

**ΤΕΙ ΔΥΤΙΚΗΣ ΕΛΛΑΔΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΓΕΩΠΩΝΙΑΣ & ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΡΟΦΙΜΩΝ ΚΑΙ  
ΔΙΑΤΡΟΦΗΣ**

**ΤΜΗΜΑ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΑΛΙΕΙΑΣ –ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕ ΘΕΜΑ**

**«Αρχιτεκτονική και τεχνοτροπία κατασκευής  
ενός ενυδρείου νάνο υφάλου (nano reef aquarium)»**

**Γεώργιος Φυτάς  
Άγγελος Κουτσαυλής**

**ΕΠΟΠΤΕΥΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ  
ΒΙΔΑΛΗΣ ΚΟΣΜΑΣ**

**ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2014**

*Στους γονείς μας*

## Πρόλογος -Ευχαριστίες

Η παρούσα πτυχιακή εργασία, εκπονήθηκε στο εργαστήριο των ενυδρείων του τμήματος Υδατοκαλλιεργειών και Αλιευτικής Διαχείρισης του Τ.Ε.Ι. Μεσολογγίου υπό την επίβλεψη του καθηγητή Κοσμά Βιδάλη και του Ε.Τ.Π, Νικόλαου Βλάχου, MSc με θέμα «Αρχιτεκτονική και τεχνοτροπία κατασκευής ενός ενυδρείου νανο υφάλου ( nano reef aquarium)»

Μέσα από την παρούσα εργασία θα θέλαμε να εκφράσουμε τις ευχαριστίες μας στους:

- Δρ Κοσμά Βιδάλη επιβλέπων, για τις χρήσιμες πληροφορίες και παρατηρήσεις του, κατά τη συγγραφή της εργασίας.
- Νικόλαο Βλάχο, MSc, Ε.Τ.Π, συνεπιβλέπων της εργασίας, για την αμέριστη και διαρκεί συμπαράστασή του, την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγησή του καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της εργασίας.
- Στα μέλη της επιτροπής Αλέξιο Ράμφο Επίκουρο καθηγητή και Κων/νο Πούλο Καθηγητή εφαρμογών για τις χρήσιμες συμβουλές και παρατηρήσεις τους.
- Τέλος, εκφράζουμε τις εγκάρδιες ευχαριστίες μας στις οικογένειές μας, για την υλική και ψυχολογική υποστήριξη που μας παρείχαν καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μας.

## Περίληψη

Η διατήρηση οργανισμών σε ενυδρεία εξαρτάται από το περιβάλλον που προέρχονται τα ψάρια και τα ασπόνδυλα. Η κατασκευή και λειτουργία ενός ενυδρείου είναι το αποτέλεσμα κυρίως της προσωπικής ικανοποίησης για τον τύπο του ενυδρείου που θα κατασκευαστεί (νάνο-μεσογειακό ενυδρείο ή νάνο-υφάλου ενυδρείο). Η κατασκευή και η συντήρηση ενός ενυδρείου υφάλου μικρής κλίμακας (nanoreef) διαφοροποιείται σημαντικά από την κατασκευή και τη λειτουργία των θαλασσινών και γλυκών ενυδρείων.

Οι σύγχρονες αντιλήψεις σχετίζονται με τη διατήρηση οργανισμών σε ενυδρεία, ενισχύοντας την ιδέα της καλύτερης προσομοίωσης χρησιμοποιώντας τη μέθοδο της φυσικής διαδικασίας. Το ενυδρείο νάνο-υφάλου παρουσιάζει μοναδικές προκλήσεις. Εκτός, από τη διατήρηση των παραμέτρων του νερού ενυδρεία του τύπου αυτού απαιτούν ένα διαφορετικό τρόπο διαχείρισης η οποία έγκειται στη λεπτομέρεια. Χωρίς την κατάλληλη ανάλυση της ποιότητας του νερού, το ενυδρείο νάνο-υφάλου, μπορεί να παύσει να λειτουργεί. Η αξιοποίηση στο έπακρο των πληροφοριών των ενυδρείων υφάλου, οδηγεί στην κατανόηση της λειτουργίας των νάνο-υφάλου ενυδρείων.

**Λέξεις κλειδιά:** νάνο-υφάλου ενυδρείο, ψάρια-ασπόνδυλα, λειτουργία ενυδρείου νάνο υφάλου.

## Περιεχόμενα

Πρόλογος -Ευχαριστίες.....	3
Περίληψη .....	4
Κεφάλαιο 1 .....	7
Εισαγωγή .....	7
Κεφάλαιο 2 .....	10
Ύφαλοι & Θαλασσινό νερό .....	10
2.1. Δημιουργία υφάλου .....	10
2.2. Συνθήκες σχηματισμού υφάλου.....	11
2.2.1. Φως και θερμοκρασία .....	11
2.2.2. Ιζήματα, αλατόμητα και ρύπανση .....	12
2.3. Θαλασσινό νερό – Χημεία του νερού.....	12
Κεφάλαιο 3 .....	14
Κατασκευή ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας (nano reef).....	14
3.1. Ο ύφαλος στον προσωπικό μας χώρο .....	14
3.2. Μεθοδολογία κατασκευής .....	14
3.2.1. Επιλογή θέσης.....	14
3.2.2. Μέγεθος ενυδρείου .....	15
3.2.3. Βάση ενυδρείου .....	16
3.2.4. Επιλογή φωτισμού-φωτιστικού .....	17
3.2.5. Διάρκεια φωτισμού .....	19
Κεφάλαιο 4 .....	20
Εξοπλισμός .....	20
4.1. Φίλτρα.....	20
4.2. Τύποι φίλτρων.....	20
4.2.1. Φίλτρα διάσπασης οργανικών αποβλήτων ( skimmer).....	20
4.2.2. Εσωτερικά φίλτρα.....	22
4.2.3. Φίλτρα βυθού .....	23
4.2.4. Εξωτερικό φίλτρο .....	24
4.2.5. Στεγνά - Υγρά Φίλτρα (Wet - Dry Filters) .....	24
4.2.6. Φίλτρο ρευστοποιημένης άμμου.....	26
4.2.7. Φίλτρα υπερχειλίσης τύπου SUMP .....	26
4.2.8. Φίλτρα υπερχειλίσης.....	29
4.2.9. Φίλτρα μακροφυκών ( refugium).....	29
4.2.10. Φίλτρα με βαθύ στρώμα άμμου (Deep Sand Bed).....	31
4.3. Ζωντανός βράχος .....	31
4.4. Ενεργή άμμος.....	33
Κεφάλαιο 5 .....	34
Κυκλοφορία του νερού .....	34

5.1. Ο ρόλος της κυκλοφορίας του νερού.....	34
5.2. Η κυκλοφορία του νερού και η τοποθέτηση των κοραλλιών .....	36
5.3. Επιλογές για ενυδρεία .....	37
5.3.1. Κύρια αντλία.....	37
5.3.2. Βοηθητικές αντλίες και άλλες συσκευές ενίσχυσης ροής .....	38
5.3.3. Αντλίες μεταβλητής ταχύτητας.....	38
5.3.4. Κυκλοφορητές (powerheads).....	38
5.3.5. Συσκευές δημιουργίας κυμάτων (wavemakers), περιστρεφόμενων αποδόσεων (rotating returns) και εναλλαγής ρεύματος (current switchers).....	39
5.4.Βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού .....	40
5.4.1. Ανάλυση βασικών παραμέτρων νερού-επιθυμητά επίπεδα.....	41
Κεφάλαιο 6 .....	44
Διατροφή κοραλλιών .....	44
Κεφάλαιο 7 .....	46
Είδη κοραλλιών.....	46
Κεφάλαιο 8 .....	51
Συντήρηση ενυδρείου υφάλου μικρής κλίμακας .....	51
8.1 Υπολείμματα αλατιού στο ενυδρείο .....	51
8.2 Καθαρισμός των τζαμιών από τα φύκη .....	51
8.3. Προσθήκη ιχνοστοιχείων .....	53
8.4. Αλλαγές νερού .....	53
8.5. Καθαρισμός του φίλτρου διάσπασης οργανικών αποβλήτων (Protein skimmer) .....	54
8.6. Συγκέντρωση άλγης στο φίλτρο φυκών (refugium) .....	54
Κεφάλαιο 9 .....	55
Συμπεράσματα .....	55
10. Abstract.....	57
11.Βιβλιογραφία .....	58

## Κεφάλαιο 1

### ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Υπάρχουν πολλά τα οποία θα πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά το σχεδιασμό και την κατασκευή ενός θαλασσινού ενυδρείου μικρής κλίμακας (nano), όπως για παράδειγμα ο τεχνικός εξοπλισμός. Το κόστος λειτουργίας των θαλασσινών ενυδρείων είναι υψηλό, λόγω του κόστους που απαιτείται για ηλεκτρική ενέργεια. Η ενασχόληση με τα μικρά θαλασσινά ενυδρεία υφάλου προϋποθέτει σε μεγάλο βαθμό μεθοδικότητα.

Το ενυδρείο με θαλασσινό νερό έχει αυξημένες απαιτήσεις σε σχέση με το ενυδρείο του γλυκού νερού. Το κόστος για παράδειγμα ηλεκτρικής ενέργειας είναι μεγαλύτερο απ' ό τι συνήθως έχει προβλεφθεί. Στο σύνολο τους, όσοι ασχολούνται με τα ενυδρεία νάνο υφάλου έχουν κάποια εμπειρία την οποία απέκτησαν από την αρχική τους ενασχόληση με τα ενυδρεία γλυκού νερού.

Η επαγγελματική ή η ερασιτεχνική ενασχόληση με τα ενυδρεία αυξήθηκε σημαντικά τα τελευταία χρόνια καθώς ολοένα και περισσότεροι καταναλωτές, επιχειρούν να προσομοιώσουν ένα μικρό τμήμα της φύσης και να το μεταφέρουν μέσω των ενυδρείων στο χώρο κατοικίας τους ή στο χώρο εργασίας τους (Βλάχος 2004). Σύμφωνα με μελέτες, τα ενυδρεία συνεισφέρουν στην καταπολέμηση του στρες, ενώ αποτελούν ένα μοναδικό μέσο εκτίμησης και γνώσης της ποικιλομορφίας της υδρόβιας πανίδας και χλωρίδας (Calfio, 2001; Delbeek & Sprung, 2005).

Η διατήρηση ψαριών σε ενυδρεία προσφέρει εμπειρίες και γεγονότα τα οποία εξάπτουν τη διαδικασία της μάθησης. Συνεπώς, μέσα από τα ενυδρεία αντλούνται πληροφορίες σχετικά με τα δομικά και βιολογικά χαρακτηριστικά τόσο των ενυδρείων όσο και των οργανισμών που ζουν σ' αυτά, καθώς και οι συμβιωτικές σχέσεις που αναπτύσσονται μεταξύ του περιβάλλοντος του ενυδρείου και των οργανισμών (Anthoni, 2005). Η ενασχόληση ολοένα και μεγαλύτερου ηλικιακού φάσματος με τα ενυδρεία, έχει ως αποτέλεσμα, την ανάπτυξη ευθύνης για την κατασκευή και λειτουργία των ενυδρείων γλυκού και θαλασσινού νερού (Delbeek, 1987).

Η δημιουργία ενός θαλασσινού ενυδρείου προϋποθέτει την επιλογή του οργανισμού που πρόκειται να εκτραφεί, του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί και της γνώσης των συνθηκών και βιολογικών χαρακτηριστικών που απαιτούνται για την

εκτροφή. Η αρχική επιλογή για την κατασκευή του ενυδρείου, πολλές φορές τροποποιείται από τον προκαθορισμένο στόχο, με αποτέλεσμα να αυξάνεται το κόστος κατασκευής του ενυδρείου.

Οι κατηγορίες των θαλασσινών ενυδρείων είναι:

- Μεσογειακό
- Θαλασσινό με συγκεκριμένο είδος (species tank),(ιππόκαμπος, ανεμώνη)
- Τροπικό με ψάρια (fish only)
- Τροπικό υφάλου με κοράλλια (reef)

Από πλευράς δυσκολίας, κόστους και εξοπλισμού, τα πιο απλά είναι τα ενυδρεία με ψάρια μόνο, ενώ ο βαθμός δυσκολίας αυξάνεται στο ενυδρείο υφάλου σε σχέση με τα υπόλοιπα. Τα ενυδρεία υφάλου, περιλαμβάνουν μαλακά κοράλλια (χωρίς ασβεστολιθικό σκελετό) και τα σκληρά κοράλλια (με ασβεστολιθικό σκελετό και μεγάλους πολύποδες). Το μεσογειακό ενυδρείο μικρής κλίμακας, αποτελείται από μεγάλο εύρος οργανισμών της Μεσογείου ενώ η κατασκευή, λειτουργία και συντήρησή του, διαφοροποιείται σε σχέση με τα υπόλοιπα είδη ενυδρείων.

Οι απαιτήσεις, ως προς τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού στα θαλασσινά ενυδρεία, είναι παρόμοιες με τη διαφορά ότι στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας απαιτούνται τακτικές μετρήσεις στο ασβέστιο και το μαγνήσιο. Οι συγκεντρώσεις των νιτρικών ( $\text{NO}_3^-$ ) και φωσφορικών ιόντων ( $\text{PO}_4^{--}$ ) θα πρέπει να διατηρούνται σε χαμηλά επίπεδα για την επιβίωση και ανάπτυξη των οργανισμών (ασπονδύλων και ψαριών) που συμβιώνουν στο ενυδρείο (Sprung & Delbeek, 1990).

Η βασική και θεμελιώδη αρχή του ενυδρείου εστιάζεται στις χημικές αντιδράσεις που περιγράφουν τη διεργασία ρύθμισης του ενυδρείου και περιγράφεται από το ρυθμό που λαμβάνουν χώρα οι διεργασίες. Στο θαλασσινό ενυδρείο οι χημικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα με αργό ρυθμό, σε σχέση με το ενυδρείο γλυκού νερού όπου οι χημικές διεργασίες λαμβάνουν χώρα με γρήγορο ρυθμό (Calfo, 2001).

Στο θαλασσινό ενυδρείο είναι πρωταρχικής ανάγκης να διατηρηθεί ένα περιβάλλον σταθερό διότι τυχόν μεταβολές των παραμέτρων του νερού θα διαταραχθεί η πανίδα του βιολογικού φίλτρου. Οι θαλάσσιοι οργανισμοί ζουν σε σταθερά επίπεδα νερού και δεν είναι μόνο στις ζώνες όπου παρουσιάζονται παλίρροιες που ορισμένα ζώα και φυτά αναπροσαρμόζουν συνεχώς τον ρυθμό ζωής τους. Η επιτυχία της ενυδρειολογίας εξαρτάται από την τέχνη της γνώσης της διατήρησης της ποιότητας του νερού σε σταθερό και ευεργετικό επίπεδο για τους



οργανισμούς που ζουν στο ενυδρείο. Η διατήρησή τους απαιτεί δεξιοτεχνία και μεθοδικότητα υπό την προϋπόθεση ότι θα χρησιμοποιηθεί ο σωστός εξοπλισμός. Επίσης, το θαλασσινό ενυδρείο απαιτεί σε μεγάλο βαθμό την κατάλληλη συντήρηση και φροντίδα τόσο του εξοπλισμού όσο και των οργανισμών που θα προστεθούν σε αυτό (Βλάχος 2008).

Σκοπός της παρούσας πτυχιακής εργασίας είναι να παρουσιάσει τα απαραίτητα δομικά χαρακτηριστικά που πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά τον σχεδιασμό, την κατασκευή και τη λειτουργία ενός μικρού θαλασσινού ενυδρείου υφάλου (nano reef).

## Κεφάλαιο 2

### Ύφαλοι & Θαλασσινό νερό

#### 2.1. Δημιουργία υφάλου

Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι παρουσιάζουν ιδιαίτερο ενδιαφέρον. Τα θερμά, διαυγή νερά, τα εντυπωσιακά χρώματα και η μεγάλη ποικιλότητα των ζωντανών οργανισμών, μαγεύουν τον παρατηρητή. Τα κοράλλια σχηματίζουν τους υφάλους και δημιουργούν ένα τρισδιάστατο πλαίσιο που φιλοξένει μια απίστευτη ποικιλία οργανισμών (Clarke & Warwick, 2001). Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι είναι τόσο συμπαγείς δομές που θα έπρεπε να θεωρηθούν όχι μόνο βιολογικές κοινότητες αλλά και γεωλογικές δομές και μάλιστα οι μεγαλύτερες που σχηματίζονται από ζωντανούς οργανισμούς (Calfio, 2001).

Άλλοι οργανισμοί εκτός από τα κοράλλια, όπως τα στρείδια και οι πολύχαιτοι μπορούν να σχηματίζουν υφάλους. Αυτοί οι ύφαλοι είναι πολύ σημαντικοί σε μερικές περιοχές, αλλά γενικά είναι μικρότερης σημασίας από τους κοραλλιογενείς. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι εμφανίζονται στην υπό παλιρροιακή ζώνη (Davies, 1984). Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι αποτελούνται από μεγάλες ποσότητες ανθρακικού ασβεστίου ( $\text{CaCO}_3$ ), δηλαδή ασβεστόλιθους, που αποθέτονται από ζωντανούς οργανισμούς (Delbeek, 1990b). Από τα χιλιάδες είδη που ζουν στις κοινότητες των κοραλλιογενών υφάλων, μόνο ένας μικρός αριθμός παράγει ασβεστόλιθο που δημιουργεί τους υφάλους. Τα πιο σημαντικά από αυτά είναι τα κοράλλια.

Τα κοράλλια είναι κνιδόζωα. Τα περισσότερα ανήκουν στην κλάση των ανθόζωων και είναι συγγενικά με τις θαλάσσιες ανεμώνες. Σε αντίθεση με τα περισσότερα αλλά κνιδόζωα δεν υπάρχει στον κύκλο ζωής τους το στάδιο της μέδουσας και ζουν μόνο ως πολύποδες (Delbeek & Sprung, 1999). Οι ογκώδεις ύφαλοι κτίζονται από τους ασβεστολιθικούς σκελετούς εκατομμυρίων τέτοιων πολύποδων (Calfio, 2001). Τα περισσότερα κοράλλια είναι αποικίες πολλών πολύποδων που όλοι συνδέονται μεταξύ τους με ένα λεπτό στρώμα ιστού. Οι πολύποδες των κοραλλιών ζουν μέσα σε ένα σκελετό με μορφή κούπας, από ανθρακικό ασβέστιο που κατασκευάζουν μονοί τους. Με την πάροδο των ετών, οι σειρές πολυπόδων, που η κάθε μια αποθέτει ένα στρώμα ανθρακικού ασβεστίου, δημιουργούν ένα σκελετό (Epstein & Rinkevish, 2001). Ο σκελετός αποτελεί το

μεγαλύτερο μέρος της αποικίας και μπορεί να πάρει παρά πολλές διαφορετικές μορφές. Ο ζωντανός ιστός είναι μόνο ένα λεπτό στρώμα στην επιφάνεια του. Οι ασβεστολιθικοί σκελετοί των κοραλλιών, με την προς τα επάνω και προς τα έξω αύξηση τους, δημιουργούν υφάλους (Calfó, 2001). Σχεδόν όλα τα κοράλλια που δημιουργούν κοραλλιογενείς υφάλους φιλοξενούν συμβιωτικές ζωοξανθέλες. Χωρίς αυτές τα κοράλλια εκκρίνουν το σκελετό τους τόσο αργά, έτσι ώστε να μην μπορεί σχεδόν να σχηματιστεί ύφαλος (Calfó, 2001).

## 2.2. Συνθήκες σχηματισμού υφάλου.

Τα κοράλλια έχουν πολύ ιδιαίτερες απαιτήσεις, οι οποίες και καθορίζουν τη θέση σχηματισμού των υφάλων. Οι ύφαλοι είναι σπάνιοι στα κινητά υποστρώματα για παράδειγμα, γιατί οι προνύμφες των κοραλλιών μπορούν να εγκατασταθούν μόνο σε σκληρό υπόστρωμα (Sprung & Deelbeek, 1990).

### 2.2.1. Φως και θερμοκρασία

Τα κοράλλια αναπτύσσονται σε αβαθή νερά, όπου μπορεί να διεισδύσει το φως, επειδή οι ζωοξανθέλες από τις οποίες εξαρτούνται χρειάζονται φως. Τα κορακοειδή φύκη, ως φυτικοί οργανισμοί, χρειάζονται επίσης ηλιακό φως (Calfó, 2001). Οι ύφαλοι σπάνια αναπτύσσονται σε νερά βαθύτερα από 50 περίπου μέτρα. Τα κοράλλια προτιμούν καθαρά νερά, διότι όταν το νερό είναι θόλο από ίζημα ή φυτοπλαγκτόν, εμποδίζει τη διείσδυση του φωτός (Sprung & Deelbeek, 1990).

Τα κοράλλια που σχηματίζουν υφάλους είναι περιορισμένα στα θερμά νερά και δεν μπορούν να αυξηθούν και να αναπαραχθούν όταν η θερμοκρασία του νερού κυμαίνεται κάτω από τους 20 °C. Τα πολύ θερμά νερά είναι επίσης ακατάλληλα για τα κοράλλια (Wilkinson, 2004). Τα ανώτερα όρια θερμοκρασίας ποικίλουν, αλλά συνήθως βρίσκονται γύρω στους 30 με 35 °C. Τα πρώτα σημάδια καταπόνησης από υψηλή θερμοκρασία ή από διάφορους άλλους παράγοντες είναι ο αποχρωματισμός, που οφείλεται στο ότι το κοράλλι αποβάλλει τις ζωοξανθέλες του (Yap & Molina, 2003). Χωρίς αυτές το κοράλλι είναι σχεδόν λευκό. Τα κοράλλια αποβάλλουν επίσης μεγάλα ποσά γλοιώδους βλέννας, όταν καταπονούνται. Πάνω από κάποια

θερμοκρασία δεν μπορούν να ανακάμψουν και πεθαίνουν (Calfo, 2001). Το ακριβές εύρος θερμοκρασίας που προτιμούν τα κοραλλια διαφέρει από περιοχή σε περιοχή, διότι τα Κοραλία κάποιας συγκεκριμένης περιοχής προσαρμόζονται στις κανονικές θερμοκρασίες της περιοχής (Wilkinson, 2004).

### 2.2.2. Ιζήματα, αλατόμητα και ρύπανση

Το πολύ λεπτό ίζημα, όπως η ιλύς, είναι πολύ βλαβερό για τα κοράλλια. Επειδή θολώνει το νερό και περιορίζει το φως που είναι απαραίτητο για τις ζωοξανθές. Το χειρότερο όμως είναι ότι, ακόμη και ένα πολύ λεπτό στρώμα ιζήματος πάνω στις αποικίες, προκαλεί ασφυξία των κοραλλιών (Calfo,2001). Τα κοράλλια δεν μπορούν να αντιμετωπίσουν αυτό το πρόβλημα σε περιοχές με μεγάλες ποσότητες ιζήματος, εκτός αν υπάρχει έντονη κυματική δράση ώστε να απομακρύνεται το ίζημα (Antony & Hoegh-Guldberg,2003). Οι ύφαλοι δεν αναπτύσσονται καλά, για παράδειγμα, κοντά σε εκβολές ποταμών. Αυτό δεν οφείλεται μόνο στο ίζημα που μεταφέρεται με τα ποταμιά, αλλά επίσης στην ευαισθησία των κοραλλιών στο χαμηλής αλατότητας νερό (Bellwood et al.,2004).

Τα κοράλλια είναι επίσης ευαίσθητα σε διαφορές μορφές ρύπανσης. Ακόμη και μικρές συγκεντρώσεις χημικών ουσιών, όπως εντομοκτόνων και βιομηχανικών απόβλητων, μπορούν να τα σκοτώσουν (Antony & Hoegh-Guldberg,2003). Οι άνθρωποι διοχετεύουν στην θάλασσα τεράστιες ποσότητες θρεπτικών με την μορφή οικιακών λυμάτων και λιπασμάτων, που αποπλένονται από τις καλλιεργούμενες εκτάσεις και μεταφέρονται στη θάλασσα (Delbeek,1987). Τα θρεπτικά δεν βλάπτουν άμεσα τα κοράλλια , αλλά μεταβάλλουν την οικολογική ισορροπία της κοινότητας. Οι κοραλλιογενείς ύφαλοι συνήθως αναπτύσσονται σε νερά με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε θρεπτικά (Delbeek, 1990d). Όταν αυξάνεται η ποσότητα των θρεπτικών, τα μικροφυή αυξάνονται γρηγορότερα και μπορούν να σκιάσουν και να πνίξουν τα αργά αναπτυσσόμενα κοράλλια (Epstein et al.,2001).

### 2.3. Θαλασσινό νερό – Χημεία του νερού

Το θαλασσινό νερό είναι κάτι περισσότερο από ένα απλό διάλυμα άλατος χλωριούχου νατρίου, ενώ υπάρχουν 11 ιόντα, τα οποία εκφράζονται σε μια

συγκέντρωση του ενός προς ένα εκατομμύριο (ppm) ή και περισσότερο και αποτελούν το 99,9% των διαλυμένων ουσιών του θαλασσινού νερού (Nilsen & Svein, 2003). Τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται το θαλασσινό νερό είναι : το χλώριο, το θειικό άλας, το διττανθρακικό άλας, το βρώμιο, το φθόριο, το νάτριο, το μαγνήσιο, το ασβέστιο, το κάλιο και το στρόντιο (Carlson, 1987). Τα μεγαλύτερα ιόντα «διατηρούνται» δηλαδή, ενώ αυτά τα ιόντα ποικίλουν τοπικά, π.χ., η αλατότητα του νερού είναι διαφορετική από περιοχή σε περιοχή, οι σχετικές αναλογίες των διατηρημένων ιόντων παραμένουν σταθερές. Συνεπώς, η χημική σύνθεση του θαλασσινού νερού είναι σταθερή (Carlson, 1987).

Δυο άλλες ομάδες ιόντων απαντούν στο θαλασσινό νερό. Τα δευτερεύοντα ιόντα απαντούν σε συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 1 ppb και μικρότερες από 1 ppm (Pawlik et al.,2001). Τα ιόντα των ιχνοστοιχείων απαντούν σε συγκεντρώσεις μικρότερες από 1 ppb. Μια σημαντική διάκριση μεταξύ των μεγάλων στοιχείων, των μικρών και των ιχνοστοιχείων είναι ότι, ενώ τα μεγάλα συντηρούνται χωρίς να επηρεάζονται από τις τοπικές συνθήκες, οι συγκεντρώσεις των μικρών στοιχείων και των ιχνοστοιχείων επηρεάζονται από χημικές ή βιολογικές διαδικασίες (Pawlik et al.,2001). Γι αυτό η αλλαγή των συγκεντρώσεων ορισμένων ιόντων έχει βιολογικές επιδράσεις π.χ., η αύξηση του ιωδίου συντελεί στη γρήγορη ανάπτυξη των κοραλλιών και των κοραλλιογενών φυκών. Η προσθήκη ιόντων φωσφόρου στο ενυδρείο συνήθως καταλήγει στην ανάπτυξη ανεπιθύμητων φυκών.

Ένα παράδειγμα ιχνοστοιχείου που έχει επιδράσεις εξαρτώμενες από τη συγκέντρωσή του είναι ο χαλκός (Pawlik et al., 2001; Suzuki et al.,2003). Σε συγκέντρωση των 0,2 ppm ο χαλκός έχει θεραπευτικές ιδιότητες στα ψαριά για κοινές παρασιτικές εισβολές. Οποιαδήποτε άλλη συγκέντρωση του χαλκού μπορεί να είναι θανατηφόρος για τα εχινόδερμα. Ο χαλκός είναι ένα απαραίτητο στοιχείο για πολλές μορφές ζωής; οι απαιτήσεις, ωστόσο σε αυτό είναι ελάχιστες (Suzuki et al.,2003 ; Yap & Molina, 2003)..

## Κεφάλαιο 3

### Κατασκευή ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας (nano reef)

#### 3.1. Ο ύφαλος στον προσωπικό μας χώρο

Λόγο της απίστευτης ομορφιάς (Σχ.2.1) και της μοναδικότητας των υφάλων αναπτύχθηκαν διαφορές τεχνικές και συστήματα ώστε να διατηρηθεί ένα τμήμα του οικοσυστήματος στον προσωπικό μας χώρο. Είναι διακοσμητικό, που «εγκλωβίζει» το βλέμμα κάθε παρατηρητή, αποτελεί το μέσο εξοικείωσης με τη θάλασσα και τους οργανισμούς που την περιβάλλουν μιας και γνωρίζουμε ελάχιστα για τους περισσότερους από αυτούς (Wabnitz et al.,2003). Τα βιβλία και οι εμπειρίες των ερασιτεχνών ενυδρειολόγων είναι οι καλύτερες πηγές πληροφόρησης, για να διατηρηθεί η μικρογραφία του θαλάσσιου οικοσυστήματος στο σπίτι. Επομένως απαιτείται διερεύνηση του θέματος, ενώ κρίνεται σκόπιμο η δημιουργία μιας λίστας με ψάρια ή ασπόνδυλα που πιστεύετε ότι θα κατείχαν πρωταρχική θέση στο ενυδρείο (Soong and Chen, 2003).



**Σχήμα 1.** Ενυδρείο υφάλου με διάφορα ασπόνδυλους οργανισμούς (πηγή: [www.aquazone.com](http://www.aquazone.com))

#### 3.2. Μεθοδολογία κατασκευής

##### 3.2.1. Επιλογή θέσης.

Πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη θέση στο χώρο όπου θα τοποθετηθεί το ενυδρείο, καθώς επηρεάζεται άμεσα η διατήρηση της κατάλληλης θερμοκρασίας σε αυτό. Είναι σημαντικό η θερμοκρασία του νερού να είναι σταθερή στους 26 °C.

Αποφεύγεται να τοποθετείται σε παράθυρα ή πόρτες. Ουσιαστικός παράγοντας ο οποίος θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη είναι ο εξαερισμός του χώρου. Ένα αποπνικτικό δωμάτιο μπορεί να θερμαίνεται περισσότερο από ένα καλά αεριζόμενο χώρο. Ομοίως, εάν η δεξαμενή είναι κοντά στο πάτωμα ή σε φωταγωγό μπορεί να συμβεί επιπρόσθετη θέρμανση ή ψύξη του νερού. Πρέπει να ληφθεί ακόμα υπόψη η χρήση για την οποία προορίζεται το δωμάτιο στο οποίο θα τοποθετηθεί το ενυδρείο. Για παράδειγμα η κουζίνα μπορεί να είναι θερμότερη από ότι ένα υπνοδωμάτιο. Το ενυδρείο πρέπει ακόμα να τοποθετηθεί κοντά σε παροχή ρεύματος, που θα χρειαστεί για τον εξοπλισμό. Κρίνεται αναγκαίο να χρησιμοποιηθεί μία ειδική ηλεκτρική παροχή πρίζας για την ελαχιστοποίηση του κίνδυνου ηλεκτροπληξίας, όταν υπάρχει πολλή υγρασία στο χώρο εγκατάστασης. Σε αυτές τις περιπτώσεις απαιτείται η συμβουλή ενός ηλεκτρολόγου (Tulloch, 1997).

### 3.2.2. Μέγεθος ενυδρείου

Η επιλογή του ενυδρείου και των βοηθητικών εξαρτημάτων είναι μια από τις πιο ενδιαφέρουσες ασχολίες κατά την κατασκευή του συστήματος, χωρίς να αποκλείεται πιθανή σύγχυση, διότι στο εμπόριο υπάρχουν πολλές εταιρείες και συνεπώς πολλές επιλογές προκειμένου να επιλεγούν ο εξοπλισμός και το ενυδρείο (Verhoef- Verhallen, 2003). Βασικός κανόνας για τα ενυδρεία αλμυρού νερού είναι όσο το δυνατόν μεγαλύτερη δεξαμενή, σε συνάρτηση βέβαια των χρημάτων που διαθέτετε για τον σκοπό αυτό αλλά και τον υπάρχον χώρο για να τοποθετηθεί (Verhoef- Verhallen, 2003). Το κόστος αγοράς της δεξαμενής και η διαφορά τιμής ανάμεσα σε ένα μέγεθος και το αμέσως επόμενο είναι αμελητέα. Επίσης όταν επιλέγεται μια μεγαλύτερη δεξαμενή το κόστος του βοηθητικού εξοπλισμού δεν αυξάνει αναλογικά με το μέγεθος. Αν επιλεγεί αντί μιας δεξαμενής 75 Lt μία 150 Lt, δεν απαιτείται η προμήθεια δυο θερμαντικών σωμάτων και δυο protein skimmer, προκειμένου να καλυφθούν οι ανάγκες και το σύστημα να λειτουργεί ικανοποιητικά θα πρέπει να προμηθευτούμε μεγαλύτερη σε μέγεθος (ισχύ) θερμαντικό σώμα και skimmer, χωρίς να αυξάνεται το κόστος (Tulloch, 1997).

Υπάρχουν διάφοροι λόγοι γιατί οι μεγαλύτερες δεξαμενές ενδείκνυνται λόγω της σταθερότητας σε σχέση με τα ενυδρεία μικρότερων διαστάσεων. Οι διακυμάνσεις θερμοκρασίας είναι πιο ομαλές (αν μια αντίσταση δε λειτουργεί σωστά, λόγω

διακοπής ρεύματος ή κύμα καύσωνα, απαιτείται περισσότερος χρόνος για φθάσει η θερμοκρασία σε επικίνδυνα επίπεδα). Σε περίπτωση που κάποιο ψάρι ή ασπόνδυλο πεθάνει χωρίς να το αντιληφθείτε είναι μικρότερος ο κίνδυνος επιμόλυνσης αν υπάρχει μεγαλύτερος όγκος νερού για να αραιωθεί η πιθανών παραγόμενη τοξική αμμωνία (Tullock, 1997)..

Ο μεγαλύτερος όγκος νερού δεν επιτρέπει να γίνονται τα κλασσικά λάθη τα οποία κάνουν οι αρχάριοι όπως ο υπερσιτισμός και οι μεγάλες ιχθυοφορτήσεις, όπου θα φτάσουν σε κρίσιμο επίπεδο πιο αργά απ' ότι σε μικρότερους όγκους. Η δεξαμενή δε μπορεί να αποτρέψει λάθη κακής διαχείρισης, αλλά μια δεξαμενή μεγάλου όγκου προσφέρει μεγαλύτερα περιθώρια λάθους και περισσότερο χρόνο για τον εντοπισμό και τη λύση τους.

Το όριο των 150 Lt μπορεί να θεωρηθεί ικανοποιητικό αρχικά για την κατασκευή ενός ενυδρείου αλμυρού νερού. Απ' τη στιγμή που θα την στοκάρετε έξυπνα μπορεί να φιλοξενήσει μια ποικιλία οργανισμών και να παρέχει μια λογική θερμική και χημική σταθερότητα. Μια 150 Lt «χαμηλή» σε ύψος δεξαμενή έχει μήκος 90 cm, μια συνηθισμένη διάσταση για αρκετά απαραίτητα εξαρτήματα, όπως βάσεις, καπάκι και φώτα (Delbeek and Sprung, 1994).

Σε ενυδρεία μήκους 120 cm ο όγκος του ενυδρείου που πρόκειται να επιλεγεί είναι οι 150 Lt ή 210 Lt (θεωρείται ως η κατάλληλη λύση), η οποία παράγεται μαζικά για την αγορά της βορείου Αμερικής. Στην ίδια κατηγορία των 120 cm υπάρχουν στο εμπόριο ενυδρεία των 280 Lt, 340Lt, 420 Lt, 450 Lt, και 570 Lt, με προοδευτική αύξηση του πλάτους ή του ύψους. Η συνηθισμένη και πιο συνετή επιλογή για κάποιον αρχάριο είναι μια δεξαμενή 150-190 Lt, και αργότερα όταν αποκτήσει εμπειρία κάποια μεγαλύτερου όγκου (Tullock, 1997 ; Atkison et al., 1995). Γενικότερα καλό θα είναι να αποφεύγονται ενυδρεία μικρού όγκου, 40-80 Lt, για ψάρια θαλασσινού νερού. Μπορεί να είναι μικρές και φθηνές αλλά χρειάζονται φροντίδα επαγγελματικού επιπέδου και παρέχουν πολύ μικρό περιθώριο λάθους στους διάφορους χειρισμούς (Verhoef- Verhallen, 2003).

### 3.2.3. Βάση ενυδρείου

Ένα άλλο σημείο που χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή είναι ο τύπος του στηρίγματος πάνω στο οποίο θα τοποθετηθεί το ενυδρείο. Θα πρέπει να



σιγουρευτούμε ότι το στήριγμα δεν θα καταρρεύσει από το βάρος. Εξίσου σημαντικό είναι και το ότι το ενυδρείο πρέπει να είναι τοποθετημένο τελείως επίπεδα, διαφορετικά η πίεση του νερού δε θα κατανέμεται ομοιόμορφα με αποτέλεσμα να αυξάνονται οι πιθανότητες διαρροής. Τα ενυδρεία χωρητικότητας μεγαλύτερα των 230 Lt απαιτούν επιπρόσθετη στήριξη στο δάπεδο και μια πολύ καλή μεταλλική ανοξείδωτη κατασκευή (Tulloch, 1997; Albert, 1991).

Οι βάσεις για ενυδρεία είναι συχνά σχεδιασμένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε να κρύβουν τον εξοπλισμό και για να προσδίδουν μια ομοιομορφία στο χώρο. Η καλύτερη επιλογή είναι η αγορά του υποστηρίγματος της δεξαμενής που πωλείται μαζί με τη δεξαμενή, εκτός εάν επιθυμείς την κατασκευή του επίπλου υποστήριξης από ένα επιπλοποιό, κάτι πολύ πιο δαπανηρό. Η χρήση ενός προϋπάρχοντος επίπλου για το ενυδρείο, ενώ δεν προοριζόταν για αυτό δε συνίσταται (Albert, 1991).

#### 3.2.4. Επιλογή φωτισμού-φωτιστικού

Ο κατάλληλος φωτισμός σε ένα ενυδρείο ύφαλου είναι το σημαντικότερο και ακριβότερο τμήμα της κατασκευής (Joshi and Morgan, 1998). Η επιλογή του φωτισμού εξαρτάται από τους οργανισμούς που θα φιλοξενηθούν στο ενυδρείο καθώς και από το βάθος και το μέγεθος του ενυδρείου.

Τα ενυδρεία ύφαλου μικρής κλίμακας χρειάζονται περισσότερο φωτισμό απ' ότι ένα ενυδρείο αλμυρού νερού μονό με ψάρια. Ακόμα και στην περίπτωση που υπάρχει έστω και ένα κοράλλι θα πρέπει να συμπεριφέρεστε στο ενυδρείο σας σαν να είναι ύφαλος (Calfo, 2001). Ένα ενυδρείο με ζωντανό βράχο, ο οποίος αποτελείται συνήθως από μακροφύκη και φωτοσυνθετικά ζώα θεωρείται ύφαλος στην απλή του μορφή. Τα ενυδρεία που έχουν μονό ψάρια ζωντανό βράχο μονό για την ανάπτυξη βακτηριδίων δεν έχουν ιδιαίτερα αυξημένες απαιτήσεις σε φωτισμό (Joshi and Morgan, 1998). Τα σκληρά κοράλλια χρειάζονται περισσότερο φως σε σχέση με τα μαλακά. Για παράδειγμα τα κοράλλια όπως τα *Acropora* χρειάζονται υψηλής έντασης φωτισμό όπως VHO φωτισμό, λαμπτήρες φθορίου η metal halide (Joshi and Morgan, 1998).

Ο τύπος του φωτισμού εξαρτάται από τον όγκο του ενυδρείου, δηλαδή μια αναλογία η οποία εξαρτάται από τα λίτρα watt/λίτρο, οι οποίες κυμαίνονται από 0,5watt έως 3-4 watt (Joshi and Morgan, 1998). Όμως η ένταση του φωτός αλλάζει

καθώς διαθλάται στο νερό, άρα είναι βάθη του ενυδρείο η ένταση του οποίου μειώνεται με το βάθος (Joshi and Morgan, 1998). Οι απαιτήσεις σε φωτισμό αυξάνονται σε σχέση με ένα «ρηχό» ενυδρείο του ίδιου όγκου, σύμφωνα με το νομό των αντιστρόφων τετραγώνων ( $E=1/D^2$ ) και δηλώνει ότι η ένταση του φωτός που πέφτει σε ένα αντικείμενο μειώνεται σε σχέση με το τετράγωνο της απόστασης μεταξύ του αντικείμενου και της πηγής του φωτός. Δηλαδή ο διπλασιασμός της απόστασης μεταξύ των οργανισμών και του φωτιστικού έχει ως αποτέλεσμα να χρειάζεται 4 φορές περισσότερο φως για τους οργανισμούς, για να είναι υγιείς και να έχουν τον ίδιο ρυθμό ανάπτυξης. Αν το ενυδρείο είναι 50 cm και πάνω σε ύψος τότε σίγουρα απαιτείται λαμπτήρας metal halide (Joshi and Morgan, 1998).

Οι λαμπτήρες που χρησιμοποιούνται είναι:

Λαμπτήρες Φθορίου: Οι λάμπες φθορίου υπάρχουν σε διαφόρους τύπους: HO (High Output), VHO (Very High Output), PC (Power Compact). Στο επάνω μέρος της λαμπάς υπάρχει η ένδειξη T (T12,T8,T5) η οποία δείχνει τη διάμετρο της λαμπάς. Οι T5 λάμπες είναι HO, με μικρότερη διάμετρο. Όλες οι λάμπες φθορίου χρειάζονται ρυθμιστή- μετασχηματιστή (ballast) για να λειτουργήσουν. Οι υψηλότερες έντασης λάμπες (VHO), χρειάζονται ακριβότερα και πιο ειδικά ballast. Για παράδειγμα, το Icescap 660 ballast δίνει μεγαλύτερη ευελιξία στις λάμπες που θα λειτουργούν, μπορεί να συνδυάσει VHO και PC λαμπτήρες, και μέχρι 4 από αυτούς σε οποιονδήποτε συνδυασμό (Calfio, 2001 ; Joshi and Morgan, 1998)

Λαμπτήρες Metal Halide: Ο λόγος που χρησιμοποιούνται αυτές τις λάμπες είναι το βάθος, το μήκος και το μήκος της επιφάνειας του ενυδρείου. Καταναλώνουν περισσότερο ενεργεία με αποτέλεσμα να αυξάνουν τον προϋπολογισμό της συντήρησης, αλλά έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και προσφέρουν περισσότερο φωτισμό. Οι πιο κοινές λάμπες metal halide βγαίνουν σε 175, 250, και 400 watt (Calfio, 2001 ; Joshi and Morgan, 1998). Για κάθε 60cm μήκους του ενυδρείου τοποθετείται μια (1) λάμπα MH (metal halide) στο αντίστοιχο βάθος ( Πιν.1).

**Πίνακας 2.1:** Σχέση έντασης του λαμπτήρα και του βάθους του ενυδρείου (Πηγή: <http://archive.org>)

<b>ΒΑΘΟΣ</b>	<b>Watt</b>
≈45 cm	175
≈ 60 cm	250
> 60 cm	400

Ο προηγούμενος πίνακας προτείνεται για μαλακά κοράλλια και SPS (Small polyps) κοράλλια. Σε περίπτωση που υπάρχουν κοράλλια LPS (Large polyps) συνίσταται η προσθήκη ενός επιπλέον λαμπτήρα ακόμα αν υπάρχουν εγκλιματισμένα κοράλλια. Η απόσταση των λαμπτήρων από την επιφάνεια του νερού είναι κυμαίνεται από 10 έως 20 cm τόσο για τις metal halide (MH), όσο και για τους απλούς λαμπτήρες φθορίου (Joshi and Morgan, 1998). Η ένταση του φωτισμού έχει άμεση σχέση με την ισχύ (Watt) κάθε λάμπας. Όσο μεγαλύτερα είναι τα Watt τόσο περισσότερη ένταση θα έχει ο φωτισμός. Όπως τα Watt όσο και αν τα χρησιμοποιούμε δεν είναι μονάδα μέτρησης της έντασης του φωτισμού, αλλά της κατανάλωσης. Μονάδα μέτρησης της έντασης του φωτός είναι τα Lux. , ενώ η μέτρηση θα πρέπει να γίνεται στα επιφανειακά στρώματα του νερού (Joshi & Morgan, 1998). Εάν η μέτρηση κυμαίνεται μεταξύ 20000 και 30000 lux τότε ο φωτισμός θεωρείται ικανοποιητικός για οποιαδήποτε ενυδρείο υφάλου με τα πλέον απαιτητικά κοράλλια (sps & clams).

### 3.2.5. Διάρκεια φωτισμού

Τα περισσότερα κοράλλια προέρχονται από τροπικές περιοχές όπου η φωτοπερίοδος διαρκεί 12 h. Τα ζώα αυτά χρειάζονται φως για να ζήσουν και να αναπτυχθούν, αλλά χρειάζονται και σκοτάδι για να ξεκουραστούν. Μια καλή επιλογή για να ικανοποιηθούν οι ανάγκες των κοραλλιών είναι η ρύθμιση της φωτοπερίοδου σε διάρκεια 12 ωρών, το αντίστροφο συμβαίνει για τους νυκτόβιους οργανισμούς (Calfo, 2001; Anthony and Hoegh-Gulberg, 2003; Anthony and Fabricius, 2000).

Ο Smith (2003), οριστικοποίησε στην έρευνα που διεξήγαγε τους βασικούς άξονες λειτουργίας και χρήσης των λαμπτήρων που χρησιμοποιούνται στα ενυδρεία υφάλου.

- ✓ Αναγραφή ημερομηνίας τοποθέτησης του λαμπτήρα στη βάση του.
- ✓ Το φάσμα του φωτισμού και η ένταση των λαμπτήρων αλλάζει κατά την διάρκεια λειτουργίας του.
- ✓ Όταν αλλαχθούν οι λαμπτήρες παρατηρείται αύξηση της έντασης του φωτισμού οπότε απαιτείται μείωση του χρόνου λειτουργίας των λαμπτήρων προκειμένου οι οργανισμοί να προσαρμοστούν στην αύξηση της έντασης.
- ✓ Δεν συνίσταται αλλαγή των λαμπτήρων κάθε 3 – 4 εβδομάδες λειτουργίας.

- ✓ Θα πρέπει να εξεταστεί το ενδεχόμενο αναβάθμισης του φωτιστικού, η οποία εξαρτάται από τις εκάστοτε απαιτήσεις.
- ✓ Δεν θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η αναγραφόμενη διάρκεια ζωής του λαμπτήρα.

## **Κεφάλαιο 4**

### **Εξοπλισμός**

#### 4.1. Φίλτρα

Το φιλτράρισμα ενός ενυδρείου, ο τύπος και η σειρά τοποθέτησης των εξαρτημάτων που το αποτελούν αποτελεί το πιο σημαντικό κομμάτι προκειμένου το σύστημα να λειτουργήσει ικανοποιητικά και χωρίς προβλήματα (Tulloch, 1997). Με την ανάπτυξη της τεχνολογίας και την διάδοση των γνώσεων και των τεχνικών που έχουν αναπτυχτεί, υπάρχουν 4 είδη φιλτραρίσματος (μηχανικό, βιολογικό, χημικό και φίλτρα υπεριώδους ακτινοβολίας), τα οποία μπορούν να τοποθετηθούν σε σειρά η ξεχωριστά το καθένα ανάλογα με τις ανάγκες και τον σχεδιασμό του ενυδρείου (Tulloch, 1997 ; Atkinson et al., 1995).

#### 4.2. Τύποι φίλτρων

Η επιλογή των κατάλληλων φίλτρων και η τοποθέτησή τους στο ενυδρείου εξαρτώνται από τον όγκο του ενυδρείου, τους οργανισμούς που θα προστεθούν σ' αυτό, τον διαθέσιμο ενεργό – ωφέλιμο όγκο του ενυδρείου καθώς και τη χρήση του ενυδρείου (Verhoef-Verhallen,2003).

##### 4.2.1. Φίλτρα διάσπασης οργανικών αποβλήτων ( skimmer)

Το skimmer είναι το βασικότερο και πλέον απαραίτητο φίλτρο, η λειτουργία του οποίου στηρίζεται στη διάσπαση των οργανικών αποβλήτων πριν συνεργήσουν στον κύκλο του αζώτου. Αποτελείτε από τον θάλαμο ανάμιξης του νερού με τον αέρα και το δοχείο συλλογής. Στα περισσότερα skimmer και ειδικότερα σ' αυτά που προστίθενται στα φίλτρα τύπου sump, ουσιαστικό ρόλο διαδραματίζει η αντλία κυκλοφορητής μεγάλης κυκλοφορίας νερού (Tulloch, 1997). Στα εξωτερικά skimmer,

ο ρόλος της αντλίας είναι σύνθετος και δεν χρησιμεύει μόνο στην τροφοδοσία, αλλά η επιτυχία της συνεχούς κυκλοφορίας του νερού στο θάλαμο (Yap,2003 ; Tseng and Wu, 2004).

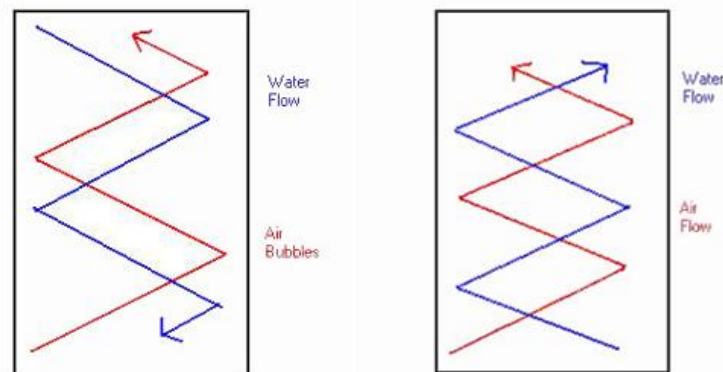


**Σχήμα 3.** Φίλτρο διάσπασης οργανικών αποβλήτων (protein skimmer) ([www.aquazone.gr](http://www.aquazone.gr))

Τα πιο γνωστά skimmer είναι τα τύπου venturi. Η λειτουργία τους στηρίζεται σ' ένα σωληνάκι που τροφοδοτεί με αέρα την αντλία καθώς αυτή λειτουργεί τροφοδοτώντας με «βρώμικο νερό» τον θάλαμο. Οι φτερωτές των αντλιών, έχουν τροποποιηθεί από τις κατασκευάστριες εταιρίες ούτως ώστε ο αέρας να διασπάται πολύ μικρές φυσαλίδες (Suzuki et al.,2003). Καθώς το νερό με τον αέρα εισέρχονται με δύναμη στον θάλαμο στην κορυφή του συγκεντρώνεται και διαφεύγει ο αέρας (Σχ.4). Ο αφρός όταν σχηματιστεί, θα καταλήξει στο ανώτερο σημείο του φίλτρου, στο δοχείο συλλογής. Το νερό παρασύρει μαζί του ελάχιστες φυσαλίδες και επιστρέφει στο ενυδρείο από ειδικά διαμορφωμένο χώρο (Suzuki et al.,2003). Η ποσότητα εισροής στο θάλαμο επηρεάζει τη διαδικασία φιλτραρίσματος επιτυγχάνοντας «υγρή» ή «στεγνή» διάσπαση των αποβλήτων (Suzuki et al.,2003). Στη «υγρή» διάσπαση συγκαταλέγεται πλούσιος αφρός στο νερό και με λιγότερα εξερχόμενα κατάλοιπα, σε αντίθεση με τη «στεγνή» όπου η παρουσία ξηρού (στεγνού) αφρού περιλαμβάνει πολλά κατάλοιπα. Στο δοχείο συλλογής παρατηρείται ένα βαθύ πράσινο παχύρρευστο υγρό (Suzuki et al.,2003, Delbeek and Sprung, 1999).

Ο βασικός ρόλος του skimmer στο ενυδρείο είναι έμμεσος διότι συμβάλει αποτελεσματικά στην οξυγόνωση του νερού. Επίσης κατά την είσοδο του αέρα παρέχεται η δυνατότητα προσθήκης συσκευής οζονιστήρα. Ανάλογα με τον τύπο, τα skimmer τοποθετούνται είτε απευθείας στο φίλτρο τύπου sump, είτε είναι κρεμαστά εξωτερικά από το ενυδρείο. Στη δεύτερη περίπτωση αποφεύγεται η αύξηση της θερμοκρασίας που μπορεί να προκαλέσει η αντλία όταν αυτή βρίσκεται στο νερό

(Suzuki et al.,2003 ; Clark and Edwards, 1995). Κατά τη διαδικασία και με το πέρας της διαδικασίας της διάσπασης θα πρέπει να λαμβάνονται μέτρα προκειμένου το δοχείο συλλογής να καθαρίζεται συχνά, αλλά και το στόμιο επαφής του δοχείου με την κεντρική μονάδα διότι συγκεντρώνονται παχύρρευστα κατάλοιπα, περιορίζοντας την δημιουργία αφρού (Suzuki et al.,2003). Όταν χρησιμοποιούνται μεγαλύτερες μονάδες skimmer προκειμένου να επιτευχθούν, και να ενισχυθούν τα ποσοστά διάσπασης των οργανικών αποβλήτων οδηγούμαστε στη διαδικασία της «υπερδιάσπασης των οργανικών αποβλήτων» (Overskimming), μια διαδικασία η οποία μπορεί να συν αποβάλλει οργανικά τα οποία είναι χρήσιμα για το ενυδρείο, όπως για παράδειγμα φυτοπλαγκτόν (Calfo, 2001).



**Σχήμα 4.** Διάγραμμα ροής του αέρα στο φίλτρο protein skimmer (Πηγή: Calfo,2001)

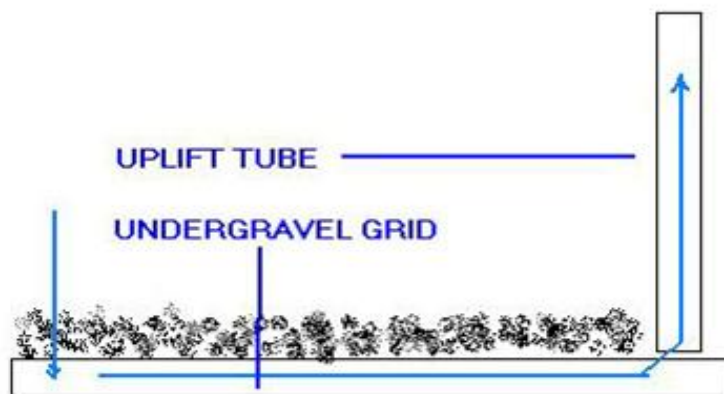
#### 4.2.2. Εσωτερικά φίλτρα.

Τα «εσωτερικά φίλτρα» είναι πλαστικά κουτιά τοποθετημένα στο εσωτερικό του ενυδρείου. Ο αέρας στο ενυδρείο διαχέεται διάμεσου ξυλόπετρας η πέτρας πωρόλιθου ενισχύοντας με οξυγόνο το νερό και ταυτόχρονα ωθεί το νερό στο φίλτρο ώστε να διέρχεται στην επιφάνεια του υλικού φιλτραρίσματος, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται αποικίες βακτηριών, τα οποία παρέχουν εξαιρετικό βιολογικό φιλτράρισμα (Carlson, 1987 ; Boreman and Lowrie, 2001 ; Delbeek,1991). Σήμερα, σπάνια χρησιμοποιείται ο συγκεκριμένος τύπος φιλτραρίσματος ο οποίος απαιτεί περισσότερη φροντίδα, καταλαμβάνει μεγαλύτερο χώρο σε σχέση με τον όγκο του ενυδρείου ενώ δεν ταυτίζονται με την αισθητική τεχνολογία ενός ενυδρείου υφάλου.

Επίσης σε περίπτωση διακοπής ρεύματος, τα βακτήρια χωρίς την κίνηση του νερού αρχίζουν να διακόπτουν τη λειτουργία τους (περίπου το 50% των βακτηρίων πεθαίνει) με αποτέλεσμα τα επίπεδα της αμμωνίας να αυξάνονται απότομα προκαλώντας το θάνατο όλων των ζώων στο ενυδρείο (Boreman and Lowrie, 2001 ; Delbeek,1991).

#### 4.2.3.Φίλτρα βυθού

Τα φίλτρα βυθού (Σχ.5) λειτουργούν ως εξής: το νερό διαπερνάει το υλικό του βυθού το οποίο βρίσκεται σε ειδικό υπόστρωμα (ψευδοπυθμένας). Το νερό κινείται με τη χρήση του αέρα μέσω του αεροσωλήνα ο οποίος είναι τοποθετημένος κάτω από την ειδική κατασκευή (Delbeek, 1991, Βλάχος, 2008). Μπορεί επίσης να χρησιμοποιηθεί η αντλία νερού που λειτουργεί με τον ίδιο τρόπο όπως η αντλία αέρα προωθώντας το νερό στο φίλτρο. Τα φίλτρα βυθού είναι χρήσιμα βιολογικά φίλτρα, αργής ροής επιτρέποντας την ανάπτυξη μεγάλου αριθμού βακτηρίων τα οποία διασπούν την αμμωνία (Carlson,1987 ; Delbeek and Sprung,1999).



**Σχήμα 5:** Φίλτρο βυθού (Πηγή: Βλάχος 2008)

Επισημαίνεται ότι τα φίλτρα βυθού υπολείπονται της αρχής των μηχανικών φίλτρων, με αποτέλεσμα τα περιττώματα των ψαριών να συγκεντρώνονται στο βυθό τα οποία πολλές φορές βρίσκονται σε κοινή θέα. Αποτέλεσμα της διαδικασίας αυτής είναι να φράζει ο πυθμένας δημιουργώντας μια άσχημη κατάσταση η οποία είναι ιδιαίτερα επικίνδυνη για την υγεία των ψαριών (Calfio, 2001). Μια λύση σε αυτό το πρόβλημα είναι να τεθεί σε λειτουργία η αντλία νερού, με αντίστροφη ροή, έτσι ώστε το νερό να πηγαίνει προς τα επάνω μέσα από το βυθό και να το καθαρίζει. Η τεχνική διαδικασία χαρακτηρίζεται ως φιλτράρισμα βυθού αντίστροφης ροής (Carlson,1987).

Στο εσωτερικό αυτών των ειδικών αντλιών που χρησιμοποιούνται υπάρχει ένα πορώδες σφουγγάρι το οποίο χρησιμοποιείται ως προ φίλτρο (κατακρατά ορισμένα από τα υπολείμματα). Οι ενέργειες αυτές δεν αποτελούν ουσιαστική και μόνιμη λύση, αλλά τεχνικές οι οποίες είναι πρόχειρες (Erstein et al.,2001)

#### 4.2.4. Εξωτερικό φίλτρο

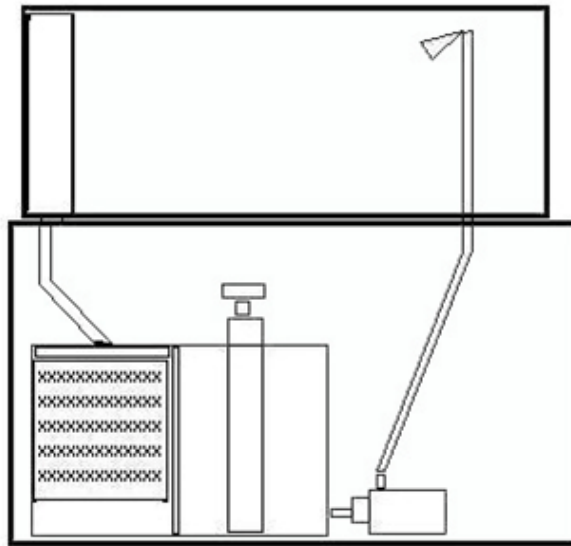
Η απομάκρυνση των στερεών υπολειμμάτων από το νερό του ενυδρείου, γίνεται διαμέσου ενός εξωτερικού μηχανικού φίλτρου. Στην πραγματικότητα μπορεί να χρησιμεύσει για διάφορες λειτουργίες, όπως στην απομάκρυνση αιωρούμενων σωματιδίων και των αποβλήτων (Erstein et al.,2001). Περιλαμβάνει ενεργό άνθρακα για την απορρόφηση των οργανικών υπολειμμάτων, το οποίο χρησιμοποιείται ως βοηθητικό βιολογικό φίλτρο, ενώ με την βοήθεια της αντλίας αυξάνεται η κυκλοφορία του νερού στη δεξαμενή (Sprung and Delbeek,1990). Τα μηχανικά φίλτρα σε κουτί συνήθως είναι περισσότερο δυνατά διότι είναι υπό πίεση καταλαμβάνουν μεγαλύτερο όγκο για την κατακράτηση των υπολειμμάτων. Ο τρόπος σύνδεσης στο ενυδρείο είναι απλός και απαιτεί συχνό καθαρισμό ώστε να επαναλειτουργήσει σε αντίθεση με τα κρεμαστά τα οποία είναι συνήθως ανοιχτά και επιδιορθώνονται σχετικά εύκολα χωρίς την αναγκαία αφαίρεση τους από το σύστημα (Sprung and Delbeek,1990).

#### 4.2.5. Στεγνά - Υγρά Φίλτρα (Wet - Dry Filters)

Τα Στεγνά/Υγρά Φίλτρα (Σχ.6), είναι γνωστά ως «φίλτρα που στάζουν» και τα συναντάμε σε διάφορα μεγέθη. Τα βακτήρια που διασπών την αμμωνία προσκολλώνται στο φίλτρο και αυξάνονται γρήγορα μόνο όταν υπάρχει πλούσιο σε οξυγόνο νερό (Suzuki et al.,2004 ; Sprung and Delbeek, 1990). Καθώς στάζει το νερό μέσα σε ειδικά πλαστικά υποστρώματα (βιόσφαιρες) κατάλληλες για την ανάπτυξη των βακτηρίων, το φίλτρο λόγω της μεγάλης επιφάνειας αυξάνει τις απαιτήσεις σε νερό και οξυγόνο. Πολλοί ενυδρειολόγοι έχουν μεγάλη επιτυχία χρησιμοποιώντας το συγκεκριμένο φίλτρο στο θαλασσινό ενυδρείο. Πολλά είδη βιόσφαιρων χρησιμοποιούνται ως υλικά πλήρωσης του φίλτρου, με μεγάλη επιτυχία ειδικά αυτά που έχουν μεγαλύτερα ανοίγματα γιατί δεν «στομώνουν» και επιτρέπουν επιτυχή ανταλλαγή των αέριων (Suzuki et al.,2004 ; Sprung and Delbeek, 1990).







**Σχήμα 6:** Φίλτρο wet-dry (Πηγή: Sprung & Delbeek, 1990).

#### 4.2.6. Φίλτρο ρευστοποιημένης άμμου

Τα φίλτρο ρευστοποιημένης άμμου αποτελείται κατά κύριο λόγο από άμμο μικρού διαμετρήματος κόκκου. Η λειτουργία τους είναι παρόμοια με του φίλτρου βυθού με τη διαφορά ότι παρουσιάζει αυξημένη ροή. Μέσο της λειτουργίας του, η άμμος διατηρείται καθαρή από τα απορρίμματα, ενώ ταυτόχρονα αναπτύσσονται βακτήρια. Τα προβλήματα που παρουσιάζονται είναι η έλλειψη οξυγόνου και το στόμωμα του φίλτρου (Suzuki et al., 2003 ; Sprung and Delbeek, 1990).

#### 4.2.7. Φίλτρα υπερχείλισης τύπου SUMP

Το sump είναι ένα μικρό ενυδρείο το οποίο τοποθετείται συνήθως κάτω από το κυρίως ενυδρείο ευρέως διαδεδομένο σε ενυδρεία τροπικών υφάλων. Η λειτουργία του είναι απλή και στηρίζεται στην κίνηση του νερού λόγω της βαρύτητας να υπερχειλίζει στο ενυδρείο, αφού διαπεράσει το δοχείο υπερχείλισης (φίλτρο) και μέσω μιας αντλίας επιστρέφει πάλι στο ενυδρείο. Ο αριθμός των χωρισμάτων

εξαρτάται από την ιδιαιτερότητα, την αποτελεσματικότητα και την δυναμικότητα του συστήματος (Suzuki et al.,2003 ; Sprung and Delbeek, 1990).

Η συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται κατά τον σχεδιασμό του φίλτρου επιβάλλει τον διαχωρισμό του σε επιμέρους μηχανική, βιολογική και χημική επεξεργασία του νερού. Ανεξάρτητα από τον σχεδιασμό, επιβάλλεται η προσθήκη του skimmer προκειμένου να απομακρύνει τις διαλυμένες οργανικές ουσίες (Richter and Wunselt,1999). Επίσης μπορεί να δημιουργηθεί μέσα στο φίλτρο ένα τμήμα «refugium» με μικροάλγες. Απαραίτητο στοιχείο για λειτουργήσει το τμήμα αυτό είναι ο φωτισμός ώστε να αναπτύσσεται η μικροάλγη, ενώ αποτελεί κατάλληλο υπόστρωμα για την ανάπτυξη κορηπόδων. Βασικό πλεονέκτημα αποτελεί η θανάτωση τους από την αντλία επιστροφής (Σχ 7).



**Σχήμα 7:** Σχεδιασμός φίλτρου τύπου sump (Πηγή: [www.melevsereef.com](http://www.melevsereef.com))

Απαραίτητη προσοχή δίνεται στη διατήρηση των επιπέδων στάθμης του νερού στο φίλτρο γιατί σε περίπτωση διακοπής ρεύματος τότε το φίλτρο δέχεται μεγάλες ποσότητες νερού από το ενδρείο με αποτέλεσμα να υπερχειλίζει. Για την αποφυγή υπερχειλίσσης η συνήθης πρακτική που εφαρμόζεται είναι η χρήση ανεπίστροφης βαλβίδας. Επίσης προσοχή θα πρέπει να δοθεί και στο ύψος που θα βρίσκεται ο σωλήνας του νερού της επιστροφής γιατί σε περίπτωση διακοπής ρεύματος θα λειτουργήσει σαν σιφόνι (Barak, et al.,2003).

Τα πλεονεκτήματα λειτουργίας του φίλτρου συνοψίζονται ως εξής:

1. Αυξάνει το συνολικό όγκο του ενδρείου, ανάλογα με το μέγεθος του sump αυξάνονται και τα λίτρα του ενδρείου.
2. Ο εξοπλισμός υποστήριξης του ενδρείου γίνεται εξ' ολοκλήρου στο φίλτρο θερμοστάτες, skimmer, αντλίες τροφοδοσίας διαφόρων

μηχανημάτων (chiller, calcium reactor), συστήματα αναπλήρωσης νερού UV, συστήματα έλεγχου νερού.

3. Στο sump μπορεί να τοποθετηθούν βιολογικά και χημικά υλικά πλήρωσης των φίλτρων.
4. Η επιφάνεια του ενυδρείου στην οποία υπάρχουν τα περισσότερα οργανικά απόβλητα, καθαρίζονται μέσω της υπερχειλίσης που χρειάζεται για να λειτουργήσει.
5. Οξυγονώνετε το νερό μέσω του «καταρράκτη» της υπερχειλίσης.
6. Η στάθμη του νερού του ενυδρείου παραμένει σταθερή, λόγω μειωμένης εξάτμισης.
7. Γίνεται πιο ασφαλής η χορήγηση διαφόρων σκευασμάτων , πχ. Ca, Mg, KH buffer κλπ. αφού προστίθενται στο sump και όχι απευθείας στο ενυδρείο.
8. Διαμορφώνεται ένα τελευταίο στάδιο (πριν της αντλίας επιστροφής) σε φίλτρο μακροφυκών η και ακόμα σε deep sand bed με ζωντανό βράχο.
9. Η αντλία επιστροφής, αυξάνει την κυκλοφορία του ενυδρείου.
10. Η επιστροφή του νερού γίνεται με 2 αντλίες, έτσι ώστε να δημιουργείται μια υποτυπώδης κίνηση με σκοπό την δημιουργία φυσικού κυματισμού.

Τα μειονεκτήματα από τη λειτουργία του φίλτρου sump συνοψίζονται ως εξής:

1. Το κόστος κατασκευής του φίλτρου, αλλά και της υποδομής για να λειτουργήσει σωστά, είναι τρύπες στο ενυδρείο, καθώς και σύστημα υπερχειλίσης κλπ.
2. Ο παραχθείς θόρυβος από την υπερχειλίση, ο οποίος εξαρτάται από το είδος της υπερχειλίσης.
3. Ο κίνδυνος διαρροής νερού. Λόγω αστοχία του υλικού ή υποτιθέμενης διαρροής.

#### 4.2.8. Φίλτρα υπερχειλίσης

Για την κατασκευή της υπερχειλίσης (Σχ.8) απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή τόσο για την κατασκευή της όσο και στην απόδοση και την χρηστικότητα της, και αυτό γιατί η υπερχειλίση είναι το μέσο μεταφοράς του νερού στο φίλτρο τύπου sump (Calfo,2003), οποιοδήποτε λάθος επιφέρει προβλήματα στο ενυδρείο, όπως για παράδειγμα δεν μπορεί να κατασκευαστεί μια υπερχειλίση με μέγιστη απόδοση 100 lt/h με αντλία επιστροφής του νερού 1000 lt/h.

Στο εμπόριο οι υπερχειλίσεις για τη λειτουργία της στηρίζονται στη μεταφορά του νερού στο sump μέσω ενός λάστιχου σχήματος U, που λειτουργεί σύμφωνα με το νόμο των συγκοινωνούντων δοχείων (Aiken, 2004 ; Adams et al., 1985). Το μειονέκτημα που παρουσιάζει η μέθοδος παρακάμπτεται διαμέσου κατασκευής μιας οπής στην κορυφή του σωλήνα τύπου U και να συνδεθεί ένα σωληνάκι σιλικόνης με αντλία μικρής ιπποδύναμης (συνήθως χρησιμοποιείται κυκλοφορητής ενυδρείου) με αποτέλεσμα να απομακρύνει τον αέρα από το σωλήνα U. Οι συγκεκριμένες υπερχειλίσεις συνήθως χρησιμοποιούνται σε έτοιμα ενυδρεία του εμπορίου, τα οποία εξ' αρχής δεν είχαν σχεδιαστεί να λειτουργούν με υπερχειλίση (Spotte,1992). Άλλος τρόπος υπερχειλίσης είναι οι πύργοι (προϋποθέτει την ύπαρξη οπών στο ενυδρείο), ο οποίος τοποθετείται στο κεντρικό σημείο ή στα άκρα του ενυδρείου.. Επίσης μπορεί να τοποθετηθεί εσωτερικά η εξωτερικά του ενυδρείου.



**Σχήμα 8:** Εξωτερική υπερχειλίση (Πηγή: [www.aquamedit.de](http://www.aquamedit.de))

#### 4.2.9. Φίλτρα μακροφυκών ( refugium)

Η χρησιμοποίηση βοηθητικών δεξαμενών (Σχ.9) (refugium) στα οποία εκτρέφονται φυτό-πλαγκτονικοί και ζώο-πλαγκτονικοί οργανισμοί, παρέχει ένα είδος διατροφικής υποστήριξης στο ενυδρείο (Delbeek and Sprung, 2005; Calfo,2003),

διότι καθώς η άλγη (φυτοπλαγκτόν) στο ενυδρείο αυξάνεται, ελευθερώνονται γαμέτες ή άλλα κύτταρα τα οποία πολλαπλασιάζονται στο νερό μιας και οι συνθήκες είναι ευνοϊκές (Hovanec, 2003). Τα φυτό-πλαγκτονικά κύτταρα συνεισφέρουν στην αύξηση των πληθυσμών διάφορων ειδών ζωοπλαγκτόν και κωπηπόδων.



**Σχήμα 9:** Ενυδρείο φίλτρο μακροφυκών (refugium) (Πηγή:[www.squido.com](http://www.squido.com))

Στα φίλτρα μακροφυκών αναπτύσσονται οι πλαγκτονικοί οργανισμοί σε μεγάλους αριθμούς οι οποίοι στο κυρίως ενυδρείο δεν θα είχαν καμία τύχη. Τα κωπήποδα τα αμφίποδα και τα κύτταρα των αλγών αποτελούν καλή πηγή τροφής για πολλά από τα ψαριά και τα κοράλλια του ενυδρείου (Hovanec,2003). Η βοηθητικές δεξαμενές (refugium), φαίνεται να δίνουν ώθηση στην ανάπτυξη πλαγκτονικών οργανισμών, σύμφωνα με έρευνες που έχουν πραγματοποιηθεί στο παρελθόν, τα αποτελέσματα των οποίων αναδεικνύουν την ανάπτυξη των κοραλλιών με αύξηση του μήκους των πολυπόδων (Hovanec,2003). Η αύξηση αυτή υπάρχει περίπτωση να οφείλεται και σε άλλη πηγή τροφής των κοραλλιών στον διαλυμένο οργανικό άνθρακα (DOC).

Τα φίλτρα αλγών (refugium) κατασκευάζονται εύκολα, μιας και πρόκειται για ένα επιπρόσθετο ενυδρείο που συνδέεται με το κεντρικό ενυδρείο, με την διαφορά ότι θα πρέπει να τοποθετείται στο επάνω μέρος του ενυδρείου ώστε η επιστροφή του νερού στο ενυδρείο να γίνεται μέσω της βαρύτητας και όχι με αντλίες-κυκλοφορητές προκειμένου οι οργανισμοί να παραμένουν ζωντανοί (Calfo,2003). Σύμφωνα με τον Calfo (2003), ένα ενυδρείο φίλτρο μακροφυκών (refugium) μπορεί να κατασκευαστεί με διάφορους τρόπους, με εφαρμογή της μεθόδου του υποστρώματος (Deep Sand Bed) (αυξημένο πάχος υποστρώματος) με προσθήκη μερικών κομματιών ζωντανού βράχου, με προσθήκη μακροφυκών (πχ.caulerpa) που χρησιμοποιούνται για τη μείωση των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ).

#### 4.2.10. Φίλτρα με βαθύ στρώμα άμμου (Deep Sand Bed)

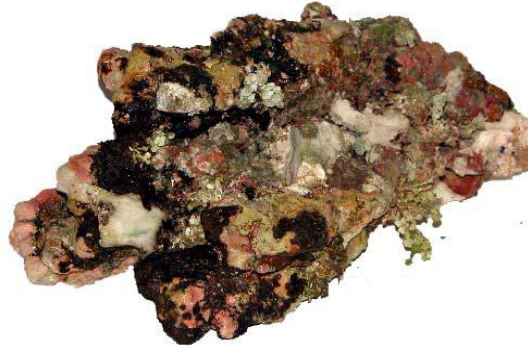
Εκτός από τον ζωντανό βράχο στην βιολογία του ενυδρείου συμβάλει και η ζωντανή άμμος ή αραγωνίτης. Αποτελείται από ασβεστολιθική άμμο και από εκατομμύρια μικροοργανισμούς (νανοπλαγκτόν, σκουλήκια, κωπήποδα, αμφίποδα, βακτήρια) οι οποίοι αναπτύσσονται σ' αυτήν. Η άμμος συμμετέχει στην βιολογική επεξεργασία του νερού του ενυδρείου και στην παράλληλη μείωση των νιτρικών ιόντων (Calfo, 2003 ; Delbeek and Sprung, 2005). Η δημιουργία ενός αρκετά βαθύ στρώμα ζωντανής άμμου, ύψους τουλάχιστον 10 cm, αποτελεί το ιδανικό σημείο για την πλήρη λειτουργία όλων των βιοχημικών διεργασιών του νερού (νιτροποίηση, απονιτροποίηση). Σε αυτό συνεισφέρει και η σωστή κυκλοφορία του νερού η οποία υπολογίζεται να είναι 20 φορές μεγαλύτερη του όγκου του ενυδρείου. Προσοχή απαιτείται στο σωστό σχεδιασμό προκειμένου να αποφευχθούν καταστάσεις αναμόχλευσης της άμμου ή να παρασύρεται από το ρεύμα του νερού (Atkinson et al., 1995 ; Calfo, 2003 ; Barak et al., 2003).

Η δημιουργία του βαθέως υποστρώματος δεν είναι απαραίτητο να γίνει στο ίδιο το ενυδρείο, γιατί αν το ενυδρείο υποστηρίζεται από φίλτρο sump ή φίλτρο μακροφυκών, τότε η δημιουργία του ενδείκνυται να γίνει στα ίδια τα φίλτρα με περιορισμό την μικρότερη δυναμική που θα παρουσιάζουν τα συστήματα αυτά. Συνίσταται η μέθοδος (DSB) αυτή να έχει τις ίδιες διαστάσεις με του κυρίως ενυδρείου (Atkinson, 1995). Για να περιοριστούν τα έξοδα αγοράς της ζωντανής άμμου προτείνεται η ανάμειξη 50% ζωντανής με 50% νεκρής άμμου. Σε περίπτωση που δεν επείγει το «στρώσιμο» του ενυδρείου, μπορεί να προστεθεί και νεκρή άμμο, γιατί σύντομα θα αναπτυχθούν βακτηρίδια από το ζωντανό βράχο (Erstein et al., 2001).

#### 4.3. Ζωντανός βράχος

Ο ζωντανός βράχος (Σχ. 10), είναι ασβεστολιθικής προέλευσης από τον ασβεστολιθικό σκελετό των νεκρών κοραλλιών, είτε από άλλους νεκρούς ασβεστογενείς οργανισμούς (Calfo, 2003 ; Ayukai, 1991. Χρησιμοποιείται, λόγω της βιολογίας του, που περιλαμβάνει μικροοργανισμούς και βακτήρια, τα οποία ζουν

στην επιφάνεια και στο εσωτερικό των πόρων του βράχου. Επίσης η κοράλλινη καλύπτει ένα μεγάλο μέρος του βράχου προσδίνοντας του ένα φυσικό χρωματισμό.



**Σχήμα 10:** Ζωντανός βράχος τύπου Fiji (Πηγή: [www.reef.org](http://www.reef.org))

Ο ρόλος του ζωντανού βράχου είναι διπλός διότι συνεισφέρει στη αρχιτεκτονική δομή του ενυδρείου και στο βιολογικά φίλτρο. Είναι το βασικό στοιχείο διαρρύθμισης στο ενυδρείο. Από την τοποθέτηση του εξαρτάται κατά ένα μεγάλο μέρος και η εμφάνιση του ενυδρείου, καθώς στο βράχο προστίθενται σχεδόν όλα τα κοράλλια (Delbeek and Sprung, 2005).

Μια συνήθης πρακτική η οποία εφαρμόζεται κατά την τοποθέτηση του στο ενυδρείο είναι να μην ακουμπά στην άμμο γιατί στο σημείο επαφής δημιουργείται νεκρή ζώνη με αποτέλεσμα να μην είναι λειτουργικός. Επίσης στα σημεία νεκρής ζώνης μπορεί να δημιουργηθεί υδρόθειο το οποίο είναι τοξικό για τους ζωντανούς οργανισμούς του ενυδρείου. Σε πολλά ενυδρεία για την τοποθέτηση του βράχου τοποθετούνται πλαστικά στηρίγματα (Carlson, 1987; Atkinson et al., 1995; Tullock, 1997). Κατά την τοποθέτηση τους θα πρέπει να μην εφάπτονται όλα τα κομμάτια βράχου μεταξύ τους, αλλά να κατασκευάζονται μικρές σπηλιές και ανοίγματα για τα ψάρια. Αυτά είναι απαραίτητα γιατί είναι φυσικά καταφύγια για τα ψάρια αλλά και γιατί με την ροή του νερού ο βράχος παραμένει πάντα καθαρός και λειτουργικός (Bellwood et al., 2004).

Η διαδικασία θεραπείας γίνεται με διάφορους τρόπους, όπως για παράδειγμα να γίνει στο ίδιο ενυδρείο που θα τοποθετηθεί χωρίς να απομακρυνθεί ο βράχος. Σε περίπτωση που η θεραπεία του βράχου γίνει σε ξεχωριστή δεξαμενή απαιτείται δυνατός αερισμός και ένα ισχυρό φίλτρο απομάκρυνσης των οργανικών αποβλήτων (protein skimmer) για χρονικό διάστημα περίπου 4-6 εβδομάδων. Κατά την περίοδο θεραπείας του βράχου ο φωτισμός δεν θα πρέπει να είναι σε λειτουργία γιατί σε διαφορετική περίπτωση αποτελεί ένδειξη αύξησης των φυκών στο ενυδρείο



θεραπείας. Κατά τη διάρκεια αυτής της περιόδου, η στάθμη του νερού θα πρέπει να διατηρείται σε σταθερά επίπεδα ενώ εφόσον κριθεί αναγκαίο συνίσταται μόνο η προσθήκη νερού αντίστροφης όσμωσης ή αποσταγμένου.

#### 4.4. Ενεργή άμμος

Η ενεργή άμμος είναι άμμος που συλλέγεται άμεσα από τον ωκεανό και περιλαμβάνει όλους τους οργανισμούς διαβίωσης που βρίσκονται στην άμμο κατά την διάρκεια της συλλογής. Η μεταφορά της είναι παρόμοια με εκείνη των ψαριών και των κοραλλιών. Η άμμος δεν επιτρέπεται να στεγνώσει και τοποθετείται σε ένα ανθεκτικό σακουλάκι ή πλαστική τσάντα και αποστέλλεται στο χονδρέμπορο και το λιανοπωλητή.

Το όφελος της άμμου είναι σημαντικό μιας και αποτελεί το πρωταρχικό βιολογικό φίλτρο για την ρύθμιση του ενυδρείου. Σε ένα ενυδρείο μικρής κλίμακας υφάλου που χρησιμοποιεί ως υπόστρωμα ενεργή (ζωντανή) άμμο έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία ενός περιβάλλοντος περισσότερο οικολογικού και όμοιου με ενός υφάλου στη φύση. Η ποσότητα της άμμου που θα προστεθεί στο ενυδρείο θα πρέπει να δημιουργεί κατ' ελάχιστο ένα στρώμα πάχους 2,5 cm και το μέγιστο 10 cm περίπου. Η αναλογία που μπορεί να προστεθεί η άμμος είναι 5:4:3 προκειμένου να εξασφαλιστεί ομοιομορφία στο υπόστρωμα και να είναι λειτουργικό. Συνεπώς η πρώτη ομάδα καλύπτει άμμο με διαμέτρημα κόκκου 0,063 έως 0,125 mm, η δεύτερη ομάδα κυμαίνεται από 0,125 έως 0,25 mm και η τρίτη ομάδα από 0,125 έως 2 mm. Κόκκοι άμμου μεγαλύτεροι από 2 mm θα πρέπει να αποφεύγονται να χρησιμοποιούνται γιατί δημιουργούν ένα παχύ επιφανειακό στρώμα άμμου στην ζώνη του ενυδρείου με έντονα ρεύματα. Επίσης, το πάχος της άμμου εξαρτάται και από το είδος του οργανισμού που θα προστεθεί στο ενυδρείο. Για παράδειγμα τα ανθόζωα, τα κνιδάρια και οι γοργόνιες.

## Κεφάλαιο 5

### Κυκλοφορία του νερού

#### 5.1. Ο ρόλος της κυκλοφορίας του νερού

Αυτό που είναι σημαντικό σχετικά με την ροή του νερού είναι αυτό που επιτυγχάνει. Η κίνηση του νερού φέρνει τροφή, διευκολύνει την ανταλλαγή του οξυγόνου και του διοξειδίου του άνθρακα με το περιβάλλον, και ενισχύει την λήψη και την απελευθέρωση των θρεπτικών ουσιών και των αποβλήτων. Αυτό γίνεται με την διαταραχή του οριακού στρώματος γύρω από την κεφαλή/το κλαδί του κοραλλιού ή οποιοδήποτε άλλου πλάσματος.

Η μαζική μεταφορά (η διάχυση των ουσιών πέρα από ένα οριακό στρώμα, σε αυτήν την περίπτωση την κυτταρική μεμβράνη) αερίων και προϊόντων του μεταβολισμού είναι απαραίτητη για την επιβίωση των οργανισμών, και αυτό ισχύει ιδιαίτερα για τους υδρόβιους οργανισμούς. Αυτή η μαζική μεταφορά πρέπει να συμβεί πέρα από ένα οριακό στρώμα φτιαγμένο από στάσιμο νερό που περιβάλλει κάθε υποβρύχια επιφάνεια. Αν δεν υπάρχει επαρκής ροή, ο οργανισμός απομονώνεται από το περιβάλλον λόγω της άμβλυνσης της ροής παραπλεύρως σε αυτόν. Αυτό δημιουργεί μια λεπτή ταινία από στάσιμο νερό γύρω από τον οργανισμό εμποδίζοντας την φωτοσύνθεση και την αναπνοή (Dennison & Barnes, 1998). Χωρίς επαρκή ροή, ο οργανισμός μπορεί να καταναλώσει όλο το οξυγόνο από αυτό το στρώμα του νερού, και κυριολεκτικά να ασφυκτιεί μέσα στα δικά του απόβλητα. Το νερό που ρέει διαμέσου των θαλάσσιων οργανισμών προκαλεί δυνάμεις να ενεργήσουν επάνω στο οριακό στρώμα. Κατά συνέπεια, οι οργανισμοί στα περιβάλλοντα χαμηλής ροής τείνουν να έχουν αυξημένα οριακά στρώματα σε σχέση με τους οργανισμούς σε περιβάλλοντα υψηλής ροής. Όσο λεπτότερο είναι το οριακό στρώμα, τόσο ευκολότερο είναι να πραγματοποιηθεί η διάχυση.

Η κυκλοφορία του νερού είναι επίσης ζωτικής σημασίας προκειμένου η παραγωγή ασβεστίου να προχωρήσει σε βέλτιστο βαθμό. Η μειωμένη ροή νερού μπορεί να ελαττώσει το βαθμό σκοτεινής παραγωγής ασβεστίου (dark calcification) έως και 60% και τη φωτεινή παραγωγή ασβεστίου (light calcification) κατά 25% (Dennison & Barnes, 1988). Η έντονη ταχύτητα του νερού όχι μόνο αφαιρεί το λεπτό στρώμα του στάσιμου νερού που περιβάλλει έναν οργανισμό αλλά επίσης κινεί τα εύκαμπτα ή εκείνα με μαλακό σώμα είδη εμπρός και πίσω, επιτυγχάνοντας το ίδιο αποτέλεσμα. Επιπρόσθετα, η

ισχυρή κίνηση του νερού εξυπηρετεί την ίδια λειτουργία με αυτή της καρδιάς, δηλαδή βοηθάει την κυκλοφορία των ζελατινωδών εσωτερικών υγρών στο εσωτερικό των κοραλλιών, μέσω της κρούσης πάνω στην επιφάνεια του κοραλλιού, βοηθώντας την ανταλλαγή των αερίων της αναπνοής, της διασπόμενης τροφής και των αποβλήτων διαμέσω της επιφάνειά τους. Η κίνηση του νερού κυριολεκτικά εξαντλεί (εξασθενεί) τον οργανισμό. Γι αυτό η αντλία *Xenia* χρησιμοποιείται όταν το νερό είναι σχετικά ακίνητο.

Η κυκλοφορία του νερού επιτυγχάνει αυτές τις λειτουργίες και για άλλα κοράλλια που δεν πάλλονται, και η κατάσταση της διαστολής του κοραλλιογενούς ιστού και του πολύποδα βοηθά την ανταλλαγή των αερίων της αναπνοής, της τροφής και των αποβλήτων, μέσω της αύξησης ή της μείωσης της επιφάνειας της περιοχής. Η δράση της άντληση εξυπηρετεί επίσης έναν λιγότερο προφανή σκοπό, την παλλόμενη φωτισμό και σκίαση του οργανισμού. Σε πολλά εύκαμπτα είδη, η κυματοειδής κίνηση του νερού επιτυγχάνει αυτό το αποτέλεσμα, προστατεύοντας τον οργανισμό από τον υπερβολικό φωτισμό ή τη συνεχή σκιά και στις δυο πλευρές λόγω της κίνησης εμπρός και πίσω.

Η κυκλοφορία του νερού αποτελεί επίσης έναν παράγοντα της θρέψης των κοραλλιών. Ωστόσο, καμιά τρέχουσα ροή δεν είναι η ιδανική για όλα τα είδη. Για παράδειγμα οι Dai & Lin (1993) ανακάλυψαν ότι τρεις ταϊβανέζικες ασυμβιωτικές γοργόνειες (asymbiotic gorgonians), οι *Subergorgia suberosa*, *Acanthogorgia vegae* & *Melithea ochracea* τρέφονται μέσα από ένα ευρύ φάσμα ποσοστών/δεικτών ροής. Η ικανότητα να διατηρούνται οι πολύποδες ανοιχτοί σχετίζεται επίσης με την ταχύτητα ροής και το μέγεθος των πολύποδων. Η *Subergorgia suberosa* είχε τους μεγαλύτερους πολύποδες οι οποίοι παραμορφώθηκαν από τις χαμηλότερες ταχύτητες των ρευμάτων (>10 cm/s) παρεμποδίζοντας σημαντικά την αιχμαλώτιση των θηραμάτων.

Σε αντίθεση, η *Melithea ochracea* η οποία είχε τους κοντούς πολύποδες που παραμορφώνονται λιγότερο εύκολα σε υψηλές ταχύτητες ροής, μπορούσε να τραφεί σε υψηλότερες ταχύτητες ροής (40 cm/s). Η *Acanthogorgia vegae* είχε έναν μεσαίου μεγέθους πολύποδα και σε ροές μεγέθους 0-24 cm/s. Παρόλο που και τα τρία (είδη) τράφηκαν αποτελεσματικότερα σε ροές ταχύτητας 8 cm/s, η *S. Suberosa* είχε ένα μικρότερο φάσμα σίτισης (5-10 cm/s) ενώ η *M. Ochracea* είχε το ευρύτερο φάσμα (Dai & Lin, 1993). Αυτή η ποικιλία στην ικανότητα σίτισης σε διάφορες ροές ρευμάτων αποτελεί ένα καθοριστικό παράγοντα στην διαμόρφωση της διανομής στους υφάλους. Η *Melithea ochracea* είναι ευρύτατα διαδεδομένη στους νότιους ταϊβανέζικους υφάλους και απαντάται στα ανώτερα τμήματα των υφάλων όπου τα ρεύματα είναι ισχυρά. Η

*Acanthogorgia vegae* που μπορεί να τραφεί σε σχετικώς ισχυρά ρεύματα, συνήθως συναντάται στα ημι-εκτεθειμένα μέτωπα των υφάλων ή στις πλαϊνές πλευρές των λίθων (Dai & Lin, 1993). Συνεπώς, η ροή του νερού και η αλληλεπίδραση του με τους πολύποδες και τις αποικίες, εμφανώς επηρεάζει σε μεγάλο βαθμό το μοντέλο κατανομής των αποικιών, την ανάπτυξη της αποικίας, το μέγεθος και τη μορφολογία, και του ρυθμού ανταλλαγής αερίων (στο Fabricius et al., 1995).

Πρόσφατα δεδομένα καταδεικνύουν το ρόλο της κυκλοφορίας του νερού στην παρεμπόδιση της λεύκανσης των κοραλλιών. Μετά από το συμβάν της λεύκανσης των κοραλλιών στο Palau το 1998, αρκετοί παρατηρητές σημείωσαν ότι τα κοράλλια στις περιοχές με υψηλή ροή δεν φαίνονται να έχουν υποφέρει τόσο όσο εκείνα σε άλλες περιοχές. Όπως αναφέραμε προηγουμένως, τα κοράλλια περιβάλλονται από ένα οριακό στρώμα στάσιμου νερού. Όσο ισχυρότερη είναι η κυκλοφορία του νερού γύρω από το κοράλλι, τόσο λεπτότερο το στρώμα γίνεται.

Τέλος, η κυκλοφορία του νερού, έχει επίσης αποδειχθεί να επηρεάζει την ποσότητα των αμινοξέων σπορίων μυκήτων (MAAs) παρόντα στα *Porites compresso*. Αυτές είναι οι χημικές ουσίες υπεύθυνες για την παρεμπόδιση του υπεριώδους φωτός. Κατά την σύγκριση των επιπέδων MAAs στα κοράλλια σε περιοχές με υψηλή και χαμηλή κυκλοφορία νερού, αυτά από τις περιοχές με χαμηλή κυκλοφορία νερού είχαν τα χαμηλότερα επίπεδα MAAs, χαμηλότερο ρυθμό ασβεστοποίησης και φωτοσυνθετική παραγωγή χρωστικών ουσιών (Kuffner, 2002). Για άλλη μια φορά, ο ρόλος του οριακού στρώματος στην υποβοήθηση της διάχυσης των χημικών προδρόμων των MAAs σε διαφορετικά καθεστάτα ροής, μπορεί να είναι η αιτία.

## 5.2. Η κυκλοφορία του νερού και η τοποθέτηση των κοραλλιών

Σε ότι αφορά στη διατήρηση των οργανισμών των υφάλων πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η περιοχή από την οποία συλλεχθήκαν, δεδομένου ότι αυτό καθορίζει τις μορφές της κίνησης του νερού στις οποίες έχουν προσαρμοστεί. Το σχήμα του οργανισμού είναι συχνά ένα στοιχείο, αλλά όχι πάντα, και ευτυχώς τα περισσότερα πλάσματα των υφάλων έχουν την ικανότητα να τροποποιούν τον προσανατολισμό τους καθώς αναπτύσσονται. Ωστόσο, τμήματα μια αποικίας μπορεί να πεθάνουν ενώ άλλα αναπτύσσονται δίνοντάς της νέα μορφή.

Πολλοί οργανισμοί προσαρμόζονται σε ζώνες όπου η ταχύτητα του νερού είναι τις περισσότερες φορές πολύ αργή, και διαστέλλονται κατά την διάρκεια αυτών των περιόδων ηρεμίας, και συστέλλονται σε θυελλώδεις ή πιο ταραχώδεις περιόδους. Αυτοί περιλαμβάνουν τα μανιτάρια ανεμώνες και κάποια σκληρά κοράλλια, όπως τα *Cynarina lacrymalis*, *Nemanzophyllia turbida* και *Plerogyra sinuosa*. Η μεγάλη πλειοψηφία των οργανισμών των υφάλων προτιμούν μια καλή ταραχώδη ροή ή κύμα, ειδικά τα μαλακά κοράλλια όπως οι γοργόνειες, τα κοράλλια *Athelia* και *Xenia*, και τα διακλαδωμένα και πετρώδη κοράλλια όπως τα *Acropora*, που οικοδομούν τα επιστρώματα των υφάλων.

Επειδή είναι οργανισμοί χωρίς μίσχο, τα κοράλλια, τα σφουγγάρια και άλλα ασπόνδυλα προσανατολίζουν την ανάπτυξη τους προς τη ροή του νερού, έτσι ώστε η τελική τους μορφή να είναι ένα προϊόν της ροής που παρατηρείται στον ύφαλο, πέρα από τον προσανατολισμό τους προς ή μακριά από το φως. Όσον αφορά τον φωτισμό, εάν μπορείτε να μεταβάλλετε την ενέργεια, παρέχοντας την με τρόπο που πάλλεται, τόσο το καλύτερο, γιατί αυτό συμβαίνει στο φυσικό περιβάλλον.

### 5.3. Επιλογές για ενυδρεία

Η δημιουργία μιας καλής κυκλοφορίας του νερού σ' ένα ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας είναι μια πολύπλοκη διαδικασία. Στην πραγματικότητα, είναι μια σχετικά απλή διαδικασία η οποία μπορεί να επιτευχθεί με διάφορα τεχνητά μέσα όπως οι ειδικές αντλίες που αναλύονται στη συνέχεια.

#### 5.3.1. Κύρια αντλία

Η κύρια αντλία σε ένα σύστημα με εξωτερικό σύστημα αποστράγγισης αναφέρεται σε αυτήν που επιστρέφει το νερό από το φίλτρο στην δεξαμενή. Εάν κάποιος χρησιμοποιεί μια ισχυρή αντλία ή περισσότερες από μία αντλίες για το σκοπό αυτό, η ανάγκη για συμπληρωματικές αντλίες ή άλλα μέσα κίνησης του νερού είναι μειωμένη. Δεν είναι απαραίτητο να υπάρξουν επιπρόσθετες αντλίες αλλά η ποικιλομορφία της ροής είναι ευκολότερο να επιτευχθεί όταν χρησιμοποιούνται βοηθητικές αντλίες και συσκευές. Πολλές από τις συσκευές που περιγράφονται σε αυτό το κεφάλαιο για την παραγωγή ταλαντευόμενων ρευμάτων (π.χ. περιστρεφόμενα στόμια εκροής, μηχανοκίνητες σφαιρικές βαλβίδες) ή την αύξηση της ροής (π.χ. αντλίες υποπίεσης) μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν στην έξοδο/εξόδους της κύριας αντλίας.

### 5.3.2. Βοηθητικές αντλίες και άλλες συσκευές ενίσχυσης ροής

Διαφορετικοί τύποι βοηθητικών αντλιών μπορούν να χρησιμοποιηθούν για επιπρόσθετη κυκλοφορία ή για διακύμανση της ροής μέσα στο ενυδρείο. Σε αυτές περιλαμβάνονται εξωτερικές, αποκλειστικά για την επανακυκλοφορία- αντλίες, αντλίες κυκλοφορητές και αντλίες με φτερωτή (prop pumps). Αυτές οι συσκευές μπορούν να χρησιμοποιηθούν από κοινού με αντλίες εκτόξευσης υποπίεσης (eductors), με συσκευές εναλλαγής κυμάτων (wavemaker switching devices), με συσκευές εναλλαγής με χρονόμετρα παλμού (pulse timer switching devices) ή με απλά χρονόμετρα για να δημιουργήσουν ποικιλία σχεδίων ροής και κίνησης νερού.

### 5.3.3. Αντλίες μεταβλητής ταχύτητας

Είτε χρησιμοποιηθεί ένα κεντρικό σύστημα αντλιών ή αντλίες αποκλειστικά για την επανακυκλοφορία (του νερού), μια αντλία μεταβλητής ταχύτητας μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη δημιουργία παλλόμενων ρευμάτων και για την αναπαράσταση παλιρροιακών κυμάτων σε μεγάλες επιδείξεις. Αυτές οι αντλίες έχουν κινητήρες σχεδιασμένες να λαμβάνουν μεταβλητά ηλεκτρικά σήματα και χρησιμοποιούνται ροοστάτες για να ελέγξουν τη λειτουργία τους. Υπάρχουν μόνο λίγες αντλίες που έχουν σχεδιαστεί με αυτόν τον τρόπο σε μέγεθος κατάλληλο για ερασιτεχνισμό, αλλά είναι ευχερώς διαθέσιμες σε μεγαλύτερα μεγέθη (5+ HP) και συνήθως χρησιμοποιούνται στις εγκαταστάσεις δημοσίων ενυδρείων.

### 5.3.4. Κυκλοφορητές (powerheads)

Η χρήση μικρών αντλιών κυκλοφορίας νερού δηλαδή των powerheads βοηθά στην ενίσχυση της κυκλοφορίας στα ενυδρεία, πέρα από την κυκλοφορία που παρέχεται από την κύρια αντλία κυκλοφορίας. Έχοντας περισσότερες από μία αντλίες κυκλοφορίας νερού, είναι επίσης ένα είδος πλεονασμού που αποτρέπει την καταστροφή εάν κάποια από τις αντλίες πάθει βλάβη. Υπάρχουν πολλά είδη powerheads διαθέσιμα. Η πιο χαρακτηριστική είναι μια υποβρύχια φυγοκεντρική αντλία, που έχει τη σπείρα της βαθειά σφηνωμένη σε μια εποξειδική ρητίνη, η οποία κινεί έναν κυλινδρικό μαγνήτη συνδεδεμένο με το στροφείο. Οι περισσότεροι τύποι αυτού του σχεδίου είναι φτηνοί. Τα μειονεκτήματα αυτού του σχεδίου είναι ότι η σπείρα θερμαίνεται καθώς η αντλία λειτουργεί και η ψύξη της αντλίας επιτυγχάνεται με την επαφή της με το νερό. Έτσι, ένας

μεγάλος αριθμός αντλιών μπορεί να αυξήσει σημαντικά τη θερμοκρασία του νερού. Οι κυκλοφορητές έχουν επίσης διηθητήρες εισαγωγής, οι οποίοι μπορεί να ρουφήξουν και να βλάψουν ή να σκοτώσουν τα εύθραυστα ασπόνδυλα, όπως οι ανεμώνες, τα σαλιγκάρια, τα οπισθοβράγχια (μαλάκια), τα θαλάσσια αγγούρια και τους αστερίες. Εάν δεν καθαρίζονται συχνά μπορούν επίσης να παγιδεύσουν φύκη και άλλες ουσίες, με αποτέλεσμα τα στόμια εισαγωγής να μπλοκάρουν και η παραγωγή των αντλιών να μειωθεί.

Ένα σημαντικό πλεονέκτημα της χρήσης των κυκλοφορητών είναι η δυνατότητα να μεταβάλλουν την κατεύθυνση της ροής ή να δημιουργούν παλλόμενα κύματα με χρονόμετρα ή με συσκευές διακοπών. Με τα απλά χρονόμετρα οικιακής χρήσης, κάποιος μπορεί να ανοίγει ή να κλείνει τους κυκλοφορητές σε καθορισμένα διαστήματα, προσαρμόζοντας τη μεταβολή της ροής του νερού και της κατεύθυνσης που σχετίζεται με τις αλλαγές της παλίρροιας.

#### 5.3.5. Συσκευές δημιουργίας κυμάτων (wavemakers), περιστρεφόμενων αποδόσεων (rotating returns) και εναλλαγής ρεύματος (current switchers)

Διάφορα συστήματα έχουν επινοηθεί για να επηρεάζουν τη ροή του νερού όπως ένα παλμικό κύμα, χαρακτηριστικό του περιβάλλοντος με ρηχούς υφάλους. Παρουσιάζουμε εδώ μια περιγραφή μερικών συστημάτων που έχουν περιγραφτεί στη βιβλιογραφία ενυδρείων και χρησιμοποιούνται από τους ενυδρειολόγους.

Διάφοροι τύποι συσκευών δημιουργίας κυμάτων βασίζονται σε συσκευές εναλλαγής που μπορούν να χειριστούν αρκετές αντλίες ή κυκλοφορητές διαδοχικά ή τυχαία. Συνδέοντας τις αντλίες/κυκλοφορητές στο δημιουργό κύματος, μπορούν να λειτουργήσουν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους δημιουργώντας παλιρροϊκά κύματα, εναλλασσόμενα κύματα ή τυχαία χαστικά κύματα μέσα στο ενυδρείο.

Μερικές μορφές είναι απλές λωρίδες ισχύος που περιέχουν ηλεκτρικές εξόδους ελεγχόμενες από χρονόμετρα, στις οποίες συνδέονται οι αντλίες/κυκλοφορητές. Άλλα σχέδια είναι αυτοματοποιημένα και μπορούν να προγραμματιστούν να λειτουργούν έναν αριθμό από αντλίες/powerheads με ποικίλους διαφορετικούς τρόπους. Οι συσκευές δημιουργίας κυμάτων μπορεί να είναι αυτόνομες μονάδες ή μπορεί ν' αποτελούν μέρος ενός πιο υπερσύγχρονου μόνιτορ που ελέγχει τα φώτα, τα συστήματα χορήγησης δόσεων και παρακολουθούν τις ποιοτικές παραμέτρους του νερού.

#### 5.4. Βασικά ποιοτικά χαρακτηριστικά νερού

Η επιβίωση, η αύξηση και εν γένει διαβίωση των οργανισμών του ενυδρείου υφάλου είναι το αποτέλεσμα της άριστης λειτουργίας του και εξαρτάται από τα ποιοτικά χαρακτηριστικά του νερού (Calfo & Fenner, 2003; Delbeek & Sprung, 2005; Calfo, 2007).

Οι βασικοί παράμετροι που πρέπει να ελέγχονται ανά τακτά χρονικά διαστήματα είναι: το pH, η αλατότητα (ppt), η αμμωνία ( $\text{NH}_3$ ), τα νιτρώδη ιόντα ( $\text{NO}_2^-$ ), τα νιτρικά ιόντα ( $\text{NO}_3^-$ ), το ασβέστιο (Ca), το μαγνήσιο (Mg), το Ιώδιο (I), το στρόντιο (Sr), τα φωσφορικά ιόντα ( $\text{PO}_4^-$ ), η αλκαλικότητα (KH) και η θερμοκρασία ( $^{\circ}\text{C}$ ), (Spotte, 1992).

Στα ενυδρεία, η ποιότητα του νερού μεταβάλλεται συνέχεια, με αποτέλεσμα πολλές φορές να υπάρχουν στοιχεία σε αυξημένες συγκεντρώσεις με αποτέλεσμα να γίνονται τοξικά για τους ζώντες οργανισμούς που φιλοξενούνται στο ενυδρείο (Spotte, 1992). Ειδικά στα νέα ενυδρεία έως ότου επέλθει ισορροπία στο σύστημα και αρχίσει να λειτουργεί ικανοποιητικά, απαιτείται προσεκτική διαχείριση (συχνές αλλαγές νερού, ρύθμιση φωτισμού, ημερήσιες μετρήσεις κ.λ.π.), (Calfo & Fenner, 2003; Βλάχος, 2004 & 2010).

Το ενυδρείο χαρακτηρίζεται ρυθμισμένο, όταν λειτουργεί ικανοποιητικά, δηλαδή, όταν συγκέντρωση της ολικής αμμωνίας (T.A.N:  $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$ ) και των νιτρωδών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ) ελαχιστοποιείται, δηλαδή τείνει στο μηδέν ή αποκτά μηδενική τιμή, ενώ η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) αρχίζει να αυξάνεται (10 ppm), (Spotte, 1992). Δηλαδή, με τη ρύθμιση του βιολογικού φίλτρου επέρχεται ισορροπία στο σύστημα με αποτέλεσμα να διασφαλίζεται η άριστη λειτουργία του ενυδρείου και η διαβίωση των οργανισμών (Spotte, 1992; Vlahos et al., 2004).

Μελέτες, στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας όπου εκτρέφονται σκληρά κοράλλια δείχνουν ότι όταν οι τιμές των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) κυμαίνονται από 0,5 έως 1ppm τότε επιβαρύνεται η ανάπτυξη τους ακόμη και κατά 50%, συγκεντρώσεις μεγαλύτερες από 40 ppm είναι τοξικές για τα κοράλλια (Calfo, 2001). Συγκεντρώσεις στα φωσφορικά ιόντα της τάξης των 2 ppm έχει ως αποτέλεσμα την απώλεια του χρώματος των μαλακών κοραλλιών και αύξηση των μικροφυκών στο ενυδρείο (Calfo, 2007).



Ο Πίνακας 2 παρουσιάζει το εύρος τιμών της ποιότητας νερού για τα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας (Atkinson et al.,1995).

**Πίνακας 2.** Εύρος τιμών για τα μεσογειακά ενυδρεία θαλασσινού νερού και ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας

Παράμετροι	Ενυδρείο νανο υφάλου	Μεσογειακά ενυδρεία	Ενυδρείο Με κοράλλια
<b>Πυκνότητα</b>	1.023 - 1.025	1.020 - 1.025	1.025
<b>Θερμοκρασία</b>	72 - 78°F	72 - 78°F	82°F
<b>pH</b>	8.1 - 8.4	8.1 - 8.4	8.0 - 8.5
<b>Αλκαλικότητα</b>	8 - 12 dKH	8 - 12 dKH	6 - 8 dKH
<b>Αμμωνία (NH<sub>3</sub>)</b>	Μη ανιχνεύσιμη	Μη ανιχνεύσιμη	Μηδέν
<b>Νιτρώδη (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>)</b>	Μη ανιχνεύσιμη	Μη ανιχνεύσιμη	Μηδέν
<b>Νιτρικά (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)</b>	< 1.0 ppm	< 30 ppm	0.25 ppm
<b>Φωσφορικά (PO<sub>4</sub>)</b>	< 0.2 ppm	< 1.0 ppm	0.13 ppm
<b>Ασβέστιο</b>	350 - 450 ppm	350 - 450 ppm	380 - 420 ppm
<b>Μαγνήσιο</b>	1250 - 1350 ppm	1150 - 1350 ppm	1300 ppm
<b>Ιώδιο</b>	0.06 - 0.10 ppm	0.04 - 0.10 ppm	0.06 ppm
<b>Στρόντιο</b>	8 - 14 ppm	4 - 10 ppm	8 - 10 ppm

#### 5.4.1. Ανάλυση βασικών παραμέτρων νερού-επιθυμητά επίπεδα

Οι βασικοί παράμετροι του νερού που θα πρέπει ανά τακτά χρονικά διαστήματα να μετρώνται είναι:

**pH:** Επιθυμητά επίπεδα: 7,8 - 8,4. Η αύξηση επιτυγχάνεται με ειδικά ρυθμιστικά διαλύματα και καλύτερη οξυγόνωση του νερού.

**Αμμωνία (NH<sub>3</sub>) και νιτρώδη ιόντα (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>):** Κυμαίνονται σε μηδενικές τιμές (0mg/L), διαφορετικά κινδυνεύουν τα ζώα στα ενυδρεία. Μειώνονται καθώς ωριμάζει το ενυδρείο, με τη χρησιμοποίηση: θεραπευμένου ζωντανού βράχου, βιολογικών φίλτρων και skimmer.

**Νιτρικά ιόντα (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>):** Κυμαίνονται σε μηδενικές τιμές για τα ενυδρεία υφάλου. Τα ψάρια έχουν μια σχετική ανοχή στα αυξημένα νιτρικά (>20 ppm) πράγμα που δεν έχουν πολλά κοράλλια και ασπόνδυλα. Για τη μείωση των νιτρικών βοηθάει η χρήση skimmer, διαφόρων οργανισμών που καταναλώνουν οργανικά υπολείμματα, τακτικές

αλλαγές νερού και καθαρισμός των βράχων και του υποστρώματος, ή ακόμα και ειδική συσκευή απονιτροποίησης.

**Specific Gravity:** Κυμαίνεται από 1024-1026 για τα ενυδρεία υφάλου. Θα πρέπει να αποφευχθούν οι απότομες διακυμάνσεις.

**Αλκαλικότητα:** Μετριέται σε meq/l ή dKH. Αποδεκτές τιμές 2.5-3.5 meq/l ή 8-12 dKH για τα ενυδρεία υφάλου. Η αλκαλικότητα αυξάνεται με τη χρήση ειδικών ρυθμιστικών διαλυμάτων ή με χρήση αντιδραστήρα παραγωγής ασβεστίου.

**Φωσφορικά ( $PO_4$ ):** Η τιμή τους πρέπει να είναι μηδενική, ή μη ανιχνεύσιμη. Σε αντίθετη περίπτωση έχουμε υπέρβαση ανάπτυξη μικροφυκών και στασιμότητα στην ανάπτυξη των κοραλλιών. Για τη μείωση τους χρησιμοποιείται νερό αντίστροφης όσμωσης και αντιφώσφορο.

**Ασβέστιο (Ca):** Απαραίτητο για την ανάπτυξη των μαλακών κοραλλιών και γενικά οργανισμών με κέλυφος. Οι τιμές που είναι αποδεκτές για τα ενυδρεία υφάλου κυμαίνονται από 380 έως 450 ppm. Αυξάνεται με χρήση ειδικών πρόσθετων ουσιών ή αντιδραστήρα που να παράγει ασβέστιο.

**Μαγνήσιο (Mg):** Βοηθάει στην αύξηση και διατήρηση του ασβεστίου σε υψηλά επίπεδα. Αποδεκτή τιμή 1200-1300 ppm. Υπάρχουν ειδικά πρόσθετα τόσο σε μορφή υγρών ή σκόνης, όσο και ως υλικό που διαλύεται στον αντιδραστήρα παραγωγής ασβεστίου.

**Στρόντιο (Sr):** Βασικό συστατικό για την ανάπτυξη των σκληρών κοραλλιών. Προστίθεται σε υγρή μορφή ή σε σκόνη. Προσοχή, γιατί η υπερδοσολογία μπορεί να έχει αρνητικά αποτελέσματα.

**Ιώδιο (I):** Βοηθάει στην υγεία των κοραλλιών και ασπόνδυλων και την ενίσχυση του ανοσοποιητικού συστήματος. Απαιτείται προσοχή στην υπερδοσολογία.

**Redox:** Το Redox είναι ο δείκτης της Οξειδωτικής αποτελεσματικότητας του ενυδρείου. Μας δείχνει πόσο «βρώμικο» ή «καθαρό» είναι το νερό, ανάλογα με την τιμή, επηρεάζει και δείχνει πολλά άλλα πράγματα στο ενυδρείο, όπως την ποσότητα των παθογόνων οργανισμών. Όσο πιο υψηλό είναι, τόσο λιγότερους παθογόνους οργανισμούς έχουμε στο ενυδρείο. Ιδιαίτερα υψηλή τιμή Redox (> 450 ppm) όμως δεν σημαίνει απαραίτητα πως όλα λειτουργούν ικανοποιητικά, αλλά μπορεί να αποβεί άκρως επικίνδυνο για τα ζώα του ενυδρείου. Το Redox, παρόλα αυτά, είναι η δεύτερη καλύτερη εικόνα που μπορούμε να έχουμε πρόχειρη για το ενυδρείο. Ο καλύτερος

τρόπος αύξησης του Redox είναι η σωστή λειτουργία και διαχείριση του ενυδρείου και η παρουσία όζοντος, σε συνδυασμό με το όργανο μέτρησης Redox (Πιν.3).

**Πίνακας 3:** Ενδεικτικές τιμές Redox (Πηγή: Spotte, 1992).

<b>Χαρακτηρισμός νερού</b>	<b>Συγκέντρωση (ppm)</b>
Πολύ βρώμικο νερό	100-150
Βρώμικο νερό	150-200
Μετρίως βρώμικο νερό	200-250
Νερό Θαλασσινό καινούργιο	250
Μέτριο νερό	250-300
Καλό νερό	300-350
Αρκετά καθαρό νερό	350-400
Πολύ καθαρό νερό	400 <sup>+</sup>

## Κεφάλαιο 6

### Διατροφή κοραλλιών

Υπάρχει μια φαινομενικά ποικιλία κοραλλιών, με μία εξ' ίσου περίπλοκη σειρά σχημάτων και μεγεθών του πολύποδα η οποία σχετίζεται με το είδος της τροφής που καταναλώνουν (Atkinson et al., 1995). Επιλεγμένα κοράλλια, παρουσιάζουν περιορισμένες απαιτήσεις σε ότι αφορά το μέγεθος της τροφής ανάλογα με το μέγεθος και τη δομή του πολύποδα τους, ενώ άλλα μπορεί να τρέφονται με μεγαλύτερη ποικιλία τροφών (Antony et al. 2000 ; Antony and Hoegh-Gulberg, 2003).

Τα κοράλλια παρουσιάζουν διακυμάνσεις ως προς τις τροφικές τους συνήθειες παρουσιάζοντας μεγάλο εύρος τροφοληπτικής ικανότητας. Συνεπώς υπάρχουν κοράλλια που τρέφονται με μεγάλες, σαρκώδεις τροφές (π.χ. *Catalaphyllia*, *Euphyllia*, *Trachyphyllia*, *Fungia*), ή με μικροσκοπικούς ζωοπλακτονικούς οργανισμούς (π.χ. *Acropora*, *Seriatopora*) ή φυτοπλακτονικούς οργανισμούς (π.χ. *Dendronephthya*) (Kleypas et al., 1999 ; Hoff, 1996).

Επίσης, τα μεγάλα κοράλλια με πολύποδες όπως *Plerogyra*, *Trachyphyllia*, *Caulastrea*, *Blastomussa* και *Cynarina* τρέφονται με ξηρές τροφές (νιφάδες, σύμπηκτα) ή νωπές τροφές ( τεμαχισμένα ψάρια, γαρίδες και σκουλήκια). Η τροφή στις περιπτώσεις αυτές χορηγείται όταν οι πολύποδες βρίσκονται σε προεκβολή και όταν τα ψάρια ηρεμούν παρουσιάζοντας μικρή κολυμβητική ικανότητα (Hoff, 1996 ; Atkinson et al., 2001; Ford, 2002).

Τα μικρά κοράλλια με πολύποδες όπως *Seriatopora*, *Acropora* και *Pocillopora* τρέφονται με ζωοπλακτόν (κωπήποδα, τροχόζωα, βλεφαριδοφόρα) ή αλεσμένες τροφές. Οι τροφές του τύπου αυτού χορηγούνται μέρα ή νύχτα, ενώ προστίθενται στη στήλη του νερού είτε με το χέρι, είτε με δοσομετρικές αντλίες (Atkinson et al., 2001 ; Calfo, 2001).

Τα κοράλλια στα ενυδρεία υφάλου είναι ετερότροφοι συμβιωτικοί οργανισμοί που τρέφονται ενεργά με διάφορα είδη τροφών (Atkinson et al., 1995 ; Delbeek and Sprung, 1999). Αποτελούνται από συμβιωτικούς οργανισμούς, από συμβιωτικά δινωμαστιγωτά, τις ζωοξανθέλες, (zooxanthellae) (συμβιωτικοί / φωτοσυνθετικοί) που ζουν στους ιστούς τους, συνθέτοντας οργανική τροφή η οποία χρησιμοποιείται από τα κοράλλια (Epstein et al., 2001). Οι οργανισμοί αυτοί που χρησιμοποιούν και τις δυο

πηγές διατροφής χαρακτηρίζονται ως σαπροφυτικοί. Η μελέτη των λειτουργιών των κοραλλιών έδειξε ότι, πολλά συμβιωτικά κοράλλια επιβιώνουν και αναπτύσσονται στα ενυδρεία όταν τους παρέχεται επαρκής φωτισμός και ανόργανα θρεπτικά άλατα, χωρίς οι διατροφικές τους συνήθειες να στηρίζονται κυρίως στην λήψη εξωτερικής τροφής. (Franziskeit, 1974 ; Atkinson et al., 1995). Πολλά είδη κοραλλιών μπορούν να επιβιώσουν χωρίς φως υπό την προϋπόθεση να τους παρέχονται επαρκείς ποσότητες ζωοπλαγκτονικών οργανισμών (Ferrier-Pagès et al, 2003). Εξαιρεση στον προηγούμενο κανόνα παρουσιάζει το είδος *Pocillopora damicorni*, όπου οι ζωοξανθέλλες ως φωτοσυνθετικά προϊόντα φαίνεται να αποτελούν την πιο σημαντική πηγή τροφής (Clayton and Lasker, 1982).

Η συσσώρευση θρεπτικών ουσιών στα ενυδρεία, παρουσιάζει πλεονεκτήματα όταν τρέφονται με φωτοσυνθετικούς οργανισμούς, με αποτέλεσμα να παρατηρείται, αύξηση στην παραγόμενη ποσότητα ασβεστίου η οποία κυμαίνεται από 55 έως 75% σε σύγκριση με τα υπόλοιπα είδη κοραλλιών στα οποία δεν χορηγείται καθόλου τροφή (Witting, 1999 ; Fanny et al., 2002; Ferrier-Pagès et al., 2003). Η παρεχόμενη ποσότητα τροφής δεν εξαρτάται από την διαδικασία αύξησης της έντασης του φωτός, προκειμένου να αυξηθεί η φωτοσυνθετική διαδικασία των κοραλλιών και να παραχθεί ασβέστιο.

## Κεφάλαιο 7

### Είδη κοραλλιών

Τα είδη των κοραλλιών που μπορούν να αναπτυχθούν σε ένα ενυδρείο τα μαλακά και σκληρά κοράλλια τα βασικά χαρακτηριστικά τους παρουσιάζονται στη συνέχεια.

#### 1. *Plerogyra sinuosa*

Το πράσινο ή άσπρο κοράλλι *Plerogyra sinuosa* έχει βολβοειδή πλοκάμια για το φως του ήλιου, και διακλαδώνεται σε μικρότερα πλοκάμια που χρησιμεύουν στη διατροφή του. Είναι από τα κοράλλια που ζουν σε αποικία (Σχ. 11).



**Σχήμα 11:** *Plerogyra sinuosa* (Πηγή:www.aquazone.gr)

#### 2. *Catalapyllia jardinei*

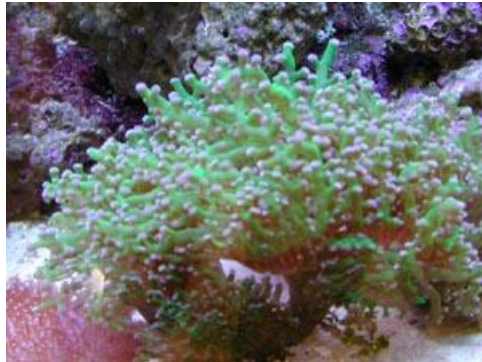
Το είδος *Catalapyllia jardinei* συγκαταλέγεται ανάμεσα στα είδη με μικροσκοπικούς πολύποδες. Απαντάται σε μαλακά υποστρώματα ή σε λασπώδη περιοχές. Είναι ένα κοράλλι σχετικά δύσκολο στην εκτροφή του στα ενυδρεία υφάλου μικρής κλίμακας (Σχ.12).



**Σχήμα 11:** *Catalapyllia jardinei* (Πηγή:www.aquazone.gr)

### 3. *Euphyllia divisa*

Το *Euphyllia divisa* έχει επιμήκεις πολύποδες οι οποίοι διακλαδίζονται στην άκρη τους.



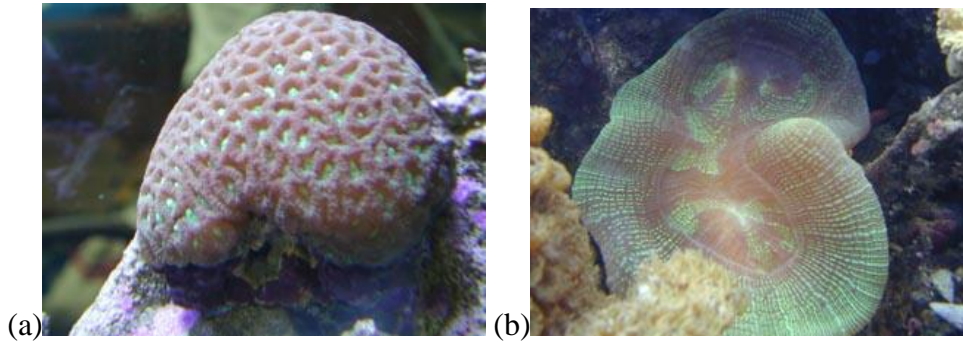
**Σχήμα 12:** *Euphyllia divisa* (Πηγή:www.aquazone.gr)

### 4. *Favia spp*

Τα *Favia spp* ομοιάζουν με εγκέφαλο, είναι μεμονωμένοι πολύποδες που διαμορφώνουν τις αποικίες. Αποτελείται από ένα κεντρικό στόμιο που περιβάλλεται από ένα σαρκώδες δαχτυλίδι. Κατά τη διάρκεια της τροφοληψίας τα πολυάριθμα πλοκάμια εμφανίζονται γύρω από το κεντρικό στόμιο (Σχ.13 & Σχ.14a). Το είδος *Trachyphyllia Geoffrey*, (Σχ. 14 b) είναι ένα ανοικτό σαρκώδες πολύποδας, με τον σκελετό του να έχει σχήμα κώνου. Το είδος αυτό αναπτύσσεται στα κατώτερα στρώματα με περισσότερο υπόστρωμα (άμμο).



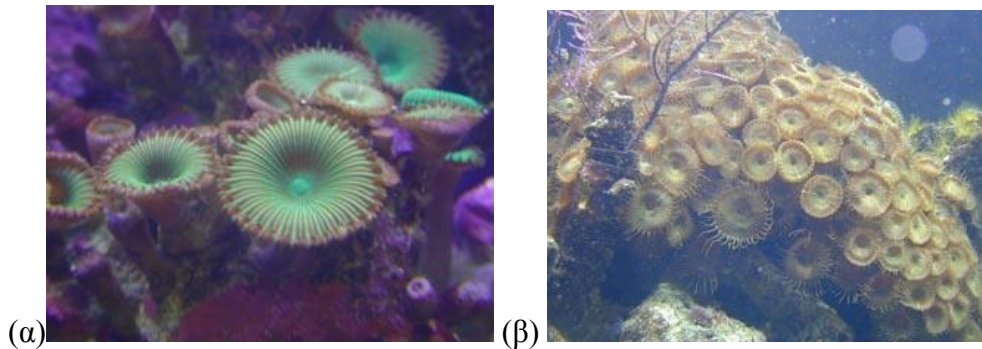
**Σχήμα 13:** *Favia spp* (Πηγή:www.aquazone.gr)



**Σχήμα 14:** (a)Κλειστό (b) ανοικτό (*Favia spp*) (Πηγή:www.aquazone.gr)

### 5. Πολύποδες σε αποικία

Πολλοί πολύποδες μπορούν να δημιουργήσουν αποικίες. Είναι από τα συνήθη κοράλλια στο ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας με ζωηρούς χρωματισμούς στους δίσκους τους. Το χρώμα τους ποικίλει, από πράσινο, κόκκινο, μπλε σε κίτρινο. Γενικά προτιμούν ήρεμα περιβάλλοντα (χωρίς αυξημένη ροή το νερό). Τρέφονται με υπολείμματα φυκών. Ο Πράσινος πολύποδας, *Zooanthus pulchellus*, επιμηκυμένος έχει την ικανότητα να ακτινοβολεί από την εξωτερική άκρη των δίσκων (Σχ.15 α). Ο καφετή πολύποδας *Zooanthus sociatus* φέρει μικρούς πολύποδες (Σχ. 15 β).



**Σχήμα 15:** (a)πράσινος πολύποδας (b) καφετή πολύποδας(Πηγή:www.aquazone.gr)

### 6. Μανιτάρια

Τα μανιτάρια (*Rhodactis spp*) αποτελούνται από μεγάλο δίσκο με πολλές μικρές διακλαδώσεις (Σχ.16).





**Σχήμα 16:** Μανιτάρια *Rhodactis spp* (Πηγή:www.aquazone.gr)

## 7. Μαλακά κοράλλια

Τα μαλακά κοράλλια (Σχ.17) είναι κοράλλια που είναι μαλακά ή δερματοειδή. Δεν φέρουν "σκληρό" σκελετό ασβεστίου αλλά χρησιμοποιούν μικρά ποσά ασβεστίου, προκειμένου να τα χρησιμοποιήσουν για ακαμψία. Ποικίλλουν στο μέγεθος, ενώ απαιτούν υψηλή ροή νερού. Τα μαλακά κοράλλια (κοράλλια *Cladiella spp* και *Nephthea spp*) είναι πολύ ευαίσθητα, ενώ για να προστατευτούν παράγουν μια βλεννώδη ουσία, η οποία τα προστατεύει από βακτήρια ή πρωτόζωα καθώς και μολύνσεις που μπορούν να προκαλέσουν νέκρωση στον ιστό του κοραλλιού. Οι απαιτήσεις σε φωτισμό ποικίλλουν από απλούς λαμπτήρες φθορισμού έως και λαμπτήρες αλογόνου (metal halide).



**Σχήμα 17:** Μαλακό κοράλλι *Sarcophyton spp* (Πηγή:www.aquazone.gr)

Ο κεντρικός μίσχος *Sarcophyton spp* υποστηρίζει ένα δίσκο ο οποίος καλύπτεται από μικρούς πολύποδες. Οι πολύποδες ποικίλλουν στο μέγεθος, το μήκος, και το χρώμα (Σχ.18).



**Σχήμα 18:** Μαλακό κοράλλι *Sarcophyton spp* (Πηγή:[www.aquazone.gr](http://www.aquazone.gr))

## Κεφάλαιο 8

### Συντήρηση ενυδρείου υφάλου μικρής κλίμακας

Η συντήρηση ενός ενυδρείου υφάλου μικρής κλίμακας περιλαμβάνει μια σειρά από ενέργειες και δράσεις οι οποίες περιγράφονται αναλυτικά παρακάτω και θα πρέπει να γίνονται στο ενυδρείο σε ημερήσια βάση.

#### 8.1 Υπολείμματα αλατιού στο ενυδρείο

Με την κυκλοφορία του νερού συσσωρεύεται αλάτι στο ενυδρείο (εξωτερικά), το οποίο θα πρέπει να απομακρύνεται εγκαίρως από το ενυδρείο για να μην δημιουργεί προβλήματα στον εξοπλισμό αλλά και στην αύξηση της αλατότητας. Η απομάκρυνση του αλατιού πραγματοποιείται με υγρό ή στεγνό καθάρισμα, με την απομάκρυνση των κρυσταλοποιημένων κόκκων αλατιού (Delbeek & Sprung, 2005). Επίσης μπορεί να χρησιμοποιηθεί ένα υγρό σφουγγάρι προκειμένου να καθαριστούν οι επιφάνειες, υπό την προϋπόθεση ότι απαιτείται προσοχή ώστε να μην ξαναπέσει στο ενυδρείο.

#### 8.2 Καθαρισμός των τζαμιών από τα φύκη

Από τη λειτουργία του ενυδρείου (επίπεδα φωτισμού, κυκλοφορία νερού, ανανέωση νερού) αυξάνονται τα ποσοστά των θρεπτικών αλάτων στο νερό (φωσφορικό άλας, αζωτούχα παράγωγα, οργανικές ουσίες), με αποτέλεσμα να αυξάνονται τα επίπεδα διαφορετικών ειδών άλγης αρχικά στα τοιχώματα του ενυδρείου και στη συνέχεια στο βράχο και στην άμμο (Hoff, 1996). Η αλκαλικότητα και η συγκέντρωση του ασβεστίου επιδρούν στην εκδήλωση του φαινομένου ανάπτυξης της άλγης (Wilkinson, 1998).

Η γρήγορη επικάλυψη των εμφανών τοιχωμάτων του ενυδρείου από λεπτά στρώματα άλγης ανοιχτού πράσινου ή καφέ χρώματος αποτελεί σημείο ότι στο ενυδρείο παρατηρείται (Delbeek and Sprung, 2005):

α) αύξηση της περιεκτικότητας σε θρεπτικές ουσίες οφείλονται αφενός μεν στην αύξηση των φωσφορικών ιόντων και αφετέρου, στο λεπτό σε πάχος υπόστρωμα (άμμος, χαλίκι, βράχος, αραγωνίτης, κοράλλι), με αποτέλεσμα να περιορίζεται η ανάπτυξη των βακτηρίων, τα οποία ανταγωνίζονται με την άλγη και την αμμωνία.

β) διαταράσσεται η βιολογική του ισορροπία, οπότε τα βακτήρια δεν μπορούν να ανταπεξέλθουν στη μετατροπή της αμμωνίας.

Η αύξηση του πάχους του στρώματος της άμμου ή του χαλικιού καθώς και η λειτουργία του φίλτρου έχουν ως αποτέλεσμα την μείωση του βαθμού ανάπτυξης της άλγης (Anthony and Hoegh-Guldberg, 2003). Επίσης η εγκατάσταση ενός αντιδραστήρα υδροξειδίου του σιδήρου μπορεί να περιορίσει την ανάπτυξη της άλγης, σε περίπτωση που το πρόβλημα έγκειται στη συγκέντρωση των φωσφορικών αλάτων (Belwood et al., 2004). Επίσης όταν στο ενυδρείο υπάρχει έντονος φωτισμός τότε έχει ως αποτέλεσμα την αύξηση των θρεπτικών αλάτων και κατ' επέκταση αύξηση αλγών (Borneman and Lowrie, 2001). Η προσθήκη αλγοφάγων σαλιγκαριών *Astraea* ή *Trochus* spp. σε συγκέντρωση 1 ανά 8 lt στο ενυδρείο επηρεάζει τη διαδικασία καθαρισμού που απαιτείται για τα τζάμια των ενυδρείων (Calfo, 2001). Σε διάστημα δυο ημερών τα σαλιγκάρια καθαρίζουν την άλγη από τα τζάμια, απομακρύνοντας όλων των ειδών την άλγη και αποτρέπουν την ανάπτυξη κοραλλιογενούς άλγης και μικρών σκληρών πράσινων στιγμάτων (Carlson, 1987).

Ο καθαρισμός των επιφανειών μπορεί να γίνει με:

- διάφορους τύπους γαντιών που υπάρχουν στο εμπόριο υπάρχουν διάφοροι τύποι γαντιών και χρησιμοποιούνται ιδανικά για τον καθαρισμό τόσο των ακρυλικών όσο και των υάλινων επιφανειών. Η μέθοδος αυτή εξαρτάται από το βάθος του ενυδρείου, η οποία αντιπαρέρχεται με το να δεθούν τα γάντια σε μία δύσκαμπτη πλατφόρμα, αφού προηγουμένως έχει προσκολλήσει σε ένα κοντό κοντάρι για τα κατώτατα σημεία του ενυδρείου (Delbeek and Sprung, 2005).
- μάνητες καθαρισμού, η λειτουργία των οποίων στηρίζεται, σ' ένα σύστημα μαγνητών εκ των οποίων ο ένας βρίσκεται μέσα στο ενυδρείο και ο άλλος εξωτερικά (Delbeek and Sprung, 2005). Υπάρχουν διαθέσιμοι ισχυροί μαγνήτες για ενυδρεία με πάχος τζαμιού μεγαλύτερο των 10mm αλλά και μαγνήτες που επιπλέουν, όπως ο *Mag-Float®*, οι οποίοι εξαλείφουν το πρόβλημα της επανάκτησης του μαγνήτη που πέφτει από το τζάμι στον βυθό του ενυδρείου.
- μεταλλικές ξύστρες ή λεπίδες
- σφουγγάρια, τα οποία χρησιμοποιούνται για τον καθαρισμό των

φυκών από τα τζάμια του ενυδρείου. Το σφουγγάρι δεν πρέπει να περιέχει σαπούνι, άρωμα ή αντιβακτηριδιακές ουσίες. Επίσης, δεν θα πρέπει να έχει σκληρή ινώδη επιφάνεια, γιατί χαράζει το γυαλί.

### 8.3. Προσθήκη ιχνοστοιχείων

Για τη συντήρηση ενός ιδανικού περιβάλλοντος για την ανάπτυξη και αναπαραγωγή της θαλάσσιας ζωής που υπάρχει στο ενυδρείο, απαιτείται η προσθήκη διαφόρων ιχνοστοιχείων (Calfo, 2007). Πολλοί οργανισμοί χρησιμοποιούν συγκεκριμένα ιχνοστοιχεία για το σχηματισμό των ιστών και των σκελετών τους και για τις βιολογικές τους επεξεργασίες. Υπάρχουν διαφορετικές απόψεις για την προσθήκη των ιχνοστοιχείων. Ορισμένοι προσθέτουν συμπληρώματα (Calfo, 2007), άλλοι όχι, πιστεύοντας ότι η τροφοδοσία και η αλλαγή του νερού, μαζί με τη λειτουργία ενός αντιδραστήρα ασβεστίου δημιουργούν ένα αποτελεσματικό σχήμα διαχείρισης των ιχνοστοιχείων (Delbeek and Sprung, 2005) ; Calfo, 2007).

### 8.4. Αλλαγές νερού

Ο κύριος λόγος αλλαγής του νερού στα θαλασσινά ενυδρεία ήταν η μείωση της συσσώρευσης των νιτρικών αλάτων και των οργανικών ουσιών (Calfo, 2001). Οι φυσικές βιολογικές επεξεργασίες που συμβαίνουν στο οικοσύστημα του ενυδρείου υφάλου, με ζωντανό βράχο και υποστρώματα ζωντανής άμμου, αποτρέπουν τη συσσώρευση οργανικών υλικών (Calfo, 2001).

Στα ενυδρεία υφάλου, δεν ενδείκνυνται συχνές αλλαγές νερού (δηλ. καθημερινή ή εβδομαδιαία), αλλά μια φορά μηνιαίως και σε ποσοστά της τάξης 10% έως 25% του όγκου του ενυδρείου (Calfo, 2001). Απαραίτητη προϋπόθεση για την εύρυθμη λειτουργία του, είναι η προσθήκη φρέσκου θαλασσινού νερού λόγω της εξάτμισης που παρατηρείται, ενώ κρίνεται απαραίτητη η προσθήκη συμπληρωμάτων ασβεστίου και ιχνοστοιχείων (Calfo, 2001 ; Calado, 2006). Με την αλλαγή του νερού γίνεται παράλληλη απομάκρυνση των υπολειμμάτων που έχουν συσσωρευτεί ανάμεσα στους βράχους ή στο φίλτρο τύπου sump (Tulloch, 1997 ; Bartosch et al., 1999 ; Becker and Grutter, 2004).

Αλλαγές μεγάλου όγκου νερού λαμβάνουν χώρα σε έκτακτες περιπτώσεις, για

λόγους γενικής συντήρησης, ενδείκνυται μια αλλαγή νερού της τάξης του 10 με 25% με αποτέλεσμα να διαταράσσει σε λιγότερο βαθμό τη λειτουργία του ενυδρείου, ενώ υπάρχει περίπτωση να ελλοχεύει κίνδυνος ενόχλησης της λειτουργίας στους οργανισμούς (Calfo, 2001). Στην περίπτωση αυτή, θα πρέπει οι αλλαγές νερού να γίνονται σε μικρότερο βαθμό, προκειμένου οργανισμοί να λειτουργούν φυσιολογικά (Hoff, 1996).

#### 8.5. Καθαρισμός του φίλτρου διάσπασης οργανικών αποβλήτων (Protein skimmer)

Τα skimmer κατά τη λειτουργία τους παράγουν ένα πρασινωπό υγρό το οποίο θα πρέπει να καθαρίζεται καθημερινά ή τουλάχιστον κάθε δεκαπέντε ημέρες (Kurtz and Boruchonowitz, 2009). Σε ορισμένους τύπους υπάρχει ένα δοχείο (σωλήνας) ενσωματωμένο, το οποίο χρησιμοποιείται για την ολική απομάκρυνση του περιεχόμενου υγρού, ενώ μπορεί να συνδεθεί στην αποχέτευση (Hovanec, 2003).

Η συντήρηση του skimmer περιλαμβάνει, καθαρισμό στο εσωτερικό του δοχείου και της στήλης του, διότι αναπτύσσονται κατάλοιπα υδατανθράκων ή λιπιδίων με τη μορφή μεμβρανών. Για το υλικό που υπάρχει στο δοχείο συστήνεται ο καθαρισμός με χρησιμοποίηση μιας λεπτής βούρτσας με γλυκό νερό (Basiola, 2000). Η κυρίως στήλη του αντιδραστήρα θα πρέπει να καθαρίζεται κάθε έξι μήνες, προκειμένου να αυξηθεί η απόδοσή του. Πολλοί τύποι skimmer περιέχουν ενσωματωμένο μηχανισμό αντίστροφης πλύσης (Delbeek, 1990b).

#### 8.6. Συγκέντρωση άλγης στο φίλτρο φυκών (refugium)

Η χρησιμοποίηση των φυκών ως μέρη ενός φίλτρου που έχει σχεδιαστεί για τον καθαρισμό του νερού υπαγορεύει τη συχνή συλλογή τους, ώστε ν' απομακρύνονται από το ενυδρείο διάφορες ουσίες με αποτέλεσμα να δίδεται η δυνατότητα για ανάπτυξη μεγαλύτερων συγκεντρώσεων (Spring, 2005). Τα φίλτρα τύρφης απομακρύνονται περιοδικά από το ενυδρείο (μία φορά κάθε δύο εβδομάδες), ώστε να καθαρίζονται. Στα φίλτρα ανάπτυξης των φυκών (refugium) αναπτύσσονται συνήθως *Caulerpa* spp. ή *Chaetomorpha* (Delbeek & Sprung, 2005).

## Κεφάλαιο 9

### Συμπεράσματα

Η γνώση της φυσικής λειτουργίας των ενυδρείων, η μεθοδικότητα και ο σεβασμός προς τη φύση, οδηγούν στην κατανόηση της αρχιτεκτονικής και τεχνοτροπίας κατασκευής μέσα από το σχεδιασμό και τη λειτουργία ενός ενυδρείου υφάλου μικρής κλίμακας (νάνο), μεταφέροντας κάθε φορά την ιδιομορφία που παρουσιάζει το οικοσύστημα.

Το ενυδρείο είναι μια επένδυση, οπότε η λειτουργία του καθορίζεται από τον άριστο σχεδιασμό του ενυδρείου, ενώ με την κατάλληλη διαχείριση αποφεύγεται η δημιουργία προβλημάτων τα οποία διαταράσσουν την ισορροπία του συστήματος.

Ο σχεδιασμός, εξαρτάται από τα υλικά που επιλέγονται για να κατασκευαστεί το ενυδρείο, ενώ δεν περιορίζεται στο εσωτερικό του, αλλά περιλαμβάνει και το εξωτερικό μέρος του ενυδρείου ή τον ευρύτερο χώρο που πρόκειται να τοποθετηθεί το ενυδρείο. Ο σχεδιασμός του ενυδρείου στηρίζεται στην απλότητα χρησιμοποιώντας υλικά τα οποία μπορούν εύκολα να αναζητηθούν έτσι ώστε η συντήρηση να γίνεται χωρίς δυσκολίες. Ο φωτισμός, αποτελεί από τις βασικές παραμέτρους που θα πρέπει να λαμβάνεται υπόψη κατά τον σχεδιασμό του ενυδρείου μιας και επηρεάζει τη λειτουργικότητα του ενυδρείου και τη διαβίωση των οργανισμών.

Η ρύθμιση του ενυδρείου επιτυγχάνεται, όταν η συγκέντρωση της ολικής αμμωνίας (T.A.N:  $\text{NH}_3\text{-NH}_4^+$ ) και των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_2^-$ ) ελαχιστοποιείται, δηλαδή τείνει στο μηδέν ή αποκτά μηδενική τιμή, ενώ η συγκέντρωση των νιτρικών ιόντων ( $\text{NO}_3^-$ ) αυξάνεται κυμαίνεται στα 5ppm ή είναι μικρότερη από 5ppm. Με τη ρύθμιση του βιολογικού φίλτρου επέρχεται ισορροπία στο σύστημα με αποτέλεσμα να διασφαλίζεται η άριστη λειτουργία του ενυδρείου και η διαβίωση των οργανισμών.

Το ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας αποτελεί μια πολύ ενδιαφέρουσα κατηγορία διότι μέσα από την ενασχόλησή αναδεικνύεται η σημαντικότητα ύπαρξης και η δημιουργία του.

Απαιτείται προσοχή στη μεγάλη χρήση των χημικών σε συνδυασμό με τις μη τακτικές αλλαγές νερού διότι μπορεί να διαταραχθεί η ισορροπία του ενυδρείου. Δεν

θα πρέπει να γίνεται χρήση χημικών χωρίς να γνωρίζουμε τις παρενέργειές τους, για λόγους ασφαλείας και αποφυγής προβλημάτων.

Οι οργανισμοί που φιλοξενούνται στο ενυδρείο υφάλου μικρής κλίμακας, επιβιώνουν και συμβιώνουν σε συνθήκες αιχμαλωσίας. Για την επιτυχή διατήρηση ενός ενυδρείου μικρής κλίμακας, είναι η καλύτερη δυνατή προσέγγιση των παραμέτρων του νερού και η διατήρηση μιας μέσης θερμοκρασίας, η οποία θα εξασφαλίσει την υγιή διαβίωση των οργανισμών στο ενυδρείο.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται τους καλοκαιρινούς μήνες για να μην αυξηθεί η θερμοκρασία των ενυδρείων απαιτείται η λειτουργία ψηκτρών ιδιαίτερα στα ενυδρεία νάνο-υφάλου. Στα ενυδρεία νάνο-υφάλου όπου τα επίπεδα του ασβεστίου κυμαίνονται από 350 έως 450 ppm, του μαγνησίου από 1200 έως 1300 ppm, η αλκαλικότητα από 9 έως 14 °dKH και το pH από 8,2 έως 8,4.

Σε καμία περίπτωση, ο μικρός όγκος του συστήματος, δεν θα πρέπει να υποβαθμίζει τις απαιτήσεις για την φροντίδα και επίβλεψη του ενυδρείου, ώστε να εξασφαλίζεται η μακροχρόνια ισορροπία και ανάπτυξή του. Η γνώση της φυσικής λειτουργίας του θαλασσινού ενυδρείου, η μεθοδικότητα και ο σεβασμός στη φύση, οδηγούν στην ενασχόληση με τα ενυδρεία ούτως ώστε να μεταφέρεται το μεγαλείο του ιδιαίτερου και ιδιόμορφου οικοσυστήματος, στην καθημερινότητά μας.



## **10.Abstract**

The preservation organisms in aquariums depend on the environment that the fish or the invertebrate became from. This attempt is a result of the personal satisfaction to how create an aquarium nano reef type. The construction and maintenance of a nano reef aquariums, differs significantly from the construction and functioning from the other aquariums.

Modern perceptions associated with maintaining a closed ecosystem, converging and reinforcing the idea of better simulation using the natural process. Basically nano reef aquarium presents a unique challenges. In addition to maintaining ideal water parameters, nano reef aquariums require another type of attention to detail. Without proper aesthetic consideration, the "reef-in- miniature" quality that exemplifies nano reef aquariums is lost. Get the most out of your nano reef aquarium - learn how to maximize visual impact in small aquarium space

**Keywords:** nano reef aquarium, fish, main differences, function

## 11.Βιβλιογραφία

### A. Ξενόγλωσση βιβλιογραφία

- Adey, W.H., Loveland, K., 1991. *Dynamic Aquaria: Building Living Ecosystems*. Academic Press, San Diego, CA. 643 pp.
- Anthoni,F., (2005). Seafriends Aquariums describing the Seafriends marine aquariums.[www.seafriends.org.nz/dda/aqua1.htm](http://www.seafriends.org.nz/dda/aqua1.htm)
- Anthony, K.R.N., Hoegh-Guldberg, O., 2003. Variation in coral photosynthesis, respiration and growth characteristics in contrasting light microhabitats: an analogue to plants in forest gaps and understoreys? *Funct. Ecol.* 17, 246–259.
- Atkinson, M.J., Carlson, B., Crow, G.L., 1995. Coral growth in high-nutrient, low-pH seawater: a case study of corals cultured at the Waikiki Aquarium, Honolulu, Hawaii. *Coral Reefs* 14, 215–223.
- Ates, R. 1989. Aggressive behavior in corals. *Freshwater and Marine Aquarium* 12(8):104-105,107,110,112.
- Barak, Y.,Crytryn, E., Gelfand, I Krom, M and Van Rijin, J. (2003). Psosphorus removal in a marine prototype, recirculating aquaculture system. *Aquaculture* 220:313-316.
- Blasiola, G.C., 2000. *The Saltwater Aquarium Handbook*. Barrons Education, Happaage, NY. 165 pp.
- Calfo, A., 2001. *Book of Coral Propagation — Reef Gardening for Aquarists*. Reading Trees, United States of America. 450 pp.
- Calfo, A and Fenner, M.R. (2003). Reef Invertebrates: An Essential Guide to Selection, Care and Compatibility, In: *Reading Trees New York*: 50-65.
- Calfo, A. (2007). *Book of Coral Propagation*, In: *Reef Gardening for Aquarists*. 2<sup>nd</sup> ed., Aquarists, Reading Trees (1):90-105
- Clark, K.R., Warwick, R.M., 2001. *Change in Marine Communities: An Approach to Statistical Analysis and Interpretation*. PRIMERE Ltd., Plymouth Marine Laboratories, Plymouth, UK. 140 pp.
- Calado, R. & Narciso, L. 2003. Seasonal variation on embryo production and brood loss in the Monaco shrimp *Lysmata seticaudata* (Risso, 1816) (Decapoda: Hippolytidae). *Journal of the Marine Biological Association of the United Kingdom*. 83: 959-962.
- Calado, R. 2006. Marine ornamental species from European waters: a valuable overlooked resource or a future threat for the conservation of marine ecosystems? *Scientia Marina*. 70: 389-398.
- Carlson, B.A., 1999. Organism responses to rapid change: what aquaria tell us about nature. *American Zoologist* 39, 44– 55.
- Davies, P.S., 1984. The role of zooxanthellae in the nutritional energy requirements of *Pocillopora eydouzi*. *Coral Reefs* 2, 181–186.
- Delbeek, J. C. 1987. The care and feeding of mushroom anemones (Corallimorpharia). *Freshwater and Marine Aquarium* 10(10):4-6.
- Delbeek, J. C. 1990. Reef Aquariums Part 6: Coral Aggression. *Aquarium Fish Intl.* 2(7):26-32.
- Delbeek, J.C., and Sprung, J., (2005). *The reef aquarium, Vol 3: Science, Art and Technology*, Published by Ricordea.
- Durville, P., Fabre, J.N., Germain, G.and Mulochan, T. (2004).The breeding of the clown fish *Amphiprion chrysogaster* (Cuvier, 1830) endemic to the Mascarene Islands (Indian Ocean)., *Sea scope.*, 21(1):10-13.

- Hoff, F.H. (1996). Conditioning, spawning and rearing of fish with emphasis on marine clown-fish. Aquaculture Consultants Inc. 212 p.
- Joshi, S., Morgan, D., 1998. Spectral analysis of metal halide lamps used in the reef aquarium hobby, Part 1: new 400-watt lamps. Aquar. Front.online. <http://web.archive.org/web/20001017234419/www.animalnetwork.com/fish2/aqfm/1998/nov/features/1/default.asp> 1998 November.
- Martin, M., (1995). Ενυδρεία, Πρακτικό εγχειρίδιο και πολυμήχανο για τους φίλους των ενυδρείων, Εκδόσεις Βασδέκης, σς 170.
- Marini, F. (2002). A Serpent for your reef tank: A look at fish – safe eels. Reefkeeping,1(11):13-17.
- Marin, G.L. (2007). The art and science of aquarium management. Advanced awuarist' s on line magazine. 42:20-30.
- Moe A. M. (1992). The marine aquarium handbook. Beginner to breeder. Green Turtle (Ed.), Florida, USA. 318 p.
- Paletta, M. 1990. Coral aggression in reef aquaria. *SeaScope* 7 (Winter):1-2.
- Qian, P.-Y., Wu, M.C.S., and Ni, I.H. (2001). Comparison of nutrients release among some maricultured animals. *Aquaculture* 200, 305– 316.
- Sabater, M.G., and Yap, H.T. (2004). Long-term effects of induced mineral accretion on growth, survival and corallite properties of *Porites cylindrica* Dana. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 311, 355–374.
- Scott,W.,M., (2006). Reef Aquarium fishes 500+ essential to know species, Microcosm Ltd.
- Shimek, R., 2001. Sand Bed Secrets: The Common-Sense Way to Biological Filtration. Marc Weiss Companies, Inc. 36 pp.
- Shimek,L.R. (2003).The toxicity of some Freshly mixed artificial sea water. [www.Aquarium reefkeeping.com](http://www.Aquarium reefkeeping.com). 2(3):15-22.
- Spotte, S. (1992). Captive Seawater Fishes. John Wiley & Sons, New York. 942 pp.
- Sprung, J. and J. C. Delbeek. 1990. New trends in reef keeping: Is it time for another change? *Freshwater and Marine Aquarium* 13(12):8-22, 180-184.
- Suzuki, Y., Maruyama, T., Numata, H., Sato, H., Asakawa, M.,2003. Performance of a closed recirculating system with foam separation, nitrification and denitrification units for intensive culture of eel: towards zero emission. *Aquacultural Engineering* 29, 165– 182.
- Tullock, J.H., 1997. Natural Reef Aquariums. Microcosm Ltd., Shelburne, Vermont. 336 pp.
- vanRijn, J., 1996. The potential for integrated biological treatment systems in recirculating fish culture—a review. *Aquaculture* 139, 181– 201.
- Tullock, H.J. (2001). Natural Reef Aquariums: Simplified Approaches to Creating Living Saltwater Microcosms. In: TFH publications
- Vlahos, N., Hotos, G. and Kapetanios, N. (2004). The effect of temperature on the conditioning of the filter bed in aquaria. 2<sup>nd</sup> International Congress on Aquaculture, Fisheries Technology and Environmental Management. Athens 18-19 June 2004.
- Wabnitz, C., Taylor, M., Green, E., Razak, T., 2003. From ocean to aquarium: the global trade in marine ornamental species. UNEPWCMC Biodiversity Series, vol. 17. Cambridge, UK, p. 64.
- Wilkinson, C., 2004. Status of Coral Reefs of the World: 2004. Australian Institute of Marine Science, Townsville. 316 pp.
- William, B., (2005). Tropical Fish.A Beginners guide. Published by William Berg and AC Tropical Fish. ([www.aquaticcommunity.com](http://www.aquaticcommunity.com)).

Yap, H.T., Molina, R.A., 2003. Comparison of coral growth and survival under enclosed, semi-natural conditions and in the field. Mar. Pollut. Bull. 46, 858–864.

***B.Ελληνική βιβλιογραφία***

Βλάχος, Ν. (2004). Ενυδρεία, Σημειώσεις Μαθήματος, 1<sup>η</sup> έκδοση, Εκδόσεις Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, Μεσολόγγι, 55.

Χώτος, Γ. (2008). Καλλιέργειες σε Ανακυκλούμενα Νερά, Σημειώσεις Μαθήματος, 1<sup>η</sup> έκδοση, Εκδόσεις, Τ.Ε.Ι. Μεσολογίου, Μεσολόγγι, 1-10.

***Γ. Διαδικτυακή βιβλιογραφία***

1. [www.aquazone.gr](http://www.aquazone.gr)
2. [www.nano-reef.com](http://www.nano-reef.com)