

PIANO DI CONTROLLO E MONITORAGGIO PER LA VERIFICA DELLE  
ATTIVITA' DI RIPRISTINO DEI FONDALI E LA VALUTAZIONE DEGLI  
EFFETTI DELLA RIMOZIONE DEL CANTIERE SUGLI ECOSISTEMI  
DELL'AREA DEL GIGLIO INTERESSATA DALL'INCIDENTE DELLA NAVE  
COSTA CONCORDIA

Relazione delle attività di monitoraggio ISPRA- ARPAT dei popolamenti a Coralligeno  
II CAMPAGNA  
(11-14 luglio 2016)



febbraio 2017

ISPRA – Paola Gennaro, Marina Penna, Tiziano Bacci, Benedetta Trabucco  
ARPAT – Enrico Cecchi, Cecilia Mancusi  
Coordinamento: Anna Maria Cicero, Fabrizio Serena

## **PREMESSA**

Nell'ambito delle attività previste nel Piano di monitoraggio e controllo ISPRA/ARPAT relativo alla valutazione degli effetti conseguenti al naufragio della N/O Costa Concordia, con particolare riguardo alle attività di ripristino dei fondali (Fase WP9), vengono di seguito riportati i risultati delle indagini effettuate sui popolamenti a Coralligeno eseguite nel Luglio 2016.

Le attività hanno lo scopo di fornire un giudizio di qualità ecologica sullo stato degli habitat a coralligeno attraverso l'utilizzo dell'Elemento di Qualità Biologica (EQB) Macroalghe per quelle aree di interesse che possono avere subito un impatto, sia diretto che indiretto, dovuto alle attività di ripristino dei fondali (Fase WP9), nonché inevitabili impatti pregressi connessi al naufragio della N/O Costa Concordia e le attività di cantiere per la rimozione della stessa.

Il giudizio di qualità ecologica è stato calcolato mediante l'applicazione dell'indice ecologico ESCA (*Ecological Status of Coralligenous Assemblages*) (Cecchi e Piazzì 2010; Cecchi *et al.* 2010, Ricevuto *et al.* 2011; Cecchi *et al.* 2014; Piazzì *et al.* 2015) che integra a livello informativo gli effetti di differenti cause riconducibili agli impatti delle attività antropiche, quali le alterazioni fisico-chimiche e biologiche indotte da agenti inquinanti nelle acque e nei sedimenti o da significative alterazioni fisico-morfologiche del tratto costiero, con un approccio simile a quello seguito da Gobert *et al.* (2009) per l'EQB *Posidonia oceanica* (Piazzì *et al.* 2015).

L'indice ESCA è stato elaborato sulla base dei risultati di studi ecologici condotti lungo le coste continentali e insulari toscane a partire dal 2001 (Piazzì *et al.* 2012 e bibliografia annessa) ed è stato concepito per valutare la qualità ambientale secondo l'approccio della definizione dello stato di qualità in classi ecologiche richiesto dalla WFD 2000/60/CE. L'indice è impiegato da più di 8 anni dall'ARPA Toscana nell'ambito del monitoraggio costiero (Mancusi *et al.* 2010).

## **METODI**

I campionamenti sono stati condotti in immersione da squadre di Operatori Scientifici Subacquei di ARPAT ed ISPRA, secondo le linee guida riportate nelle Buone Prassi per lo svolgimento in sicurezza delle Attività Subacquee (BPAS, 2013). Le immersioni sono state effettuate ad una profondità variabile fra 30 e 35 metri a seconda del sito, e le indagini sono state eseguite applicando lo stesso protocollo di campionamento della I campagna (Giugno 2015), ovvero in quattro Siti secondo un disegno di campionamento gerarchizzato di tipo asimmetrico, ovvero: 1 sito di Impatto (I, Punta Gabbianara) e 3 siti di Controllo (da Nord a Sud: C<sub>1</sub>, Secca della Croce; C<sub>2</sub>, Punta Lazzaretto; C<sub>3</sub>, Le Scole Sud), distanti tra loro qualche chilometro (Figura 1). Uno dei tre siti di

controllo, ovvero Punta Lazzaretto, in realtà è molto più vicino al sito di impatto (500m circa) di quanto dovrebbe essere un sito di riferimento; tuttavia, questo sito è stato comunque selezionato come sito di controllo durante la I campagna in quanto presentava un popolamento a coralligeno particolarmente ricco e caratteristico, nonché molto simile a quello originario di Punta Gabbianara andato perso con l'impatto della nave e del successivo cantiere. L'integrità e la particolare bellezza e ricchezza (sintomo di elevata qualità ecologica) del popolamento di Punta Lazzaretto, nonostante la sua vicinanza al luogo del disastro, sono probabilmente dovute alla sua posizione rispetto al sito impattato; ciò trova conferma anche in quanto riportato in Bacci et al. (2016), dove la prateria di *Posidonia oceanica* presente nelle immediate vicinanze, in Cala Cupa, non ha mai rivelato segni di disturbo provenienti dall'area di impatto, posta in prossimità di Punta Gabbianara. Relativamente al popolamento a coralligeno, esso si sviluppa sulla parete Nord del promontorio di Punta Lazzaretto, ovvero sul versante opposto a quello del sito di impatto e quindi presumibilmente non influenzato dagli effetti dei lavori di cantiere. Ad ulteriore conferma di ciò, i risultati ottenuti per questo sito durante la campagna 2015 hanno rivelato uno stato di qualità ecologica Elevato per il coralligeno di Punta Lazzaretto, convalidando in tal modo la scelta del sito come idoneo alla funzione di controllo.

Per quel che riguarda il sito di controllo C<sub>3</sub> (Le Scole), le condizioni meteo di questa II campagna non hanno consentito di campionare il versante Nord del sito di indagine; pertanto, il campionamento di quest'anno è stato effettuato sul versante Sud. Tuttavia, l'ambiente sommerso de Le Scole, e il coralligeno in particolare, non risente particolarmente dell'esposizione rimanendo piuttosto omogeneo su entrambi i versanti, almeno dal punto di vista della qualità ecologica. Ciò ha consentito di poter variare, localmente, il punto di campionamento del sito di indagine senza introdurre una variabile significativa nel sistema di analisi dei dati.

▬

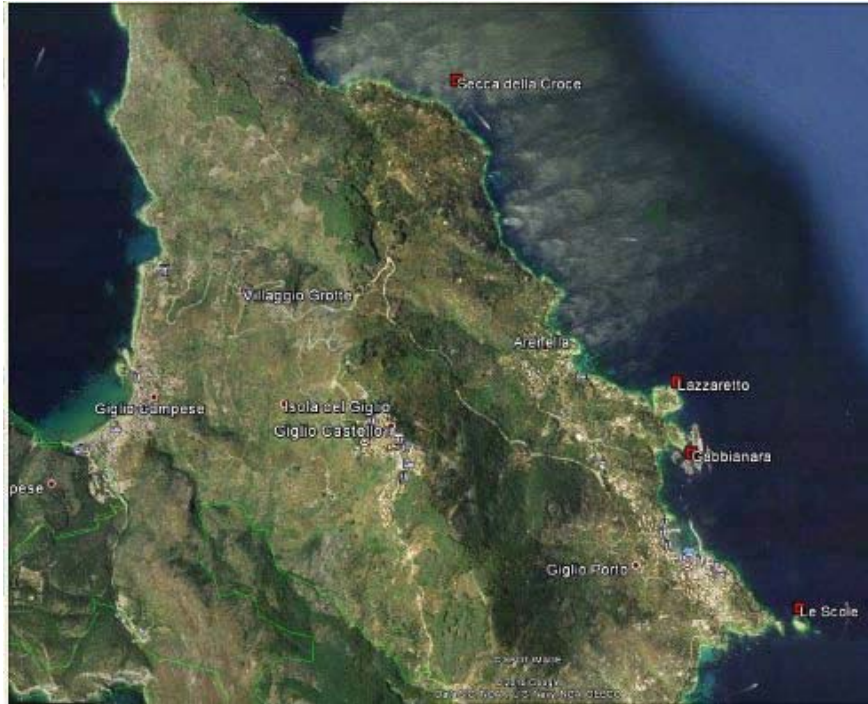


Fig. 1 - Mappa dei siti indagati

Il sito di impatto di Punta Gabbianara è costituito da uno dei due costoni rocciosi (quello situato più a sud, verso la prua della nave) su cui poggiava il relitto della Costa Concordia (Figura 2) ed è, pertanto, quello in cui il popolamento a coralligeno ha subito il maggior danno poiché direttamente interessato dall'impatto fisico con la nave.

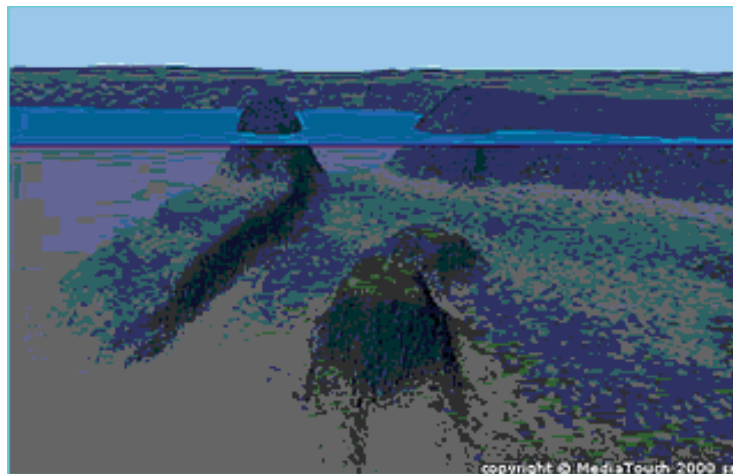


Fig. 2- Fondale di Punta Gabbianara prima dell'impatto con la nave Costa Concordia. A sinistra, il costone roccioso sito di campionamento

Per ciascun sito sono state selezionate randomicamente due Aree di circa 100m<sup>2</sup>, distanti tra loro un centinaio di metri e per ciascuna area sono state effettuate 15 repliche che rappresentano l'unità più piccola di campionamento (Figura 2).

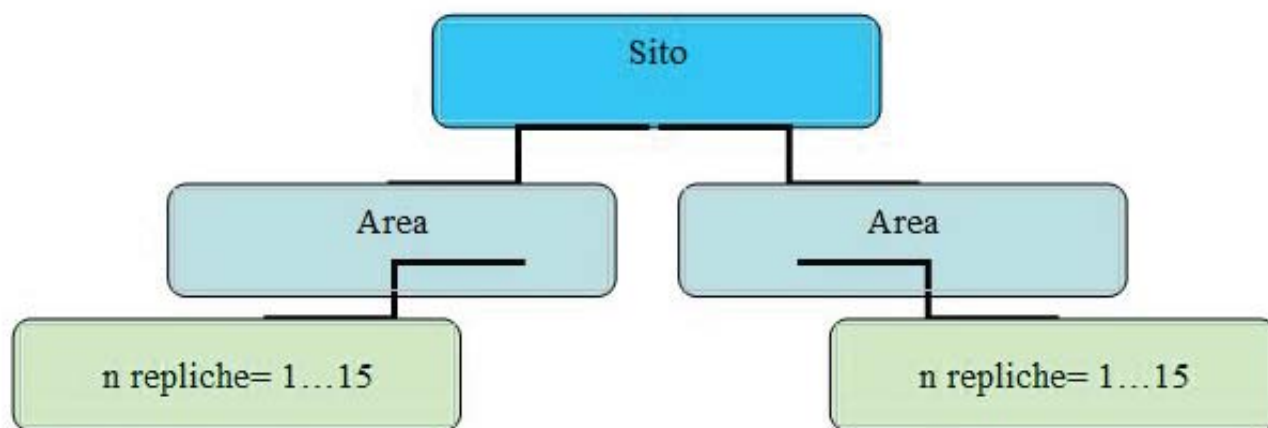


Fig. 3 – Schema di campionamento gerarchizzato per ciascun Sito considerato

Ciascuna replica consiste in un campione fotografico che copre una superficie di 1878 cm<sup>2</sup> (Acunto 2000; Acunto *et al.* 2001), ottenuto mediante una macchina fotografica digitale Nikon Coolpix 6000 sc. Attraverso l'uso del software ImageJ, i dati fotografici sono stati analizzati secondo il metodo del mosaico a patches. Il risultato di questa operazione genera un mosaico eterogeneo di macchie di diversa grandezza e colore, al fine di consentire una discriminazione tra specie e/o gruppi morfologici presenti nella superficie fotografata. La struttura viene determinata dalla composizione, configurazione e proporzione delle diverse patches. In totale sono state analizzate 120 fotografie, ovvero 30 per ogni stazione.

### **Calcolo dell'indice ESCA**

Il calcolo dell'indice ESCA per la valutazione della qualità ecologica dei popolamenti a coralligeno è stato effettuato mediando i tre valori di EQR (Ecological Quality Ratio) ottenuti attraverso la definizione della:

- Qualità dei taxa presenti: Sensitivity Level (EQR<sub>SL</sub>)
- Diversità alpha: Numero di taxa o gruppi (EQR<sub>α</sub>)
- Diversità beta: Eterogeneità dei popolamenti (EQR<sub>β</sub>), ottenuta attraverso il calcolo PERMDISP utilizzando il programma PRIMER 6 + PERMANOVA



1. Il valore di sensitivity level è calcolato associando ad ogni gruppo o taxon di alghe un valore da -4 a +6 sulla base sia della presenza che dell'abbondanza di ciascun taxon/gruppo. Il valore di sensitivity level di un Sito è ottenuto come somma algebrica dei valori di sensitivity level assegnati a ciascun taxon/gruppo ottenuti per quel Sito. Il valore di sensitivity level di ciascun taxon/gruppo è riferito alla copertura media del taxon/gruppo calcolata tra tutti i campioni di quel Sito (30).

2. La diversità alpha è valutata come il numero medio di taxa/gruppi presenti in ciascun campione fotografico e mediata tra tutti i campioni del Sito in esame.

3. La diversità beta è valutata come eterogeneità dei popolamenti calcolata attraverso il calcolo della PERMDISP (Permutational Dispersion Analysis) utilizzando il programma PRIMER 6+PERMANOVA (Anderson, 2001). L'analisi PERMDISP valuta la variabilità di composizione in specie tra unità di campionamento fotografiche come dispersione multivariata calcolata come distanza media dei campioni dai centroidi (Anderson, 2006). I cambiamenti nell'eterogeneità dei popolamenti all'interno di un Sito sono messi in evidenza dall'analisi PERMDISP (che è quindi condotta su una matrice di 30 campioni) e vengono interpretati come cambiamenti della beta diversità (Anderson et al., 2006).

L'EQR' (Environmental Quality Ratio) per ciascun descrittore è calcolato come rapporto tra il valore di EQV (Environmental Quality Values) ottenuto nel Sito per ciascun descrittore ( $EQV_{SL}$ ,  $EQV_{\alpha}$ ,  $EQV_{\beta}$ ) e il valore di EQV di riferimento calcolato per ciascun descrittore nei siti di riferimento, che in questo caso sono costituiti da quelli calcolati al Giglio nell'inverno 2011.

L'EQR di ciascun Sito di interesse è calcolato come la media tra gli EQR' ottenuti per ciascun descrittore ( $(EQR_{SL} + EQR_{\alpha} + EQR_{\beta}) / 3$ ).

L'EQR di ciascun Sito di interesse è stato calcolato come la media tra gli EQR' ottenuti per ciascun descrittore. Ogni Sito è stato poi classificato in base alle seguenti cinque classi di qualità ecologica: 0-0.2 cattivo, 0.21-0.4 scarso, 0.41-0.60 sufficiente, 0.61-0.80 buono, 0.81-1.0 elevato (Piazzi et al. 2015).

## ***RISULTATI E DISCUSSIONI***

### **Secca della Croce- Sito di Controllo (indagini effettuate il 13/07/2016)**

Coordinate: latitudine 42°23,082' N; longitudine 010°53,984' E

Profondità: 35 m

Come evidenziato anche dalla foto, il popolamento a coralligeno di questo sito si presenta in generale ricco e ben strutturato, caratteristiche tipiche di un coralligeno in buono stato di salute e

non sottoposto ad impatti di origine antropica (Figura 4). Dall'analisi di tutte le foto effettuate, emerge chiaramente la presenza dei diversi strati algali costituiti da *Corallinaceae* (strato incrostante), *Peyssonellaceae* (strato più o meno prostrato), *Pseudochlorodesmis furcellata* e turf (strato feltro) e *Flabellia petiolata* ed Erette corticate, (strato eretto). Non si osservano depositi di sedimento, mentre in alcune unità di campionamento si è riscontrata la presenza di mucillagini (Figura 4a). Tuttavia, la costituzione di ammassi mucilluginosi è un fenomeno segnalato ormai da anni sui fondali dell'Isola del Giglio e dunque non ricollegabile all'evento Costa Concordia.

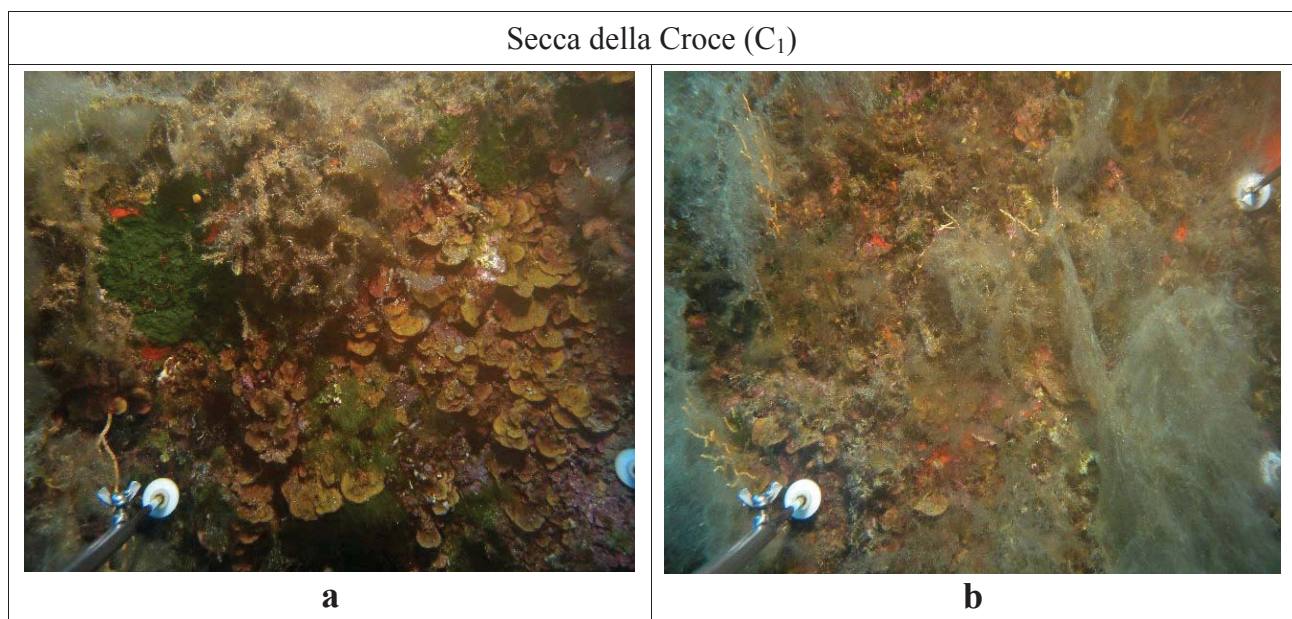


Fig. 4 – Popolamenti a coralligeno nel sito di controllo C<sub>1</sub>

In accordo con le osservazioni di campo, il valore dell'indice ESCA per questo Sito è risultato pari a 0,98 il che corrisponde ad una classe di qualità ecologica ELEVATO, confermando così l'ottimo stato di conservazione dell'habitat coralligeno in questo sito.

**Punta Gabbianara – Sito di Impatto** (indagini effettuate il 12/07/2016)

Coordinate: latitudine 42°21,877' N; longitudine 010°55,272' E

Profondità: 32 m

Come evidenziato dalle foto, il popolamento a coralligeno di Punta Gabbianara appare estremamente impoverito (Figura 5). Lo strato eretto, tipico di un coralligeno in buono stato di salute, è quasi totalmente scomparso e laddove presente, seppur in piccole percentuali, è completamente ricoperto di sedimento, così come lo è il resto degli strati algali che strutturano il coralligeno. La deposizione di sedimento tende a soffocare gli organismi e rende omogeneo un

popolamento che invece è per definizione uno dei più disomogenei del Mediterraneo, nel senso che la sua estrema ricchezza in specie e biodiversità ne aumenta la variabilità su piccola scala in modo unico e caratteristico rispetto a quanto avviene per altri habitat Mediterranei (Balata et al. 2005, 2007). La scomparsa delle specie strutturanti e la riduzione delle componenti alpha e beta della biodiversità si traduce in uno shift del popolamento algale verso una situazione di dominanza delle specie feltro (il cosiddetto “turf”) (Arevalo et al. 2007; Piazzì et al. 2012) che è tipica delle aree sottoposte a pressione antropica. In questa situazione, in cui solo poche specie opportuniste sono in grado di sopravvivere, il degrado strutturale espone il popolamento al rischio di invasione da parte di specie aliene (Piazzì et al. 2014; Bulleri et al. 2016), rischio che viene ulteriormente aumentato dalla presenza di specie turf; queste, infatti, intrappolando il sedimento tra le “maglie” dei loro talli filamentosi formano, con un meccanismo di feedback positivo, un substrato ottimale per l’attacco dei rizoidi di specie altamente invasive come la *Caulerpa cylindracea* e la *C.taxifolia* e/o altre specie turf come ad es. le Rodophyceae *Womersleyella setacea* e *Acrothamnion preissii* (Gennaro e Piazzì 2011, 2014).

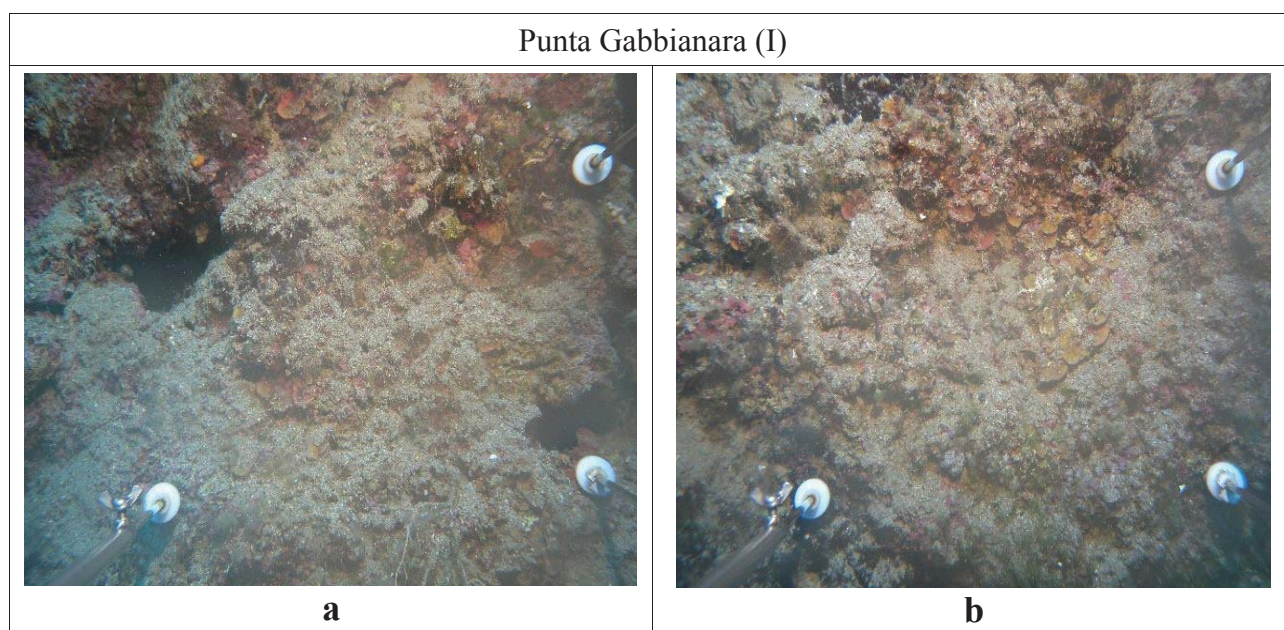


Fig. 5 – Popolamenti a coralligeno nel sito impattato I

Il calcolo del valore di ESCA per questo sito ha fornito un risultato pari a 0,66 il che corrisponde a una classe di qualità ecologica appena sopra il livello BUONO. Tale valore indica sicuramente uno stato di degrado del coralligeno che però lascia ampi margini di recupero del popolamento una volta rimossa la causa, ovvero una volta terminati i lavori di cantiere che sono i principali responsabili dell’immissione di solidi sospesi in colonna d’acqua.



### Le Scole Sud Sito di Controllo (indagini effettuate il 14/07/2016)

Cordinate: latitudine 42°21,377' N; longitudine 010°55,723' E

Profondità: 35 m

Come per il sito di controllo C<sub>1</sub>, si tratta anche in questo caso di un popolamento a coralligeno ricco e ben strutturato, ne quale si evidenziano i diversi strati algali (eretto, intermedio ed incrostante) come sempre accade per i popolamenti che si sviluppano in condizioni di totale assenza o comunque scarsa influenza di pressioni antropiche. In particolare, lo strato algale eretto di questo sito appare particolarmente ricco, con dominanza di *Flabellia petiolata*, specie Erette corticate, Flattened *Rhodophyta*, (Figura 6). Non si evidenzia invece una presenza significativa dello strato feltro, componente che, invece, era presente sul versante Nord campionato durante la I campagna. Per il resto, non si evidenziano particolari differenze tra questo popolamento, (Le Scole Sud) e quello campionato nella campagna precedente (Le Scole Nord), almeno in termini di stato di qualità ecologica.

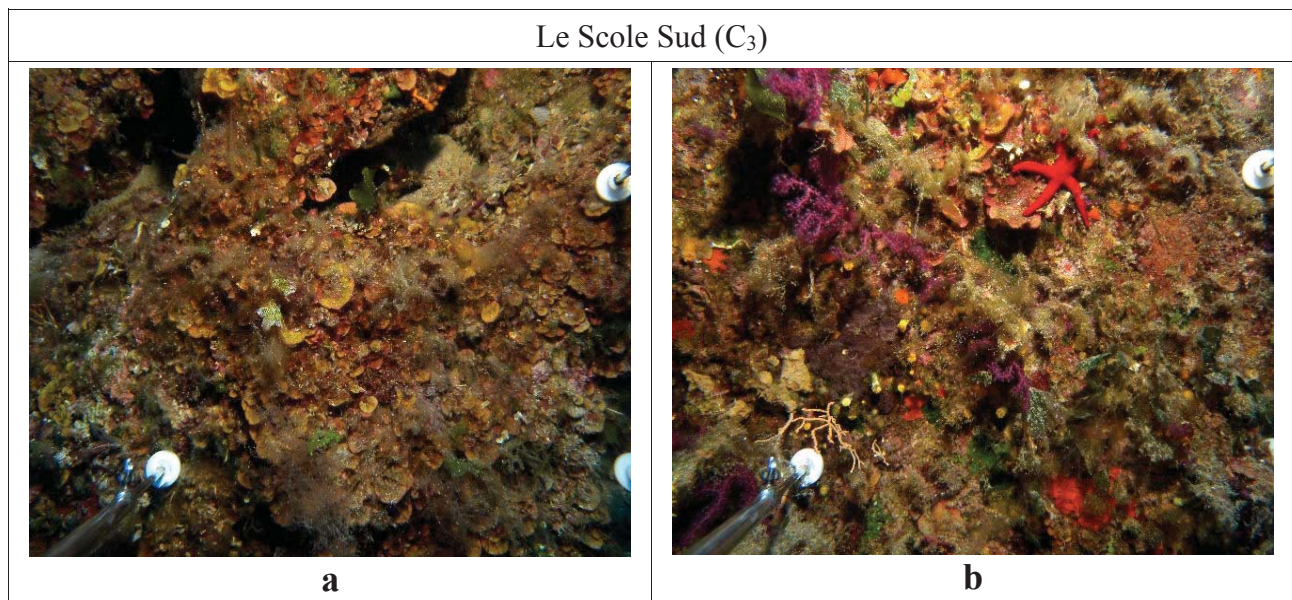


Fig. 6 – Popolamenti a coralligeno nel sito di controllo C<sub>2</sub>

Il valore dell'indice ESCA per questo sito è risultato pari a 0,91 il che corrisponde ad una classe di qualità ecologica ELEVATO, confermando così l'ottimo stato di conservazione dell'habitat coralligeno in questo sito.

**Punta Lazzaretto – Sito di Controllo** (indagini effettuate il 14/07/2016)

Cordinate: latitudine 42°22,102' N; longitudine 010°55,191' E

Profondità: 35 m

Come confermato nella I campagna, e come si osserva in figura 8, il popolamento a coralligeno di Punta Lazzaretto presenta caratteristiche molto più simili al sito di controllo Le Scole Sud che non al sito impattato, ovvero appare come un coralligeno ben strutturato e completamente libero da depositi sedimentari. Ciò conferma che il sedimento in sospensione che è presente nella zona di cantiere rimane circoscritto alla zona impattata e non ha pertanto alcun effetto sui siti immediatamente adiacenti.

L'analisi delle foto effettuate nel sito di indagine (Figura 8) evidenzia la presenza di un cospicuo strato eretto, nel quale predominano le Chlorophyceae *Halimenda tuna* e *Flabellia petiolata*; l'elevata copertura di questa e di altre alghe erette nel sito di Punta di Lazzaretto indica una elevata qualità ecologica del coralligeno, essendo lo strato eretto il primo a scomparire in risposta ad uno stress antropico.

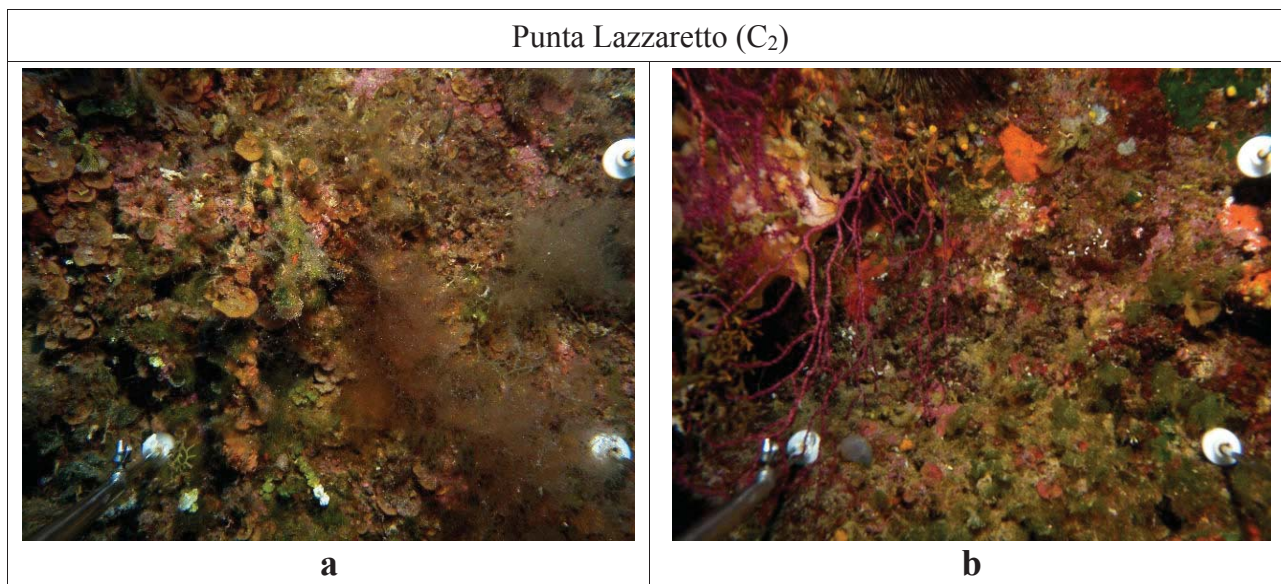


Fig. 8 – Popolamenti a coralligeno nel sito di controllo C<sub>2</sub>

A conferma di quanto osservato in campo, il valore di ESCA calcolato per questo sito è 0,83 corrispondente a una classe di qualità ecologica ELEVATO. Si può pertanto riconfermare Punta

Lazzaretto come un valido sito di controllo per il confronto e la valutazione di stato di popolamenti a coralligeno sottoposti ad impatto antropico.

### Sintesi classificazione ESCA

L'indice ESCA evidenzia valori più alti nei siti di controllo di Secca della Croce e Le Scole Sud mentre si riscontrano valori leggermente più bassi, ma sempre nel range di qualità elevata, a Punta Lazzaretto. A conferma della buona risposta dell'indice alle pressioni di origine antropica, il valore di EQR scende drasticamente nel sito impattato di Punta Gabbianara, rivelando così lo stato di sofferenza dei popolamenti a coralligeno nella zona interessata dai lavori del cantiere di rimozione del relitto e ripristino dei fondali; questi ultimi erano ancora in atto al momento del campionamento oggetto del presente Report.

In sostanza, quindi, con la sola eccezione di Punta Gabbianara, sito che viene classificato in uno stato BUONO, tutti gli altri siti di campionamento presentano un popolamento a coralligeno che li classifica in uno stato di qualità ecologica ELEVATO.

Di seguito si riportano le informazioni riassuntive dei valori dell'indice di qualità ecologica ESCA calcolato per ciascun sito (Tabella 1, Fig. 9).

Tabella 1 - Valori dei descrittori e dell'indice ESCA calcolati per i siti indagati

SITO	EQV			EQR'			EQR	
	SL	$\beta$ -Diversity	$\alpha$ -Diversity	SL	$\beta$ -Diversity	$\alpha$ -Diversity		
Secca della Croce	20	30.43	6.87	1.05	0.66	1.22	0.98	E
Punta Lazzaretto	22	13.65	5.83	1.16	0.29	1.04	0.83	E
Punta Gabbianara	10	24.12	5.20	0.53	0.52	0.93	0.66	B
Le Scole Sud	20	21.29	6.77	1.05	0.46	1.21	0.91	E

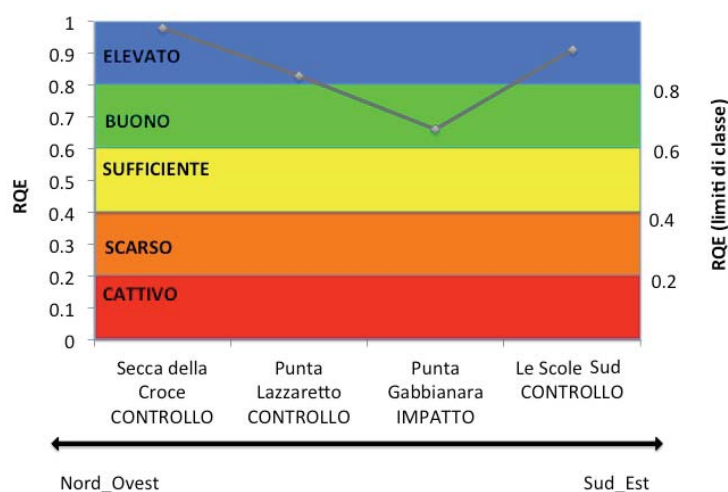


Fig. 9 – Andamento dei valori dell'indice ESCA calcolati per i Siti indagati.

## **CONCLUSIONI**

In generale, i popolamenti coralligeni dell'isola del Giglio appaiono ben strutturati e diversificati in tutti i siti di controllo indagati, con patterns di variabilità spaziale che sono da considerare tipici dell'habitat a coralligeno. Infatti, un'alta variabilità a piccola scala è stata ampiamente descritta per questo ambiente ed è legata ad una distribuzione a "patches" degli elementi dominanti (Piazzi *et al.* 2004, 2010, Balata *et al.* 2005).

La qualità ecologica è risultata alta in quasi tutta l'area mentre i valori più bassi dell'indice sono stati riscontrati nel sito impattato di Punta Gabbianara; tali valori sono legati all'elevata copertura di feltro algale (specie "turf") che in questo sito diventa praticamente dominante a discapito degli altri strati algali. La dominanza dello strato feltro in un popolamento macroalgale è considerata un indicatore di aree fortemente stressate, in quanto le specie filamentose che lo compongono sono organismi generalmente stress-tolleranti e opportunisti (Balata *et al.* 2007, Piazzi *et al.* 2011). Tuttavia, in alcuni casi si può riscontrare la presenza di feltro algale-indipendentemente dallo stato ecologico della località, come ad esempio, nel caso di aree interessate dallo sviluppo di specie invasive (Piazzi *et al.* 2007).

In conclusione, le indagini condotte sul campo ed i risultati ottenuti dall'applicazione dell'indice ESCA negli habitat a coralligeno dell'Isola del Giglio hanno confermato quanto già evidenziato per la I campagna, ovvero che l'impatto dei lavori del cantiere di rimozione prima ed i successivi lavori di ripristino dei fondali poi (attualmente ancora in atto) è molto circoscritto, ovvero limitato ai popolamenti situati all'interno della zona di cantiere, quella cioè direttamente interessata dai lavori e dalle risospensioni sedimentarie che da essi scaturiscono. Tali risospensioni (o altre, eventuali sorgenti di impatto), presumibilmente a causa di correnti locali, non sembrano interessare i popolamenti a coralligeno situati nelle aree esterne al cantiere, sia quelle immediatamente adiacenti (Punta Lazzaretto) che quelle più distanti.

La presenza dominante di turf algale nel sito di Punta Gabbianara conferma l'elevato tasso di sedimentazione come principale sorgente di stress ambientale per i popolamenti del coralligeno, suggerendo anche un possibile, quanto auspicabile, recovery dei popolamenti una volta cessata la sorgente di impatto. Le specie turf, infatti, si diffondono molto rapidamente negli ambienti esposti ad elevato tasso di sedimentazione soppiantando le specie meno tolleranti e creando un feed back positivo tra il tasso di sedimentazione su substrato e lo sviluppo del feltro (Airoldi, 1998; Airoldi e Virgilio, 1998; Airoldi 2003) i quali, consolidandosi a vicenda, creano anche un substrato ideale per l'attacco di specie invasive sia di tipo eretto (*Caulerpaceae* spp. dotate di rizoidi) che di tipo turf (*Womersleyella setacea*, *Acrothamnion preissii*). Questa catena di eventi una volta innescata è difficile da fermare; tuttavia, non essendo sopraggiunte altre rilevanti modificazioni della qualità



dell'acqua, una volta eliminata la fonte di sedimentazione (rappresentata in questo caso dal materiale più o meno naturale rimesso in sospensione dalle attività di trivellazione e/o di rimozione dei sacchi di costituenti il “falso fondale” sotto la chiglia della nave), la cessazione della deposizione sedimentaria, unitamente ad una attenta “pulizia” dei fondali dal sedimento in eccesso, dovrebbe aiutare i popolamenti del coralligeno a recuperare la loro struttura originaria, laddove, ovviamente, essi non siano stati irrimediabilmente compromessi dal danno meccanico, ovvero dalla modificazione morfologica del fondale originario di Punta Gabbianara.

In questo quadro, è importante sottolineare come il sito impattato di Punta Gabbianara, nonostante il popolamento sia comunque degradato rispetto alle condizioni di riferimento tipiche del Giglio, quest'anno presenti un valore di stato di qualità ecologica superiore a quello rilevato nella campagna dell'anno precedente. Il passaggio dallo stato SUFFICIENTE, rilevato nella I campagna 2015, a quello BUONO di questa II campagna 2016 è un primo, importante segnale di recupero del popolamento a coralligeno dopo l'incidente della Costa Concordia. Tale recupero, fra l'altro, sembrerebbe anche piuttosto rapido, almeno rispetto ai normali tempi di recovery di popolamenti così delicati e a crescita lenta come quelli del coralligeno Mediterraneo. Ciò potrebbe essere spiegato dalle particolari caratteristiche idro-morfologiche di un'isola, e del Giglio in particolare. In ambito costiero continentale, infatti, l'aumento del tasso di sedimentazione sul coralligeno, può apportare danni a lungo termine (quando non permanenti) anche a causa delle continue immissioni e/o risospensioni di materiali fini proveniente dalla terraferma, che si aggiungono a quelle “straordinarie” derivanti da un impatto puntuale, aggravandone così gli effetti e rallentandone il recupero dei popolamenti colpiti. E' il caso, ad es., dell'area costiera della Baia di Calafuria (a sud di Livorno) dove, a distanza di molti anni da una frana che si è riversata in mare, i popolamenti coralligeni mostrano ancora segni di impatto a causa delle croniche risospensioni sedimentarie, innescate dalle mareggiate di libeccio, il cui effetto di intorbidimento delle acque si protrae per giorni anche dopo la cessazione dei fenomeni meteorologici (osservazioni personali). Nel caso dell'Isola del Giglio, un episodio come quello dell'improvviso ed ingente aumento del tasso di sedimentazione dovuto ai lavori di cantiere della Costa Concordia, rimane comunque un episodio “puntuale” i cui effetti scompaiono una volta cessata la causa. Ciò in conseguenza della scarsa ritenzione dei fondali granitici, i quali vengono ripuliti in fretta dalle correnti e dalle mareggiate invernali, e dell'assenza di altre sorgenti terrigene naturali e/o di origine antropica. Le particolari conformazioni coralligene del Giglio, inoltre, tutte sviluppate su parete verticale, favoriscono l'asportazione del sedimento in eccesso operata dalle correnti e dal moto ondoso. I risultati di questa II campagna, testimoniano un primo recupero dei popolamenti a coralligeno del Giglio non irrimediabilmente danneggiati dall'impatto fisico della nave; tale recupero deve essere attentamente

monitorato nei prossimi anni per verificarne l'evoluzione da questa fase iniziale a quella finale di climax del coralligeno, ovvero lo stato dei popolamenti tipico delle condizioni di riferimento. A questo scopo, l'applicazione dell'indice ESCA, nella sua versione aggiornata con la lista faunistica (Piazzi et al., in press.), potrebbe risultare estremamente utile. Infatti, i popolamenti algali del coralligeno possono rispondere alla diminuzione della pressione in tempi abbastanza rapidi (qualche anno) mentre i popolamenti animali hanno tempi di recupero più lunghi, anche perché necessitano di un substrato algale ben strutturato per l'insediamento. Pertanto, un'analisi integrata dei popolamenti a coralligeno dell'Isola del Giglio, anche in accordo con l'approccio delle più recenti Direttive Europee (ad es. la Strategia Marina), potrà sicuramente fornire preziose informazioni sullo stato e sui tempi di recupero di questo habitat, anche al fine di pianificare eventuali, possibili interventi di supporto al corso naturale delle successioni ecologiche bentoniche.

### **Bibliografia citata**

- ACUNTO, S., 2000. Tecniche di campionamento fotografico e studio della variabilità spazio-temporale in popolamenti coralligeni. PhD Thesis, University of Pisa.
- ACUNTO, S., BALATA, D., CINELLI, F. 2001. Spatial variability in the coralligenous assemblage and evaluations of the sampling method. *Biol. Mar. Medit.* 8, 191-200.
- AIROLDI L. 1998. Roles of disturbance, sediment stress and substratum retention on spatial dominance in algal turf. *Ecology* 9: 2759-2770.
- AIROLDI, L., VIRGILIO, M., 1998. Response of turf-forming algae to spatial variations in the deposition of sediments. *Marine Ecology Progress Series* 165: 271-282.
- AIROLDI L., 2003. The effects of sedimentation on rocky coastal assemblages. *Oceanography and Marine Biology Annual Review* 41: 161-203.
- ANDERSON, M.J., 2001. A new method for a non-parametric multivariate analysis of variance. *Australian Ecology* 26: 32-46.
- ANDERSON, M.J., 2006. Distance-based test for homogeneity of multivariate dispersions. *Biometrics* 62: 245-253.
- ANDERSON, M.J., ELLINGSEN, K.E., MCARDLE, B.H., 2006. Multivariate dispersion as a measure of beta diversity. *Ecological Letters* 9: 683-693
- AREVALO R., PINEDO S., BALLESTEROS E., 2007. Changes in the composition and structure of Mediterranean rocky-shore communities following a gradient of nutrient enrichment: descriptive study and test proposed methods to assess water quality regarding macroalgae. *Marine Pollution Bulletin* 55: 104-113.

- BACCI T., PENNA M., RENDE S.F., TRABUCCO B., GENNARO P., BERTASI F., MARUSSO V., GROSSI L., CICERO A.M. (2016). Effects of Costa Concordia shipwreck on epiphytic assemblages and biotic features of *Posidonia oceanica* canopy *Marine Pollution Bulletin* 109: 110-116
- BALATA, D., PIAZZI, L., CECCHI, E., CINELLI, F., 2005. Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposits. *Marine Environmental Research*, 60, 403-421.
- BALATA, D., PIAZZI, L., BENEDETTI-CECCHI, L., 2007. Sediment disturbance and loss of Beta Diversity on subtidal rocky reefs. *Ecology*, 88, 2455-2461.
- BPAS 2013. Buone Prassi per lo svolgimento in sicurezza delle Attività Subacquee di ISPRA e delle Agenzie Ambientali. Manuali e Linee Guida 94/2013, pp 46.
- BULLERI F., BADALAMENTI F., IVESA L., MIKAC B., MUSCO L., JAKLIN A., RATTRAY A., FERNANDEZ T.V., BENEDETTI-CECCHI L. (2016). The effects of an invasive seaweed on native communities vary along a gradient of land-based human impacts. *PeerJ* 4:e1795.
- CECCHI E., PIAZZI L. 2010. A new method for the assessment of the ecological status of coralligenous assemblage. *Biologia Marina Mediterranea* 17:162-163.
- CECCHI E., PIAZZI L., SERENA F. 2010. The use of coralligenous assemblages in the monitoring survey along the tuscany coasts: the assessment of sampling procedures and results of five-years studies. 3° Simposio CNR Livorno.
- CECCHI E., GENNARO P., PIAZZI L., RICEVUTO E., SERENA F. 2014. Development of a new biotic index for ecological status assessment of Italian coastal waters based on coralligenous macroalgal assemblages. *European Journal of Phycology* 49, (3): 298-312.
- GENNARO P., PIAZZI L. 2011. Synergism between two anthropic impacts: invasion of macroalga *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* and seawater nutrient enrichment. *Marine Ecology Progress Series* 427: 59-70.
- GENNARO P., PIAZZI L. 2014. The indirect role of nutrients in enhancing the invasion of *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea*. *Biological Invasion* Vol.16, Issue 8: 1709-1717.
- GOBERT, S., SARTORETTO, S., RICO-RAIMONDINO, V., ANDRAL, B., CHERY, A., LEJEUNE, P., BOISSERY, P., 2009. Assessment of the ecological status of Mediterranean French coastal waters as required by the Water Framework Directive using the *Posidonia oceanica* Rapid Easy Index (PREI). *Marine Pollution Bulletin* 58: 1727–1733.
- MANCUSI C., CECCHI E., PIAZZI L. , RIA M. , SILVESTRI R. , SERENA F. 2010. Assessment of the ecological quality of coastal water through the concurrent use of different biological indicators. *Biologia Marina Mediterranea* 17: 171-172.

- PIAZZI L., GENNARO P., CECCHI E., SERENA F., BIANCHI C.N., MORRI C., MONTEFALCONE M. (2017). Integration of ESCA index through the use of sessile invertebrates. *Scienza Marin*, in press
- PIAZZI L., BALATA D., PERTUSATI M., CINELLI F. 2004. Spatial and temporal variability of Mediterranean macroalgal coralligenous assemblages in relation to habitat and substrate inclination. *Botanica Marina*. 47: 105-115.
- PIAZZI L. BALATA D. CECCHERELLI G. CINELLI F. 2005. Interactive effect of sedimentation and *Caulerpa racemosa* var. *cylindracea* invasion on macroalgal assemblages in the Mediterranean Sea. *Estuarine Coastal and Shelf Science* 64: 467-474
- PIAZZI L., BALATA D., CINELLI F. 2007. Invasions of alien macroalgae in Mediterranean coralligenous assemblages. *Cryptogamie algologie* 28: 289-301.
- PIAZZI L., BALATA D., CECCHI E., CINELLI F., SARTONI G. 2010. Species composition and patterns of diversity of macroalgal coralligenous assemblages of northwestern Mediterranean Sea. *Journal of Natural History* 44:1-22.
- PIAZZI L., GENNARO P., BALATA D. 2011. Effects of nutrient enrichment on macroalgal coralligenous assemblages. *Marine Pollution Bulletin* 62: 1830–1835.
- PIAZZI L., GENNARO P., BALATA D. 2012. Threats to macroalgal coralligenous assemblages in the Mediterranean Sea. *Marine Pollution Bulletin* 64: 2623–2629.
- PIAZZI L., GENNARO P., CECCHI E., SERENA F. 2015. Improvement of the ESCA index for the evaluation of ecological quality of coralligenous habitat under the European Framework Directives. *Mediterranean Marine Science* 16/2: 419-426.
- RICEVUTO E., CECCHI E., MURA L., GUALA I., PIAZZI L. 2011. L'utilizzo dei popolamenti coralligeni come indicatori ecologici: valutazione dei pattern di variabilità spaziale e risposta allo stress. 21° Congresso della Società Italiana di Ecologia. Palermo, 3-6 Ottobre 2011.
- TAMBURELLO L., BULLERI F., BALATA D., BENEDETTI-CECCHI L. 2014. The role of overgrazing and anthropogenic disturbance in shaping spatial patterns of distribution of an invasive seaweed. *Journal of Applied Ecology* 51: 406–414.