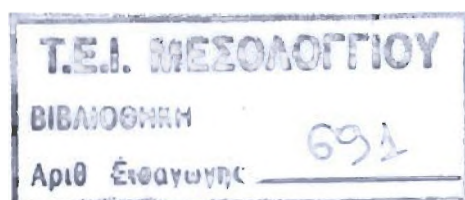


**Τ.Ε.Ι. ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΩΝ ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ  
ΤΜΗΜΑ ΙΧΘΥΟΚΟΜΙΑΣ – ΑΛΙΕΙΑΣ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : «Αλληλεπιδράσεις παραγόντων  
περιβάλλοντος και υδατοκαλλιεργειών»**



**ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ :  
Dr. Βιδάλης Κοσμάς  
Καθηγητής**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :**  
Κασιμάτη Μαρία  
Τσιώλη Κατερίνα

11

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 1999**

Εμφάνιση  
3-6-99

Dr. H. ΒΙΛΛΑΝΗΣ



«Αφιερωμένη στους  
γονείς μας,  
που αγωνίστηκαν  
μαζί μας»

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	σελίδα
Πρόλογος των Σπουδαστών & Ευχαριστίες.....	1
Γενική Εισαγωγή.....	3
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο</b>	
<b>ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</b>	
1.1. Εισαγωγή.....	5
1.2. Τοποθεσίες ιχθυοκαλλιεργειών.....	6
1.3. Ιζηματοποίηση σε περιοχές ιχθυοκαλλιέργειας.....	7
1.4. Επιδράσεις στην βενθική μικροπανίδα.....	8
1.5. Μικροβιακή δραστηριότητα στα ιζήματα ιχθυοκαλλιεργειών.....	11
1.6. Ο κύκλος των φυσικών και ενισχυμένων στοιχείων στο ιζημα των ιχθυοκαλλιεργειών.....	15
1.7. Ιζήματα που περιβάλλουν εναλλασόμενες ιχθυοκαλλιέργειες.....	17
1.8. Καθεστώς και ιζήματα μελλοντικών ιχθυοκαλλιεργειών.....	18
1.9. Συμπεράσματα.....	19
<b>ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο</b>	
<b>ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΙΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	
2.1. Εισαγωγή.....	20
2.2. Κριτήρια ποιότητας νερού για τα οστρακόδερμα μαλάκια.....	21
2.2.1. Επιδράσεις αλατότητας.....	21
2.2.2. Καταστροφή των κατοικιών.....	21
2.2.3. Ευτροφικότητα.....	23
2.2.4. Ανοξικές συνθήκες.....	23
2.2.5. Τοξικά φυτοπλαγκτονικά είδη.....	24
2.2.6. Μολυσματικές ενέργειες.....	25
2.2.7. Άλλες περιβαλλοντικές επιδράσεις.....	26
2.3. Επίδραση στην ανθρώπινη υγεία από μολυσμένα οστρακοειδή.....	27
2.3.1. Βακτηριακή μόλυνση.....	27
2.3.2. Προβλήματα με ιούς.....	28
2.3.3. Βιοτοξίνες φυκών.....	28
2.3.4. Γαλλικά Δίκτυα Παρακολούθησης.....	29
α. RNO (Reseau National Observation de la qualite du milieu marin).....	29

β. REPHY (Reseau Phytoplancton).....	30
γ. REMI ( Reseau Microbiologique).....	31
2.5. Συμπεράσματα.....	32

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο**

### **ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

3.1. Εισαγωγή.....	33
3.2. Κριτήρια επιλογής τοποθεσίας.....	34
3.2.1. Βάθος νερού.....	34
3.2.2. Τύπος βυθού.....	35
3.2.3. Κατεύθυνση και ταχύτητα ρεύματος.....	35
3.2.4. Κυματισμός.....	35
3.2.5. Δυναμική μεταφοράς.....	36
3.2.6. Κριτήρια ποιότητας νερού.....	36
3.2.7. Άλλες χρήσεις.....	36
3.3. Μαθηματικό μοντέλο.....	37
3.4. Δειγματοληψία ποιότητας νερού.....	37
3.5. Πρωτόκολλο παρακολούθησης.....	39
α. Συσσκευή φωτογράφισης κατακόρυφης διατομής ιζήματος.....	39
β. Στατική φωτογραφία.....	40
γ. Δείγματα με πηρυνοδειγματολήπτη.....	40
Γενικά συμπεράσματα και επίλογος.....	43
Παραρτήματα.....	47
Παράρτημα 1-Εικόνες.....	48
Παράρτημα 2-Πίνακες.....	63
Βιβλιογραφία.....	66

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΤΩΝ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ ΚΑΙ ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Οι αυξανόμενες ανάγκες και απαιτήσεις του ανθρώπου σε αγαθά, που προέρχονται απ' τους υδάτινους πόρους, στρέφουν την προσοχή και το ενδιαφέρον όλο και περισσότερο στα υδάτινα οικοσυστήματα.

Η αξιοποίηση και η χρήση των υδάτινων οικοσυστημάτων του πλανήτη μας για ύδρευση, άδρευση, ενέργεια, αναψυχή, βιομηχανία, μεταφορές και άλλα, έχει ενταθεί τις τελευταίες δεκαετίες, με αποτέλεσμα την μείωση των αποθεμάτων «καθαρού νερού», κυρίως λόγω προβλημάτων που έχουν σχέση με την ρύπανση και μόλυνση της υδρόσφαιρας.

Ιδιαίτερα τα τελευταία χρόνια, ύστερα απ' την εξαντλητική εκμετάλλευση των φυσικών ιχθυοαποθεμάτων, και σε συνδυασμό με την ρύπανση της υδρόσφαιρας, δίνεται παγκόσμια όλο και μεγαλύτερη προσοχή στην ανάπτυξη των υδατοκαλλιεργειών. Για την ανάπτυξή τους όμως απαραίτητη προϋπόθεση είναι η ύπαρξη υδάτινων οικοσυστημάτων, που να πληρούν ορισμένες ποσοτικές και ποιοτικές προδιαγραφές, τέτοιες που να ευνοούν την εγκατάσταση και εκτροφή των ειδών. Η αυξανόμενη όμως ρύπανση και μόλυνση των υδάτινων οικοσυστημάτων, σε συνδυασμό με τις πολλαπλές χρήσεις τους, έχει περιορίσει σημαντικά τους υδάτινους πόρους που είναι κατάλληλοι για υδατοκαλλιέργειες. Είναι γνωστό εξάλλου ότι τα υδάτινα οικοσυστήματα αποτελούν τους τελικούς αποδέκτες κάθε μορφής ρύπανσης που μπορεί να προέρχεται από αγροτικά, οικιακά, βιομηχανικά κ.λ.π. απόβλητα και λύματα. Ακόμη, τα υδάτινα οικοσυστήματα είναι περισσότερο ευπαθή στην διατάραξη της οικολογικής ισορροπίας τους απ' ότι τα χερσαία, διότι, το υδάτινο μέσο περιβάλλει όλους τους οργανισμούς και το βίοτοπο έτσι ώστε να αυξάνεται χρονικά η έκθεση ολόκληρου του οικοσυστήματος στην επίδραση του τοξικού παράγοντα, καθώς επίσης υπάρχει και η δυνατότητα δέσμευσης του τοξικού παράγοντα από τα φύκη.

Απ' την άλλη πλευρά η συνεχώς αυξανόμενη ανάπτυξη των εντατικών υδατοκαλλιεργειών, σε μεγάλους πληθυσμούς και η μη ορθολογική διαχείρησή τους είναι δυνατόν, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, να δημιουργήσουν προβλήματα ρύπανσης του υδάτινου περιβάλλοντος από τις εκροές τους (απόβλητα μεταβολισμού, υπολείμματα τροφών κ.λ.π.). Η ρύπανση του περιβάλλοντος απ' τις εκροές των υδατοκαλλιεργειών είναι δυνατόν να υποβαθμίσει ποιοτικά το νερό και να το κάνει ακατάλληλο για άλλες παράλληλες χρήσεις (άρδευση, αναψυχή και άλλα) και ακόμη είναι δυνατόν να έχει και δυσμενείς επιπτώσεις, επάνω στην ίδια την υδατοκαλλιέργεια.

Έτσι λοιπόν, η διατήρηση της καλής ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος είναι καθοριστικής σημασίας παράγοντας για την απόδοση των μονάδων υδατοκαλλιέργειας. Η εντατική καλλιέργεια ιχθύων απαιτεί μεγάλη ποσότητα τροφής με αποτέλεσμα οι συγκεντρώσεις διαλελυμένης και σωματιδιακής οργανικής ύλης που διαφεύγει απ' τους

κλωβούς να είναι αντίστοιχα αυξημένες. Η μερική παγίδευση του νερού λόγω της περιορισμένης κίνησης του μέσα στους κλωβούς, η εν συνεχεία υποβάθμιση της ποιότητάς του (υψηλές συγκεντρώσεις αμμωνίας, χαμηλές ποσότητες διαλυμένου οξυγόνου) είναι παράγοντες που επιδρούν αρνητικά στην υγεία και την ανάπτυξη των ψαριών. Σε περιοχές βάθους μικρότερου των 25m, η μεγάλη συγκέντρωση οργανικού υλικού στο ίζημα, η επικράτηση ανοξικών συνθηκών και η ανάβλυση υδροθείου μπορούν να προκαλέσουν καταπόνηση στο καλλιεργούμενο απόθεμα.

Επομένως οι σχέσεις και αλληλεπιδράσεις μεταξύ του περιβάλλοντος και υδατοκαλλιεργειών είναι προφανείς και η γνώση τόσο των περιβαλλοντικών παραμέτρων, όσο και των διαχειριστικών παραμέτρων θα πρέπει να είναι βαθιά και σε έκταση, ώστε να αποφεύγονται τα προβλήματα, που θα μπορούσαν να προκύψουν τόσο στην ιχθυοπαραγωγή, όσο και στο περιβάλλον.

Σκοπός αυτής της εργασίας, είναι να επισημάνει τα προβλήματα που προκύπτουν απ' την επίδραση περιβαλλοντικών παραγόντων, στις ιχθυοκαλλιέργειες και τις επιπτώσεις των εντατικών ιχθυοκαλλιεργειών στο περιβάλλον.

Θα θέλαμε να ευχαριστήσουμε θερμά, το προσωπικό της Βιβλιοθήκης του Τεχνικού Επαγγελματικού Ιδρύματος Μεσολογίου, για την παροχή των στοιχείων που παρουσιάζονται παρακάτω, καθώς επίσης και τον καθηγητή μας Dr. Κοσμά Βιδάλη, που βοήθησε στην εκπόνηση αυτής της εργασίας.

**ΟΙ ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ:**

**Μ. ΚΑΣΙΜΑΤΗ**

**Κ. ΤΣΙΩΛΗ**

# ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

## ΓΕΝΙΚΗ ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η ιχθυοκαλλιέργεια παράγει μεγάλα ποσά παραγώγων με ξεχωριστά οργανικά υπολείματα με αποτέλεσμα τα περιβάλλοντα ιζήματα να επηρεάζονται από το πλεόνασμα αυτού του υλικού. Η έκταση της επίδρασης καθορίζεται απ' την ποιότητα και την ποσότητα του εισερχόμενου οργανικού υλικού καθώς επίσης και από τις περιβαλλοντικές συνθήκες της περιοχής. Η επηρεαζόμενη περιοχή συνήθως περιορίζεται κοντά στην καλλιέργεια. Η ανάπτυξη των ιζημάτων, πλουσίων σε οργανικά υλικά, οφείλεται σε αλλαγές της δομής της κοινωνίας της βενθικής πανίδας (έναντι αποδυναμομένων πληθυσμών της βενθικής πανίδας). Η αποσύνθεση του οργανικού υλικού εξαρτάται όλο και περισσότερο απ' την μικροβιακή δραστηριότητα.

Τα ιζήματα ιχθυοκαλλιέργειας αποδομούνται και είναι πολύ σημαντικές οι διαδικασίες αναερόβιας διαλυτοποίησης ιζήματος. Η κίνηση των θρεπτικών ουσιών και άλλων στοιχείων είναι γρήγορη και η εκροή από αυτά τα ιζήματα στην στήλη του νερού είναι μεγάλη. Η χρήση αντιβιοτικών ενάντια στις ασθένειες των ψαριών στις ιχθυοκαλλιέργειες έχει αναπτύξει ανθεκτικά βακτήρια στα ιζήματα και η μικροβιακή δραστηριότητα είναι μειωμένη για αρκετό καιρό μετά την φαρμακευτική αγωγή. Τα περιβάλλοντα ιζήματα υπόκεινται σε σημαντικές αλλαγές λόγω των υδατοκαλλιεργειών.

Η επίδραση των δύο κυριότερων παραμέτρων στην ποιότητα του νερού είναι κατά πρώτον οι φυσικοχημικές παράμετροι όπως θερμοκρασία, αλατότητα, θολερότητα και συγκεντρώσεις οξυγόνου. Αυτές οι παράμετροι μπορούν να τροποποιηθούν από διαταραχές που σχετίζονται άμεσα με τις ανθρώπινες δραστηριότητες όπως η λειτουργία των φυσικών εφαρμογών (π.χ. κατασκευές φραγμάτων, εκβάθυνση των καναλιών και άλλα).

Ιδιαίτερη προσοχή δίνεται στην εισαγωγή των θρεπτικών συστατικών στο χώρο των υδατοκαλλιεργειών γιατί σε συνάρτηση με την ευτροφικότητα που παρουσιάζουν τα υπάρχοντα νερά ενδέχεται να προκληθούν ανοξικές συνθήκες λόγω κατανάλωσης του οξυγόνου. Η ρύπανση των υδάτων, όταν προέρχεται από ανθρωπογενείς δραστηριότητες, οφείλεται κυρίως στα βαρέα μέταλλα (υδράργυρος, ψευδάργυρος, χαλκός).

Το δεύτερο μέρος της εργασίας αφορά στα απαραίτητα κριτήρια για την διατήρηση των ασφαλών συνθηκών για προϊόντα τα οποία καταναλώνονται απ' τους ανθρώπους κυρίως νωπά ή και ωμά. Η προσοχή πρέπει να εστιαστεί σε κάποια είδη φυτοπλανγκτού όπως το *Gyrodinium aureolum*, που μπορεί να προκαλέσει θνησιμότητα σε οστρακόδερμα. Το πρόβλημα του τοξικού φυτοπλανγκτού που προκαλεί δηλητηρίαση των μαλακίων, που με την σειρά τους προκαλούν διάρροια (D.S.P.) ή παραλυτική δηλητηρίαση από μαλάκια (P.S.P.) αναλύεται επίσης παρακάτω.

Ως παράδειγμα της οργάνωσης των μορφών παρακολούθησης του νερού και της ποιότητας των μαλακίων, η Γαλλική διαδικασία παρακολούθησης, παρουσιάζεται με τρία δίκτυα, που είναι τα εξής:



- α. Το εθνικό δίκτυο παρατηρήσεων για την ποιότητα του θαλάσσιου περιβάλλοντος (RNO).
- β. Το δίκτυο παρακολούθησης φυτοπλανκτού (REPHY)
- γ. Το δίκτυο παρακολούθησης μικροβιολογίας (REMI).

Τα κύρια αποτελέσματα και οι τάσεις αυτών των δικτύων θα παρουσιαστούν ως βάσεις για τον καθορισμό ενός αρίστου Ευρωπαϊκού δικτύου, για τις περιοχές καλλιέργειας μαλακίων.

Η επιλογή της τοποθεσίας των υδατοκαλλιεργειών από παλιά βασιζόταν σε τέτοια χαρακτηριστικά όπως απόσταση από την στεριά και βαθμός προστασίας. Αρκετοί τέτοιοι τόποι, τουλάχιστον όσον αφορά στην ιρλανδική εμπειρία έχουν εγκαταληφθεί μετά από χρηματικές επενδύσεις και προσπάθειες γιατί η παραγωγικότητα ήταν σύντομη. Αυτό οφειλόταν κατά μεγάλο μέρος στην ακαταλληλότητα του τόπου όσον αφορά στην υδρογραφία του, που γρήγορα οδήγησε στην χειροτέρευση των βενθικών συνθηκών και συνεπώς σε ασθένειες ψαριών. Στην συνέχεια παρουσιάζεται ένα σύνολο χαρακτηριστικών που θα έπρεπε να έχει η πιθανή τοποθεσία. Ένα σημαντικό μέρος αυτής της υπόθεσης είναι η ανάπτυξη ενός υδροδυναμικού μοντέλου βασισμένου σε υπολογιστή, που μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως ισχυρό όπλο από τον υπεύθυνο της καλλιέργειας.

Η εργασία καταλήγει σε συνιστώμενο πρόγραμμα παρακολούθησης και περιγράφονται πιθανά πρωτόκολλα διαχείρισης.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1ο**

<p><b>ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ ΣΤΟ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝ</b></p>
---

**Επίδραση της υδατοκαλλιέργειας στα  
περιβάλλοντα ιζήματα: Δημιουργία ιζημάτων  
πλουσίων σε οργανικές ύλες.**

## 1.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στο θαλάσσιο περιβάλλον τα στοιχεία είναι σε συνεχή κίνηση μεταξύ των πρωτογενών παραγωγών, των α' και β' τάξης καταναλωτών και αποσυνθετών. Τα ιζήματα είναι σημαντικοί σύνδεσμοι σ' αυτόν τον κύκλο καθώς το οργανικό υλικό εναποτίθεται στο ίζημα και είτε αλλοιώνεται και ανακυκλώνεται ή θάβεται μόνιμα. Η σημασία των ιζημάτων στην ανακύκλωση ποικίλει από υψηλή βιολογική δραστηριότητα στις πλούσιες σε οργανικό υλικό παράκτιες περιοχές, σε χαμηλή δραστηριότητα σε οργανικά ασθενή ιζήματα βαθέων θαλασσών (Jorgensen, 1982 - Canfield, 1989). Όμως, η κυκλοφορία των στοιχείων προσαρμόζεται καλά στο περιβάλλον, και το εποχιακό πρότυπο επαναλαμβάνεται κάθε χρονιά. Κατά την διάρκεια των δύο τελευταίων δεκαετιών έχουν αυξηθεί σημαντικά οι πληροφορίες για τις διαδικασίες των ιζημάτων και πρόσφατα τα ιζήματα έχουν περιληφθεί στη μελέτη των επιδράσεων λόγω ανθρωπογενούς δραστηριότητας (Malcolm et al, 1986; Samprou and Oviatt, 1991). Έρευνες έχουν δείξει ότι τα ιζήματα ανταποκρίνονται έντονα σε μεγάλες εισροές οργανικού υλικού, είτε όταν η προέλευση του οργανικού υλικού είναι από αποσάθρωση ή άμεσα εισρρέον από υπολλείματα οικιακών φυτών, βιομηχανίας κ.τ.λ.. Οι σχέσεις βενθικής πανίδας και μικροβιακών διεργασιών υπόκεινται σε αλλαγές (Pearson & Rosenberg, 1978 - Skyring, 1987).

Καθώς η καλλιέργεια θαλασσίων ψαριών είναι ταχύτατα αυξανόμενη βιομηχανία, αυξάνεται επίσης η ανησυχία για τις περιβαλλοντικές επιδράσεις λόγω της καλλιέργειας. Η καλλιέργεια των ψαριών σε κλωβούς με δίχτυα απαιτεί μεγάλο εφοδιασμό τροφής, και τα υπολλείματα δημιουργούνται ως διαλυμένα και ξεχωριστά συστατικά. Τελικά η ιζηματοποίηση παραγώγων ξεχωριστών υπολλειμάτων, (όπως η τροφή), μπορεί να οδηγήσει σε αυξανόμενη εισροή οργανικού υλικού στο ίζημα (Gowen & Bradbury, 1987). Τα ιζήματα που περιβάλλουν τις ιχθυοκαλλιέργειες μπορεί να συνεισφέρουν σε αυξημένο ευτροφικό επίπεδο του περιβάλλοντος, καθώς αυξάνεται η απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών απ' τα ιζήματα (Folke & Kautsky, 1989; Ackefors & Enell, 1990; Wildish et al., 1990). Αυτό το κεφάλαιο αναθεωρεί την υπάρχουσα γνώση για τις επιδράσεις της ιχθυοκαλλιέργειας στα ιζήματα.

## 1.2 ΤΟΠΟΘΕΣΙΕΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Σε όλο τον κόσμο οι ιχθυοκαλλιέργειες είναι τοποθετημένες σε ευρεία ποικιλία διαφορετικού περιβάλλοντος. Γι' αυτό δεν είναι δυνατόν να θέσουμε μια σαφή σύνοψη των επιδράσεων της υδατοκαλλιέργειας. Υπάρχουν όμως, ορισμένα γενικά μοντέλα που δίνουν ομοιότητες, π.χ. στην επιλογή μιας τοποθεσίας για ιχθυοκαλλιέργεια. Η τοποθεσία αποφασίζεται κυρίως με βάση δύο επιχειρήματα:

1. Ο τόπος ιχθυοκαλλιέργειας πρέπει να προφυλάσσεται με σκοπό την ασφαλή παραγωγή ψαριών, προστατευμένη από καταστροφικούς ανέμους και κυματισμούς.
2. Το οικονομικό κόστος, πρέπει να είναι χαμηλό για να εξασφαλίζει κέρδη.

Έτσι, οι περισσότερες ιχθυοκαλλιέργειες είναι τοποθετημένες σε προφυλαγμένες περιοχές κοντά στην ακτή, όπου η μεταφορά και το κόστος προσωπικού διατηρούνται στο ελάχιστο. Οι επιδράσεις σ' αυτές τις περιοχές είναι όμως αντιφατικές καθώς ποικίλει η περιβαλλοντική ευαισθησία. Δυο σημαντικοί περιβαλλοντικοί παράγοντες είναι ρυθμός αλλαγής του νερού και οι δυναμικές των ιζημάτων, (Håkanson et al., 1988).

Όπως εικονογραφείται στην εικ.1, η έκταση της δράσης των κυμάτων έχει αποφασιστικό αποτέλεσμα στις δυναμικές του πυθμένα. Αν για παράδειγμα μια ιχθυοκαλλιέργεια είναι τοποθετημένη σε μια περιοχή ή σε παράκτια περιοχή όπου κυριαρχεί διάβρωση (καμμία απόθεση ιζήματος) ή μεταφορά των διαδικασιών ιζηματοαπόθεσης (περιοδική απόθεση ιζήματος), οι πιθανότητες να επισυσσωρευτούν τα ξεχωριστά παράγωγα αποβλήτων υποκείμενα ιζήματα, είναι χαμηλές. Αντιθέτως τα παράγωγα υπολειμμάτων θα εξαπλωθούν κυρίως στα γύρω νερά και ιζήματα, (Frid & Mercer, 1989). Όμως, όταν οι ιχθυοκλωβοί είναι τοποθετημένοι σε περιοχή που κυριαρχούν οι διαδικασίες συσσώρευσης, η εξάπλωση θα είναι μικρότερη (Håkanson & Wallin, 1991 - Persson & Håkanson, 1991 - Wallin & Håkanson, 1991).

Η διάβρωση και η μεταφορά των ιζημάτων βρίσκονται κυρίως σε ανοιχτές περιοχές π.χ. σε ακτές εκτεθειμένες στον αέρα και στο κύμα, σε περιοχές με αποτομές προεξοχές βράχων, ή ταχεία αλλαγή νερού, π.χ. στο εξώτερο αρχιπέλαγος, βραχώδεις ακτές, σε ποτάμια ενώ η συσσώρευση πυθμένων βρίσκεται σε περιοχές με βαθειά νερά ή σε προστατευμένες περιοχές π.χ. σε φιόρδ και στο εσώτερο αρχιπέλαγος. Οι περισσότερες ιχθυοκαλλιέργειες βρίσκονται σε περιοχές που ανήκουν στην τελευταία κατηγορία αλλά υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες και με χρήση μεσοθαλάσσιων τεχνικών, οι ιχθυοκαλλιέργειες μπορούν επίσης να βρίσκονται και σε εκτεθειμένες περιοχές.

### 1.3. ΙΖΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗ ΣΕ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ

Η περιβαλλοντική επίδραση σε μια περιοχή σε συνάρτηση με τις ιδιότητες της συγκεκριμένης περιοχής, καθορίζεται από το καθεστώς ιχθυοκαλλιέργειας, όπου τα πιο σημαντικά συστατικά είναι η πυκνότητα εκτροφής και η εισαγωγή τροφής. Έχει βρεθεί ότι, η καλλιέργεια ψαριών δημιουργεί μεγάλα ποσά παραγώγων οργανικών υπολειμμάτων με την μορφή σβόλων τροφής που δεν έχουν καταναλωθεί (Gowen & Bradbury, 1987 - Crowen et al., 1988 - Hall et al., 1990 - Hansen et al., 1990 - Ye et al., 1991). Η σύνθεση και η φύση των παραγώγων υπολειμμάτων αντανakλά την δίαιτα και την ευπεψία των συστατικών της και τα κύρια παράγωγα υπολειμμάτων είναι οργανικά μέγιστα όπως άνθρακας, άζωτο και φώσφορος. Πρόσφατα υπολογισμοί βασισμένοι στην εισαγωγή τροφής αποδεικνύουν ότι 44% άνθρακας, 14 - 17% άζωτο και 38 - 45% φώσφορο ελευθερώνονται ως στερεά σώματα (Gowen & Bradbury, 1987 - Persson, 1988 - Christensen & Horsted, 1991). Η ιζηματοποίηση των σωματιδίων, σε περιοχές όπου υπάρχουν ιχθυοκαλλιέργειες, μπορεί να επηρεάζεται από την απελευθέρωση διαλυμένων θρεπτικών ουσιών, καθώς αυξάνεται η δυναμική της πρώιμης παραγωγής και το ποσό αποσάρθρωσης, μπορεί να αυξηθεί (Håkanson et al., 1988 - Frid & Mercer, 1989).

Λόγω της απελευθέρωσης παραγώγων αποβλήτων κατά την ιζηματοποίηση της καλλιέργειας οι ρυθμοί είναι 1 - 3 φορές μεγαλύτερου μεγέθους σε σύγκριση με ανεπηρέαστες παράκτιες περιοχές (Brown et al., 1987 - Hall et al., 1990 - Hansen et al., 1990 - Holby, 1991 - Holby & Hall, 1991 - Ye et al., 1991). Η εποχιακή διαφοροποίηση οφείλεται συχνά σε αλλαγές των καθεστώτων των ιχθυοκαλλιεργειών και οι ρυθμοί ιζηματοποίησης σχετίζονται υψηλά με την εισαγωγή τροφής, όπως φαίνεται σε δυο εποχιακές καλλιέργειες στην εικ.2. Οι ρυθμοί ιζηματοποίησης σ' αυτή την καλλιέργεια είναι υψηλότεροι το φθινόπωρο όταν οι ρυθμοί εκτροφής είναι στο μέγιστο.

Βασισμένοι σε μετρήσεις ιζηματοποίησης, οι Gowen & Bradbury (1987), έχουν αναπτύξει ένα ευρέως χρησιμοποιούμενο μοντέλο για να υπολογίσουν την περιοχή του πυθμένα όπου θα διανεμηθούν τα παράγωγα των αποβλήτων. Το μέγεθος αυτής της περιοχής θα εξαρτηθεί απ' την περιοχή επιφάνειας της καλλιέργειας, την ταχύτητα εγκατάστασης τροφής και των σβόλων που δεν έχουν φαγωθεί, και τις ταχύτητες των ρευμάτων καθώς επίσης και το βάρος του νερού κάτω απ' την καλλιέργεια. Μπορεί να καθοριστεί από την σχέση:

$$D = dx \frac{V}{r}$$

όπου: D είναι η οριζόντια απόσταση διανομής,

d είναι το βάθος του νερού,

$V$  είναι η ταχύτητα του ρεύματος,  
και,  $r$  είναι η ταχύτητα εγκατάστασης των υπολειμμάτων.

Το μοντέλο αυτό όμως, χρησιμοποιείται μόνο σε περιοχές με επισσώρευμένους πυθμένες. Βελτιωμένα μοντέλα αυτού είναι ακόμα υπό ανάπτυξη για ευρύτερη χρήση στις παράκτιες περιοχές (Håkanson et al., 1988 - Pedersen et al., 1988 - Wallin & Håkanson, 1991).

Το μέγεθος της επηρεαζόμενης περιοχής ποικίλει σημαντικά από καθόλου επισσώρευση σε περιοχές με διάβρωση/πυθμένες μεταφοράς σε περιοχές 10 φορές μεγαλύτερες από την περιοχή καλλιέργειας (Leonardsson & Naslund, 1983 - Brown et al., 1987 - Hall et al., 1990 - Ye et al., 1991 - Holmer & Kristensen, subm).

Τα ιζήματα που επηρεάζονται από παράγωγα υπολειμμάτων συχνά ονομάζονται «ιζήματα ιχθυοκαλλιεργειών». Αυτά χαρακτηρίζονται απ' το ότι έχουν υψηλό περιεχόμενο νερού και οργανικών ουσιών, όπου οι οπτικές παρατηρήσεις από δύτες αναφέρουν ασαφείς και μπερδεμένες επιφάνειες (Paulsen & Saeter, 1988 - Ross, 1989 - Hall et al., 1990 - Holmer & Kristensen, subm). Το οργανικό περιεχόμενο έχει αναφερθεί έως 10 φορές υψηλότερο απ' ότι σε αντίστοιχες περιοχές ελέγχου. Σε μια μελέτη που καλύπτει πέντε ιχθυοκαλλιεργείες τοποθετημένες σε περιοχές με ασθενή ρεύματα νερού ( $0 - 0.1 \text{ m.s}^{-1}$ ), βρέθηκε στενή αλληλεπίδραση μεταξύ των ρυθμών Φθινοπωρινής ιζηματοποίησης και του οργανικού περιεχομένου στα ιζήματα (είκ.3).

## 1.4. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΣΤΗΝ ΒΕΝΘΙΚΗ ΜΙΚΡΟΠΑΝΙΔΑ

Η ανάπτυξη ιζημάτων ιχθυοκαλλιεργειών συνήθως καταλήγει σε δραματικές αλλαγές στην χημεία των ιζημάτων, όπου επίσης η δομή των μακροβενθικών κοινοτήτων διαταράσσεται. Οι επιδράσεις είναι συγκρίσιμες με τις αλλαγές που προκύπτουν από άλλους τύπους οργανικών εμπλουτισμών, π.χ. από οικιακά απόβλητα ή απόβλητα από μύλους. Οι Pearson και Rosenberg (1978), βρίσκουν σημαντικούς δεσμούς μεταξύ του ρυθμού της οργανικής εναπόθεσης και του χαρακτήρα των βενθικών κοινοτήτων. Η κύρια επίδραση του οργανικού φορτίου είναι η αναζωογόνηση του βενθικού ιζηματικού μεταβολισμού, π.χ. μικροβιακή δραστηριότητα, λήψη οξυγόνου και απελευθέρωση θρεπτικών ουσιών. Η διεύδυση οξυγόνου στο ιζημα μειώνεται. Μπορεί να γίνει τελείως ανοξικό και σουλφιδικό. Η δομή της βενθικής κοινότητας αλλάζει προς την κυριαρχία ειδών που ανέχονται τα μολυσματικά φορτία ή η πανίδα μπορεί τελικά να εξαφανιστεί.

Αρκετές στατιστικές αναλύσεις έχουν εισαχθεί να ποσοτικοποιήσουν τις αλλαγές στις βενθικές κοινότητες. Οι πιο κοινές που χρησιμοποιούνται είναι οι καμπές-SAB (Species, Abundance, Biomass - αριθμός Ειδών, Αφθονίας, Βιομάζας) , (είκ.4) που αναπτύχθηκε απ' τον Leppakoski (1975) και τους Pearson και Rosenberg (1978) σε συνδιασμό με ενδείξεις διαφορετικής ποικιλίας (π.χ. των Shannon - Wiener, Evenness, Sanders η αραίωση), αλλά γίνονται επίσης τέστ κανονικής λογαριθμικής συνάρτησης και ποικίλες αναλύσεις.

Είναι κοινές οι μελέτες των επιδράσεων των βενθικών κοινοτήτων σε ιζήματα ιχθυοκαλλιεργειών, αλλά δυστυχώς τα αποτελέσματα ποικίλουν αρκετά. Σε μερικά ιζήματα βρίσκεται καθαρός συσχετισμός μεταξύ των αλλαγών στην πανίδα και των ρυθμών ιζηματοποίησης (Brown et al.,1987), ενώ άλλες μελέτες είναι πιο αντιφατικές (Henriksson, 1989 - Christensen & Horsted,1991 - Ye et al.,1991). Σε τοποθεσίες με χαμηλή αναλλαγή νερού και υψηλή παραγωγή ψαριών βρίσκουμε αποφασιστικά αποτελέσματα , ενώ σε περιοχές με υψηλά ρεύματα νερού και καθόλου επισυσσώρευση, η πανίδα μπορεί να μην αλλάξει. Η γενική τάση είναι μια φτωχή ή ακόμα μειωμένη πανίδα ακριβώς κάτω απ' τους κλωβούς και σε άμεση εγγύτητα. Με αυξανόμενη απόσταση από τους κλωβούς εξαφανίζονται τα πιο ανθεκτικά στην μόλυνση είδη και συχνά σε μεγάλους ρυθμούς , δημιουργώντας μια κορυφή στην συνολική βιομάζα της πανίδας. Επιπλέον μια πιο διαφορετική κοινότητα αρχίζει να χτίζεται, αυξάνεται ο αριθμός των ειδών και εμφανίζονται είδη λιγότερο ανθεκτικά στην μόλυνση. Σε μερικές περιπτώσεις μπορεί να είναι πιθανή η μέτρηση ζώνης βιοδιέγερσης, όπου η βενθική κοινότητα φτάνει σε υψηλότερο επίπεδο απ'ότι υπό κανονικές συνθήκες. Αυτό οφείλεται σε μικρή διέγερση της βιολογικής δραστηριότητας σε περίπτωση υψηλού οργανικού προϊόντος, αλλά χωρίς την εισαγωγή κρίσιμων επιπέδων οξυγόνου και μειωμένων συνθηκών στο ίζημα.

Οι Brown et al. (1987) μπόρεσαν να καθορίσουν μια σχέση συγκρίσιμη με αυτή που αναφέρθηκε από τους Pearson και Rosenberg (1978) (είκ.5), αν και η επηρεασμένη περιοχή ήταν μικρότερη σύμφωνα με τους ρυθμούς ιζηματοποίησης. Στην είκ.5 οι καμπύλες - SAB φαίνονται απο έρευνα μιας μικρής καλλιέργειας (οικογένειας σολωμού), εγκατεστημένη σε βάθος νερού των 24 μέτρων σε περιοχή με σχετικά υψηλά ρεύματα νερού ( 0.037m.s ). Σ' αυτή την καλλιέργεια αναγνωρίστηκαν τέσσερις ζώνες επίδρασης. Ακριβώς κάτω και πάνω από τις άκρες των κλωβών, υπήρχε μια αζωϊκή ζώνη. Μια υψηλά εμπλουτισμένη ζώνη υπήρχε απ' τις άκρες των κλωβών σε απόσταση 8 μέτρων. Μια ελαφρώς εμπλουτισμένη μεταβατική υπήρχε στα 25 μέτρα και κάτω, και μια «καθαρή» ζώνη σε αποστάσεις μεγαλύτερες των 25 μέτρων. Σ' αυτήν τη μελέτη η ιζηματοποίηση των υπολειμμάτων υπολογίσθηκε με βάση το μοντέλο των Gowen και Bradbury (1978) και βρέθηκε ότι κάτω από μέσες ταχύτητες ρευμάτων η επηρεαζόμενη περιοχή θα κρατούσε έως 19 μέτρα μακριά από τους κλωβούς, που συμφωνεί με τις μετρημένες επιδράσεις στις βενθικές κοινότητες.

Άλλες μελέτες βρίσκουν πιο περίπλοκες σχέσεις μεταξύ ιζηματοποίησης και δομής των βενθικών κοινοτήτων. Έτσι ο Olsgard (1984), συμπεραίνει ότι η διανομή των σωματιδίων στο ίζημα της μεταβατικής ζώνης φαίνεται να έχει μεγαλύτερη επίδραση στην δομή της κοινότητας, απ' ό,τι η εισαγωγή παραγώγων υπολειμμάτων από την ιχθυοκαλλιέργεια. Οι Ye et al., (1991) βρίσκουν εισαγωγή οργανικών υπολειμμάτων μέχρι και σε 60 μέτρα, ενώ η βενθική κοινότητα ήταν ανενόχλητη σε απόσταση 30 μέτρων από τους κλωβούς. Οι Christensen και Horsted, (1991) συμπεραίνουν από μία έρευνα σε δύο ιχθυοκαλλιέργειες τοποθετημένες σε ρηχά νερά βάθους 2-5 μέτρα ότι είναι αδύνατον να βρεθεί οποιαδήποτε μεταξύ της δομής των βενθικών κοινοτήτων και της διασποράς των υπολειμμάτων. Μια από τις καλλιέργειες βρισκόταν σε περιοχή με υψηλά ρεύματα νερού σε σχέση με άλλες έρευνες (Leonardsson & Naslund, 1983 - Olsgard, 1984 - Gowen et al., 1988), αλλά στην άλλη καλλιέργεια τα ρεύματα νερού ήταν σε όμοια σειρά μεγέθους. Αυτές οι παρατηρήσεις δείχνουν ότι οι παρενοχλήσεις δεν είναι πάντα απλές.

Όταν εφαρμόζονται τα σχήματα των Shannon - Wiener ή άλλα, οι καθαρές αποδείξεις παρενόχλησης είναι σπάνιες καθώς οι σημαντικές αλλαγές στην κοινότητα καθορίζονται μόνο ακριβώς κάτω απ' την ιχθυοκαλλιέργεια (Brown et al., 1987 - Christensen & Horsted, 1991). Ο διαχωρισμός των ειδών σε διαφορετικές ομάδες, ανεκτικών ειδών στα μολυσματικά φορτία χρησιμοποιείται έτσι συχνά σε συνδιασμό με τις στατιστικές εκθέσεις. Η τάξη των ολιγόχαιτων (*oligochaetes*), μικρά πολύχαιτα (*polychaetes*) όπως τα *Capitella capitata*, άλλοι πολύχαιτοι όπως *Scoloplos sp.* και *Polydora sp.*, και σε περιοχές με χαμηλή αλατότητα τα *Chironomidae sp.* είναι πλεονάζουσες ομάδες πανίδας σε ιζήματα ιχθυοκαλλιεργειών με χαμηλή διαφοροποίηση (πίν.1). Στην μεταβατική ζώνη με σχετικά υψηλή διαφοροποίηση βρίσκονται είδη ανθεκτικά στα μολυσματικά φορτία που ανήκουν στα γαστερόποδα μαλάκια, μαλάκια που τρέφονται από αιωρούμενα σωματίδια και πολύχαιτα.

Η επίδραση της ιχθυοκαλλιέργειας στην βενθική μακροπανίδα είναι περίπλοκη. Αν και βρίσκονται ομοιότητες μεταξύ των ιχθυοκαλλιεργειών, μια αποδεκτή πρόβλεψη ως προς την επίδραση π.χ. κατά την επιλογή των τοποθεσιών των καλλιεργειών, πρέπει να περιλαμβάνει ένα πρόγραμμα έρευνας στην τοποθεσία της ευρείας ποικιλίας στις παραμέτρους όπως η δομή των βενθικών κοινοτήτων, τα χαρακτηριστικά των ιζημάτων, οι δυναμικές του πυθμένα και η εναλλαγή του νερού.



## 1.5. ΜΙΚΡΟΒΙΑΚΗ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΑ ΣΤΑ ΙΖΗΜΑΤΑ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ

Η εισαγωγή υλικών πλούσιων σε οργανικές ουσίες από ιχθυοκαλλιέργειες, προκαλεί μικροβιακή δραστηριότητα στα υποκείμενα και περιβάλλοντα ιζήματα. Οι επιδράσεις του οργανικού εμπλουτισμού από φυσικές ή ανθρωπογενείς πηγές έχουν ερευνηθεί σε ποικιλία θαλάσσιων ιζημάτων αλλά δυστυχώς μόνο ένα μικρό μέρος προέρχεται από εκρέοντα ιχθυοκαλλιεργειών.

Σε παράκτια ιζήματα σε περιοχές με φυσική ιζηματογένεση το οξυγόνο διεισδύει 2-5 mm μέσα στο ίζημα (Jorgensen & Revsbech, 1985), αλλά το ανώτερο 1-3 cm οξειδώνεται λόγω της ύπαρξης οξειδωμένων υπολειμάτων και θρεπτικών ουσιών (Revsbech et al., 1980). Σε βιοδιαταρασσόμενα ιζήματα η οξειδωμένη ζώνη επεκτείνεται ειδικά γύρω από ζώα που τρυπούν στην γη και σ' αυτή τη ζώνη το οργανικό υλικό μεταλλοποιείται μέσω αερόβιων διαδικασιών ή μέσω οξειδωμένων συστατικών (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>, Fe<sup>2+</sup>, Mn<sup>2+</sup>, αναπνοή). Στο ανοξικό ίζημα η αναπνοή των ιζημάτων μέσω μείωσης του θειϊκού οξέος γίνεται η κυρίαρχη διαδικασία, συνήθως βαθειά μέσα στο ίζημα μέχρι να εξαντληθεί το θειϊκό οξύ. Μετά αναλαμβάνουν μεθανογενή βακτήρια (Jorgensen, 1987).

Όταν αυξάνονται οι ρυθμοί ιζηματοποίησης προκαλείται μικροβιακή δραστηριότητα και αυξάνεται η ανάγκη για οξυγόνο στις μικροβιακές διαδικασίες και στην επανοξειδωση μειωμένων απολιθοποιημένων προϊόντων. Σε ιζήματα ιχθυοκαλλιεργειών η ανάγκη για οξυγόνο συχνά υπερβαίνει την διάχυτη τήξη στο ίζημα και αυτά γίνονται ανοξικά. Αυτό το φαινόμενο παρατηρείται στην καλλιέργεια ως ελλάτωση οξυγόνου στα νερά του πυθμένα (Brown et al., 1987 - Wildish et al., 1990) ή από δύο σε πρώιμα στάδια, όπου λευκές ίνες από οξειδωμένα βακτήρια θειϊκού οξέος, *Beggiatoa sp.*, καλύπτουν τον πυθμένα (Hall et al., 1990 - Holmer & Kristensen, subm.). Κάποιες ομάδες βακτηριών (*Beggiatoa sp.*) ζούν στο ενδιάμεσο, μεταξύ του περιβάλλοντος που περιέχει θειϊκό οξύ και του οξυγονοποιημένου.

Η μικροβιακή δραστηριότητα έχει μετρηθεί ως εισαγωγή οξυγόνου σε ανέπαφα ιζήματα στη θάλασσα ή στο εργαστήριο (Hansen et al., 1990). Δυστυχώς λίγες μελέτες έχουν μετρήσει μικροβιακή δραστηριότητα κατά μήκους της κλίσης του οργανικού φορτίου (Holmer, 1990) και ακόλουθες εκτιμήσεις στις επιδράσεις του, βασίζονται στην δραστηριότητα ακριβώς κάτω απ' τους κλωβούς σε σύγκριση με σταθμούς αναφοράς σε «καθαρές» περιοχές. Στον πίν.2 φαίνονται οι ρυθμοί λήψης οξυγόνου σε διάφορες ιχθυοκαλλιέργειες. Οι ρυθμοί λήψης οξυγόνου είναι μεταξύ 5 και 15 φορές υψηλότεροι απ' ότι σε περιοχές καλλιέργειας. Αυτές οι υψηλές τιμές βρίσκονται μόνο σε περιοχές ιχθυοκαλλιεργειών και όχι υπό φυσικές συνθήκες, ακόμα και κατά την διάρκεια οργανικής εισαγωγής, π.χ. κατά την ιζηματοποίηση του ανοιξιότικου ή φθινοπωρινού φυτοπλαγκτού

(Graf, 1987), ή σε φυσικά ιζήματα πλούσια σε οργανικές ουσίες (Chanton et al., 1987). Οι ρυθμοί ιζηματοποίησης στις ιχθυοκαλλιέργειες γενικά ξεπερνούν αυτές τις φυσικές ιζηματοποιήσεις κατά μία τάξη μεγέθους.

Η μεγάλη κατανάλωση οξυγόνου μπορεί όπως σημειώθηκε να μετατρέψει το ιζημα σε ανοξικό και να το μειώσει. Οι συνθήκες βιοχημικές συνθήκες για τις θρεπτικές ουσίες και για τα υπολείμματα αλλάζουν μετά σημαντικά. Υψηλές συγκεντρώσεις μειωμένων απολιθοποιημένων προϊόντων ( $\text{NH}_4$ ,  $\text{HCO}_3$ ,  $\text{H}_2\text{S}$ ) βρίσκονται στα νερά από τα ανώτερα στρώματα ιζημάτων (Kaspar et al., 1988 - Frogh, 1991 - Holmer & Kristensen). Συγκεντρώσεις σε ίδια τάξη μεγέθους μετριοούνται μόνο σε βαθύτερα στρώματα σε ανέπαφα ιζήματα (Jorgensen, 1989). Μελέτες έχουν αποκαλύψει σημαντική επίδραση στην κυκλοφορία του αζώτου (Kaspar et al., 1988 - Holby, 1991). Η νιτροποίηση, η οξεική διαδικασία, η μετατροπή αμμωνίας σε νιτρικό άλας δεν εμφανίζονταν στα κενά ιζήματα οξυγόνου και η απονιτροποίηση που είναι η αναερόβια διαδικασία που μετατρέπει το νιτρικό άλας σε νιτρικό αέριο, έλλειπε επίσης τελείως στο ιζημα της ιχθυοκαλλιέργειας. Σε μία μελέτη βρέθηκε, ότι με την αυξανόμενη απόσταση απ' την ερευνόμενη ιχθυοκαλλιέργεια αυξήθηκε η προοπτική και για τις δύο διαδικασίες καθώς το ιζημα έγινε ορατά περισσότερο - οξειδωμένο (είκ.6). Η νιτροποίηση και η απονιτροποίηση δεν είναι σημαντικές διαδικασίες για N - απομάκρυνση από τα ιζήματα της καλλιέργειας, και το άζωτο απελευθερώνεται στην φάση νερού όπως τα μειωμένα απολιθωμένα παράγωγα π.χ. αμμώνιο ( $\text{NH}_4$ ) και διαλυμένο οργανικό άζωτο (DON). Η απελευθέρωση των αμμωνιακών ιόντων έχει μετρηθεί σε αρκετές ιχθυοκαλλιέργειες, ενώ το DON έχει μετρηθεί μόνο μία φορά όσον αφορά την εισαγωγή οξυγόνου, η απελευθέρωση ξεπερνά τιμές που βρέθηκαν σε σταθμούς αναφοράς με αρκετούς παράγοντες (Kaspar et al., 1988 - Holby, 1991 - Holmer & Kristensen) και υπολογισμοί έχουν δείξει ότι 72-90% του αζώτου που εφοδιάζεται μέσω των παραγώγων υπολειμμάτων απελευθερώνεται ξανά ως διαλυμένα N-συστατικά.

Οι μειωμένες συνθήκες στο ιζημα καταλήγουν σε μείωση των οξειδίων των ανόργανων υλών όπου η απελευθέρωση διαλυτών ιόντων μπορεί να αυξηθεί. Η διάλυση των συστατικών του φωσφόρου είναι πιθανώς μία απ' τις πιο σημαντικές απαντήσεις και έχουν βρεθεί μεγάλες συγκεντρώσεις πόρων νερού (Frogh, 1991). Μελέτες έχουν δείξει αυξημένη απελευθέρωση φωσφορικού άλατος από ιζήματα ιχθυοκαλλιεργειών και πειράματα με ανοξική απελευθέρωση δείχνουν διπλές τιμές της τοξικής απελευθέρωσης (Holby & Hall, 1991 - Hansen). Όμως το περιεχόμενο φωσφόρου του ιζήματος ήταν υψηλότερο σε σύγκριση με τους σταθμούς αναφοράς και οι επισυσσωρεύσεις φωσφόρου βρίσκονται και σε άλλες μελέτες (Christensen & Horsted, 1991 - Schaanning, 1991). Αν και η απελευθέρωση είναι υψηλή, η ιζηματοποίηση των παραγώγων υπολειμμάτων που περιέχουν φώσφορο, είναι υπερβολική. Ο μεταβολισμός του αναερόβιου ιζήματος έχει ερευνηθεί μόνο σε λίγες μελέτες (Holmer & Kristensen, subm. - Hansen). Μετρήσεις του συνολικού μεταβολισμού του ιζήματος όπως παραγωγή του διοξειδίου του άνθρακος

(CO<sub>2</sub>) στο μεσοδιάστημα νερού - ιζήματος, και το υψηλό επίπεδο παραγώγων μειωμένης διαλυτοποίησης ιζήματος πρέπει να παίζουν σημαντικό ρόλο στην αποσύνθεση του οργανικού υλικού (Kaspar et al., 1988 - Hall et al., 1990). Οι κοινές παρατηρήσεις απελευθέρωσης μεθανίου δείχνουν επίσης αναερόβια και πολύ ενεργά ιζήματα (Samuelsen et al., 1988).

Σε μια Δανική μελέτη βρέθηκε ότι η μείωση θειϊκού οξέος ήταν η κύρια διαδικασία για την οξειδωση των παραγώγων υπολειμμάτων. Η ερευνόμενη ιχθυοκαλλιέργεια σε ρηχά νερά σε παράκτια περιοχή με ιζήματα πλούσια σε οργανικές ύλες. Η τοποθεσία είχε γρήγορη εναλλαγή νερού όμως το οργανικό περιεχόμενο του ιζήματος ήταν μέχρι 50% υψηλότερο απ' ό,τι σε ελεγχόμενη περιοχή κατά την μέγιστη παραγωγή της καλλιέργειας. Μια θέση 5 μέτρων από τους πιο απομακρυσμένους κλωβούς επηρεάστηκε κατά την υψηλή παραγωγή ψαριών, αλλά 30 μέτρα απ' τους κλωβούς ήταν αδύνατον να μετρηθούν οι επιδράσεις στα χαρακτηριστικά και στο μεταβολισμό του ιζήματος. Κάτω απ' τους κλωβούς δεν παρατηρήθηκε απελευθέρωση μεθανίου και το θειϊκό άλας δεν μειώθηκε από το νερό. Το ιζήμα μειώθηκε και έγινε αναερόβιο από τα ανώτερα ακόμα στρώματα και έτσι η μείωση θειϊκού οξέος ήταν έτσι η κύρια διαδικασία στο ιζήμα.

Οι ρυθμοί μείωσης είναι ιδιαίτερα υψηλοί στα ανώτερα 0-4cm (είκ.7) , αν και βρέθηκε μόνο αυξημένο οργανικό περιεχόμενο στο μεσοδιάστημα 0-2cm. Μετρήσεις έχουν δείξει, ότι τα υποστρώματα για την αναερόβια διαλυτοποίηση ιζήματος διαχέονται από τα άνω στρώματα ως διαλυμένα οργανικά συστατικά, στα βαθύτερα στρώματα. Αυτές οι υψηλές τιμές μείωσης θειϊκού οξέος απολήγουν σε σημαντική παραγωγή σουλφιδίων υδρογόνου (FeS, FeS<sub>2</sub>), αλλά τα περισσότερα παραγόμενα σουλφίδια, περίπου 95%, επανοξειδώνονται σε θειϊκό οξύ είτε στο ιζήμα είτε στο νερό. Σ' αυτή την καλλιέργεια παρατηρήθηκε ύπαρξη βακτηρίων (*Beggiotoa spp.*) στην επιφάνεια του ιζήματος κατά την διάρκεια σχετικά χαμηλής ιχθυοπαραγωγής, αλλά κατά την διάρκεια υψηλής παραγωγής εξαφανίστηκαν τα βακτήρια, και οξειδώθηκαν τα σουλφίδια στο νερό. Ήταν όμως αδύνατον να μετρηθεί το σουλφίδιο υδρογόνου στο νερό λόγω ταχείας επανοξείδωσης, και δεν παρατηρήθηκε ζημιά στα ψάρια. Σε άλλη έρευνα, βρέθηκε ότι το σουλφίδιο ήταν παρόν σε απόσταση μέχρι 9 μέτρα απ' τον βυθό, λόγω απελευθέρωσης σουλφιδίων, υδρογόνου, παράλληλα με αέριο μεθανίου (Samuelsen et al., 1988).

Η μείωση θειϊκού οξέος βρέθηκε να είναι η Δανική μελέτη 75% του συνολικού μεταβολισμού του ιζήματος ενώ τιμές περίπου 50% υπολογίζονται κανονικά σε ανέπαφα παράκτια ιζήματα (Skyring, 1987). Οι ρυθμοί μείωσης του θειϊκού οξέος στον ίδιο βαθμό μεγέθους μετρήθηκαν επίσης σε εργαστηριακά πειράματα και η δραστηριότητα ξεπερνά τους ρυθμούς που βρέθηκαν σε παράκτιες περιοχές με παράγοντα 10-20 (Skyring, 1987 - Jorgensen, 1989).

Σε μια μελέτη η δραστηριότητα μεθανογενών βακτηρίων υπολογίσθηκε απ' την απελευθέρωση μεθανίου κατά την επώαση στην καλλιέργεια. Η μεθανογέννεση υπολογίσθηκε 1% του συνολικού μεταβολισμού του ιζήματος (Hall et al.,1990).

Σε παράκτια ιζήματα η εποχιακή διαφοροποίηση στους ρυθμούς διαλυτοποίησης του ιζήματος καθορίζεται κυρίως από αλλαγές στην θερμοκρασία του νερού. Όμως σε διακυμάνσεις ιχθυοκαλλιεργειών στους ρυθμούς ιζηματοποίησης μπορεί να παίζουν επιπλέον ρόλο. Σε χρονικές ζώνες η παραγωγή ψαριών ποικίλει κατά την διάρκεια της χρονιάς. Κατά το Χειμώνα και κατά την διάρκεια χαμηλών θερμοκρασιών, η παραγωγή ψαριών μειώνεται ή τερματίζεται. Η παραγωγή αυξάνεται την Άνοιξη φτάνοντας στο απόγειο αργά το Καλοκαίρι και το Φθινόπωρο. Η απελευθέρωση των παραγώγων υπολειμμάτων αλλάζει έτσι καθ' όλη τη χρονιά.

Στη Δανική μελέτη βρέθηκε ότι μόνο η θερμοκρασία μπορεί να εξηγήσει το 40% της ετήσιας ποικιλίας στο μεταβολισμό του ιζήματος. Όμως υπήρχε γραμμική αναλογία μεταξύ της εισαγωγής τροφής και του μεταβολισμού του ιζήματος, που έδειχνε ότι η παραγωγή στην καλλιέργεια έχει μεγάλη σημασία για τους ρυθμούς αποσύνθεσης (είκ.8). Ο μέγιστος μεταβολισμός του ιζήματος βρίσκεται γενικά κατά την διάρκεια υψηλών θερμοκρασιών νερού και υψηλή ιχθυοπαραγωγή αργά το Καλοκαίρι και το Φθινόπωρο (Hall et al.,1990 - Hansen et al.,1990). Γενικά λοιπόν η παρατήρηση στις καλλιέργειες είναι, ότι η εισαγωγή παραγώγων υπολειμμάτων αλλάζει την αποσύνθεση προς αερόβια διαλυτοποίηση ιζήματος και το εισαγόμενο φορτίο ελέγχει την ταχύτητα της διαλυτοποίησης του ιζήματος περισσότερο παρά τις διακυμάνσεις στη θερμοκρασία. Το σύνθετο εποχιακό μοντέλο για τον κύκλο των στοιχείων στο ιζημα διακόπτεται σημαντικά.

Όπως περιγράψαμε παραπάνω η δομή της κοινότητας της βενθικής πανίδας είναι γενικά διαταραγμένη ή μπορεί να λείπει τελείως η πανίδα ακριβώς κάτω απ' τους κλωβούς. Η μακροπανίδα (μεγαλύτερη ή ίση με 1mm) δεν υπήρχε στις περισσότερες μελέτες που αφορούσαν το μεταβολισμό του ιζήματος (Hall et al.,1990), αλλά σε μια μελέτη (Hansen et al., 1990) η μακροπανίδα (μεγαλύτερη των 5mm) βρέθηκε. Δυστυχώς η δομή της βενθικής κοινότητας δεν ήταν παρούσα, αλλά ο μεταβολισμός του ιζήματος σε συνδιασμό με την παρουσία ή απουσία της μακροπανίδας έδειξε καθαρό συσχετισμό με την πυκνότητα του επισυσσωρευμένου στρώματος (είκ.9). Βρέθηκε ότι η εισαγωγή οξυγόνου αυξήθηκε γραμμικά και πολύ γρήγορα μέχρι που το επισυσσωρευμένο στρώμα ξεπέρασε πυκνότητα των 7cm. Μετά η αύξηση στους ρυθμούς εισαγωγής μειώθηκε. Η μακροπανίδα ήταν παρούσα στα ιζήματα μέχρι την πυκνότητα των 7cm. Υψηλότεροι ρυθμοί ιζηματοποίησης εξαντλούν την πανίδα και μετά ο μεταβολισμός του ιζήματος γίνεται τελείως μικροβιακός. Η αλλαγή στους ρυθμούς εισαγωγής δείχνει, ότι όταν είναι παρούσα η μακροπανίδα διεγείρεται η διαλυτοποίηση ιζήματος και υποβαθμίζεται μεγάλο μέρος παραγώγων υπολειμμάτων με μικρότερο ρυθμό από υψηλούς ρυθμούς

ιζηματοποίησης. Σε ετήσια βάση 39-50% από το ιζηματογενές οργανικό υλικό υποβαθμιζόταν όταν ήταν παρούσα η μακροπανίδα και το 11-15% ήταν απόν. Αυτές οι παρατηρήσεις οδήγησαν τους Aure και Stigebrandt (1989) σε πρότυπα μακροπρόθεσμα αποτελέσματα στο επισυσσωρευμένο στρώμα σε ιζήματα ιχθυοκαλλιεργειών χωρίς πανίδα. Συμπεραίνουν ότι τα ιζήματα ιχθυοκαλλιεργειών φτάσουν σε ισορροπία πυκνότητας μέσα σε λίγες δεκαετίες όπου η ετήσια ιζηματοποίηση παραγώγων υπολειμμάτων αντιστοιχεί με το ετήσιο ποσό οργανικού που αποσυντίθεται. Δυστυχώς, παραμένουν πολλά ερωτήματα που αφορούν το αποτέλεσμα της βιοανάδευσης στα ιζήματα των ιχθυοκαλλιεργειών.

Η επίδραση της ιχθυοκαλλιέργειας στο μεταβολισμό του ιζήματος φαίνεται στενά συσχετισμένη με τους ρυθμούς ιζηματοποίησης και έτσι η επίδραση είναι πιο δραματική σε περιοχές με χαμηλούς ρυθμούς εναλλαγής νερού και επισυσσωρευμένους πυθμένες. Βρίσκονται επίσης δραματικές επιδράσεις καθώς αποδυναμομένη βενθική πανίδα, πολύ μειωμένα ιζήματα και η αποσύνθεση των παραγώγων υπολειμμάτων, εξαρτώνται πάρα πολύ από τις διαδικασίες αναερόβιας διαλυτοποίησης ιζήματος. Με τους αυξημένους ρυθμούς ιζηματοποίησης αυξάνεται και ο μεταβολισμός του ιζήματος και η απελευθέρωση παραγώγων διαλυτοποίησης του ιζήματος στο νερό αυξάνεται. Έτσι απελευθερώνονται θρεπτικά συστατικά (N, P, Si) για χρήση πρωτογενών παραγώγων και ουσίες που απαιτούν οξυγόνο όπως τα σουλφίδια και οι μειωμένες ανόργανες ύλες (Fe, Mn, etc.). Το αποτέλεσμα είναι να αυξάνεται στο περιβάλλον το επίπεδο ευτροφισμού.

## **1.6. Ο ΚΥΚΛΟΣ ΤΩΝ ΦΥΣΙΚΩΝ ΚΑΙ ΕΝΙΣΧΥΜΕΝΩΝ ΣΤΟΙΧΕΙΩΝ ΣΤΟ ΙΖΗΜΑ ΤΩΝ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

Η διασπορά ιζημάτων των ιχθυοκαλλιεργειών μπορεί να αυξήσει την κατανομή μεγάλης ποικιλίας υλικών λόγω των αλλαγών στις φυσικές χημικές και βιολογικές συνθήκες στα ιζήματα. Μέχρι τώρα το ενδιαφέρον αφορούσε τις ευτροφικές ουσίες, αλλά πολλά άλλα στοιχεία παρόντα στα ιζήματα ή κατανεμημένα μέσω παραγώγων υπολειμμάτων, έχουν προταθεί για περαιτέρω έρευνα. Τέτοια στοιχεία θεωρούνται ότι είναι: βαρέα μέταλλα, τοξικά στοιχεία, η καταστροφή των χρωματοφόρων και βιταμινών (από την τροφή), μικροβιοκτόνα, θεραπευτικούς και αντιδιαβρωτικούς παράγοντες (Gowen & Bradbury, 1987 - Ervik, 1991).

Οι θεραπευτικές ουσίες (αντιβιοτικά κ.τ.λ.) χρησιμοποιούνται για μικρό χρονικό διάστημα κατά την διάρκεια των ασθενειών. Χρησιμοποιούνται αρκετοί διαφορετικοί παράγοντες και έχει εξετασθεί η μοίρα των οξυτετρακυκλινών, των οξολινικών οξέων και του furazolidone. Τα αντιβιοτικά δίνονται μέσω της τροφής και φτάνουν στο ίζημα ως

τροφή. Έρευνες έχουν δείξει ότι το οξυτετρακυκλικό και οξολινικό οξύ παραμένουν στο ζήτημα, η δε βιολογική τους υποβάθμιση και η απομάκρυνση από το ζήτημα εξαρτάται μόνο από τη διήθηση του ζήματος (Jacobsen & Berglund, 1988 - Samuelsen, 1989 - Bjorklund et al., 1990 - Bjorklund & Rabergh, 1991), όπου η furazolidone υποβαθμίζεται βιολογικά. Η παρουσία αντιβιοτικών στα ζήματα περιγράφεται γενικά ως ισότοπα της συγκέντρωσης. Τα ισότοπα εξαρτώνται από το ρυθμό εναλλαγής του νερού και τις συνθήκες δυναμικής του πυθμένα στην τοποθεσία και έχουν μετρηθεί τιμές 9 και 419 μέρες στα πεδία των οξυτετρακυκλινών (Bjorklund et al., 1990). Ένα εργαστηριακό πείραμα έδειξε διπλασιασμό ισότοπου, όταν οι θεραπευτικές ουσίες θάβονταν στο ζήτημα (Samuelsen, 1989).

Τα αντιβιοτικά μπορεί να μεταφερθούν στην παρούσα βενθική πανίδα με απευθείας τροφοδοσία από παράγωγα υπολειμμάτων (Bjorklund et al., 1990 - Christensen & Horsted, 1991), αλλά μπορεί να έχουν επίσης επίδραση στα μικρόβια. Έχει βρεθεί, και σε ζήματα όπου γίνεται φαρμακευτική αγωγή, και σε ζήματα όπου η καλλιέργεια έχει τερματιστεί ότι τα βακτήρια που παρουσιάζουν αντίσταση στα αντιβιοτικά ήταν παρόντα σε μεγάλο αριθμό. Σε μερικές περιπτώσεις ήταν ανεκτικά μεταξύ 50-100% των αερόβιων/αναερόβιων βακτηρίων (Torsvik et al., 1988). Βρέθηκαν βακτήρια που αντιστέκονται σε ελάχιστη κλίμακα χρόνου των 18 μηνών απ' την προηγούμενη φαρμακευτική αγωγή. Η επίδραση στα αναερόβια βακτήρια έχει μετρηθεί ως 50% μείωση στη δραστηριότητα του θειϊκού οξέος να μειώσει τα βακτήρια. Επιδράσεις σε άλλους αποσυνθετές δεν έχουν ερευνηθεί, αλλά οι παρούσες μετρήσεις δείχνουν, ότι η ιζηματοποίηση των αντιβιοτικών ίσως αλλάξει τον τρόπο διαλυτοποίησης του ζήματος και τους ρυθμούς αποσύνθεσης.

Έχει ερευνηθεί η μοίρα αρκετών μετάλλων και οι πιο σημαντικές επιδράσεις έχουν βρεθεί στον κύκλο του ψευδαργύρου (Zn) και του χαλκού (Cu). Οι επισυσσωρεύσεις και των δύο στοιχείων, ψευδαργύρου από την τροφή και χαλκού από άλλους παράγοντες στις τοποθεσίες των καλλιεργειών, έχουν μετρηθεί μέσα στο ζήτημα κοντά στις καλλιέργειες (Schaanning, 1991 - Uotila, 1991), αλλά τα οικοτοξικολογικά αποτελέσματα δεν έχουν καθοριστεί. Εξακολουθεί η έρευνα στα ζήματα, και στο μέλλον θα συμπεριληφθούν για την αξιολόγηση των επιδράσεων.

## 1.7. ΙΖΗΜΑΤΑ ΠΟΥ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΥΝ ΕΝΑΛΛΑΣΟΜΕΝΕΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

Το άνωθεν ενδιαφέρον αφορά τα ιζήματα που περιβάλλουν θαλάσσιες ιχθυοκαλλιέργειες σε κλωβούς διχτυών, αλλά καλλιεργούνται και άλλοι οργανισμοί όπως οστρακοειδή και σε μερικές περιοχές η καλλιέργεια σε γλυκά νερά είναι ευρεία.

Τα μπλέ μύδια (*Mytilus edulis*), στρείδια (*Crassostrea gigas*) και άλλα δίθυρα ανήκουν στα πιο συχνά καλλιεργούμενα οστρακοειδή. Τα μύδια μεγαλώνουν σε κάλτσες που είναι κρεμασμένες σε σχοινιά, σε περιοχές με υψηλή πρωτογενή παραγωγή. Άλλα είδη καλλιεργούνται σύμφωνα με παρόμοιες αρχές και όταν είναι δυνατόν υπό τεχνητές συνθήκες. Η κύρια διαφορά με την καλλιέργεια ψαριών είναι ότι δεν υπάρχει εφοδιασμός με εξωτερικές τροφές. Οι επιδράσεις στα ιζήματα είναι κυρίως εναποθέσεις σβόλων. Όμως, η ποιότητα των βιοεναποθέσεων δεν είναι τόσο υψηλή όσο στις ιχθυοκαλλιέργειες, μετρημένα ως υψηλότερη αναλογία C:N στο ιδιαίτερο οργανικό υλικό. Οι ρυθμοί ιζηματοποίησης είναι 13 φορές υψηλότερη από ότι σε σταθμούς αναφοράς και το επισυσσωρευμένο υπόλειμμα βρίσκεται συνήθως κάτω από τις καλλιέργειες (Dahlbask & Gunnarsson, 1981 - Kaspar et al., 1985 - Baudinet et al., 1990). Έρευνες έχουν δείξει αλλαγές στη δομή της εθνικής κοινότητας έναντι των ανεκτικών στα μολυσματικά φορτία ειδών και είδη μικρότερης ποικιλίας (Mattsson & Linden, 1984). Τα ιζήματα είναι συχνά πιο μειωμένα με χαμηλές οξειδοαναγωγικές δυνατότητες, και βρίσκονται αυξημένα σε αμμώνιο και φώσφορο νερά. Η απελευθέρωση θρεπτικών συστατικών (N, P, Si) αυξάνεται όπως επίσης και η εισαγωγή οξυγόνου, αλλά πολύ λιγότερο απ' ότι σε ιχθυοκαλλιέργειες. Οι προσαυξήσεις είναι των 30 - 50% (Baudinet et al., 1990 - Boucher-Rodoni & Boucher, 1990 - Grenz et al., 1990). Βρίσκεται η ίδια σειρά μεγέθους για τον αναερόβιο μεταβολισμό, που μετριέται ως μείωση θειικού οξέως. (Dahlback & Gunnarsson, 1981). ενώ η νιτροποίηση και απονιτροποίηση αυξήθηκαν ελάχιστα σε σύγκριση με τις περιοχές ελέγχου (Kaspar et al., 1985 - Boucher-Rodoni & Boucher, 1990 - Sornin et al., 1990). Το κύριο ενδιαφέρον, είναι αν επηρεάζεται η φυσική κυκλοφορία των θρεπτικών ουσιών. Αν και η ροή των θρεπτικών ουσιών στη στήλη νερού είναι υψηλότερη απ' ότι στις ανέπαφες περιοχές, δεν έχει γίνει όμως δυνατόν να καθοριστούν οι επιδράσεις στην πρωτογενή παραγωγή σε περιοχές καλλιέργειας.

Η καλλιέργεια πέστροφας γλυκού νερού συνήθως εφαρμόζεται σε φυσικές λεκάνες ρέοντος νερού, όπου το χρησιμοποιηθέν νερό έχει χαμηλή ροή, και υψηλά φορτία τα οποία απομακρύνουν τα περισσότερα παράγωγα υπολειμμάτων μέσω των λεκανών ιζηματοποίησης, πριν το νερό εισέλθει στο περιβάλλον. Όμως, κάποιες καλλιέργειες βρίσκονται σε λίμνες και έχουν βρεθεί αλλαγές στη βενθική πανίδα και εμπλουτισμός των ιζημάτων. Αν και οι ιχθυοκαλλιέργειες είναι μικρής κλίμακας σ' αυτές τις περιοχές,

έχουν μετρηθεί σημαντικές επιδράσεις (ίσως λόγω της αργής εναλλαγής νερού. Έχουν μετρηθεί επίσης και οι επιδράσεις στο μεταβολισμό των ιζημάτων, και η εισαγωγή οξυγόνου βρέθηκε 3 φορές μεγαλύτερη απ' ό,τι σε περιοχή ελέγχου και η απελευθέρωση αμμωνίου ήταν επίσης μεγάλη ( Enell & Lof, 1983). Σε περιβάλλοντα γλυκού νερού τα αποτελέσματα στην κυκλοφορία του φωσφόρου θεωρούνται πολύ σημαντικά, καθώς η πρωτογενής παραγωγή ελέγχεται από την παρουσία του φωσφόρου. Λόγω της μεγαλύτερης διαλυτοποίησης τα ιζήματα μειώνονται περισσότερο, και είναι μεγάλη η απελευθέρωση φωσφόρου, 10-15 φορές υψηλότερη απ' ό,τι σε ελεγχόμενες περιοχές (Enell & Lof, 1983). Δεν έχουν καθοριστεί πιθανές επιδράσεις στην πρωτογενή παραγωγή.

## **1.8. ΚΑΘΕΣΤΩΣ ΚΑΙ ΙΖΗΜΑΤΑ ΜΕΛΛΟΝΤΙΚΩΝ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

Οι μελέτες για την επίδραση των υδατοκαλλιεργειών στα περιβάλλοντα ιζήματα χρησιμοποιούνται γενικά στην περιβαλλοντική αποτίμηση της καλλιέργειας από τις υπεύθυνες αρχές σε συνδυασμό με άλλες παραμέτρους (χημεία νερού και θεωρητικοί υπολογισμοί) (Håkanson et al., 1988). Οι πιά ευρέως μετρημένες παράμετροι είναι το περιεχόμενο νερού στο ίζημα, το οργανικό περιεχόμενο (απώλεια κατά το έναυσμα, σωματίδια άνθρακα και αζώτου), φώσφορο, πυκνότητα ιζήματος και αναλύσεις της βενθικής πανίδας. Συνήθως οι τοποθεσίες ερευνούνται μια φορά το χρόνο.

Τα ευρήματα της δραστηριότητας υψηλής διαλυτοποίησης του ιζήματος και η επίδραση των αντιβιοτικών αποδεικνύουν την ανάγκη να συμπεριληφθούν αυτές οι παράμετροι στο σχήμα αξιολόγησης και θα' πρεπε να ληφθούν υπ' όψιν μεγαλύτερος αριθμός παραμέτρων.

Η περιοχή που επηρεάζεται από εκρέοντα ιχθυοκαλλιεργειών συνήθως καθορίζεται ως ασήμαντη σε σύγκριση με την έκταση του περιβάλλοντος χώρου. Η μεγάλη εκροή θρεπτικών ουσιών και ευτροφικών ουσιών φαίνεται να παίζει ελάχιστο ρόλο στην κυκλοφορία των στοιχείων (Ackefors & Enell, 1990). Όμως αυτό το εκρέον είναι παράλληλα με την απελευθέρωση αδιάλυτων υπολειμμάτων, ένα πλεόνασμα για το περιβάλλον, όπως η προέλευση των υπολειμμάτων (τροφή και ψάρια) κυρίως σε περιοχές μακριά απ' τον τόπο καλλιέργειας. Αυτός ο υπερεφοδιασμός (ίσως αλλάξει το φυσικό κύκλο των στοιχείων σημαντικά (Gowen & Bradbury, 1987 - Folke & Kautsky, 1989 - Frid & Mercer, 1989). Σε εκτεταμένες ιχθυοκαλλιέργειες τα ιζήματα αλλάζουν σημαντικά και ακόμα αφού εγκατεληφθεί η τοποθεσία, βρίσκονται μακροπρόθεσμες επιδράσεις. Η διάρκεια των αποτελεσμάτων φαίνεται να εξαρτάται από το ποσό συσσωρευμένων υπολειμμάτων και την δυνατότητα για βενθική μετεγκατάσταση (Ritz et



al., 1989 - Hansen et al., 1990). Ακόμα γίνονται μελέτες για τη διάρκεια ζωής βακτηρίων που αντιστέκονται στα αντιβιοτικά.

Βελτιώσεις για τη μείωση απελευθέρωσης υπολειμμάτων γίνονται συνεχώς, και ο συντελεστής μετατρεψιμότητας τροφής μειώνεται από χρόνο σε χρόνο (Christensen & Horsted, 1991). Σε μερικές καλλιέργειες υπάρχει επιλογή για συλλογή των υπολειμμάτων σε δεξαμενές κάτω απ' τους κλωβούς και έχουν γίνει πειράματα με τροφές που αργούν να βυθιστούν (Henriksson, 1989). Το εύπεπτο της τροφής συνεχώς αυξάνεται και μειώνεται το περιεχόμενο αχρησιμοποίητων συστατικών. Έτσι, από την αρχή της επιμέλειας, το περιεχόμενο φωσφόρου έχει μειωθεί σημαντικά (Persson, 1988). Μια εναλλακτική επιλογή στην καλλιέργεια των κλωβών, είναι η καλλιέργεια των δεξαμενών στη γή, όπου σε ορισμένα εκρέοντα μειώνεται το φορτίο με φιλτράρισμα και άλλες μεθόδους αποκατάστασης. Όμως αυτές οι εγκαταστάσεις, έχουν μεγάλη απαίτηση για ηλεκτρική ενέργεια και υψηλό σχετικά πάγιο κόστος.

## 1.9. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η επίδραση στα ιζήματα που βρίσκονται κάτω από ιχθυοκαλλιέργειες, εξαρτάται από τις ιδιότητες της συγκεκριμένης περιοχής, όπως ο ρυθμός εναλλαγής νερού, οι δυναμικές του πυθμένα και το καθεστώς καλλιέργειας. Οι πιο σημαντικές επιδράσεις βρίσκονται σε περιοχές με επισυσσωρευμένους βυθούς και μεγάλη ιχθυοπαραγωγή (υψηλοί ρυθμοί ιζηματοποίησης). Η επηρεασμένη περιοχή μπορεί να είναι 10 φορές μεγαλύτερη από την περιοχή καλλιέργειας. Τα ιζήματα των ιχθυοκαλλιεργειών εμπλουτίζονται οργανικά και αλλάζουν οι φυσικές, χημικές και βιολογικές συνθήκες. Διαταρράσσεται η βενθική πανίδα ή εξαφανίζεται και η αποσύνθεση του οργανικού υλικού μετατρέπεται σε διαδικασία αναερόβιας διαλυτοποίησης ιζήματος. Η μικροβιακή δραστηριότητα είναι κατά τάξεις μεγέθους μεγαλύτερη απ' ότι σε ανεπηρρέαστες περιοχές και αντίστοιχα είναι υψηλή η εκροή ευτροφικών ουσιών. Η χρήση θεραπευτικών ουσιών προκαλεί ανάπτυξη ανθεκτικών βακτηρίων στο ιζημα και αυξημένα επίπεδα βαρέων μετάλλων βρίσκονται στα ιζήματα ιχθυοκαλλιεργειών.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2ο**

<p><b>ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΟΣ ΣΤΙΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b></p>
---

**Κριτήρια ποιότητας νερού και παρακολούθηση  
της καλλιέργειας θαλάσσιων μαλακίων: η  
Γαλλική εμπειρία.**

## 2.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Τα μολυσματικά φορτία ενεργούν σε διάφορα στάδια της ζωϊκής δράσης όπου σε μεγάλες συγκεντρώσεις, μπορούν να προκαλέσουν θνησιμότητα των μεγάλων σε ηλικία και σε χαμηλότερο επίπεδο, μετατροπές στην ηθολογία και φυσιολογία των γηραιότερων. Σ' αυτά τα επίπεδα η στρατολόγηση (εισαγωγή νέων ατόμων στο ενήλικο διαχειριστικό απόθεμα) είναι η πρώτη λειτουργία που υπόκειται σε διαταραχή καθώς οι γόνοι, οι προνύμφες και τα νεαρά άτομα, που βρίσκονται στο στάδιο μεταμόρφωσης είναι ιδιαίτερα ευαίσθητα σε μολύνσεις. Η μολυσματική δράση στα μαλάκια θα αναλυθεί προσδιορίζοντας τις φυσικές παραμέτρους σε σχέση με την διαχείριση που μπορεί να μεταβάλλει την κατανομή και την στρατολόγηση των πληθυσμών οστρακόδερμων. Μετά θα εξεταστεί η καταστροφή των κατοικιών λόγω των εκσκαφών, καθώς και λόγω δραστηριοτήτων ψαρέματος. Θα μελετηθεί η ευτροφικότητα λόγω αύξησης των θρεπτικών ουσιών σε σχέση με ανοξικές συνθήκες και την ανάπτυξη μεγάλων φανερόγαμων (φυκών). Τελικά το δηλητηριώδες αποτέλεσμα των ρυπαντικών και μολυσματικών φορτίων θα αναλυθεί (βαρέα μέταλλα και τα άλατά τους, υδρογονάνθρακες, βακτηριακή μόλυνση). Θα καταγραφεί το αποτέλεσμα των επιβλαβών φυτοπλαγκτονικών ανθήσεων (*bloomings*), σε σχέση με την άμεση επίδραση τους στον πλυθισμό των μαλακίων και την αρνητική επίδραση τους στους καταναλωτές. Το Γαλλικό δίκτυο παρακολούθησης παρουσιάζεται ως παράδειγμα του τι συμβαίνει σε μια άλλη Ευρωπαϊκή χώρα.

## 2.2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ ΓΙΑ ΤΑ ΟΣΤΡΑΚΟΔΕΡΜΑ ΜΑΛΑΚΙΑ

### 2.2.1. ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ ΑΛΑΤΟΤΗΤΑΣ

Η κατασκευή φραγμάτων σε ποτάμια για παραγωγή ηλεκτρισμού, κυρίως για να ελέγχουν την ροή του γλυκού νερού με παρακράτηση των νερών το Χειμώνα και την χρήση αυτών των νερών το Καλοκαίρι για αγροκαλλιέργειες ή για τον τουρισμό, μετατρέπει το καθεστώς αλατότητας στα εκβολικά συστήματα. Μερικές συνέπειες μπορεί να είναι σημαντικές, ειδικά σε σχέση με το ρυθμό επιβίωσης των γόνων και την κατανομή των γηραιότερων. Σαν παράδειγμα τα Γιαπωνέζικα στρείδια (*Crassostrea gigas*) απαιτούν αλατότητα κάτω του 34‰ όταν η θερμοκρασία είναι κάτω των 18 C (Heral & Deslous - Paoli, 1991). Η διαχείριση των φραγμάτων πρέπει να λάβει υπ' όψιν της την ανάγκη για γλυκό νερό για την αναπαραγωγή των θαλάσσιων ειδών ή αυτών που βρίσκονται στις εκβολές. Αντιθέτως, κατά την διάρκεια του Χειμώνα οι πολύ ευαίσθητες ροές φρέσκου νερού που έχει αυξηθεί απ' την υλοτόμηση ή από μετατροπή των ελωδών περιοχών για εντατική αγροκαλλιέργεια, προκαλούν μεγάλη μείωση στην αλατότητα, που όταν είναι συχνές μπορούν να προκαλέσουν υψηλή θνησιμότητα στα μαλάκια (π.χ. μύδια στο Baie de l' Aiguillon ή στο Baie de Vilaine), (Merceron, 1987).

Επιπλέον, πρόσφατα και ιστορικά δεδομένα για την κατανομή τοξικότητας των μαλακίων κατά μήκος της Βόρειας ακτής των εκβολών του St. Lawrence δείχνουν ότι ζώνες υψηλής τοξικότητας Παραλυτικής Δηλητηρίασης Μαλακίων (P.S.P.) είναι συσχετισμένες με την παραγωγή που δημιουργείται από το σύστημα νερού (Beaulieu & Menard, 1985 - Therriault et al., 1985 - Cembella & Therriault, 1988 ab. - Cembella et al., 1988).

### 2.2.2. ΚΑΤΑΣΤΡΟΦΗ ΤΩΝ ΚΑΤΟΙΚΙΩΝ

Αρκετές ανθρώπινες δραστηριότητες μπορούν να προκαλέσουν φυσική ζημιά στις βενθικές κοινότητες. Οι διαδικασίες εκβάθυνσης περιλαμβάνουν κυρίως, εξαγωγή υλικών εδάφους και εναπόθεση της εξαγόμενης γής από εκβολές, λιμάνια, ορυχεία ή βοθρολύματα. Οι αλλαγές στην χημεία των ιζημάτων και στην μακροβενθική δομή έχουν κυρίως παρατηρηθεί σε μη διανέμοντα περιβάλλοντα. Σε πρόσφατη ανασκόπηση για την εκσκαφή θαλάσσιας άμμου και χαλικιού, ακολουθώντας το επιτελείο εργασίας ICES για τις επιδράσεις στα ψάρια λόγω της εκσκαφής αυτής, ο Mitchell (1989) συμπέρανε, ότι η άμεση συνέπεια είναι η καταστροφή των βενθικών πλυθησμών με τελική καταστροφή των περιοχών αναπαραγωγής και επώασης αυγών. Η αποκάλυψη

των ατοξικών ιζημάτων και η θολερότητα που σχετίζεται με την εξαγωγή, μπορούν να μεταβάλλουν το οικοσύστημα με διατάραξη της πρωτογενούς παραγωγής και παράλληλα με την δράση διύθησης των μαλακίων. Έχει παρατηρηθεί η επαναεισαγωγή τοξικών ουσιών από τους Morton (1977) και Johnston (1981) με μία σειρά μελετών όπου αναπτυγμένα επίπεδα τοξικών αερίων, οργανικά συστατικά, και βαρέα μέταλλα, έχουν μετρηθεί. Ακόμα και μη μολυσμένα ιζήματα μπορούν να προκαλέσουν ζημιά στους βενθικούς διηθητές με απόφραξη των βραγχίων, που προκαλεί απώλεια βάρους και θνησιμότητες μετά από μικρές περιόδους.

Η εκβάθυνση στις εκβολές, στις αποβάθρες των λιμανιών και στο θαλάσσιο περιβάλλον για διατήρηση του μέσου πλοήγησης, προσθέτει μία καινούργια διάσταση στο πρόβλημα που σημειώσαμε παραπάνω. Το αποτέλεσμα είναι μια αυστηρά αλλαγμένη βενθική κοινότητα με χρόνο ανάρρωσης που ξεπερνά τα 15 χρόνια. Αυτά τα ιζήματα από τις εκβαθύνσεις απορρίπτονται άλλα στην θάλασσα, άλλα συχνά μολύνονται σε υψηλό βαθμό από βαρέα μέταλλα (κάδμιο, υδράργυρο, μόλυβδο) ή άλατα (TBT) ή οργανοχλωριομένα παράγωγα (DDT, PCB,...) και υδρογονάνθρακες. Η νέα τους διαθεσιμότητα στην βενθική πανίδα μπορεί να οδηγήσει σε μεγάλη μόλυνση. Τα ίδια προβλήματα συνέβησαν με την απόρριψη βιομηχανικών αποβλήτων και λασπωδών εναποθέσεων (Maertens, 1989 - Dethlefsen, 1989) που προκάλεσε μείωση στην βενθική βιομάζα και απώλεια συγκεκριμένου αριθμού ειδών. Η ίδια καταστροφή προκαλείται από την κατασκευή τάφρων για αγωγούς ή καλώδια. Η εκβάθυνση στις εκβολές μπορεί να μεταβάλλει τις παραποτάμιες αυτορρυθμιζόμενες μονάδες λόγω αυξημένης μείξης και παρείσδυση αλμυρού νερού (Morano et al., 1985) προκαλώντας αλλαγές.

Η καταστροφή του πληθυσμού των μαλακίων μπορεί επίσης να προκληθεί από ενέργειες εμπορικής αλιείας. Στο Chesapeake Bay η χρήση μηχανισμών όπως πρωτότυπες τανάλιες και εκβαθύνσεις συνεισέφεραν στην άμεση αλλαγή της κατοικίας των στρειδιών ισιώνοντας τους υφάλους όπου βρίσκονταν τα στρείδια, μειώνοντας το ύψος τους και καταστρέφοντας τους ακόμα, προκαλώντας μεγαλύτερους ρυθμούς ιζηματοποίησης και συνεπώς λιγότερη εγκατάσταση γόνου στρειδιών (Heral et al., 1990 - Rothschild et al., 1991). Η αλιεία με τράτα με μεγάλες αλυσίδες στα βενθικά εξαρτήματα μπορεί επίσης να καταστρέψει σοβαρά την καλλιέργεια του βυθού. Οι μεγάλες παραγωγές ανταγωνίζονται για χώρο με τους ψαράδες που με τα διάφορα εξαρτήματα μπορούν να προκαλέσουν καταστροφή στην καλλιέργεια.

### 2.2.3. ΕΥΤΡΟΦΙΚΟΤΗΤΑ

Η ανάπτυξη έντονης αγροκαλλιέργειας και η εκκένωση των μη επεξεργασμένων αποβλήτων έχει οδηγήσει σε μεγάλη αύξηση εισαγωγής θρεπτικών ουσιών (νιτρικό λίπασμα, αμμώνιο, φώσφορο). Όμοια με ότι έχει παρατηρηθεί σε λίμνες και ποτάμια η ισορροπία θρεπτικών ουσιών έχει αλλάξει στις εκβολές και στις παράκτιες περιοχές συμπεριλαμβανομένων των κλειστών θαλασσών και την λειτουργία των υδροδυναμικών χαρακτηριστικών των κόλπων. Οι κύριες συνέπειες τέτοιων αλλαγών είναι η εξάπλωση πράσινων μακροφυκών και η δημιουργία φυτοπλαγκτού (Menesguen, 1990). Κάποια είδη φυτοπλαγκτού που παράγουν τοξικές ουσίες μπορούν να συσχετιστούν εξ' ολοκλήρου με την ευτροφικότητα (Smayda, 1990). Στη Γερμανία υπό ευνοϊκές συνθήκες κάποια γένη πράσινων μακροφυκών (*Ulva*, *Enteromorpha* και *Haetomorpha*) παράγουν άφθονη βλάστηση σε περιοχές με στρώματα μυδιών. Η διεργασία ευτροφικότητας θεωρήται ότι προκαλεί γρηγορότερη ανάπτυξη των πράσινων φυκών στη Waddensea. Κατά την διάρκεια του Καλοκαιριού τα φύλλα των φυκών διαπλέκονται μεταξύ τους. Μετά από μερικά χρόνια οι μάζες των φυκών έχουν την εμφάνιση παχέων πράσινων χαλιών που μπορεί να καλύπτει ένα ολόκληρο στρώμα μυδιών. Αυτό στερεί από τα μύδια την δυνατότητα εναλλαγής νερού. Επιπλέον καταστροφή προέρχεται από αυξημένη εγκατάσταση καταλοίπων αποσάθρωσης λόγω της μείωσης της ταχύτητας των ρευμάτων με την μεγάλη αύξηση της βλάστησης. Τελικά η αποσύνθεση επισυσσωρευμένων μαζών φυτών οδηγεί σε μεγάλη θνησιμότητα των μυδιών. Στη Γαλλία σε μεσογειακές λιμνοθάλασσες, η μαζική αποσύνθεση των φυκών προκαλεί **ανοξικές συνθήκες** με την καταστροφή όλης της βενθικής πανίδας συμπεριλαμβανομένης της καλλιέργειας των μυδιών. Στην Γαλλική Βόρεια Βρετάνη όπου μεγάλες παλλοίριες προκαλούν μεγάλες ταχύτητες των ρευμάτων, η μεγάλη ανάπτυξη των μακροφυκών δεν προκαλεί ανοξικές συνθήκες αλλά μεγάλες ποσότητες εδάφους μετακινούνται στις παραλίες που μπορούν να συμβάλλουν στην καταστροφή της βενθικής πανίδας σε παλιρροιακές περιοχές.

### 2.2.4. ΑΝΟΞΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ

Κατά την καλοκαιρινή περίοδο όταν το φυτοπλαγκτόν παρουσιάζει άνθιση, η υψηλή τους βιομάζα αυξάνει την κατανάλωση οξυγόνου. Η στρωμάτωση του νερού λόγω της εισροής φρέσκου νερού σταματά την επανοξυγόνωση του νερού του πυθμένα που επιπλέον λαμβάνει νεκρά κύτταρα με υψηλή (B.O.D.) Απαίτηση Βιολογικού Οξυγόνου. Αυτό το κλασικό σχήμα συμβαίνει σε αρκετά μέρη του κόσμου. Τα παραδείγματα του

Chesapeake Bay και της Βαλτικής θάλασσας είναι γνωστά. Οι συνέπειες για τους βενθικούς οργανισμούς είναι καταστρεπτικές όπως στο Chesapeake Bay, όπου οι βενθικοί οργανισμοί που ζούν σε βάθος μεγαλύτερο των 6 μέτρων πεθαίνουν, συμπεριλαμβανομένων των στρειδιών. Μόνο γρήγορα αναπτυσσόμενα είδη που μπορούν να παράγουν όλο το χρόνο είναι παρόντα σε τέτοιες περιοχές όταν είναι πιο ευνοϊκές οι συνθήκες (Holland, 1987 in Heral et al., 1990). Στην Γαλλία συνέβει στο Vilaine Bay το 1982 (Merceron, 1987) προκαλώντας θνησιμότητα των ψαριών και των οστρακοειδών. Συνήθως συμβαίνει στη λιμνοθάλασσα Thau όπου αυτό το φαινόμενο που ονομάζεται «malaise» καταστρέφει τις οστρακοκαλλιέργειες. Στο New Jersey ο Murawski et al., (1989) απέδειξαν ότι ανοξικές συνθήκες νερού που συνέβησαν το 1976 προκάλεσαν μαζική θνησιμότητα των ασπονδύλων, ιδιαίτερα στα μύδια, *Spisula solidissima*, στο μύδι του ωκεανού *Arctica islandica* και στο κοχύλι *Placopecten magellanicus*. Μετά την υποξεία, δύο χρόνια ήταν απαραίτητα για την επαναφορά, στην αφθονία και ποικιλότητα των ειδών. Οι πιο σημαντικές βενθικές πηγές που επηρεάστηκαν ήταν τα δίθυρα μαλάκια. Στο Kattegat και Skagerrak η υποξεία των νερών του πυθμένα και η ευτροφικότητα, συνέβησαν κατά το 1980 προκαλώντας ζημιά στα μύδια, *Mya arenaria* και *Cardium edule* (Engstrom & Fonselius, 1989). Το 1988 μια παρουσία τοξικού είδους του *Chrysochromulina polylepis* σ' αυτήν την περιοχή είχε δηλητηριώδεις συνέπειες στο οικοσύστημα, που προκλήθηκαν τόσο από τα τοξικά φύκη όσο και απ' την ελλάτωση του οξυγόνου.

### 2.2.5. ΤΟΞΙΚΑ ΦΥΤΟΠΛΑΝΚΤΟΝΙΚΑ ΕΙΔΗ

Σε πειράματα εργαστηρίου βρέθηκαν ότι τα *C. polylepis* ήταν τοξικά για τα αυγά και τους γόνους του μπλέ μυδιού *Mytilus edulis* (ICES αναφορά εκδοθείσα απ' τους Skjoldal & Dundas, 1989). Η εγκατάσταση του *Mytilus edulis* σε σχοινιά ήταν χαμηλή αμέσως μετά το ξεσπασμά τους, αλλά ασυνήθιστα υψηλή αργότερα τον Ιούλιο (Lindahl & Rosenberg, 1989). Οι βενθικοί οργανισμοί και κυρίως τα μύδια, έχουν επηρεαστεί πολύ απ' το ξεσπασμα των *C. polylepis* λόγω άμεσης τοξικότητας της άνθησης ή λόγω της υποξείας που συνέβει αργότερα το Καλοκαίρι (Engstrom & Fonselius, 1989). Άλλα φυτοπλαγκτονικά είδη παράγουν τοξίνες όπως *Gyrodinium aureolum* που προκάλεσε θνησιμότητα των ενήλικων μυδιών (Tangen, 1977) αλλά επίσης μείωσε το ρυθμό καθαρότητας προκαλώντας καταστροφή των κυττάρων στο υπογάστριο (Widdows et al., 1979), μείωσε την επιβίωση των γόνων των *Crassostrea gigas* (Helm et al., 1974) και του *Pecten maximus* (Minchin, 1984) και προκάλεσε θνησιμότητα στα νεαρά μύδια (Lassus & Berthome, 1988). Κάποια άλλα είδη μπορούν να έχουν διαφορετικά άμεσα αποτελέσματα στα οστρακοειδή, αλλά είναι δύσκολο να γίνει διαχωρισμός μεταξύ της άμεσης τοξικής δράσης και της θνησιμότητας που προκαλείται από χαμηλές τιμές

οξυγόνου. Είναι η περίπτωση των *Prorocentrum sp.*, *Gymnodinium sp.*, *Gyrodinium sp.*, *Aureococcus sp.*, *Ceratium sp.*, *Cochlodinium sp.*, *Hornellia sp.*.

## 2.2.6. ΜΟΛΥΣΜΑΤΙΚΕΣ ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ

Τα παράγωγα οργανικών αλάτων που χρησιμοποιούνται σε μη μολυσματικές ουσίες έχουν δηλητηριώδεις συνέπειες στο περιβάλλον, ιδιαίτερα στα μαλάκια και στα Γιαπωνέζικα στρείδια *Crassostrea gigas*. Σε μια μελέτη του ο Heral et al. (1989) ταξινόμησε τις ακόλουθες συνέπειες:

- Οξεία και χρόνια τοξικότητα των ενηλίκων,
- συσσώρευση στη σάρκα των ενηλίκων,
- διαταραχή στην αναπαραγωγή, ιδιαίτερα στην γονιμότητα, θνησιμότητα των γόνων,
- και μείωση ρυθμού ανάπτυξης των νεαρών ατόμων,
- μείωση του ρυθμού ανάπτυξης των ενηλίκων και πύκνωση του οστράκου τους,
- μετατροπή της φυσιολογίας σε υποθανάσιμα επίπεδα.

Οι κανονισμοί έχουν τεθεί σε λειτουργία στις περισσότερες Ευρωπαϊκές χώρες και στη Βόρεια Αμερική αλλά δεν εφαρμόζονται πάντα για τις αναζωογονητικές δραστηριότητες πλεύσης.

Η χρόνια εισροή υδρογονανθράκων έχει επίδραση στη ζωή των οστρακοειδών που δεν περιορίζεται, στην στήλη του ατυχήματος αλλά έχει μακροπρόθεσμες συνέπειες. Τα πετρελαιοφόρα όπως τα «Torrey Canyon» και το «Amoco Cadiz» το 1978 (Βρετανία, Γαλλία) ή πιο πρόσφατα όπως το «Exon Valdey» το 1990 (Αλάσκα) έχουν καταστρέψει όλη τη βενθική πανίδα στην άμεση εγγύτητα της. Γύρω απ' την περιοχή σε εξάρτηση από τον αέρα, η κίνηση των κυμάτων, και τα χαρακτηριστικά του πετρελαίου, το πετρέλαιο που απλώνεται σε μεγαλύτερες περιοχές, προκαλούν συσσώρευση υδρογονανθράκων στα φίλτρα τροφοδότησης. Μερικοί αρωματικοί υδρογονάνθρακες μπορεί να είναι καρκινογόνοι ή μεταλλαξιγόνοι (Alzieu & Ravoux, 1989). Επιπλέον γεύση πετρελαίου έμεινε στα στρείδια και στα μύδια για πολύ καιρό, αναγκάζοντας τις τοπικές αρχές να καταστρέψουν τα επιζώντα στρείδια. Η ροή πετρελαίου από το «Amoco Cadiz» προκάλεσε άμεση οικονομική απώλεια που υπολογίσθηκε σε FF 114 εκατομμύρια το 1983 (Bonnieux et al., 1980). Σε περιοχές με έντονη ρύπανση χρειάστηκαν πάνω από 10 χρόνια για να αναρρώσει ένα καθαρό ζήτημα. Η δράση των παραγώγων που χρησιμοποιήθηκαν για την ροή του καυσίμου, για να τι διασκορπίσουν, ήταν επίσης ένας απ' τους παράγοντες που συνέβαλε στο θάνατο των βενθικών οργανισμών. Μπορεί να παρουσιαστούν και άλλα προβλήματα. Ο Meixner, περιέγραψε ότι η θνησιμότητα και



η δυσάρεστη μυρωδιά των μυδιών παρατηρήθηκε μερικά μίλια μακριά από μια πετρελαιοκηλίδα από έναν πετρελαιοσταθμό κοντά στο Wilhelmshaven. Ενώ επέζησε σημαντικός αριθμός μυδιών υπήρξε σημαντική οικονομική απώλεια λόγω της διατηρούμενης άσχημης γεύσης, και στην απαγόρευση συγκομιδής μυδιών που επιβλήθηκε από τις αρχές.

Σε συνάρτηση με την ανθρωπογενή επίδραση, τα βαρέα μέταλλα μπορεί να είναι υψηλής τοξικότητας για τα οστρακοειδή. Έχουν καθοριστεί τα όρια θνησιμότητας για τους γόνους και τα νεαρά άτομα που είναι τα πιο ευαίσθητα στάδια. Η τοξικότητα του καδμίου, χαλκού, υδραργύρου, ψευδαργύρου, μόλυβδου και της συνεργατικής δράσης τους στα μαλάκια έχει μελετηθεί από αρκετούς συγγραφείς. Για μία μελέτη, cf. Deslous - Paoli (1982) που ταξινόμησε τα επίπεδα τοξικότητας για τους γόνους των οστρακοειδών. Όσον αφορά την τοξικότητα οι συγγραφείς βρήκαν άλατα, υδράργυρο, άργυρο, χαλκό, ψευδάργυρο, νικέλιο, μόλυβδο, κάδμιο, χρόνιο και μαγνήσιο. Ο McInnes (1981) έλεγξε τη συνεργατική δράση χαλκού - υδράργυρου - ψευδάργυρου και βρήκε ότι η αθροιστική τοξικότητα ήταν υψηλότερη κατά 40-60% απ' όσο αναμενόταν.

### 2.2.7. ΑΛΛΕΣ ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΕΠΙΔΡΑΣΕΙΣ

Ποικίλα οργανικά απόβλητα μπορούν επίσης να προκαλέσουν υψηλές τοπικές εισρροές οργανικού υλικού, προκαλώντας ανοξικές συνθήκες μεταβάλλοντας τα είδη προκαλώντας θνησιμότητες στους ενήλικους πλυθησμούς. Ήταν η περίπτωση του «Bay Arcachon», όπου τα απόβλητα του τοπικού μώλου μετέβαλλε σοβαρά την παραγωγή στρειδιών (οργανική ρύπανση).

Η δημιουργία σταθμών πυρηνικής ενέργειας κοντά στη θάλασσα απαιτεί μεγάλη εισροή νερού για την ψύξη των συστημάτων, συγκρινόμενη με την ροή των ποταμών. Η εισπνοή προκαλεί καταστροφή κυρίως του μεροπλανγκτού, συνδισμένο από τη χρήση χλωρίωσης (1 ppm) με σκοπό την εναντίωση στην επίστρωση. Η τοπική θερμότητα της θερμοκρασίας του νερού μπορεί να προκαλέσει μετατροπές στην κατανομή των ειδών, και να αυξήσει την αναπαραγωγή ψυχρών ειδών (θερμική ρύπανση).

Τα οργανικά απόβλητα και θρεπτικά συστατικά που έχουν δημιουργηθεί απ' την αγροκαλλιέργεια έχουν είδη αναφερθεί, και στην εντατική αγροκαλλιέργεια όλο και περισσότερα χημικά, (εντομοκτόνα, μικροβιοκτόνα κ.λ.π.), χρησιμοποιούνται. Στη Γαλλία πάνω από 2000 παράγωγα επιτρέπονται για αγροτική χρήση. Η επίδραση αυτών των παραγώγων στην θαλάσσια τροφή δεν είναι γνωστή ακόμα.

Η ίδια η υδατοκαλλιέργεια παράγει τα δικά της απόβλητα με επισυσσώρευση οργανικού υλικού, έχοντας σοβαρές επιπτώσεις στα βενθικά μακρο-ασπόνδυλα.

Ακριβώς κάτω απ' τις δομές της καλλιέργειας το ίζημα μπορεί να γίνει αζωϊκό. Λόγω της διασποράς, σε αποστάσεις που εξαρτώνται από την ταχύτητα των ρευμάτων έχει παρατηρηθεί από πολλούς συγγραφείς πολλαπλασιασμός ευκαιριακών ειδών που αντιστέκονται στον οργανικό εμπλουτισμό (για μια μελέτη βλέπε Rosenthal & Rangeley, 1989). Αυτές οι μετατροπές του βυθού γίνονται κάτω από σειρές μαλακίων ή κοπάδια από μύδια ή στρείδια καθώς επίσης και κάτω από κλωβούς ψαριών, ειδικά του γένους του σολομού (Rosenthal et al., 1988).

## 2.3. ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΣΤΗΝ ΑΝΘΡΩΠΙΝΗ ΥΓΕΙΑ ΑΠΟ ΜΟΛΥΣΜΕΝΑ ΟΣΤΡΑΚΟΕΙΔΗ

Ως διηθητές τα μύδια και τα στρείδια έχουν την ικανότητα να **συσσωρεύουν** ζωντανό υλικό όπως ανθρώπινα παθογενή βακτήρια, ιούς και είδη τοξικού φυτοπλανγκτού. Επίσης συγκεντρώνουν μολυσματικά φορτία όπως βαρέα μέταλλα που μπορεί να είναι βλαβερά για την ανθρώπινη υγεία. Οι οργανισμοί αυτοί καλούνται στην οικολογία **βιολογικοί ενισχυτές** και το φαινόμενο **βιοσυσσώρευση**.

### 2.3.1. ΒΑΚΤΗΡΙΑΚΗ ΜΟΛΥΝΣΗ

Ακόμα και σε μολυσμένες περιοχές, είναι παρόντα παθογενή μικρόβια στο νερό σε μικρές ποσότητες που είναι δύσκολο να ανιχνευτούν ή να αναλυθούν (Alzieu & Ravoux, 1989).

Γι' αυτό το λόγο, η βακτηριακή ποιότητα του νερού αναγνωρίζεται απ' τον αριθμό βακτηρίων που δεν είναι βλαβερά για τον άνθρωπο, που όμως είναι σημαντικά στα λύματα. Τα κολοβακτηρίδια και ο στρεπτόκοκκος είναι τα βακτήρια «ελέγχου». Η σαλμονέλλα όμως μπορεί να βρεθεί σε μολυσμένες περιοχές, γι' αυτό το λόγο απαιτείται συνεχής παρακολούθηση ιδιαίτερα των κρίσιμων σημείων στην εγγύτητα των μυδιών και στρειδιών. Οι κύριες πηγές μόλυνσης συμβαίνουν όταν δεν υπάρχει θεραπεία των αποβλήτων ή όταν τα απόβλητα - φυτά δυσλειτουργούν, ιδιαίτερα όταν είναι υπερφορτωμένα από θερινό τουρισμό. Άλλη πηγή μπορεί να είναι τα δρομολόγια των πλοίων και άλλων πλωτών μέσων στα λιμάνια.

### 2.3.2. ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΜΕ ΙΟΥΣ

Καθώς δεν υπάρχει συσχετισμός μεταξύ των εντερροϊών, υπατίτιδα προερχόμενη από ιό και το επίπεδο των ελεγχόμενων βακτηρίων, δεν λαμβάνεται υπ' όψη η έρευνα για τους ιούς στην παρακολούθηση της ποιότητας του νερού. Ο κίνδυνος να κολλήσουν μεταδοτική υπατίτιδα από ιούς με την κατανάλωση ωμών μαλακίων (στρείδια) υπάρχει σε περιοχές μολυσμένες από απόβλητα.

### 2.3.3. ΒΙΟΤΟΞΙΝΕΣ ΦΥΚΩΝ

Αρκετοί τύποι βιοτοξινών επηρεάζουν τα οστρακοειδή, κυρίως τα Δηλητηριώδη Οστρακοειδή που προκαλούν Διάρροια (DSP) και τα Δηλητηριώδη Οστρακοειδή που προκαλούν Παράλυση (PSP). Τα θαλάσσια είδη *Protogonyaulax tamarensis* έχουν αναγνωριστεί ως πηγή του PSP στα ύδατα του Ανατολικού Καναδά (Needler, 1949). Πιο πρόσφατα έχει αποδειχτεί ότι τα διάτομα *Nitzschia pungens* ήταν υπεύθυνα για την μόλυνση που προκαλεί αμνησία (ASP, Δηλητηριώδη Οστρακοειδή που προκαλούν Αμνησία), (Addison & Stewart, 1989). Σε Ευρωπαϊκές χώρες και στην Βόρεια Αμερική, έχουν γενικευτεί δίκτυα παρακολούθησης τα τελευταία 10 χρόνια για την προστασία της υγείας των καταναλωτών. Οι διάφορες αναφορές των ομάδων ICES για τις για τις επιβλαβείς συνέπειες των φυκών στην θαλάσσια καλλιέργεια και στα ιχθυοτροφεία, έδωσαν λεπτομερείς σε σχέση με την άνθηση τοξικού φυτοπλανγκτού (ICES, 1989: Αναφορά της ομάδας εργασίας για τα επιβλαβή αποτελέσματα της άνθησης των φυκών σε θαλάσσιες καλλιέργειες και ιχθυοκαλλιέργειες - ICES, 1990: Αναφορά της ομάδας εργασίας για το φυτοπλανγκτόν και την διαχείριση των επιδράσεων του).

#### 2.3.4. ΓΑΛΛΙΚΑ ΔΙΚΤΥΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Για την εξασφάλιση ασφαλών συνθηκών για τις περιοχές καλλιέργειας των μαλακίων, το Γαλλικό Ινστιτούτο Ερευνών (IFREMER) είχε οργανώσει τρία δίκτυα με διαφορετικούς σκοπούς:

- Το δίκτυο για την παρακολούθηση της ποιότητας του θαλάσσιου περιβάλλοντος (RNO) (Joanny, Quintin, Claisse, pers. commun.).
- Το δίκτυο παρακολούθησης του φυτοπλανκτού (REPHY) (Belin, pers. commun.).
- Το δίκτυο παρακολούθησης της μικροβιολογίας (REMI) (Miossec, pers. commun.)

##### α. RNO (RESEAU NATIONAL OBSERVATION DE LA QUALITE DU MILIEU MARIN)

Αυτό το δίκτυο ξεκίνησε το 1974 - 1976 και είναι ακόμα ενεργό. Στηρίζεται απ' το Υπουργείο Περιβάλλοντος, και οι σκοποί του είναι:

- να είναι χρήσιμο εργαλείο για τον υπολογισμό των τάσεων και επιπέδων μόλυνσης και τις παραμέτρους της γενικής ποιότητας του νερού,
- να είναι εργαλείο για μακροπρόθεσμα συστήματα συναγερμού.

Η περιοδικότητα λειτουργίας των δειγμάτων είναι λειτουργία της φύσης του δείγματος (στήλη νερού, ζωντανό οργανισμό και ίζημα), (πιν.3).

Όλες οι μεγάλες εκβολές καλύπτονται με 11 τομείς από τις Χειμερινές και Καλοκαιρινές πλεύσεις με ρυθμό 2-5 πλεύσεων ανά έτος. Ο αριθμός των σημείων που καλύπτονται ετησίως είναι 129. Για τους ζωντανούς οργανισμούς όλη η παραθαλάσσια περιοχή καλύπτεται με 43 τομείς. Ο ρυθμός δειγματοληψίας είναι μία ανά τρεις μήνες καθώς οι ζωντανό οργανισμοί υπόκεινται σε εποχιακές μεταβολές (Claisse, 1989) λαμβάνονται 93 δείγματα ανά έτος (είκ.10). Για τα ιζήματα, αναλύονται 79 δείγματα μία φορά το χρόνο καθώς το ίζημα υπόκειται σε ετήσιες αλλαγές. Ακολουθούν οι εκβολές και οι μολυσμένες περιοχές.

## β. REPHY (RESEAU PHYTOPLANCTON)

Αυτό το δίκτυο ξεκίνησε το 1984 ως αποτέλεσμα παρουσίας του *Dinophysis* που παρήγαγαν DSP κατά το Καλοκαίρι του 1983 - 1984 (Berthome & Lassus, 1985 - Belin & Berthome, 1991)

Σκοπός αυτού του δικτύου είναι:

- η συλλογή δεδομένων για τους πληθυσμούς φυτοπλανκτού κατά μήκος της Γαλλικής ακτής και η αυστηρή παρακολούθηση των νερών κ.λ.π.,
- η ανίχνευση και παρακολούθηση της παρουσίας και ανάπτυξης τοξικών ειδών για την ανθρώπινη υγεία και για τα θαλάσσια ζώα.

Πραγματοποιούνται 37 καταμετρήσεις όλο το χρόνο. Οι σταθμοί τοποθετούνται σε τακτικά διαστήματα κατά μήκος της ακτής, συμπεριλαμβανομένων όλων των θέσεων όπου γίνεται καλλιέργεια οστρακοειδών. Λαμβάνονται φυτοπλανκτονικά δείγματα δύο φορές το μήνα από Σεπτέμβριο έως Απρίλιο και μία φορά την εβδομάδα από Μαΐο έως Αύγουστο.

Ενεργοποιούνται 73 σταθμοί θερμότητας (είκ.11) όταν ανιχνεύονται είδη που έχουν φήμη ότι είναι τοξικά για τον άνθρωπο στο σταθμό ή στην εγγύτητα ή εάν μία ζώνη επηρεάζεται κάθε χρόνο από τοξικά είδη.

Επιπλέον γίνονται μετρήσεις φυτοπλανκτού και αναλύσεις οστρακοειδών:

- Εάν υπάρχει τοξικό είδος που παράγει την τοξίνη DSP: γίνεται έλεγχος σε μέρος του υπατοπαγκρέατος ενός οστρακοειδούς σύμφωνα με το πρωτόκολλο Marcillou-Le Baut et al.(1985).
- Εάν υπάρχει τοξικό είδος που παράγει την τοξίνη PSP: γίνεται έλεγχος με χρήση της μεθόδου AOAC (1984).

Σε περίπτωση που επιβεβαιωθεί τοξικότητα με τους ελέγχους, λαμβάνονται επίσημα μέτρα για την απαγόρευση του εμπορίου των οστρακοειδών. Η απαγόρευση αυτή ανακαλείται μετά από δύο συνεχείς αρνητικούς ελέγχους.

#### γ. REMI (RESEAU MICROBIOLOGIQUE)

Με την μελλοντική Ευρωπαϊκή Οικονομική Κοινότητα, απαιτήται από κάθε χώρα να ορίσει τις ζώνες των οστρακοειδών της για καλλιέργεια και να βεβαιώσει την ποιότητα της παραγωγής. Γι' αυτούς τους λόγους το δίκτυο μικροβιολογίας ιδρύθηκε το 1989 με έρευνα ρουτίνας και σύστημα θέρμανσης (Miossec & Berthome, 1991).

Η έρευνα ρουτίνας αποσκοπεί στο να υπολογίσει το επίπεδο και τις τάσεις της βακτηριολογικής μόλυνσης στο θαλάσσιο περιβάλλον, που μετράται στα οστρακοειδή που χρησιμοποιούνται ως ενιαίο σύνολο. Δείκτες είναι τα συνολικά κολοβακτηρίδια. Κάθε μήνα δειγματολαμβάνονται 74 υδρολογικές θέσεις με μεταξύ 2 και 13 σταθμούς ανά τοποθεσία αναλογικά με τον κίνδυνο που λαμβάνεται υπ' όψη από προϋγούμενες βακτηριολογικές μολύνσεις και την ένταση της παραγωγής μαλακίων (είκ.12).

Το σύστημα θέρμανσης αποσκοπεί στην προστασία των καταναλωτών των οστρακοειδών. Οι δείκτες είναι τα συνολικά κολοβακτηρίδια και η Σαλμονέλλα. Τα οστρακοειδή με ζώνες εκτροφής και με σύνολο δραστηριοτήτων εκτιμούνται για 53 θέσεις (είκ.13). Η ελάχιστη συχνότητα ειδοποίησης είναι εβδομαδιαία ή ακόμα και δύο φορές την εβδομάδα σε κρίσιμες περιόδους. Οι παράγοντες που ενεργοποιούν αυτό το σύστημα θέρμανσης είναι:

- ελάχιστα αναλυτικά αποτελέσματα αποκτούνται απ' την έρευνα ρουτίνας, κτηνιατρικές υπηρεσίες ή άλλες πηγές ελέγχου,
- εξαιρετικές συνθήκες: βροχόπτωση, καταιγίδες, χαμηλές παλίρροιες, αγροκαλλιέργειες, ανάπτυξη τουρισμού.

## 2.5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Μετά τον κανονισμό της Ευρωπαϊκής Οικονομικής Κοινότητας για την ποιότητα του νερού για την καλλιέργεια μαλακίων ( Οκτώβριος 1979) που έδωσε ορισμούς για τις ποιοτικές συνθήκες για καλό νερό για την καλλιέργεια μαλακίων, ετοιμάζει τώρα η Ε.Ο.Κ. νέα νομοθεσία για να σταθεροποιήσει την βακτηριακή ποιότητα των μαλακίων για να βεβαιώσει ασφαλείς συνθήκες για την ανθρώπινη κατανάλωση. Για να εφαρμοστεί αυτό οι Ευρωπαϊκές χώρες θα πρέπει να ελέγχουν την ποιότητα του υδάτων τους και τα οστρακοειδή με έντονα δίκτυα. Χρειάζεται να γίνουν συγκρίσεις των δικτύων μεταξύ διαφορετικών χωρών, των παραμέτρων τους, τη στρατηγική δειγματοληψίας και την επιλογή υλικών (στήλη νερού, ζώντες οργανισμοί, ίζημα). Εάν ήταν δυνατόν, θα ήταν κατάλληλο, ένα κοινό Ευρωπαϊκό δίκτυο με αλληλοβαθμονομήσεις μεταξύ διαφορετικών, συμπεριλαμβανομένης της ιδιομορφίας κάθε χώρας και το επίπεδο παραγωγής μαλακίων.

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3ο**

### **ΟΛΟΚΛΗΡΩΜΕΝΟ ΜΟΝΤΕΛΟ ΔΙΑΧΕΙΡΗΣΗΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**Επιλογή τοποθεσίας και περιβαλλοντική παρακολούθηση της υδατοκαλλιέργειας : ένα ολοκληρωμένο μοντέλο.**



### 3.1. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Οι καλλιέργειες θαλάσσιων οργανισμών ιστορικά τοποθετούνται σε περιοχές όσο το δυνατόν πιο κοντά ή σε προστατευμένους κόλπους και φιόρδ και ελάχιστη ή καθόλου προσοχή δεν δόθηκε στην καταλληλότητα των τοποθεσιών για τέτοιες δραστηριότητες. Καθώς η σωστή επιλογή τοποθεσίας είναι βασική για την μέγιστη παραγωγικότητα, είναι τώρα προφανές ότι πρέπει να προσχεδιάζεται λεπτομερής εξέταση και μελέτη, για να βγει απόφαση εγκατάστασης επιχείρησης ιχθυοκαλλιέργειας. Αυτό συνέβει, όχι μόνο λόγω των απαιτήσεων της Ευρωπαϊκής Κοινότητας για να γίνει περιβαλλοντική μελέτη για τις καλλιέργειες σολομού μεγαλύτερου των 100 τόννων, αλλά επίσης επειδή οι καλλιεργητές και οι επενδυτές βλέπουν τα οφέλη τέτοιων πληροφοριών σε σχέση με τα πρωτόκολλα διαχείρισης. Είναι επίσης προφανές ότι η ετήσια εξέταση προσφέρει διαχείριση με σημαντικές πληροφορίες που αφορούν στην περιβαλλοντική κατάσταση των τοποθεσιών και αυτά τα δεδομένα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για περαιτέρω βελτίωση των πρακτικών διαχείρισης των εγκαταστάσεων,(εικ.14).

## 3.2. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΤΟΠΟΘΕΣΙΑΣ

Μεγάλος αριθμός κριτηρίων έχει αναγνωριστεί κρίσιμης σημασίας στην αναγνώριση και επιλογή χώρου για ιχθυοκαλλιέργεια. Αυτά έχουν περιγραφεί απ' τον Beveridge (1987) ως παράμετροι που σχετίζονται με την άμεση υγεία των ειδών των ψαριών που ανατρέφονται, των φυσικών χαρακτηριστικών του χώρου και των κοινωνικο - οικονομικών παραγόντων. Όπως σε παλιές περιπτώσεις, δεν έχουν όλες οι τοποθεσίες τα απαιτούμενα χαρακτηριστικά. Οι Rosenthal et al.(1988), Lumb (1989), Lumb & Fowler (1989), συζητούν την επιλογή τοποθεσίας λαμβάνοντας υπ' όψη την επίδραση στο βυθό και σχολιάζουν ότι η δημιουργία οργανικών αποβλήτων κάτω απ' τους κλωβούς, αυξάνουν τα προβλήματα ελέγχου ασθενειών.

Οι τοποθεσίες πρέπει να καθορίζονται από μία ποικιλία κριτηρίων που περιλαμβάνουν:

- βάθος νερού,
- τύπος βυθού,
- ταχύτητα και κατεύθυνση ρεύματος,
- κυματισμό (φύση και ένταση),
- δυναμική μεταφοράς,
- κριτήρια ποιότητας νερού,
- άλλες χρήσεις (γής και νερού).

Ένας αριθμός άλλων παραγόντων, όπως πρόσβαση στις αγορές, κατάλληλες επικοινωνίες, διαθεσιμότητα εκπαιδευμένου ή μη προσωπικού, δημόσιες χρήσεις, ασφάλεια και τα υπάρχοντα και μελλοντικά μολυσματικά βάρη, θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη πριν την απόφαση να προχωρήσουν με την επιχείρηση.

### 3.2.1. ΒΑΘΟΣ ΝΕΡΟΥ

Το βάθος του νερού είναι σημαντικός παράγων στην επιλογή τόπου καθώς ποικίλουν τα μεγέθη δικτύων για διάφορα είδη. Δεν είναι επαρκές να υπάρχει χαμηλό βάθος - λίγο βαθύτερο από το μέγιστο βάθος των δικτύων- συνιστάται ελάχιστο των 10 μέτρων από τους Laird και Needham (1988) και Sedgewick (1988).

Το βάθος του νερού είναι σημαντικό στην ρύθμιση ροής των νερών και καθορίζει τις βενθο - πελαγικές χημικές διεργασίες που γίνονται στο θαλάσσιο πυθμένα και μπορούν να μεταβληθούν από την ιζηματοποίηση απ' τους κλωβούς. Αυτές οι διαδικασίες μπορούν

να αλλάξουν σημαντικά δίνοντας αύξηση στην απελευθέρωση μεθανίου και σουλφιδίου υδρογόνου που προκαλείται απ' την ανάπτυξη υποξικών ή ανοξικών συνθηκών ιζήματος.

### **3.2.2. ΤΥΠΟΣ ΒΥΘΟΥ**

Ο τύπος βυθού είναι ενδεικτικός των ταχυτήτων ρεύματος νερού. Οι λασπώδεις βυθοί μπορούν να υπάρξουν μόνο όπου οι ταχύτητες των ρευμάτων είναι χαμηλές και καθώς αυτές αυξάνονται, τα ιζήματα αυξάνονται σε τραχύτητα. Οι ιχθυοκαλλιέργειες που βασίζονται σε θάλασσα θα πρέπει να βρίσκονται σε περιοχές που υπάρχει αρκετή διασπορά υλικού ώστε να μην δημιουργείται συσσώρευση αποβλήτων. Γι' αυτό οι τοποθεσίες όπου η λάσπη κυριαρχεί στο ίζημα πρέπει να καθορίζονται σύμφωνα με την καταλληλότητα τους. Λαμβάνοντας υπ' όψιν το αγκυροβόλιο των κλωβών και των στύλων, οι Laird και Needham (1988) θεώρησαν την σκληρή άμμο ως άριστο τύπο ιζήματος.

### **3.2.3. ΚΑΤΕΥΘΥΝΣΗ ΚΑΙ ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΡΕΥΜΑΤΟΣ**

Αυτές οι σημαντικές μορφές νερού καθορίζουν την ποιότητα, το ρυθμό, και την απόσταση στην οποία τα αιωρούμενα υλικά καθιζάνουν στον πυθμένα (Milne, 1979). Οι Laird και Needham (1988) και Sedgewick (1988) συνέστησαν ότι οι κλωβοί πρέπει να τοποθετούνται σε ταχύτητες ρεύματος των 0.1 - 0.5 m.s . Ο Gowen et al. (1989) έχουν αναπτύξει ένα απλό μοντέλο πρόβλεψης αποστάσεων και κατευθύνσεων, όπου θα παρασυρθούν οι τροφές ή τα απόβλητα δεδομένου των στατιστικών εγκαταστάσεων τους και των ταχυτήτων των ρευμάτων και αυτή η αντίληψη χρησιμοποιήθηκε από την «Aqua - Fact» για να καθορίσει τοποθεσίες για δειγματοληψία οργανικού εμπλουτισμού και καταλοίπων αντιβιοτικών.

### **3.2.4. ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΣ**

Είναι σημαντική η κατανόηση του ύψους και της συχνότητας των κυμάτων που μπορεί να υπάρξουν στην προτεινόμενη τοποθεσία καλλιέργειας, για την κατασκευή των κλωβών και των πλοίων και για να προμηθευτεί ο υπεύθυνος με δεδομένα που αφορούν περιόδους, όταν είναι αδύνατη η πρόσβαση. Τέτοια δεδομένα διακρίνονται πρόσφατα από νομοθέτες και ασφαλιστές.

Εμπειρικά, ο Sedgewick δίνει μέγιστη απόσταση 3 χιλιόμετρα στην κατεύθυνση των ισχυρών ανέμων για να είναι λειτουργική η τοποθεσία σε όλες τις καιρικές συνθήκες.

### **3.2.5. ΔΥΝΑΜΙΚΗ ΜΕΤΑΦΟΡΑΣ**

Για να υπάρξει κατανόηση και απ' τους νομοθέτες και τους παραγωγούς των δυνατοτήτων μιας προτεινόμενης θέσης να παράγει ψάρια, θα πρέπει να εξεταστεί ένας υπολογισμός της δυναμικότητας μεταφοράς. Ο Beveridge (1987) παρουσιάζει αυτό το θέμα στο κεφάλαιο του γλυκού νερού. Λαμβάνοντας υπ' όψιν τα θαλάσσια σημεία, δηλώνει ότι το άζωτο παρά ο φώσφορος είναι ο περιοριστικός παράγων και είναι σημαντικότερη η επίδραση στον βυθό παρά στο φυτοπλανγκτόν. Όμως, καθώς η υδατοκαλλιέργεια μπορεί να επηρεάσει το θαλάσσιο περιβάλλον με διάφορους τρόπους είναι πιθανό ότι αυτή η συνεργασία θα αποκτούσε ολιστική προσέγγιση.

### **3.2.6. ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΝΕΡΟΥ**

Είναι σαφές ότι μία επιτυχημένη καλλιέργεια πρέπει να τοποθετηθεί σε νερό της καλύτερης ποιότητας και που να είναι κυρίως κατάλληλο όσον αφορά στις οικολογικές αποκτήσεις των ειδών. Τέτοια κριτήρια συμπεριλαμβάνουν την θερμοκρασία, αλατότητα, περιεχόμενο διαλυμένου οξυγόνου, θολερότητα, παρουσία φυτοπλανγκτού, και μολυσματικών φορτίων. Οι Roxton και Allouse, (1982) δίνουν μιά πλήρη λίστα παραμέτρων ποιότητας νερού σε σχέση με τις υδατοκαλλιέργειες ενώ ο Beveridge (1987) δίνει πλήρη αναφορά στην παρουσία φυκών.

### **3.2.7. ΑΛΛΕΣ ΧΡΗΣΕΙΣ**

Ο επιλεγμένος χώρος πρέπει να συμπίπτει με περιοχή όπου η προτεινόμενη ανάπτυξη θα συμβαδίζει με τα παραδοσιακά ιχθυοτροφεία, άλλες πρακτικές υδατοκαλλιέργειας ή / και δραστηριότητες ανάπαυσης. Ισοδύναμα, η περιοχή πρέπει να είναι αρκετά μεγάλη για να επιτρέπει την μεταστροφή των κελιών. Η επίδραση της προτεινόμενης ανάπτυξης πρέπει να θέτει το θέμα ολοκλήρωσης με τις σκηνικές ιδιότητες του χώρου. Άλλες πλευρές, όπως επαρκής πρόσβαση από δρόμους, παροχή ενέργειας διαθέσιμο εργατικό δυναμικό (Pillay, 1990) πρέπει επίσης να ληφθούν υπ' όψιν.

### 3.3. ΜΑΘΗΜΑΤΙΚΟ ΜΟΝΤΕΛΟ

Επιτόπιες μετρήσεις των ταχυτήτων των ρευμάτων και των κατευθύνσεων και των δεδομένων παλιρροιών προσφέρουν μία βάση δεδομένων απ' την οποία θα ήταν δυνατός ο μαθηματικός υπολογισμός μαθηματικού μοντέλου της προτεινόμενης τοποθεσίας. Τέτοια μοντέλα έχουν χρησιμοποιηθεί παγκοσμίως για να προβλέψουν διάλυση, διασπορά, ιζηματοποίηση και επιδράσεις της προτεινόμενης ανάπτυξης. Η εφαρμογή τους στην πρόβλεψη των επιδράσεων στο νερό, τον πυθμένα και την ποιότητα της ακτής σε σχέση με τις τοποθεσίες καλλιέργειας είναι γι' αυτό ευρείας χρήσης.

### 3.4. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑ ΠΟΙΟΤΗΤΟΣ ΝΕΡΟΥ

Έχουν χρησιμοποιηθεί εκτενώς μαθηματικά μοντέλα τα τελευταία 15 χρόνια για να βοηθήσουν τους προγραμματιστές να υπολογίσουν τις εκροές που καταλήγουν στους κόλπους και στις εκβολές. Πρόσφατα εφαρμόστηκαν αυτές οι τεχνικές απ' τους Turrell και Munro (1989) και Hartnett και Cawley (1991) για πρόβλεψη της επίδρασης της υδατοκαλλιέργειας σε συγκεκριμένες παραμέτρους ποιότητας νερού.

Έχουν αναπτυχθεί μαθηματικά μοντέλα για να πραγματοποιήσουν μονό - δι ή τρισδιάστατες αναλύσεις, όμως, εδώ θα ασχοληθούμε μόνο με διδιάστατα μοντέλα. Διδιάστατα μοντέλα ταχύτητας βάθους και συγκέντρωσης υλικού επιτρέπουν στο σχεδιαστή να αποκτήσει ανάλυση των τωρινών μοντέλων και επίπεδα διαλυμένης συγκέντρωσης στο οριζόντιο επίπεδο. Αυτά τα μοντέλα μπορούν να υπολογίζουν τα επίπεδα με κενά πλέγματος των 50 μέτρων κάθε λεπτό κατά τον παλιρροιακό κύκλο. Λόγω της περίπλοκης γεωμετρίας και βαθυμετρίας των κόλπων και των εκβολών, θεωρείται πιο κατάλληλο ένα διδιάστατο μοντέλο απ' ότι ένα μονοδιάστατο μοντέλο. Τα τρισδιάστατα θα παρουσίαζαν πιο λεπτομερή εικόνα της ποιότητας νερού στη στήλη νερού, αλλά βρίσκονται ακόμα στο στάδιο ανάπτυξης.

Υπάρχουν τρία βασικά υποσύνολα στο μοντέλο που περιγράφεται:

1. Υδροδυναμικό υποσύνολο
2. Υποσύνολο διασποράς
3. Υποσύνολο μετα - διεργασίας

Το υδροδυναμικό χρησιμοποιεί τους νόμους της διατήρησης της μάζας και ορμής για να καθορίζει τα τρέχοντα μοτίβα στο νερό. Της διασποράς χρησιμοποιεί εξισώσεις για διάχυση και μαζική μεταφορά για να προβλέψει την εξάπλωση και την μοίρα είτε διαλυτών ή ξεχωριστών σωματιδίων στο νερό. Το υποσύνολο της μετα - διεργασίας

χρησιμοποιεί στατιστικές μεθόδους για ανάλυση των αποτελεσμάτων από το υποσύνολο διάχυσης.

Το διάγραμμα ροής στην είκ.15 περιγράφει την μεθοδολογία που ακολουθείται στην διεκπεραίωση μελέτης τυπικής ποιότητας νερού μιας ιχθυοκαλλιέργειας. Πρώτον ο δημιουργός του μοντέλου αποφασίζει για τα όρια του μοντέλου, μετά σχεδιάζεται πρόγραμμα μέτρησης μεταξύ του σχεδιαστή και του ωκεανογράφου. Οι μετρήσεις που θα συλλεχθούν απ' τον ωκεανογράφο θα χρησιμοποιηθούν για βαθμονόμηση και επικύρωση του μαθηματικού μοντέλου. Το υδροδυναμικό υποσύνολο αναπτύσσεται από δημιουργία πλέγματος με ορθογώνιο δίκτυο για να καλύψει την περιοχή μελέτης. Επίσης καθορίζονται και οι ακόλουθες πληροφορίες: η βαθυμετρία στο κάθε σημείο του πλέγματος, συνθήκες παλίρροιας, συνθήκες ανέμων, εισροές ποταμών, υπολογιστικός χρόνος και εμπειρικοί συντελεστές. Είναι σημαντική η εγκατάσταση του περιοριστικού θαλάσσιου ορίου μακριά απ' την περιοχή ενδιαφέροντος, για να μην επηρεάσει το αποτελέσματα. Το υδροδυναμικό μοντέλο συντονίζεται συγκρίνοντας υπολογισμένες και μετρημένες ταχύτητες ρεύματος και κατευθύνσεων για αριθμό τοποθεσιών στο νερό. Οι συντελεστές και οι συνθήκες του περιοριστικού ορίου ποικίλουν μέχρι να υπάρξει συμφωνία μεταξύ των μετρημένων και υπολογισμένων δεδομένων. Τότε το υδροδυναμικό μοντέλο έχει προβλέψιμη ικανότητα και χρησιμοποιείται για να προβλέψει τα μοτίβα κυκλοφορίας του νερού για ποικίλες παλίρροιας, ανέμους και συνθήκες εισροής ποταμών.

Το μοντέλο διασποράς αναπτύσσεται βασισμένο στο υδροδυναμικό πλέγμα. Γίνονται αναλύσεις διασποράς βασισμένες στην μεταφορά υλικού, χρησιμοποιώντας τα παράγωγα από τις υδροδυναμικές αναλύσεις και την φυσική διασπορά του υλικού στο νερό. Το μοντέλο διασποράς έχει αναπτυχθεί για να αναλύει την εξάπλωση και την μοίρα πάνω από 15 ουσιών συγχωνεύοντας τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των διαφόρων υλικών για τον υπολογισμό της υδατοκαλλιέργειας. Σε προϋγούμενες μελέτες, οι Marine Computation Services (M.C.S.) μελέτησαν την διασπορά των ακόλουθων ουσιών: Αμμωνιακό Άζωτο, Βιοχημική Αξίωση Οξυγόνου (B.O.D.), Νυαν, και μικρά σωματίδια αποβλήτων. Τα αποτελέσματα γι' αυτές τις αναλύσεις παρουσιάζονται ως στιγμιαίες μορφές των επιπέδων συγκέντρωσης της συγκεκριμένης ουσίας σε όλο τον κόλπο, σε οποιοδήποτε σημείο στον παλιρροιακό κύκλο, είτε ως ιστορίες χρόνου συγκεντρώσεων ουσιών σε οποιοδήποτε σημείο του πλέγματος του μοντέλου. Μετά αναλύονται τα αποτελέσματα της διασποράς για να καθορίσουν την πιθανότητα ανάπτυξης φυτοπλανγκτού και για διαβεβαίωση της Ευρωπαϊκής Κοινότητας, ότι άπτεται στις διεθνείς κατευθυντήριες οδηγίες με σεβασμό στις ουσίες πάνω στις οποίες εργάζονται.

Η χρήση συστήματος γεωγραφικών πληροφοριών στην ανάλυση τέτοιων δεδομένων έγινε απ' τους Krieger και Muslow για αναγνώριση της καταλληλότητας των τοποθεσιών στο φιόρντ της Χιλής για την καλλιέργεια διαφόρων ψαριών.

### 3.5. ΠΡΩΤΟΚΟΛΛΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ

Όπως έχει είδη φανεί από αρκετούς ερευνητές π.χ. Beveridge (1987), Gowen (1990), στην περίπτωση της σολομοκαλλιέργειας είναι ο πυθμένας που κυρίως επηρεάζεται και γι' αυτό μπορεί να προκαλέσει προβλήματα παραγωγής για τον καλλιεργητή απ' ότι οποιαδήποτε χειροτέρευση του νερού καθ' εαυτού. Τα προγράμματα όμως παρακολούθησης δεν πρέπει να παραβλέπουν να εξετάζουν επιλεγμένες παραμέτρους ποιότητας νερού, αλλά η ανάγκη μέτρησης κάθε παραμέτρου τώρα δεν είναι πια αναγκαία. Πρέπει να γίνονται τακτικοί έλεγχοι για την θερμοκρασία και τα επίπεδα νιτρικού άλατος, ενώ λιγότερο συχνή δειγματοληψία μπορεί να γίνει για άλλα επιλεγμένα στοιχεία.

Λαμβάνοντας υπ' όψιν το βυθό, οι συγγραφείς προτείνουν ότι οι ακόλουθες μορφές πρέπει να ελέγχονται τουλάχιστον ετησίως, και ότι η μελέτη θα πρέπει να εκτελείται σε περιόδους μέγιστης βιομάζας:

- βάθος στρώματος οξειδοαναγωγής
- περιεχόμενο οργάνικου άνθρακα
- αριθμοί και είδη ασπόνδυλης μακροπανίδας
- αντιβιοτικά κατάλοιπα
- φωτογραφική κατανομή του πυθμένα για να φανεί η έκταση του στρώματος βακτηρίων, η σημαντική επιφανειακή μακροπανίδα, τα αέρια κ.λ.π.

Θα πρέπει να λαμβάνονται δείγματα κάτω απ' τους κλωβούς, στα άκρα των κλωβών και σε περιοχή μακριά από αυτά στη γνωστή κατεύθυνση του κυρίαρχου ρεύματος. Θα πρέπει επίσης να παρακολουθήται μία ελεγχόμενη τοποθεσία για τις ίδιες παραμέτρους.

Έχει χρησιμοποιηθεί καταδυτική μέτρηση με χρήση στοιχείων του ιζήματος, φωτογραφιών και δειγματοληψιών με σημαντική επιτυχία σε αρκετές περιοχές μακριά από την δυτική ακτή της Ιρλανδίας. Τα ποικίλα στοιχεία περιγράφονται παρακάτω:

#### α. Συσσκευή φωτογράφισης κατακόρυφης διατομής ιζήματος(S.P.I.)

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιήθηκε απ' τον O' Connor et al. (1989) για να χαρτογραφήσει τον εμπλουτισμό από μονάδα παραγωγής ιχθυοκαλλιέργειας. Λόγω του περιορισμού του μεγέθους της μηχανής που χρησιμοποιήθηκε σ' αυτήν την καταγραφή, έχει αναπτυχθεί μία μικρότερη κάμερα που μπορεί να λειτουργεί υποβρυχίως (είκ.16). Επιτρέπει πρόσβαση κάτω απ' τα κελιά που δεν ήταν δυνατόν με

μεγαλύτερα κελιά . Το S.P.I. (Sediment Profile Imagery) χρησιμοποιήθηκε σε ποικίλες τοποθεσίες κατά μήκος της δυτικής ακτής της Ιρλανδίας για να καταγράψει την επίδραση του οργανικού εμπλουτισμού από ιχθυοκαλλιέργειες και λήφθηκαν φωτογραφίες κάτω από τους κλωβούς , στο χείλος των κλωβών, 20m, 50m, και 100m μακριά απ' αυτά προς την κατεύθυνση του ρεύματος και σε περιοχή ελέγχου, τρεις εικόνες λήφθηκαν σε κάθε περιοχή και αναλύονται, με χρήση συστήματος ανάλυσης εικόνων , O.P.R.S. (Optical Pattern Recognition System), βασισμένου σε υπολογιστή για τα ακόλουθα:

- μέγεθος κόκκων, κύρια σύσταση και έκταση
- όριο σκληρότητας επιφάνειας
- βάθος προφανούς ασυνεχείας οξειδοαναγωγής
- παρουσία μεθανίου υπό της επιφάνειας
- πληροφορίες πανίδας
- πυκνότητα στρώματος οργανικού υλικού
- παρουσία στρώματος μικροβίων

Αυτά τα αποτελέσματα συνδιάζονται για να δώσουν μία καθαρή εικόνα της υγείας στη θάλασσα κάτω και κοντά στις ιχθυοκαλλιέργειες.

## **β. Στατική φωτογραφία**

Ερευνητικές καταδύσεις κάτω απ' τους κλωβούς και κατά μήκος της περιμέτρου τους προσφέρουν καλές πληροφορίες στον επικεφαλής, όσον αφορά στην έκταση και στο βαθμό επίδρασης μιας ιχθυοκαλλιέργειας στον θαλάσσιο πυθμένα. Αξίζει λοιπόν να δημιουργηθεί αρχείο τέτοιων μορφών όπως η παρουσία και η έκταστων στρωμάτων μικροβίων, σβόλοι τροφής που δεν έχουν καταναλωθεί, περιοχές εντερικής απόρριψης, αντενεργά αέρια και πανίδα με χρήση συστημάτων υποβρύχιας κάμερας. Αυτές οι καταγραφές θα πρέπει να γίνουν τουλάχιστον ετησίως, αλλά μια πιο τακτική καταγραφή, π.χ. κάθε εποχή θα προσέφερε μία φτηνή αλλά πολύ χρήσιμη καταγραφή της επίδρασης των δραστηριοτήτων καλλιέργειας.

## **γ. Δείγματα με πυρηνοδειγματολήπτη**

Δείγματα με πυρηνοδειγματολήπτη που ελήφθησαν από δύτες (διάμετρος πλαστικών 15cm) επιλέγονται με την ίδια ακολουθία σταθμών όπως αυτά που περιγράφηκαν για το S.P.I.. Γενικά, λαμβάνονται τρία δείγματα, εκ των οποίων, χρησιμοποιούνται τα δύο για αναλύσεις πανίδας και το τρίτο για αναλύσεις οργανικού άνθρακα. Τα δείγματα πανίδας,



που πλένονται σε κόσκινο τετράγωνου πλέγματος των 1.00 mm, τοποθετούνται σε 4% ουδέτερη φορμαλίνη, όπου έχει προστεθεί *beibrich scarlet*, πριν τη συντήρηση σε 70% αλκοόλη. Τα δείγματα τακτοποιούνται κάτω από μικροσκόπιο και η μακροπανίδα αναγνωρίζεται ανάλογα με το είδος που είναι δυνατόν. Τα παραδείγματα των Pearson και Rosenberg (1978), χρησιμοποιείται στην περιγραφή του τύπου των συλλογών που καταγράφονται. Αυτές οι πληροφορίες για την πανίδα, είναι χρήσιμες στην πρόβλεψη αποδοτικότητας της βιολογικής κοινότητας που καταγράφηκε κατά την διεργασία οργανικού υλικού. Αν υπάρχει μεγάλος αριθμός βιο - ειδών, η αναθεώρηση του οργανικού υλικού μπορεί να είναι γρήγορη ενώ η απουσία ομάδων ταξινόμησης θα οδηγούσε σε πληθώρα τέτοιου υλικού. Συνήθως, το κλάσμα μικρότερο ή ίσο των 63 μέτρων του ιζήματος από τον 3ο πυρήνα αναλύεται για περιεχόμενο οργανικού άνθρακα και χρησιμοποιείται η μέθοδος Holme και McIntyre (1984). Αυτό είναι μερικές φορές αδύνατον λόγω παρουσίας σβόλων πολυχαίτων: όταν υπάρχουν μεγάλες πυκνότητες *Capitella* και/ ή *Malococeros*, οι σβόλοι αυτοί παραμένουν ως ξεχωριστά πακέτα και κυμαίνονται σε μέγεθος από 150-300 μm.

Χρησιμοποιώντας δεδομένα από άμεσες κατανομές ρευμάτων σε χώρους καλλιέργειας, έχει χρησιμοποιηθεί το μοντέλο του Gowen et al. (1989), για να προβλέψει πως οι τροφές που δεν έχουν καταναλωθεί μπορούν να επηρεάσουν τους βενθικούς οργανισμούς. Αυτές οι προβλέψεις έχουν επιβεβαιωθεί με χρήση καταλοίπων αντιβιοτικών και τα αποτελέσματα είναι πολύ κοντά με τις προβλέψεις του μοντέλου.

Ο Lumb και Fowler (1989) περιγράφουν μία όμοια μέθοδο καταγραφής βασισμένη σε καταδύσεις με μπουκάλες για επαλήθευση των βενθικών συνθηκών κάτω και γύρω απ' τις καλλιέργειες.

Κάνοντας αποτίμηση των παραπάνω αποτελεσμάτων, ο καλλιεργητής μπορεί να πρέπει να λάβει αποφάσεις σε σχέση με τα πρωτόκολλα της μελλοντικής διαχείρισης. Π.χ., εάν οι συνθήκες κάτω από τους κλωβούς δείχνουν συσσώρευση οργανικού υλικού, ποσότητες τροφής που δεν έχουν καταναλωθεί, μειωμένη μακροπανίδα και παρουσία στρωμάτων *Beggiotoa*, πρέπει να ελέγξει το καθεστώς διατροφής και να δει πως και που γίνεται η σπατάλη τροφής. Θα έπρεπε επίσης να σκεφτούμε την «αγρανάπαιυση» μιας τέτοιας τοποθεσίας για 18 μήνες περίπου, ανάλογα με το πόσο άσχημα έχει επηρεαστεί ο βυθός και τι υδρογραφικές συνθήκες επικρατούν εκεί. Άλλη πλευρά σ' αυτή την κατάσταση θα ήταν κάποιο «σβάρνισμα» του χώρου, μία διαδικασία, που μπορεί να γίνει ως εξής: σειρά αλυσίδων με καρφιά των 30cm, έλκονται πάνω στην επηρεασμένη περιοχή απελευθερώνοντας έτσι οτιδήποτε αέρια, επιτρέποντας την οξειδωση του οργανικού υλικού, μειώνοντας έτσι την έκταση της επίδρασης. Προτείνεται, εάν μία τέτοια διαδικασία είναι υπό σκέψη, ότι πρέπει να δοθεί σημασία στην εποχή του χρόνου που γίνεται και στις παλιρροιακές συνθήκες που επικρατούν, καθώς το «σβάρνισμα» προκαλεί την αιώρηση των σωματιδίων του ιζήματος που θα μπορούσαν να φράξουν τα βράγχια σημαντικών ειδών μαλακίων και των ίδιων των

ψαριών. Άλλη πιθανότητα είναι ότι μπορεί να ξανανθήσουν τοξικοί σπόροι Δινοβλαστών. Η συμβουλή μας είναι, να γίνεται το «σβάρνισμα» το Χειμώνα όταν η θερμοκρασία είναι χαμηλή και οι συνθήκες φωτός δεν είναι κατάλληλες για φωτοσυνθετική δραστηριότητα του φυτοπλανκτού. Θα έπρεπε, επίσης να γίνει κατά την ύφεση παλίρροιας για να επιβεβαιώσει ότι η διασπορά των αιωρούμενων υλικών θα είναι σε απόσταση από την παραλία.

## ΓΕΝΙΚΑ ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Όλα όσα αναφέρθηκαν παραπάνω, μπορούν να ελαχιστοποιηθούν ή να εξαλειφθούν με την σωστή οριοθέτηση περιοχών για υδατοκαλλιέργειες και την σωστή χωροθέτηση των εγκαταστάσεων έτσι ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα στον τουρισμό στη ναυσιπλοΐα και στις ίδιες τις καλλιέργειες. Ο καθορισμός της χρήσης των νερών, ανάλογα με την ποιότητα και τις ανάγκες της κάθε περιοχής αλλά και σε σχέση με την προστασία του φυσικού περιβάλλοντος, είναι απαραίτητες προϋποθέσεις για την σωστή ανάπτυξη των καλλιεργειών και την αποδοχή τους από τον τοπικό πληθυσμό.

Η επιλογή της τοποθεσίας εγκατάστασης της καλλιέργειας είναι, ίσως, ο σημαντικότερος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπόψη. Και αυτό, επειδή η επίδραση των ανθρωπογενών δραστηριοτήτων της περιοχής και η συνεπακόλουθη ρύπανση των νερών πρέπει να είναι το πρώτο μέλημα για την προστασία της παραγωγής αλλά και του φυσικού περιβάλλοντος.

Έτσι, για την ιχθυοτροφική αξιοποίηση ενός υδάτινου οικοσυστήματος θα πρέπει να χορηγείται μελέτη περιβαλλοντικών επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) στην οποία θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι παρακάτω παράγοντες:

- α. Οι παρούσες και μελλοντικές ανθρωπογενείς δραστηριότητες στην απορροής καθώς και οι χρήσεις του υδάτινου οικοσυστήματος.
- β. Τα μορφομετρικά, υδρολογικά και κλιματολογικά χαρακτηριστικά του υδάτινου οικοσυστήματος.
- γ. Η ποιότητα του νερού (φυσικοί, χημικοί και βιολογικοί παράμετροι).
- δ. Η ρύπανση του νερού.
- ε. Η τροφική κατάσταση του υδάτινου οικοσυστήματος.
- στ. Η ποσότητα της ετήσιας παραγωγής, έτσι ώστε η επίδραση της υδατοκαλλιέργειας στο οικοσύστημα να μη μεταβάλλει τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού πέρα από τα ανεκτά όρια για το συγκεκριμένο είδος εκτρεφόμενου οργανισμού ή για άλλη παράλληλη χρήση.

Για τον έλεγχο των αιωρούμενων στερεών των υδατοκαλλιεργειών, ώστε να μειωθούν οι επιπτώσεις στο περιβάλλον, θα πρέπει είτε να γίνεται συλλογή των αποβλήτων ή η διασπορά τους να είναι ικανοποιητική ώστε να είναι δυνατή η γρήγορη και ασφαλής αποδόμηση. Η πρώτη μέθοδος είναι εφικτή σε χερσαίες εγκαταστάσεις, όπου με τη δημιουργία δεξαμενών καθίζησης των εκρροών είναι δυνατή η απομάκρυνση του μεγαλύτερου μέρους των αιωρούμενων στερεών. Μια άλλη μέθοδος που αφορά τις πλωτές υδατοκαλλιέργειες είναι η μετακίνηση των ιχθυοκλωβών και η «αγρανάπαιυση» της θαλάσσιας περιοχής για 18 μήνες, ενώ σε άλλες περιπτώσεις είναι δυνατόν να συνδιαστεί η «αγρανάπαιυση» με τη βυθοκόρηση της περιοχής. Γενικότερα, όμως η καλύτερη στρατηγική συνίσταται στην τοποθέτηση των κλωβών με ικανοποιητική κίνηση

ρευμάτων μέσα στους κλωβούς και, εφόσον είναι δυνατόν, η τοποθέτηση τους να είναι τέτοια, ώστε η κίνηση των ρευμάτων να είναι κάθετη στο διαγώνιο άξονα των κλωβών (Iwama, 1991).

Έχουν προταθεί διάφορα συστήματα συλλογής της λάσπης των αποβλήτων κάτω από ιχθυοκλωβούς ή ιχθυομάνδρες. Τα συστήματα αυτά αφορούν κυρίως κατάλληλα διαμορφωμένες παγίδες ή χουνιά από PVC, τα οποία τοποθετούνται κάτω από την εκτροφή και συγκεντρώνουν τα αιωρούμενα στερεά τα οποία αντλούνται και μεταφέρονται για παραπέρα επεξεργασία (Braaten et al., 1983 - Gowen & Brardbury 1987). Η περιεκτικότητα της λάσπης σε ξηρά ουσία είναι συνήθως πολύ μικρή (5-10%), γι' αυτό μετά την συλλογή είναι απαραίτητη η προσθήκη aluminium sulfate ως κροκιδωτικού για να επιτευχθεί η μείωση του όγκου και η συμπύκνωση της. Τέτοια συστήματα συλλογής της λάσπης έχουν λειτουργήσει ικανοποιητικά σε λίμνες και καλά προστατευμένες παράκτιες περιοχές, αλλά είναι ευπρόσβλητα σε περιοχές με μεγάλο κυματισμό και μεγάλη ταχύτητα ρευμάτων.

Η εμφάνιση νέων τύπων τροφών έχει παίξει αναμφίβολα μεγάλο ρόλο στη **μείωση της ρύπανσης** του περιβάλλοντος απ' τις εντατικές υδατοκαλλιέργειες. Τα τελευταία χρόνια άρχισε να χρησιμοποιείται ευρύτατα ένας νέος τύπος εκτροφής, τα extruded pellets. Τα πλεονεκτήματα της τροφής αυτής συνίστανται στα εξής:

- Οι extruded τροφές είναι περισσότερο σταθερές στο νερό.
- Λόγω της πλήρους ζελατινοποίησης του αμύλου, το pellet πέπτεται ευκολότερα και λόγω της καλύτερης πεπτικότητας, μειώνεται η ποσότητα των κοπράνων.
- Υπάρχει λιγότερη σκόνη και θρύμματα στη συσκευασία και επιπλέον, βυθίζονται αργά έτσι ώστε δίνεται η δυνατότητα ευκολότερης προσληψης από τα ψάρια.
- Δίνουν καλύτερο ρυθμό μετατρεψιμότητας και υψηλότερους ρυθμούς ανάπτυξης.
- Τέλος, μπορούν να περιέχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε λιπαρές ουσίες (και ως εκ τούτου μεγαλύτερες ποσότητες ενέργειας) από τα κανονικά pellets.

Τέτοιες δίαιτες υψηλής ενέργειας μπορούν να μειώσουν τις απαιτήσεις σε τροφή ανά μονάδα παραγωγής και των διαθέσιμων πρωτεϊνών, οι οποίες είναι η κύρια πηγή ρύπανσης με φώσφορο και άζωτο από τις ιχθυοκαλλιέργειες. Η διατροφή με τροφή υψηλής λιποπεριεκτικότητας, όμως θα πρέπει να ελέγχεται, ώστε να μην δημιουργούνται προβλήματα υγείας και ποιότητας του τελικού προϊόντος.

Μια δραστική μείωση του φωσφόρου (P) στις εκρροές, η οποία μπορεί να επιτευχθεί με την μείωση της περιεκτικότητας του φωσφόρου στην τροφή, είναι δυνατόν να αποτρέψει εξάρσεις του ευτροφισμού. Συμφωνα με τους Wiesmann et. al. (1988), η μείωση του φωσφόρου στην τροφή από 10 σε 4 gr/kg Ξ.Ο. σε εντατική πεστροφοκαλλιέργεια δεν μετέβαλλε τον ρυθμό ανάπτυξης των ψαριών ούτε το συντελεστή μετατρεψιμότητας της τροφής.

Μια ικανοποιητική μείωση των απωλειών της τροφής στο περιβάλλον μπορεί να επιτευχθεί με την παροχή τροφής, όταν το ψάρι μπορεί να χρησιμοποιεί πιο αποτελεσματικά. Έχει διαπιστωθεί ότι ο κύκλος της όρεξης του ψαριού σχετίζεται με τον κύκλο κενότητας και πληρότητας του στομάχου του. Ο σωστός χρόνος των γευμάτων μπορεί επίσης να υποκινήσει αντιδράσεις συμπεριφοράς, οι οποίες οδηγούν στη βελτίωση της ικανότητας πρόσληψης και μετατρεψιμότητας της τροφής. Έτσι, για κάθε είδος εκτρεφόμενου ψαριού, και ανάλογα με την ηλικία του και τη θερμοκρασία του νερού, θα πρέπει να καθορίζεται ο ρυθμός και η ώρα των γευμάτων, έτσι ώστε να ελαχιστοποιούνται οι απώλειες προς το περιβάλλον.

Η αντικατάσταση των αντιβιοτικών από εμβόλια για την πρόληψη ασθενειών, όπως η Δονακίωση (*Vibrio anguillarum*, *Vibrio salmonicida*), βοήθησε τα τελευταία χρόνια στην μείωση της χρήσης των αντιβιοτικών και στην ελάττωση των προβλημάτων που δημιουργούνται στο περιβάλλον από τα κατάλοιπα τέτοιων ουσιών (Lillehaug, 1990).

Τα τελευταία χρόνια γίνονται προσπάθειες αντικατάστασης των συνθετικών χημικών εντομοκτόνων από φυσικά, με σκοπό την μείωση των προβλημάτων που προέρχονται από την τοξικότητα και τα κατάλοιπα των ουσιών αυτών.

Στις χερσαίες εντατικές ιχθυοκαλλιέργειες τα ψάρια εκτρέφονται σε αυτοκαθαριζόμενες δεξαμενές με κινούμενο νερό και σε υψηλές πυκνότητες πληθυσμών. Η προσθήκη οξυγόνου στο νερό μπορεί να μειώσει τις ανάγκες σε νερό, γεγονός που οδηγεί σε αύξηση των συγκεντρώσεων των αιωρούμενων στερεών και θρεπτικών στα απόβλητα. Αυτό διευκολύνει τη διαχείριση του νερού με την χρήση απλής τεχνικής διαχωρισμού των στερεών αποβλήτων, και πιθανόν την απομάκρυνση του αζώτου με την χρήση βιοφίλτρων. Οι απλές συσκευές διαχωρισμού των στερεών, μπορούν να απομακρύνουν το 50% του αζώτου, το 70% του φωσφόρου και το 60% ή και περισσότερο των αιωρούμενων στερεών από τα απόβλητα (Mäkinen, 1988). Το μέγεθος της επιτυχίας τέτοιων συστημάτων καθαρισμού εξαρτάται από τα ειδικά χαρακτηριστικά της εκτροφής και τον τύπο της τροφής. Η πυκνότητα του πληθυσμού των ψαριών, ο χρόνος παραμονής των στερεών αποβλήτων στις δεξαμενές, η μηχανική διάλυση των σωματιδίων στους απαγωγούς σωλήνες ή στη διάρκεια του καθαρισμού επιδρούν στο βαθμό επιτυχίας τέτοιων συστημάτων. Η συγκέντρωση των αιωρούμενων στερεών στις εκρροές των χερσαίων ιχθυοκαλλιεργειών εξαρτάται ανάλογα από το αν η εκτροφή βρίσκεται σε κανονική λειτουργία ή στη φάση καθαρισμού των δεξαμενών, και κυμαίνεται από 1 - 100 mg/lt στη φάση της κανονικής λειτουργίας και από 30 - 5800 mg/lt κατά τον καθαρισμό των δεξαμενών (Bergheim et.al., 1985). Η ξηρή λάσπη των αποβλήτων περιέχει 60 - 79% οργανικό υλικό, 1,6 - 9% ολικό άζωτο και 0,7 - 2,1% ολικό φώσφορο.

Τα τελευταία χρόνια άρχισε να εφαρμόζεται η τεχνολογία της ανακύκλωσης του νερού, κυρίως στην εκτροφή των χελιών (*Anguilla anguilla*), με σκοπό την εξοικονόμηση ενέργειας αφού η εκτροφή τους απαιτεί θερμοκρασία 26 - 27 C. Για την

επαναχρησιμοποίηση του νερού γίνεται πρώτα διαχωρισμός των στερεών και στην συνέχεια το νερό διέρχεται από βιοφίλτρα, με σκοπό την κατακράτηση και απομάκρυνση των θρεπτικών. Η τεχνολογία αυτή έχει οπωσδήποτε υψηλό κόστος, αλλά μπορεί και μειώνει δραστικά την ρύπανση του περιβάλλοντος, ιδιαίτερα όταν ο αποδέκτης είναι ένα ευαίσθητο οικοσύστημα. Ύστερα απ' όλα τα παραπάνω, πιστεύουμε ότι η σωστή Μελέτη Περιβαλλοντικών Επιπτώσεων (Μ.Π.Ε.) και η εφαρμογή των αναγκαίων μέτρων διαχείρισης, παράλληλα με την σωστή ενημέρωση του κοινού, θα δώσει την δυνατότητα περαιτέρω ανάπτυξης των υδατοκαλλιεργειών, χωρίς την δημιουργία προβλημάτων, προς όφελος της Εθνικής Οικονομίας και του φυσικού περιβάλλοντος.

Είναι πολύ σημαντικό, να τονίσουμε την ανάγκη εκπόνησης ενός ερευνητικού προγράμματος, με το οποίο θα δοθεί η δυνατότητα να αναπτυχθεί μοντέλο εκτίμησης των αλληλεπιδράσεων μεταξύ περιβάλλοντος και υδατοκαλλιεργειών στις συνθήκες των Ελληνικών παράκτιων υδάτινων οικοσυστημάτων αφού η βιβλιογραφία, τόσο η Ελληνική όσο και η Διεθνής, είναι φτωχή σε μελέτες που αφορούν τα Μεσογειακά παράκτια οικοσυστήματα και το ρόλο των υδατοκαλλιεργειών.

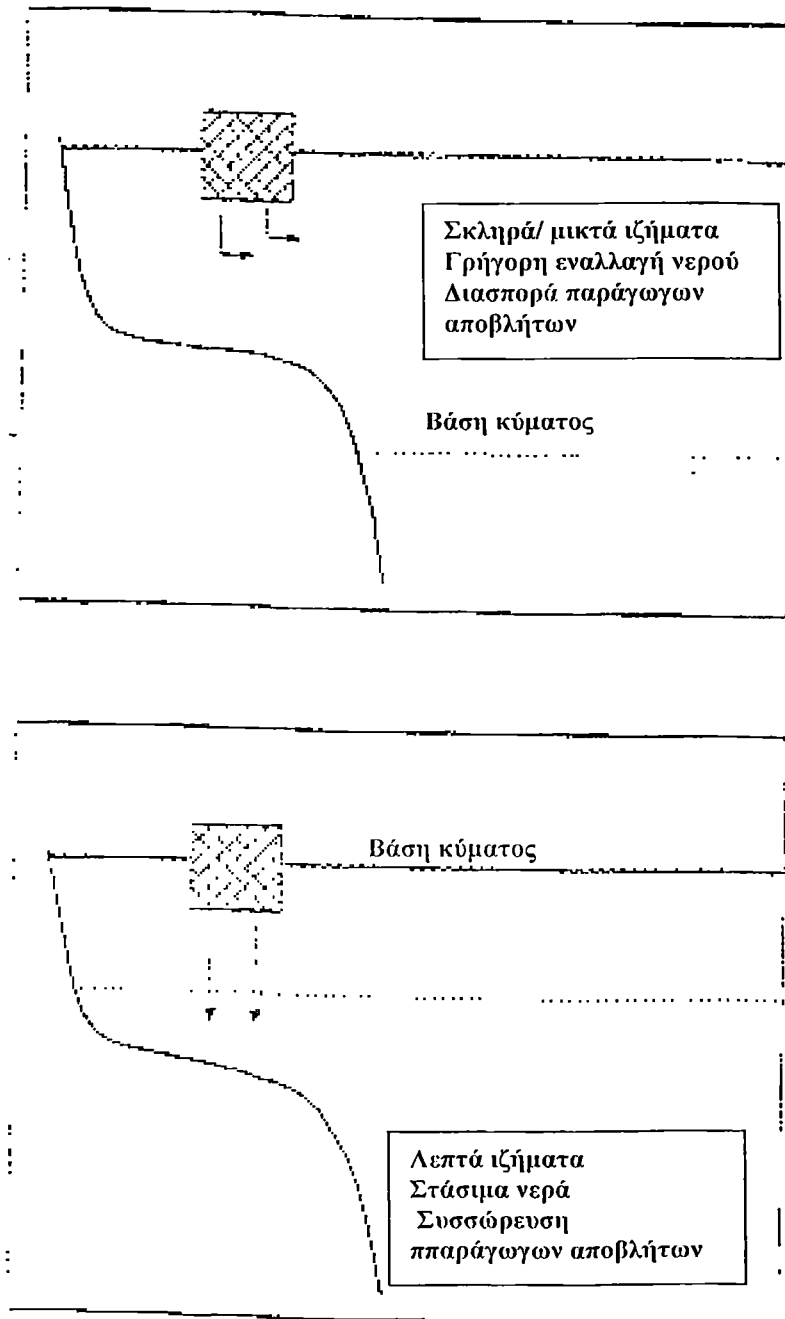
Τέλος, όσον αφορά τα Δίκτυα Παρακολούθησης (*monitoring*), για τον έλεγχο βιοτοξινών, στις περισσότερες χώρες της Μεσογείου και σχεδόν όλες οι Βορειοευρωπαϊκές έχουν δημιουργήσει αποτελεσματικά Δίκτυα Παρακολούθησης και ενημέρωσης με την συμμετοχή όλων των εμπλεκόμενων φορέων, όπως: παραγωγοί, καταναλωτές, εξαγωγείς, αρμόδια εργαστήρια, ερευνητικά ιδρύματα και υγειονομικές υπηρεσίες. Οι υπηρεσίες αυτές επιβαρύνουν οικονομικά τα προϊόντα, ταυτόχρονα όμως τα ισχυροποιούν τόσο στην εγχώρια αγορά (εμπιστοσύνη καταναλωτικού κοινού) όσο και στις εξαγωγές. Η δημιουργία και η λειτουργία με σύγχρονο πνεύμα ενός Δικτύου Παρακολούθησης και ενημέρωσης ευρωπαϊκών προδιαγραφών και στη χώρα μας, πιστεύουμε ότι είναι απαραίτητη και επιβεβλημένη.

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑΤΑ

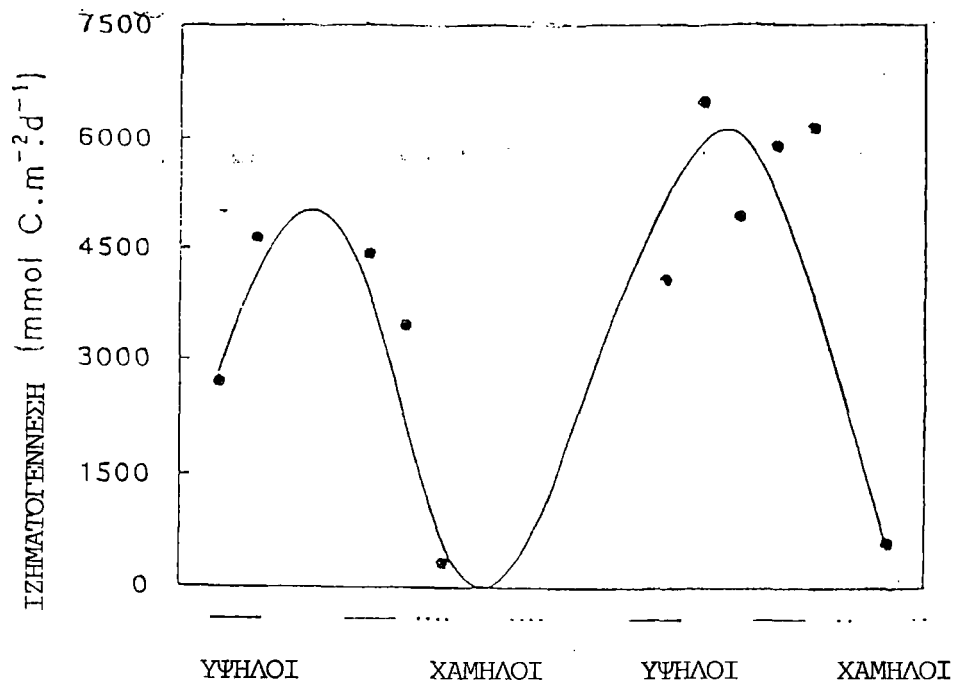
**ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1**  
**ΕΙΚΟΝΕΣ**



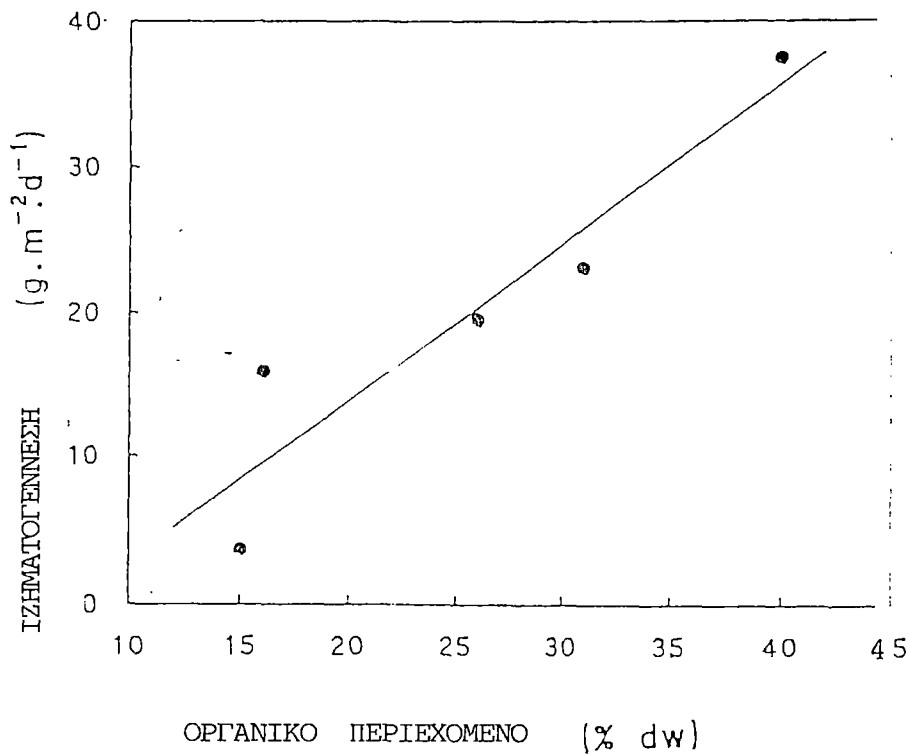
Εικ. 1. Εικονογράφηση ιδιοτήτων σε δύο διαφορετικές περιοχές. Επάνω : με μεγάλο ρυθμό εναλλαγής νερού και μεγάλη δράση κυμάτων. Κάτω: μικρή εναλλαγή νερού και ελάχιστη δράση κυμάτων στα βενθικά ιζήματα (HaKanson et al., 1988)



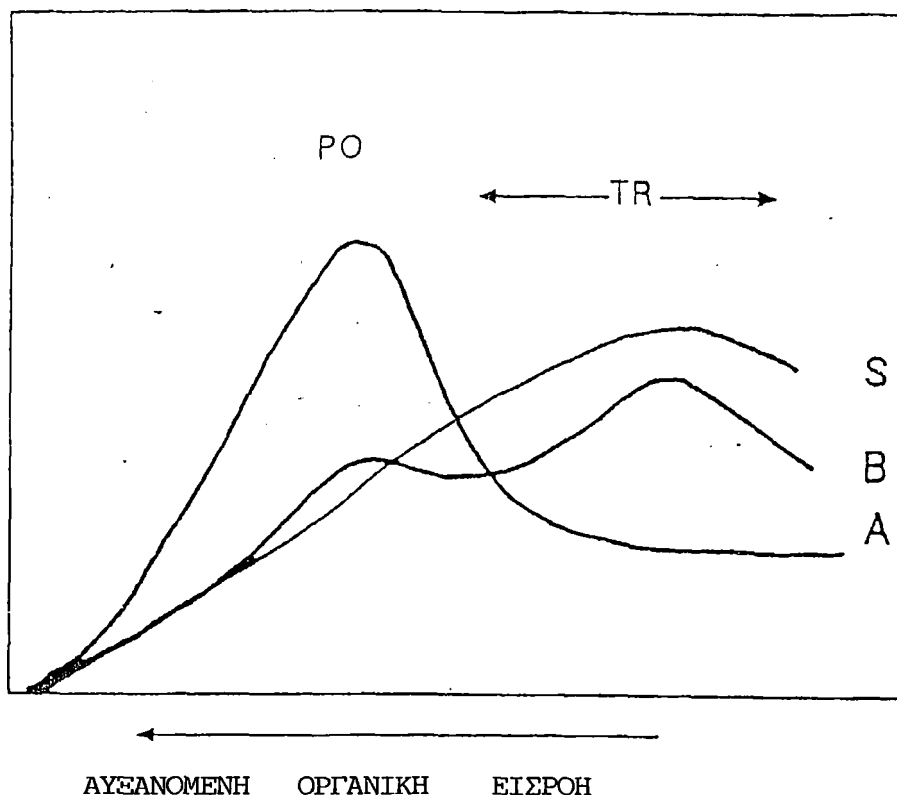
ΕΙΚΟΝΑ 2: ΤΟ ΧΡΟΝΙΚΟ ΥΠΟΔΕΙΓΜΑ ΣΤΟΥΣ ΡΥΘΜΟΥΣ ΙΖΗΜΑΤΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΕ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑ , ΜΕ ΕΤΗΣΙΑ ΠΑΡΑΓΩΓΗ 10 ΤΟΝΝΩΝ ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ. ΟΙ ΥΨΗΛΟΙ ΚΑΙ ΧΑΜΗΛΟΙ ΡΥΘΜΟΙ ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ ΦΑΙΝΟΝΤΑΙ ΣΤΟΝ ΑΞΟΝΑ ΤΗΣ ΤΕΤΜΗΜΕΝΗΣ. Η ΚΑΜΠΥΛΗ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕ ΤΟ ΜΑΤΙ. (Hall et al ., 1990)

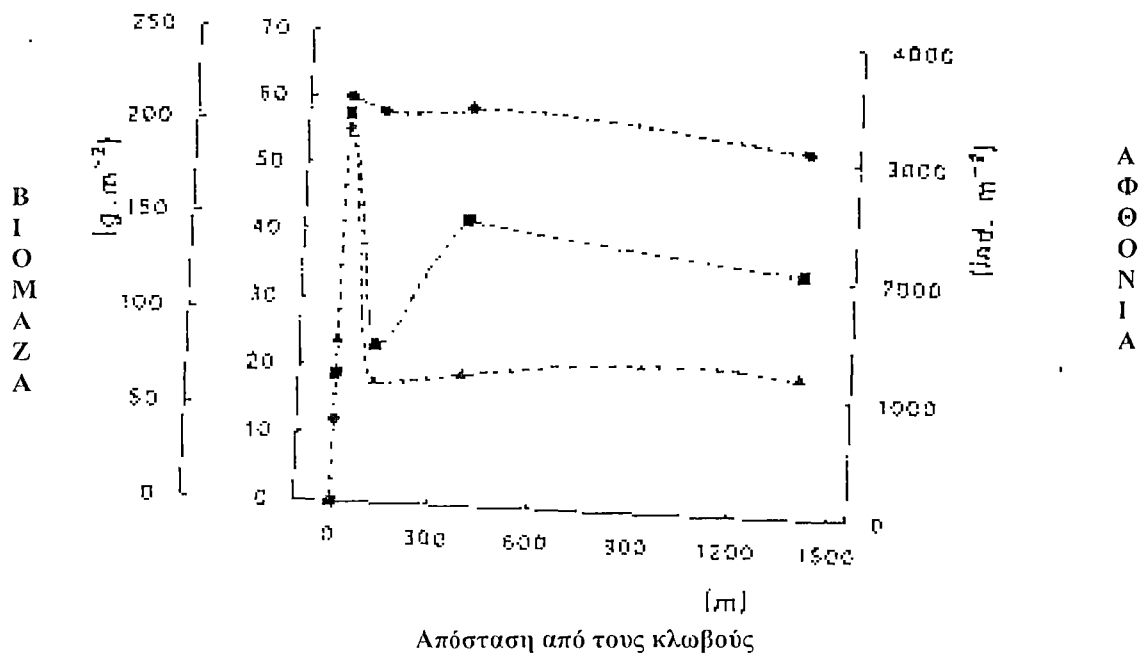


**ΕΙΚΟΝΑ 3: ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΟΡΓΑΝΙΚΟΥ ΣΕ ΙΖΗΜΑ ΑΚΡΙΒΩΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΚΛΩΒΟΥΣ ΜΕ ΔΙΧΤΥΑ ΣΕ ΠΕΝΤΕ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΡΥΘΜΟΙ ΦΘΙΝΟΠΩΡΙΝΗΣ ΙΖΗΜΑΤΟΓΕΝΕΣΗΣ .(Hansen et al., 1990)**



ΕΙΚΟΝΑ 4: ΣΧΗΜΑΤΙΚΗ ΑΝΑΠΑΡΑΣΤΑΣΗ ΤΩΝ ΑΛΛΑΓΩΝ ΣΤΟΝ ΑΡΙΘΜΟ ΕΙΔΩΝ ΠΑΝΙΔΑΣ , ΑΦΘΟΝΙΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΜΑΖΑΣ ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΟΡΓΑΝΙΚΗΣ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΣΤΟ ΙΖΗΜΑ .ΤΟ ΡΟ ΔΕΙΧΝΕΙ ΤΟ ΣΗΜΕΙΟ ΚΑΙΡΟΣΚΟΠΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟ TR ΤΗ ΜΕΤΑΒΑΤΙΚΗ ΖΩΝΗ.(Pearson and Rosenberg , 1978)

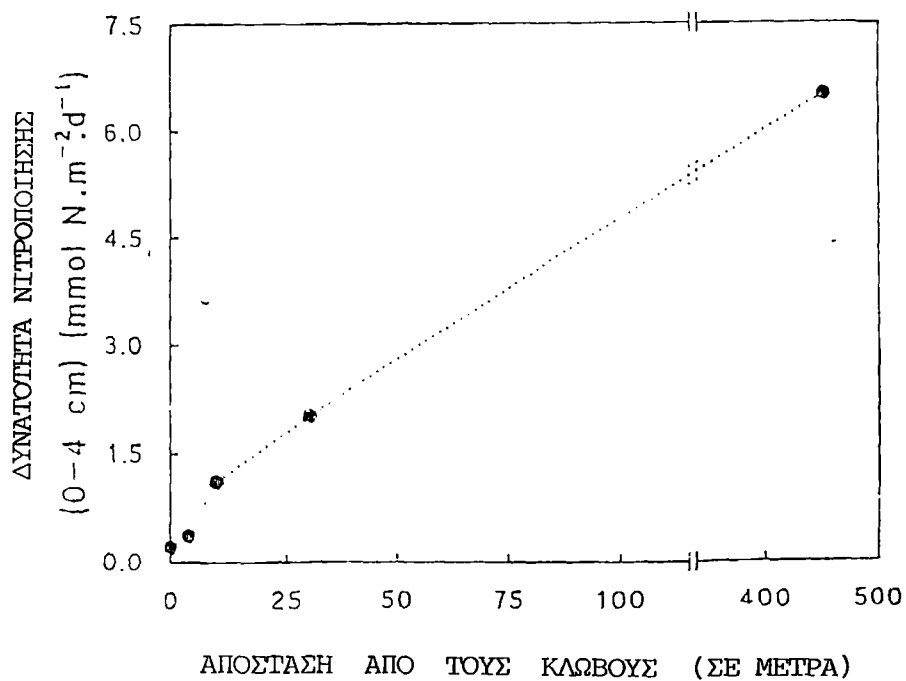


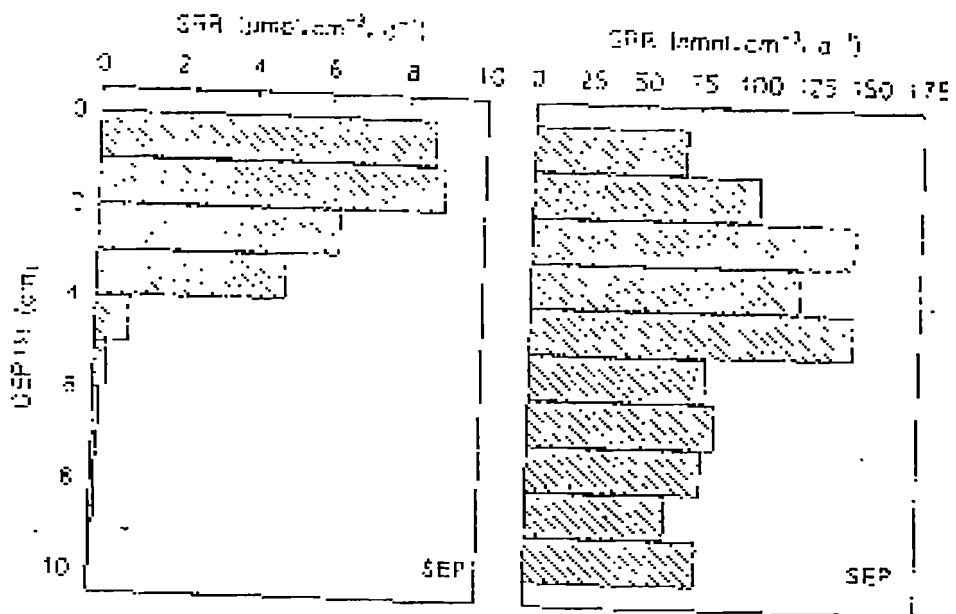


Εικ. 5: Καμπύλη - S AB σε καλλιέργεια με ετήσια παραγωγή 35 τόνων σολομού και ρυθμό διατροφής που φτάνει τα 142 kg.d<sup>-1</sup>.

- Είδη
  - ▲ Αφθονία
  - Βιομάζα
- (Brown et al., 1987)

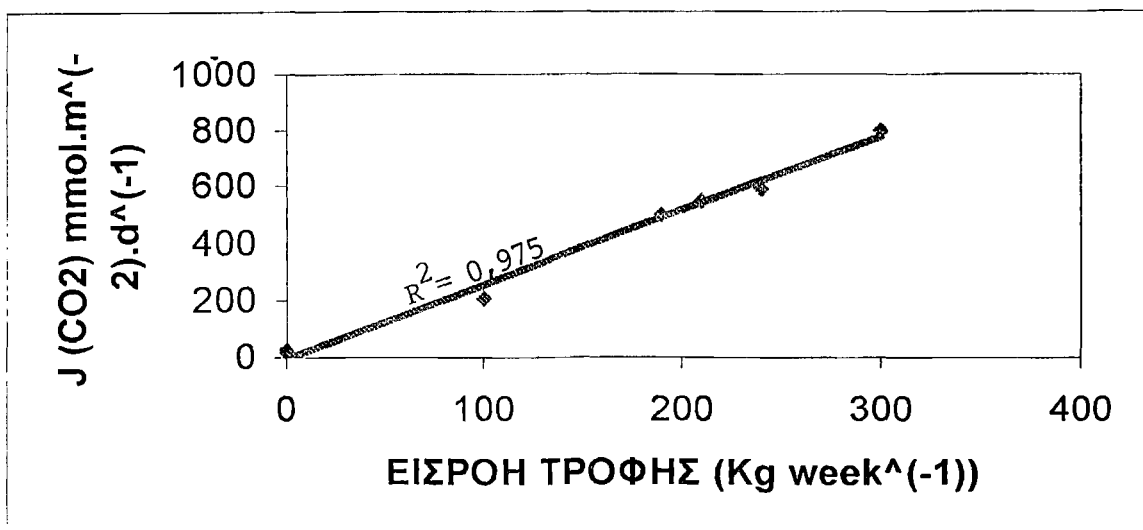
ΕΙΚΟΝΑ 6: ΑΛΛΑΓΕΣ ΣΤΗΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΝΙΤΡΟΠΟΙΗΣΗΣ ΣΕ ΣΤΡΩΜΑ ΙΖΗΜΑΤΟΣ 0 – 4 (cm) ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΚΕΚΛΙΜΕΝΟΥ ΤΜΗΜΑΤΟΣ ΜΙΑΣ ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΑΣ. [ΠΑΡΑΓΩΓΗ 44Kg ΠΕΣΤΡΟΦΑΣ (ΖΩΝΤΑΝΟ ΒΑΡΟΣ) / m<sup>2</sup> ] ΣΕ ΒΑΘΟΣ 13 m. (Kaspar et al., 1988)





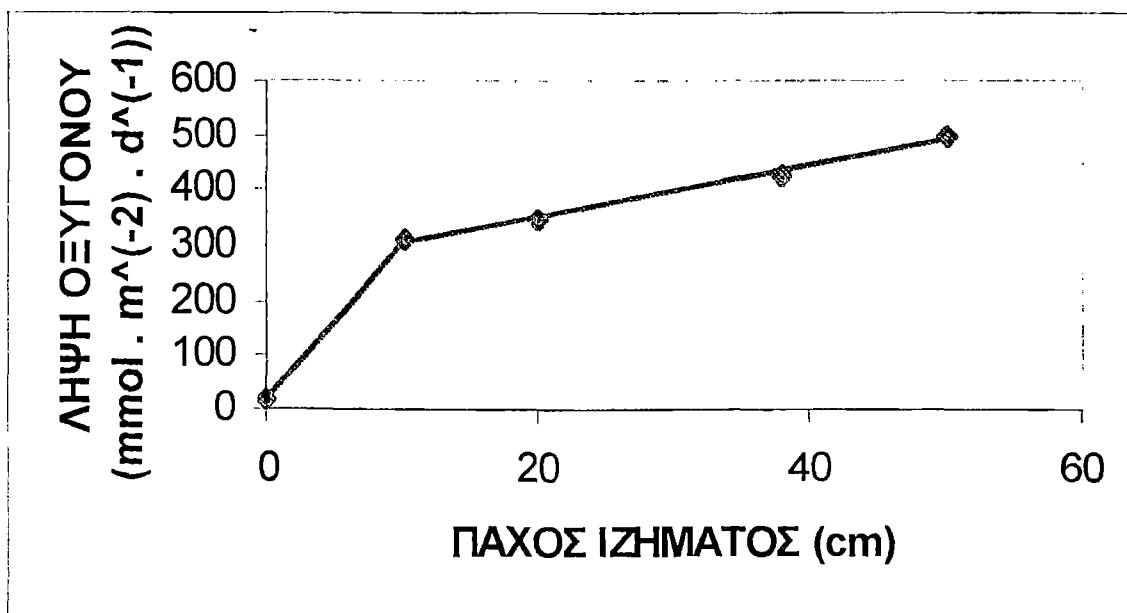
**Εικ. 7.** Η κατανομή βάθους των ρυθμών μείωσης θειικού οξέος (SRR), (μετρημένο με τη μέθοδο μείωσης χρωμίου) σε ίζημα ιχθυοκαλλιέργειας (αριστερά), και σε σημείο ελέγχου (δεξιά) κατά την μέγιστη παραγωγή ψαριών. Προσέξτε την διαφορά στις κλίμακες SRR. (Holmer 1990)

**ΕΙΚΟΝΑ 8:** ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΕΒΔΟΜΑΔΙΑΙΑΣ ΕΙΣΡΟΗΣ ΤΡΟΦΗΣ ΚΑΙ ΜΕΤΑΒΟΛΙΣΜΟΥ ΤΟΥ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΠΟΥ ΜΕΤΡΗΘΗΚΕ ΩΣ ΠΑΡΑΓΩΓΗ  $-CO_2$  ΚΑΤΑ ΜΗΚΟΣ ΤΗΣ ΚΟΙΝΗΣ ΕΠΙΦΑΝΕΙΑΣ ΙΖΗΜΑΤΟΣ ΝΕΡΟΥ. ΠΑΡΟΥΣΙΑΖΕΤΑΙ Η ΓΡΑΜΜΗ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΗΣΗΣ ΚΑΙ Ο ΣΥΝΤΕΛΕΣΤΗΣ ΣΥΣΧΕΤΙΣΗΣ (Holmer and Kristensen, sybm.)

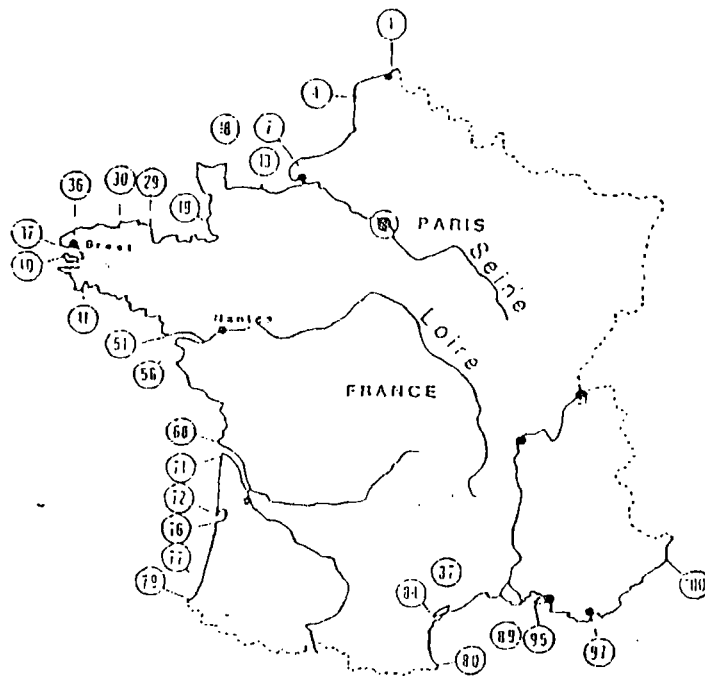




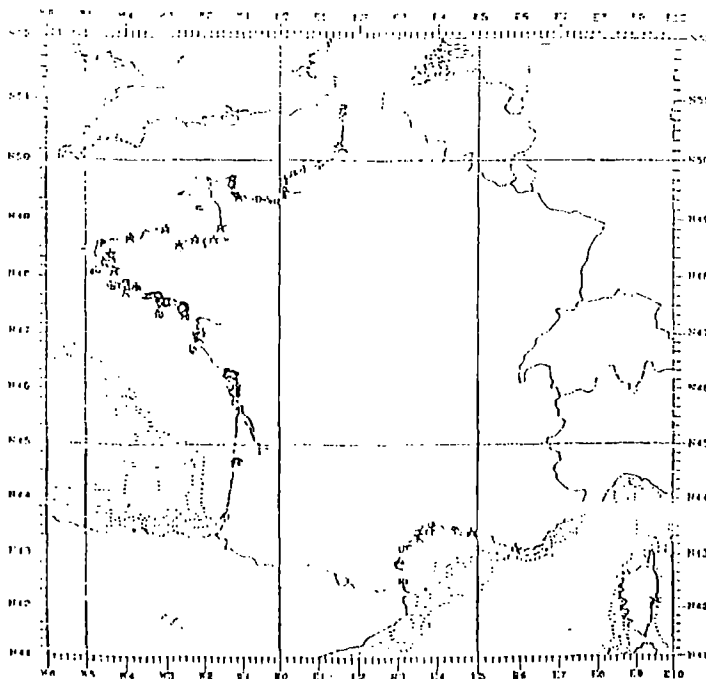
**ΕΙΚΟΝΑ 9:** ΣΧΕΣΗ ΜΕΤΑΞΥ ΠΑΧΟΥΣ ΤΟΥ ΣΥΣΣΩΡΕΥΜΕΝΟΥ ΣΤΡΩΜΑΤΟΣ ΑΠΟΒΛΗΤΩΝ ΣΕ 6 ΙΧΘΥΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΛΗΨΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΑΚΡΙΒΩΣ ΚΑΤΩ ΑΠΟ ΤΟΥΣ ΚΛΩΒΟΥΣ (ΜΕΤΡΗΜΕΝΑ ΜΕ ΕΠΩΑΣΗ ΙΖΗΜΑΤΟΣ) (Hansen et al., 1990) .



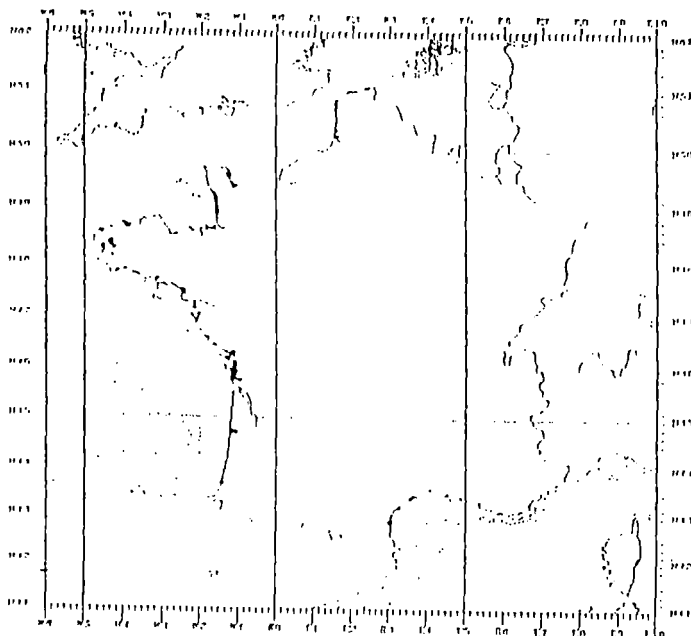
**ΕΙΚΟΝΑ 10: ΤΟΜΕΙΣ ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΑΣ ΖΩΝΤΑΝΩΝ ΟΡΓΑΝΙΣΜΩΝ(ΣΤΡΕΙΔΙΑ , ΜΥΔΙΑ) ΓΙΑ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗ ΔΙΚΤΥΟΥ REMI.**



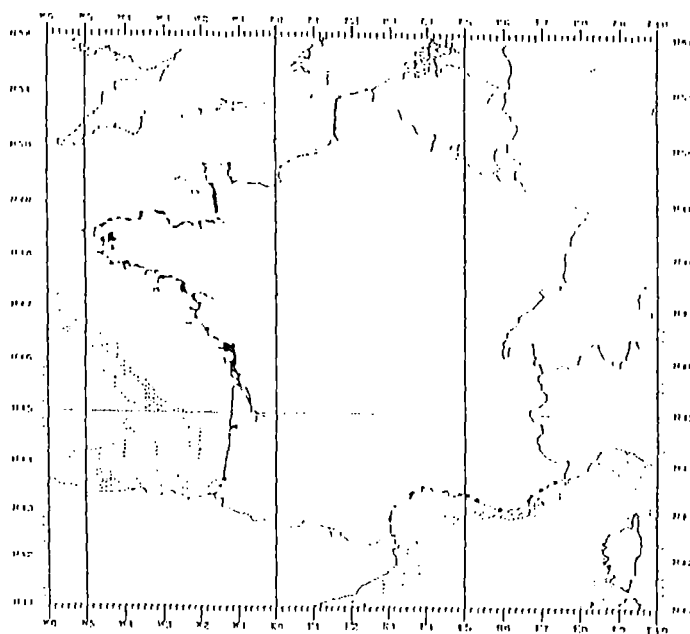
**ΕΙΚΟΝΑ 11: ΔΕΙΓΜΑΤΑ ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗΣ ΚΑΙ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΔΙΚΤΥΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ ΡΕΡΗΥ.**

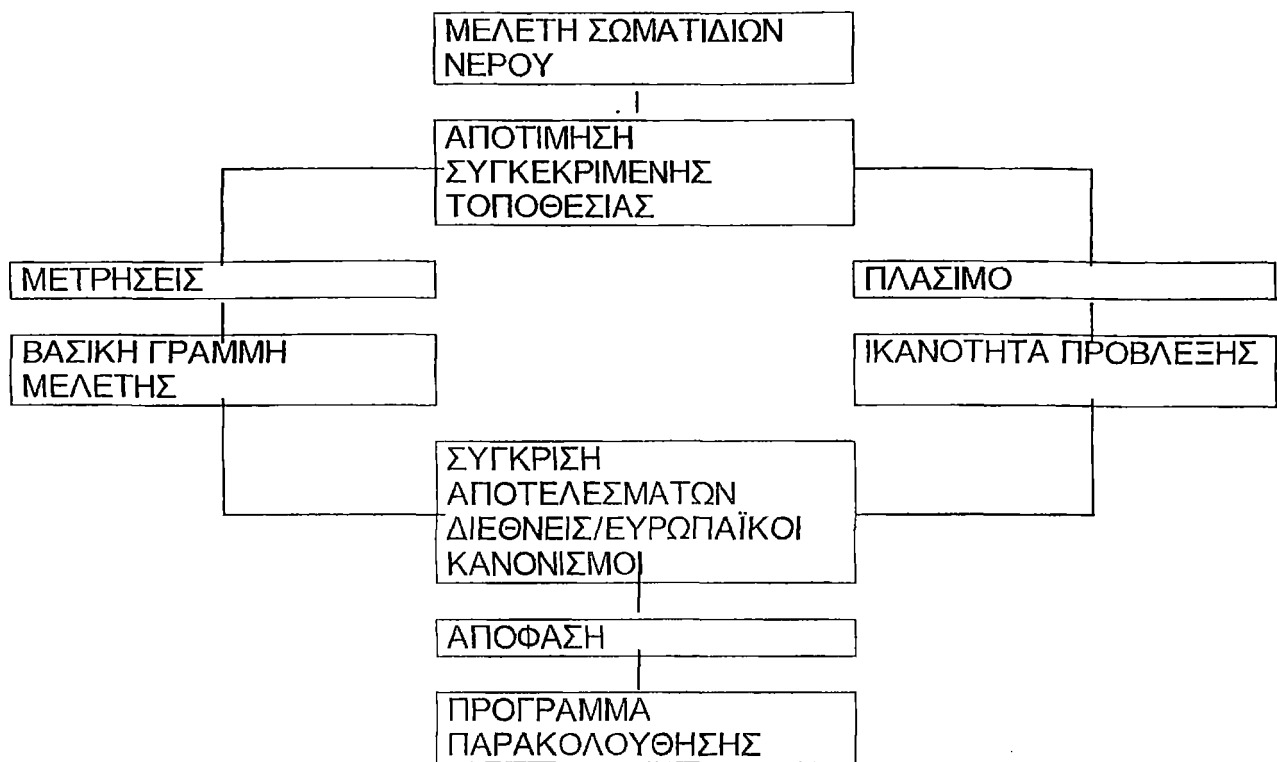


**ΕΙΚΟΝΑ 12: ΣΥΣΤΗΜΑ ΠΡΟΕΙΔΟΠΟΙΗΣΗΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ REMI.**

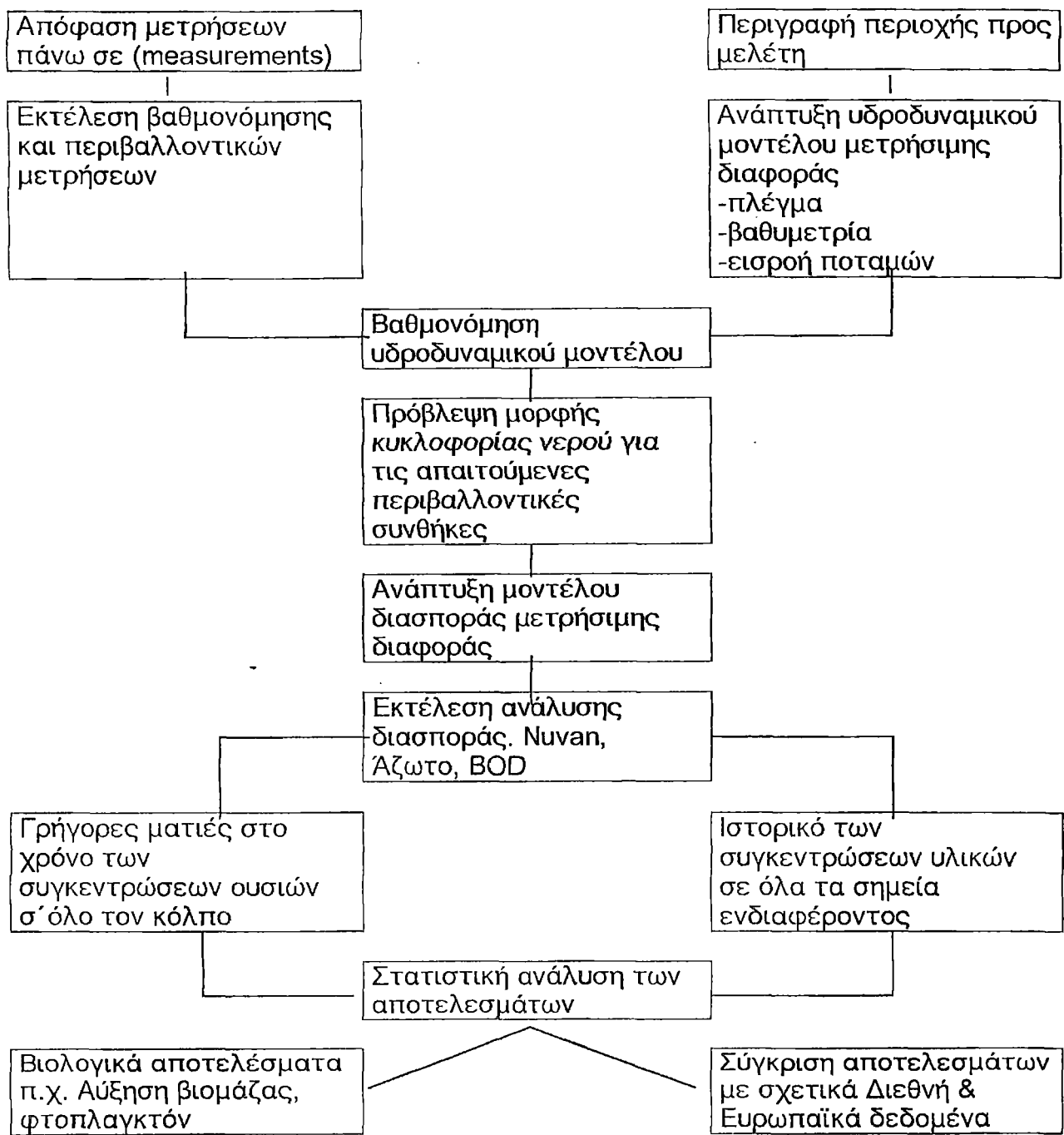


**ΕΙΚΟΝΑ 13: ΚΑΤΑΜΕΤΡΗΣΗ ΡΟΥΤΙΝΑΣ ΓΙΑ ΤΟ ΔΙΚΤΥΟ ΠΑΡΑΚΟΛΟΥΘΗΣΗΣ REMI.**

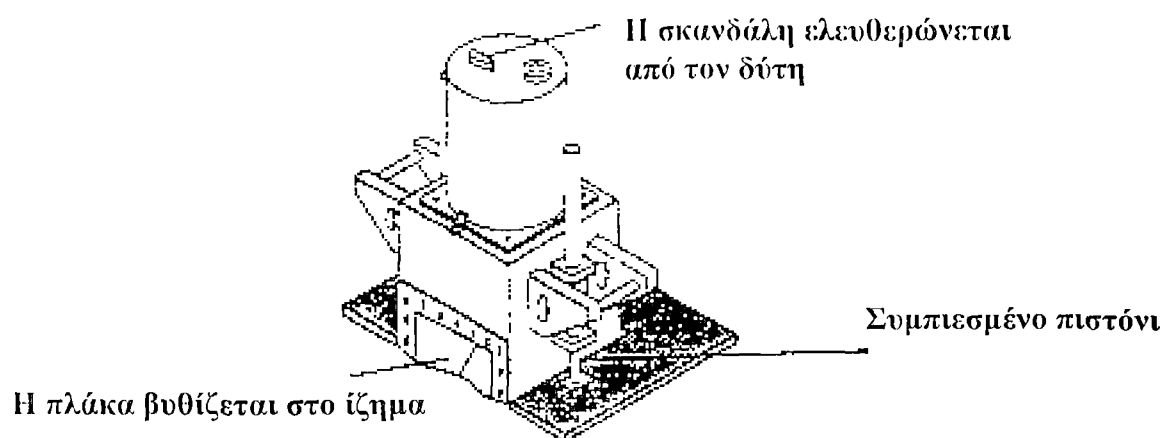
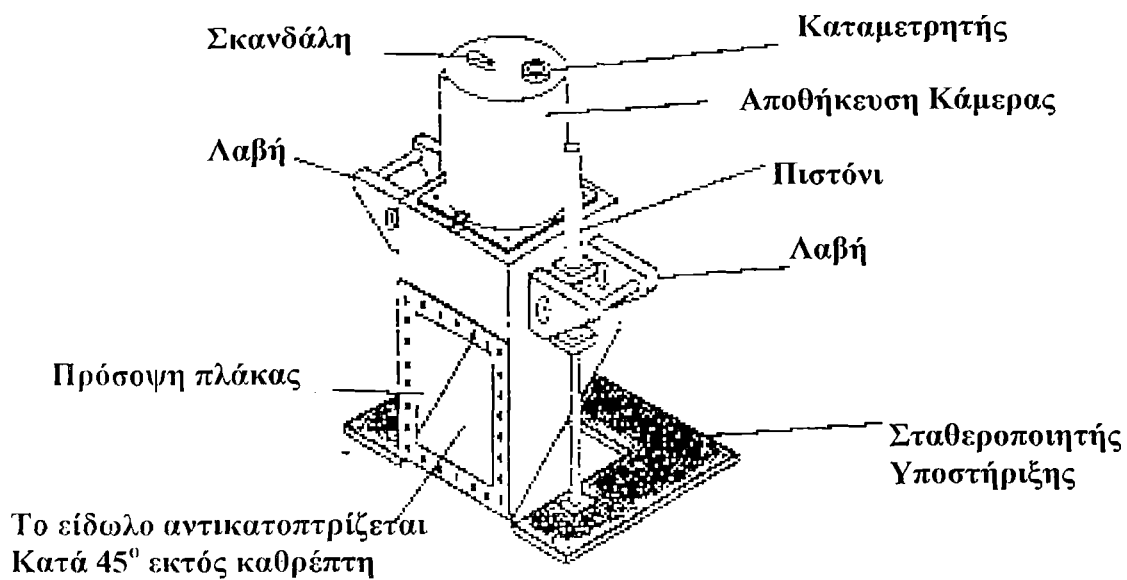




Εικ. 14. Διαγραμματική αναπαράσταση των βημάτων που σχετίζονται με την επιλογή θέσης υδατοκαλιέργειας και τα πρωτόκολλα παρακολούθησης.



Εικ. 15 Διάγραμμα ροής για διεκπεραίωση χαρακτηριστικής παρακολούθησης της ποιότητας νερού μίας ιχθυοκαλλιέργειας.



Εικ. 16. Διάγραμμα Κατατομής κάμερας ιζήματος που την χειρίζεται δύτης

# ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

## ΠΙΝΑΚΕΣ

## ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Δεδομένα για την δομή βενθικών κοινοτήτων σε διάφορες θέσεις καλλιέργειας. Κατάλογος Shannon - Wiener (H ή H'), (Sp) κυρίαρχα είδη, (Ab) αφθονία κυρίαρχων ειδών επί της εκατό (%), σε σύνολο αριθμών ατόμων.

SW	Sp	Ab(%)	Αναφορές
-	<i>Chironomidae</i>	73	Leonardsson και Naslund (1983)
3.00 (H)	<i>Prinospio sp.</i>	42	Mattsson και Linden (1984)
0.37(H')	<i>Capitella capitata</i>	= 100	Brown et al., (1987)
5.44 (H)	<i>Capitella capitata</i>	37	Christensen και Horsted (1991)
= 0.30 (H')	<i>Capitella capitata</i>	-	Ye et al., (1991)

## ΠΙΝΑΚΑΣ 2

Λήψη οξυγόνου ιζήματος (SOU), που μετρήθηκε ακριβώς κάτω από τους κλωβούς σε διάφορες καλλιέργειες. Η διακύμανση δείχνει, τις γενικές γραμμές της έρευνας, καθοριστικές για την διακύμανση της λήψης οξυγόνου ιζήματος (SOU).

SOU	Διακύμανση	Αναφορές
(mmol.m. d )		
34 - 41	1 καλ/γεια, εποχιακή ποικιλία	Enell και Lof (1983)
86 - 446	6 καλ/γειες, ετήσια μέσο	Hansen et al.,(1990)
60 - 230	1 καλ/γεια, εποχιακή ποικιλία	Holmer (1990)



### ΠΙΝΑΚΑΣ 3

Παράμετροι που ακολουθούνται από το δίκτυο RNO, για στήλη νερού, ζωντανούς οργανισμούς και ιζήματα.

Συστατικά	Γενικές παράμετροι ποιότητας	Μολύσματα
Νερό	Θερμοκρασία, αλατότητα, pH, οξυγόνο, τροφή, (νιτρικά άλατα, φωσφορικά άλατα), ξεχωριστά σωματίδια, χλωροφύλλη	
Ζωντανοί οργανισμοί	Είδη, μέγεθος, περιεχόμενο νερού, λιπίδια	Μέταλλα: υδράργυρος, κάδμιο, μόλυβδος, χαλκός, ψευδάργυρος
Ίζημα	Οργανικός άνθρακας, απώλεια σε ζέστη	Υδρογονάνθρακες Συστατικά οργανοχλωρίου: λιντάνιο, DDT, πολυχλωριούχα (PCB)

## BIBLIOΓΡΑΦΙΑ

Addison R.F. and J.E. Stewart. 1989. Domoic acid and the eastern Canadian molluscan shellfish industry. *Aquaculture* 77 (2 - 3) : 263 - 269.

Alzieu C. and G. Ravoux. 1989. La conservation de la qualite des milieux littoraux. In: L'homme et les ressources halieutiques: essai sur l' usage d' une ressource renouvelable. Troadec J.P. (Ed.). IFREMER Brest, France. Chapt.12 : 419 - 460.

AOAC (Association of Official Analytical Chemistry).1984. Procedure 18.086 - 18.092. In *Official Methods of Analysis*. 14thEd.

Beaulieu J.L. and J. Menard.1985. Study of the Quebec shellfish toxicity data. p.445 - 450. In: Toxic dinoflagellates. Proceedings Third International Conference on Toxic Dinoflagellates. Anderson D.M., A.W. White, and D.G. Baden (Eds).Elsevier Science Publishing Co., New York. 561p.

Belin C. and J.P. Berthome. 1991. REPHY: the phytoplankton monitoring network in France. International Symposium on Marine Biotoxins, CNEV A, Paris, France, January 30 - 31. (in press).

Berthome J.P. and P. Lassus. 1985. French status of shellfish monitoring with regard to toxic Dinoflagellates contaminations. Coll. Fr.Japon. Oceanogr. Marseille, France, 16 - 21 Sept. 85.2 : 37 - 50.

Bonnieux F., P. Dauce, and P. Rainelli. 1980. Impact socio - economique de la maree noire provenant de l' Amoco - Cadiz. INRA - UVLOE Report+ 100p+annexes.

Cembella A.D. and J.C. Therriault. 1988a. Population dynamics and toxin composition of *Protogonyaulax tamarensis* from the St. Lawrence estuary. p.81 - 84. In: Red tides: biology, environmental science and toxicology. Okaichi T., D.M. Anderson, and T. Nemoto (Eds). New - York, USA. Elsevier Science Publishing Co., Inc.

Cembella A.D. and J.C. Therrault. 1988b. Population dynamics and spatial heterogeneity in the distribution of *Protogonyaulax tamarensis* in an estuarine frontal zone. (in prep.).

Cembella A.D., J. Turgeon, J.C. Therriault, and P. Beland. 1988. Spatial distribution of *Protogonyaulax tamarensis* resting cysts in nearshore sediments along North Coast of the Lower St. Lawrence Estuary. *Journal of Shellfish Research* 7 (4) : 597 - 609.

Claisse D. 1989. Chemical contamination of French coasts: the results of a ten years mussel watch. *Marine Pollution Bulletin* 20 (10) : 523 - 528.

Deslous - Paoli J.M. 1982. Toxicite des elements metalliques dissous pour les larves d' organismes marins: donnees bibliographiques. *Revue des Travaux de l' Institut des Peches Maritimes* 45 (1) : 73 - 83.

Dethlefsen V. 1989. Ecosystems changes in the German Bight as a result of contamination. A review. ICES CM 1989/E : 8, Marine Environmental Quality Committee. 19p.

Engstrom S. and S. Fonselious. 1989. Hypoxia and eutrophication in the Southern Kattegat. ICES CM 1989/E : 24.Sess - R.

Helm M.M., B.T. Hepper, B.E. Spenser, and P.R. Walne. Lagworm mortalities and a bloom of *Gyrodinium aureolum* Hulburt in the eastern Irish sea, autumn 1971. *Journal of the Marine Biological Association of the UK* 54 : 857 - 869.

Heral M., C. Alzieu, and J.M. Deslous - Paoli. 1989. Effects of organotin compounds (TBT) used in antifouling paints on cultures of marine molluscs: a literature study. p.1081 - 1089. In: *Aquaculture - a biotechnology in progress*. Vol.2. De Pauw N., E. Jaspers, H. Ackefors, and N. Wilkins (Eds). European Aquaculture Society, Bredene, Belgium. 1222p.

Heral M. and J.M. Deslous - Paoli. 1991. Oyster culture in European countries in estuarine and marine bivalve mollusc culture. R.W. Menzel (Ed.). CRC Press Inc., Boca Raton Florida. Chapter 13 : 153 - 191.

Heral M., R. Meixner, B. Spenser, G. Walsh, and J. Worms. 1991. Report of the study group on pollution affecting shellfish in aquaculture and natural populations. ICES CM 1991/K : 44. 23p.

Heral M., B.J. Rothschild, and P. Gouletquer. 1990. Decline of oyster production in the Maryland portion of the Chesapeake Bay: causes and perspectives. ICES CM 1990/K : 20, Shellfish Committee. 37p.

ICES. 1988. Report of the working group on environmental impacts of mariculture. CM 1988/F : 32. Mariculture Committee. Ref.: Marine Environmental Quality Committee. Session S. 91p.

ICES. 1989. Report of the working group on environmental impacts of mariculture. CM 1989/F:11. Mariculture Committee. Ref.: Marine Environmental Quality Committee. Theme Session T. 70p.

ICES. 1989. Report of the working group on environmental assessments and monitoring strategies. CM 1989/E:18. Theme Session T. 48p.

ICES. 1989. Report of the working group on harmful effects of algal blooms on mariculture and marine fisheries. CM 1989/F:18. Ref. E, K and L. Session T.

ICES. 1990. Draft cooperative research report on effects of marine aggregate extraction on fisheries. Report of the ICES working group on the effects of marine aggregate extraction on fisheries. CM 1990/E:35, Marine Environmental Quality Committee. 108p.

ICES. 1990. Report of the working group on phytoplankton and the management of their effects. CM 1990/Poll.: 7. Ref. F and L. 49p.

ICES. 1990. Report of the working group on environmental assessments and monitoring strategies. CM 1990/Poll.: 5. Ref. E. 36p.

ICES. 1990. Report of the working group on biological effects of contaminants. CM 1990/Poll.: 4. Ref. E. 97p.

ICES. 1990. Report of the working group on environmental impacts of mariculture. CM 1990/F : 12. Mariculture Committee. Ref.: Marine Environmental Quality Committee. Session T. 69p.

Johnston S.A. 1981. Estuarine dredge and fill activities: a review of impacts. Environmental Management 5 : 427 - 440.

Lassus P. and J.P. Berthome. 1988. Status of 1987 algal blooms in IFREMER. ICES/Annexe III CM 1988/F: 33, a : 5 - 13.

Lindahl O. and R. Rosenberg. 1989. The *Chrysochromulina polypsida* algal bloom along the Swedish west coast 1988. Physico - chemical, biological and impacts studies. Statens Naturvardsverk, Sweden. Rep. 3 602.

Maertens D. 1989. Ecological monitoring of the new dumping area on a Belgium continental shelf. ICES CM 1989 /E: 34. Marine Environmental Quality Committee. Ref.: Biological Oceanography Committee. 27p.

Marcaillou - Le Baut C., D. Lucas, and L. Le Dean. 1985. *Dinophysis acuminata* toxin: status of toxicity bioassays in France. p. 485 - 488 . In: Toxic dinoflagellates. Proceedings Third International Conference on Toxic Dinoflagellates. Anderson D.M., A.W. White, and D.G. Baden (Eds). Elsevier Science Publishing Co., Inc. New York. 561p.

Menesguen A. 1990. Presentation du phenomene d' eutrophisation littorale . In: La mer et le rejets urbains. IFREMER. Actes de Colloques 11 : 35 - 52.

Beveridge M. 1987. Cage aquaculture. Fishing News Books, Oxford. 351p.

Gowen R., N. Bradbury, and J. Brown. 1989. The use of simple models in assessing two of the interactions between fishfarming and the marine environment.p. 1072 - 1080. In: Aquaculture - a biotechnology in progress. De Pauw N., E. Jaspers , H. Ackefors, and N. Wilkins (Eds). European Aquaculture Society, Bredene, Belgium. 1222p.

Gowen R. 1990. An assessment of the impact of fish farming on the water column and sediment ecosystem of Irish coastal waters including a review of current monitoring programmes. Department of the Marine, Leeson Lane, Dublin. 75p.

Hartnett M. and A. Cawley. 1991. Mathematical modelling of the effects of marine aquaculture developments on certain water quality parameters. p 279 - 298. In: Proceedings of the first international conference on water pollution. Southampton. Wrobel L.C. and C.A. Brebbio (Eds). 748p.

Holme N.A. and A.D. McIntyre. 1984. Methods for the study of marine benthos. IBP Handbook, Blackwell Scientific Publications. 382p.

Krieger Y. and S. Muslow. (in press). GIS application in marine benthic resource management. Proceedings of the second national geographic information system conference: GIS for the '90's. Ottawa, Canada.

Laird L. and T. Needham. 1988. Salmon and trout farming. Fishing News Books. Oxford. 271p.

Lumb C. 1989. Self-pollution by Scottish farms; Marine Pollution Bulletin 20 : 375 - 379.

Lumb C. and S. Fowler. 1989. Assessing the benthic impact of fish farming. p.75 - 78. In: Developments in estuarine and coastal study techniques. McManus J. and M. Elliott (Eds). Olsen and Olsen, Denmark. 158p.

Milne P.H. 1979. Selection of sites and design of cages, fish pens and enclosures for aquaculture. In: Advances in aquaculture. Pillay T.V. and W.A. Dill (Eds). Fishing News Books, Farnham, Surrey. 423p.

O'Connor B., J. Costelloe, J. Keegan, and D. Rhoads. 1989. The use of REMOTS technology in monitoring coastal enrichment resulting from mariculture. Marine Pollution Bulletin 20 : 384 - 390.

Pearson T. and R. Rosenberg. 1978. Macrobenthic succession in relation to organic enrichment and pollution of the marine environment. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 16 : 229 - 311.

Pillay T.V.R. 1990. *Aquaculture: principles and practices*. Fishing News Books, Oxford. 243p.

Poxton M.G. and S.B. Allouse. 1982. Water quality criteria for marine fisheries. *Aquacultural Engineering* 1 : 153 - 192.

Rosenthal H., D. Weston, R. Gowen, and E. Black. 1988. Environmental impact of mariculture. ICES, Cooperative Research Report 154.

Sedgewick S.D. 1988. *Salmon farming handbook*. Fishing News Books, Oxford. 207p.

Turrell W.R. and A.L.S. Munro. 1989. Sea cage culture of Atlantic salmon: model study on the fate of soluble wastes. p. 92 - 104. In: *Aquaculture: a review of present experience*. OECD, Paris. 198p.

Bergheim, A., Hasveit, H., Kittlsen, A. and Selmer - Olsen, A.R. (1984). Estimated pollution loadings from Norwegian fish farms. II. Investigations 1980 - 1981. *Aquaculture*, 36 : 157.

Braaten, B., Aure, J., Ervik, A., and Boge, E. (1983). Pollution problems in Norwegian fish farming. ICES, CM: F 26.

Gowen, R.J. and Bradbury, N.B. (1987). The ecological impact of salmonid farming in coastal waters: a review. *Oceanography Marine Biology* 25 : 563.

Iwama, G.K. (1991). Interactions between aquaculture and the environment. *Critical Reviews in Environmental Control*. 21 (2) : 177.

Lillehaug, A. (1990). A field trial of vaccination against Gold - water Vibriosis in Atlantic salmon (*Salmo salar* L.). *Aquaculture* 84 - 1.

Makinen, T., Lindgren, S., and Eskelinen, P. (1988). Sieving as an effluent treatment method for aquaculture / Aquacultural Engineering 7 : 367.

Wiesmann, D., Scheid, H. and Pfeffer E. (1988). Water pollution and phosphorus of dietary origin by intensively fed rainbow trout (*Salmo gairdneri* Richardson). Aquaculture, 69 : 263.