

# IL CORALLIGENO TOSCANO: DISTRIBUZIONE, STRUTTURA DEI POPOLAMENTI E MONITORAGGIO MEDIANTE UTILIZZO DI DIFFERENTI INDICI DI QUALITÀ ECOLOGICA

Luigi Piazzi<sup>1</sup>, Carlo Nike Bianchi<sup>2</sup>, Enrico Cecchi<sup>3</sup>, Paola Gennaro<sup>4</sup>,  
Giacomo Marino<sup>3</sup>, Monica Montefalcone<sup>2</sup>, Carla Morri<sup>2</sup>, Fabrizio Serena<sup>5</sup>

<sup>1</sup>Dipartimento Chimica e Farmacia, Università di Sassari, Via Piandanna 4, 07100 Sassari, Italy -  
e-mail: [lpiazzi@uniss.it](mailto:lpiazzi@uniss.it), tel: +39 079 228643, fax: +39 079 233600

<sup>2</sup>Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita, Università di Genova,  
Corso Europa 26, 16132 Genova, Italy

<sup>3</sup>Agenzia Regionale Toscana per la Protezione dell'Ambiente (ARPAT),  
Via Marradi 114, 57126 Livorno, Italy

<sup>4</sup>Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA ex ICRAM),  
Via di Castel Romano, 100, Roma, Italy

<sup>5</sup>CNR - IAMC, Mazara del Vallo (TP), Italy

**Riassunto** – Il coralligeno rappresenta uno degli habitat più importanti del Mediterraneo, in termini di estensione, biodiversità, produzione e ruolo nel ciclo del carbonio ed è inserito tra gli indicatori ambientali nell'ambito della *Marine Strategy Framework Directive* rendendo necessario definirne la distribuzione e la qualità ecologica allo scopo di mantenere un buono stato ambientale del sistema marino costiero. Il presente studio vuole riportare la distribuzione dell'habitat a coralligeno nei mari toscani, descriverne la struttura e definirne la qualità ecologica attraverso l'applicazione di differenti indici. Nei mari toscani il coralligeno è risultato ben strutturato e ampiamente distribuito su parete rocciosa tra i 25-30 m e i 50-60 m di profondità. La qualità ecologica è risultata sempre sufficiente, con i valori delle isole più alti rispetto a quelli delle coste continentali.

**Abstract** – *Coralligenous reefs are one of the main habitat of the Mediterranean Sea for distribution, biodiversity and role in the carbon cycle. Distribution and ecological quality of coralligenous reefs must be assessed under the Marine Strategy Framework Directive. The present work aimed at assess the distribution of coralligenous reefs in Tuscany waters, describing their structure and evaluating their ecological quality through different ecological quality indices. In Tuscany waters, coralligenous reefs are distributed on rocky cliffs between 25-30 m and 50-60 m of depth. The ecological quality resulted always sufficient with values of the indices higher on the islands than on the continental coasts.*

## Introduzione

Il coralligeno rappresenta uno degli habitat più importanti del Mediterraneo, in termini di estensione, biodiversità, produzione e ruolo nel ciclo del carbonio (Ballesteros, 2006); nonostante ciò, la legislazione europea per la protezione ambientale si è occupata dei "reefs" a coralligeno solo di recente. Nel 1995 la Convenzione di Barcellona ha inserito il

coralligeno tra gli habitat mediterranei che necessitano di una rigorosa protezione, ma è solo nel 2008 che l'UNEP-RAC/SPA ha elaborato un piano di azione concreto per la sua conservazione e monitoraggio. Nello stesso anno, la *Marine Strategy Framework Directive* ha incluso le concrezioni biogeniche calcaree (habitat coralligeno e letti a rodoliti) tra gli indicatori di integrità dei fondali marini proponendosi di definirne la distribuzione e la qualità ecologica, allo scopo di mantenere un buono stato ambientale del sistema marino costiero.

Nei mari toscani lo studio del coralligeno ha avuto inizio negli anni '80 ma è stato effettuato in modo sistematico a partire dal 2000 da parte di istituti universitari e dell'Agenzia Regionale per la Protezione dell'Ambiente (ARPAT), attraverso programmi di mappatura, campagne di campionamento e studi sperimentali che hanno valutato la risposta dei popolamenti a stress quali l'incremento di sedimentazione e di nutrienti e l'invasione di specie algali alloctone (Piazzi et al., 2004, 2007, 2011, 2016; Balata et al., 2005, 2007a, 2007b; Gennaro e Piazzi, 2011, 2014; Piazzi e Balata, 2011).

Il presente studio vuole riportare la distribuzione dell'habitat a coralligeno nei mari toscani, descriverne la struttura e definirne la qualità ecologica attraverso l'applicazione di differenti indici.

## Materiali e metodi

Lo studio ha interessato le isole dell'Arcipelago Toscano (Capraia, Elba, Pianosa, Montecristo, Giglio e Giannutri), alcuni tratti di costa continentale (Livorno, Piombino, Argentario) e le secche del largo di Meloria e Vada.

Le indagini sulla distribuzione sono state effettuate mediante multibeam, sonar a scansione laterale (SSS) e telecamere filoguidate (ROV).

Il campionamento è stato effettuato mediante tecniche visive e fotografiche. In ogni sito di studio sono state campionate 3 aree di circa 2 m<sup>2</sup> su substrato verticale alla profondità di circa 35 m. In ciascuna area, è stato effettuato un campionamento visivo e sono state acquisite 10 foto su superfici di 0,2 m<sup>2</sup> ciascuna.

Sono stati applicati tre diversi indici di qualità: ESCA (*Ecological Status of Coralligenous Assemblages*, Cecchi et al., 2014, Piazzi et al., 2017), COARSE (*COralligenous Assessment by ReefScape Estimate*, Gatti et al., 2012, 2015) e ISLA (*Integrated Sensitivity Level of coralligenous Assemblages*, Montefalcone et al., 2017).

Durante il campionamento visivo sono state raccolte informazioni per i tre distinti strati caratterizzanti i popolamenti coralligeni: basale (costituito da organismi incrostanti o con crescita verticale limitata), intermedio (composto da organismi con altezza compresa tra 1 e 10 cm) e eretto (con organismi superiori ai 10 cm in altezza). Per il calcolo dell'indice COARSE, tre descrittori sono stati utilizzati per ciascun strato (Gatti et al., 2012, 2015). Per lo strato basale sono stati considerati: la copertura dei principali popolamenti (feltro algale, alghe incrostanti calcaree e non, animali incrostanti) e del sedimento, l'abbondanza di organismi perforatori e la consistenza della matrice calcarea ottenuta mediante 6 misure di penetrazione. Per lo strato intermedio sono stati considerati: il numero di specie presenti, il numero di organismi calcificati e la presenza di specie di briozoi sensibili. Per lo strato eretto sono stati stimati: la copertura di ciascuna specie, la percentuale di necrosi-epibiosi, la massima altezza degli organismi presenti.

A ciascuno di questi 9 descrittori è stato assegnato un valore tra 1 (minima qualità) e 3 (massima qualità). Per ciascuno strato la qualità ecologica ( $Q_L$ ) è stata calcolata mediante la formula:

$$Q_L = (X_L \times Y_L \times Z_L) \times k^{(1-n)}$$

dove  $X_L$ ,  $Y_L$  and  $Z_L$  sono i valori assegnati ai tre descrittori,  $k$  è il massimo valore teorico (3 in questo caso) e  $n$  è il numero di descrittori considerati.

La qualità ecologica per ciascun sito ( $Q$ ) è stata calcolata come valore medio dei tre strati.

Sono state considerate tre classi di qualità ecologica (Gatti et al., 2015): i) cattiva, con  $Q \leq 1$ ; ii) moderata, con  $1 < Q \leq 2$ ; e iii) buona, con  $2 < Q \leq 3$ .

Attraverso l'uso del software ImageJ, i campioni fotografici sono stati analizzati secondo il metodo del mosaico a *patches* (Cecchi et al., 2014, Piazzini et al., 2017). Il calcolo dell'indice ESCA è stato effettuato mediando i tre valori di EQR (*Ecological Quality Ratio*) ottenuti attraverso la definizione della qualità dei taxa presenti (*sensitivity level*), diversità alpha (numero di taxa o gruppi), diversità beta (eterogeneità dei popolamenti, ottenuta attraverso il calcolo PERMDISP utilizzando il programma PRIMER 6 + PERMANOVA, Anderson et al., 2006). Il valore di *sensitivity level* è calcolato associando ad ogni gruppo o taxon un valore da 1 a 10 sulla base sia della presenza sia 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.

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. 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 pessima, 0,21÷0,4 cattiva, 0,41÷0,6 moderata, 0,61÷0,8 buona, 0,81÷1 elevata (Piazzini et al., 2017).

L'indice ISLA è stato quantificato come rapporto tra i valori dell'indice calcolati in ciascun sito e quelli del sito di riferimento. Il valore di ciascun sito è stato ottenuto dalla media di *sensitivity level* di ciascun campione, a sua volta calcolato con le stesse metodiche utilizzate per ESCA. Il valore di *sensitivity level* è stato ottenuto mediando la sensibilità al disturbo e allo stress di ciascun taxon/gruppo (Montefalcone et al., 2017).

## Risultati

Nella maggior parte dei casi il coralligeno toscano è distribuito su parete rocciosa tra i 25-30 m e i 50-60 m di profondità. Sono state censite scogliere coralligene lungo le

coste rocciose continentali a sud di Livorno, lungo i promontori di Piombino e Monte Argentario, attorno a tutte le isole dell'Arcipelago Toscano e lungo i margini delle secche di Meloria e Vada (Figura 1). I popolamenti sono risultati sempre ben strutturati; nell'isola di Capraia manca ovunque lo strato di gorgonacei.

I valori di ESCA variano da 1 a Montecristo (sito di riferimento per la zona geografica considerata) a 0,65 a Livorno, con i valori più elevati riscontrati sulle isole (Figura 2).

L'applicazione di differenti indici è stata effettuata in 6 località: tutti gli indici hanno mostrato simili pattern evidenziando una maggiore qualità ecologica nei siti dell'Arcipelago (Figura 3).

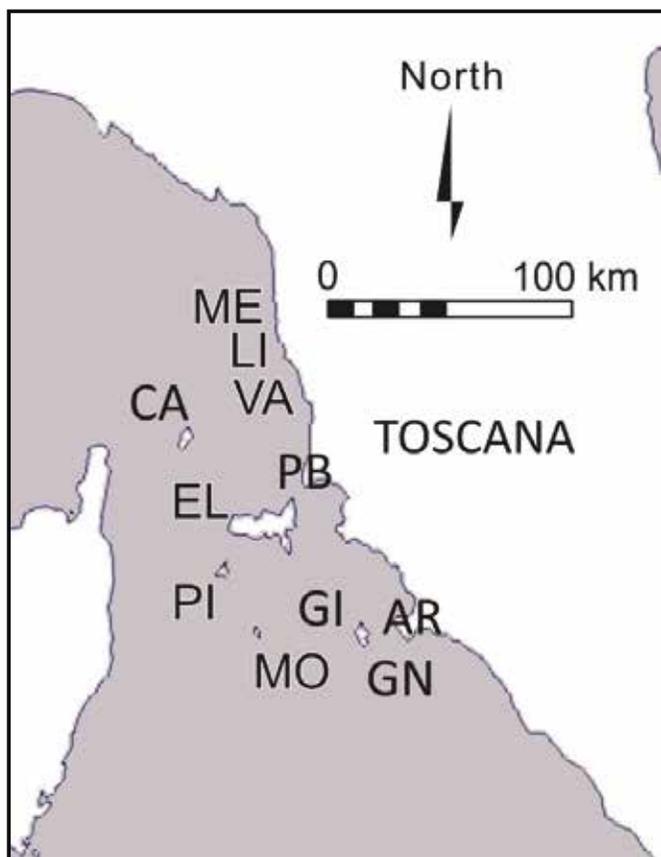


Figura 1 – Mappa dei siti studiati: ME: secche della Meloria, LI: Livorno, CA: Isola di Capraia, VA: secche di Vada, EL: Isola d'Elba, PI: Isola di Pianosa, GI: Isola del Giglio, MO: Isola di Montecristo, AR: Monte Argentario, GN: Isola di Giannutri, PB: Piombino.

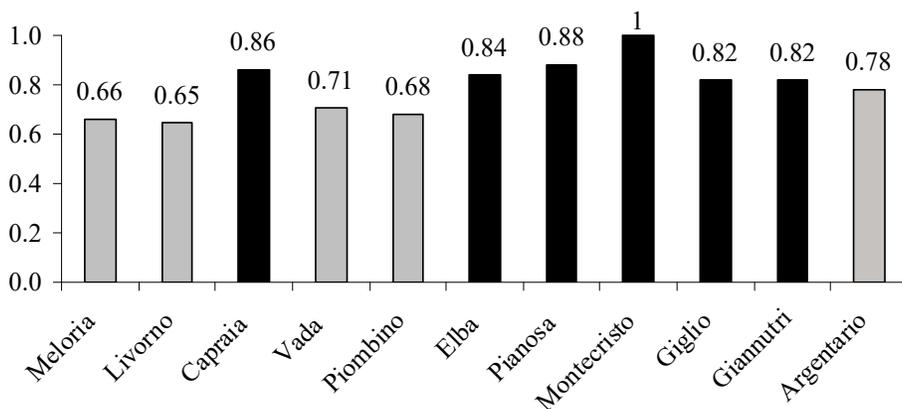


Figura 2 – Valori di ESCA. Grigio= qualità buona; nero=qualità elevata.

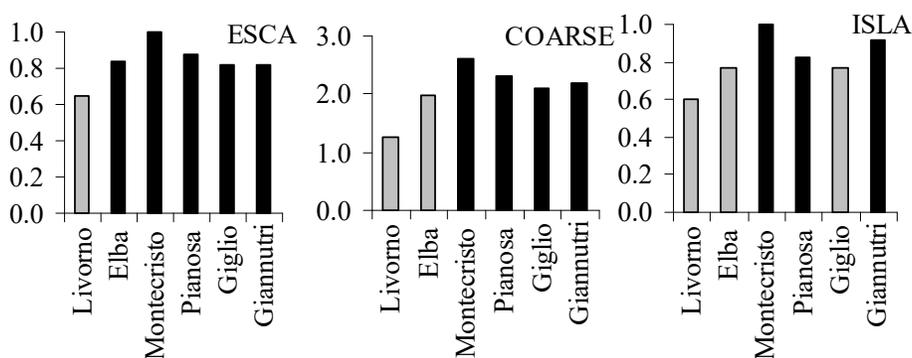


Figura 3 – Confronto tra differenti indici di qualità. Grigio= qualità buona; nero=qualità elevata.

## Conclusioni

Nei mari toscani il coralligeno è risultato ampiamente distribuito e ben strutturato. La qualità ecologica è risultata sempre sufficiente, con i valori delle isole più alti rispetto a quelli delle coste continentali. L'utilizzo di differenti indici, testato in modo sperimentale nel presente studio, rappresenta una metodica importante da considerare nei programmi di monitoraggio in quanto gli indici si basano su approcci diversi (ESCA e ISLA sono costruiti a partire da un approccio biocenotico, COARSE da un approccio paesaggistico). I vari indici possono quindi evidenziare effetti di stress di differente origine e il loro utilizzo contemporaneo può permettere di ottenere la qualità ecologica del coralligeno in relazione a differenti pressioni antropiche così come richiesto dalle direttive europee.

## Bibliografia

- [1] Anderson M.J. 2006. *Distance-based tests for homogeneity of multivariate dispersions*. Biometrics, 62: 245-253.
- [2] Balata D., Piazzì L., Cecchi E., Cinelli F. 2005. *Variability of Mediterranean coralligenous assemblages subject to local variation in sediment deposits*. Marine Environment Researches, 60: 402-421.
- [3] Balata D., Piazzì L., Bulleri F. 2007a. *Increase of sedimentation in a subtidal system: effects on the structure and diversity of macroalgal assemblages*. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 351: 73-82.
- [4] Balata D., Piazzì L., Benedetti-Cecchi L. 2007b. *Sediment disturbance and loss of Beta Diversity on subtidal rocky reefs*. Ecology, 88: 2455-2461.
- [5] Ballesteros E. 2006. *Mediterranean coralligenous assemblages: a synthesis of present knowledge*. Oceanography and Marine Biology – An Annual Review, 44: 123-195.
- [6] Cecchi E., Gennaro P., Piazzì 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, 16: 1709-1717
- [7] Gatti G., Montefalcone M., Rovere A., Parravicini V., Morri C., Albertelli G., Bianchi C.N. 2012. *Seafloor integrity down the harbor waterfront: the coralligenous shoals off Vado Ligure (NW Mediterranean)*. Advances in Oceanography and Limnology, 3(1): 51-67.
- [8] Gatti G., Bianchi C.N., Morri C., Montefalcone M., Sartoretto S. 2015. *Coralligenous reefs state along anthropized coasts: Application and validation of the COARSE index, based on a rapid visual assessment (RVA) approach*. Ecological Indicators, 52: 567-576.
- [9] Montefalcone M., Morri C., Bianchi C.N., Bavestrello G., Piazzì L. 2017. *The two facets of species sensitivity: stress and disturbance on coralligenous assemblages in space and time*. Marine Pollution Bulletin, 117: 229-238.
- [10] Piazzì L., Balata D. 2011. *Coralligenous habitat: patterns of vertical distribution of macroalgal assemblages*. Scientia Marina, 75: 399-406.
- [11] Piazzì 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.
- [12] Piazzì L., Gennaro P., Balata D. 2011. *Effects of nutrient enrichment on macroalgal coralligenous assemblages*. Marine Pollution Bulletin, 62: 1830-1835.
- [13] Piazzì L., La Manna G., Cecchi E., Serena F., Ceccherelli G. 2016. *Protection changes the relevancy of scales of variability in coralligenous assemblages*. Estuarine Coastal and Shelf Sciences, 175: 62-69
- [14] Piazzì L., Gennaro P., Cecchi E., Serena F., Bianchi C.N., Morri C., Montefalcone M. 2017a. *Integration of ESCA index through the use of sessile invertebrates*. Scientia Marina, 81: 283-290.
- [15] Piazzì L., Bianchi C.N., Cecchi E., Gatti G., Guala I., Morri C., Sartoretto S., Serena F., Montefalcone M. 2017b. *What's in an index? Comparing the ecological information provided by two indices to assess the status of coralligenous reefs in the NW Mediterranean Sea*. Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems, 27: 1019-1100.