



# COMUNE DI LENI (PROVINCIA DI MESSINA)

## OPERE DI ATTUAZIONE DEL PIANO REGOLATORE PORTUALE DI RINELLA 1° STRALCIO FUNZIONALE PROGETTO DEFINITIVO



### PROGETTAZIONE:



### RILIEVI E INDAGINI:



Dott. A. Analfino  
Dott. biol. G. Catalano

ARCHEOLOGO:  
*Daniela Raia*

RESPONSABILE INTEGRAZIONI DELLE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Antonino SUTERA

PROGETTISTI:

Ing. Umberto RICCI  
Ing. Antonino SUTERA  
Ing. Giuseppe BERNARDO  
Ing. Massimo TONDELLO  
Ing. Andrea PEDRONCINI  
Ing. Roberta Chiara DE CLARIO

GEOLOGIA:

Geol. Marco SANDRUCCI

GRUPPO DI LAVORO:

Ing. Giuseppe CUTRUPI  
Ing. Stefania FERLAZZO  
Ing. Simone FIUMARA  
Arch. Francesca GANGEMI  
Arch. Erica PIPITO'  
Ing. Silvia BERIOTTO  
Ing. Nicola SGUOTTI  
Ing. Silvia TORRETTA  
Ing. Fabio VINCI

COORD. SICUREZZA PROGETTAZIONE:

Ing. Giuseppe BERNARDO



## B.09

## STUDIO BIOLOGICO MARINO

Questo elaborato è di proprietà della Proger S.p.A. pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

Nome File

DNC135\_PD\_B.09\_2020-12-18\_R1\_Studio biologico marino\_GEO.docx

Scala

Commessa

P20070

Codice Elaborato

D 00 00 U 20 07

REVISIONI	REV. n°	DATA	MOTIVAZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
	01	18/12/2020	Verifica progetto	Biol. G. CATALANO	Ing. Giuseppe BERNARDO	Ing. Antonino SUTERA
	00	30/10/2020	Prima emissione	Biol. G. CATALANO	Ing. Giuseppe BERNARDO	Ing. Antonino SUTERA

R.U.P.:

Arch. Domenico ARCORACI

VISTI/APPROVAZIONI:



## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>INDAGINI SULLE COMUNITÀ BENTONICHE</b>	<b>4</b>
	2.1 <i>POSIDONIA OCEANICA</i>	4
	2.2 <i>POPOLAMENTI MACROZOOBENTONICI DEI FONDI MOBILI</i>	5
<b>3</b>	<b>MATERIALI E METODI</b>	<b>7</b>
	3.1 <i>AREA DI STUDIO E DISEGNO DI CAMPIONAMENTO</i>	7
	3.2 <i>ATTIVITÀ IN CAMPO</i>	11
	3.2.1 <i>Indagini R.O.V. ed individuazione dei limiti della prateria di P. oceanica</i>	11
	3.2.2 <i>Campionamenti e raccolta dati su P. oceanica</i>	13
	3.2.3 <i>Campionamenti e raccolta dati sul macrozoobenthos</i>	14
	3.3 <i>ANALISI ED ELABORAZIONE DATI SU P. OCEANICA</i>	16
	3.3.1 <i>Classificazione della prateria</i>	16
	3.3.2 <i>Analisi fenologiche e lepidocronologiche</i>	18
	3.3.3 <i>Parametri fenologici</i>	20
	3.3.4 <i>Parametri lepidocronologici</i>	21
	3.3.5 <i>Parametri lepidocronologici</i>	23
	3.3.6 <i>Calcolo dell'Indice P.R.E.I.</i>	24
	3.4 <i>ANALISI ED ELABORAZIONE DATI SULLE COMUNITÀ MACROZOOBENTONICHE</i>	26
	3.4.1 <i>Analisi del macrobenthos</i>	26
	3.4.2 <i>Indici di biodeiversità</i>	27
<b>4</b>	<b>RISULTATI</b>	<b>29</b>
	4.1 <i>POSIDONIA OCEANICA</i>	29
	4.1.1 <i>Transetti video subacquei (R.O.V.)</i>	29
	4.1.2 <i>Caratteristiche strutturali della prateria</i>	36
	4.1.3 <i>Fenologia</i>	37
	4.1.4 <i>Fenologia</i>	2
	4.1.5 <i>Descrittori di Qualità Ecologica (EQR) – Indice P.R.E.I.</i>	3
	4.2 <i>COMUNITÀ MACROBENTONICHE</i>	5
	4.2.1 <i>Calcolo dell'Indice AMBI e del valore di Multivariate AMBI (M-AMBI)</i>	7
	4.3 <i>ANALISI GRANULOMETRICHE</i>	10

<b>5</b>	<b>RISULTATI</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>14</b>

## 1 PREMESSA

L'obiettivo del presente lavoro è quello di eseguire un monitoraggio ante operam al fine di fornire una caratterizzazione preliminare dei fondali antistanti il tratto di costa sito in località Rinella dell'Isola di Salina (ME). Tale sito, come da progetto, sarà interessato dalla costruzione di un nuovo molo per l'ampliamento del porto di Rinella - progetto "AFFIDAMENTO INCARICO PER LA REDAZIONE DEL PROGETTO DEFINITIVO RIGUARDANTE LA REALIZZAZIONE DELLE "OPERE DI ATTUAZIONE DEL PIANO REGOLATORE PORTUALE DI RINELLA. 1° STRALCIO FUNZIONALE". SERVIZI TECNICI DI ARCHITETTURA ED INGEGNERIA - COMUNE DI LENI (ME). CIG:8075254668 - CUP: D21C18000280002

L'attività di monitoraggio prevede l'individuazione e la caratterizzazione delle eventuali praterie di Posidonia oceanica (Habitat prioritario 1120) e delle comunità macrobentoniche insediate nei sedimenti di fondo mobile, seguendo le indicazioni tecnico-scientifiche ritenute necessarie e basate sui criteri indicati nel manuale ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione Ambientale).

La caratterizzazione ante operam dei fondali del sito interessato, si rende necessaria al fine di fornire un quadro della situazione ambientale in quel dato momento, indispensabile per la successiva valutazione dei possibili effetti che le attività di scavo e posa di manufatti in ambiente marino possono determinare a carico di aree di interesse biologico, come quelle caratterizzate dalla fanerogama marina P. oceanica e sulla composizione e struttura dei popolamenti macrobentonici insediati nei sedimenti.

Tali indagini sono state svolte al fine di produrre la documentazione (monitoraggio ante operam) integrativa alla Valutazione di Impatto Ambientale e Valutazione d' Incidenza ex Ar. 5 DPR 357197 effettuate nell'ambito dell'Intervento sopra citato.

## 2 INDAGINI SULLE COMUNITÀ BENTONICHE

### 2.1 *Posidonia oceanica*

Le praterie di *Posidonia oceanica* costituiscono, un elemento fondamentale per la qualità dei litorali che sta alla base della pesca artigianale e dello sviluppo del turismo, attività di fondamentale importanza socio-economica per alcuni paesi rivieraschi mediterranei (Boudouresque et al., 2005; 2006; Ferrari et al., 2008). Questa pianta, negli ultimi decenni, è divenuta oggetto di una maggiore protezione e di una gestione mirata ed efficace (Pergent-Martini, 2000; Boudouresque, 2003; Procaccini et al., 2003; Boudouresque et al., 2006; Ferrari et al., 2008; Montefalcone et al., 2009).

La conservazione e la protezione delle praterie di *P. oceanica* sono dunque giustificate, non solo per il loro grande valore patrimoniale ma anche per ragioni socio-economiche (Boudouresque, 2002; Boudouresque et al., 2006).

*P. oceanica* è una fanerogama marina endemica del Mediterraneo, costituita da fusti che si accrescono orizzontalmente o verticalmente generalmente infossati nel sedimento, detti rizomi. Quelli orizzontali prendono il nome di rizomi plagiotropi, mentre quelli verticali sono detti ortotropi (Caye, 1980; Boudouresque et al., 2006).

Questa pianta può colonizzare vaste aree del fondo marino, formando ampie distese verdi che prendono il nome di praterie. Queste si distribuiscono a partire dalla zona più superficiale (1-15 m), in genere in luoghi più riparati dal moto ondoso (moda calma), fino a 30-35 m di profondità, spingendosi a volte fino oltre i 40 metri, in relazione alla trasparenza delle acque (Buia et al., 2003; Boudouresque et al., 2006). Lo sviluppo e la crescita avvengono solitamente su substrati sabbiosi, talvolta misti a fango, ma anche su fondi detritici e rocciosi; sono condizionati sia dalla conformazione del litorale e del fondo marino, che dalla trasparenza delle acque e dalla conseguente intensità luminosa che raggiunge il fondale. La pianta tollera range piuttosto ampi di temperatura compresi tra i 10 e i 28°C (Augier et al., 1993), mentre risulta poco resistente alle variazioni di salinità: la distribuzione delle praterie si interrompe, infatti, davanti alla foce dei fiumi e negli stagni salmastri probabilmente a causa anche degli elevati trasporti terrigeni.

Le praterie hanno un'ampia distribuzione lungo le coste mediterranee ed essendo la specie chiave dell'intero ecosistema costiero, costituiscono uno degli ambienti più produttivi e importanti del Mediterraneo suscitando l'interesse delle comunità scientifiche internazionali (Boudouresque et al., 2006; Montefalcone et al., 2009).

La *P. oceanica* svolge molteplici ruoli che possono essere classificati, fondamentalmente, in tre aspetti principali: ecologico, fisico ed economico.

Come la maggior parte delle specie di Fanerogame, la *P. oceanica* assume un ruolo ecologico fondamentale per gli ecosistemi marini. Le praterie producono, infatti, enormi quantità di materia vegetale che sta alla base di numerose catene trofiche (Pergent-Martini et al., 1994; Romero, 2004). L'elevata produzione primaria dovuta a queste piante è paragonabile o superiore a quella di ecosistemi terrestri (foreste tropicali e temperate) o di altri ambienti marini (zone di upwelling, mangrovie, barriere coralline, estuari) (Fergusson et al., 1980). Esse rappresentano, pertanto, uno degli ecosistemi più produttivi del pianeta.

La produzione di ossigeno è una delle conseguenze più importanti dell'attività fotosintetica dei vegetali e anche se una parte viene consumata da batteri e organismi detritivori per la degradazione delle foglie morte (Mateo e Romero, 1996), le quantità prodotte superano notevolmente quelle consumate, per cui le praterie di *Posidonia* costituiscono un importante fattore di ossigenazione dell'acqua (Bay, 1978).

## STUDIO BIOLOGICO MARINO

Le praterie sono, inoltre, delle vere e proprie aree di nursery, habitat permanenti per una grande varietà di specie sia animali (più di 1000) che vegetali (più di 400), rappresentando pertanto un polo di biodiversità marina unico (Bell e Harmelin-Vivien, 1982; Boudouresque e Meinesz, 1982; Bellan-Santini et al., 1994; Francour, 1997; Boudouresque, 2004). Le praterie costituiscono un fattore essenziale per l'organizzazione delle comunità animali controllando la complessità dell'habitat, la diversità delle specie e l'abbondanza degli invertebrati ad esse associati (Heck e Wetstone, 1977; Stoner, 1980; Mazzella et al., 1992). Tutte queste specie possono vivere sia sulla superficie fogliare (specie sessili o vagili), sul sedimento (anche infossate) o in vicinanza delle foglie ma tutte ugualmente all'interno della "matte", un intricato "groviglio" di rizomi, scaglie e sedimento, che ospita una fauna particolarmente ricca e varia (Francour, 1990; Somaschini et al., 1994).

Gli aspetti economici principali relativi alle praterie di Posidonia riguardano la gestione delle risorse viventi attraverso la sua elevata produzione biologica, la protezione dai predatori che assicurano ai giovanili di numerose specie (nursery); inoltre costituiscono aree di deposizione per numerose specie di interesse commerciale (pesci, crostacei, cefalopodi) (Jimenez et al., 1996; Francour, 1997; Romero, 1999; Le Direach e Francour, 2001). Un altro importante aspetto legato all'economia dei paesi costieri è quello relativo allo sviluppo del turismo e delle attività balneari attraverso il mantenimento di una elevata qualità delle acque (maggiore trasparenza); assicurano, inoltre, la protezione delle spiagge dall'erosione attraverso una riduzione dell'idrodinamismo e l'accumulo di banquettes di foglie morte sulla riva.

Nel corso del 20° secolo, soprattutto dopo gli anni '50, le praterie di *P. oceanica* hanno subito un considerevole processo di regressione, in particolar modo vicino ai grandi centri urbani e portuali (Pérès e Picard, 1975; Boudouresque e Meinesz, 1982; Pérès, 1984; Boudouresque, 1996, 2003; Romero, 2004; Solis-Weiss et al., 2004; Boudouresque et al., 2006).

Chiaramente le attività umane rappresentano il principale fattore di regressione delle praterie di Posidonia, sebbene le cause siano molteplici, agiscono in sinergia e pertanto non sono facili da isolare e studiare separatamente (Boudouresque et al., 2006).

Le attività di ripascimento artificiale, se effettuate con materiali e modalità non idonei, possono essere molto dannose per gli ecosistemi a Posidonia. Correnti e mareggiate possono spostare o rimuovere totalmente il materiale deposto e questo impone una costante manutenzione nel tempo. I sedimenti trasportati dalle correnti possono insabbiare praterie limitrofe, distruggendo così il principale baluardo di protezione delle stesse spiagge nei confronti del moto ondoso (Bianchi et al. 2008).

Da quanto sopra descritto risulta indispensabile un'attività di monitoraggio delle praterie di Posidonia individuate nell'area oggetto di studio al fine di poter fornire una descrizione dello stato di salute della prateria ed eventualmente suggerire delle misure di salvaguardia di questa fanerogama, in modo da auspicare una gestione integrata della fascia costiera che consenta uno sviluppo sostenibile dell'area rendendola fruibile all'uomo senza una simultanea degradazione dell'ambiente marino costiero circostante.

## 2.2 Popolamenti macrozoobentonici dei fondi mobili

Tra i vari descrittori dello stato di qualità ambientale dei fondali marini la fauna bentonica (organismi che intrattengono relazioni legati in modo più o meno strette con il fondo) riveste una notevole importanza. Le comunità bentoniche, analizzate nella loro composizione e trasformazione nel tempo e nello spazio, infatti, possono assumere il ruolo di "indicatori biologici", intesi come "spia" di condizioni ambientali complesse da interpretare e difficilmente misurabili, in quanto rappresentano la risultante di interazioni tra molteplici fattori (Dean, 2009; Goodsell et al., 2009; Rosenberg et al., 2009; Kröncke e Reiss, 2010). Lo studio delle variazioni spaziali e temporali dei popolamenti bentonici consente, quindi, una lettura fortemente integrata

STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

delle variazioni spazio-temporali del "mondo fisico", rappresentando la "memoria biologica" dell'ecosistema e fornendo informazioni sufficientemente complete circa la qualità dell'ambiente (Damiani et al., 1988; Rosenberg et al., 2009; Kröncke e Reiss, 2010).

La comunità bentonica presenta capacità omeostatiche: è, infatti, in grado di reagire con "aggiustamenti" interni ai diversi fattori stressanti che agiscono dall'esterno, mantenendo una condizione di equilibrio. Se però tali sollecitazioni superano le capacità omeostatiche dei singoli organismi, la comunità non è più in grado di mantenere le sue condizioni di equilibrio e la sua struttura viene modificata sia dal punto di vista qualitativo che quantitativo.

Il ruolo di indicatore attribuito all'intera comunità (animale o vegetale) va, quindi, interpretato alla luce delle capacità insite a detta comunità di reagire alla situazione ambientale globale. Dallo studio delle modificazioni quali-quantitative nella struttura della comunità si possono, infatti, trarre informazioni sufficientemente complete circa la qualità dell'ambiente (Goodsell et al., 2009).

Il quadro di una data situazione ambientale è il risultato delle interazioni di un gran numero di fattori altrimenti non rilevabili o difficilmente misurabili senza l'impiego di un alto numero di mezzi, di un elevato impiego di tempo e con costi contenuti entro la finalità dell'indagine (Stirn, 1981; Goodsell et al., 2009; Kröncke e Reiss, 2010).

Nell'ambito delle comunità zoobentoniche, quelle dei macroinvertebrati (organismi trattenuti da un setaccio di maglia di 1 mm) si sono rivelate, per ragioni di ordine pratico, le più idonee in questo tipo di indagine (Dean, 2009; Kröncke e Reiss, 2010). I gruppi sistematici maggiormente rappresentati nelle comunità bentoniche marine di acque costiere, sia come numero di specie che come numero di individui, sono - escludendo gli organismi coloniali - gli Anellidi Policheti, i Molluschi, i Crostacei Malacostraci (soprattutto Anfipodi e Decapodi) e gli Echinodermi.

In particolare, i Policheti, capaci di occupare nicchie alimentari notevolmente diversificate e di inserirsi, quindi, a differenti livelli trofici nelle comunità macrobentoniche, rappresentano "efficaci descrittori" sia in termini funzionali (Bianchi e Morri, 1985; Dean, 2009) che strutturali (Gambi e Giangrande, 1986; Dean, 2009). Anche i Molluschi possono svolgere il ruolo di "efficace descrittore" delle condizioni ecologiche globali di ecosistemi marini costieri (Gambi et al., 1982). Nell'ambito dei Crostacei, gli Anfipodi in particolare si sono rivelati una componente importante della fauna mobile in vari ambienti (Scipione e Fresi, 1983).

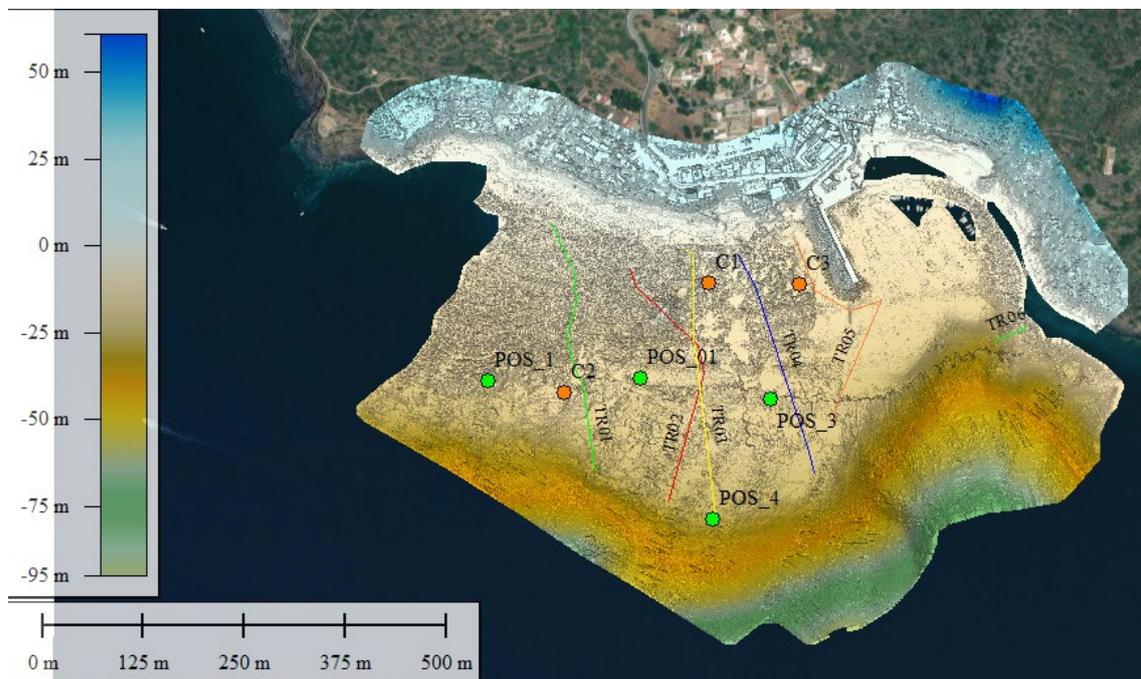
### 3 MATERIALI E METODI

#### 3.1 Area di studio e disegno di campionamento

L'area interessata dall'attività di costruzione del nuovo porto di Rinella, è localizzata a circa 400 m dal porto esistente (Figura 3.2).

L'indagine strumentale eseguita con i sistemi Mbes e SSS riportati nel documento tecnico relativo alle specifiche attività di indagine, ha consentito di produrre una cartografia dettagliata dei fondali dell'area di studio e di individuare con precisione l'andamento batimetrico e le caratteristiche morfologiche dei fondali.

Nelle Figura 3.1, Figura 3.2, **Figura 3.3** si evidenzia il quadro di insieme dei dati collezionati quali il DEM del rilievo morfobatimetrico, la localizzazione delle stazioni di campionamento dei sedimenti per il macrobenthos (stazioni C1, C2, e C3), i video-transetti e le stazioni di campionamento sulla Posidonia (Stazioni POS1, POS2, POS3 e POS4).



**Figura 3.1 – Area di studio: DEM delle indagini morfobatimetriche eseguite nell'area di studio e indicazioni delle stazioni di campionamento per i sedimenti e la Posidonia**

Le indagini relative alla individuazione della Posidonia oceanica e del limite superiore ed inferiore della prateria sono state eseguite a mezzo indagine geofisica con sistemi MBES e SSS, e successivamente con l'impiego di un sistema R.O.V. su 6 transetti costa largo utilizzati per la taratura dei sonogrammi precedentemente acquisiti (**Figura 3.3**).

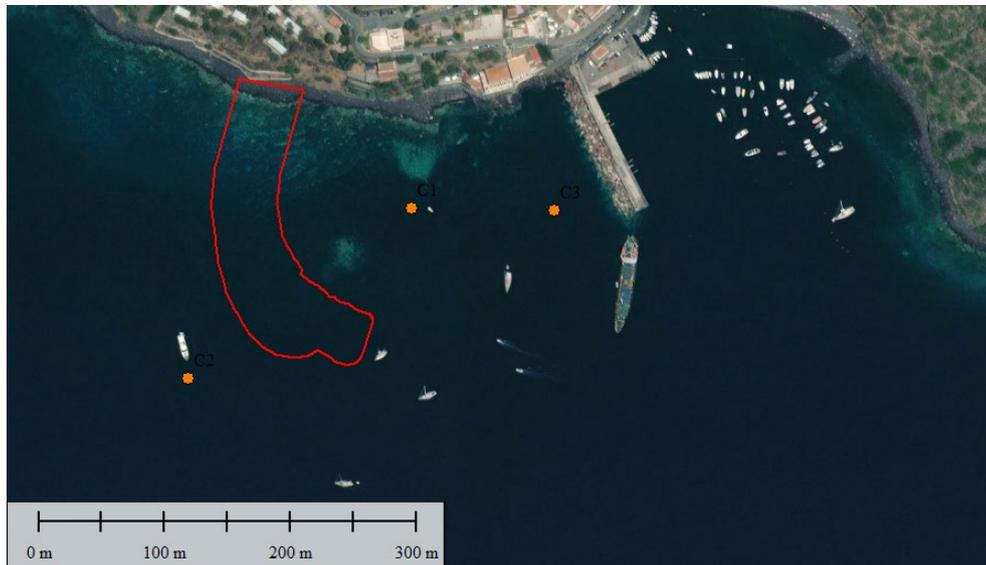


Figura 3.2– Area di studio; Impronta progettuale del molo e stazioni di campionamento dei sedimenti e delle comunità bentoniche di fondo mobile



Figura 3.3 - Area di campionamento individuata in località Rinella - Isola di Salina. In particolare le indagini relative alla individuazione di *P. oceanica* sono state eseguite in corrispondenza dei transetti R.O.V. (da TR1 a TR6). La raccolta dei dati in immersione A.R.A. e dei campioni biologici di *P. oceanica* sono stati eseguiti nelle stazioni POS1, POS2, POS3 (batimetrica dei -15m) e POS4 (limite inferiore)

STUDIO BIOLOGICO MARINO

Le indagini in situ e i campionamenti necessari per la valutazione dello stato di salute e per il monitoraggio di *P. oceanica* sono stati eseguiti secondo le modalità indicate dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA) seguendo un piano di campionamento gerarchico con quattro stazioni di campionamento, n.3 stazioni intorno alla batimetrica dei -15 m (POS1, POS2 e POS3) e n. 1 stazione in corrispondenza del limite inferiore (POS4) suddivise ognuna in tre sotto aree di circa 400 m2 ciascuna. Per ogni sotto area sono state effettuate:

- 3 repliche per le misure di densità;
- 6 repliche per i prelievi di fasci ortotropi.

Le repliche in una stessa area erano distanziate, tra di loro, di almeno 1 metro.

L'ultima replica in un'area e la prima replica dell'area seguente, erano invece distanziate di circa 10 metri.

In totale quindi, sono state effettuate 9 misure di densità e 3 misure di ricoprimento e sono stati prelevati 18 fasci ortotropi (Figura 3) oltre ad avere ricavato informazioni al tipo di substrato, continuità della prateria, percentuale di matte morte, presenza o assenza di altre fanerogame o specie algali competitive (*Caulerpa racemosa* e *Caulerpa taxifolia*) e tipologie di limite.

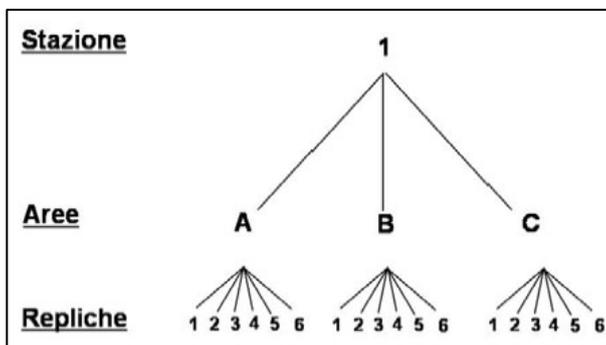


Figura 3.4 – Campionamento gerarchico utilizzato per il prelievo di rizomi ortotropi di *P. oceanica*

Per le indagini relative alla caratterizzazione dei popolamenti bentonici di fondo molle sono state individuate tre stazioni di campionamento denominate C1, C2 e C3 tracciati in Figura 4.

Le coordinate geografiche e profondità relative alle stazioni di campionamento per *P. oceanica* e per il macrozoobenthos e dei transetti video subacquei sono riportate in **Tabella 3.1**, Tabella 3.2 e Tabella 3.3.

**Tabella 3.1 Coordinate geografiche e profondità relative alle stazioni di campionamento per la *P. oceanica* individuate nell'area di indagine (Rinella).**

Stazione	Latitudine	Longitudine	Profondità (m)
POS1	38° 32.71828' N	14° 49.41661' E	15,5
POS2	38° 32.72068' N	14° 49.54739' E	14,6
POS3	38° 32.70630' N	14° 49.65804' E	16,1
POS4	38° 32.62609' N	14° 49.60894' E	28,0

## STUDIO BIOLOGICO MARINO

**Tabella 3.2 Coordinate geografiche e profondità relative alle stazioni di campionamento per il macrozoobenthos individuate nell'area di indagine (Rinella).**

Stazione	Latitudine	Longitudine	Profondità (m)
C1	38° 32.78469' N	14° 49.60478' E	7,2
C2	38° 32.71050' N	14° 49.48254' E	15,0
C3	38° 32.78362' N	14° 49.68235' E	10,5

**Tabella 3.3 Coordinate geografiche e profondità relative ai transetto R.O.V. effettuati nell'area di indagine**

Stazione	Latitudine	Longitudine	Profondità (m)
TR1_inizio	38° 32.82496' N	14° 49.47070' E	3,5
TR1_fine	38° 32.65899' N	14° 49.50789' E	36,0
TR2_inizio	38° 32.63829' N	14° 49.57053' E	31,9
TR2_fine	38° 32.79435' N	14° 49.53773' E	3,0
TR3_inizio	38° 32.80730' N	14° 49.58615' E	3,9
TR3_fine	38° 32.62763' N	14° 49.61104' E	32,5
TR4_inizio	38° 32.65758' N	14° 49.69457' E	23,6
TR4_fine	38° 32.80372' N	14° 49.62981' E	3,3
TR5_inizio	38° 32.81662' N	14° 49.67515' E	3,7
TR5_fine	38° 32.68873' N	14° 49.71127' E	27,2
TR6_inizio	38° 32.75668' N	14° 49.87402' E	6,4
TR6_fine	38° 32.74621' N	14° 49.84806' E	28,1

## 3.2 Attività in campo

### 3.2.1 Indagini R.O.V. ed individuazione dei limiti della prateria di *P. oceanica*

Sulla base delle risultanze emerse dai rilievi batimorfologici sono stati disegnati i transetti sui quali effettuare le riprese video-filmate col veicolo filoguidato R.O.V. (Remotely Operated underwater Vehicle) (Figura 3.5).

Per la realizzazione delle indagini è stata adottata una metodica ampiamente sperimentata per la mappatura delle praterie di *P. oceanica*.

Il rilievo e le relative registrazioni delle immagini sono state effettuate nella quasi totalità dei transetti, ortogonalmente alla linea di costa e tenendo una velocità costante del mezzo navale.

Il vantaggio di lavorare su transetti ortogonali alla costa è quello ottenere una buona descrizione dei cambiamenti all'interno di una prateria lungo un gradiente ambientale quale, ad esempio, la profondità, e permettere la migliore interpolazione possibile per conformazioni di norma strettamente correlate con l'andamento batimetrico.

L'operatore R.O.V, nell'esecuzione del rilievo, aveva a disposizione la cartografia di riferimento georeferenziata e l'esatta indicazione di ciascun transetto (coordinate di inizio e fine transetto) da eseguire, con le modalità avanti descritte. Sul mezzo navale è stato installato un sistema integrato di acquisizione dati costituito dai seguenti componenti:

- Sistema di posizionamento satellitare GPS;
- Sistema di navigazione e di acquisizione dati, video recorders;
- ROV (Remote Operated Vehicle) e relativa unità di controllo.

Sulle registrazioni filmate, ovvero su ciascuna immagine, è stato riportato in sovra-impressione il seguente set di informazioni: numero identificativo del transetto, data e ora di esecuzione, coordinate di posizione del veicolo ROV e suo angolo di girobussola, profondità.

Per le indagini è stato utilizzato un ROV Bluerobotics Bluerov2, dotato di una telecamera basculante a 180° ad alta risoluzione. I motori, quattro per i movimenti laterali e due per quelli verticali, sono azionati dalla superficie tramite tastiera e joystick connessi all'unità, composta inoltre da un video 15,4" e da un sistema di videoregistrazione. Il veicolo è inoltre dotato di profundimetro, e quattro fari da 1500 lumen ciascuno, per illuminare la scena di ripresa.

Sul mezzo navale è stata installata l'unità di superficie, composta da un PC monitor a colori, per visionare le riprese in corso e controllare contemporaneamente la qualità della registrazione.

Il team di lavoro, composto da geologi e biologi marini, ha discriminato le diverse tipologie di substrato, prestando particolare attenzione all'aspetto dei popolamenti fito-zoobentonici presenti. Le aree caratterizzate dalla presenza di *P. oceanica* sono state contornate con delle polilinee e i relativi poligoni ottenuti sono stati successivamente campiti, utilizzando la simbologia proposta da Meinesz et al. (1983).

L'interpretazione dei sonogrammi e dei dati batimetrici ottenuti rispettivamente con tecnologia Side scan sonar (S.S.S.) e multibeam (Mbes), supportata dai rilievi ROV fornisce dati attendibili riguardo la presenza o l'assenza della fanerogama. Talvolta, in relazione alla tipologia di substrato, si presentavano difficoltà a discriminare con sicurezza tra *Posidonia* su matte e *Posidonia* su sabbia. Può infatti capitare che la matte sia bassa o completamente ricoperta di sabbia. A tal fine il dato strumentale è stato confermato direttamente mediante ispezioni visive in immersione con autorespiratore ad aria (A.R.A.) in corrispondenza dei transetti indicati.



Figura 3.5 – R.O.V, (Remotely Operated underwater Vehicle) utilizzato per le indagini preliminari e l'individuazione dei limiti della prateria di P. oceanica. Sotto immagine catturata on-line che mostra la video overlay con informazioni più importanti

### 3.2.2 Campionamenti e raccolta dati su *P. oceanica*

Durante le immersioni, condotte da operatori subacquei (OTS) biologi, seguendo un preciso protocollo sperimentale d'indagine (Buia et al., 2003), sono stati effettuati n. 3 conteggi casuali di fasci fogliari (superficie di rilevamento 40 x 40 cm) per ciascuna delle 3 sotto area individuata all'interno delle stazioni di campionamento. Sono stati quindi effettuati complessivamente 36 conteggi. Le conte sono state effettuate utilizzando dei quadrati in PED delle dimensioni di 40x40 cm (**Figura 3.6**) per delimitare una superficie di 1600 cm<sup>2</sup> (Panayotidis et al., 1981).

In ogni stazione, inoltre, gli operatori hanno stimato, ciascuno autonomamente, la percentuale di ricoprimento del posidonieto sul fondale su una scala a 4 livelli di ricoprimento:

- 1) da 0 a 25%
- 2) tra 25 e 50%
- 3) tra 50 e 75%
- 4) tra 75 e 100%

Le informazioni ottenute dalle stime di ricoprimento, sono state utilizzate per migliorare la valutazione complessiva finale e riportare la stima sulla carta delle biocenosi elaborata.

Durante le operazioni in immersione è stata realizzata una documentazione fotografica nonché, quando possibile, alcune brevi sequenze video di alcuni degli aspetti salienti relativi a ciascuna delle praterie esaminate, come alcune caratteristiche strutturali (copertura, morfologia, tipologia del limite inferiore) ed ecologiche (biocenosi a contorno, presenza di alghe invasive ecc.), utili a definire e documentare in maniera più completa lo stato di conservazione del tratto di prateria indagato. Tutte le rilevazioni e osservazioni effettuate in immersione sono state, inoltre, annotate su apposite tavolette dagli operatori subacquei, per essere quindi riportate, insieme ai dati derivanti dalle analisi di laboratorio, in schede riassuntive redatte per ciascuna stazione e per ciascuna prateria.

La prateria è stata descritta in funzione della densità dei fascicoli fogliari riportando i valori trovati al m<sup>2</sup>. Ciò ha permesso di classificare le praterie secondo lo schema proposto da Giraud (1977).



**Figura 3.6 – R.O.V, (Remotely Operated underwater Vehicle) utilizzato per le indagini preliminari e l'individuazione dei limiti della prateria di *P. oceanica*. Sotto immagine catturata on-line che mostra la video overlay con informazioni più importanti**

## STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

Le attività di campionamento biologico, effettuate sempre nelle stesse 4 stazioni prescelte (POS1, POS2, POS3 e POS4), hanno permesso di prelevare complessivamente 72 fasci e relativi rizomi (come da protocollo ISPRA 18 fasci a stazione) destinati alle analisi di laboratorio previste, quali: analisi fenologiche, analisi lepidocronologiche, stima delle comunità epifite ed infine analisi degli eventuali organismi perforatori delle scaglie presenti (borers).

I fasci sono stati prelevati ad una distanza di almeno 4 m uno dall'altro, scegliendo esclusivamente i rizomi ortotropi (a crescita verticale) e possibilmente con le foglie più esterne (adulte) integre, evitando di campionare fasci dicotomici e di compromettere l'integrità dei fasci circostanti. Subito fissati in etanolo (70%) in acqua di mare e conservati in flaconi etichettati, tali fasci sono stati trasportati in laboratorio dove, dopo abbondante lavaggio al fine di poter lavorare su materiale molto simile al fresco, sono stati esaminati singolarmente secondo protocolli standardizzati (Giraud, 1977; Pergent & Pergent-Martini, 1988; Pergent-Martini & Pergent, 1994; Buia et al., 2003).

### 3.2.3 Campionamenti e raccolta dati sul macrozoobenthos

Il campionamento, è stato effettuato a settembre 2020. Per la raccolta dei campioni di sedimento è stata utilizzata una benna Van Veen da 5 litri di volume (**Figura 3.7**). Per ogni stazione sono state effettuate 2 repliche.

Il materiale, una volta prelevato è stato deposto in vasconi e successivamente setacciato con setacci a maglia da 1 mm e acqua di mare (**Figura 3.7**). Gli organismi e il sedimento rimasto sono stati raccolti in barattoli di plastica (HDPE) dove veniva aggiunta una soluzione di acqua marina al 7% di Cloruro di Magnesio (MgCl<sub>2</sub>) allo scopo di narcotizzare e quindi rilassare gli animali. Successivamente (almeno dopo un'ora) gli organismi venivano fissati con formaldeide tamponata diluita al 5% con acqua di mare. Per tutte le attività svolte durante il campionamento sono state seguite le procedure descritte dal manuale S.I.B.M. e dai protocolli ISPRA per le attività inerenti lo studio ed il campionamento del benthos marino (Gambi M.C., Dappiano M. 2003, Scheda metodologica ISPRA).

In laboratorio i campioni sono stati sciacquati su setaccio di maglia a 0,5 mm e quindi posti allo stereomicroscopio per l'individuazione e lo smistamento (sorting) degli organismi nei principali taxa animali. Ultimate le operazioni di sorting gli organismi sono stati classificati, quando possibile, a livello di specie utilizzando le chiavi tassonomiche specifiche per i diversi taxa. La nomenclatura utilizzata fa riferimento alla versione aggiornata della "Check list della fauna italiana" pubblicata dalla Società Italiana di Biologia Marina: <http://www.sibm.it/CHECKLIST/principalechecklistfauna.htm>

Gli organismi una volta identificati sono stati conservati in alcool etilico al 70%. Per le procedure di laboratorio sono state seguite le metodiche ISPRA (AA.VV. 2001).



Figura 3.7 – fasi di campionamento, setacciatura e identificazione delle comunità bentoniche

### 3.3 Analisi ed elaborazione dati su *P. oceanica*

#### 3.3.1 Classificazione della prateria

Le misure per la valutazione della densità assoluta (Giraud, 1977) sono derivate, come accennato in precedenza, dai conteggi diretti effettuati in immersione del numero di piante di Posidonia (fasci) in n. 10 quadrati (repliche) di 40x40 cm (uso di una cornice metallica lanciata casualmente nell'ambito di ciascuna stazione del posidonieto in esame). I risultati dei conteggi sono stati successivamente elaborati al fine di determinarne la media aritmetica ( $\pm$  dev.st.) e il valore estrapolato al m<sup>2</sup>.

A seconda del risultato ottenuto, la prateria è stata classificata in maniera classica (Giraud, 1977) in una delle 5 classi di densità secondo lo schema riportato in Tabella 3.4:

Inoltre, la classificazione della prateria indagata è stata anche valutata secondo lo schema riportato in **Tabella 3.5** che, secondo orientamenti scientifici più recenti (Pergent et al. 1995; Pergent-Martini & Pergent, 1996) tiene conto della variazione della densità dei fasci rapportata anche alla profondità e ad altri fattori ambientali (torbidità, disturbo antropico ecc.).

**Tabella 3.4 Classificazione della prateria di *P. oceanica* in base alla densità dei fasci (Giraud, 1977)**

classe	numero fasci/m <sup>2</sup>	grado di densità
I	Oltre 700	prateria molto densa
II	da 400 a 700	prateria densa
III	da 300 a 400	prateria rada
IV	da 150 a 300	prateria molto rada
V	da 50 a 150	semi prateria

Secondo tale schema (**Tabella 3.5**), a fronte dei risultati ottenuti dai conteggi effettuati nelle stazioni poste alle varie profondità e dalle relative elaborazioni statistiche, le praterie esaminate sono state anche classificate come "in equilibrio" quando la densità è risultata compresa fra valori normali (DN) o eccezionali (DE); in praterie "disturbate" o "molto disturbate" quando la densità è risultata rispettivamente bassa (DB) o anormale (DA).

**Tabella 3.5 Classificazione della prateria sulla base della densità (in fasci fogliari/m<sup>2</sup>) in funzione della profondità per i primi 30 metri di profondità, secondo quanto proposto da Pergent-Martini & Pergent, (1995)**

Prof. (m)	Prateria molto disturbata		Prateria disturbata		Prateria in equilibrio		
	DA	Fasci/m <sup>2</sup>	DB	Fasci/m <sup>2</sup>	DN	Fasci/m <sup>2</sup>	DE
1	←	822	↔	934	↔	1158	→
2	←	646	↔	758	↔	982	→
3	←	543	↔	655	↔	879	→
4	←	470	↔	582	↔	806	→
5	←	413	↔	525	↔	749	→
6	←	367	↔	479	↔	703	→
7	←	327	↔	439	↔	663	→
8	←	294	↔	406	↔	630	→
9	←	264	↔	376	↔	600	→
10	←	237	↔	349	↔	573	→
11	←	213	↔	325	↔	549	→
12	←	191	↔	303	↔	527	→
13	←	170	↔	282	↔	506	→
14	←	151	↔	263	↔	487	→
15	←	134	↔	246	↔	470	→
16	←	117	↔	229	↔	453	→
17	←	102	↔	214	↔	438	→
18	←	88	↔	200	↔	424	→
19	←	74	↔	186	↔	410	→
20	←	61	↔	173	↔	397	→
21	←	48	↔	160	↔	384	→
22	←	37	↔	149	↔	373	→
23	←	25	↔	137	↔	361	→
24	←	14	↔	126	↔	350	→
25	←	4	↔	116	↔	340	→
26			←	106	↔	330	→
27			←	96	↔	320	→
28			←	87	↔	311	→
29			←	78	↔	302	→
30			←	70	↔	294	→
31			←	61	↔	285	→
32			←	53	↔	277	→
33			←	46	↔	270	→
34			←	38	↔	262	→
35			←	31	↔	255	→
36			←	23	↔	247	→
37			←	16	↔	240	→
38			←	10	↔	234	→
39			←	3	↔	227	→
40			←		↔	221	→

## STUDIO BIOLOGICO MARINO

Per quanto concerne la percentuale di ricoprimento del posidonieto sul fondale, valutata in modo indipendente da ciascuno degli operatori subacquei, è stata utilizzata la media dei valori stimati, per ricavare la densità relativa della prateria. Essa è stata calcolata, quindi, rapportando il valore di densità assoluta media alla percentuale media di ricoprimento stimata in ciascuna delle stazioni di rilevamento.

Infine, sono stati annotati alcuni aspetti morfo-ecologici relativi al limite inferiore delle praterie esaminate (Meinesz et Laurent, 1978), nonché alcune informazioni relative alle caratteristiche del fondale (tipologia morfo-litologica, biocenosi al contorno), alla presenza di altre fanerogame e soprattutto di specie algali invasive (es. genere *Caulerpa*).

Per ognuna delle praterie indagate è stato effettuato un rilievo fotografico di alcuni aspetti delle stazioni di campionamento subacqueo e della relativa fascia costiera prospiciente, allegato come documentazione fotografica alla presente relazione.

### 3.3.2 Analisi fenologiche e lepidocronologiche

Le analisi di laboratorio previste sui campioni prelevati (fasci fogliari e rizomi), sono state effettuate utilizzando il materiale biologico campionato secondo il seguente schema operativo:

- analisi fenologiche: sono stati analizzati 18 fasci per 4 stazioni per un totale di 72 fasci;
- analisi lepidocronologiche: sono stati analizzati 18 rizomi per 4 stazioni per un totale di 72 rizomi;
- analisi degli epifiti: sulla totalità dei lembi fogliari analizzati;
- analisi dei borers: sulla totalità delle scaglie analizzate.

I fascicoli fogliari sono stati aperti delicatamente con l'aiuto di una pinzetta, procedendo dalla foglia più esterna a quelle più interne, alternativamente a destra e a sinistra e disponendo le foglie in successione di classe decrescente, ricavando così il numero di foglie sia per classe che totali (**Figura 3.9**).

Le foglie sono state suddivise in adulte, intermedie e giovanili. Quest'ultime sono quelle più interne, per convenzione di lunghezza minore a 5 cm, le intermedie sono quelle più lunghe di 5 cm ma sprovviste di ligula, le adulte sono le più esterne fornite di una ligula che separa il lembo fogliare dalla base della foglia.

Le misure biometriche (Lunghezza totale delle foglie, Larghezza delle foglie, lunghezza delle basi delle foglie adulte) sono state rilevate manualmente con l'ausilio di un righello (Reyes et al., 1995) e sono stati registrate su apposite schede per la raccolta dei dati.

Per ogni fascio, i lembi fogliari sono stati ripuliti dagli epifiti (**Figura 3.8**) con una lametta raschiando delicatamente le facce interna ed esterna e successivamente le scaglie, i lembi fogliari e gli epifiti raccolti sono stati essiccati in stufa a 105°C per un'ora per determinare la biomassa delle foglie singole e del fascio intero e la biomassa epifita associata espressi come mg s.s. (sostanza secca).



**Figura 3.8 – Particolare di organismi epifiti ed epibionti su foglia di *P.oceanica***

STUDIO BIOLOGICO MARINO

Allo scopo di minimizzare l'impatto del campionamento sulle praterie nonché di ottimizzare le procedure di laboratorio, alcune delle varie tipologie analitiche citate sono state condotte sempre sugli stessi fasci. Ad esempio, delle 30 piante selezionate per ciascuna stazione, tutti i rizomi sono stati utilizzati per l'analisi lepidocronologica e l'analisi degli organismi perforatori (borers).

Lo studio lepidocronologico dei fasci fogliari prelevati, è stato effettuato con la tecnica standardizzata proposta da Pergent (1990).

I rizomi sono stati accuratamente puliti con acqua corrente per eliminare il sedimento presente tra le scaglie e asportare gli epifiti e gli epibionti macroscopici (Figura 3.8) che lo colonizzano.

La dissezione delle scaglie è stata eseguita a partire dal punto del rizoma più lontano dalle foglie, ossia dalle scaglie più vecchie verso quelle più recenti. Le scaglie sono state staccate una alla volta, con delicatezza, stando attenti all'ordine distico d'inserzione e appoggiandole sul banco in successione (Figura 3.10).

Misurandone lo spessore delle singole scaglie è stato osservato un ciclo di variazione, sono state individuate le scaglie con spessore minimo, in corrispondenza del quale si è provveduto a tagliare il rizoma con una lametta a livello della cicatrice lasciata dalla scaglia stessa, e dopo averlo misurato e lo si è lasciato in vicinanza del ciclo individuato.

Dopo aver tolto tutte le scaglie, si sono potuti contare gli anni lepidocronologici individuati e, partendo dall'anno di studio, risalire all'età di ogni porzione di rizoma; dalla conta delle scaglie comprese negli anni individuati, si è ottenuto il numero di foglie prodotte nei rispettivi anni.

Le porzioni datate di rizoma sono state, quindi, avvolte nella carta stagnola e messe in stufa a 60°C sino al raggiungimento del peso costante, per la valutazione della biomassa.



Figura 3.9 – Foglie di *P.oceanica* separate dal fascicolo e disposte sul bancone per il prelievo dei dati fenologici.



**Figura 3.10 – Analisi lepidocronologica su rizomi di di *P.oceanica*. Dalla dissezione delle scaglie eseguita a partire dal punto del rizoma più lontano dalle foglie, è possibile risalire agli anni lepidocrologici attraverso la misurazione degli spessori minimi e massimi delle scaglie.**

### 3.3.3 Parametri fenologici

Come accennato in precedenza, per questa tipologia analitica sono stati esaminati complessivamente 72 fasci (18 fasci x 4 stazioni). I dati fenologici così raccolti sono stati riportati in apposite schede elettroniche, in formato EXCEL, ed utilizzati per elaborare parametri specifici riferiti a ciascun fascio nonché al fascio "tipo" di ciascuna stazione quali:

- stato dell'apice ("-" = eroso; "+" = intero).
- lunghezza (al decimo di cm), del tessuto verde;
- lunghezza (al decimo di cm) del tessuto bruno, quando presente;
- biomassa secca totale (al decimo di milligrammo), del tessuto verde di tutte le foglie rinvenute nel fascio in esame, dopo essiccazione in stufa per 3 giorni a 70 °C.
- biomassa secca complessiva (tessuto verde + tessuto bruno) delle foglie intermedie rinvenute nel fascio in esame.
- lunghezza della base delle foglie adulte (al decimo di cm), misurata dal punto di inserzione sul rizoma al centro della concavità della ligula;
- lunghezza del lembo fogliare delle foglie adulte (al decimo di cm), misurata dal centro della concavità della ligula fino all'apice;
- lunghezza (al decimo di cm) del tessuto verde;
- lunghezza (al decimo di cm) del tessuto bruno, quando presente;
- biomassa secca totale (al decimo di milligrammo) delle basi di tutte le foglie adulte rinvenute nel fascio in esame, dopo essiccazione in stufa per 3 giorni a 70 °C.

I dati fenologici così raccolti sono stati riportati in apposite schede elettroniche, in formato EXCEL, ed utilizzati per elaborare parametri specifici riferiti a ciascun fascio nonché al fascio "tipo" di ciascuna stazione,

STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

quali:

- misure medie (lunghezza e larghezza in cm) relative alle tre tipologie di foglie (giovani, intermedie e adulte) presenti nel fascio;
- numero medio di foglie presenti nel fascio;
- biomasse secche medie (mg s.s. fascio<sup>-1</sup>) relative alle tre tipologie di foglie e totale del fascio;
- superfici fogliari medie (cm<sup>2</sup> fascio<sup>-1</sup>) relative alle tre tipologie di foglie e totale del fascio;
- coefficiente "A" o di erosione fogliare, espresso come percentuale di apici rotti, determinata per 2 tipologie di foglie (intermedie e adulte) in rapporto al numero di foglie esaminate per ciascun fascio, nonché per l'intera stazione.
- LSC (Leaf Standing Crop) relativo alla biomassa fogliare media calcolata per ciascuna stazione di campionamento (g s.s. m<sup>-2</sup>);
- LAI (Leaf Area Index) relativo alla superficie fogliare media calcolata per ciascuna stazione di campionamento (m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup>).

### 3.3.4 Parametri lepidocronologici

La produzione primaria di una prateria di Posidonia può essere valutata in maniera indiretta, analizzando secondo una precisa sequenza cronologica le varie parti del rizoma (Pergent & Pergent-Martini, 1991). Il numero delle foglie prodotte e i punti di inserimento delle stesse sul rizoma, ad esempio, sono riconducibili alle scaglie che permangono su di esso dopo che il lembo fogliare è caduto. È stato dimostrato, inoltre, che lo spessore delle scaglie presenta variazioni cicliche, procedendo lungo il rizoma, all'incirca riconducibili al ciclo annuale di crescita della pianta (Pergent, 1990).

Per le analisi lepidocronologiche delle praterie indagate, sono stati esaminati in laboratorio complessivamente 72 rizomi (18 rizomi x 4 stazioni). Dopo abbondante lavaggio in acqua corrente dei fasci campionati, conservati in formalina al 4% in acqua di mare al momento del prelievo, sono state staccate le scaglie dai rizomi a partire da quella più distante dall'ultima foglia viva presente sul fascio e numerate in modo progressivo. Quando le scaglie risultavano integre, è stata misurata la loro lunghezza (al decimo di cm), dal punto di inserzione sul rizoma al punto mediano della ligula. Procedendo al distacco delle scaglie e valutando lo spessore al centro di ciascuna di esse è stata ricostruita, per ciascun rizoma, la sequenza dei cicli annuali di produzione fogliare (anni lepidocronologici), identificata appunto dal ciclico manifestarsi di due minimi di spessore delle scaglie.

In tal modo, quindi, è stato possibile determinare il numero (N) di scaglie (e cioè di foglie) prodotte per ciascun ciclo lepidocronologico delle piante esaminate. Inoltre, ogni volta che lo spessore della scaglia evidenziava un minimo, il rizoma veniva tagliato a livello dell'inserzione della scaglia stessa, ottenendo così una serie di segmenti di rizoma (tronconi) corrispondenti ai vari anni di crescita in lunghezza dello stesso, delimitati, appunto, dai punti di inserzione di due scaglie con spessore minimo. Tali segmenti annuali sono stati posti in stufa (70 °C per 3 giorni) e quindi pesati e misurati ad uno ad uno per determinarne il peso secco (al millesimo di grammo) e la lunghezza (al decimo di cm).

Inoltre, per ciascun fascio sono state rilevate, ove possibile, le misure di almeno una delle due foglie adulte più esterne e con apice integro; quindi messa anch'essa in stufa, dopo accurata rimozione degli epifiti, ne è stato misurato il peso secco (base e lembo separatamente) e quindi determinato l'indice "DF" di densità tissutale della foglia (mg s.s./cm) ricavato dividendo il peso totale secco della stessa per la sua lunghezza. L'esistenza di una correlazione positiva tra la lunghezza della base (scaglia) e la lunghezza della relativa lamina fogliare, permette di stimare, con opportune procedure statistiche, la lunghezza fogliare "teorica"

## STUDIO BIOLOGICO MARINO

partendo dalla sola misura delle scaglie (Pergent & Pergent-Martini, 1991). Effettuando, infatti, un'analisi di regressione lineare tra le lunghezze delle basi e delle relative foglie adulte più vecchie (esterne) con apice integro, è possibile stimare la lunghezza teorica (L) delle foglie prodotte e cadute negli anni passati da ciascuna pianta e delle quali resta sul rizoma, però, la scaglia.

Nel nostro caso, sono state considerate le lunghezze (basi e lamine fogliari) relative alle foglie adulte più vecchie (la più esterna e/o la penultima) esclusivamente con apice integro relative al 2004. Disponendo, quindi, con una certa continuità solo delle lunghezze delle scaglie integre relative al ciclo lepidocronologico dell'anno 2003, è stata calcolata, solo per questo anno, la produzione fogliare.

Per il calcolo della produzione fogliare annua (PF = g s.s) per fascio (e per m<sup>2</sup> di prateria) nelle varie stazioni è stata utilizzata, quindi, la seguente formula:

$$PF = N * L * DF$$

dove:

**N** = numero medio di scaglie (e quindi foglie) prodotte per fascio nel 2003;

**L** = lunghezza "teorica" della foglia, determinata a partire dalla media delle lunghezze delle scaglie integre relative al 2003 e correlando ad essa i parametri associati all'equazione derivante dall'analisi di regressione lineare condotta tra le lunghezze delle foglie più esterne (con apice integro) e le lunghezze delle loro scaglie, relative al 2004;

**DF** = densità tissutale media (g cm<sup>-1</sup>) delle foglie adulte intere più esterne relative al 2004.

Infine, durante la rimozione delle scaglie dai rizomi, è stata segnalata l'eventuale presenza di peduncoli fiorali che testimoniano episodi di riproduzione sessuata della pianta avvenuti negli anni passati. Per ciascuno dei peduncoli rinvenuti, quindi, è stata valutata la relativa retrodatazione.

In definitiva, con le suddette procedure analitiche, sono stati ottenuti i seguenti parametri per ciascun rizoma:

- numero di cicli lepidocronologici retrodatati a partire dall'anno di campionamento (2004) catalogato come anno "0";
- numero (N) di scaglie (e quindi di foglie) prodotte per ciascun ciclo lepidocronologico;
- lunghezza (al decimo di cm) delle sole scaglie rinvenute integre (quasi sempre quelle appartenenti al solo ciclo dell'anno 2003);
- lunghezza (al decimo di cm) e peso secco (al millesimo di grammo) dei tronconi di rizoma sezionati e misurati a partire dal 2003 e proseguendo indietro negli anni;
- presenza e datazione di peduncoli fiorali testimoniati eventuali fioriture pregresse della prateria;
- misure (lunghezza e peso secco) relative alle varie parti (lembo e base) di una delle due foglie adulte più esterne e possibilmente con apice integro;
- densità del tessuto vegetale "DF" (mg s.s. cm<sup>-1</sup>) della suddetta foglia adulta considerata.

I dati lepidocronologici così raccolti sono stati riportati in apposite schede elettroniche, in formato EXCEL, al fine di calcolare i parametri produttivi per ciascuna stazione di campionamento. In particolare, sono stati calcolati:

- le misure medie (lunghezza, peso secco) relative alla foglia adulta integra più esterna e relativa densità tissutale media "DF" (mg s.s. cm<sup>-1</sup>);
- il numero medio, minimo e massimo di cicli (anni) lepidocronologici rilevato dall'analisi dei 30 rizomi prelevati per ciascuna stazione;

STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

- il numero totale di paleo-fioriture rilevate e l'eventuale raggruppamento per anni, con relativo calcolo dell'indice di fioritura;
- i dati di produzione primaria relativi al ciclo lepidocronologico completo più recente (anno 2003) in termini di: numero medio di foglie prodotte per fascio;
- lunghezza media scaglia (cm); lunghezza media foglia "teorica" (cm);
- produzione fogliare per fascio e per m<sup>2</sup> di prateria (g s.s.); crescita media del rizoma in lunghezza (cm) e in peso (g);

Utilizzando, invece, solo i rizomi con un numero di cicli lepidocronologici pari almeno alla media dei cicli calcolata in ciascuna stazione e considerando i dati di tutti gli anni disponibili su ciascun rizoma precedenti al 2001 (perché la crescita del rizoma negli anni troppo vicini alla data di campionamento risulta ancora non completata), sono stati calcolati i dati di produzione media annua in termini di:

- **(TF)** tasso di formazione fogliare medio annuo (n. foglie fascio<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) ricavato come valore medio del numero di scaglie (e quindi foglie) presenti per ogni ciclo lepidocronologico;
- **(TR)** tasso di allungamento medio annuo del rizoma (cm fascio<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) ricavato come valore medio delle misure (cm) dei tronconi sezionati per ogni ciclo lepidocronologico;
- **(PR)** produzione ponderale media annua del solo rizoma (g s.s. fascio<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup>) ricavato come valore medio dei pesi (g) dei tronconi sezionati per ogni ciclo lepidocronologico e relativa estrapolazione al metro quadro di prateria (g s.s. m<sup>-2</sup> anno<sup>-1</sup>), dipendente, ovviamente, dai valori medi di densità assoluta della stessa.

### 3.3.5 Parametri lepidocronologici

Scopo di tale attività di ricerca è stata quella di analizzare un gruppo peculiare di consumatori di detrito dell'ecosistema Posidonia: gli organismi perforatori (borers) delle scaglie. Questo gruppo faunistico è rappresentato da invertebrati di dimensioni relativamente piccole che consumano questa fonte poco "appetibile", andando ad occupare un microhabitat molto particolare e importante dell'ecosistema. Gli organismi perforatori sono rappresentati sia da Crostacei Isopodi che da Anellidi Policheti (Guidetti et al., 1997; Gambi et al., 1997; Gambi 2000).

L'analisi dei borers è stata condotta sui 18 rizomi provenienti da ogni stazione di campionamento. Gli stessi rizomi sottoposti all'analisi lepidocronologica, quindi, sono stati contestualmente esaminati per l'individuazione degli organismi perforatori.

Per ogni rizoma sono state esaminate tutte le scaglie presenti e staccate dal loro punto di inserzione, procedendo dalle più vecchie (alla base del rizoma) alle più recenti (che chiudono dall'esterno le foglie). Esse sono state osservate ad occhio nudo o al binoculare per individuare la presenza di tracce e/o di organismi perforatori. Essi, se rinvenuti, sono stati separati con l'intera scaglia per la successiva determinazione tassonomica e per le altre osservazioni quali la taglia e la presenza di prodotti sessuali. Per ciascun rizoma, quindi, è stata annotata la presenza di perforatori e/o delle loro tracce.

A seguito dei risultati derivanti dall'analisi lepidocronologica descritta in precedenza, è stato possibile evidenziare eventuali correlazioni tra la distribuzione delle forme perforatrici lungo il rizoma ed i relativi parametri morfo-cronologici delle scaglie stesse.

I dati così rilevati sono stati riportati in apposite colonne delle schede dei dati lepidocronologici, in formato EXCEL, ed utilizzati per elaborare parametri riferiti a ciascun fascio nonché a ciascuna stazione complessivamente, quali:

STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

- numero di rizomi con tracce di borers;
- numero di rizomi con individui borers;
- numero totale dei rizomi colonizzati dai borers;

Inoltre sono stati calcolati gli "Indici" di seguito riportati (Zupo et al., 2001):

- indice dei perforatori "IB", inteso come la percentuale del numero di rizomi in cui sono risultati presenti organismi perforatori, sul numero totale dei rizomi esaminati;
- indice delle tracce "IT", inteso come la percentuale del numero dei rizomi in cui sono state rinvenute le sole tracce di gallerie vuote o altri segni attribuibili all'attività di perforazione (fori, solchi), sul numero totale dei rizomi esaminati;
- indice di colonizzazione "IC", espresso come somma dei due indici precedenti (IT+IB) che fornisce una stima dell'entità complessiva del fenomeno;

### 3.3.6 Calcolo dell'Indice P.R.E.I.

Integrando i dati ottenuti dall'analisi lepidocronologica, con le informazioni raccolte dalle analisi delle biomasse di foglie ed epifiti fogliari e i dati di densità raccolti in campo, è stato calcolato l'Indice PREI (Gobert et al., 2009). Questo indice biologico è stato proposto a livello nazionale come indicatore ecologico di stato delle praterie di Posidonia oceanica.

Successivamente alle misure morfometriche effettuate su ciascuna foglia, queste sono state "grattate" con una lametta al fine di raccogliere gli organismi epifiti presenti su entrambe le lamine fogliari di tutte le foglie del fascio (adulte + intermedie). I campioni di epifiti per fascio e le foglie di ciascun fascio sono stati avvolti in carta stagnola e posti in stufa a 60-80 °C per almeno 48 ore, sino al raggiungimento del peso costante. Successivamente i campioni sono stati pesati previo raffreddamento in essiccatore ed i parametri di biomassa per fascio sono espressi in mg di peso secco per gli epifiti e g di peso secco per le foglie.

L'indice PREI integra il calcolo di cinque descrittori:

- 1) la densità della prateria (fasci  $\times$  m<sup>-2</sup>);
- 2) la superficie fogliare del fascio (cm<sup>2</sup>);
- 3) il rapporto tra la biomassa degli epifiti (mg  $\times$  fascio<sup>-1</sup>) e la biomassa fogliare (mg  $\times$  fascio<sup>-1</sup>);
- 4) la profondità del limite inferiore;
- 5) la tipologia del limite inferiore.

Una volta ottenuti tutti questi dati vengono messi a confronto con i dati delle condizioni di riferimento ottenuti in una prateria che presenta uno stato inalterato, cioè una situazione ipotetica considerata come "luogo teorico ottimale" (Gobert et al., 2009) e corrispondente ai valori migliori di ciascuna misurazione riscontrati sul campo, così da ottenere il Rapporto di Qualità Ecologica (EQR) (Gobert et al., 2009). L'EQR è il rapporto tra la qualità ecologica riscontrata in una determinata area e i valori di riferimento fissati in precedenza ed ha come risultato una fascia di valori compresi tra 0 e 1, dove 1 rappresenta delle ottime condizioni ecologiche e 0 delle pessime condizioni ecologiche (**Figura 3.11**).

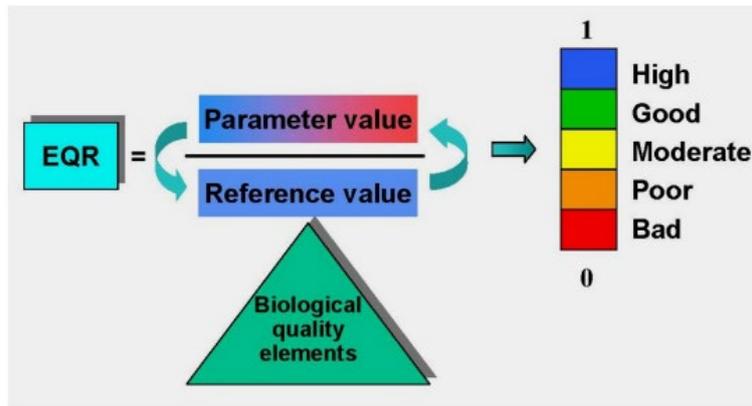


Figura 3.11 – Calcolo dell'EQR e possibili classi di qualità ecologica risultanti

L'equazione da applicare per il calcolo del Rapporto di Qualità Ecologica (EQR) con l'indice PREI è la seguente:

$$EQR = \frac{EQR' + 0,11}{1 + 0,10}$$

Dove:

$$EQR' = \frac{N \text{ densità} + N \text{ superficie fogliare fascio} + N \text{ rapporto tra biomasse} + N \text{ limite inferiore}}{3,5}$$

$$N \text{ densità} = \frac{\text{valore misurato} - 0}{\text{valore di riferimento} - 0}$$

$$N \text{ superficie fogliare fascio} = \frac{\text{valore misurato} - 0}{\text{valore di riferimento} - 0}$$

$$N \text{ rapporto tra biomasse} = \left( 1 - \left( \frac{\text{biomassa epifiti}}{\text{biomassa fogliare}} \right) \right) * 0,5$$

$$N \text{ limite inferiore} = \frac{N - 12}{\text{valore di riferimento} - 12}$$

Nell'equazione "N densità" compare il valore 0, che è considerato il valore di densità indicativo di pessime condizioni; allo stesso modo nell'equazione "N superficie fogliare fascio", il valore 0 è considerato il valore del descrittore indicativo di pessime condizioni. Nell'equazione "N limite inferiore" il valore 12 è riferito alla profondità minima del limite inferiore indicativa di pessime condizioni; inoltre N' nella stessa equazione è uguale a:

$$N' = \text{profondità limite inferiore misurata} + \lambda$$

Il valore  $\lambda$  si determina in base alla tipologia del limite inferiore, in particolare  $\lambda=0$  se il limite inferiore è

STUDIO BIOLOGICO MARINO

stabile,  $\lambda=3$  se il limite inferiore è progressivo,  $\lambda= -3$  se il limite inferiore è regressivo.

I valori di riferimento sopra citati per il calcolo del PREI sono (Gobert et al., 2009):

- Densità = 599 fasci × m<sup>-2</sup>;
- Superficie fogliare fascio = 310 cm<sup>2</sup>× fascio<sup>-1</sup>;
- Biomassa epifiti/Biomassa fogliare = 0;
- Profondità limite inferiore = 38 m

Il valore dell'indice PREI varia tra 0 e 1; il risultato finale fornisce direttamente l'EQR e va interpretato in base alla classificazione proposta (Tabella 3.6).

**Tabella 3.6 Classi di EQR per la classificazione dell'indice PREI (Gobert et al., 2009)**

EQR	STATO ECOLOGICO	CODICE DI COLORE
1-0,775	Elevato	Blu
0,774-0,550	Buono	Verde
0,549-0,325	Sufficiente	Giallo
0,324-0,100	Mediocre	Arancione
<0,100-0	Cattivo	Rosso

### 3.4 Analisi ed elaborazione dati sulle comunità macrozoobentoniche

#### 3.4.1 Analisi del macrobenthos

Per ogni stazione di campionamento sono state compilate le liste faunistiche delle specie raccolte. Per ogni specie è stata indicata, quando possibile, l'appartenenza alla biocenosi-tipo in base alla standardizzazione di Pèrés e Picard (1964) in modo da definirne l'inquadramento bionomico ed ecologico (Picard J. 1965).

I dati di abbondanza (numero di individui) sono stati raccolti in una matrice specie per stazione ed elaborati attraverso tecniche di analisi univariata e multivariata.

La struttura della comunità macrozoobentonica è stata stimata in termini di numero di individui (N), numero di specie (S), ricchezza specifica di Margalef (D), diversità specifica di Shannon- Wiever (H') ed equitabilità di Pielou (J).

L'analisi multivariata è stata condotta sulla matrice di abbondanza, dopo trasformazione dei dati secondo la radice quadrata, utilizzando l'analisi dei cluster (Cluster Analysis) ed il piano di ordinamento ottenuto tramite il non-metric Multidimensional Scaling (nMDS). La matrice di similarità è stata ottenuta attraverso l'indice di Bray-Curtis (Clarke e Warwick, 1994).

I dati di abbondanza sono stati, inoltre elaborati mediante software "AMBI AZTI Marine Biotic Index" per il calcolo dell'indice AMBI e del valore di Multivariate AMBI (M-AMBI). Tale indice è in grado di riassumere la complessità delle comunità bentoniche, permettendo una lettura ecologica semplificata dell'ambiente che si sta studiando.

STUDIO BIOLOGICO MARINO

L'M-AMBI consolidato da un robusto supporto bibliografico, è in grado di riassumere la complessità delle comunità di fondo mobile, permettendo una lettura ecologica dell'ecosistema in esame.

Per il calcolo dell'indice è necessario l'utilizzo di un software gratuito (AZTI Marine Biotic Index - AMBI) per valutare la qualità degli assemblaggi di macro-invertebrati bentonici calcolando l'indice omonimo. È stato sviluppato per stabilire la qualità ecologica delle coste e degli estuari europei.

Il valore dell'M-AMBI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE) richiesto dalla Direttiva quadro sulle acque 2000/60/EC. Nella **Tabella 3.7** sono riportati:

- i valori di riferimento per ciascuna metrica che compone l'M-AMBI;
- i limiti di classe dell'M-AMBI, espressi in termini di RQE, tra lo stato elevato e lo stato buono, e tra lo stato buono e lo stato sufficiente.

I valori delle condizioni di riferimento e i relativi limiti Buono/Sufficiente ed Elevato/Buono descritti in tabella devono intendersi relativi al solo macrotipo 3 (bassa stabilità) (**Tabella 3.7**).

**Tabella 3.7 Limiti di classi e valori di riferimento per M-AMBI**

Macrotipo	Valori di riferimento			RQE	
	AMBI	H'	S	Elevato/Buono	Buono/Sufficiente
3	0,5	4	30	0,81	0,61

Qui di seguito si riporta la tabella riassuntiva i range dei valori di EQR relazionati alle relative classi dello stato ecologico (**Tabella 3.8**).

**Tabella 3.8 range di valori EQR in relazione alle classi di status ecologico**

EQR	STATO ECOLOGICO	CODICE DI COLORE
1,00-0,81	Elevato	Blu
0,80-0,61	Buono	Verde
0,60-0,39	Sufficiente	Giallo
0,38-0,20	Mediocre	Arancione
0,19-0,00	Cattivo	Rosso

**3.4.2 Indici di biodiversità**

Indicazioni sulla struttura della comunità sono state ottenute calcolando i seguenti parametri:

STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

- Indice di diversità specifica o di Shannon-Weaver (Shannon, 1949);
- Indice di Equitabilità o di "Evenness" di Pielou (Pielou, 1966);

L'indice di Shannon è stato calcolato secondo la formula:

$$H' = -\sum_{i=1}^S P_i \log_2 P_i$$

dove P rappresenta il rapporto tra il numero di individui della specie ed il numero di individui totali del campione, ed S è il numero di specie. Tale indice di diversità tiene conto sia del numero di specie che dell'abbondanza relativa di ciascuna di esse. Esso è compreso tra 0 e, teoricamente,  $+\infty$ , ed è uguale a 0 quando gli N individui presenti appartengono tutti alla stessa specie, e quindi la diversità specifica è nulla, ed aumenta con il numero delle specie presenti. A parità di numero di specie, H' è in relazione con la distribuzione degli individui nelle specie e raggiunge teoricamente il massimo valore quando tutte le specie presenti sono rappresentate dallo stesso numero di individui.

L'indice di Equitabilità o di "Evenness" di Pielou si calcola secondo la formula:

$$J = H' / \log_2 S$$

Dove H' è il valore dell'indice di Shannon-Weaver per quella comunità ed S il numero delle specie. Tale indice di diversità prende in considerazione la distribuzione degli individui nell'ambito delle varie specie che compongono una comunità; tale indice varia da 0 a 1, e raggiunge il valore massimo quando la distribuzione degli individui è la più uniforme possibile, cioè quando tutte le specie sono rappresentate dal medesimo numero di individui.

Gli organismi ritrovati nei campioni sono stati inizialmente suddivisi nei principali taxa (gruppi sistematici), per poi essere identificati, ove possibile, fino al livello specifico.

I dati ottenuti sono stati utilizzati per realizzare tabelle a doppia entrata con le singole specie ritrovate nelle varie stazioni e il numero degli individui di ciascuna specie (abbondanza).

I dati ottenuti dallo studio delle comunità bentoniche sono stati elaborati con tecniche di analisi descrittiva e strutturale.

Sono stati calcolati gli indici ecologici di diversità (Shannon e Weaver, 1963), di equiripartizione (Pielou, 1966), di ricchezza specifica (Margalef, 1958) e di dominanza (Simpson, 1949).

I dati sono stati sottoposti ad analisi statistica univariata mediante l'uso del software Statistica 8.0 e a tecniche di analisi multivariata MDS e cluster analysis tramite il software specifico Primer 6.0.

## 4 RISULTATI

### 4.1 *Posidonia oceanica*

#### 4.1.1 *Transetti video subacquei (R.O.V.)*

Dall'analisi dei dati acquisiti mediante l'indagine strumentale svolta sul campo è stato possibile identificare lungo tutti i transetti la presenza della fanerogama *P. oceanica* che è stata successivamente confermata dopo ispezione visiva con ARA. La fanerogama si presentava con un buon sviluppo areale, in modo rado e a piccole chiazze su roccia e sabbia nei primi 5-6m, più densa su roccia e matte tra i -7 e i -10 m circa. Successivamente, dai -15m in poi si assiste allo sviluppo di una estesa prateria su sabbia e matte che giunge sui -36m con un limite inferiore progressivo.

#### Transetto TR1

Il transetto I, inizia alla profondità di circa 2,5 m e prosegue verso il largo. Dai 2,5 ai 5,0 m circa è caratterizzato da un fondale roccioso prevalentemente costituito da massi e ciottoli (**Figura 4.1 – A**) dal quale iniziano poi a comparire i primi affioramenti rocciosi e grossi massi di franata (**Figura 4.1 – B**). Sul substrato roccioso è visibile una debole copertura di alghe fotofile caratterizzata per lo più da *Cystoseira sp.*, *Padina pavonica*, e altre alghe tipiche dell'infralitorale roccioso di moda battuta (**Figura 4.1 – B, C, D**).

Continuando, intorno alla profondità di circa -4/5 m si incontra il limite superiore di *P. oceanica* con una distribuzione a mosaico e una distribuzione a chiazze con ricoprimento inferiore al 25% (**Figura 4.1 – C**).

Dai 7 ai 12/15 m la prateria appare sempre a mosaico con le biocenosi fotofile ma decisamente più densa ricoprendo buona parte del fondo (50-75%) sempre insediata su un substrato misto composto da roccia sabbia e matte. (**Figura 4.1 – D, E, F, G**).

A circa 14,5 m si rileva un marcato canale di erosione che mette in evidenza un limite netto con matte a vista (**Figura 4.1 – H**). Da questo punto in poi, si rileva un fondale esclusivamente sabbioso su cui si instaura una fitta prateria che giunge fino al limite inferiore con un ricoprimento elevato (75-100%) (**Figura 4.1 – I, L, M, N**).

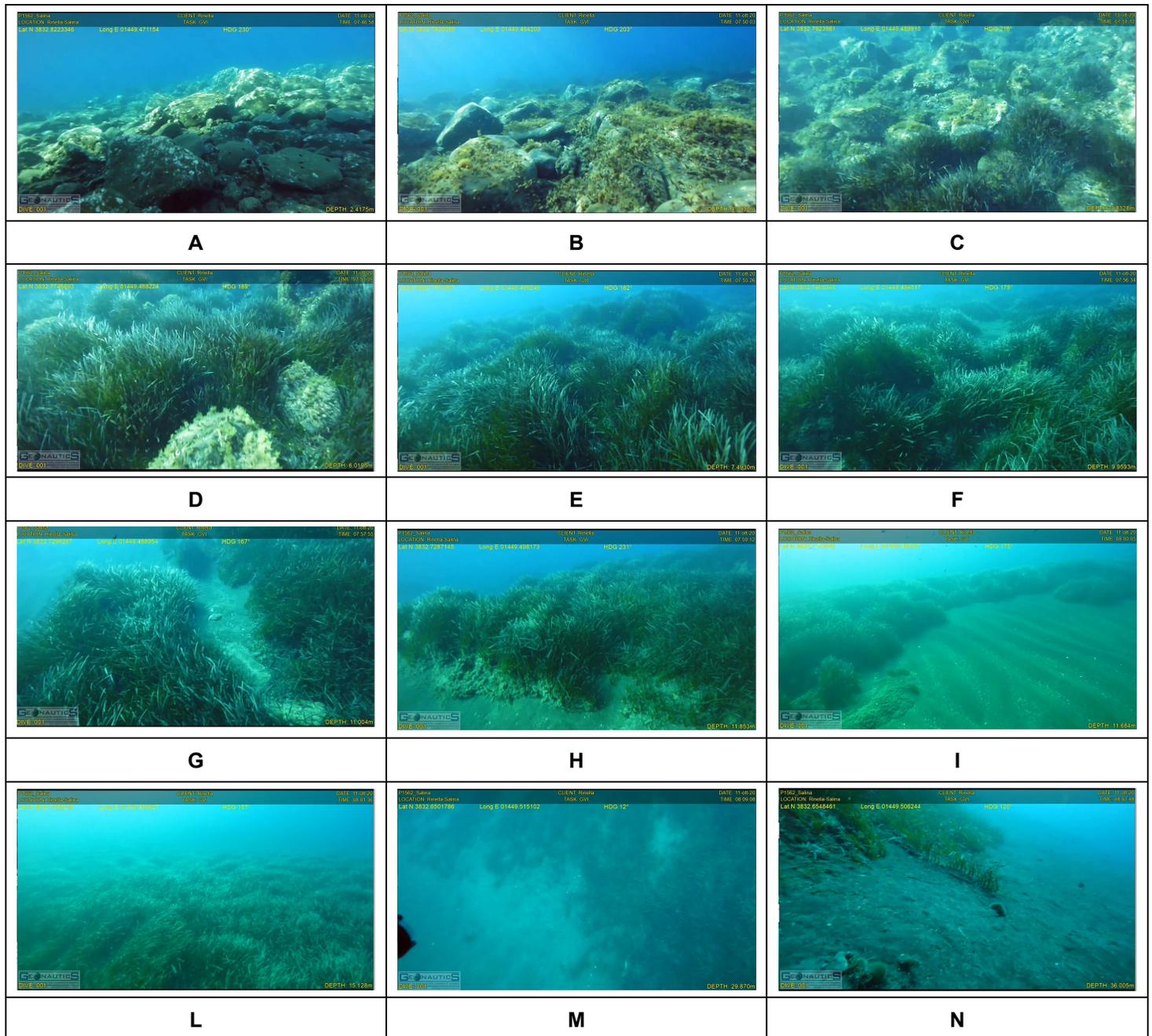


Figura 4.1 – Immagini estratte dal filmato R.O.V. eseguito sul transetto I (TR1).

STUDIO BIOLOGICO MARINO

Transetto TR2

Il transetto II, inizia alla profondità di circa 31 m e prosegue verso la costa. Dal limite inferiore in poi la prateria si presenta subito fitta e vitale su fondale sabbioso (**Figura 4.2 – A, B**). Ogni tanto si incontrano piccole chiazze di matte morte (**Figura 4.2 - C**) probabile effetto degli ancoraggi sulla prateria. Come per il transetto I, intorno ai 15 m si incontra un canale di erosione con matte esposta (**Figura 4.2 - D**) che segna il passaggio netto dal fondale sabbioso al fondale roccioso (**Figura 4.2 E, F**). La prateria su roccia continua per scomparire in prossimità della secca dell’Ariana (**Figura 4.2 – G, H, I**) per ripresentarsi rada e a chiazze fino al limite superiore (**Figura 4.2 – L, M**) oltre il quale si incontrano solo massi e ciottoli quasi con debole copertura algale (**Figura 4.2 – N**).

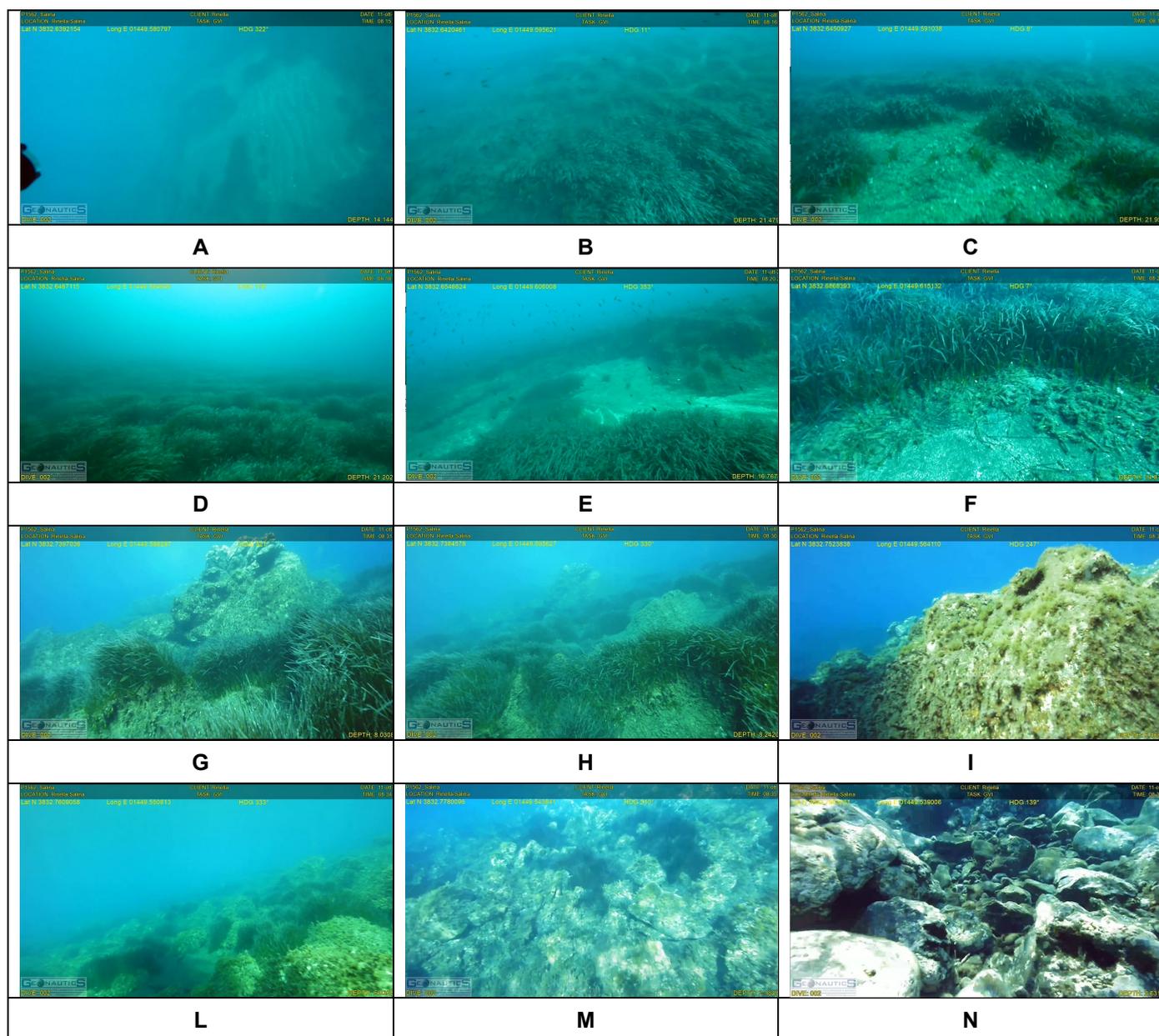


Figura 4.2 – Immagini estratte dal filmato R.O.V. eseguito sul transetto II (TR2).

**Transetto TR3 (impronta di progetto)**

Il transetto TR3 inizia intorno ai 2 m co un fondale rocciosi, con massi di varie dimensioni variamente ricoperti da alghe fotofile (Figura 4.3 - A). e prime chiazze di Posidonia che si incontrano presentano una matte abbastanza strutturata (Figura 4.3 - B, C) esposta in molti punti probabilmente a causa dell'idrodinamismo superficiale. Il fondale rimane invariato fino alla profondità di 5/6m in cui appaiono delle chiazze di sabbia (Figura 4.3 - F).

Sempre sulla batimetrica dei -15 si incontra il limite erosivo netto da cui, su fondo sabbioso, riparte la prateria di *P. oceanica* (Figura 4.3 - G, H, I, L).

In seguito, una distribuzione rada a chiazze segna il limite inferiore della prateria su un fondale caratterizzato da sabbie grossolane (Figura 4.3 - M, N).

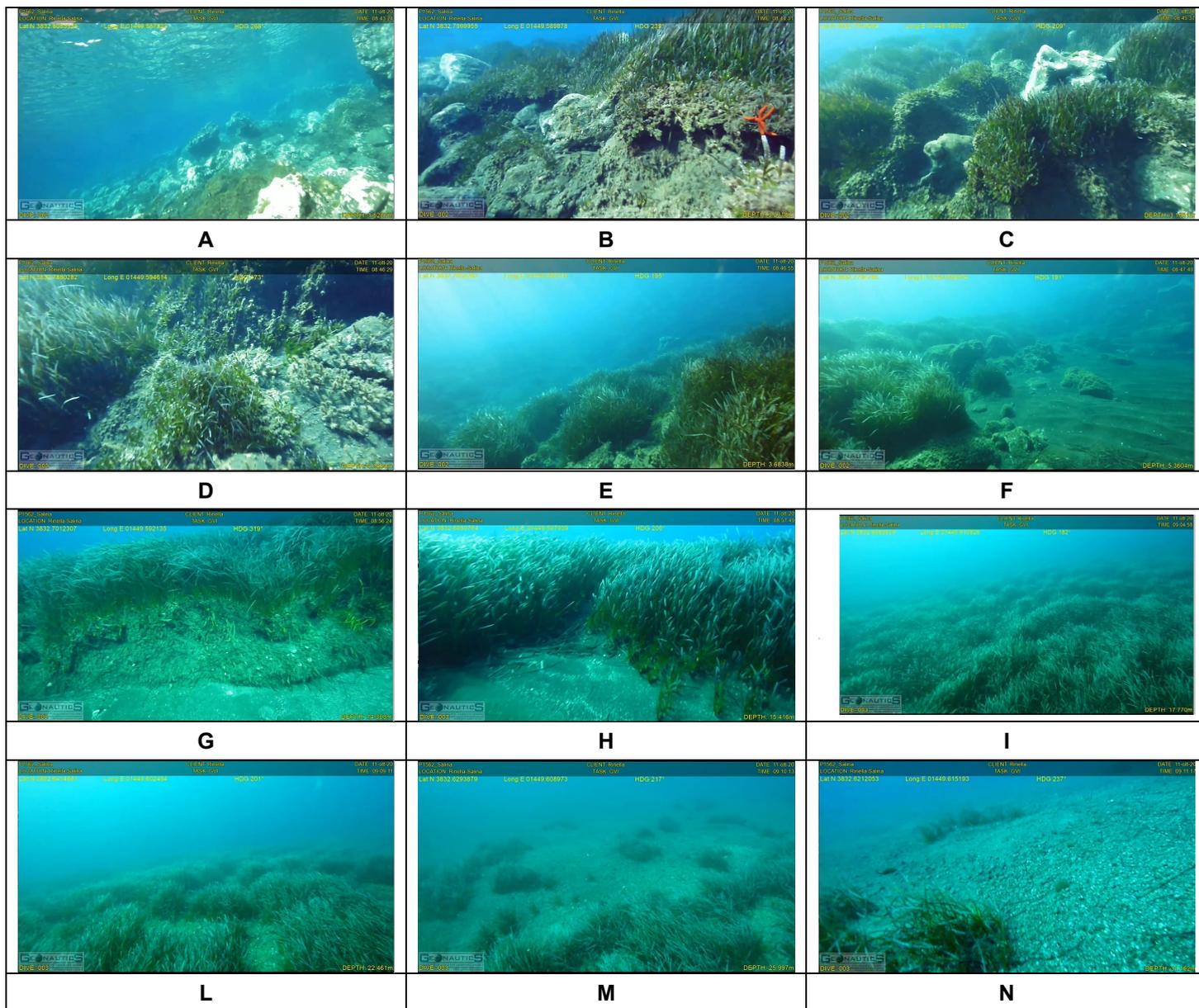


Figura 4.3 – Immagini estratte dal filmato R.O.V. eseguito sul transetto III (TR3).

**Transetto TR4-**

Il transetto, inizia alla profondità di circa 20 m e prosegue verso costa. Il transetto comincia con un fondale sabbioso su cui compaiono caratterizzati dalla presenza di ripples mark (**Figura 4.4 - A**) interrotti dalla presenza di chiazze di matite morta (**Figura 4.4 - B, C**). La comparsa della prateria rada su matite morta, lascia indenticare un limite inferiore regressivo, probabilmente a causa della vicinanza con l'imboccatura del porto.

Continuando verso costa, la prateria si presenta più densa e vitale (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. - **F, G, H, I,**) fino a circa 6 m in cui compare nuovamente distribuita a chiazze su substrato misto roccioso (**Figura 4.4 - L, M**). Il transetto termina, come per gli altri transetti su un fondale caratterizzato dalla presenza di massi e ciottoli a debole copertura algale (**Figura 4.4 - N**).

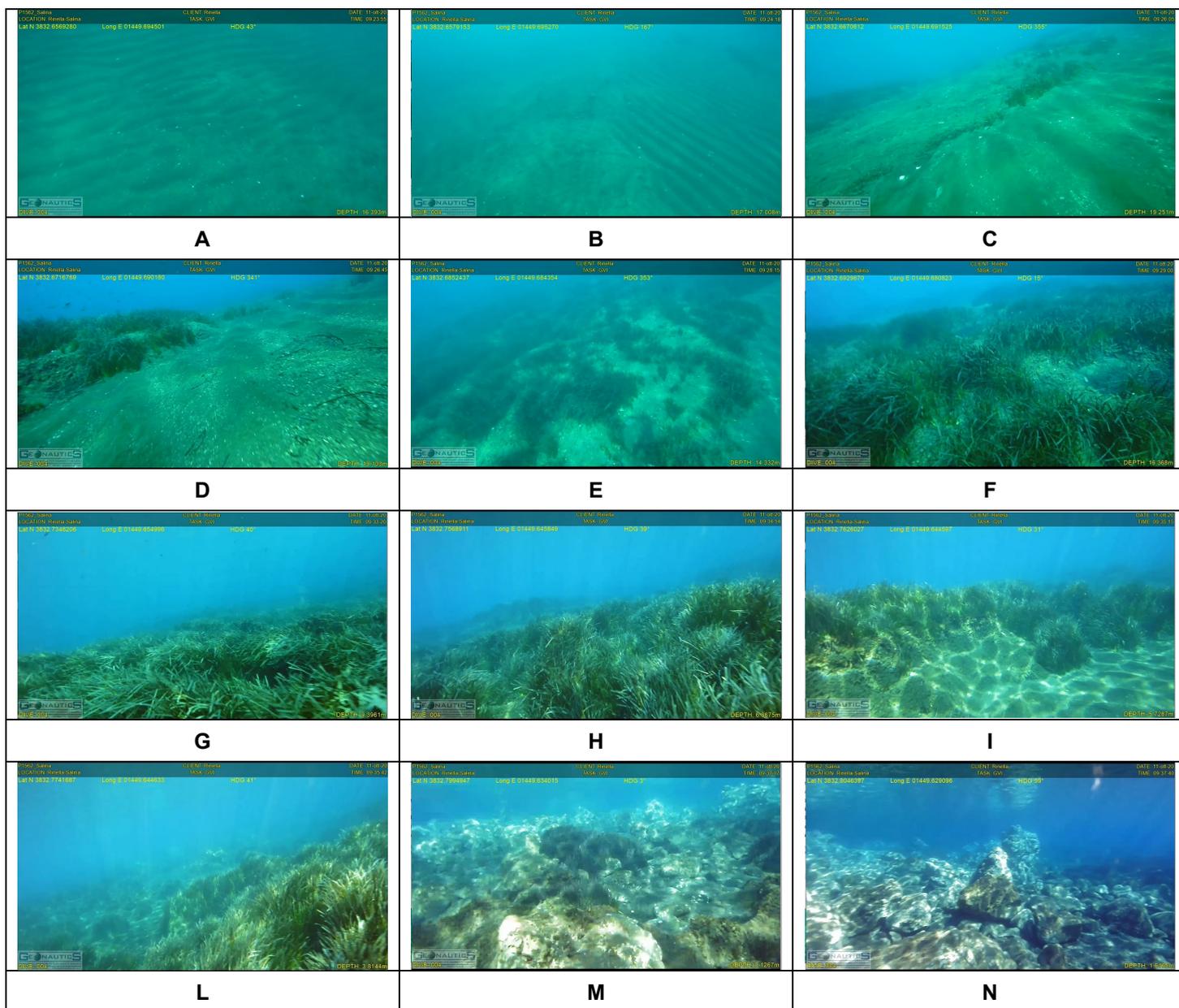


Figura 4.4 – Immagini estratte dal filmato R.O.V. eseguito sul transetto IV (TR4).

**Transetto TR5**

Il transetto, che costeggia la scogliera artificiale del molo di sopraflutto, inizia dal lato radice ad una profondità di circa 2,5 m e prosegue verso la testata del molo. Il fondale inizia con ghiaia e i blocchi in calcestruzzo della scogliera (**Figura 4.5 – A, B**). Dalla ghiaia si passa rapidamente ad una sabbia fine sulla quale si instaura una prateria di *Cymodocea nodosa* (**Figura 4.5 - C, D, E, F**). La *C. nodosa*, tuttavia, si riscontra limitata ad una fascia di qualche metro che decorre parallelamente a ridosso della scogliera seguendola anche in testata e sul lato interno (**Figura 4.5 - G, H, I**).

Dalla testata del molo verso mare, si incontra solo sabbia (**Figura 4.5 – I, L**) e qualche chiazza di matte morta (**Figura 4.5 - M**). Il transetto continua su sabbia fino ai 25 m terminando con la ripresa di un bellissimo esemplare di anemone *Condylactis aurantiaca* (**Figura 4.5 - N**).

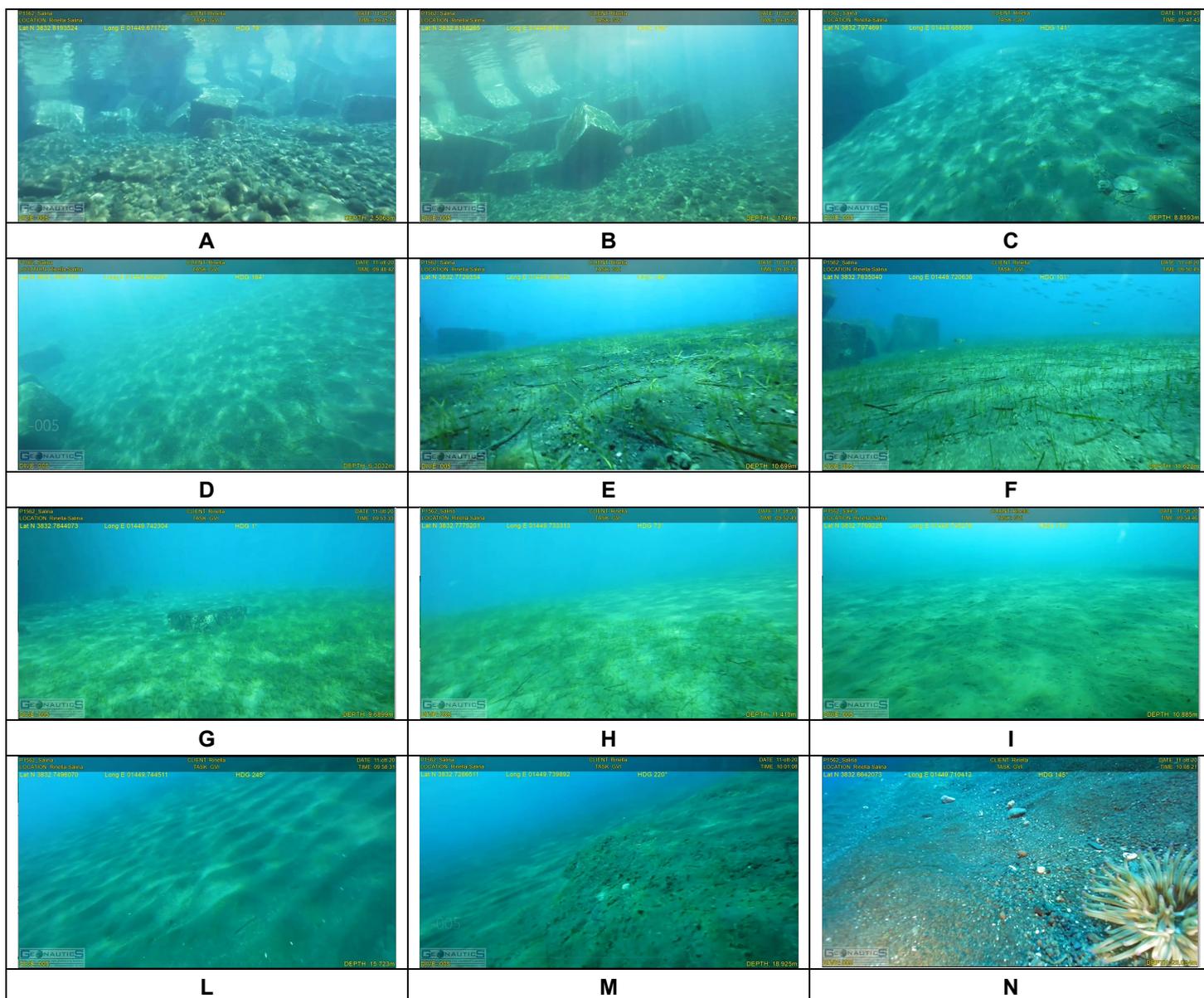


Figura 4.5 – Immagini estratte dal filmato R.O.V. eseguito sul transetto V (TR5).

STUDIO BIOLOGICO MARINO

Transetto TR6

Questo transetto è stato eseguito sul versante NW, sempre con direzione costa-largo. Il transetto inizia alla profondità di circa 5m su un fondale a roccioso con grossi massi di franata e copertura ad alghe fotofile (Figura 4.6 – A, B, C) in cui spiccano le cystoseiracee. Intorno ai 7/8 m compare *P. oceanica* distribuita inizialmente a chiazze (Figura 4.6 – D) per aumentare poi rapidamente il grado di ricoprimento (Errore. L'origine riferimento non è stata trovata. – E, F). La prateria si interrompe su una parete (Figura 4.6 – G) che lascia in mostra la matre esposta, e scende fin quasi 20 m. Ai piedi di questa parete, la prateria riprende per pochi metri su un fondale sabbioso (Figura 4.6 H, I). In questa parte di indagine, e tutto intorno, il fondale si presenta costituito da fondi mobili dall'aspetto fangoso. Probabilmente, per effetto dell'alta parete da un lato, e del molo di sopralfutto dall'altro lato, la zona dell'imboccatura e interno porto risulta costituita da biocenosi delle sabbie fini di moda calma poiché più a ridosso dalle correnti e dagli eventi meteomarinari presenti nell'area costiera circostante.

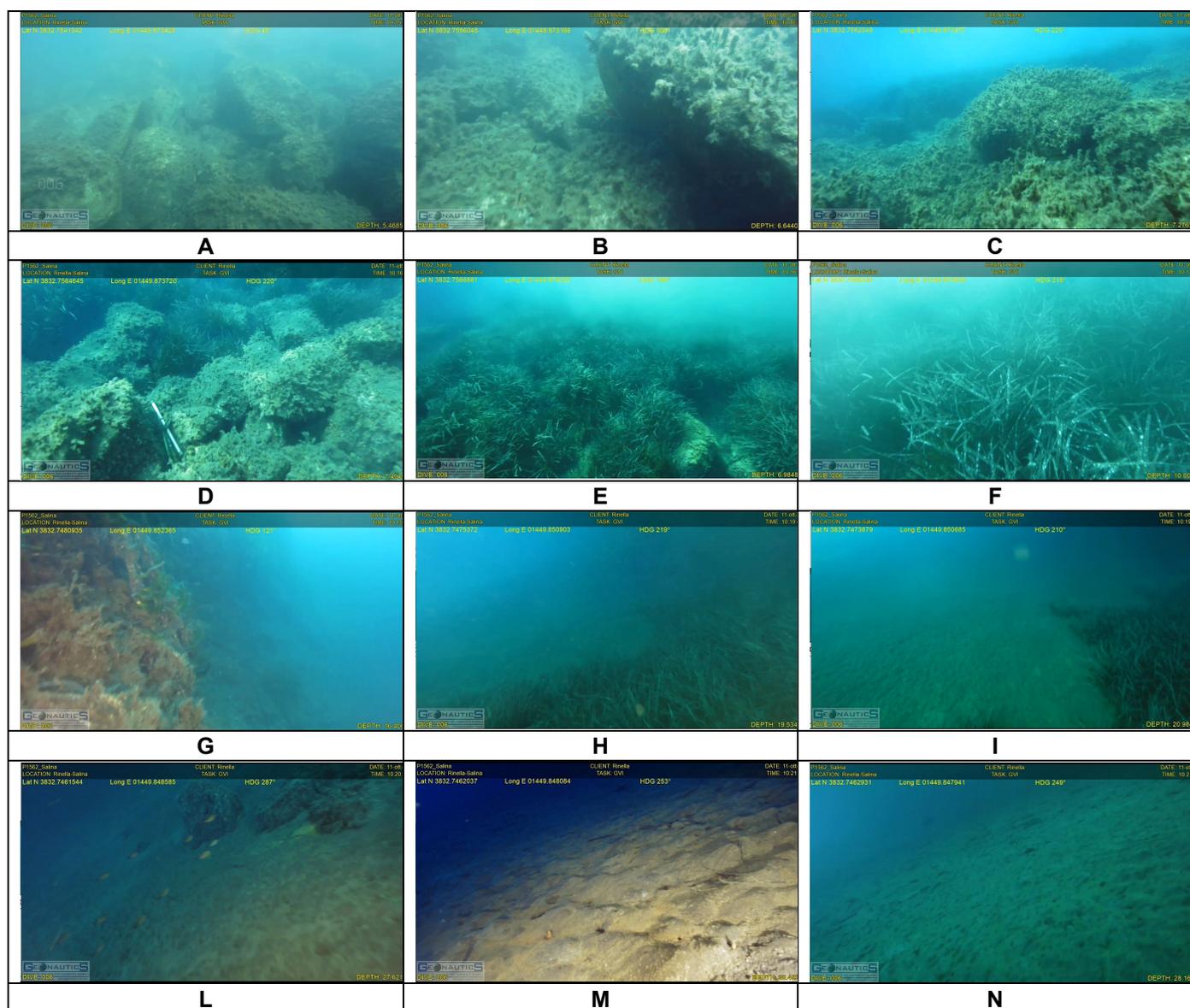


Figura 4.6 – Immagini estratte dal filmato R.O.V. eseguito sul transetto VI (TR6).

#### 4.1.2 Caratteristiche strutturali della prateria

Per quanto concerne gli aspetti ecologico-strutturali, la prateria ha evidenziato in corrispondenza del suo limite superiore (-5 m) una colonizzazione frammentaria, caratterizzata da piccole macchie impiantate prevalentemente su roccia alternate a tratti di prateria su matte e limitate aree in cui piccole chiazze sono insediate su sabbia, il tutto circondato da una discreta copertura algale costituita prevalentemente da fotofilo infralitorale di substrato duro con la dominanza di Cytoseiraceae tra le varie specie algali.

Nella Stazione POS4 (limite inferiore netto), individuato ad una profondità massima di 36 m, il posidonieto ha mostrato valori di copertura in media intorno al 25 %. La densità media dei fasci ( $\pm$ dev.st.) in prossimità del limite inferiore è risultata non particolarmente elevata ( $153,1 \pm 41,3$  fasci m<sup>-2</sup>) e inquadrabile nella classe VI (prateria molto rada) sensu Giraud (1977), mentre in riferimento alla classificazione sensu Pergent-Martini & Pergent (1996) la prateria risulta "in equilibrio" (DN = Densità Normale) e in considerazione della profondità, abbastanza buona.

Le Stazioni POS1 e POS2, situate intorno alla batimetrica dei -15m, che rappresenta un'area centrale della prateria maggiormente interessate dalle attività progettuali, in cui è stata riscontrata una vasta area instaurata su matte, hanno evidenziato una copertura alquanto discontinua compresa tra il 25 ed il 75% ed un substrato d'impianto caratterizzato da alternanza di roccia, grossi massi e matte su sabbia. La densità media dei fasci risulta più alta nella stazione POS2 ( $370,3 \pm 10,7$  fasci m<sup>-2</sup>) rispetto alla stazione POS1 ( $345,3 \pm 43,4$  fasci m<sup>-2</sup>) e rispetto a tutte le altre stazioni. Sia la stazione POS1 che POS 2 rientrano nella classe III sensu Giraud (prateria rada), mentre in riferimento alla classificazione sensu Pergent-Martini & Pergent la prateria risulterebbe nella sua zona centrale ancora "in equilibrio" (DN).

Alla stazione POS3, avvicinandosi verso il porto di Rinella, questo tratto di posidonieto (-15 m), è risultato impiantato su substrato misto prevalentemente sabbioso con presenza di matte e massi. In contiguità con il limite superiore della prateria è stata osservata, inoltre, la presenza di una estesa fascia dominata dal fotofilo di substrato duro ed in particolare si evidenziava la presenza di Cytoseiraceae. Il limite inferiore invece, anticipato sui 20 m risulta qui in regressione segnato dalla presenza di diverse zone di matte morta. La stazione POS3 infatti, presenta dei valori di densità significativamente più bassi rispetto alle altre stazioni poste sulla stessa batimetrica con valori medi di  $232,8 \pm 42,8$  fasci m<sup>-2</sup> classificando la prateria in classe IV sensu Giraud (prateria molto rada) e leggermente disturbata sensu Pergent-Martini & Pergent.

Il grado di copertura di questo tratto di prateria è risultato essere comunque abbastanza elevato compreso tra il 50 e il 75 %.

**Tabella 4.1 Valori di densità di *P. oceanica* riportata come media di nove misurazioni per stazione di campionamento.**

	Media		Dev.St
POS1	345,3	±	43,4
POS2	370,3	±	10,7
POS3	232,8	±	42,8
POS4	153,1	±	41,3

## STUDIO BIOLOGICO MARINO

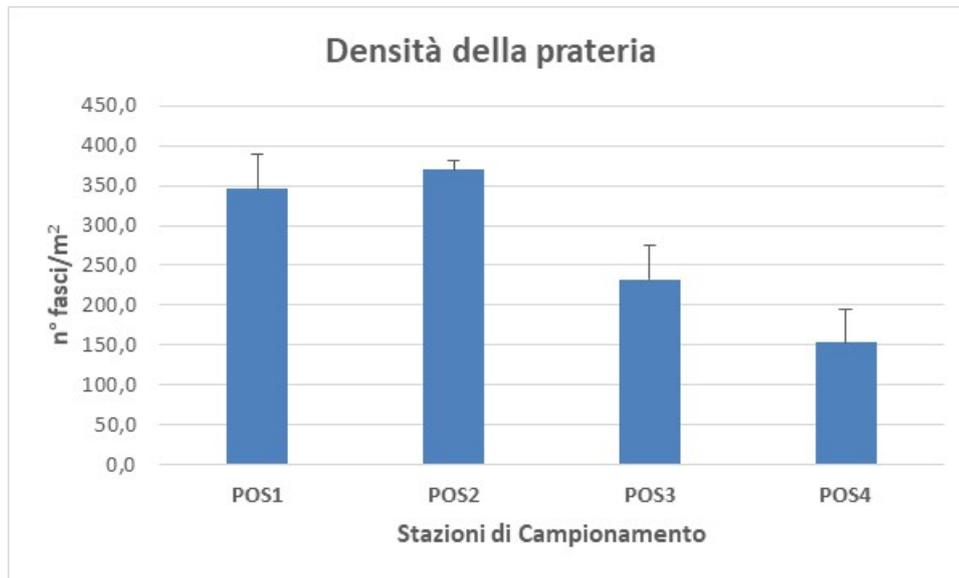


Figura 4.7 – Densità di *P. oceanica* misurata come media di tre conte effettuate per ogni sottoarea (A, B, C) individuata all'interno di ogni stazione di campionamento (POS1, POS2, POS3 E POS4).

Considerando, quindi, la classificazione delle praterie basata sulle profondità, secondo Pergent et al. (1995), si può affermare che in tutte le nelle stazioni indagate in relazione alla rispettiva profondità, la prateria risulta "in equilibrio" e caratterizzata da una "densità normale", ad eccezione della stazione POS3, più vicina al porto di Rinella, in cui la prateria mostra segni di regressione e uno stato ecologico leggermente disturbato.

#### 4.1.3 Fenologia

Tutti i parametri fenologici studiati sono riportati in Tabella 4.2. I parametri più significativi sono quelli relativi alle singole foglie, al numero medio di foglie per fascio, al calcolo dell'indice di area fogliare (L.A.I.) e del coefficiente A, perché permettono di descrivere lo stato di vitalità delle piante.

##### Lunghezza e larghezza delle foglie

In riferimento ai parametri biometrici rilevati sulle piante campionate, si evidenzia come la lunghezza media ( $\pm$ dev.st.) delle foglie giovanili sia risultata compresa fra un valore minimo di  $2,0 \pm 1,0$  cm per i fasci prelevati nella Stazione POS3 ed un massimo di  $2,4 \pm 1,2$  cm per quelli provenienti dalla stazione PO1 e POS 4 (Figura 19). La lunghezza delle foglie intermedie ha evidenziato il suo valore medio minimo ( $9,6 \pm 3,6$  cm) per i fasci provenienti dalla stazione POS2, mentre il valore medio massimo ( $14,9 \pm 11,7$  cm) è stato registrato per i fasci campionati nell'ambito della stazione POS4. Anche per quanto concerne le foglie adulte, infine, la lunghezza media massima ( $48,5 \pm 12,7$  cm) è stata registrata per i fasci campionati nella Stazione POS3 (-14,5 m), mentre quella media minima ( $40,4 \pm 19,5$  cm) è stata misurata per i fasci provenienti dalla stazione POS2.

Per quanto concerne le larghezze delle lamine fogliari, è stato misurato un valore medio compreso fra  $0,76 \div 0,79$  cm per le foglie giovanili, un valore medio compreso fra  $0,75 \div 0,82$  cm per le foglie intermedie ed un valore medio compreso tra  $0,78 \div 0,83$  cm per quelle adulte.

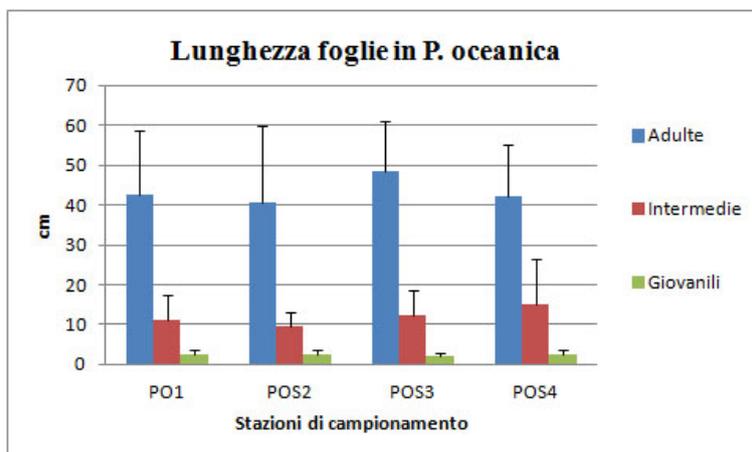


Figura 4.8 – Lunghezza delle foglie per fascicolo fogliare in P.oceanica riportato come media delle sotto aree di campionamento (A, B, C) individuate all’interno di ogni stazione (POS1, POS2, POS3 E POS4). È riportata sia la media di lunghezza di foglie adulte, intermedie e giovanili.

Numero medio di foglie per fascio

Il numero di foglie per fascio è un parametro intuitivo che non subisce grandi variazioni all’interno di una stessa prateria, ma che varia stagionalmente in funzione del ciclo vegetativo della pianta. Come si può osservare il numero medio di foglie totali, risulta abbastanza stazionario, non presentando variazioni significative, sia nel confronto tra le stazioni che nel confronto tra le sotto aree campionate.

Il numero medio di foglie totali (adulte, intermedie e giovanili) presentano un massimo valore di 6,3 nella stazione POS4 ed un minimo di 5,9 nella stazione POS2 (Figura 4.9).

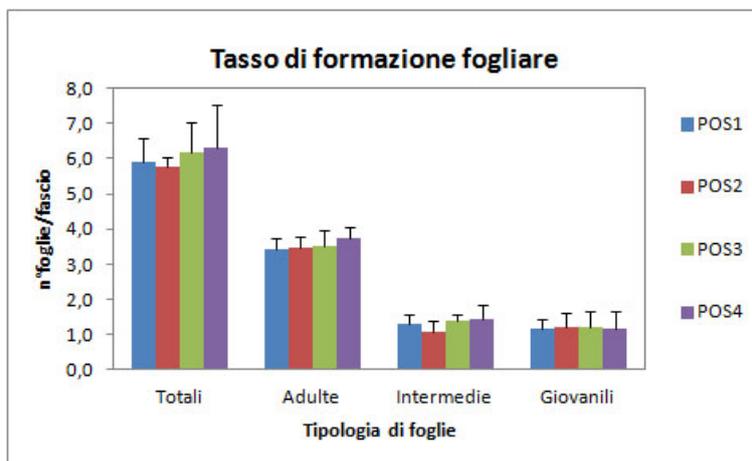


Figura 4.9 – Numero di foglie per fascicolo fogliare in P.oceanica riportato come media delle sotto aree di campionamento (A, B, C) individuate all’interno di ogni stazione (POS1, POS2, POS3 E POS4). È riportata sia la media del n° di foglie totali che la media di ogni tipologia di foglie (Adulte, intermedie e giovanili).

Coefficiente di erosione fogliare

Il coefficiente di erosione fogliare (coeff. "A") è risultato in media più elevato nell’ambito delle Stazioni POS1, POS2 e POS4 rispetto alla stazione POS3 del posidonieto (Tabella 4.2), indicando, una sinergia di fattori

## STUDIO BIOLOGICO MARINO

biotici e abiotici responsabili dell'erosione fogliare delle piante, più presente nelle stazioni più marginali rispetto a quella più vicina al molo di sopraflutto che probabilmente preservata dai fenomeni idrodinamici. Osservando, infatti, i valori medi del coefficiente "A" si nota che nella stazione (POS1) esso raggiunge in media il 47,3% se si considerano le sole foglie adulte e il 34,7% se si considera il coeff. "A" totale (adulte+intermedie). Nelle stazioni POS2 e POS4 i valori scendono rispettivamente sino al 46,6% e 42,9% se si considerano le sole foglie adulte e al 35,1% e 30,8% se si considerano complessivamente adulte e intermedie. Infine, nella stazione POS3, il coeff. "A" si riduce significativamente sino ad un valore medio del 14,0% per le sole foglie adulte, nonché ad un valore complessivo del 10,0%.

Percentuale di tessuto bruno

Il tessuto bruno è risultato praticamente assente nelle foglie intermedie dei fasci campionati in tutte e quattro le stazioni d'indagine. Per le foglie adulte, invece, è stata osservata una percentuale media di tessuto bruno attestata intorno al 14,3% per i fasci campionati al limite inferiore della prateria, all'8,9% e al 10,4% per i fasci rispettivamente delle stazioni POS2 e POS3 e al 14,1% per i fasci della stazione POS4, non mettendo così in risalto particolari differenze legate a fattori biotici.

Biomassa e superficie fogliare e indici correlati

Per quanto concerne i valori di biomassa fogliare media determinati come mg di sostanza secca per fascio, i dati di laboratorio hanno evidenziato un valore medio ( $\pm$ dev.st.) di  $615,5 \pm 190,3$  mg s.s. fascio-1 per le piante campionate al limite inferiore nella stazione POS1, di  $537,8 \pm 193,5$  mg s.s. fascio-1 per la stazione POS2,  $774,4 \pm 107,6$  mg s.s. fascio-1 per la stazione POS3 e sino ad un valore medio di  $744,6 \pm 102,1$  mg s.s. fascio-1 per la stazione POS4.

I valori medi ( $\pm$ dev.st.) di superficie fogliare sviluppata da ciascun fascio, calcolata in cm<sup>2</sup> fascio-1, sono risultati attestati sui  $110,2 \pm 43,8$  cm<sup>2</sup> fascio-1 nella stazione POS1, sui  $102,2 \pm 47,6$  cm<sup>2</sup> fascio-1 per la stazione POS2, sui  $150,9 \pm 50,0$  cm<sup>2</sup> fascio-1 per la stazione POS3 e sui  $128,1 \pm 54,9$  cm<sup>2</sup> fascio-1 per la stazione POS4. I valori di biomassa e di superficie fogliare, quindi, hanno entrambi evidenziato una netta variabilità tra le stazioni che riflette la variabilità riscontrata in sito.

I calcoli relativi alla superficie fogliare per fascio, rapportati a m<sup>2</sup> di prateria, permettono di determinare il LAI (Leaf Area Index) riportato in **Figura 4.10**

Per quanto concerne la stazione POS1, i valori medi ( $\pm$ dev.st.) si sono attestati sui  $6,9 \pm 2,4$  m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> per il limite inferiore (stazione POS1), sui  $9,9 \pm 5,0$  m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> per la stazione POS2,  $9,8 \pm 3,1$  m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> per la stazione POS3 ed infine un valore di  $7,2 \pm 2,9 \pm 5,0$  m<sup>2</sup> m<sup>-2</sup> per la stazione POS4. L'analisi dei suddetti indici ha evidenziato, quindi, valori sostanzialmente comparabili nell'ambito delle quattro stazioni della prateria, avvalorando il generale status di equilibrio ecologico del posidonieto emerso anche dalla classificazione adottata secondo i criteri di Pergent-Martini & Pergent (1996).

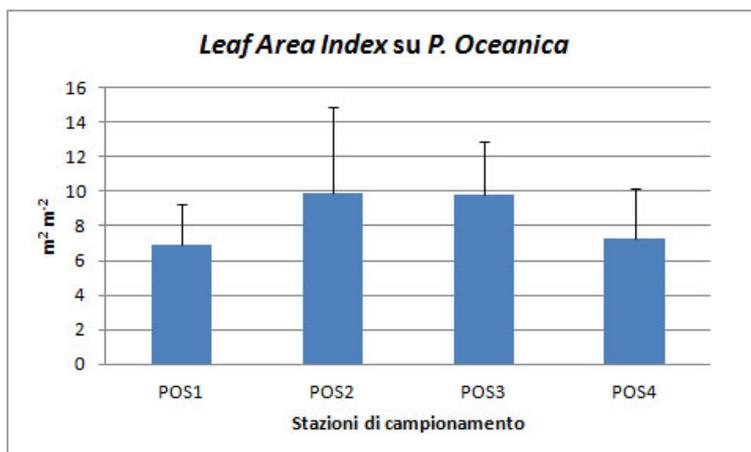


Figura 4.10 – Indice LAI calcolato dall'elaborazione dei dati fenologici raccolti per la valutazione dello stato di salute della prateria.

COMUNE DI LENI (ME)

PROGETTO DEFINITIVO: "OPERE DI ATTUAZIONE DEL PIANO REGOLATORE PORTUALE DI RINELLA. 1° STRALCIO FUNZIONALE"

STUDIO BIOLOGICO MARINO

**Tabella 4.2 Riepilogo di tutti i parametri fenologici studiati sui fascicoli fogliari di *P. oceanica* campionati nelle stazioni predisposte nell'area di Rinella dell'Isola di Salina (ME)**

STAZIONE	POS1	POS2	POS3	POS4
<b>Parametri fenologici</b>				
n°Foglie per fascio	5,9 ± 0,7	5,8 ± 0,3	6,2 ± 0,9	6,3 ± 1,2
n°Foglie adulte per fascio	3,4 ± 0,3	3,5 ± 0,3	3,5 ± 0,5	3,7 ± 0,3
n°Foglie intermedie	1,3 ± 0,3	1,1 ± 0,3	1,4 ± 0,1	1,4 ± 0,4
n°Foglie giovanili	1,2 ± 0,3	1,2 ± 0,4	1,2 ± 0,5	1,2 ± 0,5
lung.base (cm)	2,7 ± 0,8	2,6 ± 0,7	2,9 ± 0,5	2,9 ± 0,7
Lung. Foglie adulte (cm)	42,6 ± 16,1	40,4 ± 19,5	48,5 ± 12,7	42,4 ± 12,6
Lung. Foglie intermedie (cm)	11,0 ± 6,5	9,6 ± 3,6	12,3 ± 6,4	14,9 ± 11,7
Lung. Foglie giovanili (cm)	2,4 ± 1,2	2,3 ± 1,2	2,0 ± 1,0	2,4 ± 1,1
Largh. Foglie adulte (cm)	0,81 ± 0,07	0,78 ± 0,08	0,81 ± 0,08	0,83 ± 0,06
Largh. Foglie intermedie (cm)	0,80 ± 0,07	0,75 ± 0,11	0,79 ± 0,07	0,82 ± 0,06
Largh. Foglie giovanili (cm)	0,76 ± 0,11	0,77 ± 0,11	0,76 ± 0,12	0,79 ± 0,11
Superficie fogliare media per fascio (cm <sup>2</sup> )	110,2 ± 43,8	102,2 ± 47,6	150,9 ± 50,0	128,1 ± 54,9
Biomassa fogliare media (mg s.s. fascio <sup>-1</sup> )	615,5 ± 190,3	537,8 ± 193,5	774,4 ± 107,6	744,6 ± 102,1
Tessuto bruno medio foglia adulta (%)	14,3	8,9	10,4	14,1
Tessuto bruno medio foglia intermedia (%)	0,0	0,0	0,0	0,0
Coefficiente "A" foglie adulte (%)	47,3	46,6	14,0	42,9
Coefficiente "A" foglie intermedie (%)	0,0	0,0	0,0	0,0
Coefficiente "A" medio totale (%)	34,7	35,1	10,0	30,8
Leaf Area Index (m <sup>2</sup> m <sup>-2</sup> )	6,9 ± 2,4	9,9 ± 5,0	9,8 ± 3,1	7,2 ± 2,9
<b>Parametri lepidocronologici</b>				
Tasso di formaz. Fogliare (n.foglie fascio <sup>-1</sup> anno <sup>-1</sup> )	6,6 ± 0,5	6,9 ± 0,7	6,7 ± 0,7	6,5 ± 0,6
Tasso di crescita del rizoma (cm anno <sup>-1</sup> )	0,73 ± 0,25	0,76 ± 0,25	0,74 ± 0,21	0,94 ± 0,30
Tasso di produzione del rizoma (g s.s. anno <sup>-1</sup> )	0,058 ± 0,023	0,055 ± 0,025	0,071 ± 0,025	0,075 ± 0,037
(g s.s. m <sup>-2</sup> anno <sup>-1</sup> )	36,34 ± 14,71	51,98 ± 23,14	45,43 ± 15,72	25,96 ± 22,37
N.peduncoli floreali rinvenuti (paleofioriture)	1,0	2,0	0,0	1,0
IT indice delle tracce Borers (%)	10,0	7,2	7,0	7,9
IB indice dei Borers ritrovati (%)	0,4	0,0	0,6	0,5
IC indice di colonizzazione (IT+IB)	10,4	7,2	7,6	8,4
Biomassa epifita sulle foglie (mg s.s. fascio <sup>-1</sup> )	29,5 ± 3,2	27,9 ± 13,3	100,1 ± 26,0	30,5 ± 7,8

#### 4.1.4 Fenologia

Per quanto concerne il calcolo dei parametri relativi alla produzione annua della pianta, i rizomi provenienti dalla stazione POS1 sono stati analizzati per un range di anni precedenti il 2020 compreso fra un minimo di 8 ed un massimo di 18 anni; per quelli provenienti dalla stazione POS2, il range di anni e risultato compreso fra 6 e 20; per quelli provenienti dalla stazione POS3 il range di anni e risultato compreso fra 6 e 16; ed infine per la stazione POS4 il range di anni e risultato compreso fra un minimo di 4 ed un massimo di 11.

##### Tasso di formazione fogliare

Il tasso di formazione fogliare (numero di foglie prodotte per fascio per anno) ha evidenziato valori medi ( $\pm$ dev.st.) molto simili per le quattro stazioni e pari rispettivamente a  $6,6\pm 0,5$  foglie fascio<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> per la stazione POS1, a  $6,9\pm 0,7$  foglie fascio<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> per la stazione POS2, a  $6,7\pm 0,7$  foglie fascio<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> per la stazione POS3 ed a  $6,5\pm 0,6$  foglie fascio<sup>-1</sup> anno<sup>-1</sup> per la stazione POS4.

##### Tasso di crescita e produzione del rizoma

Anche il tasso di crescita in lunghezza del rizoma (cm anno<sup>-1</sup>), ha mostrato una situazione di omogeneità tra le stazioni ad eccezione per la stazione POS4 in cui è risultato leggermente più elevato. I valori medi di crescita annuale sono stati di  $0,73\pm 0,25$  cm anno<sup>-1</sup> per la stazione POS1,  $0,76\pm 0,25$  cm anno<sup>-1</sup> per la stazione POS2,  $0,74\pm 0,21$  cm anno<sup>-1</sup> per la stazione POS3 e  $0,94\pm 0,30$  cm anno<sup>-1</sup> per la stazione POS4.

Per quanto riguarda la crescita annua in peso del rizoma (grammi di sostanza secca per anno) ha mostrato il suo valore medio ( $\pm$ dev.st.) più elevato per le piante campionate nelle stazioni POS3 e POS4 ( $0,071\pm 0,025$  e  $0,075\pm 0,037$  g s.s. anno<sup>-1</sup>) rispetto alla stazione POS1 e POS2 ( $0,058\pm 0,023$  e  $0,055\pm 0,025$  g s.s. anno<sup>-1</sup>).

Rapportando i valori riferiti al rizoma, alle densità medie della prateria (fasci m<sup>-2</sup>) riscontrate nelle quattro stazioni di campionamento, si osserva come la produzione ponderale per unità di superficie diventi maggiore nella stazione POS2 ( $51,98\pm 23,14$  g s.s. m<sup>-2</sup> anno<sup>-1</sup>) rispetto alle altre tre stazioni ( $36,34\pm 14,71$  per la stazione POS1;  $45,43\pm 15,72$  per la stazione POS3;  $45,96\pm 22,37$  per la stazione POS4).

##### Biomassa epifita delle foglie

Per quanto concerne l'analisi della comunità epifita condotta sui fasci campionati (n. 18) per ciascuna delle 4 stazioni, per fattori temporali legati ai tempi ristretti per la consegna dei dati, non sono stati rilevati gli aspetti ecologico-strutturali relativi alla composizione specifica della componente animale e vegetale, ma è stata solamente quantificata la biomassa totale espressa come mg s.s. fascio<sup>-1</sup>. A tal riguardo, sono stati riscontrati valori medi molto simili per le stazioni POS1, POS2 e POS4 con valori di biomassa epifita sulle foglie rispettivamente di  $29,5\pm 3,2$ ;  $27,9\pm 13,3$  e  $30,5\pm 7,8$  mg s.s. fascio<sup>-1</sup>). Al contrario, è risultata significativamente più elevato il valore medio di biomassa epifita prodotta sulle foglie dei fasci provenienti dalla stazione POS3 ( $100,1\pm 26,0$  mg s.s. fascio<sup>-1</sup>). Ciò può essere ricollegato, come per il coefficiente "A" ad un minore idrodinamismo cui è soggetta la prateria a questo livello, in virtù della protezione data dalla prospiciente diga di sopraflutto.

##### Indice delle tracce ed indice dei borers

Nel complesso sono stati analizzati per i borers 72 rizomi di *P. oceanica* provenienti da tutte le stazioni considerate. I dati ed i relativi indici calcolati a seguito delle analisi condotte sulla presenza dei borers in ciascuna delle 4 stazioni indagate, sono riportati a solo scopo indicativo della presenza di organismi perforatori (policheti ed isopodi), ma non costituiscono ne uno studio dedicato ne un compendio tassonomico delle specie riscontrate pertanto vengono solo indicati i valori numerici riferiti alle tracce (**Figura 4.11**) e ai borers ritrovati senza distinzione tra policheti ed isopodi.

Nel complesso sono state rinvenute 74 tracce e 3 borers su 742 scaglie analizzate per la stazione POS1; 63 tracce e nessun borer su 877 scaglie analizzate; 44 tracce e 4 borers su 630 scaglie analizzate e 35 tracce e 2 borers su 444 scaglie analizzate.

STUDIO BIOLOGICO MARINO

Non sono mai stati rilevati fasci con segni di grazing diretto su tessuti vivi, per cui l'indice IE (indice di erbivoria) non è stato elaborato.



Figura 4.11 – Tipica traccia lasciata sulle scaglie di *P. oceanica* dai borers (organismi perforatori delle scaglie).

4.1.5 Descrittori di Qualità Ecologica (EQR) – Indice P.R.E.I.

Per completare lo studio e definire lo stato di qualità ambientale dell'ecosistema a *P. oceanica*, come definito dalla DM 260/2000 l'indice da utilizzare per la valutazione corretta è l'indice PREI (Figura 4.12) che integra le informazioni ottenute dallo studio fenologico con le misure in campo.

Il calcolo dell'indice PREI per le stazioni di campionamento di Rinella, ha evidenziato, valori sostanzialmente comparabili nell'ambito delle quattro stazioni della prateria, con valori nettamente superiori a 0,55. Tale valore viene riportato come valore soglia per il passaggio dalla classe di qualità buona a sufficiente. Pertanto, in tutte le stazioni censite la prateria risulta in uno stato che oscilla tra buono ed elevato in accordo con il risultato di prateria in equilibrio emerso anche dalla classificazione adottata secondo i criteri di Pergent-Martini & Pergent (1996).

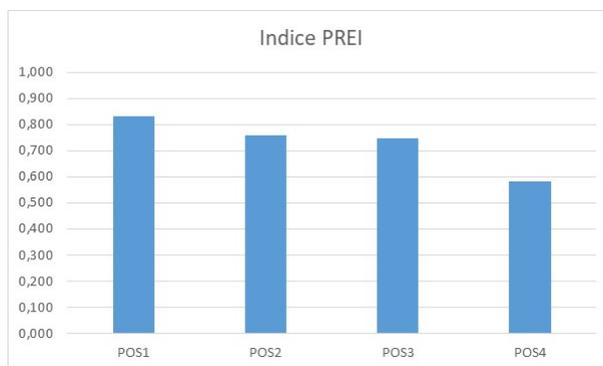


Figura 4.12 – Indice PREI calcolato dall'integrazione di cinque descrittori importanti per lo stato di salute della prateria

**Tabella 4.3 Valori descrittivi per il calcolo dell'indice PREI in corrispondenza della Stazione POS1, e successiva classificazione del valore di EQR**

Descrittori	Valori	PREI - POS1			
		N	EQR'	EQR	Classe EQR
Densità (fasci m <sup>-2</sup> )	345,3	0,58	0,831	0,855	Elevato
Superficie fogliare fascio (cm <sup>2</sup> fascio <sup>-1</sup> )	110,2	0,36			
Biomassa Epifiti	0,0295	0,98			
Biomassa fogliare	0,6155				
profondità limite inferiore (m)	35	1,00			
Tipo di limite (λ)	3				

**Tabella 4.4 Valori descrittivi per il calcolo dell'indice PREI in corrispondenza della Stazione POS2, e successiva classificazione del valore di EQR**

Descrittori	Valori	PREI - POS2			
		N	EQR'	EQR	Classe EQR
Densità (fasci m <sup>-2</sup> )	370,3	0,62	0,758	0,789	Elevato
Superficie fogliare fascio (cm <sup>2</sup> fascio <sup>-1</sup> )	102,2	0,33			
Biomassa Epifiti	0,0279	0,97			
Biomassa fogliare	0,5378				
profondità limite inferiore (m)	28	0,73			
Tipo di limite (λ)	3				

**Tabella 4.5 Valori descrittivi per il calcolo dell'indice PREI in corrispondenza della Stazione POS3, e successiva classificazione del valore di EQR**

Descrittori	Valori	PREI - POS3			
		N	EQR'	EQR	Classe EQR
Densità (fasci m <sup>-2</sup> )	232,8	0,39	0,748	0,780	Buono
Superficie fogliare fascio (cm <sup>2</sup> fascio <sup>-1</sup> )	150,9	0,49			
Biomassa Epifiti	0,1001	0,94			
Biomassa fogliare	0,7744				
profondità limite inferiore (m)	30	0,81			
Tipo di limite (λ)	3				

**Tabella 4.6 Valori descrittivi per il calcolo dell'indice PREI in corrispondenza della Stazione POS4, e successiva classificazione del valore di EQR**

Descrittori	Valori	PREI - POS4			
		N	EQR'	EQR	Classe EQR
Densità (fasci m <sup>-2</sup> )	153,1	0,26	0,581	0,628	Buono
Superficie fogliare fascio (cm <sup>2</sup> fascio <sup>-1</sup> )	128,1	0,41			
Biomassa Epifiti	0,0305	0,98			
Biomassa fogliare	0,7446				
profondità limite inferiore (m)	19	0,38			
Tipo di limite (λ)	3				

La prateria quindi costituisce un'importante biocenosi del litorale costiero interessato dalle attività di indagine e particolare attenzione deve essere adottata in riferimento alle metodologie di monitoraggio ambientale da attivare durante ed al termine delle attività, con particolare riguardo agli incrementi della torbidità, che maggiormente, tra gli altri parametri potrebbe rappresentare un pericolo se protratti nel tempo.

## 4.2 Comunità macrobentoniche

L'indagine effettuata ha portato alla raccolta e alla determinazione di 95 individui per 27 diverse specie.

Considerando i valori di abbondanza all'interno di ciascuna stazione, i gruppi sistematici più rappresentati sono stati quelli dei policheti (**Figura 4.13**). In tutte le Stazioni studiate, questo gruppo, infatti rappresenta mediamente oltre il 40% circa del popolamento, seguito da crostacei e con percentuali più basse dai molluschi. All'interno del gruppo "altri taxa" sono stati inseriti i sipunculidi, prevalentemente rappresentati dal genere *Phascolion* e i nematodi.

In tutte le stazioni i risultati delle abbondanze mostrano una significativa variabilità anche all'interno delle singole stazioni. Allo stesso tempo anche il numero di specie identificate presenta lo stesso andamento (**Figura 4.13**).

In particolare, sono state riscontrate le abbondanze più rappresentative per i policheti, seguiti sempre dal taxon dei crostacei. In minori percentuali sono state trovate specie appartenenti al gruppo dei sipunculidi e nematodi raggruppati insieme nel gruppo "Altri taxa" (**Figura 4.14**).

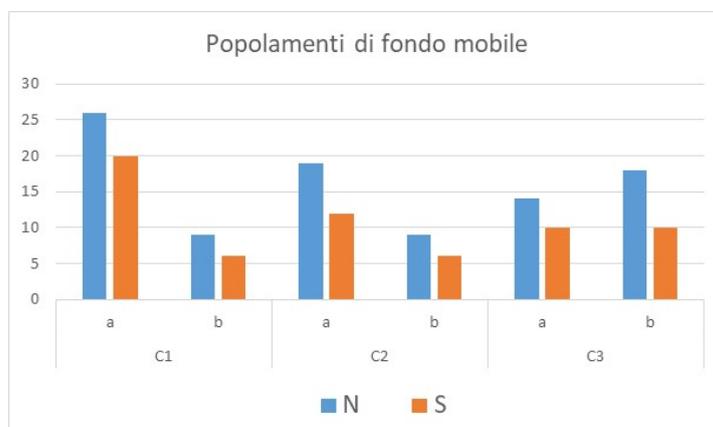


Figura 4.13 – Abbondanza (N) e ricchezza specifica (S) per ogni campione analizzato.

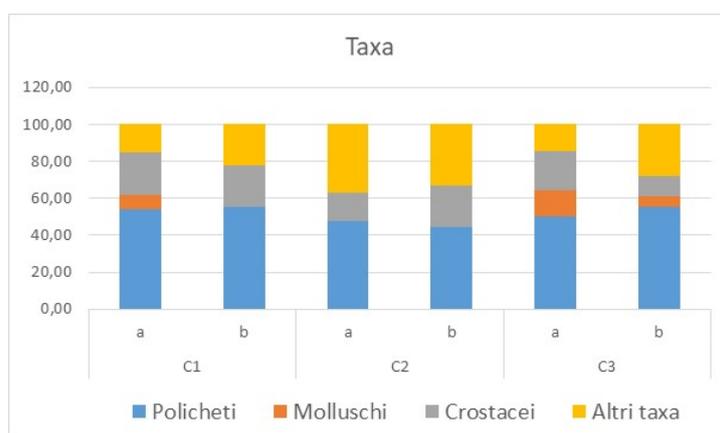


Figura 4.14 – Contributo percentuale dei principali gruppi tassonomici all'abbondanza totale rilevata per ogni campione analizzato. Il gruppo "altri taxa" comprende l'insieme di Nematodi e Sipunculidi.

## STUDIO BIOLOGICO MARINO

A seguire si riporta in **Tabella 4.7** l'elenco delle specie identificate suddivise per taxa:

**Tabella 4.7** Lista faunistica delle specie bentoniche identificate nelle stazioni di campionamento

TAXA	SPECIE
<b>Policheti</b>	
	<i>Paradoneis</i> sp. (Hartman, 1965)
	<i>Armandia</i> sp. (Philippi, 1861)
	<i>Chone</i> sp. (Kroyer, 1856)
	<i>Ditrupa arietina</i> (OF Muller, 1776)
	<i>Eteone</i> sp. (Savigny, 1822)
	Eunicidae (Berthold, 1827)
	<i>Gyptis</i> sp (Marion, 1874)
	Hesionidae (Grube, 1850)
	<i>Lumbrineris</i> sp (Blainville, 1828)
	<i>Notomastus</i> sp. (M.Sars, 1851)
	Onuphidae (Kinberg, 1865)
	Polichete indeterminato
	<i>Syllis</i> sp (Lamarck, 1818)
<b>Molluschi</b>	
	<i>Dosinia lupinus</i> (Linnaeus, 1758)
	<i>Retusa</i> sp. (T.Brown, 1827)
	<i>Donax</i> sp. (Linnaeus, 1758)
<b>Crostacei</b>	
	Melitidae (Bousfield, 1973)
	<i>Leucothoe</i> sp (Leach, 1814)
	<i>Gammarella fucicola</i> (Leach, 1814)
	<i>Anapagurus</i> sp (Henderson, 1886)
	<i>Paguristes</i> sp (Dana, 1851)
	<i>Diogenes pugilator</i> (Roux, 1829)
	<i>Pereionotus testudo</i> (Montagu, 1808)
	<i>Sicyonia carinata</i> (Brunnich, 1768)
<b>Sipunculidi</b>	
	<i>Golfingia</i> sp. (Lankester, 1885)
	<i>Phascolion</i> sp. (Cutler & Gibbs, 1985)
<b>Nematodi</b>	
	Nematode indeterminato

STUDIO BIOLOGICO MARINO

Analisi dei parametri strutturali

Dalla matrice completa delle abbondanze sono stati calcolati i parametri indicatori del grado di complessità del popolamento indagato.

In generale tra le stazioni non sono state riscontrate differenze significative sia in termini di abbondanza (N), di numero di specie (S), di ricchezza specifica (d) che di diversità specifica (H').

Mediamente su tutte le stazioni, sono stati rilevati valori dei parametri N, S, d e H' tra loro vicini.

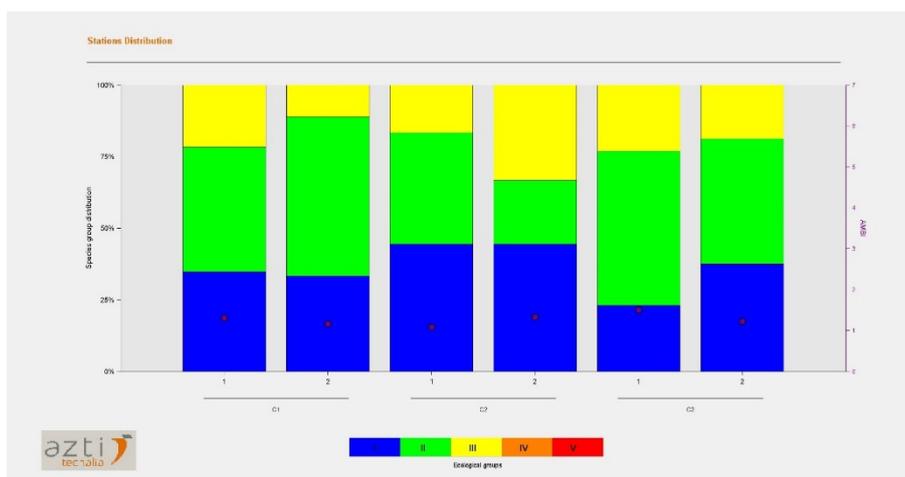
**4.2.1 Calcolo dell'Indice AMBI e del valore di Multivariate AMBI (M-AMBI)**

Dall'analisi dell'AMBI si evidenzia, che in tutte le stazioni dell'area di immersione il livello di disturbo ambientale oscilla tra l'indisturbato ed il lievemente disturbato a causa della presenza di specie prevalenti appartenenti (Figura 26) ai gruppo ecologico I (sensibili all'inquinamento), II (indifferenti all'inquinamento) e III (Specie tolleranti ad arricchimenti eccessivi di materia organica) con valori medi di indice AMBI inferiori a 1,5 (Tabella 4.8 e Figura 4.15).

In base a questi risultati la classificazione del livello di disturbo dell'area indagata, si posiziona appena oltre il livello "indisturbato" risultando "leggermente disturbato" (Figura 4.16) in varia misura tra le singole repliche (Tabella 4.8).

**Tabella 4.8 Risultati del calcolo dell'indice AMBI per singola replica**

Replica	Gruppi ecologici					AMBI	BI	Classificazione del disturbo
	I	II	III	IV	V			
<b>C1-a</b>	34,8	43,5	21,7	0	0	1,304	2	Slightly disturbed
<b>C1-b</b>	33,3	55,6	11,1	0	0	1,167	1	Undisturbed
<b>C2-a</b>	44,4	38,9	16,7	0	0	1,083	1	Undisturbed
<b>C2-b</b>	44,4	22,2	33,3	0	0	1,333	2	Slightly disturbed
<b>C3-a</b>	23,1	53,8	23,1	0	0	1,5	2	Slightly disturbed
<b>C3-b</b>	37,5	43,8	18,8	0	0	1,219	2	Slightly disturbed



**Figura 4.15 – Rappresentazione grafica dei gruppi ecologici riscontrati per tutte le repliche indagate**

STUDIO BIOLOGICO MARINO

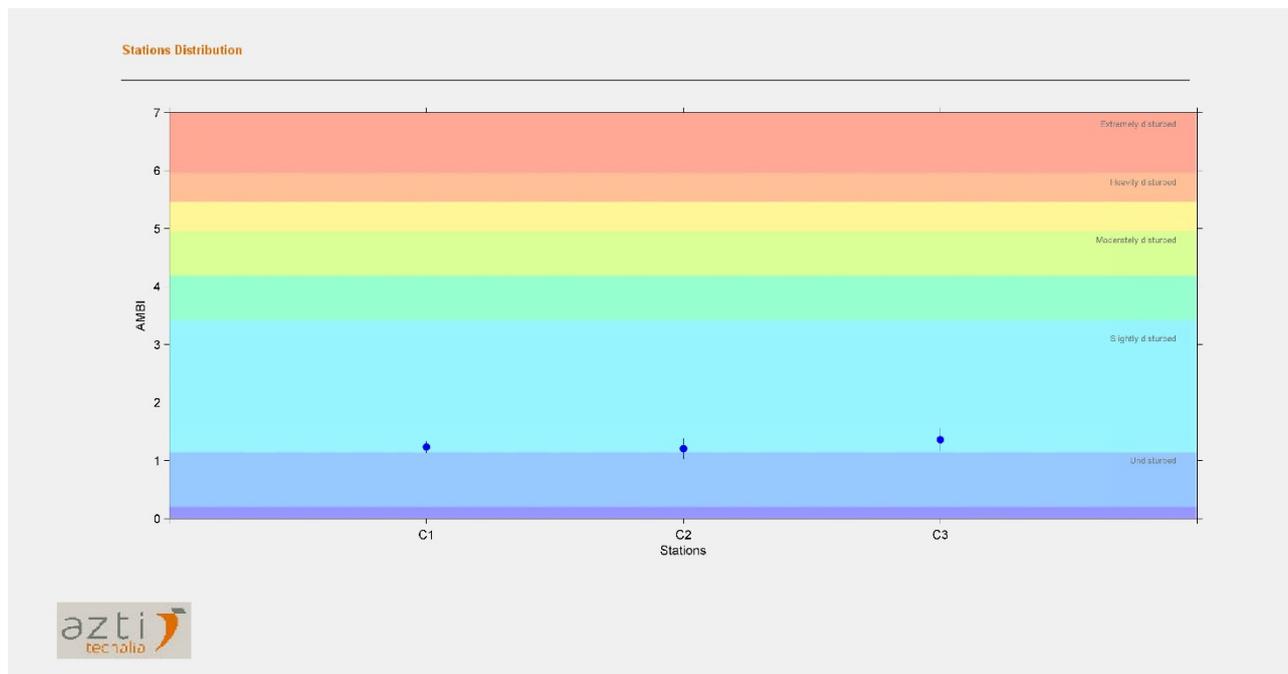


Figura 4.16 – Rappresentazione grafica dell’indice AMBI calcolato per le stazioni di campionamento

L’analisi multivariata combinata dell’indice AMBI con i parametri strutturali (M-AMBI) e l’analisi delle componenti principali (PCA) conferma la similarità delle condizioni ecologiche riscontrate tra le stazioni rientranti tutte in uno stato “elevato” (Hight status) come riportato in **Tabella 4.9** e **Figura 4.17**.

**Tabella 4.9 Risultati del calcolo dell’indice M-AMBI per stazione di campionamento**

Stazione	M-AMBI	Status
C1	1,00	Hight
C2	0,81	Hight
C3	0,85	Hight

STUDIO BIOLOGICO MARINO

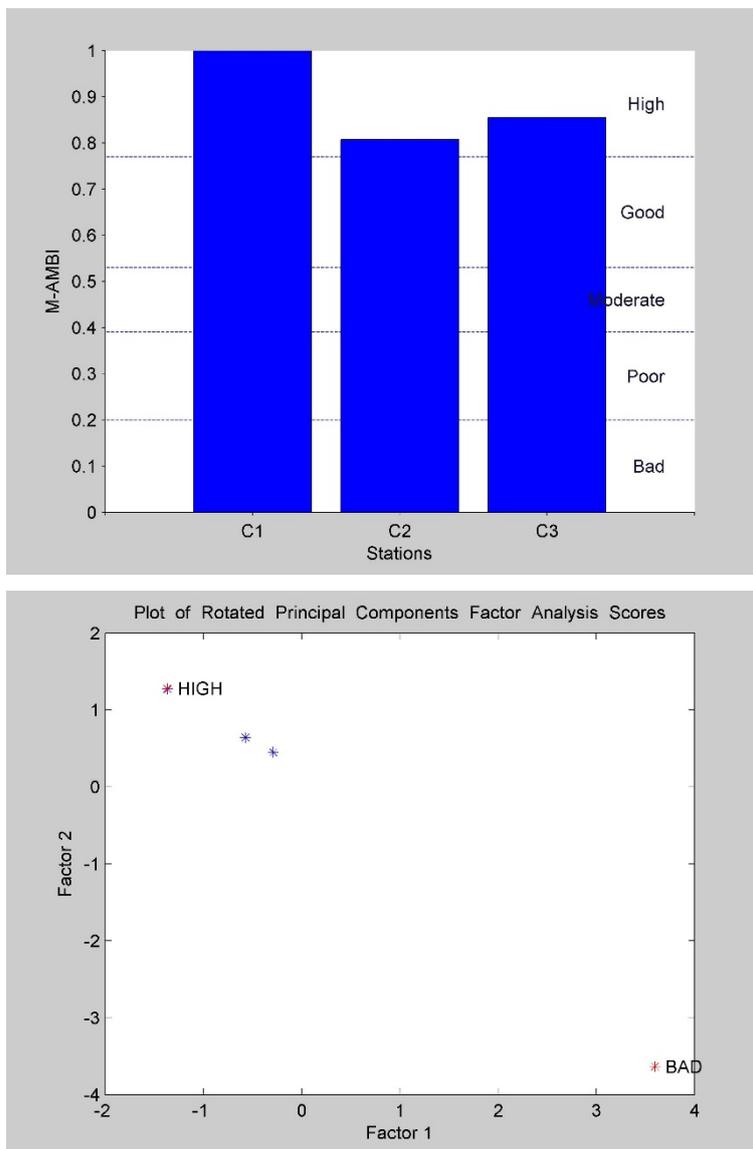


Figura 4.17 – Rappresentazioni grafiche dell'indice AMBI calcolato per le stazioni di campionamento. Sopra assegnazione delle stazioni di campionamento alla classe di qualità ambientale di appartenenza; sotto grafico delle componenti principali (PCA) delle stazioni

### **4.3 Analisi granulometriche**

L'analisi granulometrica dei campioni di sedimento prelevati sulle stazioni di fondo mobile individuate per la caratterizzazione delle biocenosi associate ha mostrato una prevalenza della componente sabbiosa grossolana e ghiaia fine in tutte le stazioni di campionamento. Si rimanda al documento "**RELAZIONE sui rilievi topo-batimetrici, magnetometrici, sismo-acustici e fasi di campionamento ambientale e Allegati**" per prendere visione delle risultanze analitiche nel dettaglio).

I risultati trovano riscontro con quanto riportato in altri studi (Piano di gestione SIC e ZPS Isole Eolie, 2009) in cui viene messa in evidenza come l'isola di Salina, sia in aree infralitorali che circalitorali, è circondata dalle sabbie grossolane miste a ghiaia e a blocchi della Biocenosi delle Sabbie Fini Superficiali, a testimonianza non solo dell'influenza della corrente in quest'area meridionale tirrenica ma, anche, dell'apporto terrigeno proveniente dall'erosione della costa

## 5 RISULTATI

L'area racchiude in sé una notevole variabilità strutturale in relazione alle caratteristiche geomorfologiche e al tipo di substrato che in alcuni tratti era tipicamente roccioso in altri prevalentemente sedimentario con sabbie di origine esclusivamente piroclastica. Tutto ciò si riflette nella diversità di specie animali e vegetali che popolano questi fondali. Habitat di questo tipo sono caratterizzati da grandi rientranze della costa e da una ben sviluppata zonazione della comunità bentoniche.

Per quanto riguarda le biocenosi presenti e riscontrate queste vanno ascritte alle biocenosi delle ghiaie infralitorali, biocenosi dei popolamenti fotofili su substrato duro, biocenosi delle Sabbie grossolane soggette a correnti di fondo e biocenosi associate alle praterie di *P. oceanica* (Piano di gestione SIC e ZPS Isole Eolie, 2009).

Le praterie di *P. oceanica*, per la notevole sensibilità alle perturbazioni naturali o artificiali in atto nell'ambiente, rappresentano un ottimo indicatore biologico per determinare le qualità delle acque marine costiere. Per questo e altri motivi, già ampiamente descritti, la *P. oceanica* rappresenta uno degli ecosistemi più stabili del Mediterraneo e pertanto è stata inserita nell'allegato A della Direttiva Habitat (92/43/CEE) come habitat prioritario (cod.1120) che necessita di salvaguardia.

Negli ultimi anni l'ormai intenso sfruttamento della fascia costiera ad opera dell'uomo (costruzione di opere costiere, allargamento dei porti, lavori di dragaggio, scavi e posa di condotte sottomarine ecc), accanto ad altre attività, quali la pesca a strascico e gli ancoraggi, ha costituito una seria minaccia per queste biocenosi sensibili. Per cercare di prevenire o minimizzare i diversi impatti che danneggiano l'ambiente costiero e quello sottomarino, diverse Regioni hanno elaborato una serie di criteri e linee guida, di carattere tecnico, che mirano a una corretta gestione delle attività in mare, nell'ottica del rispetto dell'ambiente e in particolare della salvaguardia e protezione delle praterie di *P. oceanica*.

La realizzazione di opere costiere costituisce una delle principali cause di regressione di una prateria di *P. oceanica*. Le procedure che mirano a valutare l'impatto potenziale di un'opera prima della sua effettiva realizzazione, in maniera tale da decidere se portare o meno a termine l'opera, costituiscono un ottimo strumento per garantire la conservazione dei posidonieti.

Dalle indagini finalizzate al monitoraggio *ante-operam* di Rinella, è stata riscontrata una prateria vitale, leggermente stressata nella porzione più vicina al porto esistente che direttamente ne subisce gli effetti ma complessivamente in equilibrio e in buono stato di conservazione.

Sono state studiate le principali caratteristiche strutturali della prateria. In particolare, la densità, è risultata nella norma in relazione alle profondità di censimento. La copertura percentuale è risultata essere molto variabile ed in relazione al substrato di insediamento; più elevata nella porzione insediata su matte e sabbia, al contrario, discontinua e con una distribuzione a mosaico nella porzione insediata su roccia. Anche il tipo di substrato sul quale la prateria è insediata è risultato molto variabile essendo presenti porzioni di prateria su matte, su sabbia e anche su roccia. Per quanto riguarda il tipo di limite inferiore, che dà informazioni sulle dinamiche di espansione della prateria, è stato riscontrato un limite inferiore di tipo progressivo intorno ai -36 m (TR01). La presenza di giovani plantule originate dai rizomi plagiotropi (**Figura 5.1**) lasciano presupporre ad un'espansione in corso della prateria.

Il limite regressivo con matte morta, indica quasi sempre una variazione delle condizioni locali che determinano uno stress della prateria e un suo progressivo arretramento. Un limite di questo tipo è stato riscontrato nel transetto TR4 (**Figura 5.2**) più vicino al porto di Rinella e alla fine del TR5.



Figura 5.1 – Limite inferiore della prateria. In evidenza alcune giovani plantule originate dai rizomi plagiotropi



Figura 5.2 – Limite inferiore della prateria con matte morta in evidenza

Complessivamente si può affermare di avere riscontrato sia aspetti di posidonieto puro (con il suo corteggio di alghe epifite) sia, su fondi misti, che consorzi misti a *P. oceanica* e alghe fotofile. Tra queste ultime spiccavano le ampie facies a Cystoseiraceae, tipiche alghe che caratterizzano uno stadio climax delle successioni ecologiche su substrato duro dell'infralitorale mediterraneo.

Per quanto riguarda i principali fattori di disturbo riscontrati nell'area, nonostante la presenza del porto e i chiari segni di ancoraggio da diporto e di canali di erosione, è da sottolineare, come già detto che la prateria si trova complessivamente in buono stato di conservazione e, *P. oceanica* mostra condizioni di crescita discrete. L'unica porzione della prateria che mostra segni di regressione, in cui è stata rilevata matte morta, è rappresentata dalla porzione più vicina all'imboccatura del porto, portando a supporre che in quella fascia si instaurino condizioni (idrodinamiche e sedimentologiche) non compatibili con lo sviluppo rigoglioso e la sopravvivenza della prateria o che in passato vi siano stati degli impatti acuti che ne abbiano determinato la scomparsa. Sebbene il limite inferiore sembra aver risentito della costruzione del porto, il limite superiore

STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

lungo lo stesso transetto è rimasto invariato. Solo nella porzione immediatamente sotto la scogliera del porto, la Posidonia scompare lasciando il posto ad un prato di *Cymodocea nodosa* che si riscontra lungo tutta la lunghezza del molo e in alcune porzioni di matte morta vicine. Tuttavia, la presenza di giovani plantule, sia in corrispondenza del limite inferiore più profondo che in alcune zone di matte morta più superficiali, lasciano presupporre che la prateria sia in espansione.

In altre parole, la prateria *P. Oceanica* gode complessivamente di buona salute, dimostrando che ha ben sopportato la costruzione dell'attuale porto di Rinella e che la perdita di habitat è stata circoscritta all'area circostante alla struttura portuale stessa. Da sottolineare la presenza diffusa di rizomi plagiotropi e giovani plantule che testimoniano il tentativo da parte della prateria stessa di un recupero della superficie persa. Per tale motivo e per il fatto che comunque le porzioni di matte morta sono limitate, si può concludere che tanto la prateria in se che lo stato ecologico complessivo di Rinella si trova in buono stato di salute come confermato dai risultati degli indici ecologici per la Posidonia (PREI) e per il macrobenthos (M-AMBI).

La buona qualità dei risultati ottenuti dal monitoraggio effettuato rappresentano la base di dati utili per continuare a studiare l'evoluzione nel tempo dello stato di salute della prateria di *P. oceanica* di Rinella, e delle biocenosi associate, necessari per i futuri confronti, qualora i lavori di costruzione del nuovo porto di Rinella venissero realizzati.

## 6 BIBLIOGRAFIA

- Astier J.M., 1984. Impact des aménagements littoraux de la rade de Toulon, liés aux techniques d'endigage, sur les herbiers à *Posidonia oceanica*. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 255-259.
- Augier H., Robert P. e Maffre R., 1980. Étude du régime thermique annuel des eaux au niveau des peuplements de phanerogames marines de la baie de Port-Cros Trav. Sci. Parc nation. Port-Cros, Fr., 6: 69-131.
- Bay D., 1978. Etude in situ de la production primaire d'un herbier de Posidonies (*Posidonia oceanica* (L.) Delile) de la baie de Calvi-Corse. Progr. Rép. Stn. Océanogr. Stareso, Univ. Liège, Belg., 18: 6.
- Bell J.D. e Harmelin-Vivien M.L., 1982. Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. 1. Community structure. *Téthys*, 10(4): 337-347.
- Bellan-Santini D., Lacaze J. C. e Poizat C., 1994. Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée, synthèse, menaces et perspectives. Muséum National d'Histoire Naturelle publ., Paris: 1-246.
- Bianchi C.N. e Morri C., 1985. I Policheti come descrittori della struttura trofica degli ecosistemi marini. *Oebalia*, 11: 203-214.
- Bianchi C.N., Cinelli F., Relini G., 2008. Aspetti di conservazione e gestione. In "Praterie a fanerogame marine: Piante con fiori nel Mediterraneo". ISBN 88-88192-39-5. pag: 113-143.
- Blanc J.J. e Jeudy de Grissac A., 1989. Réflexion géologique sur la régression des herbiers à Posidonies (départements du Var et des Bouches-du-Rhône). In: Boudouresque C.F., Meinesz A., Fresi E., Gravez V. edits. Second international Workshop on *Posidonia* beds, GIS Posidonie publ., Fr., 2: 273-285.
- Boudouresque C.F. e Jeudy de Grissac A., 1983. L'herbier à *Posidonia oceanica* en Méditerranée: les interactions entre la plante et le sédiment. *J. Rech. Océanogr.*, 8(2-3): 99-122.
- Boudouresque C.F. e Meinesz A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. *Cah. Parc nation. Port-Cros*, Fr., 4: 1-79.
- Boudouresque C.F., 1996. Impact de l'homme et conservation du milieu marin en Méditerranée. 2ème édition. GIS Posidonie publ. (ISBN 2 905-54-21-4): 1-243.
- Boudouresque C.F., 2002. Concilier protection et usages du milieu marin : l'expérience du Parc national de Port-Cros. *Rev. Soc. Anciens élèves Ecole polytechnique, Jaune Rouge*, 575: 31-35.
- Boudouresque C.F., 2003. The erosion of Mediterranean biodiversity. In: Rodríguez-Prieto C., Pardini G. edits. *The Mediterranean Sea: an overview of its present state and plans for future protection*. Servei de Publicacions de la Universitat de Girona: 53-112.
- Boudouresque C.F., 2003. The erosion of Mediterranean biodiversity. In: Rodríguez-Prieto C., Pardini G. edits. *The Mediterranean Sea: an overview of its present state and plans for future protection*. Servei de Publicacions de la Universitat de Girona: 53-112.
- Boudouresque C.F., 2004. Marine biodiversity in the Mediterranean : status of species, populations and communities. *Sci. Rep. Port- Cros natl Park*, 20: 97-146.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Bonhomme P., Charbonnel E., Diviacco G., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S. e Tunesi L., 2006. Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub. : 1-202.
- Boudouresque C.F., Cadiou G. e Le Direach L., 2005. Marine protected areas: a tool for coastal areas management. In: Levner E., Linkov I., Proth J.M. edits. *Strategic management of marine ecosystems*.

STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

Springer publ., Dordrecht: 29-52.

Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A. e Meinesz A., 1984. Relations 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. edits. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 185-191.

Buceta J.L., Fernandez-Torquemada Y., Gacia E., Invers O., Mas J., Romero J., Ruiz J.M., Ruiz-Mateo A., Sabah S., Sánchez-Lizaso J.L., 2003. Investigación conjunta sobre la tolerancia de *Posidonia oceanica* a incrementos de salinidad. *Ingenieria Civil*. 132: 111-116.

Buia M.C., Gambi M.C., Lorenti M., Dappiano M. e Zupo V., 2003. Aggiornamento sulla distribuzione e sullo stato ambientale dei sistemi a fanerogame marine (*Posidonia oceanica* e *Cimodocea nodosa*) delle isole flegree. In: Ambiente marino costiero e territorio delle isole flegree (Ischia, Procida, Vivara – Golfo di Napoli). Risultati di uno studio multidisciplinare. Liguori Editore Napoli, 229-243.

Caye G., 1980. Sur la morphogénèse et le cycle végétatif de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doct., Univ. Aix-Marseille 2, Fr.: 1-121.

Charbonnel E., 1993. Cartographie de l'herbier de Posidonie et des fonds marins environnants de Toulon à Hyères (Var, France). Reconnaissance par sonar latéral et photographie aérienne. Notice de présentation. Ifremer & GIS Posidonie publ., Fr.: 1-36 + 3 cartes h.t.

Chessa L.A., Fustier V., Fernandez C., Mura F., Pais A., Pergent G., Serra S. e Vitale L., 2000. Contribution to the knowledge of "banquettes" of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in Sardinia island. *Biol. Mar. Médit.*, 7(2): 35-38.

Damiani V., Bianchi N.C., Ferretti O., Bedulli D., Morri C., Viel M., Zurlino G., 1988. Risultati di una ricerca ecologica sul sistema marino costiero pugliese. *Thalassia Salentina* 18: 153-169.

Dean H.K., 2009. The use of polychaetes (Annelida) as indicator species of marine pollution: a review. *Rev. Biol. Trop.* 56(4): 11-38.

Fergusson R.L., Thayer G.W. e Rice T.R., 1980. Marine primary producers. In: Functional adaptations of marine organisms. Academic Press publ., 9-69.

Fernandez-Torquemada Y., Sanchez-Lizaso J.L., 2005. Effects of salinity on leaf growth and survival of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*.

Ferrari B., Raventos N. e Planes S., 2008. Assessing effects of fishing prohibition on *Posidonia oceanica* seagrass meadows in the Marine Natural Reserve of Cerbère-Banyuls. *Aquatic Botany* 88: 295–302.

Francour P., 1990. Dynamique de l'écosystème à *Posidonia oceanica* dans le Parc national de Port-Cros. Analyse des compartiments "matte", litière, faune vagile, échinodermes et poissons. Thèse Doct. Océanol., Univ. Paris VI, Fr.: 1-373.

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. *Mar. Ecol., PSZNI*, 18(2): 157-173.

Gacia E. e Duarte C.M., 2001. Sediment retention by a Mediterranean *Posidonia oceanica* meadow: the balance between depositino and resuspension. *Est. Coast. Shelf Sci.*, 52: 505-514.

Gacia E., Invers O. Manzanera M., Ballesteros E., Romero J., 2007. Impact of the brine from a desalination plant on a shallow seagrass (*Posidonia oceanica*) meadow. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*. 72: 579-590.

Gambi M.C. e Giangrande A., 1986. Distribution of soft bottom Polychaetes in two coastal areas of the

STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

Tyrrhenian Sea (Italy): structural analysis. *Estuar. Coast. and Shelf Sc.*, 23: 847-862.

Gambi M.C., Fresi E. e Giangrande A., 1982. Descrittori efficaci di comunità bentoniche. *Il Naturalista siciliano*, Serie IV, 6 (suppl.), 3: 498-497.

Goodsell P.J., Underwood A.J. e Chapman M.G., 2009. Evidence necessary for taxa to be reliable indicators of environmental conditions or impacts. *Marine Pollution Bulletin* 58: 323–331.

Heck K.L. e Wetstone G.S., 1977. Habitat complexity and invertebrate species richness and abundance in tropical seagrass meadows. *J. Biogeogr.*, 4: 135-142.

ISPRA. Monitoraggio relativo alle praterie di Posidonia oceanica <http://www.isprambiente.gov.it/files/icram/scheda-metodologia-posidonia-new.pdf>.

Jeudy De Grissac A. e Boudouresque C.F., 1985. Rôle des herbiers de Phanérogames marines dans les mouvements de sédiments côtiers: les herbiers à Posidonia oceanica. *Colloque franco-japonais d'Océanographie*, Marseille, Fr., 1: 143-151.

Jimenez S., Cano R., Bayle J., Ramos A., Sanchez Lizaso J.L., 1996. Las praderas de Posidonia oceanica (L.) Delile como zona de protección de juveniles de especies de interés comercial. *Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, tomo extraordinario: 375-378.

Kröncke I. e Reiss H., 2010. Influence of macrofauna long-term natural variability on benthic indices used in ecological quality assessment. *Marine Pollution Bulletin* 60: 58–68.

Le Direach L. e Francour P., 2001. Recrutement des poissons dans les herbiers de Posidonie de Port-Cros. *GIS Posidonie & Parc national de Port-Cros*, GIS publ., Fr.: 1-40.

Margalef R., 1958. Information theory in ecology. *Gen. Syst.*, 3: 36-71.

Mateo M.A. e Romero J., 1996. Evaluating seagrass leaf litter decomposition : An experimental comparison between litter-bag and oxygenuptake methods. *J. Exp. Mar. Biol. Ecol.*, 202(2): 97-106.

Mazzella I., Buia M.C., Gambi M.C., Lorenti M., Russo G.F., Spione M.B. e Zupo V., 1992. Plant-animal trophic relationship in the Posidonia oceanica ecosystem of the Mediterranean Sea: a review. In: *Plant-Animal Interactions in the Marine Benthos*. John D.M., Hawkins S.J., Price D.M., edit., Clarendon Press, Oxford, Systematic Association, Special Volume, 46: 165-187.

Montefalcone M., Albertelli G., Morri C., Parravicini V. e Bianchi C. N., 2009. Legal protection is not enough: Posidonia oceanica meadows in marine protected areas are not healthier than those in unprotected areas of the northwest Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 58: 515–519.

Peres J.M. e Picard J., 1964. Nouveau manual de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Rec. Trav. Stat. Mar. Endume*, 31(47): 137.

Pérès J.M. e Picard J., 1975. Causes de la raréfaction et de la disparition des herbiers de Posidonia oceanica sur les côtes françaises de la Méditerranée. *Aquatic Botany*, 1(2): 133-139.

Pérès J.M., 1984. La régression des herbiers à Posidonia oceanica In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. edits. *International Workshop on Posidonia oceanica beds*, GIS Posidonie publ., Fr., 1: 445-454.

Pergent-Martini C., 2000. Protection des habitats d'herbiers de Phanérogames marines de Méditerranée. Les études d'impacts en milieu marin. *CAR/ASP Tunis & EqEL publ.*, pp. 1-49.

Pergent-Martini C., Rico-Raimondino V. e Pergent G., 1994. Primary production of Posidonia oceanica in the Mediterranean basin. *Mar. Biol.*, 120: 9-15.

Piano di Gestione SIC e ZPS Isole Eolie, 2009. Provincia Regionale di Messina. 8° Dipartimento – 3° Ufficio

STUDIO BIOLOGICO MARINO

---

Dirigenziale – Servizio Aree Protette.

Pielou E. C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13: 131-144.

Procaccini G., Buia M.C., Gambi M.C., Perez M., Pergent G., Pergent-Martini C., Romero J., 2003. Seagrass status and extent along the Mediterranean coasts of Italy, France and Spain. In: Green E.P., Short F.T., Spalding M.D. eds. *World Atlas of Seagrass: Present status and future conservation*. University of California, Press publ.

Raventos N., Macpherson E., Garcia-Rubiés A., 2006. Effect of brine discharge from a desalination plant on macrobenthic communities in the NW Mediterranean. *Marine Environmental Research*. 62: 1-14.

Roberts D.A., Johnston E.L., Knott N.A., 2010. Impacts of desalination plant discharges on the marine environment: A critical review of published studies. *Water Research*. 1-12.

Romero J., 1999. Els herbassars submarins de la Mediterrània. *Butlletí de la Secció de Ciències naturals del Museu de Mataró, L'Atzavara*, 8: 5-8.

Romero J., 2004. Posidònia: els prats del fons del mar. *La mirada del biòleg a un ecosistema mediterrani*. Escola del Mar, Centre d'Estudis Marins de Badalona publ., Spain: 1-159.

Rosenberg R., Magnusson M. e Nilsson H.C., 2009. Temporal and spatial changes in marine benthic habitats in relation to the EU Water Framework Directive: The use of sediment profile imagery. *Marine Pollution Bulletin* 58: 565–572.

Sánchez-Lisazo José Luis, Romero Javier, Ruiz Juanma, Gacia Esperanca, Buceta José Luis, Invers Olga, Fernández Torquemada Yolanda, Mas Julio, Ruiz-Mateo Antonio, Manzanera Marta, 2008. Salinity tolerance of the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: recommendations to minimize the impact of brine discharges from desalination plants. *Desalination*, 221: 602-607.

Scipione M.B. e Fresi E., 1983. Distribution of Amphipod Crustaceans in *Posidonia oceanica* (L.) Delile Foliar Stratus. *International Workshop on Posidonia oceanica Beds*, Boudouresque C. F., Jeudy de Grissac A. e Olivier J. eds., GIS Posidonie pubbl., France, 1: 319-329.

SDAGE, 2003. *Connaissance et gestion de l'érosion du littoral*. Guide technique n°9. Agence de l'Eau Rhône Méditerranée Corse, Fr.: 1-53.

Shannon, C. E. e Weaver, W., 1963. *The mathematical theory of Communication*. University of Illinois Press, Urbana, Illinois, 117 pp.

Simpson, E. H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163: 688.

Solis-Weiss V., Aleffi F., Bettoso N., Rossin P., 2004. Gli indicatori biologici nel benthos del Golfo di Trieste. *Biol. mar. Medit.* 11(2): 351-354.

Somaschini A., Gravina M.F. e Ardizzone G.D., 1994. Polychaete depth distribution in a *Posidonia oceanica* bed (rhizome and "matte" strata) and neighbouring soft and hard bottoms. *Mar. Ecol. P.S.Z.N.I.*, 15(2): 133-151.

Stirn J., 1981. *Manual of methods in aquatic environment research*. Part. 8- Ecological assessment of pollution effects. *FAO Fish. Tech. Pop.*, 208: 70 pp.

Stoner A.W., 1980. The role of seagrass biomass in organization of benthic macrofaunal assemblages. *Bull. Mar. Sci.*, 30(3): 531-551.