

**Τ.Ε.Ι ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ – ΓΕΩΠΟΝΙΑΣ
ΤΜΗΜΑ ΑΛΙΕΙΑΣ ΥΔΑΤΟΚΑΛΛΙΕΡΓΕΙΩΝ**

**ΜΕΛΕΤΗ ΤΟΥ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΟΥ
ΦΥΤΟΥ *CYMODOSA NODOSA* ΣΤΗ
ΛΙΜΝΟΘΑΛΑΣΣΑ ΜΕΣΟΛΟΓΓΙΟΥ-
ΑΙΤΩΛΙΚΟΥ**



ΦΟΙΤΗΤΗΣ:

ΒΟΓΙΑΤΖΗΣ ΜΙΧΑΗΛ – ΝΕΚΤΑΡΙΟΣ Α.Μ : 10979

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ:
ΡΑΜΦΟΣ ΑΛΕΞΙΟΣ**

ΜΕΣΟΛΟΓΓΙ 2015

ΜΕΛΗ ΕΞΕΤΑΣΤΙΚΗΣ ΕΠΙΤΡΟΠΗΣ

Ράμφος Αλέξιος^{1,2}, Επίκουρος Καθηγητής Τμήματος Αλιείας Υδατοκαλλιεργειών.

Γεώργιος Κατσέλης², Καθηγητής Τμήματος Αλιείας Υδατοκαλλιεργειών.

Γεώργιος Χώτος², Καθηγητής Τμήματος Αλιείας Υδατοκαλλιεργειών.

¹Επιβλέπων Καθηγητής

²Μέλη της εξεταστικής επιτροπής

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

1.1	ΕΙΣΑΓΩΓΗ.....	1
1.2	ΠΡΩΤΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ.....	1
1.2.1	ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΑ-ΓΕΝΙΚΑ.....	1
2.1	ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ.....	2
2.2	ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ.....	4
3.1	ΡΥΘΜΟΣ ΑΥΞΗΣΗΣ.....	5
3.1.1	ΡΥΘΜΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΦΥΛΛΩΝ.....	5
3.1.2	ΟΡΙΖΟΝΤΙΟΣ ΚΑΙ ΚΑΘΕΤΟΣ ΡΥΘΜΟΣ ΑΥΞΗΣΗΣ.....	5
4.1	ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ-ΔΙΑΔΟΣΗ-ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ.....	6
4.1.1	ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ.....	6
4.1.2	ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ.....	7
4.1.3	ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΗΣ ΚΑΤΑΝΟΜΗΣ ΣΤΟ ΧΩΡΟ (PATCH GROWTH)	7
5.1	ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΡΥΘΜΙΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ.....	8
5.1.1	ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	8
5.1.2	ΦΩΣ.....	8
5.1.3	ΦΥΣΙΚΗ ΕΚΘΕΣΗ.....	9
5.1.4	ΥΠΟΣΤΡΩΜΑ.....	9
5.1.5	ΘΡΕΠΤΙΚΑ.....	9
5.1.6	ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ.....	10
5.1.7	ΑΛΑΤΟΤΗΤΑ.....	10
5.1.8	O ₂	10
5.1.9	ΥΔΡΟΘΕΙΟ-ΘΕΙΟΥΧΕΣ ΕΝΩΣΕΙΣ.....	11
5.2	ΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ.....	11
5.2.1	ΑΝΤΑΓΩΝΙΣΜΟΣ.....	12
5.2.2	ΒΡΩΣΗ-ΘΗΡΕΥΣΗ.....	12
6.1	ΕΙΔΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ (ΑΓΓΕΙΟΣΠΕΡΜΩΝ) ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ.....	13
6.2	ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΕΙΔΩΝ.....	17
7.1	ΣΗΜΑΣΙΑ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ.....	19
7.1.1	ΤΑ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΑ ΣΑΝ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ.....	20
7.1.2	ΤΑ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΑ ΣΑΝ ΦΙΛΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ.....	21
7.1.3	ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ ΣΤΗΝ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ.....	21
8.1	ΑΠΕΙΛΕΣ-ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΛΙΒΑΔΙΩΝ.....	22
8.2	ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΑΙΤΙΕΣ.....	23
8.2.1	ΠΑΘΟΓΟΝΑ.....	24
8.2.2	ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ.....	24
8.2.3	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ.....	25
8.2.4	ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ.....	25
9.1	ΤΟ ΕΙΔΟΣ C. NODOSA.....	26
9.2	ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ Λ/Θ.....	29
10.1	ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ.....	31
11.1	ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ.....	32
11.1.1	ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ.....	32

11.1.2 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΚΑΙ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ ΛΙΒΑΔΙΩΝ.....	34
12.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΣΥΖΗΤΗΣΗ.....	39
ΠΕΡΙΛΗΨΗ.....	42
Abstract.....	42
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	43

1.1 ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.2 ΠΡΩΤΕΣ ΕΡΕΥΝΕΣ

Υπήρξαν πρωτοπόροι ερευνητές των φανερόγαμων ειδικά κατά το 1^ο μισό του 19^{ου} αιώνα, κυρίως ο P. Ascherson, καθώς και στις αρχές του 20^{ου}, (Ostenfeld & Setchell). Παρ' όλα αυτά η έρευνα για τα φανερόγαμα παρέμεινε στο παρασκήνιο για τα επόμενα 40 χρόνια. Μέχρι κι την έκδοση του βιβλίου "Seagrasses of the World" από τον C. Keesden Hartog το 1970, η συστηματική κατάταξη των φανερόγαμων δεν αποτελούσε θέμα μελέτης της επιστημονικής κοινότητας. Αυτή η περίοδος υπήρξε καθοριστική διότι η έλευση της καταδυτικής τεχνολογίας οδήγησε στην περεταίρω μελέτη του βένθους. Ως αποτέλεσμα αυτού του συνδυασμού σημειώθηκε σημαντική πρόοδος στην έρευνα των φανερόγαμων στα παραθαλάσσια οικοσυστήματα εκτός της Ανταρκτικής. Εντούτοις, παρά την ερευνητική πρόοδο που σημειώθηκε, πολλά παραμένουν άγνωστα σχετικά με την βιολογία και οικολογία των φανερόγαμων. Οι ερευνητικές δραστηριότητες εστιάζουν σε ορισμένες περιοχές του πλανήτη (Αυστραλία, Ευρώπη, Ηνωμένες Πολιτείες) και μόνο σε ορισμένα είδη (πχ. *Zostera marina*, *Posidonia oceanica*, *Thalassia testudinum*) (Duarte, 1999). Η ανάγκη για περεταίρω κατανόηση τους σήμερα έχει πάρει μια νέα έννοια, και αποτελεί επείγουσα ανάγκη, καθώς η αυξανόμενη απώλεια των φανερόγαμων φαίνεται να επιταχύνεται ταυτόχρονα με τη γρήγορη αστικοποίηση της παράκτιας ζώνης, όπου συναντάμε την υψηλότερη αφθονία τους (Green and Sliort, 2003).

1.2.1 ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΑ-ΓΕΝΙΚΑ

Τα φανερόγαμα είναι υδρόβια αγγειόσπερμα, τα όποια περιορίζονται και ευδοκιμούν στο θαλάσσιο περιβάλλον. Έχουν πραγματικά φύλλα, ριζώματα (οριζόντια και κατακόρυφα) και ρίζες, όπου και τα τρία είναι εφοδιασμένα με εξειδικευμένους ιστούς ώστε να γίνεται η μεταφορά των θρεπτικών συστατικών και των προϊόντων της φωτοσύνθεσης, καθώς και μεγάλους αεροφόρους αγωγούς, οι οποίοι συμμετέχουν στην μεταφορά οξυγόνου (Μαλέα, 2007).

Ανήκουν στα θαλάσσια μακρόφυτα και αποτελούν το λιγότερο του 0,02% της χλωρίδας των αγγειοσπέρμων. Βρίσκονται σε θάλασσες και παράκτιες περιοχές σε όλες τις ηπείρους, πλην των ακτών της Ανταρκτικής (Hemminga & Duarte, 2000). Διαμορφώνουν πυκνούς και ιδιαίτερα παραγωγικούς λειμώνες μεγάλης σπουδαιότητας για τα ασπόνδυλα, τα ψάρια και πολλά πτηνά, και παρέχουν προστασία ενάντια στην παράκτια διάβρωση. Οι περισσότεροι λειμώνες, όπως για παράδειγμα αυτοί των εύκρατων περιοχών αποτελούνται από ένα είδος θαλάσσιου φανερόγαμου, ενώ στους τροπικούς λειμώνες συχνά συμμετέχουν περισσότερα του ενός είδη.

Οι λειμώνες αποτελούν καταφύγιο για ένα μεγάλο εύρος άλλων οργανισμών, στα οποία συμπεριλαμβάνονται και η πλειονότητα των μεγάλης εμπορικής αξίας

θαλάσσιων ειδών (Μαλέα, 2007). Αρκετοί οργανισμοί επίσης, τρέφονται με θαλάσσια φανερόγαμα, όπως για παράδειγμα οι θαλάσσιες χελώνες, διάφορα είδη ψαριών και καβουριών καθώς και θαλάσσια θηλαστικά (Hemminga & Duarte, 2000).

Τα τέσσερα ευρωπαϊκά είδη φανερόγαμων αναπτύσσονται στο βάθος των 5-15 μέτρων στα βορειοευρωπαϊκά ύδατα (*Zostera marina*, *Z. noltii*), αλλά φανερόγαμα μπορεί να βρεθούν ακόμα και σε βάθη μεγαλύτερα των 50 μέτρων σε καθαρά μεσογειακά ύδατα (*Cymodocea nodosa* and *Posidonia oceanica*). Στη Μεσόγειο, οι λειμώνες του είδους *P. oceanica* υπολογίζεται ότι καλύπτουν έκταση από 25,000 έως 50,000 km² στις παράκτιες περιοχές αντιστοιχώντας στο 25% του θαλάσσιου πυθμένα στα βάθη μεταξύ 0 και 40 m (Hemminga & Duarte, 2000).

Τα φανερόγαμα χρήζουν εξαιρετικής σημασίας για τα παράκτια ευρωπαϊκά ύδατα. Οι λειμώνες που σχηματίζουν είναι επίσης ευάλωτοι και έχουν μειωθεί σημαντικά σε πολλές παράκτιες περιοχές λόγω της αυξανόμενης ανθρωπογενούς πίεσης υπό τη μορφή θρεπτικής φορτίσεως, ρύπανσης των ιζημάτων και μηχανικών διαταραχών. Εκτεταμένοι λειμώνες φανερόγαμων με καλή εξάπλωση σε βαθύτερα ύδατα, αποτελούν χαρακτηριστικό παράκτιων υδάτων με ελάχιστη ανθρωπογενή πίεση. Αφετέρου, τα φανερόγαμα είναι συνήθως πολυετείς οργανισμοί, που αποτελούν σημαντικά δομικά και λειτουργικά στοιχεία του θαλάσσιου οικοσυστήματος και μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες οικολογικής ποιότητας (Hemminga & Duarte, 2000).

2.1 ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ

Τα φανερόγαμα είναι ανθοφόρα φυτά που συναντώνται στο θαλάσσιο περιβάλλον και ανήκουν στα μονοκοτυλήδονα. Ανήκουν σε τουλάχιστον δύο οικογένειες, την Potamogetonaceae και την Hydrocharitaceae, και ίσως σε περισσότερες. Σε αντίθεση με τα φυτά του γλυκού νερού και της ξηράς, στη θάλασσα υπάρχουν σχετικά λίγα γένη και αυτά πολύ διαφορετικά μεταξύ τους. Το γεγονός αυτό αποτελεί ένδειξη ότι προέρχονται από μια πολύ-αξονική καταγωγή. Επιπλέον, πολλά από αυτά τα γένη έχουν είδη, που αναπτύσσονται σε εκβολές και παράκτιες λιμνοθάλασσες παράλληλα με άλλα υδρόφυτα. Από τα παραπάνω είναι προφανής η δυσκολία που προκύπτει στον καθορισμό και την ταξινόμηση των φανερόγαμων (Den Hartog, 1970). Κατέχουν τη δυνατότητα να επικονιάζουν και να αναπαράγονται υποβρυχίως. Τα περισσότερα είναι προσαρμοζόμενα στους κυματισμούς και στο θαλάσσιο περιβάλλον, με σκληρά γραμμικά φύλλα και ένα υπόγειο σύστημα ριζωμάτων (Green et al., 2003). Τα χαρακτηριστικά όπου συχνότερα αναφέρονται ως μοναδικά στα φανερόγαμα είναι τα ακόλουθα:

- Ζουν σε εκβολές ή στο θαλάσσιο περιβάλλον, και πουθενά αλλού. Επικονιάζουν υποβρυχίως με εξειδικευμένη γύρη.

- Παράγουν σπόρους υποβρυχίως οι οποίοι διαδίδονται από βιοτικούς και αβιοτικούς παράγοντες

- Έχουν χαρακτηριστικά φύλλα με πολύ μειωμένη επιδερμίδα η οποία αποτελεί τον κύριο φωτοσυνθετικό ιστό.

- Έχουν ρίζωμα ή υπόγειο μίσχο όποιος είναι σημαντικός στην συγκράτηση τους στον πυθμένα.

- Έχουν ρίζες που μπορούν να ζήσουν σε ένα ανοξικό περιβάλλον και εξαρτώνται από τη μεταφορά οξυγόνου από τα φύλλα, το ρίζωμα τους είναι επίσης σημαντικό στη μεταφορά των θρεπτικών.

(Dawes, 1981)

Όσον αφορά στην ταξινόμηση των θαλάσσιων φανερόγαμων, διαφορετικοί συγγραφείς προτείνουν και διαφορετικές κατατάξεις. Ακόμα, διαφωνίες υπάρχουν και για τον συνολικό αριθμό ειδών των θαλάσσιων φανερόγαμων, με τους επιστήμονες που χρησιμοποιούν μορφολογικά και ανατομικά χαρακτηριστικά για την ταξινόμηση να περιλαμβάνουν μεγαλύτερο αριθμό ειδών, εν αντιθέσει με αυτούς που χρησιμοποιούν τεχνικές μοριακής ταξονομίας, οι οποίοι όχι μόνο περιλαμβάνουν μικρότερο αριθμό ειδών, αλλά αμφισβητούν σε κάποιες περιπτώσεις ακόμα και το διαχωρισμό ορισμένων γενών (Μαλέα, 2007).

Ανήκουν στο Βασίλειο: Plantae, Διαίρεση: Anthophyta (Magnoliophyta), Κλάση: Monocotyledoneae. Υπάρχουν περίπου 65 είδη θαλάσσιων φανερόγαμων που ανήκουν σε 12 γένη και κατατάσσονται σε 5 οικογένειες, τις Potamogetonaceae, Posidoniaceae, Cymodoceaceae, Zosteraceae (τάξη Potamogetonales) και την Hydrocharitaceae (τάξη Hydrocharitales). Η οικογένεια Hydrocharitaceae περιλαμβάνει 3 γένη (Enhalus, Thalassia, Halophila), ενώ τα υπόλοιπα 9 γένη (Zostera, Phyllospadix, Lepilaena, Posidonia, Halodule, Cymodocea, Syringodium, Thalassodendron, Amphibolis) ανήκουν στις τέσσερις προαναφερθείσες οικογένειες της τάξης Potamogetonales (<http://www.algaebase.org>).

Τα γένη Halophila, Zostera και Posidonia είναι τα γένη με τα περισσότερα είδη καθώς περιλαμβάνουν το 55% των ειδών. Στη Μεσόγειο Θάλασσα απαντώνται τα είδη *Cymodocea nodosa*, *Halophila stipulacea*, *Posidonia oceanica*, *Zostera marina* και *Zostera noltii*. Το είδος *Posidonia oceanica* είναι ενδημικό είδος της Μεσογείου, ενώ το είδος *Halophila stipulacea* ανήκει στους Λεσσεψιανούς μετανάστες καθώς πέρασε από τον Ινδικό ωκεανό στην Μεσόγειο μετά το άνοιγμα της διώρυγας του Σουέζ που έγινε το 1864 (Μαλέα, 2007).

2.2 ΜΟΡΦΟΛΟΓΙΑ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ

Τα φανερόγαμα παρουσιάζουν κοινή μορφολογία, φέρουν άνθη με στήμονες, ύπερο και σπέρματα, η αναπαραγωγή μπορεί να είναι είτε εγγενής, είτε αγενής, είναι ριζωματικά φυτά. Τα ριζώματα είναι μίσχοι και επεκτείνονται οριζόντια ή κάθετα

κάτω από την επιφάνεια του ιζήματος, ανασηκώνοντας τα φύλλα προς, ή ανωτέρω, της επιφάνειας του ιζήματος. Τα φανερόγαμα είναι αρθρωτά φυτά, συνθέτονται από επαναλαμβανόμενα μέρη τα οποία προκύπτουν κατά την κλωνική τους ανάπτυξη. Κάθε μονάδα αποτελείται από ένα σύνολο ενοτήτων: ένα κομμάτι ριζώματος, το οποίο μπορεί να είναι είτε οριζόντιο είτε κάθετο, μια δέσμη φύλλων συνδεδεμένη με το ρίζωμα και ένα σύστημα ριζών. Επιπλέον, μπορεί να φέρουν άνθη, ανάλογα με την περίοδο παρατήρησης. Η μορφολογία των φανερόγαμων δεν παρουσιάζει ιδιαίτερες αποκλίσεις σχετικά με άλλα επίγεια μονοκοτυλήδονα (Hemminga & Duarte, 2000).

Τα ριζώματα στα περισσότερα φανερόγαμα είδη είναι εύκαμπτα, είναι αποτελούμενα από ενδιάμεσους κόμβους, τα τεμάχια των ριζωμάτων μεταξύ δύο κόμβων, είναι τα σημεία εισαγωγής των φύλλων. Οι ενδιάμεσοι κόμβοι των ριζωμάτων ποικίλουν σε μέγεθος από είδος σε είδος (Hemminga & Duarte, 2000).

Τα είδη *Cymodocea nodosa* και *Posidonia oceanica* έχουν οριζόντια και κάθετα ριζώματα ενώ τα είδη του γένους *Zostera* έχουν μόνο οριζόντια ριζώματα. Τα *Zostera sp.* φέρουν ένα βλαστό σε κάθε οριζόντιο κόμβο ριζωμάτων, και το *Posidonia oceanica* και το *Cymodocea nodosa* φέρουν φύλλα στους κόμβους των οριζόντιων και κάθετων ριζωμάτων τους. Τα ευρωπαϊκά φανερόγαμα παρουσιάζουν επιμήκη και λεπτά φύλλα, ποικίλουν σε μέγεθος, από τα μικρά σε μέγεθος φύλλα του *Zostera noltii* στα μεγαλύτερα του *Posidonia oceanic* (Hemminga & Duarte 2000). Τα φύλλα συχνά παρουσιάζονται σε δέσμες πάνω στους βλαστούς, με μέχρι 8 φύλλα ανά βλαστό στο *Posidonia oceanica* και 2 έως 5 φύλλα στα άλλα είδη. Οι ρίζες παρέχουν τον απαραίτητο μηχανισμό προσκόλλησης και απορρόφησης θρεπτικών, και ποικίλουν αρκετά ανά μέγεθος στα ευρωπαϊκά είδη (Hemminga & Duarte, 2000).

Τα άνθη των φανερόγαμων είναι συχνά δυσδιάκριτα και πολύ απλά, δεν βασίζονται σε άλλους οργανισμούς για τη μεταφορά της γύρης τους (επικονίαση). Τα άνθη των φανερόγαμων και οι σπόροι ποικίλουν σε μέγεθος από είδος σε είδος. Το *Cymodocea nodosa* έχει ξεχωριστούς αρσενικούς και θηλυκούς κλώνους, αντίθετα από τα υπόλοιπα Ευρωπαϊκά φανερόγαμα, τα οποία είναι ερμαφρόδιτα. Οι βλαστοί του *Cymodocea nodosa* παράγουν δύο σπόρους, προσκολλημένους στη βάση του βλαστού, Το *Posidonia oceanica* παράγει περίπου 6 σπόρους ανά βλαστό, και οι ανθοφόροι βλαστοί του *Zostera noltii* και του *Z. marina* παράγουν εκατοντάδες σπόρους (Hemminga & Duarte, 2000).

3.1 ΡΥΘΜΟΣ ΑΥΞΗΣΗΣ

3.1.1 Ρυθμός ανάπτυξης φύλλων

Τα νέα φύλλα παράγονται κεντρικά στις δέσμες των φύλλων από τα μεριστώματα. Μόλις παραχθεί το φύλλο, επιμηκύνεται από τη βάση του, όπου εντοπίζεται το μεριστώμα των φύλλων, έως ότου να επιτύχει το αντίστοιχο ανά το

είδος μέγεθος. Οι βλαστοί παράγουν νέα φύλλα ενώ τα ήδη υπάρχοντα φύλλα αναπτύσσονται. Η συνολική ημερήσια επιμήκυνση των φύλλων ανά βλαστό εκτιμάται από μερικά mm έως μερικά cm, ανάλογα με το κάθε είδος (Hemminga, 1999).

3.1.2 Οριζόντιος και κάθετος ρυθμός αύξησης

Το ποσοστό αύξησης των ριζωμάτων διαφέρει μεταξύ των ειδών, από μερικά εκατοστόμετρα ετησίως για το *Posidonia oceanica* σε περισσότερο από 2 m ετησίως για το *Cymodocea nodosa*. Τα κάθετα ριζώματα των *P. oceanica* και *C. nodosa* επεκτείνονται, αλλά με αργούς ρυθμούς μερικών εκατοστών ετησίως. Οι οριζόντιες διακλαδώσεις των ριζωμάτων, επιταχύνουν την εξάπλωση στο χώρο. Οι οριζόντιες διακλαδώσεις είναι πιο έντονες στα μικρά είδη (e.g. *Zostera noltii*), από ότι στα μεγαλύτερα είδη (πχ. *P. oceanica*) (Cunha & Duarte, 2005). Τα μικρά είδη επιμηκύνουν και διακλαδίζουν τα ριζώματά τους με πολύ ταχύτερους ρυθμούς από τα μεγαλύτερα. Ως εκ τούτου, τα μικρά φανερόγαμα εξαπλώνονται στις δυο διαστάσεις ταχύτερα από ότι τα μεγάλα είδη, ανακάμπτοντας έτσι με ταχύτερους ρυθμούς σε σχέση με τα μεγαλύτερα είδη (Marbà & Duarte, 1998).

Τα φανερόγαμα διαμορφώνουν την ανάπτυξη και τον πληθυσμό τους σύμφωνα με τις μεταβολές που συμβαίνουν στο περιβάλλον τους (πχ. κλίμα, θρεπτικές ουσίες, ποιότητα ιζημάτων). Η ανάπτυξη των φύλλων και των ριζωμάτων, παρουσιάζει ευρεία εποχιακή διακύμανση ως απάντηση σε αλλαγές στη θερμοκρασία και το διαθέσιμο φως. Η μέγιστη ανάπτυξη τους πραγματοποιείται κατά τους θερινούς μήνες και η ελάχιστη κατά τους χειμερινούς, όταν στα περισσότερα είδη (*C. nodosa*, *Z. marina*, *Z. noltii*) σχεδόν παύει (Duarte et al., 1998). Η ανάπτυξη των φανερόγαμων προϋποθέτει συνθήκες φωτός τουλάχιστον ανάλογες του ποσοστού του 11% των συνθηκών που επικρατούν στην επιφάνεια. Κατά τη διάρκεια περιόδων γρήγορης ανάπτυξης, η έλλειψη θρεπτικών στο περιβάλλον περιορίζει την ανάπτυξη (Duarte et al., 1998). Η χαμηλή συγκέντρωση υδρογόνου και φωσφόρου οδηγεί στον περιορισμό της ανάπτυξης των ριζών, και οδηγούν στην ανάπτυξη των φύλλων (e.g. *C. nodosa* & *P. oceanica*) (Duarte, 1991). Το ρίζωμα τείνει να είναι πυκνότερο, με περισσότερες διακλαδώσεις σε περιβάλλοντα με έλλειψη θρεπτικών. Αντίθετα, τα υψηλά επίπεδα αμμωνίας είναι καταστρεπτικά για την επιβίωση των φανερόγαμων. Επιδείνωση της ποιότητας των ιζημάτων καθώς και η παρουσία τοξικών ουσιών επηρεάζουν άμεσα την ανάπτυξη τους (Duarte et al., 1998).

4.1 ΑΝΑΠΑΡΑΓΩΓΗ-ΔΙΑΔΟΣΗ-ΚΑΤΑΝΟΜΗ ΣΤΟ ΧΩΡΟ

4.1.1 Αναπαραγωγή

Τα θαλάσσια φανερόγαμα αναπτύσσουν άνθη με στήμονες, ύπερο και σπέρματα. Η αναπαραγωγή μπορεί να είναι είτε εγγενής, είτε αγενής. Η αγενής αναπαραγωγή επιτυγχάνεται με βλαστητική αναπαραγωγή, ενώ η εγγενής με επικονίαση, η οποία μπορεί να είναι υδρόφιλη (όπου η γύρη μεταφέρεται μέσα ή στην επιφάνεια του

νερού) ή μη υδρόφιλη (όπου η γύρη ελευθερώνεται κατά την πλημμυρίδα και ταξιδεύει στην επιφάνεια του νερού για να συναντήσει το θηλυκό άνθος κατά την άμπωτη). Όλος ο κύκλος ζωής τους λαμβάνει χώρα μέσα στο νερό (Μαλέα, 2007)

Η αναπαραγωγική βιολογία των φανερόγαμων φυτών αποτέλεσε αντικείμενο ενδιαφέροντος για τους φυσιολόγους για περίπου δύο αιώνες. Το άνθισμα των φανερόγαμων ελέγχεται συχνά από την θερμοκρασία (Cunha & Duarte, 2005). Τα Ευρωπαϊκά είδη ανθούν στα τέλη της άνοιξης και μερικά από αυτά (*Zostera* spp) καθ' όλη τη διάρκεια του καλοκαιριού επίσης, όταν η ακτινοβολία βελτιώνεται και η θερμοκρασία του νερού αυξάνεται, εκτός από τα μεσογειακά είδη πχ: *Posidonia oceanica*, που ανθούν το φθινόπωρο (Οκτώβριος). Η άνθιση είναι ένα σπάνιο γεγονός για τα περισσότερα είδη, όπου χαρακτηριστικά το < 10 % από τους βλαστούς ανθίζει κάθε έτος (Hemminga & Duarte, 2000).

Η αναπαραγωγική προσπάθεια (reproductive effort) των φανερόγαμων μπορεί να είναι ιδιαίτερα μεταβλητή μεταξύ των ετών και μεταξύ των πληθυσμών ενώ μαζικές ανθίσεις συμβαίνουν σε περιπτώσεις ακραίων κλιματολογικών συνθηκών. Διαταραχές, όπως η αναμόχλευση του πυθμένα από τον έντονο κυματισμό μπορεί να οδηγήσει σε ανθοφορία. Όλα τα ευρωπαϊκά είδη φανερόγαμων παρουσιάζουν υδρόφιλη επικονίαση, στην οποία οι κόκκοι της γύρης που απελευθερώνεται στη στήλη του νερού γονιμοποιούν το θηλυκό έτος (Hemminga & Duarte, 2000).

Η παράγωγή σπόρων μπορεί να ανέρχεται σε χιλιάδες σπόρους ανά m² για τα *Zostera* sp., σε αντίθεση με τους δεκάδες ανά m² της *Cymodocea nodosa* και *Posidonia oceanica*. Ένα σημαντικό ποσοστό των σπόρων που παράγονται χάνονται προτού απελευθερωθούν στο περιβάλλον, λόγω της θήρευσης από ασπόνδυλα και ψάρια. Η διασπορά των φανερόγαμων μπορεί να γίνει μέσω αναπαραγωγικού πολλαπλασιασμού αλλά και μέσω αποκολλημένων ή περιπλανώμενων τμημάτων/θραυσμάτων των ριζωμάτων τους (Duarte, 1991). Η διασπορά μέσω θραυσμάτων θεωρούνταν σπάνια, αλλά νέα στοιχεία δείχνουν ότι η σημασία αυτού του μηχανισμού μπορεί να έχει υποτιμηθεί. Η διασπορά μπορεί επίσης να προκύψει μέσω ενός συνδυασμού και των δύο διαδικασιών, καθώς οι βλαστοί που ανθοφορούν μπορεί να αποκολληθούν και να διασκορπιστούν, απελευθερώνοντας τους σπόρους (Hemminga & Duarte, 2000).

Οι ώριμοι σπόροι του *Cymodocea nodosa* παράγονται στη βάση των βλαστών, βρίσκονται σε αυτήν, ή ακριβώς κάτω από την επιφάνεια του ιζήματος. Οι σπόροι επομένως, δεν είναι πιθανόν να διασπαρθούν πολύ μακριά. Οι σπόροι του *Zostera* διασπείρονται με ρεύματα, και έχει αποδειχθεί ότι έχουν ένα σχετικά σύντομο εύρος διασποράς που περιορίζεται σε δεκάδες μέτρα. Σε αντίθεση, οι σπόροι του *Posidonia oceanica* διατηρούν επιφανειακή κατανομή για ώρες και μπορούν να διασκορπιστούν σε αποστάσεις δεκάδων ή ακόμα και εκατοντάδων χιλιομέτρων (Duarte, 1991).

4.1.2 Κατανομή στο χώρο

Μόλις φτάσουν στο ίζημα, οι σπόροι κάποιων φανερόγαμων έχουν τη δυνατότητα να παραμείνουν αδρανείς έως ότου να βλαστήσουν, με μια τεκμηριωμένη περίοδο αδράνειας περίπου ενός εξαμήνου για το *Zostera marina* και 7-9 μήνες για το *Cymodocea nodosa*. Η πυκνότητα των σπόρων που ευδοκιμούν είναι σχετικά χαμηλότερη από την παράγωγη των σπόρων που απελευθερώνονται στο περιβάλλον. Οι απώλειες αυτές οφείλονται σε πολλούς παράγοντες, συμπεριλαμβανομένων: χαμηλή βιωσιμότητα, φυσικές φθορές, διασπορά σε ακατάλληλες περιοχές, ταφή, και θήρευση. Η έναρξη της κλωνικής ανάπτυξης (πχ. η επέκταση των ριζωμάτων) θα οδηγήσει στο σχηματισμό των λιβαδιών και την κατανομή των φυτών στο χώρο (Duarte, 1991).

4.1.3 Ανάπτυξη της κατανομής στο χώρο (Patch growth)

Οι βασικές συνιστώσες για την εξάπλωση των φανερόγαμων , που οδηγούν στην κατανομή τους στο χώρο, υπό συγκεκριμένα πρότυπα, είναι ο ρυθμός επέκτασης των οριζοντίων ριζωμάτων, και η γωνία της διακλάδωσης των ριζωμάτων (Duarte et al., 1998). Τα μικρά είδη φανερόγαμων έχουν μια λιγότερο αποτελεσματική, αλλά μια περισσότερο συμπαγή κατανομή στο χώρο, η οποία έχει αναφερθεί ως “στρατηγική φάλαγγας”, τα μεγαλύτερα, και αργά αναπτυσσόμενα είδη έχουν μια πιο αποτελεσματική, αλλά λιγότερο συμπαγή κατάληψη του χώρου, τη λεγομένη “στρατηγική του αντάρτικου”, εάν τα μεγάλα είδη είχαν ευρύτερες γωνίες στην διακλάδωση των ριζωμάτων τους, ο απαιτούμενος χρόνος για την εξάπλωση τους στο χώρο θα ήταν τόσο μεγάλος, ώστε δεν θα μπορούσαν να δημιουργήσουν βιώσιμους λειμώνες (Hemminga & Duarte, 2000).

Η συνεχής δημιουργία διακλαδώσεων στο ρίζωμα επιταχύνει την εξάπλωση στο χώρο. Ο ρυθμός δημιουργίας των οριζοντίων διακλαδώσεων και οι γωνίες των διακλαδώσεων αποτελούν τον περισσότερο καθοριστικό παράγοντα της εξάπλωσης στο χώρο, από ότι ο ρυθμός της καθετής εξάπλωσης των ριζωμάτων (Hemminga et al., 1999). Οι ρυθμοί ανάπτυξης της κατανομής στο χώρο των Ευρωπαϊκών φανερόγαμων περιορίζεται από τον ρυθμό ανάπτυξης των ριζωμάτων τους, με το *Posidonia oceanica* να επιδεικνύει την πιο αργή ανάπτυξη (2 cm ανά έτος) και το *Cymodocea nodosa* να επιδεικνύει την ταχύτερη (200 cm ανά έτος) (Hemminga & Duarte, 2000).

5.1 ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ ΚΑΙ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΗΣ ΔΙΑΝΟΜΗΣ

Η ανάπτυξη και η διάδοση των φανερόγαμων ρυθμίζεται από τις φυσικές, χημικές και βιολογικές ιδιότητες του περιβάλλοντος στο οποίο ζουν. Η επάρκεια φωτισμού, θρεπτικών και ανόργανου άνθρακα αποτελούν βασικές ανάγκες για την διαδικασία της φωτοσύνθεσης, επίσης το κατάλληλο υπόστρωμα, η μετρία έκθεση στους κυματισμούς, η θερμοκρασία και διάφοροι άλλοι βιολογικοί παράγοντες επηρεάζουν την κατανομή των φυτών (Hemminga & Duarte, 2000).

Οι βασικές φυσικές απαιτήσεις των θαλάσσιων φανερόγαμων είναι το αρκετό φως, ένα κατάλληλο υπόστρωμα και μέτρια επίπεδα έκθεσης στους κυματισμούς, αλλά η παρουσία και η κατανομή των φανερόγαμων ανά τον κόσμο ρυθμίζεται επίσης και από έναν αριθμό άλλων παραγόντων. Οι βασικές απαιτήσεις για την ανάπτυξη των φανερόγαμων παρουσιάζει ομοιότητες με αυτές των χερσαίων φυτών. Ωστόσο, η ζωή στο υδάτινο περιβάλλον διαφέρει σημαντικά από πολλές απόψεις από ότι στο χερσαίο περιβάλλον, με ορισμένους πόρους να είναι περιορισμένοι σε ποσότητα ή προσβασιμότητα (Dennison, 1987). Εκτός από τις βασικές φυσικές και χημικές απαιτήσεις για ανάπτυξη, ο βιολογικός ανταγωνισμός από άλλα είδη μπορεί επίσης να επηρεάσει την ανάπτυξη και την κατανομή των φανερόγαμων (Valentine & Heck, 1999).

5.1.1 ΑΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

5.1.2 Φως

Το φως αποτελεί τον σημαντικότερο ρυθμιστικό παράγοντα για την κατανομή των φανερόγαμων στο βάθος, για αυτό το λόγο και αναπτύσσονται σε ρηχά παράκτια νερά, σε βάθη που λαμβάνουν το απαραίτητο φως για την ανάπτυξη τους. Το φως αποτελεί αναπόσπαστο παράγοντα της φωτοσύνθεσης και συνεπώς της ανάπτυξης τους, αλλά σε αντίθεση με το χερσαίο περιβάλλον το φως είναι ένας περιορισμένος πόρος στο υδάτινο περιβάλλον (Dennison, 1987). Όταν το φως διέρχεται διαμέσου της υδάτινης στήλης απορροφάται ή ανακλάται από σωματίδια, όπως το φυτοπλαγκτόν, αιωρούμενα σωματίδια και διαλυμένες ουσίες. Το φως εξασθενεί συνεπώς εκθετικά με την αύξηση του βάθους. Επιπλέον, η εξασθένιση του φωτός μπορεί να ποικίλει από περιοχή σε περιοχή και να εξαρτάται από την θολερότητα της περιοχής, η οποία μπορεί να οφείλεται σε τοπικούς φυσικούς και βιοτικούς παράγοντες (Via et al., 1998).

Το ελάχιστο απαιτούμενο φως είναι περίπου το 10% της ηλιακής ακτινοβολίας που συναντάμε στην ξηρά. Μειωμένα επίπεδα φωτός, οδηγούν τα φυτά στην επιμήκυνση των φύλλων τους και στη μείωση της πυκνότητας των βλαστών. Με αυτήν την προσαρμογή, τα φύλλα αποκτούν μεγαλύτερη φωτοσυνθετική ικανότητα δεσμεύοντας περισσότερο φως. Για την πλειοψηφία των ειδών το φως αποτελεί καθοριστικό παράγοντα για την κατανομή τους στο βάθος φυτών (Hemminga & Duarte, 2000; Olesen et al., 2002).

5.1.3 Φυσική έκθεση

Τα ρεύματα, η δράση των κυμάτων και της παλίρροιας είναι, σε αντίθεση με το φως, οι πιο σημαντικοί παράγοντες σχετικά με την εξάπλωση των φανερόγαμων στα ανωτέρα όρια βάθους. Σε γενικές γραμμές εκτιμάται ότι τα φανερόγαμα δεν συναντώνται σε ταχύτητες ροής μεγαλύτερες 1.5m/sec σε πολύ εκτεθειμένες, σε

εντόνους κυματισμούς, ακτές. Η δράση των ρευμάτων και των κυματισμών περιορίζουν σημαντικά την διάδοση και ανάπτυξη προκαλώντας την επαναιώρηση και μετατόπιση του ιζήματος (Duarte, 1991). Εκτός από την επίδραση του φωτός στην υδάτινη στήλη, η διάβρωση μπορεί να εκθέσει τις ρίζες και τα ριζώματα οδηγώντας στην αποκόλληση από το ίζημα. Επιπλέον, πολύ ισχυρά ρεύματα ή η δράση των κυμάτων μπορεί να αποκολλήσουν ολόκληρα φυτά ή να αποτρέψουν την εναπόθεση νέων βλαστών στο ίζημα. Το *Cymodocea* sp. λόγω του ότι διαθέτει κάθετους βλαστούς, μπορεί να ανταπεξέλθει καλύτερα στις εναποθέσεις του ιζήματος επιμηκύνοντας τους κάθετους βλαστούς τους (Duarte, 1991).

5.1.4 Υπόστρωμα

Άλλος ένας σημαντικός παράγοντας για την ρύθμιση της κατανομής των φανερόγαμων είναι η παρουσία κατάλληλου υποστρώματος. Τα άλγη προσκαλούνται σε πετρώδη υποστρώματα, ενώ τα φανερόγαμα σε αμμώδη ή και λασπώδη υποστρώματα, όπου τα ριζώματα μπορούν να επιμηκυνθούν και οι ρίζες να στερεωθούν. Το *C. nodosa* μπορεί να βρεθεί σε χαλίκια καθώς και σε λάσπη πλούσια σε οργανική ύλη, όπως αυτή τον λιμνοθαλάσσιων οικοσυστημάτων. Επίσης πληθυσμοί του *C. nodosa* στις ακτές της Πορτογαλίας έχουν βρεθεί να αναπτύσσονται σε βραχώδη υποστρώματα, με τις ρίζες και τα ριζώματα τους να διεισδύουν στις ρωγμές των βράχων (Hemminga & Duarte, 2000).

5.1.5 Θρεπτικά

Τα φανερόγαμα απαιτούν επίσης διαφορετικά είδη ανόργανων θρεπτικών, με το άζωτο και το φωσφόρο να είναι τα πιο σημαντικά από ποσοτική άποψη. Οι απαιτήσεις των θρεπτικών για τα φανερόγαμα είναι χαμηλές σε σύγκριση με άλλους υδρόβιους οργανισμούς όπως τα άλγη και το φυτοπλαγκτόν (Hemminga & Duarte, 2000). Αυτό δίνει στα φανερόγαμα, ένα πλεονέκτημα για την ανάπτυξη τους σε περιβάλλοντα με χαμηλά ποσοστά θρεπτικών συστατικών, σε σχέση με άλλους πρωτογενείς παραγωγούς. Σε γενικές γραμμές, τα θρεπτικά στην υδάτινη στήλη των λειμώνων κυμαίνονται συνήθως σε χαμηλά επίπεδα, ειδικά σε θερμότερες περιοχές όπως η Μεσόγειος, αλλά εκτός από την πρόσληψη των θρεπτικών συστατικών από το νερό τα φανερόγαμα μπορούν να απορροφούν θρεπτικά και από το ίζημα (Hemminga & Duarte, 2000).

5.1.6 Θερμοκρασία

Η θερμοκρασία επηρεάζει όλες τις βιολογικές διεργασίες των φυτών. Οι πιο σημαντικές διαδικασίες, η φωτοσύνθεση και η αναπνοή, είναι αργές σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες, αλλά αυξάνονται με τη αύξηση της θερμοκρασίας. Η αναπνοή υπερβαίνει ωστόσο, τη φωτοσύνθεση σε υψηλές θερμοκρασίες δημιουργώντας ένα

αρνητικό ενεργειακό ισοζύγιο στο εσωτερικό του φυτού. Η θερμοκρασία καθορίζει ως εκ τούτου τα γεωγραφικά όρια της ανάπτυξης του φυτού, αν και κάποια προσαρμογή του στην τοπική θερμοκρασία είναι δυνατή. Η ανοχή της θερμοκρασίας διαφέρει μεταξύ των ειδών. Τα είδη *Cymodocea nodosa* και *P. oceanica* αναπτύσσονται σε θερμότερα περιβάλλοντα με θερμοκρασίες που κυμαίνονται από περίπου 10°C έως περίπου 30°C. Η θερμοκρασία θεωρείται ως εκ τούτου η παράμετρος που ελέγχει τη γεωγραφική κατανομή του είδους στην Ευρώπη (Hemminga & Duarte, 2000).

5.1.7 Αλατότητα

Τα φανερόγαμα αναπτύσσονται σε αλατότητες με εύρος από 5 ‰ έως 45 ‰. Αλατότητα επηρεάζει την οσμωτική πίεση των κύτταρων, αλλά πολλά είδη είναι καλά προσαρμοσμένα στις αιφνίδιες αλλαγές της αλατότητας (Fernandez-Torquemada & Sanchez-Lizaso, 2011). Για παράδειγμα, φανερόγαμα συχνά αναπτύσσονται σε σημεία ποταμών ή εκβολών ποταμών, όπου η αλατότητα των οικοτόπων αλλάζει ταχύτατα και μεταβάλλεται σημαντικά με την πάροδο του χρόνου. Μερικά είδη παρουσιάζουν, ωστόσο, μεγαλύτερη ανοχή στις μεταβολές της αλατότητας από ότι άλλα (Hemminga & Duarte, 2000).

5.1.8 O₂

Τα φανερόγαμα χρειάζονται οξυγόνο για την υποστήριξη του μεταβολισμού τόσο της φυλλικής επιφάνειας όσο και του ριζικού τους συστήματος. Αλλά, ενώ τα φύλλα συνήθως βρίσκονται στην οξυγονωμένη υδάτινη στήλη, οι ρίζες και τα ριζώματα βρίσκονται θαμμένα σε ανοξικά ιζήματα. Υπό κανονικές συνθήκες, φωτοσυνθετικά παραγόμενο οξυγόνο ή το οξυγόνο που βρίσκεται στην υδάτινη στήλη μεταφέρεται στις ρίζες και τα ριζώματα με απλή διάχυση από τα φύλλα προς τις ρίζες σε ένα καλά ανεπτυγμένο σύστημα σωλήνων (lacunae) που διατρέχει το φυτό. Ο ιστός κάτω από το έδαφος μπορεί να υποστεί έλλειψη οξυγόνου, εάν η στήλη του νερού γίνεται υποξική ή ανοξική κατά τη διάρκεια περιόδων υψηλών συγκεντρώσεων θρεπτικών και οργανικής ύλης. Ανοξικές συνθήκες επηρεάζουν τον μεταβολισμό των φυτών με αποτέλεσμα κακή διαθεσιμότητα ενέργειας και την παραγωγή τοξικών μεταβολιτών, επηρεάζοντας αρνητικά την ανάπτυξη και την επιβίωση των φυτών (Hemminga & Duarte, 2000).

5.1.9 Υδροθείο-Θειούχες ενώσεις

Υψηλές συγκεντρώσεις υδροθείου και θειούχων ενώσεων στο ίζημα μπορεί να βλάψουν τα φανερόγαμα αφού το υδροθείο είναι μια τοξίνη όπου αναστέλλει την αναπνοή των φυτών. Το υδροθείο είναι παρόν σε ιζήματα πλούσια σε οργανική ύλη

και με χαμηλές συγκεντρώσεις σιδήρου. Για να είναι τοξικό, το υδρόθειο πρέπει να διεισδύσει στα φυτά, κάτι αδύνατον, εφόσον επικρατούν φυσιολογικές συνθήκες όταν υπάρχει οξυγονωμένο ίζημα. Το υδρόθειο οξειδώνεται κοντά στις ρίζες και μετατρέπεται σε αβλαβής θειική ένωση, πρώτου φτάσει στην επιφάνεια των ριζών. Κατά τη διάρκεια έλλειψης οξυγόνου στην υδάτινη στήλη, η παροχή οξυγόνου θα είναι ανεπαρκής με αποτέλεσμα ανοξία στους ριζικούς ιστούς και εισβολή υδρόθειου και άλλων θειούχων ενώσεων (Hemminga & Duarte, 2000).

5.2 ΒΙΟΤΙΚΟΙ ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ

Η ανάπτυξη και η κατανομή των φανερόγαμων επηρεάζεται από άλλους οργανισμούς κυρίως μέσω του ανταγωνισμού ή της φυτοφαγίας. Η υψηλή συγκέντρωση θρεπτικών στην υδάτινη στήλη ευνοεί την δημιουργία επιφύτων και αλγών σε μεγάλες πυκνότητες, περιορίζοντας τη διείσδυση του φωτός στο νερό και κατά συνέπεια την κατανομή των φυτών στο βάθος. Επιπλέον, τα επίφυτα δημιουργούν οριακά στρώματα γύρω από φύλλα περιορίζοντας την πρόσληψη οξυγόνου, ανόργανου άνθρακα και θρεπτικών. Νηματοειδή άλγη μπορούν επίσης να σχηματίσουν πυκνά στρώματα στο θαλάσσιο πυθμένα, γεγονός που θα μειώσει τη ροή του νερού γύρω από τα φύλλα και θα μειώσει την περιεκτικότητα σε οξυγόνο στο νερό όταν αυτά αποικοδομούνται (Hemminga & Duarte, 2000).

5.2.1 Ανταγωνισμός

Ο ανταγωνισμός μεταξύ των διαφόρων ειδών φανερόγαμων θέτει επίσης τα όρια στην ανάπτυξη και κατανομή τους. Για παράδειγμα, το *Z. noltii* αποικίζει συχνά την παλιρροιακή ζώνη ή τα ρηχά νερά, όπου άλλα είδη δεν μπορούν να δημιουργήσουν πληθυσμούς. Σε βαθύτερα νερά όπου το *Z. marina* ή το *C. nodosa* μπορούν να ευδοκιμήσουν, είναι ανταγωνιστικά μεταξύ τους, με το *C. nodosa* να βρίσκεται σε πλεονεκτική θέση. Μύδια (*Mytilus edulis*) μπορεί επίσης να ανταγωνιστούν με φανερόγαμα για την κατάληψη του χώρου. Μύδια περιστασιακά προσκολλούνται στα φύλλα του, π.χ. *Z. marina* σε πολύ υψηλούς αριθμούς. Καθώς αναπτύσσονται καλύπτουν τον πυθμένα και καταστέλλουν την ανάπτυξη των φυτών (Duarte, 1991).

5.2.2 Βρώση-Θήρευση

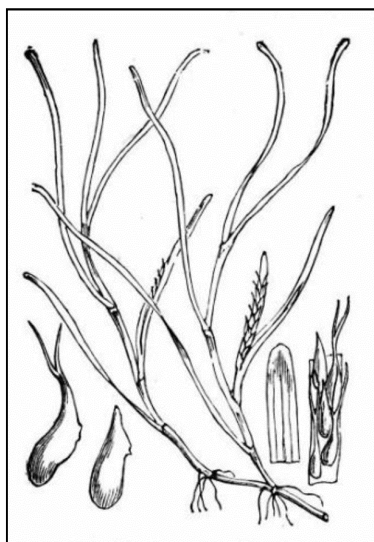
Η κατανάλωση των φανερόγαμων από υδρόβιους οργανισμούς μπορεί να διαδραματίσει σημαντικό ρόλο στην ανάπτυξη και την κατανομή των λειμώνων χωρίς να αποτελεί καθοριστικό παράγοντα. Πουλιά συνήθως τρέφονται με φρέσκα φύλλα σε πολύ ρηγά νερά προκαλώντας την εξαφάνιση των φύλλων. Μερικές φορές ακόμη και τα ριζώματα καταναλώνονται μειώνοντας έτσι τους πληθυσμούς τους. Η επίδραση της βρώσης από τα πτηνά είναι εξαιρετικά μεταβλητή στο χώρο και το χρόνο καθώς η πυκνότητα του πληθυσμού των πουλιών σε μια δεδομένη περιοχή μπορεί να ποικίλλει σημαντικά (Hemminga & Duarte, 2000). Η θήρευση από τα ψάρια δεν είναι τόσο έντονη όσο από τα πουλιά, μόνο λίγα είδη ψαριών ανά των πλανήτη τρέφονται αποκλειστικά από φανερόγαμα (*Sarpa salpa* L.), Το καρκινοειδές *Idotea chelipes* και ο μωβ αχινός *Paracentrotus lividus* επίσης, έχουν βρεθεί να τρέφονται από *Z. marina* και *P. oceanica*, αντίστοιχα. Η σημασία της βρώσης για την κατανομή των θαλάσσιων λιβαδιών θεωρείται σχετικά χαμηλή στα ευρωπαϊκά ύδατα, αλλά οι έρευνες δείχνουν ότι η θήρευση σε φρέσκα φύλλα είναι πιο σημαντική στα είδη που παρουσιάζουν ταχύτερη ανάπτυξη *Z. marina*, *Z. noltii* και *C. nodosa* παρά στο *P. Oceanica* (Valentine & Heck, 1999).

6.1 ΕΙΔΗ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ (ΑΓΓΕΙΟΣΠΕΡΜΩΝ) ΤΗΣ ΜΕΣΟΓΕΙΟΥ

Υπάρχουν τέσσερα ευρωπαϊκά είδη φανερόγαμων:

• *Zostera marina*

ΒΑΣΙΛΕΙΟ:	Plantae
-----------	---------



Εικόνα 1
<https://gobotany.newenglandwild.org/species/zostera/marina/?key=dichotomous>

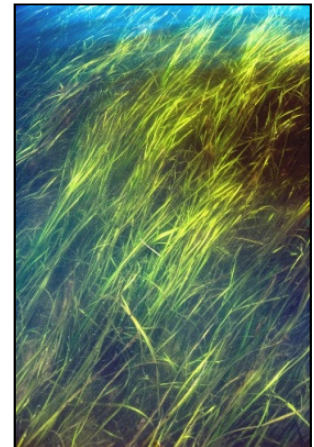
ΔΙΑΙΡΕΣΗ:	Angiosperms
ΚΛΑΣΗ:	Monocots
ΤΑΞΗ:	Alismatales
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ:	Zosteraceae
ΓΕΝΟΣ:	<i>Zostera</i>
ΕΙΔΟΣ:	<i>Z. marina</i>

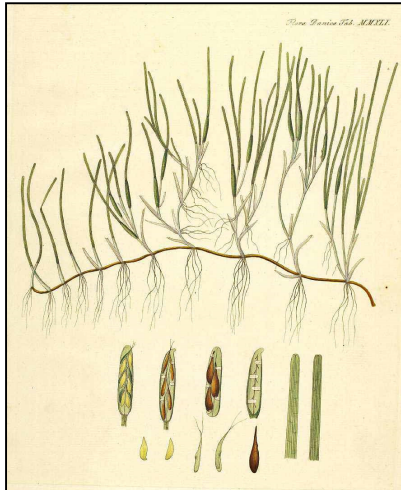
http://en.wikipedia.org/wiki/Zostera_marina

• ***Zostera noltii***

ΒΑΣΙΛΕΙΟ:	Plantae
ΔΙΑΙΡΕΣΗ:	Angiosperms
ΚΛΑΣΗ:	Monocots
ΤΑΞΗ:	Alismatales
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ:	Zosteraceae
ΓΕΝΟΣ:	<i>Zostera</i>
ΕΙΔΟΣ:	<i>Z. noltii</i>

Εικόνα 2
<https://gobotany.newenglandwild.org/species/zostera/marina/?key=dichotomous>





Εικόνα 3 http://www.plantillustrations.org/illustration.php?id_illustration=109970

http://en.wikipedia.org/wiki/Zostera_noltei



Εικόνα 4 http://www.regmurcia.com/servlet/s.SI?sit=c,365,m,2624&r=ReP-16214-DETALLE_REPORTAJESABUELO

• **Cymodocea nodosa**

ΒΑΣΙΛΕΙΟ:

Plantae

ΔΙΑΙΡΕΣΗ:	Angiosperms
ΚΛΑΣΗ:	Monocots
ΤΑΞΗ:	Potamogetonales
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ:	Cymodoceaceae
ΓΕΝΟΣ:	<i>Cymodocea</i>
ΕΙΔΟΣ:	<i>C.nodosa</i>



Εικόνα 5 <http://odumay.free.fr/html/plongee.html>

http://el.wikipedia.org/wiki/Cymodocea_nodosa

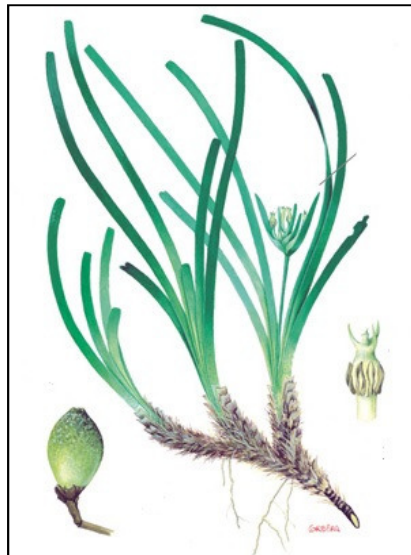


Εικόνα 6 http://www.deconcrete.org/wp-content/uploads/2012/04/granadilla_sebadal-Cymodocea-Nodosa-low.jpg

• **Posidonia oceanica**

ΒΑΣΙΛΕΙΟ:	Plantae
-----------	---------

ΔΙΑΙΡΕΣΗ:	Angiosperms
ΚΛΑΣΗ:	Monocots
ΤΑΞΗ:	Alismatales
ΟΙΚΟΓΕΝΕΙΑ:	Posidoniaceae
ΓΕΝΟΣ:	<i>Posidonia</i>
ΕΙΔΟΣ:	<i>P. oceanica</i>



Εικόνα 7 <http://www.alexandracaron.com/posidonia-oceanica/>

http://en.wikipedia.org/wiki/Posidonia_oceanica



Εικόνα 8 http://www.nuestromar.org/imagenes/noticias/2014/JUN/240614_CTPOSIDONIA.jpg

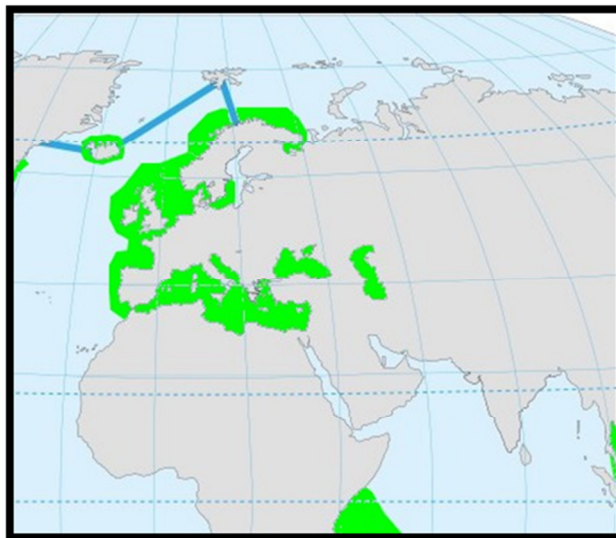
6.2 ΓΕΩΓΡΑΦΙΚΗ ΕΞΑΠΛΩΣΗ ΕΥΡΩΠΑΪΚΩΝ ΕΙΔΩΝ

- *Zostera marina*



Εικόνα 9 <http://www.seagrassli.org/ecology/eelgrass/taxonomy.html>

- *Zostera noltii*



Εικόνα 10 http://en.wikipedia.org/wiki/Zostera#mediaviewer/File:World_map_ocean_genus-Zostera.jpg

- *Cymodocea nodosa*



Εικόνα 11

http://fr.wikipedia.org/wiki/Cymodocea#mediaviewer/File:World_map_ocean_genus_Cymodocea.jpg

- *Posidonia oceanica*



Εικόνα 12 http://en.academic.ru/pictures/enwiki/80/Posidonia_oceanica_range_map.png

7.1 ΣΗΜΑΣΙΑ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ

Τα λιβάδια των φανερόγαμων υποστηρίζουν μια ποικιλία αγαθών όπως ψάρια και οστρακοειδή που παίζουν σημαντικό ρόλο στη διατήρηση της θαλάσσιας

βιοποικιλότητας, στη ρύθμιση τη ποιότητας των παράκτιων υδάτων και στην προστασία της ακτογραμμής (Costanza et al., 1997). Τα παραπάνω χρησιμοποιούνται άμεσα από τους ανθρώπους και ρυθμίζουν την οικονομική ανάπτυξη των ευρωπαϊκών παράκτιων ζωνών. Επιπλέον αποτελούν δείκτες της κατάστασης της παράκτιας ζώνης χρησιμεύοντας έτσι στην βέλτιστη διαχείριση για την διατήρηση και βελτίωση της περιβαλλοντολογικής ποιότητας της (Hemminga & Duarte, 2000).

Παρ' όλο που τα φανερόγαμα δεν είναι ευρέως γνωστά στο κοινό, κατά το παρελθόν ήταν γνωστά και χρησιμοποιούνταν αρκετά από διαφορές παράκτιες κοινότητες. Τα φύλλα του *Posidonia oceanica* χρησιμοποιήθηκαν παραδοσιακά στις μεσογειακές χώρες ως υλικό συσκευασίας για να μεταφέρονται εύθραυστα αντικείμενα (πχ., γυαλιά, αγγεία). Χρησιμοποιήθηκαν επίσης για την διακομιδή φρέσκων ψαριών από τις ακτές στις πόλεις. Καθώς τα παράσιτα ευδοκιμούν λιγότερο στα φύλλα του *P. oceanica* από ότι στα άχυρα χρησιμοποιήθηκαν ως υπόστρωμα στους στάβλους και αργότερα ως γέμισμα σε στρώματα και μαξιλάρια (Ο παπάς Ιούλιος ο ΙΙΙ διέδωσε αυτήν την πρακτική σε όλη την Ιταλία κατά τον 16 αιώνα). Αναπνευστικές μολύνσεις αποτρεπόταν όταν κάποιος κοιμόταν σε τέτοιο υπόστρωμα ενώ άλλες ιατρικές χρήσεις περιελάμβαναν την ανακούφιση της ακμής και των κισών στα πόδια. Όταν το άχυρο σπάνιζε, αποξηραμένα φύλλα χρησιμοποιούνταν για την κατασκευή πλίνθων και μονώσεων για τις οροφές των σπιτιών (πχ., στην ΝΑ Ισπανία και στις Βαlearίδες Νήσους, Κυκλάδες). Στις Κάτω Χώρες, τα φύλλα έχουν χρησιμοποιηθεί ως συστατικά των αναχωμάτων, ήταν το προτιμητέο γέμισμα των στρωμάτων μωρών μέχρι το 1950 και χρησιμοποιούνται μέχρι σήμερα στα καθίσματα των καρεκλών (Pearce, 1998; <http://www.seagrasses.org>).

Τα φύλλα των φανερόγαμων έχουν χρησιμοποιηθεί κατά καιρούς ως λίπασμα και ζωοτροφή για χοίρους, κουνέλια και πουλερικά. Το μεγαλύτερο μέρος της σημερινής γνώσης που σχετίζεται με τη βιολογία και οικολογία των φανερόγαμων, έχει αποκτηθεί κατά τα τελευταία χρόνια του 20^{ου} αιώνα, έχοντας οδηγήσει στην αύξηση της κατανόησης της οικονομικής αξίας που προσφέρουν στον άνθρωπο. Οι βιολογικοί πόροι και οι οικολογικές υπηρεσίες που παρέχονται από τα φανερόγαμα βασίζονται στη φυσική δομή των ίδιων των φυτών και των λιβαδιών όπου σχηματίζουν, στη βιολογική τους δραστηριότητα, και στη συσχέτιση τους με την πανίδα και την χλωρίδα (Pearce, 1998; <http://www.seagrasses.org>).

7.1.1 ΤΑ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΑ ΩΣ ΒΙΟΛΟΓΙΚΟΙ ΔΕΙΚΤΕΣ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΟΤΗΤΑΣ ΚΑΙ ΒΙΟΠΟΙΚΙΛΟΤΗΤΑΣ

Τα φανερόγαμα αποτελούν οικότοπους για ένα μεγάλο αριθμό οργανισμών οι οποίοι αδυνατούν να επιβιώσουν σε πυθμένες δίχως βλάστηση. Η κύρια βιομάζα των φύλλων και των ριζωμάτων παρέχουν ιδανικό υπόστρωμα για προσκολλούντες

οργανισμούς, σταθεροποιούν το ίζημα, και μειώνουν την υπερϊώδη ακτινοβολία. Επιπλέον, η τρισδιάστατη δομή των φανερόγαμων παρέχει κάλυψη για την αποφυγή θήρευσης. Σαν αποτέλεσμα, η αφθονία και η βιοποικιλία της πανίδας και της χλωρίδας όπου ζει στους λειμώνες είναι συγκριτικά υψηλότερη από αυτήν που παρουσιάζεται σε πυθμένες χωρίς βλάστηση (Costanza et al., 1997). Επομένως, τα φανερόγαμα, αυξάνουν την ποικιλία και την βιοποικιλότητα των ενδιαιτημάτων της παράκτιας ζώνης.

Παρουσιάζουν υψηλό ποσοστό πρωτογενούς παραγωγικότητας. Όπως οποιοσδήποτε άλλος φωτοσυνθετικός οργανισμός, τα φανερόγαμα χρησιμοποιώντας φωτεινή ενέργεια, διοξείδιο του άνθρακα και νερό παράγουν τα απαραίτητα για τη θρέψη τους συστατικά ώστε να αυξήσουν την ανάπτυξη τους και την παραγωγή βιομάζας (Hemminga & Duarte, 2000). Τα υψηλά ποσοστά παραγωγής βιομάζας συνεπάγονται με υψηλά ποσοστά παραγωγής O₂, το οποίο αποτελεί υποπροϊόν της φωτοσύνθεσης, και απελευθερώνεται στο νερό. Η βιομάζα συγκεκριμένων ειδών αποσυντίθεται με αργούς ρυθμούς και ορισμένα είδη (πχ. *Posidonia oceanica*), αποθηκεύουν σημαντικά ποσοστά άνθρακα στο ίζημα για μεγάλες χρονικές περιόδους (Ward et al., 1984).

Η πρωτογενής παραγωγή τους αγγίζει μόλις το 1% της συνολικής πρωτογενούς παραγωγής στους ωκεανούς αλλά τα φανερόγαμα είναι υπεύθυνα για το 12% της συνολικής αποθήκευσης άνθρακα στα ιζήματα των ωκεανών. Η πρωτογενής παραγωγή των περιφυτικών αλγών που αναπτύσσονται πάνω στα φανερόγαμα και η βενθική άλγη που βρίσκεται στους λειμώνες είναι εφάμιλλη με αυτή των ίδιων των φανερόγαμων. Σε συνδυασμό με την δευτερογενή παραγωγή και την συσχετιζόμενη με αυτή πανίδα, τα οικοσυστήματα που δημιουργούν τα φανερόγαμα είναι από άποψη πρωτογενούς παράγωγης, αντίστοιχα με αυτά της ξηράς (Hemminga & Duarte, 2000).

Η παράκτια ζώνη είναι ένα δυναμικό περιβάλλον όπου τα ρεύματα και τα κύματα αποσυνδέουν μέρος της βιομάζας των φανερόγαμων και το μεταφέρουν σε παρακείμενα θαλάσσια και επίγεια οικοσυστήματα. Αυτές οι εναποθέσεις οργανικής ύλης κυμαίνονται σε υψηλά επίπεδα (πχ., σε σημείο να υπόκεινται σε άμεση εκμετάλλευση από τον άνθρωπο, όπως προαναφέρθηκε), συμβάλλοντας σημαντικά στη λειτουργία των βιολογικών κοινοτήτων στους παρακείμενους βιότοπους, όπως η πανίδα των ακτών (Bulthuis et al., 1984).

Τα λιβάδια των φανερόγαμων αποτελούν βασικούς βιότοπους για τον κύκλο ζωής πολλών οργανισμών. Πληθυσμοί καρκινοειδών και ψαριών όπου διαβιούν στα λιβάδια αποτελούνται χαρακτηριστικά από ένα μεγάλο ποσοστό προνυμφών και νεαρών ατόμων, γεγονός που υποδεικνύει ότι οι λειμώνες είναι τα προτιμώμενα ενδιαιτήματα για τα πρώιμα στάδια ανάπτυξης των οργανισμών. Αυτό συμβαίνει λόγω της αυξανόμενης διαθεσιμότητας τροφής και της προστασίας από τους θηρευτές. Επιπλέον, τα αποδημητικά πουλιά χρησιμοποιούν ρηχά λιβάδια σαν περιοχές ξεκούρασης και σίτισης κατά τη διάρκεια των ταξιδιών τους. Δακτυλιδόχηνες (*Branta bernicla*), σφυριχάρια (*Anas penelope*) και σουβλόπαπιες

(*Anas acuta*) τρέφονται κατά προτίμηση από φανερόγαμα (Pearce, 1998; Costanza et al., 1997).

7.1.2 ΤΑ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΑ ΩΣ ΦΙΛΤΡΑ ΒΕΛΤΙΩΣΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ ΤΩΝ ΥΔΑΤΩΝ

Ο θόλος των φύλλων μειώνει την κίνηση του νερού και ευνοεί στην συγκράτηση των αιωρούμενων σωματιδίων, ζώντων ή μη, μετατρέποντας τους λειμώνες κατά κάποια τρόπο σε ένα φίλτρο για τα παράκτια ύδατα. Η ικανότητα αυτή, της δέσμευσης των σωματιδίων, ενισχύεται από τους ζωντανούς οργανισμούς που διαβιούν στα φύλλα είτε μέσω φιλτραρίσματος ή ενεργητικής θήρευσης, είτε μέσω της προσκόλλησης επάνω στην προερχόμενη από τους επιφυτικούς οργανισμούς βλέννα που καλύπτει τα φύλλα. Κατά συνέπεια τα φανερόγαμα μπορούν μέχρι ενός σημείου να ρυθμίσουν τη διαφάνεια της υδάτινης στήλης. (Bulthuis et al., 1984; Hemminga & Duarte 2000)) Η αυξημένη διαθεσιμότητα φωτός στον πυθμένα διευκολύνει τα ίδια τα φανερόγαμα και τα λοιπά βενθικά φυτά. Τα φανερόγαμα και τα συσχετιζόμενα με αυτά άλγη έχουν τη δυνατότητα να απορροφούν ανόργανα θρεπτικά μέσω των ριζών και των φύλων τους. Η απόκτηση των θρεπτικών από την υδάτινη στήλη τους επιτρέπει να ανταγωνίζονται με το φυτοπλαγκτό για την πρόσληψη των ανόργανων θρεπτικών τα οποία αποτελούν δομικό στοιχείο της πρωτογενούς παραγωγής στα παράκτια οικοσυστήματα (Gacia & Duarte, 2001). Χαμηλότερη αφθονία φυτοπλακτονικών οργανισμών σημαίνει υψηλότερη ακτινοβολία στον πυθμένα διότι τα φυτοπλακτονικά κύτταρα απορροφούν το φως. Οι λειμώνες των φανερόγαμων, επομένως, μπορούν να θεωρηθούν ως φίλτρα με τη δυνατότητα ελέγχου ορισμένων στοιχείων (αιρούμενα νεκρά σωματίδια, φυτοπλακτονικά κύτταρα, θρεπτικά) που καθορίζουν την ποιότητα στα παράκτια ύδατα (Gacia & Duarte, 2001) .

7.1.3 ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΦΑΝΕΡΟΓΑΜΩΝ ΣΤΗΝ ΔΟΜΗ ΤΩΝ ΑΚΤΟΓΡΑΜΜΩΝ

Ο θόλος των φύλλων, το δίκτυο των ριζωμάτων και των ριζών σταθεροποιούν το ίζημα, μειώνουν την αιώρηση του ιζήματος από τα ρεύματα και τον κυματισμό. Αυτό συμβαίνει εξαιτίας της μειωμένης κίνησης του νερού, λόγω της τριβής του με τον θόλο των φύλλων και λόγω των δομικού πλαισίου όπου δημιουργούν τα ριζώματα στο εσωτερικό του ιζήματος. Υποστρώματα όπου συναντώνται φανερόγαμα είναι λιγότερο πιθανό να επηρεάζονται από ρεύματα και κυματισμούς, έτσι η παρουσία των φανερόγαμων μειώνει την διάβρωση της ακτογραμμής (Gacia & Duarte, 2001). Αποκολλημένα φύλλα, τα οποία αποδεσμευτήκαν κατά το τέλος του βιολογικού τους κύκλου ή νωρίτερα από έντονους κυματισμούς και καιρικές συνθήκες, εναποθέτονται στην ακτή παίζοντας έναν επιπλέον ρόλο στην προστασία της ακτογραμμής. Έντονες συσσωρεύσεις φύλλων, όπως του *Posidonia oceanica* στη

Μεσόγειο, απορροφούν την κινητική ενέργεια των κυμάτων και προστατεύουν τα ιζήματα της ακτής από των αντίκτυπο των κυμάτων, είναι σημαντικά στοιχεία της παράκτιας προστασίας όχι μόνο επειδή προστατεύουν τα ιζήματα από τη διάβρωση αλλά και επειδή τα ίδια μπορούν να παράγουν ίζημα (Hine et al., 1987). Στη Μεσόγειο, παραδείγματος χάριν, τα σωματίδια που αποτελούν το ίζημα έχουν σε πολλές περιπτώσεις βιολογική προέλευση όντας θραύσματα σκελετών, οστρακόδερμων ή σπονδυλικών στηλών θαλασσιών θηλαστικών ή όντας ασβεστούχα υπολείμματα των βενθικών αλγών. Καθώς τα φανερόγαμα φιλοξενούν μια μεγάλη ποικιλία οργανισμών, τα λιβάδια τους μπορούν να θεωρηθούν σαν πηγή νέου ιζήματος. Βιολογικής προέλευσης σωματίδια μπορούν να αποτελούν κύριο συστατικό του ιζήματος σε ακτογραμμές χωρίς ποτάμια και χωρίς ή με χαμηλή εναπόθεση φερτών υλικών από την ξηρά προς τη θάλασσα. Σε τέτοιες περιοχές το ίζημα που παράγεται από τα φανερόγαμα συνεισφέρει σημαντικά στη δομή των ακτών και στην συγκράτηση της διάβρωσης της ακτογραμμής (Gacia & Duarte, 2001).

8.1 ΑΠΕΙΛΕΣ-ΑΠΩΛΕΙΕΣ ΤΩΝ ΘΑΛΑΣΣΙΩΝ ΛΙΒΑΔΙΩΝ

Φυσικές διαταραχές, όπως η θήρευση, οι καταιγίδες, το λιώσιμο των πάγων, και η αποξήρανση αποτελούν αναπόσπαστο μέρος της δυναμικής του οικοσυστήματος των φανερόγαμων. Τα φανερόγαμα εμφανίζουν έναν εξαιρετικά υψηλό βαθμό φαινοτυπικής πλαστικότητας, προσφέροντας ταχεία προσαρμογή στις μεταβαλλόμενες συνθήκες του περιβάλλοντος. Τα φανερόγαμα βρίσκονται σε παγκόσμια ύφεση, με περίπου 30,000 km² να έχουν χαθεί κατά τις τελευταίες δεκαετίες. Η κύρια αιτία βασίζεται σε ανθρώπινες διαταραχές, κυρίως ο ευτροφισμός, η μηχανική καταστροφή των ενδιαιτημάτων, και η υπεραλίευση. Η υπερβολική εισροή θρεπτικών (αζώτου, φωσφόρου) αποτελούν άμεση τοξική απειλή για τα φανερόγαμα, αλλά το πιο σημαντικό, διεγείρει την ανάπτυξη των επιφυτικών και μακροφυκών-μικροφυκών. Αυτό αποδυναμώνει το φως του ήλιου, οδηγώντας στη μείωση της φωτοσύνθεσης και της πρωτογενούς παραγωγής. Αποσυντιθέμενα φύλλα και υποπαράγωγα των άλγεων συνεπικουρούν στο φαινόμενο του ευτροφισμού (Hemminga & Duarte, 2000).

Σε παγκόσμιο επίπεδο, η εκτιμώμενη απώλεια των θαλάσσιων λειμώνων από τις άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις ανθρωπογενών δραστηριοτήτων ανέρχεται σε 33.000 km². Ο σημερινός ρυθμός απώλειας των φανερόγαμων απεικονίζει την κατάσταση των οικοσυστημάτων αυτών και την ανάγκη για την αύξηση της προστασίας και διατήρηση τους. Η εκτεταμένη απώλεια των θαλάσσιων λιβαδιών είναι σε μεγάλο βαθμό αποτέλεσμα της ραγδαίας αύξησης των ανθρώπινων δραστηριοτήτων και των μετατροπών και επεμβάσεων όπου υπόκειται η παράκτια ζώνη, με αποτέλεσμα άμεσες και έμμεσες επιπτώσεις στους λειμώνες. Η παγκόσμια αύξηση του πληθυσμού συγκεντρώνεται στην παράκτια ζώνη. Ορισμένοι επαγγελματικοί κλάδοι που συνδέονται με το θαλάσσιο περιβάλλον, όπως είναι ο τουρισμός, οι θαλάσσιες μεταφορές και η υδατοκαλλιέργεια είναι ταχέως αναπτυσσόμενοι. Ως εκ τούτου, η

ανθρώπινη δραστηριότητα στην παράκτια ζώνη είναι πιθανό να συνεχίσει να αυξάνεται, με αποτέλεσμα ακόμα μεγαλύτερες επιπτώσεις στα φαινόμενα επηρεαστούν (Hemminga & Duarte, 2000).

8.2 ΦΥΣΙΚΕΣ ΚΑΙ ΑΝΘΡΩΠΟΓΕΝΕΙΣ ΑΙΤΙΕΣ

Η πιθανή βασική αιτία απώλειας των φαινομένων είναι η μείωση της διαύγειας του νερού, τόσο από την αυξημένη θρεπτική φόρτωση και την αύξηση της θολότητας. Η εισροή θρεπτικών συστατικών και ιζημάτων από ανθρώπινες δραστηριότητες στην ξηρά έχει σημαντικές επιπτώσεις στις παράκτιες περιοχές, όπου ευδοκούν φαινόμενα. Οι σχετικά υψηλές απαιτήσεις σε φως των φαινομένων τα καθιστούν ευάλωτα στη μείωση της διείσδυσης του φωτός στα παράκτια ύδατα. Σε πιο βιομηχανοποιημένες ακτές, η μείωση στην διαύγεια του νερού προέρχεται από τη ραγδαία αύξηση των εισροών αζώτου και φωσφόρου από την απόρριψη αποβλήτων επηρεαστούν (Lloret et al., 2005).

Άμεσες επιπτώσεις από τις ανθρώπινες δραστηριότητες περιλαμβάνουν: i) αλιεία και υδατοκαλλιέργειες, ii) εισαγωγή εξωτικών ειδών, iii) Δραστηριότητα πλοίων και αγκυροβόληση, iv) αλλοίωση των ενδιαιτημάτων (βυθοκόρηση), ποιοτική αποκατάσταση και παράκτιες κατασκευές). Μέθοδοι αλιείας, όπως η αλιεία με τράτες μπορεί να επηρεάσει σημαντικά τα θαλάσσια λιβάδια με άμεση απομάκρυνση των φυτών από τον πυθμένα μειώνοντας την πυκνότητα των βλαστών και της φυτικής βιομάζας. Στη Μεσόγειο, η εκμετάλλευση των θαλάσσιων πόρων, καθώς και η χρήση ορισμένων τύπων αλιευτικών εργαλείων, όπως τράτες βυθού, έχει αρνητικές επιπτώσεις στους βιοτόπους των φαινομένων επηρεαστούν (Hemminga & Duarte, 2000).

Η εισαγωγή εξωτικών θαλάσσιων οργανισμών, από την τυχαία απελευθέρωση, την προσκόλληση στα πλοία και την υδατοκαλλιέργεια, παραμένει ένας τομέας ανησυχίας, ιδίως όταν τα εισαγόμενα είδη είναι ανταγωνιστικά και χωροκτητικά όπως το φύκος *Caulerpa*. Έργα μεγάλης μηχανικής κλίμακας έχουν επίσης ως αποτέλεσμα την εισβολή ειδών, όπως οι λεγόμενοι λεσσεψιανοί μετανάστες που εισήχθησαν μέσω της διώρυγας του Σουέζ επηρεαστούν (Hemminga & Duarte, 2000).

Ισχυρές διαταραχές, όπως οι ζημιές από τυφώνες, μπορεί επίσης να οδηγήσουν σε σημαντικές απώλειες. Μικρότερης κλίμακας, πιο υποτροπιάζουσες διαταραχές, όπως εκείνης που προκαλείται από την κίνηση των κυμάτων και της άμμου καθώς και διαταραχές από μεγάλους θηρευτές όπως αλλικορίδες ή χήνες, αποτελούν τον παράγοντα δόμησης των λειμώνων, οι οποίοι παρουσιάζουν μια άνιση και αποσπασματική κατανομή στο χώρο επηρεαστούν (Hemminga & Duarte, 2000).

8.2.1 ΠΑΘΟΓΟΝΑ

Πολύ λίγα είναι γνωστά σχετικά με τα παθογόνα και της ασθένειες που σχετίζονται με τα φανερόγαμα. Ωστόσο, ορισμένοι μύκητες του γένους *Labyrinthula* έχουν αναγνωρισθεί ως παθογόνα που προσβάλλουν φανερόγαμα προκαλώντας τη λεγόμενη "εξασθενητική νόσο" (wasting disease). Τα συμπτώματα της ασθένειας από τους μύκητες αυτούς είναι η παρουσία των μικρών σκούρο καφέ ή μαύρων αλλοιώσεων στα φύλλα, εξαπλώνονται κατά μήκος καλύπτοντας τη συνολική επιφάνεια των φύλλων μετά από λίγες εβδομάδες. Συνήθως η προσβολή συμβαίνει σε ώριμα φύλλα, αλλά κατά τη διάρκεια σοβαρών λοιμώξεων τα νεαρά φύλλα μπορεί επίσης να επηρεαστούν (Hemminga & Duarte, 2000). Στην πραγματικότητα, τα είδη του γένους *Labyrinthula* προσβάλλουν συχνά διαφορετικά είδη φυτών ανά τον κόσμο, χωρίς να προκαλούν απώλειες. Έχει παρατηρηθεί ότι η αλληλεπίδραση μεταξύ των φανερόγαμων και των οργανισμών του γένους *Labyrinthula* μπορεί να αποδειχθεί επιζήμια για τα φυτά υπό συγκεκριμένες περιβαλλοντικές συνθήκες όπου είδη καθιστούν τα φανερόγαμα ευάλωτα. Οι σπάνιες αναφορές ασθενειών, όμως, μπορεί να μην αντανακλούν στην υψηλή αντίσταση των φυτών στις λοιμώξεις, αλλά στη δυσκολία εντοπισμού των λοιμώξεων αυτών (Hemminga & Duarte, 2000).

8.2.2 ΚΛΙΜΑΤΙΚΗ ΑΛΛΑΓΗ

Κλιματικές αλλαγές δυναμικής σημασίας για την ανάπτυξη και διανομή των φανερόγαμων περιλαμβάνουν την υπερθέρμανση του πλανήτη, την άνοδο της στάθμης της θάλασσας, την αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα στην ατμόσφαιρα και τους ωκεανούς, και την αυξανόμενη συχνότητα και ένταση των καταιγίδων. Ενώ η αύξηση του διοξειδίου του άνθρακα μπορεί να προβλεφθεί με σχετικά υψηλή ακρίβεια, η υπερθέρμανση του πλανήτη και ιδιαίτερα οι μετεωρολογικές επιπτώσεις της είναι πιο δύσκολο να προβλεφθούν. Η αναμενόμενη αύξηση της θερμοκρασίας του πλανήτη μπορεί να έχει πολλές επιπτώσεις στα φανερόγαμα. Η θερμοκρασία επηρεάζει σχεδόν κάθε πτυχή του μεταβολισμού των φανερόγαμων, την ανάπτυξη, την αναπαραγωγή έχοντας επίσης σημαντικές επιπτώσεις για την αφθονία και την κατανομή των φανερόγαμων. Η σταδιακή αύξηση της θερμοκρασίας μπορεί να αποτελέσει μια σημαντική απειλή στους πληθυσμούς των θαλάσσιων λιβαδιών επηρεαστούν (Hemminga & Duarte, 2000).

8.2.3 ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΑΠΩΛΕΙΕΣ

Οι μηχανικές απώλειες αποτελούν έναν σημαντικό παράγοντα της ανθρωπογενούς πίεσης στους πληθυσμούς των φανερόγαμων. Η αφαίρεση των φυτών και οι βλάβες στους βλαστούς και τα ριζώματα οδηγεί στην δραστική μείωση της έκτασης των λειμώνων. Εξίσου σημαντική με τις άμεσες συνέπειες είναι οι έμμεσες επιπτώσεις που σχετίζονται με την αλλαγή της κυκλοφορίας του νερού και η δυναμική των ιζημάτων που μπορεί να αυξήσει τη διάβρωση στα λιβάδια, η επαναιώρηση σωματιδίων στο ίζημα που οδηγεί στην αύξηση της θολερότητας του

νερού εμποδίζοντας τη φωτοσύνθεση των φυτών (Lloret et al., 2005). Επειδή τα φανερόγαμα αναπτύσσονται σε αμμώδεις πυθμένες παρουσιάζουν υψηλή ευαισθησία στην αλιεία με τράτες. Δραστικές απώλειες φανερόγαμων σε Ευρωπαϊκές παράκτιες ζώνες, από τη Βόρεια Θάλασσα μέχρι τη Μεσόγειο, έχουν προκληθεί από τις τράτες (Hemminga & Duarte, 2000).

8.2.4 ΕΥΤΡΟΦΙΣΜΟΣ

Ο ευτροφισμός των παράκτιων υδάτων προέρχεται από την υπερβολική εισροή θρεπτικών ουσιών στη θάλασσα, οδηγώντας στην υποβάθμιση της ποιότητας των παράκτιων υδάτων, η οποία αποτελεί σημαντικό παράγοντα στην μείωση των θαλάσσιων λιβαδιών ανά τον κόσμο. Ο ευτροφισμός στην παράκτια ζώνη προωθεί την αύξηση του φυτοπλαγκτού, επιδεινώνοντας την κατάσταση του φωτός στο νερό, διεγείροντας την αύξηση επιφυτικών οργανισμών και αλγών, επισκιάζοντας περαιτέρω τα φυτά. Οι συνθήκες αυτές καταλήγουν με απώλειες των φανερόγαμων, ιδίως στα βαθύτερα τμήματα των λειμώνων (Lloret et al., 2005). Οι συνέπειες της υπερβολικής ανάπτυξης του φυτοπλαγκτού, των επιφύτων και των μακροφυκών μπορεί να εξασθενίσουν από την έντονη θήρευση, η οποία μπορεί να μετριάσει τις αρνητικές επιπτώσεις του ευτροφισμού. Ο ευτροφισμός μπορεί, επιπλέον να έχει άμεσες αρνητικές επιπτώσεις από τις υψηλές συγκεντρώσεις θρεπτικών, η υψηλή συγκέντρωση νιτρικού αμμωνίου μπορεί να αποτελέσει τοξικό κίνδυνο για τα φυτά. Προκειμένου να αποφευχθούν τέτοια αποτελέσματα τοξικότητας, προωθούν ένα σημαντικό μέρος του οξυγόνου που παράγουν κατά τη φωτοσύνθεση στις ρίζες. Ωστόσο, ο ευτροφισμός μειώνει την πρωτογενή παραγωγή τόσο μέσω της σκίασης όσο και της απώλειας βιομάζας (Hemminga & Duarte, 2000).

9.1 ΕΙΔΟΣ C. NODOSA

Το είδος *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson είναι φανερόγαμο της οικογένειας Cymodoceaceae, με ευρεία εξάπλωση στη Μεσόγειο Θάλασσα, όπου και είναι το δεύτερο πιο διαδεδομένο είδος φανερόγαμου, μετά το *Posidonia oceanica* (Boudouresque & Hartog, 2000). Στην Ελλάδα, το είδος *C. nodosa* αναπτύσσεται κυρίως στις ακτές του Βορείου Αιγαίου και του Ιονίου πελάγους (Panayotidis et al., 2001; Orfanidis et al., 2005). Συναντάται στην ανώτερη υποπαραλιακή ζώνη σε περιοχές με μέτριες συνθήκες υδροδυναμισμού, όπου και δημιουργεί λιβάδια μωσαϊκού τύπου, μέχρι τα 5-10 m βάθος ή και βαθύτερα (Duarte, 1991).

Είναι γνωστό πως τα θαλάσσια φανερόγαμα λειτουργούν ως σημαντικά δομικά και λειτουργικά στοιχεία του θαλάσσιου οικοσυστήματος μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως δείκτες οικολογικής ποιότητας. Το είδος *C. nodosa* εξαιτίας της ιδιότητάς του να αποκρίνεται άμεσα στις περιβαλλοντικές αλλαγές, χάρη στην ταχεία

ανάπτυξή του, αποτελεί κατάλληλο βιοδείκτη της ανθρωπογενούς πίεσης για τα παράκτια ύδατα (Hemminga & Duarte, 2000; Orfanidis et al., 2007, 2009).



Εικόνα 13 *Cymodocea nodosa* και ρίζωμα



Εικόνα 14 *Cymodocea nodosa*

Το *Cymodocea nodosa* δεν έχει συγκεκριμένη ονομασία στην καθομιλουμένη αγγλική γλώσσα, αλλά προτείνεται συνήθως ο όρος “χορτάρι τον ιπόκαμπων” (seahorse grass) διότι λειμώνες του *C. nodosa* αποτελούν βιοτόπους για το συγκεκριμένο είδος. Στην ελληνική επικράτεια χρησιμοποιείται ο όρος “σιδερόχορτο”. Το *C. nodosa* είναι ένα είδος που ευδοκίμει σε θερμά ύδατα και παρουσιάζει γεωγραφική κατανομή παντού στην Μεσόγειο, γύρω από τις Κανάριες νήσους και στις ακτές της βορείου Αφρικής (Hemminga & Duarte 2000). Το είδος δεν επεκτείνεται περαιτέρω βόρεια από τις νότιες ακτές της Πορτογαλίας. Μπορεί να βρεθεί σε ρηχά υποπαραλιακά ύδατα μέχρι και σε βάθη 50-60m (Duarte, 1991).



Εικόνα 15 Γεωγραφική κατανομή Μεσογείου

Το *Cymodocea nodosa* φέρει δέσμες φύλλων που αποτελούνται από 2 έως 5 φύλλα. Με πλάτος από 2 έως 4 mm και μήκος από 10 έως 45 cm. Κάθε φύλλο έχει 7 έως 9 φλέβες κατά μήκος του. Έχει ανοικτό πράσινο ή γκριζωπό-πράσινο χρώμα φύλλων. Τα φύλλα παρουσιάζουν μεγάλη ομοιότητα με αυτά του φανερόγαμου *Zostera marina* (Den Hartog, 1970). Ωστόσο, οι βλαστοί είναι συνδεδεμένοι σε κάθετα ριζώματα με μικρά τμήματα ριζωμάτων τα οποία με τη σειρά τους είναι συνδεδεμένα σε ένα οριζόντιο ρίζωμα με τμήματα μήκους από 1 έως 6cm. Το ρίζωμα μπορεί να αυξηθεί σε ετήσια βάση κατά μερικά μέτρα, και το *C. nodosa* θεωρείται ως ένα “πρωτοπόρο” είδος το οποίο αποικει κενές περιοχές του πυθμένα εξαιρετικά γρήγορα. Μπορεί να αναγνωριστεί εύκολα από τα κάθετα ριζώματα και από τα επιμήκεις οριζόντια τμήματα του ριζώματος με το χαρακτηριστικό άσπρο προς ροζ χρώμα. Οι ρίζες είναι διασκορπισμένες κατά μήκος των κάθετων και οριζόντιων ριζωμάτων. Κάθε τμήμα του ριζώματος έχει μόνο μια ρίζα η οποία διακλαδίζεται έντονα και μπορεί να έχει πάχος έως και 3mm και μήκος έως και 35cm. Συναντώνται είτε αρσενικά είτε θηλυκά φυτά. Τα θηλυκά άνθη φέρουν δύο ωοθήκες και οι δυο σπόροι που παράγονται έχουν διάμετρο περίπου 8mm και στρογγυλό προς οβάλ σχήμα (Green & Short, 2003; Den Hartog, 1970).

Το *C. nodosa* ανήκει στα είδη ευρωπαϊκών φανερόγαμων και θεωρείται από τα πλέον ταχύτατα, ως προς το ρυθμό ανάπτυξης της. Η ταχύτερη κλωνική ανάπτυξη του είδους του επιτρέπει να διαδίδεται σε αποστάσεις των 300m² μετά από 7 έτη. Η διάρκεια ζωής του, όσο αναφορά τη μέση διάρκεια ζωής των βλαστών ποικίλει ανάμεσα στους 4 με 22 μήνες, με τη μέση διάρκεια ζωής φύλλων να κυμαίνεται ανάμεσα στους 2 με 5 μήνες. Οι κλώνοι του *C. nodosa*, μπορούν να ζήσουν για τουλάχιστον μια δεκαετία. Η ανάπτυξη του *C. nodosa* προκύπτει σχεδόν αποκλειστικά κατά τη διάρκεια της άνοιξης και του καλοκαιριού και παρουσιάζει σημαντική πλαστικότητα, η οποία επιτρέπει στο είδος να προσαρμόζεται και να επιβιώνει όταν προκύπτουν διαταραχές. Για παράδειγμα, η κατακόρυφη και οριζόντια ανάπτυξη των ριζωμάτων παρουσιάζει αρκετή πλαστικότητα ώστε το είδος να μπορεί να αποικίσει σε μη ευνοϊκά ίζηματα και περιβάλλοντα για αλλιά είδη, όπως παραδείγματος χάρη, πυθμένες με μη επίπεδη μορφολογία, όπου μπορεί να υπάρχουν λοφίσκοι με μέσο πλάτος έως και 20 cm (έκταση 7-65 cm), και έντονο κυματισμό (Green & Short, 2003).

Οι βλαστοί ηλικίας μεγαλύτερης του ενός έτους ανθίζουν, ανάμεσα σε Μάρτιο και Ιούνιο. Η ανάπτυξη των καρπών διαρκεί 2 με 3 μήνες, παρ’ όλο που η μέγιστη πυκνότητα των βλαστών που φέρουν καρπούς παρατηρείται κατά τους μήνες Ιούλιο και Αύγουστο. Κατόπιν, οι σπόροι αποκολλούνται από τον “μητρικό” βλαστό και, λόγω αρνητικής πλευστότητας, θάβονται ταχύτατα στο ίζημα κοντά στο “μητρικό” φυτό. Κατά τη διάρκεια έντονων περιβαλλοντικών/καιρικών συνθηκών, οι σπόροι μπορεί να μεταφερθούν σε μεγάλες αποστάσεις, δεδομένου ότι παρατηρούνται λιβάδια σε αποστάσεις μέχρι και 300km μακριά από το κοντινότερο λιβάδι, και σπόροι του φυτού έχουν παρατηρηθεί στις ακτές. Από τον Απρίλιο μέχρι τον Ιούνιο του ακόλουθου έτους οι σπόροι βλαστίζουν. Η θνησιμότητα των κλώνων κυμαίνεται

σε ποσοστά της τάξεως του 50-70% κατά το 1^ο έτος ζωής, ως εκ τούτου, μειώνεται σημαντικά η επιτυχία της σεξουαλικής αναπαραγωγής (Den Hartog, 1970).

Η αναπαραγωγική προσπάθεια και επιτυχία της στο *C. nodosa* παρουσιάζει χρονική και χωρική ετερογένεια. Η ένταση της ανθοφορίας, παραδείγματος χάριν, έχει παρατηρηθεί να αυξάνεται ως αντίδραση στην ταφή στην άμμο. Επιπλέον, η παραγωγή σπόρων του *C. nodosa* περιορίζεται από την χωρική εξάπλωση και αφθονία των αρσενικών και θηλυκών γαμετών. Η τάχιστη ανάπτυξη του είδους και η υψηλή κατανομή του στο χώρο, όταν συγκρίνεται με αυτή άλλων Ευρωπαϊκών φανερόγαμων, υποδεικνύει πως το *C. nodosa* είναι σε θέση να αναπτύξει ένα λιβάδι μέσα σε μια δεκαετία, αν η διαδικασία εποικισμού ξεκινήσει, σε γυμνά ιζήματα. Τα χρονικά περιθώρια για την ανάκαμψη των λειμώνων είναι μικρότερα, εφ' όσον δεν έχει χαθεί όλη η βιομάζα του φυτού. Η γρήγορη κατάληψη του χώρου από το *C. nodosa* αποτελεί αποτέλεσμα της γρήγορης κλωνικής ανάπτυξης, και η σχετικά υψηλή κατανομή του φυτού στο χώρο δικαιολογεί τον σημαντικό ρόλο του είδους για τα Μεσογειακά οικοσυστήματα (Green & Short, 2003).

9.2 ΣΗΜΑΣΙΑ ΤΟΥ ΕΙΔΟΥΣ ΣΤΗ ΘΑΛΑΣΣΑ ΚΑΙ ΣΤΙΣ Λ/Θ

Το φανερόγαμο φυτό *Cymodocea nodosa* είναι ένα είδος με ευρεία εξάπλωση σε όλα τα παράκτια οικοσυστήματα της Μεσογείου, συμπεριλαμβανομένων των λιμνοθαλασσών, στις οποίες σχηματίζει εκτεταμένους λειμώνες (Agostini et al., 2003; Ferrat et al., 2003). Το είδος αποτελεί καλό δείκτη φυσικοχημικών μεταβολών στις λιμνοθάλασσες, κυρίως όταν οι μεταβολές αυτές σχετίζονται με φαινόμενα ευτροφισμού, λόγω της ευαισθησίας του σε μεταβολές στη διαύγεια του νερού και στη διαθεσιμότητα των θρεπτικών σε σχέση με ανταγωνιστικά είδη μακροφυκών (Lloret et al., 2005).

Οι λιμνοθάλασσες αποτελούν οικοσυστήματα που χαρακτηρίζονται από υψηλή βιοποικιλότητα και παραγωγή σε όλα τα τροφικά επίπεδα, αλλά παράλληλα, τα ιδιαίτερα τοπογραφικά και φυσικοχημικά χαρακτηριστικά τους τις καθιστούν ευαίσθητες στις φυσικές ή ανθρωπογενείς μεταβολές (Ferrat et al., 2003). Αν και στη Μεσόγειο οι περισσότερες λιμνοθάλασσες βρίσκονται υπό καθεστώς μερικής ή ολικής προστασίας, η αποτελεσματικότητα των διαχειριστικών μέτρων είναι μικρή με αποτέλεσμα τη συνεχή υποβάθμιση τους (Pasqualini et al., 2006). Τα φανερόγαμα φυτά είναι ιδιαίτερα σημαντικά στα λιμνοθάλασσα οικοσυστήματα προσφέροντας τροφή και καταφύγιο σε πολλούς οργανισμούς, συμβάλλοντας σημαντικά στους κύκλους των θρεπτικών του ιζήματος και του νερού ενώ παράλληλα αποτελούν καλούς βιολογικούς δείκτες της κατάστασης του οικοσυστήματος (Rismondo et al., 1997; Orfanidis et al., 2007).

Οι λειμώνες του *C. nodosa* παράγουν ποικιλία αγαθών (ψαριά - οστρακόδερμα, ίζημα) και παρέχουν “οικολογικές υπηρεσίες” (διατήρηση της βιοποικιλότητας, διατήρηση της ποιότητας του νερού, προστασία της ακτογραμμής) οι οποίες είναι άμεσα χρήσιμες και ευεργετικές για τους ανθρώπους. Η παρουσία και η αφθονία τους, μπορεί να θεωρηθεί, επομένως, σαν δείκτης της συνολικής οικολογικής κατάστασης της παράκτιας ζώνης. Ως εκ τούτου η μακροπρόθεσμη συντήρησή τους στοχεύει στη διατήρηση και ανάπτυξη της οικολογικής ποιότητας της παράκτιας ζώνης. Επιπλέον αλιεία, αστική ανάπτυξη, τουρισμός και άλλες ψυχαγωγικές δραστηριότητες που αποτελούν σημαντικούς τομείς της οικονομίας των ευρωπαϊκών χωρών με πρόσβαση στη θάλασσα είναι, εξαρτώμενες από την ποιότητα των παράκτιων υδάτων και από σταθερότητα της ακτογραμμής, τα παραπάνω υποστηρίζονται έντονα από τους υγιείς, και καλά ανεπτυγμένους λειμώνες των του *C.nodosa* (<http://en.wikipedia.org/wiki/Seagrass>).

Όπως όλα τα φανερόγαμα έτσι και το *C. nodosa* μπορεί να χαρακτηριστεί ως “μηχανικός του οικοσυστήματος”, επειδή δημιουργεί εν μέρει το δικό του περιβάλλον: τα φύλλα επιβραδύνουν τα θαλάσσια ρεύματα, αυξάνουν την ίζηματοποίηση, και οι ρίζες και τα ριζώματα σταθεροποιούν τον πυθμένα. Η σημασία για τους υπόλοιπους οργανισμούς προκύπτει κυρίως από την πρόσφορα καταφυγίου (λόγο της τρισδιάστατης δομής του στην υδάτινη στήλη), και της εξαιρετικά υψηλής πρωτογενούς παραγωγής του. Σαν αποτέλεσμα, το φανερόγαμο αυτό παρέχει στις παράκτιες ζώνες έναν αριθμό “οικοσυστηματικών” αγαθών και “οικοσυστηματικών” υπηρεσιών, παραδείγματος χάριν περιοχές αλιείας, προστασία από τα κύματα παραγωγή οξυγόνου και προστασία ενάντια στη διάβρωση των ακτών. Στα λιβάδια της *C.nodosa* αναλογεί το 15% τις συνολικής συγκέντρωσης άνθρακα στους ωκεανούς. Ανά εκτάριο, συγκρατούν το διπλάσιο διοξείδιο του άνθρακα από τα τροπικά δάση. Ετήσια, δεσμεύουν περίπου 27,4 εκατομμύρια τόνους CO₂ (<http://en.wikipedia.org/wiki/Seagrass>).

Η σημασία του είδους εδώ συνοψίζεται σε ένα σύνολο αξιωμάτων, συχνά αναφερόμενων ως "υπηρεσίες οικοσυστήματος (Costanza et al., 1997)

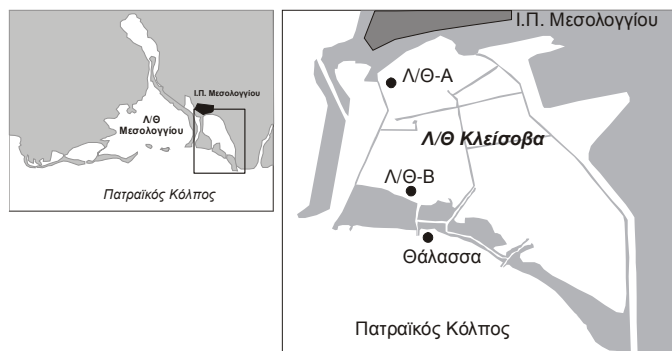
- Αποτελεί σημαντικό παράγοντα πρωτογενούς παραγωγής, μετατρέποντας το φως του ήλιου και το διοξείδιο του άνθρακα αποτελεσματικά σε οργανική μορφή
- Παρέχει οργανική τροφή σε μια ποικίλα τροφικών αλυσίδων
- Σταθεροποιεί τον πυθμένα στον οποίο αναπτύσσεται
- Τροποποιεί τον πυθμένα στον οποίο αναπτύσσεται σε ένα σύνθετο περιβάλλον το οποίο παρέχει ενδιαίτημα σε πολλούς οργανισμούς
- Δημιουργεί κατάλληλες περιοχές διαβίωσης για νύμφες και νεαρά άτομα πολλών εμπορικών ειδών



Εικόνα 16 *C. Nodosa* http://doris.ffessm.fr/fiche2.asp?fiche_numero=762

10.1 ΥΛΙΚΑ & ΜΕΘΟΔΟΙ

Οι δειγματοληψίες του φανερόγαμου φυτού *Cymodocea nodosa* πραγματοποιήθηκαν από τον Ιούλιο του 2008 έως τον Σεπτέμβριο του 2009 σε τρεις θέσεις στην ανατολική περιοχή της λιμνοθάλασσας Μεσολογγίου (Λ/Θ Κλείσοβα). Οι δύο θέσεις δειγματοληψίας (θέσεις Λ/Θ–Α, Β - Εικόνα 1) ήταν στο εσωτερικό τμήμα της λιμνοθάλασσας ενώ η τρίτη (Θάλασσα) ήταν στην παράκτια ζώνη στο μέτωπο της λιμνοθάλασσας. Το βάθος των σταθμών ήταν 1.2m, 0.8m και 1.0m στις θέσεις Λ/Θ Α,Β και Θάλασσα αντίστοιχα.



Εικόνα 17. Σημεία δειγματοληψίας στην περιοχή της λιμνοθάλασσας Κλείσοβας

Σε κάθε θέση συλλέχθηκαν οι βλαστοί και το ρίζωμα από πέντε σημεία σε ακτινωτή διάταξη με απόσταση 10m από το κέντρο της θέσης. Η συλλογή πραγματοποιήθηκε με τη χρήση μεταλλικού πυρηνολήπτη διαμέτρου 20cm ο οποίος εισχώρησε

στο ίζημα σε βάθος 40cm. Σε κάθε πυρήνα έγινε καταμέτρηση όλων των βλαστών. Από κάθε πυρήνα επιλέχθηκαν 10 ακέραιοι βλαστοί στα φύλλα των οποίων μετρήθηκαν τα εξής χαρακτηριστικά: ηλικία φύλλου (ενήλικα, ενδιάμεσα και νεαρά),

μήκος, πλάτος και επιφάνεια φύλλου (χωρίς τον κολεό), παρουσία νέκρωσης, αριθμός ιχνών θήρευσης και παρουσία/απουσία κορυφής του φύλλου. Τα βιομετρικά χαρακτηριστικά των φύλλων μετρήθηκαν από ψηφιακές φωτογραφίες με τη χρήση του προγράμματος Image-Pro 5.0®. Το ξηρό βάρος του συνολικού ριζώματος ανά πυρήνα και των φύλλων ανά βλαστό εκτιμήθηκε σε ζυγό ακριβείας κατόπιν ξήρανσης σε θερμοκρασία 80°C για 24 ώρες. Για κάθε θέση δειγματοληψίας εκτιμήθηκε η πυκνότητα των βλαστών ανά m², το ξηρό βάρος των ριζών και των φύλλων ανά m², το μέσο μήκος, πλάτος και επιφάνεια των φύλλων ανά ηλικία, το ποσοστό των κομμένων άκρων, το ποσοστό της παρουσίας νέκρωσης στα φύλλα και ο μέσος αριθμός ιχνών θήρευσης ανά φύλλο. Τέλος, για κάθε θέση δειγματοληψίας, υπολογίστηκε ο δείκτης επιφάνειας φύλλων (LAI) σύμφωνα με τον τύπο $LAI (m^2 \cdot m^{-2}) = N \cdot E$ όπου: N, ο μέσος αριθμός βλαστών ανά m² και E, η μέση συνολική επιφάνεια των φύλλων σε m². Τέλος, στις θέσεις Λ/Θ-A και Β τοποθετήθηκαν καταγραφικά θερμοκρασίας-φωτός ακριβώς επάνω από τα φύλλα των λειμώνων σε βάθος 60cm και 30cm αντίστοιχα, τα οποία κατέγραφαν με συχνότητα 5min. Η αλατότητα μετρήθηκε με οπτικό διαθλασίμετρο κατά τη διάρκεια των δειγματοληψιών σε όλες τις θέσεις.

Η μεταξύ των σταθμών σύγκριση για τις παραμέτρους που μετρήθηκαν πραγματοποιήθηκε με ανάλυση διασποράς (One-way ANOVA) καθώς και με έλεγχο SNK (Student Newman Keuls test) για να εντοπισθούν οι διαφορές μεταξύ των μέσων τιμών.

11.1 ΑΠΟΤΕΛΕΣΜΑΤΑ

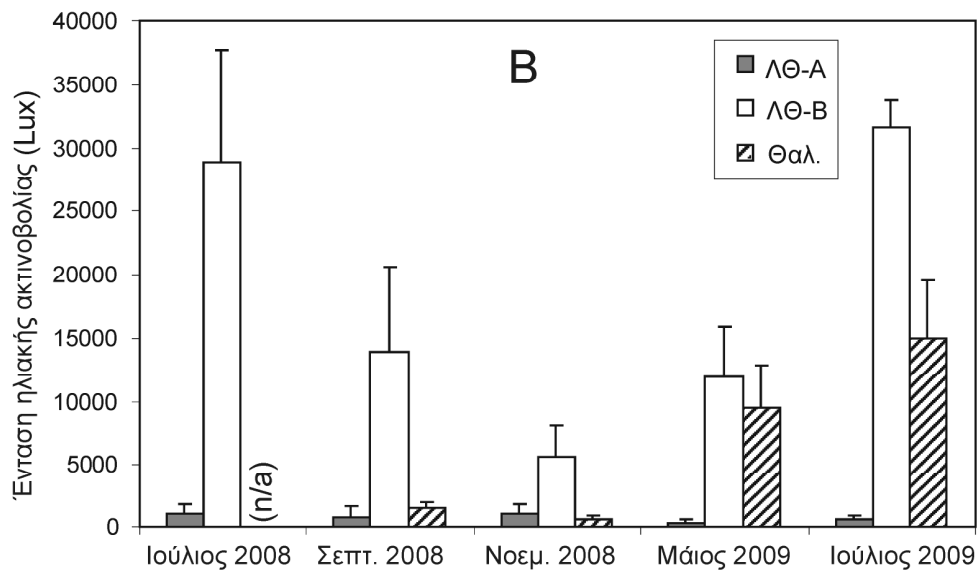
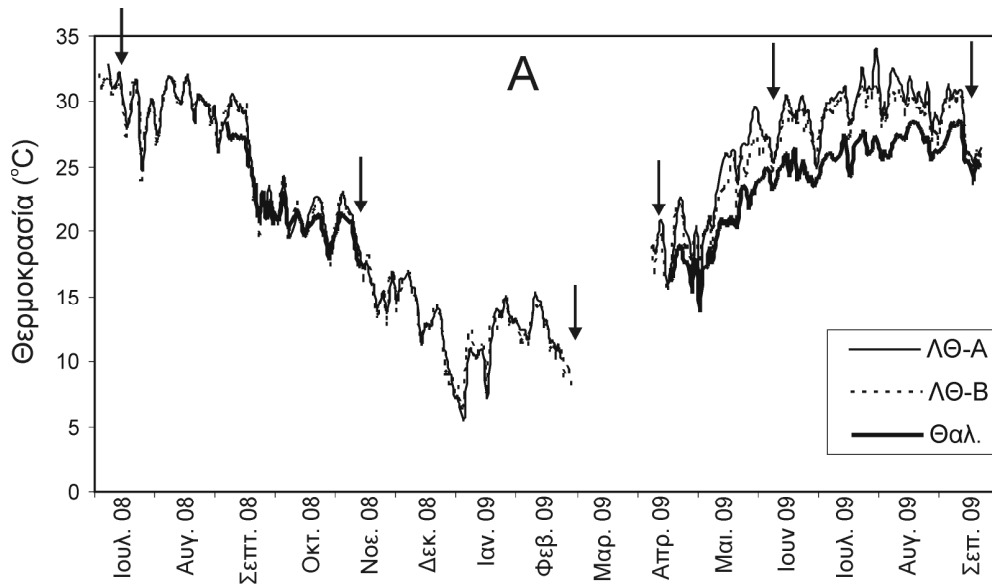
11.1.1 ΠΕΡΙΒΑΛΛΟΝΤΙΚΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ

Η θερμοκρασία του νερού παρουσίασε τυπική εποχική διακύμανση και στις τρεις θέσεις δειγματοληψίας (Εικ. 18-A). Οι χαμηλότερες μέσες ημερήσιες τιμές (περίπου 5°C) παρατηρήθηκαν στις θέσεις εντός της λιμνοθάλασσας στο τέλος Δεκεμβρίου – αρχές Ιανουαρίου ενώ οι υψηλότερες (34-35 °C) στα μέσα Ιουλίου. Δεν παρατηρήθηκαν εμφανείς διαφορές στη θερμοκρασία του νερού μεταξύ των θέσεων ΛΘ-A και ΛΘ-B. Στη θέση δειγματοληψίας στη θάλασσα, από τα υπάρχοντα διαθέσιμα δεδομένα, φάνηκε ότι η μέση ημερήσια θερμοκρασία του νερού ήταν 1 έως 3 °C χαμηλότερη συγκριτικά με τις θέσεις εντός της λιμνοθάλασσας ακολουθώντας το ίδιο πρότυπο διακύμανσης όπως και το νερό της λιμνοθάλασσας αν και με μικρότερο εύρος.

Η αλατότητα κυμάνθηκε στις θέσεις ΛΘ-A και ΛΘ-B μεταξύ 30 (Μάρτιος) και 51 (Σεπτέμβριος) εμφανίζοντας αυξητική τάση από τον Απρίλιο. Στη θάλασσα η διακύμανση της αλατότητας ήταν σημαντικά μικρότερη με τιμές που κυμάνθηκαν μεταξύ 37 (Νοέμβριος) και 40 (Σεπτέμβριος).

Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας που έφτανε ακριβώς επάνω από τα φύλλα των λιβαδιών εμφάνισε έντονες διαφορές μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας (Εικ.

18-B). Στη θέση ΛΘ-B (η πιο ρηχή θέση δειγματοληψίας) η μέση ημερήσια ένταση ήταν σημαντικά υψηλότερη από τις άλλες δύο θέσεις και εμφάνισε ξεκάθαρο εποχικό πρότυπο με τις υψηλότερες τιμές τους θερινούς μήνες και τις χαμηλότερες τους χειμερινούς. Στη θέση δειγματοληψίας στη θάλασσα, οι υψηλότερες τιμές παρατηρήθηκαν επίσης τους θερινούς μήνες αλλά ήταν σημαντικά χαμηλότερες συγκριτικά με τη θέση ΛΘ-B. Αντίθετα, στη θέση ΛΘ-A, η μέση ημερήσια ένταση ηλιακού φωτός ήταν πολύ χαμηλή όλες τις εποχές χωρίς ξεκάθαρο εποχικό πρότυπο.



Εικ. 18. Περιβαλλοντικές παράμετροι στις τρεις θέσεις δειγματοληψίας. Α: Εποχική εξέλιξη της μέσης ημερήσιας θερμοκρασίας (°C). Τα κάθετα βέλη υποδεικνύουν τις ημερομηνίες των δειγματοληψιών στις τρεις θέσεις. Β: Μέση ημερήσια ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας για διάστημα δεκαπενθημέρων σε διάφορες εποχές. Οι κάθετες γραμμές απεικονίζουν την τυπική απόκλιση της μέσης τιμής.

11.1.2 ΠΛΗΘΥΣΜΙΑΚΑ ΚΑΙ ΒΙΟΜΕΤΡΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΤΩΝ

ΛΙΒΑΔΙΩΝ

Η πυκνότητα των βλαστών παρουσίασε ξεκάθαρο εποχικό πρότυπο σε όλες τις θέσεις δειγματοληψίας με υψηλότερες τιμές τους θερινούς μήνες (Ιούνιο–Σεπτέμβριο) και χαμηλότερες στις αρχές της άνοιξης (Μάρτιο) (Εικ. 19-A). Η μέση πυκνότητα των βλαστών του είδους *C. nodosa* βρέθηκε υψηλότερη στη θέση ΛΘ-B και χαμηλότερη στη θέση ΛΘ-A (Πίνακας 1) σε όλες τις δειγματοληψίες ενώ στη θέση Θάλασσα η πυκνότητα των βλαστών εμφάνισε ενδιάμεσες τιμές μεταξύ των δύο άλλων θέσεων. Αντίστοιχο εποχικό πρότυπο και διαφορές μεταξύ των θέσεων παρουσιάστηκε για το ξηρό βάρος των φύλλων και τον δείκτη φυλλικής επιφάνειας (Εικόνα 19-B & Γ). Ο αριθμός των φύλλων ανά βλαστό κυμάνθηκε από ένα έως έξι και παρουσίασε επίσης εποχικό πρότυπο με τις υψηλότερες τιμές την άνοιξη και το καλοκαίρι και τις χαμηλότερες το χειμώνα. Μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας δεν παρατηρήθηκαν έντονες διαφορές (Εικόνα 19-Δ). Το ξηρό βάρος των ριζών εμφανίστηκε σχετικά σταθερό μεταξύ των δειγματοληψιών χωρίς ξεκάθαρη εποχική διαφοροποίηση (Εικόνα 19-E). Στις θέσεις ΛΘ-B και Θάλασσα το ριζικό σύστημα των φυτών βρέθηκε πολύ καλά ανεπτυγμένο με υψηλότερες τιμές συγκριτικά με τη θέση ΛΘ-A (Πίνακας 1). Ο λόγος ΞΒ ριζών/ΞΒ φύλλων βρέθηκε υψηλότερος στη θέση Θάλασσα και χαμηλότερος στη θέση ΛΘ-A (Εικόνα 19-Z). Οι υψηλότερες τιμές του λόγου εμφανίστηκαν τους χειμερινούς και εαρινούς μήνες, πριν την ανάπτυξη των βλαστών και φύλλων στα λιβάδια.

Τα βιομετρικά χαρακτηριστικά των φύλλων (μήκος, πλάτος, επιφάνεια) εμφάνισαν τόσο εποχικές (μεταξύ των δειγματοληψιών) όσο και χωρικές (μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας) διαφορές (Πίνακας 1). Το μήκος των ενήλικων φύλλων βρέθηκε υψηλότερο στη θέση ΛΘ-B και χαμηλότερο στη θέση ΛΘ-A ενώ αντίθετα, το μήκος των ενδιάμεσων φύλλων δεν εμφάνισε διαφορά μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας. Αντίστοιχα, το μήκος των νεαρών φύλλων βρέθηκε υψηλότερο στη θέση Θάλασσα. Το πλάτος των φύλλων (ενήλικα, ενδιάμεσα και νεαρά) βρέθηκε υψηλότερο στις θέσεις Θάλασσα και ΛΘ-B συγκριτικά με τη θέση ΛΘ-A. Αντίστοιχα η επιφάνεια των φύλλων βρέθηκε υψηλότερη στη θέση Θάλασσα για τα ενήλικα και νεαρά φύλλα, ενώ δεν εμφάνισε διαφορές μεταξύ των θέσεων για τα ενδιάμεσα φύλλα (Πίνακας 2). Οι τιμές μήκους, πλάτους και επιφάνειας των φύλλων έδειξαν εποχική διακύμανση με τις χαμηλότερες τιμές την άνοιξη (δειγματοληψίες Μαρτίου – Απριλίου) (Εικόνα 20). Τις χαμηλές αυτές τιμές ακολούθησε η απότομη αύξηση των διαστάσεων των φύλλων μέχρι τη δειγματοληψία του Ιουνίου, όπου παρατηρήθηκαν και οι μέγιστες τιμές στα βιομετρικά χαρακτηριστικά των φύλλων.

Πίνακας 1: Χαρακτηριστικά των λιβαδιών και βιομετρικά χαρακτηριστικά των φύλλων στις τρεις θέσεις δειγματοληψίας (ΛΘ-A, ΛΘ-B και Θάλασσα) ως μέσες (\pm Τυπική απόκλιση), ελάχιστες και μέγιστες τιμές από όλες τις δειγματοληψίες.

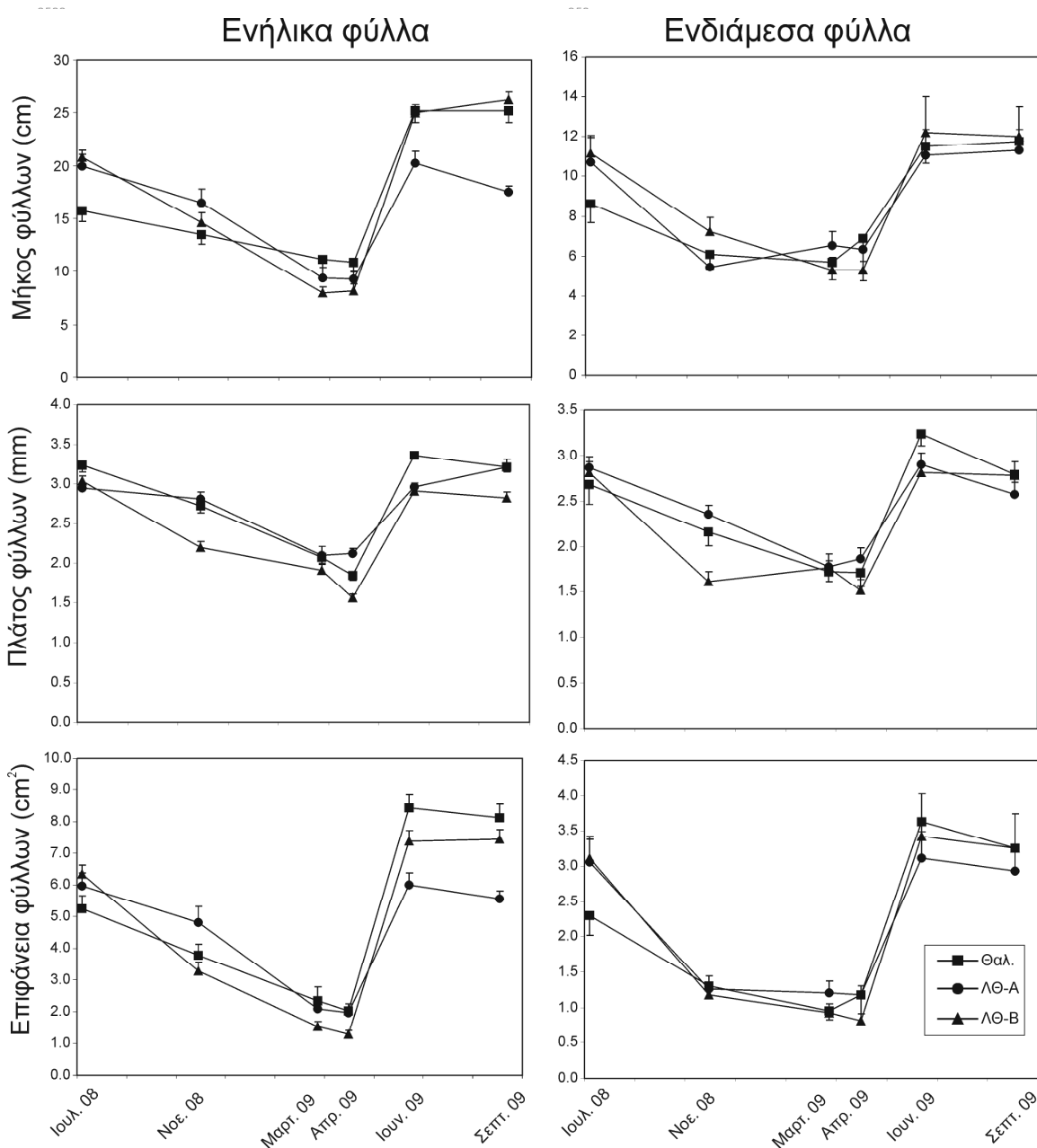
	ΛΘ-A		ΛΘ-B		Θάλασσα	
	Μέση τιμή (±T.A.)	Ελαχ.- Μεγ.	Μέση τιμή (±T.A.)	Ελαχ.-Μεγ.	Μέση τιμή (±T.A.)	Ελαχ.-Μεγ.
Πυκν. βλαστών (βλαστοί · m ⁻²)	1224±460	223- 2101	2660±663	859-3788	1900±421	1082-2578
ΕΒ φύλλων (mg · m ⁻²)	59.0±37.1	7.2- 147.9	203.3±89.9	24.5-383.8	105.3±42.7	26.2-203.5
LAI (m ⁻² · m ⁻²)	1.7±1.3	0.1-5.1	3.8±3.1	0.2-8.4	2.8±2.4	0.2-6.9
Αριθμός φύλλων/βλαστό	2.9±1.1	1-6	3.0±0.9	1-5	2.6±1.0	1-5
ΕΒ ριζών (mg · m ⁻²)	272.9±170.	28.1- 917.7	816.3±231.	105.4- 1228.6	848.5±206.	417.9- 1274.6
Μήκος ενηλ. φύλλων (mm)	6	21.1- 354.5	4	33.9-376.1	0	41.5-346.4
Μήκος ενδιαμ. φύλλων (mm)	168.1±68.9	42.8- 220.3	195.2±79.4	22.9-175.5	190.4±85.9	34.4-170.3
Μήκος νεαρών φύλλων (mm)	97.5±37.7	4.0-66.3	25.5±13.9	2.6-63.2	37.9±18.8	3.2-80.8
Πλάτος ενηλ. φύλλων (mm)	38.1±47.2	1.1-4.2	2.6±0.6	1.1-4.1	3.0±0.6	1.4-4.2
Πλάτος ενδιαμ. φύλλων (mm)	2.8±0.6	1.3-3.8	1.9±0.6	1.0-3.5	2.5±0.7	1.2-3.8
Πλάτος νεαρών φύλλων (mm)	2.6±0.5	0.9-3.3	1.9±0.6	0.5-3.4	2.3±0.7	1.2-3.8
Επιφ. ενηλ. φύλλων (mm)	2.3±0.6	2.8- 1302.1	489.4±249.	541.0±292.	591.4±330.	31.1-1213.2
Επιφ. ενδιαμ. φύλλων (mm)	0	80.8- 741.0	254.3±122.	157.9±112.	218.3±113.	58.0-431.7
Επιφ. νεαρών φύλλων (mm)	2	5.4- 177.8	94.8±134.9	52.2±40.7	97.3±67.7	5.3-300.5

Πίνακας 2: Αποτελέσματα πολυπαραμετρικής ανάλυσης διακύμανσης (Multi factor ANOVA) για το έλεγχο διαφορών των πληθυσμιακών και βιομετρικών χαρακτηριστικών του είδους *C. nodosa* μεταξύ των θέσεων δειγματοληψίας και των ημερομηνιών δειγματοληψίας.

*: Σημαντικές διαφορές σε επίπεδο σημαντικότητας <0.05.

SNK: Αποτελέσματα του ελέγχου Student-Newman-Keuls για τη σύγκριση των μέσων τιμών.

	Παράγοντας	df	F	P	SNK
Πυκνότητα βλαστών	Θέση δειγμ/ψιάς	2	134.5	*	ΛΘ-B>Θαλ>ΛΘ-A



Εικ. 20. Εποχική διακύμανση των μέσων τιμών του είδους *C. nodosa* για το μήκος, πλάτος και την επιφάνεια των ενήλικων και ενδιάμεσων φύλλων στις τρεις θέσεις δειγματοληψίας.

(●): Θέση ΛΘ-A, (▲): Θέση ΛΘ-B, (■): Θέση Θάλασσα. Οι κάθετες γραμμές δείχνουν το 95% διάστημα εμπιστοσύνης για το μέσο. Η κλίμακα του οριζόντιου άξονα είναι σε Ιουλιανές ημέρες (450 ημέρες, με αρχή την 10^η Ιουλίου 2008).

	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	25.35	*	
Ξηρό βάρος φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	107.5	*	$\Lambda\Theta-B>\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	19.72	*	
Ξηρό βάρος ριζών	Θέση δειγμ/ψίας	2	92.74	*	$\Lambda\Theta-B=\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	4.32	*	
Δείκτης φυλλικής επιφάνειας	Θέση δειγμ/ψίας	5	237.29	*	$\Lambda\Theta-B>\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	2	95.77	*	
Μήκος ενήλικων φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	15.83	*	$\Lambda\Theta-B>\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	375.16	*	
Μήκος ενδιάμεσων φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	0.96	0.384	-
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	42.02	*	
Μήκος νεαρών φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	23.43	*	$\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-B=\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	28.09	*	
Πλάτος ενήλικων φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	120.6	*	$\Lambda\Theta-B=\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	529.23	*	
Πλάτος ενδιάμεσων φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	14.74	*	$\Lambda\Theta-B=\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	162.12	*	
Πλάτος νεαρών φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	19.07	*	$\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-B>\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	90.03	*	
Επιφάνεια ενήλικων φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	13.59	*	$\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-B=\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	409.55	*	
Επιφ. ενδιάμεσων φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	1.63	0.198	-
	Ημερ. δειγμ/ψίας	4	92.89	*	
Επιφάνεια νεαρών φύλλων	Θέση δειγμ/ψίας	2	30.91	*	$\Theta\alpha\lambda>\Lambda\Theta-B=\Lambda\Theta-A$
	Ημερ. δειγμ/ψίας	5	51.93	*	

12.1 ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ/ΣΥΖΗΤΗΣΗ

Τα λιβάδια του φυτού *C. nodosa* που μελετήθηκαν στην παρούσα μελέτη εμφάνισαν σημαντικές διαφορές στα πληθυσμιακά και μορφολογικά χαρακτηριστικά των βλαστών μεταξύ των τριών θέσεων δειγματοληψίας. Το λιβάδι στη θέση $\Lambda\Theta-A$ παρουσίασε σε όλα τα χαρακτηριστικά που εξετάστηκαν τις χαμηλότερες τιμές με σημαντικότερες την πυκνότητα του λιβαδιού, την ανάπτυξη του ριζικού συστήματος και το μήκος των φύλλων. Το γεγονός αυτό

πιθανά εξηγείται από τη χαμηλότερη ένταση ηλιακής ακτινοβολίας που φτάνει στο λιβάδι και η οποία οφείλεται κυρίως στη θολερότητα του νερού που παρατηρήθηκε στη θέση σχεδόν σε όλες τις δειγματοληψίες (Βογιατζής Μ. προσωπική παρατήρηση). Η θέση ΛΘ-Α είναι η βαθύτερη μεταξύ των δύο που εξετάστηκαν εντός της λιμνοθάλασσας και με παραπλήσιο βάθος με αυτό του σταθμού στη θάλασσα. Αν και δεν πραγματοποιήθηκαν μετρήσεις συγκέντρωσης χλωροφύλλης ή διαύγειας του νερού στην παρούσα μελέτη, φαίνεται ότι ο πιο εύτροφος χαρακτήρας των νερών της λιμνοθάλασσας οδηγεί σε απότομη μείωση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας στην υδάτινη στήλη, με αποτέλεσμα τη μειωμένη διαθέσιμη ένταση ακτινοβολίας για το φυτό ακόμη και στο βάθος του ενός περίπου μέτρου, όπως άλλωστε παρατηρήθηκε και από τις μετρήσεις της έντασης στην παρούσα μελέτη. Η ένταση της ηλιακής ακτινοβολίας αποτελεί ίσως τον πιο σημαντικό παράγοντα που ελέγχει την εξάπλωση του θαλάσσιων φανερόγαμων στην παράκτια ζώνη. Ως αποτέλεσμα της μειωμένης έντασης του φωτός με το βάθος, τα πληθυσμιακά και βιομετρικά χαρακτηριστικά των λιβαδιών αλλάζουν και πιο συγκεκριμένα μειώνεται η πυκνότητα των βλαστών και το μήκος των φύλλων ώστε να πραγματοποιείται καλύτερη εκμετάλλευση του διαθέσιμου φωτός (Olesen et al., 2002). Παρά τη χαμηλότερη ανάπτυξη του λιβαδιού στη θέση ΛΘ-Α, φάνηκε ότι το φως σε αυτό το βάθος της λιμνοθάλασσας (το οποίο είναι και σχεδόν το μέγιστο βάθος της συγκεκριμένης λιμνοθάλασσας), επαρκεί για την επιβίωση και την ανάπτυξη του φυτού. Η χωρική του εξάπλωση στη συγκεκριμένη λιμνοθάλασσα είναι πιθανό να εξαρτάται από άλλους παράγοντες με πιθανότερο αυτόν της αλατότητας. Οι τιμές αλατότητας που μετρήθηκαν στις θέσεις εντός της λιμνοθάλασσας (30-51psu) και ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια της θερινής περιόδου όπου η αλατότητα ήταν υψηλότερη από 45psu, βρίσκονται κοντά στα όρια ανοχής του φυτού. Σύμφωνα με τις μελέτες των Pages et al (2010) και Fernandez-Torquemada & Sanchez-Lizaso (2011), το είδος *C.nodosa* παρουσιάζει μειωμένη ανάπτυξη σε αλατότητα υψηλότερη από 40psu και αυξημένη θνησιμότητα των βλαστών του σε τιμές υψηλότερες από 50psu. Στις πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποίησαν οι παραπάνω συγγραφείς φάνηκε ότι οι βλαστοί των φυτών νεκρώνονται σε αλατότητα υψηλότερη από 60psu. Στο εσωτερικό τμήμα της λιμνοθάλασσας της Δυτικής Κλείσοβας η αλατότητα ξεπερνά αυτό το όριο των 60psu (Ράμφος Α., αδημοσίευτα στοιχεία) και συνεπώς αποτελεί έναν περιοριστικό παράγοντα στην εξάπλωση του είδους στη λιμνοθάλασσα. Η ύπαρξη των λιβαδιών σε αυτές τις υψηλές τιμές αλατότητας κατά τη θερινή περίοδο, και ιδιαίτερα στη θέση ΛΘ-Β, όπου το λιβάδι παρουσίασε πολύ υψηλή πυκνότητα βλαστών και έντονη ανάπτυξη, υποδεικνύει ότι το είδος είναι καλά προσαρμοσμένο στην υψηλή αλατότητα. Από τις πειραματικές διατάξεις που χρησιμοποίησαν οι Pages et al

(2010), φάνηκε ότι τα φυτά του είδους επιδεικνύουν καλύτερη προσαρμοστικότητα όταν η αύξηση της αλατότητας είναι σταδιακή και όχι απότομη (όπως συμβαίνει στα φυσικά οικοσυστήματα). Επιπλέον, φυτά τα οποία προέρχονταν από περιβάλλοντα με αυξημένη αλατότητα, είναι πιο ανθεκτικά στις υψηλές τιμές αλατότητας συγκριτικά με φυτά που προέρχονται από περιοχή με χαμηλότερες τιμές αλατότητας (Fernandez-Torquemada & Sanchez-Lizaso, 2011).

Διαφορές παρατηρήθηκαν επίσης στη βιομάζα του ριζικού συστήματος των φυτών μεταξύ των τριών θέσεων. Στις θέσεις ΛΘ-A και Θάλασσα το ριζικό σύστημα ήταν ιδιαίτερα ανεπτυγμένο και ο λόγος του Ξηρού Βάρους των ριζών προς το Ξηρό Βάρος των βλαστών υψηλότερο συγκριτικά με τη θέση ΛΘ-A. Το ριζικό σύστημα των θαλάσσιων φυτών αναπτύσσεται σε ένα αντίξοο ανοξικό περιβάλλον στο οποίο συσσωρεύονται τοξικές για τους οργανισμούς χημικές ενώσεις όπως είναι τα θειικά. Για να ανταπεξέλθει το φυτό σε αυτό το αντίξοο περιβάλλον, μεταφέρει οξυγόνο από τους βλαστούς στο ριζικό σύστημα και δημιουργεί έτσι ένα οξυγονωμένο μικροπεριβάλλον στο υπόστρωμα (Mateo et al., 2006). Αυτή η διαδικασία είναι πολύ πιο αποδοτική όταν υπάρχει αρκετό φως στο φύλλωμα των φυτών (>16% της επιφανειακής έντασης). Σε αυτές τις συνθήκες το ριζικό σύστημα παρουσιάζει καλύτερη αύξηση συγκριτικά με φυτά που αναπτύσσονται σε συνθήκες χαμηλού φωτισμού (Mateo et al., 2006). Τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης συμφωνούν με αυτό το γενικό πρότυπο όπου τα φυτά της θέσης ΛΘ-A με τη χαμηλότερη ένταση φωτισμού εμφάνισαν τις χαμηλότερες τιμές βιομάζας στο ριζικό σύστημα ενώ αντίθετα, τα φυτά που αναπτύσσονται στη θάλασσα, όπου το φως ήταν αρκετό και το υπόστρωμα είναι πιο χονδρόκοκκο και με λιγότερο οργανικό υλικό (Αβραμίδης Π., αδημοσίευτα στοιχεία) παρουσίασαν το καλύτερα ανεπτυγμένο ριζικό σύστημα.

Οι τιμές των πληθυσμιακών και βιομετρικών χαρακτηριστικών των λιβαδιών στη λιμνοθάλασσα και στη θάλασσα βρίσκονται μεταξύ των ορίων που αναφέρονται στη βιβλιογραφία (Rismondo et al., 1997; Guidetti et al., 2002; Agostini et al., 2003). Η πυκνότητα των βλαστών και το ξηρό βάρος των βλαστών στη θέση ΛΘ-B επιτρέπει, σύμφωνα με αντίστοιχα αποτελέσματα από άλλες περιοχές, τον χαρακτηρισμό του λιβαδιού ως ιδιαίτερα πυκνού.

Παρά τις διαφορές που παρατηρήθηκαν μεταξύ των θέσεων σχεδόν σε όλες τις παραμέτρους των λιβαδιών, η εποχική ανάπτυξη των φυτών ήταν κοινή μεταξύ των θέσεων. Κατά τη διάρκεια της θερμής περιόδου και συγκεκριμένα μετά τον Απρίλιο, η πυκνότητα των βλαστών και τα βιομετρικά χαρακτηριστικά των φύλλων παρουσίασαν έντονη αύξηση σε όλες τις θέσεις. Η εποχική αυτή ανάπτυξη του είδους *C. nodosa* είναι γνωστή και επηρεάζεται κυρίως από την αύξηση της έντασης της ηλιακής ακτινοβολίας και την αύξηση της θερμοκρασίας

του νερού στην παράκτια ζώνη (Peduzzi & Vucovic, 1990; Guidetti et al., 2002). Σε αντίθεση με το υπέργειο μέρος των φυτών, το ριζικό σύστημα δεν εμφάνισε αντίστοιχο εποχικό πρότυπο, αποτέλεσμα που συμφωνεί και με παρατηρήσεις από άλλες περιοχές της Μεσογείου (Guidetti et al., 2002; Agostini et al., 2003). Οι διακυμάνσεις που παρατηρήθηκαν μεταξύ των δειγματοληψιών σε κάθε θέση είναι πιθανότερο να οφείλονται στη χωρική ετερογένεια εντός των λιβαδιών παρά στην μεταβολή της βιομάζας του ριζικού συστήματος.

Συμπερασματικά, από τα αποτελέσματα της παρούσας μελέτης μπορούμε να πούμε ότι τα λιβάδια του είδους *C.nodosa* εντός και εκτός της λιμνοθάλασσας παρουσιάζουν σημαντική ετερογένεια στα πληθυσμιακά και βιομετρικά χαρακτηριστικά τους. Οι περιβαλλοντικές παράμετροι όπως είναι το φως και η αλατότητα, ελέγχουν σε μεγάλο βαθμό την ανάπτυξη και εξάπλωση τους. Στη συγκεκριμένη λιμνοθάλασσα, φάνηκε ότι το λιβάδι στη θέση ΛΘ-Α έχει περιορισμένη ανάπτυξη και αντιμετωπίζει αντίξοες συνθήκες φωτισμού και αλατότητας. Παρά το μικρό βάθος της λιμνοθάλασσας, η περιορισμένη διαύγεια του νερού φαίνεται να αποτελεί σημαντικό περιοριστικό παράγοντα. Η παρουσία των λιβαδιών στα λιμνοθαλάσσια οικοσυστήματα είναι ιδιαίτερα σημαντική για τη λειτουργία και τη διατήρηση της ισορροπίας αυτών των ευμετάβλητων και ευαίσθητων οικοσυστημάτων και συνεπώς κάθε ανθρώπινη παρέμβαση θα πρέπει να γίνεται πολύ προσεκτικά (Lloret et al., 2005). Η διατήρηση και προστασία των ενδιατημάτων των θαλάσσιων λιβαδιών θα πρέπει να λαμβάνεται σοβαρά υπ' όψη κατά τη διάρκεια της λήψης αποφάσεων.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα μελέτη πραγματοποιείται μια πρώτη καταγραφή των πληθυσμιακών και βιομετρικών χαρακτηριστικών του φυτού *Cymodocea nodosa* εντός και εκτός της λιμνοθάλασσας της Κλείσοβας (λιμνοθαλάσσιο σύμπλεγμα Μεσολογίου-Αιτωλικού, δυτική Ελλάδα). Οι δειγματοληψίες έγιναν τον Ιούλιο 2008 έως και τον Σεπτέμβριο του 2009 σε τρεις θέσεις (δύο στην λιμνοθάλασσα και μία στη θάλασσα) σε βάθη από 0.8 έως 1.2 m. Σε κάθε θέση λήφθηκαν πέντε δείγματα σε ένα κύκλο ακτίνας 10 m. Τα χαρακτηριστικά των λειμώνων που μελετήθηκαν βρίσκονται εντός των αναφερόμενων ευρών για αντίστοιχα οικοσυστήματα της Μεσογείου την ίδια εποχή. Παρ' όλα αυτά, οι λειμώνες της *C. nodosa* παρουσίασαν σημαντική ετερογένεια μεταξύ των θέσεων τόσο στα πληθυσμιακά όσο και στα βιομετρικά χαρακτηριστικά τους παρά τις μικρές διαφορές του βάθους αλλά και της απόστασης μεταξύ τους. Οι διαφορές αυτές αντικατοπτρίζουν την χωρική ετερογένεια

των περιβαλλοντικών παραμέτρων (φως, θερμοκρασία, θολερότητα και πιθανόν σύσταση ιζήματος και θρεπτικά άλατα) μεταξύ των περιοχών.

Abstract

The biometric features of *Cymodocea nodosa* were studied both at the individual and the population level in the Klisova lagoon (Messologhi-Aitoliko lagoon complex, Western Greece). Sampling was carried out in July 2008 until September 2009 at three stations (two in the lagoon and one in the adjacent coastal area) with depth ranging from 0.8 to 1.2 m. Although the observed biometric characteristics of the meadows were in agreement with respective meadows in similar Mediterranean ecosystems, significant differences were observed between the sampling stations. This variation may reflect the corresponding spatial variation of abiotic parameters among the sampling stations such as light availability, temperature, turbidity, nutrients and sediment characteristics.

Keywords: Biomertic features, Western Greece

BIBΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

Den Hartog C (1970) *The Seagrasses of the World*. North Holland Publ. Co., Amsterdam.

Dawes CJ (1981) *Marine Botany*. A Wiley- Interscience Publication. John Wiley & Sons, New York, Chichester, Brisbane, Toronto, Singapore.

Green EP, Short FT (2003) *World Atlas of Seagrasses: Present status and future conservation*. University of California Press.

Hemminga MA, Duarte CM (2000) *Seagrass Ecology*. Cambridge Univ. Press, Cambridge, 298 pp

Pearce D (1998) Auditing the Earth. The value of World's ecosystem services and natural capital. *Environment* 40: 23-28

Bulthuis DA, Brand GW, Mobley MC (1984) Suspended sediments and nutrients in water ebbing from seagrass-covered and denuded tidal mudflats in a Southern Australian embayment. *Aquatic Botany* 20:257-266

- Hine AC, Evans MW, Davis RA, Belknap DF (1987) Depositional response to seagrass mortality along a low-energy, barrier-island coast: West-Central Florida. *Journal of Sedimentary Petrology* 57: 431-439
- Gacia E, Duarte CM (2001) Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia* oceanic meadow: The balance between deposition and resuspension. *Estuarine, Coastal and Shelf Science* 52: 505-514
- Ward LG, Kemp WM, Boynton WR (1984) The influence of waves and seagrass communities on suspended particulates in an estuarine embayment. *Marine Geology* 59:85-103
- Duarte CM (1991) Allometric scaling of seagrass form and productivity. *Marine Ecology Progress Series* 77: 289-300.
- Duarte CM, Merino M, Agawin NSR, Uri J, Fortes MD, Gallegos ME, Marbà N, Hemminga MA (1998) Root production and belowground seagrass biomass. *Marine Ecology Progress Series* 171: 97-108
- Hemminga MA, Marbà N, Stapel J. (1999). Leaf nutrient resorption, leaf life span and the retention of nutrients in seagrass systems. *Aquatic Botany* 65: 141-158
- Marbà N, Duarte CM (1998) Rhizome elongation and seagrass clonal growth. *Marine Ecology Progress Series* 174: 269-280
- Marbà N, Duarte CM, Cebrián J, Enríquez S, Gallegos ME, Olesen B, Sand-Jensen K (1996) Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* in the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline. *Marine Ecology Progress Series* 137: 203-213.
- Agostini, S., Pergent, G. & Marchand, B., 2003. Growth and primary production of *Cymodocea nodosa* in a coastal lagoon. *Aquatic Botany* 76: 185–193
- Cunha A.M. & Duarte, C.M., 2005. Population age structure and rhizome growth of *Cymodocea nodosa* in the Ria Formosa (southern Portugal). *Marine Biology* 146: 841–847
- Duarte, C.M., 1991. Seagrass depth limits. *Aquatic Botany* 40: 363-377
- Dennison WC (1987) Effects of light on seagrass photosynthesis, growth and depth distribution. *Aquatic Botany* 27: 15-26
- Valentine JF, Heck Jr. KL (1999) Seagrass herbivory: evidence for the continued grazing of marine grasses. *Marine Ecology Progress Series* 176: 291-302
- Ferrat, L., Fernandez, C., Pasqualini, V., Pergent, G. & Pergent-Martini, C., 2003. Evolution and Vitality of Seagrasses in a Mediterranean Lagoon. *Journal of Environmental Science & Health*, 38(8): 1459-1468

Lloret, J., Marin, A., Marin-Guirao, L. & Velasco, J., 2005. Changes in macrophytes distribution in a hypersaline coastal lagoon associated with the development of intensively irrigated agriculture. *Ocean & Coastal Management* 48: 828–842

Olesen, B., Enríquez, S., Duarte, C.M. & Sand-Jensen, K., 2002. Depth-acclimation of photosynthesis, morphology and demography of *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* in the Spanish Mediterranean Sea. *Marine Ecology Progress Series* 236: 89–97

Via JD, Sturmbauer C, Schönweger G, Sötz E, Mathekowitsch S, Stifter M, Rieger R (1998) Light gradients and meadow structure in *Posidonia oceanica*: ecomorphological and functional correlates. *Marine Ecology Progress Series* 163: 267-278

Orfanidis, S., Papathanasiou, V. & Gounaris, S., 2007. Body size descriptor of *Cymodocea nodosa* indicates anthropogenic stress in coastal ecosystems. *Transitional Waters Bulletin* 2: 1-7

Pasqualini, V., Pergent-Martini, C., Fernandez, C., Ferrat, L., Tomaszewski, J.E. & Pergent, G., 2006. Wetland monitoring: aquatic plant changes in two Corsican coastal lagoons (Western Mediterranean Sea). *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 16: 43-60

Rismondo, A., Curiel, D., Marzocchi, M. & Scattolin, M., 1997. Seasonal pattern of *Cymodocea nodosa* biomass and production in the lagoon of Venice. *Aquatic Botany* 58: 55-64

Terrados, J., Grau-Castella, M., Pinol-Santina, D. & Riera-Fernandez, P., 2006. Biomass and primary production of a 8–11 m depth meadow versus <3 m depth meadows of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson. *Aquatic Botany* 84: 324–332

Ferrat, L., Fernandez, C., Pasqualini, V., Pergent, G. & Pergent-Martini, C., 2003. Evolution and Vitality of Seagrasses in a Mediterranean Lagoon. *Journal of Environmental Science & Health*, 38(8): 1459-1468.

Fernandez-Torquemada Y. & Sanchez-Lisazo J.L., 2011. Responses of two Mediterranean seagrasses to experimental changes in salinity. *Hydrobiologia*, 669: 21-33.

Guidetti P., Lorenti M., Buia M.C & Mazella L., 2002. Temporal dynamics and biomass partitioning in the three Adriatic seagrass species: *Posidonia oceanica*, *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*. *Marine Ecology*, 23: 51-67.

Mateo M., Romero J., Lee K., Pérez M., Alcoverro T., 2006. Nutrient dynamics in seagrass ecosystems, p.227-254

Pages J.F., Perez M. & Romero J., 2010. Sensitivity of the seagrass *Cymodocea nodosa* to hypersaline conditions: A microcosm approach. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 386: 34-38.

Peduzzi P. & Vucovic A., 1990. Primary production of *Cymodocea nodosa* in the Gulf of Trieste (Northern Adriatic Sea): A comparison of methods. *Marine Ecology Progress Series*, 64: 197-207.

Costanza R, d'Argue R, de Groot R, Farber S, Grasso M, Hannon B, Limburg K, Naeem S, O'Neill RV, Paruelo J, Raskin RG, Sutton P, van den Belt M (1997) The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.

Malea P., Temporal variation in biomass partitioning of the seagrass *Cymodocea nodosa* at the Gulf of Thessaloniki, Greece (2007) *Journal of Biological Research* . 2011, Vol. 15, p75-90. 16p.