

# ΟΔΗΓΟΣ ΜΕΛΕΤΗΣ ΖΩΟΠΛΑΓΚΤΟΥ

---

Γ. Βερροϊόπουλος  
Τμήμα Βιολογίας ΕΚΠΑ

Αθήνα 2014

*Στην υλοποίηση του οδηγού βοήθησαν οι μεταπτυχιακές φοιτήτριες Βελεγράκη Αικατερίνη, Μιλάτου Νίκη και ιδιαίτερα η Πέτσα Δήμητρα όπως και η συνάδελφος Σιαφάκα Βασιλική. Τις ευχαριστώ θερμά.*

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελίδες
<b>ΕΙΣΑΓΩΓΗ</b>	<b>8</b>
Γιατί μελετάμε το πλαγκτόν	8
Κατηγορίες πλαγκτονικών οργανισμών	8
Ταξινόμηση με βάση το μέγεθος	9
<b>ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΖΩΟΠΛΑΓΚΤΟΥ</b>	<b>10</b>
<b>1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ.</b>	<b>10</b>
1.1. Επιλογή μεθοδολογίας.	10
1.1.1 Ποσοτική δειγματοληψία.	10
1.1.2 Ποιοτική δειγματοληψία	11
1.2. Μικροζωοπλαγκτό.	11
1.2.1 Δειγματοληψία.	11
1.2.2 Διαχωρισμός - συμπύκνωση δειγμάτων.	12
1.3. Δίχτυα πλαγκτού.	13
1.3.1. Τύποι διχτυών.	13
1.3.2.Συλλέκτες.	13
1.3.3.Διηθητική ικανότητα..	13
1.3.4. Μέθοδοι δειγματοληψίας.	14
1.4. Δειγματοληψίες μικρονηκτού, νευστού και επιβενθικών οργανισμών.	16
1.5. Δειγματοληψία ζωντανού ζωοπλαγκτού (εργαστηριακές παρατηρήσεις).	17
<b>2. ΜΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΠΛΑΓΚΤΟΥ.</b>	<b>19</b>
2.1. Συντήρηση.	19
2.1.1. Μικροζωοπλαγκτό.	19
2.1.2. Μεσοζωοπλαγκτό.	19
2.2. Διαφοροποίηση μεγέθους λόγω συντήρησης.	20

2.2.1. Διατήρηση του φυσικού χρώματος των οργανισμών	20
2.3. Δοχεία αποθήκευσης.	20
2.4. Πρωτόκολλο δειγμάτων.	20
<b>3. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΛΑΓΚΤΟΥ</b>	<b>22</b>
3.1. Παρατήρηση ζωντανών οργανισμών.	22
3.1.1. Παρατήρηση στο πεδίο.	22
3.1.2. Παρατήρηση στο εργαστήριο.	23
3.2. Προσδιορισμός των ειδών.	24
3.3. Ανατομία, Χρωματισμός και Μόνιμο παρασκεύασμα.	25
3.4. Τεχνικές χρώσης ζωντανών οργανισμών.	25
3.5. Φωτογράφιση.	25
<b>4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ</b>	<b>26</b>
4.1. Διαίρεση και ταξινόμηση δειγμάτων.	26
4.2. Αρίθμηση οργανισμών.	27
4.3. Βιομάζα.	27
4.3.1. Όγκος ιζήματος "Settled-volume".	27
4.3.2. Νωπό βάρος "Wet weight".	27
4.3.3. Ξηρό βάρος "Dry weight".	27
4.3.4. Οργανική ύλη "Ash-free dry weight".	28
4.4. Μήκος, όγκος και βάρος σώματος.	28
4.5. Χημική σύνθεση.	29
4.5.1. Πρωτεΐνες, Υδατάνθρακες, Λιπίδια.	29
4.5.2. Άνθρακας (C), Άζωτο (N), Υδρογόνο (H) και Φώσφορο (P).	29
4.6. R.N.A, D.N.A και ATP.	30
4.7. Θερμιδομετρία.	30
<b>5. ΕΚΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ</b>	<b>31</b>
5.1. Σκοπός - στόχοι εκτροφής.	31

5.1.1. Υλικό και μέτρα υγιεινής.	31
5.1.2. Εγκαταστάσεις, βιοχώρος, συνθήκες λειτουργίας.	32
5.2. Προϋποθέσεις εκτροφής.	32
5.2.1. Ποιότητα νερού.	32
5.2.2. Θερμοκρασία και αλατότητα.	33
5.2.3. pH και οξυγόνο.	34
5.2.4. Φως.	34
5.2.5. Τροφή.	34
5.3 Τεχνικές εκτροφής.	34
<b>6. ΔΙΑΤΡΟΦΗ.</b>	<b>42</b>
6.1. Τρόποι διατροφής.	42
6.2. Μονάδες εκτίμησης του ρυθμού διατροφής.	43
6.3. Μέθοδοι εκτίμησης διατροφής.	43
6.3.1. Μέθοδος ισολογισμού.	43
6.3.2. Χρήση ιχνοστοιχείων.	44
6.3.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό διατροφής.	44
6.3.4. Μετατροπή του ρυθμού διατροφής σε μονάδες άνθρακα (C), ή μονάδες ενέργειας (θερμίδες).	46
6.4. Εκτίμηση του ρυθμού διατροφής στο πεδίο.	47
6.5. Επιλογή - προτίμηση της τροφής.	49
6.6. Αφομοίωση και ρυθμός αύξησης.	50
6.6.1. Ικανότητα αφομοίωσης.	50
6.6.2. Ικανότητα αύξησης.	51
<b>7. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΙ ΕΚΚΡΙΣΕΙΣ</b>	<b>52</b>
7.1. Εκτίμηση του ρυθμού αναπνοής.	52
7.1.1. Χημική μέθοδος (Μέθοδος Winkler).	52
7.1.2. Ηλεκτρόδιο οξυγόνου.	53
7.1.3. Μανόμετρο.	53

7.1.4. Σύστημα συνεχούς ροής.	54
7.2. Συνθήκες που επηρεάζουν το ρυθμό αναπνοής.	55
7.3. Μετατροπή του ρυθμού αναπνοής σε μονάδες άνθρακα (C), ή μονάδες ενέργειας (θερμίδες).	56
7.4. Σχέσεις μεταξύ αναπνοής και εκκρίσεων.	56
7.5. Εκτίμηση εκκρίσεων (ρυθμός).	57
7.6. Συνθήκες που επηρεάζουν τις εκκρίσεις.	58
<b>8. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ.</b>	<b>59</b>
8.1. Ορισμός.	59
8.2. Βιολογικός κύκλος.	59
8.2.1 Αύξηση αποθέματος.	59
8.2.2. Ρυθμός ωτοκίας.	60
8.3. Αύξηση.	60
8.3.1. Ανάλυση μιας cohort (γενιάς).	61
8.3.2. Μέθοδος σύγχρονης αύξησης (Instar Analysis).	62
8.4. Εκτίμηση θνησιμότητας.	63
8.5. Εκτίμηση παραγωγής.	64
8.5.1 Δυναμική πληθυσμού (απόθεμα) στο πεδίο.	64
8.5.2. Δυναμική στο εργαστήριο.	65
<b>8.6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>68</b>
<b>9. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΠΛΑΓΚΤΟΝΙΚΩΝ ΒΙΟΚΟΙΝΩΝΙΩΝ</b>	<b>71</b>
9.1. Αξιοπιστία δειγματοληψιών και κατανομή πλαγκτού.	71
9.2. Μικροκατανομή Ζωοπλαγκτού.	73
9.3. Διαχρονικές διαφοροποιήσεις του Ζωοπλαγκτού.	75
9.3.1. Εποχικές διαφοροποιήσεις.	75
9.3.2. Εποχικές διαφοροποιήσεις του Μεροπλαγκτού.	75
9.3.3. Εποχική διαφοροποίηση των Ολοπλαγκτονικών οργανισμών.	76

9.3.4. Γενικές εποχικές διαφοροποιήσεις.	77
9.3.5. Ετήσιες διακυμάνσεις.	80
9.4. Κατανομή στο χώρο.	81
9.5. Κάθετη κατανομή και νυχθήμερες μεταναστεύσεις.	83
9.5.1. Η κάθετη κατανομή.	83
9.6. Ιδιότητες των νυχθήμερων μεταναστεύσεων.	85
9.7. Καθορισμός των νυχθήμερων μεταναστεύσεων.	87
9.8. Οικολογικές επιπτώσεις των νυχθημερών μεταναστεύσεων.	89
9.9. Κάθετες μεταναστεύσεις και στρώματα σκεδασμού ηχητικών κυμάτων.	90
<b>10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>91</b>
<b>11. ΑΝΑΒΛΥΣΕΙΣ - ΤΡΟΦΙΚΑ ΠΛΕΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΑΓΚΤΟΝ.</b>	<b>93</b>
11.1. Σχέσεις με τη βενθική πανίδα.	95
<b>12. ΤΟ ΠΛΑΓΚΤΟ ΚΑΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ</b>	<b>97</b>
12.1. Οι θρεπτικές ιδιότητες των πλαγκτονικών οργανισμών.	97
12.2. Το πλαγκτόν και οι ερυθρές παλίρροιες.	97
12.2.1. Οι οργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τις ερυθρές παλίρροιες.	98
12.2.2. Η αντίδραση των οργανισμών στις ερυθρές παλίρροιες.	98
12.2.3. Επιπτώσεις στον άνθρωπο.	99
12.2.4. Τοξικοί για τον άνθρωπο πλαγκτονικοί οργανισμοί.	99
12.3. Ρύπανση και Πλαγκτόν.	100
12.3.1. Πετρέλαιο και παράγωγα.	100
12.3.2. Γενική και αστική ρύπανση.	100
<b>13. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ</b>	<b>102</b>

## ΕΙΣΑΓΩΓΗ

### Γιατί μελετάμε το πλαγκτόν

- Στηρίζει τη θαλάσσια τροφική πυραμίδα.
- Η 1<sup>η</sup> και η 2<sup>η</sup> τροφική βαθμίδα καλύπτονται από το πλαγκτόν.
- Η πρωτογενής θαλάσσια παραγωγικότητα κατά 95% οφείλεται στο φυτοπλαγκτόν και τα αυτότροφα βακτήρια.
- Υπολογίζοντας την πρωτογενή παραγωγικότητα, (σε παγκόσμια κλίμακα) μπορούμε να εκτιμήσουμε την παραγωγή ψαριών.
- Το μεταζωοπλαγκτόν αποτελεί την κύρια τροφή των περισσότερων προνυμφών των ψαριών, των πλαγκτονοφάγων ψαριών και των φαλαινών.
- Τα μεγαλύτερα αλιευτικά πεδία του πλανήτη είναι περιοχές πλούσιες σε πλαγκτόν.
- Με την φωτοσύνθεση το φυτοπλαγκτόν παράγει O<sub>2</sub> και προσλαμβάνει CO<sub>2</sub> που οι μεγάλες του ποσότητες σχετίζονται με το φαινόμενο του θερμοκηπίου.

### Κατηγορίες πλαγκτονικών οργανισμών

- Το Φυτοπλαγκτόν περιλαμβάνει (κυρίως μονοκύτταρους) οργανισμούς ο οποίοι φωτοσυνθέτουν.
- Το Βακτηριοπλαγκτόν περιλαμβάνει αυτότροφα και ετερότροφα Βακτήρια.
- Το Ζωοπλαγκτόν περιλαμβάνει ζωικούς φυτοφάγους, σαρκοφάγους και παμφάγους οργανισμούς.
- Ο όρος Ολοπλαγκτόν καλύπτει τους οργανισμούς που περνούν όλη τους την ζωή στο πλαγκτόν, σε αντίθεση με το Μεροπλαγκτόν στο οποίο ανήκουν εκείνοι που περνούν ένα μέρος της ζωής τους στο πλαγκτόν.
- Το φυτοπλαγκτόν και τα αυτότροφα βακτήρια αποτελούν την βάση της τροφικής πυραμίδας στη θάλασσα (παραγωγοί).
- Το ζωοπλαγκτόν και τα ετερότροφα Βακτήρια είναι (καταναλωτές) και υποστηρίζουν ανώτερες τροφικές βαθμίδες.
- Στο μεροπλαγκτόν ανήκουν τα αυγά και οι προνύμφες πολλών οργανισμών του νηκτού (πχ. Ψάρια) και του βένθους (πχ. Εχινόδερμα, Μαλάκια, Καρκινοειδή, κλπ).



### Ταξινόμηση με βάση το μέγεθος

	Τάξη μεγέθους	Ταξινομική ομάδα
<b>Φεμπτοπλαγκτόν</b>	0,02 – 0,2 $\mu\text{m}$ ( $10^{-7}$ m)	Ιοπλαγκτόν (Ιοί)
<b>Πικοπλαγκτόν</b>	0,2 – 2,0 $\mu\text{m}$ ( $10^{-6}$ m)	Βακτηριοπλαγκτόν (Βακτήρια)
<b>Νανοπλαγκτόν</b>	2,0 – 20 $\mu\text{m}$ ( $10^{-5}$ m)	Μυκοπλαγκτόν (Μύκητες) Φυτοπλαγκτόν (Φυτά) Πρωτοζωοπλαγκτόν (Πρωτόζωα)
<b>Μικροπλαγκτόν</b>	20 – 200 $\mu\text{m}$ ( $10^{-4-3}$ m)	Φυτοπλαγκτόν Πρωτοζωοπλαγκτόν Μεταζωοπλαγκτόν (Μετάζωα)
<b>Μεσοπλαγκτόν</b>	0,2 – 200 mm ( $10^{-2}$ m)	Φυτοπλαγκτόν Πρωτοζωοπλαγκτόν Μεταζωοπλαγκτόν
<b>Μακροπλαγκτόν</b>	2 – 20 cm ( $10^{-1}$ m)	Μεταζωοπλαγκτόν
<b>Μεγαπλαγκτόν</b>	20 – 200 cm ( $10^0$ m)	Μεταζωοπλαγκτόν

## ΜΕΘΟΔΟΙ ΜΕΛΕΤΗΣ ΖΩΟΠΛΑΓΚΤΟΥ

### 1. ΔΕΙΓΜΑΤΟΛΗΨΙΕΣ.

#### 1.1. Επιλογή μεθοδολογίας.

Οι απαραίτητες προϋποθέσεις για μία σωστή μελέτη πλαγκτού είναι:

α) Αυστηρός καθορισμός των στόχων της μελέτης σύμφωνα με τα ακόλουθα .

\* Προσδιορισμός του αντικειμενικού σκοπού και των παραγόντων που τον επηρεάζουν.

\* Αναλυτικός καθορισμός της μεθοδολογίας που θα χρησιμοποιηθεί.

\* Η σαφήνεια και η ακρίβεια των μετρήσεων-παρατηρήσεων που απαιτούνται για την επίτευξη του στόχου.

β) Καθορισμός του υπό μελέτη πληθυσμού σύμφωνα με τα ακόλουθα:

\* Καθορισμός των μονάδων εκτίμησης των δειγμάτων.

\* Οριοθέτηση του σκελετού των δειγματοληψιών.

\* Επιλογή των στατιστικών μεθόδων για την ανάλυση των δεδομένων.

#### 1.1.1. Ποσοτική δειγματοληψία.

Για την ορθή ποσοτική δειγματοληψία ζωοπλαγκτού είναι απαραίτητα τα ακόλουθα:

\* Η βασική γνώση της υπό μελέτη περιοχής.

Πρέπει να συλλεγεί δείγμα από αρκετά σημεία και βάθη για να πιστοποιηθεί η σύνθεση και η ποικιλία των οργανισμών. Είναι απαραίτητο παράλληλα με τα δείγματα των οργανισμών να πραγματοποιούνται μετρήσεις των φυσικοχημικών παραμέτρων που κυριαρχούν σε κάθε σημείο-περιοχή δειγματοληψίας.

\* Η διερεύνηση της μεθόδου δειγματοληψίας.

Είναι απαραίτητη η εκτέλεση δειγματοληψιών με διαφορετικούς τύπους δειγματοληψιών, ώστε να πιστοποιηθεί η αποδοτικότερη μέθοδος σε συνδυασμό με τους υπάρχοντες οργανισμούς. Πολλές φορές είναι αναγκαία η χρήση πολλών τύπων δειγματολήπτη.

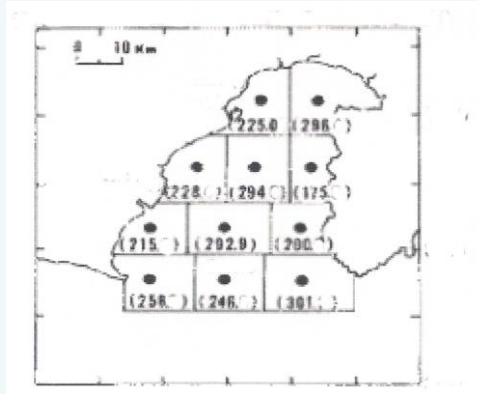
\* Για την εποχιακή ή γεωγραφική κατανομή του πλαγκτού απαιτούνται επαναλήψεις των δειγματοληψιών την ίδια χρονική περίοδο στο συγκεκριμένο σταθμό.

\* Η υπό μελέτη περιοχή πρέπει να χωριστεί σε αρκετά τμήματα. Η κατανομή των τμημάτων και το μέγεθος των περιοχών επηρεάζεται από τους παράγοντες εκείνους που μπορούν να προκαλέσουν διαφοροποίηση στη σύνθεση του ζωοπλαγκτού. Ο χωρισμός της περιοχής καλό είναι να πραγματοποιείται με τετράγωνα, ή παραλληλόγραμμα, όπως στο Σχήμα 1. Αντιπροσωπευτικά δείγματα συλλέγονται από κάθε τμήμα.

\* Όταν η υπό εξέταση περιοχή είναι χωρισμένη σε (m) τμήματα, ο πληθυσμός του συνόλου της περιοχής εκφράζεται με την εξίσωση:

$$N = \sum_{j=1}^m N_j W_j$$

Όπου: (N) η αφθονία του ζωοπλαγκτού στο σύνολο της εξεταζόμενης περιοχής, (N<sub>j</sub>) ο μέσος όρος της βιομάζας, ή ο αριθμός των ατόμων ανά μονάδα επιφάνειας, ή ο όγκος σε ένα σταθμό στο (j) τμήμα και (W<sub>j</sub>) η επιφάνεια του τμήματος (j).



**Σχήμα 1.** Παράδειγμα κατανομής σταθμών δειγματοληψιών σε έναν θαλάσσιο κόλπο. Οι τιμές σε παρένθεση εκφράζουν την έκταση της περιοχής σε Km<sup>2</sup>.

\* Η στρατηγική των δειγματοληψιών μπορεί να τροποποιηθεί εάν είναι αναγκαίο, αλλά βάσει σχεδίου και σύμφωνα με τα υπάρχοντα αποτελέσματα.

Η μελέτη των ετήσιων κύκλων για αρκετά χρόνια σε συγκεκριμένη περιοχή παρουσιάζει σημαντικές διακυμάνσεις μεταξύ των διαδοχικών ετήσιων κύκλων. Για την πραγματοποίηση συγκρίσεων μεταξύ των ετών, τα δείγματα πρέπει να αναφέρονται σε συγκεκριμένο πληθυσμό και με συχνότητα, τουλάχιστον μια δειγματοληψία ανά μήνα για 3 ή 4 χρόνια. Αν στόχος είναι η εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης, ή της θνησιμότητας συγκεκριμένων ειδών, ο αριθμός των δειγματοληψιών εξαρτάται από την αναπαραγωγική περίοδο των υπό μελέτη ειδών και τη διάρκεια του βιολογικού τους κύκλου. Αυτές οι δειγματοληψίες πρέπει να είναι συχνές για να μην περάσει απαρατήρητη η παραγωγή των αυγών και η ανάπτυξη των γενεών. Στην Ιαπωνία για παράδειγμα, η αναπαραγωγή των Κλαδοκεραιωτών και των Κωπηπόδων που ζούν στα παράκτια νερά, καλύπτει τους μήνες από Απρίλιο έως Οκτώβριο, όπου η διάρκεια ζωής κάθε ατόμου κυμαίνεται μεταξύ 20 και 50 ημερών για να προσδιορισθούν ποσοτικά οι διακυμάνσεις στην πληθώρα αυτών των οργανισμών, οι δειγματοληψίες πραγματοποιούνται τουλάχιστον μία με δύο φορές την εβδομάδα κατά την διάρκεια αυτών των μηνών.

### 1.1.2. Ποιοτική δειγματοληψία.

Για τη μελέτη της ποικιλότητας των ειδών, τις κατανομές ή τις εποχιακές διακυμάνσεις, είναι απαραίτητες μερικές προκαταρκτικές παρατηρήσεις για τον προσδιορισμό των περιοχών όπου εντοπίζονται οι υπό μελέτη οργανισμοί. Συνήθως, ο προσδιορισμός των σταθμών γίνεται με βάση κάποιες ετήσιες δειγματοληψίες και σε περιοχές όπου γνωρίζουμε καλά την διακύμανση των περιβαλλοντικών παραμέτρων. Όταν θέλουμε να συλλέξουμε το μεγαλύτερο μέρος των ειδών καθώς και τα στάδια ανάπτυξης, είναι αναγκαία η χρήση ποικιλίας δειγματοληψιών.

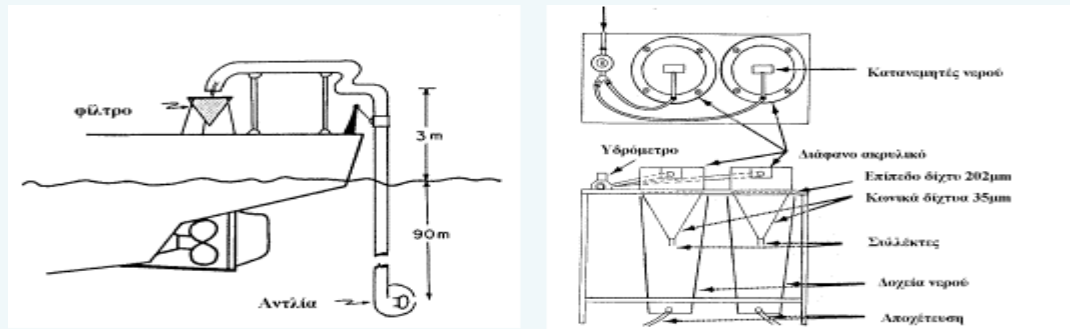
## 1.2. Μικροζωοπλαγκτό.

### 1.2.1 Δειγματοληψία.

Η συλλογή με δίκτυο είναι δυνατή, αλλά παρατηρούνται προβλήματα διήθησης γι' αυτό η συλλογή πραγματοποιείται με φιάλες ή με αντλίες.

α) *Δειγματοληψία με φιάλες.* Η ποσότητα του νερού που απαιτείται για τη μελέτη του μικροζωοπλαγκτού είναι ανάλογη με την πυκνότητά του μέσα στη θάλασσα (από 1 ως 50 lit).

β) *Δειγματοληψία με αντλίες.* Με τη βοήθεια αντλίας μπορούμε να συλλέξουμε μικροζωοπλαγκτό από οποιοδήποτε βάθος. Και με αυτή τη μέθοδο είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε τον όγκο του νερού που διηθήσαμε. Χρησιμοποιώντας αντλία έχουμε την δυνατότητα ελέγχου των φυσικοχημικών παραμέτρων στο ίδιο νερό που υπάρχουν και οι οργανισμοί. Τα συστήματα αντλιών όμως δεν είναι ελαφρά και εύκολα στη χρήση τους. Απαιτούνται μεγάλα πλωτά μέσα και με τις περισσότερες αντλίες δεν μπορούμε να πάρουμε δείγμα βαθύτερα από 100 μέτρα. Επίσης οι εύθραυστοι οργανισμοί καταστρέφονται εξαιτίας της υψηλής πίεσης. Αντίθετα με τις αντλίες μπορούμε να μελετήσουμε σωστότερα την μικροκατανομή των οργανισμών μέσα στο χώρο και ιδιαίτερα στα ρηχά νερά που η χρήση δικτυού είναι περιορισμένη.



Σχήμα 2. Αναπαράσταση άντλησης πλαγκτού. Συσκευή διαχωρισμού μικροζωοπλαγκτού.

### 1.2.2. Διαχωρισμός - συμπύκνωση δειγμάτων.

#### α) Διήθηση με γάζα.

Πρώτα χωρίζουμε το μέσο από το μικροζωοπλαγκτό με τη βοήθεια διαφράγματος το οποίο έχει άνοιγμα ματιού 200  $\mu\text{m}$ . Μετά τον διαχωρισμό το μικροζωοπλαγκτό συγκεντρώνεται σε όγκο μικρότερο των 200 ml. Η συγκέντρωση επιτυγχάνεται με μικρά κωνικά δίκτυα από λεπτή γάζα (άνοιγμα ματιού 20-35  $\mu\text{m}$ ). Για να συγκεντρώσουμε τους οργανισμούς που περνούν μέσα από το άνοιγμα των 20-35  $\mu\text{m}$  είναι απαραίτητη η φυγοκέντρωση, ή η ιζηματοποίηση του δείγματος.

#### β) Διήθηση με μεμβράνη.

Οι μεμβράνες διήθησης χρησιμοποιούνται, όταν θέλουμε να συγκρατήσουμε, ή να απομονώσουμε διαφόρων μεγεθών οργανισμούς. Μετά τη διήθηση η μεμβράνη εξετάζεται κάτω από το μικροσκόπιο. Η διήθηση πρέπει να επιτυγχάνεται με χαμηλή πίεση (κενό αέρος) γύρω στα 250 mm Hg. Οι μεμβράνες με τη μεγαλύτερη χρήση είναι της Millipore και της Gelman από κυτταρίνη, ή τα Nuclepore από polycarbonate των οποίων η επιφάνεια είναι λεία και μεγαλύτερης αντοχής στις πιέσεις.

#### γ) Φυγοκέντρωση.

Για το διαχωρισμό του μικροζωοπλαγκτού από το θαλασσινό νερό απαιτούνται 5-10 λεπτά στις 1000-2000 στροφές. Η μέθοδος αυτή δεν μπορεί να εφαρμοσθεί σε μικρού μεγέθους πλοία, λόγω των κραδασμών και των κλυδωνισμών του σκάφους.

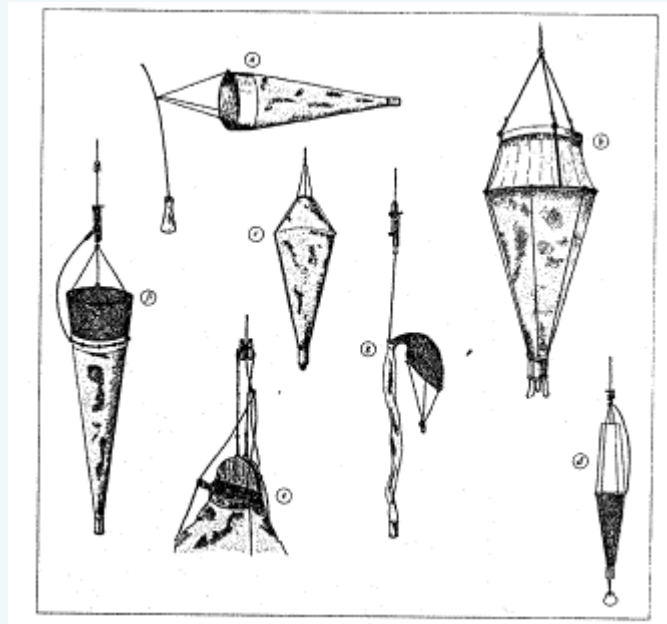
#### δ) Ιζηματοποίηση.

Μετά τη μονιμοποίηση, οι οργανισμοί του δείγματος σε διάστημα 1-2 ημερών καθιζάνουν στον πυθμένα του δοχείου, όπου αφαιρούμε το υπερκείμενο διάλυμα ελαττώνοντας τον όγκο του εξεταζόμενου δείγματος. Είναι η μέθοδος που απαιτείται για τη χρήση του ανάστροφου μικροσκόπιου.

### 1.3. Δίχτυα πλαγκτού.

#### 1.3.1. Τύποι διχτυών.

Το μεσοζωοπλαγκτό συλλέγεται κυρίως με δίχτυα πλαγκτού. Η σύρση μπορεί να γίνεται κάθετα, οριζόντια, ή διαγώνια. Το σχήμα των συνηθέστερων διχτυών είναι κωνικό, κυλινδροκωνικό και κωνικό με κόλouro κώνο στο επάνω μέρος (Σχήμα 3). Επίσης υπάρχουν δίχτυα σε σχήμα πυραμίδας.



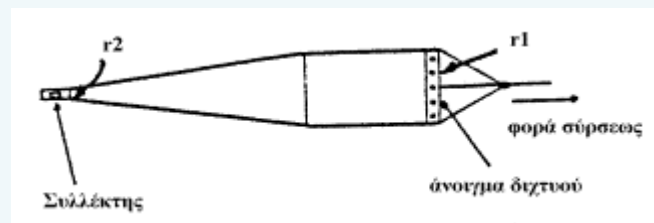
Σχήμα 3. Διάφοροι τύποι διχτυών συλλογής ζωοπλαγκτού

#### 1.3.2. Συλλέκτες.

Ο συλλέκτης πρέπει να έχει 2 ή 4 ανοίγματα, καλυμμένα με το αντίστοιχο δίχτυ, στο επάνω μέρος (προς την πλευρά του διχτύου). Τα ανοίγματα δεν επιτρέπουν την δημιουργία δινών και την αύξηση της πίεσης, έτσι ώστε να μην καταστρέφονται οι οργανισμοί και να μην εμποδίζεται η διήθηση. Επίσης ο συλλέκτης πρέπει να αφαιρείται εύκολα από το δίχτυ.

#### 1.3.3. Διηθητική ικανότητα.

Η διηθητική ικανότητα ποικίλλει ανάλογα με τις διαστάσεις και το σχήμα του διχτυού.



Σχήμα 4. Στοιχεία για την εκτίμηση της διηθητικής ικανότητας των διχτυών του πλαγκτού.

Υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση:

$$R = \frac{a \cdot b}{A}$$

$$A = \pi \cdot r_1^2$$

$$a = \pi(r_1 + r_2) \cdot S$$

$$b = \frac{m^2}{(d + m)^2}$$

A = Επιφάνεια εισόδου

r<sub>2</sub> = Ακτίνα στη κορυφή του κώνου

m = Μάτι γάζας (διχτυού).

a = Ολική επιφάνεια του διχτυού.

r<sub>1</sub> = Ακτίνα στη βάση του κώνου

S = Πλευρά του κώλου κώνου

d = Πάχος ίνας ύφανσης.

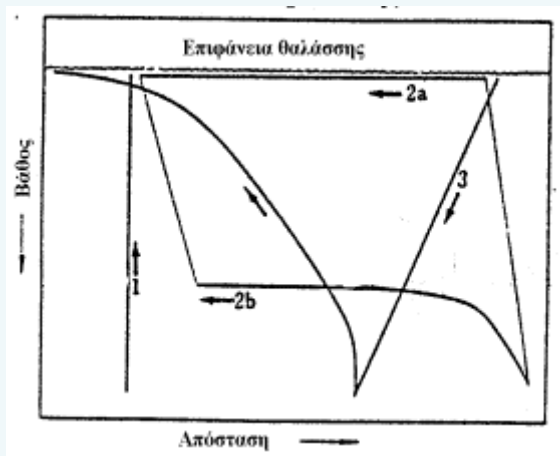
b = διηθητική ικανότης της γάζας.

Στις ποσοτικές μελέτες ζωοπλαγκτού, η διήθηση μεγάλων ποσοτήτων νερού (μεγάλη διάρκεια σύρσης) μειώνει τις πιθανότητες να ξεφύγουν οργανισμοί αντιπροσωπευτικοί της περιοχής. Με άλλα λόγια, με τα δίχτυα μπορούμε να μελετήσουμε τη σχετική πυκνότητα των οργανισμών σε μεγάλες μάζες νερού, αλλά δεν μπορούμε να εκτιμήσουμε την πυκνότητα ή την κατανομή των οργανισμών σε μικρή κλίμακα.

#### 1.3.4. Μέθοδοι δειγματοληψίας.

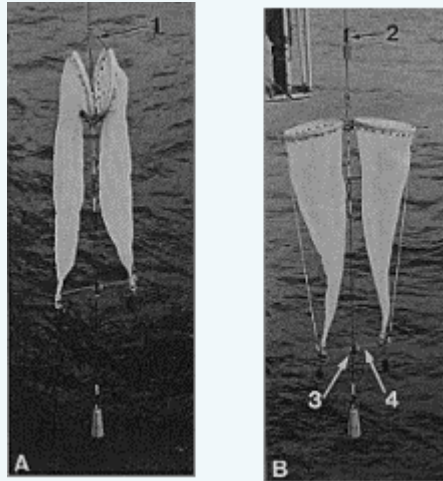
α) Κάθετη, Οριζόντια και Διαγώνια.

Το Σχήμα 5 παρουσιάζει τους 3 τύπους σύρσης των διχτυών του πλαγκτού:



- **Σχήμα 5.** Οι "διαδρομές" που ακολουθούν τα δίχτυα κατά την κάθετη δειγματοληψία (1), την οριζόντια (2α και 2β) και την διαγώνια (3).

Σε μια συνηθισμένη κάθετη δειγματοληψία το δίχτυ σύρεται από ένα συγκεκριμένο βάθος με ταχύτητα 0,7-1 m/sec διατηρώντας το σκάφος ακίνητο. Το βάρος του διχτυού είναι περίπου 10-15 Kgr. Εξαιτίας της μεγάλης αντίστασης το δίχτυ πρέπει να σύρεται με μικρή ταχύτητα, γιατί διαφορετικά παίρνει κλίση, ή σχίζεται. Για μια σωστή κάθετη δειγματοληψία συνιστάται η χρήση δύο παράλληλων διχτυών, όπως στο Σχήμα 6.



**Σχήμα 6.** Διπλά δίχτυα πλαγκτού για αξιόπιστο στατιστικό δείγμα. Α. Διπλωμένα (κλειστά) δίχτυα. Β. Ανοικτά Δίχτυα. 1. Μηχανισμός στραγγαλισμού. 2. Δρομέας. 3. Βάρος. 4. Βαθυγράφος.

Στις οριζόντιες δειγματοληψίες υπάρχουν διάφοροι τύποι διχτυών ανάλογα με το αν το σκάφος κινείται γρήγορα, οπότε αυξάνει η αντίσταση, ή ανάλογα με το βάθος της δειγματοληψίας.

Στις διαγώνιες δειγματοληψίες ένα ειδικό βάρος προσαρμόζεται σε κάποια απόσταση από το δίχτυ. Το σκάφος πρέπει να κινείται αργά (π.χ. 2-3 m/sec) και το δίχτυ έλκεται προς την επιφάνεια με ταχύτητα 1 m/sec. Οι ταχύτητες σκάφους και διχτυού πρέπει να παραμένουν σταθερές. Με τη διαγώνια δειγματοληψία δεν χρειάζεται να σταματήσει το σκάφος και μπορούμε να εκτελέσουμε δειγματοληψίες ακόμα και με συνθήκες θύελλας. Τα μόνα προβλήματα είναι η σταθερή ταχύτητα του σκάφους και η μείωση της διηθητικής ικανότητας του διχτυού σε περιοχές πλούσιες σε πλαγκτό εξαιτίας της παρατεταμένης σύρσης.

### β) Έκταση δειγματοληψίας.

Το μήκος σύρσης και το βάθος της δειγματοληψίας σχετίζονται με τα οικολογικά χαρακτηριστικά της ζωοπλαγκτονικής βιοκοινωνίας, ή της ομάδας που μελετάμε.

Όταν ασχολούμεθα με την ποσοτική ανάλυση των δειγμάτων για να διατηρήσουμε σταθερή τη διηθητική ικανότητα του διχτυού είναι απαραίτητο οι δειγματοληψίες να είναι μικρής και ίσης διάρκειας. Το βάθος της δειγματοληψίας υπολογίζεται από το μήκος του συρματοσχοινίου και τη γωνία που δημιουργεί με την επιφάνεια της θάλασσας. Επίσης το βάθος μπορεί να προσδιορισθεί και με το βαθυγράφο, ο οποίος καταγράφει και τον χρόνο παραμονής στο κάθε βάθος.

Στις ποσοτικές κάθετες δειγματοληψίες, συνήθως απαιτείται βάθος (σύρση) 150-200 m. Διαφορετικά η κατανομή του πλαγκτού είναι ασταθής. Το βάθος δειγματοληψίας πρέπει να προσδιορίζεται με βάση τους περιβαλλοντολογικούς παράγοντες της περιοχής. Στις περιοχές και εποχές όπου το θερμοκλινές ή το αλοκλινές είναι παρόντα, η ποιοτική και ποσοτική σύνθεση του ζωοπλαγκτού εκατέρωθεν είναι διαφορετική και η βιομάζα πολλές φορές αυξάνει στη μεταβατική περιοχή. Εάν η μεταβατική περιοχή (θερμοκλινούς ή αλοκλινούς) μετακινείται ασυντόνιστα με το βάθος, τότε δεν έχουμε ομοιόμορφα δείγματα πλαγκτού.

Στις ποσοτικές οριζόντιες δειγματοληψίες η απόσταση σύρσης πρέπει να είναι περίπου 600 m.

Η μέση πυκνότητα ζωοπλαγκτού σε κάθε στρώμα νερού εκτιμάται σύμφωνα με την σχέση:

$$N = H \text{ πραγματική συγκέντρωση του πλαγκτού/ m}^3.$$

$$n = O \text{ αριθμός των ατόμων ανά δειγματοληψία.}$$

$$V = O \text{ όγκος διηθημένου νερού.}$$



$$N = \frac{m \cdot L}{V \cdot D}$$

L = Βάθος δειγματοληψίας (m).

D= Η έκταση σε βάθος της κάθετης κατανομής των ειδών του ζωοπλαγκτού

και με παράλληλη χρήση ηχοβολιστικού (sonar) συχνότητας εκπομπής 200 KHz.

γ) Ροόμετρα.

Η ποσότητα του νερού που διηθείται εκτιμάται με το ροόμετρο. Η διαμέτρηση (calibration) του ροόμετρου πραγματοποιείται με την ακόλουθη διαδικασία. Το ροόμετρο σύρεται 5 διαδοχικές φορές, κάθετα από βάθος 100 m έως την επιφάνεια με την ταχύτητα δειγματοληψίας και χωρίς να είναι τοποθετημένο το δίχτυ στη στεφάνη που το συγκρατεί (ελεύθερο ροόμετρο). Η ίδια διαδικασία επαναλαμβάνεται με ροόμετρο και δίχτυ μαζί.

Η διηθητική ικανότητα (F) εκφράζεται με την ακόλουθη σχέση :

$$F = \frac{N1}{N2}$$

N1 = Ο αριθμός στροφών του ροόμετρου με το δίχτυ.

N2 = Ο αριθμός στροφών του ροόμετρου χωρίς δίχτυ.

Ένα δίχτυ με επιφάνεια στομίου (A) όταν σύρεται σε απόσταση (D) διηθεί όγκο νερού (V), ο οποίος εκφράζεται από τη σχέση :

$$V = A \cdot D \cdot F$$

Οι ενδείξεις (στροφές) του ροόμετρου ελέγχονται πριν και μετά την δειγματοληψία. Σε μεγάλης διάρκειας σύρσεις είναι καλό το ροόμετρο να διαβαθμίζεται πριν και μετά τη δειγματοληψία. Για να μην αποτελεί φραγμό στο άνοιγμα του δικτυού, το ροόμετρο τοποθετείται στη μέση απόσταση μεταξύ του κέντρου και της περιφέρειας του στομίου.

Αμέσως μετά την δειγματοληψία και μόλις το δίχτυ έλθει στην επιφάνεια πρέπει να σημειώνονται οι στροφές του ροόμετρου και οι ενδείξεις του βαθυγράφου, να ξεπλένεται το δίχτυ με άφθονο θαλασσινό νερό και ο συλλέκτης να τοποθετείται σε δοχείο με θαλασσινό νερό και να αποσυνδέεται από το δίχτυ με προσοχή, ώστε να μην υπάρχουν απώλειες οργανισμών. Τα δίχτυα μετά από κάθε δειγματοληψία πρέπει να ελέγχονται και στην περίπτωση που παρουσιάζουν φθορές να επισκευάζονται. Μετά από κάθε πλόα τα δίχτυα πρέπει να ξεπλένονται με γλυκό νερό. Τα μεταλλικά μέρη να φυλάγονται χωριστά.

1.4. Δειγματοληψίες μικρονηκτού, νευστού και επιβενθικών οργανισμών.

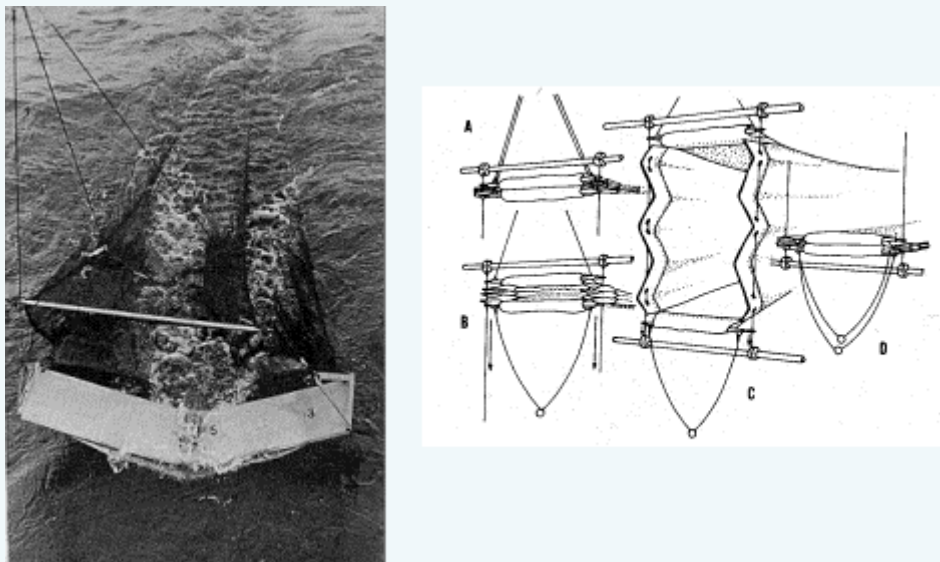
Όταν συλλέγουμε μεγάλους πλαγκτονικούς οργανισμούς και μικρονηκτό που είναι γρήγοροι κολυμβητές η αποδοτικότητα των δικτυών του μεσοζωοπλαγκτού δεν είναι ικανοποιητική. Ένα φαρδύ (μεγάλο) δίχτυ χωρίς εμπόδιο μπροστά του δεν μπορεί να κινηθεί με μεγάλη ταχύτητα.

Το Issacs-kidd midwater trawl (IKMT) είναι εφοδιασμένο με μια οριζόντια δοκό στο άνω μπροστινό μέρος και ένα πτερύγιο στο κάτω άκρο και είναι ικανό για σταθερή διαγώνια δειγματοληψία με ταχύτητα 2,5 m/sec. Είναι ένας εξάιρετος δειγματολήπτης που χρησιμοποιείται ευρέως σήμερα. Το μόνο μειονέκτημά του είναι η αδυναμία



προσαρμογής συστήματος που να επιτρέπει το άνοιγμα, ή το κλείσιμο του δειγματολήπτη.

Στο επιφανειακό στρώμα του νερού και μερικά εκατοστά βαθύτερα, ένα ιδιαίτερο ζωοπλαγκτό, το πλευστό και το υπονευστό, απαιτούν ειδικούς δειγματολήπτες. Για τη συλλογή των οργανισμών αυτών χρησιμοποιούνται δίχτυα με παραλληλόγραμμα υποδιαιρέσεις, τα οποία στηρίζονται σε ένα πλαίσιο με πλωτήρες (Σχήμα 7).



Σχήμα 7. A. Issacs-Kidd δειγματολήπτης σε επιφανειακή σύρση. B. Μηχανισμός στραγγαλισμού του δειγματολήπτη.

#### 1.5. Δειγματοληψία ζωντανού ζωοπλαγκτού (εργαστηριακές παρατηρήσεις).

Πολλοί ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί είναι εύθραστοι, γι'αυτό η ταχύτητα δειγματοληψίας είναι περίπου 0.3 m/sec, ή και μικρότερη. Εάν η δειγματοληψία πραγματοποιείται από μεγάλο σκάφος είναι προτιμότερο να μην κινείται με τη μηχανή, αλλά να παρασύρεται από τον άνεμο. Σε περιοχές όπου η θερμοκρασία του νερού είναι υψηλή, η διάρκεια της δειγματοληψίας (σύρση) πρέπει να είναι μικρή και να επαναλαμβάνεται. Μετά τη δειγματοληψία το περιεχόμενο του συλλέκτη πρέπει να τοποθετείται γρήγορα και προσεκτικά σε δοχείο που περιέχει μεγάλη ποσότητα θαλασσινού νερού ίδιας προέλευσης με εκείνο της δειγματοληψίας. Οι οργανισμοί που είναι προσκολλημένοι στο δίχτυ δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται γιατί είναι ταλαιπωρημένοι. Οι πλαγκτονικοί οργανισμοί ταλαιπωρούνται όταν εκτίθενται στο ήλιο, γι'αυτό η καλύτερη ώρα δειγματοληψίας είναι εκείνη όπου δεν υπάρχει πολύ φως (νωρίς το πρωί, ή το απόγευμα). Για το μακροπλαγκτό, το οποίο κολυμβά ενεργητικά, είναι κατάλληλοι δειγματολήπτες με μεγάλο άνοιγμα και καλή διηθητική ικανότητα, όπως ο ORI-C. Η κάτω (πίσω) πλευρά του δειγματολήπτη φέρει γάζα με μικρότερο άνοιγμα ματιού απ'ότι το πρόσθιο τμήμα για να μην ταλαιπωρούνται οι οργανισμοί. Υπάρχουν δίχτυα με θερμομονωμένους συλλέκτες, έτσι ώστε οι οργανισμοί που συλλέγονται στα βαθιά νερά να μην ταλαιπωρούνται με τις αλλαγές της θερμοκρασίας.

Οι ζελατινοειδείς οργανισμοί είναι προτιμότερο να συλλέγονται από δύτες με τη χρήση πλαστικών σάκκων.

Κατά τη μεταφορά του ζωντανού ζωοπλαγκτού στο εργαστήριο, η πυκνότητα των οργανισμών πρέπει να μειώνεται στο ελάχιστο δυνατό. Τα δοχεία μεταφοράς πρέπει να είναι από πολυαιθυλένιο και να υπάρχει σύστημα οξυγόνωσης. Για να μειωθεί η ταλαιπωρία των οργανισμών κατά τη μεταφορά εξαιτίας της ανακίνησης του νερού,

τα δοχεία πρέπει να είναι γεμάτα και να κλείνουν καλά. Εξάλλου οι οργανισμοί δεν πρέπει να είναι εκτεθειμένοι στο φως και τις αλλαγές της θερμοκρασίας.

Για να διατηρήσουμε για μεγάλα χρονικά διαστήματα ζωντανούς τους οργανισμούς στο εργαστήριο, είναι καλό να τους τοποθετούμε σε θερμοκρασία χαμηλότερη κατά 2 – 4 °C από εκείνη του φυσικού περιβάλλοντος (με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνουμε μείωση της θνησιμότητας). Εξαιρούνται οι οργανισμοί με τους οποίους πρόκειται να εκτελέσουμε πειράματα σχετικά με τον μεταβολισμό (αναπνοή και εκκρίσεις). Για ορισμένους οργανισμούς του πλαγκτού η οξυγόνωση είναι απαραίτητη, ιδιαίτερα κατά τη μεταφορά, ή όταν θέλουμε να τους διατηρήσουμε για μεγάλα χρονικά διαστήματα.

Για την επιλογή συγκεκριμένων ειδών, ένα μέρος του δείγματος τοποθετείται σε διάφανα δοχεία και από εκεί προσεκτικά με μία ευρύστομη πιπέττα απομονώνουμε τους οργανισμούς που επιθυμούμε. Στα ζεστά νερά όπου υπάρχουν πολλοί, μικρού μεγέθους οργανισμοί, η διαλογή του πλαγκτού απαιτεί εμπειρία και υπομονή. Το σύνολο του δείγματος μετά τη μεταφορά του στο δοχείο διαλογής αφήνεται για 10 έως 30 λεπτά έτσι ώστε οι οργανισμοί ανάλογα με τον φωτοτακτισμό ή τον γεωτακτισμό τους χωρίζονται σε ομάδες σε διάφορα επίπεδα μέσα στο δοχείο διευκολύνοντας τη διαλογή. Οι μικροί διάφανοι οργανισμοί διακρίνονται καλύτερα όταν τοποθετήσουμε το δοχείο σε σκούρα επιφάνεια και παράλληλα το φωτίσουμε στο πλάϊ. Σε ορισμένα είδη ο τρόπος κολύμβησης είναι χαρακτηριστικός όπως και οι χρωματισμοί τους. Επίσης ελαφρά αναισθητοποίηση διευκολύνει τη διαλογή, αλλά αντενδείκνυται, όταν οι οργανισμοί πρόκειται αμέσως μετά να χρησιμοποιηθούν ως πειραματόζωα.

## 2. ΜΟΝΙΜΟΠΟΙΗΣΗ ΚΑΙ ΣΥΝΤΗΡΗΣΗ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ ΠΛΑΓΚΤΟΥ.

### 2.1. Συντήρηση.

Μετά τη συλλογή, το δείγμα πρέπει να συντηρηθεί το ταχύτερο. Εκτός από ειδικές περιπτώσεις όπως για το νωπό βάρος και κυρίως τη χημική σύνθεση του δείγματος, οι οργανισμοί πρέπει να μονιμοποιούνται 10 λεπτά μετά τη δειγματοληψία. Στην περίπτωση που η μονιμοποίηση δεν πραγματοποιηθεί σωστά αλλοιώνονται τα χαρακτηριστικά των οργανισμών (βάρος, μήκος κ.λ.π.).

#### 2.1.1. Μικροζωοπλαγκτό.

Οι οργανισμοί της κατηγορίας αυτής είναι ιδιαίτερα ευαίσθητοι στο υλικό μονιμοποίησης. Τα Μαστιγοφόρα (Flagellates) καταστρέφονται ή παραμορφώνονται σε σημείο που είναι αδύνατος ο προσδιορισμός τους. Γι' αυτό είναι αναγκαίο να μελετώνται χωρίς μονιμοποίηση (ζωντανό υλικό) αμέσως μετά τη δειγματοληψία. Εάν το υλικό πρέπει να μονιμοποιηθεί, ένας τρόπος για τη διατήρησή του είναι προσθήκη 1 - 5 % ουδετεροποιημένης φορμαλδεύδης (37 - 40 % formaldehyde) στο δείγμα με το νερό. Στην περίπτωση που η συγκέντρωση (διάλυμα) της φορμαλδεύδης είναι μικρότερη από 3% το δείγμα πρέπει να τοποθετείται σε ψυγείο. Επίσης η Γλουταραλδεύδη και το Οσμικό οξύ είναι καλά υλικά για μονιμοποίηση. Πριν από την χρήση της, η γλουταλδεύδη ουδετεροποιείται με 1N καυστική σόδα (NaOH) και διατηρείται στους 4 °C. Η γλουταραλδεύδη αδρανοποιεί τα ένζυμα γρηγορότερα από την φορμαλδεύδη γι' αυτό θεωρείται καλύτερο μονιμοποιητικό υλικό ιδιαίτερα για μορφολογικές παρατηρήσεις.

#### 2.1.2. Μεσοζωοπλαγκτό.

Η ουδετεροποιημένη φορμαλδεύδη είναι το συχνότερα χρησιμοποιούμενο μονιμοποιητικό γι' αυτή την κατηγορία πλαγκτού. Σε 1 lit φορμαλδεύδης (κατά προτίμηση χημικά καθαρής 35 - 40 %) προσθέτουμε 30 gr βόρακα (sodium tetraborate). Ο βόρακας διαλύεται σε μερικές ημέρες και κατόπιν ιζηματοποιείται. Το διάλυμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί για 1-2 μήνες, πριν τη χρήση του είναι καλό να διηθείται με απορροφητικό χαρτί. Το pH πρέπει να διατηρείται γύρω στο 7.6 ως 8.3. Οι οργανισμοί μέσα στο δοχείο πρέπει να καταλαμβάνουν όγκο ίσο με το 10-20 % του διαλύματος.

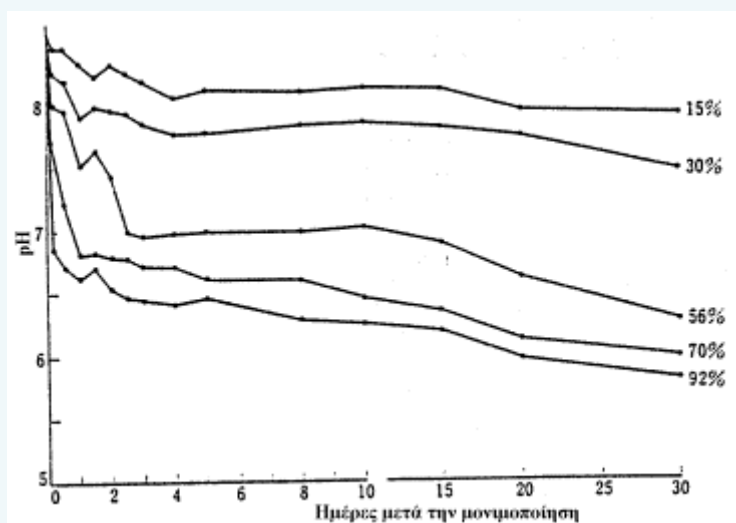
Εάν μετά τη δειγματοληψία έχουμε πολλούς οργανισμούς είναι καλό να χωρίζονται σε 2 ή περισσότερα ίσα μέρη. Στην περίπτωση που ο χώρος κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών είναι περιορισμένος, τότε τα δείγματα πρέπει να συντηρούνται με υψηλής πυκνότητας μονιμοποιητικό υλικό (10 %) και να μεταφέρονται το γρηγορότερο αμέσως μετά την επιστροφή στο εργαστήριο, σε μεγαλύτερα δοχεία αποθήκευσης όπου αραιώνεται το μονιμοποιητικό διάλυμα. Στα δοχεία όπου περιέχονται πολλοί οργανισμοί αυξάνουν οι πιθανότητες μερικής αλλοίωσής τους. Μείωση του pH εξαιτίας της οξείδωσης των οργανισμών προκαλεί διαφοροποίηση του μεγέθους όπως και ασβεστοποίηση ορισμένων από αυτούς.

Σημείωση: Για να συντηρηθούν αναλλοίωτοι οι πλαγκτονικοί οργανισμοί για πολύ μεγάλα χρονικά διαστήματα (δεκαετίες) είναι απαραίτητο να υποστούν πρόσθετη επεξεργασία συντήρησης.

Το μονιμοποιητικό διάλυμα διαφοροποιείται ανάλογα με την ταξινομική ομάδα του πλαγκτού. Για παράδειγμα για την συντήρηση Πολυχαίτων και Χορδωτών 70% αιθανόλης (ethyl alcohol) είναι προτιμότερη από το σύνθετο διάλυμα φορμαλδεύδης.

## 2.2. Διαφοροποίηση μεγέθους λόγω συντήρησης.

Οι διαστάσεις των οργανισμών του πλαγκτού, διαφοροποιούνται κατά την συντήρηση. Οι διαφοροποιήσεις των βιομετρικών στοιχείων σχετίζονται με το pH και τον χρόνο όπου έχουν παραμείνει στο συντηρητικό. Το Διάγραμμα 1 παρουσιάζει τις διαφοροποιήσεις των βιομετρικών στοιχείων.



**Διάγραμμα 1.** % Διαφοροποίηση του όγκου των οργανισμών σε σχέση με το χρόνο μονιμοποίησης και το pH του συντηρητικού.

### 2.2.1. Διατήρηση του φυσικού χρώματος των οργανισμών.

Για τη μελέτη των οικολογικών φαινομένων και για την περιγραφή και σύγκριση ειδών και πληθυσμών, είναι απαραίτητο να εκτιμάται και να περιγράφεται ακριβώς το χρώμα των οργανισμών πριν τη μονιμοποίηση.

Δεν υπάρχει τέλεια μέθοδος διατήρησης των χρωμάτων. Με τη βοήθεια του BHT (butylated hydroxytoluene) και παράλληλα με τη φορμαλδεύδη είναι δυνατή η διατήρηση για αρκετό διάστημα του χρωματισμού των ψαριών και των καρκινοειδών (περίπου ένα έτος).

### 2.3. Δοχεία αποθήκευσης.

Τα τελευταία χρόνια διάφορα πλαστικά δοχεία χρησιμοποιούνται για την αποθήκευση των δειγμάτων πλαγκτού, αλλά τα γυάλινα είναι προτιμότερα γιατί δεν αλλοιώνονται από τα μονιμοποιητικά διαλύματα και γιατί μπορούμε να παρατηρήσουμε χωρίς να ανοίξουμε το δοχείο το υλικό που περιέχει. Τα μεταλλικά πώματα και δοχεία πρέπει να αποφεύγονται γιατί οξειδώνονται. Τα δοχεία με το μονιμοποιημένο υλικό δεν πρέπει να είναι εκτεθειμένα στο φως και κατά τη μεταφορά τους από το πλοίο στο εργαστήριο πρέπει να τοποθετούνται σε ασφαλή κιβώτια με χωρίσματα. Πρέπει να ελέγχεται το pH και η εξάτμιση του διαλύματος με συχνότητα μια φορά κάθε μήνα για τους 3 πρώτους μήνες από τη δειγματοληψία και μετά κάθε 3 μήνες. Στην περίπτωση που το μονιμοποιητικό διάλυμα αλλοιωθεί πρέπει να αντικατασταθεί.

### 2.4. Πρωτόκολλο δειγμάτων.

Μέσα σε κάθε δοχείο πρέπει να τοποθετείται ετικέτα με τις σχετικές με τη δειγματοληψία πληροφορίες. Το υλικό των ετικετών πρέπει να είναι ανθεκτικό στο

μονιμοποιητικό υλικό (Formalin, ethanol, glycol) και στο θαλασσινό νερό, δεν πρέπει να επηρεάζει χημικά τους μονιμοποιημένους οργανισμούς. Οι ετικέτες που χρησιμοποιούνται είναι συνήθως από ριζόχαρτο.

Οι πληροφορίες που πρέπει να αναφέρονται είναι:

- Ταυτότητα (όνομα) του σταθμού δειγματοληψίας, το όνομα του σκάφους και ο κωδικός της δειγματοληψίας.
- Ημερομηνία δειγματοληψίας. Ημέρα, Μήνας, Έτος.
- Ώρα εκτέλεσης της δειγματοληψίας.
- Βάθος δειγματοληψίας.
- Τρόπος δειγματοληψίας (φιάλη, αντλία, δίχτυ κ.λ.π.) εάν είναι αναγκαίο άνοιγμα ματιού στο δίχτυ και επιφάνεια δειγματολήπτη.
- Μέθοδος δειγματοληψίας (σε περίπτωση διχτυού, κάθετη, οριζόντια δειγματοληψία κ.λ.π.).
- Όγκος διηθημένου νερού εάν χρησιμοποιήθηκε αντλία, ένδειξη ροομέτρου πριν και μετά τη δειγματοληψία εάν χρησιμοποιήθηκε δίχτυ.
- Αριθμός δείγματος ή υπόδειγματος.
- Μονιμοποιητικό υλικό που χρησιμοποιήθηκε.

Για οργανισμούς που διατηρούνται για μεγάλα χρονικά διαστήματα, μία χωριστή ετικέτα με την ένδειξη του συλλέκτη, της περιοχής δειγματοληψίας τα ονόματα των οργανισμών, του ατόμου που πραγματοποίησε τους προσδιορισμούς και εκείνου που μονιμοποίησε το δείγμα, είναι απαραίτητη. Επίσης αντίστοιχη ετικέτα πρέπει να τοποθετείται και στο εξωτερικό μέρος του δοχείου ή να σημειώνεται με ανεξίτηλη μελάνη επάνω σ'αυτό (στη δεύτερη περίπτωση πολλές φορές οι πληροφορίες αλλοιώνονται).

Τέλος παράλληλα με τις ετικέτες πρέπει τα στοιχεία του δείγματος να καταχωρούνται και σε "βιβλίο-πρωτόκολλο" δειγματοληψιών, όπου αναφέρονται και οι μετρήσεις των περιβαλλοντικών παραγόντων που συνοδεύουν το δείγμα.

### 3. ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ ΚΑΙ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ ΠΛΑΓΚΤΟΥ

#### 3.1. Παρατήρηση ζωντανών οργανισμών.

Η παρατήρηση ζωντανών οργανισμών του πλαγκτού αποτελεί τη βάση για τη σωστή μελέτη (συστηματική, φυσιολογία και οικολογία) όλων των οργανισμών του πλαγκτού. Παρατηρώντας ζωντανούς πλαγκτονικούς οργανισμούς συλλέγουμε πληροφορίες σχετικά με τον τρόπο κολύμβησης, το φυσικό χρωματισμό των ατόμων, την αναπαραγωγική διαδικασία, το φωτοτροπισμό (θετικό ή αρνητικό), την κατανάλωση τροφής, το μεταβολισμό και γενικότερα τις αντιδράσεις του ζωοπλαγκτού στις αλλαγές-διακυμάνσεις των περιβαλλοντικών παραγόντων.

##### 3.1.1. Παρατήρηση στο πεδίο.

Για την παρατήρηση και μέτρηση των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών *in situ* χρησιμοποιούνται:

Ακουστικές μέθοδοι με ηχοβολιστικά συστήματα (sonars) για την εκτίμηση της ζωοπλαγκτονικής βιομάζας.

Οπτικές μέθοδοι με συστήματα βιντεοσκόπησης, για τη παρατήρηση και τη ταξινόμηση των οργανισμών.

##### Ηχοβολιστικά συστήματα.

	Μονοκωνικά Sonars (Single Beam)	Πολυκωνικά Sonars Διαιρουμένων κώνων (Split Beam)	Πολυκωνικά Sonars Ομοαξονικών κώνων (Dual Beam)	Πολυκωνικά Sonars (Multi Beam)
Μίας συχνότητας (Single Frequency)	ADCP, RDI S.Diego	Biosonics	Hydroacoustic Technology Inc.,	Simrad 2000, FTV: Jaffe (1995)
Πολλών συχνοτήτων (Multiple Frequency)	Holliday et al. Griffiths (1997)	Wiebe (1997, 2002) Demer (1999)	Wiebe (1994)	
Ευρείας ζώνης συχνοτήτων (Wide Band System)	SciFish. Foote (1998) Stanton (1998)			

- Συστήματα μίας συχνότητας παλμού (ADCP)

Χρησιμοποιούνται για την ποσοτική εκτίμηση της αφθονίας και της πυκνότητας των ζωοπλαγκτονικών κοινωσιών, αλλά και για τη χαρτογράφηση της συμπεριφοράς κάποιων ομάδων τους (FishTV).

- Συστήματα περισσοτέρων συχνοτήτων (Biomapper II, TAPS)

Επιτυγχάνουν ταυτόχρονη εκτίμηση της κατανομής ζώων που ανήκουν σε διαφορετικές ομάδες.

- Συστήματα ευρείας ζώνης φάσματος συχνοτήτων (Scifish)

Επιτυγχάνουν τη διάκριση των μεγεθών των υπό μελέτη οργανισμών και την ταξινόμηση αυτών.

Το μειονέκτημα των μεθόδων αυτών είναι οι χαμηλές συχνότητες, που απαιτούνται προκειμένου να ανιχνευθούν οι οργανισμοί του ζωοπλαγκτού (50-200 KHz). Χρησιμοποιούνται σε μερικές δεκάδες ή εκατοντάδες μέτρα. Χαρτογραφούν μεγάλους όγκους χωρίς να παρέχουν πληροφορίες για τη ταξινόμηση των οργανισμών.

## Οπτικές μέθοδοι.

### Video Plankton Recorder (VPRs)

Παρέχει τη δυνατότητα διάκρισης και αυτόματης ταξινόμησης των οργανισμών.

Το Σύστημα ZooVis συλλέγει πληροφορίες έως βάθος 250 μέτρων και παρέχει τη δυνατότητα εκτίμησης της σύνθεσης, της αφθονίας και της κατανομής των ειδών στη περιοχή μελέτης.

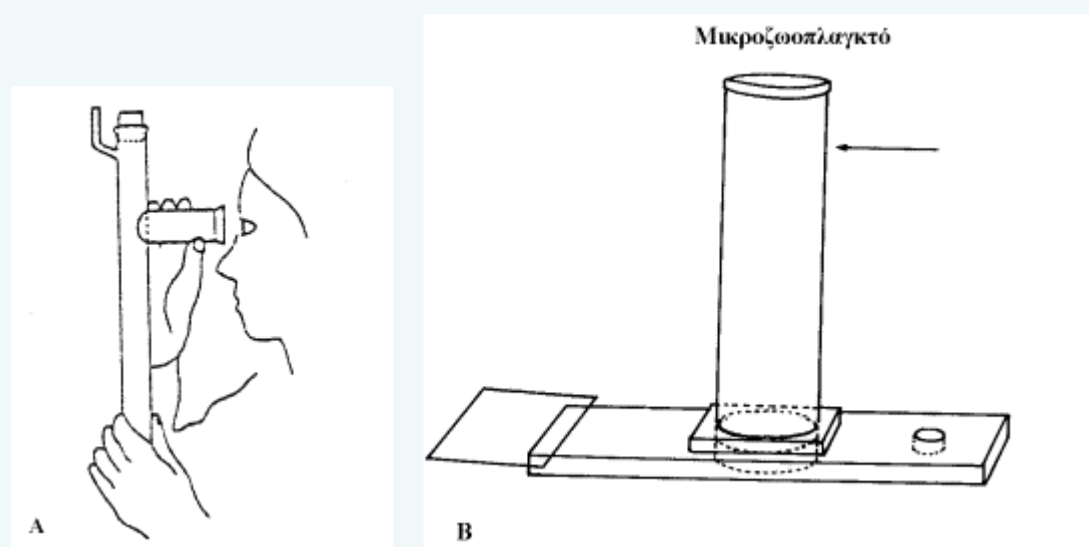
Το σύστημα Underwater Video Profiler System (UVP) χρησιμοποιεί κάμερες υψηλής ανάλυσης σε συνδυασμό με ισχυρό φωτισμό καταγράφει (video) τους οργανισμούς του ζωοπλαγκτού. Δεν έχει τη δυνατότητα ποσοτικής ανάλυσης.

Τα συστήματα Optical plankton counter (OPC) & Laser OPC, παράλληλα με τη μέτρηση των διαφόρων μεγεθών, καταγράφουν και το περίγραμμα τους, επιτρέποντας την αναγνώριση των μεγαλύτερων πλαγκτονικών οργανισμών, όπως τα Ευφασεώδη "krill".

Η μελέτη του ζωοπλαγκτού με κατάδυση άρχισε να αναπτύσσεται τα τελευταία 20 χρόνια.

Οι επιτόπου μελέτες επέτρεψαν τη συλλογή πληροφοριών σχετικά με τη συμπεριφορά των οργανισμών. Τα στοιχεία αυτά είναι αδύνατο να συλλεγούν με τις παραδοσιακές μεθόδους δειγματοληψίας (δίχτυ κ.λ.π).

Με την άμεση παρατήρηση έχουμε τη δυνατότητα να διαπιστώσουμε αν κάποιοι οργανισμοί δημιουργούν σμήνη ή σε ποιό βάθος συγκεντρώνονται ανάλογα με το φωτισμό που επικρατεί. Για παράδειγμα η πυκνότητα των Κωπηπόδων σε σμήνη μπορεί να υπολογισθεί με τη βοήθεια φωτογραφικής μηχανής. Για την παρατήρηση του ζωντανού δείγματος στο σκάφος ένας απλός γυάλινος κύλινδρος είναι αρκετός.



**Σχήμα 8.** Α. Κύλινδρος παρατήρησης ζωντανού μεσοζωοπλαγκτού. Β. Συσκευή καθίζησης και μελέτης μονιμοποιημένου πλαγκτού (ούλτρα -, νάνο -, και μικροζωοπλαγκτό).

### 3.1.2. Παρατήρηση στο εργαστήριο.

Ζωντανό μικροζωοπλαγκτό μπορεί να παρατηρηθεί τοποθετώντας το σε αντικειμενοφόρο με μία - δύο σταγόνες νερού. Οι πιπέτες και τα δοχεία πρέπει να έχουν καθαριστεί με απορρυπαντικό και αποσταγμένο νερό.



Μερικές προνυμφικές μορφές είναι ιδιαίτερα ευαίσθητες στη θερμοκρασία ακόμα και κατά τη διάρκεια της παρατήρησης στο μικροσκόπιο. Μακράς διάρκειας παρατηρήσεις απαιτούν θάλαμο σταθερής θερμοκρασίας. Υπάρχουν επίσης και κατάλληλα υδατόλουτρα-συστήματα διατήρησης σταθερής της θερμοκρασίας κάτω από το μικροσκόπιο.

Κάτω από τις συνήθεις συνθήκες δεν είναι εύκολη η παρατήρηση των μικροοργανισμών που κινούνται προς όλες τις κατευθύνσεις κάτω από το μικροσκόπιο. Η κινητικότητα των οργανισμών μπορεί να μειωθεί αν αυξήσουμε την πυκνότητα του υγρού μέσα στο οποίο είναι τοποθετημένοι, αλλά παρατηρήσεις κάτω από τεχνικά ελεγχόμενες συνθήκες πρέπει να ερμηνεύονται προσεκτικά. Ένας τρόπος αύξησης της πυκνότητας του θαλασσινού νερού είναι η προσθήκη διαλύματος methyl cellulose (παρασκευάζεται διαλύοντας 10 gr σε 1000 ml θαλασσινού νερού και συντηρείται στο ψυγείο). Μερικές σταγόνες από το διάλυμα στο δείγμα του νερού μειώνουν την ταχύτητα κολύμβησης των οργανισμών. Ένας άλλος τρόπος είναι η παρασκευή διαλύματος polyethylene oxide στο θαλασσινό νερό, δημιουργώντας ένα πολυμερές υψηλής πυκνότητας.

Μπορούμε επίσης να χρησιμοποιήσουμε αναισθητικό. Η δράση των αναισθητικών διαφέρει όχι μόνο ανάλογα με τις ζωοπλαγκτονικές ομάδες, αλλά επίσης επηρεάζεται από τη θερμοκρασία του νερού και τη φυσιολογική κατάσταση των οργανισμών. Οι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί δεν αναισθητοποιούνται αμέσως (γρήγορα). Ισχυρά αναισθητικά προκαλούν το θάνατο των οργανισμών, ή τους προκαλούν αισθητές διαφοροποιήσεις στη φυσιολογική τους κατάσταση, με αποτέλεσμα τη μη ορθή παρατήρηση.

Διαλύματα όπως 0.1 % Janus Green B, 0.1 % Chloral hydrate crystals και 1 % urethane μπορούν να χρησιμοποιηθούν με επιτυχία σαν αναισθητικά στα Μαλάκια και τους Πολύχαιτους. Η Νικοτίνη επίσης είναι ένα καλό αναισθητικό. Τοποθετώντας λίγες ίνες φίλτρου από τσιγάρο καπνιστού στο νερό με τους οργανισμούς μειώνεται η κινητικότητά τους για μερικές ώρες. Για να σταματήσουμε τις μυϊκές κινήσεις χωρίς να διακόψουμε τις κινήσεις των βλεφαρίδων ένα μείγμα νερού και chloretone σε αναλογία 25000:1 είναι αρκετό. Επίσης τα παρασκευάσματα MS-222 Tricaine (ethyl-m-aminobenzoate methanesulfonic acid) έχουν αναισθητικές ιδιότητες στα Κωπήποδα και τις προνύμφες των ψαριών.

Γενικά στις παρατηρήσεις ανάπτυξης, τη μεταμόρφωση ή την ωοτοκία αρκετά άτομα μονιμοποιούνται σε διαφορετικά χρονικά διαστήματα για να εξετασθούν αργότερα. Αν όμως ο αριθμός τους είναι περιορισμένος τότε τα ίδια άτομα εξετάζονται κατά χρονικά διαστήματα χρησιμοποιώντας αναισθητικό.

Τελευταία χάρη στη βιντεοσκόπηση η παρατήρηση των ζωντανών πλαγκτονικών οργανισμών είναι πληρέστερη γιατί έχουμε τη δυνατότητα να ρυθμίζουμε το ρυθμό καταγραφής κατά περίπτωση.

### 3.2. Προσδιορισμός των ειδών.

Ο ακριβής προσδιορισμός όλων των ειδών είναι δυνατός μόνο με τη συνεργασία ειδικών στην ταξινόμική - συστηματική. Όμως μία βασική γνώση των κύριων ομάδων του πλαγκτού είναι απαραίτητη για όλους όσους ασχολούνται με τη θαλάσσια βιολογία.

Είναι πρακτικό για του ερευνητές που αρχίζουν μια έρευνα στο πλαγκτό να δημιουργούν ένα αρχείο με αναφορές για κάθε οργανισμό που σκοπεύουν να μελετήσουν. Ο προσδιορισμός πολύ συνηθισμένων και άφθονων ειδών μπορεί να πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια γενικών βιβλίων πλαγκτονομολογίας. Δείγματα των οργανισμών, ιδιαίτερα εκείνων βάσει των οποίων θα πραγματοποιηθούν δημοσιεύσεις πρέπει να φυλάσσονται για μελλοντική χρήση και μετά το τέλος της μελέτης.

Όταν ένα νέο είδος προσδιορισθεί-καθιερώνεται, πρέπει να του δοθεί ένα όνομα σύμφωνα με το διεθνή κώδικα Ονοματολογίας της Ζωολογίας (Stoll *et al.* 1964).



Επίσης για την κατοχύρωση του προσδιορισμού (του νέου είδους) πρέπει να αποστέλλεται ένα αντίγραφο της δημοσίευσης που περιγράφει τον οργανισμό, στον εκδότη του Zoological Record (Zoological Society of London, Regent's Park, London NW1 4RY, U.K.).

### 3.3. Ανατομία, Χρωματισμός και Μόνιμο παρασκεύασμα.

Η ανατομή παραγματοποιείται κάτω από το στερεοσκόπιο. Η παρατήρηση είναι ευκολότερη στα μικρά Καρκινοειδή (όπως τα Κωπήποδα) όταν απομονώσουμε και τα τοποθετήσουμε σε πυκνό υγρό glycerol ή propylene glycol. Η ανατομή πραγματοποιείται ευκολότερα όταν οι ιστοί είναι διάφανοι και καθαροί. Τα λακτικό οξύ είναι το καλύτερο παρασκεύασμα για διαύγηση.

Ο χρωματισμός βοηθά την αναπνοή και τη μελέτη των οργανισμών, ειδικά κάτω από το μικροσκόπιο. Μία από τις συχνότερα χρησιμοποιούμενες βαφές είναι διάλυμα 1 % erythrosin (1 gr erythrosin σε 99 ml διαλύματος 5 % phenol). Για την απομάκρυνση της πλεονάζουσας χρωστικής οι οργανισμοί ξεπλένονται με αποσταγμένο νερό. Η ένταση του χρωματισμού ποικίλλει ανάλογα με τη διάρκεια έκθεσης στη χρωστική.

### 3.4. Τεχνικές χρώσης ζωντανών οργανισμών.

Η γνώση του ποσοστού νεκρών και ζωντανών οργανισμών σε ένα δείγμα είναι απαραίτητη (σε ορισμένες περιπτώσεις ο αριθμός των νεκρών είναι μεγαλύτερος των ζωντανών) ιδιαίτερα όταν μελετάμε τη ροή ενέργειας, ή το τροφικό πλέγμα. Η χρήση ουδέτερου red dye με το οποίο χρωματίζονται πολλοί ζωντανοί πλαγκτονικοί οργανισμοί επιτρέπει τη γρήγορη εκτίμηση των ζωντανών και νεκρών οργανισμών σε μεγάλα δείγματα και σε μικρό χρονικό διάστημα μετά τη συλλογή του δείγματος.

Η τροποποιημένη τεχνική χρωματισμού ICDC method των Crippen & Perrier (1974) είναι η καλύτερη μέθοδος για να διακρίνονται οι ζωντανοί από τους νεκρούς οργανισμούς, διατηρώντας τη χρωματική διαφοροποίηση για μεγάλα χρονικά διαστήματα έτσι ώστε να είναι δυνατή η μελλοντική μελέτη - παρατήρηση.

### 3.5. Φωτογράφιση.

Για τη διατήρηση των δειγμάτων του ζωοπλαγκτού χωρίς συντηρητικά σε αρχεία και για την εύκολη και αυτόματη καταγραφή των οργανισμών με τη βοήθεια υπολογιστών που αναλύουν εικόνες, αναπτύχθηκε η τεχνική της φωτογραφίας (Other *et al.* 1979). Στην τεχνική αυτή δεν χρησιμοποιούνται φακοί, αλλά λεπτόκοκκο film που έρχεται σε άμεση επαφή με αραιωμένο δείγμα πλαγκτού (χωρίς να αλληλοεπικαλύπτονται οι οργανισμοί) όπου χρησιμοποιείται ηλεκτρονικό flash μικρής έντασης.

#### 4. ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΚΤΙΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΕΙΓΜΑΤΩΝ

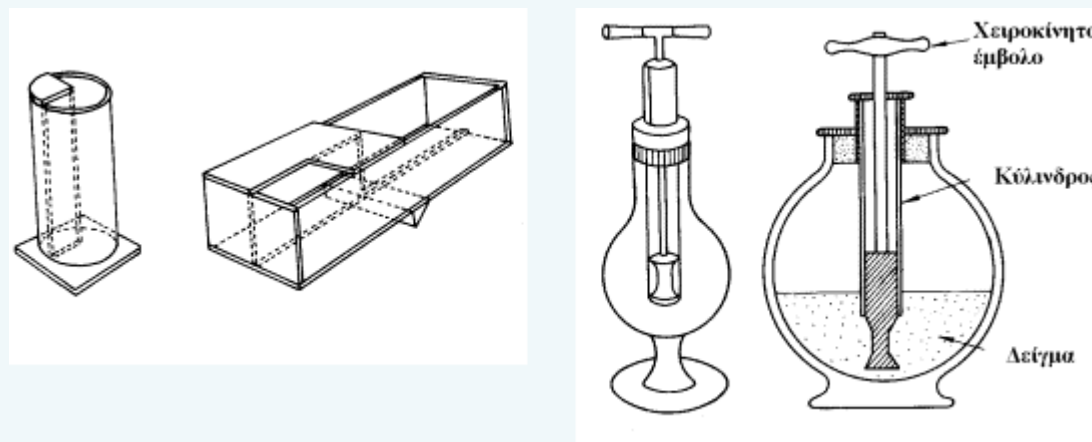
##### 4.1. Διαίρεση και ταξινόμηση δειγμάτων.

Το μονιμοποιημένο δείγμα ζωοπλαγκτού δεν εξετάζεται (ποιοτικά και ποσοτικά) στο σύνολό του, αλλά σε ένα μέρος του. Με το διαχωριστή πλαγκτού (βλέπε σχήματα) έχουμε τη δυνατότητα να διαιρέσουμε το δείγμα σε ίσα μέρη (1/2, 1/4, 1/8, 1/16, 1/32 κ.λ.π) και ανάλογα με την πυκνότητα και την ποικιλότητα των οργανισμών μελετούμε το αντίστοιχο υπόδειγμα.

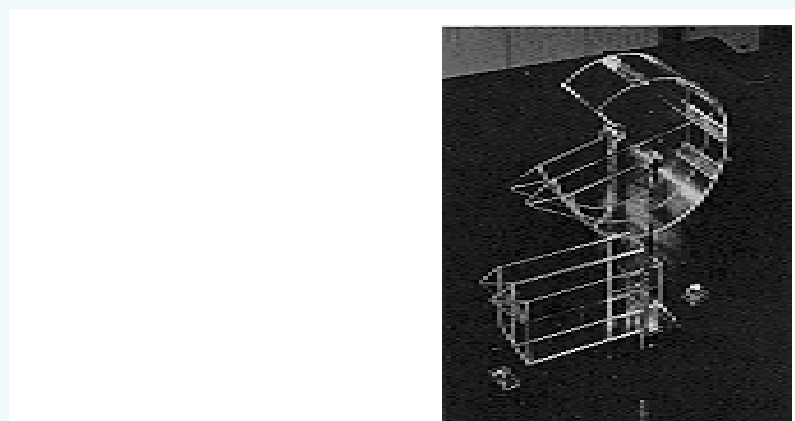
Το εξεταζόμενο υπόδειγμα πρέπει να περιέχει τουλάχιστον 100 έως 300 άτομα, ώστε να έχουμε στατιστικά αποδεκτή εκτίμηση του δείγματος.

Αρ. Ατόμων	Ακρίβεια % (95 % όριο στατιστικής αξιοπιστίας)
4	10
25	20
100	40
400	100

Μετά την ποιοτική και ποσοτική ανάλυση του υπόδειγματος γίνεται έλεγχος στο υπόλοιπο υλικό για τον εντοπισμό σπάνιων ειδών και αναγωγή τόσο στο σύνολο του δείγματος, όσο και στο κυβικό μέτρο (αρ. ατόμων / m<sup>3</sup>).



Σχήμα 9. Διαχωριστές πλαγκτού.

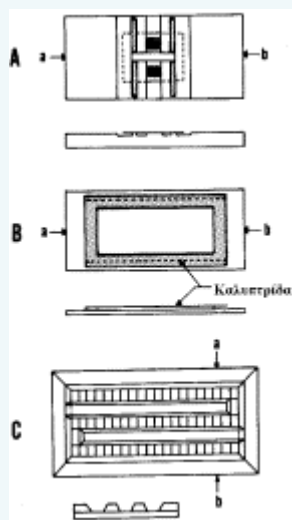


Σχήμα 10. Διαχωριστής πλαγκτού Folsom.

#### 4.2. Αρίθμηση οργανισμών.

α) Μικροζωοπλαγκτό. Για την αρίθμηση των οργανισμών του μικροζωοπλαγκτού χρησιμοποιείται συνήθως αιματοκυτταρόμετρο.

β) Μεσοζωοπλαγκτό. Για την αρίθμηση των οργανισμών του μεσοζωοπλαγκτού χρησιμοποιείται μαϊάνδρος, ή *cuvette Dollfus*.



**Σχήμα 11.** (Α) Αιματοκυτταρόμετρο και (Β) + (C) Μαϊάνδρος για την ποιοτική και ποσοτική μελέτη του μεσοζωοπλαγκτού.

#### 4.3. Βιομάζα.

Η βιομάζα εκτιμάται με σκοπό τον προσδιορισμό της παραγωγικότητας και της θρεπτικής κατάστασης των οργανισμών, καθώς και το ρόλο, ή τη θέση τους στην τροφική αλυσίδα.

Η βιομάζα εκφράζεται με:

##### 4.3.1. Όγκος ιζήματος "Settled-volume".

Το δείγμα τοποθετείται σε διαβαθμισμένο κύλινδρο, αναδεύεται και αφήνεται για 24 ώρες, όπου και υπολογίζεται ο όγκος του ιζήματος (πλαγκτού).

Τον όγκο εκτοπίσματος "Displacement-volume".

Υπολογίζεται πρώτα ο όγκος του δείγματος, μετά αφαιρείται το νερό και υπολογίζεται χωριστά ο όγκος του. Η διαφορά όγκου οφείλεται στους οργανισμούς του πλαγκτού. Οι όγκοι "Settled και Displacement" περιλαμβάνουν όχι μόνο τον απόλυτο όγκο του πλαγκτού, αλλά και το νερό μεταξύ των οργανισμών.

##### 4.3.2. Νωπό βάρος "Wet weight".

Το δείγμα τοποθετείται σε κατάλληλο φίλτρο. Το νερό αποβάλλεται, ενώ οι οργανισμοί παραμένουν στο φίλτρο. Η διαφορά βάρους του φίλτρου ισούται με το νωπό βάρος των οργανισμών.

##### 4.3.3. Ξηρό βάρος "Dry weight".

Αφυδάτωση των οργανισμών του πλαγκτού σε κλίβανο στους 60 ως 70°C επί 24 ώρες. Η διαφορά βάρους πριν και μετά την αφυδάτωση ισούται με το ξηρό βάρος.

Για την εκτίμηση του ξηρού βάρους είναι προτιμότερο τα δείγματα να μην είναι μονιμοποιημένα "ζωντανά". Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, το ξηρό βάρος εκτιμάται μετά ένα μήνα από τη μονιμοποίηση (για να σταθεροποιηθεί το βάρος του δείγματος)

φυσικά απαιτούνται διορθώσεις.

Το δείγμα διηθείται με Glass fiber και ξεπλένεται με ισοτονικό διάλυμα ammonium formate ή απεσταγμένο νερό, όταν οι οργανισμοί φέρουν εξωτερικό κάλυμα (μεγάλα Καρκινοειδή), για να απομακρυνθούν τα άλατα, διαφορετικά παρατηρούνται απώλειες σωματικών υγρών. Στη συνέχεια οι οργανισμοί αφυδατώνονται σε κλίβανο στους 60-70° C. Το δείγμα φυλάσσεται σε ψυγείο μέχρι τη μέτρηση. Πριν την ψύξη τοποθετείται σε ξηραντήρα για να φύγει η υγρασία. Στην περίπτωση της λυοφιλοποίησης, οι οργανισμοί (χωρίς φορμόλη) ψύχονται με υγρό άζωτο ή ξηρό πάγο και αποθηκεύονται στην κατάψυξη σε -20 μέχρι -40°C, μέχρι να λυοφιλοποιηθούν.

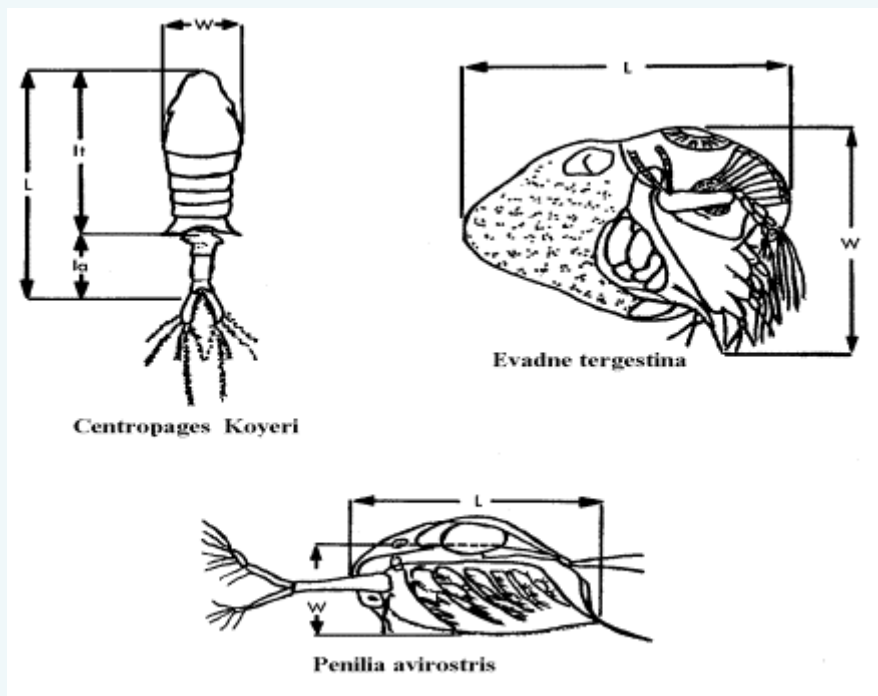
#### 4.3.4. Οργανική ύλη "Ash-free dry weight".

Το αφυδατωμένο δείγμα μετά το ξηρό βάρος αποτεφρώνεται στους 450-500°C. Η διαφορά βάρους πριν και μετά την αποτέφρωση ισούται με την οργανική ύλη.

Η καλύτερη έκφραση της βιομάζας του πλαγκτού είναι το ξηρό βάρος με προτίμηση την οργανική ύλη, ή το βάρος άνθρακα σε όχι μονιμοποιημένα δείγματα. Σφάλμα στις μεθόδους αυτές υπεισέρχεται από τις απώλειες σωματικών υγρών κατά τη διήθηση. Οι απώλειες είναι μεγάλες στους ζελατινώδεις οργανισμούς και αμελητέες στα Καρκινοειδή.

#### 4.4. Μήκος, όγκος και βάρος σώματος.

Το μέγεθος των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών είναι σημαντικό στην εκτίμηση της ηλικίας και του ρυθμού ανάπτυξης. Ο ρυθμός ανάπτυξης εκτιμάται από την αύξηση του μήκους του σώματος στο χρόνο. Η εκτίμηση του μήκους γίνεται στο στερεοσκόπιο με κατάλληλα διαβαθμισμένους φακούς, στο Visoran για μεγαλύτερη ακρίβεια ή με πρόγραμμα ανάλυσης εικόνας.



**Σχήμα 12.** Βιομετρικά – μορφολογικά χαρακτηριστικά οργανισμών του πλαγκτού. L=ολικό μήκος, It=μήκος κεφαλοθώρακα, la= μήκος κοιλίας, W=μέγιστο πλάτος.

Η σχέση μεταξύ μήκους (L) και βάρους (W) στους ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς εκφράζεται με τη σχέση:

$$W = a L^b \quad \text{ή} \quad \log W = \log a + b \log L$$

Η σχέση μεταξύ νωπού βάρους και όγκου είναι: 1 ml = 1 gr (το ειδικό βάρος των πλαγκτονικών οργανισμών είναι περίπου 1). Το a και b είναι σταθερές.

Το ξηρό βάρος ενός Κωπήποδου κυμαίνεται μεταξύ 1 και 3000 μg, γι'αυτό απαιτούνται ζυγοί μεγάλης ευαισθησίας όπως Mettler M3 ή Cahn 29.

#### 4.5. Χημική σύνθεση.

Οι μονιμοποιημένοι (με φορμόλη) οργανισμοί δεν προσφέρονται για χημική ανάλυση, γιατί με την φορμόλη αλλοιώνεται το οργανικό υλικό. Η καλύτερη μέθοδος συντήρησης είναι η λυοφιλοποίηση νωπών δειγμάτων που έχουν καταψυχθεί. Υπάρχουν διάφορες μεθοδολογίες για τον καθορισμό των πρωτεϊνών, των υδατανθράκων και των λιπιδίων. Η μέθοδος που απαιτεί τη μικρότερη ποσότητα δείγματος είναι εκείνη των Holland & Hannant(1973).

Οι τελικές μετρήσεις πραγματοποιούνται στο σπεκτροφωτόμετρο και ανάγονται βάσει πρότυπων καμπυλών.

##### 4.5.1. Πρωτεΐνες, Υδατάνθρακες, Λιπίδια.

###### \* Πρωτεΐνες.

Το πρωτεϊνικό περιεχόμενο στα Κωπήποδα κυμαίνεται από 24 ως 82 % του ξηρού βάρους. Χαμηλές τιμές εμφανίζονται σε εκείνα τα είδη που ζουν στα μεγάλα γεωγραφικά πλάτη και στα βαθιά νερά (χαμηλές θερμοκρασίες), ενώ υψηλό πρωτεϊνικό περιεχόμενο έχουν τα είδη στα μεσαία γεωγραφικά πλάτη (όπως η Μεσόγειος).

###### \* Λιπίδια.

Τα βιβλιογραφικά δεδομένα δίδουν ένα μεγάλο φάσμα τιμών για όλα τα γεωγραφικά πλάτη (2-73 % του ξηρού βάρους). Οι μεγάλες τιμές εμφανίζονται σε είδη του γένους *Calanus* που ζει σε ψυχρά νερά και σχηματίζει λιπιδιακές κύστες για να ανταπεξέλθει στις δυσμενείς συνθήκες. Η ποικιλότητα των τιμών οφείλεται στις συνθήκες διατροφής, την φυσιολογική κατάσταση και ηλικία των οργανισμών. Το πλείστο όμως των τιμών κυμαίνεται μεταξύ 8-12 % του ξηρού βάρους.

###### \* Υδατάνθρακες.

Οι ολικοί υδατάνθρακες στα Κωπήποδα είναι πολύ λίγοι και κυμαίνονται από 0,2 - 5,1 % του ξηρού βάρους του οργανισμού. Στα Καρκινοειδή το κύριο συστατικό του εξωσκελετού είναι η χιτίνη, ένας πολυσακχαρίτης συνδεδεμένος με γλυκοζαμίνη.

##### 4.5.2. Άνθρακας (C), Αζώτο (N), Υδρογόνο (H) και Φώσφορο (P).

Τα στοιχεία C, H, N μετρώνται συγχρόνως σε αυτόματο αναλυτή (ατομικός αεριοχρωματογράφος), η μικρότερη ποσότητα δείγματος είναι 1-3 mgr ξηρού βάρους.

Οι ποσότητες των C, H, N προέρχονται από το ανόργανο και κυρίως το οργανικό υλικό του δείγματος. Ο φώσφορος μετράται ως ανόργανα φωσφορικά, μετά από χώνευση του δείγματος σε οξύ (Szyper, 1976).

Η ποσότητα των υδατανθράκων είναι μικρή, γι'αυτό θεωρούμε ότι οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια είναι οι κύριοι φορείς των C, H, N, P.

Ο λόγος C/N είναι περίπου 4 και αυξάνει όσο μεγαλώνει ο λόγος λιπίδια/πρωτεΐνες. Οι πρωτεΐνες μπορούν να υπολογισθούν από το N πολλαπλασιάζοντας με 6,25.

Η σειρά αφθονίας των στοιχείων είναι C > N > H > P.

Η περιεκτικότητα σε N είναι αρκετά σταθερή και κυμαίνεται γύρω από το 10 % του ξηρού βάρους. Η περιεκτικότητα σε C ποικίλλει από 65 % του ξηρού βάρους (πολικές περιοχές), έως και πιο χαμηλά από 45 % (τροπικές και υποτροπικές περιοχές). Οι υψηλές τιμές C υποδηλώνουν μεγάλη συσσώρευση λιπιδίων στο σώμα.

#### 4.6. R.N.A, D.N.A και ATP.

##### \* R.N.A .

Το R.N.A είναι υπεύθυνο για τη μετάφραση της γενετικής πληροφορίας. Ο ρυθμός πρωτεϊνικής σύνθεσης είναι συνδεδεμένος με το περιεχόμενο R.N.A (Ριβονουκλεϊκό οξύ). Έχει παρατηρηθεί μεγάλη συσχέτιση μεταξύ της συγκέντρωσης σε R.N.A και του ρυθμού ανάπτυξης πολλών οργανισμών (από μικροοργανισμούς έως θηλαστικά). Για το λόγο αυτό ποσοτική ανάλυση του R.N.A (στα διάφορα προνυμφικά στάδια) χρησιμοποιείται για την εκτίμηση του ρυθμού ανάπτυξης των ζωοπλακτονικών οργανισμών. Το μέσο % ποσοστό R.N.A είναι περίπου 2 % του ξηρού βάρους.

##### \* D.N.A .

Το D.N.A είναι υπεύθυνο για τη διατήρηση της γενετικής πληροφορίας. Στα Κωπήποδα βρίσκεται σε ποσοστό 1,8 % περίπου του ξηρού βάρους. Το ποσοστό του R.N.A είναι μεγαλύτερο εκείνου του D.N.A.

##### \* A.T.P .

Η ενέργεια η οποία εκλύεται από τις μεταβολικές αντιδράσεις αποθηκεύεται ως A.T.P (τριφωσφορική αδενοσίνη). Το A.T.P αποτελεί το "ενεργειακό νόμισμα" του οργανισμού, παίρνοντας ενέργεια από τις εξώθερμες αντιδράσεις και προσφέροντάς την σε ενδόθερμες αντιδράσεις, ανάλογα με τη μεταβολική δραστηριότητα του οργανισμού.

Οι Skjoldal & Bamstedt (1977) συμπέραναν ότι το A.T.P του ζωοπλακτού σχετίζεται με την εποχιακή αναπαραγωγική δραστηριότητα. Το A.T.P μπορεί να θεωρηθεί σαν ένας ευαίσθητος δείκτης της φυσιολογικής κατάστασης του ζώου (αναπαραγωγική δραστηριότητα και φυσιολογικό stress).

Μέτρηση A.T.P . Οι οργανισμοί ζωντανοί θανατώνονται με Tris/HCl που βράζει (με την κατάψυξη χάνεται A.T.P). Το εκχύλισμα με το A.T.P κρύνει και 0,5 ml αυτού προστίθεται σε διάλυμα ένζυμου Luciferin-luciferase. Μετά από 60 sec γίνεται φωτομέτρηση (Holm - Hansen and Booth, 1966).

#### 4.7. Θερμιδομετρία.

Η θερμιδική αξία του ζωοπλακτού μπορεί να εκτιμηθεί από τις αναλύσεις του οργανικού υλικού.

	Ενεργειακοί συντελεστές
Πρωτεΐνες	4.2 cal/mgr
Λιπίδια	9.5 cal/mgr
Υδατάνθρακες	4.2 cal/mgr

Μπορούμε όμως να εκτιμήσουμε και άμεσα τη θερμική αξία με το θερμιδόμετρο (Βόμβα οξυγόνου).

Το δείγμα ξηραίνεται, ομογενοποιείται, συμπιέζεται και τοποθετείται σε δισκία αλουμινόχαρτου. Μετά τοποθετείται κατάλληλα στο θερμιδόμετρο, ώστε να αγγίζει το σύρμα πλατίνας και εκρήγνυται σε καθαρό οξυγόνο σε θερμοκρασία 500°C. Η ενέργεια που απελευθερώνεται από την έκρηξη του οργανικού υλικού καταγράφεται.

Το αποτέλεσμα εκφράζεται σε μονάδες cal/mgr ξηρού βάρους.

Για τα δείγματα του πλακτού συνιστάται η χρήση μικροθερμιδόμετρου Philipson που απαιτεί μικρές ποσότητες δειγμάτων (2-100 mgr ξηρού βάρους).



## 5. ΕΚΤΡΟΦΗ ΚΑΙ ΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΕΣ

### 5.1. Σκοπός - στόχοι εκτροφής.

Η ανάπτυξη των οργανισμών στο εργαστήριο, σε ελεγχόμενες συνθήκες αποσκοπεί:

- α) Στη μελέτη μορφολογίας και της φυσιολογίας των οργανισμών στα διάφορα στάδια του βιολογικού κύκλου.
- β) Στην εκτέλεση πειραμάτων (τοξικολογίας).
- γ) Στην εμπορική αξιοποίηση συγκεκριμένων οργανισμών (υδατοκαλλιέργειες).

Η ανάπτυξη ζωντανών οργανισμών στο εργαστήριο επιτρέπει τη διερεύνηση των ανοχών και των απαιτήσεων που παρουσιάζουν οι υδρόβιοι οργανισμοί στα διάφορα στάδια του βιολογικού τους κύκλου.

#### 5.1.1. Υλικό και μέτρα υγιεινής.

Το υλικό που χρησιμοποιείται για την ανάπτυξη ζωντανών οργανισμών στο εργαστήριο πρέπει να διατηρείται καθαρό και να μην είναι τοξικό. Η χρήση γυάλινων δοχείων ενδείκνυται.

Τα δοχεία και τα άλλα σκεύη πρέπει να αποστειρώνονται μετά από κάθε χρήση. Η αποστείρωση μπορεί να πραγματοποιηθεί είτε με κλίβανο, ή με αραιό διάλυμα 5-10% HCl (στη δεύτερη περίπτωση πρέπει να ξεπλύνουμε με απεσταγμένο νερό).

Όταν είναι αναγκαία η χρήση “πλαστικών” δοχείων, ακόμα και αν δεν είναι τοξικά, καλό είναι να “ουδετεροποιούνται” αφού βυθιστούν για μερικές ημέρες σε θαλασσινό νερό το οποίο πρέπει να ανανεώνεται κάθε 24 ώρες.

Τα δοχεία που χρησιμοποιούνται σε πειράματα τοξικότητας πρέπει να καθαρίζονται με χημική μέθοδο, ενώ εκείνα τα οποία έχουν έλθει σε επαφή με συντηρητικό δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται για την ανάπτυξη ζωντανών οργανισμών.

Οι χώροι όπου εξελίσσονται τα πειράματα πρέπει να διατηρούνται καθαροί. Πριν από την έναρξη, αλλά και κατά τη διάρκεια των παρατηρήσεων οι πάγκοι, οι εταζέρες κ.λ.π. πρέπει να καθαρίζονται με οινόπνευμα. Η χρήση U.V. συνιστάται πριν από την έναρξη των πειραμάτων.

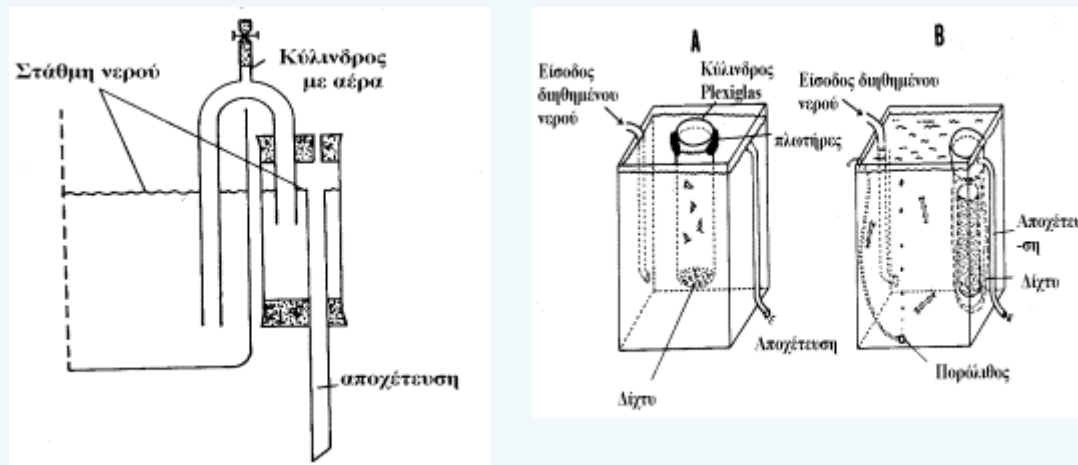
#### 5.1.2. Εγκαταστάσεις, βιοχώρος, συνθήκες λειτουργίας.

Οι προϋποθέσεις για την απρόσκοπτη ανάπτυξη των οργανισμών στο εργαστήριο είναι:

- α) Έλεγχος της θερμοκρασίας (χρήση θαλάμων σταθερής θερμοκρασίας ή υδατόλουτρων).
- β) Έλεγχος της φωτοπεριόδου.
- γ) Επάρκεια θαλασσινού νερού (ελεγχόμενης ποιότητας).
- δ) Δυνατότητα αερισμού των ενυδρείων (οξυγόνωση του νερού με αντλίες).
- ε) Δυνατότητα ανακύκλωσης του νερού των ενυδρείων (χρήση κατάλληλων φίλτρων).
- στ) Χορήγηση ανάλογα με τις απαιτήσεις των οργανισμών, της κατάλληλης ποσότητας τροφής.

Ένα από τα κρισιμότερα σημεία για την ανάπτυξη των υδρόβιων οργανισμών στο εργαστήριο, είναι ο βιοχώρος. Ο βιοχώρος που αναλογεί σε κάθε οργανισμό σχετίζεται από τον τύπο των παρατηρήσεων, τους οργανισμούς (μέγεθος, ηλικία, φυσιολογική κατάσταση, διατροφή, πυκνότητα πληθυσμού κ.λ.π.) και τους περιβαλλοντικούς παράγοντες (θερμοκρασία κ.λ.π.). Στην περίπτωση όπου προσφέρουμε στους οργανισμούς πλεόνασμα βιοχώρου δημιουργούνται προβλήματα στη σύλληψη των πειραματοζώων, τις παρατηρήσεις και φυσικά τη διατήρηση της ποιότητας του νερού σε επιθυμητά επίπεδα (μεγάλο κόστος).

Τα ακόλουθα σχήματα παρουσιάζουν διάφορους τύπους ενυδρείων για την ανάπτυξη - διατήρηση πλαγκτονικών οργανισμών.



Σχήμα 13. Μηχανισμός ελέγχου στάθμης νερού.

Οι περισσότεροι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί απαιτούν συνεχή χορήγηση τροφής, παρουσιάζουν φαινόμενα κανιβαλισμού (πρέπει να τοποθετούνται κατά μέγεθος) και δεν ανέχονται τις απότομες αλλαγές στις περιβαλλοντικές συνθήκες (θερμοκρασία, αλατότητα, φωτοπερίοδος κ.λ.π.)

## 5.2. Προϋποθέσεις εκτροφής.

Για την επιτυχή εκτροφή των πλαγκτονικών οργανισμών είναι απαραίτητος ο έλεγχος των ακόλουθων παραγόντων:

- |                     |                       |
|---------------------|-----------------------|
| - Ποιότητα νερού.   | - Διαλυμένο οξυγόνο   |
| - Θερμοκρασία       | - Φωτισμός            |
| - Αλατότητα         | - Τροφή               |
| - pH                | - Πυκνότητα πληθυσμού |
| - Μέγεθος ενυδρείων |                       |

### 5.2.1. Ποιότητα νερού.

Συνίσταται η χρήση θαλασσινού νερού από την ίδια περιοχή όπου προέρχονται και τα πειραματόζωα. Το νερό αυτό πρέπει να διηθείται με απλό διηθητικό χαρτί, ή με μεμβράνη (άνοιγμα πόρου 1μm) ανάλογα με τη χρήση του νερού. Στα ανακυκλούμενα συστήματα, το νερό πρέπει να περνά από φίλτρα που περιέχουν υαλοβάμβακα και άνθρακα.

Το φυσικό θαλασσινό νερό περιέχει διαλυμένη οργανική ουσία που μπορεί να αναστείλλει την ανάπτυξη των φυτικών και των ζωικών οργανισμών. Γι' αυτό το φυσικό θαλασσινό νερό πρέπει να διηθείται πριν από τη χρήση του από charcoal \* για την απομόνωση της οργανικής ύλης.

Πρέπει να συλλέγουμε μια φορά όλη την ποσότητα του νερού που απαιτείται για το σύνολο των παρατηρήσεων, να το διηθούμε (με κοινό διηθητικό χαρτί, ή από μεμβράνη G.F. - glass fiber ) και να το αποθηκεύουμε για τουλάχιστον ένα μήνα σε σκοτεινό και δροσερό μέρος. Τα δοχεία αποθήκευσης πρέπει να είναι από ουδέτερο (όχι τοξικό) υλικό.

Το "γερασμένο" νερό πριν τη χρήση του πρέπει να διηθείται, να αποστειρώνεται (30 λεπτά στους 80° C) και να οξυγονώνεται. Όταν χρησιμοποιούμε τεχνητό θαλασσινό νερό είναι καλό σ' αυτό να προσθέτουμε κατά το 1/4 ή το 1/3 φυσικό



θαλασσινό νερό (Lyman & Fleming, 1940, Tyler, 1953. Provasoli *et al.* 1957. Neunes & Rongolini, 1965). Το τεχνητό θαλασσινό νερό πρέπει να περιέχει τις ακόλουθες αναλογίες σε στοιχεία (βλέπε πίνακα) και να είναι απαλλαγμένο από μεγάλες συγκεντρώσεις τοξικών στοιχείων, π.χ. βαρέα μέταλλα.

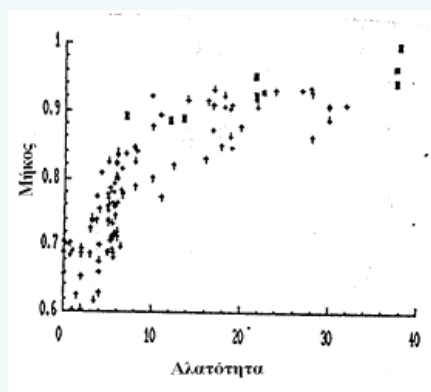
Πίνακας 2 : Συνθετικό θαλασσινό νερό ASP-M, σταθεροποιημένο στο 7.5 pH.		
Στοιχεία	Ποσότητα	Συγκέντρωση (mM)
NaCl	23.3 g	400
KCl	0.75 g	10
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	4.93 g	20
MgCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O	4.07 g	20
CaCl <sub>2</sub>	1.11 g	10
NaHCO <sub>3</sub>	0.17 g	2.0
H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub>	0.25 g	0.4
Distilled water	1000 ml	-

Για να περιορίσουμε την ανάπτυξη των βακτηρίων μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε αντιβιοτικά (πενικιλίνη, στρεπτομυκίνη), που όμως πολλές φορές επηρεάζουν την ανάπτυξη του ζωοπλαγκτού. Επίσης πρέπει να ελέγχουμε τη σωστή ποσότητα των βιταμινών και των άλλων ολιγοστοιχείων που είναι απαραίτητα στους ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς (Paffenhofers & Harris, 1979).

#### 5.2.2. Θερμοκρασία και αλατότητα.

Από τις παρατηρήσεις και τα πειράματα που έχουν πραγματοποιηθεί έχει τεκμηριωθεί η επίδραση της θερμοκρασίας και της αλατότητας στη θνησιμότητα, την ανάπτυξη και τη διατροφή του ζωοπλαγκτού. Κάθε ζωοπλαγκτονικός οργανισμός έχει τις δικές του “προτιμήσεις” στους παράγοντες θερμοκρασία - αλατότητα.

Γενικά τα ωκεάνια είδη έχουν μικρότερες ανοχές απ’ότι τα νηρητικά στις αλλαγές της θερμοκρασίας και αλατότητας (ιδιαίτερα στα προνυμφικά στάδια). Όταν μειώνεται η θερμοκρασία αυξάνει η διάρκεια του βιολογικού κύκλου (καθυστερεί η περίοδος ανάπτυξης). Όμως και η αλατότητα ρυθμίζει τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου. Ο Katona (1970) παρατήρησε ότι στους 14 °C η διάρκεια του βιολογικού κύκλου στο Κωπήποδο *Eurythemora herdmanni* ήταν 21 ημέρες σε αλατότητα 33 ‰ και 17 ημέρες σε αλατότητα 15 ‰. Επίσης το ολικό μήκος των κωπήποδων επηρεάζεται θετικά (αυξάνει με την αύξηση της αλατότητας σε “σταθερή” θερμοκρασία. (Gaudy *et al.* (1988)).



Διάγραμμα.2. Σχέση αλατότητας και μήκους στο Κωπήποδο *Acartia clausi*.

### 5.2.3. pH και οξυγόνο.

Το pH του θαλασσινού νερού θεωρείται ένας από τους κύριους παράγοντες που περιορίζουν το ρυθμό ανάπτυξης του πλαγκτού. Με εξαίρεση ορισμένα πρωτόζωα, οι υπόλοιποι οργανισμοί απαιτούν τιμές μεταξύ 7.0 και 8.5 .

Σημείωση: Όταν πραγματοποιούνται μικτές καλλιέργειες φυτοζωοπλαγκτού, πρέπει να ελέγχεται συχνά το pH.

Η περιεκτικότητα σε οξυγόνο πρέπει να διατηρείται κοντά στο σημείο κορεσμού, ιδιαίτερα όταν έχουμε μεγάλη πυκνότητα οργανισμών σε κλειστό κύκλωμα ενυδρείου. Ο οξυγονοκορεσμός επιτυγχάνεται με αερισμό των δοχείων (χρήση αντλιών αέρα).

### 5.2.4. Φως.

Η ποιότητα, η ένταση και η φωτοπερίοδος είναι από τις παραμέτρους που επηρεάζουν τις καλλιέργειες του ζωοπλαγκτού. Πολλοί επι- και μεσοζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί διαφοροποιούν τις βιολογικές τους δραστηριότητες (ρυθμός διατροφής, αναπνοή κ.λ.π) σε άμεση εξάρτηση με το φως. Έχει διαπιστωθεί ότι η φωτοπερίοδος επηρεάζει τον φυλοκαθορισμό του Κωπήποδου *Tisbe holothuriae* (Moraitou-Apostolourou *et al.* 1982), ενώ η ένταση του φωτός επηρεάζει το ρυθμό διατροφής του *Calanus* (Mullin & Brooks, 1967). Σε γενικές γραμμές παρατηρείται περιορισμένη βιβλιογραφία σχετικά με την επίδραση του φωτός (ποιοτική και ποσοτική) στο ζωοπλαγκτό.

### 5.2.5. Τροφή.

Η τροφή που χρησιμοποιείται στις καλλιέργειες διακρίνεται στις ακόλουθες κατηγορίες:

- \* Φυτοπλαγκτό από καλλιέργειες (κυρίως Διάτομα και Μαστιγωτά), ή μίγμα βακτηρίων, βλεφαριδοφόρων και φυτοπλαγκτού.
- \* Ζωοπλαγκτό από καλλιέργειες (Τροχόζωα, προνύμφες Μαλακίων, Κλαδοκεραιώτα, ναύπλιοι Θυσανοπόδων, κωπηποδίτες κ.λ.π).
- \* *Artemia salina* (κυρίως ναύπλιοι).
- \* Ιχθυάλευρα, μαγιά, σκόνη από σόγια, γαρίδες, κ.λ.π.
- \* Φυσικό ζωοπλαγκτό, νωπό ή κατεψυγμένο.

Στον ακόλουθο πίνακα παρουσιάζονται οι οργανισμοί που προσφέρονται σαν τροφή στους διάφορους τύπους καλλιεργειών με την ενεργειακή τους τιμή σε  $\mu\text{g C/}$  οργανισμό. (Mullin & Brooks, 1970).

## 5.3. Τεχνικές εκτροφής.

### α) Βακτήρια.

Τα Βακτήρια, αν και είναι κοινά στοιχεία όλων των φυσικών νερών, αποτελούν μικρό μέρος της τροφής του θαλάσσιου ζωοπλαγκτού. Η καλλιέργεια των βακτηρίων σαν τροφή του ζωοπλαγκτού περιλαμβάνει τα εξής στάδια:

- \* Δειγματοληψία Βακτηρίων από το φυσικό περιβάλλον.
- \* Καλλιέργεια σε στερεοποιημένο agar μέσα σε petri, σύμφωνα με τη μέθοδο των Buch & Cleverdon (1960).
- \* Απομόνωση Βακτηριακών αποικιών.
- \* Μεταφορά - καλλιέργεια υλικού από τις απομονωμένες αποικίες σε κατάλληλα εμπλουτισμένο υγρό περιβάλλον.
- \* Συλλογή των Βακτηρίων που αναπτύχθηκαν στις καλλιέργειες.

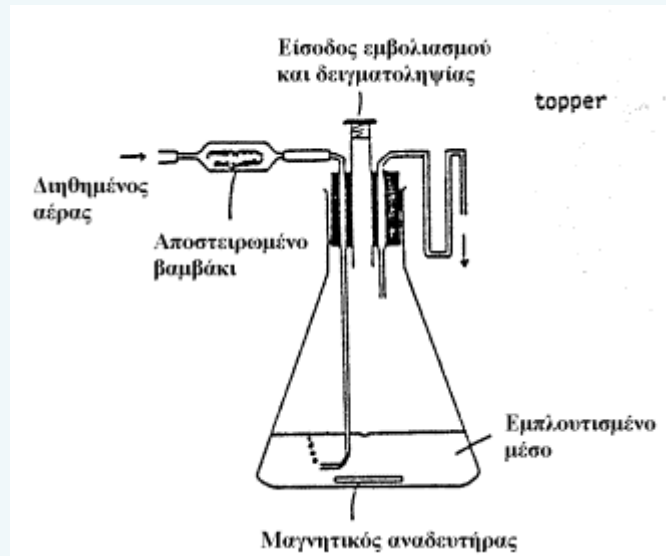
Πίνακας 3. Όγκος και περιεχόμενο άνθρακα σε πλαγκτονικούς οργανισμούς που καλλιεργούνται - εκτρέφονται.

Είδος	Όγκος ( $\mu\text{m}^3 \cdot \text{άτομ.}^{-1}$ )	Άνθρακας ( $\mu\text{g C} \cdot \text{άτομ.}^{-1}$ )
<i>Emiliana huxleyi</i>	14	3.7
	20	4.1
<i>Pavlova sp.</i>	50	6.1
<i>Isochrysis galbana</i>	80	5.1
<i>Thalassiosira pseudonana (T. guillardii)</i>	71	37
	77	27
	120	15
	168	19
	220	40
<i>Phaeodactylum tricornutum</i>	120	11
<i>Dunaliella tertiolecta</i>	300	43
	316	52
<i>Chaetoceros ceratosporum</i>	220	27
	390	48
<i>Chaetoceros septentrionalis</i>	310	100
<i>Skeletonema costatum</i>	110	120
	170	95
	312	33
<i>Dunaliella salina</i>	400	60
<i>Amphidinium carteri</i>	740	118
<i>Prorocentrum sp.</i>	780	125
<i>Syracosphaera elongata</i>	1380	229
	1610	267
<i>Syracosphaera carterae</i>	1250	196
	1760	168
<i>Thalassiosira weiss/logii</i>	1390	139
	1500	187
	1720	122
	1840	128
	2150	118
	2750	253
<i>Thalassiosira rotula</i>	3500	193
	4360	292
	3480	288
<i>Rhizosolenia setigera</i>	13200	820
	37000	1240
	174000	2140
	150000	3040
<i>Coscinodiscus centralis</i>	970000	73000
	1100000	89000
	3800000	84000
	3900000	75000
<i>Coscinodiscus concinus</i>	6200000	111000
	5290000	117000
<i>Coscinodiscus wailesii</i>	16000000	150000
<i>Brachionus plicatilis</i>	2260000	53300
	3100000	71000
<i>Artemia nauplius</i>	29800000	520000
	41000000	701000

Για τη διαχείριση των καλλιεργειών κάτω από εργαστηριακές συνθήκες είναι απαραίτητο, το θαλασσινό νερό και όλα τα σκεύη της καλλιέργειας των βακτηρίων να αποστειρώνονται στο αυτόκαυστο στους 120°C, σε πίεση 15 psi (ατμόσφαιρες), για 15 λεπτά. Η προτεινόμενη τεχνική ανάπτυξης Βακτηρίων είναι αυτή των Yasuda & Taga (1980) και αναφέρεται σε Βακτήρια που είναι κατάλληλα για τροφή Κωπηπόδων.

Casamino acids (χωρίς βιταμίνες), DIFCO	0.25 gr
Εκχύλισμα εδάφους	1.00 gr
Agar για βακτήρια	15.00 gr
Τεχνητό (ή παλαιό) θαλασσινό νερό	100.00 ml
pH περίπου 7,6	

Στο παραπάνω παρασκεύασμα εμβολιάζονται Βακτήρια και μετά από 3 μέρες σε σκοτάδι στους 20 °C, απομονώνονται μερικές αποικίες. Οι αποικίες μεταφέρονται σε κωνικές φιάλες των 125 ml, για 5 έως 7 ημέρες, σε θερμοκρασία 20 °C και στο θρεπτικό υλικό 2216<sup>E</sup>, ή σε κάποιο αντίστοιχο, όπως εκείνο των (Yasuda & Taga 1980), βλέπε σχήμα .



Σχήμα 14. Αναπαράσταση καλλιέργειας Βακτηρίων.

#### Medium 2216 E

Bacto-peptone 5.0 gr  
 Bacto-yeast extract 1.0 gr  
 FePO<sub>4</sub> 0.1 gr  
 Θαλ. Νερό 1000 ml  
 pH 7,6

#### Medium Yasuda & Taga

Ammonium sulfate 0.5 gr  
 Glucose 1.0 gr  
 K<sub>2</sub>HPO<sub>4</sub> 0.005gr  
 Τεχνητό θαλ. νερό 1000 ml  
 pH 7,7

Όταν η καλλιέργεια βρίσκεται σε εκθετική φάση, τα κύτταρα συγκεντρώνονται με φυγοκέντρηση σε 4000 έως 12000 στροφές αποστειρωμένο θαλασσινό νερό και προσφέρονται σε συγκεκριμένες συγκεντρώσεις σαν τροφή στα δοχεία με τις καλλιέργειες των Κωπηπόδων.

(\*) Περίπου ίσα βάρη από χώμα κήπου (που δεν έχει πρόσφατα λιπανθεί, και στον οποίο δεν έχουν χρησιμοποιηθεί γεωργικά φάρμακα) και αποσταγμένου νερού αποστειρώνονται σε αυτόκαυτο (120 °C, 15 psi, 1 ώρα) και αφήνονται να ηρεμήσουν για 1-2 μέρες.

Το υπερκείμενο διάλυμα διηθείται από μεμβράνη (άνοιγμα πόρων 0.8 -1.0 μ) αποστειρώνεται και πάλι αν είναι αναγκαίο και διατηρείται στο ψυγείο.

#### β) Φυτοπλαγκτό.

Τα φυτοπλαγκτονικά κύτταρα που αναφέρονται είναι οργανισμοί που αποτελούν τροφή κυρίως των κωπηπόδων. Όπως και στην καλλιέργεια των βακτηρίων, όλα τα σκεύη που είναι απαραίτητα για την ανάπτυξη των φυτοπλαγκτονικών οργανισμών πρέπει να αποστειρώνονται στο αυτόκαυτο. Το θαλασσινό νερό που

χρησιμοποιούμε πρέπει να διηθείται (μεμβράνες με πόρους 0.8 μ). Οι καταλληλότερες συνθήκες για την ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού είναι οι ακόλουθες: α) θερμοκρασία 18°C , β) εναλλαγή φωτισμού: 12 ώρες φως και 12 σκοτάδι, γ) ένταση φωτισμού 2000-3500 lux. (με λάμπες φθορισμού), δ) το θρεπτικό υλικό για την ανάπτυξη των οργανισμών είναι το ακόλουθο (αναλογίες για κάθε 1 lit καλλιέργειας θαλασσινού νερού), (Guillard, 1975).

Πίνακας 4. Σύνθεση θρεπτικού υλικού για την ανάπτυξη φυτοπλαγκτού στο θαλασσινό νερό. (Βερροϊόπουλος, 1979).

Σε κάθε lit θαλασσινού νερού περιέχονται :

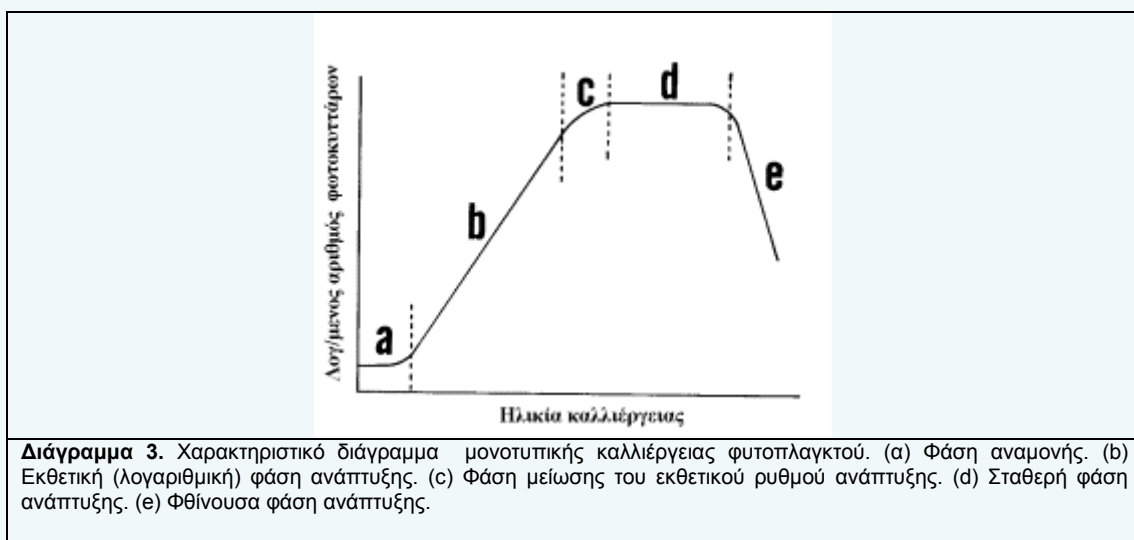
	ΔΙΑΛΥΜΑ			Σε 1lit θαλ.νερό
NaNO <sub>3</sub>	1,5	gr/50ml	άπεσταγμένου H <sub>2</sub> O	5ml
NaH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> ·4H <sub>2</sub> O	1	gr/100ml	" "	1ml
FeCl <sub>3</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,63	gr/100ml	" "	1ml
E.D.T.A.NaFe	0,081	gr/100ml	" "	1ml
Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> ·9H <sub>2</sub> O	3	gr/50ml	" "	1ml
MnCl <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O	0,036	gr/100ml	" "	1ml
CuSO <sub>4</sub> ·5H <sub>2</sub> O	0,019	gr/100ml	" "	0,1ml
ZnSO <sub>4</sub> ·7H <sub>2</sub> O	0,044	gr/100ml	" "	0,1ml
CoCl <sub>2</sub> ·6H <sub>2</sub> O	0,020	gr/100ml	" "	0,1ml
Na <sub>2</sub> MoO <sub>4</sub> ·2H <sub>2</sub> O	0,0126	gr/100ml	" "	0,1ml
Thiamine HCl	0,2	gr/100ml	" "	0,1ml
Biotine	0,005	gr/500ml	" "	0,1ml
Bi <sub>2</sub>	0,005	gr/500ml	" "	0,1ml

Η ανάπτυξη του φυτοπλαγκτού σε εργαστηριακές συνθήκες επιτυγχάνεται με μονοτυπικές καλλιέργειες και με τη χρήση δοχείων όπως το σχήμα 15. Όταν προσφέρουμε τα φυτοκύτταρα σαν τροφή, τα συμπυκνώνουμε με διήθηση, ή ελαφρά φυγοκέντρωση.

Οι καλλιέργειες πρέπει να προσφέρονται σαν τροφή μόνο στην εκθετική τους φάση ανάπτυξης. Στην περίπτωση που θα χρησιμοποιήσουμε σαν τροφή καλλιέργειες παλαιότερες των 10 ημερών (σε σχέση με τις συγκεκριμένες συνθήκες ανάπτυξης), αυτές αναπτύσσουν τοξίνες ικανές να αλλοιώσουν τη συμπεριφορά των κωπητόδων, ή και να τα θανατώσουν.

#### γ) Βλεφαριδοφόρα.

Τα Βλεφαριδοφόρα, αντιπροσωπεύουν μια τάξη οργανισμών η οποία τρέφεται με βακτήρια, φυτοπλαγκτό και άλλους μικροοργανισμούς. Με τη σειρά τους αποτελούν τροφή μεγαλύτερων οργανισμών, όπως τα κωπήποδα. Λόγω της αριθμητικής τους αφθονίας στη θάλασσα παίζουν σημαντικό ρόλο στη θαλάσσια τροφική αλυσίδα.



Συνήθως δεν χρησιμοποιούνται πειραματικά σαν τροφή του μέσο- και μακροζωοπλαγκτού. Αυτό οφείλεται κυρίως στη δυσκολία ανάπτυξης σε εργαστηριακές συνθήκες και στην έλλειψη ταξονομικής ταυτότητας, εκτός από ορισμένα είδη παράκτιων περιοχών.

Οι Hamilton & Preslan (1969) απομόνωσαν και καλλιέργησαν το βλεφαριδοφόρο *Uronema sp.* (από ωκεάνια περιοχή) στους 20 °C, σε ημίφως, σε pH 7.8, σε αλατότητα 17-43 ‰ και τρέφοντας τα βλεφαριδοφόρα με βακτήρια από την ίδια περιοχή προέλευσης. Τα βακτήρια αναπτύχθηκαν σε medium 2216 E.

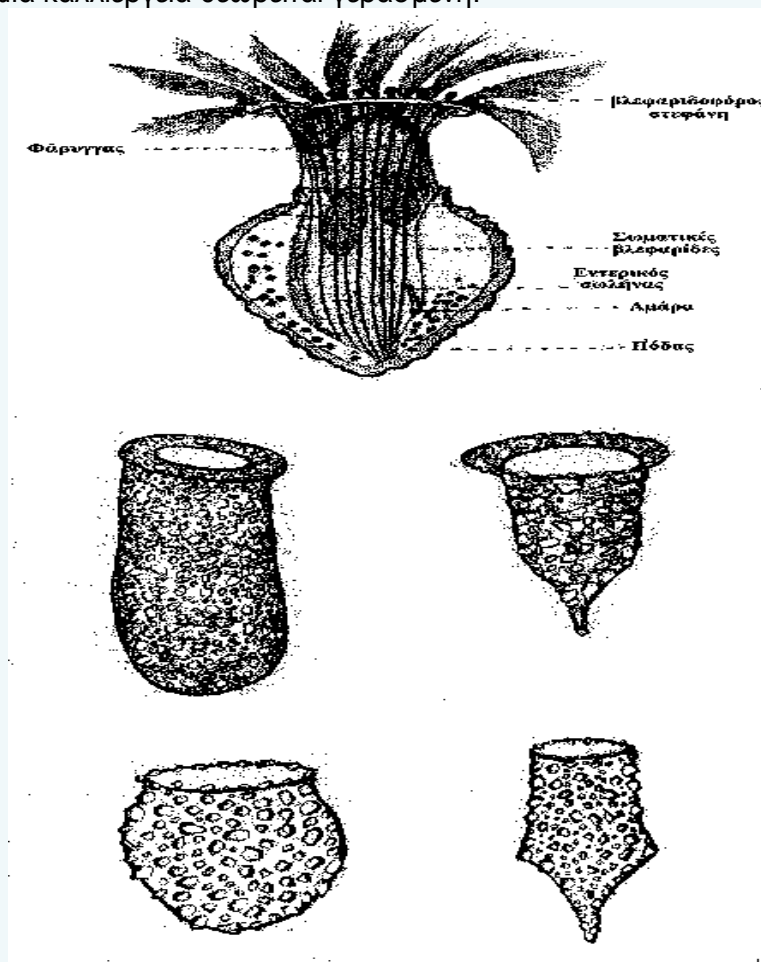
Οι καλλιέργειες ανανεώνονται εβδομαδιαία σε 150 ml βακτηριακού αιωρήματος (100.000.000 κύτταρα/ ml) και μέσα σε κωνικές φιάλες των 250 ml, όπου η πυκνότητα του πληθυσμού των βλεφαριδοφόρων αυξάνει από 1000 σε 10.000 οργανισμούς / ml μετά από 40 περίπου ώρες.

Ο Gold (1968, 1971) καλλιέργησε το βλεφαριδοφόρο *Tintinnopsis beroidea* που απομόνωσε από φυσικό θαλασσινό νερό και τοποθέτησε σε petri. Η διατροφή των οργανισμών περιελάμβανε μικρή ποσότητα μαγιάς και Δινομαστιγωτών (κάθε 2-3 ημέρες). Χρησιμοποιήθηκε μίγμα πενικιλίνης και στρεπτομυκίνης για τον έλεγχο της αύξησης των βακτηρίων. Τα δοχεία με τους οργανισμούς ήταν τοποθετημένα σε σκοτεινό περιβάλλον στους 10-12 °C. Όταν η παραγωγή ήταν ικανοποιητική μεταφερόταν σε φιάλες των 500 ml που περιείχαν 100 ml με θρεπτικό υλικό καλλιέργειας (βλέπε πίνακα) και τροφή.

**Πίνακας 5:** Θρεπτικό μέσο για τη διατήρηση του *Tintinnopsis beroidea*

Υλικά	Ποσότητα	Υλικά	Ποσότητα
NaCl	18 g	Na <sub>2</sub> SiO <sub>3</sub> 9H <sub>2</sub> O	0.2 g
MgSO <sub>4</sub> 7H <sub>2</sub> O	5 g	Metals mix <sub>6</sub>	1 ml
KCl	0.6 g	TRIS	0.5 g
Ca (as Cl)	0.1 g	Distilled water	1000 ml
NaNO <sub>3</sub>	0.5 g		
K <sub>2</sub> HPO <sub>4</sub>	30 mg	pH 7.5 –7.8	
<i>Gold (1968)</i>			
Σε 1 ml μίγματος περιέχονται Na <sub>2</sub> EDTA (10 mg). FeCl <sub>3</sub> 6H <sub>2</sub> O (0.5 mg). H <sub>3</sub> BO <sub>3</sub> (10 mg). MnCl <sub>2</sub> 4H <sub>2</sub> O (1.5 mg). ZnCl <sub>2</sub> (0.1 mg) and CoCl <sub>2</sub> 6H <sub>2</sub> O (0.05 mg).			

Η καλλιέργεια των Βλεφαριδοφόρων αναπτύχθηκε στους 10°C και με φωτοπερίοδο 18 ώρες φως και 6 ώρες σκοτάδι. Η χαμηλή θερμοκρασία είναι απαραίτητη για την ανάπτυξη των Tintinidae. Η συνήθης πυκνότητα μιας μη γερασμένης καλλιέργειας ήταν πάνω από 1000 κύτταρα/ ml. Μετά από 3-4 εβδομάδες, μια καλλιέργεια θεωρείται γερασμένη.



Σχήμα 15. Δομή και μορφή Βλεφαριδοφόρων.

#### δ) Τροχόζωα.

Τα περισσότερα Τροχόζωα είναι του γλυκού νερού. Οι οργανισμοί συλλέγονται με μικρό δίκτυο πλαγκτού και συγκεντρώνονται χάρη στο θετικό φωτοτακτισμό τους. Απομονώνονται με τη βοήθεια πιπέτας και προσφέρονται σαν τροφή στα Καρκινοειδή και τις προνύμφες των ψαριών στις υδατοκαλλιέργειες. Το τροχόζωο *Brachionus plicatilis* (από τα πλέον εύχρηστα πειραματόζωα) μπορεί να αναπτυχθεί σε εργαστηριακές συνθήκες με την ακόλουθη διαδικασία.

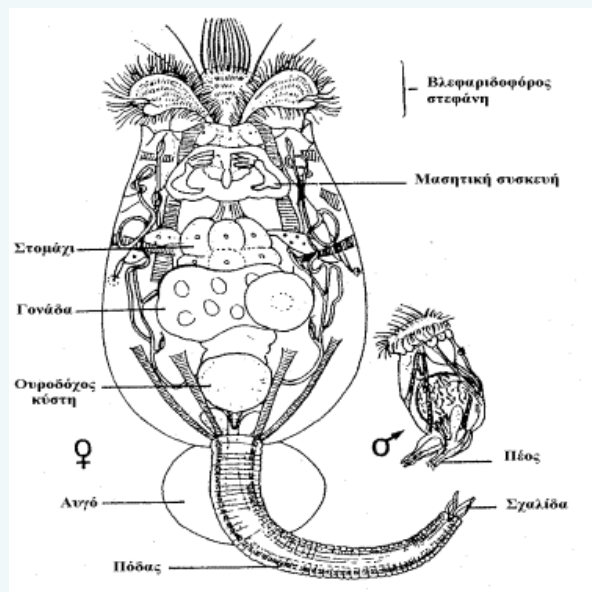
- Καλλιέργειες (μητρικές). Σε δοχεία των 500 -1000 ml γεμάτα με θαλασσινό νερό αλατότητας 25-33‰ , όπου τοποθετούμε μερικά άτομα *Brachionus*.
- Απαιτείται αερισμός και ήρεμη ανάδευση του νερού σε θερμοκρασία μεταξύ 10 και 20 °C.
- Η χορηγούμενη τροφή είναι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί (*Chlorella*, *Dunaliella*, *Tetraselmis*) σε πυκνότητα 100.000 έως 1.000.000 κύτταρα/ ml/ μέρα. Επίσης η μαγιά θεωρείται καλής ποιότητας τροφή.



- Όταν η πυκνότητα των *Brachionus* στις καλλιέργειες μπορεί να ξεπεράσει τα 20-30 άτομα/ ml, τότε συλλέγονται και τοποθετούνται σε δοχεία μαζικής καλλιέργειας (1 τόνος).
- Η πυκνότητα των *Brachionus* στις καλλιέργειες μπορεί να ξεπεράσει τα 1000 άτομα/ ml. Μετά την πυκνότητα των 200 ατόμων/ ml χορηγείται σαν τροφή.

Σύμφωνα με τους Furukawa & Hidaka (1973) είναι δύσκολο να αυξηθεί η πυκνότητα του *Brachionus* πάνω από 200 άτομα/ ml, όταν τρέφεται με *Chlorella*. Η υψηλή συγκέντρωση *Chlorella* προκαλεί αύξηση του pH και περιορίζει τη αναπαραγωγή του τροχόζωου.

Ο εμπλουτισμός της τροφής με ιχθυέλαια που είναι πλούσια σε πολυακόρεστα λιπαρά οξέα, η διατήρηση του pH σε 7,1 έως 7,5 και σε θερμοκρασία 11-17 °C , είναι δυνατό να επιτύχουμε συγκεντρώσεις *Brachionus* 1200 άτομα/ ml.



Σχήμα 16. Δομή *Brachionus*.

#### ε) *Artemia*

Η αξιοποίηση των ναυπλίων της *Artemia sp.* σαν τροφή των προνυμφών των ψαριών στις υδατοκαλλιέργειες είναι γνωστή.

Ο οργανισμός έχει τη δυνατότητα να αναπαραχθεί με ωοτοκία (σε υψηλές αλατότητες) και με ωοζωοτοκία (σε χαμηλές αλατότητες). Στην περίπτωση της ωοτοκίας και ανάλογα με τις περιβαλλοντολογικές συνθήκες έχουμε παραγωγή δύο τύπων αυγών, εκείνα με μαλακό κέλυφος και τις κύστεις (αυγά με σκληρό κέλυφος), τα οποία διατηρούνται για μακρό χρονικό διάστημα και εκτός νερού.

Όταν οι κύστεις τοποθετηθούν σε θαλασσινό νερό αλατότητας 38‰, θερμοκρασίας 25-30 °C και σε φωτοπερίοδο 12 ωρών, η εκκόλαψη επιτυγχάνεται σε 30 περίπου ώρες. Το ποσοστό εκκόλαψης μπορεί να ξεπεράσει το 70% των αυγών όταν αυτά είναι σε καλή κατάσταση. Στα δοχεία εκκόλαψης είναι απαραίτητος ο



αερισμός και η ανάδευση του νερού (για να μην κολλούν τα αυγά στα τοιχώματα του δοχείου).

Οι ναύπλιοι παρουσιάζουν θετικό φωτοτροπισμό γι' αυτό και μπορούμε να τους συλλέξουμε εύκολα με τη βοήθεια πιπέτας. Η τροφή που τους αρμόζει είναι φυτοπλαγκτό *Chlorella*, *Chlamydomonas*, σκόνη σόγιας, ή μαγιά.

Ο χρόνος ωρίμανσης των ατόμων είναι περίπου 40 έως 60 ημέρες και τα ώριμα άτομα φθάνουν σε μήκος τα 7 mm.



Σχήμα 17. Προνυμφικές μορφές και ώριμα άτομα *Artemia* sp.

## 6. ΔΙΑΤΡΟΦΗ.

### 6.1. Τρόποι διατροφής.

Ανάλογα με τον τρόπο διατροφής οι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί διακρίνονται σε φυτοφάγους, σαρκοφάγους και παμφάγους.

Οι όροι “μονοφάγος” και “πολυφάγος” αναφέρονται αντίστοιχα στην προτίμηση που παρουσιάζει ο θηρευτής σε ένα ή πολλά είδη οργανισμών.

Μια απλή μέθοδος ελέγχου του τρόπου διατροφής είναι η ανάλυση του στομαχικού περιεχομένου που όμως παρουσιάζει διάφορες δυσκολίες όπως: εύκολη αποσύνθεση της τροφής, δυσκολίες αναγνώρισης αλλοιωμένης τροφής, τεχνική δυσχέρεια απομόνωσής της από τον πεπτικό σωλήνα, ή τα κόπρανα.

Άλλη μέθοδος ελέγχου του τρόπου διατροφής είναι η εξέταση των στοματικών εξαρτημάτων, τα οποία είναι διαφορετικά στους φυτοφάγους απ’ότι στους σαρκοφάγους ή τους παμφάγους οργανισμούς.

Ένας τελευταίος τρόπος είναι η χορήγηση διαφόρων “κατηγοριών” ζωντανής τροφής και ο έλεγχος μετά από μερικές ώρες. Στην περίπτωση που χορηγούμε ζωντανή τροφή έχουμε τη δυνατότητα να χρησιμοποιήσουμε 14 C ή 3H (Smith *et al.* 1979).

Από το σύνολο των σχετικών με τη διατροφή του ζωοπλαγκτού παρατηρήσεων (Lebour, 1922, 1923. Raymont, 1963. Mullin, 1966. Harbison *et al.* 1978. Fauchald & Jumars, 1979. Reeve & Walter, 1978. Petipa, 1979) διακρίνονται τα ακόλουθα :

Μέδουσες	Κυρίως παμφάγοι, ορισμένοι όπως τα <i>Rhizostomidae</i> τρέφονται με φυτο- και μικροζωοπλαγκτό.
Κτενοφόρα	Σαρκοφάγα (από μικρά Κωπήποδα, έως προνύμφες ψαριών και ευφασεώδη). Το Βεγοε καταναλώνει μεγάλες ποσότητες άλλων μικρότερων κτενοφόρων.
Ετερόποδα.	Σαρκοφάγοι.
Πτερόποδα	Παμφάγοι ή σαρκοφάγοι.
Πολύχαιτοι	Όλοι οι ολοπλαγκτονικοί πολύχαιτοι είναι σαρκοφάγοι με εξαίρεση τα Ροεοβιidae.
Κλαδοκεραιωτά	Το <i>Penilia avirostris</i> είναι φυτοφάγο, ενώ το <i>Evadne</i> και το <i>Podon</i> τρέφονται με μικροζωοπλαγκτό.
Οστρακώδη	Είναι κυρίως παμφάγοι. Το <i>Conchoecia</i> τρέφεται με κωπήποδα και κόπρανα. Τα οστρακώδη των βαθέων υδάτων, όπως το <i>Gigantocypris</i> που θεωρείται κυρίως σαρκοφάγο.
Κωπήποδα	Τα <i>Calanidae</i> και <i>Eucalanidae</i> θεωρούνται παμφάγα φυτοφάγα.
Μυσιδώδη	Κυρίως παμφάγα. Αυτά που ζουν κοντά στις ακτές τρέφονται με οργανικό υλικό που αιωρείται.
Αμφίποδα	Τυπικά σαρκοφάγοι οργανισμοί. Μερικοί όπως το <i>Phronima</i> εκκρίνουν μια ζελατινοειδή ουσία για να συλλάβουν την τροφή τους.
Ευφασεώδη	Τα γένη <i>Nematoscelis</i> , <i>Nematobrachium</i> & <i>Stylocheiron</i> . Τα είδη της Ανταρκτικής που αποτελούν το krill, όπως το <i>Euphausia superba</i> , είναι κυρίως φυτοφάγα, αλλά μπορούν να τραφούν και από

	μικροζωοπλαγκτό.
Χαιτόγναθοι.	Τυπικά σαρκοφάγοι οργανισμοί.
Κωπηλάτες	Τρέφονται με φυτοπλαγκτό, αιωρούμενο οργανικό υλικό και βακτήρια.
Βυτιοειδή	Είναι Παμφάγοι οργανισμοί.

Σημείωση: Τα τελευταία χρόνια αρχίζει να επικρατεί η άποψη ότι οι περισσότεροι πλαγκτονικοί οργανισμοί είναι παμφάγοι και μπορούν να καλύψουν τις τροφικές τους ανάγκες με ό,τι τους προσφέρεται.

## 6.2. Μονάδες εκτίμησης του ρυθμού διατροφής.

Ο ρυθμός διατροφής εκτιμάται με βάση τις ακόλουθες μονάδες.

- Τάχος διήθησης “Filtration rate”. Αναφέρεται στην ποσότητα νερού που διηθεί ο οργανισμός σε συγκεκριμένο χρόνο. Το τάχος διήθησης χρησιμοποιείται σαν μονάδα στους καταβροχθιστές του φυτοπλαγκτού.
- Ρυθμός βόσκησης “Grazing rate”. Αναφέρεται στον αριθμό των φυτοκυττάρων που καταναλώνει κάθε φυτοπλαγκτονοφάγος οργανισμός ανά μέρα, ή ώρα.
- Ρυθμός θήρευσης “Predation rate”. Αναφέρεται στον αριθμό των ζωικών οργανισμών που καταναλώνουν ανά μέρα, ή ώρα οι σαρκοφάγοι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί.
- Ρυθμός αφομοίωσης. Αναφέρεται στο βάρος, ή το θερμιδικό περιεχόμενο της τροφής που αφομοιώνεται από τον θηρευτή ανά μέρα, ή ώρα.

Σημείωση: Είναι υποχρεωτικός ο έλεγχος των μεταβολικών προϊόντων.

## 6.3. Μέθοδοι εκτίμησης διατροφής.

Για να προσδιορισθεί ο τρόπος και ο ρυθμός διατροφής είναι απαραίτητες οι παρατηρήσεις σε ζωντανούς οργανισμούς.

Στα πειράματα αυτά πρέπει να ελέγχεται η ποιότητα και η ποσότητα (συγκέντρωση) της χορηγούμενης τροφής, ο αριθμός και η κατάσταση των θηρευτών, ο βιοχώρος (όγκος νερού / άτομο), ο χρόνος πειραματισμού.

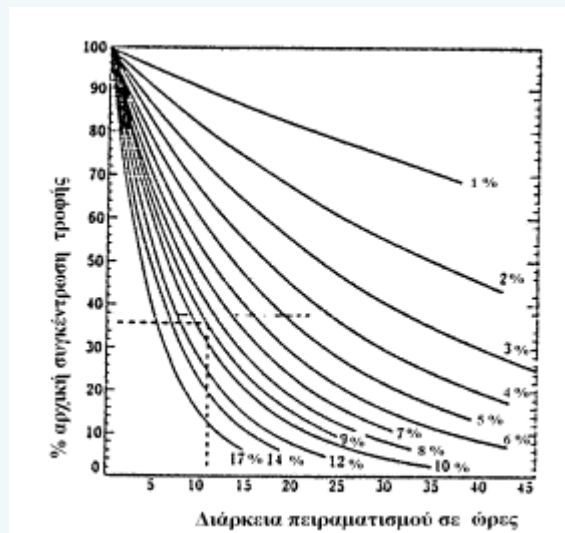
### 6.3.1. Μέθοδος ισολογισμού.

(Χρησιμοποιείται σε φυτοφάγους οργανισμούς).

Συνθήκες πειράματος. Οι οργανισμοί τοποθετούνται σε κωνικές φιάλες με σμηρισμένο πώμα, οι οποίες κατά τη διάρκεια του πειράματος που διαρκεί 24 ώρες στρέφονται έτσι ώστε να αναδεύεται το περιεχόμενό τους. Είναι απαραίτητο να γνωρίζουμε την ποιοτική- ποσοτική σύσταση της προσφερόμενης τροφής, καθώς και εκείνη των θηρευτών. (οι φιάλες τοποθετούνται στο σκοτάδι για να μην πολλαπλασιάζεται το φυτοπλαγκτό που προσφέρεται σαν τροφή).

Η καταναλωθείσα τροφή (αριθμός φυτοκυττάρων) εκτιμάται με τους ακόλουθους τρόπους: Αιματοκυτταρόμετρο, Ανάστροφο μικροσκόπιο, Μετρητής αιωρούμενων σωματιδίων “Coulter counter”, Χλωροφύλλη.

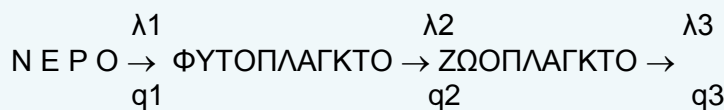
Ο ρυθμός με τον οποίο τρέφονται οι οργανισμοί επηρεάζεται από τη συγκέντρωση και την ποιότητα της προσφερόμενης τροφής, τους περιβαλλοντολογικούς παράγοντες (θερμοκρασία, αλατότητα κ.λ.π), τον αριθμό των πειραματοζώων (πυκνότητα πληθυσμού) και τη φυσιολογική κατάσταση των οργανισμών (ενήλικα, νηστικά, κ.λ.π). (Paffenhof, 1971. Διάγραμμα 4).



**Διάγραμμα. 4.** Τα διαγράμματα παρουσιάζουν τη διαφοροποίηση (%) του ρυθμού διήθησης σε σχέση με το χρόνο πειραματισμού (σε ώρες) και την ποσότητα τροφής

### 6.3.2. Χρήση ιχνοστοιχείων.

Συνήθως χρησιμοποιείται το  $^{14}\text{C}$ , ή το  $^{32}\text{P}$  (Marshall & Orr, 1955a, 1955c) τα οποία μας επιτρέπουν να υπολογίσουμε με ακρίβεια το ρυθμό διατροφής (filtration, grazing και ingestion rate) των ζωοπλακτονικών οργανισμών σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση :



- όπου:
- q1      q2      q3      Η ειδική δραστηριότητα του ιχνοστοιχείου στο νερό, το φυτοπλαγκτό και το ζωοπλαγκτό.
  - λ1      Ο ρυθμός πρόσληψης του ιχνοστοιχείου στο φυτοπλαγκτό
  - λ2      Ο ρυθμός πρόσληψης του ιχνοστοιχείου στο ζωοπλαγκτό από το φυτοπλαγκτό.
  - λ3      Ο ρυθμός αποβολής του ιχνοστοιχείου στο ζωοπλαγκτό από τις εκκρίσεις.

### 6.3.3. Παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό διατροφής.

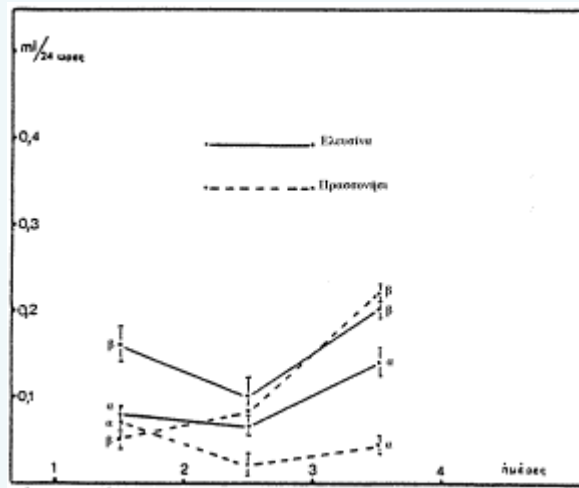
Οι παράγοντες που επηρεάζουν τον ρυθμό διατροφής των ζωοπλακτονικών οργανισμών είναι :

- A) Η ποσότητα (συγκέντρωση) και η ποιότητα της προσφερόμενης τροφής.
- B) Η φυσιολογική κατάσταση των οργανισμών.
- Γ) Οι περιβαλλοντολογικοί παράγοντες.

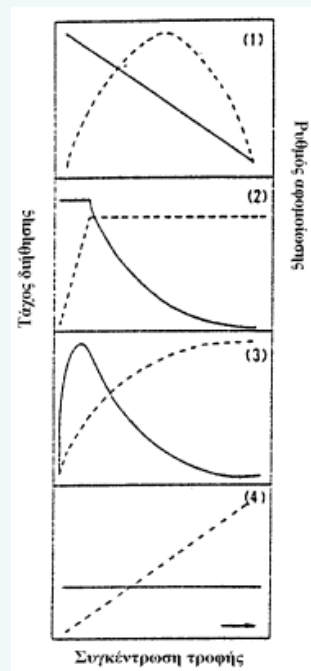
A) Η ποσότητα (συγκέντρωση) της προσφερόμενης τροφής επηρεάζει τον ρυθμό διήθησης και το ποσοστό αφομοίωσής της από στους ζωοπλακτονικούς οργανισμούς (Διαγράμματα 5 και 6, Πίνακας 6).

Πίνακας 6. Η κατανάλωση τροφής που παρουσιάζει το κωπήποδο *Acartia clausi* σε σχέση με την ποσότητα της προσφερόμενης τροφής και την προέλευση των πειραματοζώων. Βερροϊόπουλος, 1979).

Συγκέντρωση τροφής	Περιοχή Δειγματοληψίας	Ἡ συνολικὴ κατανάλωση γιὰ 4 ἡμέρες Ἐπὶ βάρους $\times 10^{-8}$ $\mu\text{gr.}$	Μέγιστες τιμές πού παρατηρήθηκαν σὲ 24 ὥρες. Ἐπὶ βάρους $\times 10^{-8}$ $\mu\text{gr.}$
200.000 κυτ./ml.	Ἐλευσίνα	4.620 $\pm$ 713	2.005 $\pm$ 241
	Πρασσονήσι	3.826 $\pm$ 508	1.600 $\pm$ 178
50.000 κυτ./ml.	Ἐλευσίνα	1.162 $\pm$ 174	535 $\pm$ 110
	Πρασσονήσι		979 $\pm$ 87
1.000 κυτ./ml.	Ἐλευσίνα	24 $\pm$ 5	13 $\pm$ 2
	Πρασσονήσι	25 $\pm$ 5	13 $\pm$ 2



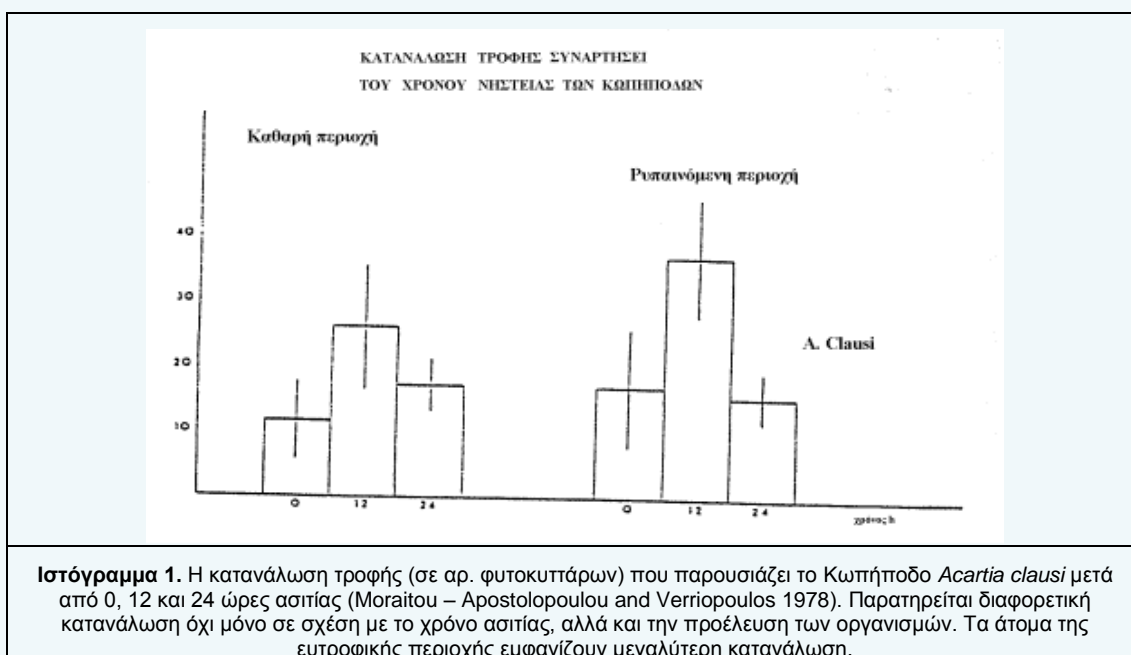
**Διάγραμμα. 5.** Τάχος διήθησης του Κωπήποδου *Acartia clausi* την 1/11/1977 στις συγκεντρώσεις των (α) 200.000 κυτ./ml και (β) 50.000 κυτ./ml. Χρησιμοποιήθηκαν 200 άτομα. Μέση θερμοκή περίοδος. Ελευσίνα = Ευτροφική περιοχή. Πρασονήσι = Μη ευτροφική περιοχή. (Βερροϊόπουλος, 1979).



**Διάγραμμα.6.** Τάχος διήθησης και αφομοίωσης Κωπήπόδων, σε σχέση με την συγκέντρωση της προσφερόμενης τροφής.

Η ποιότητα επίσης επηρεάζει το ρυθμό διατροφής. π.χ. οι γερασμένες φυτοπλαγκτονικές καλλιέργειες παράγουν συχνά τοξίνες που διαφοροποιούν τη συμπεριφορά του ζωοπλαγκτού (επιφέρουν και θάνατο). Οι φυτοπλαγκτονικοί οργανισμοί που δημιουργούν αλυσίδες, αφενός αυξάνουν τη διαθεσιμότητα της τροφής, αφετέρου δυσκολεύουν την προσληψή της μέσα από τα “μικρά” στοματικά εξαρτήματα.

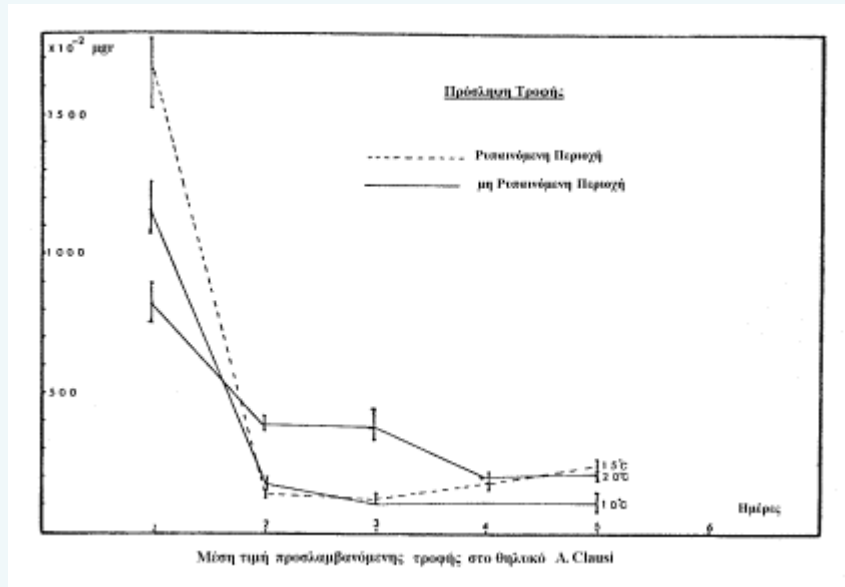
Β) Η διατροφή των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών επηρεάζεται : Από την ηλικία (στάδιο ανάπτυξης) του οργανισμού. Τη μεταβολική του κατάσταση (ηρεμία, στρες, αστία, κλπ.). Τις περιβαλλοντικές συνθήκες που αναπτύχθηκε ο οργανισμός



Γ) Οι συνθήκες του περιβάλλοντος, φωτισμός, θερμοκρασία, αλατότητα (Διάγραμμα 7) επηρεάζουν το ρυθμό διατροφής των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών. Για παράδειγμα οι οργανισμοί που εκτελούν κάθετες μεταναστεύσεις τρέφονται με διαφορετική ποιότητα και ποσότητα τροφής ανάλογα με τις ώρες του 24ωρου και το βάθος στο οποίο βρίσκονται. Οι ψυχρόφιλοι οργανισμοί παρουσιάζουν εντονότερη κατανάλωση στις χαμηλές θερμοκρασίες απ’ότι στις υψηλές.

#### 6.3.4. Μετατροπή του ρυθμού διατροφής σε μονάδες άνθρακα (C), ή μονάδες ενέργειας (θερμίδες).

Η σχέση άνθρακα (C) και όγκου φυτοκυττάρων εκφράζεται:  
για τα Διάτομα:  $\log C = -0.422 + 0.758 \log V$   
για όλα πλην των Διατόμων  $\log C = -0.460 + 0.886 \log V$



**Διάγραμμα 7.** Η κατανάλωση τροφής που παρουσιάζει το ώριμο θηλυκό Κωπήποδο *Acartia clausi* στους 10 °C, 15 °C και 20 °C. Με στίξη, άτομα προερχόμενα από ευτροφική περιοχή (ρυπαινόμενη). Με συνεχή γραμμή, άτομα από μη ευτροφική (ολιγοτροφική) περιοχή. (Moraitou – Apostolopoulou and Verriopoulos 1976).

όπου: C η ποσότητα άνθρακα εκφρασμένη σε mg C/κύτταρο  
V ο όγκος του κυττάρου εκφρασμένος σε μm<sup>3</sup>.

Η σχέση άνθρακα (C)/χλωροφύλλη-α επηρεάζεται από τα θρεπτικά άλατα, το φως και τη θερμοκρασία. Κυμαίνεται μεταξύ 30 και 150.

Η σχέση θερμίδες - άνθρακα (φυτοπλαγκτού) εκφράζεται με την εξίσωση:

$$Ca = 0.632 + 0.086 C$$

$$Ca = -0.555 + 0.113 C + 0.054 CN *$$

όπου : Ca θερμίδες (cal/mg ξηρού βάρους)  
C άνθρακας (% ξηρού βάρους)  
CN άνθρακας/ άζωτο στο φυτοπλαγκτό στο φυσικό περιβάλλον.

Για το ζωοπλαγκτό οι αντίστοιχες σχέσεις εκφράζονται:

$$Ca = -2.27 + 1.52 C, \text{ ή}$$

$$Ca = 13.51 + 1.06 C - 0.212 Ah, \text{ ή}$$

$$Ca = -33.70 + 1.36 Og - 0.00514 Og^{2} **$$

όπου: Ca θερμίδες ((cal/mg ξηρού βάρους)  
C άνθρακας (% ξηρού βάρους)  
Ah στάχτη (% ξηρού βάρους)  
Og οργανική ύλη (% ξηρού βάρους)

Σημείωση: Οι εξισώσεις (\* και \*\*) ισχύουν και για μίγμα φυτο-ζωοπλαγκτού (Platt et al. 1969; Platt & Irwin, 1975).

#### 6.4. Εκτίμηση του ρυθμού διατροφής στο πεδίο.

Ο ρυθμός διατροφής εκτιμάται από το εντερικό περιεχόμενο. Αν υποθέσουμε ότι οι στιγμιαίοι ρυθμοί διατροφής (f) και πέψης (α) είναι σταθεροί, η αλλαγή στην ποσότητα της τροφής μέσα στον εντερικό σωλήνα εκφράζεται:

$$f - aV = \frac{dV}{dt}$$

όπου:  $V$  ο όγκος της τροφής στον πεπτικό σωλήνα  
 $t$  ο χρόνος μεταξύ δύο μετρήσεων.

Το ολοκλήρωμα της προηγούμενης εξίσωσης δίνει:

$$V = \frac{f}{a}(1 - e^{-at}) + V_0 \cdot e^{-at}, \text{ όπου : } V_0 \text{ είναι ο όγκος της τροφής σε χρόνο } t = 0$$

$$f = \frac{a(V - V_0 \cdot e^{-at})}{(1 - e^{-at})}$$

Η συνολική ποσότητα τροφής  $F$  που καταναλώνεται (πέρα από τον πεπτικό σωλήνα) σε  $t$  χρονική περίοδο ισούται με :

$$F = a \cdot t \left\{ \sum_{i=1}^n V_{t,i} - \frac{(V_0 - V_n)e^{-at}}{1 - e^{-at}} \right\} *$$

$t_0, t_1, \dots, t_n$  τακτά χρονικά διαστήματα μετρήσεων  
 $V_0, V_1, \dots, V_n$  αντίστοιχες αλλαγές του όγκου στο περιεχόμενο του πεπτικού σωλήνα.

Όταν οι μετρήσεις πραγματοποιούνται κατά τη διάρκεια του 24ωρου και η ποσότητα της τροφής (που περιέχεται στον πεπτικό σωλήνα) είναι η ίδια στην αρχή και το τέλος των μετρήσεων ( $V_0 - V_n = 0$ ), η εξίσωση (\*) απλοποιείται ως εξής:

$$F = a \cdot t \sum_{i=1}^n V_{t,i}$$

Οι τιμές του  $a$  (ρυθμός πέψης) προέρχονται από εργαστηριακές παρατηρήσεις. Μπορεί να εκτιμηθεί και "μαθηματικά" εάν ο ρυθμός πέψης και διατροφής διατηρείται σταθερός για μεγάλα χρονικά διαστήματα (Morisita, 1969).

Η χλωροφύλλη  $a$  ( $chl\ a$ ) αποικοδομείται σε phaeophorbide  $a$  (Schuman & Lorenzen, 1975), ή σε phaeophytin  $a$  (Hallegraeff, 1981), όταν περάσει από τον πεπτικό σωλήνα των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών. Μπορούμε με τη βοήθεια φθοριόμετρου να εκτιμήσουμε την ποσότητα των χρωστικών στο φυτοπλαγκτό που υπάρχει μέσα στον πεπτικό σωλήνα του οργανισμού. Οι χρωστικές και τα προϊόντα αποικοδόμησης δεν πέπτονται. (Strickland & Parsons, 1972).

Ο ρυθμός διήθησης υπολογίζεται και σύμφωνα με τον τύπο του Gauld (1951)

$$GR = \frac{(\log C_1 - \log C_2)t}{V \log e}$$

όπου :  $GR$  Ρυθμός διήθησης σε ml/24 ώρες.  
 $C_1$  Αρχική συγκέντρωση κυττάρων.  
 $C_2$  Τελική συγκέντρωση κυττάρων  
 $t$  Χρόνος μεταξύ δύο μετρήσεων σε ώρες.  
 $V$  Όγκος διαθέσιμου νερού για κάθε οργανισμό.  
 $e = 2.7182,8$



Ακολουθώντας αυτή τη μέθοδο, θεωρούμε σαν δεδομένο ότι όλα τα φυτοκύτταρα που καταναλώθηκαν, συλλέχθηκαν με διήθηση που η αποτελεσματικότητά της ήταν θεωρητικά απόλυτη (100 %).

Άλλος τρόπος προσδιορισμού του ρυθμού διατροφής είναι η σχέση που υπάρχει μεταξύ τροφής που καταναλώνεται και βιομάζας που παράγεται. (Gushing, 1958).

#### 6.5. Επιλογή - προτίμηση της τροφής.

Η επιλογή της τροφής βασίζεται στο σχήμα της, το μέγεθος και τα στοματικά εξαρτήματα του οργανισμού. Η επιλογή της τροφής εκτιμάται με :

$$\text{Τον δείκτη επιλεκτικότητας} \quad E = \frac{R1 - P1}{R1 + P1} \quad (\text{Ivlev, 1961})$$

όπου: E Δείκτης επιλογής (κυμαίνεται από +1 έως -1)  
R1 % της κατανάλωσης του κάθε είδους φυτοπλαγκτού  
P1 % του μάρτυρα κατανάλωσης (υπολογίζεται για κάθε είδος από τον αριθμό των κυττάρων που είναι διαθέσιμα).

Η “διαθεσιμότητα” συνδέεται με τον αριθμό των κυττάρων, με τις διαστάσεις και την κινητικότητά τους.

Η διατροφή των Κωπηπόδων επιτυγχάνεται με δύο εναλλακτικούς τρόπους.

- Φιλτράρισμα. Με παθητική διήθηση του νερού, ή κινώντας τα εξαρτήματα διήθησης.
- Με αρπαγή. Συγκεκριμένη επιλογή.

Τα νεαρά στάδια των θαλάσσιων πελαγικών φυτοφάγων Κωπηπόδων καταναλώνουν όμοια με τα ενήλικα άτομα τροφή, αλλά είναι λιγότερο ικανά να συλλάβουν μεγάλους ή παχύτοιχους οργανισμούς.

Σε όλα τα ναυπλιακά στάδια μόνο τα κεραίδια, οι κεραίες και οι σιαγόνες είναι ενεργά. Το φίλτρο στους νεαρούς κωπηποδίτες έχει περίπου το ίδιο μέγεθος “ματιού” όπως τα ενήλικα άτομα, αλλά τα στοματικά εξαρτήματα δεν είναι καλά ανεπτυγμένα. Οι προνύμφες των σαρκοφάγων είναι συνήθως φυτοφάγες, ή δεν τρέφονται καθόλου, ή είναι σαρκοφάγες. Τα Βακτήρια αποτελούν βασικό μέρος της τροφής των Κωπηπόδων κυρίως στις περιοχές όπου παρατηρούνται μεγάλες συγκεντρώσεις (Βακτηρίων). Τα σωματίδια του τρηπτού γεμίζουν με Βακτήρια και η κύρια αξία του τρηπτού σαν τροφή οφείλεται στο βακτηριακό περιεχόμενο.

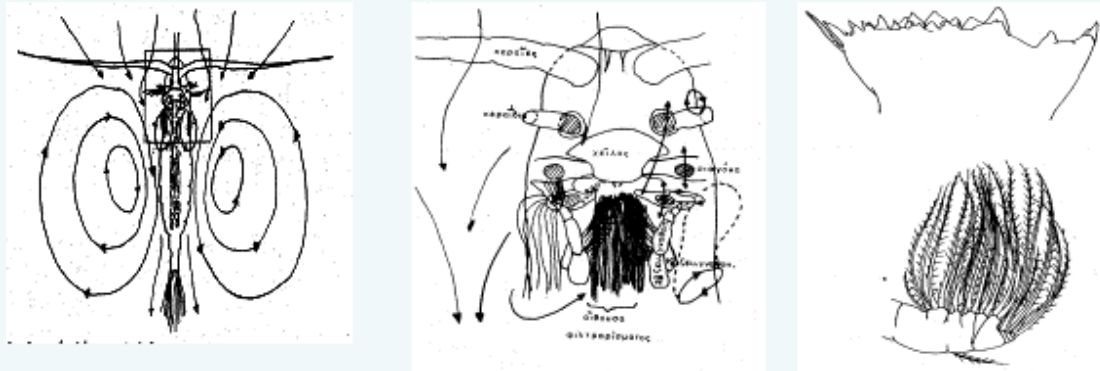
Τα Καλανοειδή Κωπήποδα συλλέγουν την τροφή τους με δύο τρόπους.

- Ο πρώτος είναι το προς τα εμπρός “κτένισμα” του τετρωμένου 1<sup>ου</sup> ζεύγους γναθοποδίων. Ο μηχανισμός αυτός χρησιμοποιείται από το *Acartia* κυρίως για να τρέφεται με φυτοπλαγκτό. Επίσης χρησιμοποιείται από μεγάλα Κωπήποδα “θηρευτές” για να συλλαμβάνουν ζωϊκή τροφή.
- Ο δεύτερος είναι μηχανισμός φιλτραρίσματος που χρησιμοποιείται αποκλειστικά για τη συλλογή μικρών τροφικών σωματιδίων. Τα τροφικά σωματίδια μεταφέρονται μέσα και κατά μήκος ενός κώνου που σχηματίζεται από τις σμήριγγες του 1<sup>ου</sup> ζεύγους γναθοποδίων μέχρι να φθάσουν στο στόμα. Με την κίνηση των κεραιών, των σιαγόνων και της ακμής των γνάθων δημιουργείται μια δίνη σε κάθε πλευρά του Κωπήποδου.

Αυτές οι δίνες, δημιουργούν με τη βοήθεια των κινήσεων των γνάθων και του 2<sup>ου</sup> ζεύγους γναθοποδίων μικρότερες δίνες που κινούνται αντίθετα. Με αυτό τον τρόπο το νερό με τα τροφικά σωματίδια περνά από μια αίθουσα φιλτραρίσματος που έχει σαν

“οροφή” το σώμα του οργανισμού και σαν “πάτωμα” το πρώτο, ή τα δύο πρώτα ζεύγη των προς τα εμπρός κατευθυνόμενων κολυμβητικών ποδών.

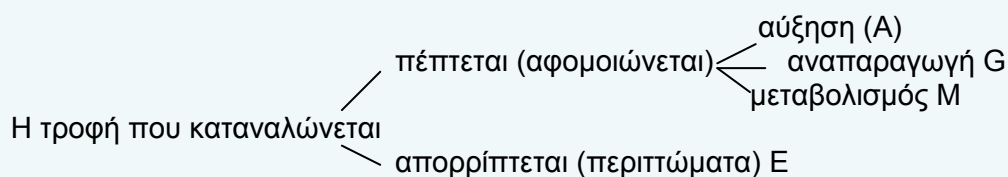
Για το Κωπήποδο *Calanus sp.* υπολογίζεται σε 10-151 ml/ κωπήποδα/ 24 h η ποσότητα του νερού που φιλτράρεται (grazing rate). Σε χαμηλές συγκεντρώσεις φυτοπλαγκτού, το ημερήσιο ποσό τροφής για το Κωπήποδο *Acartia clausi* ισούται με το 33-45 % του βάρους του, έχουν όμως καταγραφεί και καταναλώσεις που αντιστοιχούν στο 400 % του βάρους (Βερροϊόπουλος, 1979).



**Σχήμα 18.** Στοματικά εξαρτήματα και μηχανισμός πρόσληψης τροφής σε Καλανοειδή Κωπήποδα. A1: κεραΐδια, A2: κεραΐδες, A2 EX.R.: κίνηση της A2. LBR: χείλος, MDB: σιαγόνα. MXP1: 1° ζ. γναθοπόδων. MXP2: 2° ζ. γναθοπόδων. MXP2R: κίνηση MXP2. MX.EX.R.: κίνηση άκρων σμηρίγγων MXP2. F. CH.: αΐθουσα φιλτραρίσματος.

## 6.6. Αφομοίωση και ρυθμός αύξησης.

### 6.6.1. Ικανότητα αφομοίωσης.



$$\text{Αφομοιωτική κανότητα (A)} \quad A = \frac{F - E}{F} \times 100\%$$

$$F = G + M + E$$

$$F - E = G + M$$

$$A = \frac{G + M}{F} \times 100\%$$

Για τον υπολογισμό του A από (\*) και \*\*) οι μετρήσεις πρέπει να γίνουν σε μονάδες βάρους (νωπό, ξηρό, άνθρακας, άζωτο κ.λ.π), ή σε θερμίδες.

Στην εξίσωση (\*) μπορεί να γίνει χρήση ιχνοστοιχείων. Το (F) θα αντιπροσωπεύει τη συλλογική ραδιενέργεια στο σώμα του οργανισμού και το (E) τη ραδιενέργεια των περιττωμάτων.

Εκτίμηση της αφομοιωτικής ικανότητας με αναλογική μέθοδο.

$$A = \frac{(F - E)}{(1 - E) \times F} \times 100\%$$

F: Τμήμα ξηρού οργανικού βάρους τροφής.

E: Τμήμα ξηρού οργανικού βάρους περιττωμάτων.

Η μέθοδος προϋποθέτει ότι: Το ανόργανο υλικό (στάχτη) στην τροφή δεν αφομοιώνεται από τους οργανισμούς. Δεν απαιτείται ποσοτική συλλογή των περιττωμάτων τα οποία στους ζωοπλακτονικούς οργανισμούς είναι εύθραυστα (δυσκολία συλλογής). Το φυτοφάγο ζωοπλακτό δεν περιορίζει την κατανάλωση της τροφής όταν δημιουργείται πλεόνασμα τροφής (blooms).

#### 6.6.2. Ικανότητα αύξησης.

$$\text{Μικτή ικανότητα αύξησης } K1 \quad K1 = \frac{G}{F} \times 100\%$$

$$\text{Καθαρή ικανότητα αύξησης } K2 \quad K2 = \frac{G}{A \times F} \times 100\%$$

(A) Ικανότητα αφομοίωσης σε δεκαδική μορφή (= A/100)  
 (G) και (F) σε μονάδες βάρους (νωπό, ξηρό, άνθρακας, άζωτο κ.λ.π), ή θερμίδες.  
 Υπάρχουν τιμές K1 για διάφορα είδη ζωοπλακτού. Το K2 προκύπτει αν το (A) είναι γνωστό στο ίδιο πείραμα. Οι τιμές K1 προέκυψαν από εργαστηριακές παρατηρήσεις *αύξησης*. Έχουν υπολογισθεί τιμές K1 από το άζωτο (K1, N) και από το φώσφορο (K1, P).

$$K1, N = \frac{62}{1 + \left(\frac{a2}{a3}\right) \times \left(\frac{a3 - 0.90a1}{0.90a1 - a2}\right)}$$

$$K1, P = \frac{69}{1 + \frac{(0.90a1 - a3)}{(a2 - 0.90a1)}}$$

(62) και (69) ,η ικανότητα αφομοίωσης N και P και (0.90), ο λόγος του 62/69, τα α1 και α3, οι αναλογίες N/P στο φυτοπλακτό, τις εκκρίσεις και στο σώμα των οργανισμών αντίστοιχα.

## 7. ΑΝΑΠΝΟΗ ΚΑΙ ΕΚΚΡΙΣΕΙΣ

### 7.1. Εκτίμηση του ρυθμού αναπνοής.

Ο ρυθμός αναπνοής διαφοροποιείται ανάλογα με τη δραστηριότητα που παρουσιάζει ο οργανισμός.

- Ο ρυθμός αναπνοής στον Βασικό Μεταβολισμό, είναι εκείνος που απαιτείται για τη συντήρηση του οργανισμού.
- Ο ρυθμός αναπνοής στον Συνήθη Μεταβολισμό είναι εκείνος που απαιτείται για την ελάχιστη (μη συγκεκριμένη) μηχανική δραστηριότητα.
- Ο ρυθμός αναπνοής στον Ενεργό Μεταβολισμό είναι εκείνος που απαιτείται για τη μέγιστη δραστηριότητα που μπορεί να αναπτύξει ο οργανισμός.

Όταν ο ρυθμός αναπνοής μετράται σε διαφορετικά επίπεδα δραστηριότητας, ο ρυθμός που αντιστοιχεί σε μηδενική δραστηριότητα είναι ο παραμένων μεταβολισμός (standard).

Με τις ακόλουθες μεθόδους καταγραφής του ρυθμού αναπνοής δεν ελέγχονται τα επίπεδα δραστηριότητας του οργανισμού. Συνήθως τα αποτελέσματα θεωρούνται ότι προέρχονται από τη συνήθη, ή την ενεργό δραστηριότητα.

#### 7.1.1. Χημική μέθοδος (Μέθοδος Winkler).

Οι καταλληλότερες φιάλες είναι εκείνες που χρησιμοποιούμε για τις μετρήσεις του B.O.D. (Biological Oxygen Demand) με σμηρισμένο πώμα. Η χωρητικότητα των φιαλών είναι συνήθως 500 ml. Το θαλασσινό νερό που χρησιμοποιούμε πρέπει να διηθείται με φίλτρα τύπου GF/C, έτσι ώστε να είναι απαλλαγμένο από κάθε ανεπιθύμητο οργανισμό (κυρίως φυτοπλαγκτό). Κατά τη διήθηση με κενό, μειώνεται το διαλυμένο στο νερό οξυγόνο, γι' αυτό αμέσως μετά απαιτείται οξυγονοκορεσμός. Προσοχή στους οργανισμούς που προέρχονται από περιβάλλον με ανεπαρκή οξυγόνωση.

Στην περίπτωση που μετά την καταγραφή του ρυθμού αναπνοής πραγματοποιούνται μετρήσεις των εκκρίσεων των οργανισμών αυτοί πρέπει να ξεπλένονται με φιλτραρισμένο θαλασσινό νερό.

Ο αριθμός των φιαλών χωρίς οργανισμούς (μάρτυρες - control) πρέπει να καλύπτει το 50% του συνόλου (κάθε 10 φιάλες πρέπει να τοποθετούνται 2 στην αρχή, 1 στη μέση και 2 στο τέλος της σειράς. Οι φιάλες πρέπει να τοποθετούνται στο σκοτάδι κατά τη διάρκεια του πειράματος και μέσα σ' αυτές δεν πρέπει να υπάρχουν φυσαλίδες.

Η διάρκεια του πειράματος εξαρτάται από τη θερμοκρασία πειραματισμού (όσο μεγαλύτερη, τόσο περιορίζεται ο χρόνος), την πυκνότητα των οργανισμών μέσα στα δοχεία και τον μεταβολικό ρυθμό των πειραματοζώων.

Για το μεσοζωοπλαγκτό η ιδανική διάρκεια πειραματισμού είναι 12 ή 24 ώρες.

Για δραστήριους οργανισμούς με μικρή αντοχή σε παρατεταμένη νηστεία ο καταλληλότερος χρόνος πειραματισμού είναι 6 ή 8 ώρες. Για τους υπερδραστήριους οργανισμούς η καταγραφή του ρυθμού αναπνοής γίνεται μόνο με ηλεκτρόδιο οξυγόνου (συνεχής μέτρηση).

Για τον περιορισμό της βακτηριακής δράσης (αναπνοής) όταν είναι έντονη, χρησιμοποιούμε αντιβιοτικά που όμως δημιουργούν προβλήματα. Το βασικότερο είναι ο καθορισμός της δόσης του αντιβιοτικού, γιατί πλεόνασμά του επηρεάζει τη δραστηριότητα των πειραματοζώων. Επίσης η πενικιλίνη παρεμποδίζει την εφαρμογή της μεθόδου Winkler. Στους τελικούς υπολογισμούς η βακτηριακή δράση (όταν δεν είναι έντονη) δεν δημιουργεί πρόβλημα γιατί είναι ασήμαντη. Μπορεί να υπολογισθεί από την αρχική και την τελική τιμή οξυγόνου στις φιάλες χωρίς οργανισμούς (μάρτυρες).

Για τη σωστή εκτέλεση της χημικής μεθόδου είναι απαραίτητο να δεσμεύεται συγκεκριμένος όγκος νερού για τον προσδιορισμό του διαλυμένου σ' αυτό οξυγόνου. Τα πειραματοζώα πρέπει να μετρώνται και να ζυγίζονται. Το ξέπλυμα με

απεσταγμένο νερό, αν και απομακρύνει τα άλατα, προκαλεί απώλεια οργανικού υλικού.

Ο ρυθμός αναπνοής υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$R = \frac{(C_{ox} - E_{ox})1000V}{t(N \cdot \eta \cdot W)}$$

Το R εκφράζεται με δύο τρόπους.

Σαν ολικός ρυθμός αναπνοής ml O<sub>2</sub> άτομο/ ώρα

Σαν ρυθμός αναπνοής σε σχέση με το βάρος ml / mgr ξηρού βάρους/ ώρα

όπου:	C <sub>ox</sub>	ml O <sub>2</sub> / lit φιάλες χωρίς οργανισμούς (control)
	E <sub>ox</sub>	ml O <sub>2</sub> /lit φιάλες με πειραματόζωα
	t	χρόνος πειραματισμού σε ώρες.
	V	όγκος φιαλών σε lit
	N	αριθμός πειραματοζώων ανά φιάλη
	W	ξηρό βάρος πειραματοζώων σε mgr.

### 7.1.2. Ηλεκτρόδιο οξυγόνου.

Λιγότερο ακριβής μέθοδος από τη χημική, αλλά με κύριο πλεονέκτημα τους απλούς χειρισμούς και τη δυνατότητα συνεχούς καταγραφής των ποσοτήτων του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου (σχήμα 19). Υπάρχουν δύο τύποι ηλεκτροδίων. Το συμπαγές που καλύπτεται από μεμβράνη και το ηλεκτρόδιο υδραργύρου.

Το συμπαγές επιτρέπει απευθείας μετρήσεις από το περιβάλλον των οργανισμών. Απαιτείται όμως ανάδευση του νερού με αποτέλεσμα να περιορίζεται ο χώρος και να ενοχλούνται οι οργανισμοί. Τα ηλεκτρόδια οξυγόνου είναι ευαίσθητα στη θερμοκρασία και την ατμοσφαιρική πίεση. Είναι απαραίτητο πριν από κάθε σειρά μετρήσεων να ρυθμίζονται σε 0 και 100% οξυγονωμένο περιβάλλον.

Η πειραματική διαδικασία περιλαμβάνει α) πλήρωση της φιάλης με οξυγονοκορεσμένο νερό, β) τοποθέτηση των οργανισμών στο δοχείο, γ) τοποθέτηση του ηλεκτροδίου χωρίς να δημιουργηθούν φυσαλίδες, δ) λειτουργία του αναδευτήρα και καταγραφή του διαλυμένου στο νερό οξυγόνου.

Η αρχική πτώση της τιμής του οξυγόνου οφείλεται στην έντονη δραστηριότητα των οργανισμών λόγω αλλαγής περιβάλλοντος. Η διόρθωση των τιμών επιτυγχάνεται από τις παρατηρήσεις στα δοχεία μάρτυρες (χωρίς οργανισμούς).

Η χρήση του ηλεκτροδίου δεν είναι κατάλληλη για εύθραυστους οργανισμούς γιατί καταστρέφονται, ή υποφέρουν με την ανάδευση του νερού.

### 7.1.3. Μανόμετρο.

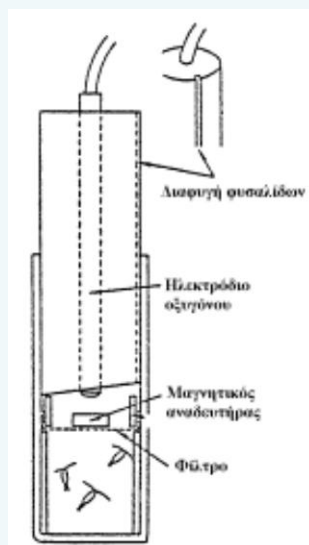
Οι οργανισμοί τοποθετούνται σε δοχεία τα οποία κλείνουν καλά και περιέχουν μικρή ποσότητα νερού. Το οξυγόνο που καταναλώνεται μετράται άμεσα με ένα μανόμετρο (μετράται η μείωση του όγκου του οξυγόνου). Το CO<sub>2</sub> που παράγεται απορροφάται από NaOH που τοποθετείται στο δοχείο.

Το σύστημα πρέπει να είναι κλειστό και να υπάρχει έντονη ανάδευση με σκοπό τη διατήρηση της ισορροπίας των αερίων στον αέρα και το νερό.

Το πλεονέκτημα της μεθόδου είναι η συνεχής καταγραφή του αναπνευστικού ρυθμού κάτω από σταθερή μερική πίεση οξυγόνου και η δυνατότητα για ταυτόχρονη μέτρηση της παραγωγής CO<sub>2</sub>.

Τα μειονεκτήματα εντοπίζονται: α) στην ανάδευση που τραυματίζει, ή και θανατώνει τους εύθραυστους ζωοπλακτονικούς οργανισμούς, β) στην όχι ακριβή

καταγραφή του παραγόμενου CO<sub>2</sub>, γ) στη δυσκολία ρύθμισης της συσκευής ώστε να είναι ακριβείς οι μετρήσεις, κυρίως επάνω σε πλοίο.



Σχήμα 19. Συσκευή εκτίμησης κατανάλωσης οξυγόνου πλαγκτονικών οργανισμών

#### 7.1.4. Σύστημα συνεχούς ροής.

Εκτός της μανομετρικής, όλες οι προηγούμενες μέθοδοι είναι κλειστά συστήματα. Το ανοικτό σύστημα παρουσιάζει πολλά πλεονεκτήματα σε σχέση με τα κλειστά, αλλά είναι τεχνικά δύσκολη η εγκατάσταση και λειτουργία του. Το σύστημα συνεχούς ροής προσφέρει, α) διατήρηση της συγκέντρωσης του οξυγόνου σε σταθερό επίπεδο, β) όχι συσσώρευση των προϊόντων από τις εκκρίσεις, γ) δυνατότητα μετρήσεων σε διάφορα χρονικά διαστήματα, τόσο της αναπνοής, όσο και των μεταβολικών προϊόντων. (Έχουμε τη δυνατότητα να ανιχνεύσουμε ενδογενείς μεταβολές στην αναπνοή, οι οποίες μπορούν να αλλοιώσουν τα αποτελέσματα).

Πολλές φορές τα αποτελέσματα των μετρήσεων σε ανοικτό σύστημα είναι ασαφή. Για παράδειγμα ( $J_o$ ) ο ρυθμός ροής, ( $V$ ) ο όγκος του νερού, ( $C_i$ ) και ( $C_o$ ) συγκεντρώσεις οξυγόνου, ή μεταβολικών προϊόντων, ( $p$ ) ρυθμός παραγωγής μεταβολικών προϊόντων ή κατανάλωσης οξυγόνου.

Όταν  $C_i$  και  $C_o$  ανεξάρτητα του χρόνου ( $t$ ):

$$p = J_o(C_o - C_i)$$

Όταν το ( $C_i$ ) ή το ( $p$ ) ή και τα δύο εκφράζονται σε συνάρτηση του χρόνου, ο υπολογισμός του ( $p$ ) γίνεται πολύπλοκος.





Σχήμα 20. Αναπαράσταση συστήματος συνεχούς ροής, σε καλλιέργειες πλαγκτού.

## 7.2. Συνθήκες που επηρεάζουν το ρυθμό αναπνοής.

Ο ρυθμός αναπνοής επηρεάζεται από την ποσότητα οξυγόνου που υπάρχει στο περιβάλλον νερό. Στο ρυθμό αναπνοής διακρίνουμε:

α) τους “Μεταβολικούς συμμορφωτές”, όπου ο ρυθμός αναπνοής είναι ο ανάλογος με τη συγκέντρωση του οξυγόνου.

β) τους “Μεταβολικούς ρυθμιστές” όπου ο ρυθμός αναπνοής είναι ανεξάρτητος από τη συγκέντρωση του οξυγόνου, όταν αυτό μειώνεται. Πέρα από ένα κρίσιμο χαμηλό επίπεδο ( $P_c$ ), ο ρυθμός αναπνοής μειώνεται απότομα.

Γενικά σε περιβάλλον κορεσμένο με οξυγόνο τον κύριο ρόλο παίζουν οι μεταβολικοί συμμορφωτές. Έχει παρατηρηθεί ότι επηρεάζονται από τη μείωση του οξυγόνου κυρίως οι πλαγκτονικές ομάδες που ζουν στα επιφανειακά στρώματα, παρά εκείνες των βαθέων στρωμάτων, όπου η περιεκτικότητα σε οξυγόνο είναι μικρότερη.

Για το σωστό υπολογισμό του ρυθμού αναπνοής πρέπει να λαμβάνεται υπόψη όχι μόνο η συγκέντρωση οξυγόνου στις πειραματικές φιάλες, αλλά και στο φυσικό περιβάλλον. Στα περισσότερα πειράματα με ζωοπλαγκτό από οξυγονοκορεσμένες περιοχές, μια μείωση της τάξης του 80% του οξυγόνου έως το τέλος του πειράματος δεν θα δημιουργεί ιδιαίτερο πρόβλημα.

Ένας άλλος παράγοντας που επηρεάζει το ρυθμό αναπνοής είναι ο φωτισμός. Από πειράματα σε Κωπήποδα και ευφαισεώδη φάνηκε ότι ο ρυθμός αναπνοής είναι ανάλογος με την ένταση του φωτός. Η σχέση αυτή καθορίζεται από το φωτισμό του βάθους όπου ζουν τα πειραματόζωα.

Συνήθως στα πειράματα κατανάλωσης οξυγόνου χρησιμοποιούμε διηθημένο θαλασσινό νερό για να αποφύγουμε την παραγωγή οξυγόνου από το φυτοπλαγκτό. Στην περίπτωση αυτή ο ρυθμός αναπνοής που παρουσιάζουν τα πειραματόζωα δεν ανταποκρίνεται σε εκείνον του φυσικού περιβάλλοντος, γιατί δεν λαμβάνουμε υπόψη τις τροφικές απαιτήσεις των οργανισμών.

Στα περισσότερα πειράματα αναπνοής η πυκνότητα των οργανισμών μέσα στις φιάλες είναι υψηλότερη από εκείνη του φυσικού περιβάλλοντος, (είναι αναγκαία για να μεγιστοποιηθεί η διαφορά μεταξύ μαρτύρων και δοχείων με πειραματόζωα). Επίσης ο νυχθήμερος ρυθμός αναπνοής αποτελεί πρόβλημα κυρίως στις μικρές διάρκειας παρατηρήσεις. Ακόμα η έκδυση επηρεάζει το ρυθμό αναπνοής στα

καρκινοειδή. Τέλος έχει παρατηρηθεί άμεση σχέση μεταξύ βάρους (νωπό ή ξηρό) και ρυθμού αναπνοής των πλαγκτονικών οργανισμών.

### 7.3. Μετατροπή του ρυθμού αναπνοής σε μονάδες άνθρακα (C), ή μονάδες ενέργειας (θερμίδες).

Το αναπνευστικό πηλίκο (RQ) είναι ο μοριακός λόγος του διοξειδίου του άνθρακα που παράγεται από την κατανάλωση του οξυγόνου κατά την αναπνοή. Ποικίλλει από 0.7 ως 1.0 και εξαρτάται από το μεταβολικό υπόστρωμα (λιπίδια 0.72, πρωτείνες 0.80, υδαάνθρακες 1.0). Οι τιμές του RQ για τις πρωτείνες αλλάζουν σε συνάρτηση με το εκκριτικό προϊόν (δηλ. 0.97 για την αμμωνία και 0.84 για την ουρία). Στο θαλασσινό ζωοπλαγκτό το RQ = 0.97.

$$C = R \times RQ \times 12 / 22.4$$

(R ) ρυθμός αναπνοής (μl O<sub>2</sub>/ άτομο x ώρα)

Για τη μετατροπή σε ισοδύναμο άνθρακα (C ) (μgr C/ άτομο x ώρα), όπου στο λόγο (12/22.4) : 12 gr άνθρακα σε 1 γραμμομόριο (22.4 lit) διοξειδίου του άνθρακα.

Όταν το μεταβολικό υπόστρωμα είναι άγνωστο, υπολογίζονται ελάχιστες και μέγιστες τιμές C, χρησιμοποιώντας για το RQ τιμές 0.71 και 1.0.

Σε μη τρεφόμενο ζωοπλαγκτό τα βασικά μεταβολικά υποστρώματα είναι οι πρωτείνες και τα λιπίδια.

Όταν στο μεταβολισμό κυρίαρχο ρόλο παίζουν οι πρωτείνες παρατηρείται μικρή αναλογία <24 του ρυθμού αναπνοής προς το ρυθμό έκκρισης αμμωνίας (O/N).

Ο ρυθμός αναπνοής εκφρασμένος σε μονάδες άνθρακα δείχνει τις απαιτήσεις των οργανισμών σε άνθρακα κατά τη μεταβολική δραστηριότητα. Χρησιμοποιείται και σαν δείκτης των ρυθμών έκκρισης (τις πρώτες 4 με 7 ημέρες), μετά πολλές φορές παρουσιάζεται μια σταθερή πτώση.

Η περίοδος πειραματισμού πρέπει να καθορίζεται με βάση τους νυχθήμερους ρυθμούς εκκρίσεων του ζωοπλαγκτού.

Η χρήση αντιβιοτικών απαιτεί προσοχή γιατί η παρουσία τους επηρεάζει τον μεταβολισμό των οργανισμών, αλλά και την παρουσία των βακτηρίων τα οποία απορροφούν φώσφορο, ή εμποδίζουν τη χημική ανάλυση.

Η χρήση διηθημένου νερού είναι προτιμότερη, γιατί η απουσία φυτοπλαγκτού επηρεάζει τις εκκρίσεις των οργανισμών. Αν δεν γίνει διόρθωση, το μέγεθος του σφάλματος εξαρτάται από τις συγκεντρώσεις του φυτοπλαγκτού και τις εκκρίσεις. Η χρήση διηθημένου νερού δίνει αποτελέσματα που δεν αντιστοιχούν στις εκκρίσεις του ζωοπλαγκτού στο φυσικό περιβάλλον.

Παράλληλα με τις εκκρίσεις μεγάλες ποσότητες αζώτου διοχετεύονται από τα πληγωμένα και τα νεκρά πειραματόζωα με αποτέλεσμα, όταν ο αριθμός είναι μεγάλος, να παρατηρούνται σφάλματα στην εκτίμηση.

Σε γενικές γραμμές τα αποτελέσματα από τις εκκρίσεις του φωσφόρου είναι περισσότερο ευμετάβλητα από εκείνα της αμμωνίας.

### 7.4. Σχέσεις μεταξύ αναπνοής και εκκρίσεων.

Από ταυτόχρονες μετρήσεις εκκρίσεων και αναπνοής υπολογίστηκαν οι λόγοι: (O/N) (N/P) και (O/P).

Όταν οι ρυθμοί αναπνοής, έκκρισης φωσφόρου και αμμωνίας μετρηθούν ταυτόχρονα έχουμε:

$$(a) = \mu\text{lO}_2 / \text{άτομο} \times \text{ώρα} \quad (b) = \mu\text{gN} / \text{άτομο} \times \text{ώρα} \quad (c) = \mu\text{gP} / \text{άτομο} \times \text{ώρα}.$$



$$\text{Όπου} \quad O/N = \frac{a/11.2}{b/14} = \frac{a}{b} \times 1.25 \quad N/P = \frac{b/14}{c/31} = \frac{b}{c} \times 2.21$$

$$O/P = \frac{a/11.2}{c/31} + \frac{a}{c} \times 2.77$$

Οι λόγοι αυτοί αλλάζουν ανάλογα με τα μεταβολικά υποστρώματα των οργανισμών.

Ο μεταβολισμός που κυριαρχείται από υδατάνθρακες προκαλεί υψηλούς λόγους O/N και O/P, ενώ τα λιπίδια και οι πρωτεΐνες χαρακτηρίζονται από χαμηλούς λόγους N/P και O/N αντίστοιχα.

Έχει παρατηρηθεί μικρή μεταβολή στο υδατανθρακικό περιεχόμενο του νηστικού ζωοπλαγκτού, όπως και μικρή συμμετοχή (περίπου 5%) στο ξηρό βάρος. Ακόμη και όλο αν μεταβολισθεί, δεν επαρκεί για να στηρίξει την αναπνοή των οργανισμών επί 24ωρου. Γι' αυτό οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια θεωρούνται κύρια μεταβολικά υποστρώματα για το νηστικό ζωοπλαγκτό.

Ο Ikeda (1974) υπολόγισε την σχέση O/N=24, όπου οι πρωτεΐνες και τα λιπίδια μεταβολίζονται ταυτόχρονα. Αυτό συμβαίνει όταν η τιμή και η ανάπτυξη είναι περιορισμένες, εξαιτίας της περιορισμένης σίτισης.

Το θερμικό ισοδύναμο για μια μονάδα οξυγόνου που αναπνέεται, ποικίλλει και εξαρτάται από το μεταβολικό υπόστρωμα που αξιοποιείται.

Από 1 lit οξυγόνου που καταναλώνεται ελευθερώνονται 5 Kcal από τον μεταβολισμό των υδατανθράκων, 4.7 Kcal από τον μεταβολισμό των λιπιδίων και 4.5 από τις πρωτεΐνες. (Prosser, 1973 a).

#### 7.5. Εκτίμηση εκκρίσεων (ρυθμός).

Οι εκκρίσεις καταγράφονται στην υγρή τους μορφή (σαν διαλυτές ενώσεις αζώτου ολικό N, αμινο-N, ουρίο-N, αμμωνιο-N και φωσφόρου, ολικό-P, οργανικό-P και ανόργανο-P). Ανάμεσά τους σημαντικό ρόλο παίζουν η αμμωνία και ο ανόργανος-P, λόγω της σπουδαιότητάς τους σαν θρεπτικά άλατα του φυτοπλαγκτού.

Η αμμωνία είναι η βασική μορφή διαλυτού αζώτου που εκκρίνει το ζωοπλαγκτό.

Σχετικά με το φώσφορο, αυτός διακρίνεται σε οργανικό και ανόργανο. Η οργανική μορφή του φωσφόρου στις εκκρίσεις αποτελεί το 35 - 50 % του συνολικού φωσφόρου. Οι τιμές του P ποικίλλουν ανάλογα και με τις ποσότητες του φυτοπλαγκτού (η αμμωνία σταθερή).

Καταγραφή του ρυθμού έκκρισης επιτυγχάνεται και με χημική μέθοδο (αν δεν καταγράφεται και η κατανάλωση οξυγόνου). Σε θερμοκρασίες από 0-30 °C και pH 7.0 -8.5, οι απώλειες σε αμμωνία στο θαλασσινό νερό είναι αμελητέες.

Συγκριτικά με τις μετρήσεις αναπνοής επιβάλλεται προσοχή για την αποφυγή μολύνσεων από ξένες πηγές. (όλες οι φιάλες πλένονται με HCl 6N). Η μεθοδολογία αναφέρεται στο Strickland & Parsons (1972).

Οι ποσότητες που απαιτούνται για τον προσδιορισμό της αμμωνίας και του ανόργανου P είναι 50 και 100 ml αντίστοιχα. Ο ρυθμός έκκρισης υπολογίζεται από τη διαφορά μεταξύ μαρτύρων και φιαλών με ζωοπλαγκτό (διαιρούμε με τον αριθμό των πειραματοζώων, ή το βάρος τους, και λαμβάνουμε υπόψη το χρόνο πειραματισμού.

Ο ολικός ρυθμός έκκρισης =  $\mu\text{gr ή P/ άτομο} \times \omega\text{ρα}$ .

Ο ρυθμός έκκρισης σε σχέση με το βάρος =  $\mu\text{g N ή P/ ξηρό βάρος} \times \omega\text{ρα}$ . Τα  $\mu\text{gr N ή P}$  μετατρέπονται σε  $\mu\text{gr-at N ή P}$ , διαιρώντας με 14 ή 31 αντίστοιχα.

#### 7.6. Συνθήκες που επηρεάζουν τις εκκρίσεις.

Οι ιδανικές συνθήκες για να εκτιμηθούν οι εκκρίσεις είναι:

α) Ο χρόνος πειραματισμού να είναι επαρκής, ώστε να παρατηρείται διαφορά μεταξύ των μαρτύρων και των φιαλών με τους οργανισμούς.

β) Ο χρόνος “νηστείας” να είναι ο μικρότερος δυνατός.

γ) Τα συσσωρευμένα εκκριτικά προϊόντα δεν πρέπει να επηρεάζουν τη μεταβολική δραστηριότητα των οργανισμών (όχι υψηλές συγκεντρώσεις στο περιβάλλον, γιατί η μεγάλη συγκέντρωση αμμωνίας είναι τοξική).

Σε  $O/N < 24$  όταν ο μεταβολισμός κυριαρχείται από τις πρωτεΐνες και  $O/N > 24$  όταν κυριαρχείται από τα λιπίδια. Με βάση τις σχέσεις αυτές μπορούμε να συγκρίνουμε το μεταβολικό υπόστρωμα του ζωοπλαγκτού από διάφορες περιοχές.

## 8. ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑ.

### 8.1. Ορισμός.

Δευτερογενής παραγωγή ορίζεται η οργανική ύλη που συνθέτουν (παράγουν) οι οργανισμοί του ζωοπλαγκτού κατά τη διάρκεια συγκεκριμένου χρονικού διαστήματος. Η απαραίτητη ενέργεια για τη σύνθεση της ύλης αυτής προέρχεται από την τροφή που καταναλώνουν οι ζωοπλακτονικοί οργανισμοί (κυρίως φυτοπλαγκτό - πρωτογενής παραγωγή).

#### Σημείωση:

- Στο ζωοπλαγκτό ανήκουν οργανισμοί που χαρακτηρίζονται σαν φυτοφάγοι, σαρκοφάγοι και παμφάγοι, γι'αυτό η δευτερογενής παραγωγή διακρίνεται σε 3 επίπεδα.
- Το δεύτερο αναφέρεται στους φυτοφάγους.
- Το τρίτο αναφέρεται στους σαρκοφάγους που τρέφονται με φυτοφάγους οργανισμούς
- Το τέταρτο αναφέρεται στους σαρκοφάγους που τρέφονται με σαρκοφάγους. Τα κωπήποδα καλύπτουν το 2<sup>ο</sup> και 3<sup>ο</sup> επίπεδο, ενώ οι χαιτόγναθοι το 4<sup>ο</sup>.

Η δευτερογενής παραγωγή εκτιμάται με βάση την ακόλουθη σχέση:

$$P = L + (Bt - B_0)$$

όπου :

P = Η παραγωγή ζωοπλαγκτού (οργανική ύλη).

L = Η θνησιμότητα που παρατηρείται κατά το συγκεκριμένο χρονικό διάστημα.

(Bt - B<sub>0</sub>) = Η διαφορά της βιομάζας στην αρχή και το τέλος του χρονικού διαστήματος (t).

59

### 8.2. Βιολογικός κύκλος.

Για τη σωστή εκτίμηση της δευτερογενούς παραγωγής είναι απαραίτητα τα ακόλουθα :

- Γνώση - προσδιορισμός όλων των σταδίων (φάσεων) που παρουσιάζουν οι οργανισμοί που μελετώνται (αυγά, προνυμφικές μορφές, ενήλικα άτομα).
- Διάρκεια (σε ώρες, μέρες κ.λ.π) του βιολογικού κύκλου στο σύνολό του, όπως και των επί μέρους φάσεων.
- Θνησιμότητα σε κάθε φάση και στο σύνολο του βιολογικού κύκλου.
- Μεταβολισμός (διατροφή-αφομοίωση κ.λ.π) στα διάφορα στάδια και στο σύνολο του βιολογικού κύκλου.
- Παραγωγή αυγών, ποσοστό εκκόλαψης.

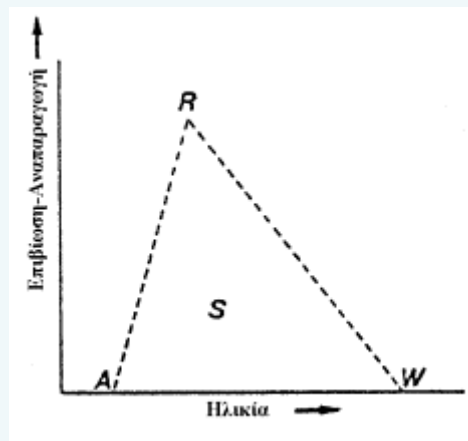
Η διάρκεια και η συχνότητα των παρατηρήσεων σχετίζεται με τη διάρκεια του βιολογικού κύκλου, την αναπαραγωγική περίοδο και τις συνθήκες του περιβάλλοντος (τροφή, θερμοκρασία κ.λ.π ). Οι παρατηρήσεις πρέπει να καλύπτουν περισσότερες από 2 και έως 4 συνεχείς γενιές.

#### 8.2.1. Αύξηση αποθέματος.

Η αύξηση του αποθέματος σχετίζεται με την ηλικία (διάρκεια βιολογικού κύκλου), την επιβίωση και τη διαφορά βάρους. Η αύξηση του αποθέματος υπολογίζεται με βάση την ακόλουθη σχέση και με την προϋπόθεση ότι παρουσιάζει σταθερό ρυθμό αύξησης (οι οργανισμοί που αναπαράγονται και με παρθενογένεση, όπως το *Brachionus* και τα Κλαδοκεραιωτά, δεν παρουσιάζουν σταθερό ρυθμό αύξησης του πληθυσμού).

$$\frac{W - A}{2S} = \frac{1}{r^2} \left[ \frac{1}{R - A} (e^{-rA} - e^{-rR}) + \frac{1}{W - R} (e^{-rW} - e^{-eR}) \right]$$

όπου :  
 A = Η διάρκεια της πρώτης γενιάς (από αυγό σε αυγό).  
 W = Ο χρόνος επιβίωσης.  
 R = Η ηλικία σε κάθε μέγιστο επιβίωσης-αύξησης του βάρους.  
 S = Ο ολικός αριθμός θηλικών κάθε γενιάς.  
 R = Ο ρυθμός αύξησης του πληθυσμού.  
 Η ανωτέρω σχέση εκφράζεται με το ακόλουθο διάγραμμα.



Διάγραμμα 8. Θεωρητική σχέση επιβίωσης – αναπαραγωγής με την ηλικία.

### 8.2.2. Ρυθμός ωτοκίας.

Ο υπολογισμός του ρυθμού ωτοκίας πραγματοποιείται σύμφωνα με την μέθοδο του Edmondson, 1960, 1968 και απαιτεί γνώση του αριθμού των θηλικών ατόμων κατά την αναπαραγωγική περίοδο.

$$E = \frac{Ne}{D}$$

όπου :  
 Ne = Ο αριθμός των αυγών /θηλικό.  
 D = Ο χρόνος ανάπτυξης των αυγών (χρόνος εκκόλαψης) σε ημέρες.

### 8.3. Αύξηση.

Ο ρυθμός αύξησης των ατόμων υπολογίζεται με βάση την αύξηση του βάρους, ή του μήκους των οργανισμών σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και σύμφωνα με την σχέση :

$$G = \frac{(W_i - W_{i-1})}{W_{i-1} \cdot t}$$

όπου :  $(W_i - W_{i-1})$  Η αύξηση του βάρους ή του μήκους ενός ατόμου μεταξύ γειτονικών ηλικιών  $i-1$  στο χρόνο  $t$  που απαιτείται, για να περάσει ο οργανισμός από την ηλικία  $i-1$  στην  $i$ .

Ο ρυθμός αύξησης εκφράζεται και :

$$W_i = W_{i-1} \cdot e^{gt} \rightarrow g = \frac{\ln W_i - \ln W_{i-1}}{t}$$

όπου : g Ο στιγμιαίος ρυθμός αύξησης.

### 8.3.1. Ανάλυση μιας cohort (γενιάς).

Σαν cohort ορίζεται μια ομάδα οργανισμών του ίδιου είδους οι οποίοι γεννήθηκαν την ίδια εποχή (περιορισμένη χρονική περίοδος). Οι οργανισμοί αυτοί παρουσιάζουν παραπλήσια μορφολογικά χαρακτηριστικά ως προς το μήκος, ή το μέγεθος και μπορούν να ξεχωρίσουν σαν μια χωριστή ομάδα στο σύνολο των οργανισμών του ίδιου είδους στην ίδια περιοχή.

Εάν η αναπαραγωγή είναι συνεχής, οι cohorts αναμιγνύονται γρήγορα με αποτέλεσμα τη δύσκολη αναγνώριση συγκεκριμένων “ομάδων οργανισμών”.

Όταν μια cohort στο χρόνο t1 απαριθμεί η1 άτομα μέσου βάρους w1, στο χρόνο t2 αντιστοιχούν η2 άτομα μέσου βάρους w2 (Διάγραμμα 9). Η βιομάζα στο χρόνο t1 είναι η1w1 και στο χρόνο t2, η2w2. Μεταξύ t1 και t2 ορισμένα άτομα πήραν βάρος, ενώ άλλα καταναλώθηκαν από τους θηρευτές, ή πέθαναν από φυσικό θάνατο και διαλύθηκαν από τα βακτήρια.

Δεχόμενοι ότι ο χρόνος μεταξύ t1 και t2 είναι μικρός, ότι η αύξηση του βάρους και η θνησιμότητα κατανέμονται ισομερώς, τότε η σχέση μεταξύ η1w1 και η2w2 είναι ευθύγραμμη (O1 O2) και εκφράζεται :

$$P = n2(w2 - w1) + (n1 - n2) \left( \frac{w2 - w1}{2} \right) \rightarrow P = (n2 + n1) \left( \frac{w2 - w1}{2} \right)$$

όπου : P Η παραγωγή (απεικονίζεται με τις κάθετες γραμμές).

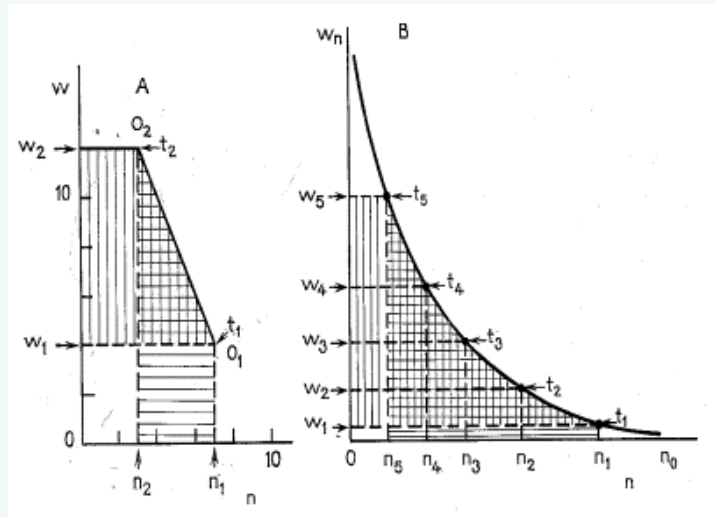
Η βιομάζα που “καταναλώθηκε” στο χρόνο μεταξύ t1 και t2, εκφράζεται :

$$Bc = (n1 - n2)w1 + (n1 - n2) \left( \frac{w2 - w1}{2} \right) \rightarrow Bc = (n1 - n2) \left( \frac{w2 - w1}{2} \right)$$

και απεικονίζεται με τις οριζόντιες γραμμές.

Όταν διαθέτουμε πολλές παρατηρήσεις που αντιστοιχούν στους χρόνους t1, t2, t3, t4, t5. Η παραγωγή (P) και η βιομάζα (Bc) που καταναλώθηκε, εκφράζονται :

$$P = \int_{w1}^{w5} n dw \quad Bc = \int_{n1}^{n5} w dn$$



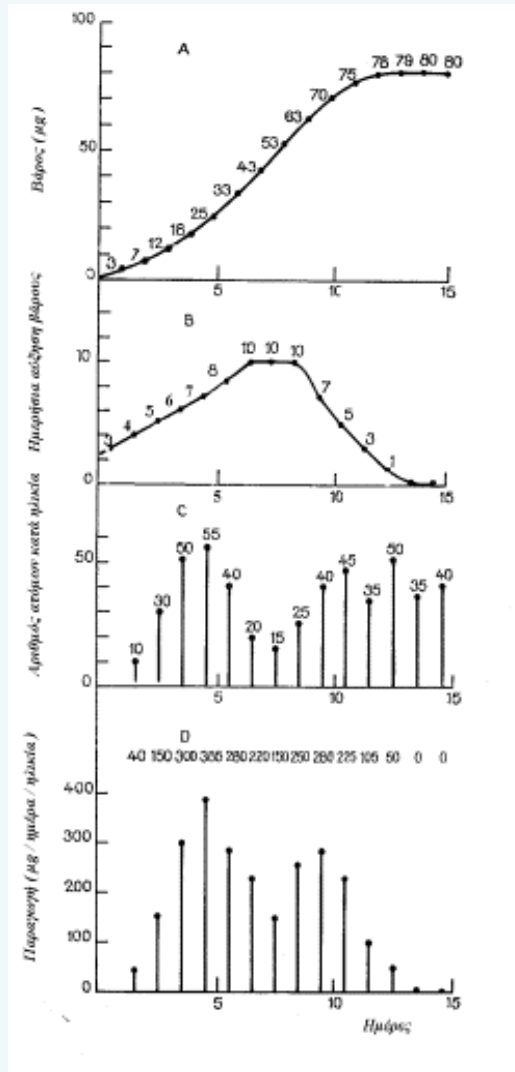
**Διάγραμμα 9.** Σχηματική παρουσίαση της μεθόδου “ανάλυση μίας cohort”. (t) Χρόνος, (n) Αριθμός ατόμων, (w) Βάρος

### 8.3.2. Μέθοδος σύγχρονης αύξησης (Instar Analysis).

Η μέθοδος βασίζεται στην αρχή ότι η αύξηση κάθε οργανισμού σχετίζεται με το του βάρους και την ηλικία του.

Η ημερήσια αύξηση δεν είναι παρά η καθημερινή προσθήκη του βάρους ( $\Delta w$ ) κάθε οργανισμού.

Αν ο αριθμός των ατόμων (συγκεκριμένης ηλικίας) ενός πληθυσμού (αποθέματος) είναι ( $n_x$ ), τότε η αύξηση που παρουσιάζει ο πληθυσμός στην ηλικία αυτή θα ισούται με ( $n_x \Delta w$ ). Η αύξηση για το σύνολο των ηλικιών εκφράζεται με ( $\Sigma n_x \Delta w$ ).



**Διάγραμμα 10.** (Α) Ημερήσιες τιμές βάρους σε μgr. (Β) Ημερήσια αύξηση βάρους σε μgr/ημέρα. (C ) Αρ. ατόμων/ημέρα. (D) Παραγωγή (μgr/ημέρα) για κάθε ηλικία.

Στα καρκινοειδή η χρήση της μεθόδου “cohort” απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή γιατί ο χρόνος αύξησης των διαφόρων σταδίων που απαρτίζουν τον βιολογικό κύκλο των οργανισμών δεν είναι σταθερός και ομοιόμορφος.

#### 8.4. Εκτίμηση της θνησιμότητας.

Στη θνησιμότητα συνυπολογίζουμε το φυσιολογικό θάνατο των οργανισμών και τις απώλειες του πληθυσμού από τους θηρευτές.

Η θνησιμότητα υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση :

$$M = \frac{(Ni - 1) - (Ni)}{(Ni - 1) \times t}$$

όπου : (Ni-1) = ο αριθμός των ατόμων στο χρόνο μηδέν.

(Ni) = ο αριθμός των ατόμων μετά από το χρονικό διάστημα t

Η στιγμιαία θνησιμότητα (m) υπολογίζεται σύμφωνα με την σχέση:

$$Ni = (Ni - 1) \times e^{-mt} \quad \rightarrow \quad m = \frac{\ln(Ni - 1) - \ln(Ni)}{t}$$

για μεγαλύτερα χρονικά διαστήματα

$$N = \frac{\int_0^t (Ni - 1) \cdot e^{-mt} \cdot dt}{t}$$

## 8.5. Εκτίμηση παραγωγής.

### 8.5.1. Δυναμική στο πεδίο.

Ο προσδιορισμός της παραγωγής του ζωοπλαγκτονικού στο πεδίο βασίζεται στη αύξηση του βάρους, ή του μεγέθους που παρουσιάζουν οι οργανισμοί σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα (σύμφωνα με την μέθοδο της σύγχρονης αύξησης).

Σημείωση: Η εκτίμηση της παραγωγής πραγματοποιείται για κάθε είδος χωριστά.

Ο πληθυσμός (απόθεμα) χωρίζεται σε ομάδες κατά μέγεθος, 1, 2, 3 κ.λ.π και η παραγωγή (P) υπολογίζεται σύμφωνα με την ακόλουθη σχέση :

$$P = n1 \frac{\Delta w1}{T1} + n2 \frac{\Delta w2}{T2} + n3 \frac{\Delta w3}{T3}$$

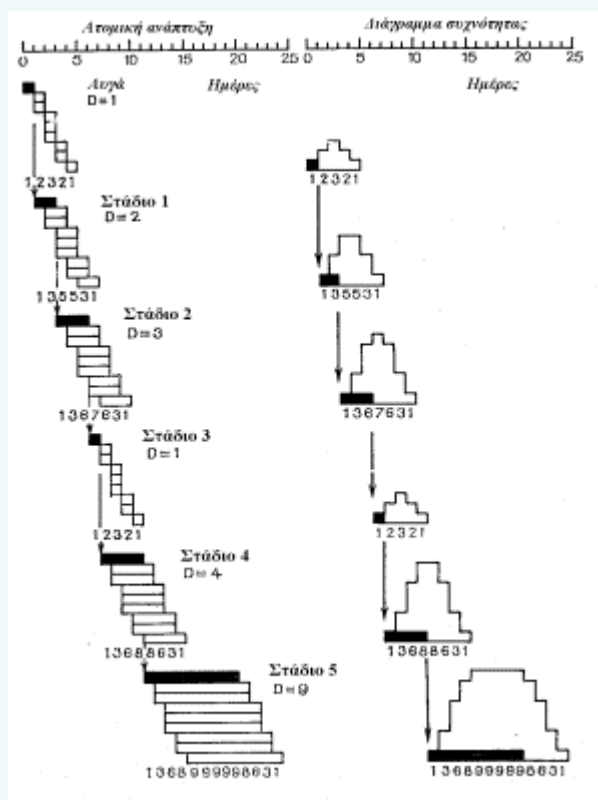
όπου : T1, T2, T3 = ο χρόνος ανάπτυξης των ομάδων.

Δw1, Δw2, Δw3 = η αύξηση του βάρους.

η1, η2, η3 = ο αριθμός των ατόμων σε κάθε ομάδα.

Η παραγωγή των Κωπηπόδων στο πεδίο παρουσιάζει το ακόλουθο διάγραμμα.





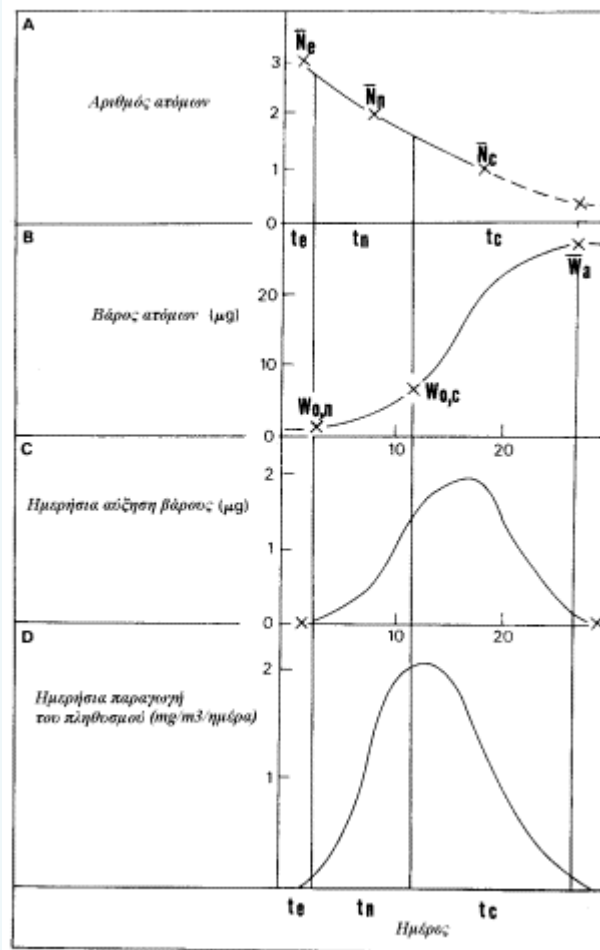
**Διάγραμμα 11.** Το διάγραμμα παρουσιάζει την επίδραση της διάρκειας των σταδίων ανάπτυξης στα διαγράμματα συχνότητας για μια cohort (γενιά) που αντιστοιχεί σε 9 αυγά. Το πρώτο αυγό και η εξέλιξη του ατόμου που προέρχεται από αυτό υποδηλώνονται με σκούρο μαύρο και βέλη. Αριστερά η εξέλιξη κάθε ατόμου. Δεξιά το διάγραμμα συχνότητας για κάθε στάδιο ανάπτυξης σε σχέση με την χρονική διάρκεια. Σημειώνεται η διαφορά μεταξύ του ιστογράμματος του 3<sup>ου</sup> σταδίου που διαρκεί 1 (μια) ημέρα και εκείνου του 5<sup>ου</sup> σταδίου που διαρκεί 9 ημέρες. Δ= Διάρκεια σε ημέρες

Σημείωση: Το ιστογράμμο του 3<sup>ου</sup> σταδίου με διάρκεια 1 μέρα, είναι τελείως διαφορετικό από εκείνο του 5<sup>ου</sup> σταδίου που διαρκεί 9 ημέρες. (Edmondson & Winberg, 1971).

### 8.5.2. Δυναμική στο εργαστήριο.

Ο προσδιορισμός της παραγωγής στο εργαστήριο πραγματοποιείται ως ακολούθως.

Απομονώνεται ένας ορισμένος αριθμός θηλυκών (F1) από τις μαζικές καλλιέργειες και η ανάπτυξη των απογόνων τους παρακολουθείται μέχρι την εμφάνιση των θηλυκών που φέρουν τον πρώτο ώσασκκο (F2). Τα θηλυκά αυτά τοποθετούνται ανά ένα σε κρυσταλλωτήρια (50 ml). Μετά από την εκκόλαψη κάθε ώσασκκου απομακρύνονται και τοποθετούνται σε νέο δοχείο, ενώ οι ναύπλιοι συνεχίζουν την ανάπτυξή τους έως την (F3) γενεά.



**Διάγραμμα 12.** Τρόπος υπολογισμού της δυναμικής πληθυσμού πλαγκτονικών οργανισμών στο εργαστήριο. Ο υπολογισμός γίνεται για συγκεκριμένο είδος.

όπου :

$N_e$  : ο αριθμός των αυγών  
 $N_c$  : ο αριθμός των κωπηποδιών  
 $W_{o,c}$  : βάρος κωπηποδιών  
 $t_e$  : διάρκεια εκκόλαψης  
 $t_c$  : διάρκεια κωπηποδικής φάσης

$N_n$  : ο αριθμός των ναυπλίων  
 $W_{o,n}$  : βάρος ναυπλίων  
 $W$  : βάρος ενηλίκων  
 $t_n$  : διάρκεια ναυπλιακού σταδίου

Με τις καθημερινές παρατηρήσεις προσδιορίζονται :

- \* Το ελάχιστο χρονικό διάστημα που απαιτείται από την εκκόλαψη έως την εμφάνιση των ενηλίκων ατόμων καθώς και των θηλυκών με τον πρώτο ωόσακκο.
- \* Ο χρόνος εκκόλαψης (κάθε ωόσακκου).
- \* Ο χρόνος δημιουργίας ωόσακκων.
- \* Η ελάχιστη διάρκεια γενεάς (minimum generation time) που περιλαμβάνει την περίοδο της προνυμφικής ανάπτυξης και τον χρόνο εκκόλαψης του πρώτου ωόσακκου.
- \* Το χρονικό διάστημα που μεσολαβεί μετά την εκκόλαψη και του τελευταίου ωόσακκου μέχρι το τέλος της γενεάς F2.
- \* Η διάρκεια της F2 γενεάς (μόνο τα θηλυκά άτομα).
- \* Ο ολικός αριθμός αυγών και ωόσακκων ανά θηλυκό άτομο.

- \* Η ημερήσια θνησιμότητα (%) κατά την διάρκεια της προνυμφικής ανάπτυξης.
- \* Ο φυλοκαθορισμός των απογόνων G3 (sex ratio).

Με βάση τις καθημερινές αυτές παρατηρήσεις υπολογίζονται οι δημογραφικές μεταβλητές  $T$ ,  $R_0$  και  $rm$  που αποτελούν τις βασικές παραμέτρους στη δυναμική πληθυσμών.

( $T$ ) Μέσος χρόνος γενεάς (Mean generation time).  $T = \frac{\sum x U_x}{\sum U_x}$

όπου :  $X$  = Η ηλικία των θηλυκών την στιγμή της παραγωγής των ναυπλίων.  
 $U_x$  = Ο αριθμός των ναυπλίων τον χρόνο  $x$ .  
 $(R_0)$  = Ο καθαρός ρυθμός αναπαραγωγής (Net reproductive rate).

$$R_0 = \frac{F_3}{F_2}$$

υποδηλώνει το ρυθμό αντικατάστασης των ωοφόρων θηλυκών  $F_2$  από τους θηλυκούς απογόνους  $F_3$ .

( $rm$ ) Ο ρυθμός φυσικής αύξησης (Intrinsic rate of natural increase).

$$rm = \frac{\ln R_0}{T}$$

Σημείωση: Τα Κωπήποδα (ναύπλιοι-κωπηποδίτες) μετρώνται με τη βοήθεια στερεοσκοπίου και συγχρόνως μεταφέρονται με πιπέτα σε νέες κάψες.

67

Η μέθοδος εκτίμησης των πληθυσμιακών αλλαγών στις μαζικές καλλιέργειες είναι αυτή του Caswell 1972.

$$r = \frac{\ln N_t - \ln N_0}{t}$$

όπου :  $N_0$  και  $N_t$  είναι οι αριθμοί των ατόμων στους χρόνους  $0$  και  $t$  αντίστοιχα. Το ( $r$ ) αντιπροσωπεύει τον στιγμιαίο ρυθμό της πληθυσμιακής αλλαγής (instantaneous rate of population change).

## 8.6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Buck, J.D. & Cleverdon, R.C. (1960). The spread plates as a method for the enumeration of marine bacteria. *Limnol. Oceanogr.* 5, 78-80.
- Caswell, H. (1972). On instantaneous and finite birth rates. *Limnol. Oceanogr.* 17, 787-791.
- Crippen, R.W. & Wuycheck, J.C. (1974). The use of neutral red and evans blue for live-dead determinations of marine plancton. *Stain. Tech.* 49, 97-104.
- Edmondson, W.T. (1960). Reproductive rate of planktonic rotifers in natural populations. *Mem. Ist. Ital. Idrobiol.* 12, 21-77.
- Edmondson, W.T. (1968). A graphical model for evaluating the use of the egg ratio for measuring birth and death rates. *Oecologia* 1, 1-37.
- Edmondson, W.T. (1971). Instar analysis, In W.T. Edmondson, and G.G. Winberg (eds.), *A Manual on Methods for the Assessment of Secondary Productivity in Fresh Waters*. IBP Handbook No 17. Blackwell Scientific Publications, Oxford, pp. 149-157.
- Fauchald, K. & Jumars, P.A. (1979). The diet of worms: A study of polychaete feeding guilds. *Oceanogr. Mar. Biol. Ann. Rev.* 17, 193-284.
- Fluchter, J. (1972). Fish: Conservation and culture in the laboratory, In C. Schlieper (ed.), *Research Methods in Marine Biology*. Sidgwick and Jackson, London. 236-247.
- Furukawa, I & Hidaka, K. (1973). Technical problems encountered in the mass culture of the rotifer using marine yeast as food organisms. *Bull. Plankton Soc. Japan* 20, 61-71.
- Gaudy, R., Moraitou-Apostolopoulou, M., Pagano, M., Saint-Jean, L. & Verriopoulos, G. (1988). Salinity a decisive factor in the length of *Acartia clausi* from three different areas (Greece and Ivory Coast). *Rapp. Comm. int. Mer Medit.* 31, 2. 233.
- Gauld, D.T (1951). The grazing rate of planktonic copepods. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 29. 695-706.
- Gold, K. (1968). Some observations on the biology of *Tintinnopsis* sp. *J. Protozool.* 15, 193-194.
- Gold, K. (1971). Growth characteristics of the mass-reared tintinnid *Tintinnopsis beroidea*. *Mar. Biol.* 8, 105-108.
- Guillard, R.R.L. (1975). Culture of phytoplankton for feeding marine invertebrates. In W.L. Smith and M.H. Chanley (eds.), *Culture of Marine Invertebrate Animals*. Plenum Press, New York. 29-60.
- Hallegraeff, G.M. (1981). Seasonal study of phytoplankton pigments and species at a coastal station of Sydney: Importance of diatoms and the nanoplankton. *Mar. Biol.* 61, 107-118.
- Hamilton, R.D. & Preslan, J.E. (1969). Cultural characteristics of a pelagic marine hymenostome ciliate, *Uronema* sp. *J. Exp. Biol. Ecol.* 4, 90-99.
- Harbison, G.B., Madin, L.P. & Swanberg, N.R. (1978). On the natural history and distribution of oceanic ctenophores. *Deep Sea Res.* 25, 233-256.
- Holland, D. L. & Hannant, P. J. (1973). Addendum to a micro analytical marine invertebrate larvae. *J. mar. biol. Ass. U.K.* 53, 833-838.

- Holm-Hansen, O & Booth, C.R. (1966). The measurement of adenosine triphosphate in the ocean and its ecological significance. *Limnol. Oceanogr.* 11, 510-519.
- Ikeda, T. (1974). Nutritional ecology of marine zooplankton. *Mem. Fac. Fish. Hokkaido Univ.* 22, 1-97.
- Ivlev, V.S. (1955). *Experimental Ecology of the Feeding of Fishes.* (in Russian). English translation: D.Scott, Yale University Press, New Haven, C.T. (1961).
- Katona, S.K. (1970). Growth characteristics of the copepods *Eurytemora affinis* and *E. herdmani* in laboratory cultures. *Helgolander Wiss. Meeresunters.* 20, 373-384.
- Lebour, M. V. (1922). The food of plankton organisms. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 12, 644-677.
- Lebour, M. V. (1923). The food of plankton organisms II. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 13, 70-92.
- Lyman, J. & Fleming, R.H. (1940). Composition of sea water. *J. Mar. Res.* 3, 134-146.
- Marshall, S.M., & Orr, A.P. (1955a). On the biology of *Calanus finmarchicus*. VIII. Food uptake, assimilation and excretion in adult and stage V *Calanus*. *J. Mar. Biol. Assoc. U.K.* 34, 395 - 529.
- Marshall, S.M., & Orr, A.P. (1955c). Experimental feeding of the copepod *Calanus finmarchicus* (Gunner) on phytoplankton cultures labelled with radioactive carbon (<sup>14</sup>C). *Deep-Sea Res.* 3, Suppl. Papers in marine biology and oceanography, 110 -114.
- Moraitou-Apostolopoulou, M. and G. Verriopoulos (1976). Laboratory studies on the feeding of *Acartia clausi* Giesbr. (Copepoda Calanoida). *Boll. Pesca Piscic. Idrobiol.* 31: 73- 86.
- Moraitou-Apostolopoulou, M. and G. Verriopoulos (1978). Quelques facteurs influant sur la nutrition d'un Copepode adapté a un biotope polye et eutrophise. *Rev. Int. Ocean. Med.* LI-LII : 89-99.
- Moraitou-Apostolopoulou, M., Verriopoulos, G. & Dikaiakou, N. (1982). Influence of light conditions on the offspring production and the sex ratio of *Tisbe holothuriae*, Humes. *Arch. Hydrobiol.* 96, 1: 120-127.
- Morisita, M. (1969). Methods of production measurement. In *Methods of Biological Productivity Measurements in Freshwaters.* JIBP. Kodansha, Tokyo. 357-367.
- Mullin, M. M. (1966). Selective feeding by calanoid copepods from the Indian Ocean. In H. Barnes (ed.), *Some contemporary Studies in Marine Science.* Allen and Unwin, London, 545-554.
- Mullin, M. M. & Brooks, E. R. (1967). Laboratory culture, growth rate, and feeding behavior of a planktonic marine copepod. *Limnol. Oceanogr.* 12, 657-666.
- Neunes, G. W. & Pongolini, G.F. (1965). Breeding a pelagic copepod, *Euterpina acutifrons* (Dana), in the laboratory. *Nature, Lond.* 208, 571-573.
- Ortner, P.B., Cummings, S.R., Aftring, R.P. & Edgerton, H.E. (1979). Silhouette photography of oceanic zooplankton. *Nature, Lond.* 277, 50-51.
- Paffenhofer, G.-A. (1970). Cultivation of *Calanus helgolandicus* under controlled conditions. *Helgolander Wiss. Meeresunters.* 20, 346-359.
- Paffenhofer, G.-A. & Harris, R.P. (1979). Laboratory culture of marine holozooplankton and its contribution to studies of marine planktonic food webs. *Adv. Mar. Biol.* 16, 211-308.

- Petipa, T. S. (1979). Trophic relationships in communities and the functioning of marine ecosystems 1. In M. J. Dunbar (ed.). *Marine Production Mechanisms*. Cambridge University Press, Cambridge, U.K. 233-250.
- Platt, T. & Irwin, B. (1973). Caloric content of phytoplankton. *Limnol. Oceanogr.* 18, 306-310.
- Platt, T., Brawn, V.M. & Irwin, B. (1969). Caloric and carbon equivalents of zooplankton biomass. *J. Fish. Res. Bd. Canada* 27, 1453-1473.
- Prosser, C.L. (ed). (1973a). *Comparative Animal Physiology*, 3<sup>rd</sup> ed. W.B. Saunders, Philadelphia.
- Provasoli, L., McLaughlin, J.J.A. & Droop, M.R. (1957). The development of artificial media for marine algae. *Arch. Microbiol.* 25, 392-428.
- Raymont, J.E.G. (1963). *Plankton and Productivity in the Oceans*. Pergamon Press, New York.
- Reeve, M.R. & Walter, M.A. (1978). Nutritional ecology of ctenophores-A review of recent research. *Adv. Mar. Biol.* 15, 249-287.
- Rice, A.L. & Williamson, D.I. (1970). Methods for rearing larval decapod Crustacea. *Helgolander Wiss. Meeresunters* 20, 417-434.
- Shuman, F.R. & Lorenzen, C.L. (1975). Quantitative degradation of chlorophyll by a marine herbivore. *Limnol. Oceanogr.* 20, 580-586.
- Skjoldal, H.R. & Bamstedt, U. (1977). Ecobiochemical studies on the deep-water pelagic community of Korsfjorden, western Norway. Adenine nucleotides in zooplankton. *Mar. Biol.* 42, 197-211.
- Smith, D.F., Bulleid, N.C., Campbell, R., Rowe, F., Tranter, D.J., & Tranter, H. (1979). Marine food-web analysis: An experimental study of demersal zooplankton using isotopically labelled prey species. *Mar. Biol.* 54, 49-59.
- Stoll, N.R., Dollfus, R. Ph., Forest, J., Riley, N.D., Sabrosky, C.W., Wright, C.W. & Melville, R.V. (eds). (1964). *International Code of Zoological Nomenclature Adopted by the XV International Congress of Zoology*. International Trust for Zoological Nomenclature, London.
- Strickland, J.D.H. & Parsons, T.R.A. (1972). *Practical Handbook of Seawater Analysis*, 2<sup>nd</sup> ed. Bull. Fish. Res. Bd. Canada 167.
- Szyper, J.P. (1978). Feeding rate of the Chaetognath *Sagitta enflata* in nature. *Estuar. Coast. Mar. Sci.* 7, 567-575.
- Tyler, A. (1953). Prolongation of life-span of sea urchin spermatozoa, and improvement of the fertilization-reaction, by treatment of spermatozoa and eggs with metalchelating agents (amino acids, versene, dentic, oxine, cupron). *Biol. Bull.* 104, 224-239.
- Yasuda, K. & Taga, N. (1980). Culture of *Brachionus plicatilis* Muller using bacteria as food. *Bull. Japanese Soc. Sci. Fish.* 46, 933-939.
- Βερροϊόπουλος, Γ. (1979). Σχέσεις της φυσιολογίας και της οικολογίας του Κωπήποδου του πλαγκτού *Acartia clausi* προς τη ρύπανση της θάλασσας. Διδακτορική Διατριβή. Σελ. 197.

## 9. ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΚΑΙ ΔΟΜΗ ΠΛΑΓΚΤΟΝΙΚΩΝ ΒΙΟΚΟΙΝΩΝΙΩΝ

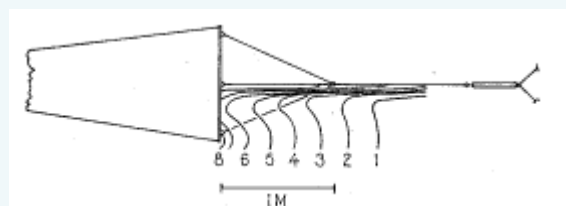
### Χωρική και χρονική κατανομή των πλαγκτονικών οργανισμών.

- Οι πλαγκτονικοί οργανισμοί σχηματίζουν ακανόνιστες κατανομές **μωσαϊκού τύπου** που ποικίλουν χωρικά (από 1 ως περισσότερο από 106 m) και χρονικά (σε ημερήσια, εποχική και ετήσια βάση).
- Η μωσαϊκού τύπου κατανομές οφείλονται:
  1. Στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών αλάτων. → *Φυτοπλαγκτόν*.
  2. Στη κίνηση των θαλασσιών μαζών. → *φυτο και ζωοπλαγκτόν*.
  3. Στους στροβίλους σύγκλισης. → *B. Ειρηνικός και Θαλ. Σαργασών*.
  4. Σε συστήματα απόκλισης. → *Περιοχές ανάβλυσης στο Ισημερινό*.
  5. Σε ωκεάνιες δίνες. → *Ρεύμα του κόλπου (του Μεξικού)*.
  6. Σε παράκτια μέτωπα των νηριτικών νερών. → *Τυρβώδεις αναμίξεις*.
  7. Στις κυψέλες Langmuir.
  8. Στην ένταση του φωτός. → *Μέγιστο χλωροφύλλης*.
  9. Στη ενεργητική κάθετη μετανάστευση του ζωοπλαγκτού.
  10. Στη παρουσία - απουσία Κωπηπόδων. → *Βόσκηση*

#### 9.1. Αξιοπιστία δειγματοληψιών και κατανομή πλαγκτού.

Θα εξετάσουμε κατά πόσο οι συσκευές συλλογής πλαγκτού και ιδιαίτερα τα δίχτυα, μας επιτρέπουν να καταγράψουμε την πραγματική κατανομή και σύνθεση του ζωοπλαγκτού.

Μια σημαντική αιτία σφαλμάτων αποδίδεται στο γεγονός ότι αρκετοί οργανισμοί αποφεύγουν τις συσκευές διήθησης. Σπάνια είναι "παθητικοί" κολυμβητές και τις περισσότερες φορές πραγματοποιούν κινήσεις αποφυγής του δειγματολήπτη. Το δίχτυ μαζί με το "καλώδιο" ρυμούλκησης, κατά την τροχιά τους, προκαλούν επιτάχυνση στις μάζες του νερού. Η επιτάχυνση αυτή, όπως και η διαφορά πίεσης που την προκαλεί, γίνονται αντιληπτές από τους οργανισμούς που αντιδρούν με φυγή. Το Σχήμα 22, παρουσιάζει σύμφωνα με τους υπολογισμούς των Smith *et al.* (1968) τις ταχύτητες που αναπτύσσονται στην είσοδο του δειγματολήπτη.



**Σχήμα 21.** Οι ταχύτητες που αναπτύσσονται στην είσοδο του δειγματολήπτη (cm/s). Διάμετρος δειγματολήπτη 1m. Ταχύτητα σύρσης 2,8 κόμβοι, ή 144 cm/s.



Επίσης το χρώμα του δειγματολήπτη, αλλά και η διαφοροποίηση του φωτισμού δραστηριοποιούν τους ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς.

Με βάση τα ανωτέρω είναι δεδομένο ότι δεν συλλαμβάνονται όλοι οι οργανισμοί που βρίσκονται στην τροχιά του δικτύου ακόμα και αν αυτό έχει 100% διηθητική ικανότητα (F). Είναι λοιπόν δυνατό να ορισθεί ένας συντελεστής συλλογής (C) που εκφράζει το ποσοστό του ζωοπλαγκτού που συλλέγεται σε σχέση με εκείνο που υπάρχει στην τροχιά του δειγματολήπτη.

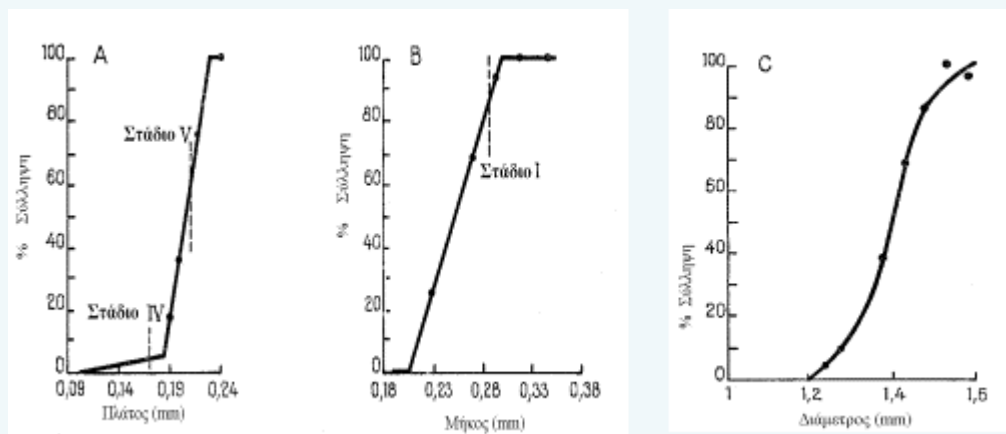
Ο συντελεστής συλλογής προσδιορίζεται με την ακόλουθη σχέση:

$$C = \left( \frac{R - K/V}{R} \right)^2$$

όπου: (V) Η ταχύτητα σύρσης.  
(P) Η ακτίνα του δικτυού.  
(K) Ο συντελεστής φυγής των οργανισμών.

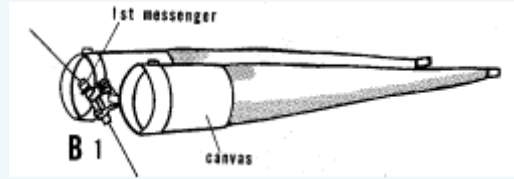
Ο συντελεστής φυγής (K) υπολογίζεται εκτελώντας δειγματοληψίες με διαφορετικές ταχύτητες και συγκρίνοντας τον αριθμό των ατόμων που συλλαμβάνονται σ'αυτές.

Ένας άλλος παράγοντας σφάλματος είναι η δυνατότητα συγκράτησης των οργανισμών από το δειγματολήπτη. Το ποσοστό συγκράτησης δεν εξαρτάται μόνο από τις διαστάσεις των οργανισμών, αλλά και από το σχήμα και την πλαστικότητα τους, όπως και από τον τρόπο ύφανσης του δικτυού. Το Διάγραμμα 13 παρουσιάζει τις διαφορές που παρατηρούνται στα δείγματα του πλαγκτού εξαιτίας των ανωτέρω περιπτώσεων.



**Διάγραμμα 13.** (A) Ποσοστό συγκράτησης του Κωπήποδου *Oithona*., (B) Ποσοστό συγκράτησης του Κωπήποδου *Calanus*., (C) Ποσοστό συγκράτησης αυγών ιχθύων.

Σύμφωνα με τη μελέτη Venrick (1971) ο μόνος τρόπος ελέγχου των σφαλμάτων είναι ο πολλαπλασιασμός των δειγματοληψιών. Η συνηθέστερη αντιμετώπιση είναι η παράλληλη σύρση 2 δειγματοληπτών έτσι όπως παρουσιάζονται στο ακόλουθο σχήμα.



Σχήμα 22. Παράλληλοι δειγματολήπτες ζωοπλαγκτού.

## 9.2. Μικροκατανομή Ζωοπλαγκτού.

Ακόμα και στις δειγματοληψίες που πραγματοποιούνται με τις καλύτερες προϋποθέσεις παρατηρούνται έντονες διαφοροποιήσεις στον αριθμό των ατόμων/m<sup>3</sup>, το νωπό ή ξηρό βάρος κ.λ.π. Ο συντελεστής διαφοροποίησης (V) κυμαίνεται μεταξύ 22 και 44% και ορίζεται από τη σχέση :

$$V = S/m$$

όπου: (S) σταθερή απόκλιση  
(m) μέσος όρος τιμών (Cassie, 1963).

Όπως φαίνεται και από τον Πίνακα 7 είναι αναγκαία η λογαριθμοποίηση των δεδομένων. Με τη λογαριθμοποίηση ο συντελεστής διαφοροποίησης (V) ανεξαρτητοποιείται από το μέσο όρο (m). Η σταθερή απόκλιση είναι ανάλογη του μέσου όρου  $S = Vm$ . Η λογαριθμοποίηση εξουδετερώνει αυτή τη σχέση, σταθεροποιώντας τη σταθερή απόκλιση και κατά συνέπεια τη διακύμανση (s<sup>2</sup>), επιτρέποντας την εφαρμογή των μεθόδων ανάλυσης της διακύμανσης. Θεωρητικά η λογαριθμοποίηση ομαλοποιεί τα πολυάριθμα δείγματα (πάνω από 50). Εντούτοις στην πράξη χρησιμοποιείται και στα ολιγάριθμα χωρίς μεγάλες απώλειες ακρίβειας (Cassie, 1962).

**Πίνακας 7.** Αρίθμηση 4 ομάδων οργανισμών που αντιπροσωπεύουν 12 διαδοχικές διαγώνιες δειγματοληψίες από βάθος 30 m. m = μέσος όρος. gv = κλίμακα μεταβολής.  
Στην πρώτη στήλη οι απόλυτες τιμές και στη δεύτερη λογαριθμοποιημένες. Σύμφωνα με: Winsor & Clarke, 1940).

<i>Calanus finmarchicus</i>				<i>Centropages typicus</i>			
Cοπέpodite IV		Cοπέpodite V		Femelle		Mâle	
895	2,95	1 520	3,18	43 300	4,64	11 000	4,04
540	2,73	1 610	3,21	32 800	4,52	8 600	3,93
1 020	3,01	1 900	3,28	28 800	4,46	8 260	3,92
470	2,67	1 350	3,13	34 600	4,54	9 830	3,99
428	2,63	980	2,99	27 800	4,44	7 600	3,88
620	2,79	1 710	3,23	32 800	4,52	9 650	3,98
760	2,88	1 930	3,29	28 100	4,45	8 900	3,95
537	2,73	1 960	3,29	18 900	4,28	6 060	3,78
845	2,93	1 840	3,26	31 400	4,50	10 200	4,01
1 050	3,02	2 410	3,38	39 500	4,60	15 500	4,19
387	2,59	1 520	3,18	29 000	4,46	9 250	3,97
497	2,70	1 685	3,23	22 300	4,35	7 900	3,90
m	671 2,80	1 701 3,22		30 775 4,48		9 396 3,96	
gv	663 0,43	1 480 0,39		24 400 0,36		9 440 0,41	

Το μεγάλο ποσοστό διαφοροποίησης, δημιουργεί δυσκολία στη σύγκριση των δειγμάτων.

Ο συντελεστής διαφοροποίησης ( $V=S/m$ ) είναι κατά μεγάλο ποσοστό ανεξάρτητος του μέσου όρου ( $m$ ) που σημαίνει ότι, ( $S$ ) είναι ανάλογο του μέσου όρου ( $m$ ), ή  $S^2 = V^2 m^2$  ----  $S^2 = cm^2(*)$  όπου  $V = c$ . Η σχέση αυτή πιστοποιείται στα πολυάριθμα δείγματα (πάνω από 50).

Η διακύμανση των ποσοτικών μετρήσεων του πλαγκτού εκφράζεται με την ακόλουθη σχέση:  $S^2 = m+cm^2 (**)$

Η διακύμανση είναι ανάλογη με τον μέσο όρο ( $m$ ) προσθέτοντας το διορθωτικό όρο ( $m^2$ ). Στα πολυάριθμα δείγματα ο όρος ( $m^2$ ) υπερέρχει του ( $m$ ). Για παράδειγμα όταν  $V = 32\%$ , δηλαδή  $c = 0.1$ , η διαφορά στις τιμές  $S^2$  στις σχέσεις (\*) και (\*\*) είναι 20% για  $m=50$  και 10% για  $m=100$ , αλλά 50% για  $m=10$ .

Η σταθερά ( $c$ ) κυμαίνεται συνήθως μεταξύ 0.05 και 0.1, χωρίς όμως να αποκλείονται και υψηλότερες τιμές. Έτσι η διακύμανση που προκύπτει από τις εκτιμήσεις του πλαγκτού συνήθως διαφέρει σημαντικά από εκείνη μιας τυχαίας κατανομής που αντιστοιχεί στην κατανομή Poisson (όπου:  $S^2=m$ ).

Η υψηλότερη τιμή της *variance* από το μέσο όρο υπογραμμίζει την ύπαρξη "ομάδας". Σαν οι οργανισμοί να προσελκύουν ο ένας τον άλλο. Όταν το φαινόμενο είναι ιδιαίτερα σημαντικό και πολλές φορές ορατό με γυμνό μάτι από την επιφάνεια, τότε χαρακτηρίζεται σαν "σμήνος". Η κατανομή κατά "σμήνη" δεν είναι παρά η ακραία περίπτωση μιας κατανομής κατά "πυκνές ομάδες", που οι Αγγλοσάξωνες ονομάζουν "patchiness".

Αποκλείοντας τα τεχνικά σφάλματα, πρέπει να δεχθούμε ότι παρ'όλη την "ομογενοποίηση" του πελαγικού περιβάλλοντος και τη συμπεριφορά του πλαγκτού (σύμφωνα με τον ορισμό του), οι πλαγκτονικοί οργανισμοί σπάνια παρουσιάζουν "τυχαία" κατανομή όπως οι περισσότεροι των άλλων βιότοπων. Η κατά ομάδες κατανομή είναι συνήθως ο κανόνας, εν τούτοις ορισμένες φορές παρατηρείται και ένας άλλος τύπος κατανομής "κανονικότερης" από την τυχαία, που χαρακτηρίζεται με χαμηλότερη *variance* από το μέσο όρο.

Ο Taylor (1961) μελετώντας τις κατανομές κατά ομάδες προτείνει την ακόλουθη σχέση

$$S^2 = a m^b$$

όπου: (a) σχετίζεται με τα χαρακτηριστικά της δειγματοληψίας

(b) δείκτης ομαδοποίησης

Όταν:  $b < 1$  κανονική κατανομή.

$b = 1$  τυχαία κατανομή.

$b > 1$  κατανομή κατά ομάδες, ή σμήνη.

Μέγεθος δείγματος.

Για τα μικρά δείγματα όπου ο όρος  $m^2$  είναι ασήμαντος,  $S = m$  και  $V = 1/\sqrt{m}$ . (Με τα μεγάλα δείγματα βελτιώνεται η ακρίβεια).

Ο Πίνακας 8 παρουσιάζει τις τιμές του ( $V$ ) σε σχέση με εκείνες του ( $c$ ) και αναφέρεται σε μεγάλα δείγματα όπου  $S^2 = m + cm^2$ . Σύμφωνα με τα στοιχεία αυτά στα πολυάριθμα δείγματα (μεγαλύτερα από 100), δεν παρατηρείται στατιστικά σημαντική βελτίωση της ακρίβειας.

**Πίνακας 8.** Τιμές του συντελεστή συσχέτισης V (%). m=μέσος όρος. c=σταθερά. (Σύμφωνα με Cassie, 1968).

m	C		
	0.05	0.2	1.0
0.1	317	319	332
1.0	102	110	141
10.0	39	55	105
100.0	24.5	45.8	100.5
1000.0	22.5	44.8	100.0
8	22.3	44.7	100.0

Μετατροπή των στοιχείων.

Η συνηθέστερη μετατροπή των στοιχείων για τις εκτιμήσεις του ζωοπλαγκτού είναι η λογαριθμική. Στην πράξη η μετατροπή αυτή είναι της μορφής  $\log X + K$ , όπου (X) είναι τα μη επεξεργασμένα στοιχεία. Η σταθερά (K), συνήθως  $K=1$ , επιτρέπει να ξεπεραστεί το πρόβλημα των μηδενικών τιμών, επιτυγχάνοντας την ομαλοποίηση των στοιχείων (Cassie, 1968).

### 9.3. Διαχρονικές διαφοροποιήσεις του Ζωοπλαγκτού.

Θα αναφερθούμε στις εποχιακές διαφοροποιήσεις (από μήνα σε μήνα) και τις ετήσιες (από χρονιά σε χρονιά).

Για τις ημερήσιες υπάρχουν λίγα παραδείγματα γιατί οι παρατηρούμενες διαφορές οφείλονται κυρίως στην μικροκατανομή, ή τις μετακινήσεις του νερού. Τέλος μια άλλη κατηγορία χρονικής διαφοροποίησης είναι οι νυχθήμερες, που μελετώνται όμως σαν κάθετες μεταναστεύσεις.

#### 9.3.1. Εποχικές διαφοροποιήσεις.

Μελετώντας το ζωοπλαγκτό σε συγκεκριμένη περιοχή και βάθος και απομονώνοντας τη νυχθήμερη διαφοροποίηση (αναφερόμενοι μόνο σε ημερήσια ή νυκτερινά δείγματα), διαπιστώνουμε ότι η σύνθεση των οργανισμών αλλάζει κατά τη διάρκεια των μηνών. Οι μηνιαίες διαφορές παρουσιάζουν ομοιότητες κατά τη διάρκεια των ετών (επαναληψιμότητα). Είναι δυνατόν σε καλά μελετημένους σταθμούς να δημιουργηθεί ένα είδος ημερολόγιου που να παρουσιάζει την πιθανή σύνθεση του ζωοπλαγκτού τις διάφορες εποχές του έτους. Για τη σωστότερη μελέτη της διαφοροποίησης πρέπει να διαχωρίζονται οι μερο- από τους ολοπλαγκτονικούς οργανισμούς.

#### 9.3.2. Εποχικές διαφοροποιήσεις του Μεροπλαγκτού.

Πολλοί βενθικοί οργανισμοί που οι προνύμφες τους ανήκουν στο πλαγκτό, αναπαράγονται συγκεκριμένες εποχές μέσα στο χρόνο. Οι οργανισμοί που έχουν συνεχή αναπαραγωγική περίοδο είναι λίγοι. Ο χρόνος εμφάνισης και παραμονής των αυγών και των προνυμφών ποικίλλει ανάλογα με το είδος του οργανισμού στο οποίο ανήκουν. Για παράδειγμα ο πλουτέας του αχινού *Arbacia lixula* δεν απαντάται στη Villefranche (N. Γαλλία) παρά μόνο τη θερμή εποχή. Το μέγιστο της αναπαραγωγικής περιόδου του οργανισμού εντοπίζεται μετά τους 20 °C (Fenaux, 1962). Αντίστοιχο φαινόμενο, στην ίδια περιοχή, παρατηρείται με τις προνύμφες των πολυχαίτων *Oweniides* που εμφανίζονται από το Νοέμβριο έως το Μάρτιο (Sentz, 1962).

Στα Σκανδιναβικά νερά παρόμοια φαινόμενα παρατηρούνται με τις προνύμφες των θυσανοπόδων *Balanus balanoides*. Σύμφωνα με τον Rzepishevsky (1962) στη

θάλασσα Mourgansk οι ναύπλιοι πρωτοεμφανίζονται στο πλαγκτό τον Ιανουάριο. Η πυκνότητά τους αυξάνει προοδευτικά με την πάροδο του χρόνου φθάνοντας στα τέλη Μαρτίου αρχικά τα 100 άτομα/ m<sup>3</sup> και ξαφνικά μέσα σε 2 με 3 μέρες πολλαπλασιάζονται με συντελεστή 100, φθάνοντας ορισμένες φορές τα 30.000 άτομα/ m<sup>3</sup>. Τότε τα Θυσανόποδα αντιπροσωπεύουν το 99% του ζωοπλαγκτού.

Όλοι οι παράγοντες που σχετίζονται με την αναπαραγωγική δραστηριότητα των οργανισμών που οι προνύμφες τους είναι πλαγκτονικές επηρεάζουν τη σύνθεση του ζωοπλαγκτού.

### 9.3.3. Εποχική διαφοροποίηση των Ολοπλαγκτονικών οργανισμών.

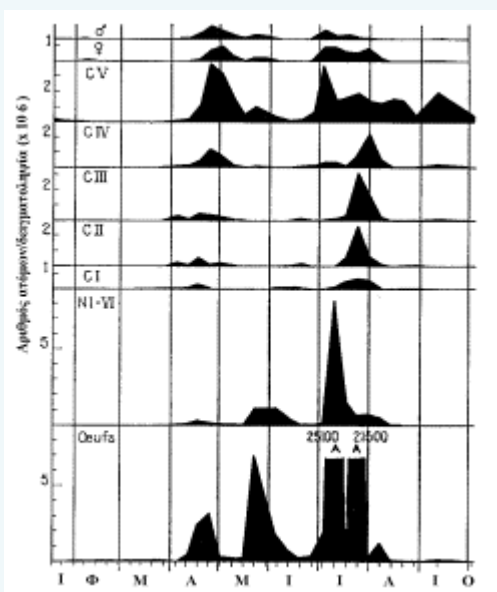
Όπως οι μερο- έτσι και οι ολοπλαγκτονικοί οργανισμοί παρουσιάζουν διακυμάνσεις κατά τη διάρκεια του έτους.

Στην Villefranche της Ν. Γαλλίας π.χ οι δύο κύριες οικογένειες Κωπηλατών, *Fritillaridae* και *Oikopleuridae* διαδέχονται η μια την άλλη. Τους ψυχρούς μήνες, η πρώτη και τους υπόλοιπους, η δεύτερη (Fenaux, 1963). Το Χορδωτό *Salpa fusiformis* εμφανίζεται στην ίδια περιοχή από τα τέλη Δεκεμβρίου έως το Μάιο. Το μέγιστο της παρουσίας του εντοπίζεται όταν η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται μεταξύ 13 και 15 °C (Braconnot, 1968).

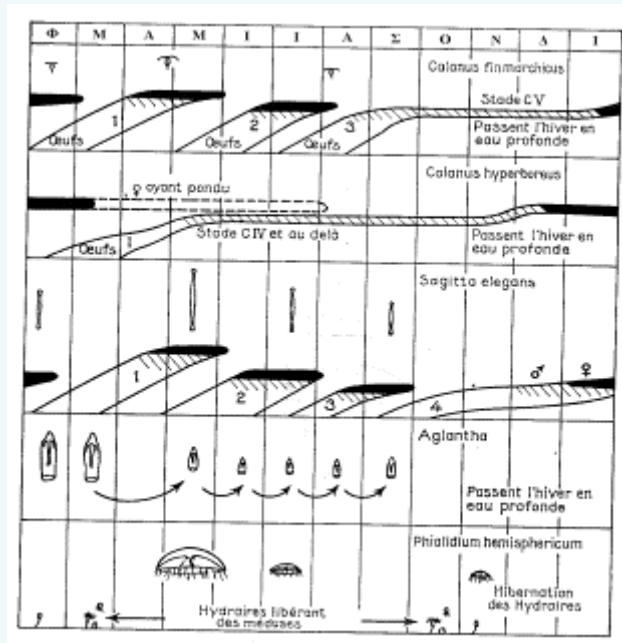
Στο Μικροζωοπλαγκτό τα *Tintinnides* εμφανίζουν έντονες διακυμάνσεις που σχετίζονται με τη θερμοκρασία. Το *Proplectella claparedei* παρουσιάζει τη μεγαλύτερη του συγκέντρωση σε θερμοκρασία 15-16 °C, ενώ το *Tintinnopsis sp.* σε θερμοκρασίες πάνω από 20 °C (Posta, 1963).

Αντίστοιχα φαινόμενα παρατηρούνται και στα Καρκινοειδή του πλαγκτού. Στο Διάγραμμα 3 παρουσιάζεται η ετήσια εξέλιξη του Κωπήποδου *Calanus finmarchicus* (Η μελέτη πραγματοποιήθηκε στην αλμυρή λίμνη Striven της Σκοτίας από τους Marshall & Orr (1955) και αναφέρεται στο σύνολο του βιολογικού κύκλου του οργανισμού).

Με βάση αυτού του τύπου τις μελέτες και αναλύοντας τα αποτελέσματα μπορούμε να προσδιορίσουμε τις διαδοχικές γενεές και κατ'επέκταση τον ετήσιο κύκλο των οργανισμών (Διαγράμματα 14 και 15).

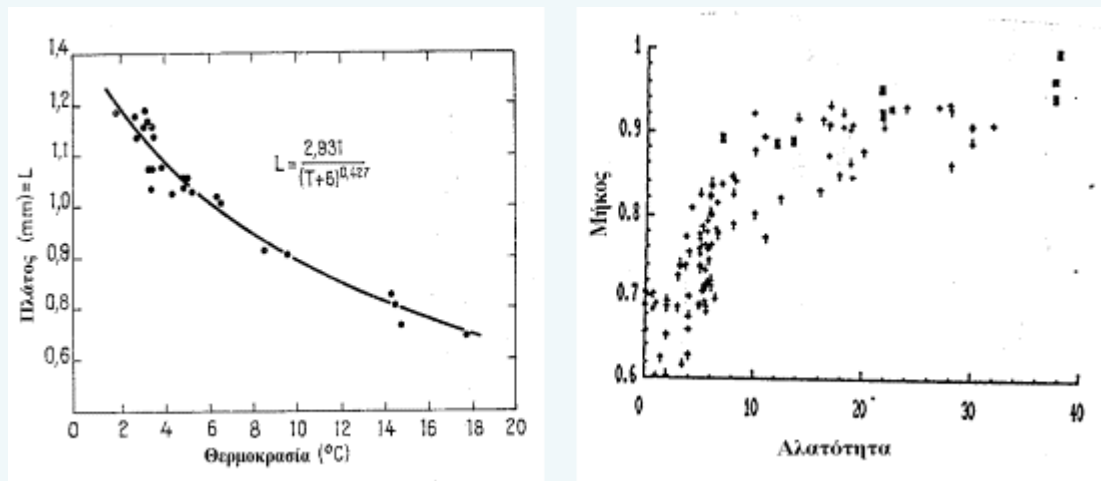


**Διάγραμμα 14.** Μηνιαία διακύμανση (από τον Ιανουάριο έως τον Οκτώβριο 1933) του αριθμού των *C. finmarchicus*. (N) Ναύπλιοι. (C ) Κωπηποδίτες.



**Διάγραμμα 15.** Σχηματική αναπαράσταση του ετήσιου κύκλου διαφόρων Ζωοπλαγκτονικών οργανισμών (Σύμφωνα με Russel, 1935).

Συχνά παρατηρούνται διαφορές στα μεγέθη των ώριμων ατόμων. Η διαφορά στις διαστάσεις σχετίζεται με διάφορους παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, η αλατότητα, η τροφή κ.λ.π. (Διάγραμμα 16).

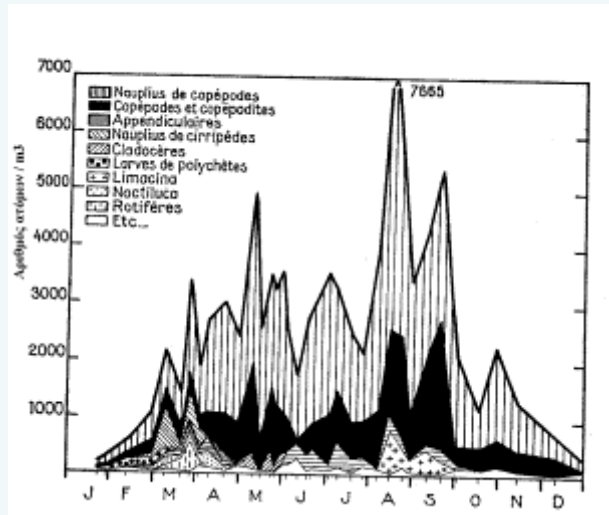


**Διάγραμμα 16.** (Α). Σχέση μήκους και θερμοκρασίας στο Χαϊτόγναθο *Sagitta elegans* (McLaren, 1963). (Β). Σχέση αλατότητας και μήκους στο Κωπήποδο *Acartia clausi* (Gaudy et al. 1988).

#### 9.3.4. Γενικές εποχικές διαφοροποιήσεις.

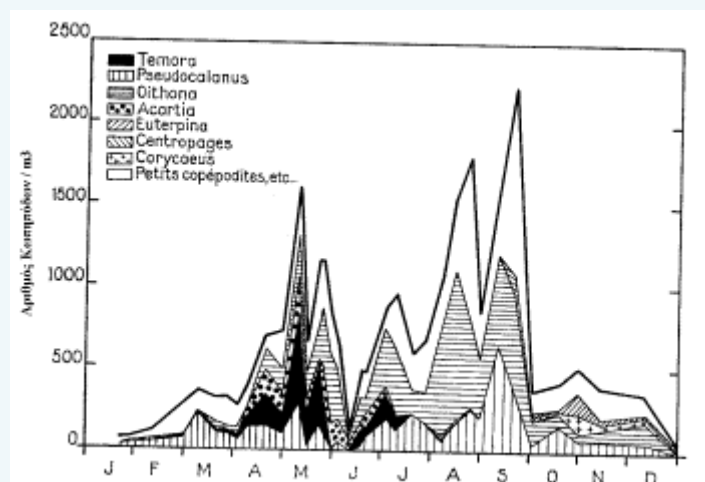
Το Διάγραμμα 17 παρουσιάζει την μηνιαία διακύμανση του ζωοπλαγκτού στην πελαγική περιοχή του Plymouth (Ν. Αγγλία).





**Διάγραμμα 17.** Μηνιαία διακύμανση του ζωοπλαγκτού (με πρώτα τα κωπήποδα) στα ανοικτά του Plymouth το 1934. Βάθος σταθμού 50 m. (Harvey *et al.* 1935).

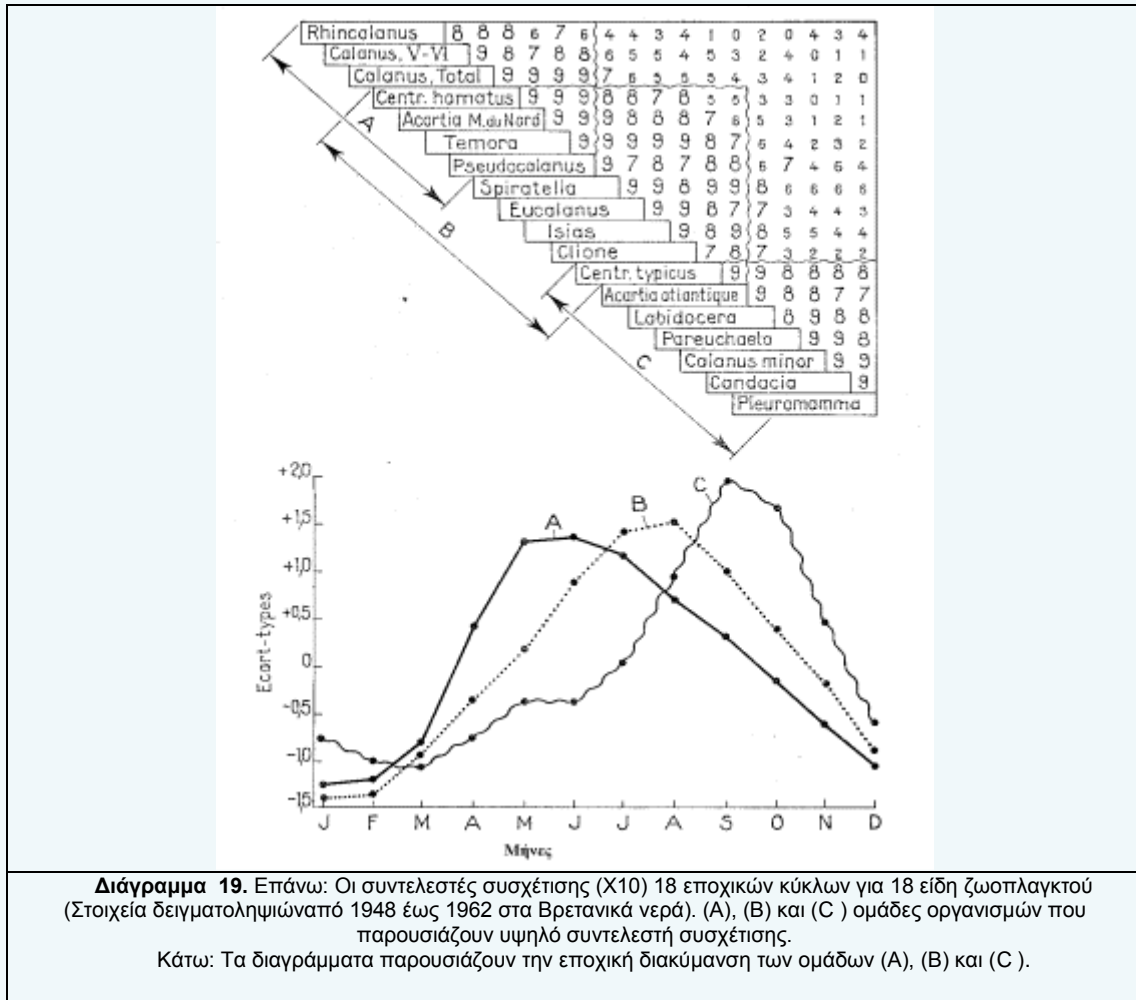
Το Διάγραμμα 18 παρουσιάζει αναλυτικά τη διακύμανση των Κωπηπόδων στον ίδιο με το προηγούμενο διάγραμμα σταθμό.



**Διάγραμμα 18.** Μηνιαία διακύμανση των Κωπηπόδων το 1934 στο Plymouth της Ν. Αγγλίας. (Harvey *et al.* 1935).

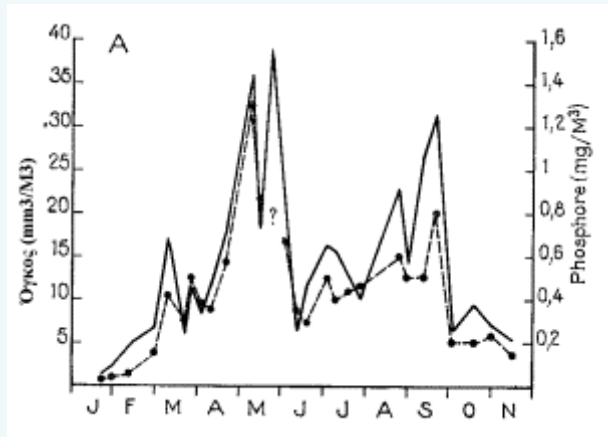
Ο Colebrook (1965) ανέλυσε, τα στοιχεία δειγματοληψιών πλαγκτού που πραγματοποιήθηκαν στα Βρετανικά νερά από το 1948 έως το 1962. Ελέγχοντας την εποχιακή διακύμανση υπολόγισε τους συντελεστές συσχέτισης μεταξύ των εποχικών κύκλων των οργανισμών. Ταξιλόγησε τα αποτελέσματα με τρόπο ώστε οι οργανισμοί με υψηλό συντελεστή συσχέτισης να είναι ο ένας δίπλα στον άλλο. (Διάγραμμα 19).





Με τη μέθοδο αυτή διακρίνουμε 3 εποχικούς κύκλους. Ο (Α) εμφανίζει το μέγιστο της αφθονίας του τον Μάιο-Ιούνιο, ο (Β) τον Ιούλιο-Αύγουστο και ο (C) που είναι ο τελευταίος Σεπτέμβριο -Οκτώβριο.

Τα αριθμητικά δεδομένα των δειγμάτων δεν λαμβάνουν υπόψη τους τις σημαντικές διαφορές στις διαστάσεις των οργανισμών. Η εκτίμηση του νωπού όγκου/  $m^3$  του ζωοπλαγκτού είναι ουσιαστικό συμπλήρωμα των πληροφοριών όπως φαίνεται και από το Διάγραμμα 20. Το διάγραμμα αυτό παρουσιάζει τις διαφοροποιήσεις του όγκου των οργανισμών/  $m^3$  και αναφέρεται στις δειγματοληψίες που παρουσιάζονται στο Διάγραμμα 6. Διαπιστώνεται ότι τα μέγιστα είναι διαφορετικά στις δύο γραφικές παραστάσεις.



**Διάγραμμα 20.** Συνεχής γραμμή. Διακύμανση του όγκου του ζωοπλαγκτού/ $m^3$ . Διακεκομμένη γραμμή. Διακύμανση του οργανικού φωσφόρου. (Harvey *et al.* 1935).

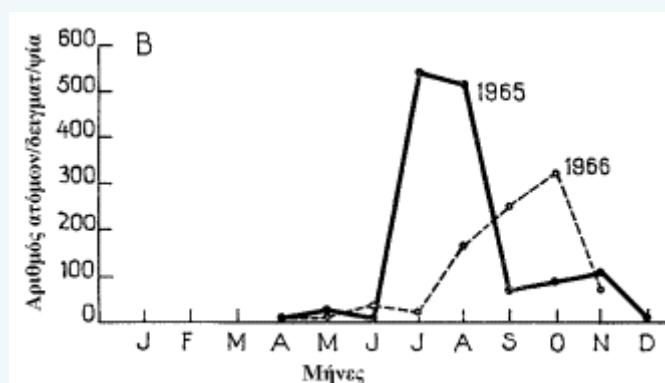
Το Διάγραμμα 20 παρουσιάζει τον οργανικό φώσφορο που περιέχει η ζωοπλαγκτονική βιομάζα. Τα αποτελέσματα είναι παρόμοια με εκείνα του όγκου του ζωοπλαγκτού. Από τα διαγράμματα αυτά φαίνεται καθαρά η ακόλουθη εξέλιξη: Αύξηση της βιομάζας στα τέλη Μαρτίου και τον Απρίλιο με μέγιστο τον Μαίο, μείωση τον Ιούνιο -Ιούλιο, μια ελαφρά αύξηση το Σεπτέμβριο και τέλος τη φθινοπωρινή μείωση. Παρατηρείται ο ίδιος κύκλος με τα εύκρατα νερά.

Στα τροπικά νερά αν και οι συνθήκες είναι ομοιόμορφες παρατηρούνται διαφοροποιήσεις. Στη θάλασσα των Σαργασών στα ανοικτά των Βερμούδων ο Deeney (1971) παρατήρησε σημαντικές διακυμάνσεις με συντελεστή μεγαλύτερο του 2 και θεωρεί ότι υπάρχει ετήσιος κύκλος λιγότερο έντονος απ'ότι στα κρύα νερά, αλλά με μέγιστο αφθονίας (ξηρό βάρος και όγκος ζωοπλαγκτού) τον Μάρτιο-Απρίλιο.

80

### 9.3.5. Ετήσιες διακυμάνσεις.

Εκτός από τις εποχιακές παρατηρούνται και ετήσιες διακυμάνσεις στο ζωοπλαγκτό. Ο Fraser (1970) παρατήρησε ότι το Κτενοφόρο *Pleurobrachia pileus* παρουσίασε το 1965 στα Σκωτσέζικα νερά, μια πυκνότητα αισθητά μεγαλύτερη από τη συνηθισμένη, ενώ ταυτόχρονα το μέγιστο της ποσότητάς του παρατηρήθηκε νωρίτερα απ'ότι συνήθως. (Διάγραμμα 21).



**Διάγραμμα 21.** Ετήσια διακύμανση του Κτενοφόρου *Pleurobrachia pileus* κατά το 1965 και 1966.

#### 9.4. Κατανομή στο χώρο.

Η συνέχεια του θαλάσσιου στοιχείου και η ανάμειξη του από τα ρεύματα έχουν σαν αποτέλεσμα την ύπαρξη κοσμοπολίτικων οργανισμών που όμως είναι σπάνιοι.

Το θαλάσσιο περιβάλλον είναι ποικίλο, αρκεί να δει κανείς τη θερμοκρασία, την αλατότητα, το φωτισμό κ.λ.π. Μόνο στα μεγάλα βάθη παρουσιάζεται ομοιομορφία, γι' αυτό οι οργανισμοί που ζούν στα βαθιά νερά είναι κοσμοπολίτες, όπως π.χ. το Μυσιδώδες *Gnathophausia gigas*. Αντίθετα οι περισσότεροι από τους οργανισμούς του πλαγκτού εντοπίζονται σε συγκεκριμένης ποιότητας νερά, π.χ. Το Κωπήποδο *Paracalanus parvus* εντοπίζεται σε όλα τα τροπικά και εύκρατα νερά, αλλά απουσιάζει από τα πολικά (Davis, 1955). Η Υδρομέδουσα *Sarsia tubulosa* είναι παρούσα μόνο στις βόρειες εύκρατες περιοχές. Το Ευφαισεώδες *Thysanopoda acutifrons* απαντάται μόνο στα υποπολικά νερά (Einarsson, 1945).

Το φυσικό περιβάλλον των οργανισμών πολλές φορές παρουσιάζει συνέχεια. π.χ. Ο Χαιτόγναθος *Eukrohnia hamata* διατηρείται στα επιφανειακά νερά στις 60 N και 60 S και σε βάθος 800 m μεταξύ 0 και 20 N Alvarino, 1964). Τα βαθυπελαγικά είδη συνήθως είναι παρόντα και στους δύο πόλους. Στα ανώτερα στρώματα η ίδια ομάδα συνήθως εμφανίζεται στις πολικές περιοχές (Αρκτική και Ανταρκτική) όχι με το ίδιο είδος, αλλά με δύο πολύ συγγενικά (κοντινά) που καλύπτουν την ίδια λειτουργία στο οικοσύστημα. Τα περισσότερα λοιπόν πλαγκτονικά είδη στην πραγματικότητα έχουν "περιορισμένες" (συγκεκριμένες) επιφάνειες κατανομής.

Οι επιφάνειες κατανομής των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών είναι πολλές, εντούτοις είναι δυνατόν να διακρίνουμε δύο βασικούς τύπους γεωγραφικής κατανομής, την Νηρητική και την Πελαγική.

Η πρώτη χαρακτηρίζεται από έντονες διακυμάνσεις των οικολογικών παραγόντων (C, S%), ενώ η δεύτερη από μεγαλύτερη έκταση και σταθερότητα. Οι δύο βιότοποι διαφέρουν μεταξύ τους όχι μόνο στη θερμοκρασία και την αλατότητα, αλλά και τα θρεπτικά άλατα, το αιωρούμενο υλικό κ.λ.π. Διαφέρουν δηλαδή ως προς την ποιότητα του νερού.

Από τους συνηθέστερους νηρητικούς ζωοπλαγκτονικούς οργανισμούς είναι : Το Κτενοφόρο *Pleurobrachia pileus*, Ο Χαιτόγναθος *Sagitta setosa*, Τα Κωπήποδα *Labidocera wollastoni*, *Temora longicornis*, *Acartiatonsa*, *A. clausi* και *Centropages hamatus*.

Το νηρητικό πλαγκτό χαρακτηρίζεται επίσης από την αφθονία των προνυμφών των βενθικών οργανισμών. Αντίθετα στο πελαγικό οι μεροπλαγκτονικοί οργανισμοί είναι σπανιότεροι και απ' αυτούς διακρίνουμε κυρίως προνύμφες νηκτού.

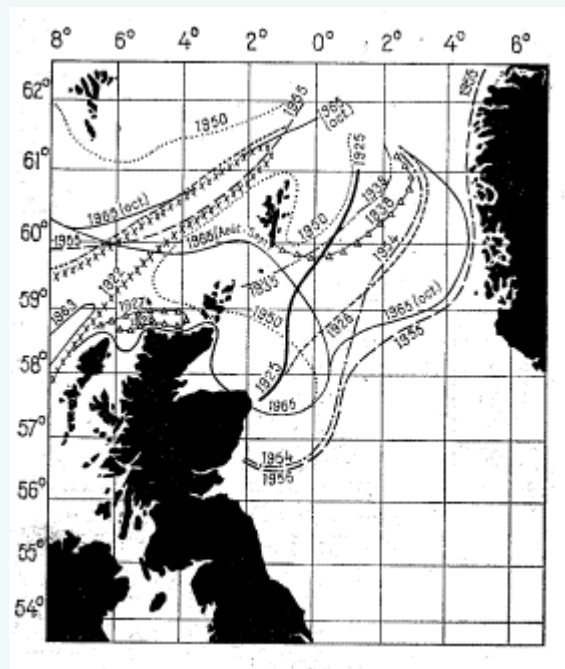
Το πελαγικό πλαγκτό χαρακτηρίζεται από τα πολλά Μαλάκια, Ετερόποδα, Σιφωνοφόρα και Κωπήποδα όπως τα : *Pareuchaeta norvegica*, *Pleuromamma gracilis* και *Centropages bradyi*.

Τέλος μερικοί οργανισμοί απαιτούν ενδιάμεσες συνθήκες (μεταξύ νηρητικού και πελαγικού περιβάλλοντος).

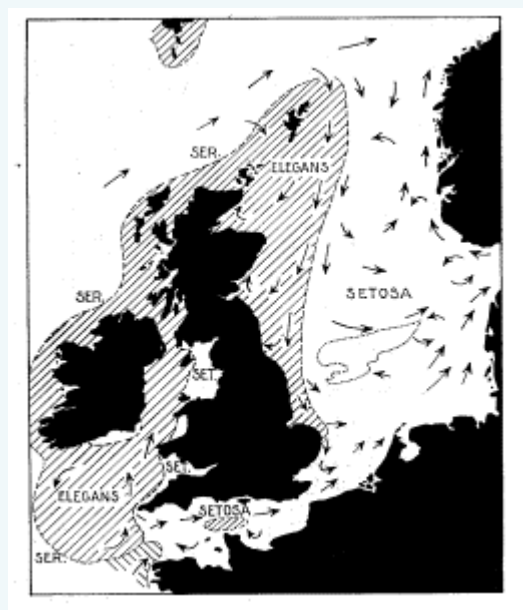
Στο πλαγκτό η γεωγραφική κατανομή δεν είναι σταθερή, αλλά ποικίλλει με το χρόνο ανάλογα με τη μετακίνηση των μαζών του νερού και τα ρεύματα. Ένα πολύ καλό παράδειγμα μη σταθερής γεωγραφικής κατανομής δίνεται από τον Fraser (1969) για το Δεσμομούριο *Salpa fusiformis* στο Διάγραμμα 22.

Η μετακίνηση των θαλάσσιων μαζών μπορεί να προκαλέσει διαφοροποίηση της πλαγκτονικής πανίδας. Φυσικά μπορούμε να υποθέσουμε ότι κάθε διαφοροποίηση οφείλεται στην άφιξη καινούργιας υδάτινης μάζας. Με το σκεπτικό αυτό ο Russell (1939) διέκρινε στα Βρετανικά νερά δύο ποιότητες νερού: εκείνη του *Sagitta setosa*

που είναι κυρίως νηρητική και του *Sagitta elegans* που είναι μίγμα πελαγικό και νηρητικό (Διάγραμμα 23).



**Διάγραμμα 22.** Ετήσια γεωγραφική κατανομή του Δεσμομούριου *Salpa fusiformis* στα Βρετανικά νερά



**Διάγραμμα 23.** Περιοχές κατανομής των Χαιτόγναθων *Sagitta setosa* και *Sagitta elegans* γύρω από τα Βρετανικά νησιά.

Η ύπαρξη πλαγκτονικών οργανισμών που απαιτούν συγκεκριμένης “ποιότητας” νερό μας βοηθά να εντοπίσουμε “έμμεσα” τις μετακινήσεις του νερού. Οι οργανισμοί αυτοί χαρακτηρίζονται σαν υδρολογικοί δείκτες. Η χρήση τους όμως απαιτεί μεγάλη προσοχή γιατί ο χαρακτηρισμός αυτός δεν προέρχεται από άμεση συσχέτιση της “ποιότητας” του νερού και της παρουσίας τους στη συγκεκριμένη μάζα, αλλά έμμεσα (με στατιστική ανάλυση). Φυσικά η αξία της πληροφορίας είναι μεγάλη, γιατί για παράδειγμα οι υδάτινες μάζες του *Sagitta elegans* είναι πλουσιότερες σε πλαγκτό απ’ότι εκείνες του *Sagitta setosa*.

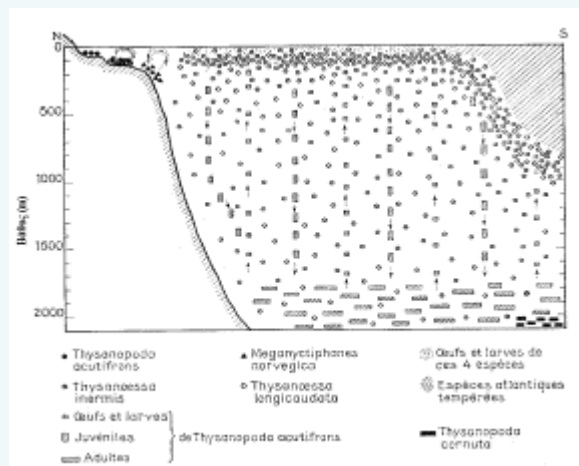
## 9.5. Κάθετη κατανομή και νυχθήμερες μεταναστεύσεις.

### 9.5.1. Η κάθετη κατανομή.

Στο κεφάλαιο αυτό θα εξετασθεί η κάθετη κατανομή των πλαγκτονικών οργανισμών, σε αντίθεση με τα προηγούμενα όπου η κατανομή αντιμετωπίστηκε σε “οριζόντιο” επίπεδο.

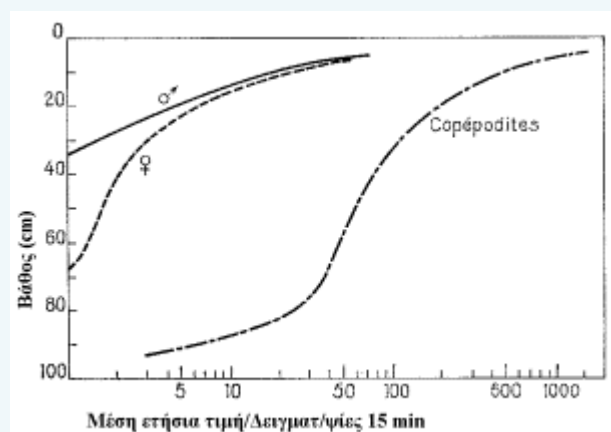
Η κατανομή των Ευφαισεωδών στο Βόρειο Ατλαντικό Ωκεανό προσφέρει ένα καλό παράδειγμα σχετικά με το θέμα αυτό. Στο Διάγραμμα 24, αναφέρονται 6 πλαγκτονικοί οργανισμοί από τους οποίους: 3 ζουν σε σχετικά μικρά βάθη και 3 προτιμούν πολύ βαθύτερα νερά.

- Ο βίοτοπος του *Meganyciophanes norvegica* εντοπίζεται σε βάθος 200 m στην άκρη της υφαλοκρηπίδας.
- Το γένος *Thysanopoda* δεν απαντάται παρά μετά τα 1500 m και χαρακτηρίζεται σαν βαθυπελαγικό. Τέλος πρέπει να επισημανθεί ότι το *Thysanoessa longicaudata* όχι μόνο προτιμά τα βαθιά νερά, αλλά εντοπίζεται καθαρά προς τα Νότια.



**Διάγραμμα 24.** Σχηματική παράσταση της κάθετης κατανομής 6 ζωοπλαγκτονικών οργανισμών στο Β. Ατλαντικό (περιοχή Ισλανδίας) (Einarsson, 1945).

Ο περιορισμός κατά βάθος παρατηρείται και σε πολύ μικρότερη κλίμακα, ιδιαίτερα όταν αναφερόμεθα στους οργανισμούς του πλευστού και του υπονευστού. Το Διάγραμμα 25 παρουσιάζει την κατανομή του Κωπήποδου *Anomalocera patersoni*, που ζει κυριολεκτικά στο πρώτο, από την επιφάνεια, μέτρο νερού.



**Διάγραμμα 25.** Κάθετη κατανομή του Κωπήποδου *Anomalocera patersoni* στον κόλπο της Μασσαλίας. (Champalbert, 1969).

Η κάθετη κατανομή μπορεί να διαφοροποιηθεί εποχιακά. Για παράδειγμα η Υδρομέδουσα *Persa incolorata*, στην περιοχή Villefranche της Ν.Γαλλίας, απαντάται το χειμώνα μόνο μεταξύ 0 και 50 m (Goy, 1964).

Εκτός όμως από τις ποιοτικές διαφοροποιήσεις το πλαγκτό αλλάζει και ποσοτικά με το βάθος.

Σύμφωνα με τον Vinogradof (1970) παρατηρείται αντιστρόφως ανάλογη σχέση μεταξύ βάθους και πλαγκτονικής βιομάζας που εκφράζεται με την ακόλουθη λογαριθμική εξίσωση:

$$\text{Log}Y = a - Kz$$

όπου: (Y) Η βιομάζα (νωπό βάρος). (z) Το βάθος. (a) Σταθερά.  
(K) Συντελεστής μείωσης.

Αν  $a = \text{Log} a$ , τότε  $Y = a e^{-Kz}$

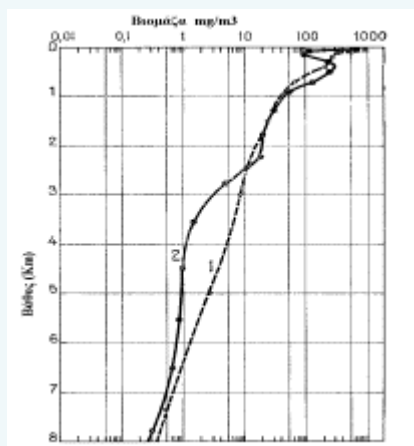
Το Διάγραμμα 26 παρουσιάζει τις διαφορές βιομάζας που παρατηρούνται στις τάφρους Kouriles και Kamchatka μεταξύ της επιφάνειας και του πυθμένα. Από μερικές εκατοντάδες mg/ m<sup>3</sup> στην επιφάνεια καταλήγουμε σε μερικά δέκατα του mg/ m<sup>3</sup> στον πυθμένα. Η προηγούμενη σχέση τους καλοκαιρινούς μήνες παίρνει τις ακόλουθες τιμές

$$Y = 56.2 e^{-6.5 \times 10^{-4} z}$$

Το Διάγραμμα 27 παρουσιάζει αντίστοιχες τιμές για διάφορες περιοχές της Μεσογείου.

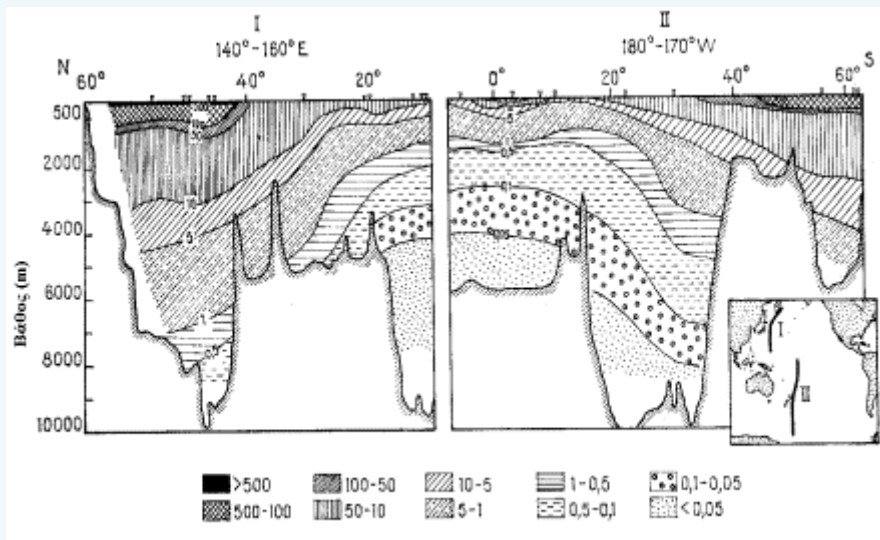
Τέλος χάρη στις πολυάριθμες παρατηρήσεις που πραγματοποίησε ο Vinogradof (1970) με τα ωκεανογραφικά πλοία Vitiaz και Ob, μπόρεσε να πιστοποιήσει την κάθετη κατανομή του πλαγκτού (βιομάζα) από Βορρά προς Νότο στον Ειρηνικό Ωκεανό μεταξύ 60 N & 60 S (Διάγραμμα 28). Φαίνεται καθαρά η διαφορά μεταξύ τροπικών περιοχών (μικρή βιομάζα) και των περιοχών εκατέρωθεν του 40 N & 40 S παραλλήλων.

Η μελέτη της κάθετης κατανομής του Ζωοπλαγκτού στο επίπεδο του είδους, έδειξε ότι σε σύντομα χρονικά διαστήματα που σχετίζονται με το φωτισμό (ημέρα-νύκτα) παρατηρούνται έντονες μεταναστεύσεις.

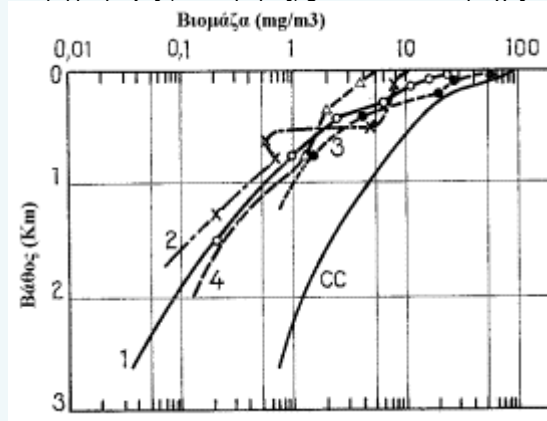


**Διάγραμμα 26.** Σχέση νωπού βάρους (Ζωοπλαγκτού) mg/ m<sup>3</sup> και βάθους. (1) Ανοιξη 1953. (2) Καλοκαίρι 1966.





**Διάγραμμα 28.** Κατανομή βιομάζας (νωπό βάρος) gr/ m<sup>3</sup> σε δύο περιοχές του Ειρηνικού Ωκεανού.



**Διάγραμμα 27.** Κάθετη κατανομή της βιομάζας του ζωοπλαγκτού (νωπό βάρος σε mg/m<sup>3</sup>) στις περιοχές: (1) Ιόνιο πέλαγος (34 42'N - 19 04'E) Χειμώνας., (2) Ιόνιο πέλαγος (36 04'N - 22 09'E) Χειμώνας., (3) Ιόνιο πέλαγος Καλοκαίρι., (4) Δυτική Μεσόγειος., Περιοχή Καναρίων νήσων (Vinogradov 1970).

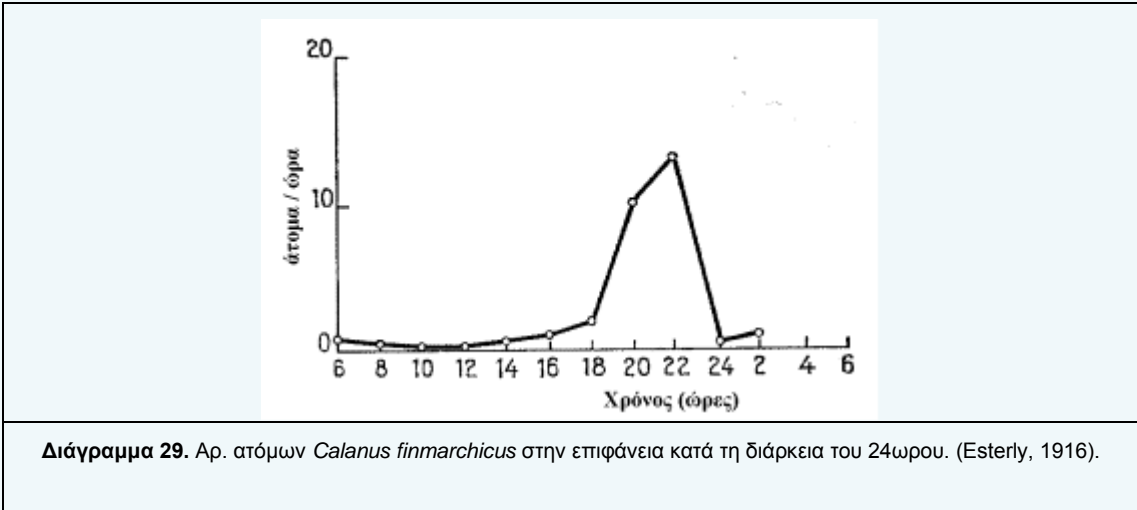
#### 9.6. Ιδιότητες των νυχθήμερων μεταναστεύσεων.

Η εμπειρία έχει δείξει ότι τα νυκτερινά επιφανειακά δείγματα πλαγκτού είναι τις περισσότερες φορές πλουσιότερα από τα αντίστοιχα ημερήσια.

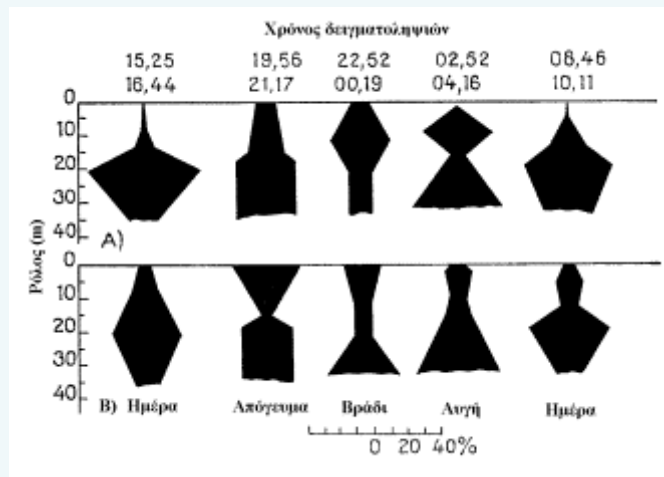
Το Διάγραμμα 29 παρουσιάζει την αφθονία του Κωπήποδου *Calanus finmarchicus* στα επιφανειακά στρώματα της Καλιφόρνιας κατά τη διάρκεια του 24ωρου (τα δεδομένα αναφέρονται σε παρατηρήσεις πολλών εβδομάδων και σε ώριμα άτομα).

Το φαινόμενο των κάθετων μεταναστεύσεων εμφανίζεται ιδιαίτερα έντονο στα πλαγκτονικά Καρκινοειδή. Το Διάγραμμα 31 παρουσιάζει τις μεταναστεύσεις του Κωπήποδου *Calanus finmarchicus* κατά τη διάρκεια του 24ωρου και για δυο διαφορετικές θερμικές εποχές (τα στοιχεία αναφέρονται σε ώριμα θηλυκά άτομα και την περιοχή Clyde της Σκωτίας).

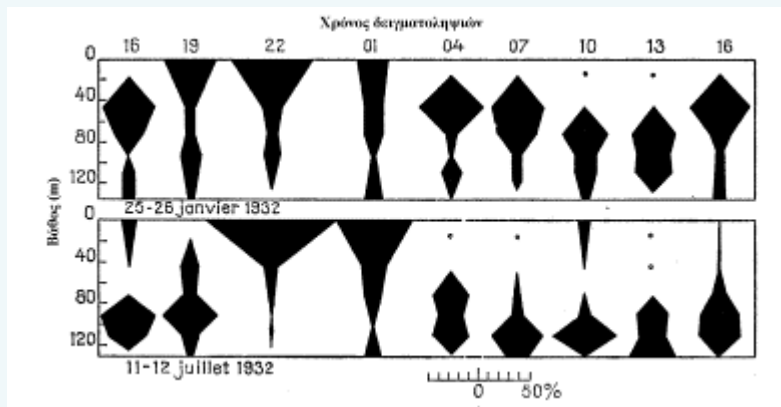




Επίσης το Διάγραμμα 30 παρουσιάζει την κάθετη κατανομή του Χαϊτόγναθου *Sagitta elegans* κατά τη διάρκεια του 24ωρου.



**Διάγραμμα 30.** Εξέλιξη της κάθετης κατανομής του Χαϊτόγναθου *S. elegans* στην περιοχή Plymouth. (Russel, 1931).



**Διάγραμμα 31.** Εξέλιξη της κάθετης κατανομής του Κωπήποδου *Calanus finmarchicus*. (Nicholls, 1933).

Είναι χαρακτηριστική η απουσία ατόμων στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια της μέρας και η εμφάνισή τους μετά τη δύση του ηλίου (στις 22h το καλοκαίρι και στις 19h τον χειμώνα). Κατά το μέσον της νύκτας η κατανομή των οργανισμών ομαλοποιείται σε όλα τα βάθη και το πρωί ξαναπαίρνει την ημερήσια μορφή της. Ο πληθυσμός βυθίζεται κατά τη διάρκεια της μέρας και ανεβαίνει προς την επιφάνεια την νύκτα. Το εύρος της μετακίνησης είναι της τάξης των 100 m.

Μετακινήσεις της τάξης μερικών εκατοντάδων μέτρων έχουν παρατηρηθεί σε Ευφασεώδη και μεγάλα Κωπήποδα.

Τέλος ορισμένα καρκινοειδή που ζουν κατά τη διάρκεια της μέρας κοντά στον πυθμένα (Μυσιδώδη), ή πάνω σ' αυτόν (Κυμώδη), κατά τις βραδινές ώρες ανεβαίνουν στην επιφάνεια. Οι οργανισμοί αυτοί αποτελούν μια ορισμένη κατηγορία μεροπλαγκτού με νυχθήμερους ρυθμούς.

Έχει παρατηρηθεί ότι ο ρυθμός και η έκταση των νυχθήμερων μεταναστεύσεων διαφοροποιείται σε πολλούς οργανισμούς ανάλογα με το στάδιο ανάπτυξης, ή το φύλο. Ο Nicholls (1933) παρατήρησε ότι τα αρσενικά άτομα του *Calanus finmarchicus*, στο Clyde της Σκωτίας, σε αντίθεση με τα θηλυκά παρουσιάζουν ακανόνιστες μεταναστεύσεις ενώ οι κωπήποδιτες (C5) παραμένουν μόνιμα (όλο το 24ωρο) κοντά στο πυθμένα.

Επίσης η έκταση των μετακινήσεων μπορεί να διαφοροποιηθεί από γενιά σε γενιά. Ο Rassel (1934) παρατήρησε στο *Calanus*, στην περιοχή Plymouth, ότι η μέγιστη ημερήσια πυκνότητα μετακινείται σταδιακά από τα 10m στα 20m μεταξύ Απριλίου και Ιουνίου. Τον Ιούλιο, Αύγουστο και Σεπτέμβριο παρατηρείται μια μετατόπιση του πληθυσμού προς τα ανώτερα στρώματα. Στην πρώτη περίπτωση το φαινόμενο αποδίδεται στην αύξηση της έντασης του φωτισμού (μεγαλύτερες ημέρες), ενώ στη δεύτερη όπου η διάρκεια της ημέρας παραμένει στα ίδια επίπεδα, στην ύπαρξη διαφορετικής γενιάς (τα "καινούργια" Κωπήποδα γεννήθηκαν και μεγάλωσαν κάτω από διαφορετικές συνθήκες).

Τέλος έχουν παρατηρηθεί και δυσεξήγητες "ανωμαλίες" στις κάθετες μεταναστεύσεις των οργανισμών. Για παράδειγμα α) συγκεντρώσεις *Calanus* στην επιφάνεια κατά τη διάρκεια της μέρας, ενώ θα "έπρεπε" να βρίσκονται σε βαθύτερα στρώματα, β) μεγάλες συγκεντρώσεις Ευφασεωδών στην επιφάνεια, όχι την "κατάλληλη" ώρα κ.λ.π.

Παρόλες τις "ανωμαλίες" οι κάθετες μεταναστεύσεις αποτελούν διαδεδομένο φαινόμενο του οποίου τις διάφορες φάσεις ο Cushing (1951) προσδιόρισε ως εξής:

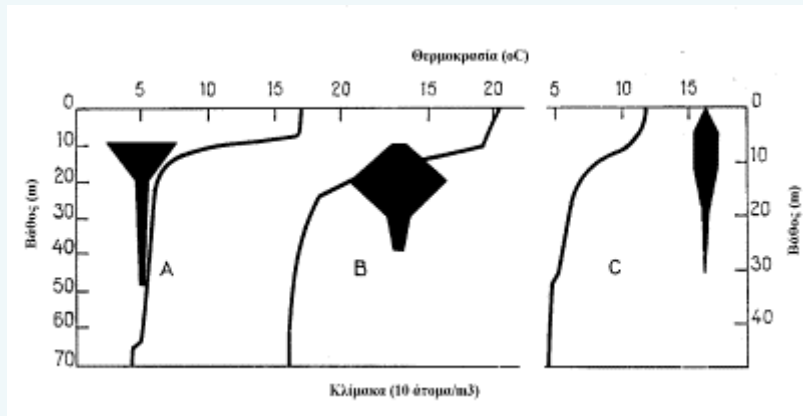
1. Άνοδος το βράδυ, προς την επιφάνεια, από το ημερήσιο βάθος.
2. Αναχώρηση από την επιφάνεια τα μεσάνυκτα, ή ενωρίτερα.
3. Άνοδος προς την επιφάνεια πριν την αυγή.
4. Γρήγορη κάθοδος την αυγή προς το ημερήσιο βάθος.
5. Παραμονή κατά τη διάρκεια της ημέρας στο ημερήσιο βάθος (το οποίο ποικίλλει).

#### 9.7. Καθορισμός των νυχθήμερων μεταναστεύσεων.

Το γεγονός ότι οι νυχθήμερες μεταναστεύσεις ρυθμίζονται από την ποσότητα και την ποιότητα του φωτισμού είναι αναμφισβήτητο. Οι οργανισμοί που πραγματοποιούν αυτές τις μεταναστεύσεις χαρακτηρίζονται από ένα όχι απόλυτα θετικό, ή αρνητικό φωτοτακτισμό. Με άλλα λόγια αναζητούν μία συγκεκριμένη ποιότητα και ένταση φωτισμού. Στο συμπέρασμα αυτό καταλήγουμε κυρίως μετά από τις παρατηρήσεις του Ulliyott (1939) στο Κωπήποδο *Cyclops strennus* και εκείνες του Lincoln (1970) σε *Daphnia sp.*

Πρέπει να αναφερθεί ότι η αναζητούμενη από τον κάθε οργανισμό ποιότητα και ένταση φωτισμού δεν είναι σταθερή και συγκεκριμένη, αλλά ποικίλει ανάλογα με τη φυσιολογική του κατάσταση.

Εκτός όμως από το φως που είναι ο σημαντικότερος παράγοντας, τις νυχθήμερες μεταναστεύσεις ρυθμίζουν και άλλοι όπως η θερμοκρασία, η πίεση, ή η βαρύτητα. Το Διάγραμμα 32 παρουσιάζει σύμφωνα με τις παρατηρήσεις του Beeton (1960) την επίδραση της θερμοκρασίας στις νυχθήμερες μεταναστεύσεις του Μυσιδώδους *Mysis relicta*. Όταν το θερμοκλίνας οριστικοποιείται, τότε οι οργανισμοί, ανεβαίνοντας προς την επιφάνεια σταματούν στο ύψος αυτό (σαν να εμποδίζονται να φθάσουν στην επιφάνεια). Όταν το θερμοκλίνας δεν είναι οριστικοποιημένο, αλλά “χαλαρό”, τότε οι οργανισμοί φθάνουν ως την επιφάνεια.



**Διάγραμμα 32.** Επίδραση του θερμοκλίνας στις κάθετες μεταναστεύσεις του Μυσιδώδους *Mysis relicta*. Η συνεχής γραμμή υποδηλώνει τη θερμοκρασία.

Στον Πίνακα 9 παρουσιάζονται η διάρκεια, η απόσταση και η ταχύτητα των νυχθήμερων μεταναστεύσεων των κυριότερων Καρκινοειδών του πλαγκτού.

**Πίνακας 9.** Η διάρκεια ανόδου και καθόδου σε (min), η διανυθείσα απόσταση σε (m) και ταχύτητα μετακίνησης σε (m/h) 5 ζωπλαγκτονικών οργανισμών. (Bainbridge, 1961).

	Προς την επιφάνεια			Προς τον πυθμένα		
	Διάρκεια (min.)	Απόσταση (m)	Ταχύτητα (m/h.)	Διάρκεια (min.)	Απόσταση (m)	Ταχύτητα (m/h.)
<i>Calanus finmarchicus</i> . . .	2	2,2	66	2	3,57	107
	30	17,8	35,6	30	29,9	59,8
	60	15	15	60	47	47
<i>Acartia clausi</i> . . . . .	2	1,12	33,6	2	0,57	17,1
	30	4,43	8,86	8	1,61	12,1
	60	8,81	8,81	—	—	—
Nauplius de <i>Balanus</i> . . .	2	0,75	22,5	—	—	—
	30	7,63	15,26	—	—	—
	60	14,9	14,9	—	—	—
Zoé de Brachyoure. . . . .	1	1,17	70,2	—	—	—
	2	1,95	58,5	—	—	—
	10	4,89	29,34	—	—	—
<i>Meganyctiphanes norvegica</i> .	2	5,77	173,1	2	7,17	215,1
	30	62,21	124,4	30	68,2	136,4
	60	92,8	92,8	60	128,8	128,8

## 9.8. Οικολογικές επιπτώσεις των νυχθημερών μεταναστεύσεων.

Αν και οι νυχθήμερες μεταναστεύσεις είναι σύνηθες φαινόμενο, δεν αφορούν το σύνολο των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών. Στις ίδιες ομάδες υπάρχουν είδη που μετακινούνται και άλλα όχι. Ο Baker, (1970) μελετώντας την κάθετη κατανομή των Ευφασεωδών στις Καναρίους νήσους, διαπίστωσε ότι τα μισά απ'αυτά δεν εκτελούν κάθετες μεταναστεύσεις. Τα Ευφασεωδή που μεταναστεύουν αποτελούν το 46% του πληθυσμού (σε αριθμό ατόμων) και το 63% της βιομάζας.

Στο σύνολο των Κωπηπόδων Cyclopoidea (Oithonidae, Oncaeidae, Corycaeidae) στα τροπικά νερά του Ειρηνικού, στα 17 είδη, μόνο 5 παρουσιάζουν νυχθήμερες μεταναστεύσεις (Zalkina, 1970).

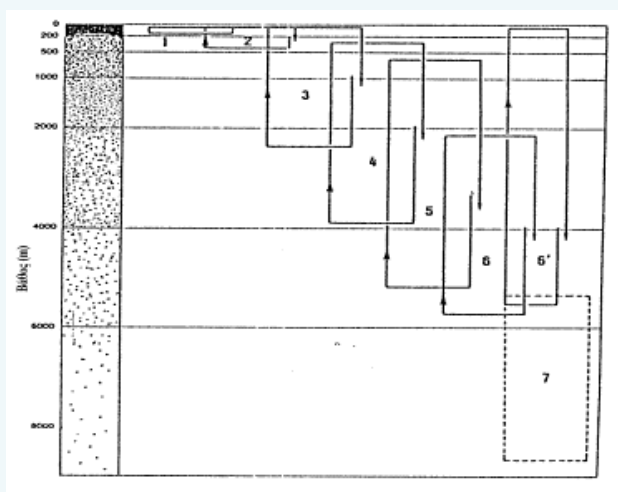
Οι οργανισμοί που μεταναστεύουν κατά την διάρκεια του 24ωρου αλλάζουν συνεχώς βιότοπους που ο καθένας έχει διαφορετική σύνθεση πληθυσμού (διαφορετική τροφή, αλλά και διαφορετικοί θηρευτές).

Οι χαρακτηριστικότερες οικολογικές επιπτώσεις από τις νυχθήμερες μεταναστεύσεις είναι:

- Οι φυτοφάγοι ζωοπλαγκτονικοί οργανισμοί τρέφονται τη νύκτα με το φυτοπλαγκτό των ανώτερων στρωμάτων μεταφέροντας έτσι τη ημέρα την οργανική ύλη στα βαθύτερα στρώματα. Η παραγωγή των πρώτων δεκάδων επιφανειακών μέτρων κατανέμεται σε μερικές εκατοντάδες μέτρα. Αυτό πραγματοποιείται και με την ιζηματοποίηση του οργανικού υλικού (βροχή οργανικού υλικού), οι νυχθήμερες όμως μεταναστεύσεις επιταχύνουν το φαινόμενο.
- Η άνοδος το βράδυ προς την επιφάνεια εμποδίζει π.χ. τη θήρευση των Ευφασεωδών από τους Τόνους που τρέφονται τη μέρα.
- Η κάθετη μετανάστευση βοηθά τη δημιουργία ανεξάρτητων τροφικών πλεγμάτων.

Η μεταβολική δραστηριότητα και οι ενεργειακές ανάγκες των οργανισμών που εκτελούν τις κάθετες μεταναστεύσεις δεν είναι απόλυτα γνωστά. Ορισμένοι ερευνητές υποστηρίζουν ότι οι οργανισμοί αυτοί δεν καταναλώνουν πρόσθετη ενέργεια και άλλοι το αντίθετο.

Το Διάγραμμα 33 παρουσιάζει σύμφωνα με τον Vinogradov, (1970) τις κάθετες κινήσεις των ζωοπλαγκτονικών οργανισμών.



- Διάγραμμα 33. (1) Μετανάστευση επιφανειακών οργανισμών.  
(2) " ενδιάμεσων "  
(3 & 4) Μεταναστεύσεις από τα επιφανειακά στρώματα σε βαθύτερα.  
(5,6 & 6') Μεταναστεύσεις βαθυτελαγικών οργανισμών.  
(7) Μετανάστευση αδοτελαγικών οργανισμών.

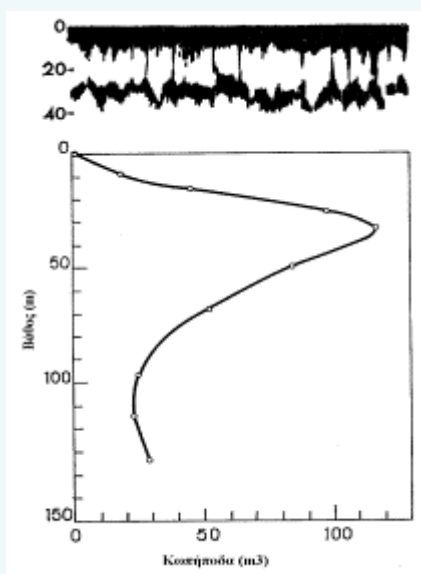
Η σύνθεση του πλαγκτού που εντοπίζεται μεταξύ 500 και 2000 m χαρακτηρίζεται από μεγάλο αριθμό φυτοφάγων οργανισμών που ανεβαίνουν προς την επιφάνεια ορισμένες ώρες του 24ωρου, κυρίως για να τραφούν. Επανερχόμενοι στο αρχικό τους επίπεδο θα χάσουν ένα μέρος της ενέργειας που συσσωρεύσαν στα ανώτερα στρώματα. Όσο για τους βαθυ- και αβυσσοπελαγικούς πλαγκτονικούς οργανισμούς είναι κυρίως σαρκοφάγοι. Ορισμένοι εγκαταλείπουν την ισοβαθή των 4000, ή των 3000 m, για να φθάσουν σ'εκείνη των 2000 m όπου τρέφονται με κάποιους από τους φυτοφάγους που εκτελούν με τη σειρά τους μεταναστεύσεις προς την επιφάνεια. Άλλοι οργανισμοί ανεβαίνουν από βάθη 6000 και 5000 m για να θηρεύσουν μεταξύ των σαρκοφάγων πρώτου βαθμού και με τη σειρά τους θα αποτελέσουν τροφή άλλων οργανισμών που ζουν σε βαθύτερα στρώματα.

Οι νυχθήμερες μεταναστεύσεις δεν είναι μόνο φαινόμενο φωτοτακτισμού, αλλά σχετίζεται και με τη διατροφή των οργανισμών.

#### 9.9. Κάθετες μεταναστεύσεις και στρώματα σκεδασμού ηχητικών κυμάτων.

Οι παρατηρήσεις έχουν δείξει ότι υπάρχει άμεση σχέση μεταξύ των στρωμάτων σκεδασμού και των υψηλών συγκεντρώσεων του πλαγκτού.

Τα στρώματα σκεδασμού καταγράφονται με ηχοβολιστικά διαφόρων συχνοτήτων. Το Διάγραμμα 34 παρουσιάζει την σχέση αυτή. Στο βάθος όπου εντοπίζεται (με δειγματοληψία) η μεγαλύτερη συγκέντρωση Κωπηπόδων *Calanus cristatus* εμφανίζεται (σύμφωνα με το ηχοβολιστικό) ένα στρώμα σκεδασμού.



**Διάγραμμα 34.** Σχέση ηχογραφήματος και πυκνότητας ζωοπλαγκτού. (Barraclough, LeBrasseur & Kennedy, 1972).

## 10. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Bainbridge, R., 1961. Migrations. In *The physiology of Crustacea*, II, ed. Waterman, Academic Press, Lond. & New York, 431-463.
- Baker, A., 1970. The vertical distribution of euphausiids near Fuertaventura, Canary Islands ("Discovery" Sond Cruise, 1965). *J. mar. biol. Ass. U.K.*, 50. 301-342.
- Barraclough, W.E., LeBrasseur, R.T. & O.D. Kennedy., 1969. Shallow scattering layer in the subarctic Pacific Ocean: detection by high-frequency echo sounder. *Science*, 166. 611-613.
- Beeton, A. M., 1960. The vertical migration of *Mysis relicta* L. *Biol. Bull.*, 116. 204-216.
- Braconnot, J. C., 1968. Distribution du tunicier pelagique *Salpa fusiformis* Cuvier a Villefranche-sur-Mer. *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 19. 481-482.
- Cassie, R. M., 1962. Frequency distribution models in the ecology of plankton and other organisms. *J. anim. Ecol.* 31. 65-92. Cassie, R.M., 1963. Microdistribution of plankton. *Oceanogr. mar. Biol. A Rev.*, 1. 223-252.
- Cassie, R. M., 1968. Sample desing. In *Zooplankton sampling. Monogr. oceanogr. Methodol.*, Unesco, 2. 105-121.
- Champalbert, G., 1969. Microdistribution d'un Pontellidae dans le Golfe de Marseille: *Anomalocera patersoni*. *Mar. Biol.*, 2, 346-349.
- Cushing, D.H., 1951. The vertical migration of planktonic Crustacea. *Biol. Rev.*, 26, 158-192.
- Davis, C. C., 1955. *The marine and freshwater plankton*. Univ. Press Michigan, 541p.
- Deevey, G. B., 1971. The annual cycle in quantity and composition of the zooplankton of the Sargasso sea off Bermuda. I. The upper 500 m. *Limnol. Oceanogr.*, 16. 219-240.
- Einarsson, H., 1945. Euphausiacea. I. Northern Atlantic species. *Dana Rep.*, 27. 1-185.
- Esterly, C. O., 1916. The feeding habits and food of pelagic copepods and the question of nutrition by organic substances in solution in the water. *Univ. Calif. Publ. Zool.* 16. 171-184.
- Fenau, L., 1962. Maturation des gonades et cycle saisonnier des larves chez *A. lixula* et *P. lividus* et *P. microtuberculatus* (Echinides) a Villefranche-sur-Mer. *Vie et Milieu*, 19. 1-52.
- Fenau, R., 1963. Ecology et biologie des Appendiculaires mediterraneens (Villefranche-sur-Mer). *Vie et Milieu, Suppl.*, 16. 142 p.
- Fraser, J. H., 1969. Variability in the oceanic content of plankton in the scottish area. *Progr. Oceanogr.*, 5, 149-159.
- Fraser, J. H. 1970. The ecology of the ctenophore *Pleurobrachia pileus* in scottish waters. *J. Cons.*, 33, 149-168.
- Gaudy, R., Moraitou-Apostolopoulou, M., Pagano, M., Saint-Jean, L. & G. Verriopoulos. 1988. Salinity a decisive factor in the length of Cephalothorax of *Acartia clausi* from three different areas (Greece and Ivory Coast). *Rapp. Comm. int. Mer Medit.*, 31, 2.
- Goy, J., 1964. Note sur l'ecologie de l'hydromeduse *Persa incolorata* MacCraday devant Villefranche-sur-Mer. *Vie et Milieu*, 15, 565-568.



- Harvey, H.W., Cooper, L.H.N., Lebour, M.V. & F.S. Russell., 1935. Plankton production and its control., J. mar. biol. Ass. U.K., 20, 407-441.
- Lincoln, R.J., 1970. A laboratory investigation into the effects of hydrostatic pressure on the vertical migration of planktonic Crustacea. Mar. Biol., 6, 5-11.
- McLaren, I.A., 1963. Effects of temperature on growth of zooplankton and the adaptive value of vertical migration. J. Fish. Res. Bd. Can., 20, 685-727.
- Marshall, S.M. & A.P. Orr., 1955. The biology of a marine copepod *Calanus finmarchicus* (Gunnerus). Oliver & Boyd, Endinburgh, 188 p.
- Nicholls, A. G., 1933. On the biology of *Calanus finmarchicus*. III. Vertical distribution and diurnal migration in the Clyde Sea area. J. mar. biol. Ass. U.K., 19, 139-164.
- Posta, A., 1963. Relation entre l'évolution de quelques Tintinnides de la rade de Villefranche-sur-Mer et la température de l'eau. Cah. Biol. mar., 4, 201-210.
- Russell, F.S., 1931. The vertical distribution of marine macroplankton. X. Notes on the behaviour of *Sagitta* in the Plymouth area. J. mar. biol. Ass. U.K., 17, 391-414.
- Russell, F.S., 1934. The vertical distribution of marine macroplankton. XII. Some observations on the vertical distribution of *Calanus finmarchicus* in relation to light intensity. J. mar. biol. Ass. U.K., 569-584.
- Russell, F.S., 1935. A review of some aspects of zooplankton research. Rapp. Cons. Explor. Mer, 95, 5-30.
- Rzepishevsky, I.K., 1962. Conditions of the mass liberation of the nauplii of the common barnacle *Balanus balanoides*(L.), in the eastern Murman. Itn. Rev. Hydrobiol., 47, 471-479.
- Sentz, E., 1962. Etude écologique sur les relations entre les larves planctoniques et les jeunes stades fixes dans la rade de Villefranche-sur-Mer. These de spacialite, Fac. Sci. Univ. Paris, 151 p.
- Smith, P.E., Counts, R.C. & Clutter, R.T., 1968. Changes in filtering efficiency of plankton nets due to clogging under tow. J. Cons. Perm. Int. Explor. Mer 32, 232-248.
- Taylor, L.R., 1961. Aggregation, variance and mean. Nature, 189, 732-735.
- Ulliyott, P., 1939. Die taglichen Wanderungen des planktonischen Susswasser-crustaceen. Int. Rev. Hydrobiol., 38, 262-284.
- Venrick, E.L., 1971. The statistics of subsampling. Limnol. Oceanogr. 16, 811-818.
- Vinogradov, M.E., 1970. Vertical distribution of the oceanic zooplankton. Israel program for Scietific translations, Jerusalem, 339 p.
- Winsor, C.P. & G.L. Clarke., 1940. A statistical study in the catch of plankton nets. J. mar. Res., 3, 1-34.
- Zalkina, A.V., 1970. Vertical distribution and diurnal migration of some Cyclopoida (Copepoda) in the tropical region of the Pacific Ocean. Mar. Biol., 5, 275-282.



## 11. ΑΝΑΒΛΥΣΕΙΣ - ΤΡΟΦΙΚΑ ΠΛΕΓΜΑΤΑ ΚΑΙ ΠΛΑΓΚΤΟΝ.

Η αφθονία του φυτοπλαγκτού στις περιοχές ανάβλυσης προκαλεί την θετική αύξηση του φυτοφάγου ζωοπλαγκτού, ενώ στο σαρκοφάγο, όπως οι Χαϊτόγναθοι είναι τα Σιφωνοφόρα, η απόκριση δεν είναι άμεση. Συχνά όμως η ανάπτυξή τους είναι παράλληλη.

Τα Ευφασεώδη ενδιαφέρουν εξ' αιτίας του μεγέθους, της τροφικής αξίας και της βιομάζας τους. Αποτελούν σημαντική πηγή τροφής για πολλά πελαγικά ψάρια. Εξ' αιτίας της δυνατότητας που έχουν να τρέφονται (είτε με θήρευση, είτε με διήθηση) και να πραγματοποιούν κάθετες μεταναστεύσεις, προσαρμόζονται στις συνεχείς αλλαγές συνθηκών στις περιοχές ανάβλυσης.

Τα Κωπήποδα αποτελούν την κυρίαρχη ομάδα του ζωοπλαγκτού στις περιοχές ανάβλυσης, αλλά η αφθονία τους παρουσιάζει μεγάλες αποκλίσεις, από το 45% της συνολικής βιομάζας κοντά στις ακτές της Αγκόλας, σε περισσότερο από 90% στα ανοικτά της Νιγηρίας. Σε επίπεδο ειδών, οι εργασίες των Roe (1972, 1975, 1984) και Boucher (1982) αλληλοσυμπληρώνονται. Στις Αφρικανικές ακτές έχουν καταγραφεί 320 είδη κωπηπόδων με σύνορο στην τροποποίηση της πανίδας το χωρισμό των υδάτων του Κεντρικού Βόρειου και Νότιου Ατλαντικού.

Στα νότια παρατηρούνται οι: *Calanus helgolandicus*, *Temora longicornis* και *Oncaea curta*.

Στα βόρεια παρατηρούνται οι: *Undinula vulgaris*, *Eucalanus pileatus*, *Euchaeta paraconcinus*, *Acartia plumosa* και *Corycaeus africanus*.

Οι βιοκοινότητες χαρακτηρίζονται από μικρή ποικιλότητα, γεγονός σύνηθες σε περιοχές υψηλής παραγωγής και με την παρουσία όχι ευκαταφρόνητου αριθμού βαθυπελαγικών ειδών στην υφαλοκρηπίδα. Οι κύριες οικογένειες έχουν ένα αντιπρόσωπο σημαντικό ποσοτικά, τα Calanidae το *Calanus helgolandicus*, τα Eucalanidae το *Eucalanus crassus*, τα Rhincalanidae το *Rhincalanus nasutus*, τα Acartidae το *Acartia clausi* και τα Concaeidae το *Oncaea curta*.

Η εκτίμηση του ολικού όγκου του ζωοπλαγκτού θέτει ορισμένες φορές υπό αμφισβήτηση τα βασικά δεδομένα του οικοσυστήματος. Έτσι, κοντά στις ακτές της Γκάνας που επωφελούνται από την τροπική ανάδυση, η συσχέτιση των χαμηλών θερμοκρασιών εξ' αιτίας της ανάβλυσης και της αύξησης της βιομάζας του ζωοπλαγκτού είναι χαρακτηριστική. Τα αλιεύματα των Clupeidae (*Sardinella aurita*) ακολουθούν το ίδιο σχήμα. Πειραματικές μέθοδοι όπως, η καταγραφή της αναπνοής, των εκκρίσεων, της ενζυμικής δραστηριότητας που ελέγχει την αναπνοή και της διατροφής, έχουν αναπτυχθεί τα τελευταία χρόνια. Εφαρμοζόμενες ακολουθώντας ένα σημαντήρα που εκπίπτει στην επιφάνεια της θάλασσας, οδήγησαν σε αρκετά απρόβλεπτα αποτελέσματα. Το μέγιστο του ζωοπλαγκτού ακολουθεί με διαφορά μίας ημέρας τη φυτοπλαγκτονική άνθιση (Herbland *et al.*, 1973). Μία τόσο μικρή χρονική διαφορά δύσκολα εξηγείται, ακόμα και όταν *in situ*, η παραγωγή ζωοπλαγκτού φθάνει σε τιμές το ίδιο υψηλές όπως με τις καλλιέργειες, δηλαδή διπλασιασμό της βιομάζας σε δύο ημέρες. Η διαθεσιμότητα του τροφικού αποθέματος (φυτοπλαγκτό, μικροζωοπλαγκτό, βακτήρια, οργανικά θρύμματα) ελέγχει το ζωοπλαγκτονικό απόθεμα μέσω της ωτοκίας (σχέση αριθμού αυγών και διατροφής) καθώς και το ποσοστό επιβίωσης των προνυμφών. Αντίθετα η θερμοκρασία επηρεάζει λίγο την ανάπτυξη και το ποσοστό επιβίωσης.

Στον κόλπο της Γουϊνέας στην πελαγική απόκλιση, η έναρξη της ανάδυσης υπογραμμίζεται με την πτώση της θερμοκρασίας των επιφανειακών υδάτων. Έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση της βιομάζας του ζωοπλαγκτού και των αλιευμάτων (Houghton and Mensah, 1978).

Τα βακτήρια αποτελούν ένα σημαντικό στοιχείο των οικοσυστημάτων έχοντας διπλό ρόλο. Καταρχήν γιατί εξασφαλίζουν ένα μεγάλο τμήμα της ανακύκλωσης της οργανικής ύλης που χρησιμοποιήθηκε. Οι εκκρίσεις των φυτικών και κυρίως των ζωικών οργανισμών αποτελούν τη δεύτερη πηγή ανακύκλωσης. Τέλος γιατί

αποτελούν πηγή τροφής όχι μόνο για τους βενθικούς, αλλά και τους πλαγκτονικούς οργανισμούς. Η μελέτη τους δεν είναι εύκολη (με αποτέλεσμα να υπάρχουν λίγες αναφορές) εξ' αιτίας του ότι:

- Έχουν μέγεθος μικρότερο από 1μm, με αποτέλεσμα το δύσκολο διαχωρισμό τους από τα υπόλοιπα στοιχεία της διήθησης.
- Δεν περιέχουν ειδικό συστατικό που να επιτρέπει μία εύκολη βιοχημική εκτίμηση της ποσότητάς τους, (όπως η χλωροφύλλη στο φυτοπλαγκτό).
- Αξιοποιούν διάφορες πηγές άνθρακα με αποτέλεσμα να περιορίζεται η χρήση ραδιοϊσοτόπων.
- Είναι εύθραυστα και η άμεση καταμέτρησή τους με μικροσκόπιο φθορισμού είναι δύσκολη.

Η χρήση ραδιοϊσοτόπων προσφέρει ακρίβεια στη γεωγραφική κατανομή των βακτηρίων. Χρησιμοποιώντας γλυκόζη, ή αμινοξέα, μπορούμε να διερευνήσουμε παρακολουθώντας την έκπτωση ενός σημαντήρα, τα ακόλουθα:

Το μέγιστο της βακτηριακής δραστηριότητας τοποθετείται γεωγραφικά και χρονικά σύμφωνα με την οικολογική ακολουθία από το κέντρο προς την περιφέρεια της ανάδυσης: νερά πλούσια σε θρεπτικά άλατα, φυτοπλαγκτονική άνθιση, βακτηριακή ανάπτυξη συνδεδεμένη με φυτοπλαγκτονικές εκκρίσεις. Αυτή η κατανομή αποδεικνύει ότι, στα εξαντλημένα από ανόργανα αποθέματα νερά το φυτοπλαγκτό παράγει με τη φωτοσύνθεση οργανικά μόρια, όπως γλυκίδια, πλούσια σε ενέργεια που αξιοποιούνται από τα βακτήρια.

Η ενεργειακή απόδοση των βακτηρίων είναι 50% για τη γλυκόζη και 35% για τα αμινοξέα. Στις παραγωγικές περιοχές παρατηρείται μεγάλη σπατάλη ενέργειας.

Η ανάπτυξη επηρεάζεται από τις αλλαγές του ανέμου. Δημιουργείται σε καθορισμένες περιοχές. Η μορφή της ακτής και η τοπογραφία του πυθμένα καθορίζουν τη θέση ανάπτυξης.

Στο κέντρο η θερμοκρασία είναι μικρή, τα θρεπτικά άλατα παρουσιάζουν μεγάλες συγκεντρώσεις, και οι οργανισμοί μικροί. Η παραγωγή εξαρτάται από τα χαρακτηριστικά ροής της ανάπτυξης.

Η διαχρονική ανάπτυξη του οικοσυστήματος, που υλοποιείται μέσα στο χώρο κατά μήκος του μετώπου έκπτωσης, έχει τα βασικά χαρακτηριστικά της οικολογικής αλληλουχίας. Η πλαγκτονική διαδοχή είναι προκαθορισμένη, προβλέψιμη, οδηγεί σε ένα σταθερό οικοσύστημα με υψηλή βιομάζα, πολύπλοκες σχέσεις και μεγάλη ειδική ποικιλότητα. Η δομή μπορεί να διατηρηθεί με ελάχιστη εξωτερική ενέργεια. Για τους Vinogradov and Menshutkin, (1977); Vinogradov (1970); Cushing and Walsh, (1976) η ένταση της παραγωγής των ανώτερων τροφικών επιπέδων, όπως και η μορφή του τροφικού πλέγματος, ελέγχουν την πρωτογενή παραγωγή και καθορίζουν το σχήμα διαδοχής στο οικοσύστημα (Πίνακας 10).

Ο έλεγχος της τροφικής αλυσίδας σχετίζεται με τον αποκλεισμό ορισμένων οργανισμών. Οι αντσούγιες τρέφονται με Κωπήποδα και συγκρατούν στα βραγχία τους το φυτοπλαγκτό. Με την απομάκρυνση των ψαριών το πλαγκτό επανέρχεται στα αρχικά του αποθέματα γιατί οι συνθήκες ανάπτυξης είναι ευνοϊκές. Για τον Margalef (1978) είναι αντίθετα, η βοηθητική κινητική ενέργεια (ο άνεμος) που ελέγχει αυτή την εξέλιξη. Οι ασθενείς άνεμοι (μείωση της κάθετης μεταφοράς), ή οι ισχυροί άνεμοι (εντατικοποίηση της κάθετης μεταφοράς) επηρεάζουν την πρωτογενή παραγωγή που με τη σειρά της επηρεάζει τη δευτερογενή. Όσο ανεβαίνουμε στο τροφικό πλέγμα, τόσο η γεωγραφική κατανομή γίνεται πολύπλοκη, γιατί οι οργανισμοί είναι ικανοί να πραγματοποιήσουν κάθετες μεταναστεύσεις, ή μεγάλες οριζόντιες μετακινήσεις. Η συμπεριφορά τους ποικίλλει ανάλογα με τις ώρες του 24ωρου. Έτσι τα ψάρια του τύπου αντσούγιας, την ημέρα παραμένουν στο άνω τμήμα του θερμοκλινούς και τη νύκτα μεταναστεύουν προς την επιφάνεια.

Πίνακας 10. Σχέσεις ανάδυσσης και τροφικού πλέγματος. (Cushing and Walsh, 1976).

	Πρωτογενής παραγωγή g C/m <sup>2</sup> / έτος	Τροφικά επίπεδα	Απόδοση %	Παραγωγή ψαριών mg C/m <sup>2</sup> / έτος
Ωκεάνιο	50	5	10	0,5
Υφαλοκρηπίδας	100	3	15	340
Αναβλύσεων	300	1,5	20	36.000

Οι τιμές αυτές είναι ανώτερες από εκείνες της Βόρειας και της Νορβηγικής θάλασσας όπου οι ετήσιες ποσότητες αλιευμάτων είναι αντίστοιχα 1 και 1.5 εκατομμύρια τόννοι. Να σημειωθεί ότι οι περιοχές αλιείας έχουν έκταση περίπου 100.000 Km<sup>2</sup> η κάθε μία και είναι συγκρίσιμες μεταξύ τους.

Οι εποχικές και γεωγραφικές πλαγκτονικές διαφοροποιήσεις στις περιοχές ανάδυσσης ρυθμίζουν τη φύση και την παραγωγικότητα των βαθμίδων που αξιοποιούνται από τον άνθρωπο. Τα ψάρια με την καλύτερη προσαρμογή είναι εκείνα με γρήγορη ανάπτυξη που μπορούν να αποκαταστήσουν τον πληθυσμό τους. Η καλή προσαρμογή στις διαφοροποιήσεις του τροφικού περιβάλλοντος και η ανοχή στη έντονη εκμετάλλευση αναφέρονται στις βιολογικές τους ιδιότητες. Τα Clupeidae και Engraulidae είναι πλαγκτονοφάγα, μεταναστευτικά και αποτελούν χαρακτηριστικές ομάδες στις περιοχές ανάβλυσης. Υπολογίσθηκε ότι μια ρέγγα για να καταναλώσει τα χίλια Kwπήποδα της ημερήσιας διατροφής της, πρέπει να συλλαμβάνει ένα κάθε 90 sec, γι'αυτό μειώνει και την ταχύτητα κρουαζιέρας έτσι εξηγείται και ο συντονισμός των ψαριών σε σμήνη στις περιοχές με πολύ ζωοπλαγκτό.

Το κρίσιμο σημείο είναι εκείνο της προνουμφικής φάσης, όπου η επιβίωση είναι μικρή. Το νεαρό ψάρι είναι πολύ αδύναμο για να ψάξει ενεργητικά την τροφή του και μόνη η υψηλή πυκνότητα του πλαγκτού εξασφαλίζει τις πιθανότητες να συναντηθεί η τροφή με τον καταναλωτή. Από το επίπεδο επιβίωσης των προνουμφών θα εξαρτηθεί η συνολική απόδοση του οικοσυστήματος.

Η αφθονία σε αλιεύματα οφείλεται:

- α) στις περιορισμένες απώλειες ενέργειας από το ένα τροφικό επίπεδο στο άλλο,
- β) στο απλούστερο τροφικό πλέγμα και

γ) στη διάρκεια του φαινομένου της ανάβλυσης. Στις παράκτιες τροπικές και στις εύκρατες αναβλύσεις το τροφικό πλέγμα είναι το ίδιο (Cushing, 1951, 1959). Η μεγαλύτερη ποσότητα αλιευμάτων στις τροπικές περιοχές οφείλεται απλώς στη μεγαλύτερη διάρκεια της φυτοπλαγκτονικής άνθισης. Στο Περού διαρκεί τα 3/4 του έτους και τα αλιεύματα είναι 4 με 5 φορές μεγαλύτερα από εκείνα των εύκρατων περιοχών όπου η φυτοπλαγκτονική άνθιση διαρκεί 2 μήνες το έτος. Η μικρότερη αφθονία των Αφρικανικών και των Καλιφορνέζικων αναβλύσεων σε σχέση με εκείνη του Περού οφείλεται στο ότι φάσεις ανόδου είναι διακοπτόμενες και μικρότερης διάρκειας.

### 11.1. Σχέσεις με τη βενθική πανίδα.

Η κατανομή της βενθικής βιομάζας σχετίζεται με την πελαγική παραγωγή. Συγκρίνοντας τον κόλπο του Μεξικού με την Περουβιανή ανάδυση παρατηρείται μία απόκλιση με συντελεστή 100 στη βενθική παραγωγή, ενώ η ίδια σχέση στην πελαγική πρωτογενή παραγωγή έχει συντελεστή μεταξύ 10 και 50 Ryther & Dunstan (1971). Η σχέση μεταξύ πλαγκτού και βένθους είναι τροφική και εξαρτάται από την ιζηματοποίηση. Εξάλλου η ανάλυση των ιζημάτων είναι αποδεικτική των παράκτιων αναβλύσεων. Δύο εκατοστά ιζήματος απεικονίζουν την ιστορία των τελευταίων 15 ετών στην υφαλοκρηπίδα της Ν. Αφρικής, ενώ η ίδια ποσότητα αναφέρεται σε 200 ως 1000 χρόνια στις αβυσσαίες πεδιάδες στα ανοικτά της Β.Δ. Αφρικής.

Διαπιστώνεται μία τέλεια σχέση στην κατανομή της πλαγκτονικής και βενθικής βιομάζας για τους ακόλουθους λόγους:

Η ταχύτητα ορισμένων οριζόντιων ρευμάτων του πυθμένα εμποδίζει κάθε ιζηματοποίηση. Έχουν καταγραφεί στο πυθμένα των Αφρικανικών ακτών ρεύματα με ταχύτητα 40cm/sec που εμποδίζουν την ιζηματοποίηση και κατ'επέκταση την εναπόθεση οργανικής ύλης, με αποτέλεσμα να επηρεάζεται η πυκνότητα της μικρο και μακρο βενθικής πανίδας.

Τα καθοδικά ρεύματα βοηθούν την εναπόθεση οργανικής ύλης σε ορισμένες απομακρυσμένες περιοχές από τις εστίες παραγωγής.

Η έλλειψη οξυγόνου επηρεάζει τη βενθική πανίδα.

Η υψηλή εναπόθεση οργανικής ύλης είναι αρνητική για τη βενθική πανίδα, γιατί δημιουργεί συνθήκες ανοξίας και υδρόθειο που μειώνουν, ή και καταστρέφουν τη βενθική πανίδα. Ακόμη και η επεισοδιακή εμφάνιση τέτοιων συνθηκών μπορεί να προκαλέσει μόνιμα καταστροφικά αποτελέσματα. Οι ανοξικές συνθήκες στον πυθμένα δημιουργούνται είτε από την οξείδωση του ιζήματος, είτε από την επαφή με τον πυθμένα της ζώνης ελαχίστου οξυγόνου που παρατηρείται στις θάλασσες. Συνήθως τα ιζήματα περιέχουν οργανική ύλη που αντιστοιχεί στο 1% της βιομάζας της περιοχής. Στις περιοχές ανάδυσης το ποσοστό αυτό φθάνει το 5 έως 25%. Τέτοιο φαινόμενο δημιουργείται κατά μήκος των Ινδικών ακτών κατά τη διάρκεια του Ν.Δ. Μουσόνα, προκαλώντας μείωση κατά 75% της αλιείας (Sankaranarayanan and Quasim, 1968). Παρόμοια φαινόμενα δημιουργούνται στο Περού, τη Χιλή και την Ν. Αφρική.

Εκτός από την αρνητική αυτή πλευρά, η εναπόθεση οργανικής ύλης ρυθμίζει την αφθονία των βενθικών οργανισμών. Τα δεδομένα δεν επαρκούν για να αξιολογηθεί η κατάσταση στις αναβλύσεις. Δεν πρέπει να ξεχνάμε ότι η βενθική βιοκοινωνία απομνημονεύει μόνο μέσες τάσεις του πελαγικού χώρου. Οι βραχύβιες εναλλαγές του πλαγκτού δεν συμβαδίζουν με τη διάρκεια ζωής του βενθικού μακροβένθους με αποτέλεσμα αυτό να επηρεάζεται μόνο από τους κραδασμούς της πλαγκτονικής παραγωγής.

## 12. ΤΟ ΠΛΑΓΚΤΟ ΚΑΙ Ο ΑΝΘΡΩΠΟΣ

### 12.1. Οι θρεπτικές ιδιότητες των πλαγκτονικών οργανισμών.

Η πρώτη επίσημη αναφορά σχετικά με τις θρεπτικές ιδιότητες των πλαγκτονικών οργανισμών έγινε από τον πρίγκιπα Αλβέρτο Α' του Μονακό (Ιδρυτής του Ωκεανογραφικού Μουσείου του Μονακό) στην Γαλλική Ακαδημία Επιστημών, τον Δεκέμβριο του 1888, όπου πρότεινε, οι σωσίβιες λέμβοι να φέρουν συσκευές συλλογής πλαγκτού. Το 1954 ο γιατρός Bombard πέρασε τον Ατλαντικό μέσα σε φουσκωτή λέμβο σαν εθελοντής ναυαγός, όπου συντηρήθηκε τρεφόμενος κυρίως με πλαγκτόν.

Η χημική σύνθεση των πλαγκτονικών οργανισμών είναι (σε ξηρό βάρος) : 50-60 % πρωτεΐνες, 20% υδατάνθρακες (κυρίως κυτταρίνη) και 5-10% λιπίδια.

Ενεργειακά εκτιμούμενο το πλαγκτόν, υπολογίζεται ότι 1 gr ξηρού βάρους αντιστοιχεί σε 4 θερμίδες. Επίσης περιέχει, βιταμίνες (κυρίως C), διάφορα άλατα, χλωρίου, μαγνησίου, ανθρακικά και ολιγοστοιχεία όπως χαλκό, ιώδιο, κ.λ.π.

Οι Αμερικανοί πραγματοποίησαν πειράματα με εθελοντές, που έδειξαν ότι, είναι ανεκτή, η ημερήσια κατανάλωση 100-200gr πλαγκτονικών οργανισμών. Περισσότερα από 300 gr/ημέρα προκαλούν εμετούς και διάρροιας. Οι ναυαγοί δεν μπορούν να επιβιώσουν επί μακρό μόνο με πλαγκτόν γιατί τα άλατα και οι αζωτούχες ενώσεις που περιέχει, απαιτούν γλυκό νερό για την απομάκρυνσή τους.

Επίσης το πλαγκτόν ορισμένες φορές περιέχει Κνιδόζωα (π.χ Μέδουσες) ή μεγάλη ποσότητα Διατόμων. Τα πρώτα φέρουν κνιδοκύτταρα που έχουν τοξίνες και τα δεύτερα φέρουν περίβλημα από πυρίτιο που τα καθιστά άπεπτα. Ορισμένες φορές το πλαγκτόν γίνεται τοξικό ακόμα και θανατηφόρο όταν περιέχει σε μεγάλες ποσότητες Δινομαστιγώα ή Peridiniens.

Υπολογίζεται ότι μία μέσου εκτοπίσματος τράτα για να συλλέξει 3 τόνους πλαγκτόν (σε ξηρό βάρος) ή 22 τόνους (σε νωπό) χρειάζεται 3 εβδομάδες. Το ίδιο σκάφος στον ίδιο χρόνο αλιεύει 70 τόνους ψάρια που είναι καλύτερο εμπόρευμα.

97

### 12.2. Το πλαγκτόν και οι ερυθρές παλίρροιες.

Στη Βίβλο στο 7<sup>ο</sup> Κεφάλαιο, περί Εξόδου και στα εδάφια 21 έως 24 έχουμε μία από τις αρχαιότερες αναφορές σχετικά με τις ερυθρές παλίρροιες *“...και μετεβλήθησαν εις αίμα πάντα τα ύδατα του ποταμού και τα οψάρια, τα εν τώ ποταμώ ετελεύτησαν και ο ποταμός εβρώμηνεν, ώστε οι Αιγύπτιοι δεν ηδύναντο να πίωσιν ύδωρ εκ του ποταμού και ήτο αίμα καθ’όλην την γήν της Αιγύπτου. ...καί συνεπληρώθησαν επτά ημέραι, αφού ο Κύριος εκτύπησε τον ποταμόν.”*

Οι ερυθρές παλίρροιες προκαλούνται από την απότομη και έντονη αύξηση πλαγκτονικών οργανισμών και είναι τοπικής έκτασης φαινόμενα. Η πυκνότητα των οργανισμών και οι χρωστικές που φέρουν, καθορίζουν το χρώμα ή τις αποχρώσεις της κηλίδας, από κόκκινο, κίτρινο και πράσινο ως σοκολατί. Το φαινόμενο συνοδεύεται από πραγματική βιολογική επιλογή γιατί η παλίρροια κυριαρχείται από ένα οργανισμό και σε ορισμένες περιπτώσεις είναι ανεκτή η παρουσία δύο ή τριών άλλων. Οι παλίρροιες εμφανίζονται μόνο στα επιφανειακά στρώματα του νερού και δεν επηρεάζουν άμεσα τα βαθύτερα. Το πάχος τους κυμαίνεται από μερικές δεκάδες εκατοστών έως μερικά μέτρα, ενώ η επιφάνεια που καλύπτουν από μερικά τετραγωνικά έως αρκετές εκατοντάδες. Ορισμένες φορές η επιφάνεια είναι συνεχής και άλλες όχι. Η διάρκεια του φαινομένου ποικίλει από 48 ώρες έως μερικές εβδομάδες και ορισμένες φορές συνοδεύεται από βιοφωσφορισμό.

Το φαινόμενο των ερυθρών παλιρροιών εξελίσσεται σε τέσσερις φάσεις:

Πρώτη φάση. Απαιτείται για αρκετές ημέρες ηρεμία. Η εμφάνιση των πρώτων μικρών κηλίδων είναι απότομη και σχεδόν ταυτόχρονη.



Δεύτερη φάση. Η ανάπτυξη των οργανισμών είναι γρήγορη και οι κηλίδες ενώνονται η μία με την άλλη δημιουργώντας μεγαλύτερες.

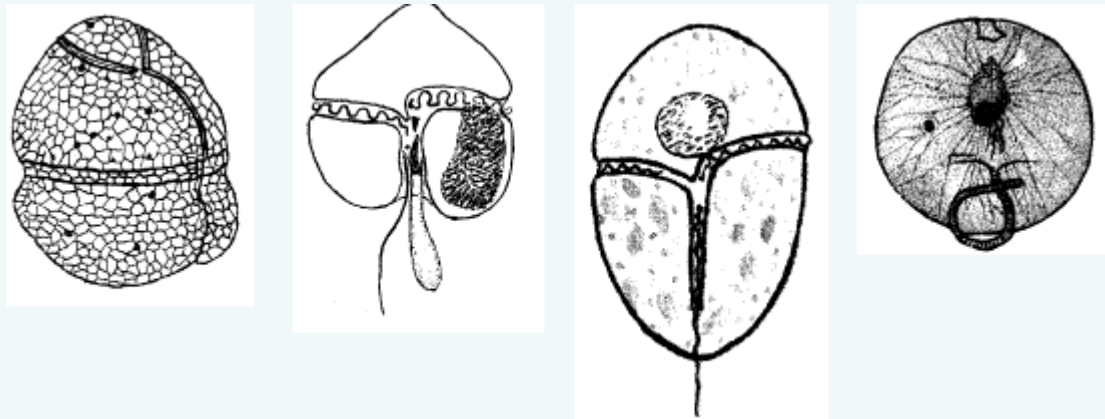
Τρίτη φάση. Σταθεροποίηση του χρωματισμού της κηλίδας και εμφάνιση των πρώτων συμπτωμάτων τοξικότητας. Το νερό γίνεται παχύρρευστο, κολλώδες και μυρίζει σαπίλα. Η επιφάνεια του, είναι γεμάτη νεκρό οργανικό υλικό. Στα βαθύτερα στρώματα παρατηρούνται νεκροί οργανισμοί και όταν η περιοχή είναι ρηχή, ο πυθμένας γρήγορα καλύπτεται από το ίζημα των νεκρών οργανισμών.

Τέταρτη φάση. Η παλίρροια αρχίζει να διαλύεται με την βύθισή της σε βαθύτερα στρώματα και συμπίπτει πάντα με αλλαγή της μετεωρολογικής κατάστασης στη περιοχή (άνεμοι κ.λ.π).

Οι ερυθρές παλίρροιες προκαλούν τον θάνατο ή την μαζική μετακίνηση των οργανισμών και μπορούν να επηρεάσουν άμεσα τον άνθρωπο. (Blanc & Leveau, 1972. Shannon and Brezonik, 1972.).

#### 12.2.1. Οι οργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τις ερυθρές παλίρροιες.

Στην πλειονότητα τους οι οργανισμοί που είναι υπεύθυνοι για τις ερυθρές παλίρροιες είναι τα Δινομαστιγωτά. Τα συνηθέστερα γένη είναι τα: *Gonyaulax*, *Glenodinium*, *Peridinium*, *Gymnodium*, *Gymnodinium* και *Noctiluca*.



Σχήμα 22. Μορφές Δινομαστιγωτών που δημιουργούν ερυθρές παλίρροιες.

Η δηλητηρίαση του θαλάσσιου περιβάλλοντος εξ' αιτίας των ερυθρών παλιρροιών οφείλεται σε δύο λόγους: α) την παραγωγή τοξινών από τα Δινομαστιγωτά (άμεση δηλητηρίαση). β) την αποσύνθεση των οργανισμών που δημιούργησαν την παλίρροια.

Οι ερυθρές παλίρροιες εμφανίζονται συνήθως σε κλειστές περιοχές όπου η κυκλοφορία των υδάτινων μαζών είναι περιορισμένη. Κατά την διάρκεια του φαινομένου, παρατηρούνται σε μικρό χρονικό διάστημα, έντονες αλλαγές σε ορισμένους περιβαντολογικούς παράγοντες π.χ. Το πρωί (ώρα 8) υπερκορεσμένο σε οξυγόνο νερό (100% οξυγόνο) και στις 11 (3 ώρες αργότερα) ατοξικές συνθήκες (0% οξυγόνο). Το BOD των ερυθρών παλιρροιών είναι ιδιαίτερα υψηλό και ξεπερνά κατά πολύ τις τιμές που καταγράφουμε στους υπονόμους. Τέλος η αποσύνθεση των οργανισμών ελευθερώνει μεγάλες ποσότητες  $H_2S$  (υδρόθειου) που συντελεί επίσης στην δηλητηρίαση.

#### 12.2.2. Η αντίδραση των οργανισμών στις ερυθρές παλίρροιες.

Η συνηθέστερη αντίδραση είναι η φυγή προς τα υγιή νερά. Το 1948 σε περιοχή της Ινδίας, εξ' αιτίας μιας παλίρροιας που προκάλεσε το *Noctiluca miliaris*, οι ιχθείς για δύο εβδομάδες εγκατέλειψαν την περιοχή που είχε 170 μίλια μήκος και μετακινήθηκαν κατά 10 έως 20 μίλια προς το πέλαγος όπου τα νερά ήταν καθαρά.

(Δεν είχε παρατηρηθεί έντονη θνησιμότητα, αλλά μείωση της αλιείας).

Ορισμένες φορές παρατηρείται κάθετη μετανάστευση των οργανισμών του νηκτού προς τα βαθύτερα στρώματα όπου το νερό δεν επηρεάζεται από το φαινόμενο.

Όταν οι οργανισμοί που δημιουργούν το φαινόμενο δεν δημιουργούν μία συνεχή επιφάνεια, τότε παρατηρούνται κηλίδες με “κανονικό” πλαγκτόν ανάμεσα εκείνων της παλίρροιας. Στις περιπτώσεις που εγκλωβισθούν οργανισμοί, τότε οι περισσότεροι από αυτούς θανατώνονται ανεξάρτητα αν ανήκουν στο νηκτό, το βένθος ή το πλαγκτόν. Τέλος οι οργανισμοί που προέρχονται από περιοχή παλίρροιας είναι ακατάλληλοι προς βρώση.

### 12.2.3. Επιπτώσεις στον άνθρωπο.

Παρατηρούνται δύο τύποι δηλητηρίασης, μία αναπνευστική και μία γαστρεντερική.

Οι τοξίνες που εκκρίνουν οι οργανισμοί των ερυθρών παλιρροιών προκαλούν ρινοφαρυγγίτιδα, βρογχίτιδα, πονόλαιμο, φταρνίσματα, κάψιμο της μύτης, του λαιμού και της αναπνευστικής οδού. Οι τοξίνες εξαερώνονται και με την βοήθεια του ανέμου έρχονται σε επαφή με τον πληθυσμό που ζει στις ακτές της περιοχής όπου εξελίσσεται το φαινόμενο. Οι τοξίνες παραμένουν δραστικές για μεγάλο χρονικό διάστημα(έως 2 εβδομάδες). Χειρότερη και περισσότερο επικίνδυνη είναι η δηλητηρίαση που προκαλείται από την κατανάλωση “μολυσμένων” υδρόβιων οργανισμών (ιχθείς, Καρκινοειδή, όστρακα). Τα συμπτώματα είναι μούδιασμα της γλώσσας και των χειλιών, έντονη εφίδρωση και αίσθημα κρύου (ρίγος), εμετοί και διάρροια που πολλές φορές έχει την μορφή χολέρας. Οι τοξίνες που έχουν απομονωθεί και που θεωρούνται υπεύθυνες των συμπτωμάτων αυτών είναι εξίσου δραστικές όσο και εκείνες που προκαλούν αλλαντίαση. Μια από αυτές είναι η Saxitoxine. (Lam, and Ho, 1989. Anderson, *et al.*, 2012.).

### 12.2.4. Τοξικοί για τον άνθρωπο πλαγκτονικοί οργανισμοί.

Οι τοξικοί για τον άνθρωπο πλαγκτονικοί οργανισμοί ανήκουν στα Κνιδόζωα όπου χάρις στα κνιδοκύτταρα διοχετεύουν στον άνθρωπο τις τοξίνες τους.

Η μορφή της τοξίνης ποικίλει με το είδος και την ηλικία του οργανισμού. Η δράση της στον άνθρωπο σχετίζεται με την ηλικία, την φυσιολογική του κατάσταση και την περιοχή του σώματος που θα προσβληθεί.

Τα συμπτώματα ποικίλουν από ελαφρό οίδημα και τοπική νέκρωση έως μερική ή ολική παράλυση.

#### Σιφωνοφόρα.

Η επαφή με τις Physalies μπορεί να εξελιχθεί σε σοβαρό ατύχημα αν εντοπισθεί στο ανώτερο τμήμα του σώματος. Το θύμα αισθάνεται κατ'αρχάς σαν ηλεκτρική εκκένωση και μετά αίσθημα καψίματος που επεκτείνεται έως τα άκρα. Συνήθως ακολουθούν εμετοί και λιποθυμική κατάσταση. Μερικές φορές παρατηρείται και πνευμονικό οίδημα. Η περιοχή που ήλθε σε επαφή με τα πλοκάμια της Physalia αιμορραγεί και αργότερα δημιουργείται ουλή.

Οι τοξίνες που προκαλούν την παράλυση περιέχουν Tetramethylammonium και Urocanylcholine.

#### Μέδουσες.

- *Ανθομέδουσες*. Τα είδη *Sarcia tubulosa*, *Pennaria tiarella*, *Leuckartiara gardineri* έχουν μέγεθος μερικών κυβικών εκατοστών. Η επαφή μαζί τους προκαλεί για περίπου 12 ώρες πόνο και οίδημα.
- *Λεπτομέδουσες*. Τα γένη *Aglaorhena* και *Halecium* προκαλούν τα ακόλουθα συμπτώματα. Τα πρώτα 30 λεπτά μετά την επαφή οίδημα, αργότερα, δηλαδή 4-12 ώρες μετά, φλύκταινες όπως στον έρπητα και γύρω από την περιοχή επαφής στίγματα σαν εκείνα της ιλαράς. Επίσης μπορεί να εμφανιστούν πόνοι



στην κοιλιακή χώρα, μυϊκοί σπασμοί, διάρροιες, ρίγος και πυρετός. Στο αίμα του θύματος παρατηρούνται ίχνη *λευκοκυττάρωσης και ηωσινοφιλίας*.

- *Λιμνομέδουσες*. Το είδος *Olindioides formosa* είναι υπεύθυνο για οιδήματα, μυϊκούς πόνους, δύσπνοια, ακόμα και κυκλοφορικά προβλήματα.
- *Σκυφομέδουσες*. Είναι οι περισσότερο γνωστές για τις δραστικές τους τοξίνες. Οι *Chiropsalmus quadrigatus* και *Chironex fleckeri* είναι θανατηφόρες (απαντώνται στην Ιαπωνική θάλασσα η πρώτη και στην Αυστραλία η δεύτερη). Ο θάνατος προέρχεται συνήθως από ασφυξία σε διάστημα μεταξύ 30 δευτερολέπτων και 30 ωρών ανάλογα με την ηλικία και την κατάσταση του θύματος.

Τα είδη, *Chrysaora quinquecirrha*, *Cyanea capillata*, *Cyanea annoskala*, *Cassiopea xamachana* και *Pelagia noctiluca* παράγουν τοξίνες που προκαλούν από κνησμό και φλύκταινες έως σπασμούς, οιδήματα, δύσπνοια κ.λ.π.

### 12.3. Ρύπανση και Πλαγκτό.

#### 12.3.1. Πετρέλαιο και παράγωγα.

Οι πετρελαιοκηλίδες επηρεάζουν έμμεσα και άμεσα τους πλαγκτονικούς οργανισμούς.

Έμμεσα: Περιορίζουν την διήθηση του φωτός, τις ανταλλαγές αερίων (οξυγόνωση), υποβοηθούν την ανάπτυξη Βακτηρίων που με την σειρά τους περιορίζουν το διαλυμένο οξυγόνο (κυρίως στα βαθύτερα στρώματα).

Άμεσα: Οι αρωματικοί υδρογονάνθρακες είναι τοξικοί και προκαλούν τον θάνατο των πλαγκτονικών οργανισμών.

Οι παραφίνες εγκλωβίζουν τους πλαγκτονικούς οργανισμούς που θανατώνονται από ασπία γιατί δεν μπορούν να κινηθούν για να τραφούν. Η μείωση και εξαφάνιση των πλαγκτονικών οργανισμών δημιουργεί προβλήματα διατροφής στις ανώτερες τροφικές βαθμίδες (ιχθείς, φάλαινες κλπ).

100

#### 12.3.2. Γενική και αστική ρύπανση.

Παρατηρείται μείωση της ποικιλότητας του Ζωοπλαγκτού και του Φυτοπλαγκτού. Οι ρυπαίνόμενες περιοχές χαρακτηρίζονται από την παρουσία των Κωπηπόδων *Acartia clausi* και *Paracalanus parvus* του Κλαδοκεραιωτού *Podon polyphemoides* και τις προνύμφες Θυσανόποδων (στα λιμάνια και τις κλειστές περιοχές).

Η αύξηση της ποσότητας του ζωοπλαγκτού είναι μικρότερη εκείνης του φυτοπλαγκτού. Έχουν όμως καταγραφεί ποσότητες που κυμαίνονται από 5.000 έως 50.000 άτομα/lit (κυρίως στα λιμάνια).

Ο ευτροφισμός που συνυπάρχει με την γενική ρύπανση χαρακτηρίζεται από τα ακόλουθα 4 σημεία:

- Επιλογή, προς όφελος των ειδών εκείνων που είναι ανθεκτικά στη ρύπανση. Τόσο στο φυτό- όσο και στο Ζωοπλαγκτόν παρατηρούνται οι ίδιες αντιδράσεις.
- Αύξηση του πληθυσμού που είναι εντονότερη στο φυτό- απ'ότι στο Ζωοπλαγκτόν.
- Οι ανώτερες βαθμίδες της τροφικής πυραμίδας απουσιάζουν. π.χ. Τα Clupeiformes που είναι καταναλωτές ζωοπλαγκτού αποφεύγουν τις ρυπαίνόμενες περιοχές. Δηλαδή δημιουργούνται οικοσυστήματα που κυριαρχούνται από τις δύο πρώτες τροφικές βαθμίδες (κακή ισορροπία).
- Η μεγάλη πρωτογενής παραγωγή και η άπεπτη τροφή των φυτοφάγων ζωοπλαγκτονικών οργανισμών αυξάνουν την οργανική ύλη που καθιζάνει στο πυθμένα με αποτέλεσμα την μείωση του οξυγόνου στα βαθύτερα στρώματα. Το φαινόμενο αυτό έχει επίδραση στην βενθική αλλά και την μικροβιακή πανίδα της περιοχής. Στα λιμάνια και τις κλειστές περιοχές εξ'αιτίας του περιορισμένου

οξυγόνου στο πυθμένα ορισμένα Αρπακτικοειδή βενθικά Κωπήποδα μετατρέπονται σε πλαγκτονικά. (Bellan & Peres, 1974. Bland & Leveau, 1972).

Ραδιοϊσότοπα.

Μετά την πυρηνική δοκιμή στην Mururoa το 1967 παρατηρήθηκε μετάλλαξη στο Κωπήποδο *Pleuromamma riseki* (εξαφανίστηκε μία μαύρη κηλίδα που είχε στον τελευταίο θωρακικό δακτύλιο).

### 13. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Anderson, D. M.; Cembella, A. D. & G. M, Hallegraeff,. (2012). "Progress in Understanding Harmful Algal Blooms: Paradigm Shifts and New Technologies for Research, Monitoring, and Management". *Annual Review of Marine Science* 4: 143–176.
- Blac, F. et M. Leveau. 1972. Ecologie d'un milieu eutrophique, traitement mathématique des données. *Mar. Biol.*, 14(2) : 120-129.
- Cushing, D.H., 1951. The vertical migration of planktonic Crustacea. *Biol.Rev.*, 26, 158-192.
- Cushing, D.H., 1959. On the nature of production in the sea. *Fish. Invest. Lond.*, Ser. 2, 22, 1 – 40.
- Cushing, D.H. and J.J. Walsh. 1976. "Ecology of the Seas". Blackwell, Oxford, United Kingdom, and Saunders, Philadelphia, PA, pp 1-445.
- Herbland, R. Le Borgne & B. Voituriez, 1973. Production primaire, secondaire et régénération des sel nutritifs dans l'upwelling de Mauritanie *Doc. Sci. Centre Rech. Océanogr. Abidjan*, Vol. 4, pp. 1–75
- Houghton, R.W.& Mensah, M.A., 1978. Physical aspects and biological consequences of Ghanaian coastal upwelling. In: Boje, R., Tomczak, M. (Eds.), *Upwelling Ecosystems*. Springer, pp. 167–180.
- Margalef, R., 1978. Life forms of phytoplankton as survival alternatives in an unstable environment. *Oceanologia Acta*. 1: 493.
- Ryther, J.H. & W.N. Dunstan. 1971. Nitrogen, phosphorus and eutrophication in the coastal marine environment. *Science* 171: 1008-1013.
- Sankaranarayanan, V.N. & S.Z. Qasim.1968. The influence of some hydrographical factors on the fisheries of the Cochin area *Bulletin of the National Institute of Sciences of India*, 38, pp. 846–853.
- Shannon, E. & P. Brezonik. 1972. Eutrophication analysis: amultivariate approach. *J. San. Ehg. ASCE*, 98: 37-57.
- Vinogradov, M.E., 1970. Vertical distribution of the oceanic zooplankton. *Israel program for Scietific translations, Jerusalem*, 339 p.
- Vinogradov, M E, & Menshutkin, V V., 1977. The modeling of open-sea ecosystems In: Goldberg, E.D. (ed.) *The Sea*, Vol V1 Wiley, Chichester, p. 891-921
- Lam, C. W. Y.& Ho, K. C. (1989). "Red tides in Tolo Harbor, Hong Kong". In Okaichi, T.; Anderson, D. M.; Nemoto, T. *Red tides. biology, environmental science and toxicology*. New York: Elsevier. pp. 49–52.