Caratterizzazione ambientale dell'area marina interessata dall'esecuzione di opere di consolidamento e ripascimento costiero localizzate presso il Comune di Costarainera.



Rev.	Data	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato
00	17/06/2020	Emissione interna	M. Previati	U. Pantaleo M. Palma	-
01	09/07/2020	Emissione per commenti	M. Previati	U. Pantaleo M. Palma	M. Previati

---

Committente: Comune di Costarainera
Relazione n°: 03-2020
Area di lavoro: Costarainera (IM)
Riferimento:DETERMINAZIONE AREA TECNICA-N. 92 DEL 08/06/2020 REG. GENN.53 DEL 08/06/2020

U.BI.CA. S.r.l.
Via San Siro 6/1, 16124
Genova – Italy
Tel. +39 338 474 9026
Email: info@ubicasrl.com
www.ubicasrl.com

1) Premessa 2

2) Area d'indagine 3

3) Procedure di acquisizione dei dati 6
Personale coinvolto 6
Attività di campo 6

4) Analisi e Risultati 9
Caratterizzazione della comunità macro-algale dell'infralitorale e dell'intertidale di fondo duro 9
Il posidonieto costiero 15
Il prato di *Cymodocea nodosa* 22
Il posidonieto del largo: limite superiore 24
Il posidonieto del largo: la zona centrale 29
Il posidonieto del largo: limite inferiore 32
Flora e fauna associate 37

5) Conclusioni 40

6) Bibliografia 42

1. Premessa

A seguito della Delibera di Giunta Comunale n° 32 del 1° giugno 2020, avente per oggetto "Eccezionali eventi meteo ottobre 2018 – OCDPC n° 558 del 15 novembre 2018. Intervento n° 114 – Intervento di riduzione del rischio finalizzato alla protezione della strada litoranea e del centro abitato. Aggravamento dei dissesti del muro a bastioni di protezione costiera, del percorso pubblico superiore di lungo costa e delle infrastrutture presenti quali la pista ciclabile di Area 24 e le ex strutture ospedaliere del polo Barellai", l'intero tratto di costa ricadente nel comune di Costarainera sarà interessato dall'esecuzione di opere di consolidamento e ripascimento costiero.

Obiettivo del presente lavoro è quello di descrivere le condizioni e le caratteristiche ambientali *ante-operam* dell'area oggetto degli interventi, analizzando in dettaglio i parametri naturali fondamentali su cui le opere di difesa potrebbero interferire, ed eventualmente identificare le necessarie e/o possibili misure di mitigazione utili a preservare un'area di estremo valore naturalistico, ricadente all'interno del SIC marino nominato "Fondali di Porto Maurizio, San Lorenzo al Mare, Torre dei Marmi" (codice di riferimento IT1315971).

2. Area d'indagine

Il tratto di costa ricadente nel Comune di Costarainera ha un'estensione lineare di circa 700 m ed è prevalentemente caratterizzato da una stretta fascia costiera emersa delimitata alle spalle da una ripida scarpata di altezza superiore ai 5 metri. L'intera zona non presenta vere e proprie spiagge bensì tratti ciottolosi intervallati da affioramenti rocciosi di piccole dimensioni e opere di difesa aderenti, causa questa della bassa fruizione turistica di questo tratto di litorale. Al confine con il comune di S. Lorenzo al Mare ed in altri tratti sono state realizzate tra il 2012 ed il 2014 un pennello frangiflutto (figura 1) e alcune scogliere aderenti a protezione della retrostante scarpata dall'azione del mare. Inoltre, sono presenti strutture di contenimento, costituite da muraglioni, localizzate soprattutto nella zona sottostante l'Istituto Elioterapico (figura 2), e un piccolo pennello costruito al confine con Cipressa, per convogliare le acque del Rio Piani e dello scarico a mare del depuratore del comune di Cipressa. Lungo quasi tutto il tratto di costa, in prossimità della linea di riva, si osservano rocce e scogli affioranti, a volte immediatamente sotto il pelo dell'acqua. Al di sopra della scarpata è stata realizzata una passeggiata pedonale sterrata, che segue tutto il tratto della costa in territorio comunale.



Figura 1 - Pennello frangiflutto presente a levante dell'area indagata.



Figura 2 - Strutture di contenimento costituite da muraglioni presenti nella zona sottostante l'Istituto Elioterapico.

L'area di indagine ricade all'interno del SIC marino denominato "Fondali di Porto Maurizio - San Lorenzo al Mare - Torre dei Marmi" (codice di riferimento Natura 2000 IT1315971) che occupa una superficie marina di circa 1202 ettari, sino ad una profondità di circa 42 m (figura 3). Geograficamente il sito è delimitato a Est dal porto di Imperia e a Ovest dalla Torre dei Marmi (fortificazione pentagonale costruita tra il 1588 ed il 1610 come zona di avvistamento e cannoneggiamento) e comprende i comuni di Imperia, San Lorenzo al Mare, Costarainera e Cipressa. L'area del SIC è caratterizzata dalla presenza di *Posidonia oceanica*, fanerogama di estremo interesse naturalistico inserita in numerosi annessi internazionali tra cui l'Allegato I della Direttiva Habitat 92/43 CEE che elenca i tipi di habitat naturali di interesse comunitario la cui conservazione richiede la designazione di aree speciali di conservazione. La Posidonia in questo SIC forma due praterie: una più estesa che si sviluppa per 6 km di fronte agli abitati di San Lorenzo al Mare e Costarainera coprendo una superficie di circa 200 ettari tra i 5 ed i 32 m di profondità; l'altra, situata davanti a Porto Maurizio, si estende per 2,5 km di lunghezza e 2 km di larghezza occupando oltre 400 ettari di superficie marina dai 10 m ai 30 m di profondità.
Sulla base del documento redatto da Regione Liguria "Misure di Conservazione sito specifiche per i SIC marini liguri", i posidonieti di questo tratto di costa risultano in stato di conservazione soddisfacente.



Figura 3 - Estensione del SIC marino denominato "Fondali di Porto Maurizio - San Lorenzo al Mare - Torre dei Marmi" (codice habitat IT1315971) (cartografia regionale aggiornata al 2016).

3. Procedure di acquisizione dei dati

3.1. Personale coinvolto

Le attività di raccolta dati sono state realizzate in immersione subacquea da tre Operatori Scientifici Subacquei (OSS) con certificazione Advanced European Scientific Diver rilasciata da AIOSS (Associazione Italiana Operatori Scientifici Subacquei) secondo gli standard dell'European Scientific Diving Panel, accompagnati da un Operatore Tecnico Subacqueo (OTS). Le immersioni sono state condotte nel rispetto degli standard di sicurezza definiti dalle "Buone prassi per lo svolgimento in sicurezza delle attività subacquee di ISPRA e delle Agenzie Ambientali" (ISPRA, 2013).
Il lavoro è stato realizzato nelle giornate di 15, 21 e 22 giugno 2020 ed è stato autorizzato dalla Capitaneria di Porto di Imperia dopo richiesta inviata dal Comune di Costarainera (Prot. n. 1638 del 6 giugno 2020).

3.2. Attività di campo

Ai fini della realizzazione del presente studio sono state pianificate le seguenti attività tenendo in considerazione le informazioni cartografiche già disponibili (figura 4; figura 5):

1) n.1 percorso parallelo a costa realizzato in immersione subacquea alla profondità compresa tra 2 m e 5 m, mirato alla caratterizzazione della comunità macro-algale dell'infralitorale di fondo duro;
2) applicazione del metodo CARLIT sul tratto costiero di interesse finalizzato alla caratterizzazione delle comunità superficiali di substrato roccioso dominate da macroalghe e alla valutazione dello stato ecologico delle acque costiere;
3) n. 1 rilievo aereo con drone utile a perimetrare i posidonieti costieri presenti nell'area di interesse fino alla profondità di 7 m e a valutarne l'estensione;
4) n.2 rilievi puntiformi alla profondità compresa tra 3 m e 6 m, realizzati in immersione subacquea, all'interno delle due principali macchie costiere di Posidonia finalizzati alla caratterizzazione e valutazione del loro stato di conservazione (figura 4). In aggiunta, gli stessi rilievi puntiformi sono stati effettuati nella zona chiamata "Scoglio rosso", immediatamente a levante dell'area di indagine, potenzialmente interessata dagli interventi programmati (figura 10);
5) n.4 transetti perpendicolari a costa con orientamento costa-largo fino al limite superiore della prateria di *P. oceanica* (della lunghezza di circa 350 m ciascuno) finalizzati a verificare la presenza ed estensione dei principali habitat marini all'interno dell'area di interesse;
6) n.2 transetti paralleli a costa della lunghezza di circa 1000 metri ciascuno, alle profondità di circa 5 m e 7.5 m, realizzati mediante fotocamera filoguidata al traino, finalizzati a verificare l'estensione dei prati di *Cymodocea nodosa*, dei banchi di sabbia e di altre eventuali formazioni;

7) n.1 percorso lungo il limite superiore della prateria di *P. oceanica* realizzato in immersione subacquea mirato a valutare eventuali variazioni rispetto ai precedenti rilievi effettuati nel 2007 e descriverne le caratteristiche;
8) n.4 rilievi puntiformi alla profondità di 15 m realizzati in immersione subacquea finalizzati alla caratterizzazione del posidonieto del largo e alla valutazione delle sue condizioni;
9) n.4 rilievi puntiformi sul limite inferiore del posidonieto del largo mirati a descriverne le caratteristiche.

Durante le attività è stata raccolta documentazione video-fotografica georiferita che è stata processata ed analizzata ai fini della caratterizzazione ambientale dell'area di interesse.

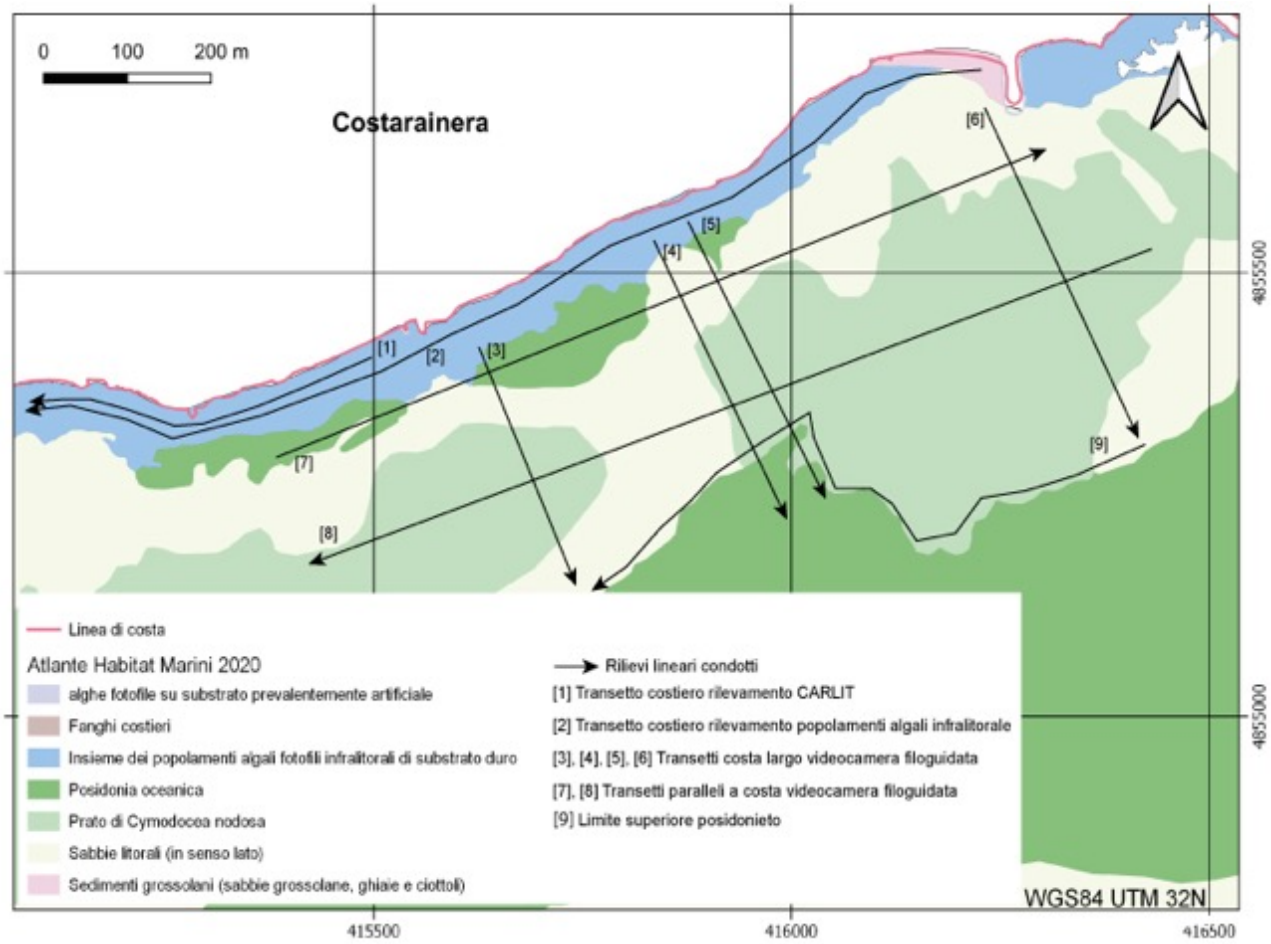


Figura 4 - Mappa dei rilievi condotti lungo percorsi subacquei: transetto costiero per l'analisi del Carlit [1]; transetto costiero per il rilevamento dei popolamenti algali infralitorali [2]; transetti costa-largo e paralleli a costa per l'analisi della *Cymodocea nodosa* [3, 4, 5, 6, 7, 8]; transetto per il rilevamento del limite superiore della *Posidonia oceanica* [9].

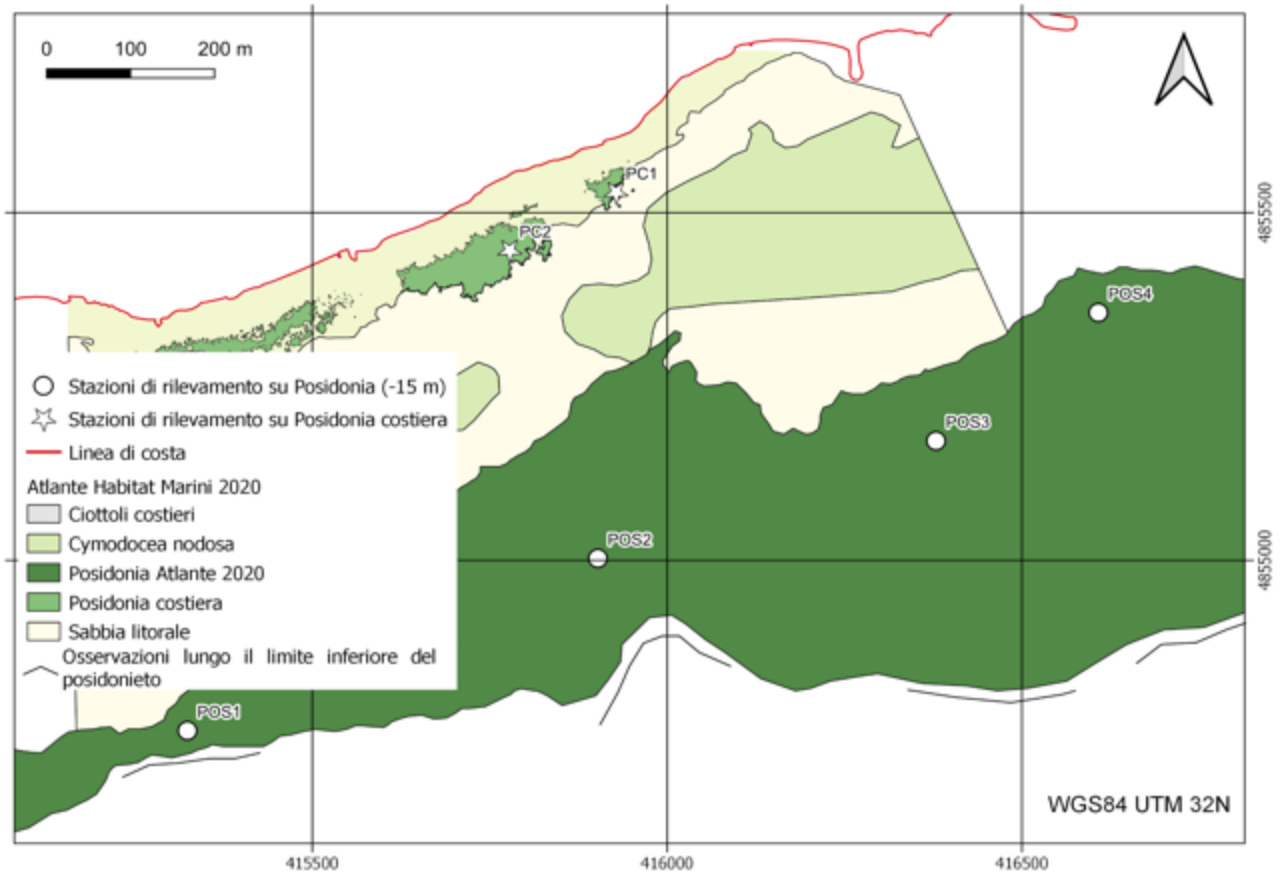


Figura 5 - Mappa dei rilievi puntiformi condotti per analizzare la densità e il ricoprimento percentuale della prateria a *Posidonia oceanica* e caratterizzarne il limite inferiore.

4. Analisi e Risultati

4.1. Caratterizzazione della comunità macro-algale dell'infralitorale e dell'intertidale di fondo duro

Le comunità superficiali di substrato roccioso dominate da macroalghe, rispondono ai cambiamenti delle condizioni ambientali in tempi relativamente brevi e per questo motivo sono particolarmente adatte al monitoraggio dello stato ecologico (SE) delle acque costiere (Ispra, 2008). Le informazioni relative alla comunità algale costiera della zona indagata sono ad oggi ancora estremamente frammentarie.
Allo scopo di realizzare un primo rapido *screening* e mettere in evidenza possibili zone a rischio o dove studi più approfonditi si rendono necessari, nella zona intertidale (piano mediolitorale) è stato applicato il metodo Carlit che quantifica lo SE) tramite applicazione di un indice sintetico.
A complemento e integrazione delle indagini eseguite per la zona intertidale, è stata effettuata la caratterizzazione della comunità macro-algale dell'infralitorale di fondo duro coprendo l'area compresa tra il limite inferiore dell'orizzonte intertidale sino alla batimetrica dei -5 metri.

La comunità macro-algale dell'intertidale: il metodo CARLIT

Il metodo di monitoraggio CARLIT è un metodo cartografico che sfrutta lo sviluppo lineare dei popolamenti algali superficiali in ambiente micro-tidale. Lo studio della composizione di tali popolamenti trova corrispondenza nelle condizioni di minore o maggiore disturbo antropico agente nell'area.
Ad ogni comunità algale delle scogliere superficiali, è quindi stato associato un valore di sensibilità sulla base di studi condotti e valutazioni condotte da esperti (tabella 1). Le comunità algali caratteristiche dei litorali Mediterranei sono state quindi classificate sulla base della loro corrispondenza a sopportare condizioni di disturbo antropico di diversa intensità. Popolamenti dominati da Cianobatteri e delle alghe verdi del genere Derbesia sono indicate con il più basso livello di sensibilità. Al contrario popolamenti del genere Cystoseira sono considerati essere maggiormente sensibili a condizioni di stress antropico. In quest'ultimo caso, la specie e la densità dei popolamenti sono fattori considerati per determinare il livello di sensibilità associato (i.e. numero 1 indica la presenza di pochi talli isolati mentre numero 5 indica popolamenti densi e continui) (tabella 1). All'apice della scala di sensibilità sono riportati le concrezioni a marciapiede di alghe coralline incrostanti e vermetidi ("trottoir"), nonché la presenza di fanerogame marine affioranti (i.e. *Posidonia oceanica*) (tabella 1).

Tabella 1: Corrispondenze tra comunità algali dominanti con le relative abbondanze e i valori di Sensibilità Ecologica (SE) (Mangialajo et al. 2008)

	Categoria	Descrizione	Valore di sensibilità
	Trottoir	Concrezioni a marciapiede ("trottoir") di *Lithophyllum byssoides* (*L. trochanter* e *Dendropoma**)	20
Con popolamenti a *Cystoseira*	*Cystoseira brachycarpa/crinita/elegans*	Popolamenti a *C. brachycarpa/crinita/elegans*	20
	Cystoseira in zone riparate	Popolamenti a *Cystoseira barbata/foeniculacea/humilis/spinosa*	20
	Cystoseira amentacea/mediterranea **5**	Cinture continue a *C. amentacea/mediterranea*	20
	Cystoseira amentacea/mediterranea **4**	Cinture quasi continue a *C. amentacea/mediterranea*	19
	Cystoseira amentacea/mediterranea **3**	Popolamenti abbondanti a *C. amentacea/mediterranea*	15
	Cystoseira amentacea/mediterranea **2**	Popolamenti scarsi a of *C. amentacea/mediterranea*	12
	Cystoseira compressa	Popolamenti a *C. compressa*	12
	Cystoseira amentacea/mediterranea **1**	Rare piante isolate di *C. amentacea/mediterranea***	10
Senza popolamenti a *Cystoseira*	*Dictyotales/Stypocaulaceae*	Popolamenti a *Padina/Dictyota/Dictyopteris/Taonia/Stypocaulon*	10
	Corallina	Popolamenti a *Corallina elongata*	8
	Corallinales incrostanti	Popolamenti a *Lithophyllum incrustans*, *Neogoniolithon brassica-florida* e altre Corallinales incrostanti	6
	Mitili	Popolamenti a *Mytilus galloprovincialis* (Mitilaie)	6
	Pterocladiella/Ulva/Schizymenia	Popolamenti misti a *Pterocladiella/Ulva/Schizymenia*	6
	Ulva/Cladophora	Popolamenti a *Ulva* e/o *Cladophora*	3
	Cianobatteri/Derbesia	Popolamenti dominate da Cyanobacteria e/o *Derbesia tenuissima*	1
Fanerogame	*Posidonia* - récif	Formazioni affioranti di *Posidonia oceanica* ("récif")	20
	Cymodocea nodosa	Praterie superficiali di *Cymodocea nodosa*	20
	Nanozostera noltii	Praterie superficiali di *Nanozostera noltii*	20

*Formazioni organogene tipiche della Sicilia e di altre regioni del Sud Italia.
**In caso di presenza di rare piante isolate di *C. amentacea/mediterranea*, si annota anche la comunità dominante (valore di sensibilità risultante: valore medio).

La costa rocciosa naturale è stata divisa in settori di 50 metri lineari entro i quali sono state rilevate le comunità macro-algali dominanti attraverso un esame visivo speditivo. In un primo momento viene quantificato il valore di qualità ecologica (Ecological Quality Value, EQV_{calc}) in ogni area di indagine per ogni categoria geomorfologica rilevante. L'EQV_{calc} corrisponde alla media pesata dei valori di sensibilità delle comunità riscontrate, in funzione del numero di settori (cartografia per settori).
I valori di qualità ecologica calcolati secondo la stessa procedura nei siti di riferimento, per ogni categoria geomorfologica rilevante (EQV_{rif}), permettono di calcolare il Rapporto di Qualità Ecologica (Ecological Quality Ratio, *EQR*):

$$EQR = \frac{\sum \frac{EQV_{calc} * l_i}{EQV_{rif}}}{\sum l_i} \quad ,$$

dove l_i rappresenta il numero di settori.
L'*EQR* è quindi un valore adimensionale compreso tra 0 e 1 e permette di classificare le aree di indagine secondo lo SE (5 classi, da elevato a pessimo).

Il campionamento visivo è stato condotto nella giornata del 22 giugno 2020 seguendo la tecnica di osservazione prevista dal metodo CARLIT (Magialajo *et al., 2008*). La traccia GPS del percorso eseguito lungo costa è stata registrata ed utilizzata per geolocalizzare le foto e i video registrati *in-situ* e

successivamente analizzati per individuare le comunità algali predominanti per i settori di costa già rilevati in passato i cui dati sono disponibili negli archivi regionali.
Per le zone rocciose costituite almeno per l'80 % da substrati naturali, sono state annotate le comunità dominanti insieme alle caratteristiche geomorfologiche della costa studiata. I dati raccolti sono stati processati in ambiente GIS e riportati su mappa. Particolare attenzione è stata dedicata alla presenza e alla distribuzione di alghe ad elevato valore naturalistico quali il gruppo delle Cystoseire (tabella 2 e figura 6 e 7).

Tabella 2: Punti di inizio e fine e rispettive coordinate dei transetti eseguiti per la caratterizzazione della comunità macro-algale dell'infralitorale e dell'intertidale di fondo duro.

Punti	Rilievo	Latitudine (WGS84 UTM 32N)	Longitudine (WGS84 UTM 32N)
Inizio	CARLIT	4855369	415358
Fine	CARLIT	4855376	415168
Inizio	Alghe Infralitorali	4855723	416096
Fine	Alghe Infralitorali	4855376	415168



Figura 6 - Mappa con il percorso eseguito per la caratterizzazione della comunità algale dell'infralitorale e con le unità costiere di campionamento eseguito mediante metodo Carlit.



Figura 7 - Comunità algali caratterizzanti i settori rilevati mediante metodo Carlit. I numeri sopra i diversi settori indicano il valore di Sensibilità Ecologica della comunità algale dominante.

I 4 settori precedentemente monitorati nel 2016 sono stati processati e confrontati con i dati raccolti durante il monitoraggio eseguito il 22 giugno 2020. L'indice EQR risultante dal monitoraggio 2020 risulta essere di 0.6626506 contro un valore di 0.6927711 ottenuto nel 2016 sugli stessi settori costieri. Tali valori indicano una comunità macroalgale in buono stato di conservazione (figura 8).

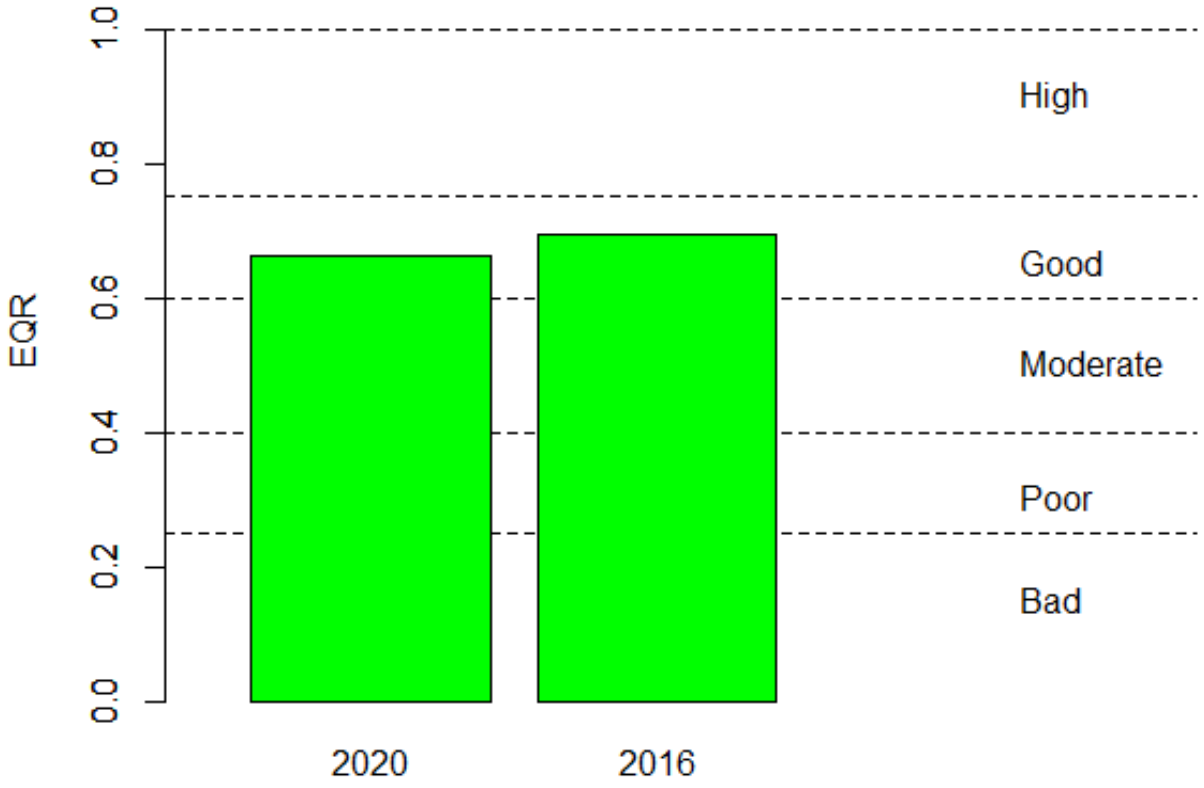


Figura 8 - Indice EQR calcolato utilizzando i dati del 2016 e del 2020 mediante impiego di software di analisi statistica R (R Core Team 2013) e relativo pacchetto di analisi per metodo CARLIT (Pecorino et al. 2015).

La comunità macro-algale dell'infralitorale

La caratterizzazione della comunità macro-algale di fondo duro compresa tra il limite inferiore dell'orizzonte intertidale e la profondità di 5 metri è stata eseguita percorrendo in immersione subacquea il tratto di fondale oggetto dell'indagine e annotando *in situ* i *taxa* macroalgali osservati lungo il percorso (figura 6).
L'intero litorale oggetto delle opere di consolidamento, partendo dal confine con il comune di San Lorenzo al Mare verso ponente fino all'abitato di Cipressa, è caratterizzato da una stretta fascia costiera costituita da affioramenti rocciosi e massi di dimensioni variabili che raggiunge i 6 metri di profondità. Come evidenziato da Garibaldi (2007) in un precedente studio condotto nell'area, la fascia infralitorale ha un andamento sinuoso, con ampiezza massima in corrispondenza dell'Istituto Elioterapico e una minima immediatamente a levante dell'Istituto stesso.

Dai rilievi condotti sono state definite due aree caratterizzate da popolamenti di macroalgali simili ma distinti. L'area ponentina, di 9950 m^2, è caratterizzata da ricoprimenti sparsi di Cystoseire spp. osservate sempre su substrati duri naturali. Il più alto numero di specie osservate nell'area ponentina probabilmente è da attribuire alla maggiore eterogeneità del paesaggio marino che presenta maggiori anfratti rocciosi con zone d'ombra che risultano essere

nicchie di insediamento per specie sciafile solitamente osservate a maggiori profondità (i.e. *Flabellia petiolata)* (tabella 3, figura 15).

Tabella 3: Lista delle specie di macroalghe osservate durante i rilievi di caratterizzazione della comunità macro-algale dell'infralitorale e dell'intertidale di fondo duro.

	Area levantina	**Area ponentina**
Superficie	52398 m^2	9950 m^2
Check list		
Chromista	*Halopteris scoparia*	*Cystoseira compressa*
	Dictyota dichotoma var. *dichotoma*	*Cystoseira amentacea*
	Dictyota spiralis	*Cystoseira spp.*
	Padina pavonica	*Rissoella verrucolosa*
		Nemalion helminthoides
		Dictyota dichotoma var. dichotoma
		Dictyota spiralis
		Padina pavonica
Rhodophyta	*Jania sp,*	*Jania sp,*
	Jania squamata	*Jania squamata*
	Jania virgata	*Jania virgata*
	Elisolandia elongata	*Elisolandia elongata*
		Lithophyllum spp.
		Sphaerococcus coronopifolius
Chlorophyta	*Codium fragile*	*Codium fragile*
	Codium effusus	*Codium effusus*
	Acetabulatia acetabulum	*Acetabulatia acetabulum*
		Flabellia petiolata

4.2. Il posidonieto costiero

Nella presente sezione vengono descritte le particolarità delle due piccole praterie costiere di *Posidonia oceanica* che crescono prevalentemente su e tra roccia, prese in considerazione dai precedenti studi (Garibaldi, 2007).
Le due macchie di posidonia sono state perimetrate tramite rilievi fotografici aerei effettuati mediante drone Parrot Anafi. Le immagini georeferenziate raccolte, dalla risoluzione di 21 megapixel ciascuna, sono state ortorettificate e processate mediante software di fotogrammetria digitale allo scopo di ottenere un fotomosaico dell'intera area rilevata alla risoluzione di 1 cm/pixel. L'ortomosaico è stato successivamente digitalizzato in ambiente GIS per generare i poligoni di perimetrazione delle aree a *P. oceanica* (figura 9).
In aggiunta è stato digitalizzato il perimetro della terza macchia di Posidonia localizzata più a ponente (Area 3), nel tratto costiero del Comune di Cipressa, per valutarne l'estensione e monitorare eventuali regressioni a seguito dei lavori previsti per la realizzazione della scogliera di protezione.

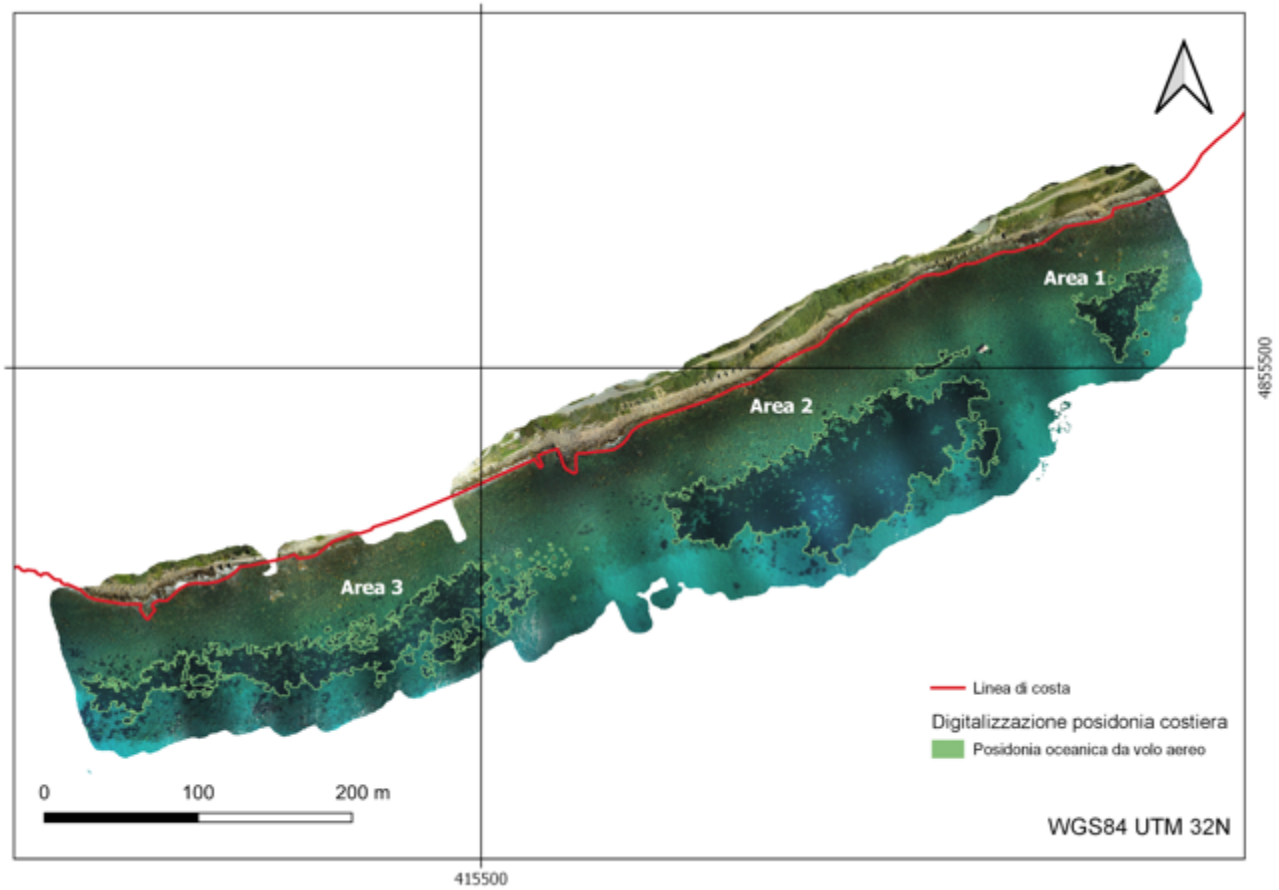


Figura 9 - Ortomosaico del posidonieto costiero con indicazione dei poligoni di perimetrazione (Area 1, Area 2 e Area 3).

In seguito, all'interno dell'Area 1 e dell'Area 2 è stato stimato il ricoprimento percentuale e la densità dei fasci fogliari per unità di superficie. Il ricoprimento percentuale di *P. oceanica*, ovvero la stima dello spazio ricoperto da Posidonia in un'area di 5 m di raggio, è stato stimato tramite rilevamento diretto *in situ* ad opera di due operatori subacquei (Montefalcone, 2009b) posizionati a circa 2 m di altezza dal fondo. Oltre all'Area 1 e 2 è stata fatta un'analisi del ricoprimento

percentuale e della densità dei fasci fogliari per unità di superficie nelle due piccole aree a posidonia (considerate un'unica area denominata Area 4 o Area dello scoglio rosso) che ricadono nel comune di San Lorenzo al Mare al di fuori della principale area indagata, ma che saranno coinvolte dalle opere previste, ovvero la realizzazione di un ripascimento strutturale, confinato da due strutture trasversali di contenimento e da una piccola isola semisommersa in massi naturali.

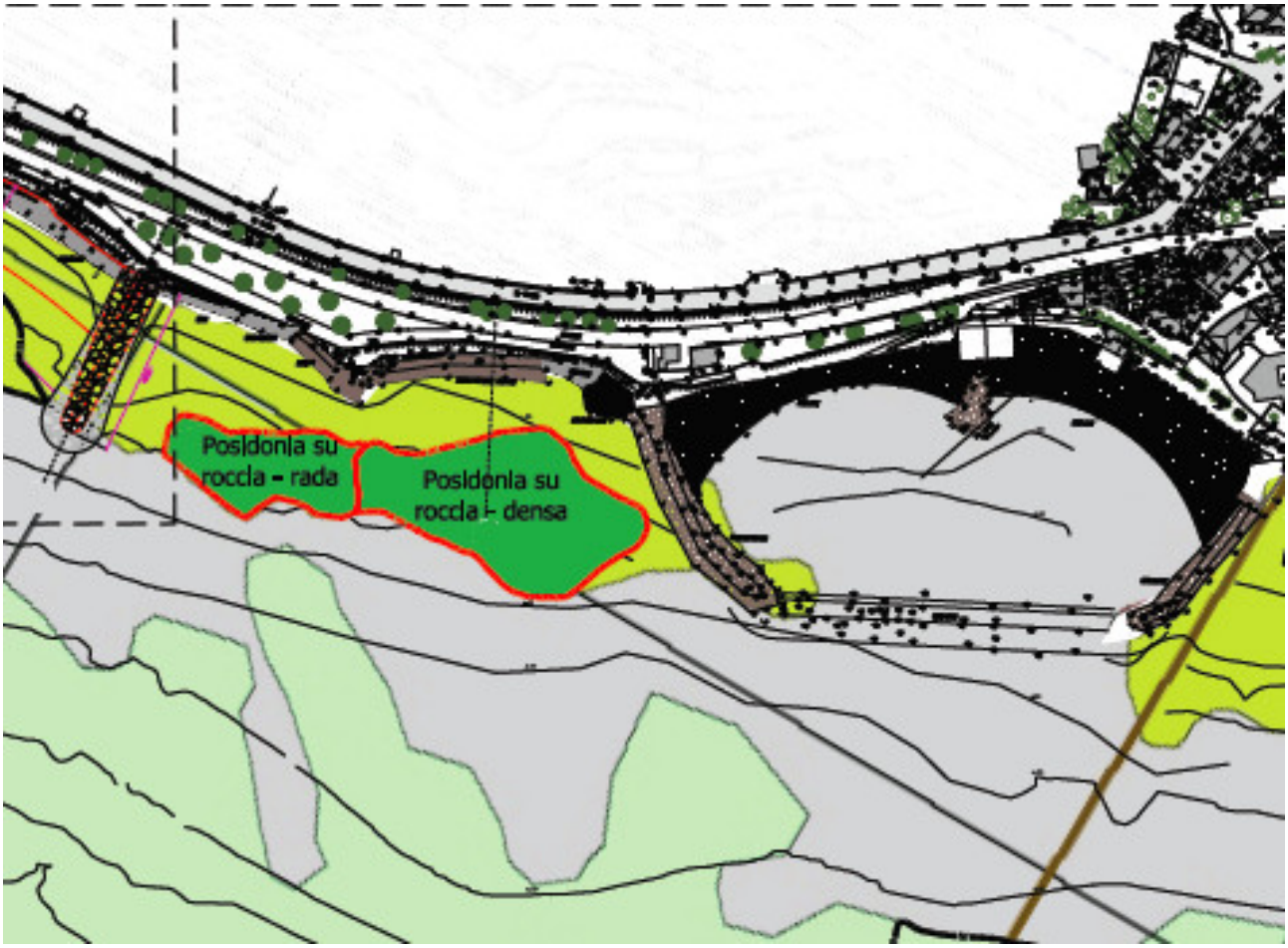
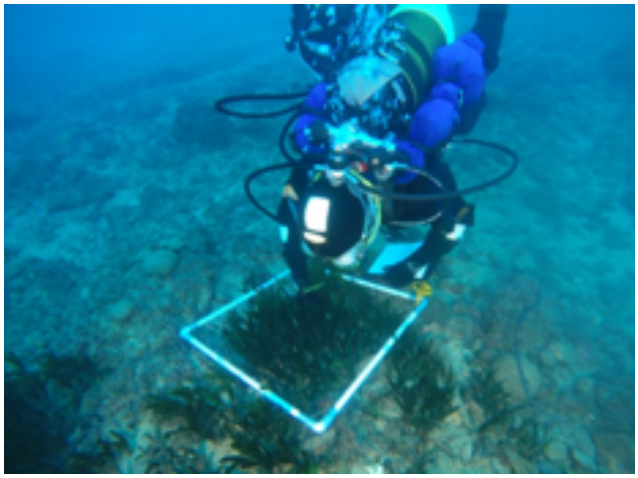


Figura 10 - Immagine delle due piccole aree a Posidonia (considerate un'unica area denominata Area 4) presa dal S8 - Tav.4 Sovr.Rilievo SanLorenzo.pdf.

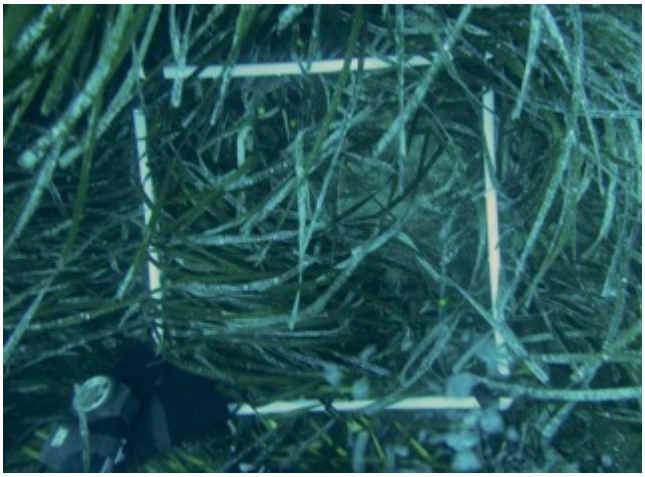
Seguendo quanto indicato da Regione Liguria (2003), è stato introdotto un fattore di correzione nei valori medi calcolati di ricoprimento del fondo, nel caso in cui le praterie si sviluppino entro la batimetrica dei -10 m, finalizzato ad un maggiore grado di tutela. Il fattore di correzione viene quindi applicato ai valori di ricoprimento del fondo (R) secondo la seguente formula:

$$R \text{ corretto} = R + R\,(100 - R)/100$$

La densità dei fasci fogliari, ovvero il numero di fasci fogliari di *P. oceanica* per unità di superficie, convenzionalmente 1 m^2, è stata ottenuta dopo aver lasciato cadere in modo casuale al di sopra della prateria (Pergent *et al*., 1995) una cornice quadrata di 40 cm × 40 cm (Panayotidis *et al.,* 1981), in un numero di 5 repliche per ciascuna stazione (figura 11A, B e C).



A



B



C

Figura 11 - A) Operatore scientifico subacqueo (OSS) mentre misura la densità della prateria utilizzando un quadrato di 40 cm di lato; B) dettaglio del quadrato utilizzato per l'analisi della densità; C) OSS con scooter subacqueo utilizzato per gli spostamenti.

La valutazione dello stato di salute della prateria è stata condotta facendo riferimento sia alla classificazione sulla base del numero di fasci fogliari per m^2 (da Giraud, 1977) (tabella 4), sia al metodo proposto dalla Regione Liguria che tiene conto del numero di fasci fogliari per metro quadrato e della profondità alla quale i conteggi sono stati effettuati (Gambi e Dappiano, 2003) (tabella 5).

Tabella 4: Classificazione della densità di *P. oceanica* in base al numero di fasci fogliari per m2 (da Giraud, 1977).

Densità fasci*m^{-2}	Classe
> 700 fasci*m^{-2}	Classe I: prateria molto densa
400-700 fasci*m^{-2}	Classe II: prateria densa
300-400 fasci*m^{-2}	Classe III: prateria rada
150-300 fasci*m^{-2}	Classe IV: prateria molto rada
50-150 fasci*m^{-2}	Classe V: semiprateria
< 50 fasci*m^{-2}	Classe VI: ciuffi isolati

Tabella 5: Classificazione delle praterie proposta dalla Regione Liguria (Gambi e Dappiano, 2003).

Densità della Posidonia (N.fasci fogliari/m^2)			
Profondità (m)	Conservazione non soddisfacente	Conservazione soddisfacente	Conservazione eccezionale
0-3	<550	da 550 a 900	>900
3,01-5	<420	da 420 a 700	>700
5,01-7	<330	da 330 a 600	>600
7,01-10	<240	da 240 a 500	>500
10,01-14	<160	da 160 a 400	>400
14,01-18	<90	da 90 a 350	>350
18,01-23	<30	da 30 a 280	>280
>23,01	<10	da 10 a 200	>200

Partendo da levante, la prima macchia di *P. oceanica* che si incontra è quella di di minori dimensioni (denominata Area 1) con una superficie calcolata di 1.508 m^2. Quest'area è caratterizzata dalla presenza di *P. oceanica* tra e su roccia che si mostra rigogliosa, con percentuali di ricoprimento variabili dal 50% all'80% e con una densità media pari a 622,5 fasci/m^2. Secondo la classificazione delle praterie proposta dalla Regione Liguria (Gambi e Dappiano, 2003) rappresenta una prateria in uno stato di conservazione soddisfacente e in alcuni casi eccezionale (tabella 6) (figura 12).

L'esposizione della costa, particolarmente soggetta a forte idrodinamismo, tuttavia, non consente alla fanerogama di affiorare in superficie e di formare barriere di tipo "recif".

La seconda macchia (denominata Area 2) ha un'estensione maggiore della prima (Area 1) con una superficie calcolata di 11.453 m^2 ed è situata in prossimità dell'Istituto Elioterapico. Quest'area è caratterizzata da una percentuale di ricoprimento della fanerogama prossima al 100% con una densità media pari a 771,9 fasci/m^2 che, secondo la classificazione proposta dalla Regione Liguria (Gambi e Dappiano, 2003) rappresenta una prateria in stato di conservazione eccezionale mentre, secondo la classificazione di Giraud, una prateria molto

densa. Se confrontati con quanto indicato nel precedente lavoro (734 fasci/m^2, con uno stato di conservazione soddisfacente e una prateria molto densa e in equilibrio), i dati sembrano mostrare un miglioramento delle condizioni della prateria in termini di densità.

In entrambe le aree, il ricoprimento percentuale e la densità media dei fasci tendono a diminuire spostandosi verso le zone periferiche (intorno ai 3 m e 6 m di profondità) (figura 13). Inoltre in entrambe le aree si osserva l'alternanza sia di matte che di scogli completamente colonizzati da Posidonia, come descritto anche negli studi precedenti (Garibaldi, 2007) a ulteriore conferma della stabilità del posidonieto (figure 14 A; B). Entrambe le aree risultano particolarmente ricche in termini di flora e fauna (si veda capitolo 3.6). L'addizionale Area 3 ha un'estensione calcolata di 5.876 metri quadri ed è caratterizzata dalla presenza di affioramenti rocciosi e massi tra cui cresce la fanerogama.

L'area 4, denominata anche area dello "Scoglio rosso" per via della presenza di un masso nella zona centrale, è caratterizzata da un fondale roccioso, con scogli ricoperti da alghe fotofile (quali *Padina pavonica*, *Dictyota dichotoma*, *Halimeda tuna, Jania rubens*) e da alghe sciafile come quelle del genere *Peyssonnelia* (figura 15A). Ad una distanza di circa 20 m da riva e una profondità di 1,5 m, si osservano i primi ciuffi di Posidonia che tendono a ricoprire i grandi massi che caratterizzano il fondale di questa zona. Proseguendo verso il largo, a circa 3 m di profondità, si incontrano sempre più frequentemente macchie dense della fanerogama di maggiori dimensioni (figura 15B e C), fino ad arrivare alla profondità di 4,5 m dove il fondale diventa sabbioso (figura 15D). Ad una profondità di circa 6 metri compaiono i primi ciuffi di *Cymodocea nodosa*. Non è stata osservata la presenza di *Caulerpa taxifolia,* mentre sono stati identificati esemplari del riccio *Paracentrotus lividus* (figura 30A) e numerosi pesci (*Coris julis*, *Atherina* sp., *Spicara maena*).
In accordo con quanto descritto dai precedenti studi (Duci, 2010), nei primi metri d'acqua dell'area dello "Scoglio Rosso" i ciuffi di *P. oceanica* sono rigogliosi anche se sporadici; a profondità di poco superiori (comprese tra 3,8 e 4,3 m) invece, i ciuffi si infittiscono fino a raggiungere un ricoprimento percentuale del fondale di circa il 75% e una densità media di 529 fasci al m^2. Questi valori rappresentano, secondo la classificazione di Giraud (1977), una prateria densa, mentre, secondo la classificazione delle praterie proposta dalla Regione Liguria (Gambi e Dappiano, 2003), una prateria in condizione soddisfacente. I dati sono inoltre in linea sia con quelli misurati nelle aree più a ponente, cioè nella zona costiera dei Comuni di Costarainera e Cipressa, sia con quelli indicati nel precedente lavoro di Duci (2010) (tabella 6).

Tabella 6: Valori di ricoprimento percentuale medio e densità media dei fasci per m^2 rilevati per l'Area 1, Area 2 e Area 4 ("Scoglio rosso")

Area	Ricoprimento percentuale medio	Densità media per m^2
Area 1	75%	622,5±185,9
Area 2	100%	771,9±171,4
Area 4	75%	529,17±155,3



Figura 12 - Area 1 prateria di Posidonia rigogliosa, con percentuali di ricoprimento dal 50%, fino all'80% e con una densità media dei fasci pari a 622,5 per m^2.

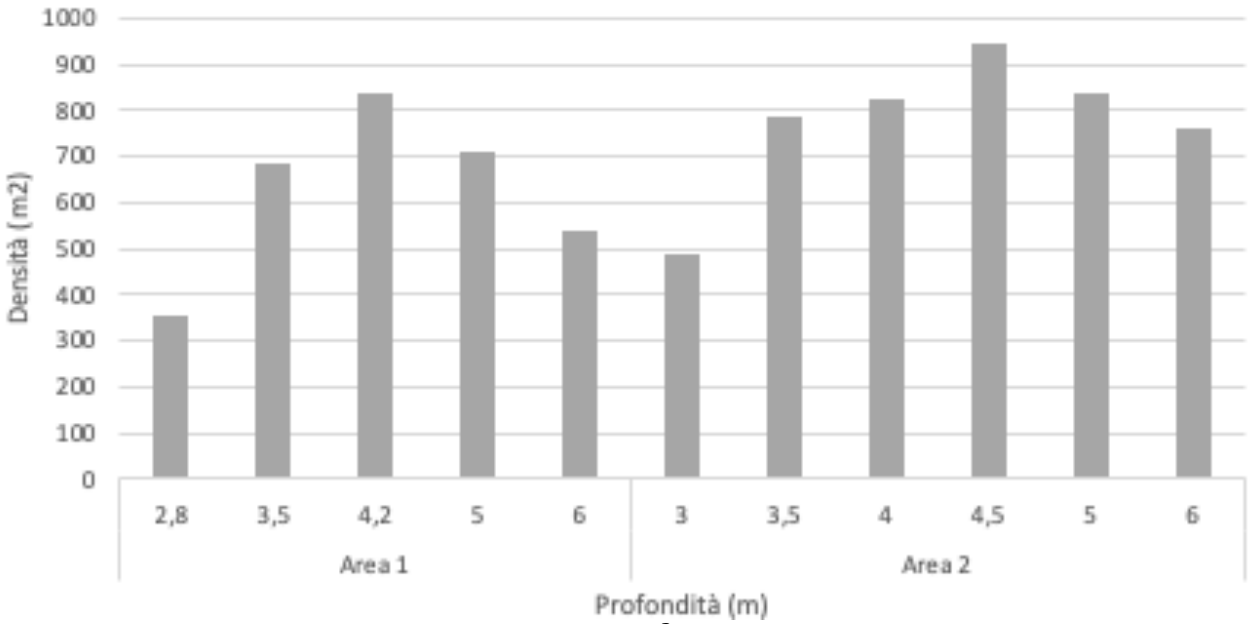
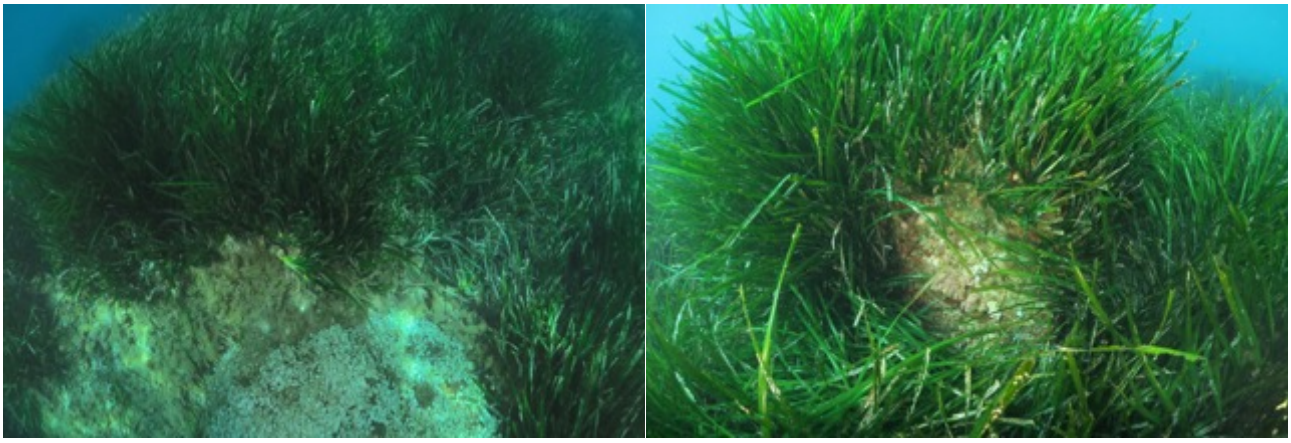
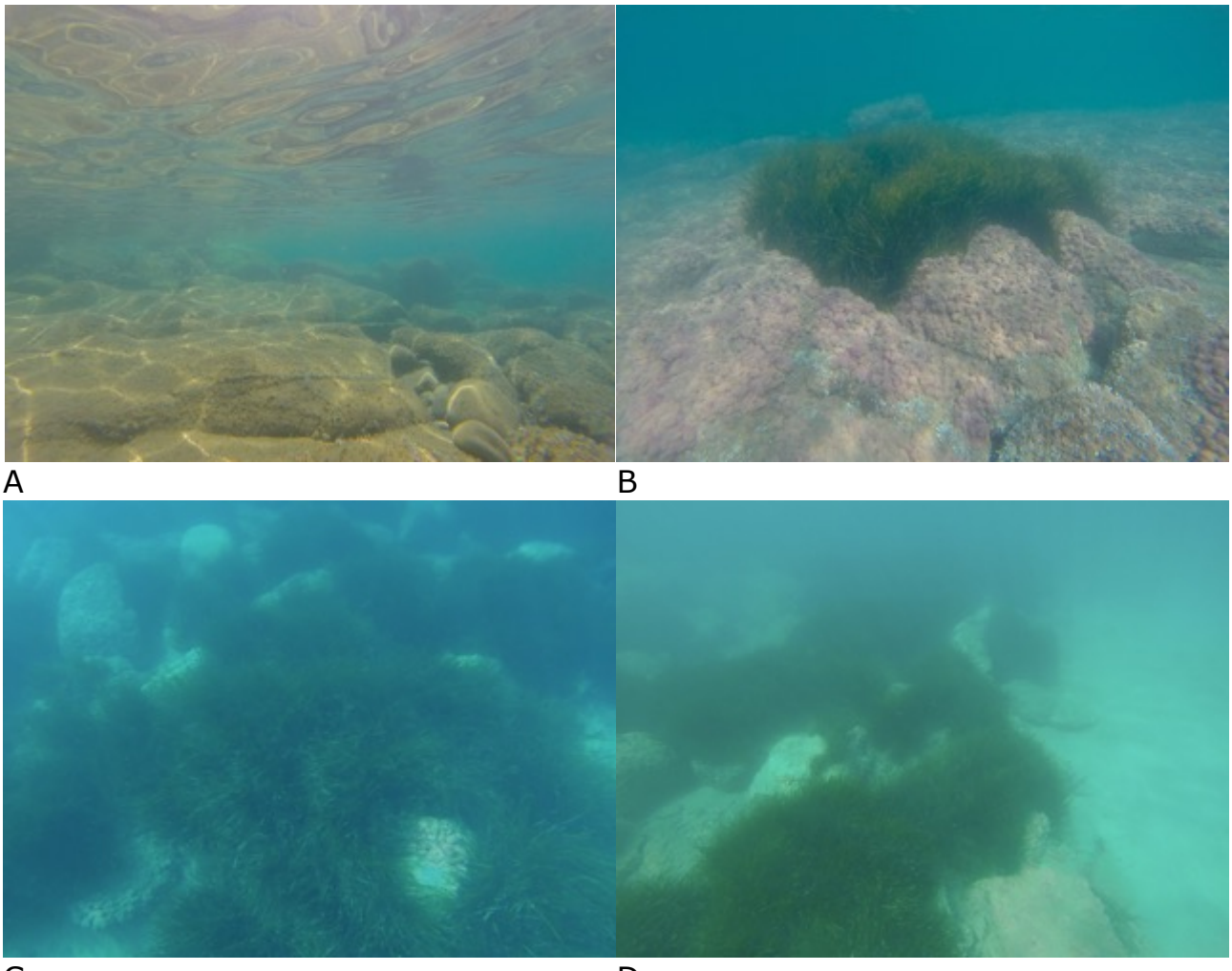


Figura 13 - Densità dei fasci di *P. oceanica* per m^2 in funzione della profondità, nelle due aree costiere (Area 1 e 2).



A B

Figura 14 - Area 2: A) dettaglio di una formazioni di matte completamente colonizzata da *P. oceanica*; B) dettaglio del substrato roccioso completamente ricoperto da *P. oceanica*.



A B C D

Figura 15: A) fondale roccioso nei primi metri d'acqua; B) fondale roccioso a pochi metri da riva e a circa 1,5 m di profondità, ricoperto da *Jania rubens* con i primi ciuffi di *P.oceanica*; C) macchie dense di posidonia; D) zona di transizione (4,5 m di profondità) dove il fondale diventa sabbioso e la *P. oceanica* scompare.

4.3. Il prato di *Cymodocea nodosa*

Cymodocea nodosa è una pianta che forma ampie praterie stagionali e, come *P. oceanica*, agisce, seppur in maniera più limitata, alla stabilizzazione dei sedimenti marini e assolve a numerose funzioni ecosistemiche (e.g. rifugio, produzione di ossigeno). *C. nodosa* è inclusa tra le specie minacciate dell'Annesso II del Protocollo per la Biodiversità SPA/BIO della Convenzione di Barcellona (UNEP MAP, 2012). L'associazione a *C. nodosa* è una delle biocenosi che caratterizzano l'habitat di importanza comunitaria 1110 "Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina" (direttiva Habitat 92/43/CEE) e rappresenta un habitat considerato rimarchevole dal protocollo RAC-SPA (Molin e Bruno, 2013).
Al fine di verificare la presenza e l'estensione dell'areale di distribuzione di *C. nodosa*, è stata analizzata la documentazione fotografica e video raccolta dagli operatori sia in immersione subacquea sia mediante impiego di videocamera filoguidata al traino, e in particolare lungo:
a) 3 transetti costa-largo di circa 350 m ciascuno;
b) 2 transetti paralleli alla costa di circa 1000 m ciascuno.

Le immagini georeferenziate, oltre ad essere utilizzate per fornire una visione su ampia scala della distribuzione degli habitat marini presenti nell'area, sono state utili a verificare la distribuzione delle specie di fanerogame quali *C. nodosa*.

Le analisi dei dati mostrano che, sulle aree di fondale sabbioso compreso tra i fondi duri costieri e la prateria di *P. oceanica*, si instaura un prato di *C. nodosa*, piuttosto rado. Il limite superiore è variabile e sembra attestarsi tra 6 e 8 m di profondità nel settore di levante e tra i 6 m e 7 m nel settore di ponente.
Nel settore di levante, il limite profondo del prato sembra quasi giungere sino al limite superiore della prateria di *P. oceanica* (figura 16), mentre in quello di ponente raggiunge gli 8 m di profondità.
Il confronto con la cartografia regionale mostra una diminuzione dell'estensione dell'areale occupato da *C. nodosa* nel settore di ponente, mentre muovendosi verso levante il prato avanza gradualmente occupando fondali più prossimi alla costa.

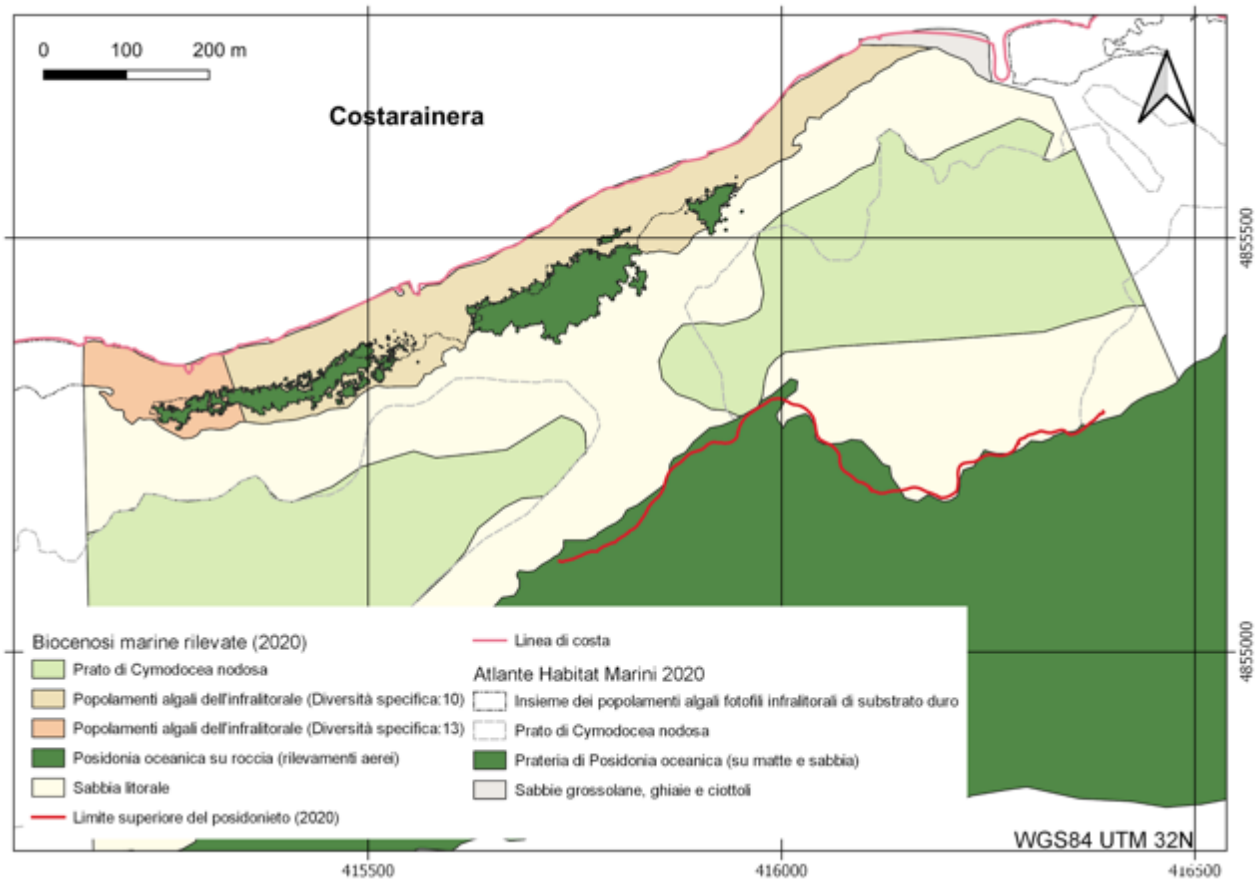
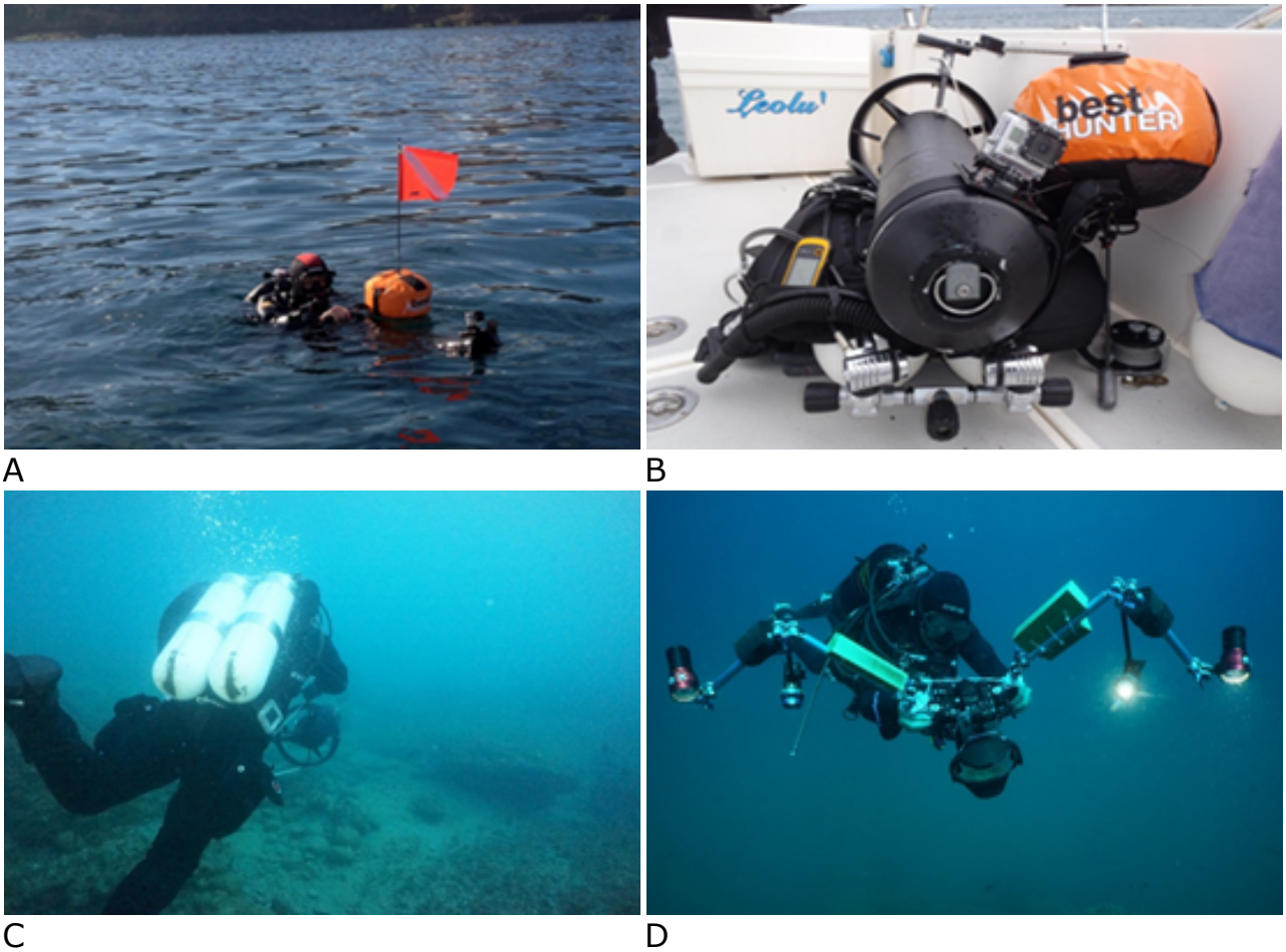


Figura 16 - Confronto tra le biocenosi marine rilevate nel presente studio e quelle pubblicate nell'Atlante degli habitat marini della Liguria aggiornato al 2020.

4.4. Il posidonieto del largo: limite superiore

La mappatura del limite superiore della prateria a *P. oceanica* del largo è stata realizzata percorrendo in immersione subacquea il limite superiore ricadente all'interno dell'area di indagine mediante ausilio di scooter subacqueo Xtras CUDA 650 con GPS Garmin E-Trex 32x posto su boa di segnalazione al traino (figura 17 A; B; C; D). La fotocamera è stata sincronizzata con l'ora del GPS, consentendo di collezionare foto georeferenziate lungo tutti i percorsi effettuati. La posizione dell'operatore subacqueo rispetto alla boa di segnalazione è stata ricavata mediante applicazione di un algoritmo di sincronizzazione del profilo di immersione (scaricabile dai computer subacquei utilizzati) e della traccia GPS. La documentazione video/fotografica raccolta, sincronizzata con il GPS, è stata quindi analizzata ai fini della descrizione delle caratteristiche del limite superiore del posidonieto.



A B C D

Figura 17 – Equipaggiamento e attrezzature utilizzate durante i rilevamenti.

In totale è stata percorsa una distanza di circa 935 m lungo il limite superiore. Nella zona di levante il limite superiore si attesta ad una profondità compresa tra 11 e 12 m. Percorrendo il limite verso ponente, la profondità diminuisce gradualmente fino alla zona di ponente dove risale a circa -9.5 m.

Il limite si presenta generalmente molto frastagliato, con radure e canali intermatte che separano piccole "patch" di Posidonia dalla prateria principale.
In corrispondenza della zona di levante, la prateria si presenta su matte e forma "patches" separate da canali e lenti di sabbia che ne rendono frammentato il margine (figura 18).
Talvolta si osserva la presenza di piccole zone a matte morta immediatamente adiacenti alla prateria, colonizzate di rado da talli dell'alga alloctona *Caulerpa taxifolia* (figura 19).
In corrispondenza della zona centrale, le zone di matte morta diventano più frequenti e si osserva spesso la presenza di depositi fogliari tra i canali e le lenti di sabbia non occupate dalla fanerogama (figura 20).
Muovendosi verso ponente il limite superiore è caratterizzato da una riduzione sensibile delle zone a matte morta e dalla presenza più frequente di macchie di Posidonia separate dalla formazione principale da corridoi sabbiosi (figura 21). Qui la fanerogama si mostra comunque densa con ricoprimenti elevati anche sul margine (figura 22).
I rilievi condotti mettono in evidenza una corrispondenza nel posizionamento del limite superiore attuale della prateria di *P. oceanica* con quanto riportato dai dati cartografici relativi all'area di studio già disponibili in letteratura (figura 23). Le indagini effettuate in prossimità del limite sembrano delineare una situazione di generale miglioramento rispetto a quanto riportato dai precedenti lavori che segnalavano un'abbondante presenza di matte morta in zone limitrofe al limite superiore. Quest'ultimo, seppur frastagliato a causa della presenza di radure e corridoi sabbiosi, mostra zone relativamente estese caratterizzate da matte morta soprattutto nel settore centrale dell'area indagata. Anche la presenza dell'alga alloctona *C. taxifolia*, in passato molto diffusa nell'area, sembra aver subito una marcata riduzione essendo stata osservata esclusivamente nel settore di levante in zone di matte morta (figura 19).



Figura 18 – Limite superiore in corrispondenza della zona di levante.



Figura 19 – Matte morta colonizzata da talli di *C. taxifolia*.



Figura 20 – Limite superiore in corrispondenza della zona centrale.



Figura 21 – Limite superiore in corrispondenza della zona di ponente.



Figura 22 – Prateria in corrispondenza del margine nella zona di ponente.

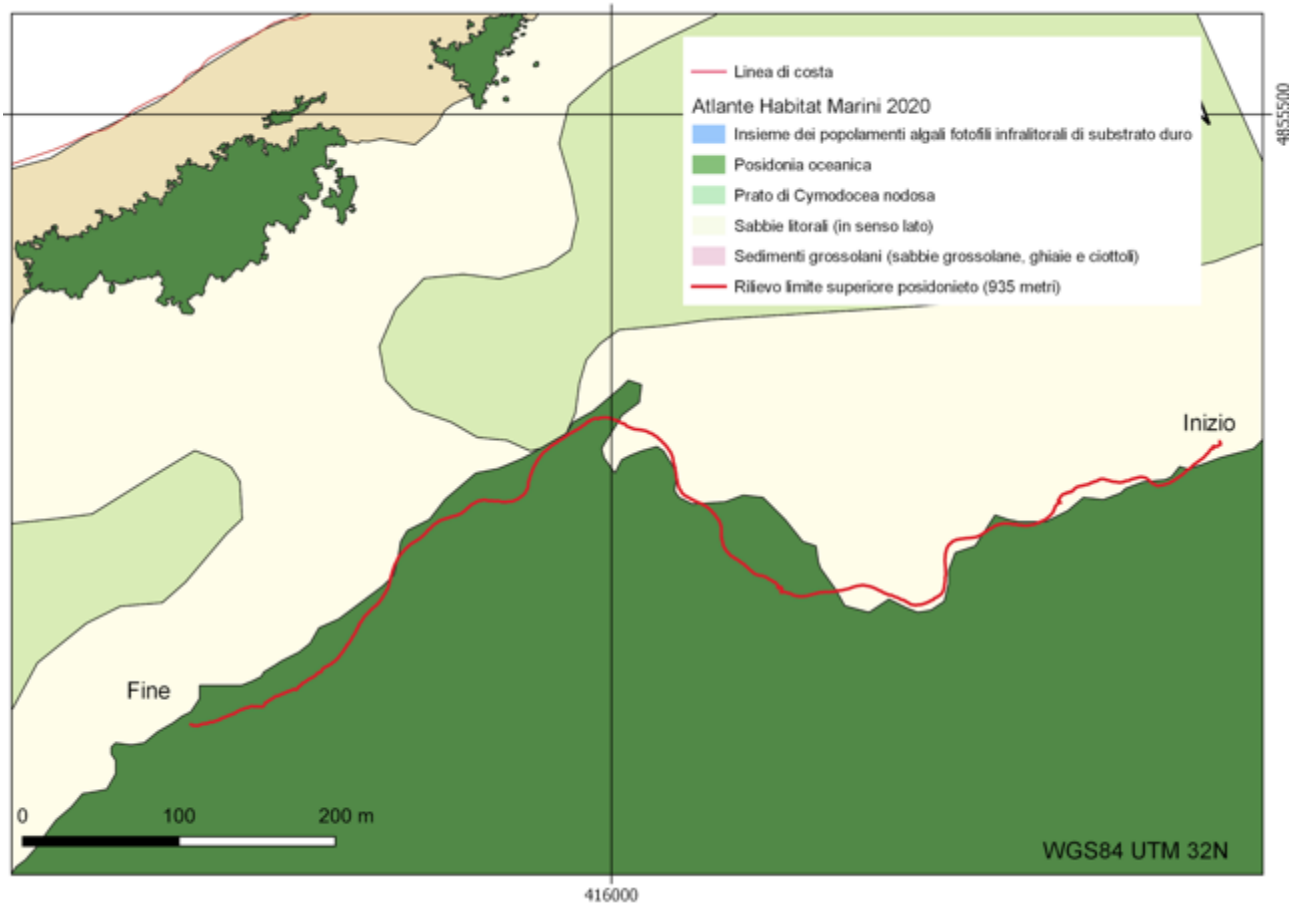


Figura 23 – Confronto tra limite superiore rilevato e quello riportato dalla cartografia della Regione Liguria.

4.5. Il posidonieto del largo: la zona centrale

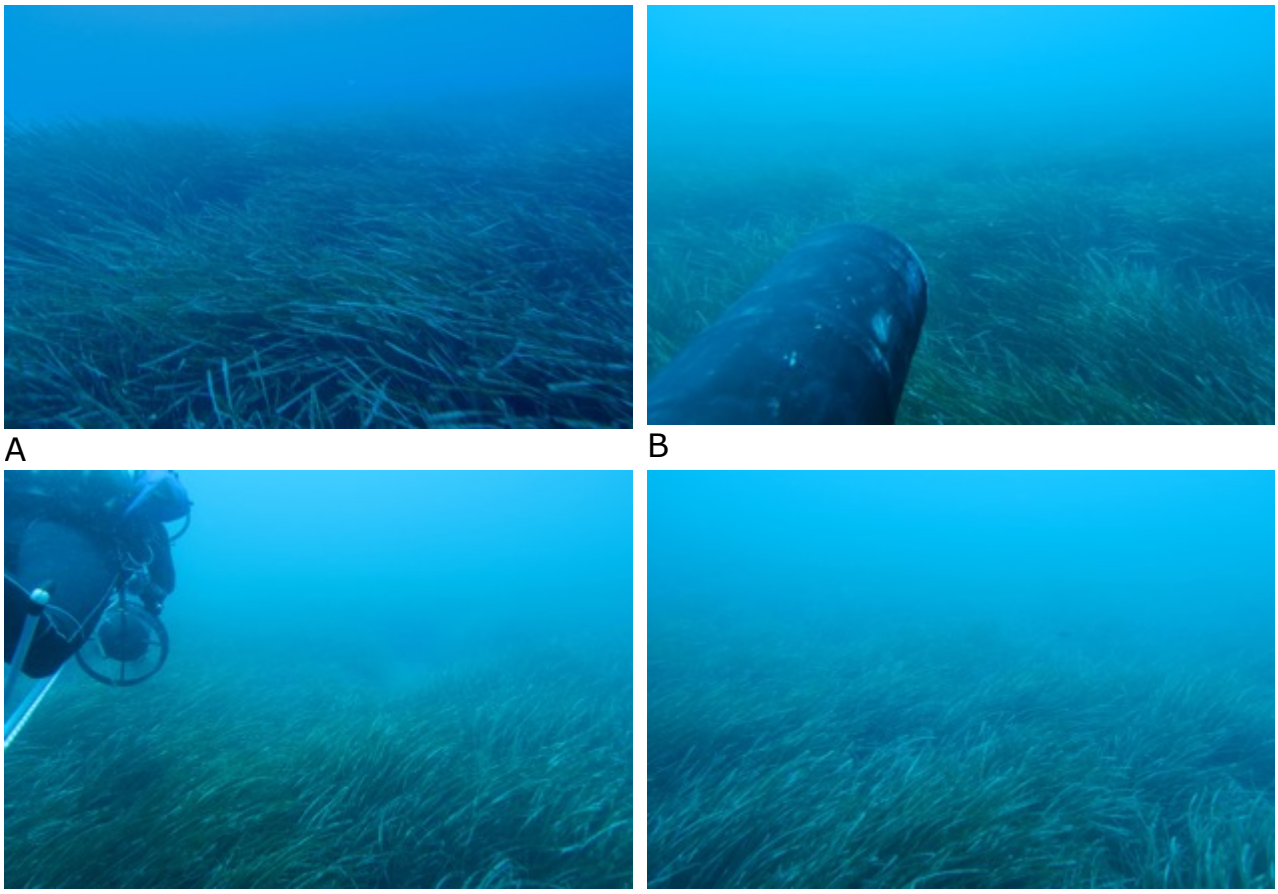
Le analisi *in situ* sulla prateria di *P. oceanica* sono state realizzate tenendo in considerazione il piano di monitoraggio delle praterie previsto dalla Regione Liguria (comunemente utilizzato per la gestione dei SIC liguri e come strumento per la procedura di Valutazione di Impatto Ambientale), le "Metodologie analitiche di riferimento" del Ministero dell'Ambiente e della Difesa del Territorio (Cicero e Di Girolamo, 2001) e i metodi indicati nel volume "Sistema a Fanerogame marine" (Buia *et al.*, 2003). I dettagli delle procedure adoperate sono le medesime di quelle descritte alla sezione 4.2 relativa al posidonieto costiero a cui si rimanda.

Ai fini della valutazione dello stato di conservazione della prateria in questione sono state realizzate tre immersioni alla profondità di circa 15 m mirate alla stima sia della densità dei fasci fogliari per unità di superficie sia del ricoprimento percentuale di *P. oceanica* viva in un intorno di 5 m di raggio (tabella 7).

Tabella 7: Data dell'immersione e coordinate delle stazioni di campionamento a -15 m per l'analisi in *situ* della prateria di *P. oceanica* del largo.

Data	Punto	Latitudine (WGS84 UTM 32N)	Longitudine (WGS84 UTM 32N)
21/06/2020	POS1	4854755	415324
21/06/2020	POS2	4855003	415902
15/06/2020	POS3	4855172	416379
15/06/2020	POS4	4855356	416608

I valori del ricoprimento percentuale osservati *in situ* e quelli corretti, sulla base del fattore di correzione introdotto da Regione liguria, sono riportati in tabella 8. I risultati mostrano una prateria definibile continua, caratterizzata da un ricoprimento percentuale superiore di media all'80%, con poche interruzioni costituite da piccoli corridoi sabbiosi o da zone poco estese di matte morta. Quanto rilevato è in linea con quanto osservato già nel 2007, a ribadire le condizioni stabili della prateria che sembra conservarsi in ottimo stato (figura 24 A; B; C; D). Inoltre la prateria si può classificare come "pura" o monospecifica (caratterizzata cioè dalla sola specie *P. oceanica*) e omogenea, con una distribuzione uniforme della fanerogama sull'intera estensione del fondale (Buia et al., 2003).



A B C D

Figura 24: Immagini della prateria di *P. oceanica* rispettivamente nei punti di campionamento: A) POS 4; B) POS 3; C) POS 2; D) POS 1 . Da notare l'elevata percentuale di ricoprimento che caratterizza tutte le zone indagate.

Tabella 8: valori del ricoprimento percentuale nelle diverse stazioni rilevate ottenuti dalla media dei valori osservati *in situ* ad una profondità di 15 m dai due operatori e quelli corretti sulla base del fattore di correzione introdotto da Regione lLguria.

Sito	Valori di ricoprimento %	Valori corretti di ricoprimento %
POS1	72,50	92,44
POS2	95,00	99,75
POS3	67,50	89,44
POS4	75,00	93,75

La densità dei fasci fogliari, ovvero il numero di fasci fogliari di *P. oceanica* per unità di superficie, è stata ottenuta utilizzando la procedura descritta in precedenza per il posidonieto costiero (Capitolo 4.2). I risultati sono riportati nella seguente tabella 9.

Tabella 9: Punti di campionamento, profondità e densità dei fasci fogliari delle 4 stazioni e delle cinque repliche.

Stazione	Prof. (metri)	Densità m²		Stazione	Prof. (metri)	Densità m²
POS1	14,8	393,8		POS3	15,2	612,5
	15,2	506,3			15,4	412,5
	14,5	675,0			15,5	825,0
	14,8	493,8			15,5	700,0
	15,1	425,0			15,6	656,3
POS2	15,6	575,0		POS4	14,6	837,5
	15,8	418,8			14,9	612,5
	15,6	631,3			15,2	681,3
	15,4	543,8			15,8	787,5
	15,6	600,0			15,4	962,5

Il punto di campionamento che presenta la densità di fasci più elevata risulta il POS4, con una media di 776,3 fasci/m^2, mentre la stazione più a ponente POS1 risulta quella con una densità di fasci minore (498,8 fasci/m^2) (figura 25).
Se consideriamo esclusivamente la media generale di densità, ovvero 617,5 fasci/m^2, la prateria risulta densa (Giraud, 1977) e con uno stato di conservazione eccezionale (Gambi e Dappiano, 2003).
Analizzando i singoli valori di densità, l'unica stazione che mostra valori che si discostano da quelli rilevati per le altre stazioni è POS1 (con un valore medio di densità di 498,8 fasci/m^2) poiché qui la condizione di conservazione risulta appena soddisfacente e la prateria rada.

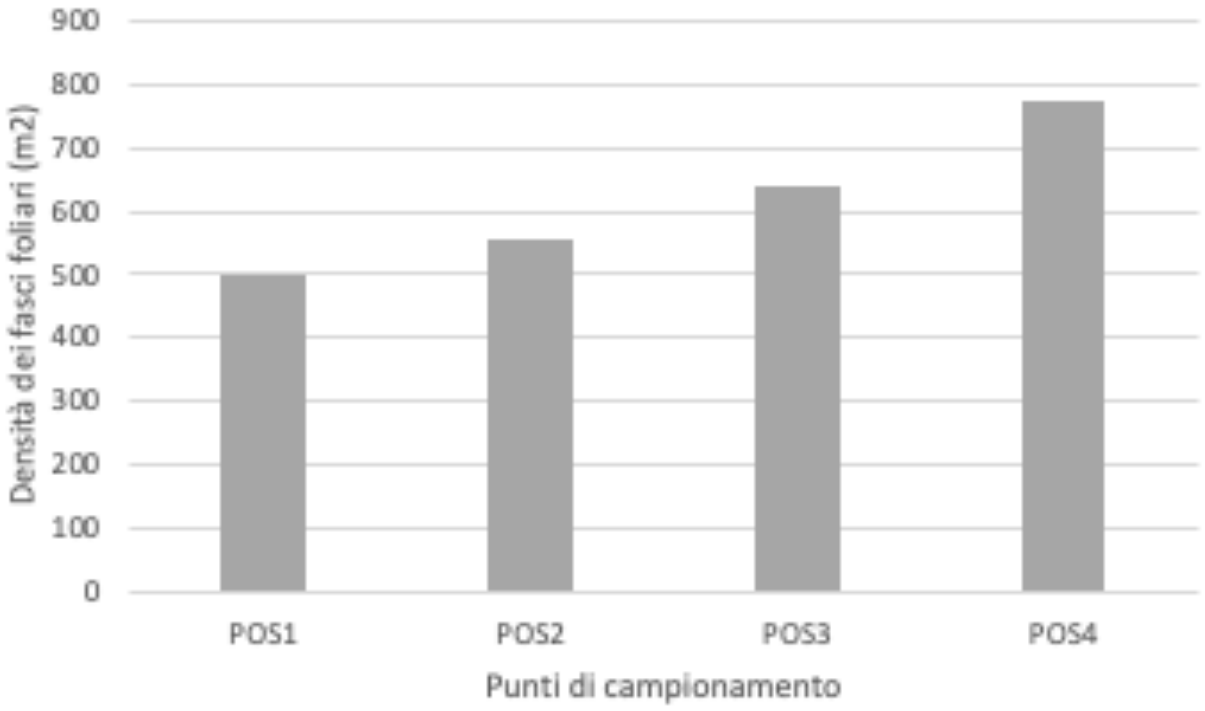


Figura 25 - Densità media dei fasci fogliari di *P. oceanica* per le quattro stazioni di campionamento.

4.6. Il posidonieto del largo: limite inferiore

Il limite inferiore di una prateria di *P. oceanica* è il punto più profondo dove questa termina e, insieme al limite superiore, è considerato come più facilmente suscettibile a variazioni dovute a diversi fattori di stress, di origine ambientale o antropica. Il limite presenta aspetti differenti in funzione dei due principali fattori che governano la distribuzione verticale della prateria: l'intensità della radiazione luminosa e la sedimentazione. Identificare, mappare, confrontare il limite inferiore con studi pregressi e verificarne possibili regressioni, permette di monitorare la dinamica della prateria.

Il limite inferiore della prateria del largo è stato rilevato in immersione da due operatori scientifici subacquei che, dopo aver effettuato le analisi di caratterizzazione del posidonieto a -15 m, utilizzando uno scooter subacqueo, hanno seguito direzione Sud-Sud/Est intercettando il limite inferiore (figura 26). Le osservazioni sono state quindi effettuate su 4 stazioni poste lungo il limite inferiore (tabella 10, figura 26).



Figura 26 - Operatore scientifico subacqueo che, utilizzando uno scooter subacqueo, segue il limite inferiore del posidonieto.

Tabella 10: Data dell'immersione, coordinate e profondità media delle stazioni di campionamento per l'analisi *in-situ* del limite inferiore della prateria del largo.

Data	Stazione	Latitudine (WGS84 UTM 32N)	Longitudine (WGS84 UTM 32N)	Prof. (metri)
21/06/2020	INF1	4854921	416764	27,9
21/06/2020	INF2	4854805	415936	28,4
15/06/2020	INF3	4854888	415940	30,5
15/06/2020	INF4	4854712	415338	32,6

Durante il rilievo è stato raccolto materiale video-fotografico georeferenziato.
L'analisi di tale documentazione insieme con le osservazioni effettuate *in-situ* hanno consentito di descrivere le caratteristiche morfologiche del limite inferiore e di rilevare le seguenti variabili:
1) profondità e tipologia del limite inferiore (erosivo, progressivo, netto o regressivo);
2) continuità della prateria;
3) tipo di substrato;
4) eventuale presenza e caratteristiche di zone di matte morta;
5) presenza di altre fanerogame e/o di alghe alloctone (ad es. % *C. cylindracea*).

Il limite inferiore della prateria di *Posidonia oceanica* raggiunge la sua massima profondità nella zona di levante, in corrispondenza del confine tra l'abitato di San Lorenzo al mare e quello di Costarainera, dove si attesta a -32,6 m (figura 27). Procedendo a ponente il limite risale raggiungendo la profondità di 27,9 m di fronte all'Istituto Elioterapico, confermando quanto osservato nel precedente studio (Garibaldi 2007).
Quanto rilevato nel presente studio mostra come, nel settore di ponente, la prateria sembra estendersi maggiormente verso il largo rispetto a quanto indicato nella cartografia degli habitat marini della Regione Liguria. La probabile causa della discrepanza del dato è da ricercarsi presumibilmente nelle differenti modalità di indagine utilizzate per tracciare i limiti profondi dell'habitat.

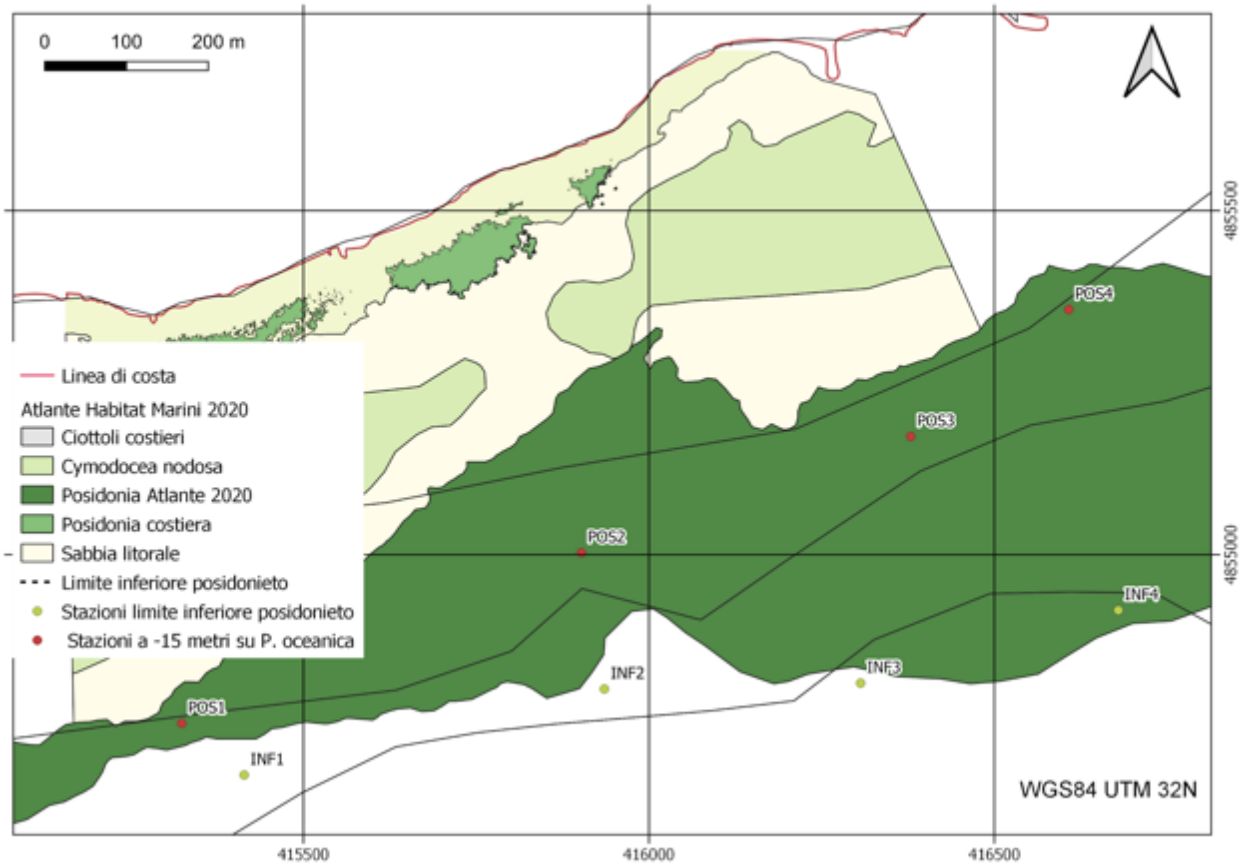


Figura 27 - Stazioni di rilevamento poste sul limite inferiore della prateria.

Si evidenzia come le profondità raggiunte dal limite nell'area oggetto dell'indagine è sensibilmente maggiore rispetto alla profondità media del limite inferiore (circa -23 m) rilevata per le praterie di *P. oceanica* in Liguria. In corrispondenza delle aree costiere più antropizzate (Provincia di Genova e Savona) il limite può risalire ulteriormente fino a raggiungere i -20 m.
Le indagini rivelano un limite non netto di tipo regressivo (o sfumato) (Montefalcone, 2009) (figura 28), con la presenza di una fascia di rarefazione a matte (con un ricoprimento della posidonia che si riduce, passando dall'80% al 50% fino al 20%) non particolarmente estesa e senza un evidente scalzamento dei rizomi.
La presenza di una ridotta zona di matte morta, completamente insabbiata, sembra essere riconducibile a fenomeni impattanti avvenuti in passato, legati probabilmente ad attività di pesca a strascico illegale e/o a fenomeni di intorbidimento dell'acqua. Secondo infatti quanto indicato dalla Regione Liguria nel 2006 (Piano di Tutela dell'ambiente marino e costiero), nella riviera di ponente insisteva un maggiore impatto rispetto al levante, dovuto alla pesca a strascico abusiva, interrotta solo lungo i tratti di costa protetti da strutture sommerse costituite principalmente da scogli, relitti e tubature o condotte sottomarine. Anche lo studio pregresso, condotto nel 2007, aveva evidenziato la presenza di una fascia di rarefazione ridotta, interpretata come una riduzione della disponibilità di luce piuttosto che come fenomeno legato ad impatti

meccanici. Il confronto con le indagini effettuate in passato sembra quindi delineare una condizione di stabilità del limite inferiore nell'area oggetto delle indagini.

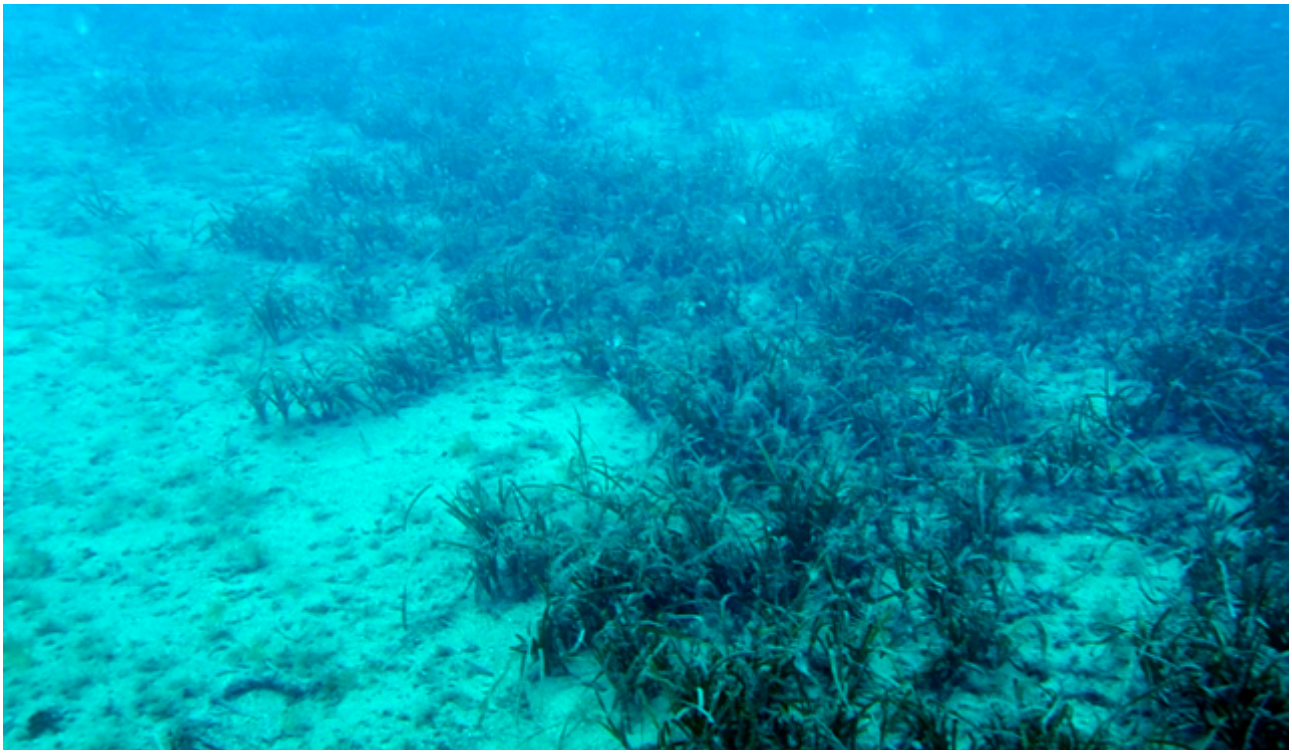


Figura 28 - Limite inferiore della prateria di *P. oceanica*, di tipo regressivo, con la presenza di una fascia di rarefazione a matte morta senza un evidente scalzamento dei rizomi.

Nella fascia di rarefazione, a sud del limite, sono visibili interessanti affioramenti rocciosi di natura pre-coralligena, colonizzati principalmente da alghe coralline, spugne (genere *Cacospongia* e *Sarcotragus*) e gorgonacei quali *Eunicella singularis* (figura 29). Questi affioramenti sono tipici del coralligeno ponentino, un coralligeno che viene definito di falesia ma che si sviluppa su piccole cigliate alte 2-5 m, presenti in ampie aree ricche di detriti di natura organica, formatisi in seguito all'accumulo di frammenti calcarei prodotti da alghe o animali.
La presenza di specie strutturanti longeve, quali spugne massive del genere *Sarcotragus* e concrezioni organogene, nelle zone occupate da matte morta sembrano confermare una regressione non recente.

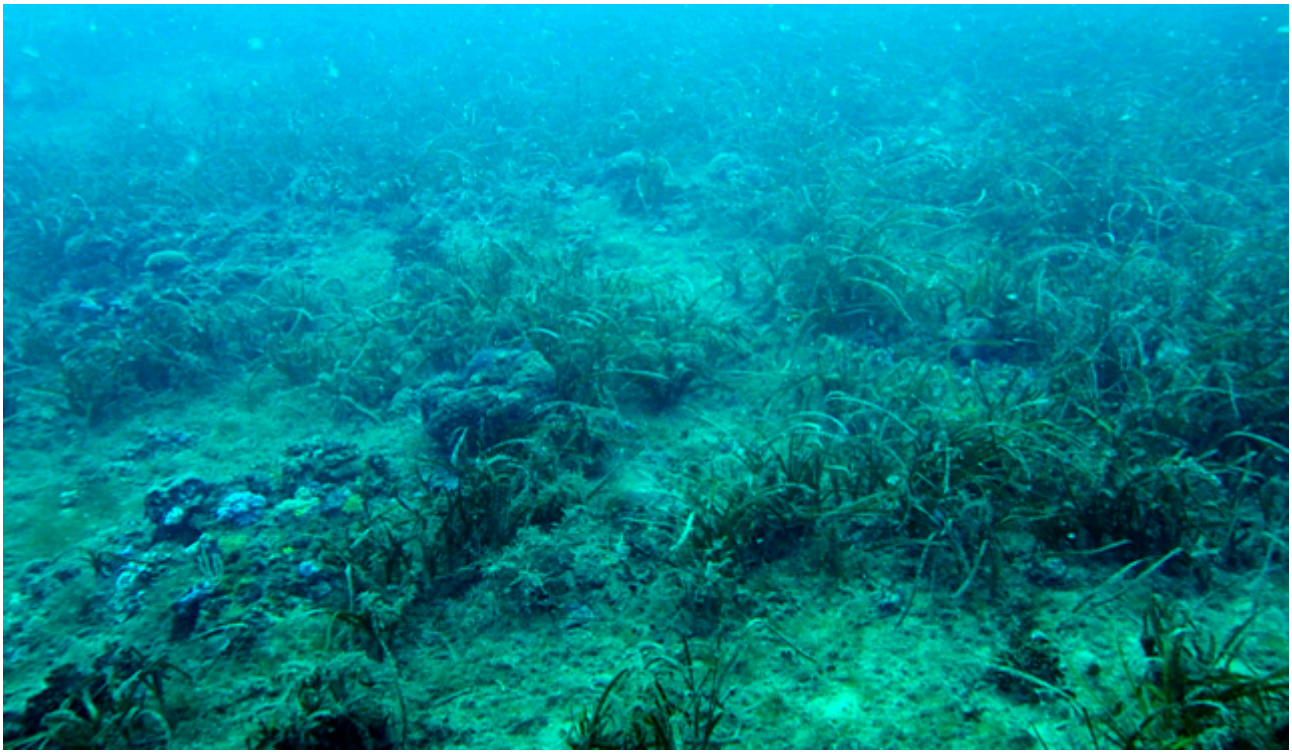


Figura 29 - Affioramenti di natura pre-coralligena osservati nella fascia di rarefazione della prateria.

Si fa presente che in diverse pubblicazioni è descritta la correlazione tra la posizione e lo stato del limite inferiore delle praterie di *P. oceanica* dimostrando come ci sia uno stretto legame tra la profondità del limite inferiore e la trasparenza della colonna d'acqua. A tal fine Pergent *et al*. (1995) hanno proposto una scala di valutazione che permette di correlare la trasparenza dell'acqua con la posizione del limite inferiore (tabella 11). Essa si applica a tre limiti: progressivo, netto e regressivo; mentre non può essere applicata al limite erosivo poiché questo è condizionato dalle correnti di fondo.
Viste le profondità raggiunte dalla prateria, la colonna d'acqua nella zona indagata risulta trasparente.

Tabella 11: Scala di valutazione della trasparenza dell'acqua in funzione della profondità media del limite inferiore (da Pergent et al., 1995).

Profondità del limite inferiore(m)	Trasparenza dell'acqua
da 0 a -15	Acque a bassa trasparenza
da -15 a -25	Acque poco trasparenti
da -25 a -35	Acque trasparenti
inferiore a -35	Acque ad elevata trasparenza

4.7. Flora e fauna associate

In generale l'area indagata è caratterizzata dalla presenza di numerose specie animali e vegetali che tipicamente si osservano in prossimità delle praterie a P. oceanica.
Le specie algali osservate nell'infralitorale e nell'intertidale sono state descritte nel paragrafo 4.1 (Caratterizzazione della comunità macro-algale dell'infralitorale e dell'intertidale di fondo duro) (figura 30 G, H, I, L). Si sottolinea la presenza di *Caulerpa taxifolia* (M. Vahl) C. Agardh, 1817, alga verde di origine tropicale estremamente invasiva diffusasi in Mediterraneo nel recente passato, in netta regressione nell'area rispetto a quanto osservato durante i rilievi del 2007 (figura 19).
Tra le specie sessili che epibiontano le foglie di Posidonia dominano i briozoi, come *Electra posidoniae* Gautier, Y.V. (1954) e Microporella sp. Hincks, 1877, gli idroidi, *Sertularia perpusilla* (Linnaeus, 1758) e gli ascidiacei quali *Botryllus schlosseri* (Pallas, 1766). Tra la fauna vagile osservata, si elencano gli echinodermi tra cui *Sphaerechinus granularis* (Lamarck, 1816) e *Paracentrotus lividus* (Lamarck, 1816) (figura 30A), specie vulnerabile secondo la Convenzione di Barcellona (specie ASPIM); tra le oloturie troviamo *Holothuria polii* (Delle Chiaje, 1823), *H. tubulosa* (Gmelin 1791) ed occasionalmente è stata osservata anche la stella marina rossa *Echinaster sepositus* (Retzius, 1783) (figura 30B). Tra i policheti è abbondante *Sabella spallanzanii* (Gmelin, 1805) e tra i serpulidi *Serpula vermicularis* (Linnaeus, 1767) e *Protula tubularia* (Montagu, 1803).
Inoltre, sono stati osservati alcuni esemplari non vitali del mollusco bivalve *Pinna nobilis* (specie menzionata nell'allegato IV della Direttiva Habitat che elenca le specie animali e vegetali di interesse comunitario che richiedono una protezione rigorosa) (figura 30C). La morte degli esemplari di questo bivalve probabilmente è attribuibile alla moria che nell'ultimo anno ha colpito l'intero bacino Mediterraneo (Catanese *et al*., 2018). *Pinna nobilis* era stata identificata come molto abbondante in questa zona (Garibaldi, 2007).
Lungo il limite inferiore della prateria, in particolare nella zona di levante dove la prateria raggiunge profondità superiori ai 32 m, si osservano zone di precoralligeno ricche di alghe coralline e poriferi (*Cliona* sp., *Sarcotragus foetidus*) e alcuni esemplari di gorgonie bianche (*Eunicella singularis*). Mentre a profondità minori non di rado si possono contemplare esemplari della madrepora mediterranea *Cladocora caespitosa* (figura 30D).

In merito alla ittiofauna, sono stati avvistati esemplari giovanili di *Chromis chromis* (figura 30E), *Spicara maena*, *Sarpa salpa* (figura 30F), *Symphodus tinca*, *S. ocellatus, Diplodus sargus* e *Diplodus vulgaris*, *Coris julis* e *Atherina* sp.



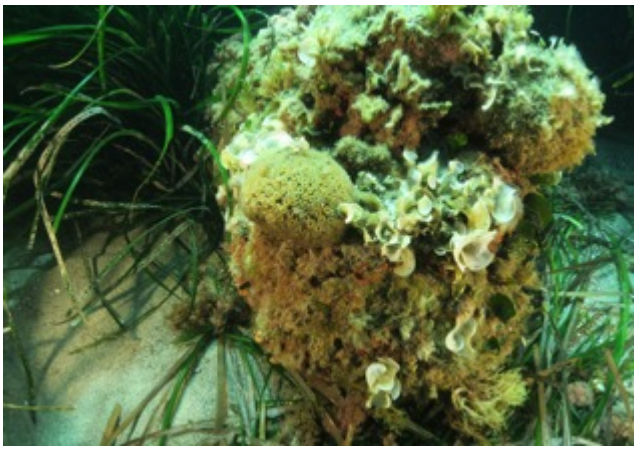
A



B



C



D



E



F



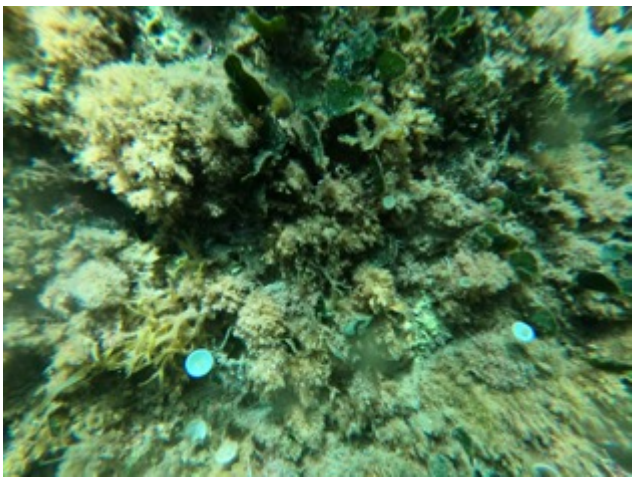
G



H



I



L

Figura 30 - A) *Paracentrotus lividus*; B)*Echinaster sepositus*; C)esemplare morto di *Pinna nobilis*; D)*Cladocora caespitosa;* E) *Chromis chromis* in fase giovanile; F) *Sarpa salpa*; G) *Dyctiota dichotoma* a -3 metri; H) *Nemalion helminthoides, Hessoella verrucolosa, Cystoseira compressa* dell'intertidale su substrato roccioso naturale; I) *Padina pavonica, Acetabularia acetabulum*; L) *Flabellia petiolata*

5. Conclusioni

I risultati delle indagini condotte e il confronto con i lavori pregressi e quanto riportato nella cartografia regionale mostrano una situazione generale di sostanziale stabilità per quanto riguarda sia la distribuzione delle biocenosi/associazioni nell'area di interesse, sia la loro condizione.
In particolare, i fondali rocciosi costieri, costituiti da affioramenti e massi di medie/grandi dimensioni, si estendono fino ad una profondità di circa 5 m e, in alcuni punti raggiungono la batimetrica di -6 m.
L'analisi delle comunità macroalgali della zona intertidale eseguita adoperando il metodo Carlit rivela la presenza di alghe del genere *Cystoseira* nel settore occidentale del tratto di costa oggetto delle osservazioni. Il calcolo dell'indice EQR (Ecological Quality Ratio) evidenzia uno Stato Ecologico delle acque costiere buono a conferma di quanto rilevato nel 2016.
Per quanto riguarda il posidonieto costiero, i dati mostrano un mantenimento dei valori di ricoprimento percentuale in entrambe le aree indagate rispetto ai precedenti rilievi (2007 e 2010) e un leggero incremento della densità di fasci fogliari in prossimità dell'Area 2. Inoltre lo stato di conservazione di tutte le praterie costiere di *P. oceanica* ispezionate, varia da soddisfacente a eccellente confermandone il buono stato di conservazione.

Tra i fondali rocciosi litorali e il posidonieto del largo si estende un fondale sabbioso che ospita un prato piuttosto rado di *Cymodocea nodosa.* Quest'ultimo è separato, pressoché al centro dell'area d'interesse. da una striscia di sabbia che divide il prato in due unità: una di levante ed una di ponente. Il confronto con la cartografia regionale evidenzia una progressione della pianta verso costa nel settore di levante, mentre, a ponente, sembra ridurre il suo areale di distribuzione.

Anche il posidonieto del largo sembra mostrare una certa stabilità con la posizione del limite superiore che si rivela pressoché costante e con valori di ricoprimento percentuale e densità dei fasci fogliari in linea con quanto rilevato nel 2007. Sul limite inferiore si osserva una fascia di rarefazione della prateria occupata da una zona poco estesa di matte morta su cui talvolta si accrescono tipiche concrezioni pre-coralligene che costituiscono substrato secondario per l'instaurarsi di specie erette e/o massive quali poriferi e gorgonacei. La presenza di queste concrezioni su zone occupate da matte morta fanno supporre fenomeni di regressione del limite inferiore del posidonieto in tempi non recenti. Il confronto con la cartografia degli habitat marini della Regione Liguria rivela una maggiore estensione della prateria verso il largo con il limite inferiore che raggiunge una profondità di 32,6 m nella zona di levante. La difficile perimetrazione dell'area dovuta alla presenza di una fascia pre-coralligena commista a posidonieto rado e una zona a matte morta è la probabile causa della discrepanza osservata. Le osservazioni dirette fatte *in situ* hanno

consentito di definire con maggiore accuratezza quale sia la natura del substrato e di determinare il reale limite del posidonieto.

Alla luce dei risultati emersi dalle indagini e vista la presenza nell'area di interesse di habitat e specie di estremo valore naturalistico, si sottolinea la necessità di valutare propriamente, soprattutto durante gli interventi di ripascimento, le tipologie dei materiali utilizzati e le tempistiche. A tal proposito si suggerisce quindi di evitare l'utilizzo di materiali terrigeni a granulometria fine che possano causare intorbidamento e, in generale, un peggioramento della qualità delle acque. Inoltre, l'eventuale realizzazione di opere che possano alterare in maniera pesante la normale dinamica costiera dei sedimenti e di circolazione delle acque dovrà essere sottoposta ad attenta valutazione. Al fine di individuare tempestivamente le eventuali fonti di stress e/o impatto che potrebbero innescare fenomeni di regressione delle formazioni a *P. oceanica* o comunque un peggioramento delle condizioni nelle aree adiacenti gli interventi programmati, si suggerisce di effettuare attività di monitoraggio almeno ad un anno e tre anni dal termine dei lavori. Un adeguato piano di monitoraggio consentirebbe di adottare idonee misure di mitigazione degli eventuali impatti causati dalla messa in opera degli interventi stessi.

6. Bibliografia

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.

Catanese G., Graua A., Valencia J.M., et al., 2018. Haplosporidium pinnae sp. nov., a haplosporidan parasite associated with mass mortalities of the fan mussel, Pinna nobilis, in the Western Mediterranean Sea. Journal of Invertebrate Pathology.157: 9-24.

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.

Diviacco, G., e Coppo, S., 2006. Atlante degli habitat marini della Liguria: Descrizione e cartografia delle praterie di Posidonia oceanica e dei principali popolamenti marini costieri. Genoa, Italy: Regione Liguria, Servizio Parchi e Aree Protette, Settore Ecosistema Costiero.

Diviacco G., Coppo, S. e E. Montepagano, 2006. Nuovo Atlante degli habitat marini della Liguria: Cartografia delle praterie di Posidonia oceanica e dei principali popolamenti marini costieri. Genoa, Italy: Regione Liguria, Servizio Parchi e Aree Protette, Settore Ecosistema Costiero.

Duci A., 2010. Mappatura e censimento biologico dei fondali marini di San Lorenzo al mare.

Garibaldi F., 2007. Rilievi biologici sui fondali del Comune di Costarainera (IM).
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.

Liguria, R., 2011. Piano di Tutela dell'Ambiente Marino e Costiero. *Ambito costiero 15. Unità fisiografiche del Golfo del Tigullio, Baia del Silenzio e Riva Trigoso. Art. Relazione Paraggio. Paraggio di Lavagna–dal porto di Lavagna a punta Sant'Anna*, 28.

Mangialajo L., Sartoni G. & Giovanardi F., (2008). Quaderno Metodologico sull'elemento biologico MACROALGHE e sul calcolo dello stato ecologico secondo

la metodologia CARLIT. *ISPRA–Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale*, 105.

Molin E. & Bruno S., 2013. Presenza di prateria di *Cymodocea nodosa* (Ucria) ASCHERSON lungo il litorale del lido di Venezia: risultati preliminari. Boll. Mus. St. Nat. Venezia, 64: 7-19.

Pergent G., Pergent-Martini C., Bouderosque C.F., 1995. Utilisation de l'herbier a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualite du milieu littoral en Mediterranée: état des connaissances. *Mésogée*, **54**: 3-27.

Pecorino D., De la Fuente G., Torras M. and Torras X, 2015. CARLIT: Ecological Quality Ratios Calculation and Plot. R package version 1.0. https://cran.r-project.org/package=CARLIT

R Core Team, 2013. R: A language and environment for statistical computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.

Siti Web consultati
www.ambienteinliguria.it
www.geoportal.regione.liguria.it
www.iucn.it
www.minambiente.it
www.natura2000liguria.it
www.isprambiente.gov.it/it/pubblicazioni/manuali-e-linee-guida/buone-prassi-per-lo-svolgimento-in-sicurezza-delle-attivita-subacquee-di-ispra-e-delle-agenzie-ambientali
https://www.minambiente.it/pagina/sic-zsc-e-zps-italia