



Città di Molfetta



Accordo ex art. 15 L. 241/1990

Prot. CNR n. 0002208/2020, del 20/04/2020

Stato del Posidonieto 2022

RM POS_2

Riff. PMP_Rev3_Mag2020.pdf



Istituto di Ricerca sulle Acque
Consiglio Nazionale delle Ricerche
Sede Talassografico Taranto



Dr. Giovanni FANELLI
fanelli@irsa.cnr.it

Dr. Fernando RUBINO
rubino@irsa.cnr.it

Dr.ssa Antonella PETROCELLI
antonella.petrocelli@irsa.cnr.it

Dr. Giuseppe DENTI
giuseppe.denti@irsa.cnr.it

Dr.ssa Loredana PAPA
Loredana.papa@irsa.cnr.it

Report_Posidonia_2022.pdf

Nuovo Porto Commerciale di Molfetta (Variante n.3)
Monitoraggio in Corso d'Opera
Rapporto di Monitoraggio "Stato del Posidonieto 2022" (RM POS_2)
Rif.: PMP_Rev3_Mag2020

Introduzione

Il presente Rapporto riguarda il monitoraggio dello stato del Posidonieto presente nell'area interessata dalle opere del Nuovo Porto Commerciale di Molfetta (Variante n.3).

Le attività sono state condotte secondo quanto riportato dal **Piano di Monitoraggio dell'ambiente Marino: Stato del Posidonieto**, elaborato **PMP_Rev3_Mag2020**, redatto in ottemperanza alle prescrizioni indicate dalla Commissione per la Valutazione di Impatto Ambientale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (doc. n. 648 del 23/06/2005), nell'ambito della procedura di compatibilità ambientale del Piano Regolatore Portuale e del progetto inerente i lavori di completamento delle opere foranee e la costruzione del porto commerciale di Molfetta, e secondo le indicazioni di ARPA Puglia che ha poi espresso parere favorevole con nota prot.0035001 del 4/6/2020.

Oggetto del monitoraggio è il Posidonieto prospiciente il Porto di Molfetta, parte del SIC Mare "Posidonieto S. Vito — Barletta" (IT9120009): attraverso il rilevamento nel tempo dello stato di conservazione del Posidonieto si vuole concorrere al monitoraggio della componente ambientale marina.

Il Piano di Monitoraggio del Posidonieto prevede un insieme di rilevamenti di variabili biologiche, chimiche e fisiche che saranno ripetute annualmente.

Il presente Rapporto illustra i risultati del monitoraggio condotto a Giugno 2022, dopo circa due anni dall'avvio dei lavori in oggetto.

Il seguito del presente documento è così strutturato:

- Il Paragrafo 1, **Premessa**, dettaglia quanto previsto dal Piano di Monitoraggio in funzione dei lavori della Variante n.3;
- Il Paragrafo 2, **Posidonieto dell'area di indagine**, riporta una descrizione generale dell'habitat "Posidonieto" anche in riferimento all'area di indagine;
- Il Paragrafo 3, **Metodiche di monitoraggio in corso d'opera**, illustra le metodiche di indagine impiegate nella Campagna 2;
- Il Paragrafo 4, **Risultati del monitoraggio in corso d'opera**, presenta i risultati ottenuti nelle indagini in immersione e quelli delle successive analisi di laboratorio sui campioni raccolti;
- Il Paragrafo 5 **Discussione e Conclusioni**, sintetizza i risultati sullo "Stato del Posidonieto 2022" e prosegue con il confronto con quelli delle precedenti campagne.

1. Premessa

1.1. Lavori previsti dalla Variante 3

Come riportato dal Piano di Monitoraggio PMT2020, l'intervento in oggetto consiste nella realizzazione delle opere previste come primo stralcio del progetto generale di completamento del Nuovo Porto Commerciale di Molfetta e volte ad assicurare la salvaguardia, la sicurezza alla navigazione ed l'ormeggio del bacino portuale di Molfetta.

L'intervento interessa la porzione Nord Ovest del bacino portuale di Molfetta presso l'attuale diga di sopraflutto 'Salvucci' in prosecuzione della stessa, con il completamento dei banchinamenti interni del bacino portuale da realizzarsi con cassoni cellulari nonché la realizzazione di una diga di protezione da realizzarsi in prosecuzione del 1° braccio di sopraflutto esistente.

Gli interventi previsti comprendono le seguenti opere e rispettive fasi lavorative

- | | |
|---|--|
| 1 Cantiere | 1.1. Impianto cantiere; 1.1.1 Sistemazione e bonifica delle aree di cantiere; 1.1.2 Realizzazione Accessi e Viabilità di cantiere; 1.1.3 Allestimento cantiere logistico ed operativo di terra |
| 2 Banchina nord-ovest e Banchina Martello | 2.1 Rilievi e tracciamenti; 2.2 Profilatura scanno di imbasamento; 2.2.1 Carico del materiale lapideo su mezzo marittimo; 2.2.3 Spianamento del materiale; 2.3 Ripristino cassoni cellulari; 2.4 Trasferimento ed affondamento cassoni; 2.4.1 Allestimento del cassone; 2.4.2 Collocazione in galleggiamento e trasferimento via mare; 2.4.3 Affondamento del cassone; 2.5 Riempimento cassoni; 2.6 Getti integrativi; 2.6.1 Getti integrativi di cls di chiusura delle celle antiriflettenti alle quote di progetto (solo cassoni N); 2.6.2 Getto dei giunti tra cassoni; 2.6.3 Getto del tappo di chiusura delle celle; 2.6.4 Posa solette di copertura; 2.6.5 Posa solette di copertura (Molo Martello); 2.6.6 Apertura celle antiriflettenti (solo banchina NO); 2.7 Rinfianco; 2.8 Sovrastrutture; 2.9 Montaggio arredi di banchina |
| 3 Secondo braccio del molo di sopraflutto | 3.1. Riprofilatura radice secondo braccio di sopraflutto: 3.1.1 Recupero massi artificiali e tetrapodi; 3.1.2 Recupero massi naturali; 3.1.3 Modellazione del terreno con mezzi meccanici; 3.2. Opere in c.a.: 3.2.1 Realizzazione cordolo di contenimento del terrapieno posta alla radice del prolungamento del 2° braccio; 3.2.2 Realizzazione del basamento del fanale di segnalazione posto in testa alla diga di sopraflutto di nuova realizzazione; 3.3. Realizzazione del nucleo e della mantellata con tetrapodi; 3.4 Realizzazione tetrapodi; 3.5. Opere di completamento (fanale e scala di accesso) |
| 4 Smobilizzo del cantiere | 4.1. Rimozione cantiere; 4.2. Smantellamento bretella di collegamento |

1.2. Piano di Monitoraggio Posidonia

Come riportato dal PMP_Rev3_Mag2020, il "Piano di Monitoraggio dell'ambiente Marino: Stato del Posidonieto" è stato redatto in ottemperanza alle prescrizioni riportate nei seguenti documenti:

- Decreto VIA n. DSADEC-648 del 23/06/2005, redatto dalla Commissione per la Valutazione di Impatto Ambientale del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del territorio e del Mare, nell'ambito della procedura di compatibilità ambientale del Piano Regolatore Portuale e del progetto inerente i lavori di completamento delle opere foranee e la costruzione del porto commerciale di Molfetta. Il documento ha espresso giudizio positivo di compatibilità ambientale del progetto con le seguenti prescrizioni di interesse per il tema oggetto del Piano di Monitoraggio:
 - lettera d): predisposizione di "un sistema di monitoraggio del trasporto solido in corrispondenza della diga di sopraflutto, allo scopo di confermare le ipotesi progettuali poste nello Studio di Impatto Ambientale in merito all'assenza di significative alterazioni al riguardo".
 - lettera e): "allo scopo di limitare la sospensione e la diffusione dei sedimenti durante le operazioni di dragaggio, con particolare riguardo alla protezione del Sito SIC "Posidonieto San Vito Barletta", queste saranno di volta in volta effettuate previa definizione delle condizioni meteomarine compatibili con le operazioni stesse, utilizzando i dati e le indicazioni che saranno forniti al riguardo dalla locale Capitaneria di Porto."

- Parere n. 2609 del 26/01/2018 della Commissione Tecnica VIA/VAS, con la quale si ritiene che le opere in oggetto "possano essere considerate coerenti con quanto già valutato nel corso delle istruttorie precedenti" e che gli impatti ambientali associati alle variazioni progettuali intervenute nel tempo rispetto al progetto esecutivo (quali, in particolare, l'Adeguamento Tecnico Funzionale e la Perizia di Variante n. 2, il minore quantitativo di materiali di cava da mettere in opera e relativo trasporto via terra, il conseguente minore intorbidimento delle acque marine, la minore impronta dell'opera sul fondale, l'eliminazione del muro paraonde dallo skyline del porto") siano stati già valutati nell'ambito progettuale di riferimento, oggetto del Decreto VIA n. DSADEC-648 del 23/06/2005 e della nota U.prot.DVA-2014-0038771 del 24/11/2014 recante il parere della Commissione VIA-VAS n. 1661 del 21/11/2014;
- Nota prot.0028223-32 del 6/5/2020 DGDS, di Arpa Puglia con la quale si specifica che per poter essere qualificata come nuovo monitoraggio *ante-operam* dei lavori della variante 3, la campagna "zero" deve essere eseguita nel mese di giugno 2020 e, comunque, prima dell'inizio dei lavori a mare; inoltre, con la stessa nota si richiedeva di esplicitare che i monitoraggi si sarebbero eseguiti secondo le indicazioni della scheda metodologica ISPRA 2012 (Bacci et al., 2012) ed effettuando il calcolo dell'Indice PREI;
- Nota prot.0035001 del 4/6/2020 con la quale ARPA Puglia esprime parere favorevole.

1.3. Finalità del Monitoraggio

Nella Variante n. 3 del progetto del Nuovo Porto Commerciale di Molfetta non sono più previste operazioni di dragaggio. Tuttavia, nel Piano di Monitoraggio Ambiente Marino si è ritenuto opportuno controllare lo stato del Posidonieto più prossimo all'area oggetto dei lavori che rientra nel SIC "Posidonieto San Vito Barletta".

Il monitoraggio della componente ambiente marino prevede tre fasi: *ante – operam*; in corso d'opera; *post – operam*.

Il monitoraggio *ante-operam* condotto nel 2010-2011 ha fornito un primo quadro dello stato della qualità del Posidonieto nell'area geografica di interesse (vedi successivo punto 2.4) ma, trattandosi ormai di informazioni troppo datate, l'ARPA Puglia con la Verifica di Ottemperanza Prescrizione "E" del 04/05/2020, ne ha richiesto un aggiornamento. Inoltre, per poter utilizzare tali informazioni "ai fini di una corretta valutazione di eventuali impatti potenzialmente indotti" dai lavori di realizzazione della variante 3 del Progetto, ARPA Puglia ha previsto che la prima campagna di monitoraggio, "Campagna Ø", fosse anticipata al 21-25 giugno 2020 e comunque prima dell'inizio dei lavori in mare, in modo da considerarla come una campagna di monitoraggio *ante-operam*.

La prima campagna di monitoraggio, "Campagna Ø", ha avuto il fine di determinare lo *status* del Posidonieto, rispetto al quale valutare la sostenibilità ambientale dell'opera attraverso i successivi rilevamenti atti a descrivere gli effetti indotti dalla realizzazione dell'Opera.

In particolare, le attività di monitoraggio della "Campagna Ø" sono state finalizzate a:

- verificare l'attuale estensione della prateria di *Posidonia oceanica*, appartenente al SIC denominato San Vito-Barletta (IT9120009), presente nell'area di mare limitrofa al porto di Molfetta;
- monitorare i parametri bio-ecologici della stessa prateria utilizzando apposite metodologie d'indagine standardizzate;
- confrontare i risultati con quelli delle campagne di indagine svolte ad aprile 2010 e tra settembre e ottobre 2011, e delle ulteriori campagne di validazione svolte da ARPA Puglia a maggio e settembre 2011.

Le attività di monitoraggio sono state effettuate tramite trascinatori subacquei che hanno facilitato i rilevamenti *in-situ* in immersione con ARA; inoltre sono state misurate le principali variabili chimico-fisiche dell'acqua con sonda multiparametrica e prelevati campioni per le analisi di laboratorio.

In seguito, le attività di monitoraggio sono state ripetute annualmente durante la fase *in corso d'opera* con la "Campagna 1" nel 2021 e la "Campagna 2" nel 2022 (oggetto del presente Rapporto) per consentire la valutazione comparata con i controlli effettuati nelle diverse fasi, al fine di orientare opportunamente le valutazioni di competenza della Commissione Speciale VIA.

2. Posidonieto dell'area di indagine

2.1. Area di indagine

Così come per la "Campagna 1" del 2021, il monitoraggio della "Campagna 2" si è concentrato sull'area di Cala San Giacomo (o Seno "Il Salso") in quanto le indagini della "Campagna Ø" svolta nel 2020 hanno evidenziato che *Posidonia oceanica* è presente ormai solo in questa area, confermando quanto emerso già nelle precedenti campagne condotte nel 2010-11 (vedi anche paragrafo 3.3.1) (Figura 2.1).



Fig. 2.1 Area di indagine: sovrapposizione dell'area oggetto del Monitoraggio 2020 (Campagna Ø, delimitata in arancione) e dei Monitoraggi 2021 e 2022 (in giallo) con il SIC IT9120009 "Posidonieto San Vito – Barletta" (area delimitata in verde) nel tratto prospiciente il Comune di Molfetta (elaborazione su dati Natura 2000 e Regione Puglia). In rosso sono indicati i transetti rilevati nelle precedenti campagne del 2010-11.

2.2. Praterie di *Posidonia oceanica*

Posidonia oceanica è una fanerogama marina endemica del Mediterraneo e la sua struttura, come le piante terrestri, è costituita da radici, foglie nastriformi e fusto, chiamato rizoma; quest'ultimo è detto *ortotropo* quando cresce in verticale contrastando il progressivo accumularsi di sedimento, mentre è *plagiotropo* quando la crescita è orizzontale e funge da ancoraggio al substrato e contribuisce all'espansione della prateria. *Posidonia oceanica* si insedia principalmente su fondi molli, ma è presente anche su fondi rocciosi dalla superficie fino a 30-40 metri di profondità (Molinier e Picard, 1952); è capace anche di modificare la struttura stessa dei fondali dove è presente attraverso la

costruzione di una *matte* costituita dall'intreccio di rizomi, vecchie radici e sedimento intrappolato (Francour et al., 2006).

L'estensione di una prateria di *P. oceanica* si descrive mediante l'identificazione di un limite *superiore* solitamente individuato da una netta interruzione della biocenosi e di quello *inferiore*, a batimetriche maggiori, in corrispondenza del quale si arresta l'avanzata della prateria. A seconda della sua conformazione, il limite inferiore è classificato come progressivo, netto, erosivo e regressivo secondo la scala suggerita da Pergent et al. (1995).

L'habitat a *Posidonia* rappresenta uno degli ecosistemi di maggiore valore in termini di beni e servizi ecosistemici sulla Terra e riveste un ruolo fondamentale per il mantenimento dell'equilibrio e della ricchezza del Mar Mediterraneo (Telesca et al., 2015).

Le praterie di *Posidonia* contribuiscono notevolmente alla produzione primaria in ambiente marino, sia per produzione di ossigeno sia di biomassa (Pergent-Martini, 1994); inoltre, secondo Mcleod et al. (2011) questi habitat sono in grado di sequestrare elevatissime quantità di anidride carbonica e carbonio dalla colonna d'acqua e dall'atmosfera.

Tali habitat sono considerati *hotspot* di biodiversità dal momento che intorno ad essi, tra le sue foglie e in mezzo ai suoi rizomi e alle sue radici è presente tra il 20 e il 25% di tutte le specie conosciute nel Mar Mediterraneo, che usano questo habitat per scopi trofici, come rifugio dai predatori e come area *nursery* (Francour, 1997; MATTM, 2008).

Un altro ruolo fondamentale svolto dalle praterie di *Posidonia* è collegato all'erosione costiera (Dauby et al., 1995). Infatti, queste fungono da barriera intrappolando il sedimento trasportato da correnti e moto ondoso alla base dei rizomi; inoltre, le foglie morte accumulate lungo le spiagge, conosciute con il nome di *banquettes*, proteggono le coste dall'azione erosiva delle mareggiate (Jeudy de Grissac, 1984).

Da molteplici studi emerge il drammatico declino delle praterie di *Posidonia* del Mediterraneo: dal 1879 ad oggi si è perso circa il 30% di questi habitat con una tendenza di riduzione stimata intorno al 1,5% ogni anno e una conseguente perdita dei servizi ecosistemici ad essi associati (Waycott et al., 2009).

La regressione delle praterie è legata a perturbazioni globali (es. i cambiamenti climatici) e locali. La principale causa di tale fenomeno è la crescente antropizzazione delle coste mediterranee. In generale, gli effetti negativi sono correlati con l'aumento di torbidità, che diminuisce la capacità fotosintetica della pianta, le alterazioni dei tassi di sedimentazione, l'introduzione di specie alloctone e l'inquinamento; anche il danneggiamento diretto prodotto dalle attività di pesca a strascico e dagli ancoraggi di imbarcazioni da diporto è alla base della crescente riduzione di questi habitat (Boudouresque et al., 2006). Un ulteriore fattore che contribuisce alla scomparsa delle praterie è la loro bassa resilienza; infatti, il tempo necessario per il recupero totale delle funzioni ecosistemiche di una prateria impattata è stato stimato in 100 anni, ma solo nella condizione in cui la fonte di disturbo scompaia totalmente (Gonzalez-Correa et al., 2005).

I tentativi di trapianto condotti al fine di mitigare il fenomeno di regressione delle praterie si sono spesso dimostrati fallimentari a causa di un livello elevato di deterioramento dell'habitat tale da non permettere la sopravvivenza delle piante ricollocate (Fourqurean et al. 2012). Le uniche strategie attuabili per conservare questi preziosi ecosistemi si delineano quindi nel promuovere azioni mirate alla conservazione delle praterie ancora in salute e nel ridurre le fonti di disturbo che provocano la loro degradazione (Telesca et al., 2015).

Con tale obiettivo, questa specie di fanerogame è stata inserita nell'allegato I della Convenzione di Berna (82/72/CE, ratificata in Italia nel 1981) e nell'allegato II del Protocollo SPA/BIO (Specially Protected Areas and Biological Diversity in the Mediterranean) della Convenzione di Barcellona del 1976 (ratificata in Italia nel 1999 ed entrata in vigore nel 2004). In aggiunta a tali misure, la Comunità Europea nel 1992 ha inserito le praterie di *P. oceanica* nella lista degli **habitat prioritari** di protezione e gestione dell'ambiente marino inclusa nel quadro della Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat, Allegato I, **Codice 1120**: letti di *P. oceanica* – *Posidonion oceanicae*).

Con l'emanazione della Direttiva Quadro sulla Strategia per l'Ambiente Marino (MSFD, 2008/56/CE), che prevede l'adozione di misure finalizzate al raggiungimento e mantenimento del *buono stato ambientale* (GES), le praterie di *P. oceanica* sono state selezionate come habitat rappresentativi tra le angiosperme marine (Habitat bentonici – Praterie e *P. oceanica*; Indicatore 1.5.1). Questa decisione è scaturita dal fatto che questi habitat sono considerati un buon indicatore biologico per valutare la presenza di eventuali impatti antropici in quanto *P. oceanica* è una specie bentonica longeva, ampiamente distribuita in Mediterraneo, molto sensibile ai disturbi antropici (es. inquinamento, alterazione

regime sedimentario, ecc.) e fornisce informazioni ambientali anche sui livelli presenti e passati dei metalli in traccia (Pergent-Martini, 1998; Boudouresque et al., 2000; Guidetti, 2001; Romero et al., 2005; Boudouresque et al., 2012).

In Italia, le attività di monitoraggio degli habitat inclusi nelle liste della Direttiva Habitat (D.M. 11/02/2015 in attuazione all'Art. 11 del D. Lgs. 190/2010 che recepisce la Direttiva 2000/60/CE), incluse le praterie di *P. oceanica*, sono condotte secondo le linee guida proposte dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATM) e del Sistema Nazionale per la Protezione dell'Ambiente.

2.3. Stato di conservazione del Posidonieto: metodi di valutazione

Per le ragioni esposte in precedenza l'habitat a *Posidonia oceanica* riveste una particolare importanza nel determinare l'equilibrio e la biodiversità del Mar Mediterraneo e per questo, ai sensi della Direttiva Europea 92/43 (nota come Direttiva "Habitat") e del DPR attuativo (n. 357/1997), costituisce un **habitat prioritario** da tutelare attraverso l'individuazione e l'istituzione delle aree definite "Siti di Importanza Comunitaria" (SIC).

La Direttiva "Habitat" definisce come:

Habitat naturali prioritari: i tipi di habitat naturali che rischiano di scomparire nel territorio di cui all'articolo 2 e per la cui conservazione la Comunità ha una responsabilità particolare a causa dell'importanza della parte della loro area di distribuzione naturale compresa nel territorio di cui all'articolo 2.

Sito di importanza comunitaria: un sito che, nella o nelle regioni biogeografiche cui appartiene, contribuisce in modo significativo a mantenere o a ripristinare un tipo di habitat naturale di cui all'allegato I o una specie di cui all'allegato II in uno **stato di conservazione** soddisfacente e che può inoltre contribuire in modo significativo alla coerenza di Natura 2000 di cui all'articolo 3, e/o che contribuisce in modo significativo al mantenimento della diversità biologica nella regione biogeografica o nelle regioni biogeografiche in questione.

Stato di conservazione di un habitat naturale: l'effetto della somma dei fattori che influiscono sull'habitat naturale in causa, nonché sulle specie tipiche che in esso si trovano, che possono alterare a lunga scadenza la sua ripartizione naturale, la sua struttura e le sue funzioni, nonché la sopravvivenza delle sue specie tipiche nel territorio di cui all'articolo 2. Lo «stato di conservazione» di un habitat naturale è considerato «soddisfacente» quando:

- la sua area di ripartizione naturale e le superfici che comprende sono stabili o in estensione,
- la struttura e le funzioni specifiche necessarie al suo mantenimento a lungo termine esistono e possono continuare ad esistere in un futuro prevedibile
- lo stato di conservazione delle specie tipiche è soddisfacente ai sensi della lettera i).

Pertanto, risulta evidente l'importanza di definire nella maniera più oggettiva possibile lo "Stato di conservazione" di un habitat. Purtroppo, nonostante l'habitat "*Posidonia*" sia ormai da decenni oggetto di numerosissimi studi, programmi di ricerca e seminari a livello internazionale, a causa delle innumerevoli variabili coinvolte (densità dei fasci fogliari, tipologia del limite inferiore, indice fogliare, ed altri), non è mai stato codificato un criterio condiviso per la valutazione dello stato di conservazione, che tenga conto di tutte le variabili in gioco.

Di seguito si riportano i principali sistemi di classificazione e valutazione dello stato ecologico dei posidonieti.

2.3.1. Caratteristiche "strutturali" del posidonieto

La densità dei fasci fogliari (misurata come numero di fasci per m²) è una variabile molto importante per descrivere la struttura di un posidonieto e per valutarne nel tempo l'evoluzione dello stato ecologico (Buia et al., 2003).

Questo descrittore è alla base del sistema di classificazione proposto da Giraud (1977) e poi modificato da Pergent et al. (1995) che, in relazione alla densità dei fasci, prevede una scala di valutazione con 5 tipi di praterie (Tabella 2.1.a).

Successivamente, Pergent et al. (1995) e Pergent-Martini & Pergent (1996) hanno proposto una nuova classificazione che, oltre al descrittore strutturale "densità dei fasci", tiene conto anche della profondità e di altri fattori ambientali (torbidità, disturbi antropici, ecc.) (Tabella 2.1.b).

Tabella 2.1 Classificazioni delle praterie di P. oceanica in base alla densità dei fasci, secondo:

a) Giraud (1977) (modificata da Pergent et al., 1995):

Tipo	Densità fasci (n/m ²)	Valutazione
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	Semiprateria

b) Pergent et al. (1995) e Pergent-Martini & Pergent (1996):

Classificazione della prateria				
	Molto disturbata	Disturbata	In equilibrio	
Densità fasci				
Prof. (m)	Anormale	Bassa	Normale	Eccezionale
1	<822	822 - 934	934 - 1158	> 1158
2	<646	646 - 758	758 - 982	>982
3	<543	543 - 655	655 - 879	>879
4	<470	470 - 582	582 - 806	>806
5	<413	413 - 525	525 - 749	>749
6	<367	367 - 479	479 - 703	>703
7	<327	327 - 439	439 - 663	>663
8	<294	294 - 406	406 - 630	>630
9	<264	264 - 376	376 - 600	>600
10	<237	237 - 349	349 - 573	>573
11	<213	213 - 325	325 - 549	>549
12	<191	191 - 303	303 - 527	>527
13	<170	170 - 282	282 - 506	>506
14	<151	151 - 263	263 - 487	>487
15	<134	134 - 246	246 - 470	>470
16	<117	117 - 229	229 - 453	>453
17	<102	102 - 214	214 - 438	>438
18	<88	88 - 200	200 - 424	>424
19	<74	74 - 186	186 - 410	>410
20	<61	61 - 173	173 - 397	>397

2.3.2. L'Indice PREI quale misura del "Rapporto di Qualità Ecologica" (RQE)

La Direttiva Quadro sulle Acque dell'UE (Direttiva 2000/60/CE) richiede la definizione di metodi per quantificare lo stato ecologico dei corpi idrici. Per garantire la comparabilità tra i diversi metodi di valutazione e, quindi, fornire una scala comune di qualità ecologica, la Direttiva prevede che i risultati della valutazione biologica debbano essere espressi utilizzando il "Rapporto di qualità ecologica" (RQE), con una scala numerica tra zero e uno: il valore RQE pari ad uno rappresenta le condizioni di riferimento (valori rilevati nei siti di riferimento, ovvero non soggetti a pressioni antropiche significative) specifiche di quel sistema ecologico, mentre i valori di RQE prossimi allo zero rappresentano un cattivo stato ecologico (Figura 2.2; Tabella 2.2).

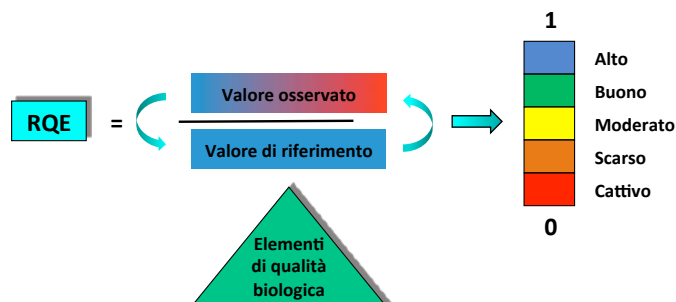


Fig. 2.2 Rappresentazione grafica del RQE - Rapporto di Qualità Ecologica (modif. da van de Bund e Solimini, 2007).

Tab. 2.2 Limiti di classe degli RQE per l'EQB "Posidonia oceanica" e condizioni di riferimento riferiti ai valori dell'Indice PREI.

RQE (= PREI)	Stato Ecologico
0,775 - 1	Elevato
0,550 - 0,774	Buono
0,325 - 0,549	Sufficiente
0,100 - 0,324	Scarso
< 0,100	Cattivo
Condizioni di riferimento DM 260/2010	
Densità	599 fasci/m ²
Superficie fogliare fascio	310 cm ² /fascio
Biomassa epifiti/ biomassa fogliare	0
Prof. limite inferiore	38 m

2.3.3. Indice di Conservazione

Nell'ambito della valutazione dello stato di salute delle praterie di *P. oceanica* sono stati proposti approcci non distruttivi, basati sull'applicazione di tre indici ecologici sintetici: l'Indice di Conservazione (CI), l'Indice di Sostituzione (SI) e l'Indice di Spostamento di Fase (PSI) (per una descrizione esaustiva si rimanda alla review di Montefalcone, 2009). Tali indici presentano le caratteristiche ideali per un indicatore ecologico in quanto capaci di catturare le complessità dell'ecosistema pur rimanendo abbastanza semplici da essere facilmente e regolarmente monitorati (Dale e Beyeler, 2001).

Mentre gli indici SI e PSI sono adatti a valutare lo stato ecologico di praterie nelle quali *P. oceanica* compete per lo spazio con altre specie (es. *Cymodocea nodosa* o *Caulerpa* spp.) e quindi non sono utilizzabili nel caso in esame dove tali specie non sono state rinvenute, l'**Indice di Conservazione (CI)** misura l'abbondanza proporzionale della "matte morta" rispetto alla *P. oceanica* viva e, quindi, ben si adatta ai dati raccolti nel presente monitoraggio.

Pertanto, pur non essendo stato previsto l'utilizzo di questo indice dal Piano di Monitoraggio, utilizzando i dati di ricoprimento raccolti lungo i 5 transesti SG_1-5 (vedi 3.2), per ciascuno di essi è stato calcolato il valore di CI e stabilito il corrispondente stato ecologico della prateria secondo le classi proposte da Montefalcone (2009) (Tabella 2.3).

Tab. 2.3 Scala dello Stato di Conservazione dei posidonieti valutato secondo l'Indice di Conservazione (Montefalcone, 2009).

Valore CI	Stato di conservazione
CI < 0,3	Cattivo
0,3 ≥ CI < 0,5	Scadente
0,5 ≥ CI < 0,7	Moderato
0,7 ≥ CI < 0,9	Buono
CI ≥ 0,9	Elevato

2.4. Sito di Interesse Comunitario SIC IT91200009 "Posidonieto San Vito – Barletta"

La Regione Puglia, in virtù della presenza della prateria di *Posidonia oceanica*, fin dal 1995 ha proposto l'istituzione del Sito di Importanza Comunitaria "Posidonieto San Vito – Barletta" (codice IT91200009) ai sensi dell'art. 4, paragrafo 1, della direttiva 92/43/CEE. Successivamente il SIC "Posidonieto San Vito – Barletta" è stato designato come Area Speciale di Conservazione (ZSC) della regione biogeografica mediterranea (DM 21/03/2018 - G.U. 82 del 09/04/2018).

Il SIC "Posidonieto San Vito – Barletta", si estende lungo circa 65 km di coste, su di una area di 12.459 ettari, ed interessa le aree marine antistanti i Comuni di Monopoli, Polignano a Mare, Mola di Bari, Bari, Giovinazzo, Molfetta, Bisceglie, Trani e Barletta (Figura 2.3). La profondità del tratto di mare interessato dal SIC è compresa tra 3 e 16 metri.

Il Sito Natura 2000 riporta che il SIC è caratterizzato da una *non spiccata rigogliosità della prateria, che lascia spazio sufficiente all'insediamento di varie biocenosi tipiche del piano infralitorale. Particolarmente diffuse nell'ambito della biocenosi ad alghe fotofile le specie Cystoseira sp. e Dictyota sp., presenti sia su substrati rocciosi sia sugli ampi tratti di fondali a "matte morta". In prossimità del limite inferiore (15-16 m) della prateria è presente la biocenosi coralligena che si sviluppa, in estensione ed altezza, man mano che aumenta la profondità. Essa evidenzia la capacità di colonizzare livelli batimetrici superficiali anche a causa di una certa torbidità che caratterizza le acque di questo tratto di mare. La biocenosi mostra comunque il massimo del suo sviluppo nella fascia batimetrica tra i 18 ed i 27 m, con costruzioni organogene, realizzate da una miriade di organismi (alghe incrostanti, poriferi, cnidari, briozoi, anellidi, ascidiacei, ecc.). Tali biocostruzioni risultano spesso imponenti come dimostrano alcuni sonogrammi registrati durante la navigazione in questo tratto di mare. Alla biocenosi coralligena si sostituiscono gradualmente, all'aumentare della profondità (30-40 m), i fondi detritici organogeni. (Natura 2000).*



Fig. 2.3 Estensione del SIC IT9120009 "Posidonieto San Vito – Barletta" con particolare riferimento al tratto prospiciente il Comune di Molfetta (elaborazione su dati Natura 2000 e Regione Puglia).

L'estensione del SIC si basa su una prima mappatura (in scala 1:25.000) delle praterie di *Posidonia* lungo le coste della Puglia condotta negli anni '90 nell'ambito del progetto: "*Mappatura delle praterie di Posidonia oceanica lungo le coste delle regioni Liguria, Toscana, Lazio, Basilicata e Puglia*" promosso dal Ministero della Marina Mercantile – Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare - ed affidato al coordinamento tecnico della Snam Progetti.

Tale studio, per la zona Bari – Barletta riporta che: *Nel tratto di costa compreso tra Bari e Barletta, il Posidonieto rinvenuto sembra essere in evidente stato di regressione. Gran parte della superficie è infatti ricoperta soltanto da "matte morta", mentre solo in prossimità della città di Bari è presente una prateria su matte in discrete condizioni di salute con un indice di ricoprimento aggirantesi sul 60-70%, una densità fogliare del III stadio secondo la scala di Giraud ed una altezza fogliare di 40-50 cm. La porzione di Posidonieto compresa tra Barletta e Trani presenta condizioni di salute alquanto precarie alternando ampi tratti a "matte morta" con alcuni cespugli di Posidonia viva sempre su matte ad indicare la preesistenza in quel tratto di una prateria di Posidonia.*

Nel 2006, nell'ambito del progetto POR Puglia "*Inventario e cartografia delle praterie di Posidonia nei compartimenti marittimi di Manfredonia, Molfetta, Bari, Brindisi, Gallipoli e Taranto*" sono stati ridefiniti i limiti di distribuzione

dell'erbario di *Posidonia* all'interno delle aree SIC mare, giungendo ad un ridimensionamento di tali erbari rispetto all'estensione dei SIC stessi. Lo studio riporta che, per il Compartimento Marittimo di Molfetta (da Nord di Bari alla foce del Fiume Ofanto) la *Posidonia* si presenta su matte tra i 5 e i 12-15 m, fino a Palese, mentre in località S. Spirito assume l'aspetto a mosaico con substrati duri, fino a Giovinazzo (Cala S. Spiriticchio). A questo punto la fanerogama termina, per localizzarsi ancora, con una piccola chiazza su matte, all'ingresso del Porto di Molfetta. La rimanente fascia costiera di questo Compartimento è priva della pianta. Un affioramento di "matte morta" è evidente a S del Porto di Barletta.

Le biocenosi marine presenti nell'area oggetto di indagine erano state caratterizzate nell'ambito di indagini riportate nello studio di Valutazione di Impatto Ambientale e Valutazione Ambientale Strategica condotto nel 2004 per il Piano Regolatore del Porto di Molfetta. I risultati delle indagini, sintetizzate in una carta biocenotica del tratto di mare antistante il Porto di Molfetta (Figura 2.4), avevano evidenziato la presenza di "biocenosi bentoniche tipiche del piano infralitorale fotofilo ed in parte di biocenosi del circolitorale". La biocenosi più comune era "risultata quella ad Alghe Fotofile (AP) sensu Pérès-Picard (1964)" presente sia sul substrato roccioso che su "ampi tratti di fondale a "matte morta" resi disponibili alla ricolonizzazione vegetale a seguito della progressiva riduzione di *Posidonia oceanica*".

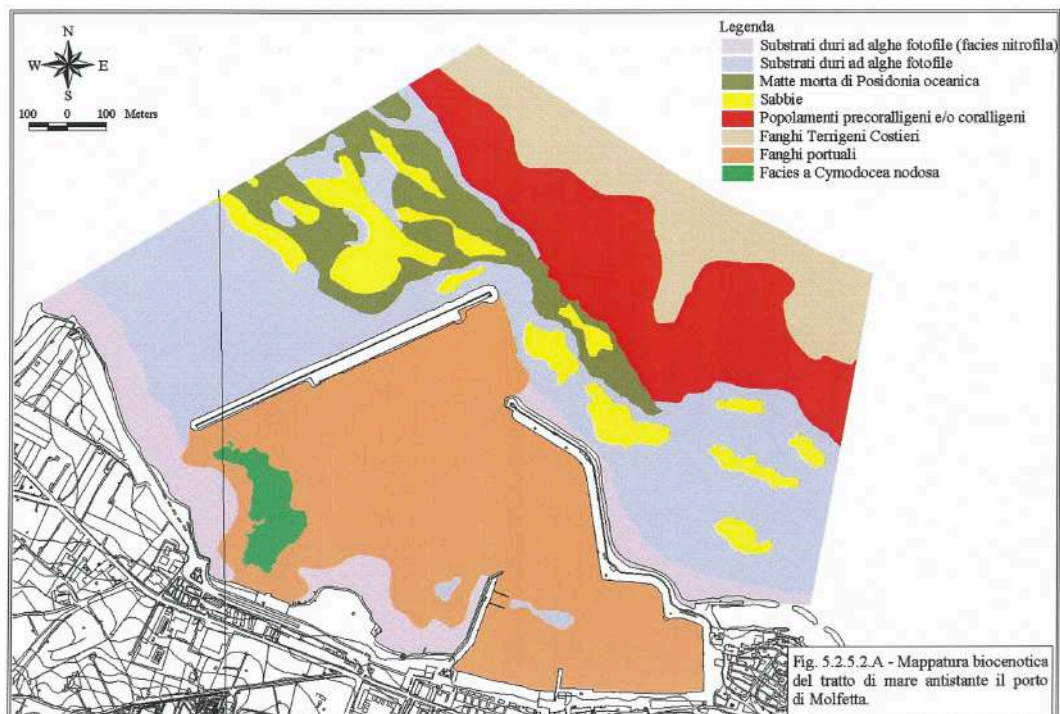


Fig. 2.4 Mappa biocenotica dell'area interessata dai lavori del Porto di Molfetta, prodotta nell'ambito dello Studio di VIA elaborato nel 2004 per il Piano Regolatore del Porto di Molfetta.

2.5. Stato ecologico del Posidonieto: risultati precedenti monitoraggi (2010-2011)

Come emerge dalle informazioni cartografiche derivanti dalle indagini condotte nell'ambito del Progetto POR del 2006 sopra citato, l'estensione del sito SIC IT9120009 "Posidonieto San Vito – Barletta" copre una vasta area in cui ricadono anche alcune zone limitrofe al porto della città di Molfetta.

A seguito di varie indagini (*ante operam*, *post operam* e di validazione) condotte tra il 2010 e il 2011 dal Comune di Molfetta e da ARPA Puglia, ci si accorse che l'estensione della biocenosi a *P. oceanica* era notevolmente inferiore rispetto a quanto riportato sulla cartografia ufficiale. I risultati di tali indagini evidenziarono la presenza di questa fanerogama marina solo in un'area antistante un'insenatura naturale nota come "Seno il Salso" o "Cala San Giacomo".

Dai rapporti di queste precedenti campagne emerse la presenza della biocenosi a *P. oceanica* esclusivamente nella zona individuata dalle stazioni T1S1 e T1S2. La distribuzione batimetrica della prateria era limitata tra i 2 e i 4 metri di profondità (raramente fino ai 6 metri). Tutte le indagini condotte definirono di tipo *regressivo* il limite inferiore della prateria.

In base ai dati di copertura di *P. oceanica* e di densità assoluta e relativa (rispettivamente 55.8 ± 4.4 e 33.5 ± 2.7 fasci/m²) raccolti durante le campagne realizzate dal Comune di Molfetta e successivamente validati da ARPA Puglia, i rapporti di tali indagini concordarono nel definire la biocenosi come "*Semiprateria*" secondo la classificazione di Giraud (1977) e come "*Prateria molto disturbata*" in base alla scala proposta da Pergent et al. (1995) e Pergent-Martini & Pergent (1996) (Tabella 2.1).

2.6. Stato ecologico del Posidonieto: risultati Monitoraggio ante-operam ("Campagna Ø")

Dai risultati delle indagini effettuate nel 2020 è emerso chiaramente che *Posidonia oceanica* è presente ormai solo in Cala San Giacomo (o Seno "Il Salso"). Nel resto dell'area indagata sono state rinvenute solo zone con matte morta, segno di una prateria un tempo molto più estesa.

La superficie di fondo occupata dalla pianta è stata stimata in circa 11.000 m² ad una profondità limitata a 2,5-3 m. La parte viva si presenta con delle chiazze di ampiezza variabile da 1-2 m² fino a 20 m² circondate da "matte morta" che si eleva di 1-1,5 m sul livello del substrato sabbioso sottostante.

Lungo il limite superiore (verso l'interno della Cala) le piante presentavano foglie fortemente epifitate, mentre quelle lungo il limite inferiore (verso il mare aperto) apparivano con meno alghe epifite, ma con i margini spezzati ed evidenti segni di predazione da parte dei pesci, quali ad es. la salpa (*Sarpa salpa*).

Ove presente, *P. oceanica* si presentava come popolamenti "puri" con una densità di fasci compresa tra 169 e 463 fasci/m² ed un valore medio di 244 (± 174) fasci/m², dati che, secondo la classificazione di Giraud (1977), fanno classificare questa prateria come compresa tra la **Tipo IV "Prateria molto-rada"** e la **Tipo II "Prateria densa"**.

Invece, applicando la scala di Pergent-Martini & Pergent (1996) che considera anche la profondità, la prateria viene classificata come "**Prateria molto disturbata**".

La mancanza di foglie intere ha reso impossibile calcolare variabili quali la produzione primaria delle foglie. La produzione annuale di foglie, valutata con le misure lepidocronologiche, è risultata compresa nel *range* riportato per la prateria di Otranto (sud Adriatico) (Guidetti et al., 2000), ma il maggiore allungamento del rizoma e la mancanza di peduncoli fiorali indicherebbero un elevato tasso di sedimentazione nell'area studiata.

Sulla base dei valori dell'Indice PREI il posidonieto presente in Cala San Giacomo presentava uno **Stato Ecologico "Sufficiente"** (oppure "Scarso" se si considera il valore minimo dell'Intervallo di Confidenza).

Applicando l'Indice di Conservazione (CI) (Montefalcone, 2009), che misura l'abbondanza proporzionale della "matte morta" rispetto alla *P. oceanica* viva, il posidonieto presente nell'area oggetto del monitoraggio presentava uno **Stato di Conservazione "Moderato"**.

3. Metodiche di monitoraggio

3.1. Personale impegnato

Il monitoraggio dello stato del Posidonieto 2022 è stato condotto dal seguente personale della Sede di Taranto del CNR-IRSA:

- Dr. Giovanni FANELLI (indagini subacquee, elaborazione dati, redazione report, coordinamento attività)
- Dr. Fernando RUBINO (indagini subacquee, elaborazione dati, redazione report)
- Dr.ssa Antonella PETROCELLI (analisi campioni *Posidonia oceanica*, elaborazione dati, redazione report)
- Dr. Giuseppe DENTI (supporto a terra, elaborazione dati, redazione report)
- Dr.ssa Loredana PAPA (elaborazione dati, redazione report)
- Dr.ssa Lucia SPADA (reportistica)

3.2. Attività di campo della Campagna 2022

Le attività sono state condotte dal 7 al 9 giugno 2022 con i seguenti obiettivi:

1. Valutare la condizione dell'habitat attraverso:
 - a. stime vive *in situ* del ricoprimento, ovvero della percentuale di substrato ricoperto dalle piante di *P. oceanica*, rispetto a quello non ricoperto (sabbia, roccia, "matte" morta, etc.);
 - b. misure di densità dei fasci mediante rilevamenti in quadrati 40 x 40 cm;
 - c. valutazione di ulteriori caratteristiche del limite della prateria.
2. Campionare i fasci di *Posidonia* necessari per le successive analisi in laboratorio della morfometria, lepidocronologia e biomassa;
3. Prelevare campioni di sedimento per le successive analisi in laboratorio della granulometria e del TOC;
4. Monitorare le variabili chimico-fisiche lungo la colonna d'acqua.

Le attività di campo per la valutazione dell'estensione del Posidonieto sono state condotte lungo 5 transetti costa-largo, indicati da SG_1 a SG_5, in Cala San Giacomo (Figura 3.1).

3.3. Indagini in immersione subacquea

3.3.1. Estensione della prateria

Secondo quanto comunicato al Comune di Molfetta con nota protocollo 0002315/2021 del 07/05/2021, da inoltrare ad ARPA Puglia, e analogamente alla "Campagna 1" le attività di campo sono state limitate alla sola Cala San Giacomo, in quanto dall'analisi dei video registrati nei transetti T1-T5 nel giugno del 2020 è emerso chiaramente come la prateria sia ormai presente solo nella suddetta Cala. Tale situazione si era già resa evidente nel corso delle indagini effettuate nel 2010 e 2011 (vedi paragrafo 2.5 di questa relazione), rendendo inutile di fatto ulteriori ispezioni nell'area al di fuori di Cala San Giacomo.

Tramite l'utilizzo di trascinatori subacquei e di un GPS posizionato sulla boa sub è stato condotto un nuovo rilevamento dei limiti superiore ed inferiore del Posidonieto.

3.3.2. Condizione dell'habitat: stime vive in immersione

La scelta di Cala San Giacomo quale sito privilegiato per il monitoraggio del Posidonieto ci ha dato la possibilità di intensificare le attività nell'area. Infatti, sono stati condotti cinque transetti di lunghezza di 30 metri ciascuno, per valutare la condizione dell'habitat, invece dei tre effettuati nel 2020.

Le attività sono state svolte da operatori subacquei esperti in immersione con ARA (autorespiratore ad aria) e supportati logisticamente da personale a terra.

La documentazione fotografica è stata prodotta per mezzo di una fotocamera Nikon Coolpix W300.

Come riferimento per la pianificazione e realizzazione dei rilevamenti, il Piano di Monitoraggio prevedeva l'utilizzo del protocollo ISPRA descritto nella Scheda Metodologica "Modulo 10, Habitat delle praterie di *Posidonia oceanica*"

pubblicata dal Ministero dell'Ambiente ad Ottobre 2017 relativamente ai Programmi di Monitoraggio per la Strategia Marina (Art.11 del D. Lgs 190/2010), mentre la raccolta dei dati si sarebbe dovuta effettuare secondo la scheda metodologica "Monitoraggio relativo alle praterie di *Posidonia oceanica*" redatta da ISPRA nel 2012. Tuttavia, l'assenza di una vera e propria prateria di *Posidonia*, estesa anche in profondità (ad esempio per permettere l'individuazione di una stazione di campionamento a 15 m di profondità), localizzata invece in una area circoscritta di Cala San Giacomo e su fondali di bassa profondità, ha costretto ad un cambio del piano di campionamento, come già avvenuto per il 2020, per adattare le suddette metodologie alle effettive condizioni del Posidonieto.

Pertanto, la valutazione delle condizioni dell'habitat e della densità della prateria è stata effettuata lungo 5 transetti (SG_1, SG_2, SG_3, SG_4, SG_5) di 30 metri, individuati in modo casuale con l'ausilio di tabelle di numeri random, ed orientati in direzione costa-largo (rotta approx 035°). Un GPS posizionato sulla boa di segnalamento di uno dei due subacquei ha permesso di geo-referenziare con sufficiente grado di precisione il percorso eseguito lungo i transetti. La loro localizzazione è rappresentata in Figura 3.1 e la Tabella 3.1 riporta le coordinate dei punti di inizio e di fine transetto.

Lungo i cinque transetti SG_1, SG_2, SG_3, SG_4 e SG_5 sono state effettuate stime visive *in situ* delle seguenti variabili:

- Ricoprimento percentuale: posizionando un quadrato standard 1 m x 1 m lungo l'intera estensione di ciascun transetto sono state effettuate riprese fotografiche della superficie interna al quadrato, per un totale di 30 repliche per transetto (Figura 4.6). È stata utilizzata una fotocamera Nikon Coolpix W300 e le immagini ad alta definizione sono state successivamente analizzate in laboratorio per ricavare la percentuale di copertura di: *Posidonia oceanica* viva, "matte morta", substrato non ricoperto (sabbia, roccia, etc.); queste variabili sono state utilizzate anche per il calcolo dell'Indice di Conservazione;
- Caratteristiche della prateria: continuità della prateria, composizione della prateria, tipo di substrato (roccia, sabbia, matte, mista), fonti di disturbo evidenti, presenza di alghe alloctone, presenza di fioritura;
- Caratteristiche del limite inferiore: profondità, tipologia, scalzamento dei rizomi lungo il limite inferiore, (definito come la distanza (cm) tra il sedimento e la base dei rizomi (Boudouresque et al., 1984));
- Densità dei fasci: in ciascuno dei 5 transetti SG_1, SG_2, SG_3, SG_4 e SG_5 sono state eseguite 3 stime di densità, attraverso la conta dei fasci fogliari su una superficie standard di 40 cm x 40 cm, riportando poi la densità al metro quadro. I punti per le stime sono stati scelti in modo casuale.

Tabella 3.1 Coordinate dei punti di inizio e fine dei transetti SG_1-SG_5 in Cala San Giacomo

Transetto	Inizio (i)		Fine (f)	
SG_1	41° 12.884'N	16° 34.567'E	41° 12.899'N	16° 34.580'E
SG_2	41° 12.888'N	16° 34.564'E	41° 12.902'N	16° 34.575'E
SG_3	41° 12.904'N	16° 34.563'E	41° 12.918'N	16° 34.576'E
SG_4	41° 12.905'N	16° 34.554'E	41° 12.919'N	16° 34.569'E
SG_5	41° 12.911'N	16° 34.542'E	41° 12.926'N	16° 34.554'E

3.4. Condizione dell'habitat: raccolta campioni

All'interno della prateria, lungo un transetto parallelo al limite inferiore, sono stati campionati n.6 fasci ortotropi per analisi lepidocronologiche ed altrettanti fasci per le analisi morfometriche e di biomassa della pianta. I fasci campionati sono stati conservati singolarmente in buste di plastica e congelati fino al momento dell'analisi condotta entro 30 gg dal campionamento.

Il campionamento e i rilevamenti effettuati hanno compreso tutte le variabili necessarie per il calcolo dell'indice PREI (*Posidonia oceanica Rapid Easy Index*), indice di valutazione della qualità ecologica della prateria. Questo indice integra gli effetti di differenti cause riconducibili agli impatti delle attività antropiche quali le alterazioni fisiche, chimiche e biologiche, indotte da agenti inquinanti nelle acque e nei sedimenti, o da significative alterazioni fisico-morfologiche del tratto costiero (Gobert et al., 2009).

Infine, mediante l'ausilio di un carotiere in PVC, in prossimità del transetto SG_3, ad una profondità di circa 2,5 m, è stato prelevato un campione di sedimento superficiale per l'analisi del Carbonio Organico Totale (TOC) e un altro per le analisi granulometriche, conservati entrambi a -20 °C in laboratorio fino allo svolgimento delle relative analisi.

Anche questi punti di campionamento, così come i punti di inizio dei transetti per i rilevamenti, sono stati scelti in modo casuale con l'ausilio di tabelle di numeri random.



Fig. 3.1 Cala San Giacomo: posizione dei transetti per la valutazione della condizione dell'habitat.

3.5. Indagini di laboratorio

Considerando che "il singolo fascio fogliare rappresenta l'unità funzionale più comoda per descrivere una prateria" (Buia et al., 2003), le misurazioni lepidocronologiche e quelle dei descrittori funzionali sono state effettuate in laboratorio sulle singole foglie di ciascun fascio prelevato in immersione, in accordo a quanto indicato nel protocollo ISPRA. I dati raccolti sono stati espressi come valore medio \pm SD.

3.5.1. Variabili lepidocronologiche

Ciascuno dei 6 fasci prelevati al limite inferiore della prateria è stato accuratamente sciacquato con acqua dolce per eliminare residui di sedimento e sale. Successivamente, sono state misurate la lunghezza e la larghezza del rizoma ortotropo intero. La larghezza del rizoma è stata misurata con un calibro. Quindi, è stata condotta l'analisi delle scaglie per individuare l'età del rizoma e del ciuffo, nonché il numero di foglie prodotte ogni anno dal rizoma stesso. Con l'ausilio di una pinzetta, sono state staccate con accortezza le scaglie a partire dalla regione del rizoma più lontana dall'attacco delle foglie presenti. Le singole scaglie sono state distribuite in ordine sul piano di lavoro e per ciascuna di esse, tramite un calibro, è stato misurato lo spessore a 1 cm dalla base. In corrispondenza di ogni minimo, il rizoma è stato tagliato, misurato, e messo da parte per le successive misure di biomassa.

3.5.2. Variabili morfometriche

Per ciascuno dei 6 ciuffi, delicatamente con una pinzetta, sono state separate le singole foglie, procedendo dall'esterno verso l'interno e alternativamente a destra e a sinistra. Queste sono state via via disposte sul piano di lavoro in ordine decrescente, al fine di effettuare le misure morfometriche e ricavare i descrittori funzionali sintetici della pianta. Inizialmente, è stato contato il numero totale di foglie raggruppando le adulte, che sono provviste di base, con le intermedie, e a parte, quando presenti, le giovani. La biometria delle singole foglie è stata rilevata manualmente con un righello, valutando la lunghezza della base delle foglie adulte, nonché lunghezza del lembo e larghezza a metà del lembo di tutte le singole foglie adulte e intermedie. In presenza di tessuto bruno, non fotosintetizzante, ne è stata misurata la lunghezza.

Dalle misure dei descrittori sintetici è stato calcolato il "coefficiente A", ovvero la percentuale di foglie adulte e intermedie prive di apice intero.

3.5.3. Variabili di biomassa

Le foglie misurate e i frammenti di rizoma tagliati all'altezza di ogni singolo anno sono stati singolarmente avvolti in fogli di alluminio accuratamente marcati e posti in stufa a 60°C per 48 ore fino al raggiungimento del peso costante. Il peso secco in g è stato misurato su una bilancia analitica Sartorius MC1 AC 210P.

3.6. Metodi di valutazione dello Stato Ecologico

3.6.1. Valutazione delle caratteristiche "strutturali" del posidonieto

Le caratteristiche "strutturali" della prateria sono state valutate attraverso i dati di densità dei fasci fogliari rilevati in immersione lungo i 5 transetti SG1-SG5 descritti in precedenza (vedi paragrafo 3.3.2).

In ciascun transetto sono stati eseguiti 3 conteggi dei fasci fogliari all'interno di un "frame" standard 40 cm x 40 cm; dai conteggi è stata poi calcolata la densità dei fasci fogliari nella prateria (fasci/m²).

Le densità rilevate sono state confrontate con le classi individuate da Giraud (1977) e Pergent *et al.* (1995) descritte al paragrafo 2.3.1.

3.6.2. Calcolo dell'Indice PREI quale misura del "Rapporto di Qualità Ecologica" (RQE)

Come richiesto dalla Direttiva Europea 2000/60/CE (Water Framework Directive) e come previsto dal DM Ambiente 260/2010, La qualità ecologica (RQE) del posidonieto presente nell'area marina oggetto di analisi è stata valutata applicando l'indice PREI (*Posidonia Rapid Easy Index*), calcolato con l'equazione:

$$RQE = (RQE' + 0,11) / (1 + 0,10)$$

dove $RQE' = (Ndp + Nsf + Rbef + Linf) / 3,5$ in cui:

- Ndp (Densità prateria) (fasci/m²) = *Valore misurato - 0 / Valore di riferimento - 0*
(in cui 0 viene considerato il valore di densità indicativo di pessime condizioni);
- Nsf (Superficie fogliare del fascio (cm²/fascio) = *Valore misurato - 0 / Valore di riferimento - 0*
(in cui 0 viene considerato il valore di superficie fogliare fascio indicativo di pessime condizioni);
- Rbef (Rapporto tra biomassa epifiti e biomassa fogliare del fascio) (mg s.s./fascio) =
 $[1 - (biomassa\ epifiti / biomassa\ fogliare)] \times 0,5$;
- Linf (Profondità del limite inferiore della prateria) = $(N' - 12) / (valore\ di\ riferimento\ profondità - 12)$,
in cui 12 m viene considerata la profondità minima del limite inferiore indicativa di pessime condizioni,
e N' = profondità limite inferiore misurata - 3 (quale valore di λ per limite inferiore di tipo regressivo).

Per il calcolo dell'indice PREI sono stati utilizzati i valori di riferimento riportati nel DM 260/2010; inoltre, il calcolo è stato ripetuto applicando per la "Densità prateria" e la "Profondità del limite inferiore della prateria" anche i valori di riferimento suggeriti da ARPA Puglia per la valutazione dei posidonieti pugliesi dell'Adriatico (ARPA Puglia, 2018 – Monitoraggio Operativo, Acque Marino-costiere: Elemento di Qualità Biologica ANGIOSPERME).

Per tenere conto della variabilità naturale dei dati registrati, i calcoli del PREI sono stati ripetuti considerando per ogni descrittore dell'indice sia i valori medi che i valori "minimo" e "massimo" dell'intervallo di confidenza ($\alpha < 0,05$).

Lo "Stato Ecologico" del posidonieto è stato valutato confrontando i valori del RQE (\equiv PREI) stabiliti dal DM 260/2010 riportati in Tabella 2.2.

3.6.3. Calcolo dell'Indice di Conservazione

Lo Stato di Conservazione della prateria di *P. oceanica* è stato valutato con il *Conservation Index* che misura l'abbondanza proporzionale della "matte morta" rispetto alla *P. oceanica* viva (Moreno et al., 2001; Montefalcone, 2009).

Per il calcolo sono stati utilizzati i dati di "ricoprimento percentuale" raccolti lungo i 5 transetti SG_1-5 (vedi paragrafo 3.3.2) e valutando il CI per ciascuno di essi, oltre che in generale per l'intera prateria, e individuando il corrispondente "Stato di Conservazione" della prateria (vedi Tabella 2.3).

3.7. Monitoraggio variabili chimico-fisiche lungo la colonna d'acqua

In corrispondenza del transetto SG_3 (Figura 3.1 e Tabella 3.1), per mezzo di una sonda multi-parametrica IDROMAR IP050D, sono stati acquisiti dati di temperatura, salinità, percentuale d'ossigeno disciolto e potenziale redox. Il profilo è stato effettuato lungo tutta la colonna d'acqua sia in discesa che in risalita, movimentando la sonda alla velocità costante di circa 1 m/sec.

3.8. Monitoraggio variabili chimico-fisiche dei sedimenti

3.8.1. Granulometria

A supporto delle indagini condotte per la valutazione dello stato della biocenosi presente nell'area d'interesse, presso i laboratori della sede CNR – IRSA di Taranto sono state eseguite analisi per la determinazione della granulometria del sedimento seguendo la metodologia riportata in "Linee guida sulle analisi granulometriche dei sedimenti marini" (Romano et al., 2018).

L'analisi granulometrica ha previsto una prima fase di "pretrattamento" del campione allo scopo di eliminare il contenuto salino e la materia organica eventualmente presenti.

La fase analitica successiva ha permesso di determinare le singole classi dimensionali che costituiscono il sedimento. Le metodiche analitiche che si sono evolute nel tempo sono molteplici; tra esse è stata selezionata ed eseguita la setacciatura, o vagliatura. Questa metodologia prevede la separazione del sedimento per mezzo di una pila di setacci con dimensione della maglia decrescente dall'alto verso il basso. Nello specifico, sono stati utilizzati due setacci con maglie rispettivamente di 2000 μ m e 63 μ m; il setaccio superiore ha permesso la separazione della frazione della ghiaia da quella della sabbia, mentre quello inferiore la sabbia dalla frazione pelitica più fine. I parametri determinati sono stati:

- Percentuale di ghiaia su totale del sedimento (%)
- Percentuale di sabbia su totale del sedimento (%)
- Percentuale di peliti su totale del sedimento (%)

3.8.2. Carbonio organico totale (TOC)

Un campione di sedimento superficiale è stato raccolto in corrispondenza del transetto SG3 per la determinazione del contenuto totale di carbonio organico (TOC) espresso in percentuale del peso del campione. L'analisi è stata effettuata dal laboratorio "Tecnologia & Ambiente Srl" di Putignano (BA) secondo il metodo indiretto descritto nella norma UNI EN 13137:2002.

Tale metodo prevede la determinazione del carbonio totale (TC) presente nel campione non essiccato, che viene convertito in anidride carbonica per combustione in un flusso gassoso contenente ossigeno e privo di CO₂. La quantità di CO₂ rilasciata è misurata mediante un sistema di rivelazione all'infrarosso non dispersivo. Il TOC viene calcolato sottraendo al TC il carbonio inorganico (TIC) che viene determinato separatamente, a partire da un'altra aliquota del campione, mediante acidificazione e misurazione della CO₂ rilasciata.

4. Risultati del monitoraggio

4.1. Risultati indagini in immersione subacquea

4.1.1. Descrizione della prateria

Partendo dalla spiaggia di Cala San Giacomo e procedendo in direzione NNE, la prateria di *Posidonia* si incontra dopo circa 180 m dalla riva. Il fondo sabbioso, che in quel punto raggiunge i 4 m, repentinamente risale fino alla profondità di 2,5 m per la presenza di una "matte morta" di *Posidonia* alta 1,0 - 1,5 m. Questa tipologia di habitat, schematizzato in Figura 4.1, è molto comune in tutto il Posidonieto presente in Cala San Giacomo: evidentemente la prateria un tempo ricopriva l'intera baia mentre adesso presenta evidenti segni di regressione con la "matte morta" che progressivamente cede il passo al substrato sabbioso sottostante (Figura 4.2).

La parte viva della prateria è costituita da chiazze di dimensioni comprese tra 50x50 cm fino a diversi metri quadri (20-40 m²) alternate a zone di "matte morta" colonizzate da un popolamento ad Alghe Fotofile (AP, *sensu* Pérès-Picard, 1964) (Figura 4.3). Lungo il limite superiore i fasci fogliari di *Posidonia* appaiono molto epifitati e colonizzati da colonie di idroidi (Figura 4.4).

I margini della prateria sono di tipo regressivo (*sensu* Meinez & Laurent, 1978) e presentano un ulteriore gradino di 10-20 cm sul livello della "matte morta" (Figura 4.4). Questo tipo di margine è indice di una regressione della prateria legata ad un aumento della torbidità media dell'acqua (Meinesz e Laurent, 1978; Boudouresque e Meinesz, 1982).

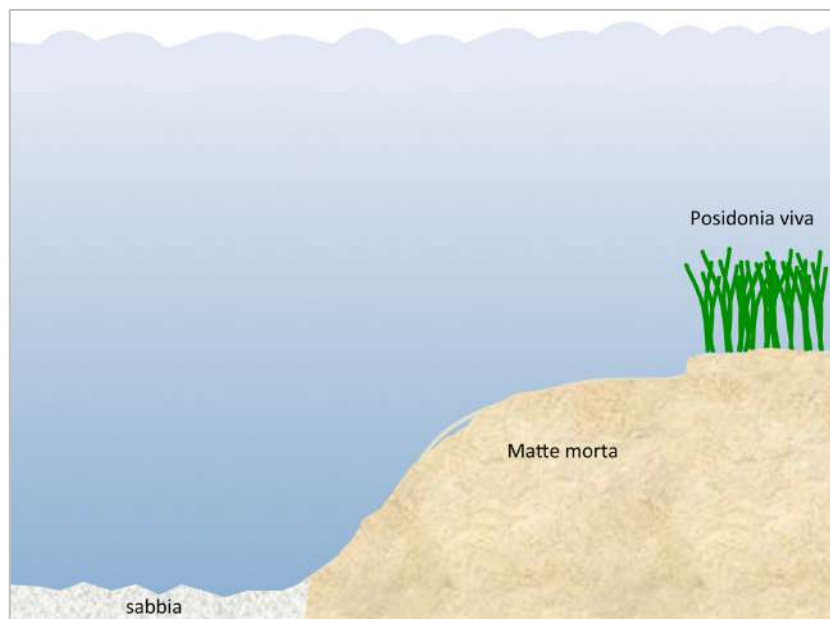


Fig. 4.1 Rappresentazione grafica del limite superiore della prateria di *Posidonia* oceanica all'interno di Cala San Giacomo. (schema non in scala)



Fig. 4.2 Segni di regressione del Posidonieto con la "matte morta" che progressivamente cede il passo al substrato sabbioso sottostante



Fig. 4.3 *P. oceanica* viva su matte, alternata a chiazze di "matte morta" colonizzata da un popolamento ad Alghe Fotofile.



Fig. 4.4 Nella zona del limite superiore le foglie di *Posidonia* presentavano lunghe colonie di idroidi.

4.1.2. Individuazione dei limiti della prateria

La prateria presente in Cala San Giacomo è l'unico Posidonieto presente nell'area di indagine e ha un'estensione approssimativa di 11.000 m². Tale estensione è stata confermata dalle indagini del giugno 2022. La Figura 4.5 illustra i limiti della prateria di *Posidonia* riscontrata in Cala San Giacomo rilevati nel 2020 e confermati dai successivi monitoraggi (giugno 2021 e 2022). Nella Figura 4.5 i limiti sono stati sovrapposti ai 5 transetti condotti nel 2022 per la valutazione dell'habitat.



Fig. 4.5 Limite superiore e limite inferiore del Posidonieto in cala San Giacomo registrati con l'ausilio del GPS

4.1.3. Condizione dell'habitat: risultati delle stime visive in immersione

La Tabella 4.1 riporta i risultati delle stime visive effettuate lungo i cinque transetti SG_1, SG_2, SG_3, SG_4 e SG_5 (Figura 4.5).

In Cala San Giacomo il Posidonieto presente è di tipo discontinuo, con chiazze "vive" alternate a parti di "matte morta" e aree sabbiose. Nelle chiazze con piante vive la prateria di *P. oceanica* si presenta pura, ovvero senza la presenza di altre fanerogame (es. *Cymodocea nodosa*) o macroalghe (es. *Caulerpa* spp.). Durante le prospezioni subacquee non è stata rilevata alcuna traccia di fioritura della pianta.

Nei cinque transetti le percentuali di ricoprimento di *P. oceanica* viva sono comprese tra 6,6% e 62,9%, con una media generale di 37,5% ($\pm 41,1\%$ SD). Come descritto in precedenza (vedi punto 4.1.1) le chiazze del posidonieto si alternano alle aree di "matte morta" che mediamente rappresentano il 34,0% ($\pm 39,3\%$ SD) del substrato. Il rimanente 28,4% ($\pm 36,5$ SD) è rappresentato da substrato vuoto (prevalentemente aree sabbiose).

La densità assoluta dei fasci presenta un valore medio di 575,4 ($\pm 88,6$ SD) fasci/m². Tenendo conto che il ricoprimento medio di *P. oceanica* è risultato essere del 37,5%, la densità relativa dei fasci è stata stimata in 215,8 fasci/m².

Non sono state individuate fonti di disturbo particolarmente evidenti.

Tab. 4.1 Rilevamenti in immersione dei principali descrittori dello stato della prateria

Descrittore	Transetto SG_1			Transetto SG_2			Transetto SG_3			Transetto SG_4			Transetto SG_5			Medie gen. (x±SD)	
Continuità della prateria	Discontinua																
Composizione prateria	Pura																
Ricoprimento % (media±SD, n=30)																	
Posidonia oceanica viva	6,6 ± 18,9			36,8 ± 41,3			62,9 ± 39,9			58,5 ± 42,8			22,8 ± 29,4			37,5 ± 41,1	
Matte morta	70,5 ± 29,4			22,2 ± 29,6			1 ± 3,9			34 ± 43,2			42,4 ± 40,2			34,0 ± 39,3	
Caulerpa racemosa	0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Caulerpa taxifolia	0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Cymodocea nodosa	0,0			0,0			0,0			0,0			0,0			0,0	
Substrato vuoto	22,9 ± 25,6			41 ± 39			36,1 ± 40,5			7,5 ± 15,8			34,8 ± 45,0			28,4 ± 36,5	
Tipo di substrato	Chiazze di "matte" alternate a zone sabbiose																
Fonti di disturbo evidenti	Nessuna fonte di disturbo																
Presenza alghe alloctone	No			No			No			No			No				
Presenza fioritura	No			No			No			No			No				
Densità fasci (40*40 cm)	Replica	# 1.1	# 1.2	# 1.3	# 2.1	# 2.2	# 2.3	# 3.1	# 3.2	# 3.3	# 4.1	# 4.2	# 4.3	# 5.1	# 5.2	# 5.3	92,1 ± 14,2
	Prof. (m)	2,3	2,4	2,4	2,8	2,7	2,5	2,5	2,5	2,7	2,6	2,4	2,5	2,5	2,6	2,3	
	n.	62	78	92	67	94	87	85	98	104	99	104	101	111	106	93	
Densità fasci	n/m²	387,5	487,5	575,0	418,8	587,5	543,8	531,3	612,5	650,0	618,8	650,0	631,3	693,8	662,5	581,3	575,4 ± 88,6
Scalzamento rizomi (cm)	Plagiotropi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
	Ortotropi	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0 ± 0,0
Limite prateria	Prof. (m)	2,5	2,8	2,8	3,0	2,8	2,3	2,5	2,7	3,0	2,8	2,9	3,0	3,2	3,0	2,9	2,8 ± 0,2
	Tipo	Regressivo			Regressivo			Regressivo			Regressivo			Regressivo			

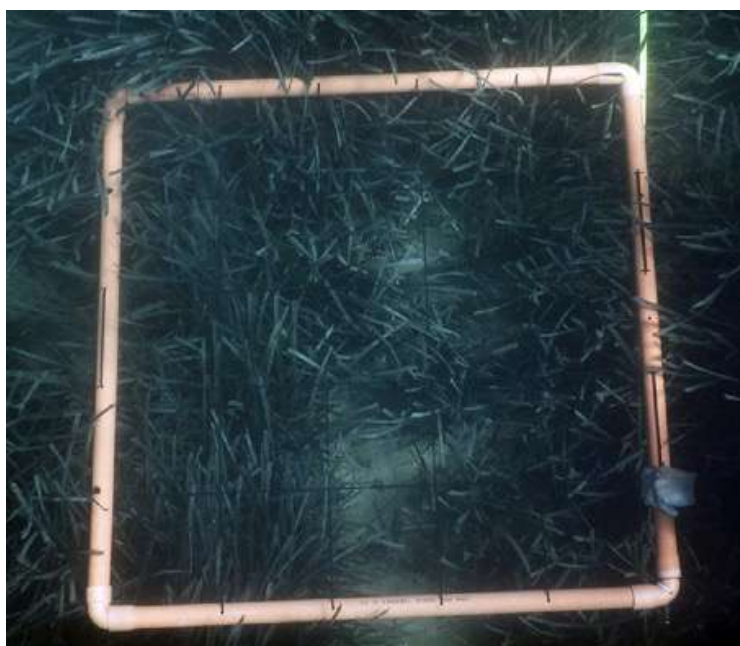


Figura 4.6 Stima del ricoprimento della prateria di *Posidonia oceanica* in Cala San Giacomo (transetto SG_5).

4.2. Risultati indagini di laboratorio

Le Tabelle 4.2, 4.3 e 4.4 riportano i dati ottenuti dalle misurazioni in laboratorio delle variabili lepidocronologiche, morfometriche e di biomassa dei 6 ciuffi di *Posidonia oceanica*.

4.2.1. Posidonieto: risultati della lepidocronologia

I risultati dell'analisi lepidocronologica effettuata su ogni singolo fascio sono riportati nella Tabella 4.2 e espressi come valore medio \pm SD.

Il numero medio di foglie prodotte per fascio per anno lepidocronologico (TF) è pari a $8,7 \pm 2,1$ variando tra un minimo di 7,7 ed un massimo di 9,4 nei singoli fasci. L'allungamento medio annuale del rizoma (TR) è pari a $1,1 \pm 0,4$ cm, variando tra un minimo di 0,8 cm e un massimo di 1,6 cm nei singoli fasci. La produzione media annuale del rizoma è pari a $0,4 \pm 0,3$ g variando tra un minimo di 0,1 g e un massimo di 0,7 g. La lunghezza media del rizoma è pari a $8 \pm 2,2$ cm, variando tra un minimo di 6 cm e un massimo di 11,9 cm. L'età media dei rizomi è pari a $3,3 \pm 1$ anni, variando tra un minimo di 2 anni ed un massimo di 5 anni. I peduncoli fiorali sono stati trovati solo sul fascio 2.

Tab. 4.2 Variabili lepidocronologiche misurate sui 6 ciuffi di *Posidonia oceanica* prelevati.

Variabile	Unità mis.	Fascio 1	Fascio 2	Fascio 3	Fascio 4	Fascio 5	Fascio 6	Media	SD
Numero foglie fascio anno	n/anno	9,3 \pm 2,1	7,7 \pm 4,2	9,4 \pm 2,1	8 \pm 1,7	8,8 \pm 1,3	8,5 \pm 2,1	8,7	0,7
Allungamento annuale del rizoma	cm/anno	0,9 \pm 0,2	0,8 \pm 0,3	1,4 \pm 0,5	1,6 \pm 0,4	0,9 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1	1,1	0,4
Produzione annuale rizoma	g/fascio/anno	0,3 \pm 0,2	0,2 \pm 0,1	0,7 \pm 0,5	0,6 \pm 0,2	0,1 \pm 0,1	0,1 \pm 0	0,37	0,34
Lunghezza intero rizoma	cm	7,6	6,0	11,9	9,2	7,0	6,2	8,0	2,2
Età rizoma	anni	3	3	5	3	4	2	3,3	1,0
Paleofioritura	anni	0	1	0	0	0	0		

4.2.2. Posidonieto: risultati morfometrici

La Tabella 4.3 riporta i risultati dell'analisi morfometrica condotta sui singoli fasci fogliari; per ciascuna variabile si riporta il valore medio \pm SD delle foglie presenti nel fascio, oltre che il valore medio (\pm SD) generale.

La larghezza media delle foglie adulte è pari a $0,9 \pm 0,1$ cm, variando tra un minimo di 0,8 cm e un massimo di 1,0 cm. La lunghezza media delle foglie adulte è pari a $24,1 \pm 9$ cm, variando tra un minimo di 19,8 cm e un massimo di 32,0 cm. La lunghezza totale media del tessuto bruno (non fotosintetizzante) delle foglie adulte è pari a $10,4 \pm 5,1$ cm, variando tra un minimo di 7,4 cm e un massimo di 15,7 cm. La lunghezza totale media della base delle foglie adulte è pari a $4,5 \pm 0,5$ cm, variando tra un minimo di 4,2 cm e un massimo di 4,8 cm.

La larghezza media delle foglie intermedie è pari a $0,8 \pm 0,1$ cm, variando tra un minimo di 0,7 cm e un massimo di 0,9 cm. La lunghezza totale media delle foglie intermedie è pari a $44,8 \pm 14,4$ cm, variando tra un minimo di 38,2 cm e un massimo di 49,6 cm. La lunghezza totale media del tessuto bruno delle foglie intermedie è pari a $12,4 \pm 9,2$ cm, variando tra un minimo di 8,5 cm e un massimo di 19,4 cm. La lunghezza totale media della foglia intermedia più lunga è pari a $53,3 \pm 6,9$ cm, variando tra un minimo di 45,8 cm e un massimo di 66,2 cm.

Il numero medio di foglie adulte e intermedie per ciuffo è pari a $5,2 \pm 0,8$ cm, variando tra un minimo di 4 e un massimo di 6. Solo fascio #2 è presente una unica foglia giovanile.

Tutte le foglie adulte avevano l'apice rotto e quindi il Coefficiente A è risultato pari a 100%. Il Coefficiente A delle foglie intermedie per ciuffo è pari a $80\% \pm 20\%$, variando tra un minimo di 50% e un massimo di 100%. Pur tenendo in conto che la quasi totalità di foglie era priva di apici interi, il calcolo della variabile "Superficie fogliare fascio" ha rivelato un valore medio di $151,5 \text{ cm}^2/\text{fascio}$ ($\pm 17,4$ SD, n=6).

Tab. 4.3 Variabili morfometriche misurate sui 6 ciuffi di Posidonia oceanica prelevati.

Variabile	Unità mis.	Fascio 1	Fascio 2	Fascio 3	Fascio 4	Fascio 5	Fascio 6	Media	SD
Larghezza foglie adulte	cm	1,0±0,1	0,8±0,1	0,9±0	0,9±0	0,8±0,1	0,9±0,1	0,90	0,10
Lunghezza totale foglie adulte	cm	24,6±9,7	32±13,4	19,8±5,4	23,1±4	21,8±10,6	21,4±8	24,10	9,00
Lunghezza tessuto bruno foglie adulte	cm	7,4±2	7,5±3,6	10,5±5,6	10,9±0,7	15,7±7,9	10,9±5,6	10,40	5,10
Lunghezza della base foglie adulte	cm	4,8±0,2	4,2±1	4,4±0,2	4,3±0,4	4,4±0,2	4,8±0,4	4,50	0,50
Larghezza foglie intermedie	cm	0,9±0	0,8±0	0,9±0	0,9±0,1	0,7±0,1	0,9±0	0,80	0,10
Lunghezza totale foglie intermedie	cm	49,6±4,8	47,4±4	45,7±0,1	44,9±12,6	45,9±26,2	38,2±22	44,80	14,40
Lunghezza tessuto bruno foglie intermedie	cm	19,4±10,8	10,8±5,5	10,7±1,6	8,5±7,6	14,8±16,1	11,4±10,5	12,40	9,20
Lunghezza foglia intermedia più lunga	cm	53,0	50,2	45,8	53,0	66,2	51,8	53,3	6,9
N.ro foglie x ciuffo (ad.+interm.)	n/ciuffo	5	5	5	4	6	6	5,2	0,8
N.ro foglie x ciuffo (giovanili)	n/ciuffo	0	1	0	0	0	0	0,0	0,0
Coefficiente A adulte	%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100,0%	0,0%
Coefficiente A intermedie	%	100%	50%	67%	50%	67%	67%	80,0%	20,0%
Superficie fogliare fascio (ad.+interm.)	cmq/fascio	159,5	153,3	116,4	156,9	161,1	161,5	151,5	17,4

4.2.3. Posidonieto: risultati sulla biomassa

La biomassa media delle foglie del ciuffo è pari a $0,91 \pm 0,15$ g di peso secco, variando tra un minimo di 0,64 g e 1,05 g di peso secco (Tabella 4.4). L'esiguità degli epifiti presenti non ne ha consentito la valutazione in termini di biomassa.

Tab. 4.4 Variazione delle variabili di biomassa sui 6 fasci di Posidonia oceanica.

Variabile	Unità mis.	Fascio 1	Fascio 2	Fascio 3	Fascio 4	Fascio 5	Fascio 6	Media	SD
Biomassa fogliare ciuffo (ad. + interm.)	g peso secco	0,90	0,92	0,64	0,90	1,05	1,05	0,91	0,15
Biomassa epifiti	mg/fascio	non valutabile							
Produzione fogliare per fascio	g/anno	non valutabile perché non ci sono foglie adulte intere							

4.3. Risultati valutazione Stato Ecologico

4.3.1. Caratteristiche "strutturali" del Posidonieto

Come riportato in Tabella 4.1, i 15 rilevamenti condotti in immersione lungo i transetti SG_1-SG_5 hanno rivelato una densità assoluta di fasci fogliari compresa nel range 387,5 – 693,8 (fasci/m²), con un valore medio di $575,4 \pm 88,6$ fasci/m² (\pm SD, n=15).

Se confrontate con le classificazioni delle praterie di *P. oceanica* riportate in Tabella 2.1, queste densità fanno classificare il Posidonieto di Cala San Giacomo come una prateria di **Tipo II "Prateria densa"** secondo le classi individuate da Giraud (1977) mentre, seguendo la classificazione di Pergent-Martini & Pergent (1996), la prateria è di **Tipo II "Prateria disturbata"** avendo alla profondità di 2,5-3 m una densità di fasci "Bassa".

4.3.2. Risultati Indice PREI

La metodica di calcolo dell'Indice PREI, descritta nel Paragrafo 3.6.2, ha tenuto conto anche della ampia variabilità dei dati rilevati e, pertanto, l'indice è stato calcolato utilizzando sia il valore medio, sia i valori "min" e "MAX" dell'intervallo di confidenza (95%) della densità dei fasci e della superficie fogliare. I risultati completi sono riportati in Tabella 4.5.

Dal grado di deviazione dalle condizioni di riferimento indicate dal DM 260/2010 per l'EQB *Posidonia oceanica* il PREI calcolato per il posidonieto presente in Cala San Giacomo corrisponde ad uno **Stato Ecologico "Sufficiente"** (Tab. 4.5, riquadro rosso). Lo **Stato Ecologico** risulta il medesimo se il PREI viene calcolato sulla base dei valori di riferimento suggeriti da ARPA Puglia (2018) (Tab. 4.5, riquadro verde).

Tab. 4.5 Risultati del Rapporto di Qualità Ecologica calcolato con l'Indice PREI

Descrittore	Unità mis.	Valori riferim.				Valore registrato			
		DM 260/2010	min	Media	MAX	ARPA (2018)	min	Media	MAX
Densità	fasci/m ²	599	530,6	575,4	620,2	450,0	530,6	575,4	620,2
Superficie fogliare fascio	cm ² /fascio	310	137,6	151,5	165,4	310,0	137,6	151,5	165,4
Biomassa epifiti/ biomassa fogliare		0	0,0	0,0	0,0	0	0,0	0,0	0,0
Prof. limite inferiore	m	38	3,0	3,0	3,0	24	3,0	3,0	3,0
RQE			0,455	0,486	0,518		0,392	0,429	0,467
Stato ecologico			Sufficiente				Sufficiente		

4.3.3. Indice di Conservazione

Lo Stato di Conservazione è stato valutato con il *Conservation Index* (Moreno et al., 2001; Montefalcone, 2009) utilizzando i dati di ricoprimento percentuale della "matte morta" rispetto alla *P. oceanica* viva raccolti lungo i 5 transetti SG_1-5. Il CI è stato calcolato per ciascun transetto (n=30) oltre che complessivamente su tutti i dati (n=150); i risultati completi sono riportati nella Tabella 4.6.

I valori di CI sono compresi nel range 0,08 – 0,79, con un valore medio di 0,44 che, confrontato con la scala proposta da Montefalcone (2009) (Tabella 2.3) fanno classificare il posidonieto di Cala San Giacomo come in uno **Stato di Conservazione "Scadente"**.

Tab. 4.6 Stato di Conservazione della prateria calcolato secondo il Conservation Index (Montefalcone, 2009).

Conservation Index (CI)	Transetto SG_1	Transetto SG_2	Transetto SG_3	Transetto SG_4	Transetto SG_5	Media generale (x±SD)
Valore medio (±SD)	0,08 ± 0,22	0,43 ± 0,46	0,79 ± 0,4	0,65 ± 0,45	0,26 ± 0,33	0,44
Stato di Conservazione	Cattivo	Scadente	Buono	Moderato	Cattivo	Scadente

4.4. Risultati monitoraggio variabili chimico-fisiche lungo la colonna d'acqua

La Tabella 4.7 riporta i valori di Temperatura, Salinità, Ossigeno disciolto e Potenziale redox registrati con sonda CTD in superficie e sul fondo in corrispondenza del transetto SG_3, oltre che la misura della trasparenza valutata con il Disco di Secchi.

I valori delle variabili chimico-fisiche sono tipici della stagione tardo-primaverile in mare e, lungo la colonna d'acqua, non si evidenziano particolari discontinuità.

Tab. 4.7 Dati chimico-fisici registrati nella stazione del transetto SG_3

Stazione	Temperatura (C°)	Salinità (‰)	Ossigeno disc. (% sat.)	Redox (mV)	Trasparenza (m)
SG_3	Superficie	21,9	37,1	100,1	532,3
	Fondo	21,2	37,4	95,0	545,4

4.5. Risultati monitoraggio variabili chimico fisiche dei sedimenti

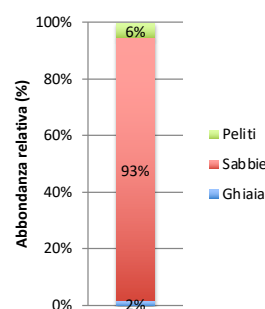
4.5.1. Analisi granulometriche

Dall'analisi granulometrica del campione di sedimento prelevato nel Posidonieto di Cala San Giacomo emerge una granulometria quasi esclusivamente composta da "sabbie" (93%), mentre la frazione "pelitica e ghiaiosa sono quasi del tutto assenti (6% e 2%, rispettivamente).

La Tabella 4.8 riporta i dati di abbondanza relativa delle diverse classi dimensionali ottenute attraverso l'analisi granulometrica del sedimento campionato.

Tab. 4.8 Risultati dell'analisi granulometriche eseguite su un campione di sedimento campionato in località Cala San Giacomo (Molfetta, BA). A destra una rappresentazione grafica di tali dati.

Classe	Dimensioni (Ø)	Abbondanza relativa (%)
Ghiaia	> 2 mm	2%
Sabbie	0,063mm - 2mm	93%
Peliti	< 0,063mm	6%



4.5.2. Carbonio organico totale (TOC)

Il TOC è sostanzialmente costituito dai cosiddetti acidi umici e fulvici che derivano a loro volta dalla materia organica e dai processi di metabolizzazione nell'ambiente marino. Esso rappresenta un'importante componente di adsorbimento di metalli pesanti ed è generalmente correlato alla concentrazione di microinquinanti organici, a meno che il meccanismo di trasporto degli stessi non sia di origine eolica e quindi potenzialmente estraneo alla diretta formazione della materia organica.

Nel campione di sedimento superficiale analizzato il valore in percentuale del TOC è risultato inferiore allo 0,01%, quindi al di sotto del LOQ, il limite di rilevabilità strumentale.

4.6. Confronti tra "Campagna Ø" (2020) e Campagna 2 (2022)

Per facilitare il confronto con il Monitoraggio *ante-operam*, Campagna Ø" (2020), si riepilogano di seguito i risultati del monitoraggio in corso d'opera ottenuti con la "Campagna 2" (2022).

La prateria presente in Cala San Giacomo si estende su circa 11.000 m² e non si sono registrate evidenti variazioni dei limiti superiore e inferiore (vedi Fig. 4.5). Si tratta di una "prateria su matite morta" e si presenta come un mosaico di chiazze di piante "vive" di dimensioni comprese tra 50 cm x 50 cm fino a diversi metri quadri (20-40 m²) alternate a zone di "matite morta" colonizzate da un popolamento ad Alghe Fotofile (Figura 4.3). Lo strato di "matite morta" di *Posidonia* è alto 1,0 - 1,5 m e si eleva repentinamente sul fondo sabbioso (vedi schema della Figura 4.2). I margini della prateria sono di tipo regressivo (*sensu* Meinez & Laurent, 1978) e presentano un ulteriore gradino di 10-20 cm sul livello della "matite morta" (Figura 4.4). Questo tipo di margine è indice di una regressione della prateria che, evidentemente, un tempo ricopriva l'intera baia mentre adesso progressivamente cede il passo al substrato sabbioso sottostante (Figura 4.4).

I rilevamenti condotti in immersione non presentano variazioni significative dei principali descrittori strutturali della prateria (Tabella 4.9). Fa eccezione la densità dei fasci che risulta essere raddoppiata nel 2022 rispetto al 2020 in entrambe le metodologie di rilevamento del descrittore. Questo probabilmente è dovuto ad una marcata discontinuità spaziale del posidonieto.

Le analisi lepidocronologiche 2022 hanno rilevato una condizione simile a quella del 2020 eccetto che per 2 descrittori; il primo relativo alla "produzione annuale rizoma" che risulta essere decisamente superiore rispetto al 2020; il secondo relativo alla presenza di residui fiorali o "paleofioritura" che risultano essere del tutto assenti nella campagna *ante-operam* (Tabella 4.10).

Tab. 4.9 Rilevamenti in immersione dei principali descrittori dello stato della prateria

		Campagna Ø (2020)	Campagna 2 (2022)
Descrittore		Medie gen. ($\bar{x} \pm SD$)	
Continuità della prateria		Discontinua	
Composizione prateria		Pura	
Ricoprimento %	<i>Posidonia oceanica</i> viva	43,3 \pm 32,1	37,5 \pm 41,1
	Matte morta	32,5 \pm 29,7	34,0 \pm 39,3
	Substrato vuoto	24,2 \pm 34,3	28,4 \pm 36,5
Tipo di substrato		Chiazze di "matte" alternate a zone sabbiose	
Fonti di disturbo evidenti		Nessuna fonte di disturbo	
Presenza alghe alloctone		No	
Presenza fioritura		No	
Densità fasci	<i>n. in 40*40 cm</i>	39,1 \pm 27,8	92,1 \pm 14,2
	<i>n/m²</i>	244,3 \pm 173,6	575,4 \pm 88,6
Scalzamento rizomi (cm)	<i>Plagiotropi (cm)</i>	1,7 \pm 3,1	0,0
	<i>Ortotropi (cm)</i>	0,0 \pm 0,0	0,0 \pm 0,0
Limite prateria	<i>Prof. (m)</i>	2,9 \pm 0,1	2,8 \pm 0,2
	<i>Tipo</i>	Regressivo	

Nelle 2 campagne la larghezza media delle foglie adulte è rimasta invariata, ma la lunghezza media delle foglie adulte si è ridotta del 42% nel 2022. Al contrario, la lunghezza media del tessuto bruno (non fotosintetizzante) delle foglie adulte ha subito un incremento pari all' 88,5% nel 2022. La lunghezza media della base delle foglie adulte è rimasta quasi invariata insieme alla larghezza delle foglie intermedie. La lunghezza totale delle foglie intermedie, invece, si è ridotta del 21% circa nel 2022 e la lunghezza media del tessuto bruno delle foglie intermedie ha registrato un decremento pari al 35% nel 2022. Anche la lunghezza della foglia intermedia più lunga è risultata inferiore nel 2022 (decremento pari al 25%) rispetto al 2020.

Tab. 4.10 Variabili lepidocronologiche misurate sui 6 ciuffi di *Posidonia oceanica* prelevati.

		Campagna Ø (2020)	Campagna 2 (2022)
Descrittore	Unità mis.	Medie generali ($\bar{x} \pm SD$)	
Numero foglie fascio anno	<i>n/anno</i>	6,6 \pm 2,8	8,7 \pm 2,1
Allungamento annuale del rizoma	<i>cm/anno</i>	1,8 \pm 0,5	1,1 \pm 0,4
Produzione annuale rizoma	<i>g/fascio/anno</i>	0,07 \pm 0,02	0,4 \pm 0,3
Lunghezza intero rizoma	<i>cm</i>	8,3 \pm 1,2	8,0 \pm 2,2
Età rizoma	<i>anni</i>	4,8 \pm 1,6	3,3 \pm 1,0
Paleofioritura	<i>anni</i>	No	Si

Il numero medio di foglie adulte e intermedie per ciuffo è aumentato del 13% nel 2022, mentre le foglie giovanili sono state trovate in un unico ciuffo nella campagna di monitoraggio "Ø". Il Coefficiente A, corrispondente alla percentuale di foglie con apice rotto è passato dal 90% nel 2020 al 100% nel 2022, mentre lo stesso Coefficiente A delle foglie intermedie per ciuffo è diminuito del 10% nel 2022 rispetto al 2020. Anche la superficie fogliare media del fascio nel 2022 si è ridotta del 18% rispetto al 2020 (Tabella 4.11).

Si è rilevata una diminuzione del 25% per quanto riguarda la biomassa dal 2020 al 2022, mentre l'esiguità degli epifiti presenti sulle foglie non ne ha consentito la valutazione in termini di biomassa in entrambe le campagne di monitoraggio. (Tabella 4.12).

La Tabella 4.13 riassume le valutazioni dello Stato Ecologico e dell'indice di Conservazione del posidonieto di Cala San Giacomo eseguite nella Campagna Ø (2020) e nella Campagna 2 (2022). Dal loro confronto non risulta nessuna variazione dello stato ecologico calcolato in base ai criteri del DM 260/2010, mentre sembra essere migliorato nel 2022 seguendo i criteri di riferimento di ARPA 2018. Si rileva anche un peggioramento dello stato di conservazione del Posidonieto nel 2022 rispetto alla campagna *ante-operam*.

Tab. 4.11 Variabili morfometriche misurate sui 6 ciuffi di Posidonia oceanica prelevati. n.v.=non valutabile.

Descrittore	Unità mis.	Campagna Ø (2020)	Campagna 2 (2022)
		Medie generali ($\bar{x} \pm SD$)	
Larghezza foglie adulte	cm	0,9 \pm 0,1	0,9 \pm 0,1
Lunghezza totale foglie adulte	cm	41,5 \pm 15,6	24,1 \pm 9
Lunghezza tessuto bruno foglie adulte	cm	1,2 \pm 1,9	10,4 \pm 5,1
Lunghezza della base foglie adulte	cm	4,1 \pm 0,8	4,5 \pm 0,5
Larghezza foglie intermedie	cm	0,8 \pm 0	0,8 \pm 0,1
Lunghezza totale foglie intermedie	cm	56,7 \pm 25,7	44,8 \pm 14,4
Lunghezza tessuto bruno foglie intermedie	cm	8,1 \pm 5,4	12,4 \pm 9,2
Lunghezza foglia intermedia più lunga	cm	71,1 \pm 7,8	53,3 \pm 6,9
N.ro foglie x ciuffo (ad.+interm.)	n/ciuffo	4,5 \pm 0,5	5,2 \pm 0,8
N.ro foglie x ciuffo (giovanili)	n/ciuffo	0,3 \pm 0,5	0 \pm 0
Coefficiente A adulte	%	90% \pm 10%	100%
Coefficiente A intermedie	%	90% \pm 20%	80% \pm 20%
Superficie fogliare fascio (ad.+interm.)	cmq/fascio	184,2 \pm 44,2	151,5 \pm 17,4

Tab. 4.12 Variazione delle variabili di biomassa sui 6 fasci di Posidonia oceanica.

Descrittore	Unità mis.	Campagna Ø (2020)	Campagna 2 (2022)
		Medie generali ($\bar{x} \pm SD$)	
Biomassa fogliare ciuffo (ad. + interm.)	g peso secco	1,2 \pm 0,3	0,9 \pm 0,2
Biomassa epifiti	mg/fascio	Non valutabile	
Produzione fogliare per fascio	g/anno	Non valutabile (assenza foglie adulte intere)	

Tab. 4.13 Confronto della Classificazione dello Stato Ecologico

	Campagna Ø (2020)	Campagna 2 (2022)
Caratteristiche "strutturali":		
Classificazione secondo densità fasci (Giraud,1977)	Compresa tra Tipo IV "Prateria molto rada" e Tipo II "Prateria densa"	Tipo II "Prateria densa"
Classificazione secondo densità fasci e profondità (Pergent et al., 1995)	"Prateria molto disturbata"	"Prateria disturbata"
RQE \equiv PREI (rispetto a valori di riferimento del DM 260/2010)	Stato Ecologico "Sufficiente"	Stato Ecologico "Sufficiente"
RQE \equiv PREI (rispetto a valori di riferimento ARPA 2018)	Stato Ecologico "Scarso"	Stato Ecologico "Sufficiente"
Indice di Conservazione (Moreno et al, 2001; Montefalcone, 2009)	Stato di Conservazione "Moderato"	Stato di Conservazione "Scadente"

5. Conclusioni

Il Monitoraggio "Stato del Posidonieto 2022", con specifico riferimento alle sue finalità quale campagna di monitoraggio in corso d'opera, può essere sintetizzato nelle seguenti conclusioni.

5.1. Estensione della prateria di *Posidonia oceanica*

La presenza della prateria di *Posidonia oceanica*, fin dal 1995 ha indotto la Regione Puglia ad istituire il Sito di Importanza Comunitaria "Posidonieto San Vito – Barletta" (codice IT91200009). Successivamente, questo stesso ecosistema è stato designato come Zona Speciale di Conservazione (ZSC) della regione biogeografica mediterranea (DM 21/03/2018 - G.U. 82 del 09/04/2018). Tuttavia, l'estensione del SIC si basa su una prima mappatura delle praterie di *Posidonia* condotta negli anni '90 lungo le coste della Puglia nell'ambito del progetto coordinato dalla Snam Progetti (Ministero Marina Mercantile, Ispettorato Centrale per la Difesa del Mare, 1991), mentre già nel corso delle ricerche per lo Studio di Impatto Ambientale per il Piano Regolatore del Porto di Molfetta (vedi Di Paola et al., 2004), il Prof. Matarrese riportava che "nel tratto di costa antistante il territorio di Molfetta, ..., già da oltre 15 anni non si rinvenivano praterie di *Posidonia* ma soltanto matte morta più o meno degradata".

Le cause della regressione della prateria in questa area possono essere molteplici (ad es. modificazioni della costa per la costruzione di infrastrutture costiere, con conseguenti alterazioni del regime sedimentario, presenza di scarichi fognari, attività di pesca a strascico, ancoraggi, ecc). In generale, tutte le attività antropiche condotte lungo le aree costiere inevitabilmente finiscono con interessare le praterie di *P. oceanica*, sia direttamente provocando danni fisici alla prateria (es. vedi in Meinesz et al., 1991) sia indirettamente attraverso l'impatto sulla qualità delle acque e sedimenti (Duarte, 2002). Questa situazione è purtroppo molto comune nel Mediterraneo dove si sta assistendo ad un preoccupante declino delle praterie di *P. oceanica* (Marbà et al., 1996; Pergent-Martini et al. 2005; Ardizzone et al., 2006; Boudouresque et al., 2006; Montefalcone et al., 2007).

Le prospezioni subacquee effettuate nell'area d'indagine nel 2020 hanno chiaramente confermato che la presenza della prateria di *Posidonia oceanica* è limitata unicamente alla Cala San Giacomo (o Seno "Il Salso"). Il resto dell'area investigata ha mostrato solo alcune zone occupate da "matte morta", segno di una prateria che prima si estendeva ben oltre.

In Cala San Giacomo il posidonieto attualmente occupa una superficie di circa 11.000 m², ad una profondità di 2,5-3 m. Entrambi i limiti, superiore (verso l'interno della Cala) e inferiore (verso il mare aperto) sono alla stessa profondità. I rilevamenti effettuati nella Campagna del 2022 non hanno evidenziato alcuna variazione dei limiti superiore e inferiore della prateria rispetto alla "Campagna Ø".

5.2. Condizioni della prateria di *Posidonia oceanica* nel 2022

I rilevamenti condotti *in situ* hanno confermato le osservazioni del 2020 con le piante poste lungo il limite superiore che presentano foglie fortemente epifitate al contrario di quelle lungo il limite inferiore che appaiono con meno alghe epifite ma con i margini spezzati ed evidenti segni di predazione da parte dei pesci.

Anche durante la "Campagna 2" il posidonieto è apparso come un mosaico di chiazze di diversa grandezza e natura, con la parte con fronde vive che presenta un ricoprimento medio del 37,5% ± 41,1% (media±SD) mentre la "matte morta" occupa il 34 ± 39,3% (media±SD); la parte di substrato sabbioso rappresenta il 28,4% del fondale.

Ove presente, *P. oceanica* si presenta come popolamenti "puri" con una densità assoluta di fasci compresa tra 387 e 694 fasci/m² ed un valore medio di 575,4 (±88,6) fasci/m². Poiché le parti vive del posidonieto erano presenti mediamente sul 37,5% delle superfici campionate, il posidonieto di Cala San Giacomo presenta una densità relativa di 215,8 fasci/m².

Tali dati fanno classificare la prateria in oggetto come di **Tipo II "Prateria densa"** secondo le classi individuate da Giraud (1977) oppure, considerando anche la profondità di 2,5-3 m, secondo la classificazione di Pergent-Martini & Pergent (1996) la prateria è di **Tipo II "Prateria disturbata"** con una densità di fasci "Bassa".

Relativamente ai descrittori sintetici, le condizioni della prateria si sono dimostrate non adatte a poter elaborare sia un'analisi completa dello stato di salute del residuo di prateria, sia un valido confronto con studi simili condotti in altre zone.

Un primo limite è legato alle dimensioni dell'area di distribuzione della specie e alla sua estensione in profondità, che non hanno consentito il prelievo del numero di fasci adeguato e prescritto per la valutazione dei parametri lepidocronologici, morfometrici e di biomassa.

La mancanza di foglie intere ha reso impossibile calcolare variabili quali la produzione primaria delle foglie. I valori di biomassa (g di peso secco) misurati per ciuffo, pur risultando simili a quelli riportati in Adriatico settentrionale (ad es. in Croazia), in una prateria localizzata alla stessa profondità (2 m) (Bakran-Petricioli e Schultz, 2010), non hanno dato la possibilità di un confronto significativo. La produzione annuale di foglie, valutata con le misure lepidocronologiche, è risultata nel range riportato per la prateria di Otranto (sud Adriatico) (Guidetti et al., 2000). Rispetto ai campioni raccolti nel 2020 un elemento di novità riguarda l'osservazione di peduncoli fiorali nel 2022 che testimoniano una fioritura della pianta pur non molto estesa negli anni compresi tra il 2015 e il 2019.

Sulla base dei valori dell'Indice PREI e del confronto con le condizioni di riferimento dell'Environmental Quality Ratio (RQE) riportate in Tabella 4.5 ed in Fig. 5.1, il posidonieto presente in Cala San Giacomo presenta uno **Stato Ecologico "Sufficiente"**, con nessuna variazione rispetto al 2021.

Così come per gli altri descrittori utilizzati, anche il CI rispecchia l'elevata variabilità della prateria rinvenuta in Cala San Giacomo, presentando un valore medio pari a 0,44 che corrisponde ad uno **Stato di Conservazione "Scadente"** (Moreno, 2001; Montefalcone, 2009).

Questo indice si è dimostrato molto adatto nella valutazione degli impatti antropici sulle praterie (Boudouresque et al., 2006) anche se i valori puntuali possono anche non essere sempre significativi in quanto la presenza di aree a "matte morta" può derivare anche da cause naturali (es. variazioni del regime idrodinamico). Il CI è stato applicato con successo nella valutazione dello stato di salute delle praterie liguri di *P. oceanica* (Montefalcone et al., 2006; 2007), dove è probabile che la maggior parte delle aree a "matte morta" osservate sia il risultato di perturbazioni che hanno interessato le acque costiere dal 1960.

5.3. Confronto con le precedenti campagne di indagine

Purtroppo, i monitoraggi pregressi nella stessa area, sia quelli commissionati dal Comune di Molfetta (Fanizza et al., 2011; Imperatrice, 2012) sia quelli effettuati da ARPA Puglia (Ungaro, 2012) si basavano unicamente sulla valutazione della densità della prateria e sul ricoprimento, e non prevedevano l'analisi dei descrittori, pertanto non è stato possibile effettuare un confronto completo. Comunque, i dati di densità relativa dei fasci riscontrati nella presente campagna di monitoraggio sono sovrapponibili con quelli registrati da ARPA Puglia nel maggio e settembre 2011.

In generale, da quanto osservato, si può affermare che il residuo di prateria di *Posidonia oceanica* ancora presente in Cala San Giacomo, a NW del Porto di Molfetta, è abbastanza compromesso, molto probabilmente a causa di un'alterazione del regime sedimentario. Tuttavia, uno studio recente, condotto con la tecnica del *visual census* abbinato allo studio genetico, ha mostrato per questa prateria condizioni subottimali, molto probabilmente legate a questa stessa causa (de Virgilio et al., 2020).

Rispetto alla "Campagna Ø" condotta nel 2020 e la "Campagna 1" del 2021 lo Stato Ecologico della prateria è rimasto immutato secondo valori di riferimento del DM 260/2010, mentre risulta essere passato da "Scarso" nel 2020 a "Sufficiente" nel 2021 e 2022 secondo i valori di riferimento di ARPA Puglia 2018 (Fig. 5.1).

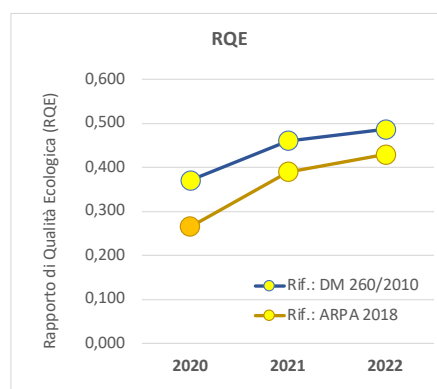


Fig. 5.1 Andamento del Rapporto di Qualità Ecologica valutati nelle Campagne del 2020 (monitoraggio ante-operam) e del 2021 e 2022 (monitoraggi in corso d'opera)

Bibliografia

- Ardizzone, G., Belluscio, A. & Maiorano, L., 2006. Long-term change in the structure of a *Posidonia oceanica* landscape and its reference for a monitoring plan. Marine Ecology Progress Series. 27, 299–309.
- ARPA Puglia, 2018 – Monitoraggio Operativo, Acque Marino-costiere: Elemento di Qualità Biologica ANGIOSPERME
- Bacci T., Rende S.F., Montefalcone M., 2012. Scheda metodologica ISPRA per il calcolo dello stato ecologico secondo la metodologia PREI. Procedure di campionamento per la raccolta dati.
- Bakran-Petricioli, T., Schultz, S., 2010. Biometry and leaf lepidochronology of the seagrass *Posidonia oceanica* in the Croatian Adriatic. Proceedings of the 4th Mediterranean Symposium on Marine Vegetation (Yasmine-Hammamet, 2-4 December 2010), 28-31.
- Boudouresque, C.-F., Meinesz, A., 1982. Découverte de l'herbier de Posidonie. Parc National de Port-Cros, cahier n. 4.
- Boudouresque, C.F., Jeudy De Grissac, A., Meinesz, A., 1984. Relation entre la sédimentation et l'allongement des rhizomes orthotropes de *Posidonia oceanica* dans la baie d'Elbu (Corse). In: Boudouresque, C.F, Jeudy de Grissac, A., Olivie,r J. Eds. International workshop on *Posidonia oceanica* Beds. GIS Posidonie publ., Fr., 185-191.
- Boudouresque, C.F., Charbonnel, E., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Cadiou, G., Bertrand, M.C., Foret, P., Ragazzi, M., Rico-Raimondino, V., 2000. A monitoring work based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the north-western Mediterranean Sea. Biologia Marina Mediterranea, 7, 328-331.
- Boudouresque, C.F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Tunesi, L., 2006. Préservation et Conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub., 1-202.
- Boudouresque, C.F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Ruitton, S., Tunesi, L., 2012. Protection and Conservation of *Posidonia oceanica* Meadows. Tunis: RaMoGe and RAC/SPA.
- Buia, M.C., Gambi, M.C., Dappiano, M., 2003. I sistemi a Fanerogame marine. Biologia marina Mediterranea, 10, 145-198.
- Dale, V.H., Beyeler, S.C., 2001. Challenges in the development and use of ecological indicators. Ecological Indicators 1, 3–10.
- Dauby, P., Bale, A.J., Bloomer, N., Canon, C., Ling, R.D., Norro, A., Robertson, J.E., Simon, A., Théate, J.M., Watson, A.J., Frankignoulle, M., 1995. Particle fluxes over a Mediterranean seagrass bed: a one-year sediment trap experiment. Marine Ecology Progress Series, 126, 233-246.
- de Virgilio, M., Cifarelli, S., de Gennaro, P., Garofoli, G., Degryse, B., 2020. A first attempt of citizen science in the genetic monitoring of a *Posidonia oceanica* meadow in the Italian Southern Adriatic Sea. Journal for Nature Conservation, 56, 1-8. <https://doi.org/10.1016/j.jnc.2020.125826>.
- Duarte, C.M., 2002. The future of seagrass meadows. Environmental Conservation, 29, 192-206.
- Fourqurean, J.W., Duarte, C.M., Kennedy, H., Marbà, N., Holmer, M., Mateo, M.A., Apostolaki, E.T., Kendrick, G.A., Krause-Jensen, D., McGlathery, K.J., Serrano, O., 2012. Seagrass ecosystems as a globally significant carbon stock. Nature Geoscience, 5 (7), 505.
- Francour, P., 1997. Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port Cros (France, NW Mediterranean): Assessment of composition and long-term fluctuations by visual census. Marine Ecology, PSZNI, 18(2), 157-173.
- Francour, P., Magre'au, J.F., Mannoni, P.A., Cottalorda, J.M., Gratiot, J., 2006. Management guide for Marine Protected Areas of the Mediterranean Sea, Permanent Ecological Moorings. Université de Nice-Sophia Antipolis & Parc National de Port-Cros, Nice, 68 pp.
- Giraud, G., 1977. Contribution à la description et à la phénologie des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile, in Thèse Doctorat 3ème Cycle, Univ. Aix-Marseille, II, p. 150.

- Gobert, S., Sartoretto, S., Rico-Raimondino, V., Andral, B., Chery, A., Lejeune, P., Boissery, P., 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index: PRE. Marine Pollution Bulletin, 58, 1727-1733.
- Gonzalez-Correa, J.M., Bayle, J.T., Sanchez-Lizaso, J.L., Valle, C., Sanchez-Jerez, P., Ruiz, J.M., 2005. Recovery of deep *Posidonia oceanica* meadows degraded by trawling. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 320, 65-76.
- Guidetti, P., 2001. Detecting environmental impacts on the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica* (L.) Delile: the use of reconstructive methods in combination with 'beyond BACI' designs. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 260, 27-39.
- Guidetti, P., Buia, M.C., Mazzella, L., 2000. The use of lepidochronology as a tool of analysis of dynamic features in the seagrass *Posidonia oceanica* of the Adriatic Sea. Botanica Marina, 43, 1-9.
- Jeudy De Grissac, A., 1984. Effets des herbiers à *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sédimentologie littorale. In: Boudouresque C.F., Jeudy de Grissac A., Olivier J. Edits. International Workshop on *Posidonia oceanica* beds, GIS Posidonie publ., Fr., 1, 437-443.
- Marbà, N., Duarte, C. M., Cebrián, J., Gallegos, M. E., Olesen, B., & Sand-Jensen, K., 1996. Growth and population dynamics of *Posidonia oceanica* on the Spanish Mediterranean coast: elucidating seagrass decline. Marine Ecology Progress Series, 137(1/3), 203-213. <http://www.jstor.org/stable/24857076>
- MATTM (2008) – Praterie a fanerogame marine. Piante con fiori nel Mediterraneo – Quaderni habitat.
- McLeod, E., Chmura, G.L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C.M., Lovelock, C.E., Schlesinger, W.H., Silliman, B.R., 2011. A blueprint for blue carbon: toward an improved understanding of the role of vegetated coastal habitats in sequestering CO₂. Frontiers in Ecology and the Environment, 9, 552-560
- Meinesz, A., Laurent, R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes Maritimes - France. Campagne Poseidon 1976. Botanica Marina, 21 (8), 513-526.
- Meinesz, A., Caye, G., Loques, F., Molenaar, H., 1991. Restoration of damaged areas with transplantation of seaweeds and seagrasses in the Mediterranean: review and perspectives. Oebalia, 17, 131-142.
- Molinier, R., Picard, J., 1952. Recherches sur les herbiers de phanérogames marines du littoral méditerranéen français. An Inst Océan, 27, 208-234.
- Montefalcone, M., 2009. Ecosystem health assessment using the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: A review. Ecological Indicator, 9: 595-604.
- Montefalcone, M., Albertelli, G., Bianchi, C.N., Mariani, M., Morri, C., 2006. A new synthetic index and a protocol for monitoring the status of *Posidonia oceanica* meadows: a case study at Sanremo (Ligurian Sea, NW Mediterranean). Aquatic Conservation. Marine and Freshwater Ecosystems 16 (1), 29-42.
- Montefalcone, M., Albertelli, G., Morri, C., Bianchi, C.N., 2007. Urban seagrass: status of *Posidonia oceanica* facing the Genoa city waterfront (Italy) and implications for management. Marine Pollution Bulletin, 54, 206-213.
- Moreno, D., Aguilera, P.A., Castro, H., 2001. Assessment of the conservation status of seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows: implications for monitoring strategy and the decision-making process. Biol. Conserv., 102, 325-332.
- Natura 2000. Cartografia-IT9120009 <http://natura2000.eea.europa.eu/natura2000/SDF.aspx?site=IT9120009>
- Pérès, J.M., Picard, J., 1964. Nouveau manuel de bionomie benthique de la Méditerranée. Rec. Trav. St. Mar. Endoume, 31 (47), 1-137.
- Pergent-Martini, C. 1994. Impact d'un rejet d'eaux usées urbaines sur l'herbier à *Posidonia oceanica*, avant et après la mise en service d'une station d'épuration. PhD Thesis. 196 pp. (Université de Corse,).
- Pergent, G., Pergent-Martini, C., Boudouresque, C.F., 1995. Utilisation de l'herbier a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en méditerranée: état des connaissances. Mésogée, 54, 3-27.

- Pergent-Martini, C., Pergent, G., 1996. Spatio-temporal dynamics of *Posidonia oceanica* beds near a sewage outfall (Mediterranean - France). In Kuo J., Phillips R.C., Walker D.I., Kirkman H. (Eds), Seagrass Biology. Proceedings of an International workshop, Rottnest Island, Western Australia, 25-29 January 1996: 299-306.
- Pergent-Martini, C., 1998. *Posidonia oceanica*: a biological indicator of past and present mercury contamination. Marine Environmental Research, 45 (2), 101–111.
- Pergent-Martini, C., Leoni, V., Pasqualini, V., Ardizzone, G.D., Balestri, E., Bedini, R., Boumaza, S., 2005. Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: Use and application. Ecological Indicators, 5(3), 213-230.
- Romano, E., Ausili, A., Bergamin, L., Celia Magno, M., Pierfranceschi, G., Venti, F., 2018. Analisi granulometriche dei sedimenti marini. Linee Guida SNPA 18/2018.
- Romero, J., Alcoverro, T., Martinez-Crego, B., Pe´rez, M., 2005. The seagrass *Posidonia oceanica* as a quality element under the Water framework Directive: POMI, a multivariate method to assess ecological status of Catalan coastal waters. Working document of the POMI group, University of Barcelona and Centre d’estudis Avancats de Blanes, 15.
- Telesca, L., Belluscio, A., Criscoli, A., Ardizzone, G., Apostolaki, E.T., Fraschetti, S., Gristina, M., Knitteweis, L., Martin, C.S., Pergent, G., Alagna, A., Badalamenti, F., Garofalo, G., Gerakaris, V., Pace, M.L., Pergent-Martini, C., Salomidi, M., 2015. Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. Scientific Reports, 5, 12505. <https://doi.org/10.1038/srep12505>
- van de Bund, W., Solimini A.G., 2007. Ecological Quality Ratios for Ecological Quality: Assessment in Inland and Marine Waters. Deliverable 10 of REBECCA project, Contract No. SSPI-CT-2003-502158; available at https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwit4rft1uD0AhUqhv0HHQCbDr0QFnoECBMQAQ&url=https%3A%2F%2Fpublications.jrc.ec.europa.eu%2Frepository%2Fbitstream%2FJRC36757%2F6757%2520-%2520Deliverable_10_1%2520recc.pdf&usg=AOvVaw0akxwDIdPdkHDKFwckIUwA
- Waycott, M., Duarte, C.M., Carruthers, T.J.B., Orth, R.J., Dennison, W.C., Olyarnik, S., Calladine, A., Fourqurean, J.W., Heck, K.L., Hughes, A.R., Kendrick, G.A., Kenworthy, W.J., Short, F.T., Williams, S.L., 2009. Accelerating loss of seagrasses across the globe threatens coastal ecosystems. Proceedings of the National Academy of Sciences U.S.A., 106 (30), 12377–12381.

Documentazione tecnico-scientifica

- Andreassi G., 2016. Piano Comunale delle Coste del Comune di Molfetta. Procedura di valutazione ambientale strategica. Verifica di assoggettabilità a VAS. Rapporto ambientale preliminare.
- Andreassi G., 2016. Piano Comunale delle Coste del Comune di Molfetta. Procedura di valutazione ambientale strategica. Studio di incidenza ambientale. Livello I: Matrice di screening interessante il Sito: SIC Posidonieto San Vito – Barletta (cod. IT9120009).
- Di Paola F., et al., 2004. Piano Regolatore del Porto di Molfetta. Studio di Impatto Ambientale. Valutazione di Impatto Ambientale e Valutazione Ambientale Strategica.
- Fanizza C. (per conto di CESUB Srl), 2011. Porto di Molfetta: Completamento Opere Foranee e Costruzione Porto Commerciale. Analisi della prateria a *Posidonia oceanica* dal SIC IT9120009 "Posidonieto San Vito – Barletta" nell'area di mare limitrofa al Porto di Molfetta (Ord. CP Molfetta n°44/2010 del 06/07/2010).
- Fanizza C., Pollazon V., Costanzo M. (per conto di CESUB Srl), 2011. Porto di Molfetta: Completamento Opere Foranee e Costruzione Porto Commerciale. Analisi della prateria a *Posidonia oceanica* (L.) del SIC IT9120009 "Posidonieto San Vito – Barletta" nell'area di mare limitrofa al Porto di Molfetta.
- Imperatrice M. (per conto di CESUB Srl), 2012. Relazione sullo stato del Posidonieto "S. Vito – Barletta", SIC (IT9120009) interessato dai lavori della diga foranea del Porto di Molfetta.

Ministero Marine Mercantile (Ispett. Centr. Difesa Mare), 1991. Mappatura delle praterie di *Posidonia oceanica* lungo le coste delle regioni: Liguria, Toscana, Lazio, Basilicata e Puglia. Snamprogetti S.p.a. STECOL/04/91/GR/rf, Comm. 556.400, Vol. 3-4- 5.

Tursi et al., 2006. Relazione Analitica, Progetto "Inventario e Cartografia delle Praterie di *Posidonia* nei Compartimenti Marittimi di Manfredonia, Molfetta, Bari, Brindisi, Gallipoli e Taranto". POR Puglia 2000-2006, Asse IV "Sistemi locali di sviluppo" - Misura 4.13 "Interventi di supporto alla competitività ed all'innovazione del sistema pesca" - Sottomisura 4.13D2 "Azioni realizzate dagli operatori del settore: azioni di interesse collettivo e Centro Servizi".

Ungaro N. (ARPA Puglia), 2012. Completamento opera foranee e costruzione nuovo porto commercial di Molfetta. Fase. I. Convenzione tra il Comune di Molfetta e ARPA Puglia per I monitoraggi e controlli ambientali della component marino-costiera.

Taranto 13 Gennaio 2023

Dr. Giovanni FANELLI



Dr. Fernando RUBINO



Dr.ssa Antonella PETROCELLI



Dr. Giuseppe DENTI



Dr.ssa Loredana PAPA

