



**UNIVERSITÀ DEGLI STUDI
DI GENOVA**

**DIPARTIMENTO DI SCIENZE DELLA TERRA,
DELL'AMBIENTE E DELLA VITA**

**CORSO DI LAUREA MAGISTRALE
IN BIOLOGIA ED ECOLOGIA MARINA
(Classe LM-6)**

**VARIABILITÀ INTER-ANNUALE E CONFRONTO
STORICO DELLA COMUNITÀ EPIFITA NELLA
PRATERIA DI *POSIDONIA OCEANICA* DELLA BAIA DI
PRELO (RAPALLO, GE)**

Relatori:

Prof.ssa Monica Montefalcone

Dr. Alice Oprandi

Correlatore:

Prof. Carlo Nike Bianchi

Candidata:

Elena Gallo

Anno accademico 2019-2020

INDICE

ABSTRACT	3
RIASSUNTO	4
1. INTRODUZIONE	5
1.1. SCOPO DELLA TESI	7
2. POSIDONIA OCEANICA (L.) DELILE	9
2.1. GENERALITÁ	9
2.2. DISTRIBUZIONE	10
2.3. MORFOLOGIA E ACCRESCIMENTO	11
2.4. RIPRODUZIONE	14
3. LA COMUNITÁ EPIFITA	16
3.1. GENERALITÁ	16
3.2. COLONIZZAZIONE DELLE FOGLIE	18
3.2.1. <i>Epifiti vegetali</i>	20
3.2.2. <i>Epifiti animali</i>	20
3.3. VARIABILITÁ E DISTRIBUZIONE DELLA COMUNITÁ EPIFITA ASSOCIATA ALLE FOGLIE	21
3.3.1. <i>Distribuzione spazio-temporale</i>	21
3.3.2. <i>Variabilitá tra lamine fogliari</i>	23
3.4. COMUNITÁ EPIFITA E DISTURBI ANTROPICI	24
3.5. RUOLO DELLA COMUNITÁ EPIFITA DI <i>P. OCEANICA</i>	25
4. MATERIALI E METODI	26
4.1. AREA DI STUDIO	26
4.2. DATI STORICI	28
4.3. ATTIVITÁ DI CAMPO	28
4.4. ATTIVITÁ DI LABORATORIO	30
4.4.1. <i>Analisi fenologica</i>	30
4.4.2. <i>Analisi della comunitá epifita associata alle foglie</i>	33
4.5. ELABORAZIONE DEI DATI	45
4.5.1. <i>Dati fenologici</i>	45

4.5.2.	<i>Dati sulla comunità epifita</i>	46
5.	RISULTATI E DISCUSSIONI	48
5.1.	VARIABILITÀ INTER-ANNUALE	48
5.1.1.	<i>Ricoprimento epifita totale</i>	48
5.1.2.	<i>Confronto tra ricoprimento epifita vegetale e animale</i>	54
5.1.3.	<i>Discussione</i>	59
5.2.	VARIABILITÀ ANNUALE DELLA COMUNITÀ EPIFITA	62
5.2.1.	<i>Epifiti vegetali</i>	64
5.2.2.	<i>Epifiti animali</i>	64
5.2.3.	<i>Discussione</i>	65
5.3.	ANALISI DELLA VARIABILITÀ DELLA COMUNITÀ EPIFITA: CONFRONTO TRA DATI STORICI E RECENTI.....	66
5.3.1.	<i>Epifiti vegetali</i>	69
5.3.2.	<i>Epifiti animali</i>	71
5.3.3.	<i>Discussione</i>	76
6.	CONCLUSIONI	78
	BIBLIOGRAFIA	81

ABSTRACT

The epiphytes of *Posidonia oceanica* leaves constitute an important community associated to marine seagrasses, able to increase their heterogeneity and primary production. Additionally, they play a defensive role from harmful solar radiations and possible desiccation in shallow waters. Epiphytes are characterized by fast life cycles and a marked seasonality in order to adapt to the leaves turnover; because of this, they can respond faster than the plant itself to changes in environmental conditions. Alterations in the community structure and in the seasonal trend of epiphytes could therefore indicate a change in the water quality or the occurrence of stressful events within the meadow. Aim of this thesis is to explore the intra-annual and inter-annual variability of the epiphyte community of *P. oceanica* meadow of Prelo bay (Rapallo, Genoa). Thanks to the availability of a historical series of data collected monthly between 2002 and 2006, it has been possible to verify changes in the composition of the epiphyte community by comparing historical data with recent data collected in July 2019. In 2019, totally, 30 *P. oceanica* samples were collected at 3 different depths (i.e. upper limit, central area of the meadow, lower limit) along a transect perpendicularly oriented to the coast and positioned in the same area of the historical samplings. Epiphytes percentage cover was evaluated using a microscope and 9 target taxa were considered of which, 3 algae (i.e. *Hydrolithon* spp., *Myrionema orbiculare*, *Giraudia sphacelarioides*) and 6 animals (*Electra posidoniae*, *Fenestrulina joannae*, *Aetea* spp., *Plumularia obliqua*, *Sertularia perpusilla*, Serpulidae). The remaining epiphytes not belonging to the previous taxa have been grouped into the categories "other algae" and "other animals".

The two most representative species of the epiphyte community are the coralline alga *Hydrolithon* spp. and the exclusive bryozoan *Electra posidoniae*, while the other taxa seem little contributing to the total cover. The seasonal trend of the epiphytes is consistent with the literature, highlighting a seasonal change in the dominance of the community passing from being mainly represented by animals in spring to a peak of algae in summer. In general, algal epiphytes are more abundant than animal ones; however, these differences seem less evident with the increasing of depth. The year 2003 shows a cover lower than all the other years of the historical series; such a result could be due to the anomalous increase in temperature that characterized the summer season of that year. The comparison after 13 years has shown a general decrease in the coverage of algal taxa to the advantage of animals such as *Electra posidoniae*, which has increased significantly especially at shallower depths. This result could be attributed to an increase in water turbidity due to a greater suspension of particulate matter.

The results of this thesis confirm how the epiphyte community of *P. oceanica* leaves can be effective as a diagnostic tool for monitoring the environmental quality of coastal environments.

RIASSUNTO

Gli epifiti delle foglie di *Posidonia oceanica* costituiscono un'importante comunità associata alle fanerogame marine in grado di aumentarne l'eterogeneità e la produzione primaria dell'habitat, svolgendo un ruolo di difesa dalle radiazioni solari nocive e dal possibile disseccamento in zone superficiali. Gli epifiti sono caratterizzati da cicli vitali veloci e da una spiccata stagionalità per adattarsi al turnover fogliare; per tale motivo riescono a rispondere più velocemente della pianta alle variazioni delle condizioni ambientali. Alterazioni della struttura della comunità e del trend stagionale degli epifiti potrebbero quindi indicare un cambiamento nella qualità delle acque o eventi stressanti verificatisi all'interno della prateria. Lo scopo di questa tesi è esplorare la variabilità intra-annuale e inter-annuale della comunità epifita fogliare della prateria di *P. oceanica* di Prelo (Rapallo, Genova). Avendo a disposizione una serie storica di dati raccolti mensilmente tra il 2002 e il 2006, è stato possibile verificare eventuali cambiamenti nella composizione della comunità epifita confrontando i dati storici con i dati recenti raccolti nel mese di luglio 2019. In totale, per l'anno 2019, sono stati analizzati 30 fasci fogliari raccolti a 3 diverse profondità (i.e. limite superiore, zona centrale della prateria, limite inferiore) lungo un transetto con direzione costa-largo e posizionato nella stessa zona dei campionamenti storici. Il ricoprimento epifita percentuale è stato valutato al microscopio ottico considerando 9 taxa target di cui 3 taxa vegetali (i.e. *Hydrolithon* spp., *Myrionema orbiculare*, *Giraudia sphacelarioides*) e 6 taxa animali (*Electra posidoniae*, *Fenestulina joannae*, *Aetea* spp., *Plumularia obliqua*, *Sertularia perpusilla*, Serpulidi). I restanti epifiti non appartenenti ai precedenti taxa sono stati raggruppati nelle categorie "altri vegetali" e "altri animali".

Le due specie più rappresentative della comunità epifita sono l'alga corallinacea *Hydrolithon* spp. e il briozoo esclusivo *Electra posidoniae*, mentre gli altri taxa sembrano contribuire in maniera trascurabile al ricoprimento epifita totale. L'andamento stagionale degli epifiti della prateria di Prelo è coerente con quanto riportato in letteratura, evidenziando un cambiamento stagionale di dominanza della comunità che passa dall'essere principalmente rappresentata da animali in primavera a un picco di vegetali in estate. In generale gli epifiti vegetali sono più abbondanti rispetto a quelli animali; tuttavia, queste differenze sembrano meno evidenti con l'aumentare della profondità. L'anno 2003 mostra nel complesso un ricoprimento epifita delle foglie inferiore rispetto a tutti gli altri anni della serie storica, un risultato che potrebbe essere riconducibile all'anomalo aumento della temperatura che ha caratterizzato la stagione estiva di quell'anno. Il confronto a distanza di 13 anni ha evidenziato una generale diminuzione nel ricoprimento dei taxa vegetali a vantaggio di quelli animali, come *Electra posidoniae* che è aumentata significativamente soprattutto alle profondità minori. Questo risultato potrebbe essere riconducibile a un aumento di sospensione nella colonna d'acqua con un conseguente incremento della torbidità.

I risultati di questa tesi confermano come la comunità epifita delle foglie di *P. oceanica* possa essere un efficace strumento diagnostico per il monitoraggio della qualità ambientale in ambiente costiero.

1. INTRODUZIONE

Posidonia oceanica (L.) Delile è una fanerogama marina endemica del Mediterraneo, in grado di formare dense ed estese praterie, che rappresentano uno dei più importanti habitat marini costieri del Mediterraneo (Molinier e Picard, 1952).

L'habitat *P. oceanica* è fondamentale, svolge infatti numerosi ed importanti funzioni dal punto di vista fisico e biologico.

Le praterie permettono di stabilizzare il fondale marino e sono essenziali per l'equilibrio idrodinamico delle zone litorali (Colantoni, 1995), poiché proteggono le coste dall'erosione riuscendo ad attenuare l'energia del moto ondoso grazie alla *canopy* fogliare.

Favoriscono inoltre la sedimentazione tramite le foglie che funzionano da filtro intercettando le particelle in sospensione. Le foglie morte permettono inoltre di proteggere il litorale quando si accumulano sulle spiagge spinte dal moto ondoso a formare le *banquettes*.

Una prateria di *P. oceanica* svolge un'importante attività fotosintetica, con la quale crea un'elevata produzione primaria amplificata da quella svolta dagli organismi vegetali che la popolano. Fondamentale inoltre il suo contributo all'ossigenazione delle acque, tanto che Frankignoulle et al. (1984) la considerano, grazie agli scambi gassosi che avvengono nell'interfaccia aria-acqua, un'indispensabile produttrice anche per gli ambienti terrestri.

La grande quantità di sostanza organica derivante dalla fotosintesi costituisce una fonte nutritiva diretta e indiretta per i numerosi organismi che popolano questo ambiente, che risulta perciò essere la base di una complessa catena trofica (Mazzella et al., 1992).

I posidonieti, grazie ai diversi microhabitat che li compongono, presentano una biocenosi molto complessa e ben strutturata, caratterizzata da un'elevata variabilità biologica delle comunità vegetali e animali (Buia et al., 2000).

Raramente sfruttata dagli erbivori a causa del suo scarso contenuto energetico e per la difficoltà digestiva, la maggior parte degli organismi che abitano la prateria tendono a cibarsi degli epifiti della fanerogama (Gambi et al., 1992), organismi sessili, vegetali e animali, che vivono strettamente associati alle foglie e ai rizomi di *Posidonia*.

Fondamentale è poi il ruolo di “nursery”: una prateria costituisce un ambiente ricco di aree protette ideali per la riproduzione e la crescita di numerose specie (Francour, 1997). Possono inoltre essere sfruttate come rifugio da molti organismi.

P. oceanica è quindi considerabile una “foundation species”, “specie strutturante” (Bruno et al., 2003) poiché riesce a creare ambienti ben organizzati a livello tridimensionale e perciò ideali alla vita di numerose specie in ogni stadio vitale.

I posidonieti sono definibili associazioni “climax”: hanno raggiunto lo stadio finale di una successione ecologica molto lunga (Molinier e Picard, 1952) e perciò sono uno degli ecosistemi più importanti delle acque costiere del Mediterraneo (Boudouresque et al., 2006).

Tuttavia, *P. oceanica* è una fanerogama fortemente sensibile alle perturbazioni ambientali e ai disturbi antropici (Giovannetti, 2004). Complici i suoi lenti tassi di crescita, ciò ha portato a fenomeni di regressione e rarefazione delle praterie, molto frequenti nel bacino semi-chiuso del Mediterraneo (Bianchi e Peirano, 1995; Pergent e Pergent-Martini, 1995; Procaccini et al., 2003; Peirano et al., 2005).

I cambiamenti della prateria inducono un impoverimento quantitativo delle varie catene alimentari ed una modificazione fisica dei substrati (Matassini, 2007), portando a cambiamenti quali-quantitativi delle comunità associate che dipendono dall’ambiente stesso.

P. oceanica è perciò inclusa nella lista rossa delle specie marine minacciate del Mediterraneo (Boudouresque et al., 1990) e considerata habitat prioritario meritevole di protezione secondo la Direttiva Habitat (92/43/CEE).

L’ampia diffusione e l’elevata sensibilità di *P. oceanica* le permettono di essere utilizzata come indicatore biologico, in accordo con l’Annesso V della Direttiva Quadro sulle Acque (Water Frame Directive; WFD 2000/60/EC) (Foden e Brazier, 2007).

Un bioindicatore è una specie, o un gruppo di specie, la cui presenza e/o assenza sia rappresentativa di una o più proprietà dell’ecosistema in cui si trova (Guelorget e Perthuisot, 1984). L’uso di bioindicatori permette quindi di determinare lo stato di salute dell’ambiente marino (Pergent e Martini et al., 2005).

Non è solo *P. oceanica* ad essere utilizzata come indicatore della qualità delle acque, ma anche le comunità associate ad essa possono essere sfruttate in tal senso.

In particolar modo sono utili gli epifiti delle foglie della fanerogama, comunità che dona un importante contributo all'elevata biodiversità delle praterie (Bianchi et al., 1989).

La comunità epifita fogliare di *P. oceanica* è strettamente associata a questo microhabitat così dinamico, dovuto al turnover delle foglie. È perciò abituata alle variazioni dei fasci e si è co-evoluta con la pianta sviluppando adattamenti, come cicli vitali molto brevi, che le permettano di rispondere a fronte di ogni modificazione naturale. Tipicamente, la comunità varia con una certa stagionalità sia in ricchezza in specie e in abbondanza sia come morfologia degli epifiti, e ciò è dovuto a caratteristiche abiotiche, quali luce, idrodinamismo, salinità e concentrazione di nutrienti (Piraino e Morri, 1990; Dalla Via et al., 1998; Delgado et al., 1999).

Seppur quindi vi siano delle variazioni stagionali, gli organismi che compongono la comunità epifita fogliare di *P. oceanica* appartengono ad un insieme ben definito e mostrano un notevole grado di specificità per la fanerogama (Van Der Ben, 1971; Scardi et al., 1986).

Caratteristiche come il breve ciclo vitale e la tipicità delle specie e dei gruppi morfologici in base ai fattori fisici e biologici rendono la comunità epifita delle foglie un indicatore di stress ambientale molto più efficiente della pianta, poiché più sensibile e perciò estremamente precoce nelle risposte ai disturbi ambientali.

1.1. SCOPO DELLA TESI

L'obiettivo della presente tesi è esplorare la variabilità intra-annuale e inter-annuale della comunità epifita fogliare della prateria di *P. oceanica* di Prelo (Rapallo, Genova). Avendo a disposizione una serie storica di dati raccolti mensilmente tra il 2002 e il 2006, è stato possibile verificare eventuali cambiamenti nella composizione della comunità epifita, sia su scala spaziale sia su scala temporale, confrontando i dati storici con i dati recenti raccolti nel mese di luglio 2019. Per l'analisi spaziale sono state considerate tre diverse stazioni batimetriche all'interno della prateria, i.e. il limite superiore (4 m), la zona centrale della prateria (9 m) e il limite inferiore (14 m). Per valutare il cambiamento nella composizione della comunità sono stati considerati 9 taxa target di cui 3 taxa vegetali (i.e. *Hydrolithon* spp., *Myrionema orbiculare*, *Giraudia sphacelarioides*) e 6 taxa animali (*Electra posidoniae*, *Fenestrulina joannae*, *Aetea*

spp., *Plumularia obliqua*, *Sertularia perpusilla*, Serpulidi). I restanti epifiti non appartenenti ai precedenti taxa sono stati raggruppati nelle categorie “altri vegetali” e “altri animali”.

2. POSIDONIA OCEANICA (L.) DELILE

2.1. GENERALITÁ

Facente parte della divisione Angiospermae, la fanerogama marina *Posidonia oceanica* (Fig.1) è una pianta endemica del Mediterraneo. Appartiene alla classe delle Monocotiledoni (Liliopsida), piante con un solo cotiledone nel seme, e all'ordine Alismatales, famiglia Posidoniaceae.

Come ogni fanerogama, derivando dalle Angiosperme terrestri presenta le caratteristiche tipiche delle piante superiori, con una chiara differenziazione in vere radici, fusto e foglie. La riproduzione è poi caratterizzata da fiori e semi racchiusi nei frutti, strutture quindi ben visibili che non sono invece presenti nelle alghe e nelle piante meno evolute.



Figura 1: *Posidonia oceanica* (L.) Delile

Oggi si conoscono circa 60 fanerogame marine, ma il passaggio dall'ambiente terrestre a quello marino non è ancora del tutto chiaro. Esistono tuttavia alcune teorie che cercano di spiegare questa migrazione. Quella al momento più attendibile è stata descritta da Den Hartog nel 1970: secondo l'autore, circa 100 milioni di anni fa, alcune piante terrestri residenti nella zona di marea, al confine con l'ambiente marino, si sarebbero evolute in specie capaci di sopportare prima delle brevi immersioni in acqua salata e, successivamente, una vita completamente sommersa in mare.

Il tutto sarebbe possibile grazie all'evoluzione di alcune caratteristiche particolari, di cui un efficace sistema di ancoraggio al substrato e l'evoluzione dell'impollinazione anemofila in idrofilia.

Dal punto di vista storico, *P. oceanica* è una pianta di spicco poiché possiede un apparato floreale primitivo e perciò si ritiene sia stata una delle prime fanerogame a cambiare ambiente di vita.

2.2. DISTRIBUZIONE

Esistono 9 specie facenti parte del genere *Posidonia* ma solo *P. oceanica* è endemica del Mediterraneo, mentre le altre specie si ritrovano lungo le coste australiane.

Grazie a studi approfonditi è risaputo che l'areale di distribuzione del genere *Posidonia* fosse molto più ampio in passato, riuscendo a colonizzare persino le zone tropicali. Tuttavia, la competizione con specie più adatte alle condizioni dei tropici ha fatto sì che si creasse nel tempo una separazione geografica, cosa inoltre confermata da evidenze geniche.

Posidonia oceanica non è l'unica fanerogama marina del Mediterraneo, si trovano infatti altre specie come *Cymodocea nodosa*, *Zostera marina*, *Zostera noltii* e *Halophila stipulacea*. Quest'ultima è originaria del Mar Rosso ma è subentrata nel bacino del Mediterraneo dopo l'apertura del Canale di Suez.

P. oceanica risulta però essere la più abbondante e maggiormente distribuita, formando dense praterie che ricoprono circa il 2-3% del fondale del Mediterraneo sia in zone sabbiose e sia in zone rocciose.

Sono esclusi dal suo areale lo Stretto di Gibilterra e i territori orientali del bacino, come il Mar Nero e il Mar di Marmara, poiché le maggiori temperature non rientrano nel suo range vitale. Non è inoltre presente presso le foci dei fiumi essendo stenohalina, ossia poco tollerante alle variazioni di salinità.

L'estensione dei posidonieti dipende dalla conformazione del litorale, dalla trasparenza dell'acqua, da condizioni climatiche quali luce e temperatura, dall'idrodinamismo e dalla salinità.

Le praterie di *P. oceanica* si posizionano quindi lungo il piano infralitorale con una distribuzione che va da 1 m fino a 40 m di profondità nelle acque più limpide.

2.3. MORFOLOGIA E ACCRESCIMENTO

Posidonia oceanica è una pianta superiore (Fig.2), perciò si differenzia in radici, fusto modificato (il rizoma) e foglie. Può inoltre fiorire per svolgere la riproduzione sessuale, e quindi è provvista di semi racchiusi da frutti.

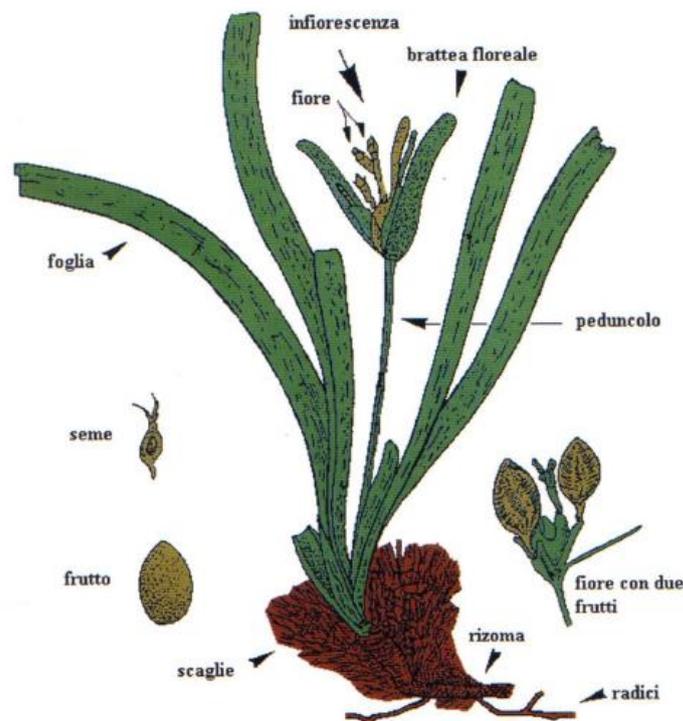


Figura 2: Rappresentazione delle parti della fanerogama (da Mazzella et al., 1986, modificato)

Le radici hanno funzione di assorbimento delle sostanze nutritive dal sedimento e, insieme al rizoma da cui dipartono, costituiscono il sistema di ancoraggio al substrato.

Il rizoma è un fusto modificato la cui parte più esterna è soggetta a lignificazione ed è in grado di accrescersi sia orizzontalmente (rizoma plagiotropo) e sia verticalmente (rizoma ortotropo).

Tipicamente una pianta di *Posidonia* è costituita da un rizoma plagiotropo principale da cui si originano altri rizomi, sia plagiotropi sia ortotropi, mediante stolonizzazione.

In questo modo avviene una lenta ma continua crescita dei rizomi (fino a 1 cm l'anno gli ortotropi e per un massimo di 4 cm l'anno quelli plagiotropi).

Lo sviluppo avviene prima in senso orizzontale, per garantire l'ancoraggio al substrato e l'occupazione di tutto lo spazio a disposizione, e poi anche in verticale, facendo in modo che i tanti fasci fogliari non entrino in competizione tra loro per la disponibilità di luce e riuscendo a contrastare l'insabbiamento dovuto al continuo apporto di sedimenti.

L'intreccio di radici e rizomi e la presenza di sedimento intrappolato origina una peculiare struttura della *Posidonia* definita "matte" (Fig.3), sulla quale la pianta è in grado di accrescersi sfruttandola come substrato se le condizioni dovessero essere idonee. Questo poiché la matte è dovuta ad un equilibrio tra i tassi di sedimentazione e la crescita dei rizomi, infatti se l'insabbiamento dovesse superare la velocità di accrescimento la pianta ne risulterebbe soffocata. Al contrario, un minor apporto di sedimenti porterebbe allo scalzamento dei rizomi.

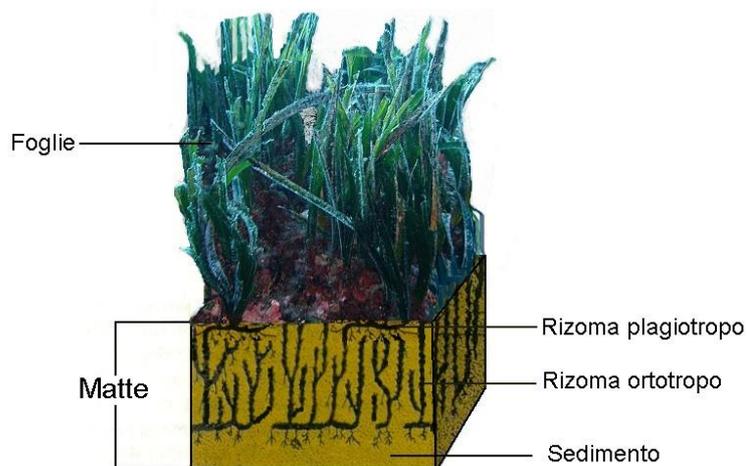


Figura 3: Rappresentazione di matte e rizomi (da Boudouresque e Meinesz, 1982, modificato)

Nella parte superiore del rizoma si trova l'apice vegetativo da cui si originano i fasci fogliari.

Ogni fascio presenta mediamente 7-10 foglie che si sviluppano in una sorta di ventaglio alternato, con le foglie più giovani disposte al centro e le più vecchie a proteggerle posizionandosi all'esterno.

Le foglie più sviluppate sono nastriformi, di colore verde intenso, presentano nervature parallele e apice arrotondato, con lunghezze mediamente tra 50 e 80 cm anche se

possono arrivare fino a 150 cm. La larghezza, così come la lunghezza, dipende dall'età della foglia, ma raramente supera 11 mm.

Le foglie considerabili adulte sono così classificate per la presenza del picciolo (Fig.4), una parte basale lignificata e presentante le stipule con cui avvolgono le foglie più interne dei fasci. Il picciolo si differenzia dal lembo mediante la ligula, una struttura ad arco tesa verso il rizoma. Il lembo ha funzione fotosintetizzante ed è necessario per l'assorbimento delle sostanze nutritive dal mezzo acquoso.

Le foglie giovani ed intermedie non presentano invece la base, e si distinguono sia per il colore più pallido delle lamine giovanili e sia per le differenti dimensioni, non arrivando queste ai 50 mm.

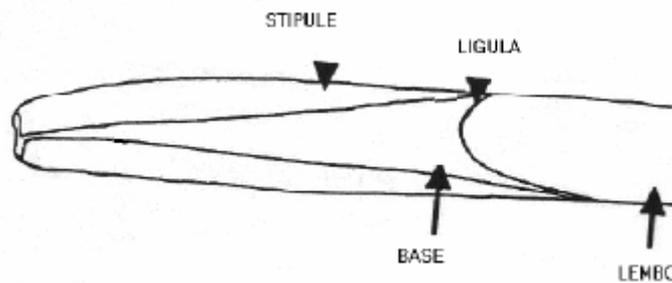


Figura 4: Schematizzazione del picciolo di una foglia adulta (da Giraud, 1979, modificato)

La produzione di nuove foglie è continua e la crescita segue un ciclo annuale, perciò quelle di un singolo fascio potranno presentare lunghezze differenti a seconda del mese in cui si formano.

Le foglie di *P. oceanica* si accrescono dalla parte basale e ciò permette loro di continuare a svilupparsi anche quando l'apice diventa senescente, più scuro e non fotosintetizzante.

Tendenzialmente i periodi di maggior accrescimento sono quello invernale e il primaverile, mentre vi è un tipico rallentamento nel periodo estivo, in cui le foglie più vecchie si presentano ormai senili e con un avanzato ricoprimento epifitico.

In autunno invece avviene la caduta dei lembi fogliari, che si distaccano a livello della ligula lasciando i piccioli adesi al rizoma. Nel tempo, le basi si modificheranno fino ad assumere l'aspetto di scaglie, che in lepidocronologia sono sfruttate per studiare l'età e la crescita dei rizomi.

I lembi distaccati parteciperanno alla formazione di detrito sui fondali oppure, grazie al moto ondoso, si potranno ritrovare lungo le coste in due nuove forme: le banquettes, ossia strutture litorali compatte e necessarie alla protezione delle coste dall'erosione, e le aegagropili, ammassi sferici di nervature fogliari e sedimento che sono facilmente visibili sulle spiagge durante l'inverno.

2.4. RIPRODUZIONE

Posidonia oceanica può riprodursi sia vegetativamente sia sessualmente.

La riproduzione asessuata è dovuta alla già citata stolonizzazione dei rizomi ed è la modalità di diffusione principale della pianta, ideale per espandersi su substrati già colonizzati.

La riproduzione sessuata è possibile grazie alla differenziazione di fiori e frutti, ma si tratta di un evento ciclico dipendente dalle temperature e da caratteristiche della pianta quali dimensioni ed età. In passato era ritenuto un fenomeno piuttosto raro, oggi invece si sa che è molto frequente a tutte le profondità anche se avviene in periodi differenti.

Le praterie superficiali fioriscono tra settembre e ottobre. Nel tardo autunno, invece, iniziano a svilupparsi i primi frutti che matureranno completamente in primavera, tra marzo e aprile.

Nelle zone profonde, oltre 15 m di profondità, il ciclo risulta identico ma con un ritardo riproduttivo di circa due mesi a causa delle differenti condizioni ambientali.

Nella parte centrale dei fasci fogliari si accresce uno stelo portante due brattee floreali che avvolgono per tutta la lunghezza un'infiorescenza verde di 1-4 spighe, ciascuna delle quali può sostenere 3-5 fiori ermafroditi e privi di petali.

Un fiore è ermafrodita quando presenta entrambi gli apparati sessuali: il gineceo (carpello), comprendente un ovario uniloculare e una porzione allungata (stilo) terminante con lo stigma, atto alla ricezione del polline, e l'androceo, costituito da tre stami all'apice dei quali vi sono piccole antere contenenti i granuli pollinici.

L'impollinazione è idrofila, caratteristica indispensabile per sopravvivere in ambiente marino. Il polline presenta una densità simile a quella dell'acqua, perciò, grazie all'idrodinamismo, riesce a raggiungere lo stimma femminile, che si è adattato ulteriormente alla vita sommersa secernendo prodotti vischiosi in grado di trattenerlo.

Una volta maturo, il frutto (Fig.5), volgarmente definito “oliva di mare” per l’aspetto e le dimensioni, si stacca dalla pianta e galleggia sulla superficie del mare grazie al pericarpo poroso e ricco di sostanze oleose. Sfruttando il vento e i movimenti dell’acqua si lascia trasportare anche per grandi distanze, sino a che il pericarpo non si apre lasciando cadere il seme sul fondale. Se il substrato e la profondità sono idonei, il seme germina dando origine a una nuova pianta.

Non sempre i frutti riescono a completare la maturazione, perciò degenerano, assumendo una colorazione scura, e rimangono legati al ciuffo fogliare anche per diversi mesi.

La riproduzione sessuale è quindi un processo fondamentale per apportare una variabilità genetica negli individui ed è inoltre utile per l’espansione verso nuovi areali.



Figura 5: Frutto di *P. oceanica*

3. LA COMUNITÀ EPIFITA

3.1. GENERALITÀ

La complessità di *Posidonia oceanica* a livello di pianta, e delle praterie che forma, permette l'insediamento di un'elevata variabilità biologica (Mazzella et al., 1986).

Non solo macroorganismi vagili e infauna della matte, grande rilevanza è dovuta alla comunità epifita che vive in stretta associazione con la fanerogama marina.

Per comunità epifita s'intende l'insieme di organismi vegetali e animali che vivono a stretto contatto con un substrato, sul quale trascorrono la totalità o la maggior parte del loro ciclo vitale (Mazzella et al., 1986).

Gli epifiti di *P. oceanica* sfruttano come substrati le foglie ed i rizomi, andando a costituire due comunità differenti poiché soggette a fattori ambientali specifici. In particolare, essendo la prateria un ecosistema stratificato, in cui le foglie tendono ad attenuare la luce e il movimento dell'acqua, il substrato fornito dai rizomi tenderà ad essere più riparato e stabile di quello fogliare (Borowitzka e Lethbridge, 1989), che varierà naturalmente in base alla stagione. In aggiunta, è in grado di instaurarsi un gradiente di nutrienti locale e transitorio a causa della mitigazione del movimento dell'acqua (Lepoint et al., 2007).

La comunità associata alle foglie tipicamente possiede diverse specie esclusive, "caratteristiche" e con elevata specializzazione, in grado d'insediarsi esclusivamente su questo substrato (Mazzella et al., 1986).

La comunità dei rizomi, invece, presentante un maggior numero di specie, raramente comprende epifiti esclusivi della prateria (Pessani et al., 1989) poiché tipici dei substrati rocciosi.

La comunità epifita di *P. oceanica* è stata ampiamente studiata negli ultimi 40 anni (Piazzi et al., 2016), anche se risultano esserci maggiori analisi riguardanti le comunità fogliari rispetto a quelle dei rizomi. Nella letteratura si registrano un totale di 660 specie epifite di *Posidonia*, equamente distribuite tra foglie e rizomi (Piazzi et al., 2016). Tra queste, la maggior parte risultano essere macroalghe fogliari, di cui le Rhodophyta dominano su tutte. Per quanto riguarda gli invertebrati, il phylum Bryozoa corrisponde al più presente, seguito da Cnidaria e Porifera.

Sono presenti altri phylum vegetali ed animali, come Ochrophyta, Chlorophyta, Annelida e Tunicata (Piazzi et al., 2016). In generale, sull'apparato fogliare si ritrovano più macroalghe, mentre gli invertebrati sono tipicamente più abbondanti sui rizomi (Balata et al., 2007; Nesti et al., 2009).

Nonostante l'ampia variabilità, la diversità delle specie della comunità epifita di *P. oceanica* risulta comunque inferiore di quella tipica dei substrati rocciosi (Boudouresque, 1974; Panayotidis, 1981).

Nel presente studio viene valutata esclusivamente la comunità epifita associata alle foglie (Fig.6).



Figura 6: Foglie di *P. oceanica* epifitate

Le foglie di *P. oceanica* forniscono ampia superficie per l'insediamento di organismi epifiti. Tuttavia, il substrato fogliare risulta essere fortemente dinamico essendo legato ad un ciclo stagionale che termina con la caduta della lamina. Inoltre, anche l'erosione degli apici influenza la stabilità del substrato (Ott, 1980; Wittmann et al., 1981).

La comunità epifita delle foglie deve perciò possedere risposte funzionali adeguate, come cicli vitali brevi e una riproduzione efficiente che permetta di colonizzare le foglie molto velocemente (Panayotidis, 1981). Ciò si traduce anche in un'elevata stagionalità degli epifiti, poiché dipenderanno dal turnover fogliare.

I valori minimi di ricoprimento e una minor ricchezza in specie sono tipici della stagione invernale, tra dicembre e aprile. Il massimo della biodiversità e del ricoprimento, invece, coincide con il rallentamento della crescita delle foglie, nel

periodo estivo tra giugno e settembre. Ciò è dovuto, oltre che per le caratteristiche ambientali, a un adattamento tra pianta ed epifiti, in cui i secondi trovano condizioni più stabili avendo a disposizione la superficie di lunghe foglie ormai senili (Giovannetti, 2004).

Gli epifiti sono inoltre soprattutto fotofili e tolleranti al movimento dell'acqua (Van der Ben, 1971; Balata et al., 2007; Medina-Pons, 2011).

La struttura della comunità epifita è quindi legata al ciclo di crescita dell'ospite (Giovannetti, 2004), ma anche la comunità epifita può influenzare la pianta su cui cresce (Silberstein et al., 1986; Cambridge et al., 2007) provocando interazioni necessarie al mantenimento e alla produttività dell'ecosistema (Harlin, 1975; Orth e VanMontfrans, 1984; Hays, 2005).

Mentre gli epifiti animali sottraggono la luce che verrebbe utilizzata dalla pianta, gli epifiti algali aumentano il potere fotosintetico della prateria.

3.2. COLONIZZAZIONE DELLE FOGLIE

Le foglie di *P. oceanica* si accrescono dal basso, di conseguenza la parte basale risulta la più giovane mentre l'apice la sezione più vecchia. Inoltre, in ogni fascio le foglie nuove si trovano situate al centro, protette dalle foglie adulte.

L'accrescimento della comunità epifita di *P. oceanica* presenta un gradiente (Chessa et al., 1995; Cebrián et al., 1999) con una successione spaziale degli epifiti sia lungo il lembo fogliare, in cui si verifica l'aumento del ricoprimento epifitico dalla base all'apice (Novak, 1984; Mazzella et al., 1986), sia nella successione delle foglie, aumentando dalle più giovani, interne, alle adulte esterne (Buia et al., 1989). Il gradiente lungo la foglia è dovuto inoltre anche alla diversa esposizione alla luce e all'idrodinamismo (Mazzella et al., 1981).

La colonizzazione da parte degli epifiti, tuttavia, segue anche una successione temporale. Il processo di colonizzazione inizia sin dai primi giorni di vita delle foglie anche grazie a processi biochimici (Svane e Petersen, 2001) che portano a sviluppare alcune microepifite, di cui inizialmente batteri e diatomee.

Il loro insieme ed i loro secreti, che rilasciano per ancorarsi al substrato, vanno a costituire un biofilm necessario sia agli insediamenti successivi sia nell'assorbire i raggi

UV, favorendo di conseguenza lo sviluppo delle piante in acque poco profonde (Brandt e Koch, 2003).

Ai microepifiti si uniscono poi i dinoflagellati, di cui alcuni studi recenti hanno verificato la presenza di specie tossiche associate alle foglie di *Posidonia* (Turki, 2005; Aligizaki e Nikolaidis, 2006; Mabrouk et al., 2011, 2012, 2014c).

A una settimana dagli insediamenti iniziali si ritrovano le prime alghe, mentre gli animali colonizzeranno solo dopo che si saranno instaurati gli epifiti vegetali (Giovannetti, 2004).

A livello spaziale (Fig.7), la parte basale e giovane della foglia è relegata all'insediamento dei soli organismi unicellulari. La parte centrale, invece, è dominata da forme incrostanti che si protraggono fino all'apice: è in quest'ultima parte che si ritrova il ricoprimento maggiore e in uno stadio più avanzato, con presenza di organismi eretti che si accrescono sulle forme incrostanti e la massima complessità possibile con tutti i gruppi ben rappresentati.

Sia gli epifiti algali sia gli epifiti animali presentano forme incrostanti e forme erette.

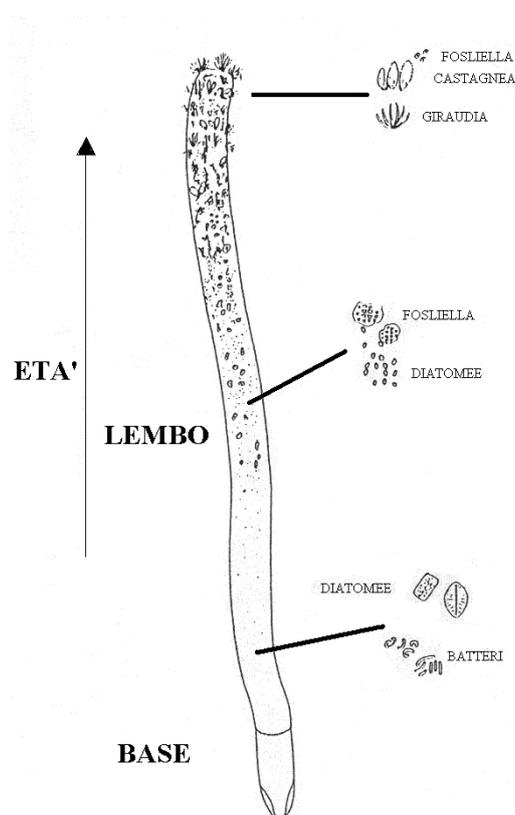


Figura 7: Successione spaziale degli epifiti lungo la foglia di *P. oceanica* (da Mazzella et al., 1986, modificato)

3.2.1. *Epifiti vegetali*

Le macroalghe delle foglie di *P. oceanica* sono specie fotofile, perlopiù esclusive delle praterie ma alcune presenti anche come epifiti di grandi macrofite (Van Der Ben, 1971). Le alghe incrostanti sono gli epifiti dominanti delle foglie di *P. oceanica* con una biomassa pari circa al 60% dell'intera comunità, mentre quelle erette sono quasi il 20% della biomassa epifita (Piazzi et al., 2016).

Le macrofite incrostanti solitamente presenti sono Rhodophyta, di cui specialmente i generi calcificati *Hydrolithon* e *Pneophyllum*, che risultano essere gli organismi più abbondanti in assoluto e che hanno un tipico accrescimento dai bordi fogliari verso l'interno, generalmente a partire dal centro della foglia sino alla parte distale.

Myrionema orbiculare, epifita esclusiva di *P. oceanica*, è invece l'Heterokontophyta più abbondante e anch'esso si presenta a partire dalla parte centrale della lamina.

Tra le forme erette quella più comune è *Giraudia sphacelarioides*, una Phaeophyceae esclusiva di *P. oceanica* che tende a colonizzare gli apici delle foglie. Sono presenti anche molte Rhodophyta come *Polysiphonia* e *Ceramium*.

3.2.2. *Epifiti animali*

Vi è molta biodiversità tra l'epifauna fogliare di *P. oceanica*, con una dominanza di briozoi (pari a circa il 15%) (Cebrián et al., 1999; Lepoint et al., 2007) e, in minor misura, di idrozoi. Seguono poriferi, anellidi ed alcuni tunicati.

Tra i taxa incrostanti più conosciuti vi sono i briozoi *Electra posidoniae* e *Fenestrulina joannae*, che prediligono rispettivamente la porzione centrale e basale dei lembi fogliari. *Electra posidoniae*, specie quasi esclusiva di *P. oceanica*, da recenti studi sulla comunità epifita della fanerogama in Mediterraneo, risulta essere presente nel 100% dei casi (Piazzi et al., 2016).

Tra le forme calcaree si riscontrano anche molti Serpulidi, il cui tubo rimane cementato ai lembi fogliari.

Tra le forme erette, il briozoo *Aetea truncata* è tipico degli apici delle foglie, mentre sulla parte basale vengono ritrovati idroidi coloniali quali *Sertularia perpusilla*, esclusiva di *P. oceanica*, e *Plumularia obliqua*.

La zonazione dei briozoi è probabilmente correlata sia alla flessibilità del substrato (Piazzi et al., 2016), che dipende dalla posizione lungo la foglia, sia alla rigidità dello zoario dei briozoi (Giovannetti, 2004).

Lungo le foglie di *P. oceanica*, e specialmente nei segmenti basali e interni, si rinvencono inoltre le teche ovigere di molti organismi.

Molte larve di invertebrati si insediano soprattutto nelle parti giovani delle foglie e dei fasci per minimizzare il contatto con eventuali competitori più opportunisti (Piazzi et al., 2016).

3.3. VARIABILITÀ E DISTRIBUZIONE DELLA COMUNITÀ EPIFITA ASSOCIATA ALLE FOGLIE

3.3.1. Distribuzione spazio-temporale

La comunità epifita viene influenzata da una serie di condizioni che ne controllano composizione e distribuzione. I fattori possono essere riassunti in due categorie (Van Montfrans et al., 1984): fattori abiotici, come l'idrodinamismo, la luce, la temperatura, la disponibilità di nutrienti e la salinità, e fattori biotici, di cui il grazing, i rapporti competitivi e il già precedentemente citato turnover delle foglie.

Ruolo dei fattori abiotici

I parametri fisici sono legati al ciclo solare e variano da luogo a luogo e in funzione del gradiente di profondità (Giovannetti, 2004). Ciò comporta che, a seconda delle condizioni, sia la prateria che la pianta varieranno negli adattamenti, portando necessariamente ad una modificazione nella distribuzione di tutte le comunità.

Anche la comunità epifita delle foglie di *P. oceanica* si adatta variando lungo il gradiente batimetrico (Cinelli et al., 1984) e con molti studi si è evidenziato come vi sia una generale diminuzione nell'abbondanza degli epifiti a maggiori profondità (Mazzella e Ott, 1984; Tsirika et al., 2007). Il maggior numero di specie, invece, si osserva a profondità intermedie (Antolić, 1986a, b), con comunità meglio strutturate e persistenti nel tempo (Mazzella et al., 1989) probabilmente per una maggiore stabilità della pianta e della prateria.

Le differenze non sono state rilevate esclusivamente tra specie, ma anche nella morfologia degli organismi indicando una segregazione basata sulle caratteristiche funzionali (Nesti et al., 2009).

Chessa et al. (1982) definiscono la presenza di differenti strategie di ricoprimento tra epifiti vegetali e animali, e ciò è dovuto nel primo caso all'illuminazione e nel secondo all'idrodinamismo.

Lepoint et al. (1999) descrivono un aumento del rapporto epifiti animali/vegetali con la profondità dovuto appunto alla diminuzione di luce lungo il gradiente. Nonostante l'epifauna aumenti con la profondità, è stato appurato che oltre un certo limite tenda a diminuire bruscamente (Giovannetti, 2004).

Secondo molti studi, l'epiflora è prevalentemente incrostante a tutte le batimetrie e durante tutto l'anno, mentre le forme erette sono tipiche delle stazioni più superficiali, anche se questo dipende dal periodo di campionamento (Mazzella et al., 1989).

Secondo Fresi et al. (1983) gli idrozoi presentano una zonazione verticale dovuta ai cambiamenti idrodinamici lungo il gradiente batimetrico. Boero (1981), effettuando studi nella prateria di Lacco Ameno (Ischia) e nella prateria di Prelo (Rapallo), ha riscontrato la medesima zonazione verticale nonostante la differente estensione delle praterie.

I briozoi sono abbondanti in zone intermedie e profonde (Pessani et al., 1989). Inoltre, grazie soprattutto ai cambiamenti dell'idrodinamismo (Lepoint et al., 2014), i briozoi incrostanti si ritrovano maggiormente nelle praterie più superficiali, in modo che siano tolleranti ai movimenti dell'acqua, mentre quelli eretti tendono ad aumentare con la profondità (Pessani et al., 1989), dove l'idrodinamismo è minore.

A livello stagionale il massimo del ricoprimento epifita coincide con il periodo estivo, in cui l'epiflora aumenta abbondantemente per la maggior radiazione solare trovando anche una maggior disponibilità di substrato grazie alla senilità delle foglie. Il minor ricoprimento, invece, è tipico dell'inverno, in cui si rileva una dominanza animale.

La struttura della comunità epifita, inoltre, è stagionalmente differente a seconda delle profondità, infatti a livello superficiale la biomassa tende ad aumentare in primavera, raggiungendo i valori massimi in estate prima della caduta delle foglie, che si verifica al termine della stagione (Mazzella e Ott, 1984). Nelle stazioni più profonde, invece, si riscontra un ritardo negli insediamenti, che comporta perciò aumento della biomassa in

estate e valori massimi a inizio autunno, in concomitanza della caduta delle foglie che risulta tardiva a maggiori profondità (Mazzella e Ott, 1984).

Ruolo dei fattori biotici

Il grazing, o pascolo, è un elemento biotico fortemente influenzante la comunità epifita. *P. oceanica* è una pianta inappetibile per la maggior parte degli organismi, sia per il suo basso contenuto energetico sia per la forte componente cellulosica difficilmente digeribile.

Esistono tuttavia tre erbivori tipici della fanerogama che, con studi approfonditi, sono risultati in realtà essere più interessati alla biomassa epifita delle foglie che alla pianta in sé: lo sparide *Sarpa salpa*, il riccio *Paracentrotus lividus* e l'isopode *Idotea hectica*. Essendo il loro morso facilmente riconoscibile, molti studi si concentrano sulla pressione esercitata singolarmente dalle tre specie su pianta e comunità epifita.

Anche la competizione tra organismi riesce a modificare la comunità epifita delle foglie. È peculiare il fatto che le specie esclusive riescano ad instaurarsi anche nelle parti più protette del fascio, presso le foglie più giovani, evitando la competizione con organismi tipicamente più opportunisti e abbondanti sulle foglie più vecchie ed esterne (Ruggero, 2021).

3.3.2. *Variabilità tra lamine fogliari*

Molti studi si sono dedicati anche all'approfondimento della distribuzione degli epifiti tra lamina esterna ed interna delle singole foglie.

Da Casola e Scardi (1989) è chiaro che la dinamica successionale della comunità epifita sia identica tra le due facce fogliari, anche se è stato riscontrato un ritardo in quella delle facce esterne. Ciò comporta delle differenze, in quanto la faccia esterna presenterà lo stadio intermedio a organismi incrostanti più sviluppato. Tuttavia, questa differenza tende ad attenuarsi all'aumento dell'età della foglia (Giovannetti, 2004), infatti lo stadio di ricoprimento avanzato è raggiungibile da entrambe le facce, anche se in punti diversi delle foglie in funzione della loro età (Scardi et al., 1986).

Le specie sono simili su entrambe le facce secondo Casola e Scardi (1989), anche se secondo Mazzella et al. (1981) si ha diminuzione delle specie vegetali nella faccia interna.

In ogni caso, Tursi et al. (2001) indicano delle differenze a livello di ricoprimento, con la maggior parte degli epifiti presenti sulla faccia interna poiché più protetta dai fattori esterni a cui le foglie sono soggette. Montefalcone et al. (2006) e Mabrouk et al. (2014b) riscontrano invece un'attività ciclica nel ricoprimento epifitico: in autunno-inverno la copertura è bassa e simile su entrambe le facce, mentre in primavera risulta più alta internamente ed in estate maggiore sul lato esterno.

3.4. COMUNITÀ EPIFITICA E DISTURBI ANTROPICI

Nonostante la presenza di diversi fattori ambientali, la comunità epifita delle fanerogame marine è principalmente controllata da due forze: il pascolo (processi dall'alto verso il basso) e la disponibilità di nutrienti (processi dal basso verso l'alto), il cui equilibrio determina l'abbondanza e la ricchezza in specie della comunità stessa (Heck et al., 2006; Jaschinski e Sommer, 2008; Baggett et al., 2010). In particolare, la disponibilità dei nutrienti è fortemente limitante per l'epiflora delle foglie, che, non potendo assorbire gli elementi necessari dal sedimento, si trova in concorrenza sia con la pianta ospite sia con il fitoplancton per i nutrienti nella colonna d'acqua (Piazzi et al., 2016). In questo contesto ad essere favorite sono le specie incrostanti e le alghe brune, che richiedono una minor concentrazione di elementi (Lepoint et al., 2007).

Tra i disturbi antropici più impattanti sulla comunità epifita risulta quindi primeggiare l'aumento della concentrazione dei nutrienti in mare (Borum, 1985; Wear et al., 1999; Frankovich et al., 2009; Baggett et al., 2010).

Le praterie e la comunità epifita che le abita sono state ampiamente indagate sulla base di diverse concentrazioni di nutrienti e si sono registrate modifiche come l'aumento della biomassa totale (Delgado et al., 1999; Ruiz et al., 2001; Cancemi et al., 2003; Apostolaki et al., 2011; Castejon-Silvo et al., 2012a, b), cambiamenti nel rapporto tra epifiti animali/vegetali (Panayotidis, 1980; Prado et al., 2008; De Biasi et al., 2010) e differenze nella ricchezza specifica e nei gruppi morfologici (Balata et al., 2008, 2010; Giovannetti et al., 2010; Mabrouk et al., 2013; Ben Brahim et al., 2014).

Tuttavia, la correlazione tra arricchimento di nutrienti e carico epifitico non è sempre evidente se è presente una forte pressione dovuta al grazing, che va per l'appunto a bilanciare questo sottile equilibrio.

L'aumento del carico in sospensione, invece, prevede una diminuzione degli epifiti vegetali se vi è un chiaro aumento della torbidità delle acque (Panayotidis, 1980; Lepoint et al., 1999)

3.5. RUOLO DELLA COMUNITÀ EPIFITA DI *P. OCEANICA*

La comunità epifita di *P. oceanica* è fondamentale sotto molti punti di vista.

A livello strutturale l'insediamento degli epifiti riesce ad aumentare l'eterogeneità della prateria, poiché, come visto nel modello di colonizzazione, il substrato dovuto ai microepifiti migliora la seguente adesione degli organismi più evoluti.

A livello trofico gli epifiti svolgono un ruolo importante contribuendo fortemente alla produzione primaria e nel ciclo di carbonio, azoto e fosforo, trasferendo quindi inoltre l'energia dalla pianta ai livelli trofici superiori (Chessa et al., 1982a).

Il ricoprimento epifita è poi fondamentale nella protezione dalle radiazioni UV e per l'immagazzinamento dell'acqua (Van Montfrans et al., 1984), permettendo così alle praterie di potersi spingere verso le zone più superficiali senza soffrire di disseccamento. Ciò però comporta anche una competizione per la radiazione solare tra pianta e, in particolare, epiflora, ed è proprio per questo che, grazie a processi co-evolutivi, *Posidonia* riesce a produrre composti fenolici in grado di inibire la crescita epifitica (Novak, 1984).

Studiando il comportamento alimentare dei ricci, Ott e Maurer (1977) hanno inoltre evidenziato come la maggior presenza degli epifiti sugli apici senescenti delle foglie permetta di canalizzarvi i morsi degli erbivori, perciò i grazers provocheranno meno danni alla pianta andando a danneggiare specialmente le parti meno fotosintetiche.

Infine, la comunità epifita viene ampiamente utilizzata come bioindicatore dei disturbi ambientali poiché, rispetto alla pianta, anche grazie ai cicli vitali più veloci, risulta più sensibile e reattiva ai cambiamenti (May, 1982; Cambridge et al., 1986; Matassini et al., 2007; Balata et al 2008).

4. MATERIALI E METODI

4.1. AREA DI STUDIO

Lo studio è stato svolto nella prateria di *Posidonia oceanica* della baia di Prelo (Fig.8), situata nel Mar Ligure nel tratto di costa compreso tra i comuni di Santa Margherita Ligure e Rapallo (Genova).

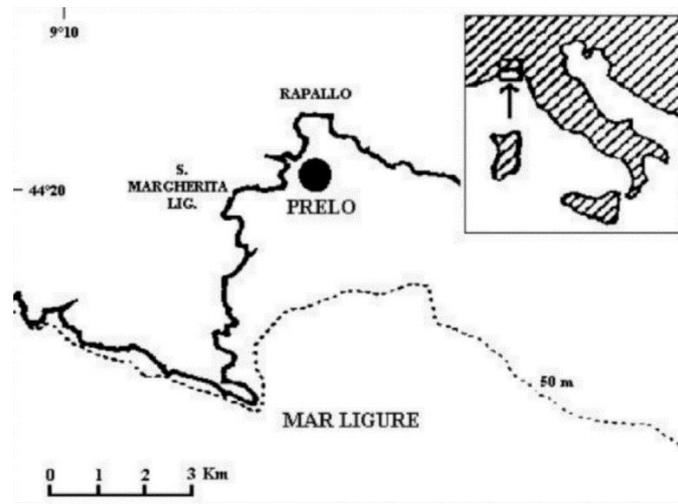


Figura 8: Posizione geografica della baia di Prelo

L'insenatura ha una superficie di circa 8 ha ed è circondata da coste rocciose, risulta riparata dai venti ma condizionata da deboli correnti di fondo (Danovaro et al., 1994) e dalle onde dominanti da Sud-Est, mentre a Sud-Ovest risulta riparata dal Promontorio di Portofino (Ferrari et al., 2013).

La prateria di *P. oceanica* ricopre quasi uniformemente i fondali del seno con un'estensione di 4,8 ha, pari a circa il 60% dell'area di studio (Lasagna, 2004), ed è stata dichiarata Sito di Importanza Comunitaria (SIC).

Il posidonieto si sviluppa per la maggior parte su un substrato di matte (48% dell'area di studio è costituita da *P. oceanica* viva su matte), ma son state trovate anche zone che si sviluppano su roccia (10% dell'area) e su sabbia (1% del posidonieto) (Giovannetti, 2004).

Il limite superiore si estende sino a riva (0,5-1 m di profondità), mentre quello inferiore, di tipo netto in regressione nella porzione a ponente e sfumato in regressione a levante della baia, si trova attorno ai 12-13 m (Oprandi et al. 2019).

A causa della persistenza di impatti antropici dovuti principalmente agli ancoraggi delle imbarcazioni da diporto (Montefalcone et al., 2006b) e alla costruzione di un molo per l'attracco di imbarcazioni private sulla spiaggia (Lasagna et al., 2006 b), la prateria si presenta in uno stato di salute moderato (Oprandi et al., 2019). Al largo della baia sono stati individuati circa 3 ha di matte morta (Bianchi e Peirano, 1995).

Si suppone che la prateria di Prelo si sia originata insieme a quella di Travello da un singolo posidonieto molto più ampio, che, regredendo negli ultimi decenni, ha dato origine a questi due siti (Boyer et al., 1996).

Negli anni il posidonieto di Prelo è stato oggetto di numerosi studi, permettendo di ottenere una lunga serie storica di dati.

Tra i primi studi, quello effettuato da Tortonese (1962) mediante dragaggi riesce a descrivere la densità della prateria di Prelo e ne individua il limite inferiore a 22 m, facendo perciò supporre che, rispetto al limite attuale, il posidonieto sia regredito di parecchi metri (Bianchi e Peirano, 1995).

Bavestrello (1983) individua la prateria di Prelo come quella maggiormente estesa lungo la costa orientale del promontorio di Portofino.

Le condizioni della prateria risultano soddisfacenti negli anni '80, nonostante il riscontro di fenomeni d'insabbiamento, infatti Balduzzi et al. (1984) riportano un episodio di fioritura nel dicembre del 1982. In seguito, vengono descritte ulteriori fioriture caratterizzate però da scarso successo riproduttivo (Tunesi, 1987; Morri et al., 1988; Boyer et al., 1996).

Tra gli aspetti più analizzati nel seno di Prelo vi è poi l'impatto antropico: secondo Montefalcone et al. (2006), nelle zone interne della prateria vi è un forte sradicamento di rizomi e presenza di aree di matte morta a causa dell'ancoraggio incontrollato dovuto alle imbarcazioni private.

Lasagna et al. (2006b) suggeriscono inoltre la costruzione del molo per natanti privati tra le principali cause di regressione: ciò ha infatti causato il cambiamento della linea di costa e favorito l'aumento della "rip current", alterando l'apporto di sedimenti e quindi la torbidità dell'acqua con un impatto negativo sulla prateria.

Altro aspetto fortemente approfondito riguarda la comunità epifita di *P. oceanica*: vi sono studi associati ai Poriferi di foglie e rizomi (Pansini e Pronzato, 1985), agli Idrozoi

(Boero, 1981; Boero et al., 1985) ed ai Briozoi (Balduzzi et al., 1983; Matricardi et al., 1991).

Montefalcone et al. (2006a) hanno studiato, sia su scala temporale sia su scala batimetrica, le differenze del ricoprimento epifita totale tra le due facce fogliari di *P. oceanica*, concludendo che lo sviluppo della comunità di entrambe le lamine sia influenzato in maniera diretta dall'elevata variabilità stagionale della crescita delle foglie della fanerogama.

Giovannetti et al. (2006a) hanno stabilito che, a causa del ridotto range batimetrico esistente tra le stazioni di campionamento del seno e nella prateria in generale, il fattore profondità incida in maniera minore sull'andamento della comunità epifita rispetto al fattore temporale.

4.2. DATI STORICI

La tesi si basa sul confronto di dati storici inerenti il ricoprimento epifita delle foglie presenti in letteratura. In particolare, i dati utilizzati si riferiscono a quattro differenti cicli di campionamento annuali svolti con cadenza mensile. Nello specifico fanno riferimento al periodo che va da luglio 2002 ad agosto 2006 (RIPO 2002; Giovannetti, 2004; Ghione, 2006; Matassini, 2007). Tuttavia, nella serie storica si segnala la mancanza di alcuni mesi di campionamento: luglio e dicembre 2003, settembre e novembre 2005, gennaio, marzo, maggio e luglio 2006.

I dati recenti sono stati raccolti nel mese di luglio 2019 seguendo il disegno di campionamento dei precedenti rilevamenti.

4.3. ATTIVITÀ DI CAMPO

L'attività di campo ha previsto un campionamento in immersione subacquea, lungo un transetto di profondità (PAT1) perpendicolare alla costa (direzione 270° N) (Fig. 9). I fasci fogliari sono stati prelevati presso tre stazioni di campionamento, S1, S2 e S3, che corrispondono rispettivamente al limite superiore (4 m), alla zona intermedia (9 m) e al limite inferiore (14 m) della prateria.

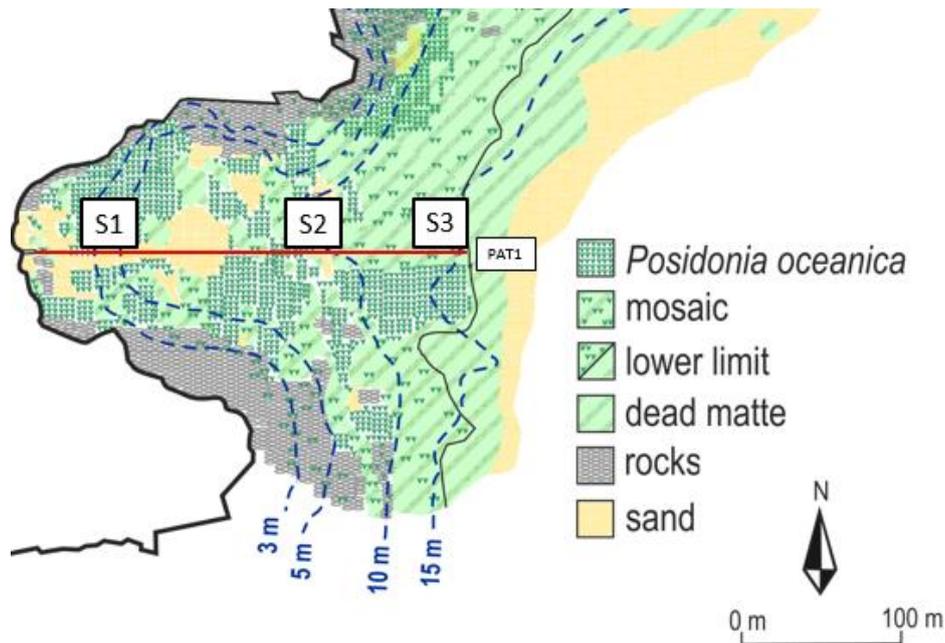


Figura 9: Posizione del transetto di profondità (PAT1) nella baia di Prelo (immagine: Oprandi et al., 2020, modificata)

In ciascuna stazione sono stati annotati alcuni parametri strutturali della prateria; ad esempio la densità è stata valutata utilizzando quadrati in PVC di lato 40 cm nei quali sono stati contati i fasci fogliari presenti. In ciascuna stazione sono state svolte cinque repliche di densità dei fasci fogliari il cui valore medio (Giovannetti, 2004; Matassini, 2007) è stato riportato al metro quadro. Infine, in ciascuna stazione sono stati raccolti 10 fasci fogliari ortotropi per le successive analisi di laboratorio.

I fasci raccolti sono stati quindi inseriti in sacchetti di plastica appositamente marcati con sigle identificative del nome della prateria (PA), del transetto (T1), della stazione e del mese di campionamento. I campioni sono stati quindi tenuti in congelatore fino alle successive analisi di laboratorio al fine di mantenere le caratteristiche fenologiche e conservare al meglio la comunità epifita delle foglie (Giovannetti, 2004; Matassini 2007).

I campioni da me analizzati per la presente tesi corrispondono ai prelievi effettuati nel mese di luglio 2019 lungo il transetto PAT1 precedentemente descritto.

I dati sono stati raccolti in immersione subacquea con le stesse modalità dei campionamenti storici per permettere un confronto più accurato possibile.

4.4. ATTIVITÀ DI LABORATORIO

Le attività qui descritte fanno esclusivamente riferimento al lavoro svolto sui campioni del 2019.

I singoli campioni sono stati scongelati la mattina delle analisi, utilizzando acqua dolce ed evitando opportunamente alterazioni meccaniche delle foglie e degli epifiti presenti.

L'attività di laboratorio è articolata in due parti: analisi fenologica e analisi della comunità epifita associata alle foglie.

4.4.1. *Analisi fenologica*

La foglia di *Posidonia* può essere riassunta in due parti: la base e il lembo.

La base possiede le stipule, due lamine triangolari allungate che vanno a formare una guaina ripiegandosi. A separare la base dal lembo vi è la ligula, un arco teso verso il rizoma tipico delle foglie che hanno raggiunto un adeguato grado di sviluppo.

Il lembo, invece, è la parte fotosintetica della foglia, che tende a cambiare colore con la senilità e il ricoprimento epifita. Il lembo termina poi in un apice, di cui viene valutato lo stato per definire se vi è stata un'alterazione dovuta a fenomeni di grazing o idrodinamici.

L'analisi fenologica è stata eseguita su tutti i 40 fasci fogliari selezionati (10 in ciascuna delle 4 stazioni) mediante l'utilizzo di metodi di studio standardizzati e riconosciuti a livello internazionale (Giraud, 1977b, 1979; Buia et al., 2004).

Ciascun fascio presenta in media 7-10 foglie, che possono essere distinte in tre categorie (Pergent-Martini et al., 2005) a seconda di alcune caratteristiche:

- Foglie giovanili, che presentano una lunghezza inferiore ai 50 mm.
- Foglie intermedie, che presentano una lunghezza maggiore di 50 mm e sprovviste di base.
- Foglie adulte, che presentano una lunghezza maggiore di 50 mm e provviste di base.

Dopo aver estratto delicatamente i fasci dai rizomi, le foglie che li costituiscono sono separate rispettando l'ordine distico d'inserzione (Fig.10).

La foglia più esterna è anche la più vecchia e, mediante le stipule, racchiude al suo interno le foglie più giovani.



Figura 10: Foglie di un fascio di *P. oceanica*. Da sinistra a destra: giovanili, intermedie, adulte (foto: E. Gallo)

Di ciascuna foglia sono state poi effettuate le misurazioni di alcuni parametri mediante una riga graduata con precisione al decimo di centimetro. Ove non è stato possibile svolgere una misura diretta a causa dell'incurvatura della foglia, si è compensato utilizzando prima una cima che simulasse il movimento della lamina. Successivamente, è stata misurata a sua volta con la riga.

Le misure oggetto di studio sono quelle riportate nella tabella in formato cartaceo in Figura 11, che, attenendosi all'ordine d'inserzione, tiene anche conto della classe di età e dello stato dell'apice di ciascuna foglia.

A seconda della categoria della foglia vengono misurati alcuni parametri nello specifico.

I parametri fenologici valutati nelle foglie giovanili sono:

- Larghezza
- Lunghezza totale, che ricordiamo non superare mai i 50 mm.

I parametri fenologici valutati nelle foglie intermedie sono:

- Larghezza
- Lunghezza totale, che, a partire dal punto d'inserzione sul rizoma, ricordiamo essere pari almeno a 50 mm
- Lunghezza del tessuto bruno, se presente
- Stato dell'apice, valutato come positivo o negativo a seconda che sia possibile o meno individuare la posizione in cui la punta inizia ad arrotondarsi.

4.4.2. *Analisi della comunità epifita associata alle foglie*

Metodologia

Successivamente alle analisi fenologiche, le foglie intermedie e adulte di ciascun fascio sono state valutate per definire il ricoprimento percentuale degli organismi epifiti associati.

In letteratura si possono trovare differenti metodi di analisi del ricoprimento epifita: se si vuole ottenere una maggiore precisione, il metodo più indicato è quello descritto da Scardi et al. (1986), Casola et al. (1987) e Casola e Scardi (1989) che prevede l'utilizzo di un binocolare per stimare la percentuale di ricoprimento dei taxa target analizzando singolarmente ogni centimetro di foglia.

Il metodo di Morri (1991), invece, si basa sul calcolo di un indice sintetico, l'Indice di Epifitismo (IE), che risulta essere ideale per una stima veloce ma meno accurata. Il metodo è composto da un'analisi visiva dell'intera foglia e una successiva stima del ricoprimento non facendo riferimento ai singoli taxa ma dividendo gli epifiti in grossi gruppi sistematici. Questi gruppi vengono riuniti idealmente in un settore della foglia avente larghezza della foglia e lunghezza pari a quella degli epifiti allineati (Fig.12). Successivamente, la somma di questi settori, rapportata alla lunghezza totale delle foglie o del fascio, andrà a costituire l'IE.

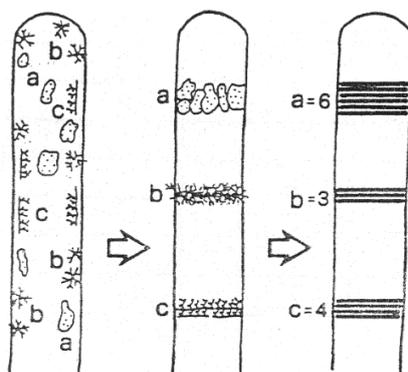


Figura 12: Schematizzazione del metodo di Morri (1991). In ordine: a) forme incrostanti, b) forme erette, c) forme stoloniali

Il metodo utilizzato in questa tesi è quello proposto da Giovannetti (2004), che risulta essere un compromesso tra i precedenti: ciascuna foglia, intermedia o adulta, viene suddivisa in segmenti di lunghezza di 20 cm che vengono poi osservati al binocolare. Nonostante i tempi di analisi si allunghino notevolmente, l'utilizzo del binocolare fa sì

che vi sia una maggior accuratezza anche nell'individuazione degli organismi più piccoli.

In ciascun settore si vanno ad identificare i taxa presenti e di ognuno se ne stima la percentuale di ricoprimento nel suddetto segmento. In seguito, tutte le percentuali stimate di ciascun taxon in ogni settore vengono rapportate alla lunghezza dell'intera foglia mediante una formula di conversione. In particolare:

- La formula per le foglie intermedie è:

$$(\% \text{ ricoprimento taxon} * \text{segmento in cm}) / \text{lunghezza totale della foglia in cm}$$

- La formula per le foglie adulte è:

$$(\% \text{ ricoprimento taxon} * \text{segmento in cm}) / \text{lunghezza lembo della foglia in cm}$$

Per ottenere la percentuale totale del taxon target sulla foglia è necessario sommare le percentuali ricavate con la conversione di tutti i segmenti in cui l'epifita risulta presente. Per ottenere, invece, la percentuale di ricoprimento totale degli epifiti sulla foglia è fondamentale sommare tutte le percentuali ricavate con la conversione di tutti i taxa in tutti i segmenti.

Questa analisi viene svolta nella medesima maniera sia sulla lamina interna sia su quella esterna, in modo che si possano svolgere anche studi basati sul confronto delle due facce.

I taxa considerati in questo studio sono quelli precedentemente selezionati negli studi della serie storica, in modo da poter effettuare un confronto tra i dati di ricoprimento.

Tali taxa, individuati da Giovannetti (2004) in base a lavori precedentemente svolti sulla prateria di Prelo (CoNISMa, 2003; Giovannetti et al., 2006 a, c; Montefalcone et al., 2006 a) sono risultati i più rappresentativi di questo posidonieto, essendo la comunità epifita delle foglie di *Posidonia oceanica* generalmente molto abbondante e diversificata.

I taxa epifiti vegetali trattati nello studio sono *Hydrolithon* spp., *Myrionema orbiculare*, *Giraudia sphacelarioides*. Tutti i vegetali che non rientrano in questi gruppi sono stati inclusi sotto l'unica denominazione "Altri vegetali".

I taxa epifiti animali considerati sono *Electra posidoniae*, *Fenestrulina joannae*, *Aetea* spp. (facendo particolare riferimento ad *Aetea truncata*), *Plumularia obliqua*, *Sertularia perpusilla*, Serpulidi. Nei dati della serie storica sono inoltre presenti la categoria "Altri briozoi", che include tutti i briozoi che non siano *E. posidoniae*, *F. joannae* e *Aetea*

spp., e la categoria “Altri animali”, che presenta ogni altro taxon non facente parte dei raggruppamenti precedenti.

Tuttavia, nelle analisi del 2019 si è deciso di utilizzare esclusivamente il gruppo “Altri animali” per tutti gli organismi non riconducibili ai 6 taxa target. Ciò implica che, per convenzione, la categoria “Altri briozoi” della serie storica venga inglobata in quella degli “Altri animali” durante l’elaborazione dei dati.

Nei dati di luglio 2019 sono però state introdotte due ulteriori categorie: “Uova gasteropode” e il taxon *Lichenopora radiata*. Ciò è stato fatto poiché visibilmente riconoscibili e spesso ricorrenti durante l’attività di laboratorio. Anche in questo caso, però, entrambi i gruppi vengono riuniti nell’unica categoria “Altri animali” durante l’elaborazione dei dati.

Inoltre, i dati del mese di luglio del Progetto RIPO (2002) non presentano una distinzione netta tra “Altri animali” e “Altri vegetali”, che sono inclusi nel singolo raggruppamento “Altro”. A questo proposito, per ridurre al minimo l’errore, è stato calcolato il valore medio dei raggruppamenti “Altri animali” e “Altri vegetali” nei mesi di luglio della serie storica (2003-2006) e si è poi valutato il rapporto tra i due. Questo ha permesso di ripartire in maniera proporzionata la categoria “Altro” all’interno di questi due insiemi per l’anno 2002.

Hydrolithon spp. (Howe) (Fig.13)

Phylum: Rhodophyta

Classe: Florideophyceae

Ordine: Corallinales

Famiglia: Corallinaceae

Distribuzione geografica: Mediterraneo, Atlantico.

Distribuzione batimetrica: 0-30 m.

Substrato: fanerogame marine, alghe, substrati duri.

Descrizione: alghe rosse con tallo incrostante calcificato. Molto diffuse, sono appiattite e aderenti al substrato che colonizzano. In *Hydrolithon* il colore varia tra rosa-malva-viola se il campione è fresco, sul bianco avorio e il grigio malva per esemplari secchi.

Note ecologiche: tra le prime forme algali ad apparire sulle lamine fogliari e, per questo, generalmente molto abbondanti. Si trovano su tutta la foglia, eccetto che nei primi

centimetri del lembo, iniziando a colonizzare dal margine fogliare e distribuendosi in maniera ubiquitaria verso l'apice. Sono presenti durante tutto il periodo vegetativo di *Posidonia* costituendo un ulteriore substrato per la colonizzazione di altri organismi.

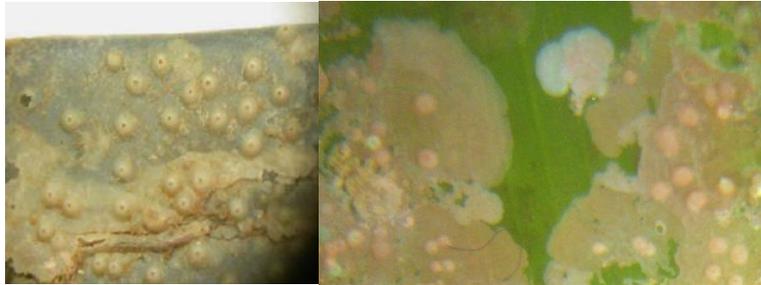


Figura 13: *Hydrolithon* spp. (foto 1: M. Montefalcone; foto 2: E. Giovannetti)

Myrionema orbiculare (Agardh) (Fig.14)

Phylum: Heterokontophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordine: Ectocarpales

Famiglia: Chordariaceae

Distribuzione geografica: Mediterraneo.

Distribuzione batimetrica: 0-30 m.

Substrato: foglie di *Posidonia oceanica*.

Descrizione: alga bruna incrostante e non calcarea il cui tallo macroscopico assume un aspetto vellutato, simile a un feltro, che va a ricoprire le foglie. Il colore varia tra verde brillante e bruno.

Note ecologiche: specie esclusiva delle foglie di *Posidonia oceanica*, è tra le prime forme epifite a colonizzare la pianta insieme ad *Hydrolithon* spp., su cui spesso tende a crescere. Lo sviluppo si presenta lungo tutta la foglia, escludendo i primi centimetri del lembo, con un maggior accrescimento da metà della lamina in poi. Anche in questo caso, la sua presenza costituisce un ulteriore substrato per la colonizzazione da parte di altre specie epifite.



Figura 14: *Myrionema orbiculare* (foto: M. Montefalcone)

Giraudia sphacelarioides (Derbès & Solier) (Fig.15)

Phylum: Heterokontophyta

Classe: Phaeophyceae

Ordine: Ectocarpales

Famiglia: Chordariaceae

Distribuzione geografica: Mediterraneo.

Distribuzione batimetrica: 0-30 m.

Substrato: foglie di *Posidonia oceanica*.

Descrizione: alga bruna di tipo eretto.

Note ecologiche: specie esclusiva delle foglie di *Posidonia oceanica*, il suo sviluppo è tipico della parte medio-apicale della foglia durante il periodo estivo, in cui la percentuale di ricoprimento epifita è elevato. Cresce su altri epifiti come *Hydrolithon* spp. e *Myrionema orbiculare*.



Figura 15: *Giraudia sphacelarioides* (foto: M. Montefalcone)

Electra posidoniae (Gautier) (Fig.16)

Phylum: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordine: Cheilostomatida

Famiglia: Electridae

Distribuzione geografica: Mediterraneo.

Distribuzione batimetrica: 0-45 m.

Substrato: foglie di *Posidonia oceanica*, raramente su foglie di *Cymodocea nodosa*.

Descrizione: briozoo più comune e più facilmente individuabile sulle foglie di *Posidonia oceanica*. Lo zoario si presenta strisciante, mentre gli zoidi si trovano disposti in file uni o pluriseriali longitudinali a simulare le maglie di una catena. Talvolta risultano confluenti e con file trasversali.

La parete dello zoide è costituita da una parte membranosa ed una calcificata convessa, con piccoli pori raggruppati nell'area centrale. L'apertura è armata di piccole spine, di cui la mediana è quella di maggiori dimensioni. La colonia, di colore bianco trasparente, è lineare e incrostante. Spesso è possibile notarla ricoprire diversi centimetri quadri di lamina fogliare.

Note ecologiche: specie quasi esclusiva delle foglie di *Posidonia oceanica*, raramente infatti si può ritrovare anche su *Cymodocea nodosa*. Si presenta sia sulla lamina esterna sia su quella interna, dove colonizza principalmente la parte centrale della foglia. A volte è possibile vederla anche nella parte basale ma in minori quantità.

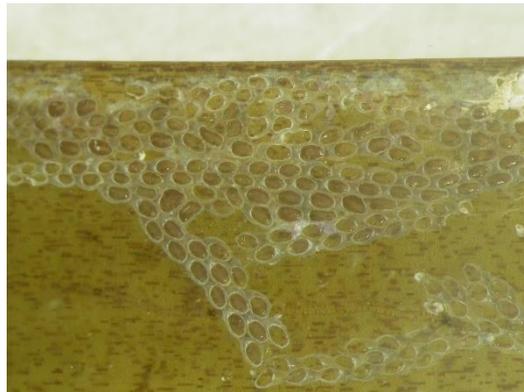


Figura 16: *Electra posidoniae* (foto: M. Montefalcone)

Fenestrulina joannae (Calvet) (Fig.17)

Phylum: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordine: Cheilostomatida

Famiglia: Fenestrulinidae

Distribuzione geografica: Mediterraneo.

Distribuzione batimetrica: 5-30 m.

Substrato: foglie di *Posidonia oceanica*, raramente su alghe calcaree.

Descrizione: briozoo formante colonie incrostanti grazie a serie lineari di piccoli zoidi calcarei dalla forma generalmente esagonale od ovale. Gli zoidi sono separati gli uni dagli altri da scanalature profonde. Gli zoidi più giovani presentano 3-5 spine orali di forma semicircolare, mentre gli adulti possono arrivare a possederne 6-8.

Note ecologiche: abbastanza rara, forma piccole colonie lineari distribuite in chiazze isolate e presentanti un massimo di 10-15 individui ciascuna. Si ritrova principalmente sulla porzione basale della foglia, a partire dai primi centimetri del lembo, mentre solo raramente si spinge verso le parti più centrali.



Figura 17: *Fenestrulina joannae* (foto: M. Montefalcone)

Aetea truncata (Landsborough) (Fig.18)

Phylum: Bryozoa

Classe: Gymnolaemata

Ordine: Cheilostomatida

Famiglia: Aeteidae

Distribuzione geografica: tutti i mari eccetto quelli polari.

Distribuzione batimetrica: 0-200 m.

Substrato: foglie di *Posidonia oceanica*, alghe, conchiglie, pietre, altri briozoi.

Descrizione: briozoo formante colonie lineari con ramificazioni laterali. Lo zoario, di colore bianco brillante, ha un aspetto delicato, in parte strisciante, lungo e sottile, ed in parte eretto, a volte lievemente inclinato. Tutta la superficie dello zoide è ricoperta da fini punteggiature. Il peristoma termina con una troncatura caratteristica che dona il nome alla specie.

Note ecologiche: molto diffuso nel periodo primaverile-estivo lungo i nostri litorali, su *P. oceanica* tende a colonizzare la parte centrale delle foglie con un aumento in zona apicale. Spesso è associato a *Electra posidoniae*.

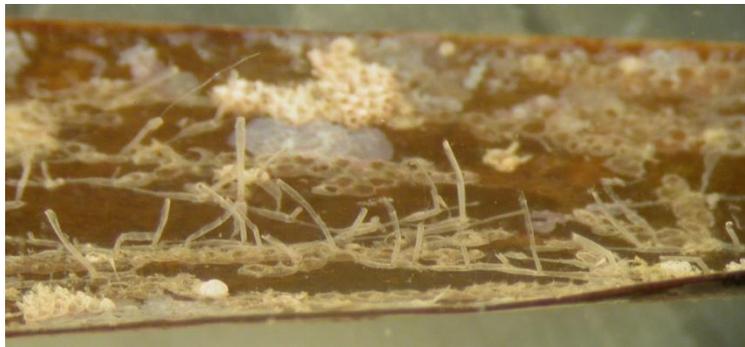


Figura 18: *Aetea truncata* (foto M. Montefalcone)

Plumularia obliqua (Johnston) (Fig.19)

Phylum: Cnidaria

Classe: Hydrozoa

Ordine: Leptothecata

Famiglia: Plumulariidae

Distribuzione geografica: Mediterraneo.

Distribuzione batimetrica: 1-30 m.

Substrato: foglie di *Posidonia oceanica*, fondali rocciosi.

Descrizione: idroide organizzato in colonie sempre molto estese, di colore trasparente e biancastro. Presenta numerosi idrocauli portanti mediamente 5-6 polipi, i quali si trovano racchiusi in idroteche ben definite nella forma e nelle dimensioni. Le idroteche sono alternate ai lati dell'idrocaule. Le idroteche sessili e prive di opercolo sono invece limitate ad un lato dello stelo e dei rami. Le gonoteche presentano la forma di una botte. Vi sono inoltre nematofori disposti regolarmente, in genere 3-4 per ciascuna idroteca.

Note ecologiche: quando colonizza *P. oceanica* è esclusivo delle sue foglie, mentre risulta totalmente assente sui rizomi. Maggiormente presente sulla faccia interna, tende a colonizzare le porzioni basali della foglia a partire dai primi centimetri del lembo. A volte viene ricoperto da alghe filamentose dannose per la colonia. L'elevata variabilità morfologica delle colonie è in funzione della profondità.

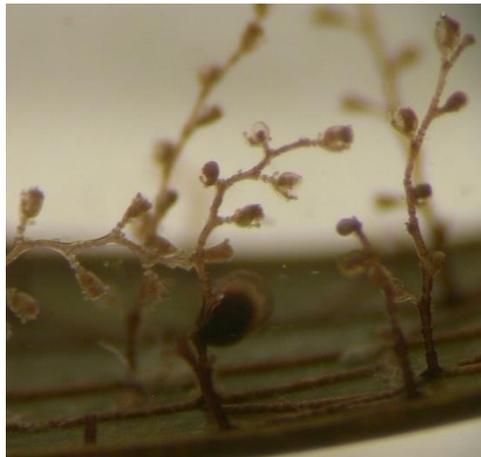


Figura 19: *Plumularia obliqua* (foto: M. Montefalcone)

Sertularia perpusilla (Stechow) (Fig.20)

Phylum: Cnidaria

Classe: Hydrozoa

Ordine: Leptothecata

Famiglia: Sertulariidae

Distribuzione geografica: Mediterraneo.

Distribuzione batimetrica: 2-30 m.

Substrato: foglie di *Posidonia oceanica*.

Descrizione: idroide di medie dimensioni organizzato in colonie di forma regolare e di colore trasparente. Le idroteche sono ben definite nella forma e nelle dimensioni, simmetriche rispetto allo stelo, sessili, con opercolo e margine dentato. La base dello stelo presenta un'articolazione che permette alla colonia di modificare il proprio orientamento in base alle condizioni idrodinamiche. L'accrescimento delle colonie è multiassiale, con i polipi più vecchi posti alla base delle ramificazioni principali. I polipi, che si trovano racchiusi nelle idroteche, appaiono bianco-giallastri. La gonoteca assume la forma di una botte. I nematofori non sono presenti.

Note ecologiche: quando l'idroide colonizza le foglie di *P. oceanica* adotta strategie riproduttive che gli permettono di adattarsi al meglio alla variabilità stagionale delle foglie. Il processo di stolonizzazione, con cui forma rami e propaguli, permette la propagazione della colonia dalle foglie più vecchie a quelle più giovani: in questo modo evita di essere eradicata insieme alla caduta dei lembi senili. Principalmente distribuito sulla lamina esterna, è abbondantemente presente sulla parte basale mentre tende a diminuire avvicinandosi al centro della foglia.



Figura 20: *Sertularia perpusilla* (foto 1: M. Montefalcone; foto 2: E. Gallo)

Serpulidi (Fig.21)

Phylum: Annelida

Classe: Polychaeta

Ordine: Sabellida

Famiglia: Serpulidae

Distribuzione geografica: Mediterraneo.

Distribuzione batimetrica: 0-50 m, anche se alcuni policheti possono spingersi sino a profondità abissali.

Substrato: foglie e rizomi di *Posidonia oceanica*, qualsiasi tipologia di corpo sommerso.

Descrizione: vermi con dimensioni che variano da pochi millimetri sino ad una decina di centimetri, vivono in tubi calcarei da loro prodotti e cementati al substrato. Il tubo può essere avvolto a spirale a seconda delle specie. Alla morte dell'animale la conchiglia rimane comunque attaccata alla foglia. Sfruttano la corona branchiale sporgente all'esterno del tubo per le funzioni respiratorie e per la filtrazione dell'acqua a scopo alimentare.

Note ecologiche: molto comuni sulle foglie di *P. oceanica*, sia su lamina interna sia su quella esterna, si trovano tutto l'anno ma con una frequenza maggiore durante il periodo estivo. Si distribuiscono lungo tutto il lembo fogliare.

Nell'analisi della comunità epifita è stato preso in considerazione il tubo calcareo fisso alle foglie.



Figura 21: Serpulidi (foto 1: E. Giovannetti; foto 2: E. Gallo)

Lichenopora radiata (Audouin) (Fig.22)

Phylum: Bryozoa

Classe: Stenolaemata

Ordine: Cyclostomatida

Famiglia: Lichenoporidae

Distribuzione geografica: Mediterraneo, acque temperate-calde e tropicali del Pacifico.

Distribuzione batimetrica: 0-50 m.

Substrato: foglie di *P. oceanica*, pietre, conchiglie, su colonie di idroidi e briozoi.

Descrizione: colonie di colore biancastro con parti marroncine, presentano forma circolare od ovale con una concavità centrale e gli zoidi ordinati in file radiali uniseriali. Gli alveoli sono delimitati da strutture di sostegno calcificate, talvolta se ne formano di secondari e terziari con la crescita della colonia. I peristomi sono liberi nella parte distale e la loro altezza varia tra i bordi e il centro, in cui si presenta un'area depressa. Non sono rare colonie sorelle, in cui le parti comuni si fondono. La lamina basale è saldata al substrato e spesso forma un collare trasparente e raggiato intorno alla massa di zoidi.

Note ecologiche: colonie legate sia ai rizomi sia alle foglie di *P. oceanica*, in quest'ultime possono presentarsi su entrambe le lamine.

Il taxon è stato preso in considerazione a parte poiché ricorrente in alcuni campioni di luglio 2019. Le colonie sono state ritrovate su tutta la lunghezza della foglia.



Figura 22: *Lichenopora radiata* (foto: E. Gallo)

Uova gasteropode (Fig.23)

Phylum: Mollusca

Classe: Gastropoda

Durante l'attività di laboratorio sono state trovate in maniera abbondante e regolare le uova di un non specificato gasteropode.

Nonostante non vi siano maggiori informazioni a riguardo, sono comunque state prese in considerazione come categoria a parte per gli studi dei campioni di luglio 2019.

Le uova sono risultate abbondanti in ogni faccia fogliare e lungo tutto il lembo.



Figura 23: Uova di gasteropode (foto: E. Gallo)

4.5. ELABORAZIONE DEI DATI

I dati raccolti in laboratorio sono stati trascritti su fogli di calcolo Microsoft Excel standardizzati grazie a studi precedenti. I fogli sono distinti per l'analisi fenologica e per l'analisi della comunità epifita. Entrambi sono suddivisi in base alla stazione di campionamento.

4.5.1. *Dati fenologici*

Le tabelle digitali su cui sono stati riportati i dati sono atte a ricavare in maniera rapida alcuni parametri di sintesi fenologica. Per ciascun fascio si possono ricavare:

- Numero totale di foglie del fascio
- Media di ciascuna lunghezza e della larghezza delle foglie del fascio (cm)
- Superficie fogliare media del fascio ($\text{cm}^2/\text{fascio}$)
- Coefficiente A (%), che indica la percentuale degli apici rotti nel fascio (somma degli apici rotti/numero delle foglie).

Ogni parametro è calcolato singolarmente per foglie intermedie e adulte, mentre per le giovanili vengono calcolati solo il numero di foglie e la media di lunghezza e larghezza. Inoltre, di ogni parametro viene riportata la somma tra le tre classi di età.

Per ciascuna stazione, invece, vengono riportati:

- Numero totale delle foglie analizzate
- Media di ciascuna lunghezza e larghezza delle foglie della stazione (cm)
- Media del numero di foglie della stazione
- Superficie fogliare media della stazione ($\text{cm}^2/\text{fascio}$)
- Coefficiente A della stazione (%)
- Leaf Area Index (LAI) della stazione (m^2/m^2), indicante la superficie fogliare media della stazione stimata al metro quadro conoscendo la densità media dei fasci della stazione.

Anche in questo caso, ogni parametro viene calcolato sia per foglie intermedie sia per adulte, mentre per le giovanili si riportano il numero totale di foglie, la media di lunghezza e larghezza e la media del numero di foglie. Nuovamente, di ogni parametro si calcola anche la somma tra le tre classi di età.

In questa tesi non vengono valutati i dati fenologici, ma i parametri sono comunque stati calcolati per eventuali indagini future.

4.5.2. *Dati sulla comunità epifita*

I dati ricavati dall'analisi della comunità epifita delle foglie sono stati anch'essi riportati in tabelle standardizzate atte a produrre rapidamente alcuni parametri riassuntivi.

Di ciascun fascio è stato possibile ottenere:

- Ricoprimento di ciascun taxon nel fascio (in % e in cm²). Il ricoprimento in centimetri quadri è stato ottenuto dalla somma dei prodotti tra le percentuali dei singoli taxa e la superficie fogliare su cui si trovano
- Ricoprimento animale nel fascio (in % e in cm²), dato dalla somma dei valori, percentuali o in centimetri quadri, di ogni taxon animale
- Ricoprimento vegetale nel fascio (in % e in cm²), dato dalla somma dei valori, percentuali o in centimetri quadri, di ogni taxon vegetale
- Ricoprimento totale nel fascio (in % e in cm²), dato dalla somma dei valori, percentuali o in centimetri quadri, di ogni taxon analizzato.

Ogni parametro è stato inoltre calcolato suddividendolo tra lamina esterna ed interna. In aggiunta, del ricoprimento animale, vegetale e totale è stata calcolata la media utilizzando i ricoprimenti esterni ed interni di ciascuno.

Per ogni stazione si sono poi calcolati:

- Ricoprimento medio (in % e in cm²) e deviazione standard di ciascun taxon
Ricoprimento animale medio (in % e in cm²) e sua deviazione standard
- Ricoprimento vegetale medio (in % e in cm²) e sua deviazione standard
Ricoprimento totale medio (in % e in cm²) e sua deviazione standard

Nuovamente, ciascun parametro è stato suddiviso tra lamina esterna ed interna. Inoltre, si sono calcolati i valori medi di ciascun parametro sfruttando i ricoprimenti esterni ed interni di ognuno.

Ogni parametro ricavato in questa fase è stato utile per l'analisi descrittiva e statistica della comunità epifita che si è svolta sempre con Microsoft Excel.

L'analisi della comunità epifita è stata inizialmente effettuata sulla serie storica di dati indagando le differenze sia su scala temporale (variabilità inter-annuale) sia su scala spaziale (confrontando le 3 batimetrie).

In questa parte di lavoro si è valutato il ricoprimento epifita totale e solo successivamente si è posta attenzione alle differenze tra componente animale e vegetale, ma senza la distinzione dei taxa.

In seguito, si è ricercata la differenza stagionale di ciascun taxon target in un'analisi che comprendesse l'andamento mensile del ricoprimento epifita ma senza differenziazione a livello batimetrico.

Infine, sono state valutate le differenze nel ricoprimento totale e nella copertura dei singoli taxa confrontando la media dei mesi di luglio della serie storica con i dati di luglio 2019. L'utilizzo del test t di Student ha permesso di evidenziare dove fossero presenti delle variazioni significative di ricoprimento nei due diversi tempi.

Tutti i dati riportati sono espressi in % di ricoprimento \pm l'errore standard.

5. RISULTATI E DISCUSSIONI

5.1. VARIABILITÀ INTER-ANNUALE

5.1.1. *Ricoprimento epifita totale*

Il ricoprimento epifita dovrebbe principalmente seguire il normale ciclo fogliare della fanerogama, che prevede un rallentamento della crescita in estate e la caduta delle foglie alla fine della stessa stagione o all'inizio dell'autunno. Seppur lo stesso dovrebbe avvenire nelle stazioni più profonde ma con un leggero sfasamento temporale a causa delle differenti condizioni ambientali, secondo Giovannetti et al. (2006a) questo non dovrebbe presentarsi nella prateria di Prelo a causa del ridotto range batimetrico tra le stazioni di campionamento.

La comunità epifita dovrebbe quindi presentarsi con un ricoprimento maggiore nel periodo estivo, in concomitanza della stasi fogliare, e diminuire fortemente con la caduta delle foglie. In inverno, invece, dovrebbe notarsi il minimo ricoprimento percentuale, per poi tornare a crescere durante la primavera.

Bisogna inoltre considerare la dipendenza degli epifiti dai fattori abiotici e stress, ai quali risponderanno più celermente rispetto la pianta.

Stazione superficiale (4 m) (Fig.24)

Il grafico rappresenta l'andamento dei valori del ricoprimento totale da luglio 2002 ad agosto 2006 nella stazione superficiale (4 m).

I valori di copertura maggiori di ciascun anno sono associati ai mesi di luglio 2002 ($33,41 \pm 1,99\%$), maggio 2003 ($19,59 \pm 2,09\%$), settembre 2004 ($41,98 \pm 3,71\%$), la cui percentuale risulta essere la maggiore di tutto il grafico a questa profondità, giugno 2005 ($39,3 \pm 13,68\%$), e aprile 2006 ($24,54 \pm 3,23$). I picchi del 2003 e del 2006 risultano molto più bassi rispetto a quelli degli altri anni.

Il 2004, inoltre, include altri valori di ricoprimento piuttosto elevati in giugno 2004 ($40,14 \pm 1,93\%$) e agosto 2004 ($40,08 \pm 2,13\%$),

Le coperture minori di ciascun anno, invece, sono registrate a dicembre 2002 ($4,30 \pm 0,72\%$), il valore più basso del grafico, novembre 2003 ($4,63 \pm 0,68\%$), gennaio 2004 ($12,19 \pm 1,36\%$) e dicembre 2005 ($7,14 \pm 0,70\%$).

L'andamento generale del ricoprimento sembra seguire solo in parte quello descritto in letteratura: tra luglio 2002 e maggio 2003 si può notare un maggior ricoprimento epifita nel periodo estivo e un rapido decremento autunnale, seguito poi da minimi invernali e un graduale aumento primaverile. Tuttavia, sono particolarmente basse le coperture estive del 2003: è addirittura possibile notare un minimo in agosto 2003 ($7,70 \pm 0,75\%$) che risulta essere poco più abbondante della percentuale di ricoprimento di novembre 2003 ($4,63 \pm 0,68\%$).

Dopo un breve periodo che corrisponde ad un minimo di ricoprimento epifita nel novembre 2003, si registra un graduale aumento dei valori a partire da metà inverno (gennaio 2004) che raggiunge un picco nei mesi di giugno, agosto e settembre 2004, con i valori più alti registrati. In questo caso l'andamento stagionale sembra piuttosto fedele a quello descritto da precedenti autori, inoltre vi è una generale maggior copertura rispetto l'anno precedente.

In ottobre 2004 si registra una diminuzione del ricoprimento, probabilmente a causa della caduta delle foglie, ma il ricoprimento tende a non scendere mai sotto il 17 %: non vi sono perciò dei minimi invernali ed anzi il ricoprimento epifita andrà ad aumentare gradualmente da novembre 2004 sino a marzo 2005, dove è presente un primo picco. Un secondo picco, più abbondante, si registra a giugno 2005, seguito da una rapida diminuzione di luglio e agosto. È perciò possibile che sia avvenuta una precoce caduta delle foglie ad inizio estate.

Seppur tra i mesi di settembre 2005 e agosto 2006 manchino diversi dati, i valori registrati tendono ad essere generalmente più alti e omogenei, senza picchi di ricoprimento a giugno e con un minimo a dicembre.

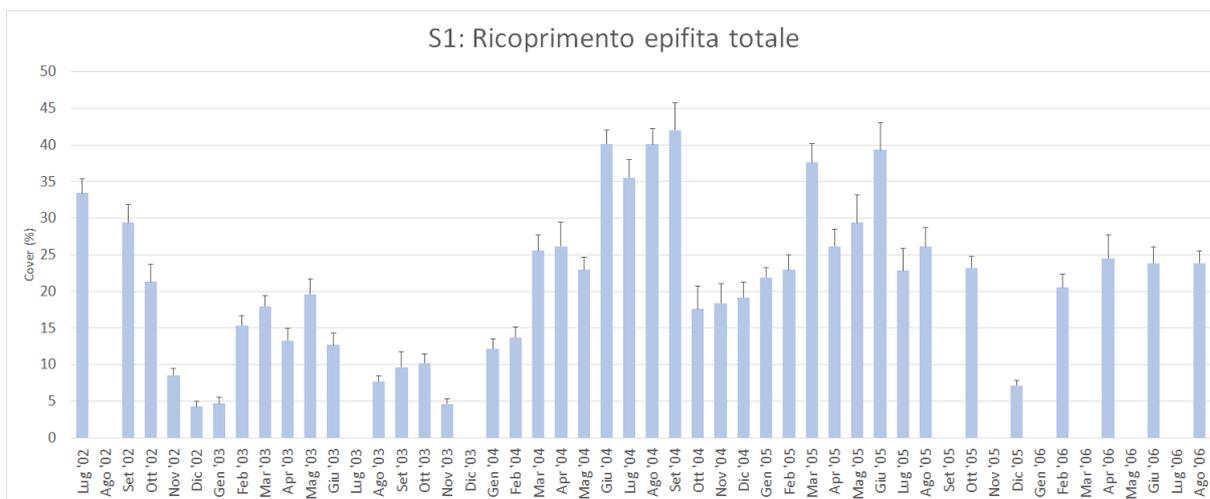


Figura 24: Ricoprimento epifita totale % nella stazione superficiale (4 m)

In sintesi, l'andamento del ricoprimento epifita descritto nei diversi anni considerati tende a diversificarsi molto, sia come valori di ricoprimento sia come distribuzione dei picchi.

L'anno 2003 presenta valori di copertura molto più bassi rispetto a tutti gli altri periodi di studio e mostra un'assenza degli elevati ricoprimenti tipici del periodo estivo. Ciò potrebbe essere spiegato dall'anomalia termica che si è verificata durante quell'anno: è possibile che la comunità epifita abbia risentito delle maggiori temperature e abbia risposto diminuendo drasticamente il ricoprimento nei mesi estivi in corrispondenza dei massimi di temperatura.

L'anno 2004, invece, mostra ricoprimenti maggiori distribuiti nel periodo estivo e una generale maggiore copertura durante tutto l'anno.

Il 2005 presenta delle percentuali di copertura maggiori rispetto a quelle del 2004. Dopo il picco di settembre 2004 vi è una chiara diminuzione associabile alla caduta delle foglie, tuttavia da ottobre sino a febbraio si ha un costante incremento dei valori. Ne risulta la mancanza di un periodo di minimo nel ricoprimento epifita. Successivamente, si presentano due picchi, uno a marzo ed uno a giugno 2005 mentre i valori invernali sono simili a quelli del 2004.

Per quanto riguarda il 2006 non sono disponibili i dati di tutti i mesi ma la copertura sembra mantenersi su valori costanti, con un minimo invernale a dicembre e valori più alti, simili a quelli della primavera 2005, per il resto dell'anno. Manca un picco estivo.

Stazione intermedia (9 m) (Fig.25)

Nella stazione intermedia i valori di ricoprimento maggiori di ciascun anno in studio sono attribuiti a luglio 2002 ($39,68 \pm 3,46\%$), aprile 2003 ($21,87 \pm 1,63\%$), maggio 2004 ($41,29 \pm 1,70\%$), agosto 2005 ($42,55 \pm 2,66\%$), che presenta la massima percentuale di copertura del grafico, e giugno 2006 ($40,65 \pm 2,57\%$).

Sono altresì abbondanti settembre 2004 ($37,60 \pm 2,74\%$), giugno 2005 ($40,59 \pm 2,16\%$) e luglio 2005 ($41,43 \pm 2,40\%$).

La minor copertura è invece associata ai mesi di novembre 2002 ($7,28 \pm 0,57\%$), novembre 2003 ($4,67 \pm 1,04\%$), che presenta la percentuale più bassa della stazione, e dicembre 2005 ($6,14 \pm 0,49\%$).

L'andamento in questa stazione sembra di nuovo diversificarsi molto tra gli anni.

Dopo un picco nel luglio 2002 e un settembre comunque abbondante ($28,91 \pm 2,32\%$), si assiste nuovamente a una diminuzione autunnale degli epifiti. In questo caso il minimo si presenta a novembre, e viene seguito da un graduale aumento dei valori a partire dall'inverno, fino a raggiungere un massimo nell'aprile 2003 ($21,87 \pm 1,63\%$). Dopo questo mese i valori tornano a diminuire, quindi anche a questa profondità non si registrano le percentuali di ricoprimento tipiche del periodo estivo. L'andamento osservato nella stazione superficiale sembra quindi mantenersi anche a 9 m, tuttavia i valori di minima e massima copertura vengono raggiunti in anticipo e il ricoprimento di ogni mese risulta essere leggermente superiore di quello presente a 4 m nello stesso periodo. Anche a questa profondità le percentuali di ricoprimento sembrano riflettere l'anomalia termica del 2003.

A seguito dei minimi registrati nel novembre 2003, si assiste a un graduale aumento dei valori a partire da gennaio con percentuali molto alte in aprile, maggio (il più abbondante) e giugno 2004. Segue una parziale diminuzione estiva e un nuovo picco nel settembre del 2004. Nonostante quindi questo andamento sembri seguire quello della stazione superficiale, si può notare una minore stabilità estiva evidenziata dal fatto che vi siano due picchi distinti a giugno e settembre separati da valori minori nel resto dell'estate.

Dopo una diminuzione dei valori a partire da ottobre, si rileva un minimo in dicembre 2004 ($13,47 \pm 1,19\%$), che risulta molto simile, ai valori di gennaio 2004 ($11,76 \pm 1,63\%$) e febbraio 2004 ($12,18 \pm 1,12\%$). Successivamente, anche nella stazione intermedia, si

nota un costante aumento dei valori a partire dall'inverno (gennaio 2005), con picchi tra giugno e agosto.

Nonostante non siano presenti i dati di settembre 2005, si evidenzia una drastica diminuzione in ottobre e un minimo invernale a dicembre. A seguire, a differenza della stazione superficiale, in questo caso è chiaro un andamento stagionale della copertura poiché è possibile notare un incremento primaverile e un picco nel giugno 2006.

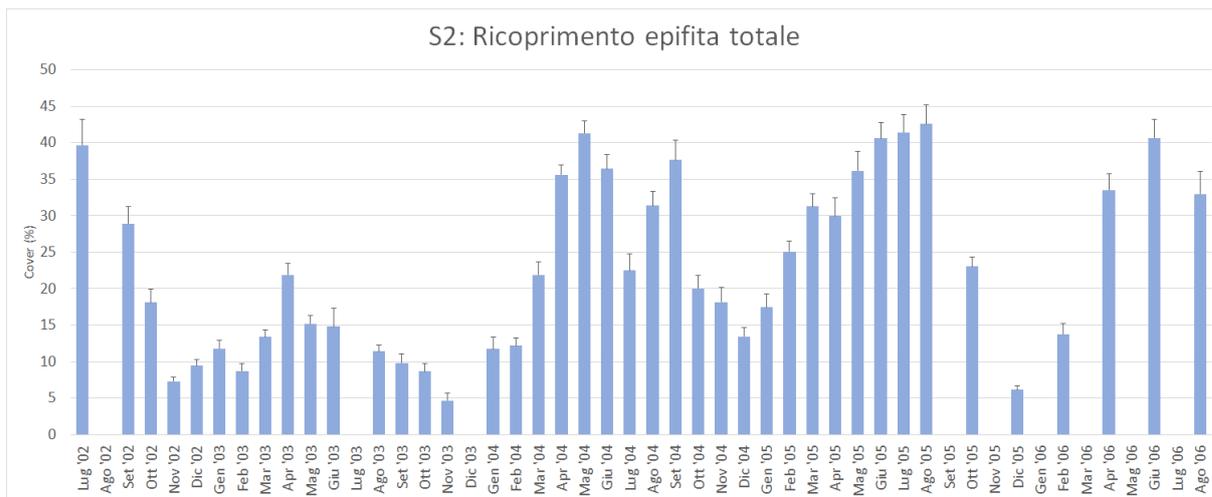


Figura 25: Ricoprimento epifita totale % nella stazione intermedia (9 m)

In sintesi, a profondità intermedie i valori di ricoprimento sembrano superiori a quelli visualizzati nella stazione superficiale. Anche a questa profondità gli andamenti stagionali si differenziano tra gli anni, ma sembra esserci una maggiore stabilità nei periodi che nella stazione superficiale non sembravano seguire un trend.

L'anno 2003 è caratterizzato da valori di ricoprimento decisamente inferiori rispetto agli altri anni con l'eccezione di un picco di ricoprimento primaverile.

Il 2004, presenta due picchi separati tra loro: uno a maggio-giugno e uno a settembre.

Il 2005 presenta nuovamente percentuali di ricoprimento molto maggiori rispetto a quelle degli anni precedenti. Sia il 2005 che il 2006 mostrano sempre un minimo invernale a dicembre ed un successivo graduale incremento nella copertura che raggiunge i valori massimi con i picchi estivi (agosto 2005 e giugno 2006).

Stazione profonda (14 m) (Fig.26)

Alla profondità maggiore i picchi di ricoprimento si riscontrano a luglio 2002 (30,30±2,09%), giugno 2003 (15,38±0,99%), agosto 2004 (37,01±2,17%), settembre 2004 (36,74±3,21%), agosto 2005 (44,56±3,90%), e giugno 2006 (25,84±1,27%).

I valori di ricoprimento minore, invece, sono associati a febbraio 2003 (5,65±0,62%), novembre 2003 (3,30±0,65%), gennaio 2004 (5,74±0,71%), dicembre 2005 (7,49±0,73%) e febbraio 2006 (8,67±0,85%).

Nella stazione profonda si riscontra una tendenza stagionale più spiccata: dopo il massimo di luglio e settembre 2002, si registra una tipica diminuzione autunnale con un minimo a febbraio 2003.

In seguito a una diminuzione con minima copertura a novembre 2003, si assiste nuovamente all'aumento epifita in primavera che si conclude con i picchi di agosto e settembre 2004.

Anche il periodo successivo presenta uno sviluppo ben caratterizzato, con la rapida diminuzione da ottobre 2004 fino ai mesi invernali, che presentano i valori minori dell'anno ma non dei veri minimi rispetto le precedenti stagioni invernali. Successivamente si assiste a un nuovo aumento con i massimi valori di copertura ad agosto 2005, che presenta il ricoprimento più elevato dell'intera serie storica.

Nel 2006 la tendenza sembra mantenersi ma con una generale diminuzione dei valori, infatti non si evidenzia un reale picco estivo, esattamente come avveniva nella stazione superficiale. I valori sembrano più simili a quelli del 2004.

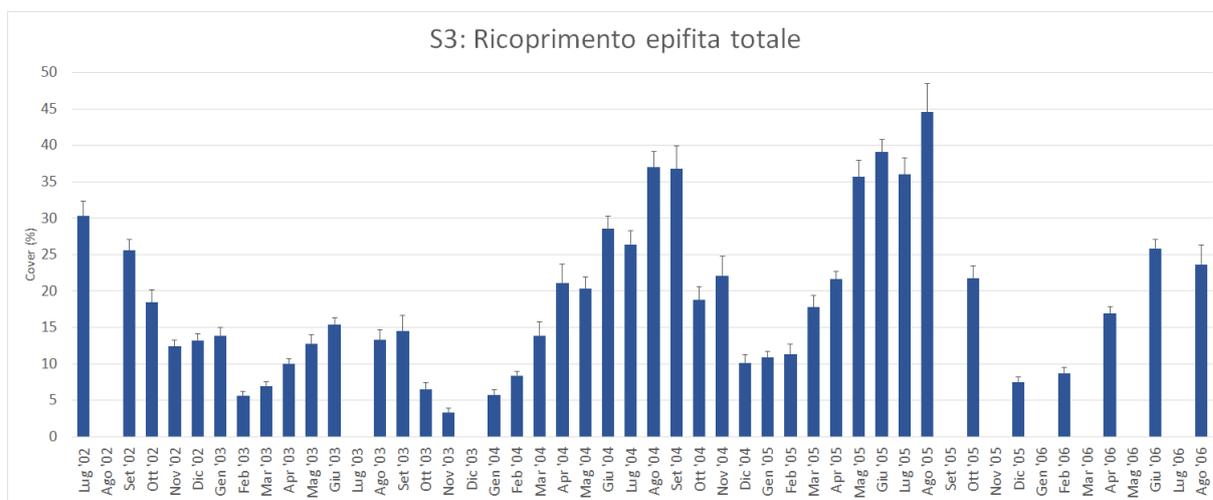


Figura 26: Ricoprimento epifita totale % nella stazione profonda (14 m)

In sintesi, la stazione a 14 m sembra essere la più stabile per quanto riguarda il ciclo stagionale degli epifiti.

Il 2003 per la prima volta presenta un incremento primaverile che mostra dei massimi estivi. Tuttavia, anche in questo caso, le percentuali di ricoprimento sono più basse rispetto a quelle degli altri anni considerati. Ciò può indicare un minore effetto della temperatura alle profondità maggiori.

Il 2005 presenta, come visto anche nelle altre stazioni, valori genericamente più elevati sia in inverno sia in estate.

Il 2006 presenta valori simili a quelli del 2004, con un minimo a dicembre ma senza un massimo estivo.

5.1.2. *Confronto tra ricoprimento epifita vegetale e animale*

La componente vegetale e quella animale dovrebbero comportarsi in maniera differente a seconda della stagione. A causa della maggiore radiazione solare si attende un elevato ricoprimento vegetale nel periodo estivo e sino alla caduta delle foglie, mentre gli animali dovrebbero essere più abbondanti nei mesi invernali e primaverili, perciò avere picchi di ricoprimento che anticipano quelli dell'epiflora.

A livello batimetrico, vi è la tendenza all'aumento dell'epifauna con la profondità poiché la componente vegetale risente del gradiente luminoso in diminuzione.

Stazione superficiale (4 m) (Fig.27)

Nell'estate e nell'autunno 2002 sono evidenti gli elevati valori vegetali poi sostituiti da una maggiore presenza di animali invernale con percentuali di ricoprimento molto basse, che rispecchiano i minimi valori dei periodi freddi. Durante la fine dell'inverno torna ad aumentare l'epiflora, che cala però drasticamente durante la stessa primavera in favore dell'epifauna. In estate, invece, nonostante la maggior presenza di componente vegetale, i valori delle due categorie sono piuttosto simili.

Per l'anno successivo si nota nuovamente un incremento animale durante il periodo freddo con un massimo nell'aprile 2004; questo valore è però anticipato nel marzo 2004 dal ricoprimento vegetale, che nel periodo estivo tende poi ad aumentare molto con valori intorno al 35% sino alla fine dell'estate.

Il 2005, che come detto precedentemente non sembra presentare dei minimi di ricoprimento superficiale, è effettivamente caratterizzato da un inverno a dominanza vegetale che viene seguito da diversi picchi dell'epifauna. In particolare, nel marzo 2004 i valori delle due componenti sembrano sovrapporsi per poi diminuire insieme. Tuttavia, mentre gli animali si ripropongono con un nuovo picco a maggio, l'epiflora subisce una drastica diminuzione per poi riprendersi con un picco estivo a partire da giugno. I valori vegetali si mantengono superiori a quelli animali per il resto dell'estate ma non sono mai costanti, abbassandosi notevolmente già in luglio.

Nel 2006 è invece presente una maggiore copertura vegetale in ogni mese ad esclusione di aprile, che sembra anticipare un picco vegetale estivo.

S1: Ricoprimento vegetale vs animale

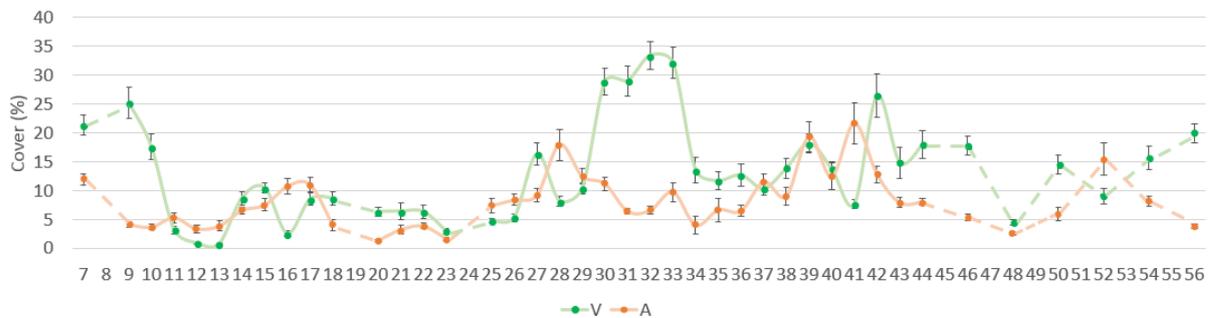


Figura 27: Andamento del ricoprimento % vegetale e animale nella stazione superficiale (4 m)

In sintesi, nella stazione superficiale l'epiflora è dominante per la maggior parte dei mesi, con valori massimi nel periodo estivo e un decremento a partire dall'autunno.

La componente animale, come ci si aspettava, è però più abbondante nei periodi invernali e primaverili, andando ad anticipare il maggior ricoprimento vegetale dell'estate.

Le due componenti sembrano seguire un particolare trend stagionale in questa stazione: dopo una dominanza degli animali in inverno, l'epiflora presenta un massimo a marzo. Successivamente si propone un picco dell'epifauna in aprile che va ad anticipare quello che poi sarà l'incremento vegetale estivo. Ciò è evidente nel 2003 e nel 2004, nonostante il primo periodo possieda, come già detto, minori valori di ricoprimento percentuale totale. Nonostante la mancanza di molti dati mensili, questo andamento sembra in parte presente anche nel 2006, dove però i vegetali sono dominanti in inverno.

L'anno decisamente differente, come già evidenziato, risulta essere il 2005 che, oltre a non subire quasi mai la diminuzione della componente vegetale in favore di quella animale durante il periodo invernale (ad esclusione di gennaio, in cui i valori risultano comunque simili tra le due categorie) vede un picco animale che eguaglia e sorpassa di poco quello vegetale già a marzo, anticipando di fatto il trend che si nota negli altri anni. A seguire si presenta una diminuzione dell'epiflora, esattamente come evidenziato negli altri cicli annuali, ma a maggio sorprende un nuovo picco animale. La componente vegetale incrementa poi nuovamente ma non riesce a mantenere valori estivi costanti come l'anno precedente.

Stazione intermedia (9 m) (Fig.28)

Anche alla profondità intermedia la maggior parte dei mesi è dominata dal ricoprimento vegetale, che si mostra con valori più elevati rispetto alla stazione superficiale.

Nel periodo invernale e primaverile del 2003 l'epifauna tende ad essere dominante con valori simili a quelli dei vegetali; questi ultimi invece risulteranno di poco più alti nel periodo estivo.

Nell'inverno del 2004, invece, la componente animale supera quella vegetale esclusivamente a gennaio, presentando eguali valori a quella vegetale già durante febbraio. Si manifesta in seguito con un picco durante la primavera ma risulta sempre inferiore all'epiflora.

Durante il periodo estivo del 2004, la componente vegetale non sembra costante ma anzi si presenta con due picchi differenti: uno tra maggio e giugno ed uno a settembre.

Sono poi particolari i valori del periodo successivo, infatti dopo questi picchi la componente vegetale torna a diminuire ma mantiene sempre percentuali maggiori di quella animale. Tuttavia, la componente animale riesce ad avvicinarsi ai valori floristici nel gennaio 2005 e avere dei picchi in marzo e maggio 2005, per poi continuare a mantenersi a percentuali simili anche nel corso dell'estate.

Nel 2006 sembrano nuovamente molto importanti i vegetali, mentre gli animali presentano un andamento più omogeneo e decisamente inferiore.

S2: Ricoprimento vegetale vs animale

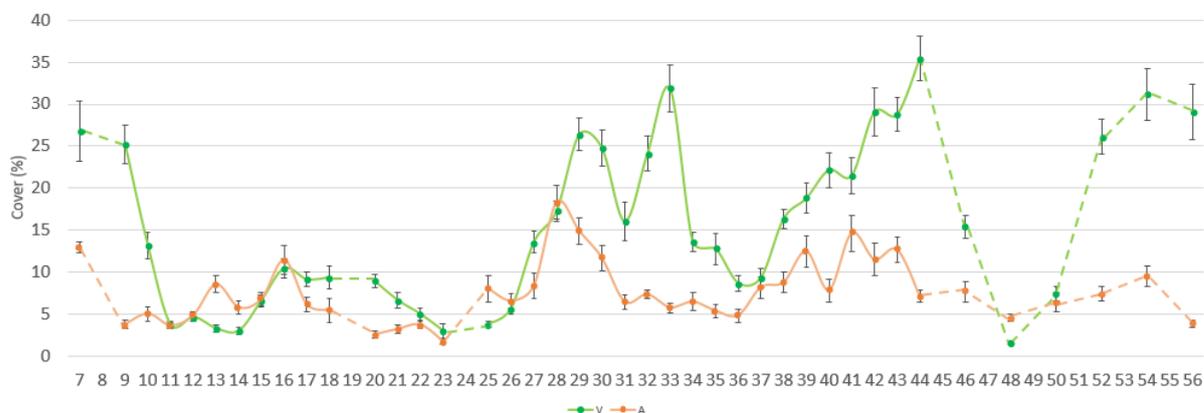


Figura 28: Andamento del ricoprimento % vegetale e animale nella stazione intermedia (9 m)

In sintesi, anche alla profondità intermedia l'epiflora risulta la componente più abbondante della comunità epifita fogliare, con valori significativamente maggiori rispetto alla componente animale in quasi tutti i mesi.

Anche in questo caso componente vegetale e animale sembrano riproporsi in un ciclo, che a questa profondità è dovuto a un primo incremento animale invernale seguito direttamente da un picco più ampio all'inizio della primavera, che risulta concomitante al forte accrescimento dell'epiflora che tornerà ad essere elevata nel periodo estivo. L'epifauna, invece, dopo il picco primaverile diminuisce fino all'inverno successivo.

Ciò si evidenzia sia nel 2003, anche se su piccola scala, sia nel 2004, anche se durante l'estate i vegetali presentano una diminuzione localizzata nel luglio 2004, evidentemente per qualche fattore esterno.

Nel 2005 la componente vegetale mantiene la dominanza sugli animali per tutto l'anno. Il trend dell'epiflora sembra quindi coincidere con quello degli anni precedenti solo fino all'inizio dell'estate.

Gli animali dopo un incremento primaverile, più povero rispetto al precedente, continuano a mantenersi piuttosto costanti per tutta l'estate anziché diminuire gradualmente fino all'inverno successivo.

Nel 2006 i valori di epiflora sono nuovamente molto alti, ma presentano un minimo a dicembre e valori stabili in estate. Il trend vegetale sembra quindi essere corretto ma i valori di ricoprimento sono simili a quelli del 2005. Gli animali non sembrano presentare l'andamento precedentemente descritto.

Stazione profonda (14 m) (Fig.29)

La stazione profonda, caratterizzata da minori valori di ricoprimento totale, presenta un andamento totalmente differente dai precedenti.

La comunità epifita vegetale diminuisce coerentemente con la minore illuminazione dovuta alla profondità. Tuttavia, sono evidenti quattro picchi in corrispondenza della fine dell'estate e dell'inizio dell'autunno (settembre 2002, settembre 2003, settembre 2004, agosto 2005 e agosto 2006).

La componente animale domina su quella vegetale nella maggior parte dell'anno e soprattutto nel periodo invernale, in cui si accresce fino alla fine della primavera. L'epiflora, invece, aumenta gradualmente, superando gli animali ad inizio estate, e presenta un massimo alla fine della stagione.

In tutto il periodo invernale e primaverile del 2003 l'epifauna è sempre più elevata dell'epiflora, anche se i valori risultano molto ravvicinati. Cala successivamente all'inizio dell'estate, in cui per la prima volta si nota un limitato picco dei vegetali nel settembre 2003.

Gli animali tornano ad aumentare a partire da novembre 2003, in concomitanza della diminuzione vegetale, e si presentano con l'incremento invernale che perdura fino a fine primavera. Dopodiché un solo picco in agosto.

L'epifauna torna a diminuire in autunno sino a dicembre 2004 e nel gennaio 2005 sembra aumentare ma subisce un nuovo calo in febbraio. Successivamente si riprende e mantiene il ciclo descritto con un picco durante la fine della primavera. Torna poi nuovamente a diminuire in favore della componente vegetale, che nel mentre ha continuato ad accrescersi e presenta il suo massimo in settembre.

Anche nella primavera del 2006 l'epifauna tende ad essere minore dell'epiflora, mentre domina al suo posto nei mesi invernali e si evidenzia un accenno di picco in giugno.

S3: Ricoprimento vegetale vs animale

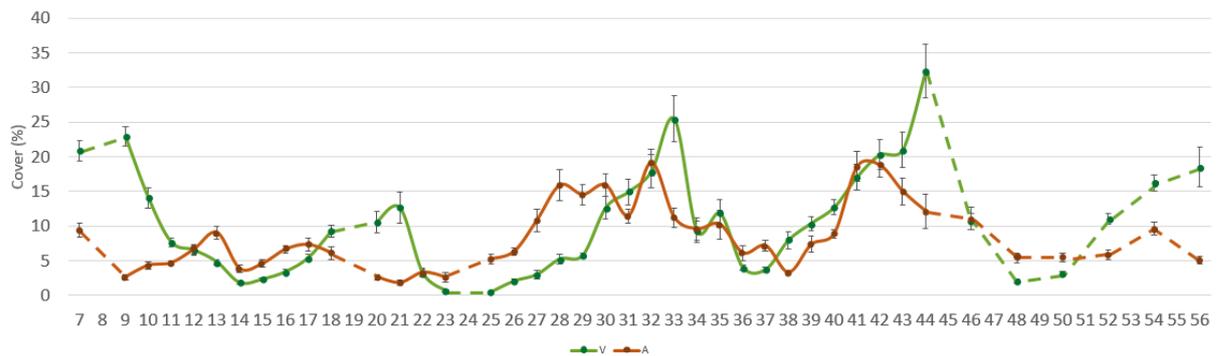


Figura 29: Andamento del ricoprimento % vegetale e animale nella stazione profonda (14 m)

In sintesi, la componente animale predomina per la maggior parte dell'anno, tuttavia i valori dell'epiflora risultano comunque piuttosto elevati in alcuni periodi. Incrementa con l'estate ed è dominante fino a inizio autunno, mentre è molto bassa nel periodo invernale.

Questo andamento, come per le stazioni precedenti, sembra presentarsi nel 2003 e nel 2004, nonostante il primo anno abbia una copertura totale decisamente inferiore e il secondo preveda un nuovo picco in agosto.

Nel 2005 l'andamento stagionale della comunità epifita risulta diversificato: l'epiflora è superiore rispetto alla componente animale, anche se non di molto, tra la fine dell'inverno e per buona parte della primavera.

Nel 2006 sembra esserci una dominanza dell'epiflora, che torna ad aumentare a partire da aprile, mentre si nota un aumento dell'epifauna in giugno.

5.1.3. *Discussione*

L'analisi dei dati della serie storica ha permesso di definire un cambiamento sia nei valori di ricoprimento sia nei cicli stagionali degli epifiti.

È stato evidenziato come la copertura epifita del 2003 sia di molto inferiore rispetto a quella degli altri anni e questo è stato attribuito all'anomalia termica che si è protratta nel corso dell'anno, che potrebbe aver modificato inoltre gli andamenti stagionali degli epifiti: si evidenzia come la zona superficiale e intermedia presentino un massimo di ricoprimento, seppur molto basso, nel periodo primaverile, mentre diminuiscano in estate. A maggiori profondità ciò non avviene e vi è un costante aumento degli epifiti sino a settembre.

Dal confronto tra epiflora ed epifauna si evidenzia un maggior ricoprimento animale in inverno che viene sostituito a 4 m da un primo picco vegetale e un secondo animale che si manifestano nel corso della primavera; a 9 m, invece, vi è un picco animale primaverile in concomitanza del forte aumento vegetale. Segue in entrambi i casi la dominanza estiva e, in genere, il forte aumento dei vegetali.

A profondità maggiori, seppur con valori inferiori, si ha un aumento dei vegetali nei mesi estivi. Sul limite inferiore, quindi, l'effetto della temperatura sembra avere meno effetto sulla comunità epifita.

Il 2004 sembra l'anno più stabile, con ricoprimenti coerenti alle variazioni batimetriche, che diminuiscono a profondità maggiori. L'andamento annuale viene ben rappresentato, con minimi invernali e massimi che si apprestano a crescere dalla primavera all'estate.

Il trend di vegetali e animali ricalca le tendenze già descritte: a 4 m, dopo una dominanza animale invernale, vi sono due picchi, uno floristico e uno faunistico, che si susseguono in primavera per poi concludere il ciclo con il massimo e costante vegetale estivo.

A 9 m si ripresenta in inverno la dominanza animale, che affronta un massimo in primavera mentre i vegetali iniziano ad aumentare per il periodo estivo. Nonostante una diminuzione temporanea in luglio, rilevata anche nei ricoprimenti totali, la dominanza della flora si mantiene costante fino alla fine dell'estate.

A 14 m l'epifauna è giustamente dominante per tutto il periodo invernale e primaverile, diminuendo poi all'inizio dell'estate per lasciar spazio ai picchi vegetali. Anche in questo caso si evidenzia però un picco animale isolato durante l'estate, ma si appresta subito a tornare ai valori corretti.

Gli andamenti estivi sono perciò coerenti con quanto ci si aspetta: la diminuzione vegetale in luglio a 9 m e l'aumento animale in agosto a 14 m sono sicuramente dovuti a un disturbo antropico temporaneo, che in estate potrebbe essere dovuto ad imbarcazioni da diporto ed eventuale affluenza di bagnanti.

Nella stazione superficiale i ricoprimenti percentuali sono completamente differenti da quelli precedenti in ogni mese. Non esistono minimi invernali poiché, dopo la diminuzione in ottobre, la copertura torna immediatamente a crescere. Spiccano poi due massimi in marzo e giugno. Dallo studio delle componenti si riscontra un aumento del carico vegetale per tutto l'anno, con valori che anche in autunno e inverno solo

raramente vengono sorpassati dagli organismi animali. Tendenzialmente, però, l'epiflora continua a mantenere il picco primaverile ed estivo, ma non ha valori alti e costanti sino a settembre: risulta perciò modificata a livello di ricoprimento e nell'andamento della stagione calda. L'epifauna, invece, cambia fortemente anche in primavera, dove si manifesta con due picchi, secondo dei quali potrebbe essere dovuto a un disturbo temporaneo che si è aggiunto a quello già esistente.

Nelle stazioni più profonde, invece, l'andamento stagionale del ricoprimento totale è ottimale, ma anche in questi casi i valori di copertura sono superiori a quelli dell'anno precedente in ogni mese e ad ugual batimetria. Analizzando le componenti, si nota come nuovamente la parte floristica sia molto più abbondante della fauna a 9 m e, in primavera, anche a 14 m.

Nella zona intermedia i cicli degli animali cambiano nuovamente molto da quelli visti negli anni precedenti, infatti non raggiungono mai un valore massimo primaverile, ma mantengono dei valori più alti di quelli invernali e costanti sino alla fine dell'estate. Anche l'epiflora si comporta in maniera differente, continuando ad accrescersi durante tutto il periodo estivo senza stabilizzarsi a determinate percentuali.

A 14 m, invece, i cicli si ripresentano nuovamente più stabili in entrambi i casi, e ricalcano abbastanza bene gli andamenti precedenti anche se con percentuali maggiori e qualche differenza isolata (febbraio 2005) nelle percentuali animali.

Come per il 2003, anche nel 2005 deve esserci quindi stato un forte fattore ambientale che ha modificato tutta la comunità epifita. A giudicare dall'ampia distribuzione vegetale questo potrebbe essere dovuto inizialmente ad un cambio di trofia della baia cui poi sono subentrati disturbi differenti tra la primavera e l'estate, che hanno agito principalmente a 4 m e 9 m. Nuovamente, il sito più profondo risulta essere il più stabile negli andamenti stagionali nonostante, come nel caso dell'anomalia termica del 2003, abbia visto una modificazione delle coperture percentuali. In questo caso sarebbe stato interessante poter confrontare i dati della comunità epifita con campioni d'acqua prelevati nel seno nel corso dell'anno per evidenziare se la causa di queste modificazioni fosse davvero dovuta a una differenza trofica.

Del 2006 purtroppo esistono pochi dati mensili ma si può presupporre un miglioramento delle condizioni ambientali della baia. Nella stazione superficiale torna a presentarsi un minimo invernale, tuttavia i valori seguenti risultano piuttosto omogenei, ma dai trend

delle componenti si evidenzia un rifacimento di quelli presentati durante l'anno 2003 e 2004, con però un minor carico vegetale che non si accresce fortemente durante l'estate. Nella stazione intermedia l'andamento stagionale sembra in parte corretto, con una dominanza animale in inverno e un costante incremento vegetale che presenta i massimi in estate. Si evidenzia inoltre forse un massimo animale a fine primavera. Tuttavia, risultano nuovamente troppo abbondanti gli epifiti vegetali in ogni mese (ad esclusione di dicembre).

Anche a 14 m la tendenza sembra essere corretta ma i valori di ricoprimento sono bassi rispetto ai precedenti poiché gli animali non sembrano presentare un elevato picco di fine primavera.

5.2. VARIABILITÀ ANNUALE DELLA COMUNITÀ EPIFITA

Il grafico (Fig.30) rappresenta l'andamento annuale della comunità epifita ed è stato utilizzato per indagare la variabilità stagionale dei taxa target, senza però includere una distinzione tra profondità.

Ogni mese è stato ottenuto utilizzando i valori della serie storica per produrre una media dei medesimi ricoprimenti mensili, in ogni stazione, di ciascun taxon. Mancando molti mesi nei dati, ciascuna barra mensile è corredata di errore standard in modo da far pesare il meno possibile il differente numero di campioni.

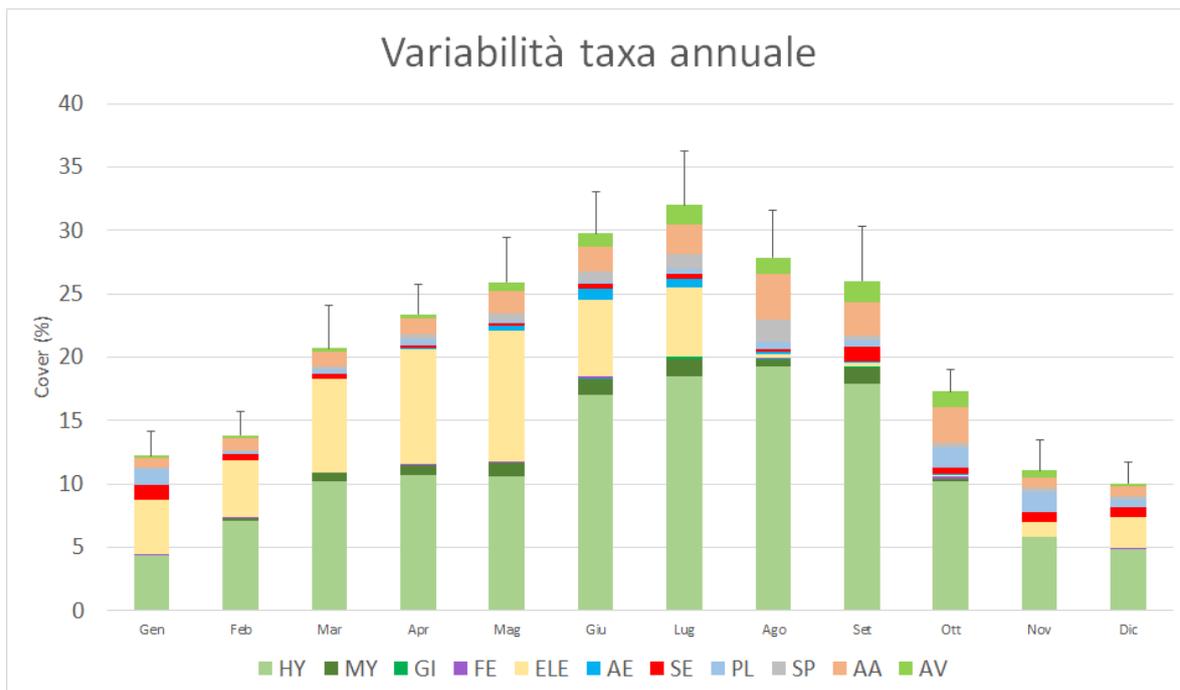


Figura 30: Andamento stagionale dei taxa in studio. Taxa: HY= *Hydrolithon* spp., MY= *Myrionema orbiculare*, GI= *Giraudia sphacelarioides*, FE= *Fenestrulina joannae*, ELE= *Electra posidoniae*, AE= *Aetea* spp., SE= *Sertularia perpusilla*, PL= *Plumularia obliqua*, SP= Serpulidi, AA= Altri animali, AV= Altri vegetali

La prima cosa che si nota è che, come più volte descritto, dopo un graduale calo autunnale, dovuto alla caduta delle foglie, i mesi invernali presentano un basso ricoprimento, con un minimo ricoprimento totale a dicembre pari a $10,06 \pm 1,62\%$.

Si assiste poi ad una costante ripresa della copertura che sfocia nei massimi estivi, dove il maggior carico epifitico è attribuito a luglio ($32,00 \pm 4,26\%$).

Come componenti, l'epiflora è tendenzialmente la più abbondante in tutti i mesi con un massimo sempre in luglio, tuttavia la componente animale si appresta ad avvicinarsi ai suoi valori durante il periodo primaverile, soprattutto ad aprile e maggio, dopo aver subito un lento accrescimento a partire dai mesi invernali.

Per quanto riguarda i taxa, due organismi risultano essere i principali attori della comunità epifita della prateria di Prelo: le alghe rosse incrostanti facenti parte del genere *Hydrolithon* spp. e il briozoo *Electra posidoniae*.

Questi contributi sono coerenti con quanto descritto in letteratura: secondo molti studi, le macrofite incrostanti appartenenti a questi generi sono gli epifiti più abbondanti delle foglie di *Posidonia* e sorpassano solo *E. posidoniae*, che dovrebbe essere sempre presente ad ogni profondità e in ogni stagione.

Ciò risulta veritiero, tuttavia, secondo le mie analisi, in questa prateria *E. posidoniae* diminuisce fortemente a partire dalla fine di agosto. Si appresta infatti ad essere sempre presente, ma con valori molto bassi, quasi nulli.

5.2.1. *Epifiti vegetali*

Gli epifiti vegetali sono per la maggior parte costituiti dalla categoria *Hydrolithon* spp., seguiti poi dal generico raggruppamento “Altri vegetali” e da *Myrionema orbiculare*. *Giraudia sphacelarioides* è invece la specie meno presente.

L'andamento di ogni taxon sembra ricalcare quello tipico dell'epiflora delle foglie di *Posidonia*: graduale aumento primaverile, dopo un minimo invernale, picchi estivi e diminuzione durante l'autunno.

Hydrolithon spp. è molto rappresentato in ogni stagione e tra il tardo inverno e la primavera sembra possedere valori di ricoprimento piuttosto simili, che si aggirano intorno all'11%. La percentuale massima viene raggiunta in agosto ($19,28 \pm 2,74\%$) e si mantiene alta anche a settembre, mentre i valori minimi sono tipici di gennaio ($4,38 \pm 1,19\%$).

Myrionema orbiculare è totalmente assente a dicembre e molto scarsa per tutto il periodo invernale, mentre aumenta gradualmente fino a luglio in cui presenta un massimo di ricoprimento inferiore al 2%. È inoltre presente a settembre con valori simili.

Giraudia sphacelarioides, unica specie eretta tra le presenti, non è stata ritrovata per la maggior parte dell'anno ma, come si poteva attendere, è tipica dei periodi di maggior carico epifitico (estate) in cui la componente vegetale torna ad aumentare e ad avere la massima complessità.

L'insieme degli “Altri vegetali” mostra un aumento nel periodo estivo, con un massimo nuovamente in corrispondenza di settembre.

5.2.2. *Epifiti animali*

Come illustrato precedentemente, la componente animale è per la maggior parte costituita da *Electra posidoniae*. Seguono il raggruppamento “Altri animali”, e, con ricoprimenti sempre inferiori al 2%, *Plumularia obliqua*, *Sertularia perpusilla*, Serpulidi e, con valori sempre minori dell'1%, *Aetea* spp. e *Fenestrulina joannae*.

Electra posidoniae ricalca molto bene l'andamento dell'epifauna, presentando discrete concentrazioni invernali che incrementano molto con la primavera. Maggio rappresenta il contributo massimo del briozoo ($10,27 \pm 1,39\%$), i cui valori sono molto simili a quelli di *Hydrolithon* spp. nello stesso mese ($10,61 \pm 2,43\%$); diminuisce poi drasticamente dopo l'estate, scomparendo quasi totalmente con un minimo in ottobre ($0,07 \pm 0,03\%$).

L'insieme "Altri animali" dimostra invece dei minimi a dicembre e gennaio, seguiti da un accrescimento continuo e un picco in agosto.

Plumularia obliqua, idrozoa tipico della base fogliare, presenta un ciclo differente dai precedenti, con valori maggiori nel tardo autunno e ad inizio inverno. Diminuisce poi senza però mantenere un reale trend.

Sertularia perpusilla, idroide esclusivo di *P. oceanica*, è sempre presente durante l'anno e possiede picchi di poco maggiori all'1% a settembre e gennaio. I valori più bassi sono invece tipici del periodo primaverile.

Gli anellidi del gruppo "Serpulidi", di cui si considera il tubo calcareo rimasto sulla foglia senza indagare sulla presenza dell'organismo all'interno, si trovano con valori sempre intorno all'1% nel periodo estivo, tra luglio e agosto, segue poi una diminuzione autunnale e una ripresa dei valori in primavera.

Aetea spp. e *Fenestrulina joannae* sono infine i due animali con i valori più bassi di ricoprimento, non arrivando all'1% del ricoprimento in alcun mese.

Aetea spp. si mostra maggiormente tra la fine della primavera e l'inizio dell'estate, mentre scompare totalmente con l'inverno.

Fenestrulina joannae, invece, non sembra possedere un vero e proprio andamento, trovandosi maggiormente soprattutto in agosto e ottobre ma intervallati da periodi di ricoprimento quasi nulli.

5.2.3. *Discussione*

La stagionalità del ricoprimento epifita ricalca tutte le considerazioni fatte in precedenza riguardo l'andamento in base al turnover fogliare.

Il grafico presentato riesce inoltre a confermare il particolare andamento invernale e primaverile della comunità animale che è stato discusso analizzando la variabilità inter-annuale, in cui si notavano aumenti dell'epifauna anticipare i picchi vegetali di inizio primavera ed estate.

Concorda poi con la notevole importanza delle alghe rosse incrostanti e del briozoo *E. posidoniae*, mentre invece dimostra come la restante epifauna abbia valori molto bassi di ricoprimento, se non nulli in alcuni mesi. In aggiunta sembra possedere solo raramente un vero trend di accrescimento.

Più importante è invece il ruolo di *Myrionema orbiculare*, che, anche se con percentuali vicine all'1% durante tutto l'anno, è comunque un'alga genericamente presente e con un tipico accrescimento sulle foglie di *Posidonia*, che tende a colonizzare nello stesso periodo di *Hydrolithon* spp.

5.3. ANALISI DELLA VARIABILITÀ DELLA COMUNITÀ

EPIFITA: CONFRONTO TRA DATI STORICI E RECENTI

L'ultima parte dello studio si concentra sulla valutazione dei cambiamenti avvenuti nella comunità epifita della prateria di Prelo confrontando le percentuali di ricoprimento dei taxa target nei lugli della serie storica con quelle dei campioni di luglio 2019.

Per fare ciò si è elaborato un grafico (Fig.31) che mette a confronto barre orizzontali rappresentanti i valori del 2019 e i valori medi della serie storica (ottenuti producendo la media di ciascun taxa target grazie alle percentuali di copertura degli stessi presenti nel luglio 2002, luglio 2004 e luglio 2005) distinti nelle tre batimetrie. Anche in questo caso, essendo il numero di campioni differente, ogni barra è corredata di errore standard.

A completare il confronto vi è un'analisi statistica effettuata con il test t di Student, che permette di evidenziare le differenze di ricoprimento significative di ciascun taxa nei due tempi, sempre differenziato tra le profondità. I livelli di significatività indagati sono pari all'1% e al 5% e vengono rappresentati con un asterisco (p -value $<0,05$) e due asterischi (p -value $<0,01$).

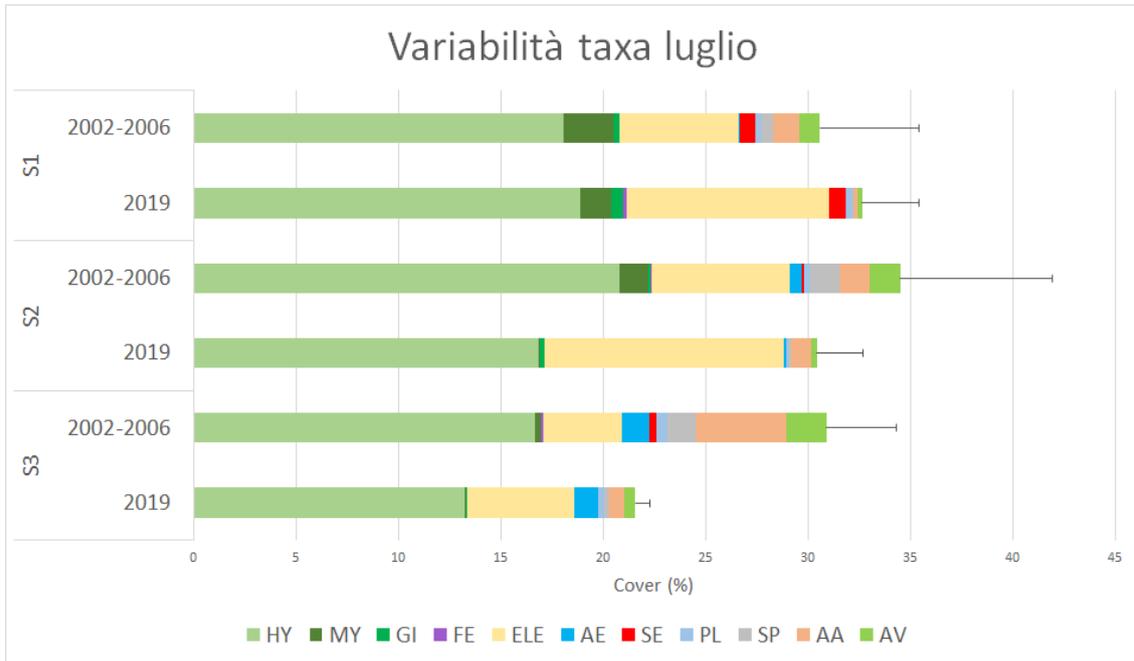


Figura 31: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento epifita in tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m).

Taxa: HY= *Hydrolithon* spp., MY= *Myrionema orbiculare*, GI= *Giraudia sphacelarioides*, FE= *Fenestrulina joannae*, ELE= *Electra posidoniae*, AE= *Aetea* spp., SE= *Sertularia perpusilla*, PL= *Plumularia obliqua*, SP= Serpulidi, AA= Altri animali, AV= Altri vegetali)

Dal grafico si desume una modificazione dell'andamento del ricoprimento epifita alle tre profondità: dalla serie storica si individua una maggiore copertura nella stazione intermedia, seguita poi da quella profonda e infine dalla parte più superficiale della prateria.

La situazione che si presenta nel luglio 2019, invece, prevede una diminuzione della copertura lungo il gradiente batimetrico, con un aumento della comunità epifita nella stazione superficiale che tende a diminuire all'aumento della profondità.

Nella stazione superficiale si presenta quindi un leggero aumento del carico epifitico rispetto al passato: $30,58 \pm 4,82\%$ contro gli attuali $32,64 \pm 2,78\%$.

È da notare come la percentuale di ricoprimento superficiale del 2019, che è quindi il valore maggiore tra le tre stazioni, sia comunque minore rispetto alla stazione intermedia della serie storica ($34,53 \pm 7,41\%$).

Allo stesso modo, si nota invece che il ricoprimento intermedio del 2019 ($30,43 \pm 2,29\%$) presenta valori molto simili a quelli della comunità epifita profonda della serie storica ($30,90 \pm 3,40\%$), seppur di poco minori.

In termini percentuali il cambiamento maggiore sembra averlo subito la stazione a 14 m, che perde quasi il 10% del carico epifita rispetto ai valori passati: si evidenzia infatti un ricoprimento pari al $21,59 \pm 0,68\%$.

Si può quindi assumere che ci sia stata una generale diminuzione della comunità epifita della prateria, con un cambio di trend che vede una diminuzione dalla superficie verso le profondità. Inoltre, i valori di ricoprimento passati vengono in parte anticipati in alcune stazioni, come nel caso della profondità intermedia del 2019 che assume percentuali simili a quelle della batimetria maggiore della serie storica, risultando però sempre inferiore a quest'ultima.

La comunità epifita di *P. oceanica* riesce a riflettere in maniera precoce i disturbi ambientali presenti, perciò questa modificazione del trend a livello batimetrico e la diminuzione del carico epifitico potrebbe essere associata a qualche tipo di stress.

La componente vegetale è sempre la dominante in ogni batimetria e nel tempo, nonostante diminuisca in ogni stazione del 2019.

Si nota altresì un leggero aumento dell'epifauna fogliare nel 2019, che presenta valori maggiori nella stazione superficiale ($1,64 \pm 1,49\%$ contro $1,26 \pm 0,84\%$ del passato) e in quella intermedia ($1,86 \pm 1,78\%$ attuali contro $1,53 \pm 0,97\%$ dei dati storici). Sembra invece essere diminuita a 14 m, presentandosi nel 2019 con valori pari a $1,10 \pm 0,77\%$ contro $1,71 \pm 0,70\%$ della serie storica.

Questa diminuzione animale della stazione profonda non è un risultato atteso notando l'incremento nelle due stazioni superiori, poiché in termini percentuali la componente animale dovrebbe aumentare con la profondità localizzandosi in base ad un gradiente idrodinamico.

Come già evidenziato dal grafico della variabilità annuale, i due taxa principali della prateria di Prelo sono *Hydrolithon* spp. ed *Electra posidoniae*.

Sono poi presenti in quantità variabili anche altri taxa, tuttavia è possibile notare una diminuzione del numero di organismi presenti e della loro percentuale di ricoprimento in ogni stazione del 2019. Inoltre, si nota un chiaro aumento del briozoo *E. posidoniae* lungo tutto il transetto del 2019, con valori di copertura pari a quasi il doppio di quelli presenti nella serie storica. Ciò potrebbe spiegare il recente aumento della componente animale a profondità superficiali e intermedie, poiché questo organismo predilige le zone meno profonde della prateria.

5.3.1. Epifiti vegetali

Hydrolithon spp. (Fig.32) è sempre la componente vegetale maggiore sia a livello spaziale e sia temporale. Tende in parte ad aumentare nella stazione superficiale del 2019, infatti si presenta con un valore pari a $18,88 \pm 1,52\%$ rispetto al $18,06 \pm 4,40\%$ del passato, mentre possiede un generale decremento sia a livello batimetrico sia tra gli anni, spesso anche importante: nella stazione intermedia e profonda i valori della serie storica risultano essere pari a $20,79 \pm 3,97\%$ e $16,67 \pm 2,27\%$ mentre nel 2019 si presenta al $16,86 \pm 2,02\%$ e $13,27 \pm 0,64\%$. Il test t di Student definisce che la differenza di ricoprimento tra serie storica e 2019 risulta molto significativa nella stazione profonda, con un valore di $p < 0,01$.

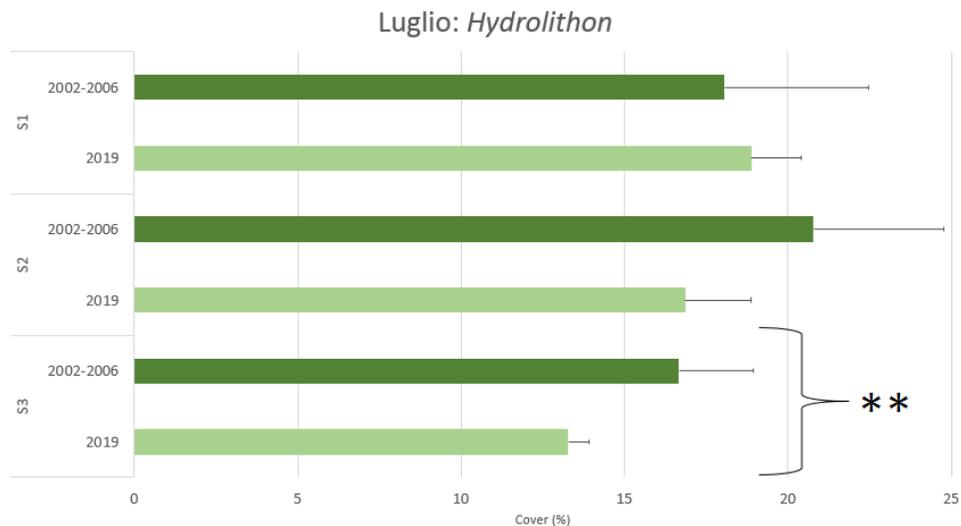


Figura 32: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di *Hydrolithon* spp. alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Myrionema orbiculare (Fig.33) è una specie che sembra essere cambiata in maniera sostanziale nel tempo: presentandosi con valori minori nella stazione superficiale rispetto al ricoprimento passato ($1,49 \pm 0,20\%$ rispetto a $2,46 \pm 0,47\%$ storico), scompare poi quasi completamente alle profondità maggiori del 2019, con valori molto vicini allo 0%. Secondo il test t, *M. orbiculare* presenta differenze significative tra serie storica e dati recenti in ogni stazione, con un valore di $p < 0,01$ a 9 m e 14 m mentre sono meno importanti le differenze nella stazione superficiale (che comunque presenta un valore di $p < 0,05$).

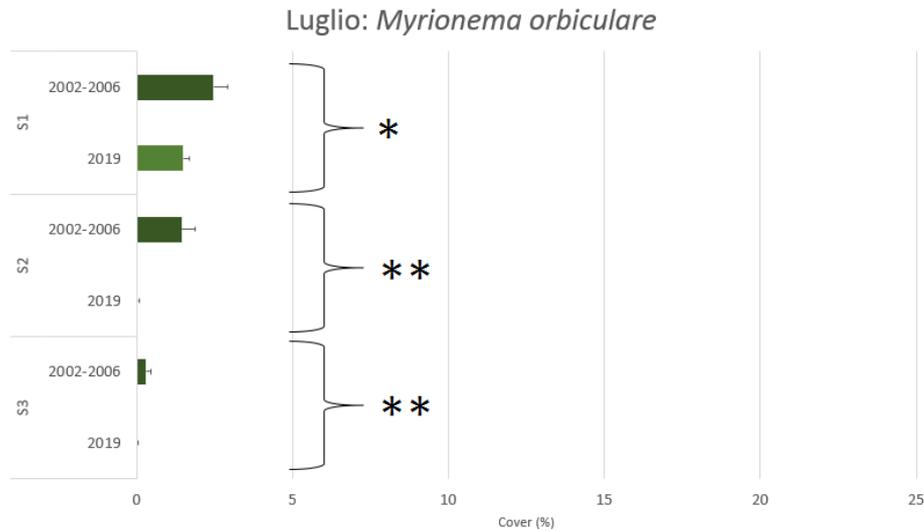


Figura 33: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di *M. orbiculare* alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Andamento totalmente diverso è invece quello di *Giraudia sphacelarioides* (Fig.34), che aumenta rispetto al passato mantenendo una diminuzione lungo il gradiente di profondità. I suoi valori continuano però ad essere inferiori all'1%. Nonostante sembri incrementare, il test t non individua differenze significative a nessuna profondità.

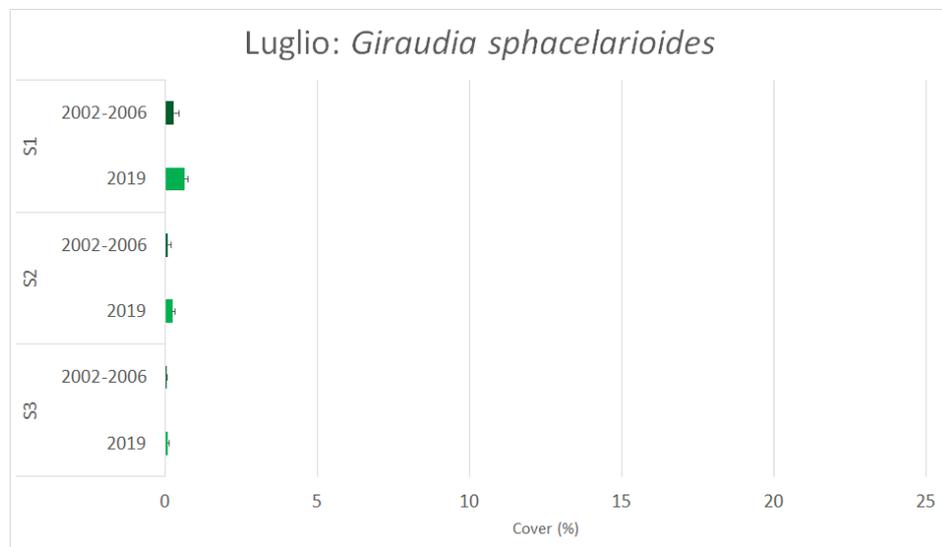


Figura 34: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di *G. sphacelarioides* alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Per quanto riguarda la categoria “Altri vegetali” (Fig.35), i valori risultano minori di quelli della serie storica, ma, come in questa, vi è un aumento del ricoprimento con la

profondità. Secondo il test statistico questo raggruppamento possiede differenze di ricoprimento molto significative tra luglio storici e luglio del 2019, e ciò è possibile verificarlo dalla diminuzione della copertura in ogni stazione.

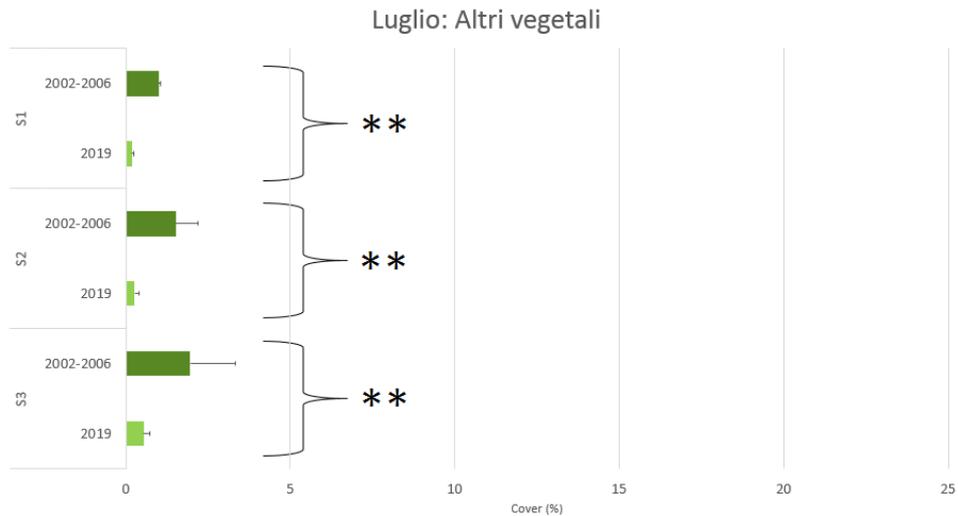


Figura 35: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di “Altri vegetali” alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

5.3.2. Epifiti animali

Electra posidoniae (Fig.36) è il taxon che presenta i maggiori cambiamenti tra i dati storici e quelli attuali, è infatti un organismo che aumenta di molto la sua percentuale di ricoprimento rispetto al passato e ciò risulta presente ad ogni profondità indagata.

Sembra però mantenere l’andamento di ricoprimento che si evidenziava anche in precedenza, con maggiori percentuali nella stazione intermedia e valori di copertura minori nella stazione profonda. Ciò è concordante col fatto che si trovi più abbondante a profondità inferiori poiché, essendo un organismo incrostante, riesce a resistere meglio all’idrodinamismo dell’ambiente.

I valori più recenti vedono un aumento del briozoo di quasi il doppio rispetto ai dati passati: nella stazione superficiale si presenta al $9,89 \pm 1,30\%$ (mentre in passato risulta essere presente al $5,83 \pm 2,82\%$), a 9 m i valori del 2019 sono pari $11,70 \pm 1,68\%$ (contro $6,74 \pm 3,15\%$ della serie storica) e a profondità maggiori è presente al $5,26 \pm 0,47\%$ (rispetto al $3,81 \pm 0,81\%$ storico).

Come ci si poteva aspettare, secondo l’analisi statistica *Electra posidoniae* possiede delle differenze significative nei valori di ricoprimento, che sono pari a $p < 0,01$ nella

stazione superficiale e $p < 0,05$ nella stazione intermedia. La stazione profonda, invece, non sembra presentare grosse differenze tra i due tempi.

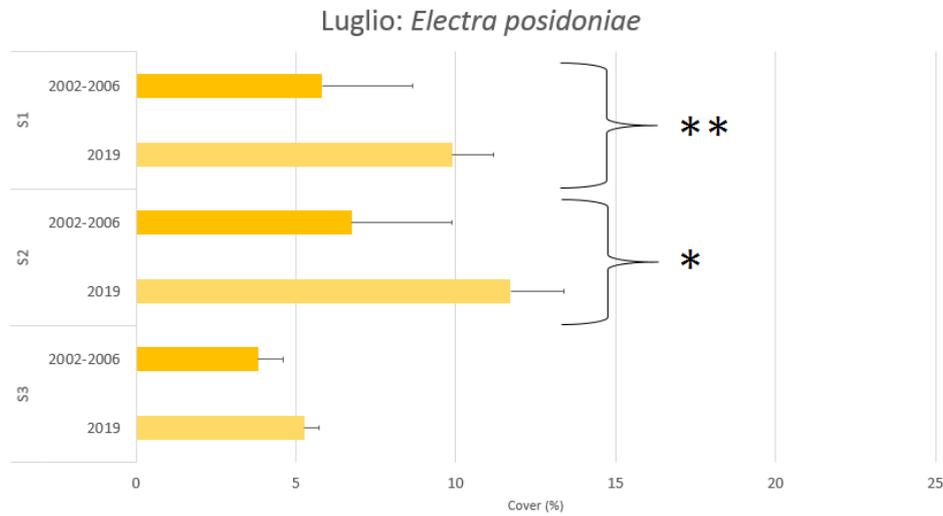


Figura 36: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di *E. posidoniae* alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Fenestrulina joannae (Fig.37) ha subito forti cambiamenti durante il tempo, e questo viene evidenziato sia dalle percentuali di ricoprimento sia dall'andamento lungo il gradiente: se in passato tendeva ad aumentare con la profondità, pur sempre mantenendo valori inferiori allo 0,50%, attualmente risulta totalmente assente a 9 m e 14 m, mentre a 4 m si presenta con una percentuale maggiore seppur sempre scarsa ($0,16 \pm 0,06\%$ attuali contro $0,01 \pm 0,01\%$ passati).

Anche per quanto riguarda questo briozoo il test di Student evidenzia delle importanti differenze di ricoprimento, con valori di $p < 0,01$ nella stazione intermedia e profonda, dove effettivamente nel 2019 non è stato mai trovato, e $p < 0,05$ nella stazione superficiale, in cui si presenta invece con valori più alti di quelli del passato.

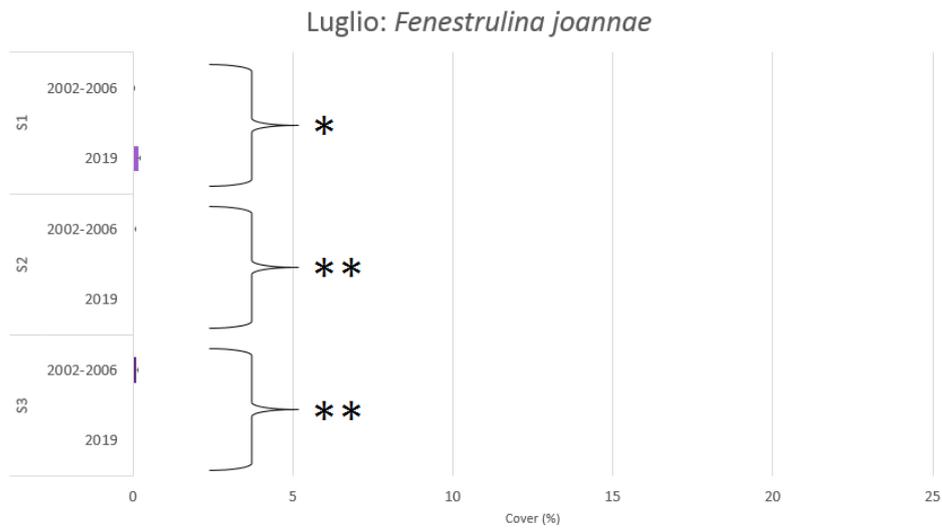


Figura 36:

Figura 37: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di *F. joannae* alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Aetea spp. (Fig.38), nuovamente, risulta diminuita nei tempi recenti, ma mantiene il tipico aumento di ricoprimento alle profondità maggiori poiché, essendo un organismo eretto, in queste zone può vivere senza subire i movimenti idrodinamici.

È evidente però una drastica diminuzione nella stazione intermedia più recente ed infatti l'analisi statistica evidenzia una significatività delle differenze pari a $p < 0,01$.

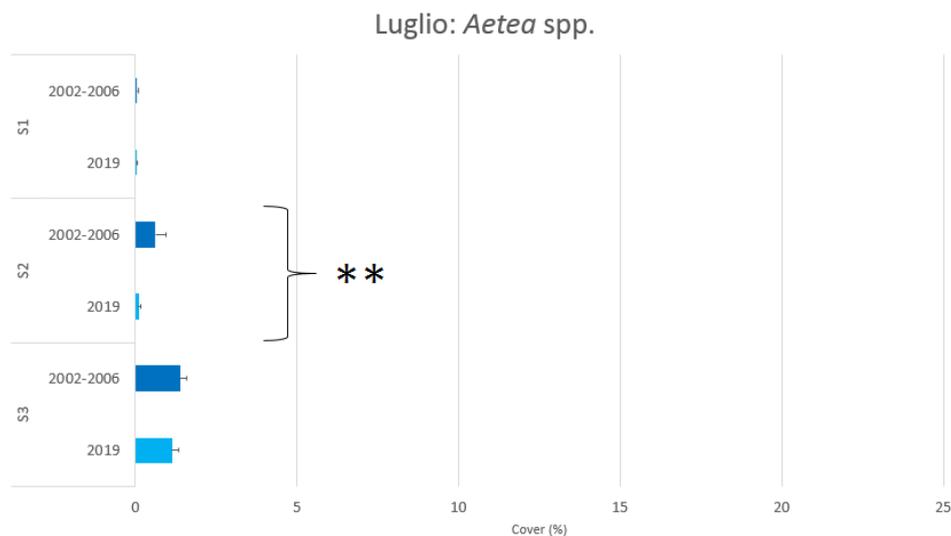


Figura 38: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di *Aetea* spp. alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Sertularia perpusilla (Fig.39), che in passato presentava valori maggiori a 4 m e 14 m (ma sempre inferiori all'1%) sembra essere cambiata nel tempo: nel 2019 non è stata ritrovata a 9 m e 14 m, mentre nella stazione superficiale si presenta con valori simili a quelli passati ($0,78 \pm 0,55\%$ attuali e $0,75 \pm 0,72\%$ passati).

Nonostante manchi in due stazioni, il test di Student non rileva importanti differenze in nessuna stazione, poiché, anche in passato, a 9 m e 14 m si presentava in basse percentuali.

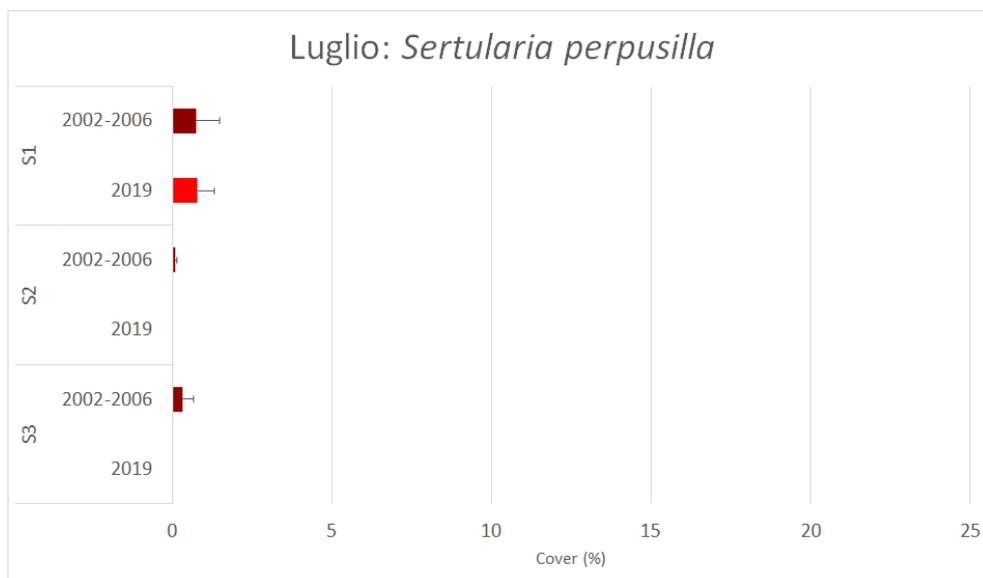


Figura 39: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di *S. perpusilla* alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Plumularia obliqua (Fig.40) sembra mantenere l'andamento che dimostrava anche in passato ma i valori di ricoprimento diminuiscono a 9 m e 14 m, risultando quasi dimezzata rispetto a prima. Nella stazione intermedia si presentava con valori pari a $0,29 \pm 0,20\%$, mentre oggi è presente al $0,12 \pm 0,05\%$; nella stazione profonda, invece, in passato arrivava fino al $0,53 \pm 0,31\%$, oggi invece si trova pari a $0,29 \pm 0,11\%$.

Il test t indica una significativa differenza di ricoprimento solo nella stazione intermedia, con un valore di $p < 0,05$.

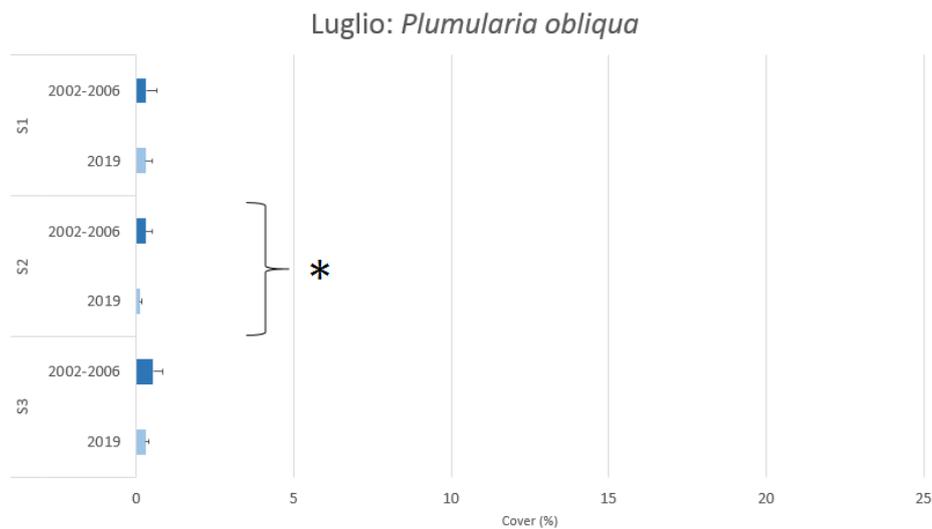


Figura 40: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di *P. obliqua* alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Chi sembra cambiare drasticamente sono i Serpulidi (Fig.41): pur non superando il 2% di ricoprimento nella serie storica, nel 2019 non riescono a raggiungere l'1% del ricoprimento a nessuna profondità. Tuttavia, mantengono un aumento con la profondità. Tutto ciò viene confermato dall'analisi statistica, che indica dei valori di $p < 0,01$ in ogni stazione.

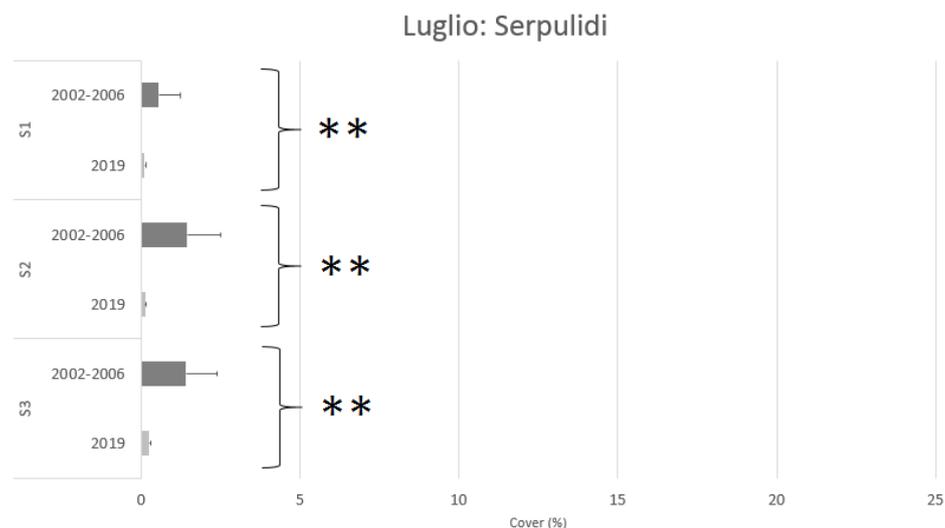


Figura 41: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di Serpulidi alle tre batimetrie (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

Infine, anche la categoria “Altri animali” (Fig.42) sembra molto diminuita osservando i dati recenti, soprattutto nella stazione più profonda dove nel 2019 sono ritrovati con un

valore pari a $0,75 \pm 0,11\%$ mentre nella serie storica sono presenti al $4,41 \pm 1,85\%$. Sembrano tuttavia continuare ad aumentare lungo il gradiente batimetrico.

Dalla statistica di Student si evidenziano anche in questo caso delle differenze di ricoprimento significative tra gli anni, con $p < 0,01$ in superficie e in profondità e $p < 0,05$ nella zona intermedia.

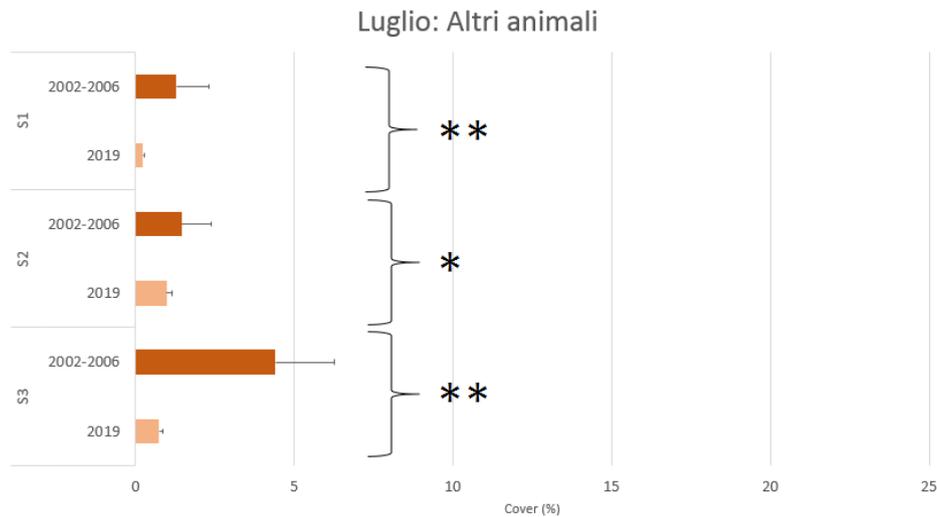


Figura 42: Confronto tra dati storici e recenti del ricoprimento di “Altri animali” alle tre batimetriche (S1= 4 m, S2= 9 m, S3= 14 m). * = $p < 0,05$; ** = $p < 0,01$

5.3.3. *Discussione*

Come ci si poteva aspettare, nell’arco di quasi 15 anni di distanza la comunità epifita della prateria di Prelo sembra essersi modificata. Ciò è possibile evidenziarlo sia mediante i ricoprimenti totali sia valutando quelli di ciascun taxon.

È visibile una chiara modificazione dell’andamento del ricoprimento a livello batimetrico: come anche evidenziato dai grafici della variabilità inter-annuale, la prateria ha quasi sempre presentato un maggior ricoprimento epifita alle profondità intermedie.

I dati del 2019, tuttavia, indicano un gradiente di ricoprimento in diminuzione con la profondità, come molti autori affermano (Mazzella e Ott, 1984; Tsirika et al., 2007). Ciò potrebbe essere dovuto a qualche tipo di stress che ha fatto sì che modificasse il trend della comunità epifita. Questo può essere inoltre confermato dalla diminuzione dell’epiflora fogliare in favore di un aumento dell’epifauna di *Posidonia*, che tuttavia sembra diminuire alle profondità maggiori.

Tra i fattori che influiscono maggiormente sulla componente vegetale vi è la radiazione solare, che in questo caso potrebbe essere stata schermata da un aumento di torbidità delle acque; questo inoltre potrebbe spiegare l'incremento degli animali, specialmente se sospensivori.

Risulta in effetti aumentare *Electra posidoniae*, briozoo quasi esclusivo della fanerogama e abile sospensivoro, che da questa condizione potrebbe averne tratto un vantaggio per accrescersi ulteriormente. Inoltre, *E. posidoniae* è un organismo tipico delle zone superficiali e intermedie, poiché col suo zoario incrostante riesce a resistere all'idrodinamismo più accentuato. Questo concorda quindi anche con la leggera diminuzione dell'epifauna nelle stazioni profonde, che è inoltre dovuta a una minor ricchezza in specie nel 2019.

Anche il minor numero di taxon rilevati è indubbiamente associato a qualche tipo di disturbo: tra questi risultano mancare *Fenestrulina joannae* e *Sertularia perpusilla* nella stazione intermedia e profonda più recenti. Tuttavia, sono organismi esclusivi di *P. oceanica* che vengono trovati sempre raramente sulla fanerogama, probabilmente perché meno competitivi di altri animali come *E. posidoniae*, cui lasciano il substrato fogliare.

6. CONCLUSIONI

L'elevato numero di studi sulla comunità epifita della prateria di Prelo sono un'importante testimonianza dei cambiamenti avvenuti nel tempo.

La comunità epifita si è modificata nel corso degli anni, sia a livello di ricoprimento totale sia di andamento stagionale. Analizzando la tipologia di organismi si possono riscontrare dei trend di accrescimento differenti in ogni stazione, che però vedono essenzialmente un maggior ricoprimento estivo, dovuto a picchi vegetali che si dovrebbero mantenere costanti fino alla caduta delle foglie, e maggiori valori di ricoprimento epifita animale in inverno.

Il 2003 ha fatto registrare un minimo dei ricoprimenti in ogni stazione, e ciò può essere dovuto all'anomalia termica che ha causato un aumento della temperatura soprattutto nei mesi estivi. Il 2004 sembra invece l'anno più stabile sia come valori percentuali sia come andamento, nonostante si rilevino alcune alterazioni dovute probabilmente a stress di tipo antropico. Nel 2005 si rileva un incremento importante della componente vegetale ad ogni profondità facendo venire meno parte dei tipici trend stagionali. Nonostante ciò, l'epiflora mantiene il suo ciclo, ad esclusione del periodo estivo. Gli epifiti animali, invece sia in zone superficiali che profonde cambiano l'andamento primaverile. Nel 2006 sembrano invece ristabilirsi i normali andamenti e ricoprimenti della comunità epifita.

Come era già stato osservato da Giovannetti (2006a), a causa della vicinanza tra le stazioni di campionamento, la profondità incide poco sui cambiamenti temporali della comunità epifita di Prelo che di conseguenza mostra un trend abbastanza simile a tutte le batimetrie.

I ricoprimenti maggiori sembrano presentarsi sempre nella stazione intermedia, tranne in rari casi (primavera 2003), a conferma della maggior stabilità della prateria a queste profondità, dove si riscontrano condizioni ideali per l'accrescimento della pianta e il conseguente sviluppo delle comunità ad essa associate.

Una copertura minore è invece tipica del limite inferiore poiché, essendo la componente vegetale generalmente più abbondante, tende a diminuire bruscamente a causa del gradiente luminoso che si attenua con la profondità.

Gli animali al contrario aumentano con la profondità e sono la componente dominante sul limite inferiore per la maggior parte dell'anno, a meno che non vi siano fattori esterni a modificare la comunità.

Le differenze tra comunità epifita animale e vegetale di conseguenza sembrano diminuire con l'aumentare della profondità.

La zona superficiale è quella che risente maggiormente dei cambiamenti ambientali e dei fattori di disturbo, mentre a profondità più elevate la comunità epifita sembra subire meno l'effetto di tali perturbazioni.

Lo studio della variabilità annuale della comunità epifita ha confermato l'andamento descritto in letteratura: maggiori ricoprimenti nel periodo estivo, minimi in inverno.

L'epiflora domina durante l'estate grazie al maggiore irraggiamento ma presenta percentuali molto simili a quelle del ricoprimento animale nel periodo primaverile.

I maggiori esponenti della comunità epifita della prateria di *P. oceanica* di Prelo sono le alghe rosse incrostanti del genere *Hydrolithon* e il briozoo *Electra posidoniae*. Gli altri taxa tipici presenti, si trovano in percentuali che raramente superano l'1%. Inoltre, non tutti presentano un trend stagionale ben definito come *Hydrolithon* spp. ed *E. posidoniae*.

Il confronto temporale tra la media dei mesi di luglio della serie storica (luglio 2002, 2004 e 2005) e luglio 2019 ha evidenziato cambiamenti nella struttura della comunità epifita della prateria di Prelo.

È evidente un aumento di *E. posidoniae* a tutte le profondità, che risulta prevalere su taxa esclusivi minori e meno competitivi come *Sertularia perpusilla* e *Fenestrulina joannae*, che scompaiono completamente dalla zona intermedia in poi. Mentre gli altri taxa anche se presenti, risultano meno abbondanti.

La diminuzione dell'epiflora fa supporre un aumento della sospensione nella colonna d'acqua ed un conseguente incremento della torbidità a vantaggio del briozoo sospensivoro (*E. posidoniae*) che, essendo fortemente specializzato per la vita sulle foglie di *P. oceanica*, potrebbe competere con gli altri epifiti.

Per concludere, i risultati di questa tesi confermano come la comunità epifita delle foglie di *P. oceanica* possa essere un efficace strumento diagnostico per il monitoraggio della qualità ambientale in ambiente costiero.

BIBLIOGRAFIA

- Aligizaki K., Nikolaidis G., 2006. The presence of the potentially toxic genera *Ostreopsis* and *Coolia* (Dinophyceae) in the North Aegean Sea, Greece. *Harmful Algae*, 5: 717–730.
- Antolić B., 1986a. Epiphytic flora on leaves of *Posidonia oceanica* (L.) Delile from the area of Dubrovnik (South Adriatic). *Acta Adriatica*: 27: 37–49.
- Antolić B., 1986b. Epiphytic flora of *Posidonia oceanica* (L.) Delile rhizomes from Dubrovnik area (south Adriatic). *Biosistematika*, 12: 1–14.
- Apostolaki E.T., Holmer M., Marba N., Karakassis I., 2011. Epiphyte dynamics and carbon metabolism in a nutrient enriched Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) ecosystem. *Journal of Sea Research*, 66: 135–142.
- Baggett L.P., Heck K.L. Jr, Frankovich T.A., Armitage A.R., Fourqurean J.W., 2010. Nutrient enrichment, grazer identity, and their effects on epiphytic algal assemblages, field experiments in subtropical turtlegrass *Thalassia testudinum* meadows. *Marine Ecology Progress Series*, 406: 33–45.
- Balata D., Bertocci I., Piazzì L., Nesti U., 2008. Comparison between epiphyte assemblages of leaves and rhizomes of the seagrass *Posidonia oceanica* subjected to different levels of anthropogenic eutrophication. *Estuarine Coastal and Shelf Sciences*, 79: 533–540.
- Balata D., Nesti U., Piazzì L., Cinelli F., 2007. Patterns of spatial variability of seagrass epiphytes in the north-west Mediterranean Sea. *Marine Biology*, 151: 2025–2035.
- Balduzzi A., Barbieri M., Gobetto F., 1983. Distribution de bryozoaires gymmolèmes en deux herbiers de Posidonies italiens. Analyse des correspondances. In: *Rapports et Procès-Verbaux des Réunions de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Méditerranée*, 28 (3): 137-138.
- Balduzzi A., Bavestrello G., Belloni S., Boero F., Cattaneo R., Pansini M., Pronzato R. 1984. Valutazione dello stato di alcune praterie di *Posidonia oceanica* del Mar

- Ligure sottoposte a diverse condizioni di inquinamento. In: C.F. Boudouresque, A. Jeudy de Grissac e J. Olivier (eds.), International Workshop on Posidonia oceanica Beds, GIS Posidonie Publ., 1: 73-78.
- Bavestrello G., 1983. Nuove osservazioni sulle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile del versante occidentale del Golfo Marconi (Riviera ligure di Levante). Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova, 50-51: 99-104.
- Bedini R., 2003. Gli animali delle praterie a *Posidonia oceanica*: dai macroinvertebrati ai pesci. Atlante per il riconoscimento e l'identificazione delle specie.
- Ben Brahim M., Mabrouk L., Hamza A., Mahfoudi M., Bouain A., Aleya L., 2014. Bathymetric variation of epiphytic assemblages on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in relation to anthropogenic disturbance in the southeastern Mediterranean. Environmental Science and Pollution Research, 21: 13588–13601.
- Bianchi C.N., Bedulli D., Morri C., 1989. L'herbier de Posidonies: écosystème ou carrefour éco-éthologique?. In: C.F. Boudouresque, A. Meinesz, E. Fresi e V. Gravez (eds.), International Workshop on Posidonia oceanica Beds, GIS Posidonie Publ., 2: 257-272.
- Bianchi C.N., Peirano A., 1995. Atlante delle fanerogame marine della Liguria. ENEA Centro Ricerche Ambiente Marino, La Spezia: 146.
- Boero F., 1981. Systematics and ecology of the hydroid population of two *Posidonia oceanica* meadows. P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 2 (3): 181-197.
- Boero F., Chessa L., Chimenz C. e Fresi E., 1985. The Zonation of epiphytic hydroids on the leaves of some *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds in the Central Mediterranean. P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 6 (1): 27-33.
- Borowitzka M.A., Lethbridge R.C., 1989. Seagrass epiphytes. In: Larkum W.D., McComb A.J., Sheperd S.A. (Eds), Biology of Seagrasses. A treatise on biology of seagrasses with special reference to Australian region. Elsevier, Amsterdam: 458–499.

- Borum J., 1985. Development of epiphytic communities on eelgrass (*Zostera marina*) along a nutrient gradient in a Danish estuary. *Marine Biology*, 87: 211–218.
- Boudouresque C.F., 1974. Recherches sur la bionomie analytique structurale et expérimentale sur les peuplements benthiques sciaphiles de Méditerranée occidentale (fraction algale), Le peuplement épiphyte des rhizomes de posidonies (*Posidonia oceanica* Delile). *Bulletin du Museum d'Histoire Naturelle de Marseille*, 34: 268–282.
- Boudouresque C.F., Ballesteros E., Ben Maiz N., Boisset F., Bouladier E., Cinelli F., Cirik S., Cormaci M., Jeudy De Grissac A., Laboral J., Lanfranco E., Lundberg B., Mayhoub H., Meinesz A., Panayotidis P., Semroud R., Sinnassamy J.M., Span A., Vuigner G., 1990. Livre Rouge “Gérard Vuigner” des végétaux, peuplements et paysages marins menacés de Méditerranée. UNEP/IUCN/GIS Posidonie. MAP Technical Report, 43, Athens: 250.
- Boudouresque, C.F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi, L., 2006. *Préservation et conservation des herbiers à Posidonia oceanica*. Ramoge Publication. Monaco: 202.
- Boyer M., Bussotti S., Guidetti P. & Matricardi G., 1996. Notes on the flowering and fruiting of *Posidonia oceanica* beds in the Liguria Sea. *Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova*, 60-61: 21-29.
- Brandt L.A., Koch E.W., 2003. Periphyton as a UV-B filter on seagrass leaves: a result of different transmittance in the UV-B and PAR ranges. *Aquatic Botany*, 76: 317–327.
- Bruno J.F., Stachowicz J.J., Bertness M.D. (2003). Inclusion of facilitation into ecological theory. *Trends in Ecology and Evolution*, 18: 119-125.
- Buia M.C., Cormaci M., Furnari G., Mazzella L., 1989. *Posidonia oceanica* of Capo Passero (Sicily, Italy), leaf phenology and leaf algal epiphytic community. In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. (Eds), *Second International Workshop on Posidonia oceanica beds*. GIS Posidonie, Marseille: 127–143.

- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M., 2004. I sistemi a fanerogame marine. *Biologia Marina Mediterranea*, 10 (suppl.): 145-198.
- Buia M.C., Gambi M.C., Zupo V., 2000. Structure and functioning of Mediterranean seagrass ecosystems: an overview. *Biologia Marina Mediterranea* 7: 167-190.
- Cambridge, M.L., Chiffings, A.W., Brittan, C., Moore, L., McComb, A.J., 1986. The loss of seagrass in Cockburn Sound, Western Australia. II. Possible causes of seagrass decline. *Aquatic Botany* 24: 269–285.
- Cambridge M.L., How J.R., Lavery P.S., Vanderklift M.A., 2007. Retrospective analysis of epiphyte assemblages in relation to seagrass loss in a eutrophic coastal embayment. *Marine Ecology Progress Series*, 346: 97–107.
- Cancemi G., De Falco G., Pergent G., 2003. Effects of organic matter input from a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 56: 961–968.
- Casola E., Scardi M., 1989. Variabilità della comunità epifita sulle due facce delle lamine fogliari di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Oebalia*, 15 (1), N.S: 89-97.
- Casola E., Scardi M., Mazzella L., Fresi E, 1987. Structure of the epiphytic community of *Posidonia oceanica* leaves in a shallow meadow. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 8 (4): 285-296.
- Castejon-Silvo I., Terrados J., Dominguez M., Morales-Nin B., 2012a. Epiphyte response to in situ manipulation of nutrient availability and fish presence in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow. *Hydrobiologia*, 696: 159–170.
- Castejon-Silvo I., Dominguez M., Terrados J., Tomas F., Morales-Nin B., 2012b. Invertebrate response to nutrientdriven epiphytic load increase in *Posidonia oceanica* meadows. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 112: 225–235.
- Cebrián J., Enríquez S., Fortes M., Agawin N., Vermaat J.E., Duarte C.M., 1999. Epiphyte accrual on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves: Implications for light absorption. *Bot. Mar.*, 42: 123-128.

- Chessa L.A., Fresi E., Lorenzi C., 1995. Stato di salute di una prateria di *Posidonia oceanica*, Metodi di studio. In F. Cinelli, E. Fresi, C. Lorenzi, A. Mucedola (eds): *La Posidonia oceanica, un contributo per la salvaguardia del principale ecosistema marino del Mediterraneo*. *Rivista Marittima* 1995: 72-77.
- Chessa L.A., Fresi E., Soggiu L., 1982a. Primi dati sulla rete trofica dei consumatori in una prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova*, 50 (suppl.): 156-161.
- Chessa L., Fresi E., Wittmann K., Fresi-Angioni P., 1982. La comunità epifitica delle foglie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Analisi del ricoprimento lungo un gradiente batimetrico. *Naturalista Siciliano*, 3: 523-530.
- Cinelli F., Cormaci M., Furnari G., Mazzella L., 1984. Epiphytic macroflora of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves around the Island of Ischia (Gulf of Naples). In: Boudouresque C.F., de Jeudy Grissac A., Olivier J. (Eds), *First International Workshop on Posidonia oceanica beds*. GIS Posidonie, Marseille: 91-99.
- Colantoni P., 1995. I sedimenti delle praterie a *Posidonia oceanica*. *La Posidonia oceanica*. Supplemento alla *Rivista Marina*: 48-51.
- CoNISMa, 2003. Rivisitazione di alcune praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste delle regioni: Liguria, Toscana, Lazio, Basilicata e Puglia e progetto pilota per l'armonizzazione dei relativi dati cartografici esistenti. Regione Liguria. Rapporto finale del Ministero Italiano dell'Ambiente, Roma.
- Dalla Via J., 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.
- Danovaro R., Fabiano M., Boyer M., 1994. Seasonal changes of benthic bacteria in a seagrass bed (*Posidonia oceanica*) of the Ligurian Sea in relation to origin composition and fate of the sediment organic matter. *Marine Biology*: 119, 489-500.

- De Biasi A., Piazzini L., Pacciardi L., Vannucci A., 2010. The sustainable development of Mediterranean aquaculture in marine protected areas. *Biologia Marina Mediterranea*, 17: 167–168.
- Delgado O., Ruiz J., Pérez M., Romero J. e Ballesteros E., 1999. Effects of fish farming on seagrass (*Posidonia oceanica*) in a Mediterranean bay: seagrass decline after organic loading cessation. *Oceanologica Acta*, 22: 109-117.
- Den Hartog C., 1970. The seagrass of the world. The North Holland Publishing Company, Amsterdam: 275.
- Ferrari M., Montefalcone M., Schiaffino C.F., Bianchi C.N., Corradi N., Morri C., Vacchi M. (2013). Geomorphological constraint and boundary effect on *Posidonia oceanica* meadows. *Rendiconti online della Società Geologica Italiana* 28: 62 - 65.
- Foden J., Brazier D.P., 2007. Angiosperms (seagrass) within the EU water framework directive: a UK perspective. *Marine Pollution Bulletin*, 55: 181-195.
- Francour, P., 1997. Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port-Cros (France, NW Mediterranean): assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. *Marine Ecology*, 18 (2): 157-173.
- Frankignoulle M., Distèche A., 1984. CO₂ chemistry in the water column above a *posidonia* seagrass bed and related air-sea exchanges. *Oceanologica Acta*, 7 (2): 209-219.
- Frankovich T.A., Armitage A.R., Wachnicka A.H., Gaiser E.E., Fourqurean J.W., 2009. Nutrient effects on seagrass epiphyte community structure in Florida Bay. *Journal of Phycology*, 45, 1010–1020.
- Fresi E., Chimenz C., Marchio G., 1983. Metodi per lo studio dei fenomeni di epifitismo in *Posidonia oceanica*: applicazione alla prateria di Lacco Ameno (Ischia). *Il Naturalista Siciliano Serie 4*, 6 (Suppl.) 3: 499-508.
- Gambi M.C., Lorenti M., Russo G.F., Scipione M.B., Zupo V., 1992. Depth and seasonal distribution of some groups of the vagile fauna of the *Posidonia*

oceanica leaf stratum: structural and tropic analysis. P.S.Z.N.I: Marine Ecology, 13 (1): 17-39.

Ghione V., 2006. Relazioni tra comunità epifita, grazing e ciclo fogliare di *Posidonia oceanica* (L.) Delile del seno di Prelo (Rapallo, GE). Tesi di Laurea, Università di Genova.

Giovanetti E., 2004. Variazioni stagionali della comunità epifita e dell'attività di grazing nella prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile della baia di Prelo (Rapallo, GE). Tesi di Laurea, Università di Genova.

Giovanetti E., Lasagna R., Montefalcone M., Bianchi C.N., Albertelli G., Morri C., 2008a. Inconsistent responses to substratum nature in *Posidonia oceanica* meadows: an integration through complexity levels? *Chemistry and Ecology*, 24 (1): 83-91.

Giovanetti E., Montefalcone M., Bianchi C.N., Morri C., Albertelli G., 2006a. Structural variability of the epiphytic community in a *Posidonia oceanica* meadow (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Biologia Marina Mediterranea*, in press.

Giovanetti E., Montefalcone M., Albertelli G., Bianchi C.N., Morri C., 2006c. Relazione tra l'impatto del grazing ed alcune caratteristiche fogliari in una prateria di *Posidonia oceanica*. Atti del 15° Congresso Nazionale della Società Italiana di Ecologia (SIe).

Giovanetti E., Montefalcone M., Morri C., Bianchi C.N., Albertelli G., 2010. Early warning response of *Posidonia oceanica* epiphyte community to environmental alterations (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Marine Pollution Bulletin*, 60: 1031–1039.

Giraud G., 1977b. Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Tesi di dottorato, Université Aix-Marseille II, France: 150.

- Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. Bulletin du Musée d'Histoire Naturelle de Marseille, 39: 33-39.
- Guelorget O., Perthuisot J.P., 1984. Indicateurs biologiques et diagnose écologique dans le domaine paralique. Bulletin d'Écologie 15(1): 67 - 76.
- Harlin M.M., 1975. Epiphyte-host relations in seagrass communities. Aquatic Botany, 1: 125–131.
- Hays C.G., 2005. Effect of nutrient availability, grazer assemblage and seagrass source of population on the interaction between *Thalassia testudinum* (turtle grass) and its algal epiphytes. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 314: 53–68.
- Heck K.L. Jr, Valentine J.F., Pennock J.R., Chaplin G., Spitzer P.M., 2006. Effects of nutrient enrichment and grazing on shoalgrass *Halodule wrightii* and its epiphytes, results of a field experiment. Marine Ecology Progress Series, 326: 145–156.
- Jaschinski S., Sommer U., 2008. Top-down and bottom-up control in an eelgrass-epiphyte system. Oikos, 117: 754–762.
- Lasagna R., 2004. Cartografia mediante tecniche di rilevamento subacqueo della prateria di *Posidonia oceanica* (L.) Delile, 1813 della Baia di Prelo (Rapallo, Genova): morfologia, stato di salute e granulometria dei sedimenti superficiali. Tesi di Laurea in Scienze Ambientali, Università di Genova.
- Lasagna R., Montefalcone M., Bianchi C.N., Morri C., Albertelli G., 2006b. Morphology of a *Posidonia oceanica* meadow under altered sedimentary budget. *Biologia Marina Mediterranea*, in press.
- Lepoint G., Balancier B., Gobert S., 2014. Seasonal and depth-related biodiversity of leaf epiphytic cheilostome Bryozoa in a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow. *Cahiers de Biologie Marine*, 55: 57–67.

- Lepoint G., Havelange S., Gobert S., Bouquegneau J.M., 1999. Fauna versus flora contribution to the leaf epiphytes biomass in a *Posidonia oceanica* seagrass bed (Revellata Bay, Corsica). *Hydrobiologia*, 394: 63–67.
- Lepoint G., Jacquemart J., Bouquegneau J.M., Demoulin V., Gobert S., 2007. Field measurements of inorganic nitrogen uptake by epiflora components of the seagrass *Posidonia oceanica* (Monocotyledons, Posidoniaceae). *Journal of Phycology*, 43: 208–218.
- Mabrouk L., Hamza A., Ben Brahim.M., Bradai M.-N., 2011. Temporal and depth distribution of microepiphytes on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in a meadow off Tunisia. *Marine Ecology*, 32: 148–161.
- Mabrouk L., Hamza A., Ben Brahim M., Bradai M.-N., 2013. Variability in the structure of epiphyte assemblages on leaves and rhizomes of *Posidonia oceanica* in relation to human disturbances in a seagrass meadow of Tunisia. *Aquatic Botany*, 108: 33–40.
- Mabrouk L., Ben Brahim M., Hamza A., Bradai M.N., 2014b. Temporal and spatial zonation of macroepiphytes on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in a meadow off Tunisia. *Marine Ecology*, 36: 77–92.
- Mabrouk L., Ben Brahim M., Hamza A., Mahfoudi M., Bradai M.-N., 2014c. Variability in the structure of epiphytic microalgae assemblages on the leaves of *Posidonia oceanica* in relation to human disturbance in a meadow off Tunisia. *Scientia Marina*, 78: 27–39.
- Mabrouk L., Hamza A., Mahfoudi M., Bradai M.-N., 2012. Spatial and temporal variations of epiphytic *Ostreopsis siamensis* on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in Mahdia (Tunisia). *Cahiers de Biologie Marine*, 53: 419–427.
- Matassini M., 2007. Analisi della comunità epifita delle foglie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile in natura e in ambiente controllato. Tesi di Laurea, Università di Genova.
- Matassini, M., Giovannetti, E., Montefalcone, M., Castellano, L., Capriolo, M., Morri, C., Bianchi, C.N., Albertelli, G., 2007. Analisi della comunità epifita delle foglie

- di *Posidonia oceanica* in natura e in ambiente controllato. In: Atti del Congresso Congiunto AIOL-SItE, Ecologia, Limnologia e Oceanografia, Ancona, 18–20 Settembre 2007: 273–278.
- Matricardi G., Montagna P., Pisano E., 1991. Settlement and growth strategies of *Electra posidoniae* Gautier on *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Bulletin de la Société des Sciences Naturelles, Ouest Fr., Mèm. HS 1: 255-262.
- May V., 1982. The use of epiphytic algae to indicate environmental changes. *Austral Journal of Ecology*, 7: 101–102.
- Mazzella L., Buia M.C., Gambi M.C., Lorenti M., Russo G.F., Scipione M.B. e Zupo V., 1992. Plant-animal trophic relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem of the Mediterranean Sea: a review. In: D.M. John, S.J. Hawkins e J.H. Price (eds.), *Plant-animal interactions in the marine benthos*, 46: 165-187.
- Mazzella L., Cinelli F., Ott J., Klepal W., 1981. Studi sperimentali “in situ” sull’epifitismo della *Posidonia oceanica* Delile. Quaderni del Laboratorio di Tecnologia e Pesca, Istituto CNR di Ancona, 3: 481–482.
- Mazzella L., Scipione M.B., Buia M.C., 1989. Spatio-temporal distribution of algal and animal communities in a *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadow. *Pubblicazioni Stazione Zoologica di Napoli, Italia, Marine Ecology*, 10: 107–131.
- Mazzella L., Scipione M.B., Gambi M.C., Fresi E., Buia M.C., Russo G.F., De Maio R., Lorenti M. e Rando A., 1986. Le praterie sommerse del Mediterraneo. *Pubbl. Stazione Zoologica, Napoli*: 59.
- Mazzella L., Ott J.A., 1984. Seasonal changes in some features of *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves and epiphytes at different depths. In: Boudouresque C.F., de Jedy Grissac A., Olivier J. (Eds), *First International Workshop on Posidonia oceanica beds. GIS Posidonie, Marseille, France*: 119–127.
- Medina-Pons F.J., 2011. Diversidad y funcionamiento de la comunidad epífita eucariota de las hojas de *Posidonia oceanica*. Ph.D. thesis, Universitat de les Illes Balears: 201.

- Molinier R., Picard J., 1952. Recherches sur les herbiers de Phanérogames marines du littoral méditerranéen français. *Annales de l'Institut océanographique*, Paris, 27 (3): 234.
- Montefalcone M., Giovannetti E., Bianchi C.N., Morri C., Albertelli G., 2006. Variazione temporale del ricoprimento epifita sulle due facce delle lamine fogliari di *Posidonia oceanica*. *Biologia Marina Mediterranea*, 13: 606–609.
- Montefalcone M., Giovannetti E., Bianchi C.N., Morri C., Albertelli G., 2006a. Variazione temporale del ricoprimento epifita sulle due facce delle lamine fogliari di *Posidonia oceanica*. *Biologia Marina Mediterranea*, 13 (1): 606-609.
- Montefalcone M., Lasagna R., Bianchi C.N., Morri C., Albertelli G., 2006b. Anchoring damage on *Posidonia oceanica* meadow cover: a case study in Prelo cove (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Chemistry and Ecology*, 22 (1): 207-217.
- Morri C., 1991. Présentation d'un indice synthétique pour l'évaluation de l'épiphytisme foliaire chez *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Posidonia Newsletter*, 4 (1): 33-37.
- Morri C., Bianchi C.N., Damiani V., Peirano A., Romeo G. e Tunesi L., 1988. L'ambiente marino tra Punta Chiappa e Sestri Levante (Mar Ligure): profilo ecotipologico e proposta di carta bionomica. *Bollettino dei Musei e degli Istituti Biologici dell'Università di Genova*, 52 (suppl.): 213-231.
- Nesti U., Piazzini L., Balata D., 2009. Variability in the structure of epiphytic assemblages of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* in relation to depth. *Marine Ecology*, 30: 276–287.
- Novak R., 1984. A study in ultra-ecology, microorganisms on the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Pubblicazioni Stazione Zoologica di Napoli, Italia, Marine Ecology*, 5: 143–190.
- Orth R.J., VanMontfrans J., 1984. Epiphyte-seagrass relationships with an emphasis on the role of micrograzing - a review. *Aquatic Botany*, 18: 43–69.
- Ott J.A., 1980. Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *PSZN I Mar. Ecol.*, 1: 47-64.

- Ott J.A., Maurer L., 1977. Strategies of energy transfer from marine macrophytes to consumer levels: the *Posidonia oceanica* example. In B.F. Keegan, P.O. Ceidigh, P.J.S. (eds): *Biology of benthic organisms*. Pergamon Press, Oxford: 493-502.
- Panayotidis P., 1980. Contribution à l'étude qualitative et quantitative de l'association *Posidonietum oceanicae* Funk 1927. Ph.D. thesis, University of Aix-Marseille.
- Panayotidis P., 1981. Comparaison du peuplement algal épiphyte des feuilles de *Posidonia oceanica* avec d'autres peuplements photophiles infralittoraux. *Rapports et Procès-verbaux de réunion de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée*, 27: 193–194.
- Pansini M., Pronzato R., 1985. Distribution and ecology of epiphytic Porifera in two *Posidonia oceanica* (L.) Delile meadows of the Ligurian and Tyrrhenian Sea. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 6 (1): 1-11.
- Peirano A., Damasso V., Montefalcone M., Morri C., Bianchi C.N., 2005. Growth of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Liguria (NW Italy, Mediterranean Sea): relations with climate, alien species invasion and anthropogenic impacts. *Marine Pollution Bulletin*, in press.
- Pergent G., Pergent-Martini C., 1988. Phénologie de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile dans le bassin méditerranéen. *Annales de l'Institut océanographique*, Paris, 64 (2): 79-100.
- Pergent G., Pergent-Martini C., 1995. Dynamique et évolution de l'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée. *Giornale Botanico Italiano*, 129 (1): 303-317.
- Pergent-Martini C., Leoni V., Pasqualini V., Ardizzone G.D., Balestri E., Bedini R., Belluscio A., Belsher T., Borg J., Boudouresque C.F., Boumaza S., Bouquegneau J.M., Buia M.C., Calvo S., Cebrián J., Charbonnel E., Cinelli F., Cossu A., Di Maida G., Dural B., Francour P., Gobert S., Leopoint G., Meinesz A., Molenaar H., Mansour H.M., Panayotidis P., Peirano A., Pergent G., Piazza L., Pirrotta M., Relini G., Romero J., Sanchez-Lizaso J.L., Semroud R., Shembri P., Shili A., Tomasello A., Velimirov B., 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: use and application. *Ecological Indicators*, 5: 213-230.

- Pessani D., Caltagirone A., Poncini F., Vetere M., 1989. Confronto tra due praterie di *Posidonia oceanica* della riviera ligure di levante e di ponente. 2. La fauna epifita. In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. (Eds), First International Workshop on *Posidonia oceanica* beds. GIS Posidonie, Marseille: 161–173.
- Piazzi L., Balata D., Ceccherelli G., 2016. Epiphyte assemblages of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: an overview. *Marine Ecology* 37 (2016): 3–41.
- Piraino, S., Morri, C., 1990. Zonation and ecology of epiphytic hydroids in a Mediterranean Coastal Lagoon: the ‘Stagnone’ of Marsala (North-West Sicily). *P.S.Z.N.I: Marine Ecology* 11 (1): 43–60.
- Prado P., Alcoverro T., Romero J., 2008. Seasonal response of *Posidonia oceanica* epiphyte assemblages to nutrient increase. *Marine Ecology Progress Series*, 359: 89–98.
- Ruiz J.M., Perez M., Romero J., 2001. Effects of fish farm loading on seagrass (*Posidonia oceanica*) distribution, growth and photosynthesis. *Marine Pollution Bulletin*, 42: 749–760.
- Procaccini G., Buia M.C., Gambi M.C., Perez M., Pergent G., Pergent-Martini C., Romero J., 2003. The seagrasses of the Western Mediterranean. In: E.P. Green e F.T. Short (eds.), *World Atlas of Seagrasses*: 48-58.
- Ruggero K., 2021. Approccio multilivello per la valutazione e il confronto dello stato ecologico delle praterie di *Posidonia oceanica* nelle aree marine protette Cinque Terre (Liguria) e Capo Carbonara (Sardegna). Tesi di Laurea, Università di Genova.
- Saldaña S., 2002. La comunità epifita di *Posidonia oceanica* come descrittore ambientale: variabilità pluriennale lungo un gradiente batimetrico a Monterosso al Mare (SP). Tesi di Laurea, Università di Genova.
- Scardi M., Casola E., Fresi E. e Mazzella L., 1986. Mappa strutturale della comunità epifita di *Posidonia oceanica* (L.) Delile: interpretazione evoluzionistica. *Nova Thalassia*, 8 (Suppl. 3): 477-485.

- Silberstein K., Chiffings A.W., McComb A.J., 1986. The loss of seagrass in cockburn sound, Western Australia. III. The effect of epiphytes on productivity of *Posidonia australis* Hook F. *Aquatic Botany*, 24: 355–371.
- Svane I., Petersen J.K., 2001. On the problems of epibioses, fouling and artificial reefs, a review. *PSZN Mar. Ecol.*, 22 (3): 169-188.
- Tortonese E., 1962. Recenti ricerche in ambienti litorali del mare ligure. *Pubbl. Staz. Zool. Napoli*, 32 (suppl.): 99-116.
- Tsirika A., Skoufas G., Haritonidis S., 2007. Seasonal and bathymetric variations of epiphytic macroflora on *Posidonia oceanica* (L.) Delile leaves in the National Marine Park of Zakynthos (Greece). *Marine Ecology*, 28: 146–153.
- Tunesi L., 1987. *Posidonia*, l'amica dei pesci. *Il Golfo*, Chiavari, anno 2, 9: 80-81.
- Turki S., 2005. Distribution of toxic dinoflagellates along the leaves of the seagrass *Posidonia oceanica* and *Cymodocea nodosa* from the Gulf of Tunis. *Cahiers de Biologie Marine*, 46: 29–34.
- Tursi A., Costantino G., Mastrototaro F., Scardi M., 2001. Variazioni del grado di epifitismo in due praterie di *Posidonia oceanica* della riserva marina delle isole Tremiti (Mar Adriatico). *Biologia Marina Mediterranea*, 8 (1): 636-640.
- Van Der Ben D., 1971. Les épiphytes des feuilles de *Posidonia oceanica* Delile sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Mémoire de l'Institut Royal des Sciences Naturelles de Belgique*, 168: 16-85.
- Van Montfrans J., Wetzel R.L., Orth R.J., 1984. Epiphyte-grazer relationships in seagrass meadows: consequences for seagrass growth and production. *Estuaries*, 7: 289-309.
- Wear D.J., Sullivan M.J., Moore A.D., Millie D.F., 1999. Effects on water-column enrichment in the production dynamics of three seagrass species and their epiphytic algae. *Marine Ecology Progress Series*, 179: 201–213.
- Wittmann K., Mazzella L., Fresi E., 1981. Age specific patterns of leaf growth, their determination and importance for epiphytic colonization in *Posidonia oceanica*

(L.) Delile. Rapports et Procès verbaux de réunion de la Commission
Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Méditerranée, 27: 189–191.