



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA

COMUNE DI PULA

PROGETTO DI MANUTENZIONE PERIODICA DEL LITORALE ANTISTANTE IL FORTE VILLAGE RESORT INTERVENTO DI RIPASCIMENTO ANNUALE DI MEDIA ENTITA' AI SENSI DEL D.M. 173/2016

F

MONITORAGGI 2017 E 2009-2012

RIF. ELABORATO: 17-006

REVISIONI	DATA		OGGETTO
	00	30-10-2017	
	01		
	02		
	03		
RED.: FP VER.: FR APPR.: AR			

ESECUZIONE PROGETTO:



Viale Trieste, 65/I - 09123 Cagliari - Italy
Tel. +39 070 6848202 - Fax +39 070 6404743
www.martech.it e-mail: info@martech.it



PROGETTISTA:



COMMITTENTE:

PROGETTO ESMERALDA S.R.L.

Il presente progetto, o parte di esso, non può essere riprodotto in alcuna forma, in alcun modo e per nessuno scopo, senza autorizzazione.
Ogni infrazione sarà perseguita a termini di legge.



Comune di Pula

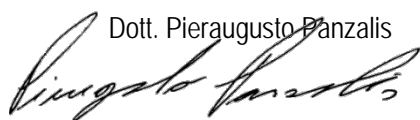


Provincia di Cagliari



MONITORAGGIO DELLA PRATERIA A Posidonia oceanica NELL'AMBITO DEI LAVORI PROGETTO PER LA RIMOZIONE DELLE OPERE DI PROTEZIONE DEL LITORALE ANTISTANTE IL FORTE VILLAGE RESORT CON CONTESTUALE RIPORTO DELLA SABBIA RESIDUA NELLA SPIAGGIA EMERSA- INTERVENTO LOCALIZZATO A SEGUITO DEI DANNI PROVOCATI DALLA MAREGGIATA DEL 1-7 MARZO 2013

Professionista incaricato:

Dott. Pieraugusto Panzalis


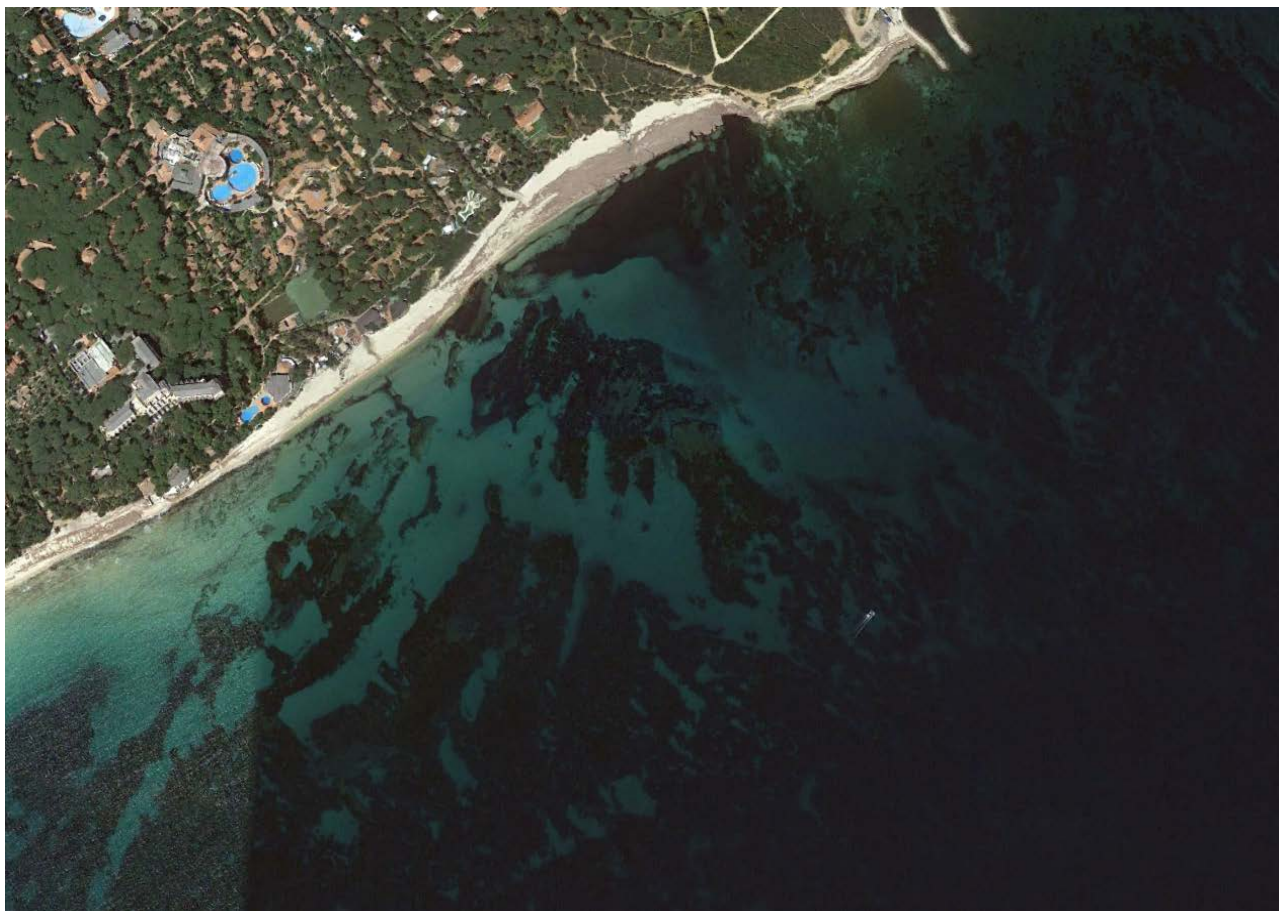
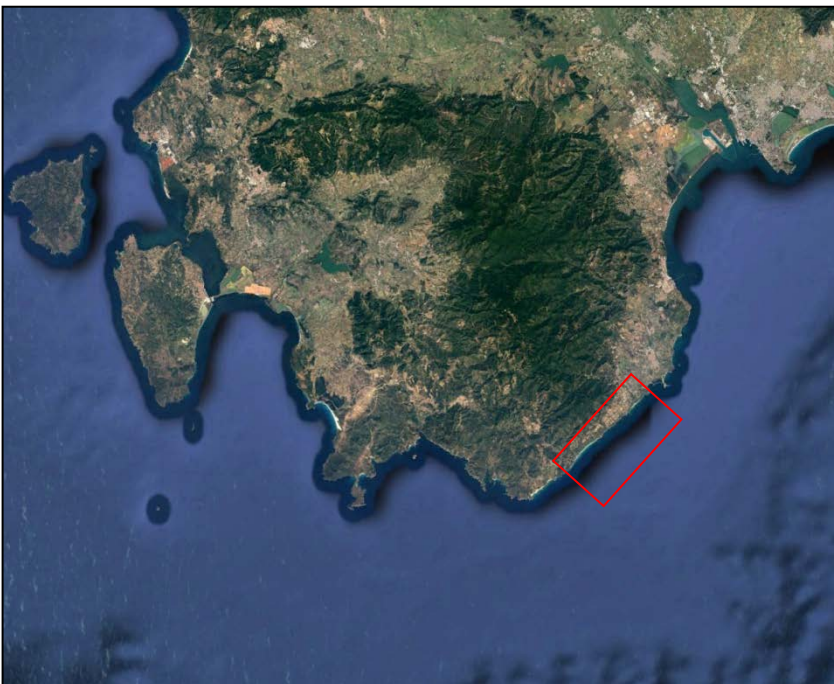
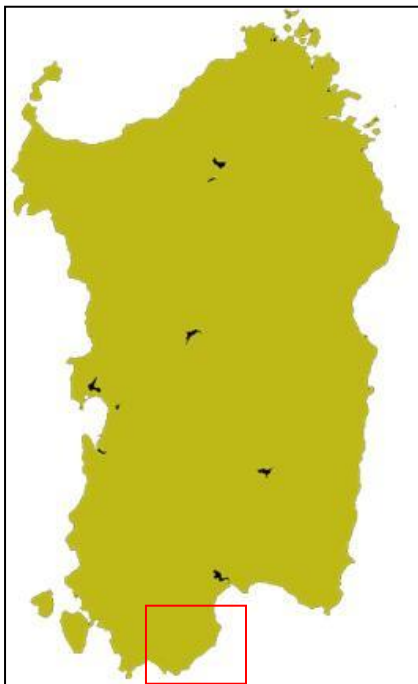
Monitoraggio del

31/07/2017

Sommario:

Inquadramento dell'Area di studio	3
Materiali e metodi	4
Caratterizzazione del fondale marino	8
Tabella 1 – Rilevamenti effettuati in immersione 2017.....	12
Tabella 2 - Elaborazione dati 2017	13
Grafico 1 densità delle stazioni campionate 2017	13
Tabella 3 - Stato di Conservazione secondo Giraud (1977) – 2017	14
Conclusioni	15
Analisi sedimentologica dell'intermatte.....	17
Bibliografia	24
Monitoraggi 2009-2012.....	27

Inquadramento dell'Area di studio



Il monitoraggio è stato condotto nella prateria di *Posidonia oceanica* antistante la spiaggia del Forte Village Resort nel Comune di Pula (Ca). La prateria esaminata si trova su un fondale di sabbia, matte e rocce. E' circondato da coste rocciose e da una spiaggia nella zona centrale che confina con il piccolo porticciolo di Cala Verde. In prossimità delle barriere soffolte sono stati eseguiti dei campionamenti per determinare lo stato di conservazione della prateria. In quattro delle suddette stazioni sono stati prelevati, utilizzando piccoli corer (5 cm di diametro x 10 cm di lunghezza), campioni di sedimento che sono stati analizzati in laboratorio per determinarne la granulometria (Folk & Ward 1957). A questo proposito è stato seguito il classico procedimento per l'analisi granulometrica indicato nel diagramma a blocchi e la scala di riferimento utilizzata per classificare la granulometria dei sedimenti, distribuendoli secondo il diametro, è quella di Udden Wentworth.

Materiali e metodi

Il monitoraggio, che prevede una fase pre rimozione opera e post rimozione opera, ha previsto una serie di campionamenti atti a determinare alcuni parametri descrittivi della prateria a *Posidonia oceanica*, quali il ricoprimento e la densità. Tali valori sono stati riportati in tabelle che rappresentano i valori di densità secondo la classificazione Giraud (1977).

Tipo	Densità (n. fasci /m ²)	Valutazione
Tipo I	> 700	Prateria molto densa Praterie insediate prevalentemente su "matte", mai nei pressi del limite inferiore. Sviluppo principale sulla dimensione verticale con abbondanza di fasci ortotropi. Profondità solitamente comprese tra 0 e 25 m.
Tipo II	700-400	Prateria densa Praterie al termine della trasgressione orizzontale (fasci plagiotropi) tendenti allo sviluppo verticale (fasci ortotropi) o praterie in principio di degenerazione. Profondità solitamente comprese tra 0 e 25 m.
Tipo III	400-300	Prateria rada Praterie in equilibrio dinamico o con tendenza alla regressione. Si possono trovare a tutte le profondità e su tutti i substrati.
Tipo IV	300-150	Prateria molto rada Praterie in regressione (presenza di fasci morti) o rimaneggiate in seguito a erosione oppure praterie giovani in uno stadio di colonizzazione ed espansione (fasci plagiotropi). Si possono trovare a tutte le profondità e su tutti i substrati.
Tipo V	150-50	Semi prateria Praterie situate sul limite inferiore a profondità maggiori di 20 m su sabbia o fango, in condizioni ambientali estreme per la sopravvivenza della specie.

Classificazione delle praterie di *Posidonia oceanica* secondo Giraud (1977)

Le fanerogame marine modificano profondamente gli ambienti che colonizzano, dando luogo a sistemi specifici, detti prati o praterie, tra i più diversificati, complessi e produttivi presenti lungo la fascia costiera di quasi tutti gli oceani ed i mari (Short e Coles, 2001). Composizione, estensione e struttura di questi sistemi sono condizionate non solo dalle caratteristiche biologiche delle singole specie di fanerogame, ma anche dalle caratteristiche ambientali, quali tipo e natura del substrato, geomorfologia del fondo, idrodinamismo, profondità e luminosità, tasso di sedimentazione e

torbidità. Per caratterizzare e valutare lo stato di una prateria si ricorre a descrittori che possono essere distinti in fisici, fisiografici, strutturali e funzionali.

Le proprietà dell'ambiente fisico dove le fanerogame sono insediate contribuiscono in modo importante a determinarne lo sviluppo. Lo studio delle praterie dovrebbe perciò prevedere l'analisi di alcuni aspetti quali:

- geomorfologia e profilo della costa;
- estensione batimetrica;
- geomorfologia del fondale;
- litologia e sedimentologia, sia all'interno della prateria che nelle zone di erosione e sui limiti;
- regime idrodinamico locale.

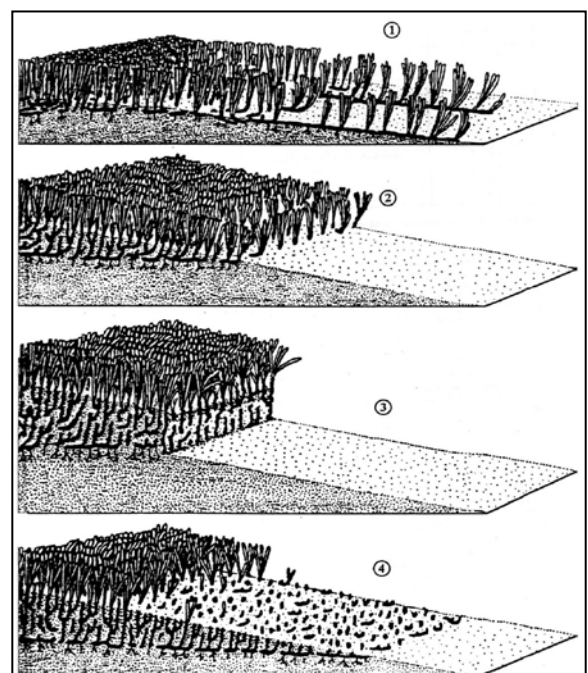
In considerazione dell'estensione delle praterie e del diffuso processo di regressione in atto in tutto il bacino mediterraneo, risulta di fondamentale importanza la caratterizzazione dei loro limiti di distribuzione. Generalmente, si indica con limite superiore la batimetria più superficiale a cui inizia la prateria e con limite inferiore quella più profonda a cui questa si spinge. Mentre il limite superiore dipende essenzialmente dalla pendenza del fondale e dall'idrodinamismo, il limite inferiore tiene conto anche della profondità di compensazione delle singole specie vegetali. Ne consegue che la posizione del limite inferiore delle praterie di fanerogame dipende essenzialmente, oltre che dalla specie, dalla trasparenza media dell'acqua. Tra tutte le fanerogame mediterranee, *P. oceanica* è quella che si spinge a maggiori profondità ed è l'unica a presentare un limite inferiore di aspetto differente in relazione al variare delle condizioni ambientali. Per questa specie, quindi, è stato necessario definire quattro tipologie di limite inferiore (Fig.) (Meinesz e Laurent, 1978; Pergent et al., 1995):

(1) limite progressivo: caratterizzato da un'alta percentuale di rizomi plagiotropi disposti parallelamente secondo la direzione della pendenza, e dalla mancanza di "matte". Un limite di questo tipo indica che la progressione batimetrica della prateria è in atto e non è ostacolata dalla graduale diminuzione della luce (la luce non è un fattore limitante);

(2) limite netto: caratterizzato da un'interruzione brusca della prateria, dalla presenza di rizomi sia ortotropi che plagiotropi e dalla mancanza della "matte". La riduzione dell'intensità luminosa sembra essere il fattore condizionante;

(3) limite erosivo: caratterizzato dalla presenza di un netto gradino di "matte" esposta, con prevalenza di rizomi ortotropi. L'idrodinamismo (es. correnti di fondo) sembra essere il fattore che limita la progressione della prateria;

(4) limite regressivo: caratterizzato dalla presenza di "matte" morta, su cui persistono isolati ciuffi vivi. Un limite di questo



tipo indica una regressione della prateria, dovuta ad un aumento della torbidità.

Densità

Con il termine densità della prateria si indica il numero di fasci fogliari per unità di superficie (per convenzione pari a 1 m²). Questa variabile rappresenta uno dei descrittori più importanti per valutare lo stato di una prateria, soprattutto se misurato su scala temporale pluriennale. Materiali ed equipaggiamenti necessari Quadrati o carotatore, lavagnetta e matite, retini, sacchetti di plastica, etichette, GPS. La densità viene rilevata attraverso il conteggio dei fasci fogliari all'interno di una superficie nota e può essere misurata sia direttamente in situ, utilizzando un quadrato per delimitare l'area, sia in laboratorio, dopo aver asportato una zolla di prato con l'aiuto di un carotatore. In entrambi i casi, i fasci in divisione vengono conteggiati due volte. Nonostante le ricerche sulle fanerogame del Mediterraneo siano documentate da centinaia di articoli, ad oggi per la stima della densità dei fasci non si è pervenuti ad un protocollo comune, adottato da tutti. Ne consegue che anche le modalità con cui questa variabile viene misurata sono molteplici, a cominciare dalle dimensioni dell'area da campionare per finire con la scelta della stessa ed il numero di repliche.

Dimensioni della superficie da campionare

Di importanza fondamentale sono, nella valutazione della densità, la distribuzione spaziale delle fanerogame e la struttura delle praterie. La modalità di crescita vegetativa è essenzialmente la stessa per tutte le fanerogame: avviene per aggiunta di "moduli" ripetitivi, i ciuffi fogliari (Marbà e Duarte, 1998); in funzione della velocità di crescita e dei tassi di ramificazione del rizoma (differenti a seconda delle specie) nonché di fenomeni di competizione tra i moduli e del grado di disturbo ambientale, la struttura delle praterie può variare al variare della scala spaziale (da pochi centimetri a decine di metri) (Manzanera e Romero, 2000; Oliva, 2002). Panayotidis et al. (1981) hanno evidenziato che in *Posidonia oceanica* la distribuzione dei fasci è irregolare di tipo aggregativo (contagioso) e il coefficiente di variazione è stabile tra 800 e 3600 cm², individuando nell'area di 1600 cm² (40 x 40 cm) quella minima ottimale per la stima della densità di questa fanerogama. Per *Cymodocea nodosa* l'area minima di campionamento è stata stimata tra 300 e 1200 cm² (Mazzella et al., 1986a) (cilindro di 30 cm di diametro), mentre quella per *Nanozostera nolii* è di 256 cm² (16 x 16 cm) (Pérez-Lloréns, 1987). Mancano studi analoghi sulle altre fanerogame presenti nel Mediterraneo: in letteratura si riportano aree di campionamento comprese tra 625 e 2500 cm² per *Zostera marina* (Rismondo et al., 1997; Rigollet et al., 1998; Curiel et al., 1997), e tra 100 e 625 cm² per *Halophila stipulacea* (Procaccini et al., 1999; Cancemi et al., 1994). Per il nostro campionamento sono stati utilizzati quadrati di 50x50cm²

Posizionamento dell'area

Una volta scelte le dimensioni idonee, la densità può essere misurata o lungo un gradiente (es., transetto batimetrico) o in siti specifici in base alle finalità dello studio. L'area può essere determinata o dal lancio dell'operatore che lascia cadere casualmente, ad una altezza di 1 m dal fondale, il "quadrato" di riferimento (Pergent et al., 1995), oppure può essere determinata seguendo tavole di numeri casuali. Alcuni Autori utilizzano quadrati fissi per la stima della densità a

lungo termine. In questi casi, l'area va delimitata con boe e sagole per le conte successive. Nei monitoraggi da noi effettuati si è scelto di effettuare un campionamento random stratificato.

Numero di repliche

In letteratura il numero di repliche riportato varia da un minimo di 2 ad un massimo di 12. Trattamento dei dati e valutazione dei range di densità; I valori delle singole conte vanno mediati e sempre riportati alla superficie utilizzata per convenzione, il metro quadro. Il parametro ottenuto si esprime come n. ciuffi m². Per le praterie di *P. oceanica*, Giraud (1977) ha proposto una scala di valutazione in relazione alla loro densità, permettendo di distinguere 6 tipi di praterie. In seguito (Pergent et al., 1995), questa classificazione è stata ridotta a 5 tipi (vedi Tab.), in considerazione del fatto che quando il numero dei fasci per metro quadrato è inferiore a 50, si ritiene che non sia sufficiente a definire una prateria.

Copertura



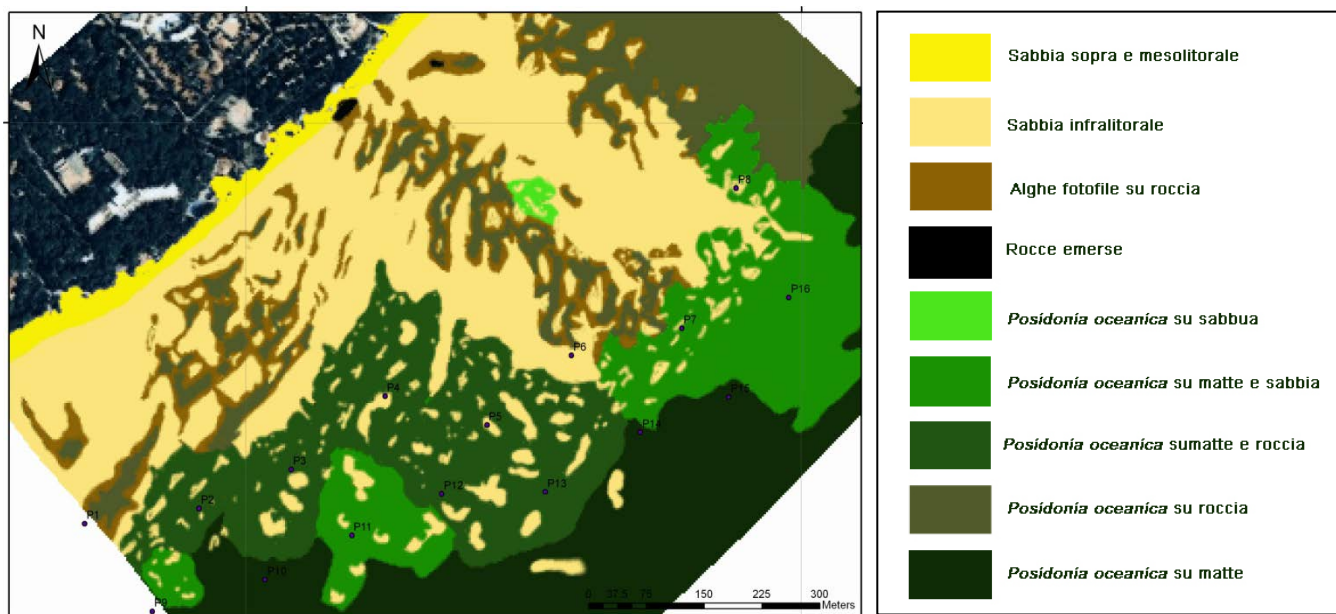
Una ulteriore variabile che integra le stime di densità nella descrizione strutturale di una prateria è rappresentata dalla copertura, espressa come percentuale di fondale ricoperto dalle piante rispetto a quello non coperto e costituito da sabbia, roccia, "matte" morta, ecc. Materiali ed equipaggiamenti necessari Quadrati, lavagnette e matite, attrezzatura fotografica, videocamera o R.O.V., barra, cima metrata. La stima della percentuale di fondo ricoperta dalla pianta viene effettuata con "rilevamento diretto" o "derivato".

Per "rilevamento diretto" si intende la valutazione della copertura in immersione, ad opera di operatori subacquei. Si valuta la copertura del fondo descrivendo attorno ad un punto fisso una circonferenza di 5 m di raggio. Le stime visive effettuate forniscono il valore di copertura. Per "rilevamento derivato" si intende la valutazione della copertura attraverso l'analisi di riprese fotografiche effettuate precedentemente in situ sia da operatori subacquei sia con R.O.V. (tecnica da noi utilizzata per comparare le percentuali di ricoprimento in immersione).

Scalzamento dei rizomi in cm

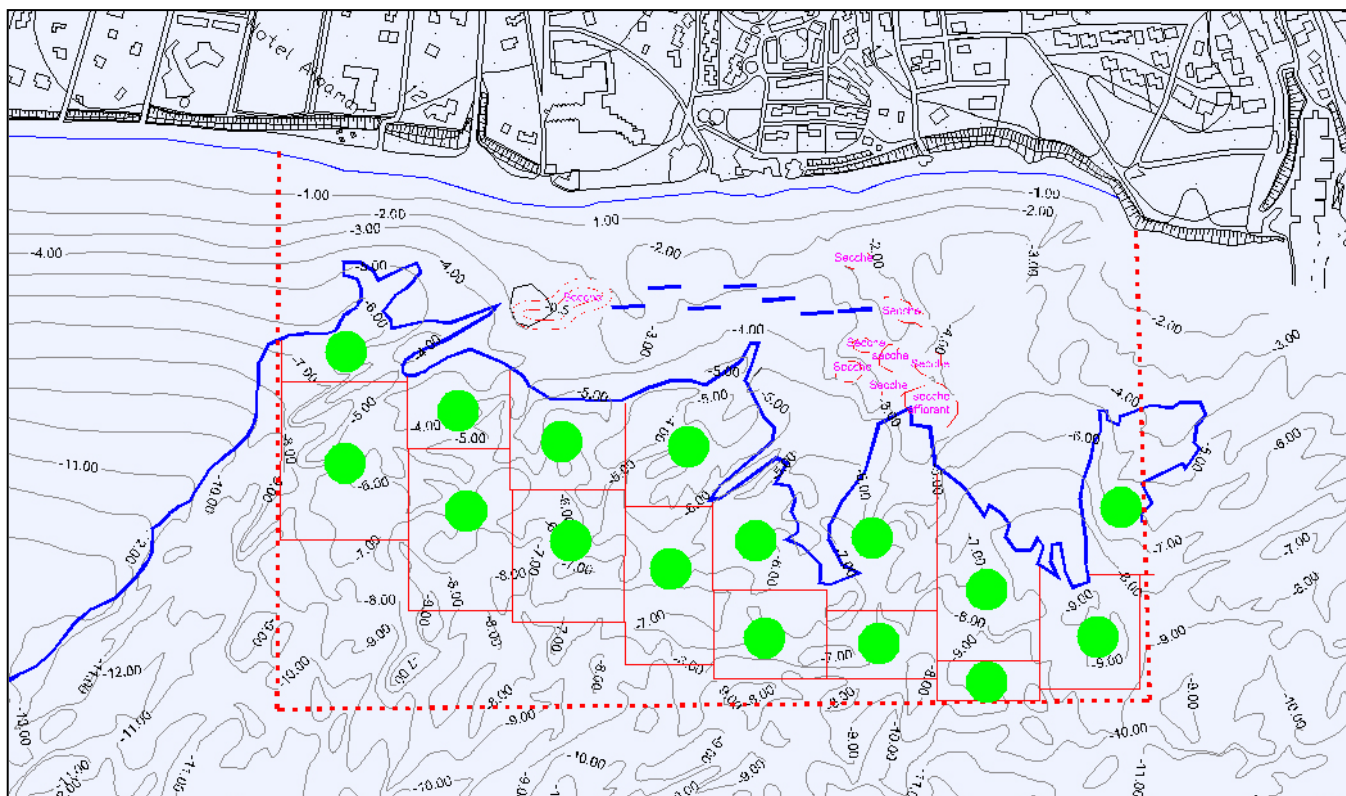
Definito da Boudouresque et al. (1984) è la distanza tra il sedimento e la base delle foglie per i rizomi ortotropi, o la distanza tra il sedimento e la parte inferiore dei rizomi per i rizomi plagiotropi. Lo scalzamento in cm è misurato per singoli rizomi ortotropi, selezionati casualmente, in corrispondenza del limite e a una distanza minima tra fasci di 1m. Questa distanza è misurata con l'aiuto di una distanza di riferimento (per esempio una porzione della lavagnetta graduata).

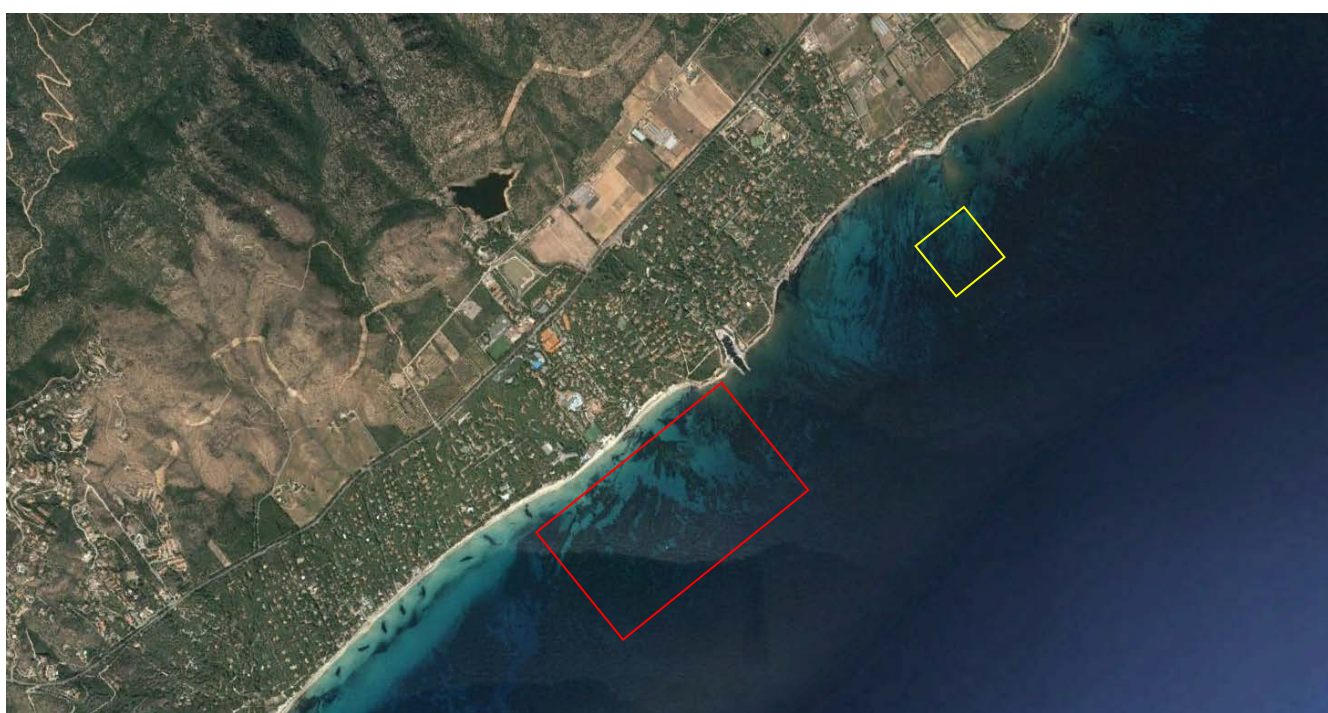
Caratterizzazione del fondale marino



Caratterizzazione bionomica del fondale marino nella zona antistante la spiaggia (rilievi 2009)

Piano di campionamento





Piano di campionamento prima della posa dei geotessili (2009) e ripetuto nel 2017 (in rosso) e posizione della stazione di "bianco" esterna all'area di campionamento (in giallo)

<i>Posizione dei siti campionati</i>		
Sito	Lat.	Long
P 1	38° 55,728' N	008° 55,855' E
P 2	38° 55,738' N	008° 55,958' E
P 3	38° 55,765' N	008° 56,041' E
P 4	38° 55,815' N	008° 56,125' E
P 5	38° 55,795' N	008° 56,217' E
P 6	38° 55,842' N	008° 56,293' E
P 7	38° 55,861' N	008° 56,393' E
P 8	38° 55,956' N	008° 56,441' E
P 9	38° 55,668' N	008° 55,916' E
P 10	38° 55,690' N	008° 56,018' E
P 11	38° 55,720' N	008° 56,095' E
P 12	38° 55,748' N	008° 56,177' E
P 13	38° 55,749' N	008° 56,270' E
P 14	38° 55,790' N	008° 56,355' E
P 15	38° 55,814' N	008° 56,435' E
P 16	38° 55,882' N	008° 56,488' E
Bianco	38° 56,322' N	008° 57,019' E



Per ogni stazione, sono riportate, in seguito, le schede contenenti le informazioni su profondità, tipo di substrato osservato e risultati relativi ai rilevamenti. La prateria a *Posidonia oceanica* presa in esame ha un'estensione di circa 35 ha. Le sei stazioni di rilevamento sono state scelte in seguito allo studio di posizionamento dei geotubi adagiati sul fondale marino. La prateria si estende dalla profondità di 0,5 m fino al limite inferiore di 35 m. Il limite superiore della prateria, considerando la comparsa dei primi fasci, si trova in acque molto basse, in prossimità della spiaggia. Mentre il limite inferiore si trova a profondità molto elevate per una prateria standard. Valutando la buona visibilità delle acque in Sardegna si tratta di un limite inferiore abbastanza normale. La prateria ha una distribuzione molto disomogenea, infatti possiamo trovare, in questo tratto di mare, diverse tipologie di *P. oceanica*. Nella parte più prossima alla spiaggia abbiamo una copertura disomogenea e rarefatta con substrato di impianto esclusivamente su roccia. La presenza del limite superiore in prossimità della spiaggia è rappresentato principalmente da piccole patch sparse. I limiti di questa prateria sono molto vari, e variano a seconda del substrato di impianto. Possiamo infatti trovare limiti progressivi sulla prateria impiantata su sabbia, limiti netti sulla prateria impiantata su matta e roccia, limiti di tipo erosivo sulla prateria impiantata su matite. La copertura aumenta con la profondità e cambia il substrato di impianto della pianta. Infatti se nelle prime fasce batimetriche tra i 2 e 4 metri si aveva una prateria su roccia, oltre i quattro metri la prateria ha un substrato misto formato da roccia e matite. Sporadicamente si trovano porzioni di prateria su sabbia. Con l'aumento della profondità oltre i dieci metri, la prateria si trova quasi esclusivamente su matite. La copertura della prateria in questa fascia batimetrica aumenta notevolmente. Nei canali e nelle buche di intermatite è presente, quasi in forma costante l'alga invasiva *Caulerpa racemosa*, che non sembra però in alcun modo "spodestare" l'impianto di *Posidonia oceanica*.



Tabella 1 – Rilevamenti effettuati in immersione 2017

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	%	Tipo fondale	Proff. m	Presenza C. r	Presenza C. n
S1	80	120	109	110	130	80	Matte e roccia	3	si	no
S2	99	110	105	115	120	80	Matte e roccia	4	si	no
S3	98	84	120	108	110	90	Matte e roccia	4,5	si	no
S4	78	106	115	112	107	95	Matte e roccia	3,5	si	no
S5	107	98	114	120	130	70	Matte e roccia	4,3	si	no
S6	92	103	86	109	106	50	Matte e roccia	5	si	no
S7	108	112	96	120	135	65	Matte e roccia	6	si	no
S8	98	105	85	110	105	45	Matte, sabbia	7	si	no
S9	100	105	86	107	130	65	Matte, sabbia	7,2	si	no
S10	130	145	106	150	155	95	Matte e roccia	7,1	si	no
S11	143	120	140	120	160	70	Matte, sabbia	7,3	si	no
S12	163	155	135	140	160	65	Matte e roccia	7,2	si	no
S13	140	102	150	160	178	85	Matte e roccia	7,8	si	no
S14	145	150	125	145	180	70	Matte, sabbia	8,3	si	si
S15	189	140	109	155	173	80	Matte, sabbia	11	si	no
S16	110	135	115	125	165	80	Matte, sabbia	11,4	si	si
Bianco	70	106	108	95	140	90	Matte e roccia	6,3	si	si

R – repliche per ogni sito campionato effettuate con quadrati da 50x50 cm

% - percentuale di ricoprimento della prateria rilevata in immersione

Tipo fondale – tipologia di fondale in cui si impianta la prateria

prof. - profondità in metri per singolo sito di immersione

C r – presenza di *Caulerpa racemosa* (*Caulerpa cylindracea*)

C n – presenza di *Cymodocea nodosa*

Tabella 2 - Elaborazione dati 2017

SITO	media	d.s.	d/m ²	densità globale
S1	109,8	18,71363	439,2	35136
S2	109,8	8,228001	439,2	35136
S3	104	13,63818	416	37440
S4	103,6	14,77498	414,4	39368
S5	113,8	12,21475	455,2	31864
S6	99,2	9,782638	396,8	19840
S7	114,2	14,49828	456,8	29692
S8	100,6	9,710819	402,4	18108
S9	105,6	15,9154	422,4	27456
S10	130,16	24,70155	520,6	49463
S11	136,6	16,96467	546,4	38248
S12	150,6	12,42176	602,4	39156
S13	146	28,3196	584	49640
S14	149	19,81161	596	41720
S15	153,2	30,84153	612,8	49024
S16	130	21,79449	520	41600
Bianco	101,5	23,28734	406	36540

s – Stazioni di campionamento, media dei ciuffi per stazioni su quadrati 50x50 cm, deviazione standard, densità x m², densità x m² x % di ricoprimento.

Grafico 1 densità delle stazioni campionate 2017

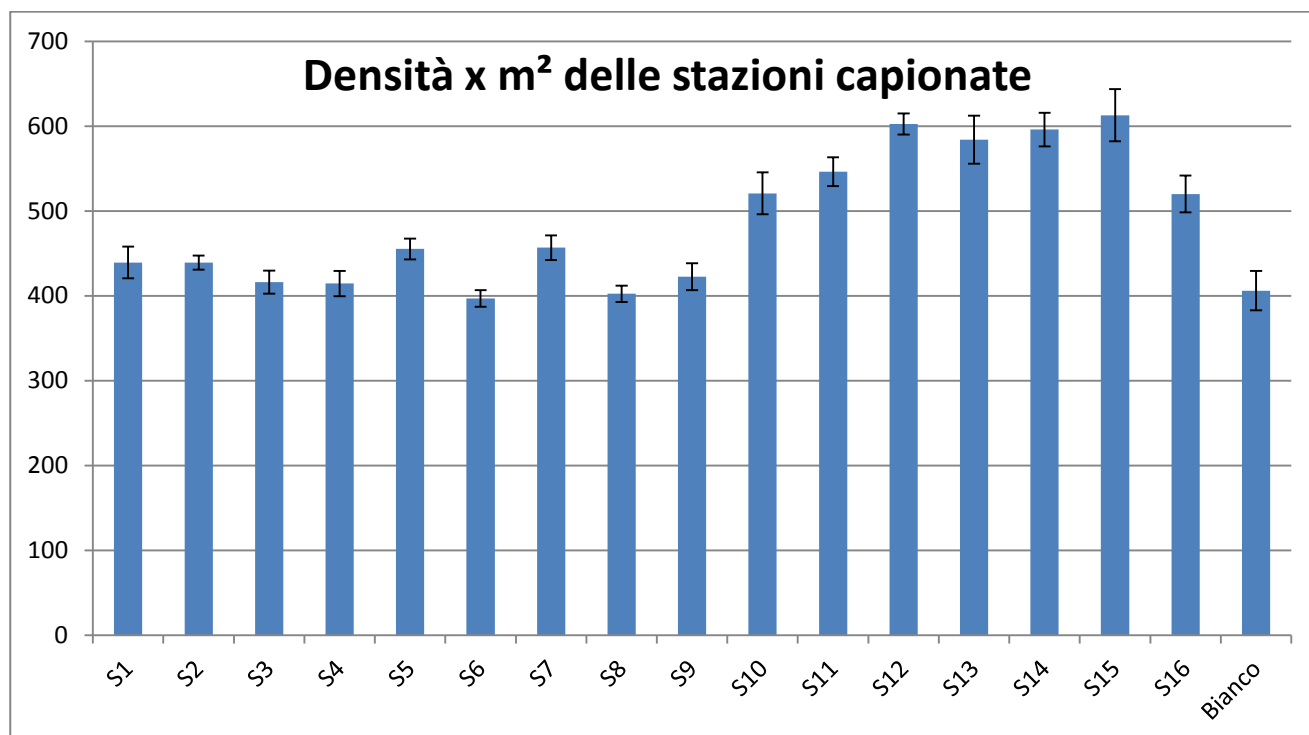
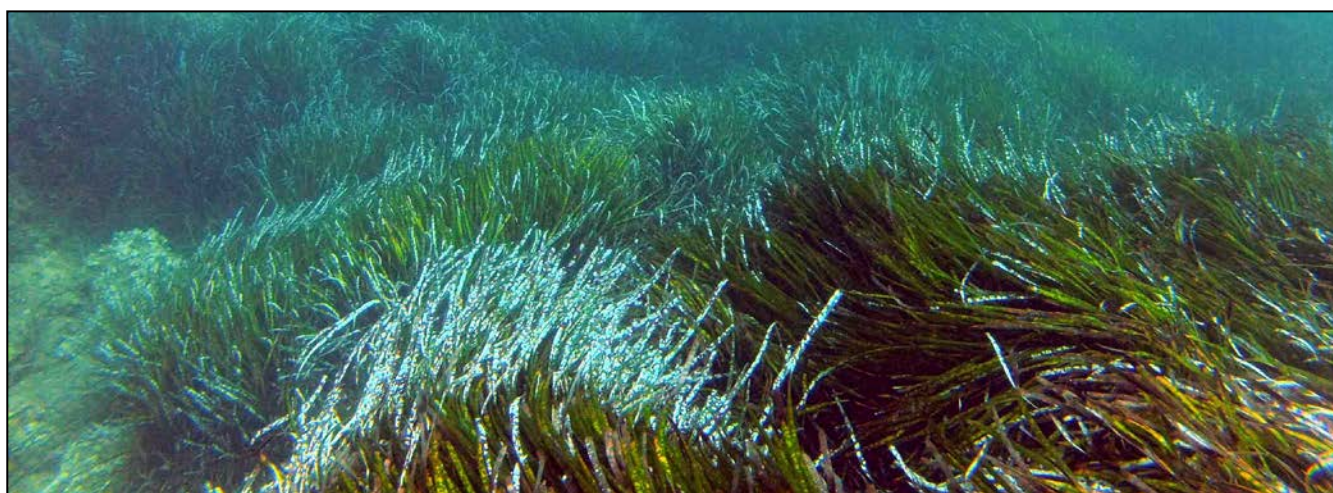


Tabella 3 - Stato di Conservazione secondo Giraud (1977) – 2017

SITO	d/m ²	Tipo	Stato di conservazione
S1	439,2	II	<i>Prateria densa</i>
S2	439,2	II	<i>Prateria densa</i>
S3	416	II	<i>Prateria densa</i>
S4	414,4	II	<i>Prateria densa</i>
S5	455,2	II	<i>Prateria densa</i>
S6	396,8	II	<i>Prateria densa</i>
S7	456,8	II	<i>Prateria densa</i>
S8	402,4	II	<i>Prateria densa</i>
S9	422,4	II	<i>Prateria densa</i>
S10	520,6	II	<i>Prateria densa</i>
S11	546,4	II	<i>Prateria densa</i>
S12	602,4	II	<i>Prateria densa</i>
S13	584	II	<i>Prateria densa</i>
S14	596	II	<i>Prateria densa</i>
S15	612,8	II	<i>Prateria densa</i>
S16	520	II	<i>Prateria densa</i>

Classe	Densità dei fasci	Stima di densità
I	oltre 700 fasci/m ²	Prateria molto densa
II	da 400 a 700 fasci/m ²	Prateria densa
III	da 300 a 400 fasci/m ²	Prateria rada
IV	da 150 a 300 fasci/m ²	Prateria molto rada
V	da 50 a 150 fasci/m ²	Semiprateria



Conclusioni

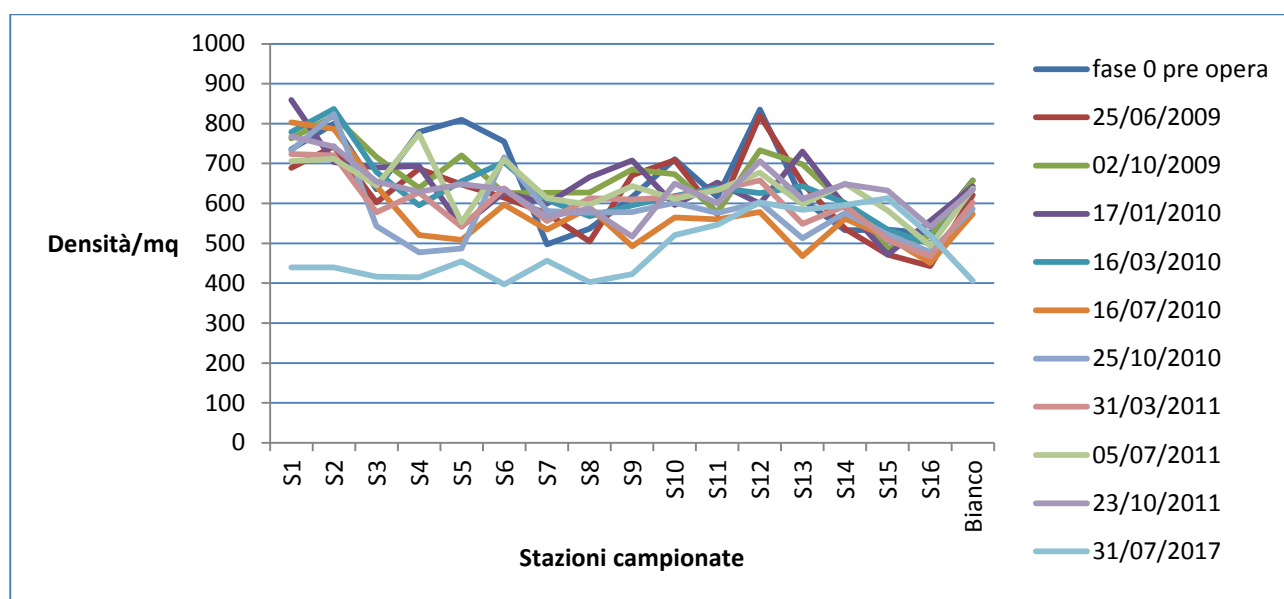
Diverse ricerche negli ultimi decenni hanno portato ad investigare i fattori, naturali ed antropici, che influiscono nella distribuzione di questa pianta marina nell'ecosistema costiero. In particolare, le interazioni tra fattori antropici e naturali che possono portare alla regressione degli habitat. La componente ambientale geomorfologica influisce sui sistemi costieri a livello spazio temporale anche nella componente vegetale marina. Queste interazioni nell'ambiente costiero terrestre sono ben note, ma nell'ambiente marino queste interazioni sono ancora in fase di studio. Si evince pertanto che non solo la componente antropica influisce sulle praterie a *P. oceanica*, ma anche le complesse interazioni, spazio temporali e meteomarine lungo i sistemi costieri hanno una notevole influenza. Vacchi et al. (2011, 2012 e 2016) hanno studiato i differenti aspetti che causano la regressione di *P. oceanica*, mettendo in relazione gli aspetti geologici, geomorfologici, sedimentologici che avvengono lungo il litorale costiero durante le mareggiate. Mettendo in relazione il ruolo dei sedimenti con il limite superiore delle praterie, l'erosione costiera e le interazioni che avvengono tra limite delle praterie e idrodinamismo.

Dall'analisi dei dati di densità rilevati nel monitoraggio di maggio e quelli rilevati nel mese di luglio, si evince che la prateria è in buono stato di conservazione e non si notano differenze sostanziali tra i due monitoraggi. Infatti dai dati ottenuti, e secondo la classificazione di Giraud (1977), la prateria è considerata come densa.

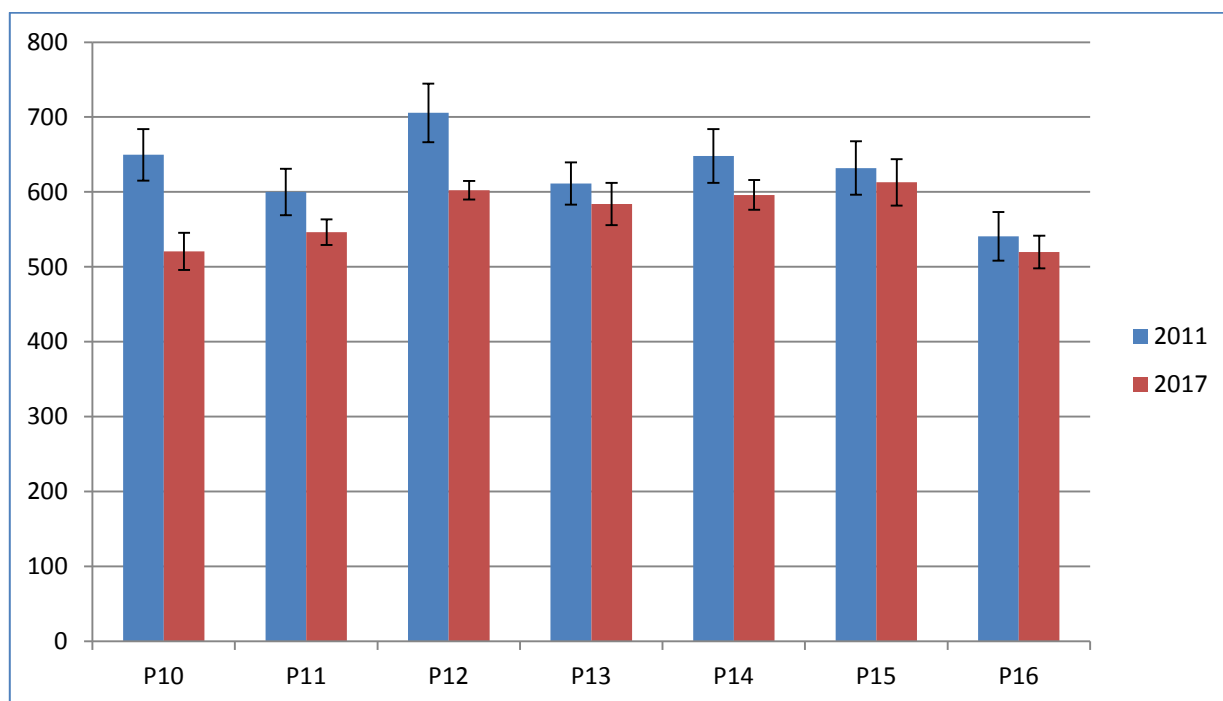
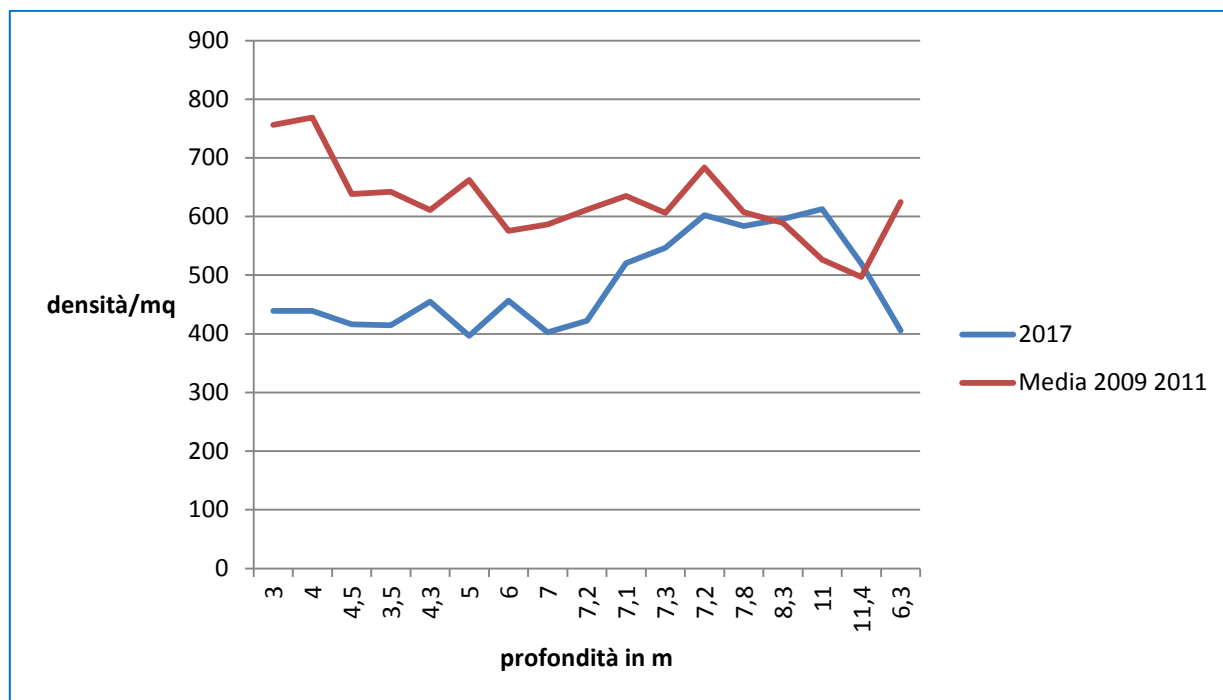
Confrontando i dati di densità nelle varie fasi del monitoraggio, dal 2009 fino al 2011 con quelli attuali si nota, invece, una diminuzione della densità nelle stazioni meno profonde, inclusa la stazione "bianco", mentre nelle stazioni più profonde tra i 7m e gli 8m non vi sono differenze. (Vedi grafico del confronto tra stazioni profonde).

È ormai noto che il limite superiore delle praterie a *P. oceanica*, specialmente in aree esposte ad alto idrodinamismo, è una delle cause di possibile diminuzione di densità (Boudouresque et al. 2012). Diversi esperimenti e studi hanno valutato che la regressione della densità delle praterie, in fondali di pochi metri, avviene maggiormente dove la prateria è instaurata su roccia, e roccia e matte. Questo fenomeno si è verificato molto probabilmente nella zona da noi esaminata. Negli ultimi tre anni infatti si sono verificate delle forti mareggiate che hanno influenzato in modo significativo la spiaggia antistante il Forte Village Resort. Queste modifiche sono state osservate sia nella dinamica della spiaggia, con uno spostamento del sedimento verso la zona Est della spiaggia in prossimità del porticciolo di Cala Verde, sia con gli accumuli smisurati di posidonia spiaggiata sia sulla spiaggia sia all'interno del porticciolo sempre di Cala Verde.

Da queste valutazioni possiamo supporre che la diminuzione di densità in prossimità del limite superiore sia stata influenzata dalle mareggiate che tra il 2012 e il 2017 hanno insistito su questo settore.



Come si può vedere dal grafico precedente la diminuzione della densità si è verificata sia nei siti in prossimità della spiaggia sia nella stazione esterna "Bianco". La stazione di controllo è situata a più di un chilometro di distanza dalla spiaggia presa in esame. Pertanto una diminuzione di densità, a così elevata distanza, fa supporre ad una diminuzione dovuta a fenomeni naturali.

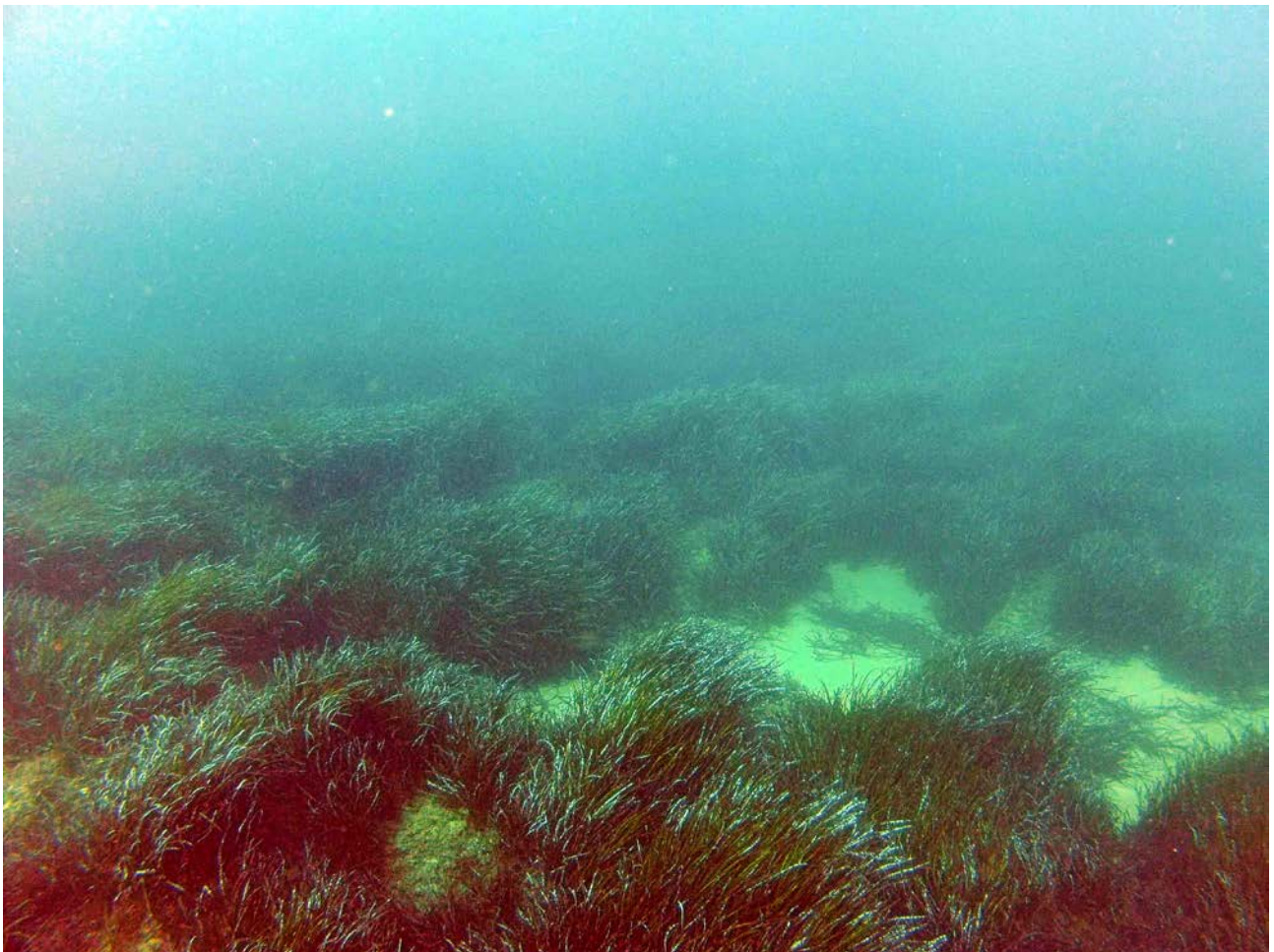


Confronto tra densità delle stazioni profonde

Un riscontro maggiore si avrà se i monitoraggi saranno ripetuti nei mesi successivi alla rimozione delle strutture. In questo modo sarà possibile ottenere dei dati per poter formulare dei risultati definitivi sullo stato di conservazione della prateria antistante il Forte Village Resort. Pertanto si consiglia di effettuare un monitoraggio durante la stagione invernale, Gennaio/Febbraio, ed uno nella primavera tra Maggio/Giugno.

Analisi sedimentologica dell'intermatte

In laboratorio i sedimenti prelevati all'interno dei canali intermatte della prateria di *P. oceanica* sono stati sciacquati in acqua distillata e seccati in forno a 80 ° C per 12 ore. L'analisi granulometrica è stata eseguita utilizzando un setacciatore meccanico con una batteria di setacci con maglie a luce 4 mm , 2.8mm , 2 mm , 1.4mm , 1mm , 0.71 mm e 0.500 mm, 0.354 mm, 0.250m, 0.180 mm, 0.125, 0.090 mm e passante al di sotto di 0.090mm. I parametri statistici sono stati calcolati secondo il metodo dei momenti utilizzando il software GRADISTAT (Blott e Pye, 2001). Nelle Figure allegate sono mostrati i risultati ottenuti in termini di parametri granulometrici. Tutti i campioni prelevati sono risultati unimodali e ben classati. Le frazioni di coarse sand e medium sand sono le frazioni prevalenti nei campioni analizzati. I campioni sono stati prelevati tra gli 8 e gli 11m.



SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **P10**

ANALYST & DATE: ,

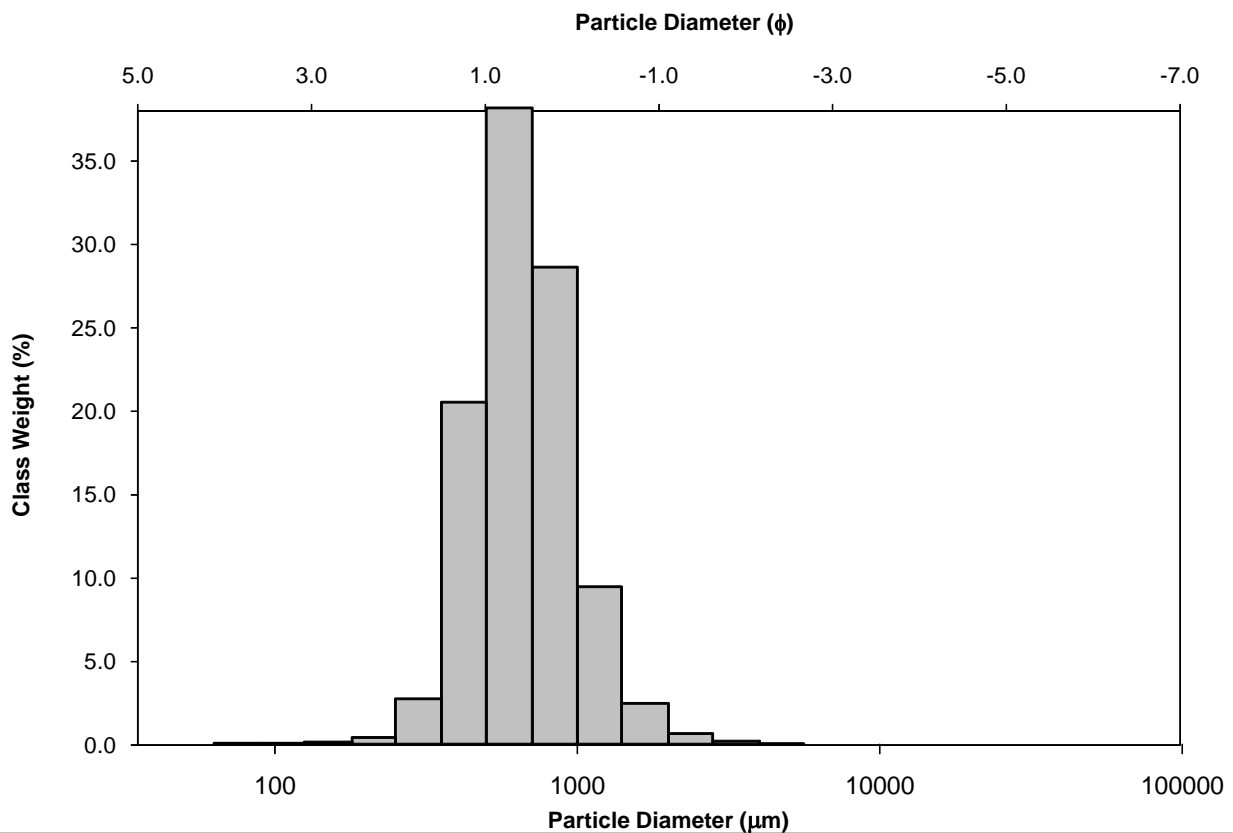
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605.0	0.747	GRAVEL: 0.8%	COARSE SAND: 64.9%		
MODE 2:			SAND: 99.2%	MEDIUM SAND: 22.3%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 0.5%		
D ₁₀ :	399.2	-0.117		V FINE SAND: 0.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	644.1	0.635	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	1084.3	1.325	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	2.716	-11.344	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	685.2	1.442	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.671	4.199	V FINE GRAVEL: 0.8%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	342.0	0.741	V COARSE SAND: 11.3%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	724.4	657.8	0.604	647.9	0.626	Coarse Sand
SORTING (σ):	332.0	1.483	0.568	1.469	0.555	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.739	0.249	-0.249	0.068	-0.068	Symmetrical
KURTOSIS (K):	18.50	4.528	4.528	1.018	1.018	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **P12**

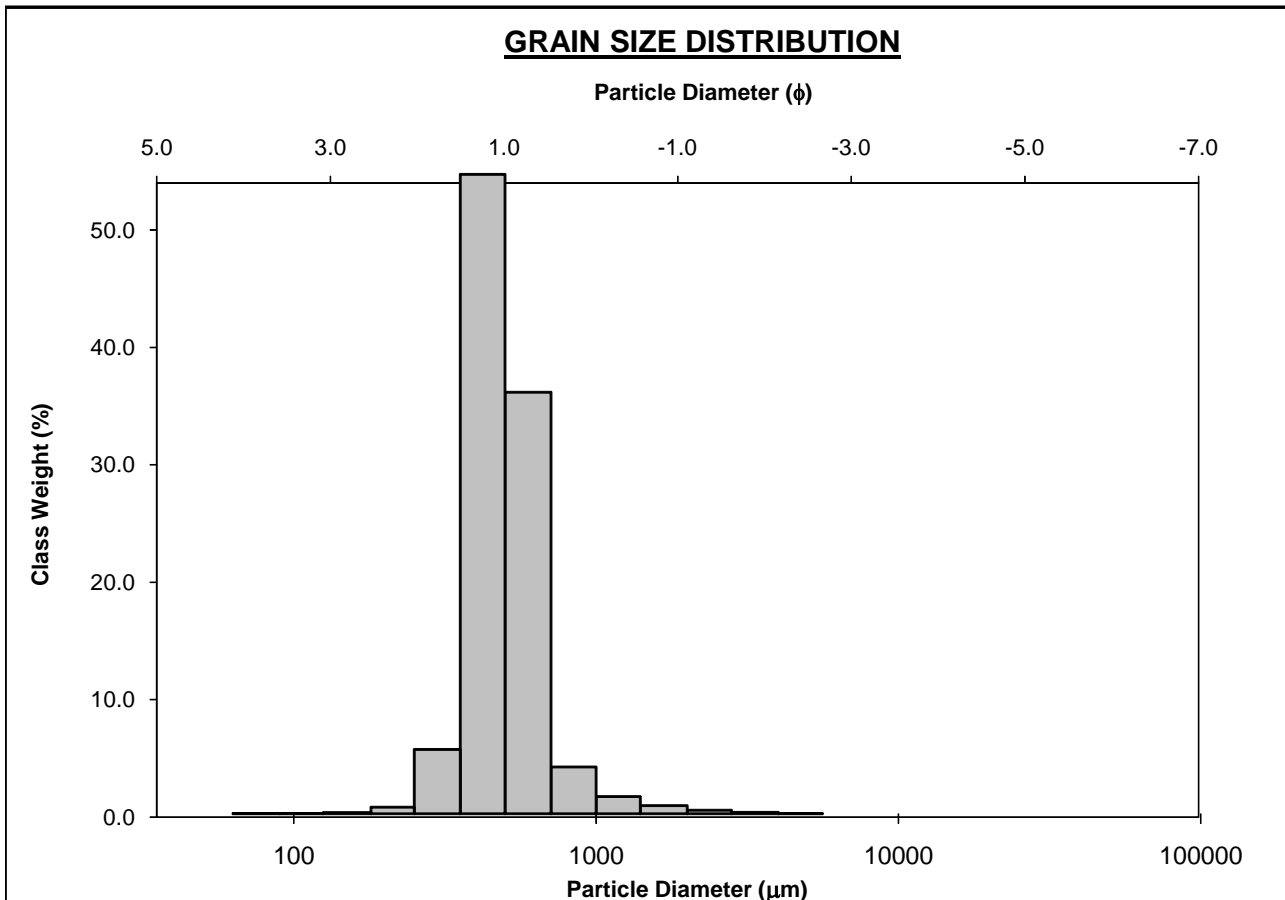
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	427.5	1.247	GRAVEL: 0.5%	COARSE SAND: 39.1%		
MODE 2:			SAND: 99.5%	MEDIUM SAND: 57.6%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 0.7%		
D ₁₀ :	364.2	0.546		V FINE SAND: 0.1%		
MEDIAN or D ₅₀ :	473.4	1.079	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	685.1	1.457	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	1.881	2.671	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	321.0	0.912	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.469	1.729	V FINE GRAVEL: 0.4%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	188.3	0.555	V COARSE SAND: 2.1%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	529.4	493.1	1.020	487.3	1.037	Medium Sand
SORTING (σ):	242.6	1.356	0.440	1.308	0.387	Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	6.470	1.370	-1.370	0.178	-0.178	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	72.11	10.06	10.06	0.950	0.950	Mesokurtic



SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **P14**

ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted

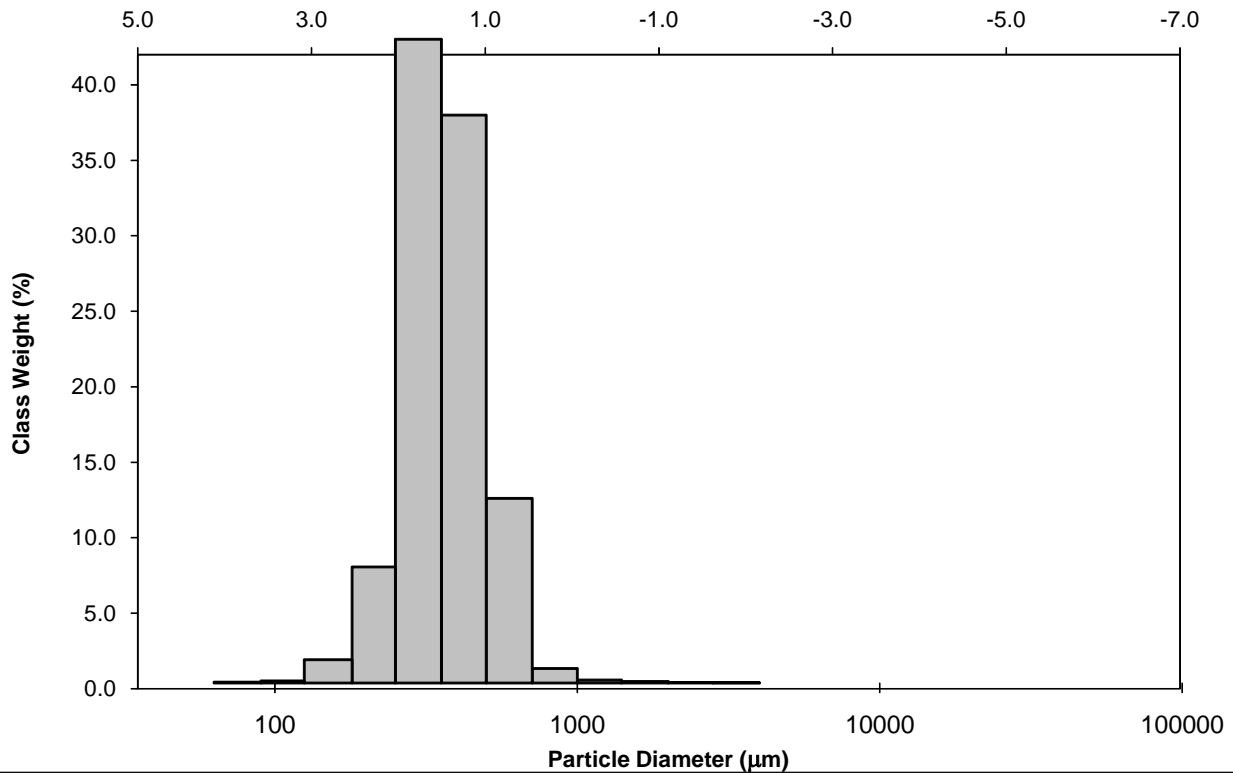
TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Medium Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	302.5	1.747	GRAVEL: 0.1%	COARSE SAND: 12.9%		
MODE 2:			SAND: 99.9%	MEDIUM SAND: 77.9%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 8.6%		
D ₁₀ :	252.4	0.861		V FINE SAND: 0.2%		
MEDIAN or D ₅₀ :	353.0	1.502	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	550.5	1.986	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	2.181	2.306	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	298.1	1.125	FINE GRAVEL: 0.0%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.563	1.555	V FINE GRAVEL: 0.1%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	161.1	0.644	V COARSE SAND: 0.3%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	384.8	359.0	1.478	357.4	1.484	Medium Sand
SORTING (σ):	145.5	1.382	0.466	1.378	0.463	Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	4.509	0.196	-0.196	0.061	-0.061	Symmetrical
KURTOSIS (K):	62.87	5.114	5.114	1.023	1.023	Mesokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION

Particle Diameter (ϕ)



SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **P16**

ANALYST & DATE: ,

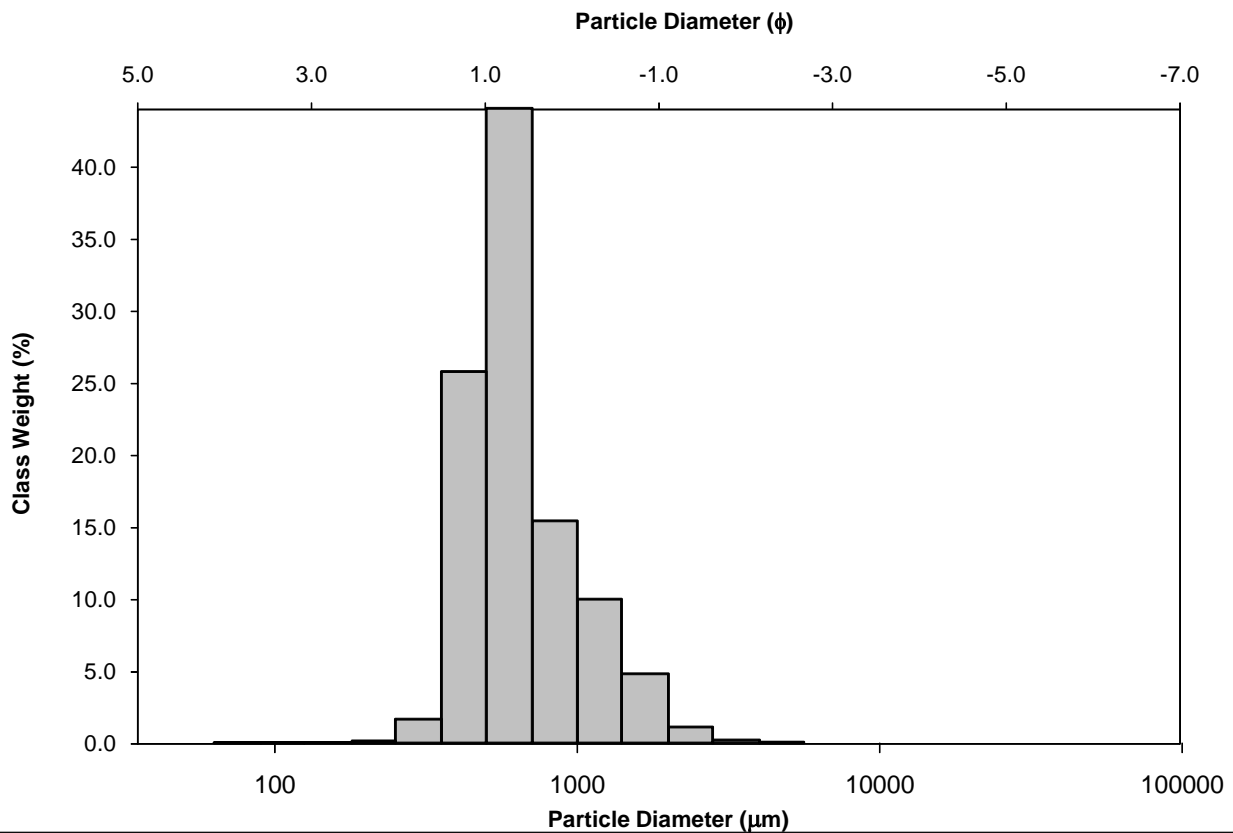
SAMPLE TYPE: Unimodal, Moderately Well Sorted

TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605.0	0.747	GRAVEL: 1.3%	COARSE SAND: 58.0%		
MODE 2:			SAND: 98.7%	MEDIUM SAND: 26.3%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 0.2%		
D ₁₀ :	397.6	-0.285		V FINE SAND: 0.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	605.0	0.725	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	1218.4	1.331	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	3.064	-4.669	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	820.8	1.616	FINE GRAVEL: 0.1%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.639	3.246	V FINE GRAVEL: 1.3%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	312.9	0.713	V COARSE SAND: 14.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	728.3	648.9	0.624	637.0	0.651	Coarse Sand
SORTING (σ):	395.6	1.521	0.605	1.523	0.607	Moderately Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	2.882	0.920	-0.920	0.247	-0.247	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	17.01	4.210	4.210	1.171	1.171	Leptokurtic

GRAIN SIZE DISTRIBUTION



SIEVING ERROR: 0.0%

SAMPLE STATISTICS

SAMPLE IDENTITY: **Bianco**

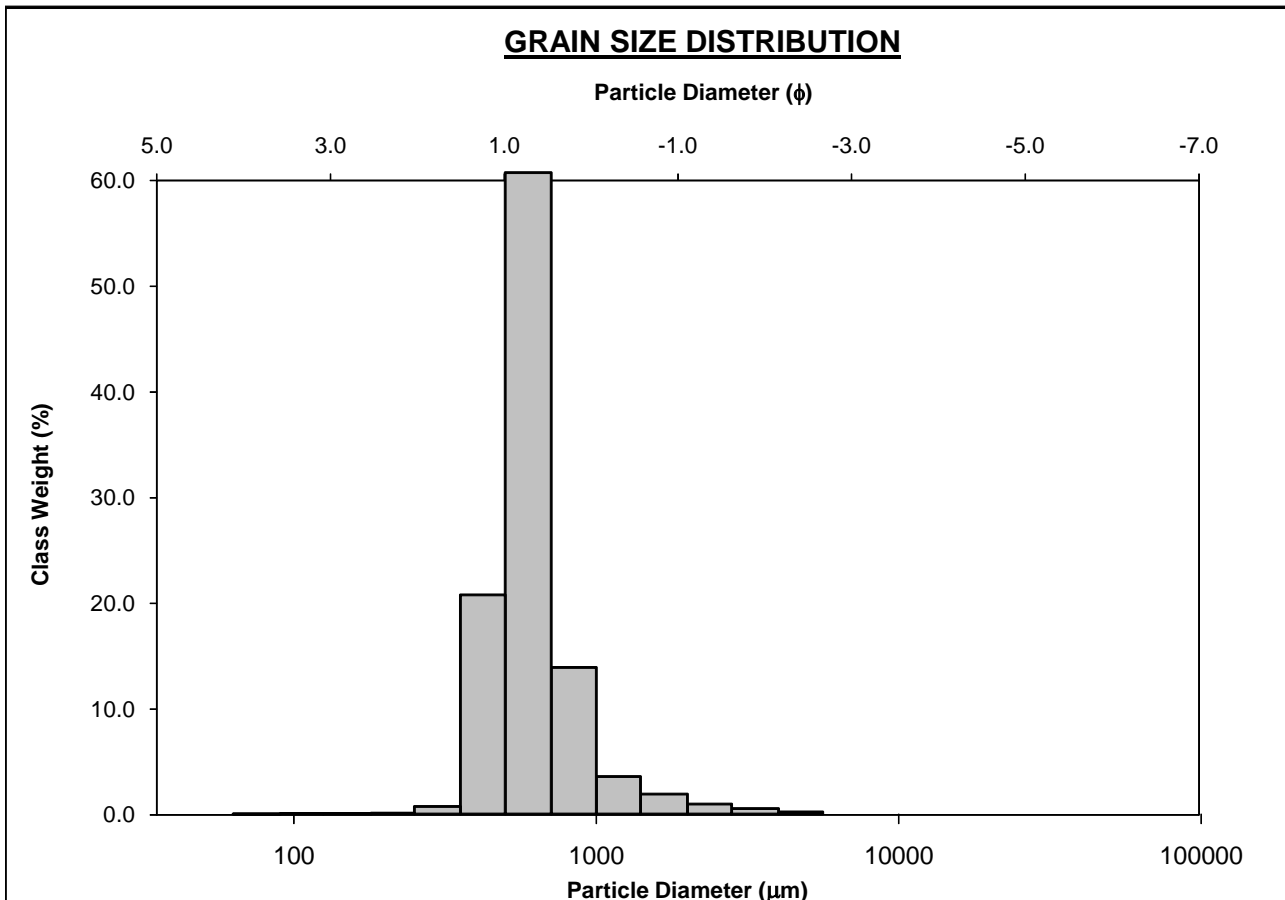
ANALYST & DATE: ,

SAMPLE TYPE: Unimodal, Well Sorted

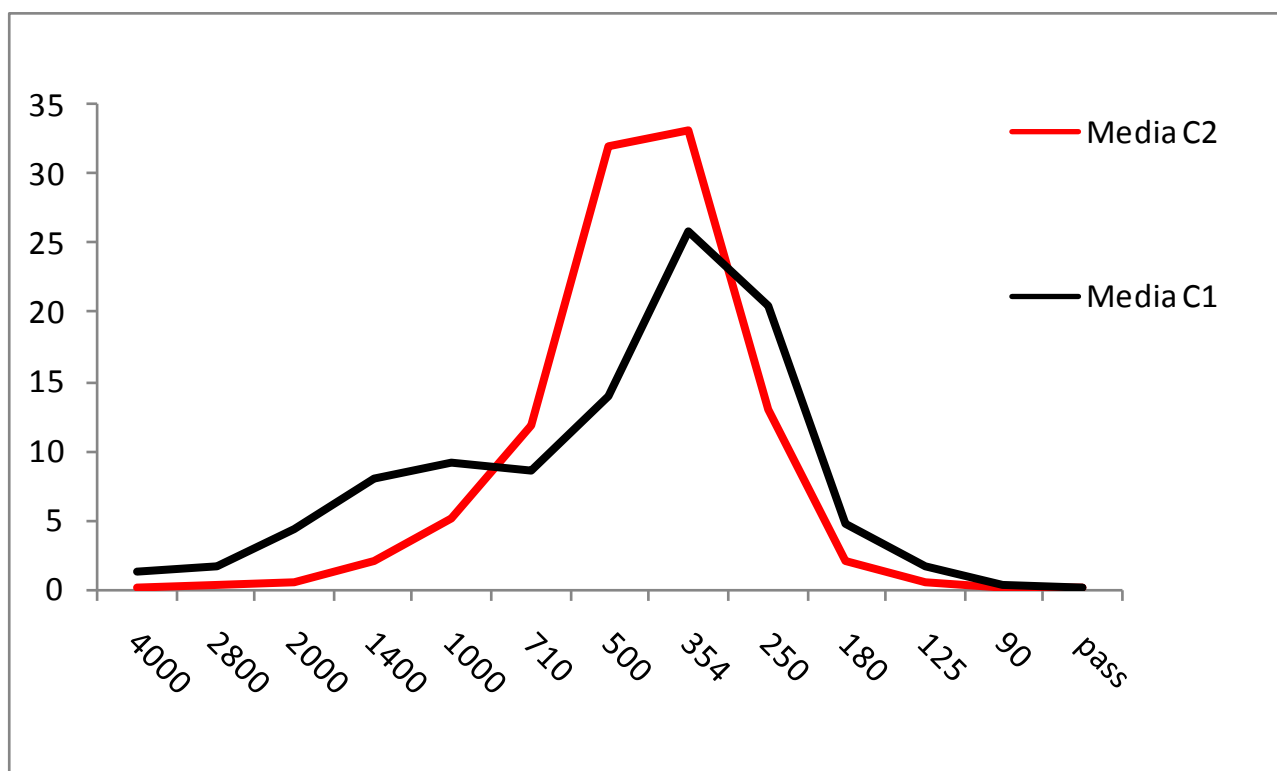
TEXTURAL GROUP: Slightly Gravelly Sand

SEDIMENT NAME: Slightly Very Fine Gravelly Coarse Sand

	μm	ϕ	GRAIN SIZE DISTRIBUTION			
MODE 1:	605.0	0.747	GRAVEL: 1.6%	COARSE SAND: 72.5%		
MODE 2:			SAND: 98.4%	MEDIUM SAND: 20.5%		
MODE 3:			MUD: 0.0%	FINE SAND: 0.1%		
D ₁₀ :	415.7	0.120		V FINE SAND: 0.0%		
MEDIAN or D ₅₀ :	594.7	0.750	V COARSE GRAVEL: 0.0%	V COARSE SILT: 0.0%		
D ₉₀ :	920.5	1.266	COARSE GRAVEL: 0.0%	COARSE SILT: 0.0%		
(D ₉₀ / D ₁₀):	2.214	10.59	MEDIUM GRAVEL: 0.0%	MEDIUM SILT: 0.0%		
(D ₉₀ - D ₁₀):	504.7	1.147	FINE GRAVEL: 0.2%	FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ / D ₂₅):	1.344	1.795	V FINE GRAVEL: 1.4%	V FINE SILT: 0.0%		
(D ₇₅ - D ₂₅):	176.5	0.427	V COARSE SAND: 5.2%	CLAY: 0.0%		
	METHOD OF MOMENTS			FOLK & WARD METHOD		
	Arithmetic	Geometric	Logarithmic	Geometric	Logarithmic	Description
	μm	μm	ϕ	μm	ϕ	
MEAN (\bar{x}):	678.5	618.5	0.693	600.1	0.737	Coarse Sand
SORTING (σ):	381.1	1.415	0.501	1.360	0.444	Well Sorted
SKEWNESS (Sk):	5.373	1.777	-1.777	0.138	-0.138	Coarse Skewed
KURTOSIS (K):	42.96	9.760	9.760	1.588	1.588	Very Leptokurtic



La media delle classi granulometriche per i campioni prelevati nella prima e nella seconda campagna sono state confrontate.



confronto qualitativo fra le curve granulometriche medie delle due campagne di rilievo

Dalla figura si evince come in via qualitativa le popolazioni granulometriche dei campioni prelevati siano molto simili. Da notare come la granulometria media dei campioni più profondi (curva rossa) e prelevati nella seconda campagna sia più classata rispetto ai campioni meno profondi, dove oltre alla componente di sabbia media è presente una componente di sabbia grossolana e ghiaia fine rilevante. Ciò può essere dovuto al maggior idrodinamismo delle aree meno profonde, che impedisce o limita la deposizione di materiale più fine, oltre che da possibili differenze geomorfologiche non considerate in questo specifico studio.

Bibliografia

- ALONGI G. ET. AL.. 1993. Prima segnalazione di *Caulerpa racemosa* (Chlorophyta, Caulerpales) per le coste italiane. Boll. Acc. Gioenia Sci. Nat. Catania , 26:49-53.
- Atzeni, A., Map of environmental risk along Sardinian coast. SELCA Firenze.
- Basterretxea G, Orfila A, Jordi A, Casas B, Lynett P, Liu PLF, Duarte CM Tintoré J. 2004. Seasonal dynamics of a microtidal pocket beach with *Posidonia oceanica* seabeds (Mallorca, Spain). Journal of Coastal Re-search 20: 1155–1164.
- Bianchi C. N. e Morri C. . *Indicatori biologici ed ecologici nell'ambiente marino*. Università degli studi di Genova, Dip.Te.Ris, Dipartimento per lo studio del Territorio e delle sue risorse.
- Bianchi C. N., Pronzato R., Cattaneo-Vietti R., Benedetti-Cecchi L., Morri C., Pansini M., Chemello R., Milazzo M., Fraschetti S., Terlizzi A., Peirano A., Salvati E., Benzoni F., Calcinai B., Cerrano C., Bavestrello G., 2003a. Manuale di metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. Cap. 6. I fondi duri. *Biologia Marina Mediterranea*, 10 (suppl.): 199-232.
- Bianchi C. N., Zattera A., 1986. Alcune considerazioni sulla gestione della fascia costiera. *Notiziario della Società Italiana di Biologia Marina*, 10: 25-29.
- Bianchi C. N., Zurlini G., 1984. Criteri e prospettive di una classificazione ecotipologica dei sistemi marini costieri italiani. *Acqua Aria*, 8: 785-796.
- Blott S. J., Pye K. (2001). GRADISTAT: a Grain Size Distribution and Statistics Package for the Analysis of Unconsolidated Sediment. *Earth Surface Process and Landforms*, 26, 1237-1248.
- Boak H. E. and Turner I. L. (2005). Shoreline definition and detection: a Review. *Journal of Coastal Research*, 21, 688-703.
- Boudouresque C.F., Bianconi C.H., Meinesz A., (1990). Live *Posidonia oceanica* in a coralligenous algal bank at Sulana Bay, Corsica. *Rapports de la Commission Internationale pour l'Exploration Scientifique de la Mer Mediterranee* 32 (1), 11.
- Boudouresque C. F., Avon M., Gravez V. (a cura di), 1991. *Les espèces marines à protéger en Méditerranée*. GIS Posidonie, Marseille.
- Boudouresque C.F., Bernard G., Pergent G., Shili A., Verlaque M. 2009. Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic disturbances and stress: a critical review. *Botanica Marina* 52, 395-418.
- Boudouresque CF, Bernard G, Bonhomme P, Charbonnel E, Diviacco G, Meinesz A, Pergent G, Pergent-Martini C, Ruitton S, Tunesi L. 2012. Protection and Conservation of *Posidonia oceanica* Meadows. Tunis: RaMoGe and RAC/SPA.

- Cancemi, G., Baroli, M., De Falco, G., Agostini S., Piergallini G., Guala I. (2000). Cartografia integrata delle praterie marine superficiali come indicatore dell'impatto antropico sulla fascia costiera. *Biol. Mar. Med.*, 7(2): 509-516.
- Cancemi G., De Falco G., Pergent G. (2000) Impact of a fish farming facility on a *Posidonia oceanica* meadow. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2), 341–344.
- Cavazza W., Immordino F., Moretti F., Peirano A., Pironi A., Ruggiero F. (2000). Sedimentological parameters and seagrass distributions as indicators of anthropogenic coastal degradation at Monterosso Bay (Ligurian Sea, NW Italy). *Journal of Coastal Research*, 16(2), 295-305.
- Colantoni, P. (1995) I sedimenti delle praterie a *Posidonia oceanica*. *La Posidonia oceanica* (eds F. Cinelli, E. Fresi, C. Lorenzi & A. Mucedola), pp. 48-51. *Rivista Marittima*.
- Colantoni, P., Galignani, P., Fresi, E. & Cinelli, F. (1982) Patterns of *Posidonia oceanica* (L.) Delile beds around the Island of Ischia (Gulf of Naples) and in adjacent waters. *P.S.Z.N.I: Marine Ecology*, 3 (1), 53-74.
- Danovaro, R. & Fabiano, M. (1995) Seasonal and inter-annual variation of bacteria in a seagrass bed of the Mediterranean Sea: relationship with labile organic compounds and other environmental factors. *Aquatic microbial ecology*, 9, 17-26.
- Danovaro, R., Fabiano, M. & Boyer, M. (1994) Seasonal changes of benthic bacteria in a seagrass bed (*Posidonia oceanica*) of the Ligurian Sea in relation to origin, composition and fate of the sediment organic matter. *Marine Biology*, 119, 489-500.
- De Falco G., Molinaroli M., Baroli M., Bellacicco S. (2003). Grain size and compositional trends of sediments from *Posidonia oceanica* meadows to beach shore, Sardinia, Western Mediterranean. *Estuarine Coastal and Shelf Science*, 58, 299-309.
- De Falco G, Murru E, Baroli M, Cancemi G, Piergallini G (2000) Photo-aerial image processing and sediment analysis as indicators of environmental impact on *Posidonia oceanica* in the Mediterranean sea. *Proced. Fourth International Seagrass Biology Workshop, Balagne Corsica (France), 26 Sept.-2 Oct 2000*, Pergent G., Pergent-Martini C, Buia MC, Gambi MC (eds.), *Biol. Mar. Med.*, 7(2) pp 349-352.
- Jeudy de Grissac, A., & Boudouresque, C. F. (1985). Roles des herbiers de phanerogames marines dans les mouvements des sediments cotiers: les herbiers a` *Posidonia oceanica*. *Colloque franco-japonais Oceanographie. Marseille*, 16–21 September 1985 1, 143–151.
- Fierro, G., Piazza, M. *Atlante delle Spiagge Italiane* (1999). CNR, Selca editore , Firenze Italy.
- Giraud G. 1977. Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (Linné) Delile. *Botanica Marina* 20, 487-491.
- Góngora González, E., Immordino, F., Peirano, A. & Stoppelli, N. (1996) Granulometric and geomorphologic features of the bay of Monterosso al Mare (Ligurian Sea) and their relationship with the evolution of *Posidonia oceanica*

- meadow (eds G. Albertelli, A. De Maio & M. Piccazzo). Atti dell'Associazione Italiana di Oceanologia e Limnologia, 11, 395-404.
- Lewis, D. W., & McConchie, D. (1994). Analytical sedimentology (197 pp.). New York: Chapman and Hall.
- Orrù, P. e Ulzega, A. (1991). Carta Geomorfologica Marina e Continentale. Università studi di Cagliari.
- Panzalis P., Calabretti C., Caronni S., Delaria M. A., Navone A., Ceccherelli G.. Caratterizzazione del popolamento ittico in una prateria di *Posidonia oceanica* invasa da *Caulerpa racemosa*. Biol. Mar. Mediterr. (2014) 21 (1): 261-262;
- Panzalis P., Deiana A., Caronni S., Navone A. - A new methodology for monitoring *P. oceanica* meadows in Tavolara Punta Coda Cavallo MPA using GIS. Mediterranean Seagrass Workshop (2015);
- Panzalis P., Navone A., Cattaneo-Vietti R., Montefalcone M., Morri C., Bianchi C. N. : Preliminary survey of the health state of the *Posidonia oceanica* bed at Spalmatore di Terra, Tavolara-Punta Coda Cavallo Marine Protected Area (Sardinia, Western Mediterranean). 2006
- Pasqualini V., Pergent Martini C., Clabut P., Pergent G. (1998). Mapping of *Posidonia oceanica* using aerial photographs and side scan sonar: application off the island of Cordica. Estuarine Coastal and Shelf Science, 47(3), 359-368.
- Peirano, A. & Bianchi, C.N. (1997) Decline of the seagrass *Posidonia oceanica* in response to environmental disturbance: a simulation-like approach off Liguria (NW Mediterranean Sea) (eds L.E. Hawkins, S. Hutchinson, S. Jensen, A.C. Williams & M. Shearer). Responses of marine organisms to their environment. University of Southampton, UK, 87-95.
- Pergent G, Pergent Martini C., Boudouresque, C. F. (1995). Utilization de l'herbier a *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualite du milieu litoral en Mediterranee : etat de connaissances. Mesogee 54, 3-27.
- Short F.T., Wyllie-Echeverria S., 1996. Natural and human-induced disturbance of seagrasses. Environm. Cons., 23 :17-27.
- Simeone S., De Falco G., Quattrocchi G., Cucco A. 2014 -Morphological changes of a Mediterranean beach over one year (San Giovanni Sinis, western Mediterranean). Journal of Coastal Research, Special Issue N. 70: 217-222.
- Simeone S, De Falco G. 2013c. *Posidonia oceanica* banquette removal: sedimentological, geomorphological and ecological implications. Journal of Coastal Research 65(special issue): 1045–1050.
- Simeone S, De Muro S, De Falco G. 2013a. Seagrass berm deposition on a Mediterranean embayed beach. Estuarine, Coastal and Shelf Science 135: 171–181.
- Vacchi M, Montefalcone M, Bianchi CN, Morri C, Ferrari M. 2012. Hydrodynamic constraints to the seaward development of *Posidonia oceanica* meadows. Estuarine, Coastal and Shelf Science 97:58–65;
- Vacchi M, Simeone S., De Falco G. Montefalcone M, Ferrari M., Morri C., Bianchi CN. Biogeomorphology of the Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows. Earth Surf. Process. Landforms (2016) 10.1002/esp.3932
- VERLAQUE M. ET AL. 2000. The *Caulerpa racemosa* Complex (Caulerpales, Ulvophyceae) in the Mediterranean Sea. Bot. Mar. 43: 49-68.

Monitoraggio 2009-2012

Indice	27
Premessa – Fase 10	28
Rilievi Topografici e Batimetrici.....	29
BOD5 e COD	30
DO e temperatura.....	30
Monitoraggio della Prateria di Posidonia e dei sedimenti associati.....	31
Parte I – La prateria a Posidonia oceanica	31
Piano di campionamento.....	31
Conclusioni.....	38
Parte II – i sedimenti.....	41
Introduzione	41
Campionamento.....	41
Analisi Laboratorio	42
Analisi Statistica	43
Risultati e conclusioni.....	43
Risultati stazioni esterne al piano di campionamento	52
Conclusioni	53

Premessa – Fase 10

La presente relazione espone i risultati relativi alla Fase 10, ultima della serie, del programma di monitoraggio ambientale in atto nel litorale di Santa Margherita di Pula (CA) per conto della M.I.T.A. Resort S.r.l. nell'ambito delle attività conseguenti la realizzazione del progetto per la Messa in Sicurezza del Litorale antistante il Forte Village Resort. Per tutto quanto riguarda l'iter amministrativo e le autorizzazioni necessarie per l'esecuzione dei lavori ottenute, oltre che le modalità di attuazione del piano di monitoraggio approvato, si rimanda alla premessa della Fase 1 di cui Codesto Ente possiede copia.

Di seguito vengono riportate le risultanze e le conclusioni scaturite nella Fase 10 del piano di monitoraggio triennale iniziato nel marzo 2009 e che ha avuto termine nel primo quadrimestre 2012, relative alle fasi di rilievo e studio eseguite nel periodo invernale 2012.

Si rammenta che già dalla fase 8 precedente alla presente, secondo quanto stabilito nel protocollo di monitoraggio, non si riportano più le rilevazioni e considerazioni sui dati onda metrici, correntometrici e di torbidità poiché concluse definitivamente con la fase 7. L'ultima registrazione raccolta risale infatti al 12/05/2011, circa un mese in più di quanto previsto.

Nel Marzo 2012 sono stati eseguiti, conformemente al piano di monitoraggio, i rilievi topo batimetrici, le analisi delle acque e la rilevazione della temperatura e del DO dell'acqua.

Sono stati inoltre effettuati, come di consueto, i rilievi sullo stato di conservazione della Posidonia e sui sedimenti le cui risultanze vengono esposte nel capitolo Monitoraggio della Prateria di Posidonia e dei sedimenti associati.

Si conclude il rapporto con le considerazioni complessive e conclusive scaturite dal monitoraggio.

Rilievi Topografici e Batimetrici

Il protocollo di monitoraggio prevede l'esecuzione con frequenza trimestrale dei rilievi topografici e batimetrici al fine di consentire, attraverso la comparazione dei risultati nel tempo, la determinazione delle tendenze evolutive del sistema complessivo della spiaggia e della linea di riva.

Il rilievo topografico della spiaggia emersa è stato eseguito il giorno 11/06/2012 con il sistema GPS TRIMBLE 5700 in modalità RTK come meglio descritto nel protocollo di monitoraggio.

Nella tavola "Rilievi Topografici" allegata alla presente, oltre alla rappresentazione dei risultati ottenuti della campagna rilievi Fase10, vengono esposti per consentire un rapido confronto gran parte di quelle relative alle precedenti fasi di rilievo.

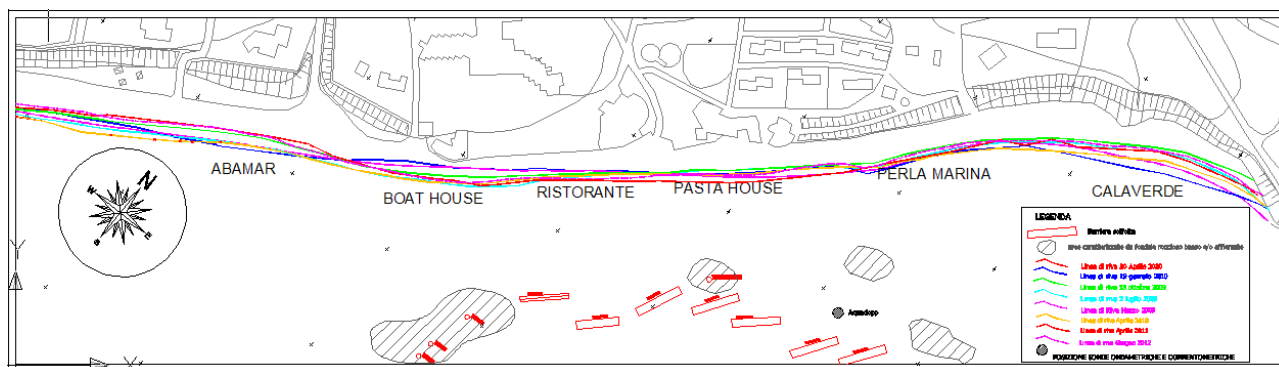


Figura 1: Rappresentazione sintetica della Tavola dei rilievi.

Il rilievo topografico effettuato nel Giugno 2012 mostra, nel complesso, un ritorno alle posizioni registrate all'inizio della campagna di monitoraggio.

Come già emerso nelle precedenti fasi, è evidente un fenomeno di stagionalità degli avanzamenti ed arretramenti che mostrano negli anni una ripetitività anche nei valori assoluti delle misurazioni. Si registra L'accumulo di sedimento registrato nel 2010 nelle aree limitrofe Abamar e Cala Verde appare rientrato ai valori precedenti ossia ai livelli del 2009. Ciò, a parere dello scrivente, è dovuto ad un effetto combinato di clima ondoso e deterioramento strutturale delle barriere soffolte così come evidenziato nel rapporto relativo alla Fase 8.

Le ispezioni visive effettuate sulle barriere esistenti hanno evidenziato alcune lacerazioni con conseguenti cedimenti strutturali che necessitano un'opera urgente di manutenzione e ripristino delle condizioni di progetto, eventualmente attraverso il posizionamento di nuovi geotubi sopra quelli già in opera.

Come precedentemente evidenziato l' assenza di un ripristino delle condizioni di progetto delle barriere sta progressivamente attenuamento gli effetti benefici già ottenuti. Al netto dell'effetto favorevole stagionale, si ritiene che le barriere, oramai largamente rimaneggiate, abbiano pressoché concluso la loro funzione.

BOD5 e COD

Le analisi per la determinazione dei valori di BOD5 e COD, sono state effettuate dal Laboratorio di analisi Sarda Wings s.r.l.¹ su un campione di acque marine superficiali prelevato sul punto di coordinate WGS84 38°55'50.51"N 8°56'09.35"E il 30/05/2012.

Parametri chimici	Unità di misura	Risultato	Metodica analitica
C.O.D.	mg/L O ₂	<25	APAT-IRSA CNR 5130
B.O.D.5	mg/L O ₂	<5	APAT-IRSA CNR 5120

Tabella 1: Risultati delle analisi chimiche effettuate dal Laboratorio Sarda Wings Srl

I risultati mostrano una sostanziale assenza di fenomeni proliferativi di origine biologica così come emerso nelle precedenti campagne di rilevamento.

DO e temperatura

L'analisi della temperatura e dell'ossigeno disciolto nell'acqua sono stati effettuati per mezzo della Sonda Valeport Midas SVX di cui si riportano di seguito le caratteristiche dei sensori utilizzati per il rilevamento dei parametri richiesti.


Temperatura: Intervallo: -5°/+35°C Risoluzione: 0.002°C. Accuratezza: ± 0.005°C. Ossigeno Disciolto: Intervallo: 0/16ml/l Sensore: 0.017ml/l. Accuratezza: ± 0.07 ml/l.		 <p>Unità Valeport Midas SVX</p>
--	--	---

Tabella 2: Caratteristiche tecniche sonda Valeport

Numero Campione	Temperatura (°C)	Ossigeno Disciolto (% di saturazione)	Salinità (PSU)	Profondità (m)	Posizione WGS84
1	20.70	100.52	38.23	0.5	38°55'41.20"N 8°55'42.11"E
2	20.52	100.21	38.20	0.5	38°55'42.42"N 8°56'11.10"E
3	20.65	100.10	38.23	0.5	38°55'58.51"N 8°56'14.23"E

Tabella 3 Valori ottenuti con campionamenti puntuali tramite sonda Valeport Midas SVX

¹ Sede: S.P. Sestu-Elmas Km 0.900 "loc. Is Coras – 09028 Sestu (CA) C.P. 75/N Tel. laboratorio e fax 070/5924516

Monitoraggio della Prateria di Posidonia e dei sedimenti associati²

Parte I – La prateria a Posidonia oceanica

Piano di campionamento



Siti di Campionamento della Posidonia oceanica

Nella zona d'indagine sono state individuate delle aree di campionamento. Tali aree, chiamate Stazioni, sono individuate dai punti da 1 a 16 rappresentati nella foto "siti di campionamento". I parametri misurati sono: Densità della prateria, Copertura della prateria, Densità globale.

Per ogni Stazione individuata sono stati effettuate 5 repliche, numero di repliche ritenuto sufficiente dopo le prime indagini preliminari della prateria. Per ogni stazione sono state effettuate serie di immersioni che hanno determinato i parametri morfostrutturali del prato (omogeneità del prato, grado di copertura del fondo, presenza/assenza di matte ecc.), conte di densità dei ciuffi (5 repliche con quadrato di 50X50 Cm).

²Relazione "Monitoraggio della prateria di Posidonia oceanica e dei sedimenti associati - Fase 11" realizzata dai dott. Pieragusto Panzalis e Simone Simeone Marzo 2012.

Tabella 1 – Rilevamenti effettuati in immersione dopo la posa dell'opera, fase 10 (09/03/2012)

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	%	Tipo fondale	Proff. m	Presenza C. r	Presenza C. n
S1	175	210	194	220	186	80	Matte e roccia	4,40	si	no
S2	224	222	240	214	250	80	Matte e roccia	4,20	si	no
S3	130	179	186	156	168	85	Matte e roccia	4,80	si	no
S4	166	152	180	174	190	90	Matte e roccia	4,20	si	no
S5	165	192	172	230	165	75	Matte e roccia	5,80	si	no
S6	200	156	201	159	205	70	Matte e roccia	5,40	si	no
S7	133	124	152	129	162	65	Matte e roccia	7,80	si	no
S8	169	141	126	104	160	45	Matte, sabbia	7,80	si	no
S9	184	134	158	128	164	70	Matte, sabbia	6,50	si	no
S10	176	162	160	170	174	90	Matte e roccia	6,20	si	no
S11	198	134	140	120	202	75	Matte, sabbia	5,50	si	no
S12	166	162	218	200	178	70	Matte e roccia	5,30	si	no
S13	146	144	200	120	190	85	Matte e roccia	7,50	no	no
S14	138	146	142	132	160	65	Matte, sabbia	9,40	si	si
S15	150	132	130	120	154	85	Matte, sabbia	9,80	no	no
S16	156	122	118	106	150	80	Matte, sabbia	10,2	no	si

R – repliche per ogni sito campionato effettuate con quadrati da 50x50 cm

% - percentuale di ricoprimento della prateria rilevata in immersione

Tipo fondale – tipologia di fondale in cui si impianta la prateria

prof. - profondità in metri per singolo sito di immersione

C r – presenza di *Caulerpa racemosa*

C n – presenza di *Cymodocea nodosa*

Tabella 2 - Elaborazione dei dati dopo la posa dell'opera, fase 10 (09/03/2012)

SITO	media	d.s.	d/m ²	densità globale
S1	197	18,11077	788	63040
S2	230	14,62874	920	73600
S3	163,8	22,04994	655,2	55692
S4	172,4	14,38054	689,6	62064
S5	184,8	27,58079	739,2	55440
S6	184,2	24,46835	736,8	51576
S7	140	16,23268	560	36400
S8	140	26,14383	560	25200
S9	153,6	22,86482	614,4	43008
S10	168,4	7,127412	673,6	60624
S11	158,8	38,33014	635,2	47640
S12	184,8	23,73184	739,2	51744
S13	160	33,73426	640	54400
S14	143,6	10,52616	574,4	37336
S15	137,2	14,3248	548,8	46648
S16	130,4	21,55922	521,6	41728

S – Stazioni di campionamento, media dei ciuffi per stazioni su quadrati 50x50 cm, deviazione standard, densità x m², densità x m² x % di ricoprimento.

Grafico 1 densità delle stazioni campionate – fase 10 (09/03/2012)

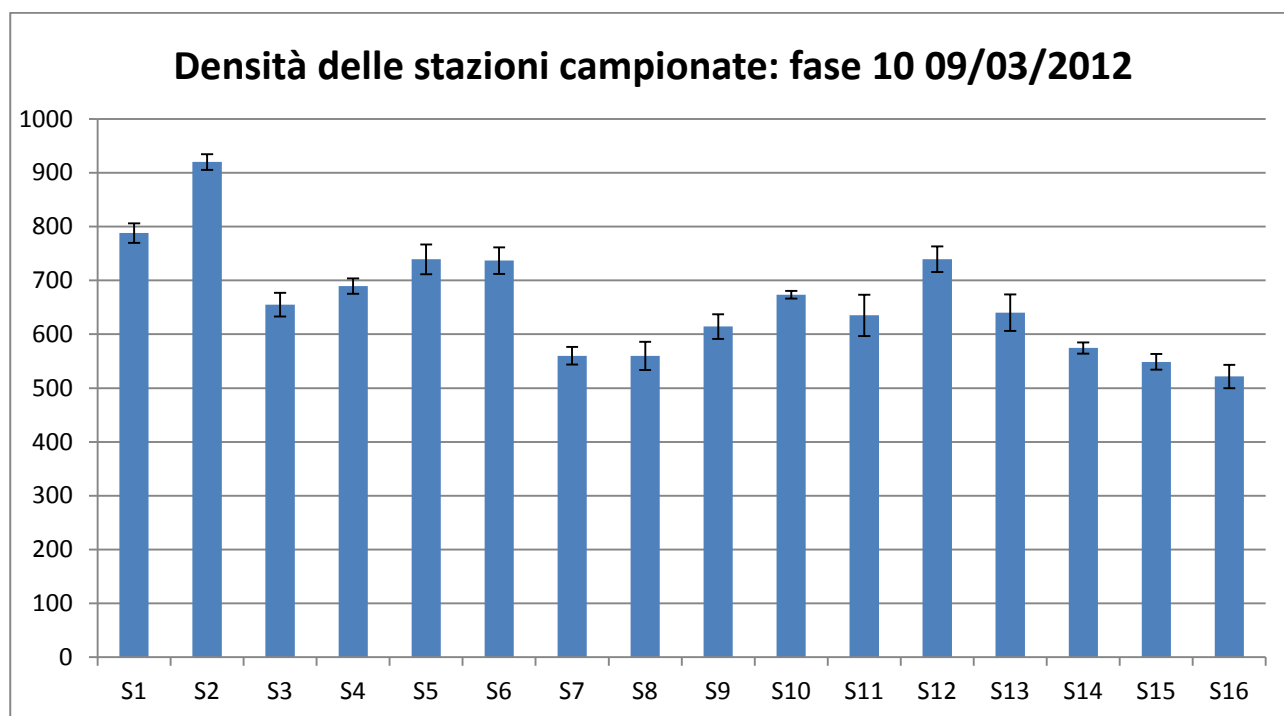


Tabella 3 - Stato di Conservazione secondo Giraud (1977) – fase 10 (09/03/2012)

SITO	d/m ²	Tipo	Stato di conservazione
S1	788	I	Prateria molto densa
S2	920	I	Prateria molto densa
S3	655,2	II	Prateria densa
S4	689,6	II	Prateria densa
S5	739,2	I	Prateria molto densa
S6	736,8	I	Prateria molto densa
S7	560	II	Prateria densa
S8	560	II	Prateria densa
S9	614,4	II	Prateria densa
S10	673,6	II	Prateria densa
S11	635,2	II	Prateria densa
S12	739,2	I	Prateria molto densa
S13	640	II	Prateria densa
S14	574,4	II	Prateria densa
S15	548,8	II	Prateria densa
S16	521,6	II	Prateria densa

Tabella 4 - Valori di densità secondo la classificazione di Pergent et al. – fase 10 (09/03/2012)

SITO	Profondità in m	d/m ²	Classificazione
S1	4,40	788	DN
S2	4,20	920	DE
S3	4,80	655,2	DN
S4	4,20	689,6	DN
S5	5,80	739,2	DE
S6	5,40	736,8	DN
S7	7,80	560	DN
S8	7,80	560	DN
S9	6,50	614,4	DN
S10	6,20	673,6	DN
S11	5,50	635,2	DN
S12	5,30	739,2	DN
S13	7,50	640	DN
S14	9,40	574,4	DN
S15	9,80	548,8	DN
S16	10,2	521,6	DN

DN densità normale ; DE densità eccezionale ; d/m² densità per metro quadro



Siti di conteggio dei rizomi: scalzamento medio per sito in cm effettuato solo su rizomi ortotropi.

Densità / m² delle singole stazioni di campionamento, fase 10 (09/03/2012)



Sito esterno, fase 0

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	84	92	90	109	95	100	104	96	120	114	65	100,4	11,31567	401,6

Sito esterno, fase 1

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	88	100	120	116	90	120	106	116	94	84	65	103,4	14,01745	413,6

Sito esterno, fase 2

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	152	164	160	168	120	142	112	132	120	98	65	136,8	24,07765	547,2

Sito esterno, fase 3

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	135	123	145	138	125	136	160	110	103	108	65	128,3	17,9756	513,2

Sito esterno, fase 4

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	112	121	102	128	137	131	132	135	121	112	65	123,1	11,55133	492,4

Sito esterno, fase 5

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	108	98	102	127	109	136	149	110	104	106	65	114,9	16,70296	459,6

Sito esterno, fase 6

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	96	101	118	135	122	136	128	122	112	141	65	121,1	14,85822	484,4

Sito esterno, fase 7

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	92	112	96	148	120	110	94	88	84	80	65	102,4	20,56534	409,6

Sito esterno, fase 8

SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	120	120	98	168	122	104	92	104	86	102	50	111,6	23,24364	446,4

Sito esterno, fase 9

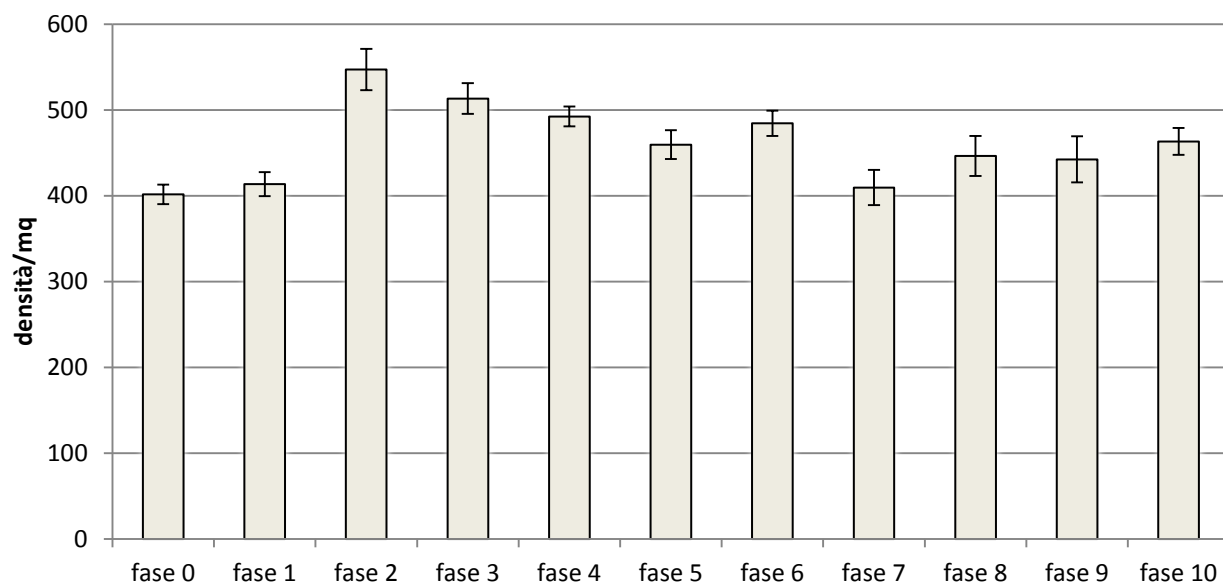
SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	108	114	100	180	120	106	94	102	80	102	50	110,6	26,70081	442,4

Sito esterno, fase 10

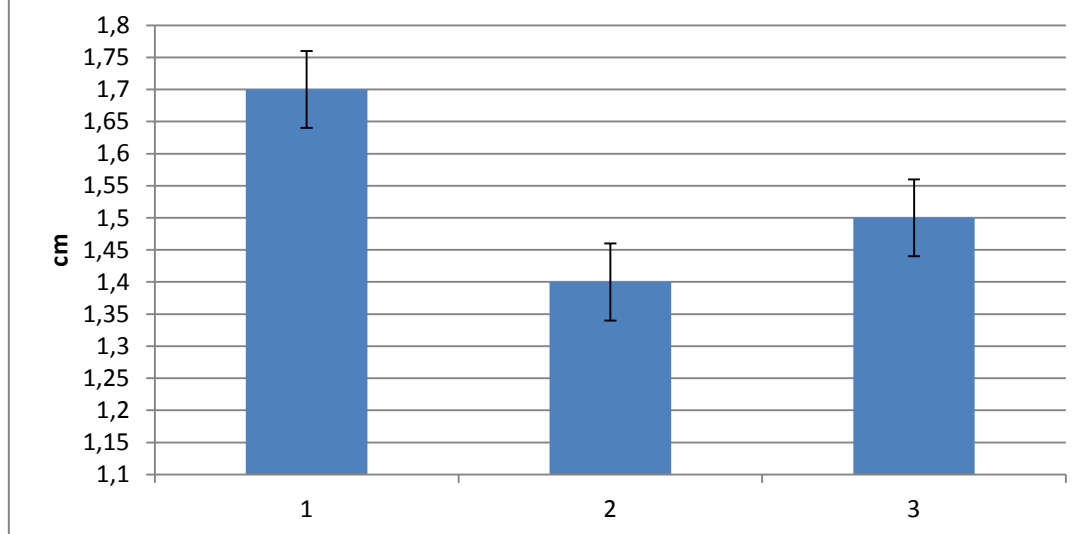
SITO	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	R10	%	media	d.s.	d/m ²
Bianco	108	132	114	146	128	114	106	98	116	96	50	115,8	15,6191	463,2

Densità della stazione esterne "bianco" nei diversi periodi di campionamento

Densità del sito esterno campionato



Scalzamento rizomi dati del 09/03/2012



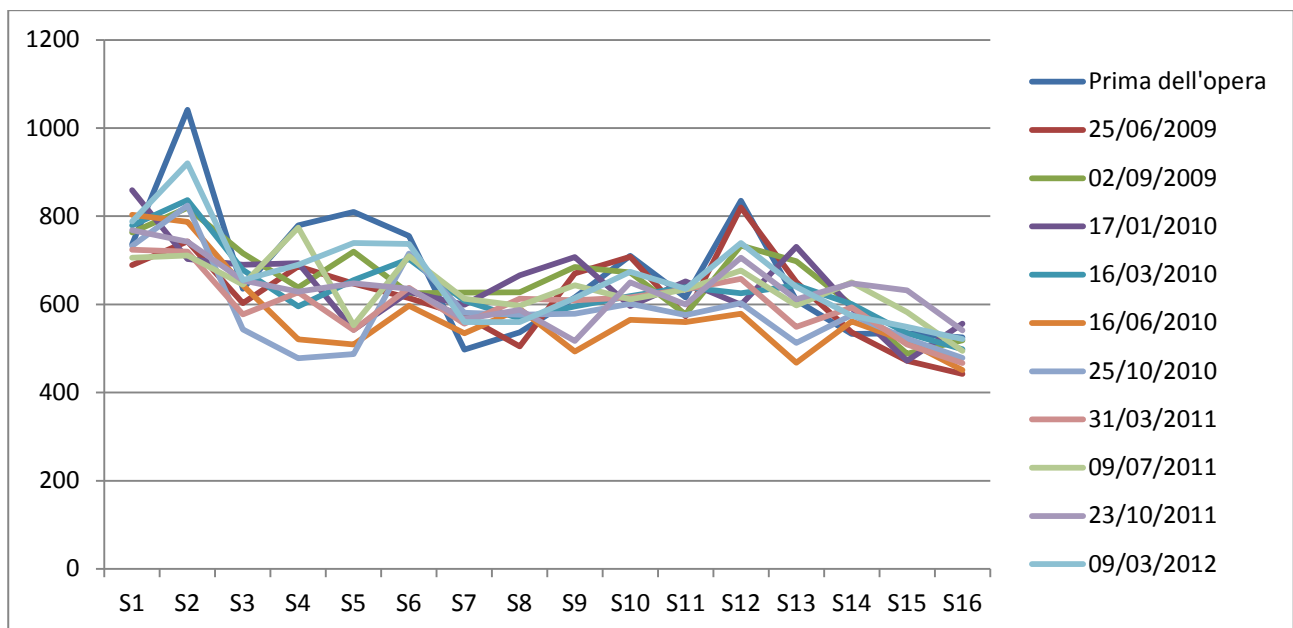
Limite di controllo della P. oceanica su sabbia (Paletti)

A causa delle cattive condizioni di visibilità, dovute alle forti mareggiate da scirocco e libeccio, non è stato possibile ritrovare i paletti che segnalano il limite di controllo.

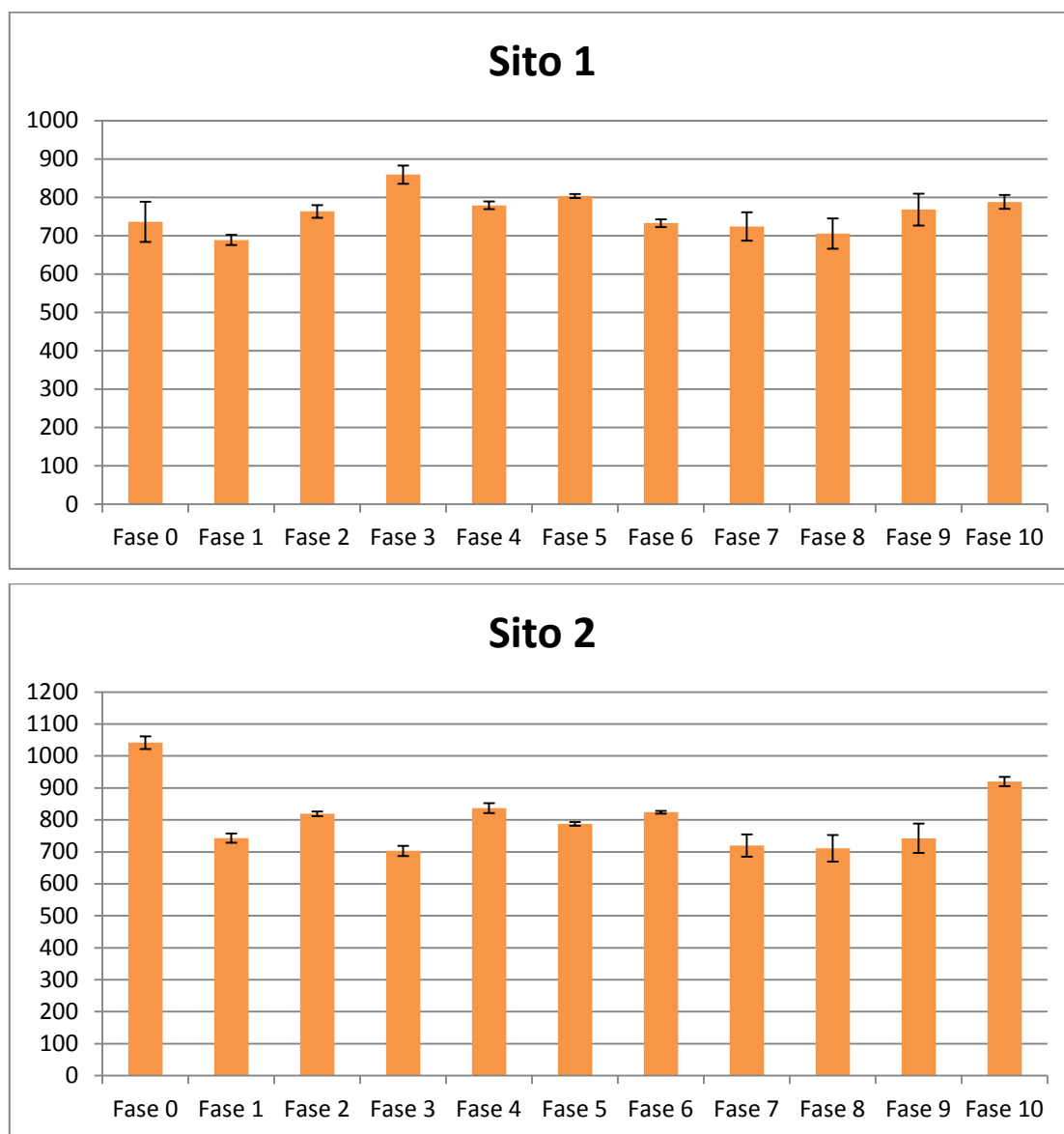
Conclusioni

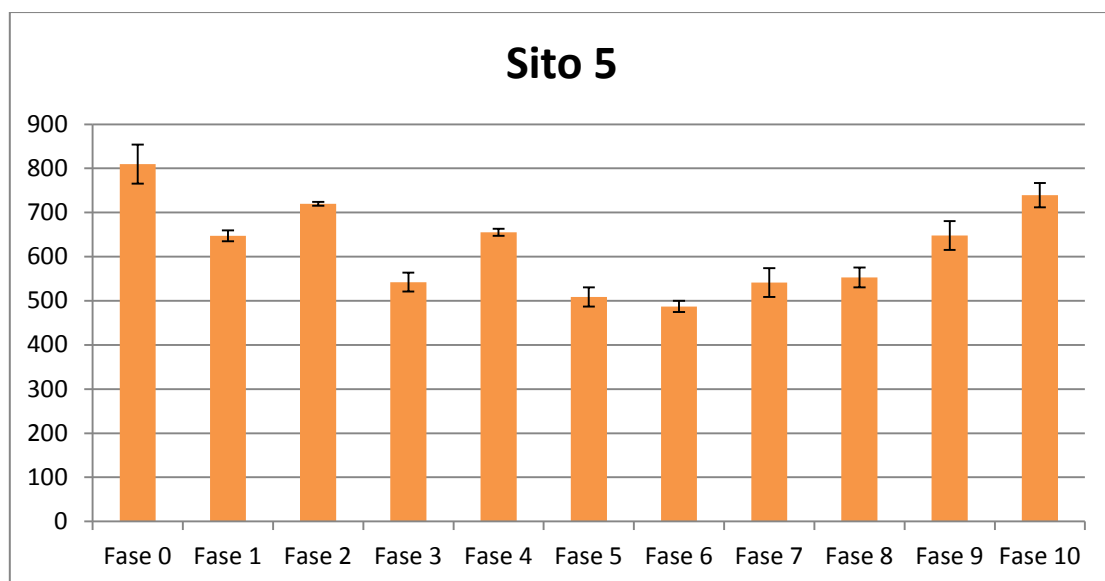
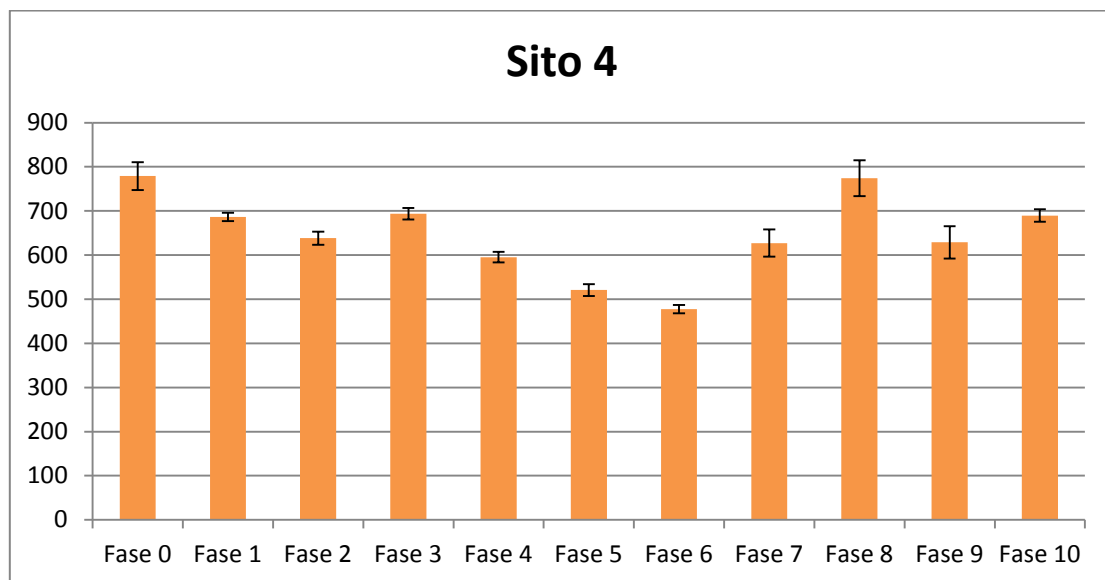
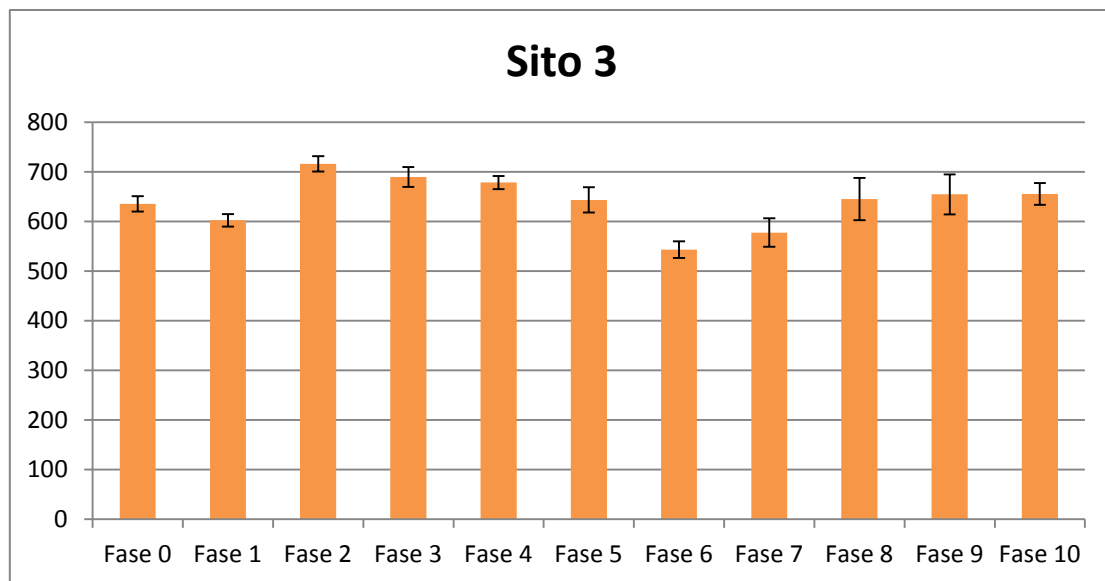
Nel monitoraggio attuale non si riscontrano variazioni significative delle densità della prateria in prossimità delle opere sommerse. Come infatti è visibile nei grafici (rappresentati solamente i punti di monitoraggio prossimi alle strutture soffolte) la densità in questi siti tende ad avere un andamento pressoché costante. Le variazioni presenti, come dimostrato nei monitoraggi precedenti, mostrano un andamento dovuto principalmente alla variabilità spaziale della densità della prateria stessa.

densità/m² nei diversi periodi di campionamento



Confronto tra i siti 1,2,3,4 e 5 nei diversi periodi di campionamento (siti prossimi alle barriere soffolte)





Parte II – i sedimenti

Introduzione

Il presente lavoro si colloca in un progetto che riguarda la "Procedura di verifica ai sensi dell'art. 31 della L.R. 18.1.1999 n. 1 e s.m.i. e della Delib.G.R. 15.2.2005 n. 5/11 e s.m.i. relativa al "Progetto per la messa in sicurezza del litorale antistante il Forte Village Resort" proponente MITA Resort". La Regione Autonoma della Sardegna ha autorizzato lo svolgimento di tale opera a condizione di un monitoraggio da parte della società che realizza l'opera di almeno tre anni allo scopo di definire eventuali danni all'ecosistema marino, con particolare attenzione alla prateria di *Posidonia oceanica*. Eventuali ripercussioni dell'intervento in essere saranno valutate anche in termini di variazione della sedimentologia e in particolare della granulometria della spiaggia sommersa, in quanto eventuali variazioni di tale parametro comportano sia un differente assetto morfologico della spiaggia (Komar 1998), che sulla quantità di sedimento sospeso che potrebbe incidere sullo stato di salute della prateria di *P. oceanica*. Inoltre una variazione del profilo di spiaggia, in risposta alla differente granulometria della spiaggia, potrebbe portare ad una migrazione del limite superiore della prateria di *P. oceanica*, se impostato su sabbia (Basterretxea et al., 2004, Jeudy de Grissac et al 1985). Obiettivo del lavoro è quindi quello di monitorare l'area sottoposta all'intervento, secondo le direttive date alla società MarTech, al fine di individuare eventuali variazioni che potrebbero portare ad una deterioramento dell'ecosistema marino o dell'ambiente di spiaggia.

Campionamento

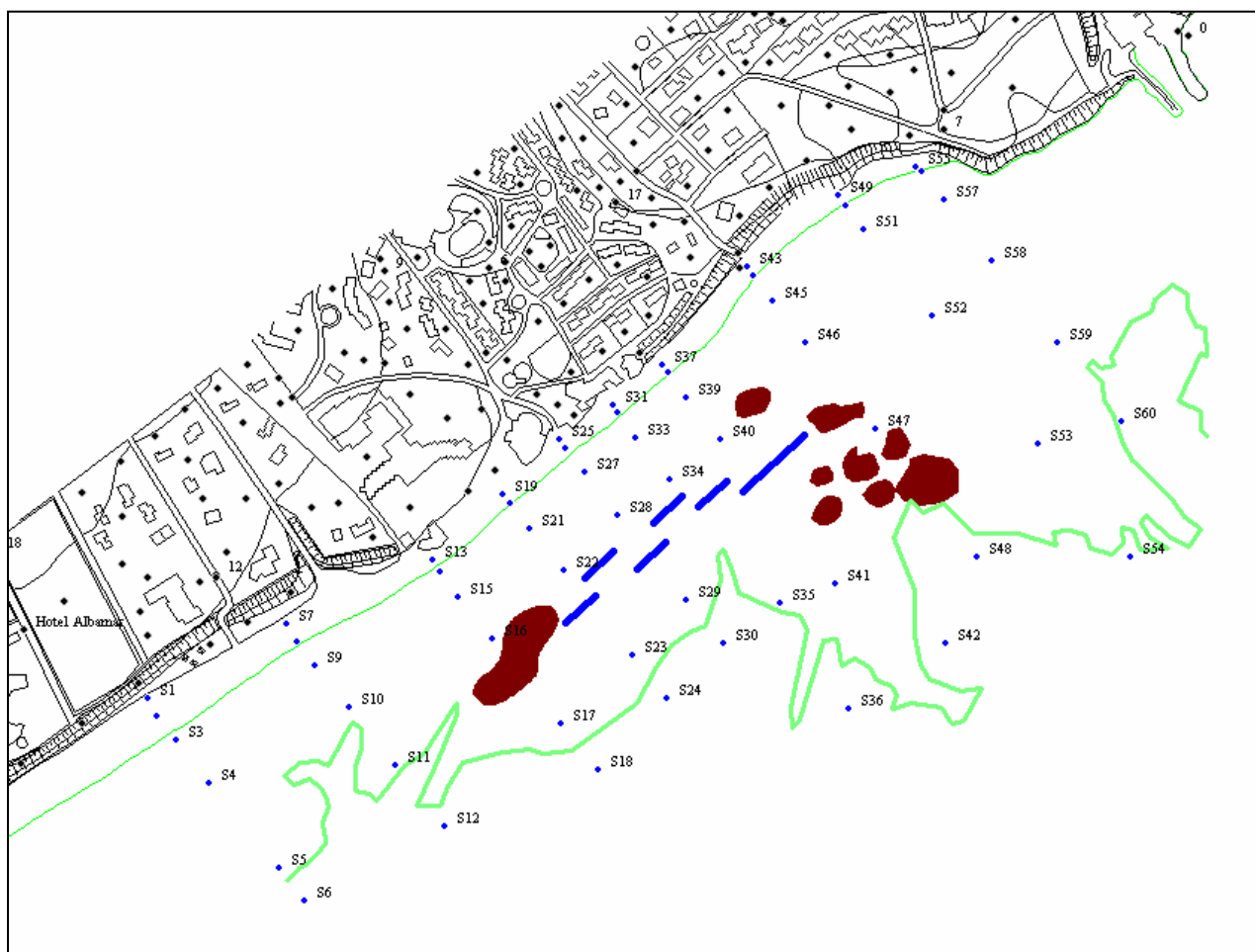
Come indicato dall'osservazione della Regione Autonoma della Sardegna, il campionamento di sedimento è stato organizzato in modo da campionare tutti i differenti ambienti della spiaggia sommersa. I campioni sono stati raccolti in immersione subacquea utilizzando dei corer cilindrici di diametro 5 cm e lunghezza 10 cm. In particolare si sono campionati: berma (Br), battigia (Bt), truogolo o piede gradino (Tr), spiaggia sommersa (Ss) (tra il truogolo e la profondità di chiusura), profondità di chiusura (Ch) (coincidente con il limite netto della prateria di *P. oceanica*) e sedimento interno alla prateria di *P. oceanica* in prossimità del limite superiore (Po) (figura 1). Dei 60 campioni previsti per il monitoraggio, distribuiti su 10 transetti (6 per ogni transetto), sono stati prelevati e analizzati 53 campioni (prelevati nel marzo 2012), in quanto in 7 stazioni il campionamento è stato impedito a causa di estesi affioramenti rocciosi o presenza massiccia di blocchi, massi o materiale ciottoloso di grosse dimensioni e/o da spesse coltri di lettiera di *P. oceanica*.

Al fine di campionare tutti gli ambienti della spiaggia emersa e sommersa il campionamento è avvenuto in un intorno di circa 10-30 metri rispetto ai punti di campionamento relativi alla prima azione di monitoraggio. Tale scelta è stata motivata da:

- Raggio di errore del GPS utilizzato per il posizionamento
- Effettivo campionamento dell'ambiente da considerare (i.e. la battigia varia nella sua posizione a seconda del livello del mare e a seconda delle mareggiate)
- Spostamenti dovuti alla impostazione della prateria di *posidonia* quasi interamente su roccia, ragion per cui i campioni di sedimento interni alla prateria sono stati raccolti nei canali di intermatte o nelle aree in cui erano presenti piccoli depositi sabbiosi nella prateria in prossimità del punto di campionamento.

	Pr1	Pr2	Pr3	Pr4	Pr5	Pr6	Pr7	Pr8	Pr9	Pr10
Berma (BR)	S1	S7	S13	S19	S25	S31	S37	S43	S49	S55
Battigia (Bt)	S2	S8	S14	S20	S26	S32	S38	S44	S50	S56
Troguolo (Tr)	S3	S9	S15	S21	S27	S33	S39	S45	S51	S57
Spiaggia Sommersa (Ss)	S4	S10	S16	S22	S28	S34	S40	S46	S52	S58
Prof. Chiusura (Ch)	S5	S11	S17	S23	S29	S35	S41	S47	S53	S59
<i>P. oceanica</i> (Po)	S6	S12	S18	S24	S30	S36	S42	S48	S54	S60

Distribuzione dei campioni e loro suddivisione a seconda dell'ambiente considerato (Pr= profilo).



In figura il piano di campionamento

Piano di campionamento per i sedimenti (S1-S60). In blu la posizione dei tubi geotessili, in marrone le secche affioranti, in verde il limite approssimativo della prateria di P.oceanica.

Analisi Laboratorio

In laboratorio i sedimenti prelevati nella spiaggia emersa e sommersa e quelli prelevati all'interno della prateria di *P. oceanica* sono stati sciacquati in acqua distillata e seccati in forno a 80 ° C per 12 ore.

L'analisi granulometrica è stata eseguita utilizzando un setacciatore meccanico per la frazione grossolana (< 1 phi) con una batteria di setacci con maglie a luce 4 mm (-2 phi), 2.8mm (-1.5 phi), 2 mm (-1 phi), 1.4mm (-0.5 phi) , 1mm (0 phi) , 0.71 mm (0.5 phi) e 500 mm (1 phi). Il passante a quest'ultimo setaccio è stato analizzato attraverso un analizzatore laser (Galai Cis 1 laser system, liquid flow mode) che permette l'analisi della frazione sabbiosa più fine (De Falco et al., 2003).

I parametri statistici sono stati calcolati secondo il metodo dei momenti utilizzando il software GRADISTAT (Blott e Pye, 2001). La dimensione dei parametri statistici è stata fornita in scala phi (Krumbein et al 1936), dove il valore di Phi= - lg2 D (D= diametro particella).

Il contenuto in carbonati è stato ottenuto attraverso differenza di peso in una frazione rappresentativa del campione dopo attacco acido, in soluzione 1 N di HCl, dello stesso per circa 3 ore (De Falco et al 2003). La differenza di peso fra la frazione tout court del campione e la frazione residua dopo l'attacco acido rappresenta la frazione carbonatica presente nello stesso.

Analisi Statistica

Al fine di rappresentare la variabilità spaziale dei parametri misurati nello spazio lungo tutta l'area indagata, i valori dei parametri Mz (diametro medio), So (sorting) e Sk (skewness), misurati nei 54 punti di campionamento, sono stati utilizzati dei grafici che illustrano la variazione di tali parametri nei differenti ambienti di campionamento nel corso delle campagne di rilievo.

Il confronto fra i parametri granulometrici, media e sorting dei vari campionamenti è stato eseguito mediante scatterplot, nei quali gli assi X e Y riportavano il valore di Mz (in phi), e il valore del sorting. Inoltre è stata rappresentata mediante diagramma, la percentuale di frazione fine (particelle con diametro minore di 63 micron) presente nelle stazioni campionate ed il contenuto percentuale della frazione carbonatica presente nei campioni.

Risultati e conclusioni

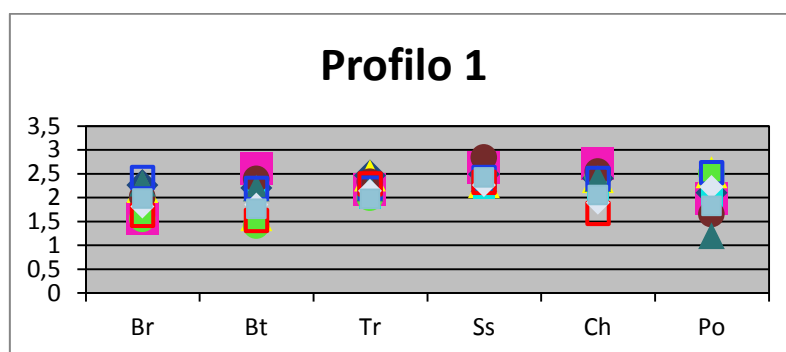
	MEAN	SORTING	SKEWNESS	KURTOSIS	% MUD:	carb
S1	1,98	1,33	0,68	2,76	3,80%	4,94%
S2	1,77	0,87	0,58	2,47	3,20%	5,50%
S3	1,97	1,41	0,08	3,37	6,70%	4,89%
S4	2,42	0,85	0,40	3,23	6,70%	7,63%
S5	2,05	1,35	0,16	3,12	4,30%	6,27%
S6	1,82	0,78	0,39	3,34	1,90%	6,33%
S7	2,25	1,33	0,23	3,04	2,90%	4,31%
S8	1,65	1,15	0,37	3,09	3,30%	5,30%
S9	2,48	1,41	-0,11	3,42	6,70%	7,05%
S10	2,73	1,33	0,11	3,15	8,60%	7,81%
S11	2,67	1,07	0,26	2,67	7,00%	7,21%
S12	2,01	1,40	0,48	3,09	4,60%	6,51%
S13	1,96	1,37	0,26	2,57	3,60%	4,92%
S14	2,24	1,16	0,61	2,42	5,20%	5,79%
S15	2,60	0,86	0,03	3,15	6,20%	8,10%
S16	2,44	0,84	0,18	2,90	7,60%	7,38%
S17	2,63	1,06	0,46	2,90	7,90%	7,75%
S18	2,40	1,43	0,32	3,00	7,00%	9,55%
S19	2,29	0,86	0,55	3,25	6,40%	5,44%
S20	1,96	1,42	0,49	2,95	4,40%	6,31%
S21						
S22	2,19	1,29	0,80	3,13	9,10%	7,98%
S23	2,09	1,11	0,10	2,82	8,80%	8,46%
S24	1,88	0,85	0,62	3,41	8,00%	12,92%
S25	2,45	1,11	0,08	2,63	6,20%	6,47%
S26	1,99	1,43	0,24	2,87	4,30%	5,40%
S27	2,73	1,31	0,50	3,15	10,30%	7,50%
S28	2,27	1,34	0,31	3,23	9,00%	7,49%
S29	2,56	1,15	0,76	2,73	6,40%	9,55%
S30	2,36	1,47	0,17	2,77	12,20%	12,06%
S31	2,29	1,31	0,25	3,17	6,60%	5,25%
S32	1,89	1,24	0,17	2,80	4,80%	6,30%
S33	2,43	1,35	0,07	3,27	7,50%	6,11%
S34	2,36	1,09	0,64	2,68	9,90%	8,75%
S35	2,22	1,32	0,17	2,37	5,70%	8,48%
S36	2,13	1,15	0,31	3,36	10,00%	7,53%
S37	2,24	0,86	0,11	3,25	5,20%	6,00%

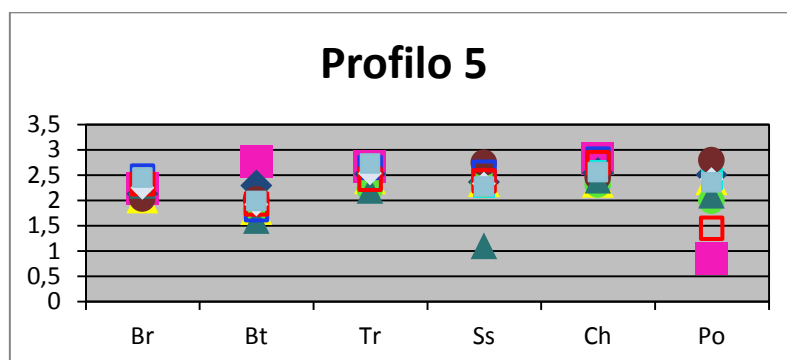
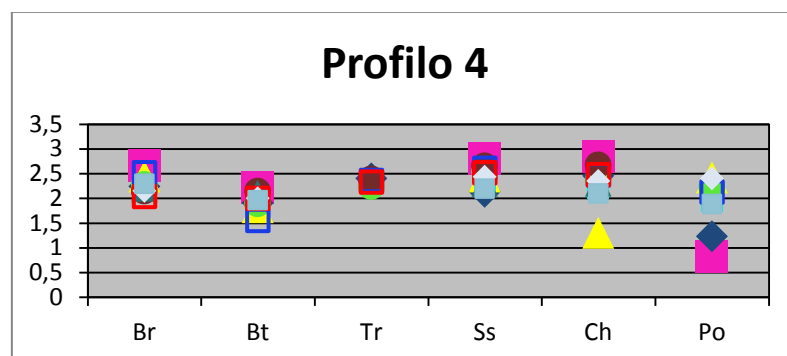
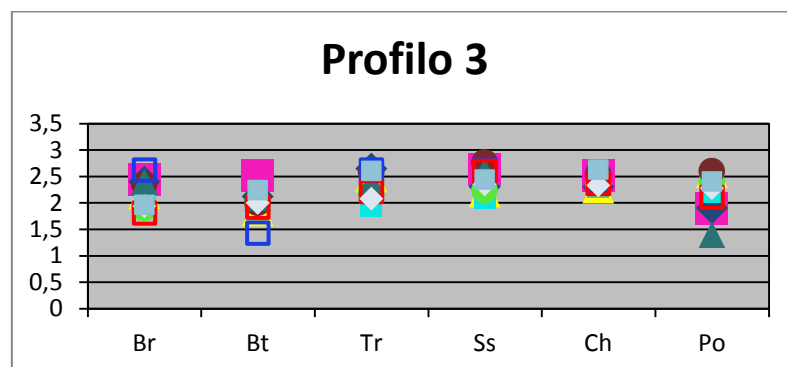
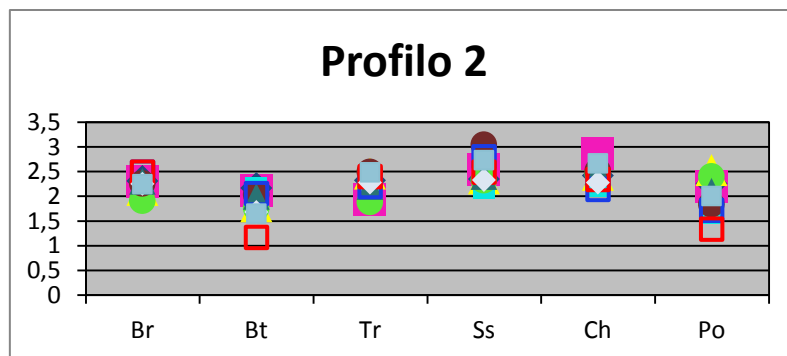
S38	1,87	1,18	0,06	2,95	5,70%	6,31%
S39						
S40	2,60	1,04	0,37	2,91	5,00%	6,04%
S41	2,31	0,89	0,10	2,80	9,00%	7,04%
S42	1,66	1,21	0,01	3,25	3,50%	8,36%
S43	1,95	0,86	0,32	3,00	5,50%	4,41%
S44	1,64	1,51	0,60	2,69	3,90%	6,50%
S45	2,40	1,34	0,01	2,91	8,00%	7,25%
S46	2,28	0,84	0,26	2,77	9,70%	8,97%
S47	2,02	1,16	0,41	3,18	9,40%	10,47%
S48	2,32	1,19	0,04	2,72	11,30%	6,68%
S49	2,14	1,33	0,17	2,53	4,40%	5,61%
S50	1,99	1,18	0,26	2,95	4,30%	6,26%
S51	2,58	1,14	0,05	3,04	8,50%	7,24%
S52	2,15	1,39	0,60	2,76	8,40%	9,90%
S53	2,24	1,09	0,23	3,45	4,80%	7,80%
S54						
S55	1,95	1,36	0,00	2,74	4,70%	6,15%
S56	2,43	0,88	0,53	2,44	4,60%	5,33%
S57	2,26	1,14	-0,04	2,54	4,70%	8,80%
media	2,207	1,174	0,293	2,947	6,43%	7,12%
Dev St.	0,282	0,207	0,226	0,286	2,36%	1,79%
Min	1,644	0,782	-0,112	2,370	1,90%	4,31%
Max	2,731	1,511	0,804	3,447	12,20%	12,92%

Valori dei parametri statistici della granulometria nei campioni analizzati

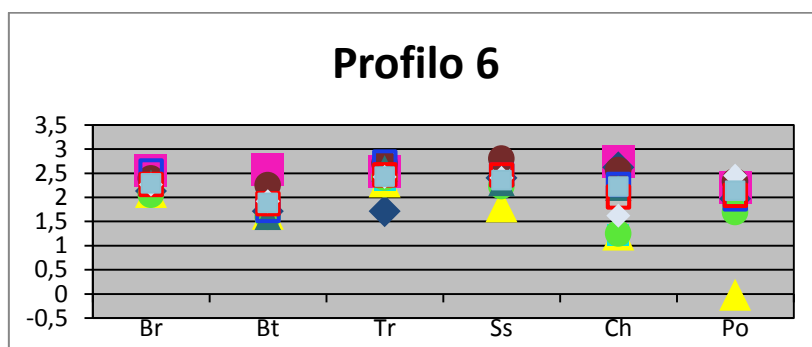
I sedimenti prelevati variano in un range compreso fra i valori della sabbia media e quelli della sabbia fine. Il sorting per i campioni prelevati è incluso nella classe Scarsamente classato.

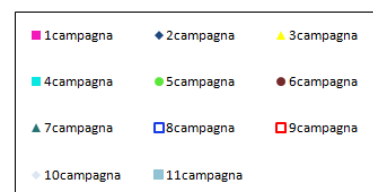
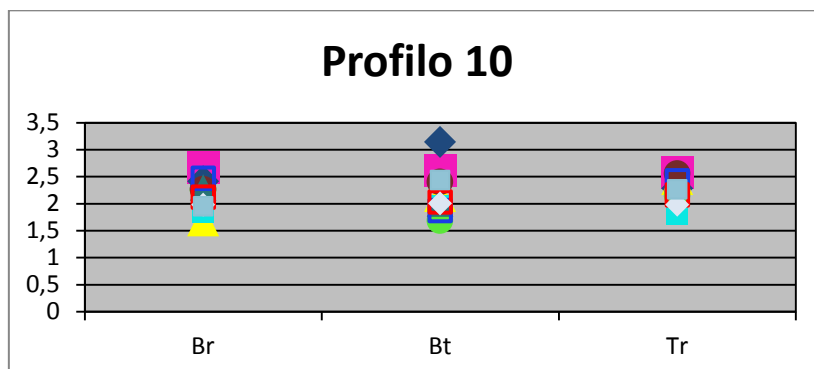
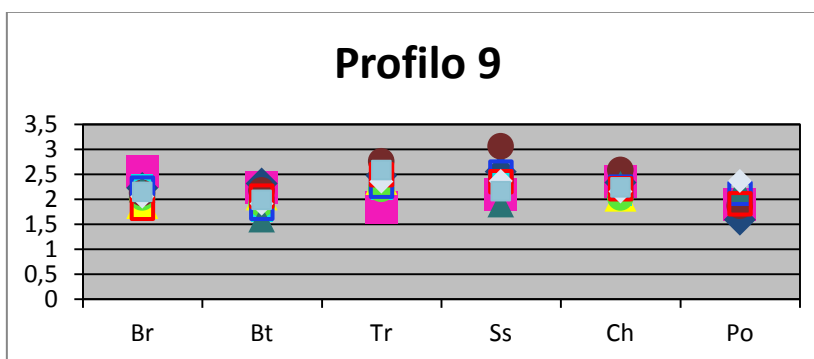
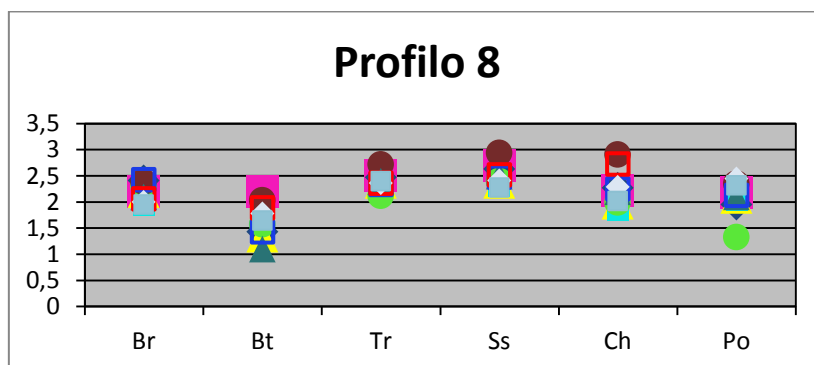
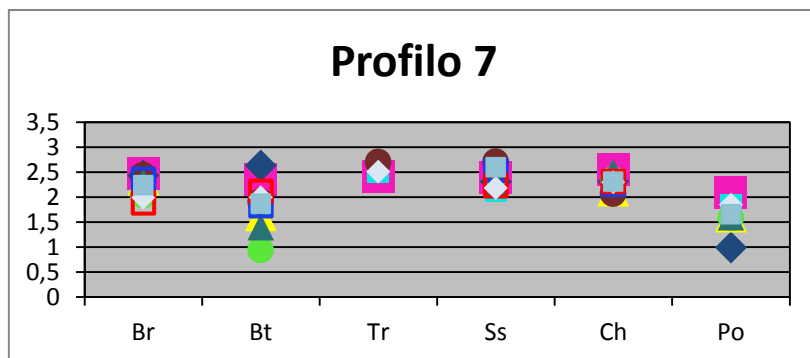
Il valore dello skewness varia tra valori di asimmetria pressoché nulla a valori di asimmetria positiva (coda della distribuzione verso le particelle con diametro più fine). Inoltre i campioni sono da mesocurtici a leptocurtici.





Il parametro Mz è stato utilizzato per il confronto fra le 10 campagne lungo i 10 transetti campionati.

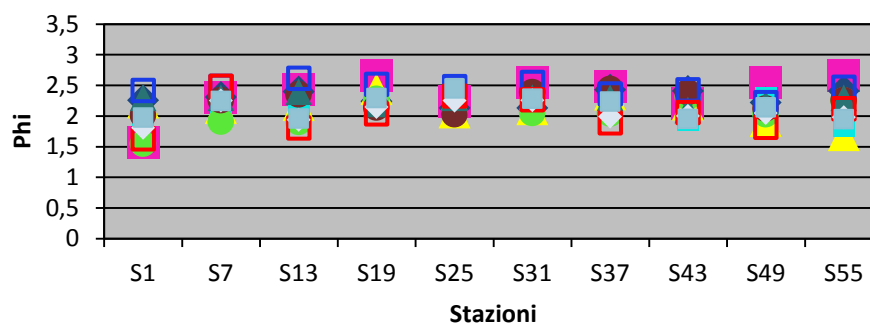




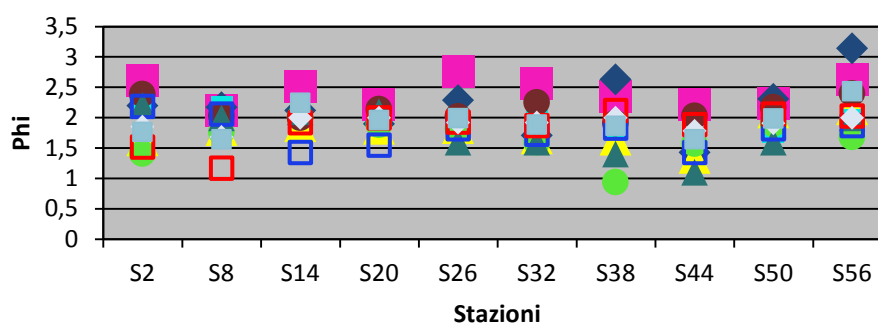
Variazione del parametro Mz lungo i profili di spiaggia

I grafici riportati sotto illustrano la variazione dei parametri granulometrici, diametro medio e Sorting in ogni singolo ambiente di campionamento: Berma, Battigia, Troguolo, Spiaggia Sommersa, Profondità di chiusura e Posidonia.

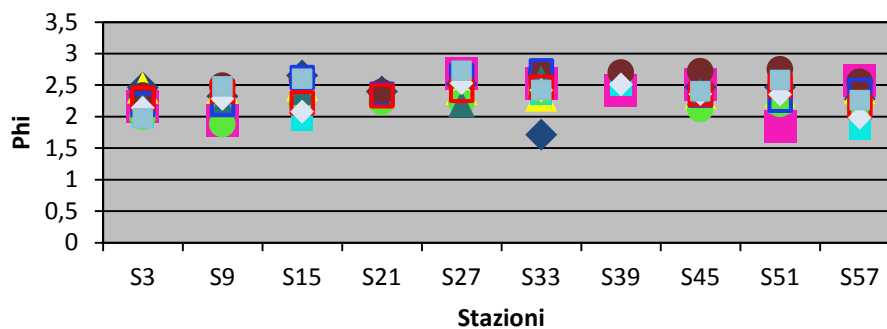
Diametro medio Berma



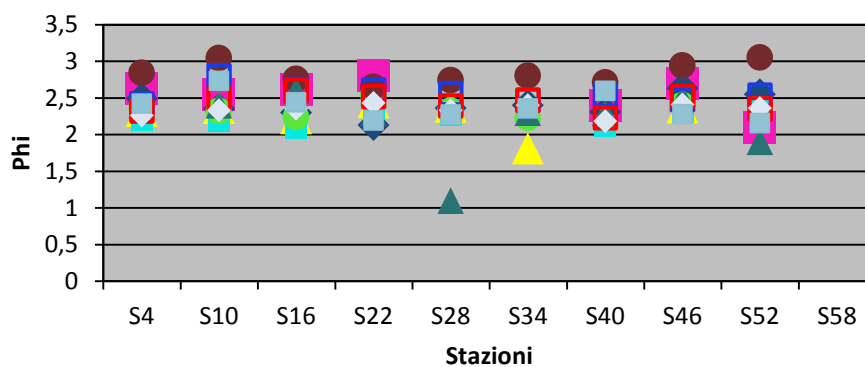
Diametro medio Battigia

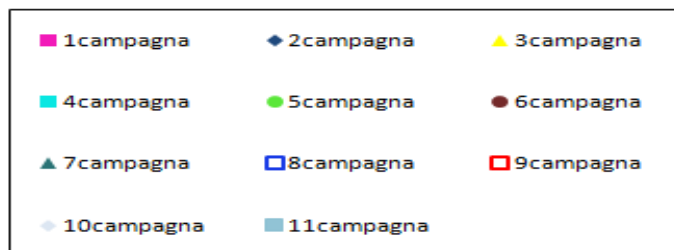
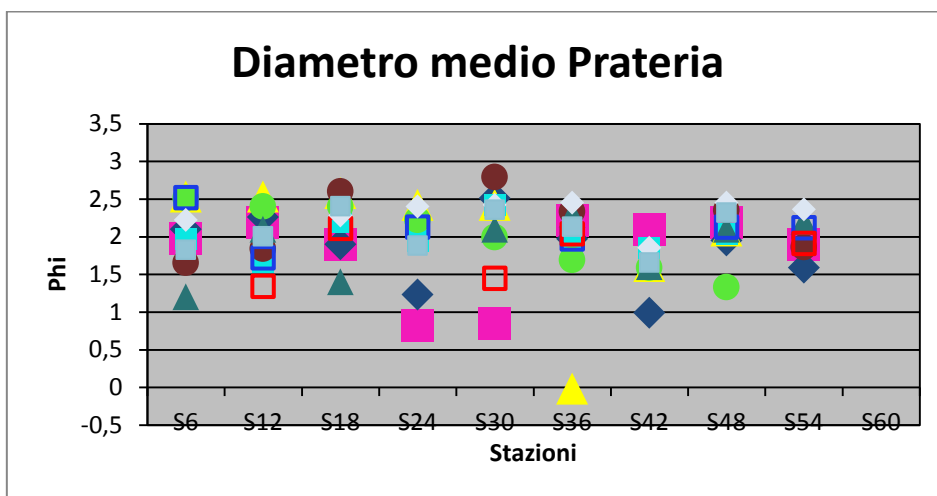
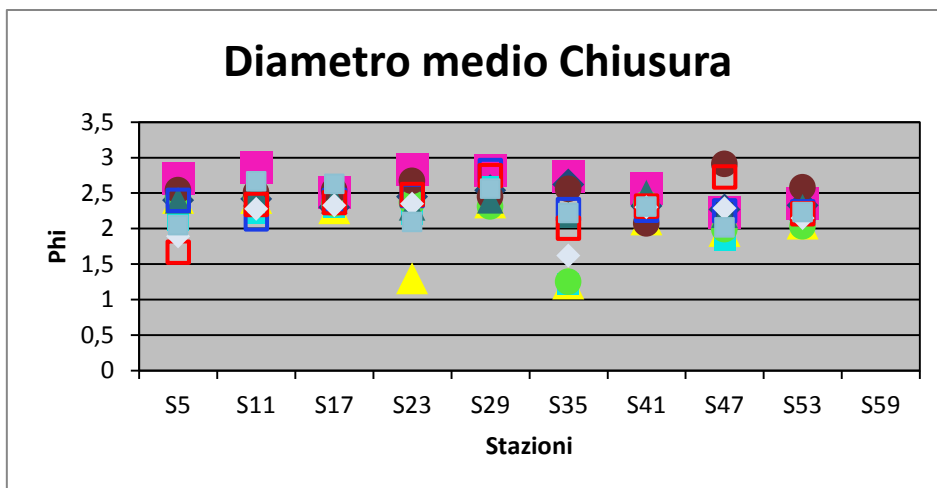


Diametro medio troguolo



Diametro medio spiaggia sommersa



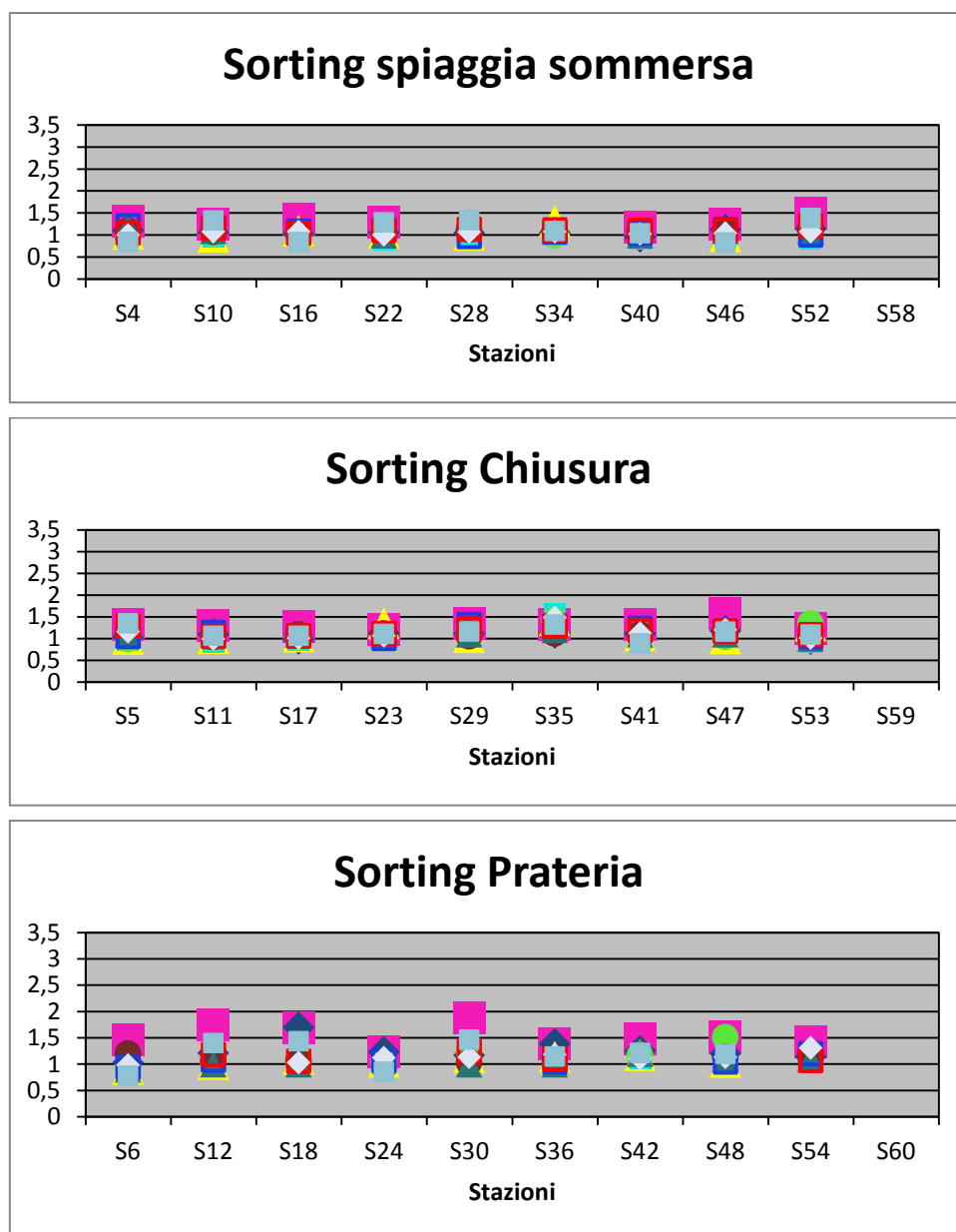


Valori dei parametri Diametro medio (Phi) e Sorting nelle stazioni suddivise per ambiente (Berma, Battigia, Troguolo, Spiaggia Sommersa, Profondità di Chiusura e Posidonia)

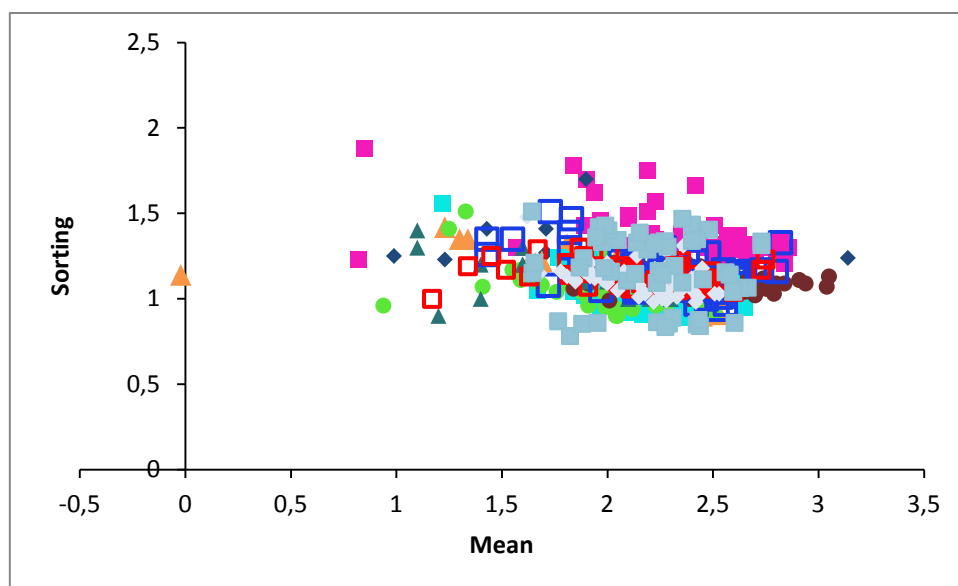
Dai grafici è evidenziato come le variazioni maggiori si riscontrano nel valore diametro medio e nelle stazioni prelevate in battigia, in misura minore nelle stazioni su posidonia e su berma

Da considerare che durante l'estate gli ambienti Berma, Battigia risentono delle attività antropiche che coinvolgono la spiaggia emersa: i.e pulizia dell'arenile, grigliatura e altre attività connesse alla gestione che potrebbero causare una leggera modificazione degli assetti granulometrici dell'arenile. Gli stessi ambienti durante l'inverno sono quelli che maggiormente risentono dell'azione ondosa. La variabilità del diametro medio nei campioni prelevati nella prateria è dovuta principalmente al fatto che la prateria è per lo più impostata su roccia e i sedimenti sono stati prelevati nei piccoli intermatte presenti e vicini al punto di campionamento o in depositi sabbiosi temporanei presenti all'interno della prateria, che quindi possono variare dal punto di vista tessiturale.

Non si riscontrano grosse variazioni del parametro che indica la classazione dei sedimenti (Sorting) durante le campagne di rilievo.



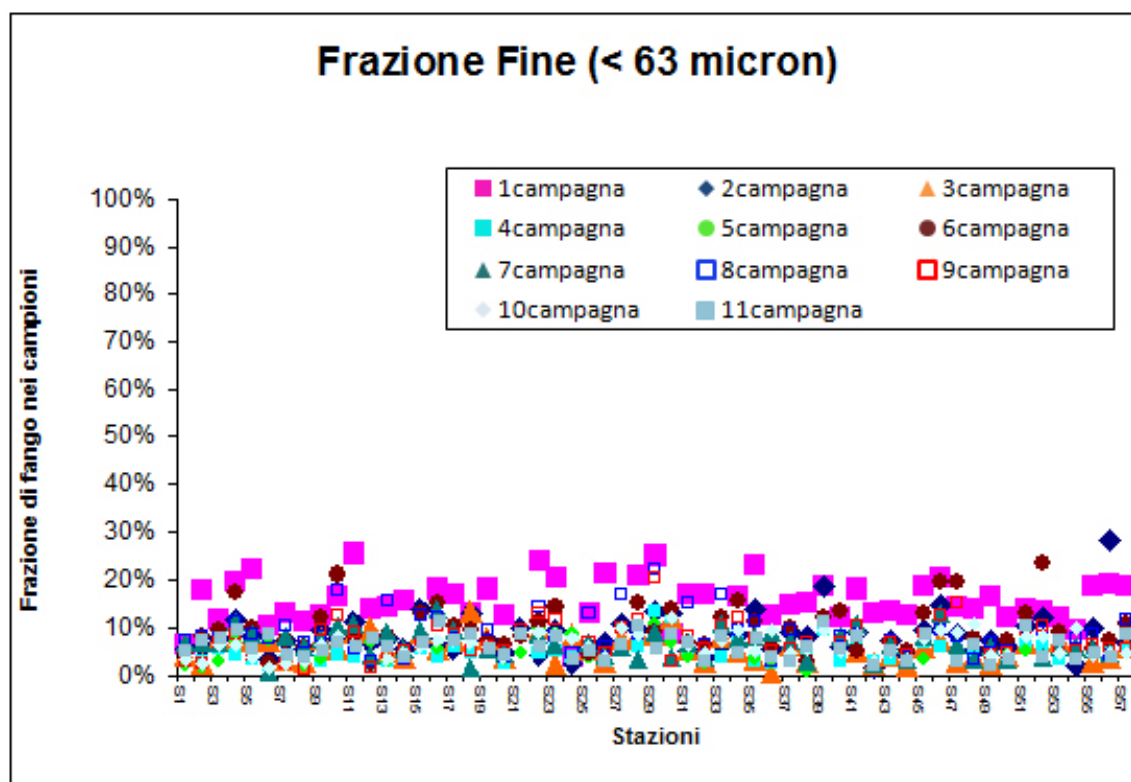
La variabilità del parametro Mz è abbastanza contenuta e può essere dovuta alla normale variabilità stagionale che si osserva nella spiagge nonché per i campioni prelevati nella prateria di *P.oceanica* al fatto che tali campioni sono prelevati nelle aree di intermatte ove presenti, essendo la prateria per lo più impostata su roccia.



Scatterplot Mz vs So delle varie popolazioni campinarie

Dall'analisi dello scatterplot si nota come la variabilità del parametro Mz (Mean) è molto simile in tutte le popolazioni campinarie, mentre il parametro So (sorting) risulta generalmente più basso nei campioni prelevati successivamente al primo rilievo attestandosi su valori generalmente compresi fra 1 e 1.5. Da rilevare che la maggioranza dei campioni prelevati in tutte le campagne di rilievo ricade nella classe dei sedimenti scarsamente o moderatamente classati, indipendentemente dalla campagna di rilievo.

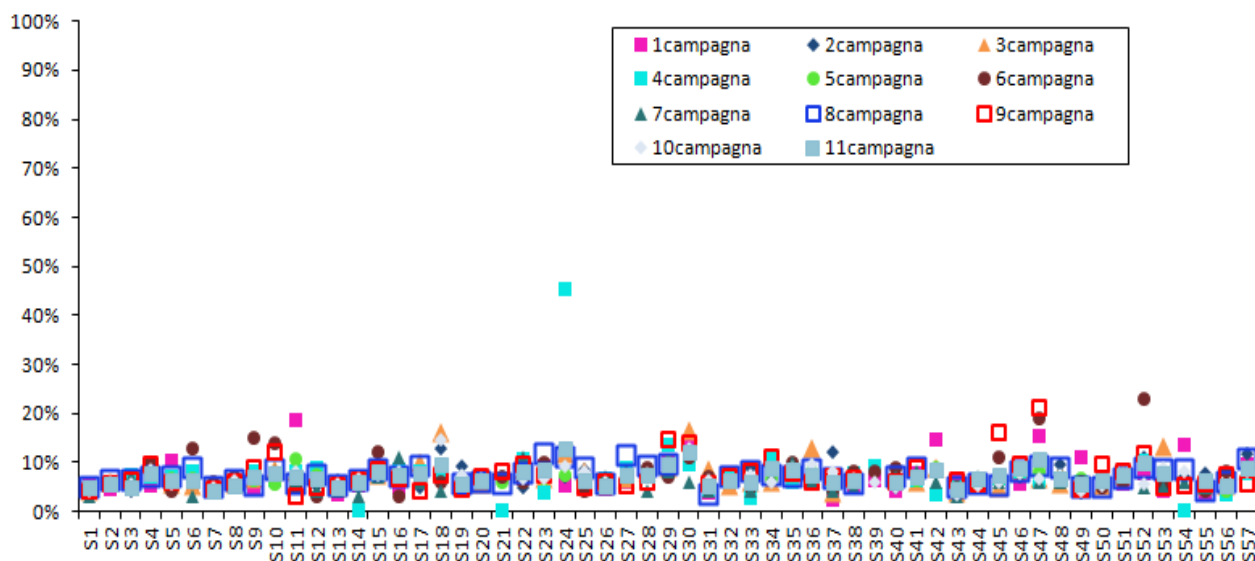
Il contenuto di materiale fine nei campioni si attesta sui valori rilevati durante i campionamenti successivi al primo ossia intorno al 10 % per quasi tutti i campioni.



Contenuto di frazione fine nei campioni durante le campagne di rilievo

Il contenuto di materiale carbonatico nei campioni prelevati durante le tre campagne è illustrato nella figura seguente.

Frazione di carbonati contenuta nei campioni



Contenuto di materiale carbonatico nei campioni durante le campagne di rilievo. I valori sull'asse delle ordinate rappresentano la frazione di fango

Anche in questo caso la figura evidenzia come i valori percentuali della frazione carbonatica nelle varie stazioni rimanga pressoché costante in tutte le campagne di rilievo. Il contenuto di materiale carbonatico è comunque basso, infatti si mantiene generalmente al di sotto del 15 % per tutte le stazioni e in tutte le campagne di rilievo, ad eccezione del campione prelevato nella stazione 24 del quarto rilievo, che presenta valori assai elevati. Tali valori potrebbero essere dovuti al prelievo, in quel campione, di numerosi frammenti di bioclasti di origine organogena.

In conclusione, dal confronto fra i dati acquisiti si nota una piccola variazione di alcuni parametri sedimentologici tra il primo e le altre campagne di rilievo, in particolare;

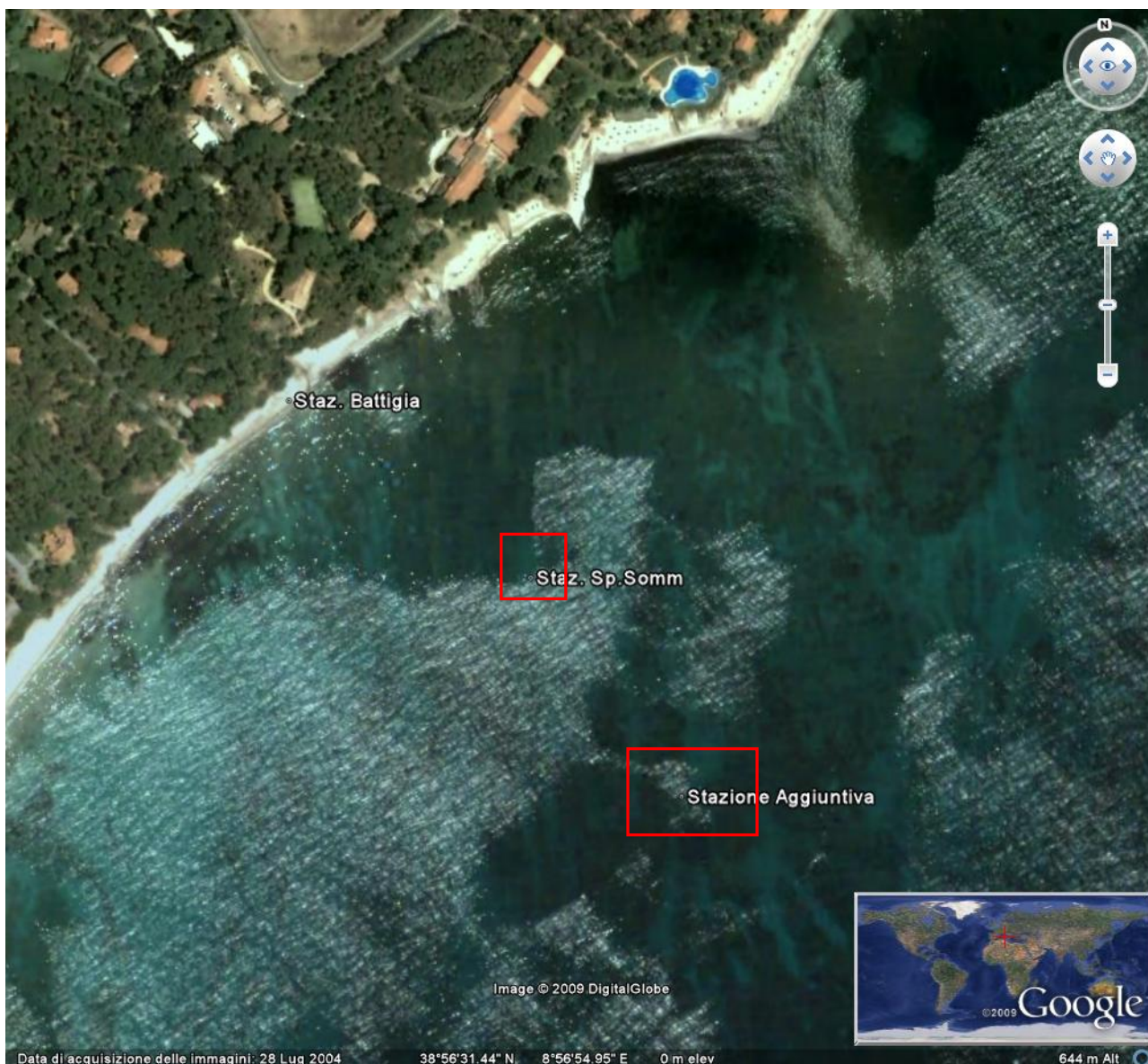
il valore del sorting risulta leggermente diminuito, si fa notare però come la popolazione rimanga però nella classe scarsamente e/o moderatamente classata ;

il contenuto di fango (frazione < 63 micron) che risulta minore nelle campagne successive alla prima.

Il diametro medio risulta compreso nei valori delle sabbie.

Si ricorda in questa sede che la variabilità delle spiagge, in particolare nel mediterraneo, è legata a sporadici, ma intensi eventi meteorologici marini (mareggiate a elevata energia) che con la loro intensità possono modificare radicalmente l'assetto delle spiagge (Gometz Pujol et al 2008).

In conclusione, allo stato attuale, non si riscontrano evidenti cambi di granulometria nell'area indagata, che non possano rientrare in variazioni stagionali o legate ad eventi meteomarinari.



Risultati stazioni esterne al piano di campionamento

lat	lon		Diametro medio (phi)	SORTING (phi)	SKEWNESS	KURTO SIS	%carbonati sul totale(g g ⁻¹)
38°56,51	8°56,89	Bt.R1	nd	nd	nd	nd	nd
		Bt.R2	nd	nd	nd	nd	nd
38°56,43	8° 56,95	Pos.R1	1.86	1,07	0.34	3.76	6.61%
		Pos.R2	1.73	1,03	0.49	3.21	7.12%
38°56,5	8°56,88	SS.R1	1.82	1,36	0.12	2.99	6.02%
		SS.R2	2.05	1,08	0.44	4.45	5.85%

La stazione di battigia presenta notevoli difficoltà nel campionamento in quanto al stessa è spesso occupata da residui vegetali che ne impediscono il corretto campionamento.

Conclusioni

La conclusione della campagna di monitoraggio, iniziata nel marzo del 2009 e protrattasi per 3 anni con l'effettuazioni di molteplici attività scansionate ad intervalli regolari, consente di potere fornire delle valide indicazioni sull'effetto che l'inserimento delle barriere soffolte ha avuto sull'ambiente circostante.

Lo scopo principale del monitoraggio era quello di rilevare possibili interferenze negative sugli equilibri del litorale per consentire, eventualmente, rapide modifiche o interventi di ripristino. Oltre a ciò, esso aveva lo scopo di verificare l'efficacia delle barriere soffolte per consentire la definizione di ulteriori interventi futuri.

L'esame cumulato di tutti i parametri registrati consente di affermare, senza alcun dubbio che non vi è stata alcuna alterazione sulla prateria della *posidonia*: il suo stato di conservazione non ha mai fatto riscontrare variazioni significative delle densità della prateria in prossimità delle opere sommerse. Le variazioni presenti, come dimostrato nei monitoraggi precedenti, mostrano un andamento dovuto principalmente alla variabilità spaziale della densità della prateria stessa.

Stesse evidenze sono emerse per la sedimentologia: dal confronto fra i dati acquisiti si nota una piccola variazione di alcuni parametri sedimentologici tra il primo e le altre campagne di rilievo, in particolare; il valore del sorting risulta leggermente diminuito, si fa notare però come la popolazione rimanga nella classe scarsamente e/o moderatamente classata; il contenuto di sedimenti fini (frazione < 63 micron) che risulta minore nelle campagne successive alla prima. Il diametro medio risulta compreso nei valori delle sabbie.

Si ricorda in questa sede che la variabilità delle spiagge, in particolare nel mediterraneo, è legata a sporadici, ma intensi eventi meteorologici marini (mareggiate a elevata energia) che con la loro intensità possono modificare radicalmente l'assetto delle spiagge (Gometz Pujol et al 2008).

I parametri biologici registrati con BOD5 e COD hanno costantemente mostrato una sostanziale assenza di fenomeni proliferativi di origine biologica.

I rilievi batimetrici e topografici al termine dei tre anni mostrano, seppure è presente una ciclicità di arretramento ed avanzamenti dovuti alla stagionalità degli eventi meteo marini, un sostanziale miglioramento delle condizioni di stabilità del tratto di litorale protetto dalle barriere.

Il rilievo topografico effettuato nel Giugno 2012 mostra, nel complesso, un ritorno alle posizioni registrate all'inizio della campagna di monitoraggio ossia è presente un avanzamento del tratto di litorale protetto dalle barriere di circa 8 metri rispetto alla situazione ante opera.

L'accumulo di sedimento registrato nel 2010 nelle aree limitrofe Abamar e Cala Verde appare rientrato ai valori precedenti ossia ai livelli del 2009.

Le ispezioni visive effettuate sulle barriere esistenti hanno evidenziato alcune lacerazioni con conseguenti cedimenti strutturali che necessitano un'opera urgente di manutenzione e ripristino delle condizioni di progetto, eventualmente attraverso il posizionamento di nuovi geotubi sopra quelli già in opera.

Come precedentemente evidenziato l'assenza di un ripristino delle condizioni di progetto delle barriere sta progressivamente attenuando gli effetti benefici già ottenuti. Al netto dell'effetto favorevole stagionale, si ritiene che le barriere, oramai largamente rimaneggiate, abbiano pressoché concluso la loro funzione.

Per quanto emerso nelle campagne di monitoraggio, vista la sostanziale bontà dell'intervento, si vuole evidenziare che si ritiene improrogabile la necessità di un'opera di ripristino straordinario che metta in opera nuove strutture o che "rigeneri" la situazione di progetto.