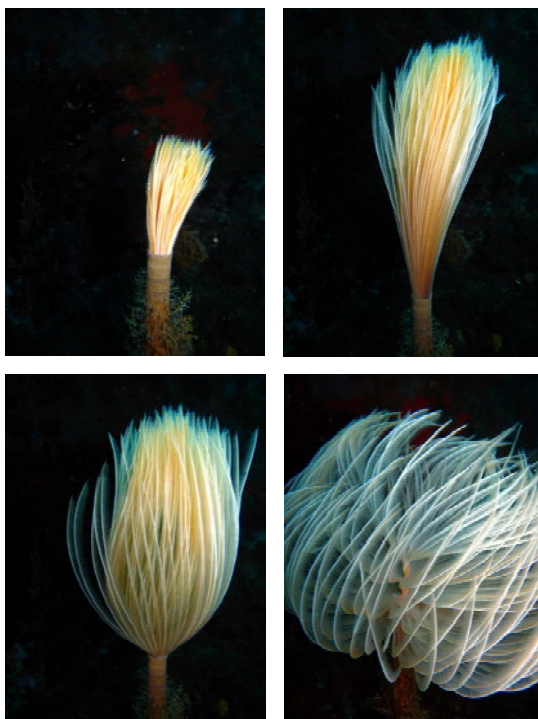


# Monitoraggio biologico Nave Concordia Isola del Giglio

Periodo gennaio-febbraio 2012



Fabrizio Serena  
Enrico Cecchi  
Cecilia Mancusi  
Michela Ria

*Livorno 24 aprile 2012*

## INDICE

<b>INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
<b>RELAZIONE CARLIT ISOLA DEL GIGLIO (STAGIONE INVERNALE) .....</b>	<b>7</b>
Introduzione.....	7
Obiettivi.....	7
Materiali e metodi .....	7
Disegno di campionamento.....	9
Analisi dei dati .....	10
Osservazioni e Conclusioni.....	16
<b>RELAZIONE POSIDONIA OCEANICA ISOLA DEL GIGLIO       (STAGIONE</b>	
<b>INVERNALE) .....</b>	<b>18</b>
Introduzione.....	18
Materiali e Metodi.....	19
Analisi dei dati .....	23
Osservazioni e Conclusioni.....	27
Bibliografia.....	29
<b>RELAZIONE CORALLIGENO ISOLA DEL GIGLIO (STAGIONE INVERNALE) .....</b>	<b>30</b>
Introduzione.....	30
Obiettivi.....	31
Materiali e metodi .....	31
Disegno di campionamento.....	33
Analisi dei dati .....	33
Osservazioni e Conclusioni.....	38
ALLEGATO .....	40

## INTRODUZIONE

La tutela dell'ambiente marino e l'equilibrio idrogeologico delle aree costiere rientrano tra gli impegni prioritari assunti negli ultimi anni dalla Regione Toscana. L'attività prevista nel PRAA 2007-2010 è stata incentrata sull'attuazione del Piano di Tutela delle Acque, di cui il monitoraggio ambientale della fascia marino-costiera (Legge n. 979/82, D.Lgs.n. 152/06, Direttiva 2000/60/CE) rappresenta uno degli aspetti di maggior rilievo, anche in riferimento ai nuovi standard previsti dalla Direttiva "acque" 2000/60/CE. Tale attività di monitoraggio è indirizzata alla raccolta dei parametri chimico-fisici e biologici necessari a garantire sia la balneazione che il controllo ambientale della fascia marina-costiera, la più soggetta a impatti antropici. Le fasi di aggiornamento previste dalla normativa (tipizzazione, individuazione e caratterizzazione dei corpi idrici) hanno portato all'attivazione di un nuovo sistema di monitoraggio i cui primi risultati saranno presto disponibili. Una nuova sfida per la tutela dell'ambiente marino è rappresentata, inoltre, dal recepimento della Direttiva 2008/56/CE "Direttiva quadro sulla strategia dell'ambiente marino" (Marine Strategy), che offre l'opportunità di inserire il tema della tutela delle acque marine nell'ambito di un quadro coordinato di azioni.

Il monitoraggio marino costiero della Toscana è iniziato nel 1997, ai sensi della L. 979/82 e, con modalità diverse, prosegue ancora oggi. Inoltre, dal giugno 2001 le metodologie d'indagine sono state aggiornate secondo quanto stabilito dal D.lgs 152/99 e successive modifiche (152/06), nonché dal D.M. n. 56 del 14 aprile 2009. Con la pubblicazione della Delibera n.100 del 8 febbraio 2010 la Regione Toscana ha inoltre approvato la nuova rete di monitoraggio dei corpi idrici toscani ai sensi della Direttiva Europea 2000/60.

L'attività di monitoraggio sulla fascia costiera, effettuata con il battello oceanografico dell'Agenzia "Poseidon", prevede campionamenti nella colonna d'acqua per la ricerca dei parametri chimico fisici (clorofilla, temperatura, trasparenza, ossigeno, azoto totale, ammoniacale, salinità, torbidità, pH, fosfati, nitriti, nitrati, fosforo totale, silicati, IPA, PCB, TBT, Bromofenoli, metalli), sul biota (plancton, coralligeno e macroalghe, benthos, praterie di Posidonia oceanica e mitili) e sui sedimenti (granulometria, metalli, IPA, PCB, TBT, Bromofenoli, TOC). L'obiettivo del monitoraggio è quello di stabilire un quadro generale coerente ed esauriente dello stato ecologico e chimico delle acque all'interno di ciascun bacino idrografico, ivi comprese le acque marino-costiere assegnate al distretto idrografico in cui ricade il medesimo bacino idrografico e permettere la classificazione di tutti i corpi idrici.

In base al decreto 152 si sono delineati due regimi di monitoraggio:

a) di sorveglianza (SORV): per i corpi idrici non a rischio (NAR) o probabilmente a rischio (PR);

b) operativo (OP): per i corpi idrici a rischio.

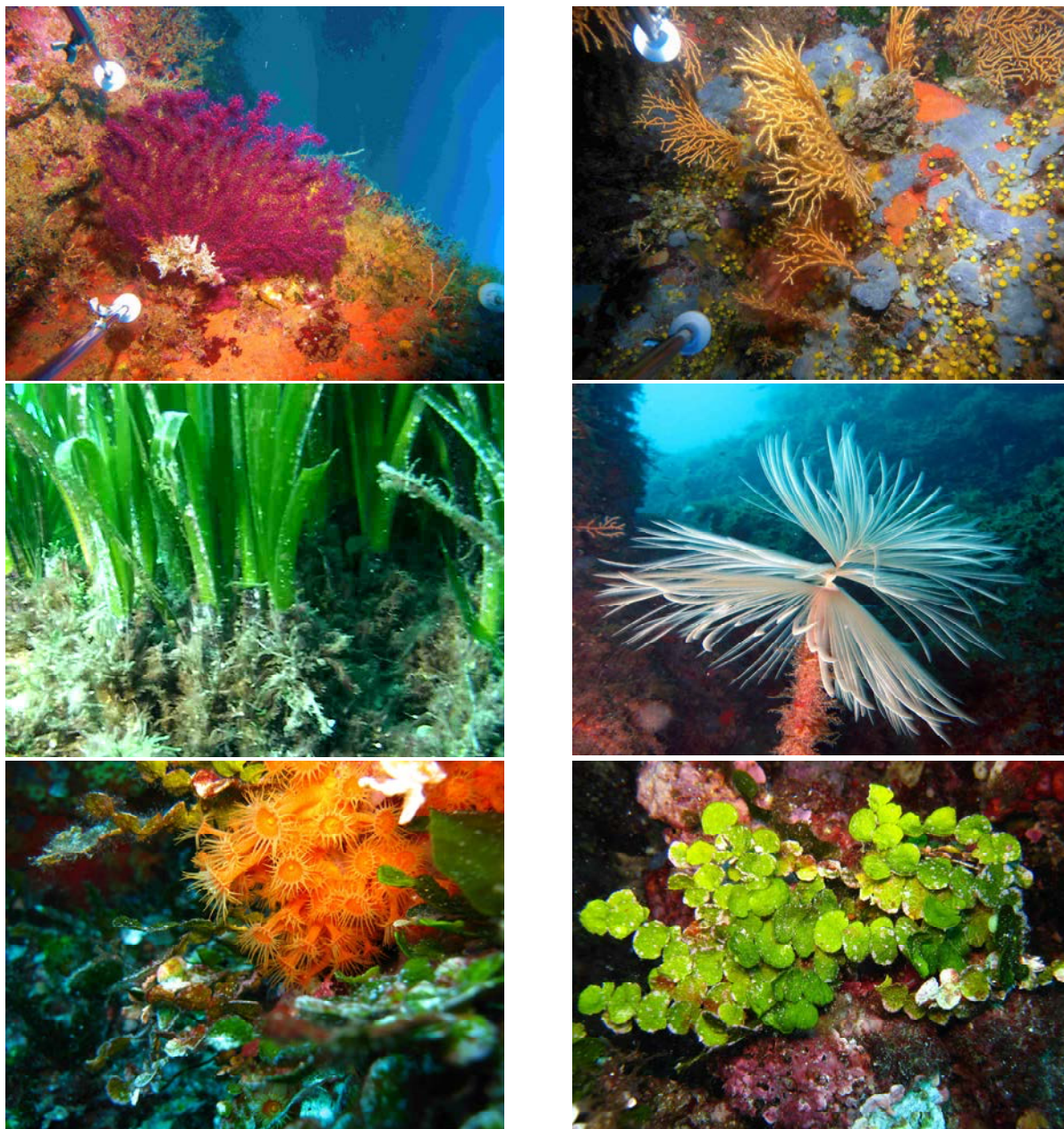
In accordo con la Regione Toscana, ARPAT ha stabilito di effettuare nel 2010 il monitoraggio OPERATIVO su 3 corpi idrici a rischio (3 stazioni) e il monitoraggio di SORVEGLIANZA su 8 corpi idrici probabilmente a rischio (10 stazioni).

I parametri biologici indagati (biota) sono fitoplancton, macroinvertebrati bentonici, macroalghe, coralligeno e angiosperme (*Posidonia oceanica*). La determinazione dei parametri relativi alle diverse matrici viene eseguita rispettando le metodiche ufficiali. La classificazione è effettuata sulla base della valutazione degli Elementi di Qualità Biologica (EQB), degli elementi fisico-chimici, chimici (inquinanti specifici) e idromorfologici. Il nuovo piano di monitoraggio, con inizio a febbraio 2010, ha previsto punti di campionamento posti all'interno di 19 transetti.

Benché l'Isola del Giglio non rientrasse nella programmazione di monitoraggio, l'ARPAT, nel settembre del 2011, si è in ogni caso recata sull'isola eseguendo alcuni sopralluoghi mirati alla conoscenza della prateria di *Posidonia oceanica*, in particolare quella di Cala Cupa, e del coralligeno di Secca della Croce.

Il 13 gennaio 2012 l'incidente della Costa Concordia, verificatosi lungo le coste dell'isola del Giglio, ha rappresentato una seria minaccia vista il pregio naturalistico di questo particolare ambiente. Il punto in cui si è verificata la collisione, in prossimità de Le Scole, fa parte della zona A terrestre del Parco Nazionale dell'Arcipelago Toscano, una zona altamente protetta.

I fondali intorno all'isola del Giglio in genere, ed in quest'area in particolare, sono caratterizzati da specie ad elevato interesse ecologico e biologico come: *Paramuricea clavata*, *Eunicella singularis*, *Posidonia oceanica*, Spirografi *Parazoanthus axinellae* e *Halimeda tuna* (Fig. 1).



**Figura 1.** Elementi di particolare pregio dell'isola del Giglio.

Sulla base di questo, vista la possibile minaccia legata ad eventuali sversamenti e a possibili alterazioni dell'ambiente marino costiero, sia dal punto di vista biologico che chimico fisico, si è ritenuto necessario attuare repentinamente un programma di monitoraggio di qualità delle acque in collaborazione con ISPRA. Tale programma, che ha seguito la metodologia ufficiale prevista dalla normativa vigente, approvato dalla Regione Toscana ed eseguito dall'Agenzia come sopra specificato, ha previsto la raccolta di campioni di acqua per la valutazione dei parametri chimico fisici e la presenza di eventuali contaminanti con risultati disponibili nell'immediato. Per valutare l'eventuale impatto sulle comunità biologiche legato alla presenza di fenomeni di inquinamento sono stati effettuati campionamenti su tre matrici biologiche: macroalghe della fascia intertidale, *Posidonia oceanica* e Coralligeno (Fig. 2).

Le macroalghe, essendo localizzate nella fascia di marea, sono più sensibile a fenomeni di contaminazioni legate a sostanze fluttuanti sulla superficie dell'acqua. Nel caso di inquinamento da parte di sostanze che interessano la colonna di acqua, o addirittura il sedimento marino, le altre due matrici biologiche (posidonia e coralligeno) ci consentano di poter valutare possibili alterazioni del loro stato ecologico nel tempo, in conseguenza della perturbazione. Le risposte ad una eventuale contaminazione, infatti, si hanno in un arco di tempo che può andare da alcuni mesi fino ad alcuni anni, nel caso in cui l'impatto antropico sia elevato. Da qui la necessità di ripetere questo tipo di indagine nel tempo, prevedendo stagioni estive e stagioni invernali di campionamento.

La durata del campionamento è in funzione anche delle risposte che si hanno durante le stagioni di monitoraggio.

Associare un monitoraggio di tipo fisico chimico con una ricerca di tipo biologico ci consente di avere una conoscenza ottimale dello stato dell'ambiente indagato. In questo modo è possibile valutare nel tempo le eventuali variazioni dello stato ecologico, attuando così una strategia di approccio ecosistemico integrato che ci consente quindi di poter intervenire in modo da preservare questi ambienti di particolare pregio naturalistico.



**Figura 2.** Localizzazione dei punti di campionamento per le tre matrici analizzate (la linea rossa indica il campionamento delle macroalghe).



# RELAZIONE CARLIT ISOLA DEL GIGLIO (STAGIONE INVERNALE)

## **Introduzione**

L'applicazione della *European Water Framework Directive* (WFD, 2000/60/CE) richiede la valutazione dello stato ecologico delle acque costiere per poi attuare piani di gestione che evitino futuri peggioramenti della qualità del litorale, e dove necessario la incrementino. Per raggiungere e mantenere un buono stato ecologico dei corpi idrici, la WFD fornisce le linee generali su come valutare tale stato.

La metodologia, denominata CARLIT (*Cartography of Littoral and upper-sublittoral rocky-shore communities*) è basata sulla presenza e l'abbondanza delle macroalghe che colonizzano la zona di frangia corrispondente alla zona di transizione tra il mesolitorale e l'infralitorale. Tale indice tiene conto del valore ecologico delle singole comunità, stabilito da esperti del settore, sulla base dell'andamento della distribuzione delle comunità bentoniche litorali osservata in zone di riferimento. Inoltre vengono considerati anche alcuni parametri quali ad esempio la tipologia di substrato (naturale o artificiale), nonché quello della costa interessata.

Questa metodologia è stata proposta da vari paesi mediterranei per il monitoraggio e la valutazione della qualità biologica delle acque costiere, al fine di adempiere ai requisiti dettati dalla WFD 2000/60/CE.

## **Obiettivi**

Questo lavoro è stato richiesto per valutare lo stato ecologico dei popolamenti macroalgali dell'Isola del Giglio al momento del tragico evento della nave Costa-Concordia prima che venisse effettuato il *defueling* della nave. Le informazioni così ottenute rappresentano il tempo zero ( $t_0$ ), cioè la situazione attuale, il cui valore ecologico viene calcolato in modo da essere successivamente confrontato con quello che sarà ottenuto in funzione delle future indagini che saranno effettuate annualmente nel tempo ( $t_1$ ,  $t_2$ , ecc.). Questo ci permetterà di cogliere eventuali perturbazioni del popolamento stesso e valutare così la presenza di possibili impatti antropici.

## **Materiali e metodi**

Il rilevamento sul campo è stato effettuato nel periodo invernale, mediante l'utilizzo di una piccola imbarcazione. Durante il campionamento l'imbarcazione deve essere tenuta il più vicino possibile alla costa. Inoltre è stato utilizzato un GPS portatile per segnare il punto nave ogni qualvolta cambiava il tipo di popolamento. In alcuni casi per il riconoscimento del popolamento macroalgale



è richiesta l'immersione da parte dell'operatore munito di attrezzatura subacquea e l'eventuale raccolta di campioni per la successiva determinazione in laboratorio.

I corpi idrici altamente modificati dall'uomo, come le parti interne di porti o porticcioli, oppure zone con sabbia, non sono state campionate perché non rispecchiano la qualità ambientale delle coste adiacenti.

I dati registrati su una apposita lavagnetta sono stati successivamente inseriti su un foglio di calcolo, mentre i dati rilevati mediante GPS sono stati visualizzati su *Google Earth*. In questo modo è possibile associare ad ogni settore un livello di qualità ecologica (tab. 1).

**Tabella 1.** Valori di sensibilità associati alle comunità caratteristiche delle scogliere superficiali.

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

\* Formazioni organogene tipiche della Sicilia e di altre regioni del Sud Italia.

\*\* In caso di presenza di rare piante isolate di *C. amentacea/mediterranea*, si annota anche la comunità dominante (valore di sensibilità risultante: valore medio).

Una volta definito il livello di qualità ecologica di ogni settore viene calcolato, sulla base dei valori di riferimento associati ad ogni tipo di costa (alta, bassa, naturale, artificiale) (tab. 2), il valore di EQR definendo quindi lo stato ecologico e l'eventuale impatto presente.

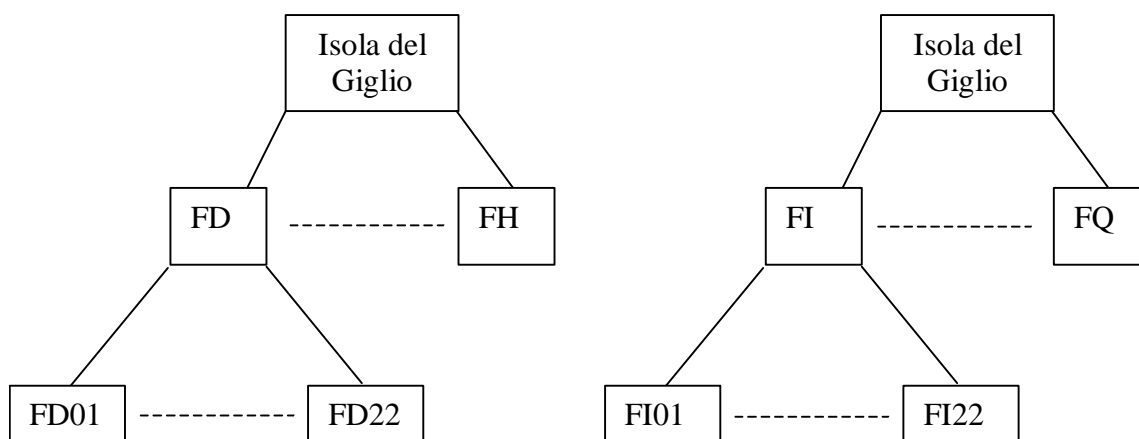
**Tabella 2.** Caratteristiche utilizzate per la definizione delle categorie geomorfologiche rilevanti.

1- Morfologia della costa	Codice
a. Blocchi metrici	BM
b. Falesia bassa	FB
c. Falesia alta	FA
2- Inclinazione della frangia infralitorale	Codice
a. Orizzontale (0-30°)	O
b. Sub-verticale (30-60°)	SV
c. Verticale(60-90°)	V
d. Strapiombante	St
3- Orientazione della costa	Codice
a. Nord	N
b. Nord-Est	NE
c. Est	E
d. Sud-Est	SE
e. Sud	S
f. Sud-Ovest	SO
g. Ovest	O
h. Nord-Ovest	NO
4- Grado di esposizione all'idrodinamismo	Codice
a. Esposto	E
b. Calmo	C
5- Tipo naturale artificiale	Codice
a. Naturale	N
b. Artificiale	A

E' stata inoltre rappresentata graficamente la distribuzione dei popolamenti macroalgali dei singoli siti.

### **Disegno di campionamento**

All'interno dell'area di indagine sono stati scelti 5 siti per quanto riguarda la parte a nord dell'isola e 7 per quella a sud (Fig.3). Ciascun sito è stato a sua volta suddiviso in 22 settori di 50 metri ciascuno.





**Figura 3.** Rappresentazione dei settori monitorati.

## ***Analisi dei dati***

Dall'analisi dei dati risulta che, per quanto riguarda la parte a nord dell'isola, la maggiore percentuale di copertura di circa il 36% è attribuibile alla categoria ecologica (SL) 19 che corrisponde al popolamento macroalgale di *Cystoseira* IV (tab. 3). Le percentuali comprese tra il 10 e il 20% riguardano le categorie ecologiche 8, 12 e 15, mentre le categorie 20, 10 e 6 sono inferiori al 10%.

**Tabella 3.** Valori percentuali delle categorie ecologiche e loro frequenze

<b>nord</b>	<b>SL</b>	<b>n° SL area</b>	<b>% SL</b>
	20	4	3.7
	19	39	35.8
	15	19	17.4
	12	17	15.6
	10	7	6.4
	8	18	16.5
	6	5	4.6

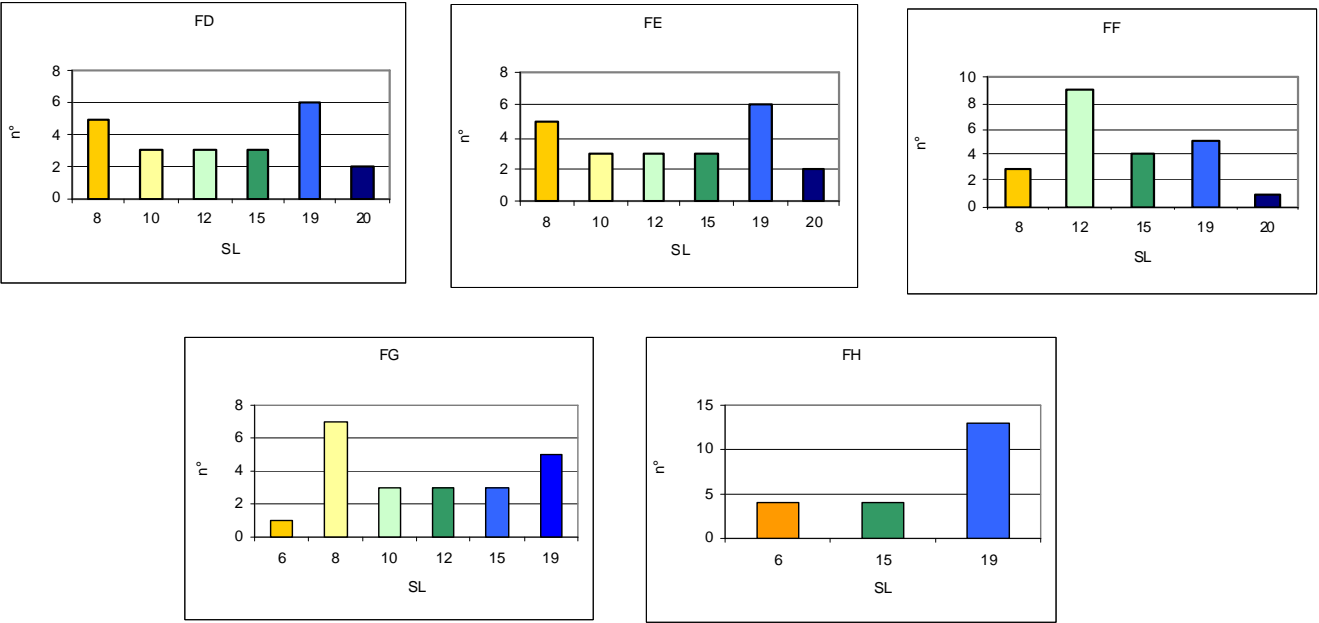
L'analisi dei valori di copertura della zona indagata a sud dell'isola presenta valori superiori al 20% per le categorie ecologiche 20 e 15, valori intorno al 20% per la categoria 19 (tab. 4). Le categorie 12 e 8 presentano valori superiori al 10% mentre la categoria 6 ha valori di poco superiori al 3%.

**Tabella 4.** Valori percentuali delle categorie ecologiche e loro frequenze

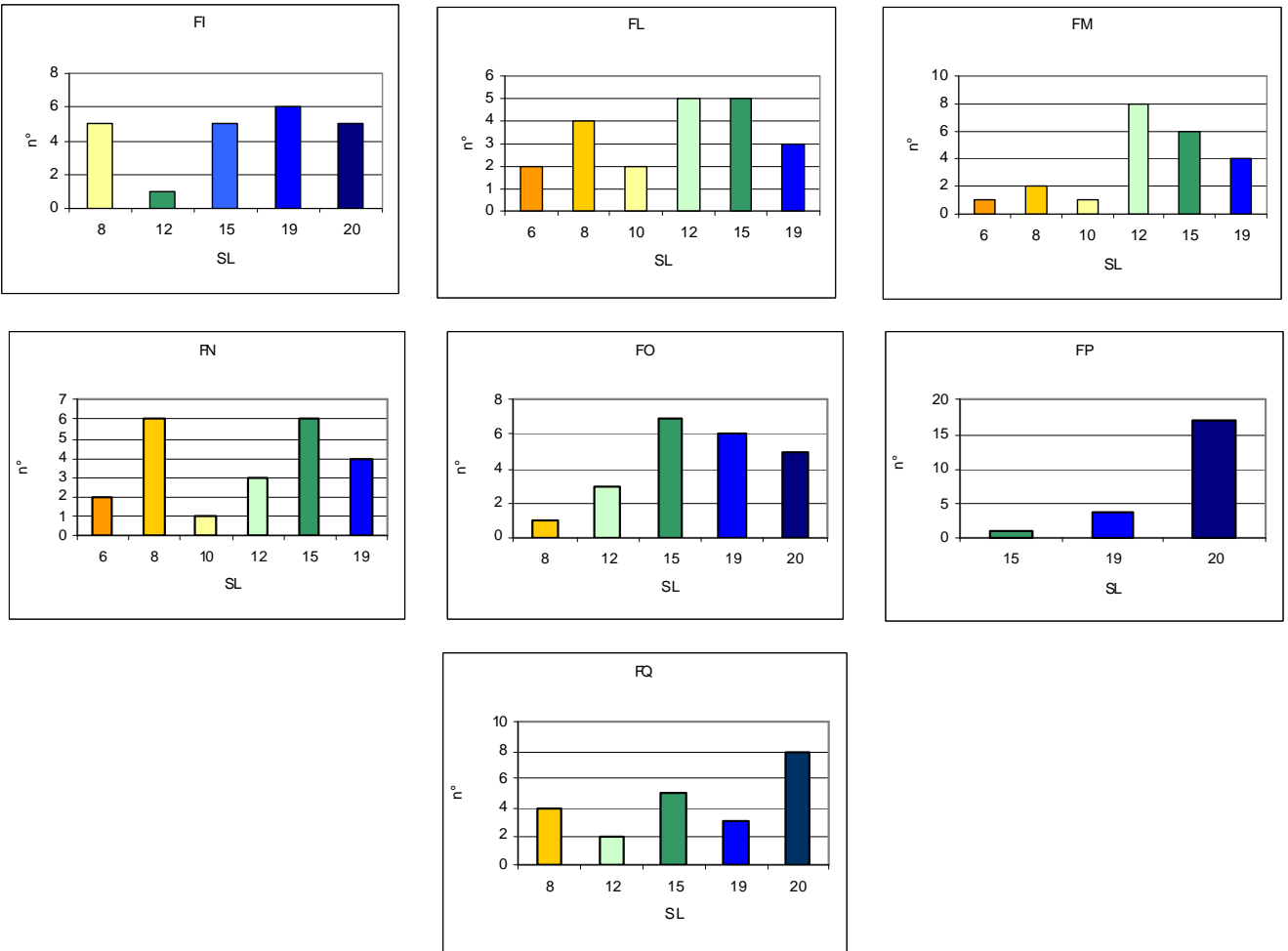
<b>sud</b>	<b>SL</b>	<b>n° SL area</b>	<b>% SL</b>
	20	35	22.9
	19	30	19.6
	15	35	22.9
	12	22	14.4
	10	4	2.6
	8	22	14.4
	6	5	3.3

Per entrambe le aree, per ogni sito, è stata definita la frequenza con la quale ogni categoria ecologica era registrata all'interno dello stesso. Tale frequenza è stata riportata nei grafici sottostanti (Graf. 1 e 2).

**Grafico 1.** Frequenza delle categorie ecologiche (SL) nell'area NORD

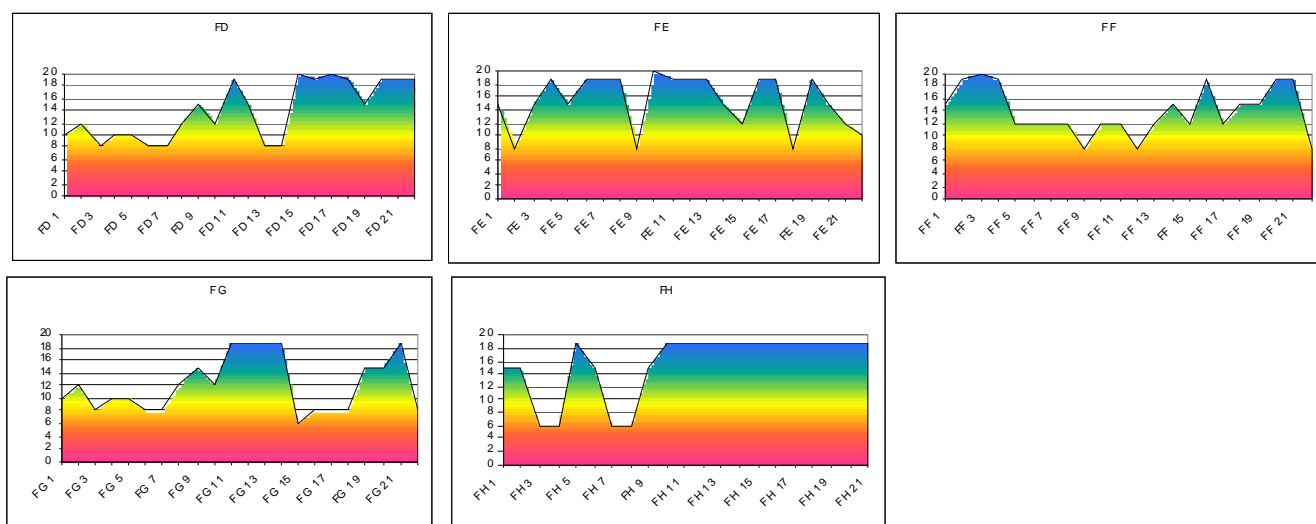


**Grafico 2.** Frequenza delle categorie ecologiche (SL) nell'area SUD

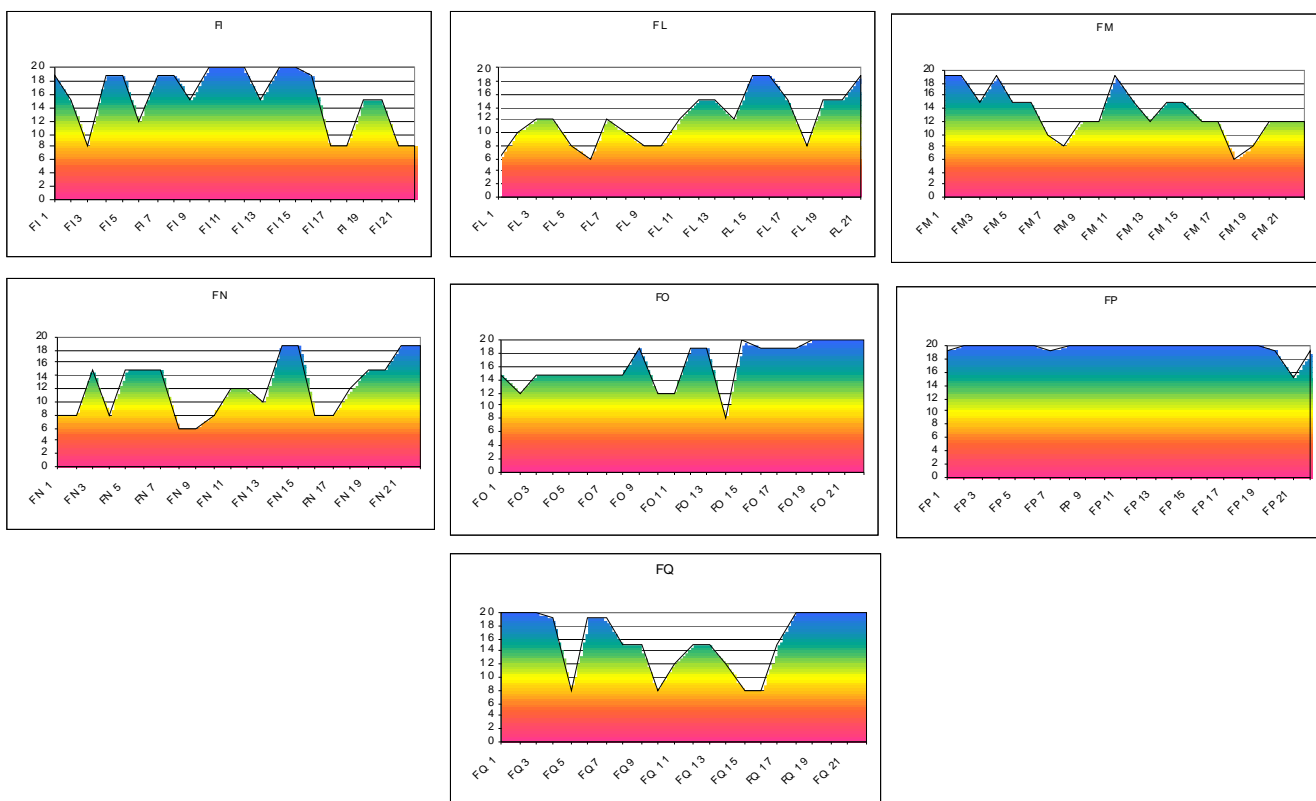


Per ogni settore di ciascun sito è stata rappresentata graficamente la distribuzione delle diverse categorie ecologiche. In questo modo è stato possibile illustrare l'andamento spaziale delle categorie ecologiche da un sito all'altro e quindi progressivamente lungo la linea di costa (graf. 3 e 4).

**Grafico 3.** Andamento delle categorie ecologiche per sito – Area NORD



**Grafico 4.** Andamento delle categorie ecologiche per sito – Area SUD



Per le due aeree indagate è stato calcolato il valore di EQR per ciascun sito e il valore di EQR medio per tutta l'area. Per quanto riguarda la parte a nord (tab. 5) ad eccezione del valore corrispondente al sito FG, di poco superiore a 0.8, gli altri siti presentano valori superiori a 0.9 e addirittura a 1 nei siti FE e FH. Per l'intera area il valore di EQR calcolato è risultato essere pari a 0.96.

**Tabella 5.** Valori di EQR per i singoli siti e EQR medio area NORD

nord	siti	EQR	EQR medio area
	FD	0.99	0.96
	FE	1.05	
	FF	0.91	
	FG	0.81	
	FH	1.04	

La parte a sud dell'isola presenta per ognuno dei siti indagati valori superiori a 1 ad eccezione del sito FI per il quale si registra un valore pari a 0.9 (tab. 6). L'intera area presenta un valore medio di EQR di 1.02.

**Tabella 6.** Valori di EQR per i singoli siti e EQR medio area SUD

sud	siti	EQR	EQR medio area
	FI	0.90	1.02
	FL	1.03	
	FM	1.03	
	FN	1.10	
	FO	1.03	
	FP	1.02	
	FQ	1.03	

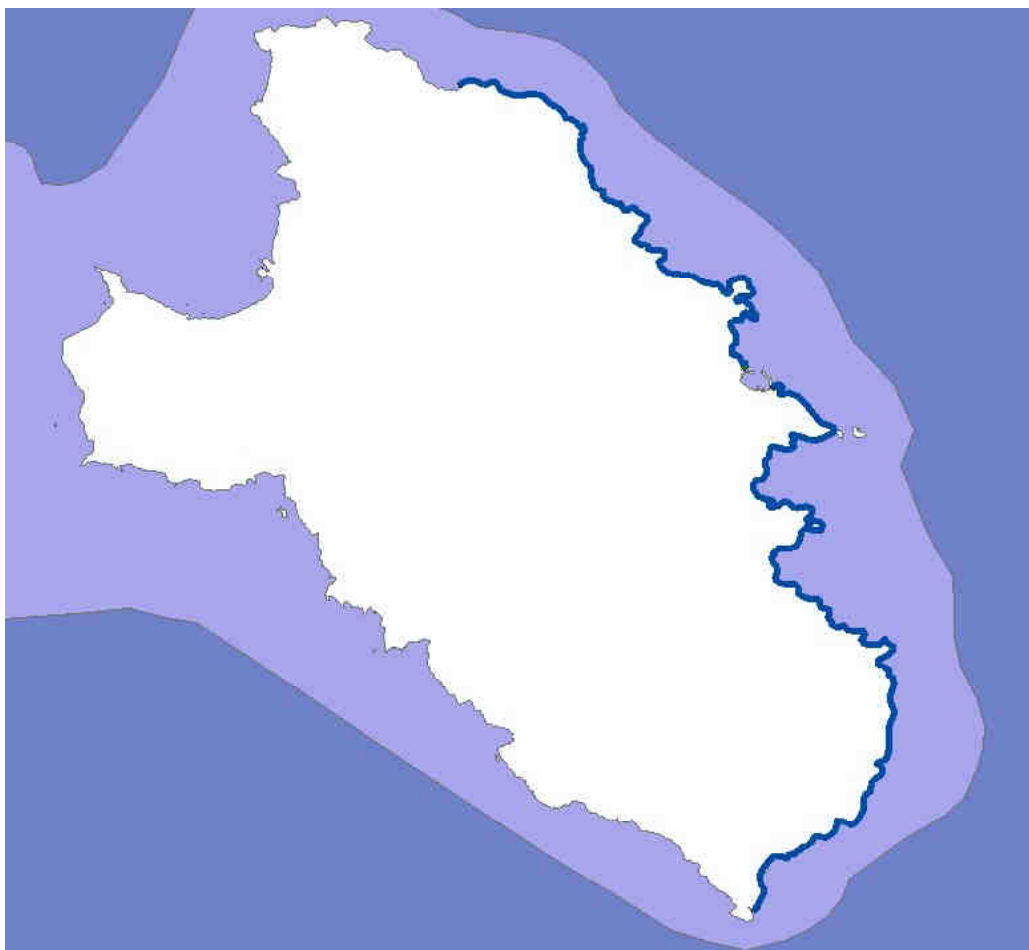
Al valore di EQR medio calcolato per ogni area è stato possibile associare un corrispondente stato ecologico e l'eventuale disturbo antropico (tab. 7)

**Tabella 7.** Grado di disturbo e stato ecologico per i differenti valori di EQR

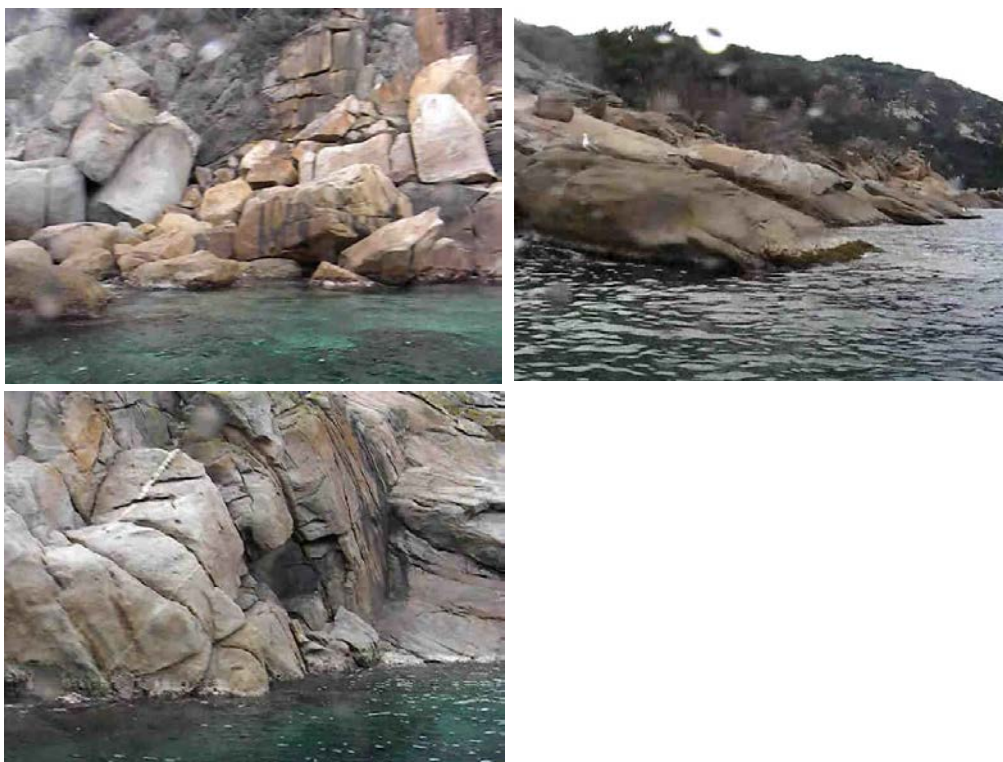
EQR	Disturbo	Stato	Colore
>0,75 - 1,00	Nessuno o molto poco	Elevato	Blu
>0,60 - 0,75	Leggero	Buono	Verde
>0,40 - 0,60	Moderato	Sufficiente	Giallo
>0,25 - 0,40	Rilevante	Scarso	Arancio
0,00 - 0,25	Forte	Cattivo	Rosso

Lo stato ecologico risultante è stato rappresentato per le due aree campionate (Fig. 3). Inoltre vengono di seguito riportate alcune fotografie che descrivono alcune caratteristiche dell'ambiente indagato (Figg. 4 e 5).





**Figura 3.** Rappresentazione dello stato di qualità ecologica delle due aree monitorate.



**Figura 4.** Tipologia di costa: blocchi decametrici (sinistra), costa bassa (destra) e costa alta (in basso).



**Figura 5.** Rappresentazione di tre popolamenti tipici dell'isola del Giglio: *Corallina* e *Cystoseira* IV (destra) e cintura di *Cystoseira* (V) (sinistra basso).

## **Osservazioni e Conclusioni**

Le comunità bentoniche litorali sono buoni indicatori biologici di cambiamenti ambientali perché sono state esaustivamente studiate in tutte le coste europee, sono parte integrante dei cambiamenti ambientali negli ecosistemi marini e risentono fortemente dell'inquinamento.

Le comunità di *Cystoseira mediterranea* o *Cystoseira stricta* sono considerate come le più evolute comunità delle coste del Mediterraneo ad alto o moderato idrodinamismo, alta irradiazione e buona qualità dell'acqua.

Le formazioni calcaree costituite da *Lithophyllum byssoides* (e altre Corallinacee come *Neogoniolithon brassica-florida*) prosperano in acque con idrodinamismo molto alto e irradiazione relativamente bassa dove usualmente non si sviluppano le comunità di *Cystoseira mediterranea/stricta*, ma sono ugualmente indicatrici di una qualità dell'acqua molto buona. In ambiente con idrodinamismo ridotto queste comunità sono sostituite da altre dominate da specie differenti del genere *Cystoseira* o altre alghe brune.

Le comunità dominanti all'isola del Giglio sono costituite da popolamenti a *Cystoseira* e questo denota un elevato stato ecologico ed un impatto ecologico assente. Tale caratteristica si ritrova sia nell'area a nord, sia in quella a sud anche se in quest'ultima il valore di EQR medio è superiore a quello calcolato per l'area nord.

Anche se il rilevamento è stato effettuato nella stagione invernale, invece che nel periodo aprile-giugno come previsto dalla metodologia ISPRA, il popolamento presente è analogo a quello presente nell'Isola di Montecristo. Questa similitudine può essere spiegata con l'analoga tipologia di roccia e con l'appartenenza di entrambe le isole al Parco dell'Arcipelago Toscano, nell'ambito del quale, la qualità dell'acqua risulta in genere elevata.

Le indagini future, da compiere a distanza di un anno, potranno consentire di valutare le eventuali variazioni temporali dei valori di EQR. In questo modo sarà possibile definire i cambiamenti nel popolamento presente nelle due aree indagate e collegare questi a possibili fenomeni di inquinamento o in generale di disturbo antropico.

# RELAZIONE POSIDONIA OCEANICA ISOLA DEL GIGLIO (STAGIONE INVERNALE)

## **Introduzione**

Le praterie sommerse di *Posidonia oceanica* costituiscono uno tra i popolamenti più studiati e più rappresentativi del piano infralitorale del Mediterraneo. Specie endemica di questo mare, la posidonia riveste un importante ruolo di protezione delle coste dall'erosione, stabilizzazione e consolidamento dei fondali, ossigenazione delle acque e contribuisce alla produzione ed esportazione di grandi quantità di materia vegetale. Inoltre, la sua notevole sensibilità ad ogni perturbazione naturale o artificiale in atto nell'ambiente, la rende un ottimo indicatore biologico per determinare le qualità delle acque marine costiere. Per tutti questi motivi e non solo, *Posidonia oceanica* rappresenta uno degli ecosistemi più stabili del Mediterraneo e pertanto è stata inserita nell'allegato A della Direttiva Habitat (92/43/CEE), che individua tutti i Siti d'Interesse Comunitario (SIC) che necessitano di tutela, recepita nell'ordinamento italiano dal D.P.R. n° 357 del 08/09/1997. *P. oceanica* è inoltre specie protetta in quanto inclusa nell'allegato II (pubblicato sul supplemento ordinario alla gazzetta ufficiale S.G. n° 146 in data 24/06/99) della convenzione di Berna del 19/11/1979 relativa alla "conservazione della vita selvatica dell'ambiente naturale in Europa", ratificata in Italia con la legge n° 503 del 05/ 08/ 1981 (pubblicata nella gazzetta ufficiale n° 250 dell'11/9/1981). E', infine, inserita nell'Annesso II alla convenzione di Barcellona del 1995 per la protezione del Mediterraneo dall'inquinamento, ratificata in Italia con legge n° 175 del 27/05/99.

La *Water Framework Directive* (WFD) stabilisce una politica di monitoraggio e protezione dello stato ecologico delle acque superficiali e sotterranee nell'ambito dei paesi dell'Unione europea (EC, 2000), includendo anche le acque marine. Il suo obiettivo principale è quello di raggiungere almeno un "buono stato ecologico" per tutte le acque superficiali entro il 2015. La WFD prescrive anche che lo stato di ogni corpo idrico sia valutato sulla base di elementi di qualità biologici, idromorfologici, fisico-chimici. Gli elementi di qualità biologica (EQB) sono definiti come organismi o gruppi di organismi che sono sensibili al disturbo, includendo diversi gruppi di organismi. L'applicazione della WFD per le acque costiere ha previsto lo sviluppo di nuove metodologie basate anche sulle fanerogame marine della specie *P. oceanica* (Krause-Jensen *et al.*, 2005; Romero *et al.*, 2007).

## Materiali e Metodi

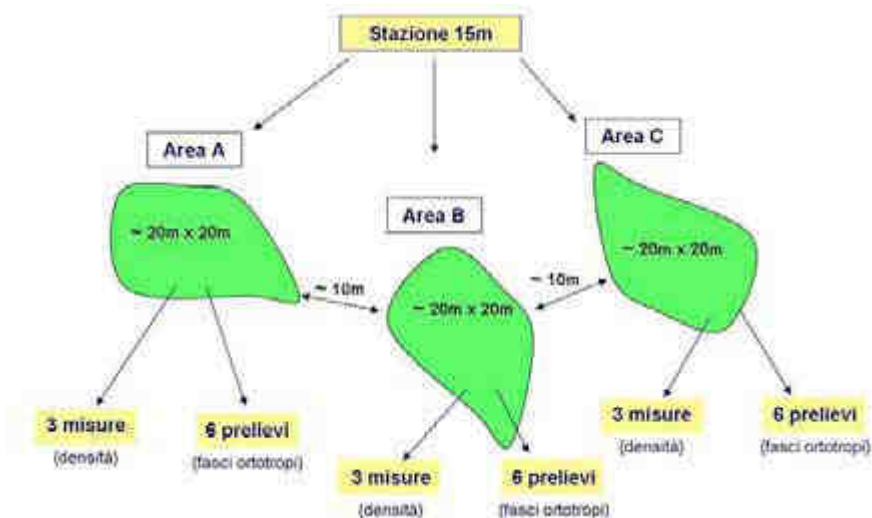
All'Isola del Giglio, in riferimento all'evento del naufragio della nave Concordia ed al monitoraggio di *P. oceanica*, sono state scelti due siti di campionamento, uno a nord rispetto alla poppa della nave, posizionato a Cala Cupa, ed uno a sud della prua della nave posizionato presso la Cala delle Cannelle.

Per *P. oceanica* la strategia di campionamento prevede due stazioni per ogni sito: una definita “intermedia”, posta a 15 m di profondità, ed una “profonda” in corrispondenza del limite inferiore (fig. 6).

Per quanto riguarda la problematica legata al disastro della nave Concordia, il monitoraggio si è concentrato solo sulla stazione intermedia ed ha avuto lo scopo di registrare i parametri essenziali per il calcolo dell'indice PREI (*Posidonia oceanica* Rapid Easy Index). La quasi totalità dei dati necessari deve essere raccolta da subacquei in immersione.

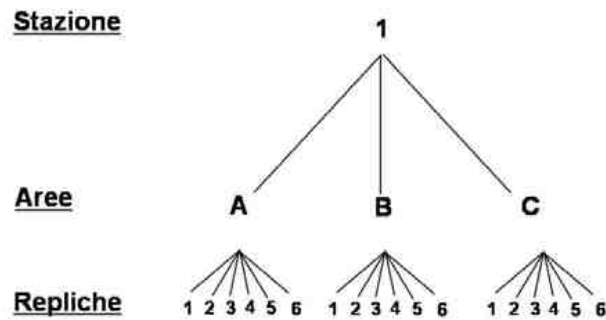
### Disegno di campionamento

La strategia di campionamento eseguita è quella proposta da ISPRA, mostrata in fig. 6.



**Figura 6.** Strategia di campionamento gerarchica richiesta per il monitoraggio di *Posidonia oceanica* sulla stazione di 15 m.

Una strategia di campionamento gerarchica (Fig. 7) permette di avere una confidenza statistica più elevata e di ridurre la probabilità di includere errori di interpretazione dei dati dovuti alla variabilità naturale della prateria.



**Figura 7.** Schema di una strategia di campionamento gerarchica.

La strategia di campionamento gerarchica richiesta per la stazione a 15 m, include la definizione di 3 aree (400 m<sup>2</sup> circa ciascuna, distanziate di 10 m tra loro) in ciascuna delle quali sono effettuate:

- 3 repliche per le misure di densità
- 6 repliche per i prelievi di fasci ortotropi (Fig. 6).

Le repliche in una stessa area devono essere distanziate, tra di loro, di almeno 1 metro. L'ultima replica in un'area e la prima replica dell'area seguente, devono essere distanziate di circa 10 metri.

Il campionamento dei fasci fogliari deve essere condotto preferibilmente su praterie impiantate su substrati sabbiosi o su matte (escluso roccia). I fasci da prelevare non devono essere né terminali, né doppi (in divisione) e possibilmente lunghi.

Per ciascuna delle 3 aree, oltre alle misure e i prelievi di cui sopra, dovranno essere effettuate delle stime relative a: ricoprimento della *P. oceanica*, tipo di substrato, continuità della prateria, % matte morta, % *Caulerpa racemosa* e *Caulerpa taxifolia*, % *Cymodocea nodosa*. Tali stime dovranno essere valutate da due operatori indipendenti ed espresse come percentuale. Le valutazioni dovranno poi essere mediate per determinare la stima complessiva.

Per la stazione a 15 m possono essere inoltre valutati alcuni parametri aggiuntivi, quali l'intensità della luce e della temperatura. Una categoria di strumenti il cui uso è sempre più diffuso è costituita da *data loggers*, strumenti di piccole dimensioni che possono essere lasciati in *situ* e permettono di ottenere una notevole risoluzione spaziale e temporale delle misure in continuo. Le caratteristiche dei modelli utilizzabili sono illustrate nel "Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo" cui si può fare riferimento (Lorenti M., De Falco G. 2003). Di norma tali strumenti sono di forma cilindrica o circolare e hanno dimensioni variabili tra i 7 e i 13 cm, l'accuratezza dichiarata varia tra + 0,2 e 0,05 °C, mentre gli intervalli di campionamento vanno dal secondo alle 90 ore (Fig. 8). Le procedure di utilizzo della sonda *data loggers* prevedono le seguenti fasi:

- la programmazione dell'attività del sensore della luce e della temperatura e l'impostazione degli intervalli temporali di acquisizione dei dati (preferibilmente ogni 30 minuti) con l'ausilio dell'apposito software dedicato previo collegamento al computer (operazione da eseguire in barca o in laboratorio);
- la collocazione e l'ancoraggio *in situ* del *data loggers* (mediante picchetti o corpi in cemento muniti di piccole boe). E' necessario posizionare la sonda tra le foglie di *P. oceanica* evitando che essa sporga troppo, segnalare con un sistema GPS le coordinate di riferimento del luogo dove è stata riposta la sonda;
- scarico dei dati, che può avvenire direttamente sott'acqua (grazie all'impiego di un apposito *shuttle*, come quello mostrato in fig. 8) o una volta che l'attrezzo è stato riportato in superficie. Lo scarico dei dati avviene mediante lo stesso software di gestione, che in genere permette anche l'elaborazione di grafici.

Un *data logger Hobo pendant* è stato posizionato alla profondità di circa 15 m in entrambe le stazioni di campionamento.



**Figura 8.** Il data logger per la registrazione in continuo di luce e temperatura (a sinistra) e lo *shuttle* per il *download* dei dati anche in immersione (a destra).

Per l'EQB *P. oceanica* si applica l'Indice PREI (*Posidonia oceanica* Rapid Easy Index). L'Indice PREI include il calcolo di cinque descrittori:

- la densità della prateria (fasci m<sup>-2</sup>);
- la superficie fogliare fascio, (cm<sup>2</sup> fascio<sup>-1</sup>);
- il rapporto tra la biomassa degli epifiti (mg fascio<sup>-1</sup>) e la biomassa fogliare fascio (mg fascio<sup>-1</sup>);
- la profondità del limite inferiore;
- la tipologia del limite inferiore.

La densità della prateria, la superficie fogliare fascio e il rapporto tra la biomassa degli epifiti e la biomassa fogliare vengono valutati alla profondità standard di 15 m, su substrato sabbioso. Tra questi parametri, la densità è l'unica misura che viene effettuata direttamente in mare, in



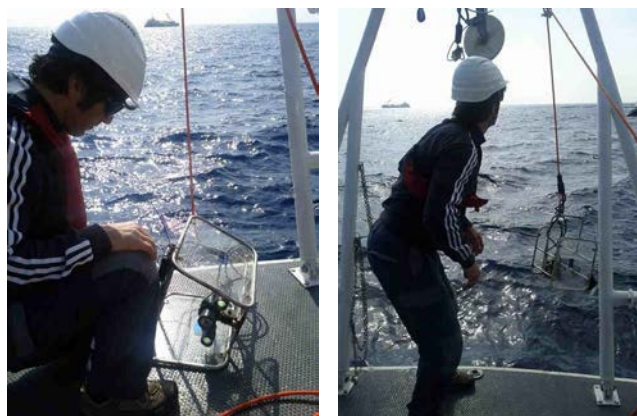
immersione da parte degli operatori subacquei. La misura della densità è effettuata contando i fasci presenti all'interno di quadrati di 40x40 cm di lato (Fig. 9). I numeri di fasci per quadrato devono essere poi estrapolati al m<sup>2</sup>.



**Figura 9.** Il quadrato utilizzato per la misura della densità dei fasci fogliari.

La superficie fogliare per fascio risulta dall'interpretazione dei dati di larghezza, lunghezza e numero di foglie, parametri morfometrici misurati in laboratorio sui fasci prelevati seguendo il protocollo di Giraud (1979), ripreso anche in Buia *et al.* (2003). Una volta misurati i parametri morfometrici, le foglie vengono conservate per la misura dei parametri di biomassa, espressi in mg di peso secco. Le foglie ed epifiti (una volta asportati dalle foglie) vengono, infatti, seccati separatamente in stufa a 60°C per circa 48h fino ad ottenere un peso costante e poi pesati.

Per la valutazione del tipo e della profondità del limite inferiore è stata impiegata una telecamera filoguidata in immersione (Fig. 10). La telecamera subacquea è stata calata dalla poppa del Poseidon e portata in prossimità del fondo. Il cavo di collegamento tra la telecamera e la *deck unit* trasmette le immagini sul monitor ed i filmati trasmessi sono registrati sull'apposito computer di bordo. In questo modo è possibile, una volta incontrato, registrare la profondità a cui si trova il limite inferiore della prateria indagata e osservare la sua tipologia che viene classificata in base ad alcune categorie: limite netto, regressivo, progressivo, stabile.



**Figura 10.** Telecamera filoguidata e le operazioni di immersione dal battello Poseidon.

Il valore dell'indice PREI varia tra 0 e 1. Il risultato finale della sua applicazione non fornisce un valore assoluto, ma direttamente il rapporto di qualità ecologica. Nel sistema di classificazione lo stato cattivo corrisponde a una recente non sopravvivenza di *P. oceanica*, ovvero, alla sua scomparsa da meno di cinque anni.

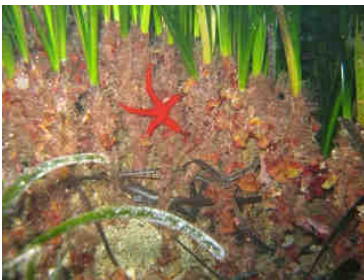
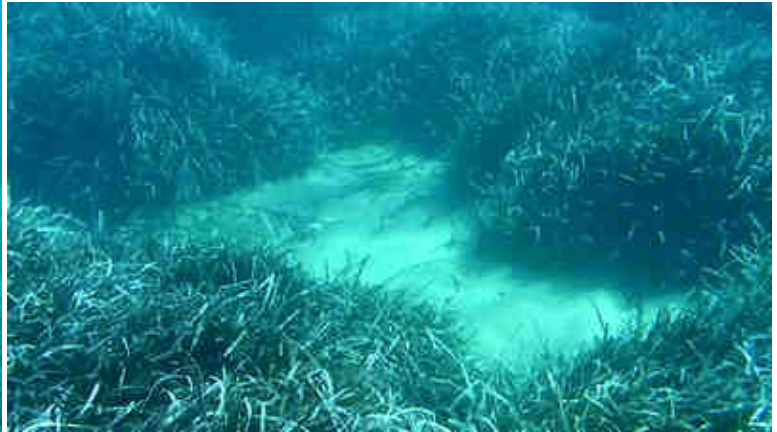
EQR	STATO ECOLOGICO	CONDIZIONI DI RIFERIMENTO
1 – 0,775	<b>Elevato</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Superficie fogliare fascio 310 cm<sup>2</sup> fascio-1</li> <li>• Biomassa epifiti/Biomassa fogliare 0</li> <li>• Profondità limite inferiore 38 m</li> <li>• Densità 599 fasci m<sup>-2</sup></li> </ul>
0,774 – 0,550	<b>Buono</b>	
0,549 – 0,325	<b>Sufficiente</b>	
0,324 – 0,100	<b>Scarso</b>	
< 0,100 – 0	<b>Cattivo</b>	

## ***Analisi dei dati***

### **Cala Cupa**

Questo sito è stato indagato il 26 gennaio 2012.

La prateria di *P. oceanica* è piuttosto rigogliosa anche se risulta discontinua per la presenza di solchi e chiazze al suo interno. Il substrato di impianto, leggermente inclinato, è di tipo sabbioso-organogeno anche se gran parte della prateria alla profondità di circa 1 m si sviluppa su matte. Il limite della prateria, registrato in immersione, si aggira intorno ai 18-20 m (quello mostrato nelle fotografie riportate sotto), ma questo rappresenta solo un limite laterale di questa porzione della prateria. Il limite inferiore, registrato con la telecamera filoguidata, si aggira invece intorno a 31 m di profondità ed è di tipo progressivo (indicato dalla presenza di numerosi rizomi in crescita verso il fondo). Il ricoprimento è di circa l'82% ed è rappresentato per il 100% da posidonia.



### **Cala delle Cannelle**

Questo sito è stato indagato il 17 febbraio 2012.

La prateria di *P. oceanica* si presenta molto rigogliosa con un ricoprimento pari a circa l'85 %, rappresentato per il 95% dalla sola pianta di posidonia. La prateria è pura e continua, impiantata su substrato sabbioso. La pendenza del fondo è piuttosto elevata ed in pochi metri si raggiungono subito profondità ragguardevoli (oltre i 30 m). A causa di questa grande pendenza non è stato possibile ispezionare in immersione il limite inferiore della prateria. Questo è stato invece fatto, in un momento successivo, grazie all'impiego della telecamera filoguidata che ha mostrato un limite inferiore alla profondità di circa 29 m.



In totale per ogni sito di campionamento sono stati effettuati 9 misure di densità e 3 misure di ricoprimento e sono stati prelevati 18 fasci ortotropi. Il descrittore sintetico più utilizzato per definire una prateria è la densità intesa come numero dei fasci fogliari al metro quadro ovvero, in termini intuitivi, il numero di piante per metro quadro. Sulla base di questo conteggio è possibile classificare la prateria secondo il modello di Giraud (1977) adottato per tutto il bacino mediterraneo:

stadio I (più di 700 fasci/m <sup>2</sup> )	prateria molto densa
stadio II (da 400 a 700 fasci/m <sup>2</sup> )	prateria densa
stadio III (da 300 a 400 fasci/m <sup>2</sup> )	prateria rada
stadio IV (da 150 a 300 fasci/m <sup>2</sup> )	prateria molto rada
stadio V (da 50 a 150 fasci/m <sup>2</sup> )	semi-prateria

per densità inferiori a 50 fasci/m<sup>2</sup> si parla di “ciuffi isolati”.

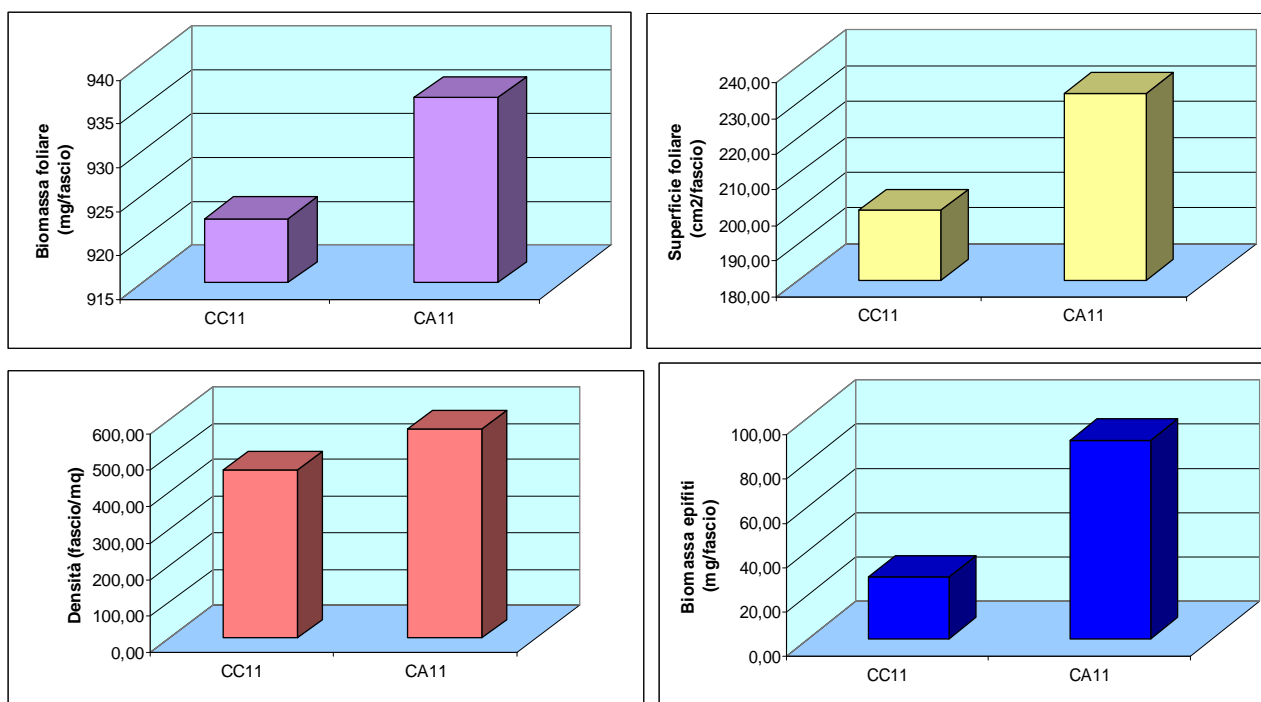
I dati ottenuti dall’analisi sul campo e di laboratorio sono riportati nella tabella che segue.

**Tabella 8.** Parametri e relativi dati registrati per le due stazioni di campionamento

STAZIONE	PARAMETRI	DATI	PREI			
			N	EQR'	EQR	class EQR
CC11	Densità (fascio/m <sup>2</sup> )	462,50	0,77	0,785	0,814	ELEVATO
	Superficie fogliare (cm <sup>2</sup> /fascio)	199,83	0,64			
	Prof limite inf (m)	31,0	0,85			
	Biomassa epifiti (mg/fascio)	28,27	0,48			
	Biomassa Fogliare (mg/fascio)	922,36				
	Tipo di limite ( $\lambda$ ) (*)	3				
CA11	Densità (fascio/m <sup>2</sup> )	572,92	0,96	0,804	0,831	ELEVATO
	Superficie fogliare (cm <sup>2</sup> /fascio)	232,70	0,75			
	Prof limite inf (m)	29,0	0,65			
	Biomassa epifiti (mg/fascio)	90,14	0,45			
	Biomassa Fogliare (mg/fascio)	936,13				
	Tipo di limite ( $\lambda$ ) (*)	0				

**Note:** per le stazioni CC11= Cala Cupa, stazione 15 m; CA11= Cala delle Cannelle, stazione 15 m; (\*) se limite stabile (netto)  $\lambda = 0$ ; se limite progressivo  $\lambda = 3$ ; se limite regressivo  $\lambda = -3$ ; se limite erosivo  $\lambda = 3$

**Grafico 5.** Rappresentazione di alcuni parametri rilevata presso le stazioni a 15 m di profondità dei due siti di campionamento nell'inverno 2012. CC=Cala Cupa, CA=Cala delle Cannelle.





## Osservazioni e Conclusioni

I valori di EQB calcolati per *P. oceanica*, nelle stazioni intermedie a 15 m dei due siti di campionamento di Cala Cupa e Cala delle Cannelle, risultano particolarmente alti e fanno ricadere le praterie indagate nella classe di qualità ambientale più alta.

Località	EQB inverno 2012
Cala Cupa	0,814
Cala delle Cannelle	0,831

I dati di densità di fasci fogliari fanno ricadere entrambe le praterie all'interno dello stadio II (definito come “prateria densa”) secondo la classificazione di Giraud 1977: infatti, il valore per la Cala delle Cannelle è di circa 573 fasci /m<sup>2</sup>, mentre per Cala Cupa è di 462 fasci/m<sup>2</sup>.

Questi dati confermano l'alto pregio ambientale di queste aree dell'Isola del Giglio.

Recentemente (periodo 2007-2011) nell'area antistante il porto dell'Isola del Giglio era stato condotto un monitoraggio di *P. oceanica* a seguito delle attività di adeguamento funzionale del porto da parte del CIBM (Centro Universitario di Biologia Marina ed Ecologia Applicata) di Livorno per conto del Ministero delle Infrastrutture-Ufficio Opere Marittime.

L'area di studio indagata dal CIBM è proprio quella maggiormente interessata dal naufragio della nave Concordia, come si può vedere dalla foto che segue (in rosso i punti di campionamento).



I dati raccolti durante questa attività di monitoraggio possono essere molto utili e interessanti in quanto rappresentano un dato pregresso all'incidente che potrà essere eventualmente messo in correlazione con i dati che si vorranno o potranno raccogliere durante fasi di monitoraggio future, magari successive alla rimozione del relitto. I risultati di questa attività hanno mostrato che la prateria antistante il porto ha risentito dei lavori di adeguamento funzionale del porto in maniera negativa, subendo una evidente regressione a causa della franata di massi di varie dimensioni che ha ricoperto, soffocandola, la pianta; a fronte di questo non è stato possibile ripetere il *survey* in corrispondenza delle medesime stazioni investigate del 2006. Nelle nuove stazioni di campionamento non si ravvisano, attualmente, evidenti segnali di sofferenza nelle caratteristiche fenologiche della pianta. Fa eccezione il coefficiente A (che indica piante danneggiate, con apice rotto) che ha subito un graduale, forte incremento tra il primo e l'ultimo *survey* a testimonianza di un significativo aumento dello stress meccanico. Segnali di alterazione sono inoltre forniti dall'arretramento della prateria in corrispondenza di alcuni 'balise'.

Questo è lo scenario su cui si è inserito l'incidente della Concordia. Non possiamo comunque calcolare un valore di EQB per quest'area perché i dati che sono stati raccolti dal CIBM non rispettano pienamente la metodologia indicata dalla normativa vigente e non consentono quindi il calcolo dell'indice PREI. Questo fatto non permette quindi nemmeno di fare considerazioni di confronto tra l'area antistante il porto e le due aree monitorate da ARPAT. L'unico confronto possibile può essere fatto sulla base della densità dei fasci fogliari che fornisce una prima parziale classificazione della prateria. L'area antistante il porto mostra valori di densità fogliare comprese tra 140 a 270 fasci/m<sup>2</sup>, dati questi che fanno ricadere la prateria in una classe molto bassa, definita "prateria molto rada". Le praterie monitorate da ARPAT ricadono entrambe nella categoria alta definita "prateria densa".



## *Bibliografia*

Buia M.C., Gambi M.C., Dappiano M. 2003. I sistemi a fanerogame marine. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Medit*, 19 (Suppl.): 145-198.

Cicero A.M., Di Girolamo I. (Ed), 2001 Metodologie analitiche di riferimento del Programma di Monitoraggio dell'ambiente marino costiero (Triennio 2001-2003). Roma, Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio, ICRAM

Giraud G., 1977. Contribution a la description et a la phenologie des herbiers a Posidonia oceanica (L.) Delile. These Doctorat 3eme Cycle, Univ. Aix-Marseille II : 150.

Giraud G., 1979. Sur une méthode de mesure et de comptage des structures foliaires de Posidonia oceanica (Linnaeus) Delile. Bulletin du Muséum d'Histoire Naturelle de Marseille 39, 33-39.

Krause-Jensen, D., Greve, T. M., and Nielsen, K. 2005. Eelgrass as a bioindicator under the European Water Framework Directive. *Water Resources Management*, 19: 63–75.

Lorenti M., De Falco G. 2003. Misura e caratterizzazione di variabili abiotiche. In: Gambi M.C., Dappiano M. (Editors). Manuale di Metodologie di campionamento e studio del benthos marino mediterraneo. *Biol. Mar. Medit*, 19 (Suppl.): 1-41.

Romero, J., Martí'nez-Crego, B., Alcoverro, T., and Pe'rez, M. 2007. A multivariate index based on the seagrass *Posidonia oceanica* (POMI) to assess ecological status of coastal waters under the Water Framework Directive (WFD). *Marine Pollution Bulletin*, 55: 196–204.

## RELAZIONE CORALLIGENO ISOLA DEL GIGLIO (STAGIONE INVERNALE)

### **Introduzione**

I fondali rocciosi compresi tra la linea di battigia e 50-70 metri di profondità in Mediterraneo sono caratterizzati da un peculiare habitat noto come coralligeno, costituito da formazioni calcaree di origine biogenica. Tali formazioni sono prodotte dall'accumulo di alghe rosse incrostanti appartenenti alla famiglia delle Corallinales. Tale habitat, estremamente produttivo, rappresenta un *hotspot* di biodiversità, ospitando sul proprio substrato una vasta gamma di organismi come alghe e invertebrati bentonici. L'alta produttività e biodiversità fanno del coralligeno un importante ecosistema marino che richiede una crescente attenzione quanto a conservazione e gestione dell'habitat e una più approfondita conoscenza della qualità e dello stato di salute, al fine di prevenirne la degradazione o la scomparsa. Del resto, per il coralligeno, l'UNEP MAP ha predisposto anche un Piano di Azione per la sua conservazione in relazione alla Convenzione di Barcellona. Tale azione fa riferimento anche all'art. 4.2 del Regolamento del Consiglio Europeo No. 1967/2006, concernente le misure di gestione per uno sfruttamento sostenibile delle risorse naturali, per il quale sono proibite le attività di pesca su questi particolari habitat.

La biocenosi del coralligeno rappresenta un perfetto equilibrio tra forze costruttive e distruttive. Un qualsiasi impatto o alterazione, di origine naturale o antropica, può causare uno squilibrio tra le due forze con conseguenze disastrose per l'habitat. Come già accennato, il popolamento a coralligeno si può estendere da pochi metri sotto il livello del mare fino ad oltre 80 metri di profondità. Nelle zone a bassa profondità il popolamento può trovarsi in piccole grotte o *enclave*, dove le condizioni di poca luce creano un ambiente simile a quello che si può trovare a profondità maggiori. La distribuzione in zone profonde si ha principalmente in acque limpide dove la luce riesce a penetrare senza essere schermata dalla torbidità causata dal sedimento, situazione questa che si può trovare nelle isole di piccole dimensioni oppure in zone a basso impatto antropico.



**Figura 11.** Organismi tipici del coralligeno.

La distribuzione ottimale per questo tipo di popolamento è legata alle condizioni chimico-fisiche dell'acqua, quali ad esempio ridotto idrodinamismo, bassa intensità luminosa e temperatura bassa e costante.

Il coralligeno rappresenta uno dei più importanti habitat del Mediterraneo in relazione alla sua distribuzione, alla sua produzione e soprattutto alla sua ricchezza di specie (Fig. 11). Studi recenti hanno dimostrato che la struttura e la biodiversità del coralligeno può essere modificata dall'impatto antropico; da qui la necessità di individuare un indicatore in grado di descrivere queste possibili alterazioni. ARPAT, in collaborazione a ricercatori dell'Università di Pisa, che da anni si occupano di ecologia del popolamento a coralligeno, dal 2001 ha intrapreso un percorso al fine di ottenere un bioindicatore in grado di valutare lo stato del popolamento a coralligeno. L'obiettivo è stato raggiunto nel suo complesso, anche se necessita di alcune modifiche e aggiustamenti che saranno concordati con ISPRA, prima di poterlo acquisire come sistema.

## ***Obiettivi***

Questo lavoro è stato richiesto per valutare lo stato ecologico del coralligeno dell'Isola del Giglio in particolare nelle località Secca della Croce e Le Scole al momento del disastro della nave Costa-Concordia prima che venisse effettuato il defueling della nave. Le informazioni così ottenute rappresentano il tempo zero ( $t_0$ ), cioè la situazione attuale, il cui valore ecologico viene calcolato in modo da essere successivamente confrontato con quello ottenuto nella stessa stagione fredda nell'Isola di Montecristo, considerato il riferimento del coralligeno nel Mar Ligure e Tirreno. L'analisi al tempo  $t_0$  ci permette di valutare la variabilità su piccola e media scala nelle due località indagate.

Al fine di valutare la presenza di un eventuale impatto antropico, legato all'incidente Concordia e alle varie operazioni ad esso connesse, è opportuno effettuare ulteriori indagini a distanza di un anno prolungate nel tempo ( $t_1$ ,  $t_2$ , ecc.) in modo da cogliere eventuali perturbazioni del popolamento coralligeno.

## ***Materiali e metodi***

Per effettuare questo tipo di campionamento è necessaria, oltre a tutta l'attrezzatura subacquea, una macchina fotografica scafandrata, munita di un cavalletto e di un flash esterno. La macchina digitale utilizzata da questa Agenzia è una Nikon coolpix 6000 sc., il flash è un Ikelite DS 51 e lo scafandro è un Ikelite digital.

Le dimensioni del *frame* usato sono 50x37. L'attrezzatura subacquea e la programmazione delle immersioni segue quanto riportato nell'Analisi dei rischi per le attività subacquee del Settore MARE di ARPAT.

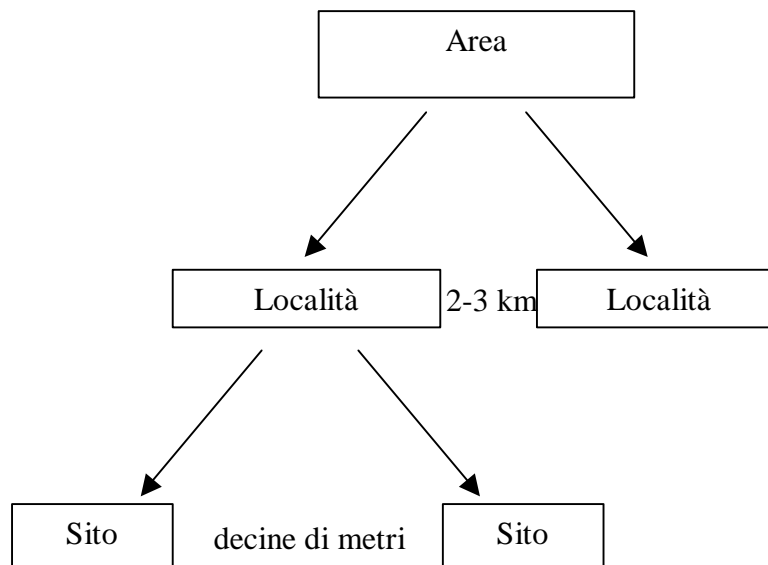
Viene eseguita una ripresa video di tutto il sito per avere la conferma dei requisiti imposti dal piano di campionamento (profondità, inclinazione della parete ed estensione della stessa). Inoltre la ripresa video serve per rilevare tutte quelle specie di interesse biologico, ad esempio le gorgonie, il corallo rosso, che non possono rientrare, a causa delle dimensioni, nel *frame* dell'apparecchio fotografico.

Il campionamento fotografico viene fatto scattando 15 repliche fotografiche, scelte in modo casuale partendo da un punto 0.

Lo studio dei popolamenti coralligeni si basa sull'analisi fotografica al fine di valutare lo stato ecologico dei substrato rocciosi profondi. Mediante l'osservazione delle immagini fotografiche è possibile ottenere informazioni sia sulla presenza/assenza delle specie o dei gruppi algali, sia del grado di ricoprimento di questi.

I valori percentuali di copertura sono stati analizzati con opportune metodiche statistiche (PERMANOVA, SIMPER, PERMDISP) all'interno del pacchetto PRIMER. L'analisi PERMANOVA consente di individuare la presenza di differenze significative all'interno dei siti e tra le due località sulla base della composizione del popolamento. Il SIMPER è stato applicato al fine di individuare quali sono le specie o i gruppi responsabili di eventuali differenze tra i siti e tra le località. Infine, attraverso l'analisi PERMDISP è possibile definire il livello di eterogeneità all'interno delle località indagate.

## **Disegno di campionamento**



Le località di indagine sono gerarchizzate nell'area in quanto non sono state scelte in maniera casuale, ma individuate per la loro specifica ubicazione rispetto al punto in cui si trova la Concordia.

All'interno di ciascuna località i siti sono scelti in modo *random* così da avere una informazione più precisa e completa dello stato del coralligeno in ogni località.

## **Analisi dei dati**

Le analisi eseguite hanno permesso di valutare la percentuale di copertura dei principali gruppi morfologici o specie sia animali, sia vegetali, oltre che la qualità ecologica del coralligeno attraverso l'utilizzo dell'indice ESCA (*Ecological Status Coralligenous Assemblages*). Tale indice mette in relazione la presenza/assenza dei gruppi morfologici, l'eterogeneità delle singole foto definita attraverso la PERMDISP e associa ad ogni gruppo morfologico un livello di sensibilità SL (*Sensitivity Level*).

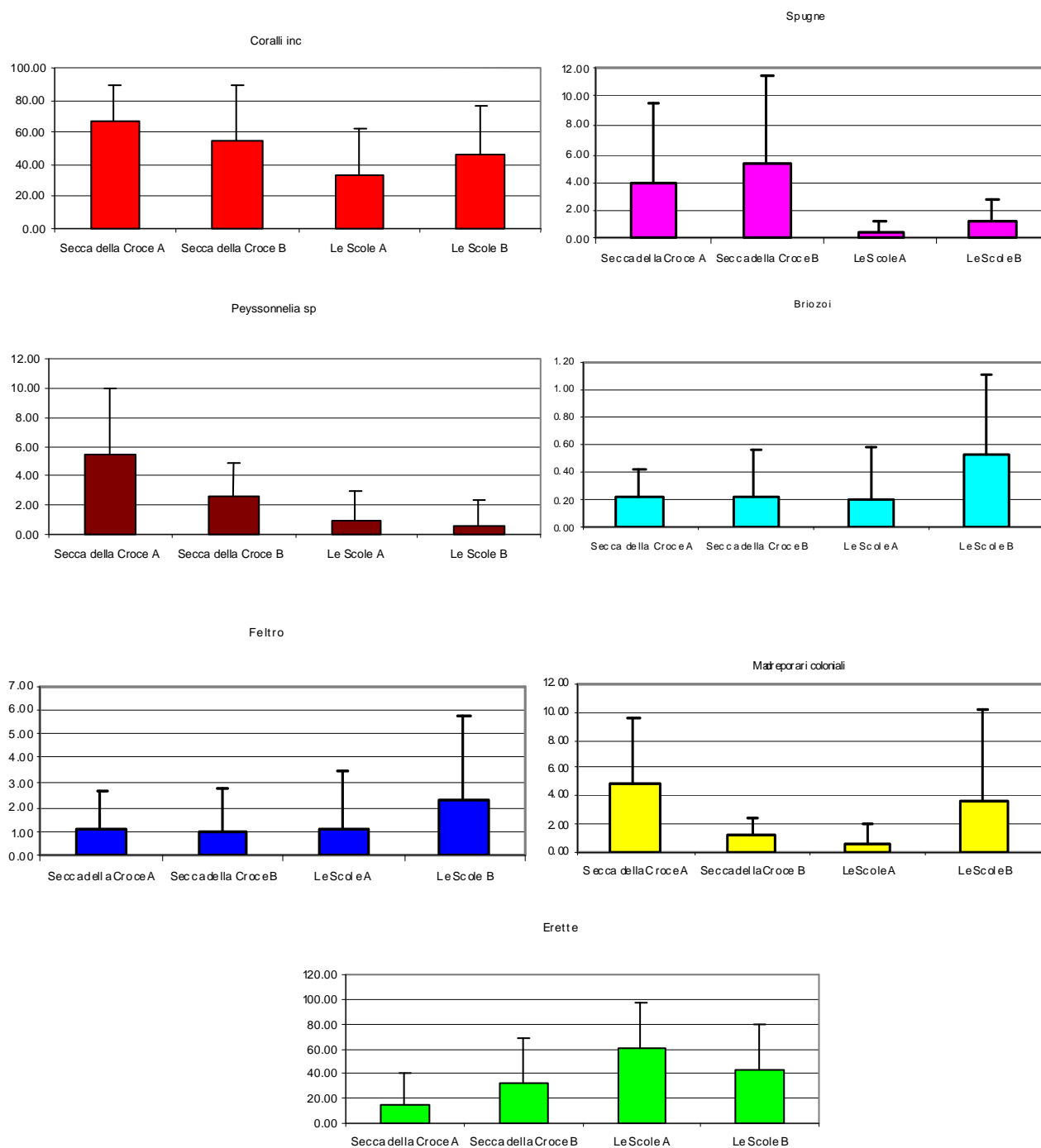
**Tabella 9.** Classi di qualità ecologica (SL).

Categorie	Cover	SL
<i>Halimeda tuna</i>	<30%	10
<i>Halimeda tuna</i>	30%<10%	9
<i>Halimeda tuna</i>	>10%	8
Flattened Rhodophyta with cortication		7
Erect Bryozoa		7
Larger-sized corticated Rhodophyta		6
<i>Flabellia petiolata</i>		5
<i>Zanardinia typus</i>		5
Prostrate seaweeds not strictly adherent to substrate		4
Encrusting Corallinales		3
Dictyotales, Articulated Corallinales, Filamentous uniseriate Chlorophyta		2
Algal turf		2
Introduced species		1

Per quanto riguarda la copertura Corallinacee incrostanti, *Peyssonnelia* sp., Feltro, Erette per i vegetali e Spugne e Madreporari per la parte animale hanno percentuali superiori al 1%. In particolare le Corallinacee incrostanti rappresentano il gruppo con la percentuale più alta.

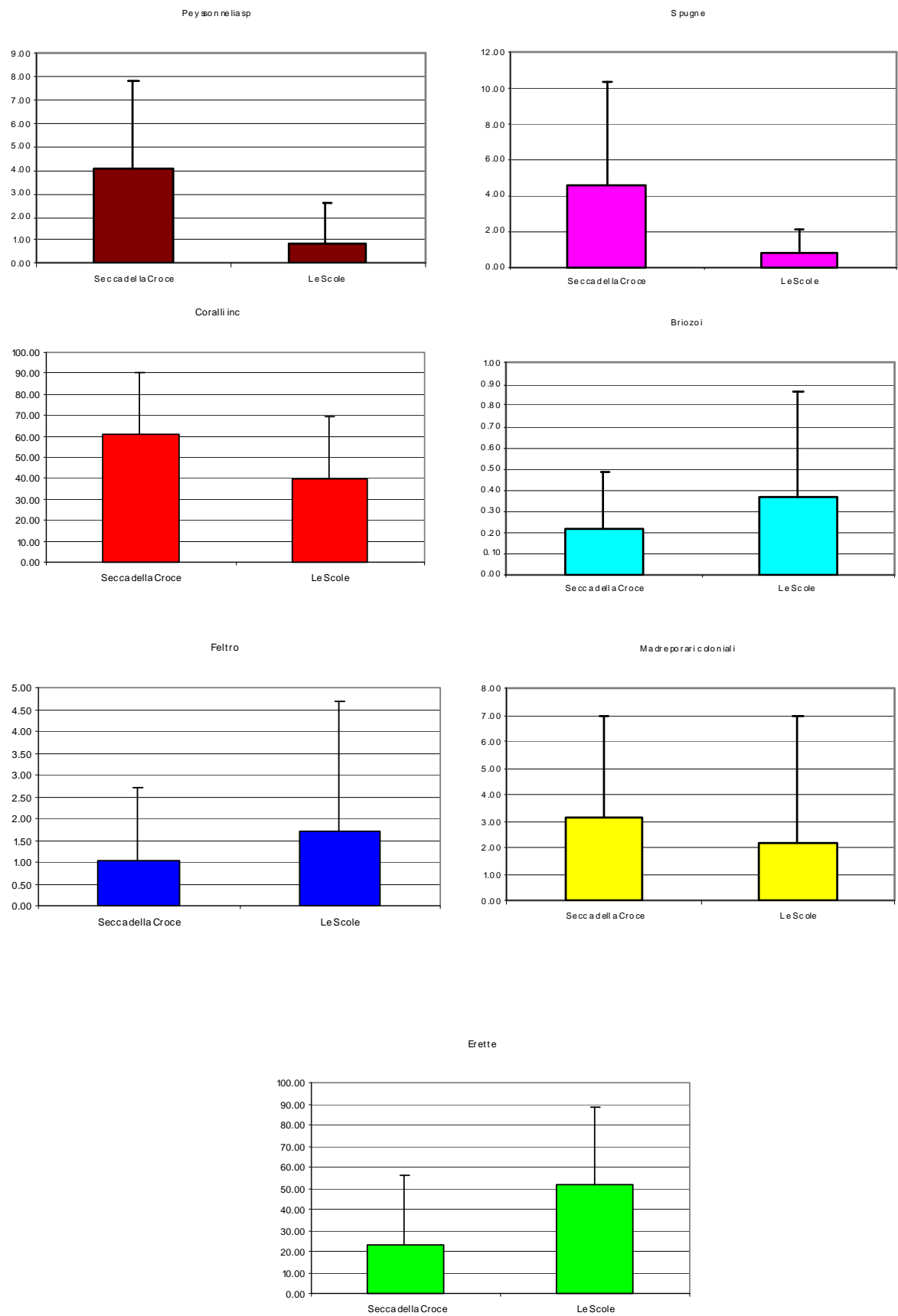
La copertura in percentuale dei principali gruppi morfologici, all'interno delle due località, mette in evidenza che il gruppo delle Corallinacee Incrostanti, *Peyssonnelia* sp., Spugne e Madreporari presentano copertura percentuale maggiore a livello della località Secca della Croce, mentre Briozoi, Feltro e Alghe Erette sono maggiormente distribuite nella località Le Scole (Graf.6 e 7).

**Grafico 6.** Distribuzione della copertura in percentuale dei principali gruppi morfologici all'interno dei singoli siti.





**Grafico 7.** Distribuzione della copertura in percentuale dei principali gruppi morfologici all'interno delle due località.



Le analisi statistiche effettuate sui valori percentuali di copertura hanno messo in evidenza differenze significative ( $P_{perm} < 0.005$ ) sia a livello di siti che di località e quindi la presenza di variabilità spaziale su piccola e media scala (Tab.10-11).

**Tabella 10.** Analisi PERMANOVA sui siti.

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
SI	3	18260	6086.6	4.5637	<b>0.003</b>	998
Res	56	74688	1333.7			
Total	59	92947				

**Tabella 11.** Analisi PERMANOVA sulle località

Source	df	SS	MS	Pseudo-F	P(perm)	perms
Lo	1	13039	13039	9.4643	<b>0.001</b>	998
Res	58	79908	1377.7			
Total	59	92947				

La routine SIMPER è stata utilizzata per capire quali sono le specie o i gruppi morfologici sia vegetali che animali responsabili in maggior misura della variabilità evidenziata precedentemente con la PERMANOVA. All'interno della località Secca della Croce il gruppo maggiormente rappresentato sono le Corallinacee incrostanti seguite dalle Erette. Nella località Le Scole si assiste ad una situazione inversa con le Erette più abbondanti.

#### Secca della Croce SIMPER

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Coralli inc	60,92	45,24	1,52	77,82	77,82
Erette	23,39	6,79	0,38	11,69	89,50
Peyssonnelia sp	4,03	1,99	0,95	3,42	92,93

#### Le Scole SIMPER

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Erette	51,89	31,92	0,93	56,50	56,50
Coralli inc	39,47	23,02	1,13	40,74	97,24

L'analisi è stata effettuata anche per i singoli siti di ciascuna località. Per quanto riguarda la Secca della Croce per entrambi i siti le Corallinacee incrostanti sono il gruppo più rappresentato, seguite dalle Erette.

#### Secca della Croce sito A SIMPER

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Coralli inc		67.06	56.45	2.33	84.74
Peyssonnelia sp		5.49	2.95	1.07	89.16
Erette		14.67	2.78	0.31	93.33

### Secca della Croce sito B SIMPER

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Coralli inc	54.78	35.06	1.14	66.71	66.71
Erette	32.11	11.85	0.48	22.56	89.26
Spugne inc	5.3	2.57	1.36	4.89	94.15

Per quanto riguarda Le Scole, all'interno del sito A il gruppo con abbondanza maggiore è quello delle Erette seguito dalle Corallinacee incrostanti; invece all'interno del sito B sono le Corallinacee ad avere una abbondanza maggiore rispetto alle Erette seppur di poco.

### Le Scole sito A SIMPER

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Erette	60.84	41.79	1.14	69.75	69.75
Coralli inc	32.93	17.07	1.04	28.49	98.24

### Le Scole sito B SIMPER

Species	Av.Abund	Av.Sim	Sim/SD	Contrib%	Cum.%
Coralli inc	46.02	29.14	1.33	53.96	53.96
Erette	42.94	22.71	0.76	42.05	96

I dati ottenuti ci hanno permesso di confrontare il popolamento delle due località del Giglio con quello di Montecristo.

Il confronto è stato possibile attraverso l'indice ESCA il quale utilizza come popolamento di riferimento il coralligeno di Montecristo. Il valore di EQB (Ecological Quality Biotic) all'Isola del Giglio è 0,89 (Tab. 12).

**Tabella 12.** Classificazione dello stato ecologico del popolamento coralligeno ottenuto mediando i valori di EQR dei Sensitivity Level; numero di specie; PERMDISP.

EQB	Categoria ecologica	Disturbo
0.76-1	high	Assente
0.61-0.75	good	Piccolo
0.41-0.60	moderate	Moderato
0.21-0,4	poor	Alto
0-0.20	bad	Severo

## **Osservazioni e Conclusioni**

I risultati confermano la variabilità spaziale su piccola e media scala; la variabilità sia su piccola che su media scala indica una alta eterogeneità tipica del popolamento coralligeno in zone a basso impatto antropico. La presenza di alte coperture in percentuale di alghe erette indica il buono stato

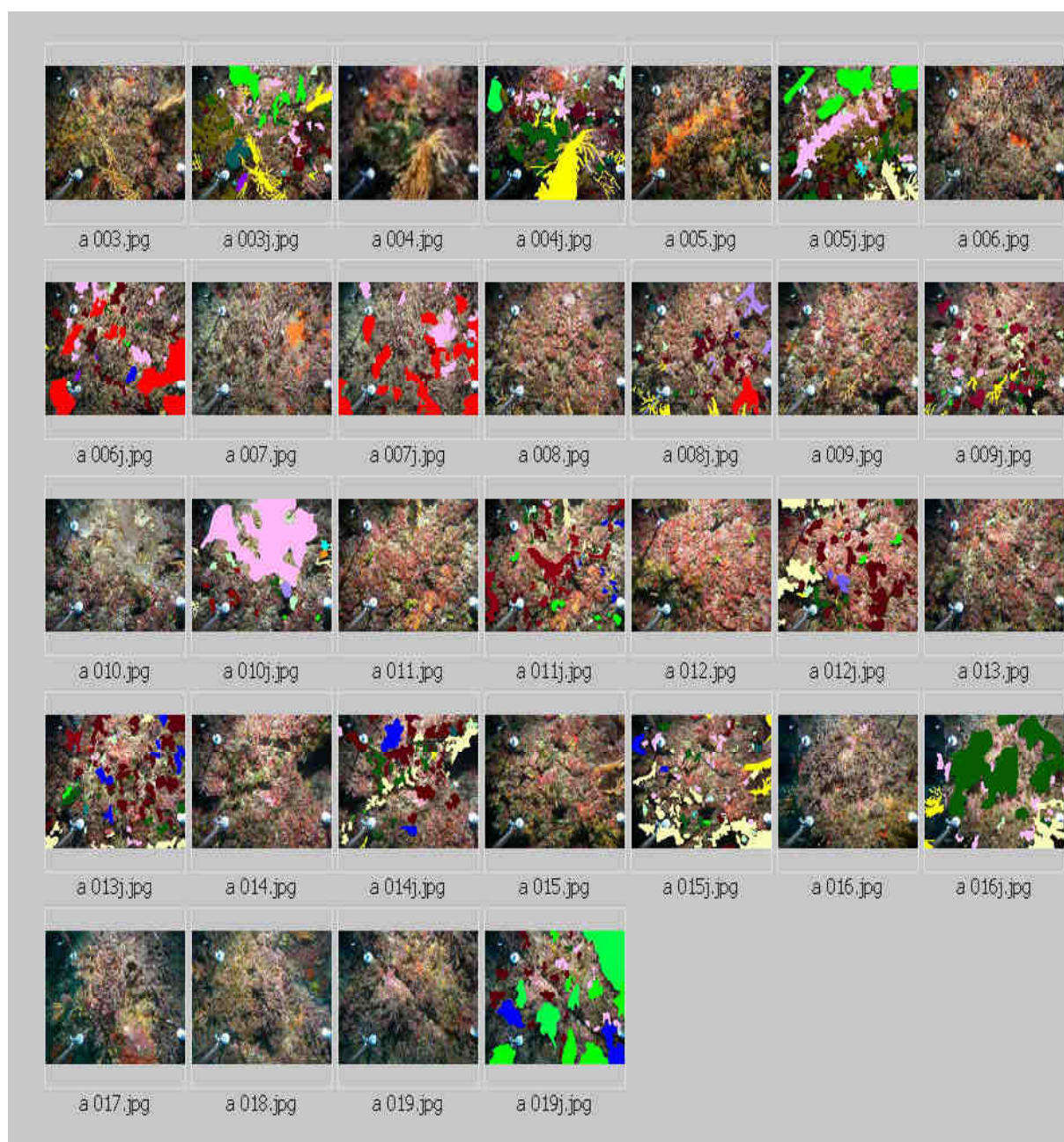
del popolamento coralligeno; generalmente questo gruppo morfologico sta ad indicare, oltre che una buona penetrazione della luce nella colonna d'acqua, anche un basso tasso di sedimentazione. Viceversa se il fattore abiotico penetrazione luce fosse stato basso e tasso di sedimentazione alto, il popolamento coralligeno sarebbe stato costituito principalmente dal gruppo morfologico feltro o tarf e da alghe incrostanti. Anche le spugne avrebbero avuto una copertura in percentuale più elevata rispetto a quella osservata.

L'indice ESCA ha confermato i risultati ottenuti dalle analisi effettuate con PERMANOVA e SIMPER; il valore risultante pari a 0,89 corrisponde ad una categoria ecologica elevata e a un disturbo assente. Tale valore è leggermente inferiore a quello registrato per l'Isola di Montecristo per la quale non viene rilevato alcun disturbo antropico.

Il popolamento coralligeno dell'Isola del Giglio ha una struttura pressoché simile a quello osservato in tutte le altre isole dell'Arcipelago Toscano caratterizzato da bassi tassi di sedimentazione, ottima penetrazione della luce e basso impatto antropico.

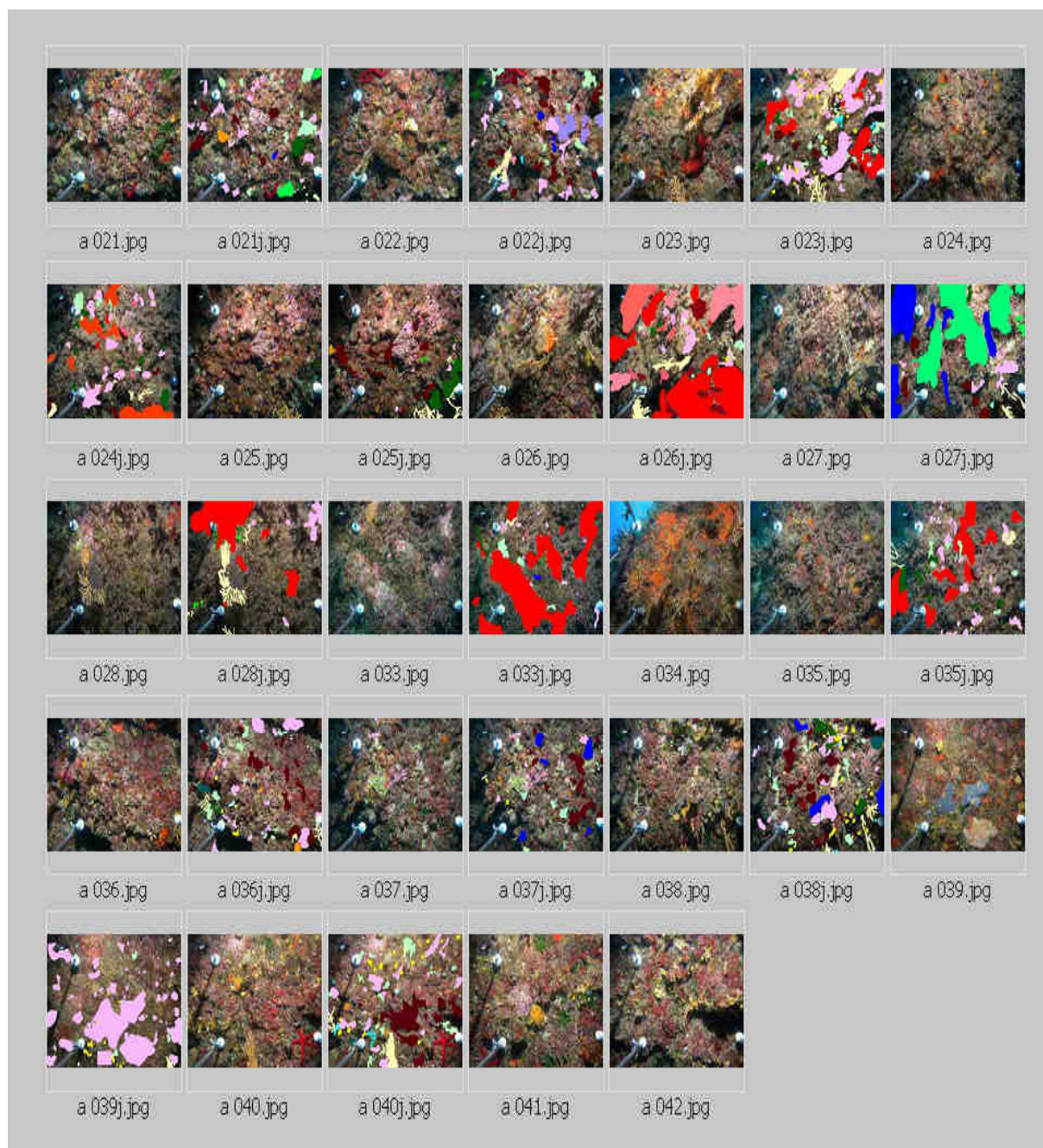
## ALLEGATO

### Elaborazione grafica delle singole repliche nelle due località dell'isola del Giglio

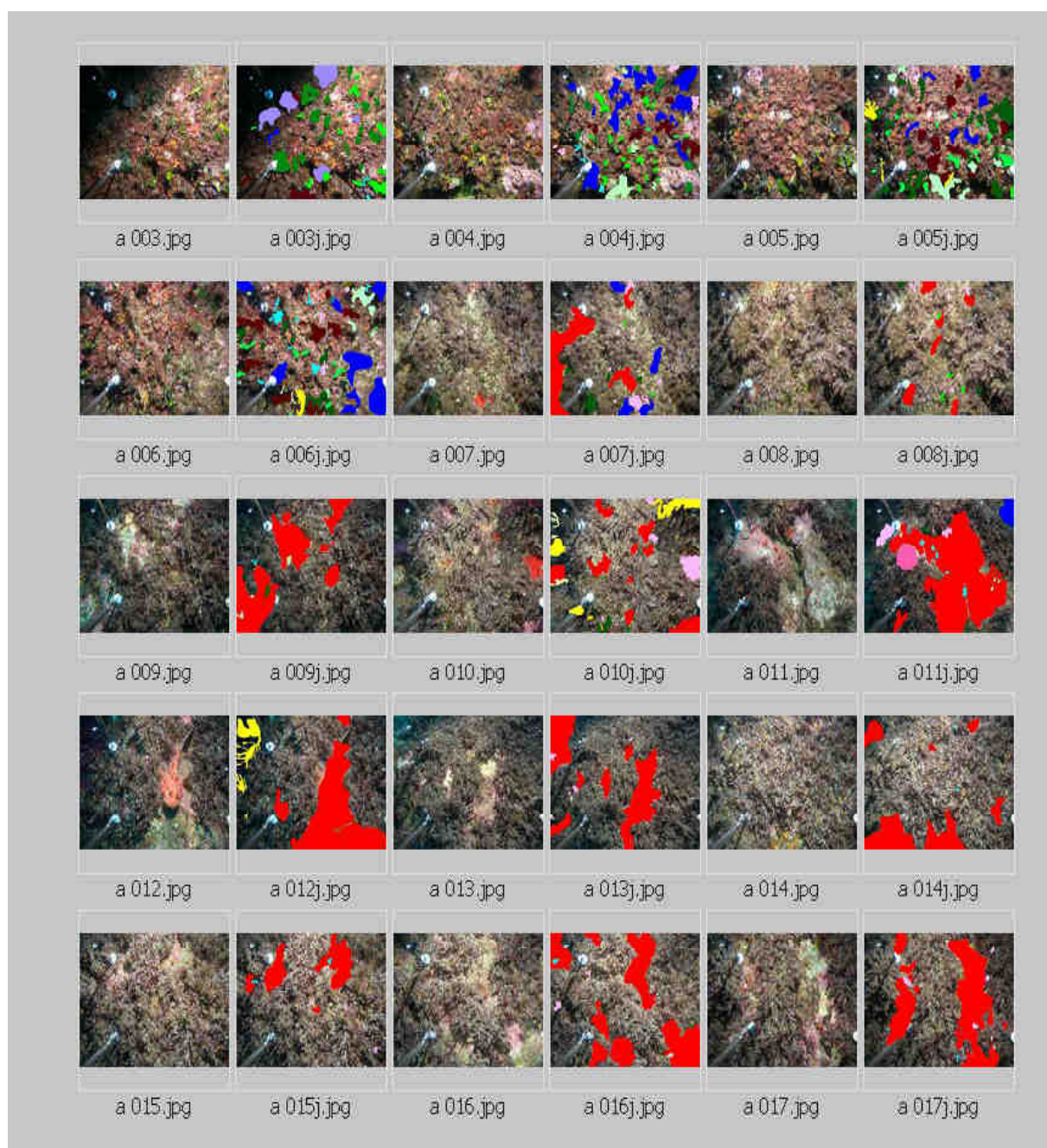


**Secca della Croce sito A**



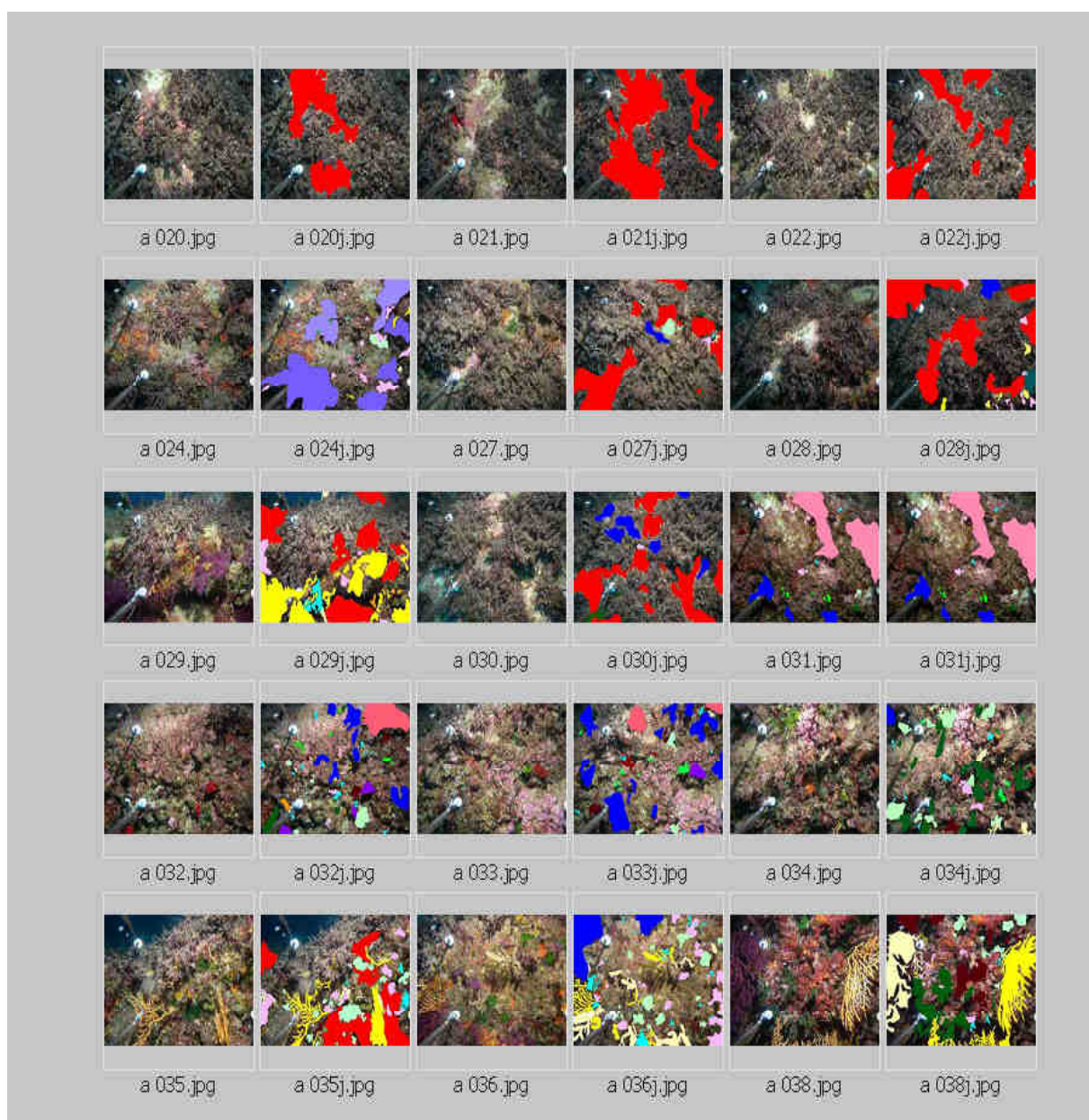


**Secca della croce sito B**



**Le Scole sito A**





## Le Scole sito B