



Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina  
DEB - Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche

**ANALISI DELLE PRATERIE DI *POSIDONIA OCEANICA*  
LUNGO IL TRATTO DI COSTA COMPRESO TRA S. SEVERA E TARQUINIA  
ANNO 2017**

## INDICE

<b>1. Premessa</b>	<b>3</b>
<b>2. Oggetto e scopo</b>	<b>4</b>
<b>3. Descrizione delle attività</b>	<b>5</b>
<b>4. Materiali e metodi</b>	<b>7</b>
<b>5. Risultati</b>	<b>9</b>
5.1 <i>Descrittori strutturali</i>	<b>9</b>
5.2 <i>Descrittori funzionali</i>	<b>14</b>
<b>6. Discussioni e Conclusioni</b>	<b>20</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>22</b>

## 1. Premessa

Le Fanerogame marine rivestono un ruolo di grande importanza negli ambienti marini costieri, ruolo ampiamente riconosciuto dalla comunità scientifica; in particolare, le praterie sommerse di *Posidonia oceanica*, pianta endemica del Mar Mediterraneo, costituiscono una delle realtà più studiate e più rappresentative del piano infralitorale del nostro mare (Duarte, 2002).

Il ruolo della *Posidonia oceanica* nel sistema costiero è spiegato dalle molteplici funzioni che essa svolge a livello ecologico. Le praterie producono ed esportano grandi quantità di biomassa, sono siti importantissimi di fissazione biologica del carbonio ed alimentano sia la catena del pascolo, sia la catena del detrito. Queste due catene formano reti trofiche molto complesse, che si intersecano e si sovrappongono in un insieme di relazioni intra e inter-specifiche in cui sono coinvolti organismi della prateria e delle biocenosi limitrofe, con le quali avviene un reciproco scambio di sostanza organica. L'ecosistema "posidonieto", in generale, è un sistema complesso, altamente strutturato e con una biomassa fogliare pari in media ad  $1 \text{ kg/m}^2$  in peso secco, un valore paragonabile a quello dei grandi complessi forestali della terraferma. La prateria è, infatti, spesso paragonata ad una foresta di querce, di cui sembra possedere anche le medesime caratteristiche, quali lento accrescimento, riproduzione sessuata rara, debole competitività a breve termine (T. Dolce, 2010).

L'associazione *Posidonietum oceanicae* FUNK BALLESTEROS (1992, 1995), BALLESTEROS & Ros (1989), è altamente strutturata e ospita un elevato numero di specie animali e vegetali. Foglie e rizomi creano un ambiente peculiare che dà rifugio ad una quantità di esseri viventi esigendo, nel contempo, una serie di adattamenti specifici. Un altro motivo che giustifica l'interesse scientifico verso questa fanerogama è l'influenza che essa esercita sulle dinamiche di sedimentazione: la prateria, agendo come barriera naturale, produce un'attenuazione dell'energia del moto ondoso e quindi favorisce la deposizione del particolato sospeso (incluso quello autoctono, prevalentemente organogeno), che viene successivamente compattato dall'intreccio dei rizomi, spesso con formazione di imponenti terrazzamenti ("mattes"); prevenendo in questo modo l'erosione costiera, la *Posidonia oceanica* diviene anche una specie di forte interesse economico per le nostre coste.

Sulla base di quanto accennato, si può comprendere come l'importanza delle praterie di *Posidonia oceanica* nel mantenimento degli equilibri degli ecosistemi costieri del Mediterraneo, sia

ormai ampiamente riconosciuta, non solo dai ricercatori, ma anche dai responsabili della gestione delle risorse ambientali, che la pongono al centro di qualsiasi studio finalizzato alla protezione dell'ambiente marino costiero.

Negli ultimi decenni, l'intenso uso della fascia costiera (costruzione di opere costiere, allargamento di porti, lavori di dragaggio), insieme ad altre attività (quali la pesca a strascico e gli ancoraggi), ha costituito una seria minaccia per l'ambiente marino. In particolare, il tratto di costa preso in considerazione in questo studio, compreso tra Marina di Tarquinia e Santa Severa (nord del Lazio), ospita uno dei porti turistici più grandi d'Europa (Civitavecchia) e un importante polo energetico (Centrale di Torrevaldaliga).

La notevole sensibilità della pianta alle perturbazioni naturali e/o artificiali, ha spinto le autorità nazionali, europee ed internazionali ad azioni volte alla sua protezione.

Possono considerarsi misure di salvaguardia dirette, tutte quelle volte alla protezione dell'habitat. Questa fanerogama marina è stata inclusa nel 1990 nella Lista Rossa delle specie marine del Mediterraneo a rischio di estinzione (Boudouresque et al., 1990). *P. oceanica* è citata nell'Annesso I (specie rigorosamente protette) della Convenzione di Berna e nell'Annesso II (specie minacciate) del Protocollo delle Aree Specialmente Protette della Convenzione di Barcellona; inoltre, nel "Piano d'Azione per la conservazione della vegetazione marina in Mediterraneo", adottato dai paesi mediterranei nell'ambito della Convenzione di Barcellona nel 1999, le nazioni aderenti si sono impegnate a condurre mappature delle praterie di *P. oceanica* presenti lungo le loro coste. Le praterie di *P. oceanica* sono state inserite, inoltre, tra gli habitat prioritari nell'Allegato I della Direttiva EC 92/43/EEC del 21 maggio 1992, relativa alla Conservazione degli Habitat Naturali e della Fauna e della Flora Selvatiche. La Direttiva definisce questi habitat prioritari come Siti di Interesse Comunitario (SIC), la cui conservazione richiede la designazione di Aree Speciali di Conservazione.

## 2. Oggetto e scopo

L'obiettivo del presente progetto è stato quello di studiare le praterie di *Posidonia oceanica* in un'area particolarmente antropizzata e oggetto di numerose opere costiere.

Il Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina (LOSEM-DEB-Università degli Studi della Tuscia) ha strutturato un progetto di ricerca con lo scopo di valutare lo stato di

salute delle praterie di *Posidonia oceanica* lungo il tratto di costa compreso tra S. Severa e Tarquinia, al fine di analizzare i potenziali effetti delle diverse attività, con particolare attenzione alle ultime attività di dragaggio effettuate per il potenziamento dell'Hub portuale di Civitavecchia. Il progetto infatti prevede il campionamento e lo studio delle praterie in due fasi: una al termine delle attività di dragaggio, una trascorsi quattro anni dal primo monitoraggio.

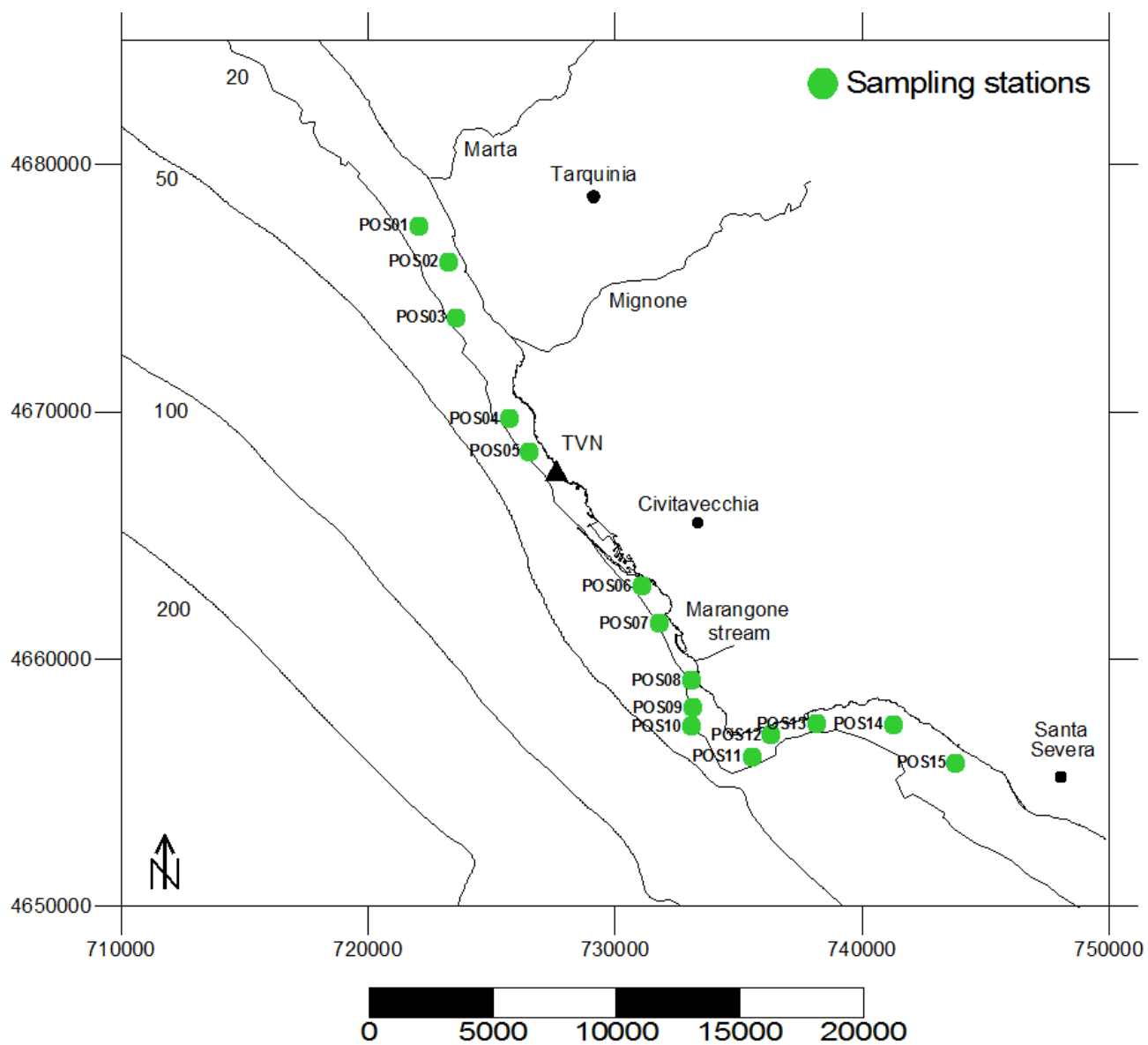
Nel seguente documento vengono riportati i risultati relativi alla campagna di caratterizzazione delle praterie di *Posidonia oceanica* eseguita tra durante l'estate del 2017 dagli operatori subacquei del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia marina, che sono stati confrontati con i risultati più significativi raccolti durante la campagna di caratterizzazione effettuata nel 2013.

### 3. Descrizione delle attività

Il campionamento è stato effettuato in 15 stazioni, comprese tra 7.5 e 16 m di profondità, riportate di seguito in Tabella 1, lungo il tratto di costa compreso tra Marina di Tarquinia e Santa Severa (Fig. 1).

<b>Stazioni</b>	<b>Longitudine E (WGS84)</b>	<b>Latitudine N (WGS84)</b>	<b>Prof</b>
Pos01	11.6900215	42.2180982	10
Pos02	11.70425	42.20466	8,5
Pos03	11.70697	42.18435	12,5
Pos04	11.73139	42.14702	11,5
Pos05	11.74084	42.13483	6
Pos06	11.79358	42.08454	6
Pos07	11.801575	42.070804	12
Pos08	11.81623	42.04978	9,5
Pos09	11.81653	42.03977	10
Pos10	11.8155	42.033	15
Pos11	11.84467	42.02133	9,5
Pos12	11,85436	42,02887	12
Pos13	11.87667	42.03244	15
Pos14	11.91437	42.0313	14
Pos15	11.944303	42.0163708	9,5

**Tab. 1.** Punti di campionamento selezionati per il monitoraggio delle praterie di *Posidonia oceanica*: coordinate e profondità dei siti individuati per il monitoraggio delle praterie presenti nell'area di studio.



**Fig. 1.** Piano di campionamento per il monitoraggio delle praterie di *Posidonia oceanica* nell'intera area di studio.

#### **4. Materiali e metodi**

La caratterizzazione delle praterie è stata effettuata nel periodo maggio-giugno 2013, da parte del Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina, mediante l'applicazione integrata di una serie di descrittori indicativi dello stato del posidonieto, seguendo i protocolli standardizzati riportati nelle "Metodologie analitiche di riferimento" del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio (Cicero e Di Girolamo, 2001) e successive modifiche (Buia et al., 2003) e aggiornamenti presentati nelle schede metodologiche ICRAM-ISPRA.

Le successive attività di rilevamento e campionamento per il monitoraggio delle praterie sono state condotte tra luglio e agosto 2017.

Per lo studio dei parametri strutturali della prateria e per le analisi fenologiche dei campioni, come precedente riportato, ci si è basati sulle metodologie standard di riferimento. In particolare, nell'attività di monitoraggio delle praterie a P. oceanica, per ciascun sito sono state identificate tre aree (A1, A2, A3), ad una profondità intermedia, di circa 400 m<sup>2</sup>, distanziate circa 10m tra di loro. In ciascuna area sono state eseguite tre repliche di densità, attraverso la conta dei fasci fogliari su una superficie standard di 40x40 cm, per un totale di 9 misure e il prelievo di sei fasci ortotropi, per un totale di 18 fasci. Inoltre sono state eseguite stime relative a substrato, copertura di P. oceanica e matte morta (espressa in percentuale), eventuale presenza di altre fanerogame e di alghe invasive, presenza di evidente scalzamento dei rizomi.

##### **Densità**

Secondo la metodologia di Buia et al. (2003), il rilevamento dei dati è avvenuto mediante misure dirette di densità realizzate in cinque quadrati di 40 cm di lato posizionati casualmente in aree effettivamente occupate dalla prateria in ogni stazione. All'interno di ogni quadrato sono stati contati i fasci presenti. Inoltre, la porzione di substrato ricoperto dalla prateria all'intorno del punto-stazione è stata valutata indipendentemente da due operatori che hanno espresso le loro stime in sedicesimi. Dai dati raccolti sul campo è stato possibile calcolare la densità assoluta, ottenuta come valore medio dei dati rilevati nei singoli quadrati ed espressa in fasci/m<sup>2</sup> (Giraud, 1977). I dati di densità sono stati quindi riferiti agli stadi proposti da Giraud (1977) e utilizzando la classificazione proposta da Buia et al. (2003) sulla base dei lavori di Pergent et al. (1995) e Pergent-Martini & Pergent (1996), la prateria è stata classificata tenendo conto della relazione tra valori di densità e

profondità come “molto disturbata”, “disturbata” o “in equilibrio”.

### **Ricoprimento**

La copertura è espressa come percentuale (%) di substrato ricoperto dalle piante, rispetto a quello non ricoperto (sabbia, roccia, “matte” morta, etc.).

Per ottenere il valore medio di ricoprimento percentuale, durante i rilievi subacquei due operatori valutano indipendentemente la porzione di substrato ricoperto dalla pianta utilizzando un quadrato di 1x1m suddiviso in 16 sub-quadrati e stima visivamente il numero di quadrati in cui la *Posidonia oceanica* è presente. La misura in sedicesimi viene poi convertita in percentuale, la media tra le due stime fornisce il valore di ricoprimento (Buia et al., 2003).

### **Analisi fenologica**

Attraverso le analisi dei campioni prelevati, inoltre, sono stati stimati i descrittori funzionali, le caratteristiche morfometriche delle foglie (analisi morfometrica), dai quali se ne derivano altri per calcolo, come la superficie fogliare, la biomassa fogliare, il Coefficiente A, ecc.

Le indagini fenologiche hanno riguardato le strutture anatomiche visibili della pianta: ciascun fascio è stato scomposto nelle singole foglie, rispettando l'ordine distico d'inserzione e separandole nelle seguenti categorie: giovanili (lunghezza minore di 5 cm, senza parte verde e senza ligula); intermedie (lunghezza maggiore di 5 cm, con parte verde e senza ligula); adulte (con ligula). Le misure rilevate per ciascuna foglia sono: larghezza, lunghezza totale, presenza della ligula, lunghezza del tessuto verde o del lembo, lunghezza del tessuto bruno e del tessuto bianco (ove presenti) e stato dell'apice. Sulla base di questi dati sono stati stimati i seguenti parametri morfometrici per le sole foglie adulte e intermedie: lunghezza e larghezza media delle foglie per fascio (cm); numero medio di foglie per fascio (foglie giovanili escluse); superficie fogliare media per fascio (cm<sup>2</sup>/fascio); coefficiente “A”, espresso come percentuale di apici erosi sul totale delle foglie intermedie e adulte. Per ogni fascio, infine, è stata calcolata la biomassa secca totale (g), relativa a tutte le foglie rinvenute in ciascun fascio in esame, dopo essiccazione in stufa per 3 giorni a 70 °C.



## 5. Risultati

### 5.1 Descrittori strutturali

La stima della densità assoluta per stazione è stata eseguita calcolando il valore medio dei dati rilevati nei singoli quadrati di conta, espressa in numero di fasci fogliari al metro quadro (Buia et al., 2003). Il valore medio della densità varia, per ogni prateria, in base alla profondità ed alle condizioni dell'ambiente (luce, substrato), per tale motivo risulta essere un buon parametro nel quadro di indagini a lungo termine sulla vitalità di una prateria, in quanto dipende poco dal periodo della misurazione restando costante nel corso dell'anno (Pergent et al. 1995).

Le praterie presenti nell'area di studio mostrano una elevata eterogeneità strutturale principalmente dovuta alla complessità geomorfologica dell'area, come già precedentemente evidenziato. Inoltre bisogna sottolineare che il substrato d'impianto, costituito principalmente da roccia intervallata a catini sabbiosi non permette uno sviluppo continuo della prateria, che spesso si insedia formando mosaici con patch di varie dimensioni; per tale motivo i risultati ottenuti dall'analisi dei parametri di ricoprimento e di densità assoluta devono necessariamente tenere conto di tale caratteristica delle praterie di quest'area.

I risultati dei rilievi in immersioni sono riportati in tabella 1, sulla base dei valori medi di densità e della profondità le praterie sono state classificate in una delle quattro categorie: • Densità anormale, che corrisponde a situazioni critiche, in cui la vitalità della prateria è estremamente bassa; • Densità bassa, che corrisponde ad una riduzione della vitalità della prateria e deve costituire un segnale di allarme ai fini di intraprendere azioni di risanamento; • Densità normale, che corrisponde a valori di vitalità soddisfacenti, osservabili quando non esistono segni di pressione antropica; • Densità elevata, che corrisponde a situazioni particolarmente eccezionali in termini di vitalità della pianta o di estensione batimetrica della prateria. (Pergent et al. 1995). La classificazione appena citata è stata ottenuta esaminando una notevole mole di dati disponibili in letteratura e tiene conto della profondità e di altre variabili quali torbidità e disturbi antropici.

Nel presente, studio pur tenendo conto di tale classificazione, si evidenzia come per alcune stazioni valori bassi di densità che sottendono disturbi di vario tipo alla colonizzazione del fondale da parte della prateria, non sono sempre correlati ad un cattivo stato di salute della pianta, proprio in riferimento alla particolarità geomorfologica dell'area.

Nella tabella seguente sono riportati i parametri strutturali delle stazioni rappresentati graficamente nelle figure 2 e 3.

Stazioni	Prof	Substrato	Densità assoluta (fasci/m <sup>2</sup> )		Copertura (%)
Pos01	10	Roccia e sabbia	232.6 ± 72.5	Densità bassa	54.2
Pos02	8,5	Roccia e sabbia	162.5 ± 24	Densità anomala	50
Pos03	12,5	Roccia e sabbia	179.2 ± 45.4	Densità bassa	32.3
Pos04	11,5	Roccia e sabbia	204.2 ± 61.6	Densità bassa	51.0
Pos05	6	Roccia	398.6 ± 63	Densità bassa	85.4
Pos06	6	Roccia	291.7 ± 51.2	Densità anomala	86.5
Pos07	12	Roccia	82.6 ± 37.3	Densità anomala	32.3
Pos08	9,5	Roccia	206.3 ± 68.8	Densità anomala	56.3
Pos09	10	Roccia	350.7 ± 92.6	Densità normale	69.8
Pos10	15	Roccia	145.1 ± 45.9	Densità bassa	25
Pos11	9,5	Roccia	157.6 ± 45.3	Densità anomala	37.5
Pos12	12	Roccia e sabbia	190.3 ± 56.2	Densità bassa	71.9
Pos13	15	Roccia e sabbia	134.7 ± 49	Densità bassa	38.5
Pos14	14	Roccia e matte	111.1 ± 26.1	Densità anomala	29.2
Pos15	9,5	Sabbia e matte	242.4 ± 76.5	Densità bassa	69.8

**Tab. 2.** Descrittori fisiografici e strutturali relativi alle stazioni esaminate

Vengono di seguito analizzati i descrittori strutturali e le informazioni desunte dalle ispezioni visive sullo stato di vitalità delle praterie indagate, suddividendo l'area di studio in tre settori:

- settore a nord del Porto di Civitavecchia (stazioni da POS1 a POS5);
- settore centrale compreso tra il Porto di Civitavecchia e Capo Linaro (stazioni da POS6 a POS10)
- settore a sud di Capo Linaro (stazioni da POS11 a POS15)

#### AREA NORD

Nella stazione POS1 la prateria si insedia su substrato misto di roccia e sabbia, formando strutture più ampie sulla sabbia e patch isolate sulla roccia, la presenza di *Caulerpa sp.* è relegata nelle aree non colonizzate dalla pianta. I fasci risultano ben ancorati; la densità media stimata è 232.6 ± 72.5 (fasci m<sup>-2</sup>) superiore a quella registrata nel 2013 (173 fasci m<sup>-2</sup>) che porta a classificare la prateria come disturbata con una bassa densità; la copertura del fondale è pari al 58.2

%.

Nella stazione POS2 la prateria si insedia su substrato roccioso intervallato da catini sabbiosi, si riscontra una elevata percentuale di fango e la presenza di *Caulerpa* che si insedia su roccia, fasci deboli e radi con rizomi scalzati. La densità media stimata è  $162.5 \pm 24$  (fasci m<sup>-2</sup>) confrontabile a quella registrata nel 2013, tale densità risulta essere anomala e classifica la prateria come molto disturbata; la copertura del fondale è pari al 50 %.

Nella stazione POS3 la prateria si insedia su substrato roccioso formando patch di piccole dimensioni, bisogna sottolineare un elevato scalzamento dei rizomi che rende la prateria più fragile in questa area; *Caulerpa* molto abbondante nelle zone circostanti. Ritrovate cime e reti incastrate ad anfratti sul fondale, in una area di almeno 80 metri quadri. La densità media stimata di  $179.2 \pm 44.4$  (fasci m<sup>-2</sup>) è confrontabile a quella registrata nel 2013, e classifica la prateria come disturbata; la copertura del fondale ha un valore di 32.3 %.

Nella stazione POS4 la prateria si insedia su substrato misto di roccia e sabbia formando patch isolate, con fasci resistenti, è stata registrata la presenza di un esemplare di *Pinna nobilis*; tutta l'area presenta *Caulerpa sp.* sia su roccia che su sabbia nelle vicinanze della prateria. La densità media stimata è  $204.2 \pm 61.6$  (fasci m<sup>-2</sup>) leggermente inferiore a quella registrata nel 2013, la prateria si classifica come disturbata; la copertura del fondale è pari al 51 %.

Nella stazione POS5 la prateria si sviluppa in maniera estesa su substrato roccioso con fasci fitti e ben ancorati, in tutta l'area non colonizzata dalla *Posidonia* si rileva la presenza abbondante di *Caulerpa sp.*, registrata anche l'alga rossa alloctona *Asparagopsis sp.* La densità media stimata è  $398.6 \pm 63$  (fasci m<sup>-2</sup>) sensibilmente inferiore a quella registrata nel 2013 (653.5), e che classifica la prateria come disturbata; la copertura del fondale è pari al 85.4 %.

### AREA CENTRALE

La stazione POS6 è caratterizzata da *Posidonia* su roccia, la prateria appare in buono stato, è stata registrata la presenza di un esemplare di *Pinna nobilis* di altezza superiore ai 20 cm. La *Caulerpa* si insedia nelle aree non colonizzate dalla pianta. La densità media stimata è  $291.7 \pm 51.2$  (fasci m<sup>-2</sup>) leggermente inferiore a quella del 2013 e classifica la prateria come molto disturbata; la copertura del fondale mostra valori elevati con una media pari a 86.5 %.

Nella stazione POS7 la prateria si insedia su substrato roccioso, si registra la presenza di reti, cime e lenze abbandonate sul fondale, la presenza dell'alga rossa alloctona *Asparagopsis*.

L'intera area risulta soffocata da mucillagine adesa al fondale e alle foglie di Posidonia che presenta fasci deboli che si staccano facilmente. Lo stato di sofferenza della prateria in quest'area è evidenziato dai bassi valori di densità stimati con una media pari a  $82.6 \pm 37.3$  (fasci m<sup>-2</sup>) inferiore a quella registrata nel 2013 e che classifica la prateria come molto disturbata, anche la copertura del fondale risulta bassa, pari al 32.3 %.

La stazione POS8 è caratterizzata da Posidonia su roccia che si sviluppa in piccole, medie e grandi patch, l'area appare in buono stato, con *Caulerpa* nelle zone non colonizzate dalla pianta. Presenza di sedimento fine e fangoso, ma non abbondante. I fasci risultano ben ancorati e lo scalzamento è ridotto. La densità media stimata è  $206.3 \pm 68.8$  (fasci m<sup>-2</sup>) confrontabile con quella del 2013, la prateria viene classificata come molto disturbata; la copertura del fondale mostra un valore medio di 56.3 %.

La stazione POS9 è caratterizzata da Posidonia su substrato roccioso intervallato da catini e canali sabbiosi, l'area appare in buono stato, le foglie risultano molto epifitate i fasci sono ben saldi e lo scalzamento è ridotto. La densità media stimata è  $350.7 \pm 92.6$  (fasci m<sup>-2</sup>) superiore a quella precedentemente rilevata (365.3 fasci m<sup>-2</sup>) e che classifica la prateria come in equilibrio; la copertura del fondale mostra un valore medio di 69.8 %.

Nella stazione POS10 la prateria si insedia su substrato roccioso formando macchie isolate, in quest'area appare molto epifitata da macroalghe e i fasci risultano deboli, lo scalzamento è significativo e in alcuni punti le radici sono visibili; presenza di *Caulerpa sp.* e abbondante presenza di matrice mucillaginosa adesa sia al fondale che alle foglie di Posidonia, in evidente stato di sofferenza. Il valore medio di densità è  $145.1 \pm 45.9$  (fasci m<sup>-2</sup>) è inferiore a quello rilevato nel 2013, la prateria risulta disturbata con una copertura molto bassa pari al 25%.

#### AREA SUD

Nella stazione POS11 la prateria si insedia su substrato roccioso formando mosaici isolati, si registra la presenza di reti e lenze abbandonate sul fondale, area con abbondante *Caulerpa*, registrata la presenza di due esemplari di *Pinna nobilis* di circa 40 cm di altezza. La densità media stimata è  $157.6 \pm 45.3$  (fasci m<sup>-2</sup>) confrontabile con quella registrata nel 2013, e che classifica la prateria come molto disturbata; anche la copertura del fondale risulta bassa e pari al 37.5 %.

Nella stazione POS12 la prateria si insedia su substrato roccioso intervallato da catini sabbiosi, si registra la presenza di cicatrici da ancoraggio sul fondale; la prateria in quest'area

appare rigogliosa, la densità media è pari a  $190.3 \pm 56.2$  (fasci m<sup>-2</sup>) sensibilmente inferiore a quella registrata nel 2013 (428.5), la prateria viene classificata come molto disturbata e la copertura del fondale è del 71.9 %.

La stazione POS13 è caratterizzata da Posidonia su substrato misto di roccia e sabbia, si registrano cicatrici da ancoraggio sul fondale, le foglie risultano estremamente epifitate e ricoperte da materiale fine e fangoso, presente su tutto il fondale circostante in massiccia componente. Si registra la presenza di tre esemplari di *Pinna nobilis* di altezza pari a 30 cm circa. La densità media stimata di  $134.7 \pm 49$  (fasci m<sup>-2</sup>) non mostra sostanziali variazioni dai rilievi del 2013; la prateria viene classificata come disturbata con ricoprimento del fondale del 38.5 %.

La stazione POS14 presenta un substrato d'impianto misto di roccia e matte, si registra la presenza di matte morta colonizzata da abbondante *Caulerpa* e presenza di materiale fine e fangoso sul fondale; le piante sono poco abbondanti con densità media stimata di  $111.1 \pm 26.1$  (fasci m<sup>-2</sup>), tale valore risulta lievemente inferiore ai rilievi del 2013, la prateria viene classificata come molto disturbata con ricoprimento del fondale del 29.2 %.

Nella stazione POS15 la prateria si impianta su un substrato misto di sabbia e matte, si registrano ampie zone di matte morta e presenza di materiale fine e fangoso sul fondale; la *Caulerpa sp.* è presente abbondante nelle aree non colonizzate dalla pianta. La densità media stimata di  $242.4 \pm 76.5$  (fasci m<sup>-2</sup>) risulta inferiore a quella stimata nel 2013 (366), la prateria viene classificata come disturbata con copertura del 69.8 %.

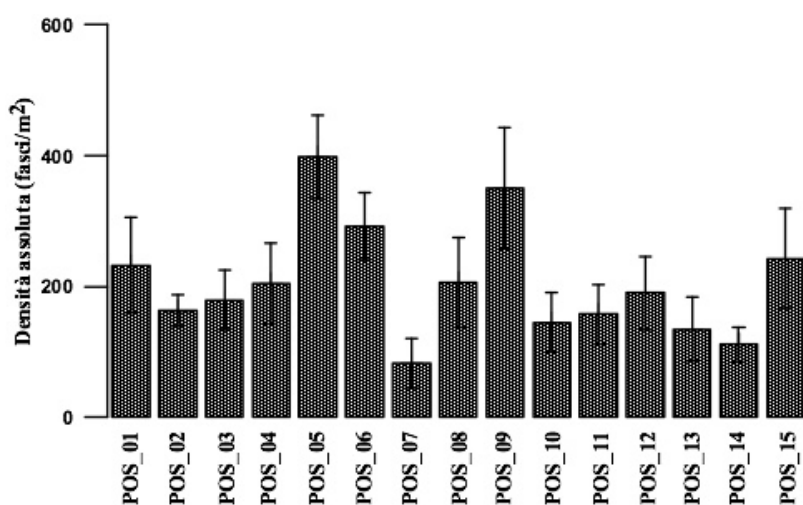


Fig.2. Valori medi di densità assoluta in ogni stazione di campionamento

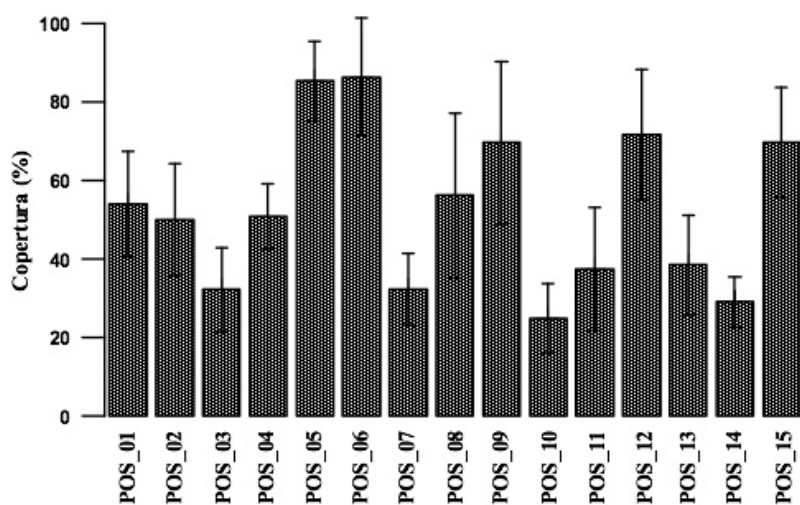


Fig. 3. Valori medi di copertura del substrato in ogni stazione di campionamento

## 5.2 Descrittori funzionali

### Parametri morfometrici

Sulla base delle misurazioni effettuate sull'apparato fogliare dei campioni prelevati nell'area di studio, sono stati calcolati i seguenti parametri fenologici:

- numero medio di foglie per ciuffo (adulte e intermedie);
- lunghezza media delle foglie per categoria;
- larghezza media delle foglie per categoria;
- superficie fogliare per fascio;
- coefficiente A

I parametri fenologici appena citati, possono fornire una descrizione sintetica dello stato di vitalità delle piante che costituiscono la prateria.

I parametri morfometrici derivati dall'analisi fenologica dei fasci fogliari sono riportati nelle tabelle 3 e 4 e nei grafici successivi.

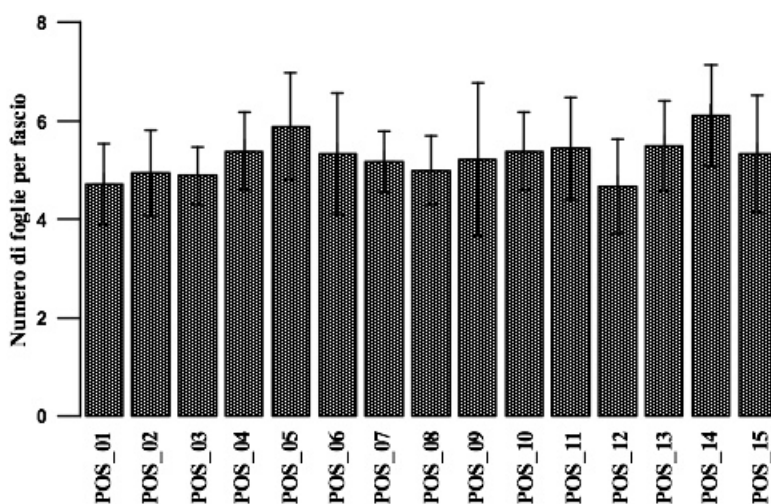
Stazioni	N. medio foglie/fascio	Lunghezza foglie intermedie (cm)	larghezza foglie intermedie (cm)	Lunghezza foglie adulte (cm)	larghezza foglie adulte (cm)
Pos01	4.7	9.16	0.95	56.56	0.98
Pos02	4.9	9.14	0.85	47.53	0.94
Pos03	4.9	12.16	0.91	63.91	0.95
Pos04	5.4	17.44	0.9	66.07	0.97
Pos05	5.9	15.92	0.84	51.06	0.91

<b>Pos06</b>	5.3	43.11	0.82	43.36	0.93
<b>Pos07</b>	5.2	46.62	0.83	37.67	0.93
<b>Pos08</b>	5	57.66	0.86	61.97	0.96
<b>Pos09</b>	5.2	63.65	0.85	59.42	0.94
<b>Pos10</b>	5.4	53.47	0.85	56.99	0.93
<b>Pos11</b>	5.4	31.34	0.78	26.2	0.84
<b>Pos12</b>	4.7	61.73	0.87	68.3	0.93
<b>Pos13</b>	5.5	21.87	0.77	54.76	0.85
<b>Pos14</b>	6.1	11.69	0.89	44.78	0.88
<b>Pos15</b>	5.3	11.25	0.88	43.51	0.89

**Tab 3.** Numero di foglie medio per fascio (intermedie e adulte) nelle stazioni esaminate e parametri morfometrici

Il numero medio di foglie per fascio (escluse le giovanili) risulta omogeneo tra le stazioni esaminate con un valore minimo pari a 4.7 (POS1) e un valore massimo di 6.1 (POS14). Tale parametro non mostra variazioni sostanziali rispetto alle stime effettuate nel 2013.

Ugualmente i valori medi stimati per la larghezza delle due categorie di foglie considerate (adulte e intermedie) risultano essere omogenei tra le stazioni e confrontabili con quelli rilevati nel 2013.



**Fig 4** Numero medio di foglie per fascio di *Posidonia oceanica*.

La lunghezza delle foglie intermedie presenta valori medi compresi tra 9.14 cm (stazione POS2) e 63.65 cm (stazione POS9), il grafico di figura 5 evidenzia come le stazioni dell'area nord mostrino tutte i valori più bassi mentre i valori più alti si ritrovano nelle stazioni centrali,

particolarmente bassi anche i valori nelle stazioni POS14 e POS15. Tale dato è particolarmente interessante se associato al valore del coefficiente A delle foglie intermedie che è pari a zero o molto basso nelle stazioni dell'area nord.

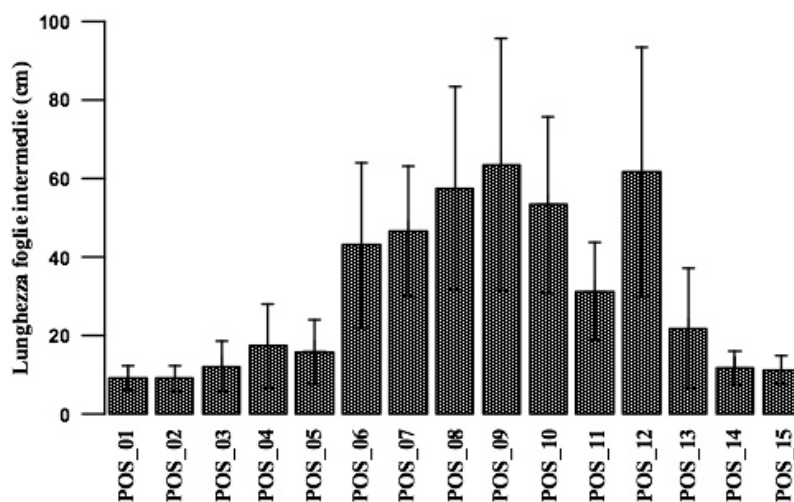


Fig. 5 Lunghezza media delle foglie intermedie.

La lunghezza delle foglie adulte presenta valori medi compresi tra 26.2 cm (stazione POS11) e 68.3 cm (stazione POS12), nel grafico di figura 6 si nota come tali valori siano distribuiti nelle tre aree.

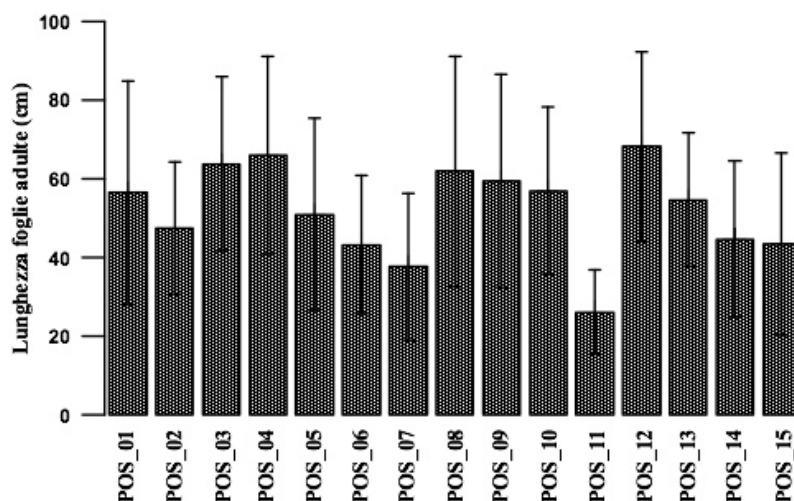


Fig. 6. Lunghezza media delle foglie adulte.



Il valore estremamente basso di tale parametro nella stazione POS11 è da mettere in correlazione con il loro valore elevato di Coefficiente A (100%), ciò vuol dire che tutte le foglie adulte hanno presentato apice eroso e per tale motivo la loro lunghezza mostra valori più bassi; discorso analogo può essere fatto per la stazione POS6 mentre il valore della stazione POS7 si associa ad un coefficiente A piuttosto basso (26.9%), supportando le valutazioni ricavate dai rilievi in situ che evidenziano una prateria in sofferenza.

Analizzando i parametri morfometrici derivati (tabella 4), infatti, si nota innanzitutto che le stazioni POS6 e POS 11 mostrano i valori più alti di coefficiente A sia per le foglie adulte che per le intermedie. Tale parametro è legato principalmente all'idrodinamismo e al grazing a cui la pianta è sottoposta, ma può anche mettere in risalto una particolare fragilità del comparto fogliare.

Stazioni	Superficie fogliare/fascio (cm <sup>2</sup> )	Coefficiente A intermedie (%)	Coefficiente A adulte (%)	Biomassa fogliare/fascio (g)
Pos01	219.4	0	48.3	1,265 ± 0,526
Pos02	175.6	0	73.4	1,132 ± 0,482
Pos03	235.4	0	56.7	1,498 ± 0,347
Pos04	264.3	0	61.0	1,541 ± 0,364
Pos05	203.9	8.3	81.9	1,222 ± 0,377
Pos06	194.9	52.8	100	1,096 ± 0,248
Pos07	180.9	11.1	26.9	0,821 ± 0,206
Pos08	272.1	8.3	39.4	1,390 ± 0,355
Pos09	275.9	24.5	49.9	1,343 ± 0,669
Pos10	257.9	10.2	45.1	1,270 ± 0,350
Pos11	119.2	67.1	100	0,551 ± 0,179
Pos12	269.3	20.6	56.5	1,413 ± 0,477
Pos13	202.9	0	38.2	1,098 ± 0,309
Pos14	185.9	0	38.9	1,224 ± 0,268
Pos15	154.4	0	46.5	0,854 ± 0,276

**Tab. 4** Valori medi della superficie fogliare, del coefficiente A e della biomassa fogliare nelle stazioni esaminate.

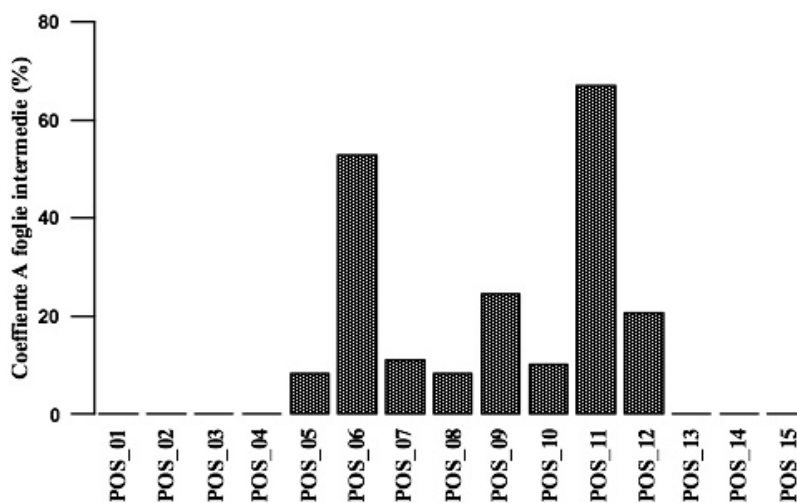


Fig. 7. Coefficiente A foglie intermedie.

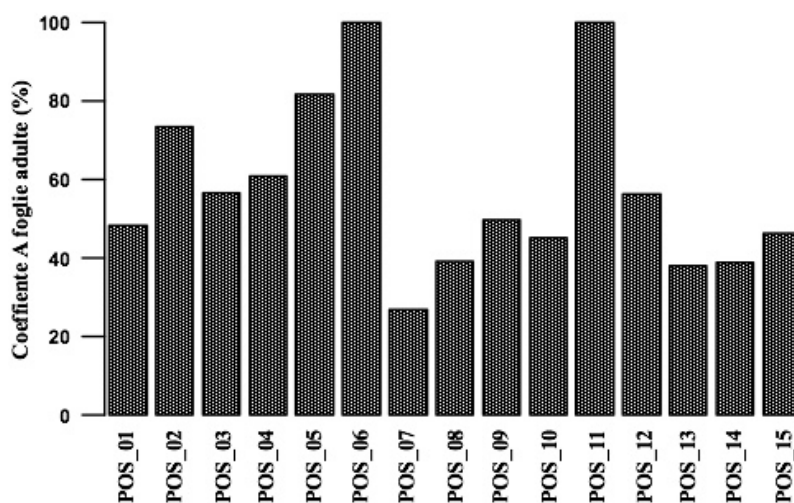
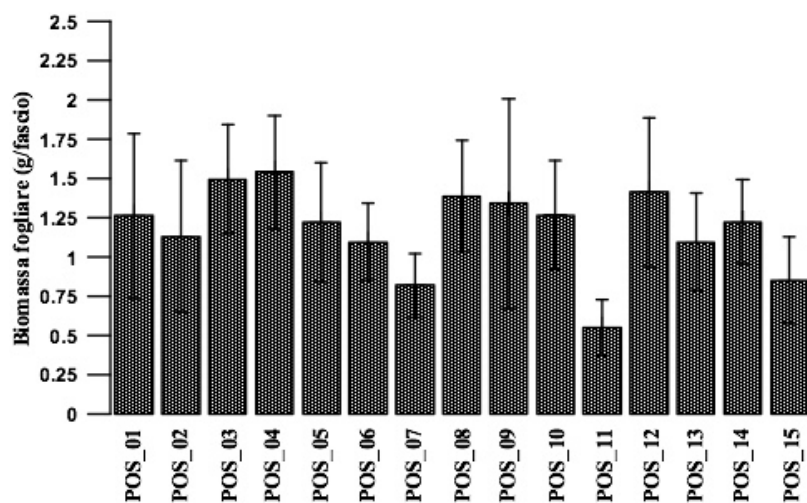


Fig. 8. Coefficiente A foglie adulte

I valori di biomassa fogliare risultano coerenti con i parametri morfometrici rilevati, mostrando i valori più bassi nelle stazioni POS7 e POS11, rispettivamente 0.821 e 0.551g/fasci; bisogna sottolineare un valore basso di biomassa fogliare anche nella stazione POS15 per la quale incide particolarmente il basso valore di lunghezza delle foglie intermedie. I valori più elevati nelle stazioni POS3, POS4 e POS12 confermano le valutazioni ricavate dai rilievi in situ che evidenziano praterie con una buona vitalità.

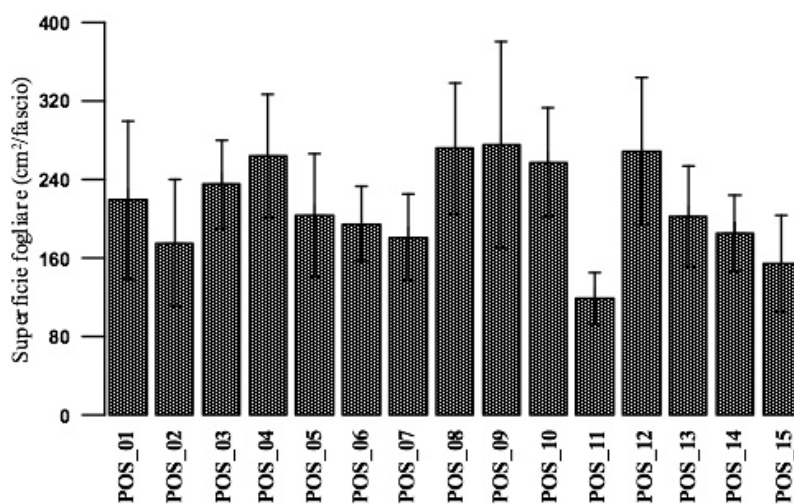


**Fig. 9** Biomassa fogliare per fascio

Per quanto riguarda il parametro indice fogliare per fascio questo corrisponde alla superficie di tessuto verde (e quindi fotosintetizzante) per fascio. Per convenzione nel calcolo si considera una sola lamina fogliare. L'indice fogliare per fascio viene quindi ottenuto dal calcolo:

$$\text{Lunghezza del tessuto verde} \times \text{Larghezza delle foglie} / \text{numero di fasci analizzati}$$

Il grafico in figura 10 mostra il valore più basso di superficie fogliare nella stazione POS11 in relazione al minor valore della lunghezza delle foglie adulte calcolato e i valori più elevati nelle stazioni poste nell'area centrale (POS8, POS9, POS10) e nella stazione POS12.



**Fig. 10.** Superficie fogliare per fascio

#### 4. Discussioni e Conclusioni

I rilievi eseguiti in situ hanno permesso di valutare la struttura delle praterie indagate e il loro stato di salute attraverso la stima dei descrittori strutturali (densità assoluta e copertura del substrato) e funzionali (parametri morfometrici) confrontando tali valori con quelli ottenuti dai rilievi del 2013.

Dal rilevamento in immersione si evidenzia una situazione piuttosto eterogenea legata alla particolarità del substrato di impianto, costituito principalmente da roccia, intervallata da catini sabbiosi; tale tipologia di substrato determina lo sviluppo di praterie che formano un mosaico con patch più o meno estese, bassi valori di copertura, con densità variabile e con ampie discontinuità. Per tale motivo più che soffermarsi sulla possibile classificazione delle praterie si ritiene opportuno valutare lo stato di salute e la tendenza evolutiva delle stesse nell'area di studio, rapportando i descrittori strutturali alle informazioni visive e ai parametri funzionali indagati.

Dalle informazioni descritte nei precedenti paragrafi, si ricava un quadro assai variegato delle condizioni e dello stato di conservazione del popolamento a *Posidonia oceanica* presente nell'area di studio. La densità rilevata mostra in genere valori confrontabili con il rilievo precedente, ad eccezione delle stazioni POS5, POS7, e POS12 dove risulta sensibilmente diminuita. In particolare la stazione POS7 mostra diversi segni di sofferenza e si presenta in uno stato di vitalità piuttosto compromesso. Nello stesso settore centrale anche la stazione POS10 mostra segni di sofferenza evidenziati principalmente da bassa copertura e densità, i parametri funzionali non risultano particolarmente bassi, ma la presenza di abbondante matrice mucillaginosa soffoca le piante rendendole fragili. La stazione POS9 mostra valori di densità lievemente maggiori rispetto al 2013 con parametri funzionali che denotano una vitalità delle piante non compromessa.

Le stazioni del settore sud, POS13, POS14, POS15 mostrano bassi valori di alcuni descrittori funzionali in risposta ad una situazione dell'area compromessa dalla presenza di sedimento fine e fangoso che soffoca le piante. La stazione POS12, invece, pur mostrando una diminuzione di fasci per metro quadro, mantiene ancora una buona vitalità confermata dagli alti valori di copertura, dei parametri funzionali e di biomassa fogliare.

Nel settore nord la stazione POS2 mostra segni di sofferenza riscontrabili sia nei bassi valori di densità e in particolare, a causa del sedimento fine e fangoso e della componente mucillaginosa abbondante, nella fragilità dei fasci e conseguente scalzamento. Diversamente la stazione POS1

mostra valori di densità superiori a quelli rilevati nel 2013.

Nelle aree più degradate in presenza di matte morta o di fondale lasciato libero dalla *Posidonia* è stata registrata la presenza di *Caulerpa racemosa*, la quale appare in ottimo stato vitale e conferma lo stato di sofferenza della prateria, più incline ad essere colonizzata da specie aliene invasive. Nelle aree il cui il popolamento a *Posidonia* mostra maggior vitalità l'invasione da parte di *Caulerpa* rimane confinata ai margini esterni della prateria.

Oltre a ciò, la maggiore presenza di alghe erette epifite delle foglie in alcune aree evidenziano una certa sofferenza della prateria stessa (es. in POS10), in quanto queste specie sono indicatrici di uno stadio maturo del popolamento epifita e, qualora le percentuali di ricoprimento diventino prevalenti, indicatrici di impatto su *Posidonia oceanica* (Piazzi et al., 2015).

In conclusione dal sopralluogo visuale e dalle analisi effettuate si evidenzia il consueto mosaico, con ampie discontinuità, di macchie di *Posidonia* su roccia e su sabbia che raramente appare impostata su matte, i valori di copertura, spesso bassi, e di densità assoluta appaiono per tale motivo estremamente variabili. La complessità geomorfologica di microscala è il determinante primario di questa condizione.

La variabilità rilevata tra il 2013 e il 2017 per i descrittori indagati, sia strutturali che funzionali, è ascrivibile per lo più alla naturale variabilità presente su piccola scala spaziale nelle praterie di *P. oceanica*, che è stato dimostrato essere sempre piuttosto elevata (Balestri et al., 2003, Piazzi et al., 2004). In tale quadro, bisogna evidenziare comunque alcune situazioni di degrado del popolamento che sembrano principalmente legate alla torbidità dell'acqua, alla presenza di sedimenti fini e di fango, e alla diffusione di una componente mucillaginosa importante.

**BIBLIOGRAFIA**

- Balestri E., Cinelli F., Lardicci, C., 2003. Spatial variation in *Posidonia oceanica* structural, morphological and dynamic features in a northwestern Mediterranean coastal area: a multi-scale analysis. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 250: 51-60.
- Benzécri J.P. et al., 1973. *L'Analyse des Données*. 2 vols, Dunod, Paris, France.
- Bertrand M.C., Boudouresque C.F., Foret P., Lefevre J.R., Meinesz A., 1986. Réseau de surveillance Posidonies. Rapport 1985. GIS Posidonie Publ., Marseille, Fr. 1-61.
- Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Meinesz A., 1984. Relation entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). In: Boudouresque C.F, Jeudy de grissac A., Olivier J. Eds. International workshop on *Posidonia oceanica* Beds. GIS Posidonie publ., Fr., pp. 185-191.
- Boudouresque C.F., Bertrand M.C., Bouladier E., Foret P., Meinesz A., Pergent G., Vitiello P., 1990. Le Réseau de surveillance des herbiers de Posidonies mis en place en Région Provence-Alpes-Côte d'Azur. *Rapp. Commiss. internation. Mer Médit.*, 32(1): 11.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. 2003. I sistemi a fanerogame marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). *Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo*. *Biol. Mar. Med*, 19 (Suppl.): 145-198.
- Ceccherelli G., Piazzì L., Cinelli F., 2000 - Response of non indigenous *Caulerpa racemosa* (Forsskål) J. Agardh to the native seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: effect of density of shoots and orientation of edges of meadows. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.* 243: 227-240.
- Cicero A.M., Di Girolamo I. (Ed), 2001 *Metodologie analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio dell'ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003)*. Roma, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM.
- Den Hartog G., 1970. *The seagrasses of the World*. Koninklijke Nederl. Akad.
- Dolce T., 2010. "Analisi della produzione primaria in *Posidonia oceanica*". Dottorato di ricerca in ecologia e gestione delle risorse biologiche- XXI CICLO.
- DREW E.A., 1971. An introduction to experiments by divers. *Botany. Underwater Science*. J.D. Woods, J.N. Lithgoe Eds., Academic Press., London: 175-233.
- Duarte, 2002. The future of seagrass meadows. *Environmental conservation*. Volume issue 02: 192-206.

- Giraud G., 1977. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Botanica Marina*, XX:487-491.
- Meinesz A. & Laurent R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-maritimes (France). *Botanica marina*: 21, 513-526.
- Pergent G., 1990 - Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: a standardized approach. *Aquatic Botany*, 37: 39-54.
- Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F. 1995 - Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: état de connaissances. *Mésogée*, 54: 3-29.
- Pergent-Martini C., Pergent G. 1996 - Spatio-temporal dynamics of *Posidonia oceanica* beds near a sewage outfall (Mediterranean - France). In Kuo J. et al. eds. "Seagrass Biology". Rottneest Island, Western Australia: 299-306.
- Pergent G., Romero J., Pergent-Martini C., Mateo M.A., Boudouresque C.F. 1994 – Primary production, stocks and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Mar. Ecol. Progr. Ser.* 106: 139-146.
- PIAZZI L, BALATA D, CINELLI F, BENEDETTI-CECCHI L (2004) Patterns of spatial variability in epiphytes of *Posidonia oceanica*: Differences between a disturbed and two reference locations. *Aquat Bot* 79:345–356. doi: 10.1016/j.aquabot.2004.05.006.
- PIAZZI, L., BALATA, D., CECCHERELLI, G., 2015. Epiphyte assemblages of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* : an overview. *Mar. Ecol.* n/a–n/a. doi:10.1111/maec.12331.
- Standard, A. S. T. M. D422-63, 1998 - Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils. ASTM International, West Conshohocken, PA, 1998.