

**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**  
**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**  
**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**“ Φυσιο-Παθολογία Έσω Ωτός & Ακοής, Πλάγιας Γραμμής & Ισορροπίας στον Χώρο, Εφαρμογές στην Υδατοκαλλιέργεια και Αλιεία”**



**ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑ ΝΤΕΛΛΑ**

**Εποπτεύων Καθηγητής**  
**ΚΑΝΛΗΣ ΓΡΗΓΟΡΙΟΣ**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2014**

**ΒΑΣΕΙ ΤΗΣ ΙΣΧΥΟΥΣΑΣ ΝΟΜΟΘΕΣΙΑΣ ΠΕΡΙ ΠΝΕΥΜΑΤΙΚΗΣ ΠΕΡΙΟΥΣΙΑΣ ΚΑΙ  
ΔΙΚΑΙΩΜΑΤΩΝ**

**ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ ΡΗΤΑ**

**Η ΜΕΡΙΚΗ Ή ΟΛΙΚΗ ΕΚΤΥΠΩΣΗ ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ Η ΑΝΤΙΓΡΑΦΗ ΣΕ ΟΠΟΙΑΔΗΠΟΤΕ  
ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΗ ΜΟΡΦΗ ΤΗΣ ΠΑΡΟΥΣΑΣ ΠΤΥΧΙΑΚΗΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕ ΤΟΝ  
ΤΙΤΛΟ**

**< Φυσιο-Παθολογία Έσω Ωτός & Ακοής, Πλάγιας Γραμμής & Ισορροπίας στον  
Χώρο, Εφαρμογές στην Υδατοκαλλιέργεια και Αλιεία >**

**ΧΩΡΙΣ ΤΗΝ ΕΓΓΡΑΦΗ ΣΥΓΚΑΤΑΘΕΣΗ Ή ΑΔΕΙΑ ΤΗΣ ΣΥΓΓΡΑΦΕΑΣ**

**κας ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΑΣ ΝΤΕΛΛΑ**

**ΚΑΙ ΤΟΥ ΕΠΟΠΤΟΥ ΚΑΘΗΓΗΤΗ ΤΟΥ  
ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ & ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ  
ΤΟΥ Τ.Ε.Ι. – ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**κ. ΓΡΗΓΟΡΙΟΥ ΚΑΝΛΗ**

## Ευχαριστίες

Θα ήθελα να εκφράσω τις ειλικρινείς μου ευχαριστίες στον εποπτεύοντα της εργασίας  
καθηγητή μου

κ. Γρηγόριο Κανλή

για τις χρήσιμες πληροφορίες και εύστοχες παρατηρήσεις του, κατά την εκπόνηση της  
εργασίας

στους συναδέλφους μου Ιχθυολόγους

κ. Χριστόφορο Κέρογλου

κα. Ελένη Παπαλεξίου

καθώς και στην οικογένεια μου για την οικονομική και ψυχολογική βοήθεια που μου  
προσέφερε απλόχερα σε αυτά τα χρόνια των σπουδών μου.

## Περίληψη

Στόχος της παρούσας εργασίας είναι να γίνει μια εκτενής παρουσίαση της δομής και του τρόπου λειτουργίας των αισθητήριων οργάνων των ιχθύων και πως μπορούμε να εκμεταλλευτούμε την γνώση αυτή στις μονάδες ιχθυοκαλλιέργειας και στην αλιεία. Γίνεται αναφορά στην δομή και λειτουργία το έσω ωτός και της πλάγιας γραμμής του ψαριού καθώς και στην αίσθηση της ακοής, την δυνατότητα ισορροπίας και την αντίληψη του ψαριού για την θέση του στον υδάτινο χώρο.

Η έρευνα πραγματοποιήθηκε τόσο σε ιχθυογεννητικούς σταθμούς, πλωτές και χερσαίες εγκαταστάσεις μονάδων πάχυνσης ψαριών όσο και σε αλιευτικά σκάφη και κατέγραψε ένα μεγάλο πλήθος θορύβων ή/και ήχων που παράγονται από τον απαιτούμενο εξοπλισμό που χρησιμοποιείται και την ανθρώπινη καθημερινή δραστηριότητα. Αναλυτικότερα, αντλίες νερού και αέρα με τις αντίστοιχες σωληνώσεις τους και φίλτρα, διάφορες συσκευές υποστήριξης και λοιπά μηχανήματα των εγκαταστάσεων καθώς και οι κινητήρες των σκαφών παρήγαγαν διάφορους θορύβους ως προς την ένταση, την συχνότητα και την χρονική διάρκεια αυτών.

Ακολούθως, διερευνήθηκε η κολυμβητική ικανότητα και η ισορροπία του ψαριού στο νερό και οι λοιποί παράγοντες που μπορούν να προκαλέσουν την μη σωστή λειτουργία ή την σοβαρή μείωση των προαναφερθέντων αισθήσεων στο ψάρι. Διαπιστώθηκε ότι η εισαγωγή έντονου στρες στον ιχθυοπληθυσμό των παρενοχλημένων ψαριών συνετέλεσε στην ελάττωση των φυσιολογικών δραστηριοτήτων αυτών κυρίως είτε επρόκειτο για την παραγωγή αυγών στους γεννήτορες είτε για την αναζήτηση τροφής στα νεαρά παχυνόμενα ιχθύδια. Στις περιπτώσεις αυτές διαπιστώθηκε ότι τα ψάρια ήταν επίσης επιρρεπή και σε διάφορες ασθένειες.

Τέλος, παρατίθενται προτάσεις για την μείωση του θορύβου και των δονήσεων στους χώρους εκτροφής των ψαριών, οι οποίες εφόσον εφαρμοσθούν συντελούν

στην σωστότερη διαβίωση των εκτρεφόμενων ειδών προς τελικό όφελος της ίδιας της ιχθυοκαλλιέργειας.

**Λέξεις Κλειδιά :** Αισθητήρια όργανα, έσω ους, πλάγια γραμμή, ιχθυοκαλλιέργεια, αλιεία, θόρυβος, κολύμβηση, ισορροπία, στρες.

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦ.	Πίνακας περιεχομένων	Σελ.
	<b>Copy write</b>	<b>1</b>
	<b>Ευχαριστίες</b>	<b>2</b>
	<b>Περίληψη &amp; Λέξεις Κλειδιά</b>	<b>3</b>
	<b>Εισαγωγή</b>	<b>6</b>
<b>1.</b>	<b>Νευρικό Σύστημα – Αισθητήρια Όργανα Ιχθύων</b>	<b>7</b>
<b>1.1</b>	<b>Κεντρικό Νευρικό Σύστημα</b>	<b>7</b>
<b>1.1.1</b>	<i>Ο εγκέφαλος</i>	<b>7</b>
<b>1.1.2</b>	<i>Ο νωτιαίος μυελός</i>	<b>10</b>
<b>1.2</b>	<b>Περιφερειακό νευρικό σύστημα</b>	<b>11</b>
<b>1.3.</b>	<b>Αισθητήρια όργανα</b>	<b>12</b>
<b>1.3.1.</b>	<i>Έσω ους</i>	<b>12</b>
<b>1.3.1.1</b>	<i>Οι ακουστικές δυνατότητες των ψαριών</i>	<b>15</b>
<b>1.3.2</b>	<i>Σύστημα πλάγιας γραμμής</i>	<b>16</b>
<b>1.3.2.1</b>	<i>Δυνατότητες ισορροπίας των ψαριών, αντίληψη της θέσης τους στο νερό</i>	<b>19</b>
<b>2.</b>	<b>Συσχέτιση του περιβάλλοντος - αισθητήριων οργάνων</b>	<b>21</b>
<b>2.1.</b>	<b>Φυσιολογία της ακοής, ισορροπίας και θέσης του ψαριού στο νερό</b>	<b>22</b>
<b>2.1.1</b>	<i>Επιπτώσεις του ήχου, δυνατότητα ισορροπίας και αντίληψη της θέσης και κίνησης του ψαριού στο νερό.</i>	<b>23</b>
<b>2.2</b>	<b>Παθολογία της ακοής, ισορροπίας και θέσης του ψαριού στο νερό</b>	<b>25</b>
<b>2.2.1</b>	<i>Δυσλειτουργία της ακοής, έλλειψη ισορροπίας και δυσαρμονία κινήσεων του ψαριού στο νερό</i>	<b>27</b>
<b>3.</b>	<b>Έρευνα πεδίου</b>	<b>30</b>
<b>4</b>	<b>Συμπεράσματα - Συζήτηση</b>	<b>36</b>
<b>5</b>	<b>Βιβλιογραφία</b>	<b>41</b>
<b>5.1</b>	<b>Ελληνόγλωσση</b>	<b>41</b>
<b>5.2</b>	<b>Ξενόγλωσση</b>	<b>41</b>
<b>5.3</b>	<b>WebPages</b>	<b>44</b>

## Εισαγωγή

Η σύγχρονη υδατοκαλλιέργεια απαιτεί την ολοένα και μεγαλύτερη χρήση μηχανολογικού εξοπλισμού και διαφόρων άλλων συσκευών που λειτουργώντας παράγουν ισχυρές δονήσεις και ήχους. Οι ήχοι αυτοί με βάση την διάρκεια, την ένταση και την συχνότητα τους θα μπορούσαν να χαρακτηρισθούν και ως θόρυβοι.

Γνωρίζοντας ότι παρόμοιες δονήσεις και θόρυβοι σε άλλου είδους επιχειρήσεις όπως στα πτηνοτροφία και χοιροστάσια είχαν αρνητική επίδραση στην εκτροφή με αισθητή μείωση στην παραγωγή, στην παρούσα εργασία θέλουμε να εξετάσουμε αν κάτι παρόμοιο συμβαίνει και στην ιχθυοκαλλιέργεια και πως η αίσθηση της ακοής και η παρουσία των δονήσεων στο νερό επηρεάζουν τις φυσιολογικές δραστηριότητες στο ψάρι.

Τα αισθητήρια όργανα που εμπλέκονται στην λήψη και αξιολόγηση των ήχων καθώς και της έντασης, της συχνότητας και της πηγής των παλμικών δονήσεων είναι το έσω ους και η πλάγια γραμμή. Επιπλέον, τα ίδια όργανα πληροφορούν το ψάρι για τη θέση του σώματος στο χώρο, για την ισορροπία του στο νερό και ρυθμίζουν τον μυϊκό του τόνο.

Βάσει των δεδομένων αυτών, θεωρούμε ορθό να συνεκτιμήσουμε την αίσθηση της ακοής με την κολυμβητική ικανότητα του ψαριού και την αντίληψη της ισορροπίας του στον υδάτινο χώρο. Ακολουθώντας, πρέπει να διερευνήσουμε πόσο «αθόρυβο» μπορεί να είναι το υδάτινο περιβάλλον και κατά το πόσο οι δονήσεις και οι διάφοροι θόρυβοι από τις εγκαταστάσεις, τον εξοπλισμό αλλά και την υπόλοιπη ανθρώπινη δραστηριότητα μπορούν να εισάγουν στρες σε έναν ιχθυοπληθυσμό και τι επιπτώσεις έχουν για το «ευ ζην» των ψαριών.

## ΚΕΦ. 1 Νευρικό Σύστημα – Αισθητήρια Όργανα Ιχθύων

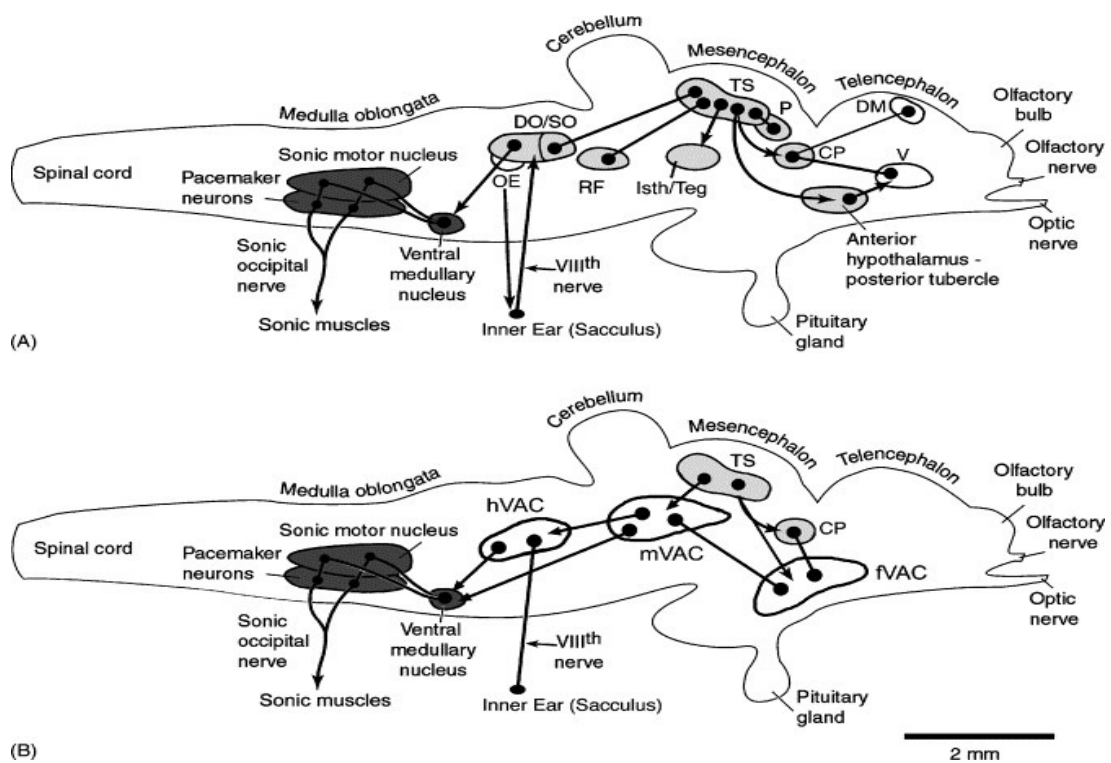
**Νευρικό Σύστημα.** Το νευρικό σύστημα των ψαριών διακρίνεται σε κεντρικό και περιφερικό.

### 1.1. Κεντρικό Νευρικό Σύστημα

Το κεντρικό νευρικό σύστημα αποτελείται από τον εγκέφαλο και το νωτιαίο μυελό.

#### 1.1.1 Ο εγκέφαλος

Ο εγκέφαλος βρίσκεται μέσα στην κраниκή κοιλότητα και η διαμόρφωση του μακροσκοπικά είναι παρόμοια εκείνης των ανώτερων σπονδυλωτών (Εικ. 1).



**Εικόνα 1:** Η δομή και λειτουργία του εγκεφάλου ενός τυπικού οσείχθους

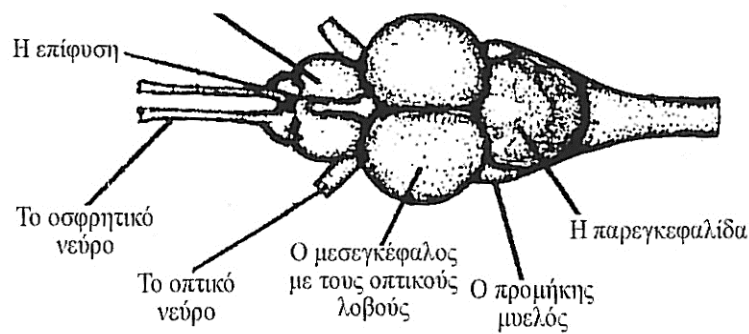


Ο εγκέφαλος που βρίσκεται στην κρανιακή κοιλότητα είναι πενταμερής, όπως και σε όλα τα σπονδυλωτά. Αποτελείται από:

Τον **τελεγκέφαλο ή προεγκέφαλο (*Prosencephalon* ή *Telencephalon*)**. Το μέρος αυτό του εγκεφάλου στα ψάρια δεν έχει σημαντική ανάπτυξη. Αποτελείται από: α) τους οσφρητικούς λοβούς, οι οποίοι είναι ογκώδεις και συνδέονται με τον εγκέφαλο με μακρείς μίσχους, β) μερικά κέντρα σύνδεσης και γ) τα υποτυπώδη εγκεφαλικά ημισφαίρια, τα οποία κατά κανόνια είναι λεία.

Τον **διεγκέφαλο (*Diencephalon*)**. Αυτός βρίσκεται μεταξύ των εγκεφαλικών και των οπτικών λοβών. Εσωτερικά φέρει το θάλαμο, ο οποίος στη ραχιαία περιοχή φέρει τον επιθάλαμο (*Epithalamus*) με την επίφυση (*Epirhyse*), στις πλάγιες περιοχές το θάλαμο (*Thalamus*) και στην κοιλιακή περιοχή τον υποθάλαμο (*Hypothalamus*) με την υπόφυση (*Hypophysis*). Σε μερικά ψάρια υπάρχει μπροστά από την επίφυση και η παράφυση (*Paraphysis*), η λειτουργία της οποίας δεν μας είναι ακόμα γνωστή. Στην κοιλιακή περιοχή του διεγκέφαλου υπάρχει ακόμα το χάσμα των οπτικών νεύρων (*Chasma opticum*) και ο αγγειακός σάκος με πυκνό δίκτυο αγγείων. Αυτός χρησιμεύει για να αντιλαμβάνεται το ψάρι τις μεταβολές της πίεσης του νερού σε διαφορετικά βάθη.

Τον **μεσεγκέφαλο (*Mesencephalon*)**. Αυτός αποτελείται από τους δύο οπτικούς λοβούς ή δίδυμα φυμάτια (*Corpora bigemina, Lobi optici*), οι οποίοι είναι ογκώδεις και φέρουν εσωτερική κοιλότητα. Σε μερικά ψάρια (κυπρίνος) η βαλβίδα της παρεγκεφαλίδας (*Valvula cerebelli*) εισέρχεται στη βάση των δύο οπτικών λοβών και απομακρύνει τον ένα από τον άλλο. Στο μεσεγκέφαλο βρίσκονται το κύριο οπτικό κέντρο και η κύρια θέση του νευρικού συντονισμού (Εικ. 2). Σε μεγάλο αριθμό ψαριών το τμήμα αυτό του εγκεφάλου φαίνεται ότι αποτελεί το σπουδαιότερο «νευρικό κέντρο» που επηρεάζει πάρα πολλές λειτουργίες του σώματος.



Εικ. 18. Το κεντρικό νευρικό σύστημα πέστροφας (από Sinnorow).

## Εικόνα 2: Το κεντρικό νευρικό σύστημα

Τον **μετεγκέφαλο** ή **παρεγκεφαλίδα** (*Metencephalon cerebellum*). Είναι ένας άζυγος μεσαίος λοβός που επικαλύπτει πίσω ολόκληρο σχεδόν τον προμήκη μυελό. Αυτός αποτελείται από το κύριο σώμα (*Corpus cerebelli*) και από τις δύο προεξοχές (*Auriculae cerebelli*), μια σε κάθε πλευρά. Ο μετεγκέφαλος είναι το κέντρο της κίνησης, της ισορροπίας και των πλευρικών οργάνων. Ενδεχομένως να διαδραματίζει σημαντικό ρόλο και στη διαδικασία της εκμάθησης.

Τον **προμήκη μυελό** ή **μυελεγκέφαλο** (*Medulla oblongata, Myelencephalon*). Αυτός βρίσκεται πίσω από την παρεγκεφαλίδα. Συνέχεια αυτού είναι ο νωτιαίος μυελός. Παρουσιάζει μάλιστα και ο ίδιος εμφανή χαρακτήρα νωτιαίου μυελού και αντιπροσωπεύει το όργανο από το οποίο αναδύονται τα περισσότερα εγκεφαλικά νεύρα (V μέχρι X) (Εικ. 3). Ο προμήκης μυελός είναι το υπεύθυνο όργανο για την αναπνοή, για το κυκλοφορικό σύστημα (καρδιά) και για το συντονισμό των κινήσεων του σώματος. Τα ψάρια φέρουν δέκα ζεύγη εγκεφαλικών νεύρων, σε αντίθεση με τα ανώτερα σπονδυλωτά. Λείπουν το XI και το XII, δηλαδή το παραπληρωματικό και υπογλώσσιο νεύρο (Εικ. 3).

Γίνεται εύκολα αντιληπτό πως ο εγκέφαλος των ψαριών δεν είναι ιδιαίτερα ανεπτυγμένος. Δεν υπάρχει εγκεφαλικός φλοιός (το μέρος του εγκεφάλου στα ανώτερα ζώα που αποθηκεύει εντυπώσεις) και έτσι το ψάρι έχει λίγη ή καθόλου

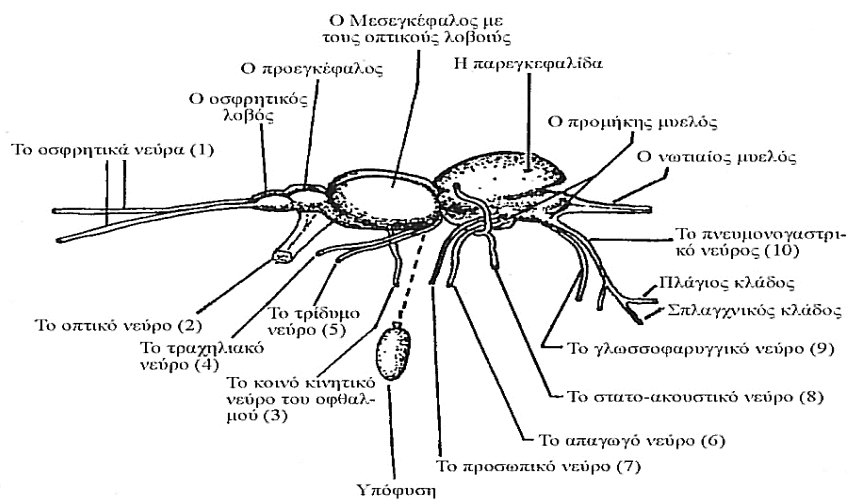
μνήμη. Δεν είναι ασυνήθιστο, για παράδειγμα, για έναν ψαρά να πιάσει το ίδιο ψάρι δύο φορές μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Πολλά ψάρια έχουν αλιευθεί με δολώματα ή με άγκιστρα που έχουν ήδη ενσωματωθεί στα σαγόνια τους. Τα ψάρια είναι ουσιαστικά πλάσματα του αντανακλαστικού, αντί της δράσης που παράγεται ή αναπτύσσεται με τη χρήση του εγκεφάλου. Κατά πάσα πιθανότητα, ο σωματικός πόνος στα ψάρια δεν είναι πολύ έντονος, και εάν υπάρχει εντύπωση του πόνου στον εγκέφαλο, αυτή χάνεται γρήγορα.

### **1.1.2. Ο νωτιαίος μυελός (Medulla spinalis).**

Η δομή του νωτιαίου μυελού είναι όμοια με τη δομή των ανώτερων σπονδυλωτών και διατρέχει από άκρο σε άκρο τη νευροκοιλότητα της σπονδυλικής στήλης. Ο νωτιαίος μυελός έχει νωτιαία νεύρα ανά ζεύγη. Καθένα από αυτά σχηματίζεται από την ένωση μιας κοιλιακής ρίζας (*Radix ventralis* = κινητική) και μιας ραχιαίας ρίζας (*Radix dorsalis* = αισθητική). Η ραχιαία ρίζα πριν ενωθεί με την κοιλιακή ρίζα διογκώνεται και σχηματίζει ένα νωτιαίο γάγγλιο (Spinal ganglion).

## 1.2. Περιφερικό νευρικό σύστημα

Συνίσταται από τα εγκεφαλικά νεύρα (δέκα ζεύγη) και από τα μυελικά νεύρα, καθώς επίσης και από το αυτόνομο (συμπαθητικό) νευρικό σύστημα. Το συμπαθητικό νευρικό σύστημα αποτελείται από δύο σειρές γαγγλίων, τα οποία ενώνονται μεταξύ τους σαν σχοινί σε κάθε πλευρά της σπονδυλικής στήλης. Το σύστημα αυτό είναι πολύ καλά αναπτυγμένο.



Εικ. 19. Τα εγκεφαλικά νεύρα πέτροφας (από Lehmann)..

### Εικόνα 3: Τα εγκεφαλικά νεύρα

Ο εγκέφαλος και ο νωτιαίος μυελός περιβάλλονται από ισχυρά αιματούμενες μεμβράνες, οι οποίες δεν ανήκουν στο πραγματικό νευρικό σύστημα, γιατί δεν προέρχονται από το εξώδερμα, όπως συμβαίνει με τα προαναφερθέντα όργανα, αλλά από το μεσόδερμα που δεν μεταβιβάζει ερεθισμούς. Εδώ πρέπει επίσης να αναφέρουμε ότι η καρδιά των ψαριών περιέχει δικό της μη ειδικό σύστημα ερεθισμού, το οποίο αναπτύχθηκε από μυϊκές ίνες που προκαλούν τις συστολές της.

### 1.3. Αισθητήρια όργανα

Τα αισθητήρια όργανα των ψαριών αποτελούνται από:

- ❖ Το έσω ους
- ❖ την πλάγια γραμμή
- ❖ τους οφθαλμούς
- ❖ τους οσφρητικούς σωλήνες και
- ❖ τους γευστικούς κάλυκες

όπου περιέχουν όλα ελεύθερες νευρικές απολήξεις.

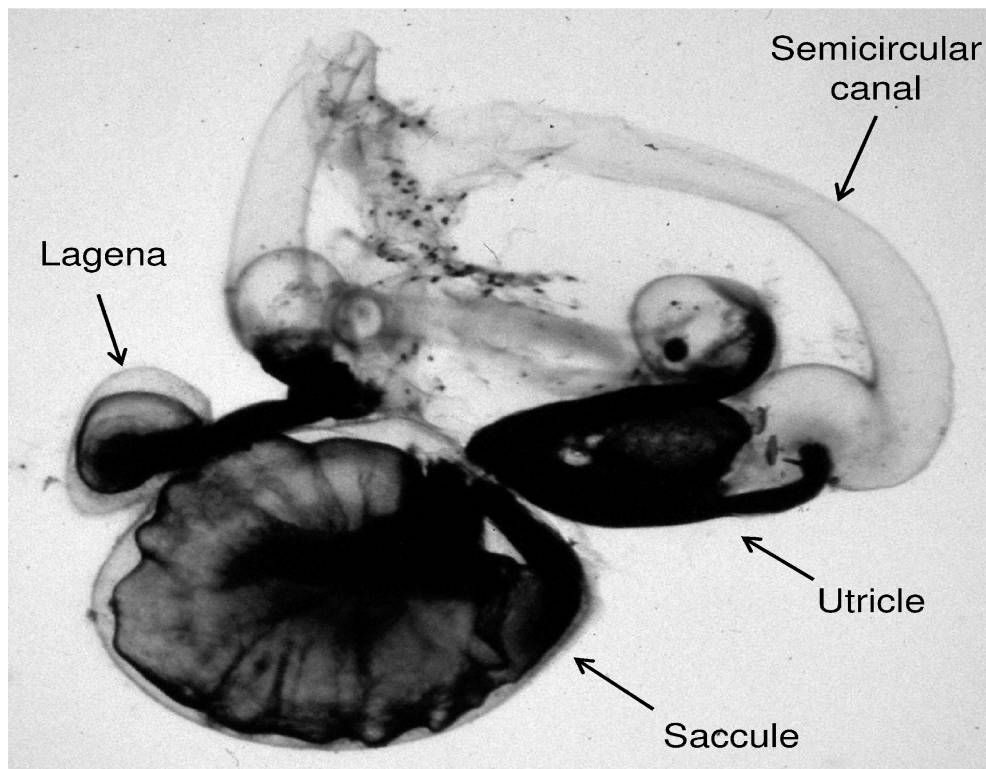
Αναφορικά με το ακουστικό σύστημα των ψαριών και το σύστημα ισορροπίας και θέσης τους στο νερό, αυτό αποτελείται από το εσωτερικό αυτί ή έσω ους (τα ψάρια στερούνται ενδιάμεσου και εξωτερικού ωτός) και τους αγωγούς οι οποίοι σχηματίζουν το σύμπλεγμα της πλάγιας γραμμής.

#### 1.3.1. Έσω ους

Το έσω ους απαρτίζεται από το λαβύρινθο (*Labyrinth*), ο οποίος βρίσκεται μέσα στο κρανίο και ως προς την υφή του διακρίνεται σε υμενώδη και οστέινο.

Ο υμενώδης λαβύρινθος αποτελείται από τρεις ημικυκλικούς σωλήνες και τρεις θαλάμους ή κυστίδια. Αναλυτικότερα, οι ημικύκλιοι σωλήνες διακρίνονται στον πρόσθιο (*Canalis anterior*), στον οπίσθιο (*Canalis posterior*) και στον οριζόντιο (*Canalis horizontalis*), και περιέχουν τον ενδόλεμφο (*Endolymph*). Στις βάσεις των σωλήνων αυτών υπάρχει από μια διεύρυνση γνωστή ως λήκυθος ή ασκίδιον (*Ampulla*). Στη τομή των τριών αυτών ληκύθων σχηματίζεται το ελλειπτικό κυστίδιο (*Utriculus*) που περιέχει τον οστέινο σχηματισμό του λαβυρίνθου, τον ωτόλιθο

(*Otolith* ή *Statolith*). Ο ωτόλιθος αυτός του ελλειπτικού κυστιδίου ονομάζεται *Lapillus*. Ακολούθως, στην κάτω περιοχή του υμενώδους λαβύρινθου παρατηρείται το σφαιρικό κυστίδιο ή ασκίδιο (*Sacculus*), το οποίο περιέχει επίσης ωτόλιθο, γνωστό με το όνομα *Sagitta*. Στο σφαιρικό κυστίδιο υπάρχει επιπλέον και μια πλευρική προέκταση, η λάγηνος (*Lagena*), στην οποία συναντάται ο ωτόλιθος γνωστός ως *Asteriscus* (Εικ. 4). Σε πολλά ψάρια, που ανήκουν στην ομάδα των *Osteroiophysi* ή *Cypriniformes*, ο λαβύρινθος επικοινωνεί με τη νηκτική κύστη διαμέσου των τριών οσταρίων του Weber.



**Εικόνα 4:** Η δομή του λαβύρινθου ενός τυπικού οστειχθύος.

Στα εσωτερικά τοιχώματα κάθε ληκύθου των ημικύκλιων σωλήνων καταλήγουν οι ίνες του αισουσαίου κλάδου του ακουστικού νεύρου, που διεγείρονται από τους ωτόλιθους, όταν το ψάρι αλλάζει θέση, (Εικ. 5). Αναφορικά

με την αίσθηση της ακοής, αυτή βρίσκεται κατά κανόνα στο σφαιρικό κυστίδιο (*Sacculus*). Υπάρχουν όμως και είδη στα οποία επιπρόσθετο ρόλο διαδραματίζουν το ελλειπτικό κυστίδιο και η λάγηνος. Στην περίπτωση του είδους *Thunnus orientalis* το έσω ους της λάρβας διακρίνεται 18 ώρες μετά την εκκόλαψη ως μια κύστη με δύο ωτόλιθους και έναν νευρώνα, ενώ η πλήρης ανάπτυξη του πραγματοποιείται την 12<sup>η</sup> ημέρα (Kawamura et. al. 2003).

Η λειτουργία του λαβύρινθου είναι σπουδαία και πολλαπλή:

(1) Πληροφορεί για τους ήχους και για τη βαρύτητα.

(2) Πληροφορεί για τη θέση του σώματος στο χώρο και για την ισορροπία - γωνία νύξης.

(3) Διατηρεί και ρυθμίζει τον μυϊκό τόνο.

Οι ωτόλιθοι αποτελούμενοι από ανθρακικό ασβέστιο χρησιμεύουν επίσης για την αναγνώριση της ηλικίας των ψαριών (ωτολιθομετρία).



**Εικόνα 5:** Ωτόλιθοι (βέλος)

### 1.3.1.1. Οι ακουστικές δυνατότητες των ψαριών

Το σώμα των ψαριών θεωρείται διαπερατό στα ηχητικά κύματα, λόγω της παρόμοιας ακουστικής αντίστασης που παρουσιάζουν τόσο το ίδιο το σώμα των ψαριών όσο και νερό που τα περιβάλλει. Εξαιτίας αυτής της φυσικής ιδιότητας, οι ίνες του αιθουσαίου κλάδου του ακουστικού νεύρου διεγείρονται μόνο από χαμηλής συχνότητας με υψηλή ενέργεια θορύβους. Ως εκ τούτου, για τους περισσότερους ιχθύες που βασίζονται σε αυτόν τον τρόπο ακοής, η ακουστική τους δυνατότητα περιορίζεται σε συχνότητες κάτω των 1000Hz, με το υψηλότερο κατώτατο όριο ηχητικής πίεσης στα 120 dB. Αυτά τα ψάρια ως εκ τούτου ονομάζονται «hearing generalist» (Εικ. 6<sup>α</sup>).

Ορισμένα είδη, έχουν αναπτύξει μηχανισμούς για την ενίσχυση της ακοής τους, μέσω σχηματισμών, όπως η νηκτική κύστη, που περιέχουν αέρια και συνδέονται με το έσω ους. Πιστεύεται ότι όταν ηχητικά κύματα περνούν μέσα από τις δομές αυτές, τα αέρια που βρίσκονται μέσα σ' αυτές συμπιέζονται και αποσυμπιέζονται με αποτέλεσμα να δημιουργούνται νέοι ήχοι (Yan et al., 2010). Η μετάδοση των χαρακτηριστικών αυτών ήχων συμβάλλει στην αύξηση και βελτίωση της ακοής των ιχθύων. Ωστόσο, υπάρχουν πολλές μελέτες που δείχνουν πως υπάρχουν και εξαιρέσεις σε αυτήν τη γενίκευση (Connaughton et al. 1997), Barimo and Fine (1998), Yan et al. (2000), και Fine et al. (2001, 2004). Πρέπει όμως να αναφερθεί ότι σε ψάρια, όπως το γατόψαρο, στα οποία υφίσταται μια σαφής επικοινωνία του λαβύρινθου με την νηκτική κύστη διαμέσου των τριών οσταρίων του Weber, αυξάνεται η ακουστική τους δυνατότητα από τα 60dB έως σε ήχους συχνότητας 8.000 Hz (Furukawa and Ishii 1967 ). Αυτά τα ψάρια ως εκ τούτου ονομάζονται «hearing specialist» (Εικ. 6<sup>β</sup>)





**Εικόνα 6<sup>α</sup>:** Hearing generalists

Maximum 500 - 1000 Hz

Best hearing: 100 - 400 Hz

Minimum 95 -130 dB re 1μPa Ex.\*

Majority of fish, including salmonids



**Εικόνα 6<sup>β</sup>:** Hearing specialists

Maximum 3000 Hz +

Best hearing: 300 - 1000 Hz

Minimum 50-60 dB re 1 μPa\*

catfish, goldfish, cyprinids

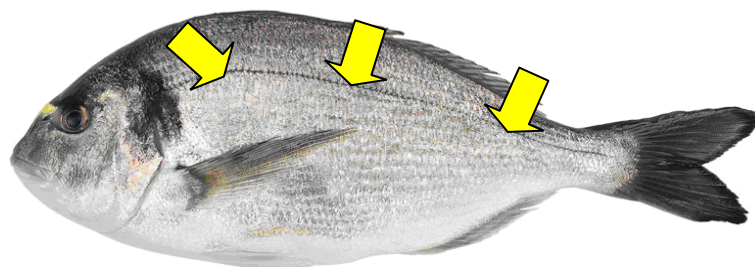
\*(dB re 1 μPa) = *decibels referenced at 1 micropascal*

### 1.3.2. Σύστημα πλάγιας γραμμής

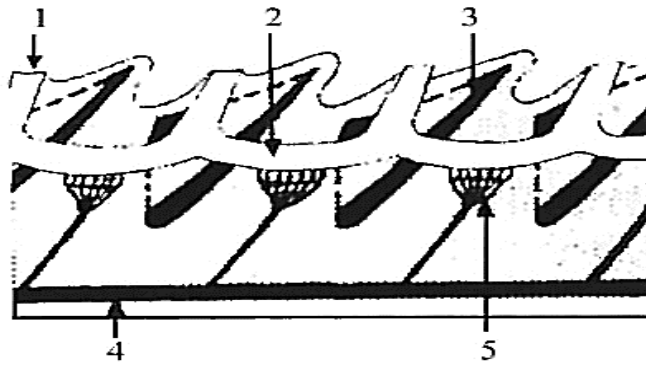
Στα πλευρά του σώματος του ψαριού και σε όλο το μήκος του, από το εμπρόσθιο άκρο του σώματος (ακρορρίνιο) μέχρι την ουρά, υπάρχει μια γραμμή, που ονομάζεται πλάγια γραμμή (Εικ. 7) και είναι τοποθετημένη κάτω από την επιδερμίδα. Επίσης, η πλάγια γραμμή επεκτείνεται στο κεφάλι, στα οστά του κρανίου, σχηματίζοντας εκεί τα κρανικά κανάλια γύρω από τους οφθαλμούς και από τους ρώθωνες. Το χρώμα της είναι διαφορετικό από τα γειτονικά τμήματα. Η ίδια αποτελείται από κανάλια γεμάτα με βλέννα που επικοινωνούν με το εξωτερικό περιβάλλον. Μέσα στα κανάλια αυτά απαντούν τα αισθητήρια όργανα, που ονομάζονται νευρομαστοί (Εικ. 8<sup>α</sup> και Εικ. 8<sup>β</sup>). Οι νευρομαστοί καταλήγουν σε βλεφαρίδες ή νευρομάστια, που σκεπάζονται από το κύπελλο (*Cupula*) και νευρώνονται ως επί το πλείστον από τους κλάδους του IX και X εγκεφαλικού

νεύρου (Εικ. 3). Κάτω από κανονικές συνθήκες τα νευρομάστια μεταδίδουν στον εγκέφαλο του ψαριού τα σήματα με μια ομοιόμορφη συχνότητα. Όταν όμως η πίεση πάνω στα νευρομάστια μεταβάλλεται, τα σήματα που μεταδίδονται στον εγκέφαλο υφίστανται και αυτά μεταβολές της συχνότητας και της έντασης με αποτέλεσμα να δίνουν στα ψάρια ενδείξεις αρκετά ακριβείς για το τι συμβαίνει στο περιβάλλον τους. Δεδομένου ότι ο εγκέφαλος του ψαριού δέχεται σήματα από πολλά νευρομάστια ταυτόχρονα είναι εύκολο για το ψάρι να εκτιμήσει τη διεύθυνση, την ένταση και τη συχνότητα της πηγής των παλμικών δονήσεων. Τοιουτοτρόπως, η πλάγια γραμμή δίνει πολύτιμες πληροφορίες στα ψάρια, για τις μετακινήσεις του νερού, την πυκνότητα, τη θολότητα και τη θερμοκρασία του. Βοηθάει το ψάρι να κολυμπά τη νύχτα σε σκοτεινά νερά, να παραμένει κοντά στο κοπάδι του, να βρίσκει την τροφή του και να αποφεύγει τους εχθρούς του. Ορισμένοι επιστήμονες θεωρούν την πλάγια γραμμή σαν έκτη αίσθηση των ψαριών.

Ορισμένα ψάρια, όπως ο αλβούρνος ο δίστικτος (*Alburnus bipunctatus*), ψάρι του γλυκού νερού, διαθέτουν περισσότερες πλάγιες γραμμές, λιγότερο ή περισσότερο πλήρεις. Η λόττα (*Lotta lotta*) αντίθετα, έχει δύο οπές μόνο σε κάθε πλευρά του σώματος.



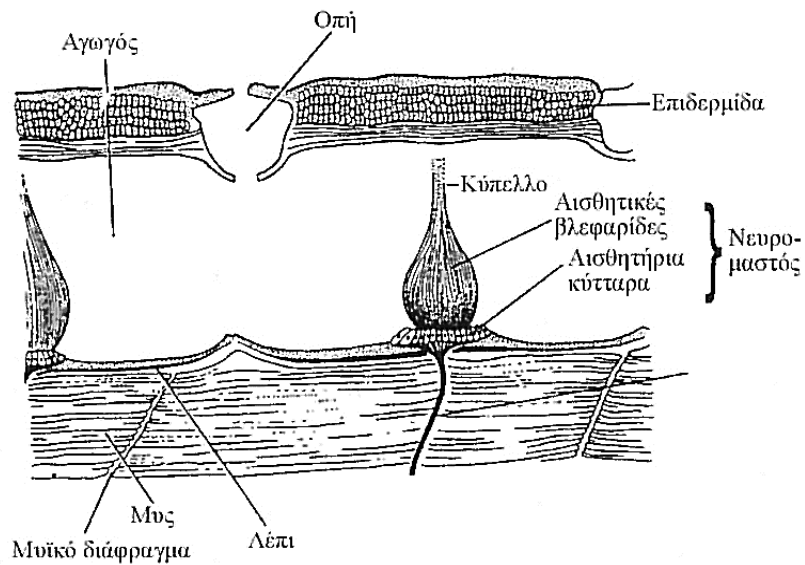
**Εικόνα 7:** Τσιπούρα, πλάγια γραμμή (βέλη)



Εικ. 21. Σχεδιάγραμμα πλευρικής γραμμής.

- |            |                 |
|------------|-----------------|
| 1 = οπή    | 4 = νεύρο       |
| 2 = αγωγός | 5 = νευρομαστός |
| 3 = λέπι   |                 |

Εικόνα 8<sup>α</sup>: Σχεδιάγραμμα της πλάγιας γραμμής



Εικ. 22. Σχηματική παράσταση πλευρικής γραμμής (από Πνευματικάτο, τροποποίηση από συγγραφείς)

Εικόνα 8<sup>β</sup>: Η εσωτερική δομή της πλάγιας γραμμής και απεικόνιση των νευρομαστών

### 1.3.2.1. Δυνατότητες ισορροπίας των ψαριών, αντίληψη θέσης τους στο νερό

Τα ψάρια χρησιμοποιούν την πλάγια γραμμή σαν ένα ραντάρ μικρής σχετικής ακτίνας δράσης. Είναι πολύ δύσκολο, γράφει ο Franco de Carli να δούμε ένα ψάρι να χτυπά πάνω στο γυάλινο τοίχωμα του ενυδρείου. Δεν είναι όμως η αίσθηση της όρασης που το καθοδηγεί παντού, αλλά η πλάγια γραμμή που το ειδοποιεί για τα εμπόδια, αποκαλύπτοντας την παραμόρφωση που υφίσταται από το νερό, που το ψάρι ωθεί μπροστά του κολυμπώντας. Με άλλα λόγια το κύμα της συμπίεσης.

Με τη βοήθεια της πλάγια γραμμής οι καρχαρίες αντιλαμβάνονται τα θύματά τους που κολυμπούν στην επιφάνεια από απόσταση 250 μέτρων. Στην περίπτωση αυτή οι παλμικές δονήσεις έχουν συχνότητα 20 – 30 κύκλων το δευτερόλεπτο. Πρέπει να σημειώσουμε ότι τα ζώα που κολυμπούν στην επιφάνεια του νερού, αντιπροσωπεύουν τα αγαπημένα θύματα των καρχαριών.

Οι υποβρύχιοι κολυμβητές βεβαιώνουν ότι η πλάγια γραμμή βοηθά τα ψάρια στο να διαπιστώνουν όχι μόνο την παρουσία τους, αλλά και τις προθέσεις τους. Πράγματι τα ψάρια πλησιάζουν εύκολα τους άοπλους υποβρύχιους κολυμβητές, ενώ κρύβονται στα κρησφύγετα τους στη θέα ενός οπλισμένου υποβρύχιου κολυμβητή. Φαίνεται ότι οι πολεμικές διαθέσεις του ανθρώπου και των υπολοίπων αρπακτικών υδρόβιων ζώων, γίνονται αντιληπτές από την πλάγια γραμμή.

Ένα άλλο παράδειγμα είναι ο σολομός του Ατλαντικού (*Salmo star*) ο οποίος στις μεγάλες του μεταναστεύσεις ανεβαίνει από τη θάλασσα τα ορμητικά ποτάμια, με μια αξιοθαύμαστη δεξιολογία. Κολυμπά πάντοτε κοντά στο βυθό ή στην όχθη, όπου η ταχύτητα του νερού είναι μικρότερη και αναπαύεται πίσω από

διάφορα εμπόδια ή μέσα σε κοιλότητες, όπου επίσης η ταχύτητα του νερού είναι μικρή.

Σε πρόσφατη έρευνα για την ιχθυοκαλλιέργεια του είδους *Thunnus orientalis* προέκυψε πως οι λάρβες του είδους εκκολάπτονται έχοντας αναπτύξει σε ικανοποιητικό βαθμό μόνο την πλάγια γραμμή. Αναλυτικότερα, οι προνύμφες είχαν αναπτυγμένους μόνο τους νευρομαστούς της πλάγιας γραμμής, η όραση τους δεν είχε καθόλου αναπτυχθεί, δεν είχαν αίσθηση της γεύσης ενώ και οι οσφρητικοί σάκοι τους παρέμεναν κλειστοί. Το συμπέρασμα αυτό προέκυψε από το γεγονός πως οι εν λόγω λάρβες μπορούσαν να αποφύγουν μια γυάλινη πιππέτα η οποία τοποθετούνταν απαλά μέσα στην δεξαμενή εκτροφής. Αυτό καθιστάτε δυνατόν, λόγω των αρκετά αναπτυγμένων νευρομαστών, σύνολο 14 ζεύγη, γύρω και πίσω από τα μάτια, το ρύγχος και τον κορμό. Το εκπληκτικό είναι πως ιχθύδια με μήκος από 29,8 έως 45,5mm είχαν ήδη τέλεια αναπτυγμένη τη πλάγια γραμμή τους, 34 μέρες μετά την εκκόλαψη (Kawamura et. al. 2003).

## ΚΕΦ. 2 Συσχέτιση του περιβάλλοντος - αισθητήριων οργάνων

Ένα επιτυχημένο εντατικό σύστημα καλλιέργειας καθώς και αλίευσης των ψαριών εξαρτάται από τις ικανότητες μας να κατανοήσουμε το πώς τα ψάρια αντιλαμβάνονται το περιβάλλον που τα περιβάλλει και πώς οι πληροφορίες αυτές μεταδίδονται με σκοπό την εκτέλεση ορισμένων εργασιών. Επιπλέον, το πως συγκεκριμένες μεταβολές στο περιβάλλον μπορούν να αλλάξουν τις αντιδράσεις των ψαριών με τρόπο που να περιορίζουν την ικανότητα τους να λαμβάνουν πληροφορίες σχετικά με την τροφή τους, την κίνηση τους, τους θηρευτές τους και τους συντρόφους τους.

Τα αισθητήρια συστήματα καταγράφουν τον περιβάλλοντα κόσμο των ιχθύων και διαδραματίζουν σημαντικό ρόλο σε πολλές διαδικασίες, όπως είναι ο κερκαδικός ρυθμός, που είναι ο κατά προσέγγιση 24ωρος κύκλος που παρουσιάζουν την δραστηριότητα τους οι ζωντανοί οργανισμοί. Σημαντικό ρόλο στον κερκαδικό ρυθμό παίζει το ερέθισμα του φωτός, το οποίο επαναφέρει κάθε μέρα το βιολογικό ρολόι, καθώς και οι υπόλοιπες αισθήσεις και το περιβάλλον του νεαρού ψαριού. Στην σύγχρονη ιχθυοκαλλιέργεια, είναι πλέον σαφές ότι η φυσιολογική ανάπτυξη και η μακροπρόθεσμη απόδοση του ψαριού καθώς και οι τρόποι συμπεριφοράς εξαρτώνται από τον κερκαδικό ρυθμό, ο οποίος παρουσιάζεται ακόμη και αν δεν υπάρχει διαφοροποίηση στο φωτισμό, το κατάλληλο περιβάλλον και τις διεγέρσεις των αισθητήριων οργάνων και ιστών κατά τη διάρκεια των κρίσιμων πρώτων σταδίων ζωής των ιχθύων.

Οι περισσότερες ολοκληρωμένες μελέτες σχετικά με τα αισθητήρια συστήματα των ιχθύων, έχουν γίνει σε άτομα του είδους *Danio rerio*, συμπεριλαμβανομένου της πλευρικής γραμμής και του έσω ωτός. Μελέτες έχουν πραγματοποιηθεί και σε είδη της οικογένειας των *Salmonidae* όσον αφορά τη δομή και τις αλλαγές στο σύστημα ισορροπίας και προσδιορισμού της θέσης στον

χώρο κατά τη διάρκεια των σταδίων ανάπτυξης τους καθώς και την μετανάστευσή τους.

## **2.1. Φυσιολογία ακοής, ισορροπίας και θέσης του ψαριού στο νερό**

Η θάλασσα, οι λίμνες και οι ποταμοί και γενικά το υδάτινο οικοσύστημα μέσα στο οποίο ζουν οι ιχθύες δεν είναι αθόρυβο. Το ίδιο συμβαίνει και στο ηχητικό περιβάλλον των δεξαμενών εκτροφής και του εκκολαπτηρίου, καθώς και στις χερσαίες δεξαμενές εκτροφής ψαριών. Στην περίπτωση μάλιστα των χερσαίων εγκαταστάσεων, οι ήχοι διαφέρουν πολύ από αυτούς της ανοιχτής θάλασσας και οφείλονται στον ισχυρό θόρυβο των αντλιών και στην συνεχή ροή του νερού μέσα από σωλήνες, βαλβίδες και φίλτρα. Επίσης, θόρυβος, πέρα των σωληνώσεων και του λοιπού ηλεκτρο-μηχανολογικού εξοπλισμού, μεταφέρεται απευθείας στις δεξαμενές των ιχθύων μέσω του αέρα καθώς και των δονήσεων στο έδαφος και γίνεται ιδιαίτερα αντιληπτός από τα ψάρια.

Όπως ήδη έχει προαναφερθεί τόσο το αιθουσιαίο νεύρο του έσω ωτός όσο και οι νευρομαστοί της πλάγιας γραμμής των ψαριών δέχονται ερεθισμούς και ανιχνεύουν διάφορες συχνότητες ήχου. Επιπλέον, τα ίδια όργανα μεταφέρουν ερεθίσματα στον εγκέφαλο και αφορούν την αντίληψη από το ψάρι της ισορροπίας και θέσης του στον υδάτινο χώρο, τις κινήσεις των ξένων σωμάτων στον περιβάλλοντα χώρο, τα εμπόδια στο νερό που προκαλούν την παραμόρφωση του στην υδάτινη στήλη καθώς και το κύμα της συμπίεσης δηλαδή την παραμόρφωση και συμπίεση που υφίσταται επίσης το νερό ωθούμενο μπροστά κατά την κολύμβηση του ίδιου του ψαριού.

### 2.1.1. Επιπτώσεις του ήχου, δυνατότητα ισορροπίας και αντίληψη της θέσης και κίνησης του ψαριού στο νερό.

Οι επιπτώσεις του θορύβου στη ηλικία - στάδιο των λαρβών και στην περαιτέρω ανάπτυξη των νεαρών ατόμων ήταν μέχρι πρότινος άγνωστες στην ιχθυοκαλλιέργεια. Στον θόρυβο όμως αποδόθηκε η αιτία που πιθανότατα δημιουργεί αυξημένο στρες στους ιχθύες. Τόσο η χρόνια έκθεση σε θόρυβο όσο και η μεγάλη του ένταση, φαίνεται ότι επηρέασαν σημαντικά την φυσιολογική ανάπτυξη των εκτρεφόμενων ιχθύων, τα οποία ευρίσκονταν σε συνεχές αλλά και έντονο στρες. Η γενικότερη λοιπόν συμπεριφορά των ψαριών αυτών παρουσίασε χαρακτηριστικά δυσφορίας, άγχους, φόβου και πιθανού πόνου συγκριτικά με άλλα ψάρια που εκτρέφονταν χωρίς την παρουσία χρόνιου ή έντονου θορύβου. Αυτό το είδος των δεδομένων αξιολογούμενα συντέλεσαν αισθητά στην βελτίωση, την ανάπτυξη των ιχθυοκαλλιεργειών καθώς και στο «ευ ζην» των εκτρεφόμενων ψαριών.

Επιπλέον, γνωρίζοντας και την σύνδεση της νηκτικής κύστης με το έσω ους πολλές φορές η αίσθηση της ακοής επηρεάζεται αρνητικά γιατί η σύνδεση αυτή δεν πραγματοποιείται. Αναλυτικότερα, πολλά είδη ιχθύων και, κυρίως αυτά που ευρίσκονται στο στάδιο των λαρβών τους, για να μπορέσουν να γεμίσουν την νηκτική τους κύστη με αέρα και να την διογκώσουν, κινούνται προς την επιφάνεια νερού – ατμόσφαιρας. Στα ιχθυοτροφεία – εκκολαπτήρια όμως, πολλές φορές αυτή η επιφάνεια δεν είναι καθαρή και αυτό μπορεί να οφείλεται στα υπολείμματα τροφής, στις ακαθαρσίες που μεταφέρθηκαν εκεί μέσω κάποιου ρεύματος φυσαλίδων αέρα ή ακόμα και από τις απεκκρίσεις των ίδιων των ιχθύων που βρίσκονται στην δεξαμενή. Αυτό το στρώμα του αποκαλούμενου «λαδιού και ακαθαρσιών», παρεμποδίζει ουσιαστικά την καλή διόγκωση της νηκτικής κύστης



επηρεάζοντας τοιουτοτρόπως την καλή λειτουργία της και ακολούθως του έσω  
ωτός και την αίσθηση της ακοής στο ψάρι.

Η ακοή σε συνδυασμό με της λειτουργίες της πλάγιας γραμμής είναι  
υπεύθυνες και συμβάλουν με τις άλλες αισθήσεις, όπως αυτή της όρασης και  
όσφρησης, στην ικανότητα διατροφής του ψαριού. Κατά το τάισμα, η κολύμβηση ή  
καταβύθιση της χορηγούμενης τροφής ζωντανής ή τεχνητής μέσα στις δεξαμενές,  
δίνει ερεθισμό στο ψάρι, που αντιλαμβάνεται τόσο την κίνηση όσο και τις  
διαστάσεις της τροφής, βοηθώντας στην σύλληψη και κατάποση της. Αυτό είχε ως  
αποτέλεσμα πολλά διατροφικά πρωτόκολλα και τεχνικές διατροφής, ιδιαίτερα κατά  
τα πρώτα στάδια της ζωής των λαρβών, να βελτιωθούν αισθητά και να μειώσουμε  
τις απώλειες των λαρβών λόγω θανάτου αυτών από αστία.

Άλλη βασική λειτουργία της πλάγιας γραμμής είναι η αίσθηση από το ψάρι  
των διαφόρων παραμέτρων του νερού στο οποίο ζει. Τοιουτοτρόπως, η  
αυξομείωση σε θερμοκρασία, αλατότητα, οξύτητα του νερού καθώς και η ύπαρξη  
ερεθιστικών ουσιών στο νερό, όπως διοξειδίου του άνθρακα, οξικής αμμωνίας και  
άλλων αζωτούχων ουσιών καθορίζουν την επιλογή του τόπου διαβίωσης και  
αναπαραγωγής στους άγριους ιχθυοπληθυσμούς και αντίστοιχα την εισαγωγή ή  
όχι καταπόνησης - στρες σε εκτρεφόμενους πληθυσμούς.

## 2.2 Παθολογία ακοής, ισορροπίας και θέσης του ψαριού στο νερό

Μείωση ή/και απώλεια της ακοής καθώς και της δυνατότητας ισορροπίας και της αίσθησης της θέσης του ψαριού στο νερό μπορούν να προκληθούν ύστερα από ισχυρή καταπόνηση ή βλάβη των αντίστοιχων αισθητηρίων οργάνων. Αναλυτικότερα, οι παράγοντες που ευθύνονται είναι:

❖ **Παράμετροι νερού διαβίωσης / εκτροφής.** Ειδικότερα η αυξομείωση της συγκέντρωσης και παρουσία τοξικής αμμωνίας και άλλων αζωτούχων ουσιών οδηγούν σε υπερπλασία (χρόνια περιστατικά) έως εξελκώσεις (οξεία περιστατικά) του δέρματος. Επιπλέον, η θερμοκρασία, η οποία επηρεάζει την ποσότητα των διαλυμένων στο νερό αερίων όπως οξυγόνου και CO<sub>2</sub>, καθώς και η οξύτητα και σκληρότητα του νερού συμβάλουν στην πρόκληση έντονου στρες στο ψάρι.

❖ **Ιοί.** Η Λεμφοκύστη προκαλεί ταχύτατες αυξήσεις οζιδίων πάνω στο δέρμα που μπορεί να ποικίλουν από οζίδια μεγέθους κεφαλής καρφίτσας ως εκτεταμένες ταχύτατα αυξανόμενες μάζες που καλύπτουν μεγάλα μέρη του σώματος.

❖ **Βακτήρια.** Κοινά gram- αρνητικά βακτήρια ( *Aeromonas* , *Pseudomonas* και *Vibrio* ) που κινούνται με μαστίγιο μπορούν να παρατηρηθούν συχνά σε δερματικές πληγές. Η ασθένεια Κυττοφάγωση ( *Flexibacter columnaris* ) επίσης προσβάλλει το δέρμα και τα βράγχια των ψαριών των γλυκών υδάτων.

❖ **Μύκητες.** Οι Ωομύκητες ( *Saprolegnia* και συγγενικά γένη ) είναι οι πιο κοινοί μύκητες που προσβάλλουν τα ψάρια των γλυκών υδάτων. Τυπικά προκαλούν επιφανειακές, συχνά βαμβακώδεις αυξήσεις στο δέρμα και στα βράγχια που αυξάνονται σε ακτινοειδές συμμετρικό σχήμα. Ακολούθως, το *Ichthyophonus* προκαλεί μια κοκκιωματώδη συστηματική ασθένεια, κλινικά όμοια με τη μυξοβακτηριδίαση και οι εξωτερικές κλινικές ενδείξεις περιλαμβάνουν αλλαγές

συμπεριφοράς, καμπυλότητα του σώματος και τραχύτητα του δέρματος με εξελκώσεις.

❖ **Παράσιτα.** Πλήθος παρασίτων και κυρίως όσα ιδιαίτερα οι διγενείς Τρηματώδεις χρησιμοποιούν το ψάρι σαν ενδιάμεσο μεσάζοντα και συχνά παράγουν κύστες 1 ως 3 mm στο δέρμα ή στους μύες που περιέχουν μετακερκάρια. Επιπλέον, αρθρόποδα και άλλα καρκινοειδή παράσιτα του γένους *Lernaea* κινούνται και τρέφονται πάνω στην επιφάνεια του ψαριού πριν διεισδύσουν μέσα του.

❖ **Νεοπλασίες.** Όγκοι ποικίλων προελεύσεων έχουν καταγραφεί στο δέρμα των ψαριών και μπορούν να υποστούν έλκωση και δευτερευόντως να μολυνθούν.

❖ **Τραυματισμοί.** Λόγω κακών ιχθυολογικών χειρισμών προκαλούνται μώλωπες , εκδορές και σοβαροί τραυματισμοί του δέρματος και των αισθητηρίων οργάνων.

## **2.2.1 Δυσλειτουργία της ακοής, έλλειψη ισορροπίας και δυσαρμονία κινήσεων του ψαριού στο νερό**

Η συμπεριφορά είναι η εκδήλωση της αντίδρασης ενός οργανισμού τόσο στα εσωτερικά (φυσιολογικά) όσο και στα εξωτερικά (περιβαλλοντικά) ερεθίσματα. Όταν λοιπόν συμβαίνει δυσλειτουργία ή/ και βλάβη των αισθητηρίων οργάνων και συγκεκριμένα του λαβύρινθου, της νηκτικής κύστης και της πλάγιας γραμμής η γενική συμπεριφορά καθώς και η κολυμβητική ικανότητα του ψαριού αλλάζει, εισάγεται άγχος και συνήθως παρατηρούνται τα κάτωθι:

**Πλαγιοκατάκλιση.** Ένα ψάρι που πλαγιοκατακλείει προς την μία πλευρά θα δείξει μόνο την μία του πλευρά στον παρατηρητή. Αυτή η κολυμβητική συνήθεια είναι αποτέλεσμα μιας μονόπλευρης αισθητήριας έλλειψης. Συνήθως παρουσιάζεται η περίπτωση της μονόπλευρης τύφλωσης αλλά και προσβολής των οργάνων της πλάγιας γραμμής.

**Συμπαράσυρση.** Ως συμπαράσυρση ονομάζουμε την άσκοπη, χωρίς κολυμβητική δράση, κίνηση στο νερό. Τα προσβεβλημένα ψάρια είναι πολύ αδύναμα και μπορεί να παρασυρθούν από το ρεύμα που δημιουργείται με την ίδια κίνηση του νερού. Αυτό δίνει την εντύπωση μιας ανεξάρτητης κίνησης αλλά με προσεκτική παρατήρηση αποκαλύπτουμε πως το ψάρι ωθείται από την κίνηση του νερού.

**Παραμονή στον πυθμένα.** Η ξεκούραση στον βυθό αποτελεί μια φυσιολογική συμπεριφορά για διάφορα είδη και για ψάρια που κοιμούνται. Το φαινόμενο της παραμονής στον πυθμένα αποτελεί μια ένδειξη για την κλινική εξέταση αν παρατηρείται σε είδη τα οποία κινούνται συνέχεια (είναι ενεργητικά) ή αν το προσβεβλημένο ψάρι δεν βρίσκεται για φυσιολογικούς λόγους στον βυθό. Σε αυτήν την περίπτωση θα πρέπει να το θεωρήσουμε ως μια γενική ένδειξη

κατάθλιψης ή αδιαθεσίας. Μπορεί να παρατηρηθούν και άλλα συμπτώματα, όπως ανορεξία ή μετακινήσεις του ψαριού χωρίς να πορεύεται κάπου συγκεκριμένα.

**Λήθαργος.** Μια μείωση ή ακόμα και ολική έλλειψη της φυσιολογικής κινητικότητας μπορεί να αποτελεί ένα σημαντικό και γενικό σημάδι πως το ψάρι δεν είναι απολύτως υγιές. Μερικά είδη ψαριών μπορεί να κοιμούνται, ειδικά το βράδυ όταν ο φωτισμός είναι λιγοστός και δεν δημιουργείται θόρυβος ή δεν υπάρχουν απότομες κινήσεις ψαριών που πιθανόν θα τα ενοχλήσουν. Η μείωση στην κινητικότητα συνήθως συσχετίζεται με μολυσματική ασθένεια, χαμηλή θερμοκρασία νερού ή υπερβολικό τάισμα. Αν όμως το ψάρι έχει αρρωστήσει τότε πρέπει να εμφανίσει και άλλα συμπτώματα όπως αδυναμία, ανορεξία ή αδυναμία και συμπαράσυρσή του από το ρεύμα του νερού.

**Αναπήδηση.** Ως αναπήδηση θεωρούμε ένα υπερβολικό προς τα εμπρός πέταγμα του ψαριού ή μία προσπάθεια του να διαφύγει. Μερικά είδη ψαριών αρέσκονται στο να αναπηδάνε και αποτελεί φυσιολογική ενέργεια. Σε πολλές περιπτώσεις η αναπήδηση παρουσιάζεται σαν μια προσπάθεια του ψαριού να ξεφύγει από δυσμενείς περιβαλλοντικές συνθήκες όπως από την παρουσία χημικών όπως χαλκού, ακατάλληλο pH, χαμηλό διαλυμένο στο νερό οξυγόνο.

**Ξαφνική απότομη έγερση – εκσφενδόνιση.** Ένα ψάρι που εμποδίζεται στην κίνησή του θα κινηθεί κατακόρυφα προς τα κάτω και μετά απότομα θα πιναχτεί μπροστά και διαγώνια πάνω έτσι ώστε να αναρριχηθεί στη στήλη του νερού. Αυτή η συμπεριφορά είναι παρόμοια με την αιφνίδια εκτίναξη προς τα εμπρός με τη διαφορά ότι το ψάρι είναι πολύ καταπονημένο και ουσιαστικά παρασύρεται προς τα κάτω. Αυτό αποτελεί ένδειξη νευρολογικών προβλημάτων τα οποία μπορεί να συσχετισθούν με αμμωνιακή τοξικότητα, κάποια άλλα περιβαλλοντολογικά τοξικά ή έναν μολυσματικό παράγοντα που έχει προσβάλει τους νευρομαστούς στην πλάγια γραμμή ή/και το κεντρικό νευρικό σύστημα

**Κατακόρυφη θέση σώματος στηριζόμενη στο κεφάλι.** Το ψάρι παίρνει μια κατακόρυφη θέση στη στήλη του νερού με το κεφάλι κάτω. Αυτό αποτελεί μία σοβαρή ένδειξη απώλειας ελέγχου της ισορροπίας ή συνυπάρχει με την ταυτόχρονη συγκέντρωση αέρα στη κοιλιακή χώρα και στην υποδόρια στη περιοχή του ουραίου πτερυγίου από άλλα παθολογικά αίτια.

**Περιδίνηση.** Χαρακτηρίζεται ως μια ξέφρενη κίνηση συνεχούς κυνηγητού της ουράς. Εμφανίζεται εξαιτίας προβλημάτων νευρολογικής φύσης λόγω μολυσματικής ασθένειας και κατά δεύτερο λόγο εξαιτίας μεγάλης συγκέντρωσης αμμωνίας στο νερό.

**Κνησμός.** Ως κνησμό θεωρούμε την απότομη, ημικυκλική κίνηση που κάνει το ψάρι προς τα εμπρός ώστε να τριφτεί ή να ξυθεί στα αντικείμενα του ενυδρείου/κλωβού όπως στην άμμο, στα χαλίκια, στις πέτρες ή στο δίκτυο του κλωβού. Η κίνηση αυτή είναι χαρακτηριστική για ένα ψάρι με ψείρα. Συνήθως είναι αποτέλεσμα προσβολής του από εξωπαράσιτα.

Έχοντας υπόψη την λειτουργία της αίσθησης της ακοής και την δυνατότητα της ισορροπίας και αντίληψης από μέρους του ψαριού της θέσης του στον υδάτινο χώρο, προχωρήσαμε στην ανεύρεση των πηγών θορύβου και των παραμέτρων που επηρεάζουν την κολύμβηση και ισορροπία του ψαριού ως ακολούθως:

**Ιχθυογεννητικός Σταθμός και χερσαίες μονάδες πάχυνσης.** Ο θόρυβος προέρχονταν από τις αντλίες νερού και αέρα που ευρίσκονταν σε λειτουργία και μεταφέρονταν μέσω των σωληνώσεων και της κίνησης του νερού ή αέρα στις δεξαμενές εκτροφής (Εικ. 9). Θόρυβος παράγονταν επίσης από την έξοδο του νερού μέσω του κεντρικού σωλήνα απορροής καθώς και από την πτώση του στα αντίστοιχα κανάλια. Ανθρωπογενής θόρυβος κυρίως υπήρχε λόγω έντονων διαφωνιών από τα προσωπικό του Σταθμού ή της Μονάδας. Επιπλέον, θόρυβοι ποικίλης έντασης, συχνότητας και χρονικής διάρκειας δημιουργούντο κατά τις επισκευές και μετασκευές των δεξαμενών και των εξαρτημάτων αυτών.



**Εικόνα 9:** Μείωση της μετάδοσης των δονήσεων και του θορύβου με στήριξη σε ελαστικά παρεμβύσματα (Βέλη Α)

**Κλωβοί στην θάλασσα.** Ο θόρυβος προέρχονταν από το τάισμα με κανονάκι (Εικ. 10), το πνευματικό σύστημα διανομής της ιχθυοτροφής (Εικ. 11), τις αυτόματες ταΐστρες (Εικ.12) καθώς και από τους διάφορους ιχθυολογικούς χειρισμούς όπως κατά την αλλαγή δικτυών, διαλογή μεγέθους (Εικ. 13) και τις μετεγκαταστάσεις των κλωβών. Ιδιαίτερα έντονος θόρυβος και σε τακτά χρονικά διαστήματα δημιουργείτο από το σύστημα εκφοβισμού των αρπακτικών πουλιών που περιίπταντο των κλωβών. Ο θόρυβος αυτός έμοιαζε με πυροβολισμό και προέρχονταν από σύστημα που λειτουργούσε με προπάνιο.

**Αλιευτικά σκάφη.** Θόρυβοι προέρχονταν από ποικίλα κομπρεσέρ, αντλίες, τις παγομηχανές καθώς και τις μηχανές κίνησης του σκάφους. Ενίοτε ανθρωπογενείς θόρυβοι και κτύποι οφείλονταν στις δραστηριότητες του πληρώματος.

**Ανθρώπινη δραστηριότητα στην παράκτια ζώνη.** Η δραστηριότητα των ανθρώπων με κατασκευές όρμων, κατοικιών και λοιπών έργων πλησίον των ακτών παρήγαγε θόρυβο και δονήσεις που μεταφέρονται στο νερό.



**Εικόνα 10:** Κανονάκι διανομής ιχθυοτροφής





**Εικόνα 11:** Πνευματικό σύστημα διανομής ιχθυοτροφής



**Εικόνα 12:** Αυτόματες τάϊστρες (λειτουργούν με φωτοκυψέλη)



**Εικόνα 13:** Διαλογή μεγέθους σε παχυνόμενα ψάρια σε κλωβούς

Αναφορικά με την κολυμβητική ικανότητα και ισορροπία του ψαριού, εξετάσαμε τυχόν διαταραχές που εμφανίζουν στην συμπεριφορά τους όσα ψάρια είναι προσβεβλημένα από ασθένεια ή υφίστανται στρες λόγω αλλαγών των παραμέτρων του νερού εκτροφής των (Εικ. 14<sup>α</sup> και Εικ. 14<sup>β</sup>).



**Εικόνα 14<sup>α</sup>:** Ακανόνιστη κολύμβηση - πλεύση



**Εικόνα 14<sup>β</sup>:** Ακανόνιστη κολύμβηση - πλεύση

Ειδικότερα εκτελέσαμε:

**Κλινική δοκιμή κολύμβησης**, κατά την οποία:

- Εισάγουμε το χέρι μας στη δεξαμενή.
- Θα πρέπει το ψάρι να απομακρυνθεί (από την παρείσδυση) επιταχυνόμενο.
- Σημειώνουμε τον τύπο κολύμβησης (δες πινάκα κατωτέρω)
- Μερικά θαλασσινά ψάρια συνεχίζουν να κολυμπούν “φυσιολογικά” έως ότου πεθάνουν.

<b>Πίνακας κολυμβητικής ικανότητας του ψαριού</b>
Πλαγιοκατάκλιση
Συμπαράσυρση
Παραμονή στον πυθμένα
Αναπήδηση
Ξαφνική απότομη έγερση – εκσφενδόνιση
Κατακόρυφη θέση σώματος στηριζόμενη στο κεφάλι
Περιδίνηση
Κνησμός
Άλλο (να περιγραφεί)

**Κλινική δοκιμή ισορροπίας**, κατά την οποία:

- Ακινητοποιούμε το ψάρι και μετά το κλίνουμε προς την μία πλευρά του.
- Με φυσιολογικό λαβύρινθο τα μάτια του ψαριού θα συνεχίζουν να κοιτούν σε οριζόντιο επίπεδο.

Η παρατήρηση λοιπόν της κίνησης των ψαριών όπως, η ελάττωση της κινητικότητας, η αστάθεια στην κολύμβηση, η αδιαφορία προς το περιβάλλον, κ.ο.κ. καθώς και η γενικότερη εικόνα του ιχθυοπληθυσμού όπως η μείωση της όρεξης και η εξωτερική εμφάνιση των ψαριών, μας παρείχαν πληροφορίες για την πιθανή αιτιολογία της πάθησης που παρουσιάζουν και της πιθανή αιτία αυτής.

Περεταίρω, συλλέξαμε στοιχεία αναφορικά με την ωτοκία των γεννητόρων, την γονιμότητα των αυγών και το μέγεθος του λεκιθικού σάκου των νέο-εκκολαφθέντων λαρβών σε δεξαμενές του ίδιου εκκολαπτηρίου όπου υπήρχε θόρυβος. Οι γεννήτορες αυτοί, βάσει του αρχείου που διατηρούσε ο Σταθμός, παρουσίασαν διαταραχή στην ωτοκίας καθώς και μείωση στην γονιμότητας συγκριτικά με άλλες ομάδες γεννητόρων που διαβιούσαν σε πιο ήσυχο περιβάλλον.

Επίσης παχυνόμενα ψάρια σε κλωβούς που δέχονταν συνεχείς ενοχλήσεις με θορύβους, παρουσίασαν ανομοιομορφία στην ανάπτυξη τους συγκρινόμενα με άλλες όμοιες ομάδες ψαριών, των οποίων οι κλωβοί ευρίσκονταν σχετικά μακριά των θορύβων. Σε όλο τον προαναφερθέντα ιχθυοπληθυσμό εφαρμόζονταν το ίδιο διατροφικό πρόγραμμα και τα ψάρια προέρχονταν από τους ίδιους γεννήτορες.

#### 4. Συμπεράσματα – Συζήτηση

Μπορεί να ειπωθεί πως αν και η ιχθυοκαλλιέργεια γνωρίζει έντονη εφαρμογή και αποδοχή, μόλις πρόσφατα έχουν αρχίσει έρευνες για την ευζωία των εκτρεφόμενων ιχθύων, κυρίως σε σχέση με το πώς αυτή μπορεί να επηρεάσει την παραγωγή και ακολούθως την ποιότητα του παραγόμενου προϊόντος.

Γίνεται κατανοητό πως πολλές φορές η καταπόνηση (στρες) που ασκείται στους ιχθύες και οδηγεί στην αύξηση του άγχους οφείλεται σε διάφορα εξωτερικά ερεθίσματα, πολλά από τα οποία είναι προϊόντα και των ανθρώπινων δραστηριοτήτων. Έτσι για παράδειγμα, ο θόρυβος ή/και οι συχνές και απότομες αλλαγές στη συχνότητα του εξαιτίας της χρήσης κάποιου φίλτρου καθαρισμού, ο έντονος θόρυβος και οι δονήσεις που θα κάνει κάποια αντλία νερού ή κάποιος άλλος εξωτερικός παράγοντας όπως μια έντονη συζήτηση – λογομαχία των εργαζομένων κοντά στην δεξαμενή ή σε ένα ενυδρείο και πολλά άλλα μπορούν να επηρεάσουν αρνητικά την ανάπτυξη των ιχθύων, λόγω της δημιουργίας στρες σε αυτά. Η αντίδραση - συμπεριφορά των ιχθύων στο στρες περιλαμβάνει όλα τα επίπεδα του οργανισμού, από το κύτταρο ως το άτομο και αφορά μεταβολές στη λειτουργία του αυτόνομου νευρικού και ενδοκρινικού συστήματος (Iwama et al. 2004). Αυτή η συμπεριφορά μπορεί επίσης να ποικίλλει ανάλογα με το είδος, τη γονοτυπική σύσταση, την ηλικία, το φύλο, την εμπειρία του ατόμου σε στρες, και την φυσιολογική κατάσταση του οργανισμού (Σμοκοβίτης, 2007).

Αναφορικά με τον ορισμό της συμπεριφοράς, την θεωρούμαι ως την εκδήλωση της αντίδρασης ενός οργανισμού τόσο στα εσωτερικά (φυσιολογικά) όσο και στα εξωτερικά (περιβαλλοντικά) ερεθίσματα. Η συμπεριφορά των ψαριών, μπορεί να αποτελεί την ένδειξη ενός υπάρχοντος προβλήματος και την πιθανή αιτία του προβλήματος. Στις περιπτώσεις όπου η συμπεριφορά προκαλεί πρόβλημα, θα πρέπει να διευκρινισθεί αν σχετίζεται με την συμπεριφορά του

συνόλου ή της πλειοψηφίας του εξεταζόμενου ιχθυοπληθυσμού. Για παράδειγμα, η επίθεση ψαριών σε άλλα ψάρια μέσα στη ίδια δεξαμενή, η οποία συνοδεύεται με καταδίωξη ή τσίμπημα των πτερυγίων αυτών, μπορεί να προκαλέσει ασθένειες που σχετίζονται με στρες που ήδη έχει εισαχθεί στον πληθυσμό αυτόν. Παρομοίως, υπερβολικό κρύψιμο ή αιφνίδιες κινήσεις λόγω θορύβων ή/ και δονήσεων μπορούν να οδηγήσουν σε ένα απλό τραύμα το οποίο θα προκληθεί από τη σύγκρουση του με άλλα άτομα, με τοιχώματα της δεξαμενής ή και άλλα εξαρτήματα αυτής. Μια τέτοια αντίδραση ενός πληθυσμού ψαριών μπορεί επιπλέον να επιδράσει και στη διατροφή των ίδιων των ψαριών προκαλώντας συνήθως διατροφικά προβλήματα, τα οποία εκδηλώνονται ως ασιτία.

Στην περίπτωση της παρούσας εργασίας, τα εκτρεφόμενα ψάρια εκτίθεντο σε χρόνιους θορύβους, οι οποίοι ήταν συνήθως σε συχνότητες που μπορούν τα ίδια να ακούν. Σύμφωνα με προηγούμενες έρευνες αύξηση του στρες από τον θόρυβο στο ψάρι, ειδικά σε χρονικά παρατεταμένο θόρυβο, έχει επιβλαβές αποτέλεσμα στην ανάπτυξη του, την γενετική ωρίμαση και αναπαραγωγική του ικανότητα, στην ανοσολογική αντίδραση και την ευαισθησία του σε λοιμώξεις, καθώς και στο γενικότερο «ευ ζην» του ίδιου του ατόμου. Σε αναφορές γίνεται γνωστό ότι χρόνια αύξηση του θορύβου κατά 30 dB σε σχέση με τον συνήθη θόρυβο του περιβάλλοντος σε γαριδοκαλλιέργεια (*Crangon crangon*), προκάλεσε σημαντική μείωση της ανάπτυξης και αναπαραγωγικής ικανότητας στις εκτρεφόμενες γαρίδες και αύξηση του συντελεστή μετατρεψιμότητας, ο οποίος εκφράστηκε με τα υψηλά ποσοστά αμμωνίας και αζωτούχων ουσιών που αποβάλλονταν στο περιβάλλον και την υψηλή κατανάλωση οξυγόνου από τις γαρίδες. Επίσης σύμφωνα με τους Banner and Hyatt (1973), αναφέρθηκε σε κυπρινοειδή εκτρεφόμενα σε μικρά γυάλινα ενυδρεία, σημαντική μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των όταν εισήχθη σε αυτά θόρυβος μεγαλύτερος κατά 20 dB

συγκριτικά με τα ψάρια που διαβίωναν χωρίς αύξηση του θορύβου στα υπόλοιπα ενυδρεία. Καταγραφή του ήχου μέσα στις δεξαμενές εκτροφής επιβεβαίωσε την μεταφορά στο νερό των θορύβων που παράγονταν από τον μηχανολογικό εξοπλισμό υποστήριξης των δεξαμενών αυτών, όταν ο εξοπλισμός αυτός είχε εγκατασταθεί χωρίς να προβλεφτεί η ηχομόνωση του και ευρίσκονταν κοντά στις δεξαμενές των ψαριών.

Για την ελαχιστοποίηση του στρες στα εκτρεφόμενα ψάρια διαπιστώσαμε ότι η μετάδοση του θορύβου και των δονήσεων που παράγονται από μεγάλες αντλίες νερού και φυσητήρες αέρα, μπορούσε αισθητά να μειωθεί με την τοποθέτηση τους σε ελαστικές βάσεις. Επίσης μείωση θορύβου και δονήσεων επιτυχάνετο με την εγκατάσταση των «βαριών» μηχανημάτων σε ξεχωριστό χώρο που διαθέτει ηχομόνωση και είναι κατασκευασμένος – υπενδεδυμένος με υλικά που απορροφούν τους κραδασμούς και τις παραγόμενες δονήσεις από αυτά. Στο εμπόριο υπάρχει πληθώρα κατάλληλων υλικών που αποσιωπούν τα ανωτέρω.

Ακολούθως, η αποφυγή της όποιας επαφής η/και στήριξης του σημείου εκροής των ποικίλων σωληνώσεων νερού και αέρα στην περίμετρο της δεξαμενής εκτροφής, ιδιαίτερα όταν οι σωληνώσεις είναι κατασκευασμένες από πλαστικό υλικό (PVC), μείωνε δραστικά την μετάδοση θορύβου και δονήσεων που μεταφέρονται από την κίνηση και τον στροβιλισμό του νερού ή αέρα μέσα στην σωληνώσεις. Ειδικά «φράγματα» και μειωτές θορύβου είναι επίσης εμπορικά διαθέσιμοι και τοποθετούνται κατά την συνδεσμολογία των σωληνώσεων ή στην έξοδο αυτών.

Επίσης διαπιστώσαμε ότι κατά την κατασκευή των δεξαμενών πρέπει να αποφεύγεται η απευθείας επαφή των δεξαμενών με τους ενδιάμεσους προς αυτές διαδρόμους κίνησης των εργαζομένων, σκάλες και λοιπό ιχθυολογικό εξοπλισμό. Αναφορικά με τις ίδιες της δεξαμενές εκτροφής, ιδιαίτερα αυτές που είναι

προκατασκευασμένες από πλαστικό υλικό, μπορούν να στηρίζονται σε ειδικές μονωτικές βάσεις αποφεύγοντας τοιουτοτρόπως την απόλυτη επαφή τους με το έδαφος ή το δάπεδο των λοιπών εγκαταστάσεων.

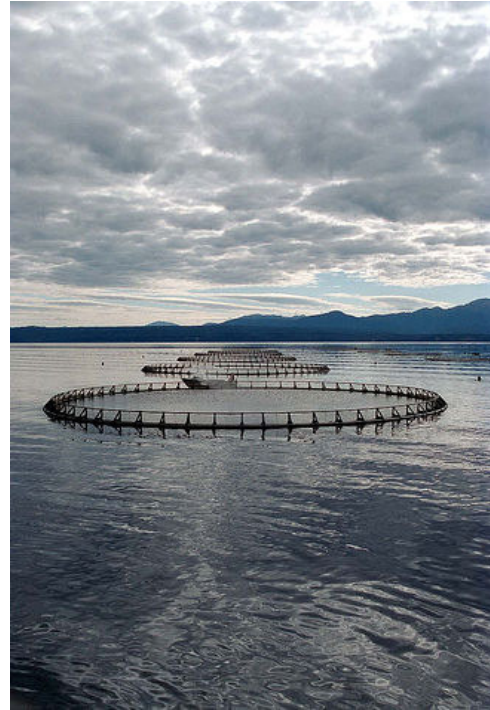
Στο φυσικό περιβάλλον, όταν τα ψάρια εκτίθενται σε θορύβους που τα παρενοχλούν, απλά φεύγουν από τον συγκεκριμένο χώρο για αλλού, γεγονός που δεν συμβαίνει στα εκτρεφόμενα, τα οποία παραμένουν στον χώρο της δεξαμενής ή του κλωβού των. Για τον λόγο αυτό, θεωρούμαι ότι είναι προς όφελος της εκτροφής να περιορίσει τους παραγόμενους θορύβους και δονήσεις κυρίως από τα λειτουργούντα σε συνεχή βάση μηχανήματα (αντλίες) και να φροντίσει να μονώνει κατά το δυνατόν τις σωληνώσεις μεταφοράς νερού και αέρα. Επίσης οι λοιποί ανθρωπογενείς θόρυβοι μπορούν να μειωθούν ύστερα από ενημέρωση και κατάλληλη εκπαίδευση του προσωπικού των επιχειρήσεων. Η λήψη τέτοιων μέτρων συμβάλει δυναμικά στην αύξηση της παραγωγής και την επίτευξη των στόχων για καλύτερο «ευ ζην» των εκτρεφόμενων ψαριών.

Περαιτέρω έρευνα απαιτείται τόσο για την επίδραση του ήχου και των δονήσεων στο ψάρι όσο και για καινούργια υλικά και συστήματα που θα μπορούσαν να αισθητά να μειώσουν το στρες που προκαλείται ιδιαίτερα στους εκτρεφόμενους υδρόβιους οργανισμούς. Επίσης, η θέση και κίνηση του ψαριού στο νερό θα πρέπει να παρακολουθείται και αξιολογείται από τους ιχθυολόγους των μονάδων διότι αντανakλά στον βαθμό προσβολής - βλάβης των αντίστοιχων αισθητήριων οργάνων και σχετίζεται άμεσα με την αντίληψη του περιβάλλοντος από το ίδιο το ψάρι ή/και με το βαθμό προσαρμοστικότητας του. Τα ευρήματα αυτά παρέχουν την αρχική διαγνωστική πληροφόρηση για την κατάσταση της υγείας των εκτρεφόμενων ιχθυοπληθυσμών.

Ολοκληρώνοντας, μπορεί να ειπωθεί πως εφόσον επιθυμούμε την εξέλιξη της ιχθυοκαλλιέργειας και την αποδοτικότερη λειτουργία της, κρίνεται απαραίτητο



να μελετήσουμε εκτενέστερα την λειτουργία των αισθητήριων συστημάτων, όλων των εκτρεφόμενων ειδών και σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του κάθε οργανισμού.



### 5.1 Ελληνόγλωσση

- **Αγγελίδης Π. & Φώτης Γ.**, «Εκτροφή και Παθολογία Ιχθύων», Τόμος Α, Θεσσαλονίκη 2003.
- **Κατσακούλης Π.** « Διερεύνηση της αντίδρασης σε οξύ stress του Λαβρακιού, υπό συνθήκες διαφορετικού χρώματος (μήκος κύματος) φωτός», Αθήνα 2010.
- **Κεντούρη Μ.** «Διατροφή των εκτρεφόμενων ιχθύων», Κρήτη 2007
- **Νεοφύτου Χ.**, «Ιχθυολογία», Θεσσαλονίκη 1997
- **Πνευματικάτος Γ.**, «Ιχθυοτροφία και Ιχθυοπαθολογία», Θεσσαλονίκη 1996
- **Σμοκοβίτης Α.** «Φυσιολογία» Θεσσαλονίκη. 2007
- **Χώτος Γ. & Ρογδάκης Ι.** «Υδατοκαλλιέργειες ευρύαλων ψαριών, λαβράκι και τσιπούρα, τεχνικές της αναπαραγωγής και πάχυνσης» Αθήνα 1992.

### 5.2 Ξενόγλωσση

- **Adams C.E., Turnbull J. F., Bell J. E. & Huntingford F. A.** «Multiple determinants of welfare in farmed fish : stocking density, disturbance and aggression in Atlantic salmon(*Salmo salar*)». J. Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences (2007), 64., 336 – 344.
- **Adrian D. E. & Ludwig C.**, «Nervous Discharges from the olfactory organs of fish» J. Physiol (1938), 94, 441 – 460.
- **Jerlov N.G.** «Light – general introduction» J. Marine Ecology (1970), 1, 95 – 102.

- **Kawamura G., Masuma S., Tezuka N., Kolso M., Jinbo T. & Namba K.** «Morphogenesis of sense organs in the bluefin tuna *Thunnus orientalis*» , J. The Big Fish Bang (2003), 123 – 135
- **Mana R. R. & Kawamura G.** «Olfactory Organs of Two Pelagic Teleost Fish – Opah (*Lampris guttatus*) & Dolphin fish (*Coryphaena hippurus*). J. South Pacific Study (2002), 2, 53 – 64.
- **Yan Y. H., Anraku K. & Babaran R.** «Locomotion and Sensory Capabilities in Marine Fish», Chapter 3 : Hearing in Marine Fish and It's Application in Fisheries.
- **Popper, A. N., Smith, M. E., Cott, P. A., Hanna, B. W., MacGillivray, A. O, Austin, M. E, Mann, D. A.** Effects of exposure to seismic airgun use on hearing of three fish species. J. Acoust. Soc. Am. (2005),117:3958-3971.
- **Smith, M. E., Coffin, A. B., Miller, D. L., and Popper, A. N.** Anatomical and functional recovery of the goldfish (*Carassius auratus*) ear following noise exposure. J. Exp. Biol., (2006), 209:4193-4202.
- **Popper, A. N., Halvorsen, M. B., Kane, E., Miller, D. D., Smith, M. E., Stein, P., and Wysocki, L. E.** The effects of high-intensity, low-frequency active sonar on rainbow trout. J. Acoust. Soc. Am., (2007). 122:623-635.
- **Wysocki, L. E., Davidson III, J. W., Smith, M. E., Frankel, A. S., Ellison, W. T., Mazik, P. M., Popper, A. N.,Bebak, J.** Effects of aquaculture production noise on hearing, growth, and disease resistance of rainbow trout *Oncorhynchus mykiss*. Aquaculture, (2007), 272: 687-697.
- **Halvorsen, H. B., Wysocki, L. E., Stehr, C. M., Baldwin, D. H., Scholz, N. L., and Popper, A. N.** Barging effects on sensory systems of Chinook salmon smolts. Trans. Am. Fish. Soc., (2009), 138:777-789.

- **Popper, A. N., and Hastings, M. C.** The effects on fish of human-generated (anthropogenic) sound. *Integrative Zool.*, (2009), 4:43-52.
- **Popper, A. N. and Hastings, M. C.** Effects of anthropogenic sources of sound on fishes. *J. Fish Biol.*,(2009), 75:455-498.
- **Kane, A. S., Song J., Halvorsen, M. B., Miller, D. L., Salierno, J. D., Wysocki, L. E., Zeddies, D., Popper, A. N.** Exposure of fish to high intensity sonar does not induce acute pathology. *J. Fish Biol.*, (2010), 76:1825-1840.
- **Slabbekoorn, H., Bouton, N, van Opzeeland, I., Coers, A., ten Cate, C., and Popper, A. N.** A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in Ecology & Evolution*, (2010), in press.
- **Halvorsen, M.B., Casper, B.M., Woodley, C.M., Carlson, T.J., and Popper, A.N.** Predicting and mitigating hydroacoustic impacts on fish from pile installations. NCHRP Research Results Digest 363, Project 25-28, National Cooperative Highway Research Program, Transportation Research Board, National Academy of Sciences, (2011), Washington, D.C.
- **Halvorsen, M. B., Zeddies, D. G., Ellison, W. T., Chicoine, D. R., and Popper, A. N.** Effects of mid-frequency active sonar on fish hearing. *J. Acoust. Soc. Am.*, (2012), 131:599-607.
- **Halvorsen, M. B., Casper, B. M, Woodley, C. M., Carlson, T. J., and Popper, A. N.** Threshold for onset of injury in Chinook salmon from exposure to impulsive pile driving sounds. *PLoS ONE*, (2012), 7(6) e38968. doi:10.1371/journal.pone.0038968.
- **Casper, B. M., Popper, A. N., Matthews, F., Carlson, T. J., and Halvorsen, M. B.** Recovery of barotrauma injuries in Chinook

salmon, *Oncorhynchus tshawytscha* from exposure to pile driving sound. PLoS ONE, (2012), 7(6): e39593. doi:10.1371/journal.pone.0039593.

- **Halvorsen, M. B., Casper, B. M., Matthews, F., Carlson, T. J., and Popper, A. N.** Effects of exposure to pile driving sounds on the lake sturgeon, Nile tilapia, and hogchoker. Proceedings of the Royal Society B., (2012),. 279, 4705-4714 doi: 10.1098/rspb.2012.154.
- **Casper, B. M., Smith, M. E., Halvorsen, M. B., Sun, H., Carlson, T. J., and Popper, A. N.** Effects of exposure to pile driving sounds on fish inner ear tissues. Comparative Biochemistry and Physiology A., (2013), 166:352-360.
- **Casper, B. M. Halvorsen, M. B., Mathews, F., Carlson, T. J., and Popper, A. N.** Recovery of barotrauma injuries resulting from exposure to pile driving sounds in two sizes of hybrid striped bass. PLoS ONE, (2013), 8(9): e73844. doi:10.1371/journal.pone.0073844.
- **Popper, A. N., Halvorsen, M. B., Casper, B. M, and Carlson, T. J.** U. S. Dept. of the Interior, Bureau of Ocean Energy Management, Headquarters, Herndon, VA. Effects of Pile Sounds on Non-AuditoryTissues of Fish. (2013), OCS Study BOEM 2012-105. 60 pp.

### 5.3 WebPages

- [http://www.istellas.gr/aquarium/aq\\_water\\_water\\_chem.html](http://www.istellas.gr/aquarium/aq_water_water_chem.html)
- <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/acidity.htm>
- <http://209.85.229.132/search?q=cache:b3GukhiPELIJ:www.geo.auth.gr/887/PDF/XYTAr>
- <http://kpe-kastor.kas.sch.gr/limnology/limnology/nutrients.htm>
- <http://www.grammos-sa.gr/fishfood.html>

- [http://hirc.ekt.gr/opencms/opencms/hirc/services/newsletter/inn20/exp\\_systems.htm](http://hirc.ekt.gr/opencms/opencms/hirc/services/newsletter/inn20/exp_systems.htm)
- <http://www.greekdiscus.com/test2000/showthread.php?t=1147>
- <http://www.hvms.gr/el/journal/volume-history/issues2006/79-volume57-issue2/493-e-.html>
- <http://mzcp-zoonoses.gr/pdf/aliossi.pdf>
- <http://www.tsamisaquarium.gr/Selides/Themata/ABC.htm>
- [http://www.ygeiaonline.gr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=327:2008-12-10-15-09-39&catid=76:2008-12-10-08-52-02](http://www.ygeiaonline.gr/index.php?option=com_content&view=article&id=327:2008-12-10-15-09-39&catid=76:2008-12-10-08-52-02)
- <http://www.pskf.ca/sd/>
- [http://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%95%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%8C%3A%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%B6%CE%AE%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7&search=+](http://el.wikipedia.org/w/index.php?title=%CE%95%CE%B9%CE%B4%CE%B9%CE%BA%CF%8C%3A%CE%91%CE%BD%CE%B1%CE%B6%CE%AE%CF%84%CE%B7%CF%83%CE%B7&search=)
- <http://www.bmlabs-mag.gr/?p=951>
- <http://www.hydrotech.se>
- <http://www.hvms.gr/>
- [http://www.fishportal.gr/index.php?option=com\\_content&task=view&id=84&Itemid=36](http://www.fishportal.gr/index.php?option=com_content&task=view&id=84&Itemid=36)

