαιτίας φυσιολογικών αλλαγών ή καταπόνησης που επιβραδύνουν την αύξηση. Σε πολλές περιπτώσεις η εύρεση του ετησίου δακτυλίου περιλαμβάνει την αναγνώριση ενός ετησίου προτύπου ζώνωσης γιακάθε είδος ψαριού.

Κατά την ανάγνωση των σκληρών κατασκευών είναι δυνατόν να γίνουν λάθη ανάγνωσης, που θα οδηγήσουν σε εσφαλμένη εκτίμηση της ηλικίας. **Σφάλματα** που γίνονται **κατά την ανάγνωση των σκληρών κατασκευών** οφείλονται στα παρακάτω:

α) Δεν έχει αναγνωστεί σωστά ή έχει παρακαμφθεί ο 1ος ετήσιος δακτύλιος, με αποτέλεσμα η ηλικία να υποεκτιμάται ή να μην μπορεί να προσδιορισθεί

β) Όσο αυξάνεται η ηλικία των ψαριών ο ρυθμός αύξησης επιβραδύνεται με αποτέλεσμα, οι ετήσιοι δακτύλιοι των ψαριών στις μεγάλες ηλικίες να συνωστίζονται (να πέφτει ο ένας δίπλα στον άλλο) με αποτέλεσμα να μην είναι εύκολος ο προσδιορισμός τους και η ηλικία συνήθως να υποεκτιμάται καθώς κάποιοι από αυτούς παραλείπονται

γ) Η εμφάνιση ανώμαλων δακτυλίων μπορεί να παραπλανήσει την ανάγνωση και κάποιοι από αυτούς να θεωρηθούν από τον αναγνώστη ετήσιοι δακτύλιοι, με αποτέλεσμα την υπερεκτίμηση της ηλικίας του ψαριού

δ) Κατά τη διαδικασία προπαρασκευής ή κατά την αφαίρεση μπορεί να αποκοπεί να απορροφηθεί ή να διαβρωθεί ο περιφερειακός ετήσιος δακτύλιος με αποτέλεσμα την υποεκτίμηση της ηλικίας

ε) Μετά την συλλογή των λεπιών από ένα ψάρι, θα πρέπει να προσεχθεί τα λέπια που επελέγησαν για παρατήρηση να είναι λίγο έως πολύ ίδια ώστε να αποφευχθεί η περίπτωση εξέτασης της ηλικίας σε αναγεννημένο λέπι, γεγονός που θα οδηγούσε σε εσφαλμένο προσδιορισμό της ηλικίας του ψαριού (καθώς η πληροφορίες πριν από τον χρόνο αναγέννησης θα λείπουν και θα οδηγήσουν σε υποεκτίμηση της ηλικίας)

Στατιστικές μέθοδοι εκτίμησης της ηλικίας και του μήκους ανά ηλικία

1. Ανάλυση της κατανομής της συχνότητας εμφάνισης του μήκους (μέθοδος Petersen).

Στηρίζεται στην αναγνώριση κορυφών (peaks) όταν τα μήκη των ψαριών ταξινομούνται σε κλάσεις (διαστήματα) μήκους. Για ψάρια μέχρι 30 εκατ. χρησιμοποιείται διάστημα 1 ή 0,5 εκατ. και για ψάρια μέχρι 60 εκατ. διάστημα 2 εκατ. Το διάστημα θα πρέπει να λαμβάνεται από $X.0-X.9$, δηλαδή ψάρια μεγέθους 10.0 μέχρι 10.9 εκατ. θα σημειώνονται ως ψάρια του διαστήματος των 10 εκατ. Η κατανομή απεικονίζεται με ιστόγραμμα και στη συνέχεια με ένωση των μέσων κάθε πεδίου του ιστογράμματος και εξομάλυνση (smoothing) λαμβάνεται μία καμπύλη, που ονομάζεται και **καμπύλη Petersen**. Κάθε κορυφή στη κατανομή συχνότητας αντιπροσωπεύει την έξαρση μίας κανονικής κατανομής ατόμων, που προέρχονται από την ίδια ομάδα. Συνήθως, οι ομάδες αυτές (ομάδες μήκους) ανήκουν σε ίδιες γέννες και διαφέρουν μεταξύ τους ένα έτος (αν δεν έχουμε στο δείγμα άτομα, που ανήκουν σε διαφορετικό πληθυσμό και ενώ γεννήθηκαν την ίδια χρονιά εν τούτοις εμφανίζουν διαφορετική κατανομή). Έτσι, σε κάθε έξαρση αντιστοιχεί και μία κλάση ηλικίας, δηλαδή ψάρια που γεννήθηκαν τον ίδιο χρόνο τείνουν να βρίσκονται στο ίδιο εύρος μεγέθους.

Η μέθοδος είναι συνήθως ακριβής για τις μικρότερες κλάσεις ηλικίας 2-4 έτη, ενώ στις μεγάλες τάξεις ηλικίας δεν είναι ακριβής εξαιτίας της ασάφειας και της σύμπτωσης των κορυφών που οφείλονται σε αλληλεπικαλύψεις μηκών ψαριών διαφορετικής ηλικίας ή και σε χαμηλή συχνότητα εμφάνισης ή και απουσία στο δείγμα ορισμένων ενδιάμεσων μεγάλων ηλικιών. Βελτιώσεις της μεθόδου έχουν επιχειρηθεί, υπόκεινται όμως στα εξής **σφάλματα** : **i)** όταν η περίοδος ωοτοκίας είναι πολύ μακρά οι ηλικιακές κλάσεις δεν διαχωρίζονται και υπάρχουν μεγάλες αλληλεπικαλύψεις **ii)** όταν τα ψάρια τείνουν να σχηματίσουν ομάδες ανάλογα με το μέγεθος τους ή το στάδιο ωρίμανσης δημιουργούνται περισσότερες της μίας εξάρσεις για κάθε κλάση ηλικίας και **iii)** όταν υπάρχει μεγάλη διακύμανση στο εύρος μήκους στην ίδια κλάση ηλικίας οι κορυφές δεν είναι εύκολα αναγνωρίσιμες. Η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την ενίσχυση της εγκυρότητας υπολογισμού της ηλικίας με άλλες μεθόδους. Μιά σειρά από υπολογιστικά προγράμματα έχουν αναπτυχθεί για την συγκεκριμένη ανάλυση. Από τα σημαντικότερα προγράμματα θεωρείται ότι είναι το L.F.S.A. (Length Frequency Statistical Analysis) το οποίο διατίθεται σε εθνικές υπηρεσίες, ερευνητικά κέντρα και εκπαιδευτικά ιδρύματα από τον διεθνή οργανισμό F.A.O. (Food & Agriculture Organization)

2. Μέθοδος του ανάδρομου υπολογισμού του μήκους (back calculation).

Η μέθοδος προϋποθέτει την προηγούμενη ανάγνωση της ηλικίας από σκληρές κατασκευές. Στηρίζεται στη μέτρηση των αποστάσεων των ετήσιων δακτυλίων από την εστία (κέντρο) στα σκληρά μέρη του σώματος. Συνήθως επιλέγεται η μέγιστη ακτίνα κατά μήκος του επιμήκους άξονα της κατασκευής ή η ακτίνα, η οποία εμφανίζει τον υψηλότερο συντελεστή συσχέτισης με το μήκος του ψαριού. Η απόσταση της ακτίνας κάθε ετησίου δακτυλίου και της συνολικής ακτίνας της σκληρής κατασκευής καταγράφεται. Αν ο συντελεστής συσχέτισης μήκους-ακτίνας είναι υψηλός (>0,8) τότε, το συνολικό μήκος της ακτίνας αντιστοιχεί στο σωματικό μήκος του ψαριού από το οποίο πάρθηκαν οι μετρήσεις, αλλά και για κάθε ετήσιο δακτύλιο, η απόσταση της ακτίνας θα πρέπει να αντιστοιχεί σε ένα μήκος ψαριού, που θα είχε τη στιγμή του σχηματισμού του δακτυλίου. Γενικά δηλαδή αν $L_{ολικό} = K * R_{ολικό}$ τότε και $L_{πρώτου έτους} = K * R_{πρώτου έτους}$

Η παλινδρόμηση της συσχέτισης μήκος σώματος:ακτίνα λεπιού (ή ωτολίθου κτλ.) υπολογίζεται από τις ακόλουθες εξισώσεις:

α) Γραμμική παλινδρόμηση της μορφής: $L=a+bR$ όπου

L = μήκος σώματος, R = ακτίνα λεπιού που αντιστοιχεί σε μήκος σώματος L ,

b = συντελεστής παλινδρόμησης (κλίση) της ευθείας και

a = σταθερά που δείχνει την απόσταση της ευθείας από το σημείο τομής των αξόνων

β) Μη γραμμικές (πολυωνυμικές ή εκθετικές) εξισώσεις της μορφής:

$$L = a * R^b \text{ ή αλλιώς } \log L = \log a + b \log R \quad (\text{εκθετική μορφή})$$

$$L = a + bR + cR^2 + \dots + mR^n \quad (\text{πολυωνυμική μορφή})$$

Η μέθοδος αυτή εμφανίζει το πλεονέκτημα ότι με τον συνυπολογισμό των αναδρομικών μηκών των ψαριών ενός δείγματος τα άτομα του δείγματος φαίνεται να πολλαπλασιάζονται γιατί για κάθε άτομο έχουμε δεδομένα για τόσα μήκη όσα και ηλικίες, τα οποία αποτελούν και δεδομένα υπολογισμού της αύξησης.

Παρεκκλίσεις από την εφαρμογή της μεθόδου του ανάδρομου υπολογισμού του μήκους παρατηρούνται αρκετά συχνά και οφείλονται στις εξής περιπτώσεις:

α) Δεν έχει γίνει τυχαία ή αντιπροσωπευτική δειγματοληψία του πληθυσμού. Το αποτέλεσμα είναι το δείγμα να περιέχει τα μεγαλύτερα άτομα ψαριών μικρότερης ηλικίας ή τα μικρότερα άτομα ψαριών μεγαλύτερης ηλικίας και να υπάρχει έτσι υποεκτίμηση της πραγματικής αύξησης αυτών. Ο κύριος λόγος είναι η επιλεκτικότητα του εργαλείου, που χρησιμοποιήθηκε για την συγκεκριμένη δειγματοληψία. Όπου είναι δυνατό θα πρέπει να επιδιώκεται σύνθετη δειγματοληψία και αφαίρεση του συστηματικού σφάλματος.

β) Έχει γίνει εσφαλμένη επιλογή της εξίσωσης που ανταποκρίνεται στη σχέση μήκος ψαριού: μήκος λεπιού, με αποτέλεσμα τα αναδρομικά υπολογιζόμενα μήκη να μην συμπίπτουν με τα αντίστοιχα παρατηρούμενα.

γ) Επιλεκτική (μεροληπτική) διαφορική θνησιμότητα ορισμένων ομάδων μεγέθους ψαριών σε κάποιες κλάσεις ηλικίας. Τα μεγαλύτερα άτομα μίας δεδομένης κλάσης ηλικίας έχουν διαφορετικό ρυθμό θνησιμότητας (συνήθως υψηλότερο) από ότι τα μικρότερα. Αυτό συμβαίνει π.χ. γιατί από ένα μέγεθος και πάνω εισέρχονται στη φάση αλίευσης του πληθυσμού και υπόκεινται την αλιευτική θνησιμότητα πέραν της φυσικής. Όταν υψηλό ποσοστό των μεγάλων ατόμων έχει πεθάνει, εμφανίζεται το φαινόμενο Lee (Rosa Lee), σύμφωνα με το οποίο, όσο αυξάνεται η ηλικία (και το μέγεθος) των ψαριών που χρησιμοποιήθηκαν, αυξάνεται η πιθανότητα να διαφέρουν από τον κανονικό μέσο όρο

Το φαινόμενο Lee εμφανίζεται στις παρακάτω περιπτώσεις :

i) στη **διαφορική φυσική θνησιμότητα**, κατά την οποία άτομα ταχύτερης αύξησης (ταχυσυζή) ωριμάζουν νωρίτερα, ενηλικιώνονται και πεθαίνουν νωρίτερα από ότι εκείνα της ίδιας ηλικίας (Rosa Lee φαινόμενο) με αποτέλεσμα στις μεγάλες ηλικίες να μην αντιπροσωπεύονται και κατά συνέπεια, τα άτομα, τα οποία αντιπροσωπεύονται δίνουν υποεκτίμηση του μήκους για τις μικρότερες ηλικίες. Αντίστοιχα μπορεί άτομα βραδείας αύξησης (και κατά κανόνα μή εύρωστα) να είναι πιο τρωτά στη θήρευση ή να υπάρχει διαφορική θνησιμότητα ή διαφορές ως προς το ρυθμό αύξησης μεταξύ ατόμων της ίδιας ηλικίας αλλά διαφορετικού φύλου.

ii) στην **διαφορική αλιευτική θνησιμότητα**, όπου τα μεγαλύτερα μέλη κάποιας κλάσης ηλικίας είναι πιο τρωτά στους διάφορους τρόπους αλιείας ή όπως αναφέρθηκε παραπάνω, τα μεγαλύτερα άτομα μίας δεδομένης ηλικιακής κλάσης εισέρχονται νωρίτερα στην φάση αλίευσης και υφίστανται την αλιευτική θνησιμότητα.

Εγκυρότητα της ακρίβειας προσδιορισμού της ηλικίας (Age Validation)

Κατά τον προσδιορισμό της ηλικίας είδαμε ότι είναι δυνατό να υπεισέλθουν σφάλματα, που μπορεί να οδηγήσουν σε λανθασμένη εκτίμηση της ηλικίας ενός ψαριού και κατά συνέπεια σε λανθασμένο υπολογισμό της αύξησης. Θα πρέπει λοιπόν να ελέγξουμε αν ο προσδιορισμός της ηλικίας από την ανάγνωση των σκληρών κατασκευών ανταποκρίνεται στην πραγματική ηλικία του ψαριού. Για το λόγο αυτό ελέγχουμε την εγκυρότητα της ακρίβειας προσδιορισμού της ηλικίας (Validation).

Αυτή αφορά τη **χρήση διαφορετικών τεχνικών** για την αναγνώριση της ηλικίας του ίδιου ψαριού, έτσι ώστε για την τελική εκτίμηση της ηλικίας να υπάρχει κάποια εμπιστοσύνη. Οι τεχνικές που χρησιμοποιούνται είναι:

1. Σύγκριση των παρατηρούμενων μηκών ανά ηλικία με τα αντίστοιχα μήκη της καμπύλης Petersen για την ίδια ηλικιακή κλάση ή με τα μήκη που υπολογίστηκαν με τη μέθοδο του ανάδρομου υπολογισμού του μήκους ή με μήκη που μετρήθηκαν από τη μέθοδο σύλληψης - επανασύλληψης.

2. Μεταβολή της επικρατέστερης κλάσης ηλικίας (ισχυρής) μεταξύ δύο διαδοχικών χρονικών στιγμών (έτη ή μήνες). Επικρατέστερη κλάση ηλικίας είναι εκείνη (ή εκείνες) που για διάφορους λόγους (συνήθως εξαιτίας των πολύ καλών καιρικών συνθηκών και της άφθονης παρουσίας τροφής κατά τις κρίσιμες περιόδους ανάπτυξης), παρουσιάζει ισχυρό ποσοστό επιβίωσης και αναγνωρίζεται στο ετήσιο ιστόγραμμα μηκών από το σχηματισμό καλά αναπτυγμένης κορυφής. Η μετακίνηση της κορυφής μεταξύ δειγματοληψιών δύο διαδοχικών χρονικών στιγμών δείχνει την ανάπτυξη της ομάδας αυτής κατά το χρονικό διάστημα που πέρασε.

3. Εξέταση ψαριών γνωστής ηλικίας π.χ. ψάρια κλεισμένα σε ελεγχόμενους χώρους (ενυδρεία, κλουβιά κ.λ.π.) ή με τη μέθοδο σύλληψης-επανασύλληψης με ατομική σήμανση.

4. Καθορισμός του χρόνου και της περιοδικότητας σχηματισμού των ετήσιων δακτυλίων από δείγματα παρμένα σε διαφορετικές χρονικές περιόδους του ίδιου έτους (συνήθως μηνιαία δείγματα) με τη χρήση της μεθόδου αύξησης του χείλους από τον προηγούμενο δακτύλιο (marginal increment).

5. Σύγκριση της ηλικίας προερχόμενης από την ανάγνωση και **άλλων σκληρών κατασκευών** (π.χ. σύγκριση ηλικίας λεπτιού και ωτολίθου για το ίδιο ψάρι).

6. Σύγκριση της ηλικίας 0 ή I από διαφορετικές πηγές για την εκτίμηση σχηματισμού του 1ου ετήσιου δακτυλίου ή αρίθμηση όλων των δακτυλίων μεταξύ δύο διαδοχικών ετήσιων δακτυλίων και αναγνώριση ενός επαναλαμβανόμενου ετήσιου προτύπου ανάπτυξης και σχηματισμού δακτυλίων.

Επίσης δεν πρέπει να παραγνωρίζεται ότι η παρουσία δευτερευόντων δακτύλιων (ψευδοδακτύλιοι) μπορεί να δώσει ενδείξεις για το χρόνο ωστοκίας, ακραίες μεταβολές της θερμοκρασίας, έλλειψη τροφής, μεταβολή του τόπου διαβίωσης και παρουσία ρύπανσης.

Χαρακτηριστικά της αύξησης

Η αύξηση των ψαριών σχετίζεται άμεσα με τη μεταβολική τους δραστηριότητα, την πρόσληψη τροφής και την αφομοίωσή της. Όπως αναφέραμε και στον προσδιορισμό της ηλικίας η αύξηση επιταχύνεται ή επιβραδύνεται ανάλογα με τις διάφορες συνθήκες στη ζωή ενός ψαριού και οι μεταβολές αυτές απεικονίζονται στις σκληρές κατασκευές του σώματος των ψαριών. Θα μπορούσαμε πάντως να διακρίνουμε ορισμένα χαρακτηριστικά της αύξησης των ψαριών. Η μεταβολή του μήκους ή του βάρους των ψαριών σε σχέση με το χρόνο ονομάζεται **ρυθμός αύξησης**.

A. Στάδια αύξησης.

Ο κύκλος ζωής των ψαριών μπορεί εύκολα να χωριστεί σε διάφορες περιόδους αύξησης, κάθε μία από τις οποίες χαρακτηρίζεται από μεταβολές στον αυξητικό ρυθμό πχ. ακανόνιστη αύξηση από αλλαγή του περιβάλλοντος, αλλαγή διατροφής κ.λ.π. Εκτός αυτού, **η αύξηση είναι γενικά μεγαλύτερη στις μικρότερες ηλικίες και μειώνεται αυξανόμενης της ηλικίας**. Υπάρχουν βέβαια ορισμένες ιδιαίτερες περίοδοι στη ζωή κάθε είδους, που οι αυξητικές μεταβολές είναι σημαντικές και απότομες. Σπουδαιότερες **περίοδοι αυξητικών μεταβολών** στα ψάρια παρατηρούνται:

1. Όταν υπάρχει **δραστικός μετασχηματισμός της δομής του σώματος**. Το χέλι από πλατύ διαφανές λεπτοκέφαλο μετατρέπεται σε κυλινδρικό. Η γλώσσα από συμμετρικό πελαγικό ανήλικο άτομο μεταμορφώνεται στην ενήλικη φάση με την παρουσία και των δύο ματιών στην ίδια πλευρά της κεφαλής με παράλληλη εγκατάσταση στον πυθμένα.

2. Όταν υπάρχει **αλλάγή του βιοτόπου και αλλαγή των τροφικών συνηθειών**

3. Όταν εμφανίζονται **μεταβολές στο σχήμα του σώματος** ή στο σχετικό μήκος και δομή του πεπτικού σωλήνα ή στα σχετικά μήκη των διαφόρων εξαρτημάτων (πχ. πτερύγια).

4. Όταν παρατηρούνται μεγάλες **μεταβολές στη φυσιολογία των ψαριών**, οι οποίες συνήθως συνοδεύονται από αντίστοιχες μεταβολές στο ενδοκρινικό σύστημα ή και σε άλλα εσωτερικά όργανα. Ο νεαρός σολωμός λίγο προτού εισέλθει στη θάλασσα αλλάζει χρωματισμό, το σχήμα του επιμηκύνεται, γίνεται ανθεκτικότερος στην αλατότητα και αυξάνει πολύ τον αυξητικό του ρυθμό.

5. Κατά τη διαδικασία **της αναπαραγωγής** ή κατά την **μετανάστευση** ορισμένων ειδών η διατροφή μπορεί να μειώνεται ή να διακόπτεται με αντίστοιχη μεταβολή στον ρυθμό αύξησης. Το ίδιο μπορεί να συμβεί σε ψάρια, που είναι άρρωστα.

B. Εποχιακή αύξηση.

Τα περισσότερα ψάρια, παρουσιάζουν σημαντική **εποχιακή διακύμανση** στο ρυθμό αύξησης. Όταν οι καιρικές συνθήκες δεν είναι πολύ δυσμενείς η αύξηση τείνει να ακολουθήσει την περιοδικότητα των εποχών, δηλαδή είναι κατά κανόνα ταχύτερη το καλοκαίρι και βραδεία το χειμώνα, άμεσα **εξαρτώμενη από τη θερμοκρασία**.

Γ. Ισομετρική και αλλομετρική αύξηση.

Σε οποιαδήποτε φάση αύξησης, τα διάφορα μέρη του σώματος του ψαριού αυξάνουν με διαφορετικό ρυθμό. Η σχέση που συνδέει τα μεγέθη δύο τμημάτων του σώματος δίνεται από τη σχέση:

$$l_2 = a l_1^b$$

όπου l_1 και l_2 τα μήκη των δύο τμημάτων (πχ. το μεσοουραίο μήκος και το μήκος της κεφαλής), a = σταθερά και b = εκθέτης που δείχνει την κατεύθυνση και την ταχύτητα αλλαγής στο σχήμα του σώματος.

Όταν $b=1$ η αύξηση είναι **ισομετρική** δηλαδή **τα δύο τμήματα αυξάνουν αναλογικά**. Όταν $b<1$ ή $b>1$ τότε το μήκος l_1 αυξάνει ταχύτερα του μήκους l_2 ή αντίστροφα και η αύξηση καλείται **αλλομετρική** δηλαδή **τα δύο τμήματα δεν αυξάνουν αναλογικά**.

Δ. Σχέση μήκους-βάρους

Η συσχέτιση του μήκους με το βάρος του ψαριού είναι ιδιαίτερα σημαντική. Αποτελεί ξεχωριστή περίπτωση της εξέτασης της ισομετρικής και αλλομετρικής αύξησης.

1. Μέτρηση του μήκους: υπάρχουν διάφορες μετρήσεις του μήκους των ψαριών, οι σπουδαιότερες όμως είναι οι εξής:

i) το **σταθερό σωματικό μήκος** (Standard Length, S.L.), που λαμβάνεται από την άκρη του ρύγχους με κλειστό το στόμα μέχρι το οπίσθιο όριο του υπουρικού οστού (πρακτικά το σημείο κάμψης όταν λυγίσουμε λίγο την ουρά).

ii) το **μεσοουραίο μήκος** (Fork Length, F.L.), από την άκρη του ρύγχους (οποιοδήποτε προεξέχει) μέχρι την άκρη των μεσαίων ακτίνων της ουράς. Χρησιμοποιείται ευρύτατα.

iii) το **ολικό μήκος** (Total Length, T.L.), από την άκρη του ρύγχους (οποιοδήποτε προεξέχει) μέχρι την άκρη του μακρύτερου λοβού της ουράς όταν αυτή πιέζεται για να πάρει τη μέγιστη έκτασή της.

Στα δίθυρα το μήκος του οστράκου λαμβάνεται ως η μέγιστη απόσταση μεταξύ του πρόσθιου και οπίσθιου χείλους που είναι παράλληλη προς τον άξονα σύνδεσης των δύο θυρίδων. Το εύρος του οστράκου παίρνεται ως η μέγιστη ραχιοκοιλιακή απόσταση μεταξύ των δύο θυρίδων κάθετα προς το μήκος. Στα γαστερόποδα η μέτρηση του μήκους αφορά στη μέγιστη απόσταση από το άκρο ή κέντρο των ελίκων μέχρι την άκρη του οστράκου. Οι αστακοί μετριοούνται σε μία ευθεία γραμμή παράλληλη προς το σώμα, από το οπίσθιο όριο του ματιού μέχρι το οπίσθιο χείλος του θώρακα. Στις γαρίδες ως θωρακικό μήκος ορίζεται η απόσταση από το πρόσθιο άκρο του ασπιδίου (rostrum) μέχρι το οπίσθιο χείλος του κεφαλοθώρακα (carapace), ενώ ως ολικό μήκος ορίζεται η απόσταση από το άκρο του ασπιδίου μέχρι το οπίσθιο χείλος του μέσου ουροποδίου. Στα καβούρια η μέτρηση αφορά στο μέγιστο εύρος του θώρακα.

2. Μέτρηση του βάρους: Ως βάρος ψαριού συνήθως μετράμε

το **ολικό βάρος του σώματος** (Total Weight, T.W.). Το ψάρι ζυγίζεται είτε ζωντανό είτε νωπό είτε μετά από συντήρηση (πχ. Φορμόλη ή κατάψυξη). Στο συντηρημένο ψάρι το μήκος συνήθως μικραίνει λίγο ενώ το βάρος μεταβάλλεται πολλές φορές σημαντικά. Όταν υπάρχουν σοβαροί λόγοι για ακριβείς μετρήσεις, τότε συνιστάται ο υπολογισμός συντελεστών διόρθωσης και απομάκρυνσης τρι συστηματικού σφάλματος, που δημιουργεί η συντήρηση του ψαριού και μετατροπή (transformation) των τιμών του βάρους και του μήκους των συντηρημένων ψαριών στα εκτιμώμενα πραγματικά τους.

Το **καθαρό βάρος του σώματος** (Eviscerate Weight, E.W.) Είναι το βάρος του σώματος που προκύπτει μετά την αφαίρεση των εσωτερικών οργάνων της σπλαχνικής κοιλότητας. Στο ψάρι παραμένει η καρδιά, οι νεφροί και τα βράγχια. Χρησιμοποιείται ευρύτατα γιατί δεν περιέχει εποχιακές ή ημερήσιες μεταβολές από διαφορές του βάρους των εσωτερικών οργάνων (γονάδες, στομάχι κ.λ.π)

Ανάλογα με το βάρος των ψαριών απαιτούνται και ζυγοί ανάλογης ακρίβειας και ανάλογου εύρους βάρους ζύγισης. Η ακρίβεια της μέτρησης επηρεάζεται γενικά, από το είδος του ζυγού, την υγρασία που περιβάλλει το ψάρι και το είδος του συντηρητικού. Το περιεχόμενο του στομαχιού και το βάρος των γονάδων επίσης επηρεάζουν την αντιπροσωπευτική ζύγιση μίας ομάδας ψαριών του ίδιου είδους.

3. Η σχέση μήκους-βάρους των ψαριών περιγράφεται από την εκθετική εξίσωση :

$$W = a L^b \quad \text{όπου } W = \text{βάρους, } L = \text{μήκος και } a \text{ και } b \text{ συντελεστές της εξίσωσης}$$

Όταν λογαριθμηθεί η εξίσωση τότε παίρνει τη μορφή γραμμικής παλινδρόμησης. Ο εκθέτης b παίρνει τιμές από 2-4. Γενικά όταν $b=3$ η αύξηση είναι ισομετρική. Όταν $b < 3$ τότε τα ψάρια είναι λιγότερο εύρωστα και όταν $b > 3$ τότε τα ψάρια αυξάνουν το βάρος τους πιο πολύ από ότι το μήκος, είναι δηλαδή πιο εύρωστα.

Οι παράμετροι a και b διαφέρουν μεταξύ των ειδών και μεταξύ διαφορετικών πληθυσμών του ίδιου είδους. Η τιμή του a μεταβάλλεται εποχιακά με το βάρος των γονάδων, με την ώρα της ημέρας ένεκα διαφορετικού βάρους του περιεχομένου του στομαχιού και μεταξύ διαφορετικών τόπων διαβίωσης. Η τιμή του b παραμένει σταθερά συνήθως στην ίδια περίοδο αύξησης. Μεταβάλλεται όμως μεταξύ των διάφορων φάσεων αύξησης πχ. κατά τη μεταμόρφωση, αλλαγή δίαιτας, απόκτηση της πρώτης ωριμότητας κτλ., εξαιτίας μεταβολών του περιβάλλοντος και του φύλου.

Πρακτικά η χρήση της σχέσης μήκους-βάρους εφαρμόζεται στις εξής περιπτώσεις:

α) εύρεση του b και a κυρίως κάθε κλάσης ηλικίας για προσδιορισμό διαφορών στα βάρη των γονάδων και στην περιεκτικότητα λίπους

β) εύρεση του b για κάθε χωριστή περίοδο αύξησης του ψαριού

γ) εύρεση του a και b από άτομα όλων των μεγεθών για την άμεση μετατροπή του βάρους σε μήκος και το αντίθετο.

4. Κατάσταση ψαριών, Συντελεστές ευρωστίας: όσο βαρύτερα είναι τα ψάρια ενός δεδομένου μήκους, τόσο καλύτερη είναι η κατάσταση στην οποία βρίσκονται. Ο βαθμός ευρωστίας των ψαριών βρίσκεται από το συντελεστή ευρωστίας K (κατά Fulton και Clark):

$$K = W / L^3$$

όπου, W το βάρος σε γραμμάρια χωρίς (Clark) ή μαζί (Fulton) τα σπλαχνικά όργανα

L το μήκος του σώματος

Είναι εύκολο να διαπιστωθεί ότι ο K παίρνει την τιμή a από τη σχέση: $W = aL^b$, όταν ο συντελεστής $b = 3$. Ο συντελεστής ευρωστίας χρησιμοποιείται για τη σύγκριση της κατάστασης ενός πληθυσμού ή ατόμων του ίδιου είδους σε διαφορετικό περιβάλλον ή εποχές. Η ηλικία, το φύλο, η ανάπτυξη των γονάδων, οι αρρώστιες και η αφθονία της τροφής επηρεάζουν πολύ το συντελεστή ευρωστίας. Γι' αυτό θα πρέπει να υπολογίζεται

διαφορετικό K κατά περίπτωση μήκους, φύλου και βαθμού ανάπτυξης των γονάδων. Με τη χρήση του συντελεστή κατά Clark αποφεύγεται η επίδραση των γονάδων και του βάρους του στομαχιού.

E. Υπολογισμός της αύξησης

1. Ο υπολογισμός της αύξησης των ψαριών (κατά μήκος ή βάρος) λαμβάνει υπόψιν το χρονικό διάστημα, που αυτή επιτελέστηκε. Η μεταβολή του μήκους ή βάρους (αύξηση) σε σχέση με το χρόνο αναφέρεται ως **ρυθμός αύξησης** ή **αυξητικός ρυθμός** και περιγράφεται από το γενικό τύπο : $G = dW / dt$ ή αντίστοιχα $G = dL / dt$

όπου : G είναι η αύξηση (growth), dW είναι η διαφορά σε βάρος και dt είναι ο χρόνος ή αντίστοιχα dL είναι η διαφορά σε μήκος και dt ο χρόνος

Εστω W_1 και W_2 αντιστοίχως τα βάρη στον αρχικό χρόνο t_1 και τον τελικό χρόνο t_2

α) **Απόλυτη αύξηση** G :
$$\frac{W_2 - W_1}{t_2 - t_1}$$

β) Σχετική αύξηση ή **σχετικός ρυθμός αύξησης**

$$\frac{W_2 - W_1}{W_1 (t_2 - t_1)}$$

γ) Όταν το διάστημα t_1-t_2 θεωρήσουμε ότι είναι ελάχιστο, τότε αναφερόμαστε στον **στιγμιαίο** ή **ειδικό** ή **ρυθμό αύξησης**. Έτσι, όταν η αύξηση ενός ψαριού συνεχίζεται με σταθερό στιγμιαίο ρυθμό για κάποιο καθορισμένο χρονικό διάστημα, τότε το μέγεθός του σε κάθε στιγμή κατά τη διάρκεια αυτού του διαστήματος περιγράφεται από την εκθετική σχέση (καμπύλη) $W = W_0 e^{Gt}$

όπου W_0 = αρχικό μέγεθος, W = μέγεθος που αποκτήθηκε στο διάστημα t ,

G = ειδικός αυξητικός ρυθμός και e = ο φυσικός λογάριθμος.

Λογαριθμίζοντας τη σχέση λαμβάνουμε $\ln W = \ln W_0 + G t$

$$\text{και } G = \frac{\ln W - \ln W_0}{t}$$

Η εξίσωση χρησιμοποιείται ευρύτατα στις υδατοκαλλιέργειες όπου το ενδιαφέρον εστιάζεται στον τρόπο αύξησης των ψαριών. Στο ελεύθερο περιβάλλον χρησιμοποιείται για αυξήσεις σχετικά μικρού χρονικού διαστήματος πχ. κάθε μήνα ή κάθε χρόνο.

Ο ειδικός αυξητικός ρυθμός μπορεί να υπολογιστεί και από το μήκος των ψαριών όταν $t=1$ (δηλαδή διάστημα μίας μέρας, ενός μηνός ή ενός χρόνου) και όταν είναι γνωστή η παράμετρος b από τη σχέση μήκους-βάρους ($W=aL^b : G = b (\ln L_2 - \ln L_1)$). Ο ειδικός αυξητικός ρυθμός μειώνεται με την αύξηση της ηλικίας.

2. Η αύξηση των ψαριών συνήθως εκφράζεται με κάποια μαθηματική εξίσωση η οποία δίνει τη μεταβολή του μεγέθους αυτών (σε μήκος ή βάρος) σε κάθε ηλικία που υπολογίζεται με τη μέθοδο του ανάδρομου υπολογισμού. Γενικά η αύξηση των ψαριών, όπως και όλων των ζώων, σε ετήσια βάση ακολουθεί το σχήμα καμπύλης τύπου S όταν εκφράζεται σε βάρος. Το χαμηλότερο τμήμα της καμπύλης προσεγγίζει μία εκθετική καμπύλη ενώ το ανώτερο μία ασύμπτωτη καμπύλη. Η καμπύλη αύξησης δίνει ουσιαστικές πληροφορίες για την περιγραφή της αύξησης ενός πληθυσμού, για την επίδραση του περιβάλλοντος και της πυκνότητας σε ένα πληθυσμό, και είναι πολύτιμη για συγκρίσεις της αύξησης σε διαφορετικούς πληθυσμούς ψαριών.

Η καμπύλη αύξησης ενός πληθυσμού υπολογίζεται εμπειρικά με την ιδόχειρη σχεδίαση της καμπύλης μέσα από τα σημεία των στοιχείων που διαθέτουμε, λίγο πολύ όμως τείνει να ακολουθήσει μία από τις επόμενες εξισώσεις:

α) εξίσωση του Von Bertalanffy

$$L_t = L_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}] \quad \text{ή} \quad W_t = W_{\infty} [1 - e^{-k(t-t_0)}]$$

β) καμπύλη αύξησης του Gompertz

$$\log W_t = \log W_{\infty} (1 - a e^{-k t})$$

γ) λογιστική καμπύλη αύξησης

$$W_t = W_{\infty} (1 - b e^{-k t})^{-1}$$

Όπου L_{∞} και W_{∞} είναι το μέγιστο μέγεθος (μήκος και βάρος αντίστοιχα) που θα αποκτούσε το ψάρι αν δεν πιανόταν από τον ψαρά ή από κάποιο άρπαγα ή πέθαινε από ασθένεια (ασύμπτωτο μήκος και βάρος).

Η παράμετρος k περιγράφει το ρυθμό με τον οποίο πλησιάζει αυτό το μέγιστο μέγεθος και καλείται ρυθμός της ταχύτητας μείωσης της αύξησης ή απλά ρυθμός μείωσης της αύξησης. Η καμπύλη δηλαδή έχει κλίση k που συνεχώς μειώνεται όσο αυξάνει η ηλικία και πλησιάζει μία ασύμπτωτη παράλληλο προς τον άξονα της ηλικίας, όταν εκφράζεται η αύξηση σε μήκος. Όταν η αύξηση εκφράζεται σε βάρος η καμπύλη επίσης πλησιάζει μία ασύμπτωτο, προηγούμενα όμως σχηματίζει μία ασύμμετρη σιγμοειδή τροχιά. Η παράμετρος t δηλώνει την εκάστοτε ηλικία και η παράμετρος l_t είναι η ηλικία στην οποία το ψάρι θα είχε θεωρητικό μέγεθος μηδέν αν συνέχιζε να αυξάνει με τον ίδιο τρόπο (πρότυπο) καθ' όλη τη διάρκεια της ζωής του. Με άλλα λόγια το υπάρχει όταν η καμπύλη δε διέρχεται από την αρχή των αξόνων αλλά από κάποιο σημείο του άξονα της ηλικίας.

Στην πράξη ο συντελεστής μείωσης της αύξησης k υπολογίζεται με τη μέθοδο Ford-Waiford. Σύμφωνα με αυτή τη σχέση l_{t+1} προς l_t εκφράζεται με γραμμική παλινδρόμηση της οποίας η κλίση ισούται με e^{-k} και βρίσκεται εύκολα από τη λύση της εξίσωσης.

Το μήκος του ψαριού σε ηλικία t είναι l_t και σε ηλικία $t+1$ είναι l_{t+1} . Επίσης το K μπορεί εύκολα να υπολογιστεί από την κλίση της γραμμικής παλινδρόμησης που προκύπτει από τη σχέση ετήσια αύξηση:

Το μήκος του ψαριού σε χρόνο t είναι l_t και η ετήσια αύξηση βρίσκεται από τη διαφορά $l_{t+1} - l_t$. Η κλίση της ευθείας παλινδρόμησης ισούται με $1 - e^{-k}$

Θα πρέπει να σημειωθεί ότι τα ετήσια μήκη ή βάρη προέρχονται κατόπιν υπολογισμού τους με τη μέθοδο του ανάδρομου υπολογισμού.

Διαδικασία μελέτης της αύξησης των ψαριών

Η σαφής γνώση της ηλικίας και αύξησης των ψαριών είναι πολύ σημαντική στην αλιευτική βιολογία. Τα διάφορα βήματα που ακολουθούμε περιγράφονται παρακάτω :

1. Ο **σχεδιασμός της δειγματοληψίας** πρέπει να είναι κατάλληλος ώστε το δείγμα των ψαριών να είναι αντιπροσωπευτικό του πληθυσμού. Η συμμετοχή διαφορετικών αλιευτικών εργαλείων για δειγματοληψία επιτρέπει την αντιπροσώπευση όλων των μεγεθών των ψαριών στο δείγμα. Η συλλεκτικότητα του κάθε εργαλείου λαμβάνεται υπόψιν για την αφαίρεση του συστηματικού σφάλματος.
2. Η **καταγραφή των δεδομένων της δειγματοληψίας** σε κάθε σταθμό (ημερομηνία, ώρα, τοποθεσία, περιβαλλοντικοί παράγοντες, εργαλείο δειγματοληψίας) γίνεται για κάθε είδος και ακολουθεί το δείγμα, (ή το υποδείγμα κατά περίπτωση μετά από “δειγματοληψία καταστρώματος” ή deck sampling), το οποίο **συντηρείται** συνήθως για περεταίρω επεξεργασία στο εργαστήριο.
3. Η επεξεργασία στο εργαστήριο περιλαμβάνει τη **λήψη των απαραίτητων βιολογικών δεδομένων** (μήκος, βάρος, ανατομή και παρατήρηση με παράλληλη καταγραφή των διαφόρων μακροσκοπικών δεικτών, καταγραφή του φύλου, του σταδίου ωρίμανσης των γονάδων, κ.λ.π και τέλος την καταγραφή του καθαρού βάρους) καθώς **και την συλλογή** για περεταίρω επεξεργασία **ορισμένων οργάνων των ψαριών** (γονάδες, στομάχι, κλπ).
4. Μετά την καταγραφή του καθαρού βάρους γίνεται **συλλογή** από κάθε άτομο περισσότερων της μίας **σκληρών κατασκευών** (λέπια, ωτόλιθοι, βραγχιακό επικάλυμα).
5. Από τα μήκη των ψαριών του δείγματος γίνεται απεικόνιση των κλασεων ηλικίας με την **καμπύλη Petersen** και από τις σκληρές κατασκευές γίνεται **ανάγνωση και καταγραφή της ηλικίας** και των αποστάσεων κάθε ετησίου δακτυλίου ή άλλου κύκλου από την εστία για κάθε ψάρι. Από τις αποστάσεις των ετησίων δακτυλίων γίνεται **αναδρομικός υπολογισμός του μήκους** των ψαριών ανά ηλικία
6. Γίνεται **καταγραφή των παρατηρούμενων μηκών** ανά ηλικία και **σύγκρισή τους με άλλες μεθόδους προσδιορισμού** (ιστόγραμμα μηκών, ανάδρομος υπολογισμός κ.λ.π).
7. Ακολουθεί **έλεγχος της εγκυρότητας προσδιορισμού της ηλικίας** από τις σκληρές κατασκευές

8. Υπολογίζεται η **σχέση μήκους-βάρους** για κάθε φύλο ή και για τα δύο όταν δεν υπάρχουν στατιστικές διαφορές. Η σχέση μήκους-βάρους εξετάζεται και εποχιακά για πιθανές διαφορές ανάμεσα στις διάφορες εποχές.
9. Υπολογίζονται οι **δείκτες ευρωστίας** K κατά Fulton ή Clark και εκτιμάται τυχόν μεταβολή που παρατηρείται εξ αιτίας του φύλου, της ηλικίας, της εποχής κτλ.
10. Υπολογίζεται η **αύξηση σε σχέση με την ηλικία** για κάθε φύλο χωριστά ή και για τα δύο μαζί όταν δεν υπάρχουν στατιστικές διαφορές. Συνήθως εκτιμάται η μέση απόλυτη αύξηση ανά ηλικία καθώς και ο ρυθμός αύξησης ή ο ειδικός αυξητικός ρυθμός.
11. Υπολογισμός του ρυθμού μείωσης της αύξησης k με τη μέθοδο Ward-Walford εύρεση του ασύμπτωτου μήκους και καταγραφή της καμπύλης αύξησης του μήκους και βάρους σε συνάρτηση με την ηλικία.
12. Ακολουθεί η επίλυση της εξίσωσης του Von Bertalanffy για αρσενικά, θηλυκά ή και για τα δύο φύλα μαζί και γίνεται σύγκριση των επιλυμένων τιμών μήκους ανά ηλικία με τα αντίστοιχα παρατηρούμενα από την ανάγνωση των σκληρών κατασκευών και αυτά που προήλθαν από τον αναδρομικό υπολογισμό του μήκους.

Τα παραπάνω θεωρούνται θεμελιώδη για την περαιτέρω εξέταση της δυναμικής του πληθυσμού και χρησιμοποιούνται για την εκτίμηση του αλιευτικού αποθέματος και την μετέπειτα λήψη διαχειριστικών αποφάσεων επί θεμάτων αλιείας.

Όπως αναφέρθηκε εκτενώς, η αύξηση των ψαριών εξαρτάται εκτός των άλλων από την ποσότητα και ποιότητα της διατροφής τους και την αφομοίωση της τροφής σε σχέση με την βιολογική κατάσταση του ψαριού. Είναι σημαντικό λοιπόν να γνωρίζουμε την ποιοτική και ποσοτική σύσταση της δίαιτας ενός είδους.

8. ΔΙΑΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΨΑΡΙΩΝ

Η διατροφή είναι μια από τις πιο σημαντικές λειτουργίες ενός οργανισμού. Η ενέργεια, που χρειάζεται ο οργανισμός για τις μεταβολικές του διεργασίες, για αύξηση, για ωρίμανση και παραγωγή γενετικών προϊόντων, για κίνηση κ.λ.π. Όλες οι βασικές λειτουργικές διαδικασίες λαμβάνουν χώρα με δαπάνη ενέργειας, η οποία εισέρχεται στον οργανισμό με μορφή τροφής.

1. Τροφική ποικιλία και τροφικές συνήθειες

Τα ψάρια από οικολογικής άποψης θεωρούνται **καταναλωτές**. Τρέφονται δηλαδή με βιομάζα, που παράγεται από άλλους οργανισμούς.

Η τροφή των ψαριών στο φυσικό τους περιβάλλον μπορεί να αποτελείται από διάφορα σπονδυλωτά (άλλα ψάρια, λάρβες ψαριών) ασπόνδυλα (καρκινοειδή, μαλάκια, προνύμφες εντόμων) φυτά (μακρόφυτα, νηματώδη φύκη) ή ακόμη από βιογενή θρύμματα και πλαγκτόν.

Η αφθονία της τροφής δεν παραμένει σταθερή σε σχέση με τον τόπο και το χρόνο. Ο βαθμός επιβίωσης και ανάπτυξης των ψαριών σχετίζεται με την αφθονία της τροφής στο περιβάλλον. Έτσι πολλά βιολογικά φαινόμενα όπως ημερήσιες μετακινήσεις, μεταναστεύσεις, αναπαραγωγή κ.λ.π. φαίνεται ότι σχετίζονται άμεσα με την πιθανότητα εύρεσης άφθονής τροφής για το σύνολο των ατόμων ή για ορισμένες ομάδες ατόμων (π.χ. τα νεαρά άτομα) ενός είδους και είναι εμφανής η φυσική επιλογή στα επαναλαμβανόμενα αυτά φαινόμενα.

Ανάλογα με την **κατηγορία της κύριας προτιμώμενης τροφής** τὰ ψάρια (όπως και όλοι οι καταναλωτές) μπορούν να ταξινομηθούν σε :

Φυτοφάγα, που τρέφονται με φυτοπλαγκτόν, διάτομα, νηματώδη φύκη, μακρόφυτα

Θρυμματοφάγα, που τρέφονται με βιογενή θρύμματα του βένθους ή της στήλης του νερού.

Σαρκοφάγα, που τρέφονται με ζωοπλαγκτόν (κωπήποδα, αυγά ψαριών κ.ά.), βενθικά ασπόνδυλα, άλλα ψάρια ή ακόμη έντομα ή και ζώα της ξηράς (πιράνχας)

Παμφάγα, που δεν τρέφονται αποκλειστικά με μία συγκεκριμένη κατηγορία τροφής

Τα περισσότερα ψάρια είναι σαρκοφάγα σε διάφορα τροφικά οικολογικά επίπεδα.

Ανάλογα με το **εύρος του τροφικού τους φάσματος**, τα ψάρια διακρίνονται σε :

α) ειδικά ή μονοφάγα : έχουν πολύ μικρό ή μοναδικό φάσμα ειδών λείας και έχουν αναπτύξει εξελικτικά ειδικές προσαρμογές για τον τρόπο σύλληψης και την πέψη της τροφής.

β) γενικά ή πολυγάγα : που τρέφονται με μεγαλύτερο εύρος φάσματος λείας και διακρίνονται σε

1. **ευρυφάγα,** με πολύ μεγάλο φάσμα τύπων τροφής (στην κατηγορία αυτή περιλαμβάνονται όλα τα παμφάγα)

2. **στενοφάγα,** με λιγότερους τύπους τροφής (περιλαμβάνεται το μεγαλύτερο μέρος των ψαριών)

Η μονοφαγία ή η στενοφαγία προσφέρει πλεονέκτημα στην κατανάλωση ενέργειας για τη λήψη και πέψη της τροφής αλλά μειονεκτεί στην πιθανότητα συνάντησης της τροφής. Επιπλέον, τα μονοφάγα ψάρια συνήθως εκμεταλλεύονται τροφές, που δεν καταναλώνονται από άλλους θηρευτές. Αντίθετα, η ευρυφαγία προσφέρει πλεονέκτημα στην πιθανότητα συνάντησης της τροφής, αλλά μειονεκτεί από πλευράς κατανάλωσης ενέργειας για την λήψη και πέψη της τροφής.

Οι τροφικές συνήθειες των ψαριών μεταβάλλονται ανάλογα με την ηλικία και συνδέονται με μεταβολές στη δομή του σώματος. Στα σαρκοφάγα ψάρια, καθώς το μέγεθος του σώματος αυξάνει, αντίστοιχα αυξάνει και το μέγεθος της λείας με ταυτόχρονη μείωση του αριθμού των ατόμων της λείας στο στομάχι.

Η θέση των ψαριών στην τροφική αλυσίδα καθορίζεται από το είδος της λείας τους και από το είδος των θηρευτών τους (τι τρώνε και ποιός τους τρώει). Οι οικολογικές διακρίσεις ισχύουν και στην περίπτωση των ψαριών. Έτσι, ανάλογα με τη θέση τους στις οικολογικές πυραμίδες ενέργειας ή βιομάζας, τα ψάρια μπορεί να είναι :

καταναλωτές α' τάξης (φυτοφάγα)

καταναλωτές β' τάξης (σαρκοφάγα, που τρέφονται με φυτοφάγα)

καταναλωτές γ' τάξης (σαρκοφάγα, που τρέφονται με άλλα σαρκοφάγα) και ανώτεροι θηρευτές.

Οι διάφορες προσαρμογές, που έχουν αναπτύξει τα ψάρια για τη σύλληψη της τροφής τους, προσδίδουν ορισμένα ιδιαίτερα **μορφολογικά και ηθολογικά χαρακτηριστικά πρότυπα** στον τρόπο αναζήτησης και λήψης της τροφής.

Ανάλογα με τα χαρακτηριστικά αυτά τα ψάρια διακρίνονται σε ορισμένα **χαρακτηριστικά πρότυπα ή τύπους αναζήτησης και λήψης της τροφής:**

α) Θηρευτές (predators): διακρίνονται σε **κυνηγούς** (hunters), αυτοί που κυνηγούν ενεργητικά τη λεία τους όπως ο τόνος **καθιστικοί θηρευτές** (luckers, sit and wait pursuits), που περιμένουν τη λεία να περάσει κοντά τους και να επιτεθούν αιφνίδια (μπαρακούντα). Σε ορισμένες περιπτώσεις ψάρια φέρουν ειδικά εξαρτήματα, που μοιάζουν με υποθετική λεία, προσελκύουν τα άλλα ψάρια κοντά και τα καταβροχθίζουν (π.χ. η πεσκαντρίτσα ή σκλεπού του γένους *Lophius*). Τέτοια εξαρτήματα μπορεί να είναι ορισμένες τροποποιημένες ακτίνες πτερυγίων, που μετατρέπονται σε κινητό δόλωμα, χρωματισμός μέρους ή και όλου του σώματος κ. ά.

β) Βοσκητές (grazers): ανήκουν τα ψάρια, που κόβουν ολόκληρα κομμάτια φυτών και τα καταβροχθίζουν, άλλα ψάρια ξύνουν την επιφάνεια ζωντανών οργανισμών (όπως κοράλια, πολύποδες κ.λ.π.) ή και βράχων ή τρέφονται με την επιπανίδα ή τα επίφυτα που είναι προσκολλημένα στα στελέχη των μακροφύτων.

γ) Διηθητές (filter feeders) : ανήκουν τα ψάρια, που φιλτράρουν το νερό με τη βοήθεια των βραγχιακών ακανθών και κατακρατούν έτσι διάτομα, καρκινοειδή ή αιωρούμενα στερεά βιογενή θρύμματα. Εδώ ανήκουν τα πλαγκτονοφάγα ψάρια.

δ) Μυζητικός τύπος : απαντάται κυρίως σε βενθοφάγα (οξύρυγχος), που απομυζούν τη λεία τους από το υπόστρωμα. Ορισμένα καταβροχθίζουν τη λεία μαζί με το υπόστρωμα, πέπτουν τη λεία και αποβάλλουν το υπόστρωμα.

ε) παρασιτικός τύπος : στην κατηγορία αυτή ανήκουν οι κυκλόστομοι και οι μυξίνοι, που τρέφονται με σωματικά υγρά των ψαριών που παρασιτούν. Ο ενδοειδικός παρασιτισμός των νάνων αρσενικών της οικογενείας Ceratidae θα μπορούσε να συνυπολογιστεί εδώ.

Η σύνθεση της διαίτας του ψαριού είναι αποτέλεσμα της αλληλεπίδρασης της σχέσης λείας- θηρευτή. **Ο εντοπισμός και η καταβρόχθιση της τροφής** επιτυγχάνεται με τους παρακάτω τρόπους :

A. Όργανα αισθήσεων : γιά τον εντοπισμό της τροφής

α) οπτικά ερεθίσματα-όραση.

β) ηλεκτρικό ερέθισμα

γ) μηχανικό ερέθισμα-ήχος και αλλαγή σχετικής πίεσης

δ) χημικό ερέθισμα-οσμή

B. Κίνητρα αναγνώρισης τροφής : η αναγνώριση γίνεται με βάση

α) το μέγεθος τροφής

β) την κίνηση της λείας

γ) το σχήμα της λείας

δ) το χρώμα και την αντίθεση χρώματος (Contrast) με το περιβάλλον

Γ. Διαδικασία αναζήτησης τροφής (συμπεριφορά-ηθολογία) Διαφέρει ανάλογα με το είδος και τον τροφικό τυπο του ψαριού.

Δ. Τρόπος προσέγγισης της λείας, καταδίωξη και εφόρμηση Διαφέρει ανάλογα με το είδος και τον τροφικό τυπο του ψαριού.

Ε. Μεταχείριση της λείας, κατάποση-καταβρόχθιση : σχετίζεται με

α) το σχήμα και μέγεθος του στόματος

β) τη μορφολογία δοντιών & άλλων οργάνων (βραγχιακές άκανθες)

γ) τον τρόπο μεταχείρισης της λείας (τεμαχισμός, κατόποση κ.λ.π.)

δ) τη μορφολογία του πεπτικού σωλήνα - πέψη

2. Μέθοδοι ανάλυσης και περιγραφής της δίαιτας.

Η μελέτη της διατροφής αποτελεί αντικείμενο βασικής σπουδαιότητας για την ιχθυολογική έρευνα και μπορεί να βοηθήσει στην κατανόηση της αυτοοικολογίας, των μηχανισμών παραγωγής της αλιεύσιμης βιομάζας, καθώς και του οικολογικού ρόλου των ιχθυοπληθυσμών σε ένα θαλάσσιο οικοσύστημα. Επιπλέον, μπορεί να δώσει τα απαραίτητα στοιχεία των διατροφικών απαιτήσεων ενός είδους και κατ' επέκταση τις δυνατότητες παραγωγής σιτηρεσίων για την καλλιέργεια του είδους. Η μελέτη της διατροφής βασίζεται στην ανάλυση του περιεχομένου των στομάχων.

A. Συλλογή και συντήρηση του δείγματος.

α) Συλλογή.

Ο σωστός σχεδιασμός της δειγματοληψίας πρέπει να προηγείται πάντοτε κάθε μελέτης. Για το σχεδιασμό της μελέτης της διατροφής συνήθως παίζουν ρόλο οι παρακάτω παράγοντες:

- 1) Ημερήσια διακύμανση της έντασης της διατροφής .
- 2) Εποχιακή διακύμανση της ποιότητας και ποσότητας της διατροφής.
- 3) Διακυμάνσεις σε ποιότητα και ποσότητα της διατροφής, που εξαρτώνται από το μέγεθος των ατόμων του ίδιου είδους
- 4) Διακυμάνσεις στην ένταση της διατροφής, που πιθανά οφείλονται σε άλλους βιολογικούς παράγοντες (π.χ. διαδικασία αναπαραγωγής).
- 5) Η επιλογή του εργαλείου δειγματοληψίας.

β) Συντήρηση.

Η συντήρηση του δείγματος γίνεται σε 4-10% υδατινού διαλύματος φορμόλης κατά προτίμηση σε θαλασσινό νερό. Για μικρά σε μέγεθος ψάρια το ψάρι μπορεί να συντηρείται ολόκληρο. Για πολύ μεγάλα σε μέγεθος, μπορούμε να αφαιρέσουμε προσεκτικά και να συντηρήσουμε μόνο το πεπτικό σύστημα. Η παραμονή στο συντηρητικό υγρό καλό είναι να διατηρείται για 10-12 μήνες, οπότε επέρχεται σκλήρυνση των ιστών. Τα στομάχια κάθε ατόμου θα πρέπει να φυλάσσονται χωριστά, και να ταξινομούνται.

B. Επεξεργασία δειγμάτων

Παράλληλα, θα πρέπει να κρατούνται ορισμένα βιολογικά στοιχεία για να υπάρξει ένα είδος ταυτότητας του οργανισμού, από τον οποίο προέρχεται το στομάχι. Τέτοια στοιχεία θεωρούνται το ολικό και το μεσουραίο μήκος, το βάρος και το βάρος μετά την αφαίρεση των οργάνων της σπλαχνικής κοιλότητας (καθαρό βάρος), καθώς επίσης το φύλο και το στάδιο ωρίμανσης, ενώ μπορούν να καταγράφονται και άλλα βιολογικά δεδομένα μέσω βιολογικών δεικτών.

Βιολογικοί μακροσκοπικοί δείκτες φυσικής κατάστασης

Μακροσκοπικά, και όπου αυτό είναι δυνατόν, μπορούν να αναγράφονται η σχετική περιεκτικότητα του ψαριού σε λίπος, και η σχετική πληρότητα του στομάχου.

Αν και οι κλίμακες μακροσκοπικού προσδιορισμού της περιεκτικότητας σε λίπος και της σχετικής στομαχικής πληρότητας είναι υποκειμενικές και χρειάζονται προσαρμογή σε κάθε είδος ψαριού, εντούτοις χρησιμοποιούνται ευρέως, γιατί δίνουν μία αρκετά ικανοποιητική αριθμητική προσέγγιση των αντίστοιχων χαρακτηριστικών.

Το βάρος της γονάδας και του ήπατος επίσης είναι βιολογικά στοιχεία, που βοηθούν στην εκτίμηση ορισμένων βιολογικών δεικτών της φυσικής κατάστασης του ψαριού, που σχετίζονται με τη διατροφή. Τέτοιοι βιολογικοί δείκτες της φυσικής κατάστασης ενός ιχθυοπληθυσμού είναι οι ακόλουθοι:

1. Ο γοναδοσωματικός δείκτης, ο οποίος δίνει την εικόνα της προοδευτικής αλλαγής της γεννητικής ωρίμανσης, και εκφράζεται από τη σχέση:

$$\text{GSI} = (\text{Wg} / \text{Wn}) * 100$$

όπου **Wg** είναι το βάρος της γονάδας και **Wn** το καθαρό σωματικό βάρος

2. Ο ηπατοσωματικός δείκτης, ο οποίος περιγράφει την κατάσταση του ψαριού σε σχέση με την εξέλιξη της ωρίμανσης των γονάδων και εκφράζεται από τη σχέση :

$$\text{HSI} = (\text{WI} / \text{Wn}) * 100$$

όπου **WI** είναι το βάρος του ήπατος και **Wn** το καθαρό σωματικό βάρος

2. Ο δείκτης ευρωστίας, ο οποίος περιγράφει τη φυσική κατάσταση του ψαριού χρησιμοποιώντας το σωματικό μήκος και το βάρος του και εκφράζεται από τη σχέση :

$$K_2 = Wt / a * L^b \quad (\text{δείκτης ευρωστίας κατά Le Cren})$$

Ο δείκτης αυτός, για $a = 1$ και $b = 3$ γίνεται ο κλασικός δείκτης ευρωστίας κατά Fulton, ο οποίος για μετρήσεις βάρους σε γραμμάρια και μετρήσεις μήκους σε χιλιοστά δίνεται από τη σχέση :

$$K_1 = 100000 * (Wt / L^3) \quad (\text{δείκτης ευρωστίας κατά Fulton})$$

όπου : Wt είναι το ολικό σωματικό βάρος, L είναι το ολικό μήκος και a και b είναι οι συντελεστές της γραμμής παλινδρόμησης μεταξύ μήκους και βάρους, που έχει τη μορφή :

$$\text{Log } Wt = \text{Log } a + b * \text{Log } L, \quad \text{ή αλλιώς } Wt = a * L^b$$

Οι μακροσκοπικοί δείκτες, που συνηθέστερα χρησιμοποιούνται είναι ο δείκτης της περιεκτικότητας σε λίπος και οι δείκτες σχετικής πληρότητας του στομάχου, του εντέρου και του οισοφάγου.

Για την αριθμητική προσέγγιση της περιεκτικότητας σε λίπος θα προτείναμε την εξαβάθμια κλίμακα της **Prozorovskaya**. Η κλίμακα αυτή παριστάνεται σχηματικά στην Εικόνα 1 και έχει ως ακολούθως :

Δείκτης λίπους 0 : Δεν υπάρχει καθόλου λίπος στο έντερο. Μερικές φορές το έντερο μπορεί να καλύπτεται από κάποια συνδετική ταινία. Επεκτάσεις αυτής της ταινίας μπορεί να βρίσκονται ανάμεσα στις αναστροφές του εντέρου.

Δείκτης λίπους 1 : Λεπτά συσσωματώματα λίπους κατανέμονται στις εσωτερικές πτυχώσεις του εντέρου. Συχνά εμφανίζεται μία στενή, αδιάκοπτη λωρίδα λίπους στις εσωτερικές πτυχώσεις.

Δείκτης λίπους 2 : Στενή, αδιάκοπτη λωρίδα πυκνού λίπους καλύπτει πλήρως τις εσωτερικές πτυχώσεις του εντέρου. Στο εδραίο τμήμα του εντέρου αρχίζουν να εμφανίζονται εξωτερικά ορισμένα μικρά συσσωματώματα λίπους.

κλίμακας

Δείκτης λίπους 3 : **δείκτη**
Πλατειά, αδιάκοπτη λωρίδα λίπους καλύπτει τις εσωτερικές πτυχώσεις του εντέρου και στο εδραίο πλέον τμήμα του, η οποία παραμένει αδιάκοπτη και στην εξωτερική πλευρά των πτυχώσεων. Τριγωνικά συσσωματώματα λίπους εμφανίζονται στις εξωτερικές πλευρές των καμπυλών, που δημιουργεί το έντερο.

Δείκτης λίπους 0



Δείκτης λίπους 1



Δείκτης λίπους 2



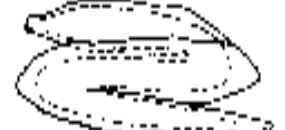
Δείκτης λίπους 3



Δείκτης λίπους 4



Δείκτης λίπους 5



Εικ.1. Σχηματική απεικόνιση της μακροσκοπικού προσδιορισμού του λίπους της Prozorovskaya.

Δείκτης λίπους 4 : Σχεδόν το σύνολο του εντέρου είναι καλυμμένο από πυκνό λίπος. Υπάρχουν όμως περιοχές του εντέρου, κυρίως στο πρώτο τμήμα του, που δεν καλύπτονται από λίπος.

Δείκτης λίπους 5 : Ολόκληρο πλέον το έντερο είναι καλυμμένο από πυκνό λίπος χωρίς να υπάρχουν ακάλυπτες περιοχές του. Συσσωματώματα λίπους αρχίζουν να καλύπτουν και άλλα όργανα και κυρίως τη γονάδα στη σπλαχνική κοιλότητα.

Για τη σχετική πληρότητα του στομάχου μία επίσης υποκειμενική κλίμακα, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι η ακόλουθη :

Δείκτης σχετικής πληρότητας 0 : Στομάχια εντελώς άδεια

Δείκτης σχετικής πληρότητας 1 : Στομάχια με ελάχιστη τροφή (έως 20 %)

Δείκτης σχετικής πληρότητας 2 : Στομάχια με αρκετή τροφή, όχι πλήρη

Δείκτης σχετικής πληρότητας 3 : Στομάχια πλήρη (ολόκληρο το στομάχι είναι γεμάτο, αλλά τα τοιχώματά του είναι σχετικά σκληρά και αδιαφανή)

Δείκτης σχετικής πληρότητας 4 : Στομάχια υπερπλήρη με πολύ τεντωμένα και σχεδόν λεπτά, διαφανή τοιχώματα.

Αντίστοιχες κλίμακες με την παραπάνω μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την αριθμητική προσέγγιση της σχετικής πληρότητας του εντέρου και του οισοφάγου.

Γιά την ακριβέστερη προσέγγιση της ποιοτικής και ποσοτικής σύνθεσης της δίαιτας η ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου θεωρείται αναγκαία.

Γ. Ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου.

Η ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου μπορεί να είναι ποιοτική (συστηματική ταξινόμηση όλων των λειών που παρουσιάζονται μέχρι το επίπεδο του είδους) και ποσοτική (ποσοστό της κάθε λείας στο σύνολο).

Η ποιοτική ανάλυση προηγείται πάντα της ποσοτικής. Οι λείες αναγνωρίζονται και κατατάσσονται σε κατηγορίες (ανάλογα με τις επιλογές μας). Ακολουθεί η ποσοτική ανάλυση σε κάθε κατηγορία λείας.

Υπάρχουν τρεις κύριες μέθοδοι ποσοτικής ανάλυσης του στομαχικού περιεχομένου.

α) Αριθμητική μέθοδος

β) Ογκομετρική μέθοδος

γ) Βαρυμετρική ή Σταθμική μέθοδος

Και για τις τρεις μεθόδους είναι απαραίτητο τα τεμάχια της τροφής να εξεταστούν κάτω από μικροσκόπιο και να διαχωριστούν όσο το δυνατόν καλλίτερα σε ταξινομικές ομάδες. Συνήθως η ταξινόμηση αυτή δε χρειάζεται να φτάσει μέχρι το είδος, καθώς οι ανάγκες της μελέτης καλύπτονται και από το διαχωρισμό σε ευρύτερες ομάδες.

Η επιλογή της μεθόδου ανάλυσης εξαρτάται τόσο από τους στόχους της μελέτης, όσο και από τη φύση της τροφής. Αν η μελέτη είναι συγκριτική και η τροφή αποτελείται από πολλές μικρές λείες διαφόρων ταξινομικών ομάδων συνήθως χρησιμοποιούμε την αριθμητική και τη σταθμική μέθοδο. Αν οι λείες είναι λίγες και μεγάλες χρησιμοποιούμε συνήθως μόνο τη σταθμική. Αν αντίθετα η μελέτη στοχεύει στην ενεργειακή απόδοση της τροφής χρησιμοποιείται η σταθμική ανάλυση με βάση το ξηρό βάρος σε συνδυασμό με θερμιδομετρικές ή χημικές αναλύσεις. Ο συνδυασμός περισσότερων της μιας μεθόδων επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ανάλογα με τους στόχους της μελέτης.

Οι πιο πάνω μέθοδοι αφορούν το σύνολο σχεδόν των εργαλείων μελέτης της διατροφής των ιχθυοπληθυσμών. Για την ευκολότερη προσέγγιση της περιγραφής της δίαιτας ενός πληθυσμού και για συγκρίσεις μεταξύ της δίαιτας κατηγοριών ενός ή περισσότερων ιχθυοπληθυσμών συνήθως χρησιμοποιούνται ορισμένοι προκαθορισμένοι δείκτες. Τέτοιοι δείκτες είναι οι ακόλουθοι :

1. Συχνότητα παρουσίας. (f)

Χρησιμοποιείται και στις τρεις μεθόδους ανάλυσης και δίνεται από τη σχέση:

$$f = 100 * \frac{\text{Αριθμός στομάχων, που περιείχαν μία κατηγορία τροφής}}{\text{Συνολικός αριθμός στομάχων, που περιείχαν τροφή}}$$

2. Ποσοστιαία σύνθεση ή αφθονία (C_n), (C_w), (C_v)

Χρησιμοποιείται επίσης και στις τρεις μεθόδους ανάλυσης. Ως ποσό προς μέτρηση μπορεί να χρησιμοποιηθεί αντίστοιχα ο αριθμός των τεμαχίων τροφής (**C_n αριθμητική αφθονία**), το βάρος (**C_w σταθμική αφθονία**) ή ο όγκος τους (**C_v ογκομετρική αφθονία**) και δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$C_n \text{ ή } C_w \text{ ή } C_v = 100 * \frac{\text{Ποσό μίας κατηγορίας τροφής}}{\text{Συνολικό ποσό τροφής}}$$

3. Δείκτης συλλεκτικότητας (S.I.)

Δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$S.I. = W_{\alpha} / W_{\pi} = \frac{\text{Ποσοστιαία σύνθεση στο στομάχι της τροφής } \alpha}{\text{Ποσοστιαία σύνθεση της ίδιας τροφής στο περιβάλλον}}$$

4. Δείκτης επιλογής (E.I.)

Δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$E.I. = (W_{\alpha} - W_{\pi}) / (W_{\alpha} + W_{\pi}) \quad \text{και λαμβάνει τιμές από } -1 \text{ έως } +1$$

5. Δείκτης πληρότητας (C.I.)

Δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$C.I. = 10000 * (W_s / W_f) = \frac{\text{Βάρος περιεχομένου του στομάχου}}{\text{Βάρος ψαριού}}$$

6. Δείκτης σχετικής σπουδαιότητας στην δίαιτα (I.R.I.)

Εκφράζει μαθηματικά τη σημασία της κάθε λείας στην δίαιτα και επιτρέπει την αριθμητική οριοθέτηση των κατηγοριών των διαφόρων λειών σε κύριες, δευτερεύουσες και τυχαίες. Δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$I.R.I. = f * (C_n + C_w)$$

όπου: **f** είναι η συχνότητα παρουσίας της λείας α και

C_n και **C_w** είναι η αριθμητική και σταθμική αφθονία της ίδιας λείας

Δ. Εργαστηριακή μελέτη του στομαχικού περιεχομένου

Πριν από τη μελέτη του στομαχικού περιεχομένου, επειδή συνήθως τα ψάρια συντηρούνται σε φορμόλη, τα ξεπλένουμε για δύο περίπου μέρες με νερό.

Γιά την εξέταση του στομαχικού περιεχομένου απαιτούνται οι παρακάτω ενέργειες :

1. Καταγραφή των χαρακτηριστικών αλιείας του δείγματος (εργαλείο αλιείας, τοποθεσία, μέρα και ώρα, άλλα είδη που αλιεύθηκαν κ.λ.π.).
2. Κατόπιν μετράμε και καταγράφουμε τα βιολογικά χαρακτηριστικά :
Μετράμε Ολικό σωματικό μήκος, Μεσουραίο μήκος και ολικό σωματικό βάρος.

Στη συνέχεια, με το ανατομικό ψαλίδι, κόβουμε το τοίχωμα της κοιλιακής χώρας ξεκινώντας από το άνοιγμα της έδρας και καταλήγοντας στο κεφάλι. Επειδή μερικές φορές μαζεύεται υγρό στην σπλαχνική κοιλότητα, φροντίζουμε να το απομακρύνουμε. Προσεκτικά ανοίγουμε τα κοιλιακά τοιχώματα και παρατηρώντας καταγράφουμε τους **μακροσκοπικούς βιολογικούς δείκτες**.

Κατόπιν, με το ψαλίδι κόβουμε μπροστά από τον οισοφάγο και στην απόληξη της έδρας και αποχωρίζουμε από το ψάρι τον πεπτικό σωλήνα καθώς επίσης τη γονάδα και το ήπαρ. Φυλάσσουμε σε διαφορετικά τριβλία (petri), των οποίων είναι γνωστό το απόβαρο, τον οισοφάγο, το στομάχι και το έντερο.

Στην συνέχεια ζυγίζουμε το βάρος της γονάδας και του ήπατος σε ζυγό ακριβείας (με ακρίβεια 0,0001), απομακρύνοντας με απορροφητικό χαρτί την υγρασία. Στην ίδια ζυγαριά ζυγίζουμε το περιεχόμενο του στομάχου, του οισοφάγου και του εντέρου, τα οποία έχουμε καθαρίσει από τα υπολείμματα της τροφής, απομακρύνοντας και εδώ την υγρασία με απορροφητικό χαρτί.

3. Στο petri, που περιέχει τα υπολείμματα τροφής του εντέρου, εξετάζουμε σε στερεοσκόπιο και όπου αυτό είναι δυνατόν, τα υπολείμματα των διαφόρων λειών (περιβλήματα οστράκων, δόντια, χυτινώδη περιβλήματα δεκαπόδων, κωπηπόδων κ.λ.π.). Στο petri, που περιέχει τα υπολείμματα τροφής του οισοφάγου σημειώνουμε την ύπαρξη ή όχι τροφής σαν ένδειξη της πιθανής αποβολής τροφής κατά τη σύλληψη. επίσης εξετάζουμε την ύπαρξη ή όχι άμμου, ή άλλων άπεπτων τεμαχίων.

4. Στο petri, που περιέχει τα υπολείμματα τροφής του στομάχου προσπαθούμε να αναγνωρίσουμε σε στερεοσκόπιο όλες τις λείες

5. Αφού εξετάσουμε τις λείες προσπαθούμε να τις κατατάξουμε σε συστηματικές ομάδες, μετράμε τον αριθμό λειών κάθε ομάδας χωριστά και το συνολικό βάρος κάθε ομάδας, σημειώνοντας παράλληλα το βαθμό πέψης.

Σε περιπτώσεις, όπου ο χρόνος εξέτασης σε στερεοσκόπιο προβλέπεται μακρός, για να μην ξεραίνεται το περιεχόμενο του στομάχου, μπορούμε να προσθέτουμε είτε διάλυμα γλυκερίνης 5-10 % όγκου σε όγκο σε νερό, είτε απλά νερό. Η συντήρηση των διαχωρισμένων λειών γίνεται με διάλυμα φορμαλίνης 2 % σε νερό σε φιαλίδια, στα οποία αναγράφεται το άτομο από το οποίο προήλθαν και η συστηματική ομάδα, στην οποία ανήκουν.

6. Στη συνέχεια ακολουθεί η στατιστική επεξεργασία των δειγμάτων, που περιλαμβάνει υπολογισμούς των παρακάτω :

α) κατανομή ολικού μήκους των ψαριών κάθε δείγματος και διαχωρισμός του δείγματος σε κύριες τάξεις μήκους.

β) υπολογίζεται για κάθε ψάρι ο δείκτης C.I. και γίνεται υπολογισμός των διαφόρων δεικτών (C_n , C_w , f και IRI) και εύρεση του M.O. για κάθε είδος και για κάθε τάξη μήκους ανά δείγμα.

γ) γίνεται απεικόνιση των διαφόρων δεικτών σε πίπτες.

δ) Καταγράφονται οι όποιες παρατηρήσεις, σχετικά με την σημαντικότητα ορισμένων κατηγοριών λείας στη διαίτα των εξεταζόμενων κατηγοριών ψαριών (είδη και τάξεις μήκους).

E. Τυπική διαδικασία ανάλυσης της διαίτας.

Όταν προκαθοριστούν οι στόχοι της έρευνας, η διαδικασία που ακολουθείται συνήθως είναι η εξής

1. Επιλογή δειγματοληπτικού μεγέθους. Ανάλογα με τους στόχους καθορίζεται

α) η συχνότητα δειγματοληψίας (μία δειγματοληψία ανά μήνα, τέσσερις έως έξι δειγματοληψίες την ίδια μέρα για κάθε εποχή και περιοχή δειγματοληψίας κ.ά.)

β) το μέγεθος του δείγματος (δέκα άτομα τυχαία ή δέκα άτομα ανά τάξη μεγέθους κ.ά.)

2. Συλλογή και συντήρηση του δείγματος από τους σταθμούς δειγματοληψίας

3. Ταξινόμηση των ψαριών σε ομάδες, ή διαχωρισμός και λήψη υποδειγμάτων

4. Εργαστηριακή ανάλυση, που περιλαμβάνει τη μελέτη του στομαχικού περιεχομένου

5. προκαταρκτική ανάλυση αποτελεσμάτων, καταλληλότητα, αρτιότητα δειγμάτων

6. υπολογισμός διαφόρων δεικτών

7. απεικόνιση αποτελεσμάτων.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bagenal, T.B.**, 1978. Methods for assessment of fish production in freshwater (3rd ed.). Blackwell Scientific Publications, Oxford : 348 pp.
- Bauchot M.L. & A. Pras**, 1980. Guide des poissons marins d' Europe. Delachaux & Niestle (Eds). Paris : 427 pp.
- Beamish, R.J. & G.A. McFarlane**, 1983. The forgotten requirement for age validation in Fisheries Biology. Trans. Am. Fish. Soc., 112 : 735-743.
- Beamish, R.J. & G.A. McFarlane**, 1987. Current trends in age methodology. In : "Age and growth of fish". Summerfelt, R.C. & G.E. Hall (Eds), Iowa State Univ. Press, Ames : 15-44.
- Ben-Tuvia, A.**, 1971. Revised list of the Mediterranean fishes of Israel. Isr. J. of Zool., 20 : 1-39.
- Beverton, R.J.H. & S.J. Holt**, 1957. On the dynamics of exploited fish populations. Her Majesty's Stat. Off., London. Part III, Fish. Invest. Ser. II, Vol. XIX : 172-307.
- Βιδάλης, Κ.**, 1994. Βιολογία και δομή των πληθυσμών της μαρίδας (*Spicara smaris*, L. 1758) στη θαλάσσια περιοχή της Κρήτης. Διδ. διατριβή, Παν/μιο Κρήτης, Τμ. Βιολογίας, Ηράκλειο : 257 σελ.
- Blaxter, J.H.S.**, 1970. Temperature-Fishes. In : "Marine Ecology", O. Kinne (Ed.). Vol. I. Wiley, Chichester: 515-616.
- Charnov, E.**, 1982. The theory of sex allocation. Princeton Univ. Press, Princeton-N.Jersey : 335 pp.
- Cushing, D.H.**, 1975. Marine ecology and fisheries. Cambr. Univ. Press, Cambridge : 278 pp.
- Dobzansky, Th.**, 1970. Genetics of the Evolutionary Process. Columbia Univ. Press, N. York : 732 pp.
- Economidis, P. & M.L. Bauchot**, 1976. Sur une collection de poissons des mers helleniques deposee au Museum National d'Histoire naturelle (mers Egee et Ionienne). Bull. de Mus. Nat. d'Hist. Natur., Zool. Ser. III, 392 : p. 274.
- FAO**, 1993. Bull. of Fish. Statistics 32. CFCM Stat. Bull. No 9, FAO/U.N., Rome : 239 pp.
- Gulland, J.A.**, 1985. Fish stock assessment, a manual of basic methods. John Wiley & Sons, Ltd. N.York : 223 pp.
- Harden Jones F.R.**, 1981. Fish migration; strategy and tactics : 139-165. In : "Animal migration". Aidley, D.J. (Ed.). Cambr. Univ. Press, Cambridge, England.
- Harrison, R.G.**, 1989. Animal mitochondrial DNA as a genetic marker in population and evolutionary biology. Trend. Ecol. Evol., 4 (1) : 6-11.
- Helfman, G.S.**, 1978. Patterns of community structure in fishes; summary and overview. Environ. Biol. Fish., 3 : 129-148.

- Hureau, J.C. & Th. Monod**, 1979a (Eds.). CLOFNAM, Check-list of the fishes of the North-eastern Atlantic and of the Mediterranean. Vol. I. UNESCO, Paris : 682 pp.
- Hureau, J.C. & Th. Monod**, 1979b (Eds.). CLOFNAM, Check-list of the fishes of the North-eastern Atlantic and of the Mediterranean. Vol. II. UNESCO, Paris : 394 pp.
- Hyslop, F.J.**, 1980. Stomach content analysis; a review of methods and their application. *J. Fish. Biol.*, 17 : 411-429.
- Iles, T.D. & M. Sinclair**, 1982. Atlantic herring: stock discreteness and abundance. *Science*, 215 : 627-633.
- Le Cren, E.D.**, 1951. The length-weight relationship and seasonal cycle in gonad weight and condition in the perch (*Perca fluviatilis*). *J. Anim. Ecol.*, 20 (2) : 201-219.
- Lindsey, C.C.**, 1981. Stocks are chameleons : plasticity in gill rakers of coregonid fishes. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38 : 1497-1506.
- Love, R.M.**, 1980. The chemical biology of fishes. 2 : Adv. 1968-1977. Acad. Press, London: 387 pp.
- MacLean, J.A., & D.O. Evans**, 1981. The stock concept discreteness of fish stocks and fisheries management. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.*, 38 : 1889-1898.
- Marr, J.C.**, 1957. Contributions to the study of Subpopulations of fishes. U.S. Fish & Wildlife Serv., Spec. Sci. Rep.-Fisheries, 208 : 129 pp.
- McCleave, J.D., G.P. Arnold, J.J. Dodson & W.H. Neill**, 1982. Mechanisms of Migration in fishes. Plenum Press, N.York & London : 574 pp.
- McKeown, B.A.**, 1984. Fish migration. Croom Helm Ltd., London : 222 pp.
- Μωραΐτου-Αποστολοπούλου, Μ.**, 1981. ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑ. Παν/μιο Αθήνας, Βιολογικό Τμήμα, ΑΘΗΝΑ Α.Ε., Αθήνα, 236 σελ.
- Newman, R.M. & S. Weisberg**, 1987. Among- and within-fish variation of scale growth increments in brown trout. In : "Age and growth of fish". Summerfelt, R.C. & G.E. Hall (Eds). Iowa State Univ. Press, Ames : 159-166.
- Nielsen L.A. & D.L. Johnson**, 1983 (Eds, 2nd print 1985). Fisheries techniques. Am. Fish. Soc. Blacksburg : 468 pp.
- Nikolsky, G.V.**, 1963. The Ecology of fishes. Acad. Press, London & N.York : 352 pp.
- Nikolsky, C.V.** 1980. Theory of fish population dynamics as the biological background for rational exploitation and management of fish resources. Koeltz Sci. Publ., Koenigstein : 323pp.
- Oliver, P. & J. Bravo de Laguna**, 1976. 1st findings in the evaluation of pelagic fishes by Acoustic Methods in Balearic waters Spain cruises pelagia-VII 75 and pelagia-XI 75. *Bol. Inst. Esp. Oceanogr.*, 210 : 7-45.

- Panella, G.**, 1971. Fish otoliths. *Science*, 173 : 1124-1127.
- Panella, G.**, 1988. Growth patterns in fish sagittae. In : "Skeletal growth of aquatic organisms". Rhoads, D.C. & R.A. Lutz (Eds). Plenum Press, New York : 519-560.
- Pauly, D.**, 1987. A review of the ELEFAN system for analysis of length-frequency data in fish and aquatic invertebrates. In : "Length based methods in fisheries research". Pauly, D. & G.R. Morgan (Eds). ICLARM, Conf. Proc. 13, Manila : 7-35.
- Πετριδης, Δ.**, 1992. ΙΧΘΥΟΛΟΓΙΑ ΙΙ, Σημειώσεις, ΤΕΙ ΜΕΣΣΟΛΟΓΓΙΟΥ, 114 σελ.
- Pitcher, T.J.**, 1986. Functions of shoaling behaviour in Teleosts. In : "The behaviour of Teleost fishes". Pitcher, T.J. (Ed.). Croom Helm, London : 294-336.
- Reinboth, R.**, 1970. Intersexuality in fishes. *Mem. Soc. Endocr. G.B.*, 18 : 515-543.
- Reinboth, R.**, 1980. Can sex inversion be environmentally induced? *Biol. Reprod.*, 22 : 49-59.
- Riedl, R.**, 1986. Fauna y Flora del mar Mediterraneo. (Ed.) Omega, S.A., Barcelona : 710-711.
- Royce, W.F.**, 1952. Statistical comparison of morphological data. *U.S. Fish & Wildlife Serv., Spec. Sci. Rep.-Fisheries*, 208 : 7-28.
- Sadovy, Y. & D.Y. Shapiro**, 1987. Criteria for the diagnosis of hermaphroditism in fishes. *Copeia*, 1 : 136-156.
- Shapiro, D.Y.**, 1984. Sex reversal and sociodemographic processes in coral reef fishes. In : "Fish Reproduction : Strategies and Tactics". Potts, G.W. & R.J. Wootton (Eds). Acad. Press, London : 103-118.
- Smith, P.J. & A. Jamieson**, 1986. Stock discreteness in herrings; a conceptual revolution. *Fish. Res.*, 4 : 223-234.
- Tait, R.V.**, 1981. *Elements of marine ecology*. Butterworths, London : 355 pp.
- Thomas, R.M.**, 1983. Back-calculation and time of hyaline formation in the otoliths of the pilchard off South West Africa. *S. Afr. J. Mar. Sci.*, 1 : 3-18.
- Tortonese, E.**, 1975. Osteichthyes. (Pesci ossei). Vol. II, Ed. Calderini. Bologna : 621 pp.
- Wardle, C.S.**, 1986. Fish behaviour and fishing gear. In : "The behaviour of Teleost fishes". Pitcher, T.J. (Ed.). Croom Helm, London : 463-495.
- Warner, R.R.**, 1975. The adaptive significance of sequential hermaphroditism in animals. *Am. Nat.*, 109 : 61-82.
- Warner, R.R, D.R. Robertson & E.G. Leigh Jr.**, 1975. Sex change and sexual selection. *Science*, 190 : 633-638.
- Wetherley, A.H.**, 1972. *Growth and ecology of fish populations*. Acad. Press, London : 350 pp.
- Weatherley, A.H. & H.S. Gill**, 1987. *The biology of fish growth*. Acad. Press, London : 427 pp.

- Whitehead, P.J.P., M.-L. Bauchot, J.-C Hureau, J. Nielsen & E. Tortonese**, 1986 (Eds). Fishes of the North-Eastern Atlantic and the Mediterranean. Vol. II. UNESCO, Paris : 517-1007.
- Widrig, M.T. & B.A. Taft**, 1957. Measurement of population movement by observation of meristic or morphometric characters. U.S. Fish & Wildlife Serv., Spec. Sci. Rep.-Fisheries, 208 : 29-35.
- Woodhead, A.D.**, 1979. Senescence in fishes. In : "Fish Phenology, Symposia of the Zoological Society of London, No 44". Miller, P.J. (Ed.). Acad. press, London : 179-205.
- Wootton, R.J.**, 1992. Fish ecology. Blackie, Glasgow & London : 212 pp.
- Zander, C.D.**, 1982. Feeding ecology of littoral gobiid and blennioid fish of the Banyul's area (Medit. Sea); I. Main food and trophic dimension of niche ecotope. Vie et Milieu, 32 : 1-10.