



Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Settentrionale
Scali Rosciano, 6 - 57123 Livorno, Italia

R.U.P. ing. Enrico Pribaz
D.E.C. ing. Ilaria Lotti

R.T.P.



30035 Mirano (VE)
Viale Belvedere, 8/10
www.fm-ingegneria.com

Tel. +39 041 5785 711
Fax +39 041 4355 933
portolivorno@fm-ingegneria.com



P.O. Box 1132
3800 BC Amersfoort
The Netherlands
www.royalhaskoningdhv.com

Tel. +44 (0)207 222 2115
Fax +44 (0)207 222 2659
info@rhdhv.com



35027 Noventa Padovana (PD)
Via Panà 56/a

Tel. +39 049 8945 087
Fax +39 049 8707 868
mail@hsmarinesrl.com



31027 Spresiano (TV)
Via Tiepolo, 8
www.gtgeo.eu

Tel. +39 0422 8870 31
Fax +39 0422 8895 89
info@gtgeo.it

PROGETTO

**PROGETTAZIONE PRELIMINARE E DEFINITIVA DELLE
OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI
NELLA NUOVA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA
PIATTAFORMA EUROPA, COMPRESO LO STUDIO DI
IMPATTO AMBIENTALE E LA VALUTAZIONE DI INCIDENZA
AMBIENTALE**

EMISSIONE

PROGETTO DEFINITIVO

TITOLO

C - STUDI AMBIENTALI
Allegato 20 - Caratterizzazione Prateria di Posidonia Oceanica

REV.	DATA	FILE	OGGETTO	DIS.	APPR.
0	24/07/2023	1233_PD-C-015(20)_0	Aggiornamento in riscontro a Istruttoria VIA [ID VIP 8058]	S. Acunto	T. Tassi
1					
2					
3					
4					

ELABORATO N.

C015(20)

DATA:	SCALA:	FILE:	J.N.
24/07/2023		1233_PD-C-015(20)_0.doc	1233/19
PROGETTO	DISEGNO	VERIFICA	APPROVAZIONE
S. Acunto	S. Acunto	C. Galli	T. Tassi

MAREA Studio Associato

MARINE AND RIVER ENVIRONMENTAL ASSESSMENT

Via Bocci 88/G - 57023 CECINA (LI)

LAVORI DI AMPLIAMENTO PORTO DI LIVORNO

CARATTERIZZAZIONE PRATERIE DI *POSIDONIA OCEANICA* GIUGNO 2023

Relazione tecnica

A cura di

Dott. Biol. Stefano Acunto Ph.D.

E.mail: acunto@marea-online.com

Sito WEB: www.marea-online.com

STAZIONI E PIANO DI CAMPIONAMENTO

Al fine di caratterizzare la prateria di *Posidonia oceanica* antistante il porto di Livorno, sulla base delle informazioni pregresse messe a disposizione dalla committenza e dai rilevamenti acustici e video espressamente eseguiti, sono state individuate un totale di 9 stazioni di campionamento (Tab. 1).

Sistema di riferimento WGS84 / UTM 32

Id	xcoord	ycoord	area di riferimento
ST1	1602474	4824630	TRANSIZIONE
ST2	1602640	4824468	
ST3 (PREI)	1602478	4824219	
ST4	1600547	4823834	MELORIA
ST5	1600547	4823600	
ST6 (PREI)	1600563	4823340	
ST7 (PREI)	1603091	4824390	IMPRONTA
ST8	1603328	4824448	
ST9	1603236	4824648	

Tabella 1. Identificazione e coordinate delle stazioni di campionamento subacqueo.

Tre stazioni (4, 5 e 6) sono state posizionate in un settore della prateria definita da indagini precedenti in buone condizioni e con prateria continua (Fig. 1). Altre 3 stazioni (1, 2 e 3) sono state collocate in un settore di prateria di transizione tra l'impronta dell'opera in progetto e la prateria più continua che si collega a quella che circonda le secche della Meloria. Questo settore, precedentemente definito degradato, viene analizzato al fine di valutarne lo stato attuale di conservazione ed avere dei valori di riferimento per i futuri monitoraggi in corso e post operam (Fig. 1).

Infine, le stazioni 7, 8 e 9 sono collocate nell'area di impronta dell'opera, per confermare la presenza di *P. oceanica* in un'area dove si riteneva fosse assente o comunque degradata e, nel caso di effettiva presenza, valutarne lo stato di conservazione attuale (Fig. 1).

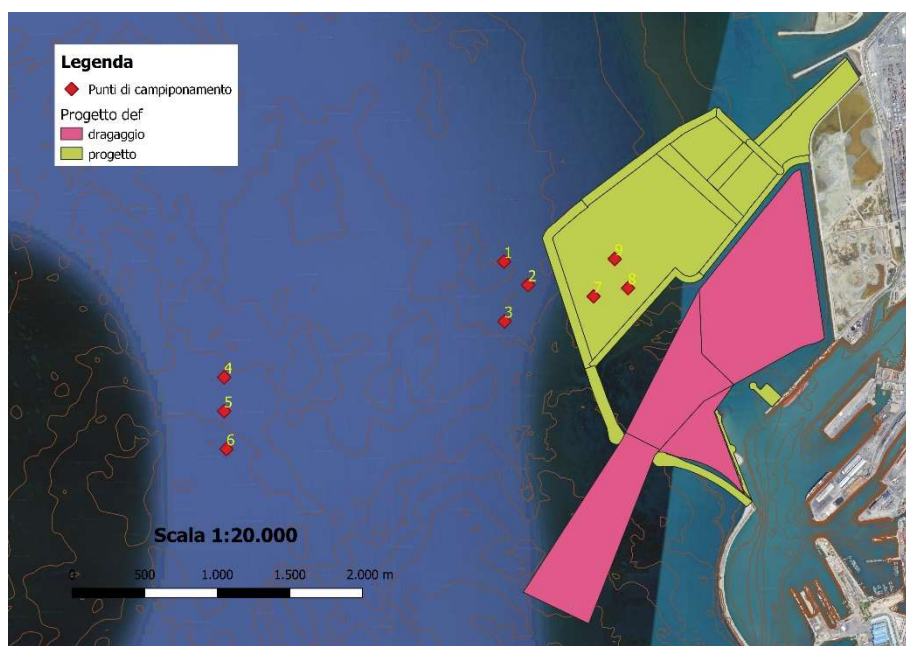


Figura 1. Localizzazione delle stazioni di campionamento.

STRUMENTI DI CAMPIONAMENTO E INDAGINE

Le stime e i prelievi in immersione sono stati effettuati da personale scientifico qualificato ovvero da Operatori Scientifici Subacquei osservando le *Buone Prassi* per la subacquea scientifica prodotte da ISPRA/SNPA (Manuali e linee guida ISPRA 94/2013).

Strumenti di campionamento:

- Quadrato 40cm X 40cm per il conteggio della densità della pianta
- Retino per la raccolta dei campioni
- Lavagna subacquea per appuntare le osservazioni *in situ* di seguito meglio descritte

STRATEGIA DI CAMPIONAMENTO

Stazioni 3, 6 e 7 (per calcolo indice PREI)

Presso 3 stazioni (St. 3, St. 6, St.7 definite anche Stazioni PREI) è stato applicato il piano di campionamento descritto, limitatamente a quanto riferito alla stazione superficiale (15 m), nella Scheda Metodologica ISPRA (Bacci et al., 2020). Nello schema di Fig. 2 si descrive il piano di campionamento e di analisi per l'indagine delle praterie a *Posidonia oceanica*. Tale piano di campionamento è valido sia per l'applicazione del **D.lgs. 190/10** (Direttiva Strategia Marina) sia per il **D.lgs.152/06** (Direttiva Quadro sulle Acque).

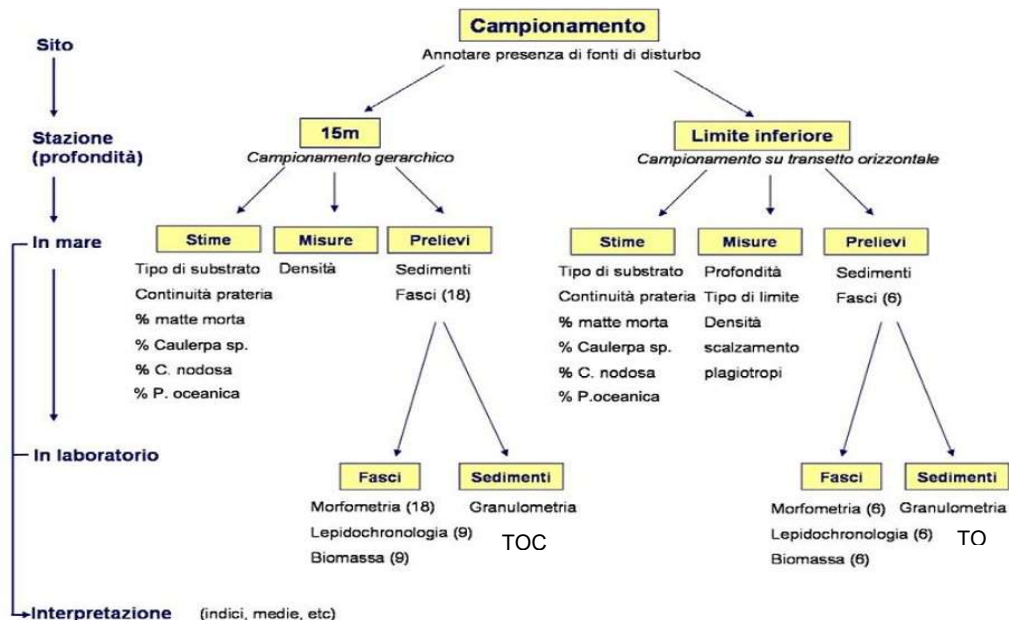


Figura 2: Schema di campionamento per l'indagine delle praterie a *P. oceanica*

Presso ciascuna di queste stazioni è stata eseguita una strategia di campionamento gerarchica (Fig. 3)

che include la definizione di 3 sub-aree (400 m² circa ciascuna, distanziate di circa 10 m tra loro) in ciascuna delle quali sono state effettuate:

- 3 repliche per le misure di densità dei fasci
- 6 repliche per i prelievi di fasci ortotropi
- Misura della profondità

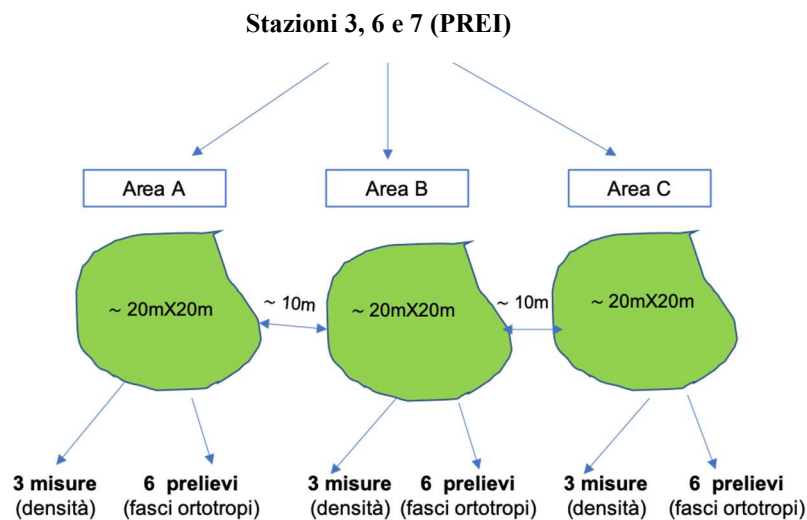


Figura 3: Strategia di campionamento gerarchica, richiesta per il monitoraggio di *P. oceanica* eseguita presso le stazioni 3, 6 e 7.

Le repliche in una stessa sub-area (A – B – C) sono state distanziate, tra di loro, di almeno 1 metro. L'ultima replica in un'area e la prima replica dell'area seguente, sono state prelevate distanziate di circa 10 metri.

Per ciascuna delle 3 stazioni sono state quindi eseguite 9 misure di densità dei fasci e prelevati 18 fasci ortotropi.

Per ciascuna delle 3 sub-aree (A – B – C), oltre alle misure e i prelievi di cui sopra, è stata annotata la presenza di eventuali fioriture, il tipo di substrato, la continuità e la composizione della prateria, ed infine sono state effettuate le stime percentuali di copertura relative a: *P. oceanica* e *matte* morta. Le stime di copertura dovevano essere estese anche alle specie *Cymodocea nodosa*, *Caulerpa prolifera*, *Caulerpa cylindracea* e *Caulerpa taxifolia* se fosse stata osservata la loro presenza.

Stazioni 1 e 2; 4 e 5; 8 e 9

Presso ciascuna di queste 6 stazioni è stata realizzata una caratterizzazione della prateria adottando una strategia di campionamento semplificata effettuando:

- 3 repliche per le misure di densità dei fasci
- 12 repliche per i prelievi di fasci ortotropi
- Misura della profondità

Anche in questo caso, oltre alle misure e i prelievi di cui sopra, è stata annotata la presenza di eventuali fioriture, il tipo di substrato, la continuità e la composizione della prateria, ed infine sono state effettuate le stime percentuali di copertura relative a: *P. oceanica* e *matte* morta. Le stime di copertura dovevano essere estese anche alle specie *Cymodocea nodosa*, *Caulerpa prolifera*, *Caulerpa cylindracea* e *Caulerpa taxifolia* se fosse stata osservata la loro presenza.

Riepilogo delle stime visive e misure in mare

Le stime visive e le misure riportate di seguito sono state effettuate in tutte le stazioni in immersione subacquea (o a bordo di un natante per valutare le fonti di disturbo) (Tab. 2).

Tabella 2: Stime visive effettuate in mare

Parametro	Unità di misura
Tipo di substrato	1= roccia 2=sabbia 3=matte 4=mista
Continuità della prateria	1=continua 2=discontinua
Composizione prateria	1=pura 2=mista
Copertura % <i>P.oceanica</i> viva	%(nel formato 0-100)
Copertura % <i>matte</i> morta	%(nel formato 0-100)
Copertura % <i>Cymodocea nodosa</i>	%(nel formato 0-100)
Copertura % <i>Caulerpa prolifera</i>	%(nel formato 0-100)
Copertura % <i>Caulerpa taxifolia</i>	%(nel formato 0-100)
Copertura % <i>Caulerpa cylindracea</i>	%(nel formato 0-100)
Presenza alghe alloctone	1= <i>Caulerpa cylindracea</i> 2= <i>Caulerpa taxifolia</i> 3= entrambe
Presenza fioritura	1=presenza 2=assenza
Fonti di disturbo evidenti	1=presenza 2=assenza
Densità dei fasci fogliari	Numero fasci/ metro quadrato

I dati di Copertura, espressi come percentuale (%) di substrato ricoperto dalle piante di *Posidonia* o dalle altre specie precedentemente indicate, rispetto a quello non ricoperto (sabbia, roccia, *matte* morta, etc.), sono stati stimati mediante due operatori: si valuta indipendentemente la porzione di substrato ricoperto da *Posidonia oceanica* viva, all'interno di un'area di circonferenza di circa 5 metri di raggio ad una distanza fissa dal fondo pari a 3 metri. La media delle stime espresse dai due operatori fornisce il valore di copertura (Buia *et al.*, 2003).

Densità: conta dei fasci fogliari in un quadrato 40cm x 40cm (Panayotidis *et al.*, 1981).

Analisi in laboratorio

Le misure di laboratorio sui fasci prelevati sono state effettuate nel seguente ordine: parametri morfometrici (presso tutte le stazioni) – parametri di biomassa (solo presso le stazioni PREI in quanto necessari per il calcolo dell'indice).

Parametri morfometrici

I parametri morfometrici sono stati misurati seguendo il protocollo di Giraud (1979), presentato anche in Buia *et al.* (2003) (Tab. 3). Una volta misurati i parametri morfometrici, sono state conservate le foglie per la misura dei parametri di biomassa.

Tabella 3: Parametri morfometrici.

Parametro	Unità di misura
Larghezza foglie intermedie	centimetri
Lunghezza foglie intermedie	centimetri
Lunghezza foglia intermedia più lunga	centimetri
Lunghezza tessuto bruno foglie intermedie	centimetri
Larghezza foglie adulte	centimetri
Lunghezza totale foglie adulte	centimetri
Lunghezza tessuto bruno foglie adulte	centimetri
Lunghezza della base foglie adulte	centimetri
Numero foglie giovanili	numero
Numero foglie intermedie	numero
Numero foglie adulte	numero
Coefficiente A (foglie adulte)	adulte con apice rotto su numero totale adulte (%)
Superficie fogliare fascio (ad.+interm)* *La superficie fogliare per fascio risulta dal calcolo dei dati precedenti (larghezza, lunghezza e numero di foglie)	centimetri quadri /fascio

Parametri di biomassa

I parametri di biomassa sono espressi in mg o g di peso secco. Foglie ed epifiti sono stati quindi seccati, in una stufa a 60°C fino ad ottenere un peso costante (circa 48h), e poi pesati (Tab. 4).

Tabella 4: Parametri di biomassa

Parametro	Unità di misura
Biomassa fogliare fascio (ad.+interm.)	grammi/fascio
Biomassa epifiti	milligrammi/fascio

CLASSIFICAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO DELLA PRATERIA MEDIANTE INDICE PREI

Il PREI (Posidonia Rapid Easy Index, Gobert et al., 2009) è l'indice nazionale di classificazione dell'EQB Angiosperme (DM 260/10).

Il PREI integra a livello informativo 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. L'indice multi-metrico include il calcolo di cinque descrittori: la densità della prateria (fasci m⁻²); la superficie fogliare fascio, (cm² fascio⁻¹); il rapporto tra la biomassa degli epifiti (mg fascio⁻¹) e la biomassa fogliare fascio (mg fascio⁻¹); la profondità del limite inferiore e la tipologia del limite inferiore.

La densità della prateria, la superficie fogliare fascio ed il rapporto tra la biomassa degli epifiti e la biomassa fogliare vengono valutati alla profondità standard di 15 m, preferibilmente su substrato di sabbia o *matte*.

Nel caso del presente studio, le stazioni sono state posizionate a profondità variabili tra i 9 m e gli 11 m, in quanto lo scopo era quello di caratterizzare la prateria presente nell'area di interesse e sottoposta a differenti livelli di pressione: disturbo diretto (nell'area di impronta dell'opera), disturbo intermedio (presso un area di transizione confinante con l'impronta dell'opera) e disturbo minimo o nullo (area

distante dall'opera in progetto e prossima all'AMP "Secche della Meloria"). In queste aree, la profondità dei 15 m non viene mai raggiunta se non in prossimità del limite inferiore che è stato individuato, mediante indagini acustiche e ROV, alla profondità media di 18 m nel settore meridionale dell'area di interesse.

La modalità di calcolo del PREI prevede l'applicazione della seguente equazione

$$RQE = (RQE' + 0.11) / (1 + 0.10)$$

Dove:

$$RQE' = (N_{densità} + N_{superficie\ fogliare\ fascio} + N_{biomassa\ epifiti/biomassa\ fogliare} + N_{limite\ inferiore}) / 3.5$$

$N_{densità}$ = valore misurato - 0 / valore di riferimento - 0

in cui "0" viene considerato il valore di densità indicativo di condizioni pessime

$N_{superficie\ fogliare\ fascio}$ = valore misurato - 0 / valore di riferimento - 0

in cui "0" viene considerato il valore di superficie fogliare fascio indicativo di pessime condizioni

$N_{biomassa\ epifiti/biomassa\ fogliare}$ = $(1 - (biomassa\ epifiti/biomassa\ fogliare)) * 0.5$

$N_{limite\ inferiore}$ = $(N' - 12) / (\text{valore di riferimento profondità} - 12m)$

in cui 12m viene considerata la profondità minima del limite inferiore indicativa di pessime condizioni. N' = profondità del limite inferiore misurata + λ

Dove:

Limite progressivo $\lambda = 3$

Limite erosivo $\lambda = 3$

Limite regressivo $\lambda = -3$

Limite netto $\lambda = 0$

Al fine di valutare il tipo di limite va considerata la dinamica più recente espressa dal limite inferiore indagato. In caso di limite regressivo (Pergent et al., 1995) si potrà assegnare la tipologia stabile in presenza di prove documentate di recente stabilità.

Il valore del PREI varia tra 0 ed 1 e corrisponde al Rapporto di Qualità Ecologica (RQE). Il risultato finale dell'applicazione dell'Indice PREI non fornisce un valore assoluto, ma direttamente il rapporto di qualità ecologica (RQE) (Tab. 5). Nel sistema di classificazione lo stato ecologico cattivo corrisponde ad una recente non sopravvivenza di *P. oceanica*, ovvero, alla sua scomparsa da meno di cinque anni.

Tabella 5: Limiti di classe per lo stato ecologico delle praterie di *Posidonia oceanica* espressi in termini di RQE.

RQE	STATO ECOLOGICO
1 - 0.775	Elevato
0.774 - 0.550	Buono
0.549 - 0.325	Sufficiente
0.324 - 0.100	Scarso
< 0.100	Cattivo
Condizioni di riferimento	
Densità	599 fasci m ⁻²
Superficie fogliare fascio	310 cm ² fascio ⁻¹

Biomassa epifiti/Biomassa fogliare	0
Profondità del limite inferiore	38 m

RISULTATI INDAGINI 2022

Per completezza di informazione in questo paragrafo si richiamano i risultati relativi alla stazione PREI (denominata Area 2) ed alla stazione presso il limite inferiore della prateria indagata (denominata Area LIMITE)

Le indagini in mare sono state condotte nei giorni 25 e 26 maggio 2022.

In Fig. 4 è rappresentata la localizzazione delle stazioni di campionamento: Area 2 e Area Limite, utilizzate per il calcolo dell'indice PREI. In Tab. 6 sono riportate le coordinate geografiche dei punti stazione (punti di ancoraggio) e la loro profondità.



Figura 4: Localizzazione Aree di indagine

Tabella 7: Coordinate geografiche dei punti stazione (sistema di riferimento WGS84).

Stazione	Coordinate geografiche	Profondità (m)
AREA 2	43°32,7947' N 10°14,7445' E	13.0
AREA LIMITE	43°32,7923' N 10°14,8473' E	17.0

STRUTTURA DELLA PRATERIA, FENOLOGIA E BIOMASSA DELLE PIANTE

Di seguito vengono riportati in forma tabellare i risultati ottenuti relativamente a struttura della prateria, fenologia (morfometria) e biomassa delle piante nelle stazioni di campionamento, Area LIMITE ed Area 2, per quest'ultima è stata realizzata una tabella per ciascuna delle tre sub-aree in cui è suddivisa, come da protocollo, la stazione.

Livorno - Area LIMITE Profondità: 17 m			
Latitudine	43°32,8018'N	Longitudine	10°14,8429' E
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>	Media	Err. Std.	
Struttura:			
Substrato di insediamento: matte			
Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	339,58	30,52	
Copertura%	75,00		
Densità relativa	254,69		
Indice di conservazione CI	0,75		
Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica		
Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti	
Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente	
Fenologia:			
Superficie fogliare media per fascio (cm ²)	306,41	22,48	
L.A.I.	10,40		
N° foglie Totali	35,00		
Numero medio di foglie/fascio	5,83	0,31	
Num foglie adulte	3	0,36	
Num foglie intermedie	2,83	0,17	
Num foglie giovanili	0	0	
Lungh foglie adulte (cm)	49,19	1,72	
Lungh foglie intermedie (cm)	64,80	3,72	
Lungh foglie giovanili (cm)	0	0,00	
Larg foglie adulte (cm)	0,99	0,02	
Larg foglie intermedie (cm)	0,97	0,02	
Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00	
% tessuto bruno delle foglie adulte	0,15		
% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	28,57		
Biomassa:			
Peso foglie (g)	1,105	0,112	
Peso epifiti (g)	0,071	0,022	

LIVORNO - AREA 2 Profondità: 13 m		
Latitudine	43°32,8043'N	Longitudine 10°14,7510' E
AREA 2(1)		
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>	Media	Err. Std.
Struttura:		
Substrato di insediamento: matte		
Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	422,92	46,54
Copertura%	80,00	
Densità relativa	338,34	
Indice di conservazione CI	0,8	
Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		
Superficie fogliare media per fascio (cm ²)	190,87	23,13
L.A.I.	8,07	
N° foglie Totali	34,00	
Numero medio di foglie/fascio	5,67	0,33
Num foglie adulte	3,17	0,17
Num foglie intermedie	2,17	0,17
Num foglie giovanili	0,33	0,21
Lungh foglie adulte (cm)	37,37	3,30
Lungh foglie intermedie (cm)	48,89	5,31
Lungh foglie giovanili (cm)	0,33	0,21
Larg foglie adulte (cm)	0,90	0,02
Larg foglie intermedie (cm)	0,88	0,02
Larg foglie giovanili (cm)	0,17	0,10
% tessuto bruno delle foglie adulte	0,67	
% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	35,29	
Biomassa:		
Peso foglie (g)	0,828	0,128
Peso epifiti (g)	0,068	0,028

AREA 2(2)

<i>Prateria di Posidonia oceanica</i>	Media	Err. Std.
Struttura:		
Substrato di insediamento: matte		
Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	416,67	22,05
Copertura%	80,00	
Densità relativa	333,34	
Indice di conservazione CI	0,8	
Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		
Superficie fogliare media per fascio (cm ²)	243,12	17,16
L.A.I.	10,13	
N° foglie Totali	31,00	
Numero medio di foglie/fascio	5,17	0,60
Num foglie adulte	2,67	0,33
Num foglie intermedie	2,5	0,34
Num foglie giovanili	0,00	0,00
Lungh foglie adulte (cm)	48,36	2,59
Lungh foglie intermedie (cm)	58,97	3,17
Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
Larg foglie adulte (cm)	0,97	0,02
Larg foglie intermedie (cm)	0,92	0,02
Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
% tessuto bruno delle foglie adulte	0,15	
% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	25,81	
Biomassa:		
Peso foglie (g)	0,895	0,055
Peso epifiti (g)	0,029	0,009

AREA 2 (3)		
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>	Media	Err. Std.
Struttura:		
Substrato di insediamento: matte		
Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	445,83	64,18
Copertura%	80,00	
Densità relativa	356,66	
Indice di conservazione CI	0,8	
Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		
Superficie fogliare media per fascio (cm ²)	271,62	14,96
L.A.I.	12,11	
N° foglie Totali	34,00	
Numero medio di foglie/fascio	5,67	0,21
Num foglie adulte	3,33	0,21
Num foglie intermedie	2,33	0,21
Num foglie giovanili	0,00	0,00
Lungh foglie adulte (cm)	46,08	3,49
Lungh foglie intermedie (cm)	63,89	4,60
Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
Larg foglie adulte (cm)	0,98	0,02
Larg foglie intermedie (cm)	0,90	0,00
Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
% tessuto bruno delle foglie adulte	0,07	
% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	14,70	
Biomassa:		
Peso foglie (g)	1,03	0,065
Peso epifiti (g)	0,053	0,011

CLASSIFICAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO DELLA PRATERIA MEDIANTE INDICE PREI.

Di seguito i valori dell'indice PREI calcolato per ciascuna delle 3 sub-aree presso il punto stazione AREA 2 che permettono di classificare lo stato ecologico della prateria di *Posidonia oceanica* presente nell'area tra il porto di Livorno e le Secche della Meloria in stato BUONO.

Località	STAZ	descrittori	valori	PREI			
				N	EQR'	EQR	class EQR
Livorno	AREA 2(1)	Densità (fascio/m2)	422,92	0,71	0,542	0,592	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	190,87	0,62			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	68	0,46			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	828				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
	AREA 2(2)	Densità (fascio/m2)	416,67	0,70	0,594	0,640	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	243,12	0,78			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	29	0,48			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	895				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
	AREA 2(3)	Densità (fascio/m2)	445,83	0,74	0,631	0,674	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	271,62	0,88			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	53	0,47			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1030				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				

EQR MEDIO PER STAZIONE AREA 2	CLASSIFICAZIONE STATO ECOLOGICO
0,635	BUONO

RISULTATI INDAGINI 2023

Le indagini in mare sono state condotte nei giorni 28 e 29 giugno 2023.

STRUTTURA DELLA PRATERIA, FENOLOGIA E BIOMASSA DELLE PIANTE

Di seguito vengono riportati in forma tabellare i risultati ottenuti relativamente a struttura della prateria, fenologia (morfometria) in ciascuna delle stazioni di campionamento, mentre la biomassa delle piante viene fornita esclusivamente per le 3 stazioni PREI. Per ciascuna delle stazioni PREI (3, 6 e 7) è stata elaborata una tabella per ciascuna delle 3 sub-aree in cui la stazione, come da protocollo, è suddivisa.

Le tabelle sono raggruppate per settori di prateria: prossimo alla Secche della Meloria, di transizione e di impronta dell'opera (Fig. 1).

Settore prossimo alle Secche della Meloria: Stazioni 4, 5 e 6:

LIVORNO		29/06/2023	
Latitudine	43° 33,633'N	Longitudine	10° 14,676'E
STAZIONE 4		Profondità:	9 m
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)		352,08	27,08
Copertura%		85,00	
Densità relativa		299,27	
Indice di conservazione CI		0,85	
Indice di sostituzione SI		prateria monospecifica	
Profondità limite inferiore		>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
Tipologia limite inferiore		Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
Superficie fogliare media per fascio (cm)		380,26	16,89
L.A.I.		13,39	0,70
N° foglie Totali		42,00	
Numero medio di foglie/fascio		4,67	0,17
Num foglie adulte		3,11	0,21
Num foglie intermedie		1,56	0,17
Num foglie giovanili		0,00	0,00
Lungh foglie adulte (cm)		84,11	4,62
Lungh foglie intermedie (cm)		94,29	6,84
Lungh foglie giovanili (cm)		0,00	0,00
Larg foglie adulte (cm)		0,99	0,02
Larg foglie intermedie (cm)		0,96	0,01
Larg foglie giovanili (cm)		0,00	0,00
% tessuto bruno delle foglie adulte		/	
% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)		26,19	

LIVORNO		29/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.507'N	Longitudine	10 ° 14,673'E
STAZIONE 5		Profondità:	9 m
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	272,00	43,05
	Copertura%	85,00	
	Densità relativa	231,20	
	Indice di conservazione CI	0,85	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm)	359,09	21,29
	L.A.I.	9,80	0,56
	N° foglie Totali	48,00	
	Numero medio di foglie/fascio	5,33	0,18
	Num foglie adulte	3,56	0,14
	Num foglie intermedie	1,78	0,17
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	67,18	3,70
	Lungh foglie intermedie (cm)	73,46	5,68
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,04	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	0,99	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	20,83	

LIVORNO		28/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.366'N	Longitudine	10 ° 14.682'E
STAZIONE 6(1) PREI		Profondità:	10 m
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	393,75	15,73
	Copertura%	90,00	
	Densità relativa	354,38	
	Indice di conservazione CI	0,9	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm)	292,17	15,12
	L.A.I.	11,50	0,59
	N° foglie Totali	26,00	
	Numero medio di foglie/fascio	4,33	0,21
	Num foglie adulte	3	0
	Num foglie intermedie	1,33	0,21
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	67,78	4,89
	Lungh foglie intermedie (cm)	79,5	4,95
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	23,08	
Biomassa:		Media	Err. Std.
	Peso foglie (g)	1,3	0,05
	Peso epifiti (g)	0,12	0,02

LIVORNO		28/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.366'N	Longitudine	10 ° 14.682'E
STAZIONE 6(2) PREI		Profondità: 10 m	
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)		302,00	58,45
Copertura%		90,00	
Densità relativa		271,80	
Indice di conservazione CI		0,9	
Indice di sostituzione SI		prateria monospecifica	
Profondità limite inferiore		>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
Tipologia limite inferiore		Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
Superficie fogliare media per fascio (cm)		316,00	28,92
L.A.I.		9,54	0,31
N° foglie Totali		25,00	
Numero medio di foglie/fascio		4,17	0,31
Num foglie adulte		2,67	0,42
Num foglie intermedie		1,50	0,22
Num foglie giovanili		0,00	0,00
Lungh foglie adulte (cm)		77,64	6,24
Lungh foglie intermedie (cm)		85,17	6,25
Lungh foglie giovanili (cm)		0,00	0,00
Larg foglie adulte (cm)		1,00	0,01
Larg foglie intermedie (cm)		1,00	0,01
Larg foglie giovanili (cm)		0,00	0,00
% tessuto bruno delle foglie adulte		/	
% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)		24,00	
Biomassa:		Media	Err. Std.
Peso foglie (g)		1,47	0,12
Peso epifiti (g)		0,1	0,01

LIVORNO		28/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.366'N	Longitudine	10 ° 14.682'E
STAZIONE 6(3) PREI		Profondità: 10 m	
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)		270,00	70,00
Copertura%		85,00	
Densità relativa		229,50	
Indice di conservazione CI		0,85	
Indice di sostituzione SI		prateria monospecifica	
Profondità limite inferiore		>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
Tipologia limite inferiore		Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
Superficie fogliare media per fascio (cm)		381,17	11,45
L.A.I.		10,32	0,27
N° foglie Totali		25,00	
Numero medio di foglie/fascio		4,83	0,17
Num foglie adulte		3	0,26
Num foglie intermedie		1,83	0,17
Num foglie giovanili		0,00	0,00
Lungh foglie adulte (cm)		63,35	12,84
Lungh foglie intermedie (cm)		89,3	5,54
Lungh foglie giovanili (cm)		0,00	0,00
Larg foglie adulte (cm)		1,00	0,01
Larg foglie intermedie (cm)		1,00	0,01
Larg foglie giovanili (cm)		0,00	0,00
% tessuto bruno delle foglie adulte		/	
% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)		0,00	
Biomassa:		Media	Err. Std.
Peso foglie (g)		1,84	0,05
Peso epifiti (g)		0,13	0,04

Settore di transizione: Stazioni 1, 2 e 3:

LIVORNO		29/06/2023	
Latitudine	43° 34.047'N	Longitudine	10° 16.116'E
STAZIONE 1		Profondità:	9 m
<i>Prateria di Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	435,42	67,15
	Copertura%	75,00	
	Densità relativa	326,57	
	Indice di conservazione CI	0,75	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cn)	375,97	34,49
	L.A.I.	13,24	1,15
	N° foglie Totali	46,00	
	Numero medio di foglie/fascio	5,11	0,45
	Num foglie adulte	3,33	0,28
	Num foglie intermedie	1,78	0,33
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	69,69	3,35
	Lungh foglie intermedie (cm)	88,02	9,53
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,02	0,02
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	21,74	

LIVORNO		29/06/2023	
Latitudine	43° 33.959'N	Longitudine	10° 16.237'E
STAZIONE 2		Profondità:	8 m
<i>Prateria di Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	300,00	21,65
	Copertura%	85,00	
	Densità relativa	255,00	
	Indice di conservazione CI	0,85	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cn)	378,46	29,67
	L.A.I.	11,35	0,84
	N° foglie Totali	49,00	
	Numero medio di foglie/fascio	5,44	0,46
	Num foglie adulte	4,00	0,28
	Num foglie intermedie	1,44	0,33
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	73,56	5,13
	Lungh foglie intermedie (cm)	76,32	9,90
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,04	0,02
	Larg foglie intermedie (cm)	0,99	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	30,61	

LIVORNO		28/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.825'N	Longitudine	10 ° 16.114'E
STAZIONE 3(1) PREI		Profondità: 9 m	
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	200,00	10,82
	Copertura%	85,00	
	Densità relativa	170,00	
	Indice di conservazione CI	0,85	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regression non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm ²)	332,17	29,93
	L.A.I.	6,64	0,60
	N° foglie Totali	28,00	
	Numero medio di foglie/fascio	4,67	0,33
	Num foglie adulte	3	0,36
	Num foglie intermedie	1,67	0,21
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	70,21	6,1
	Lungh foglie intermedie (cm)	89,33	7,86
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	42,86	
Biomassa:		Media	Err. Std.
	Peso foglie (g)	1,46	0,17
	Peso epifiti (g)	0,09	0,02

LIVORNO		28/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.825'N	Longitudine	10 ° 16.114'E
STAZIONE 3(2) PREI		Profondità: 9 m	
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	358,00	17,80
	Copertura%	90,00	
	Densità relativa	322,20	
	Indice di conservazione CI	0,9	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regression non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm ²)	326,67	18,96
	L.A.I.	11,70	0,68
	N° foglie Totali	28,00	
	Numero medio di foglie/fascio	4,67	0,21
	Num foglie adulte	3	0
	Num foglie intermedie	1,67	0,21
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	67,33	4,88
	Lungh foglie intermedie (cm)	84,67	6,03
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	21,43	
Biomassa:		Media	Err. Std.
	Peso foglie (g)	1,52	0,13
	Peso epifiti (g)	0,12	0,02

LIVORNO		28/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.825'N	Longitudine	10 ° 16.114'E
STAZIONE 3(3) PREI		Profondità: 9 m	
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	208,33	16,27
	Copertura%	80,00	
	Densità relativa	166,66	
	Indice di conservazione CI	0,8	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm)	319,00	18,38
	L.A.I.	6,64	0,38
	N° foglie Totali	28,00	
	Numero medio di foglie/fascio	4,67	0,21
	Num foglie adulte	3,17	0,17
	Num foglie intermedie	1,50	0,22
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	65,22	7,23
	Lungh foglie intermedie (cm)	88,42	6,68
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	35,71	
Biomassa:		Media	Err. Std.
	Peso foglie (g)	1,29	0,13
	Peso epifiti (g)	0,09	0,02

Settore di impronta dell'opera: Stazioni 7, 8 e 9:

LIVORNO		28/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.913'N	Longitudine	10 ° 16.571'E
STAZIONE 7(1) PREI		Profondità: 8 m	
Prateria di <i>Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	375,00	52,42
	Copertura%	90,00	
	Densità relativa	337,50	
	Indice di conservazione CI	0,9	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm)	274,50	14,60
	L.A.I.	10,29	0,55
	N° foglie Totali	27,00	
	Numero medio di foglie/fascio	4,50	0,22
	Num foglie adulte	2,83	0,17
	Num foglie intermedie	1,67	0,21
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	63,25	4,02
	Lungh foglie intermedie (cm)	67,33	6,16
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	29,63	
Biomassa:		Media	Err. Std.
	Peso foglie (g)	1,74	0,16
	Peso epifiti (g)	0,2	0,03

LIVORNO		28/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.913'N	Longitudine	10 ° 16.571'E
STAZIONE 7(2) PREI		Profondità: 8 m	
<i>Prateria di Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	312,00	21,95
	Copertura%	90,00	
	Densità relativa	280,80	
	Indice di conservazione CI	0,9	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm)	259,33	16,52
	L.A.I.	8,10	0,52
	N° foglie Totali	29,00	
	Numero medio di foglie/fascio	4,83	0,17
	Num foglie adulte	2,83	0,17
	Num foglie intermedie	2,00	0
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	51,78	2,34
	Lungh foglie intermedie (cm)	61,58	5,80
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	31,03	
Biomassa:		Media	Err. Std.
	Peso foglie (g)	1,11	0,12
	Peso epifiti (g)	0,2	0,02

LIVORNO		28/06/2023	
Latitudine	43 ° 33.913'N	Longitudine	10 ° 16.571'E
STAZIONE 7(3) PREI		Profondità: 8 m	
<i>Prateria di Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	360,00	48,99
	Copertura%	90,00	
	Densità relativa	324,00	
	Indice di conservazione CI	0,9	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regressione non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm)	194,67	23,69
	L.A.I.	7,02	0,85
	N° foglie Totali	32,00	
	Numero medio di foglie/fascio	5,33	0,56
	Num foglie adulte	3	0,26
	Num foglie intermedie	2,33	0,33
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	49,14	4,08
	Lungh foglie intermedie (cm)	64,04	11,78
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	53,13	
Biomassa:		Media	Err. Std.
	Peso foglie (g)	1,16	0,09
	Peso epifiti (g)	0,23	0,02

LIVORNO	28/06/2023		
Latitudine	43 ° 33.942'N	Longitudine	10 ° 16.748'E
STAZIONE 8		Profondità:	10 m
<i>Prateria di Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	381,25	25,26
	Copertura%	35,00	
	Densità relativa	133,44	
	Indice di conservazione CI	0,35	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regression non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm)	196,67	9,50
	L.A.I.	6,51	0,29
	N° foglie Totali	46,00	
	Numero medio di foglie/fascio	5,10	0,31
	Num foglie adulte	3	0,23
	Num foglie intermedie	2,11	0,2
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	38,01	3,63
	Lungh foglie intermedie (cm)	52,02	3,79
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	47,83	

LIVORNO	28/06/2023		
Latitudine	43 ° 34.051'N	Longitudine	10 ° 16.682'E
STAZIONE 9		Profondità:	11 m
<i>Prateria di Posidonia oceanica</i>			
Struttura:		Media	Err. Std.
	Densità assoluta (N medio di fasci/m ²)	275,00	25,26
	Copertura%	25,00	
	Densità relativa	68,75	
	Indice di conservazione CI	0,25	
	Indice di sostituzione SI	prateria monospecifica	
	Profondità limite inferiore	>15 m e <25 m	di acque poco trasparenti
	Tipologia limite inferiore	Regressivo	Regression non recente
Fenologia:		Media	Err. Std.
	Superficie fogliare media per fascio (cm)	267,00	19,43
	L.A.I.	7,34	0,53
	N° foglie Totali	45,00	
	Numero medio di foglie/fascio	5,00	0,23
	Num foglie adulte	3,00	0,23
	Num foglie intermedie	2,00	0,00
	Num foglie giovanili	0,00	0,00
	Lungh foglie adulte (cm)	47,63	3,63
	Lungh foglie intermedie (cm)	66,50	5,98
	Lungh foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	Larg foglie adulte (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie intermedie (cm)	1,00	0,01
	Larg foglie giovanili (cm)	0,00	0,00
	% tessuto bruno delle foglie adulte	/	
	% apici delle foglie rotti (Coefficiente A)	35,56	

CLASSIFICAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO DELLA PRATERIA MEDIANTE INDICE PREI.

Di seguito i valori dell'indice PREI calcolati per ciascuna delle 3 sub-aree in cui sono suddivise le diverse stazioni di campionamento.

Settore prossimo alle Secche della Meloria: Stazione 6

Località	STAZ	descrittori	valori	PREI RC BIPO			
				N	EQR'	EQR	class EQR
	AREA 6(1)	Densità (fascio/m2)	393,75	0,66	0,620	0,663	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	292,17	0,94			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	120	0,45			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1300				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
	AREA 6(2)	Densità (fascio/m2)	302,08	0,50	0,601	0,647	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	316	1,02			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	100	0,47			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1470				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
	AREA 6(3)	Densità (fascio/m2)	270,83	0,45	0,591	0,638	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	381,17	1,23			
		Prof limite inf (m)	18	-0,08			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	130	0,46			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1840				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
EQR MEDIO PER STAZIONE 6			CLASSIFICAZIONE STATO ECOLOGICO				
0,634			BUONO				

Settore di transizione: Stazione 3

Località	STAZ	descrittori	valori	PREI RC BIPO			
				N	EQR'	EQR	class EQR
	AREA 3(1)	Densità (fascio/m2)	200	0,33	0,569	0,617	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	332,17	1,07			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	90	0,47			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1460				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
	AREA 3(2)	Densità (fascio/m2)	358,33	0,60	0,637	0,679	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	326,67	1,05			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	120	0,46			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1520				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
	AREA 3(3)	Densità (fascio/m2)	208,33	0,35	0,504	0,558	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	319	1,03			
		Prof limite inf (m)	18	-0,08			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	90	0,47			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1290				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
EQR MEDIO PER STAZIONE 3			CLASSIFICAZIONE STATO ECOLOGICO				
0,618			BUONO				

Settore di impronta dell'opera: Stazione 7

Località	STAZ	descrittori	valori	PREI RC BIPO			
				N	EQR'	EQR	class EQR
Livorno	AREA 7(1)	Densità (fascio/m2)	375	0,63	0,591	0,638	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	274,50	0,89			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	200	0,44			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1740				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
	AREA 7(2)	Densità (fascio/m2)	312,5	0,52	0,538	0,589	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	259,33	0,84			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	200	0,41			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1110				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				
	AREA 7(3)	Densità (fascio/m2)	360,42	0,60	0,499	0,553	BUONO
		Superficie fogliare (cm2/fascio)	194,67	0,63			
		Prof limite inf (m)	18	0,12			
		Biomassa epifiti (E) (mg/fascio)	230	0,40			
		Biomassa Fogliare (L) (mg/fascio)	1160				
		Tipo di limite (λ) (*)	-3				

EQR MEDIO PER STAZIONE 7	CLASSIFICAZIONE STATO ECOLOGICO
0,593	BUONO

CONCLUSIONI

Sebbene lo stato ecologico derivante dall'elaborazione dell'indice PREI risulti essere uniformemente BUONO, indipendentemente dalla localizzazione delle 4 stazioni di campionamento (comprendendo la stazione indagata nel 2022) all'interno dei diversi settori di prateria di *Posidonia oceanica* individuati nell'area di interesse, si deve comunque notare che i valori di EQR che determinano la classificazione dello stato ecologico hanno comunque un andamento decrescente che si osserva tra la stazione più vicina alla Meloria e quella posizionata all'interno del settore di impronta dell'opera (Fig. 5). Inoltre, si rileva che alcuni descrittori analizzati nel dettaglio hanno fornito informazioni aggiuntive che individuano alcune criticità che si manifestano in particolare nel settore di prateria coincidente con l'area di impronta dell'opera in progetto.

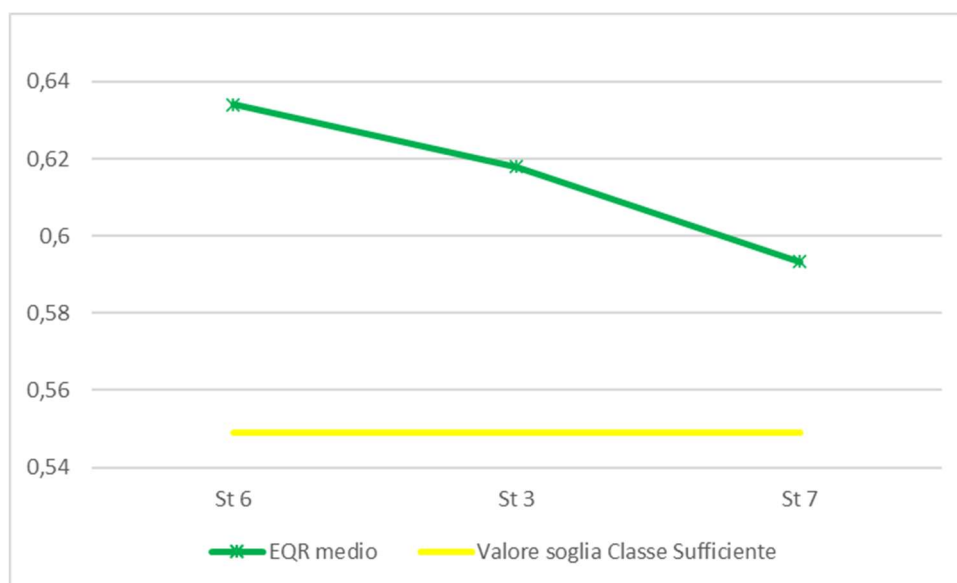


Figura 5. Andamento dei valori dell'EQR medio calcolato presso ciascuna delle tre stazioni di campionamento individuate per il calcolo dell'indice PREI.

Tali criticità vengo trattate nel dettaglio qui di seguito ed in definitiva portano a concludere che la prateria di *Posidonia oceanica* attualmente rilevabile nell'area oggetto di indagine sia caratterizzata da una distribuzione discontinua (a bassa copertura) di piante con densità, superficie fogliare e Leaf Area Index piuttosto bassi. Si tratta di piante che, evidentemente, si sono selezionate adattandosi alle particolari condizioni, certamente non ottimali, che si osservano nei settori più vicini alla linea di costa ed in particolare mano a mano che ci si avvicina alla foce del canale scolmatore. Le criticità si risolvono via via che ci si allontana dalla linea di costa e dall'impronta dell'opera quando la prateria assume le caratteristiche di continuità e densità maggiori, oltre a superficie fogliare e L.A.I. normali, e simili a quelle del settore di prateria che poi raggiunge e circonda le Secche della Meloria.

Copertura:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è possibile concludere che la prateria di *Posidonia oceanica* prospiciente l'area portuale di Livorno colonizza il fondo marino in modo discontinuo soprattutto nei settori più prossimi alla linea di costa ed al porto.

Tale discontinuità si accentua nell'area di impronta dell'opera in progetto dove le stazioni di campionamento ST8 e ST9 fanno registrare i valori di copertura della pianta più bassi tra quelli rilevati in tutti i settori analizzati e pari rispettivamente al 35% ed al 25%, con la rimanente parte di fondo occupata da matte morta e/o radure sabbiose. La distribuzione della pianta in questo stesso settore di prateria appare tutt'altro che omogenea, infatti, presso la stazione ST7 si registra comunque una copertura pari al 90%. Più a Nord ed avvicinandosi allo sbocco del canale scolmatore, presumibilmente per l'accentuarsi della torbidità e dello sbocco delle acque dolci portate dal canale, la prateria tende a scomparire (Fig. 6).

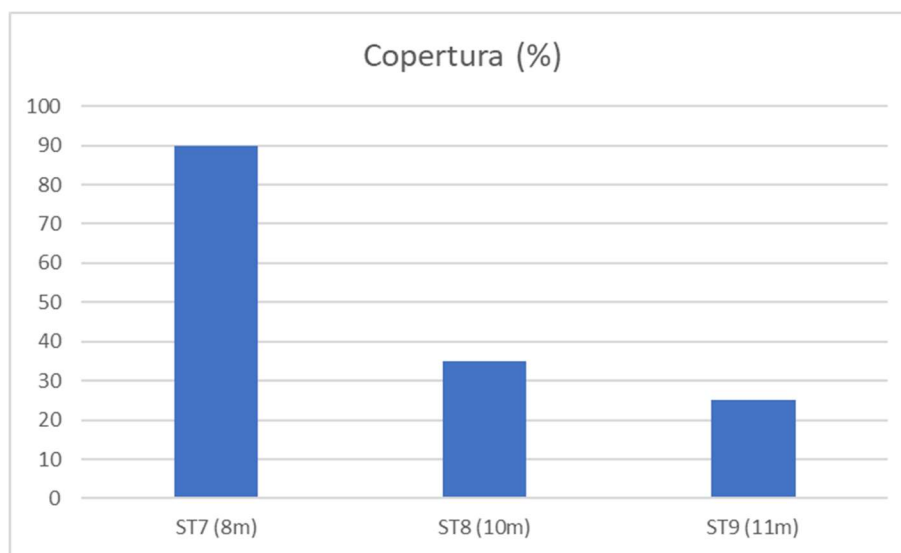


Figura 6. Andamento della copertura di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore di impronta dell'opera.

Presso il settore di transizione tra l'impronta dell'opera e le Secche, la prateria diventa sempre più continua, con valori che oscillano tra il 75% della stazione di campionamento ST1 e l'85% di ST2 e ST3 (Fig. 7).

Infine, presso il settore più lontano dalla costa e vicino alla Meloria la prateria conferma la sua distribuzione prevalentemente continua, intervallata solo da radure sabbiose, con coperture che oscillano tra l'85% in ST4 e ST5 ed il 90% presso la stazione ST6 (Fig. 8). I valori di copertura in questo settore sono paragonabili a quanto riscontrato nell'indagine del 2022 presso la stazione di campionamento AREA 2, localizzata poco più a Sud di questo gruppo di stazioni, dove la copertura registrata era dell'80%.

Nel complesso, dal settore di impronta dell'opera procedendo verso il largo, in direzione Ovest e Sud-Ovest, la prateria si fa via via più continua fino a raggiungere le acque che circondano le Secche della Meloria dove la prateria all'interno della AMP è considerata in buone condizioni. In Figura 9 è possibile apprezzare il deciso gradiente di copertura media della pianta che tende a diminuire procedendo dal largo verso la linea di costa.

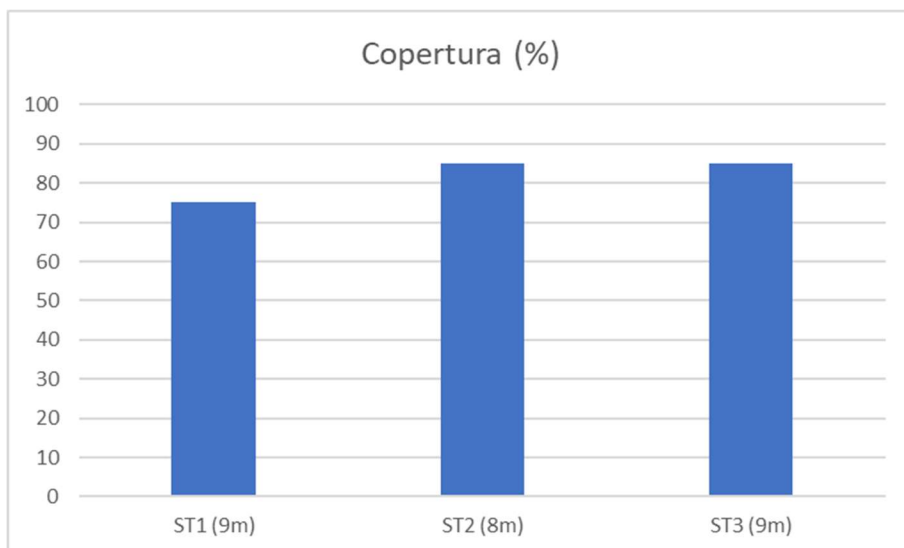


Figura 7. Andamento della copertura di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore di transizione.

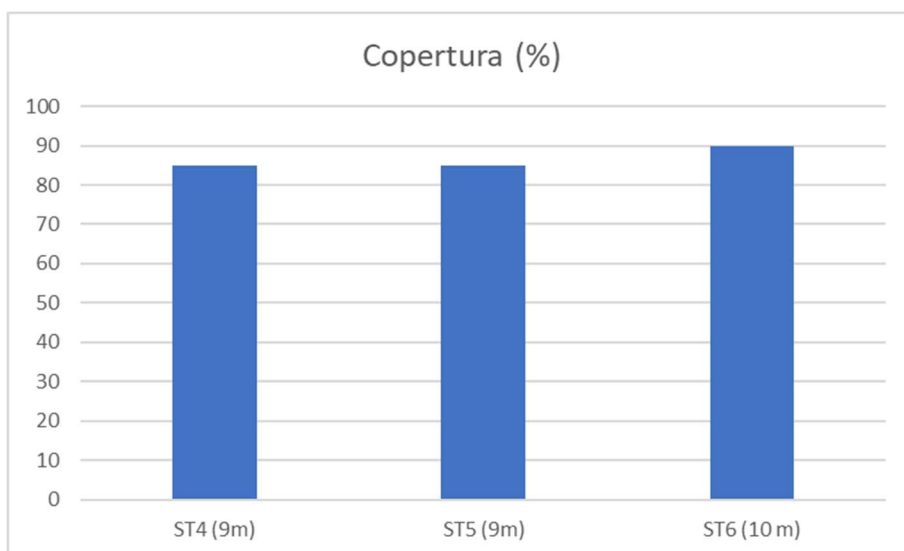


Figura 8. Andamento della copertura di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore più vicino alle Secche della Meloria.

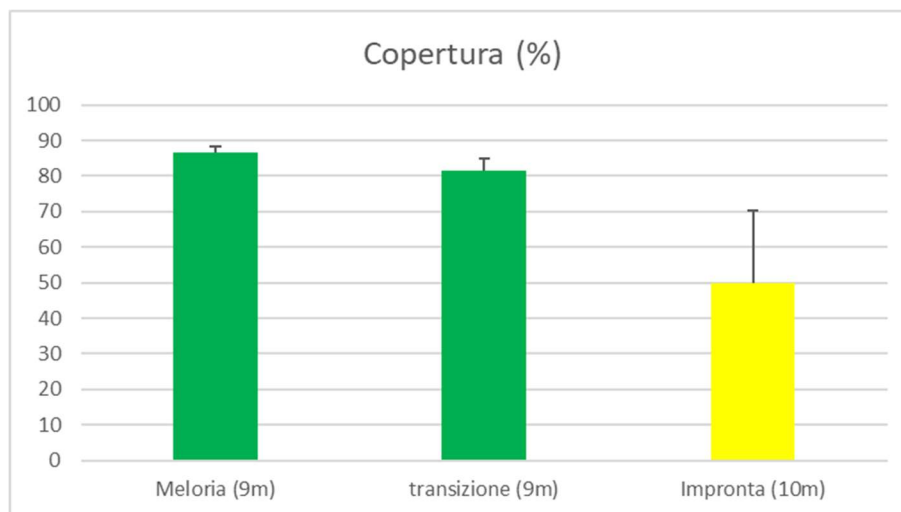


Figura 9. Andamento della copertura di *Posidonia oceanica* nei tre settori di prateria indagati. In verde prateria continua, in giallo prateria discontinua.

Densità:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è possibile concludere che la prateria di *Posidonia oceanica* prospiciente l'area portuale di Livorno risulta essere classificabile, secondo quanto proposto da Giraud (1979), come una prateria "rada", cioè con valori inferiori a 400 fasci/m² o "molto rada" quando presenta densità inferiori ai 300 fasci/m².

Anche adottando il sistema di classificazione che tiene conto della profondità di campionamento (Buia et al., 2003; Pergent et al., 1995), i risultati configurano quasi sempre una prateria disturbata caratterizzata da densità bassa e, solo nel caso della stazione ST3 situata nel settore di prateria di transizione, una prateria molto disturbata a densità anormalmente bassa (Figg. 10, 11 e 12).

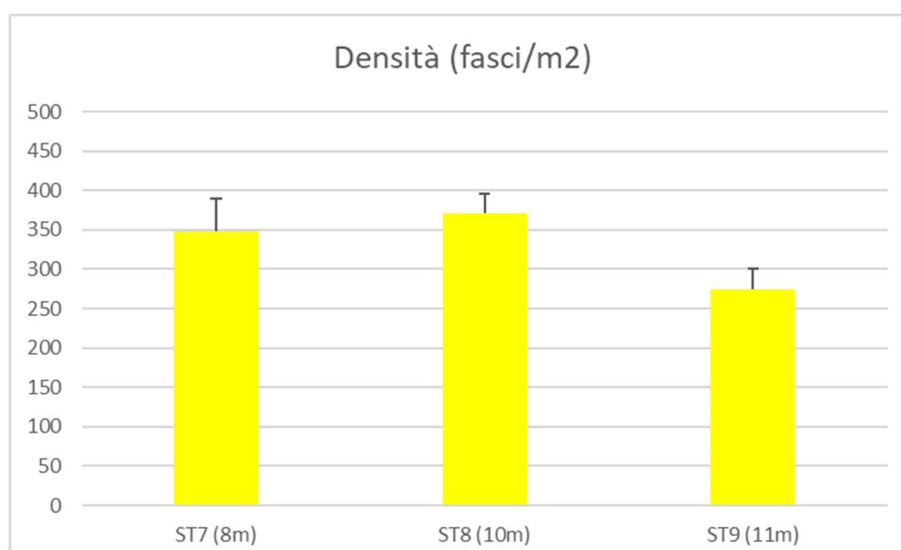


Figura 10. Andamento della densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore di impronta dell'opera. In giallo valori di densità bassa di prateria disturbata.

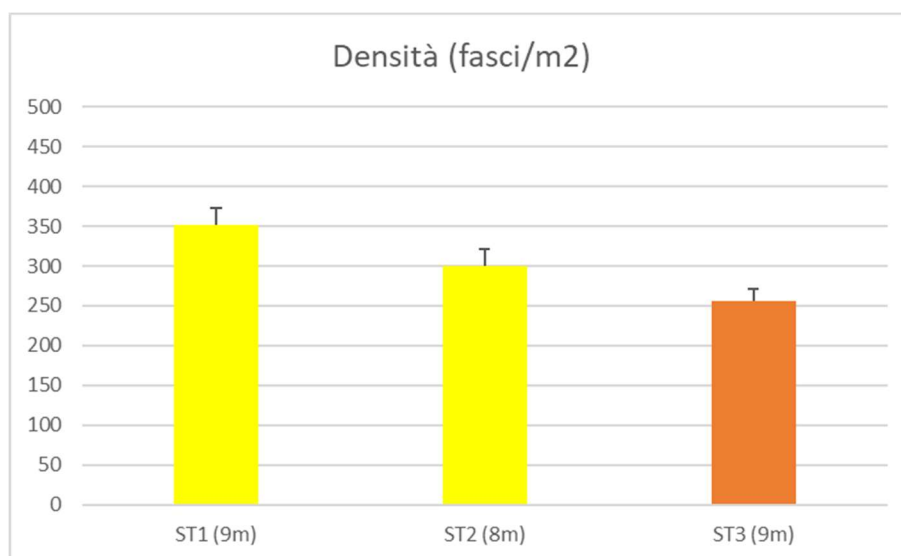


Figura 11. Andamento della densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore di transizione. In giallo valori di densità bassa di prateria disturbata; in arancione valori di densità anormalmente bassa di prateria molto disturbata.

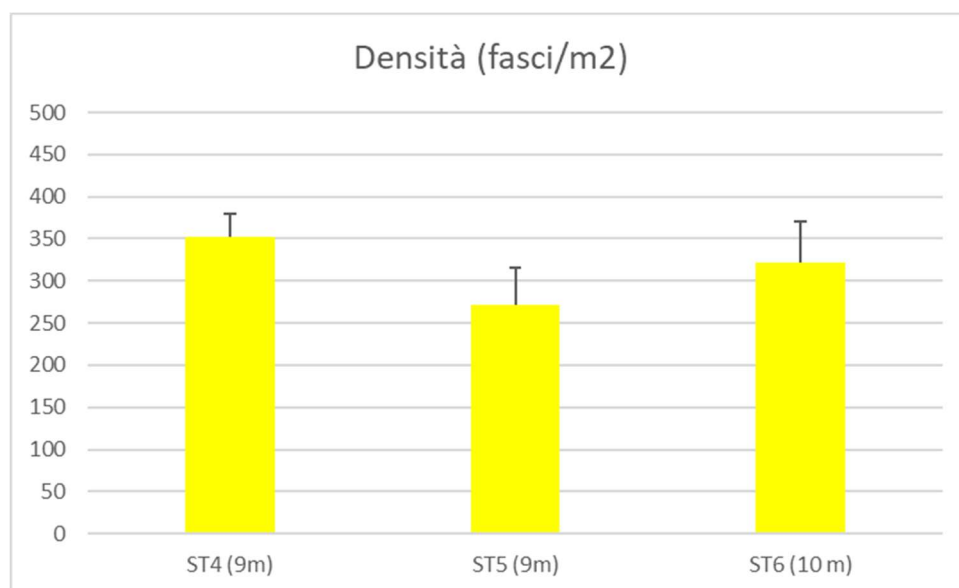


Figura 12. Andamento della densità dei fasci fogliari di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore più vicino alla Meloria. In giallo valori di densità bassa di prateria disturbata.

Superficie fogliare:

Dall'analisi dei risultati ottenuti si può concludere che la superficie fogliare della pianta presso i due settori di prateria posti più lontani dalla linea di costa, transizione e Meloria, presentano valori normali e paragonabili a quelli di praterie in condizioni di vitalità soddisfacenti. Tali valori sono, infatti, superiori ai 310 cm²/fascio indicato come valore di riferimento per le praterie di *Posidonia oceanica* (Gobert et al., 2009). Presso le tre stazioni posizionate all'interno del settore di impronta dell'opera i valori sono invece inferiori al valore di riferimento precedentemente indicato (Figg. 13, 14 e 15).

Anche in questo caso, dunque, è possibile apprezzare un deciso gradiente decrescente della superficie fogliare media della pianta che tende a diminuire procedendo dal largo verso la linea di costa (Fig. 16).

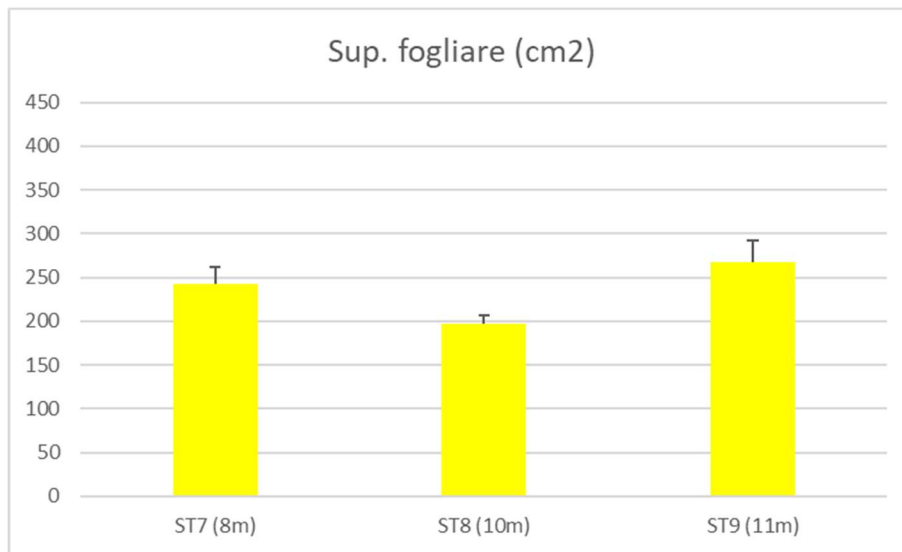


Figura 13. Andamento della superficie fogliare dei fasci di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore di impronta dell'opera.

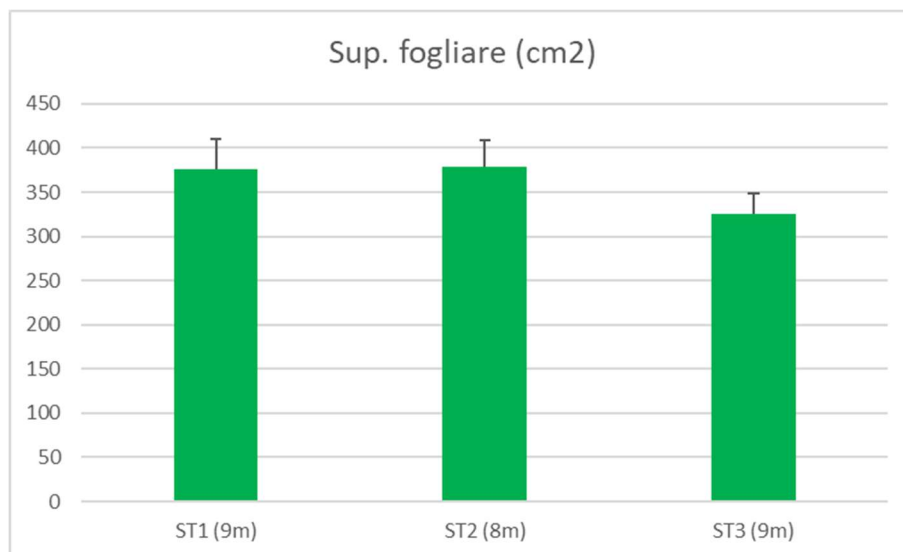


Figura 14. Andamento della superficie fogliare dei fasci di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore di transizione.

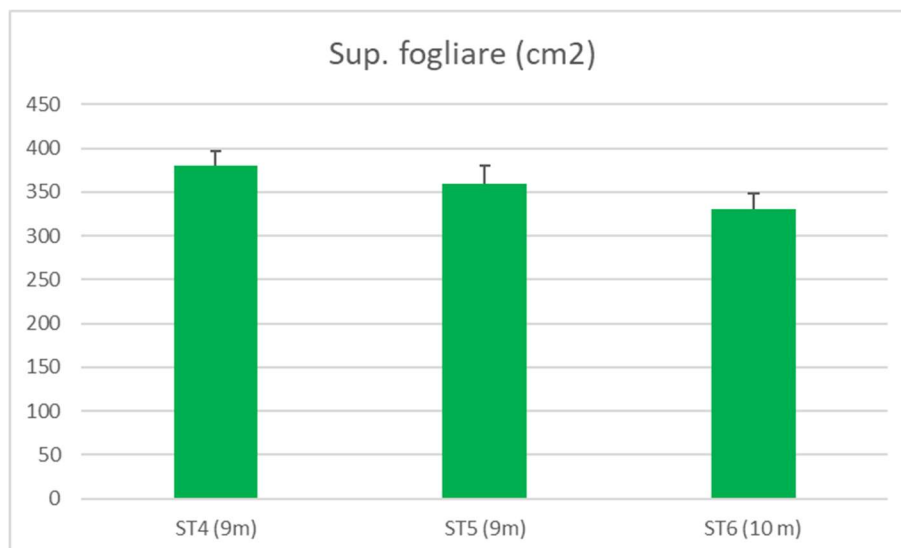


Figura 15. Andamento della superficie fogliare dei fasci di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore più vicino alla Meloria.

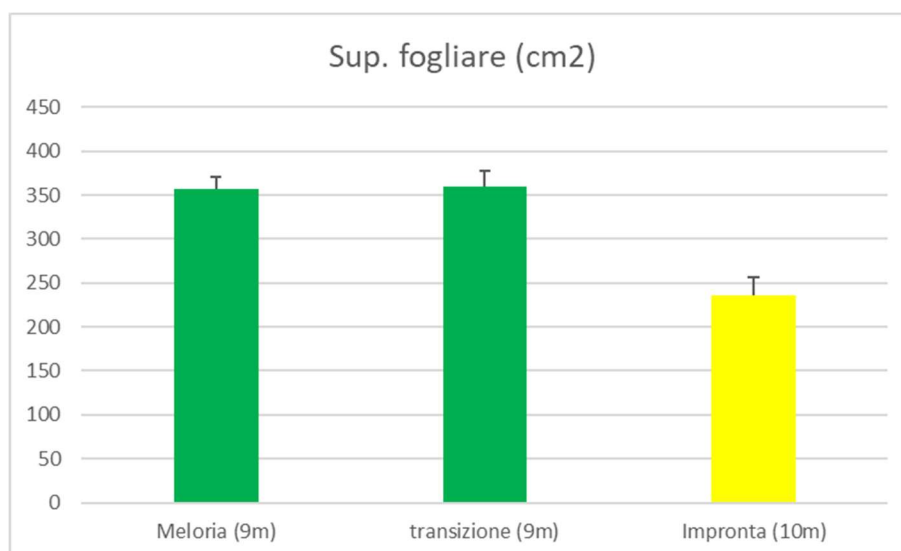


Figura 16. Andamento della superficie fogliare di *Posidonia oceanica* nei tre settori di prateria indagati. In verde superficie fogliare normale, in giallo superficie fogliare bassa.

Leaf Area Index:

Dall'analisi dei risultati ottenuti si può concludere che il Leaf Area Index della pianta presso le tre stazioni posizionate all'interno del settore di impronta dell'opera presenta valori inferiori a 10 e quindi da ritenere piuttosto bassi (Figg. 17). Presso i due settori di prateria posti più lontani dalla linea di costa, transizione e Meloria, si osservano, invece, valori superiori a 10 in almeno 2 delle 3 stazioni posizionate in ciascuno di essi. Tali valori, se non ottimali, certamente sono da considerare normali e paragonabili ad altre praterie presenti lungo la costa continentale della Toscana (Figg. 18 e 19).

Anche in questo caso, dunque, è possibile apprezzare un gradiente decrescente nei valori di Leaf Area Index medi della pianta che tendono a diminuire procedendo dal largo verso la linea di costa (Fig. 20).

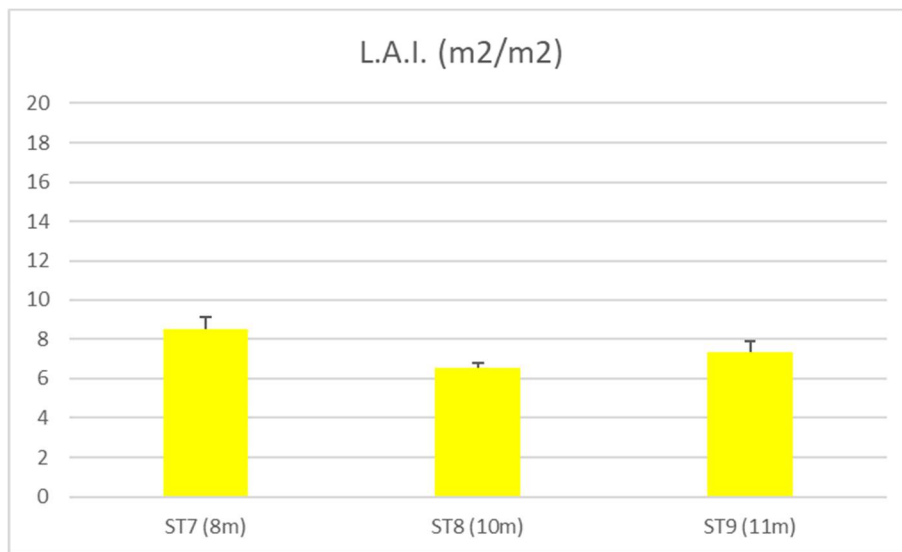


Figura 17. Andamento del Leaf Area Index delle piante di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore di impronta dell'opera. In verde valori normali; in giallo valori bassi.

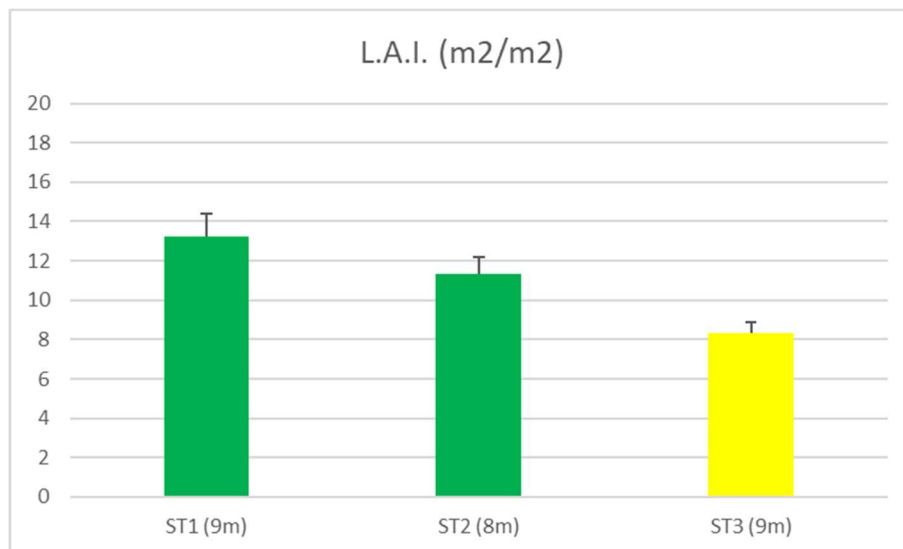


Figura 18. Andamento del Leaf Area Index delle piante di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore di transizione. In verde valori normali; in giallo valori bassi.

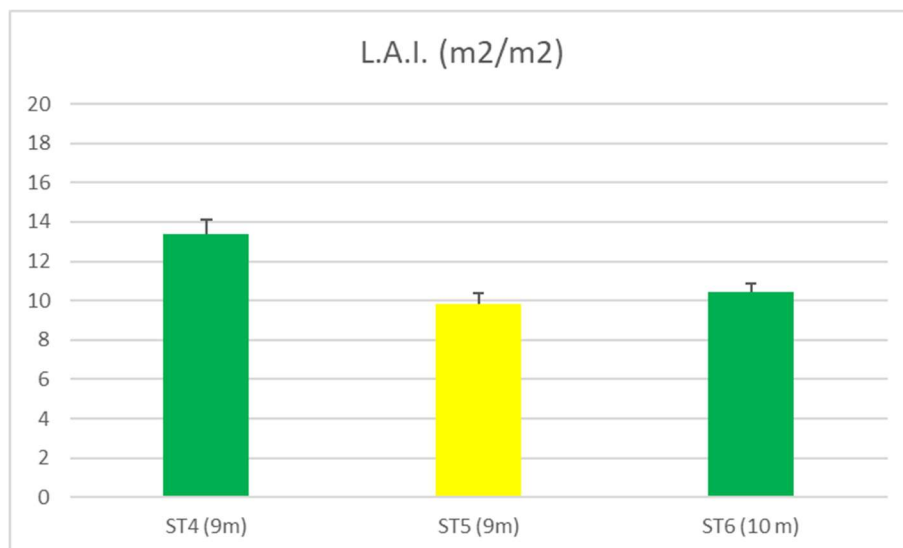


Figura 19. Andamento del Leaf Area Index delle piante di *Posidonia oceanica* nelle tre stazioni poste nel settore più vicino alla Meloria. In verde valori normali; in giallo valori bassi.

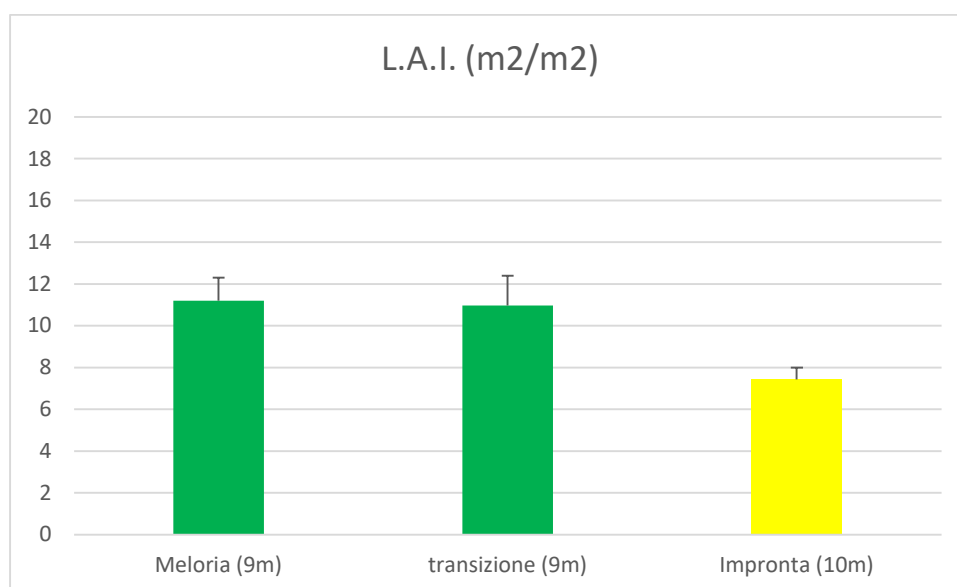
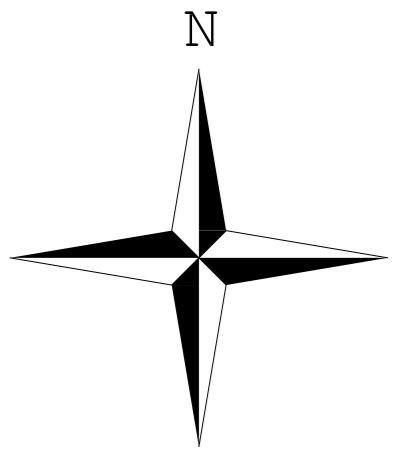


Figura 20. Andamento del Leaf Area Index medio delle piante di *Posidonia oceanica* nei tre settori di prateria indagati. In verde valori normali; in giallo valori bassi.

BIBLIOGRAFIA

- AA. VV. Buone prassi per lo svolgimento in sicurezza delle attività subacquee di ISPRA e delle Agenzie Ambientali - Manuali e linee guida ISPRA 94/2013
- Bacci T., Rende S. F., Rocca D., Scalise S., Cappa P., Scardi M. 2015. Optimizing *Posidonia oceanica* (L.) Delile shoot density: Lessons learned from a shallow meadow. *Ecological Indicators*
- Bacci T., Penna M., Rende S. F., Tomasello A., Calvo S. 2020. Scheda metodologica *Posidonia oceanica* (L.) Delile – Descrittore 1 Biodiversità (Dlgs 190/10), Elemento di Qualità Biologica Angiosperme (Dlgs 152/06). ISPRA.
- Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. 2003. I sistemi a fanerogame marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Med.*, 19 (Suppl.): 145- 198.
- Cicero A.M., Di Girolamo I. (Ed), 2001. Metodologie analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio dell'ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003). Roma, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM
- Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle de Marseille* 39, 33-39.
- 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: PREI. *Mar. Poll. Bull.* 58, 1727-1733.
- Meinesz A. & Laurent R., 1978. Cartographie et état de la limite inférieure de l'herbier de *Posidonia oceanica* dans les Alpes-maritimes (France). *Botanica Marina* 21, 513-526.
- Panayotidis, P., Bouderesque, C.F., Marcot-Coqueugniot, J., 1981. Microstructure de l'herbier à *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile. *Bot. Mar.* 24 (3), 115-124.
- Pergent G., Pergent-Martini C., Bouderesque C.F. 1995. Utilisation de l'herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: état et desconnaissances. *Mésogée* 54: 3–27.
- Pergent G., 1990. Lepidochronological analysis of the seagrass *Posidonia oceanica*(L.) Delile: A standardised approach. *Aquatic Botany* 57, 39-54.
- Personnic S, Boudouresque CF, Astruch P, Ballesteros E, Blouet S, Bellan-Santini D, et al. 2014. An Ecosystem-Based Approach to Assess the Status of a Mediterranean Ecosystem, the *Posidonia oceanica* Seagrass Meadow. *PLoS ONE* 9(6): e98994. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0098994>
- Tomasello A., Sciandra M., Muggeo V., Pirrotta M., Di Maida G., Calvo S., 2016. Reference growth charts for *Posidonia oceanica* seagrass: An effective tool for assessing growth performance by age and depth. *Ecological Indicators*, 69, 50- 58.

N 4.835.000
E 10°15'0"



E 590.000
E 590.000

E 10°10'0"

E 595.000










E 600.000

E 10°15'0"

E 605.000

N 4.835.000

LEGENDA

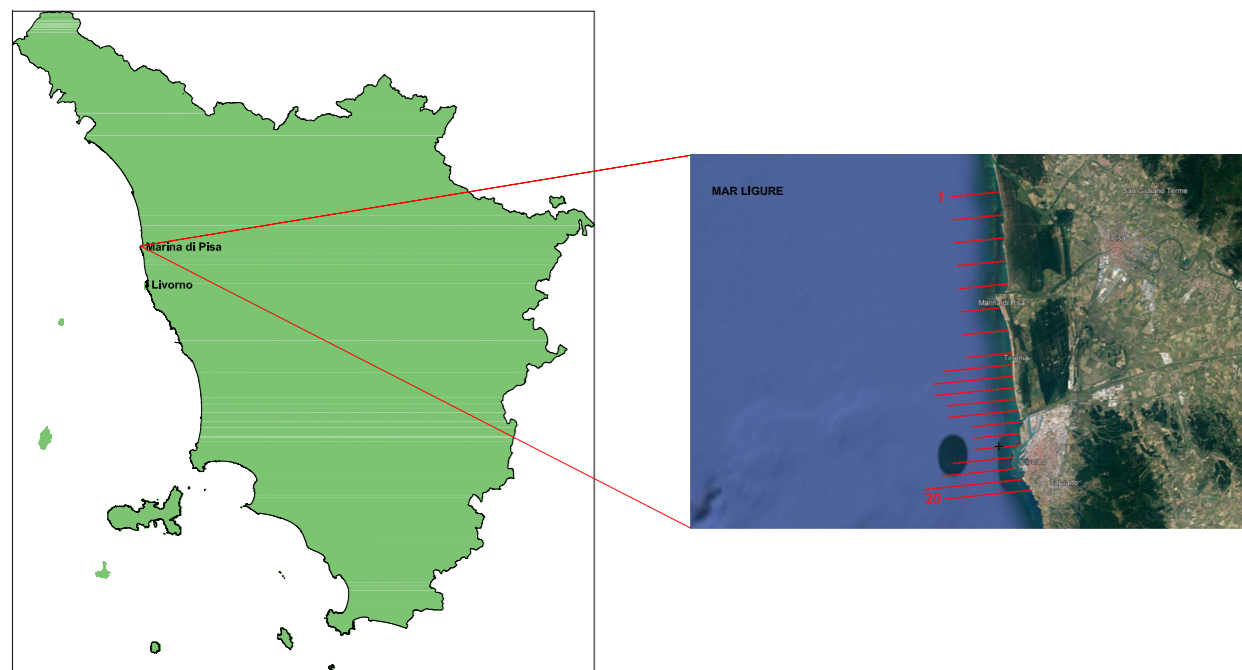
-  14 *Identificativo e traccia dei transetti SSS*
-  *Fanerogame marine (Posidonia oceanica)*
-  *Fanerogame marine (Posidonia oceanica) degradata/diradata*
-  *Fondi mobili (sabbie)*
-  *Matte*
-  *Fondi duri e rocciosi*
-  *Cartografia di base (da Geoportale GEOScopio della Regione Toscana)*
-  *Id. linea - Pianificazione del rilievo mediante sidescan sonar*
-  *Id. transetto ROV - eventi navigazione ogni 60 s - descrizione evento video*

Range del sidescan sonar: 50 m

Risoluzione del mosaico dei sonogrammi: 0.25 m x 0.25m

Strumentazione utilizzata:

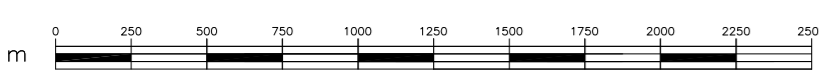
Side-scan sonar: GeoAcoustics Dual Frequency (100/500 kHz) Side Scan Sonar
 Posizionamento: Applanix POS-MV 320 con correzione NRTK (Networked Real-Time Kinematics) fornita dalla Rete di Stazioni Permanenti GNSS NetGEO-TOPCON
 Sonda di velocità del suono: VALEPORT miniSVP
 Acquisizione ed elaborazione dati: Hypack 2018 (Hypack Inc.)
 Imbarcazione: M/B COLMAR III



ESECUZIONE DI INDAGINI AMBIENTALI FINALIZZATE ALLA REALIZZAZIONE DELLE "OPERE MARITTIME DI DIFESA E DEI DRAGAGGI PREVISTI NELLA PRIMA FASE DI ATTUAZIONE DELLA PIATTAFORMA EUROPA"
PROSPEZIONE ACUSTICA DEI FONDALI MEDIANTE SIDESCAN SONAR - ESTENSIONE
 25 maggio - 08 giugno 2023

CARTA DEL MOSAICO INTERPRETATO

Revisione:	Data:	Nome del File:	Autore:	Controllo:
02	18/07/2023	2323_ADSP MTS_Livorno_SSS_25k_Rev02.dwg	L.G.	L. G.

Formato carta:	A0	Parametri Geodetici:
Scala 1:25.000		Datum: RDN2008 (ETRF2000@2008)
		Proiezione: UTM 32 Nord

COI.MAR, S.r.l. - Via delle Pianazze, 74 - 19136 La Spezia (Italy)
 Tel. (+39) 0187 962590 - Fax (+39) 0187 943461
 www.coimartalia.it e-mail: coimart@coimartalia.it

N 4.830.000

N 4.830.000

N 4.825.000

N 4.825.000

N 4.820.000

N 4.820.000

E 10°10'0"

E 595.000

E 600.000

E 10°15'0"

E 605.000

