

L. PIAZZI<sup>1,4</sup>, L. CASTRIOTA<sup>2</sup>, M.F. CINTI<sup>1</sup>, A.M. DE BIASI<sup>1</sup>, S. LIVI<sup>3</sup>, L. PACCIARDI<sup>1</sup>, M. PERTUSATI<sup>1</sup>, C. PRETTI<sup>1,4,5</sup>, P. GENNARO<sup>6</sup>

<sup>1</sup> CIBM, v.le N. Sauro 4, Livorno, Italy

<sup>2</sup> ISPRA, Lungomare Cristoforo Colombo n.4521, Località Addaura, 90149 Palermo, Italy

<sup>3</sup> ISPRA, Via Vitaliano Brancati 60, 00144 Roma, Italy

<sup>4</sup> CONISMA, Piazzale Flaminio 9, 00196 Roma, Italy

<sup>5</sup> Dipartimento di Scienze Veterinarie, Univ. Pisa, Via Livornese, San Piero a Grado (PI), Italy

<sup>6</sup> ISPRA, Via del Cedro n.38, 57122, Livorno, Italy

corresponding author: lpiazza00@gmail.com

## VALUTAZIONE DELL'IMPATTO DI INVASIONI BIOLOGICHE IN HABITAT PRIORITARI

### IMPACT EVALUATION OF BIOLOGICAL INVASIONS IN PRIORITY HABITATS

**Abstract** - A standardised procedure based on the implementation of ALEX index (ALien Biotic IndEX) was used to assess the ecological quality of marine coastal habitats in relation to the invasion of alien macroalgae. The study was conducted on coralligenous and *Posidonia oceanica* meadows in five areas of the Mediterranean Sea. The coralligenous reefs showed a higher abundance of *Caulerpa cylindracea* and *Womerseyella setacea* while the *P. oceanica* meadows were mainly invaded by *Acrothamnion preissii*. The index values ranged from 0.48 to 0.90 classifying most sites with good to high ecological quality. The use of ALEX, in conjunction with other ecological quality indices, proved to be a valid approach for the integration of Marine Strategy monitoring plans.

**Keywords:** ALEX index, coralligenous reefs, Mediterranean Sea, Non Indigenous Species, *Posidonia oceanica*.

**Introduzione** - La diffusione di Specie Non Indigene (NIS) in ambiente marino può provocare importanti effetti negativi sulle comunità autoctone, tra cui la diminuzione della biodiversità, i cambiamenti nella funzione degli ecosistemi e la diminuzione della produttività (Gallardo *et al.*, 2016).

La Direttiva Quadro sulla Strategia Marina (MSFD 2008/56/CE) sottolinea l'importanza della gestione delle NIS, promuovendo azioni mirate per monitorarne la distribuzione e l'impatto sui popolamenti nativi e misure di intervento volte al mantenimento del buono stato ambientale degli ecosistemi marini.

In questo contesto, il presente contributo propone e descrive una procedura standardizzata per valutare la qualità ecologica di habitat marino-costieri mediterranei in relazione al grado di invasione di macroalghe alloctone attraverso l'impiego dell'indice ALEX (ALien Biotic IndEX, Piazzini *et al.*, 2015). La procedura è stata applicata in aree protette e non protette per valutarne l'efficacia in differenti contesti.

**Materiali e metodi** - La procedura è stata applicata al coralligeno e alle praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile in cinque aree del Mediterraneo occidentale, tre all'interno di Aree Marine Protette (Secche della Meloria, Capo Carbonara, Capo Murro) e due in zone non protette (Calafuria, Ognina) (Fig. 1). In ogni area sono stati campionati tre siti per ciascun habitat e in ogni sito sono stati raccolti tre campioni (400 cm<sup>2</sup>) di coralligeno e cinque rizomi ortotropi nella prateria di *P. oceanica* (Fig. 1). Inoltre, in ogni area di coralligeno sono state effettuate 10 fotografie su superfici di 0,2 m<sup>2</sup> e un filmato che copriva una striscia di fondo di 10 m<sup>2</sup>.

L'abbondanza di macroalghe è stata espressa come percentuale di copertura della superficie di campionamento. Le specie macroalgali identificate sono state raggruppate in quattro categorie in base alla letteratura e alle caratteristiche di invasività osservate

nell'area geografica considerata: Gruppo I (specie autoctone), Gruppo II (specie esotiche casuali), Gruppo III (specie esotiche consolidate), Gruppo IV (specie esotiche invasive). L' $ALEX_{EQR}$  è stato calcolato come  $ALEX_{EQR} = (5-ALEX)/5$  dove  $ALEX = ((0GI)+(3(GII+GIII))+(5GIV))/100$ . GI, GII, GIII e GIV rappresentano la dominanza quantitativa di ciascun gruppo macroalgale, espressa come copertura del gruppo / copertura dell'assemblaggio totale  $\times 100$ . Sono stati considerati cinque intervalli di valori  $ALEX_{EQR}$  corrispondenti ai cinque stati ecologici dei popolamenti macroalgali (Fig. 2).

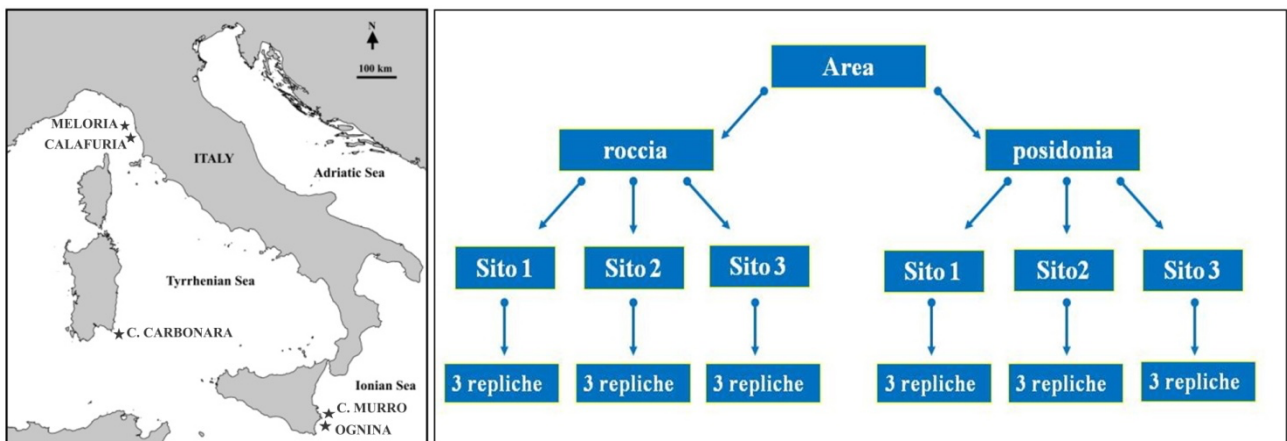


Fig. 1 - Aree di studio e disegno di campionamento.  
Study areas and sampling design.

| EOR       | Classe ecologica |
|-----------|------------------|
| 0,86-1    | Elevato          |
| 0,71-0,85 | Buono            |
| 0,51-0,70 | Sufficiente      |
| 0,31-0,50 | Scarso           |
| 0-0,30    | Cattivo          |

Fig. 2 - Classi di qualità ecologica.  
Ecological Quality classes.

Le fotografie e i filmati sono stati analizzati per determinare la copertura delle NIS riconoscibili ad occhio nudo.

Per confrontare lo stato ecologico legato alla presenza di specie invasive con quello legato ad altre pressioni antropiche, sulle Secche della Meloria sono stati applicati altri indici di qualità agli stessi habitat e siti. L'indice ESCA (Ecological Status of Coralligenous Assemblages, *Piazzì et al., 2021b*) è stato utilizzato per il coralligeno e l'indice PREI (Posidonia Rapid and Easy Index, *Gobert et al., 2009*) è stato applicato alle praterie di *P. oceanica*.

**Risultati** - Sono state identificate cinque specie introdotte (le Chlorophyta *Caulerpa cylindracea* Sonder e *C. taxifolia* var. *distichophylla* (Sonder) Verlaque, Huisman & Procaccini e le Rhodophyta *Acrothamnion preissii* (Sonder) E.M. Wollaston, *Womersleyella setacea* (Hollenberg) R.E.Norris e *Asparagopsis* spp.). I popolamenti coralligeni hanno mostrato una maggiore abbondanza di *C. cylindracea* e *W. setacea* mentre le praterie di *P. oceanica* sono risultate principalmente invase da *A. preissii* (Fig. 3). In generale, l'invasione di NIS macroalgali non è apparso legato al livello di

protezione dell'area.

I valori dell'indice variavano da 0,48 a 0,90 classificando la maggior parte delle aree studiate con una qualità ecologica da buona a elevata, mentre C. Carbonara risultava in uno stato sufficiente per entrambi gli habitat (Fig. 4). L'applicazione di ALEX al coralligeno delle Secche della Meloria ha mostrato un incremento tra il 2018 e il 2024, evidenziando una regressione delle NIS macroalgali (Fig. 5). L'uso contemporaneo degli indici ESCA e ALEX nell'habitat coralligeno e PREI e ALEX nelle praterie di *P. oceanica* ha mostrato pattern simili (Fig. 6).

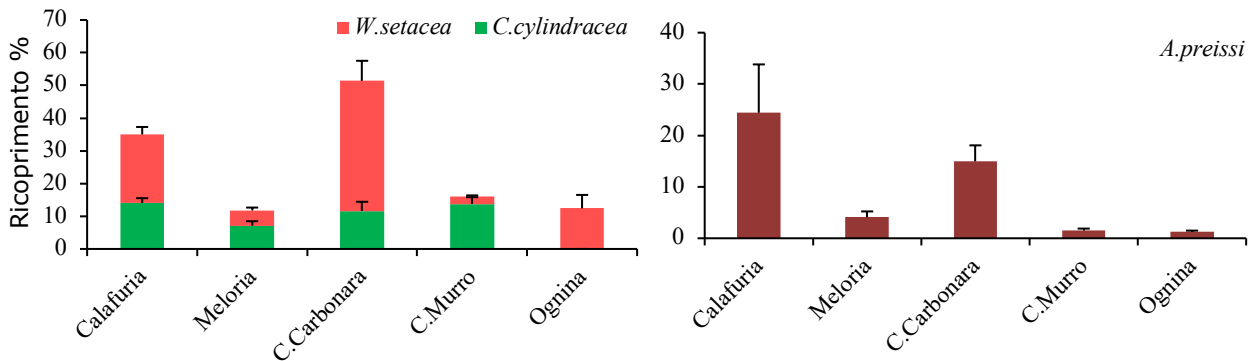


Fig. 3 - Abbondanza delle NIS nel coralligeno (sinistra) e nelle praterie di *P. oceanica* (destra)  
Abundance of NIS in coralligenous reefs (left) and *P. oceanica* meadows (right)

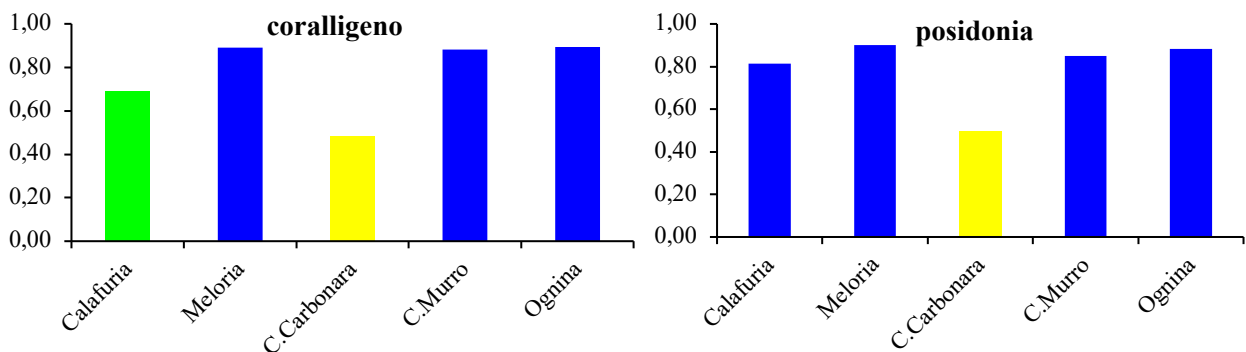


Fig. 4 - ALEX calcolato per il coralligeno e per le praterie di *P. oceanica*  
ALEX in coralligenous reefs and *P. oceanica* meadows

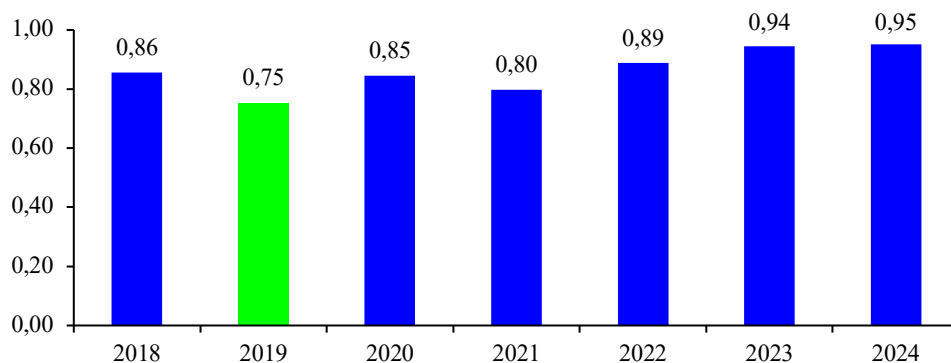


Fig. 5 - ALEX per il coralligeno delle Secche della Meloria  
ALEX in coralligenous reefs of Meloria Shoals

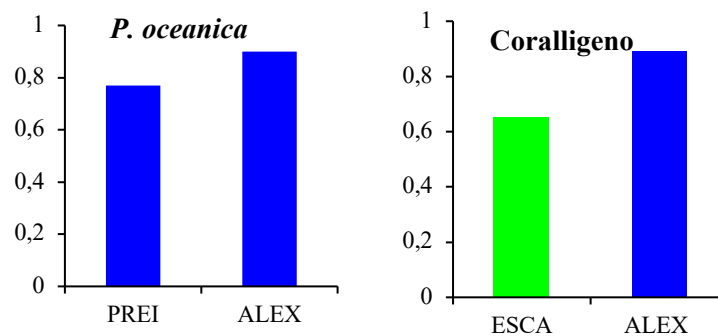


Fig. 6 - Confronto tra ALEX e altri indici di qualità ecologica  
Comparison between ALEX and other ecological quality indices

**Conclusioni** - Le scogliere coralligene hanno mostrato una maggiore abbondanza di NIS, confermando la sensibilità di questo habitat all'invasione di macroalghe alloctone (Piazzi *et al.*, 2018). Infatti, la complessità del substrato calcareo edificato da Rhodophyta incrostanti può aumentare la diffusione sia di NIS filamentose sia di *C. cylindracea*, favorendo la penetrazione degli stoloni e l'ancoraggio dei rizoidi (Piazzi *et al.*, 2018). Le praterie di *P. oceanica* erano interessate soprattutto da NIS filamentose. Infatti, le praterie di fanerogame sono considerate altamente resistenti alla diffusione di *C. cylindracea*, mentre taxa filamentosi, come *W. setacea* e *A. preissii*, possono facilmente colonizzare i rizomi (Piazzi *et al.*, 2018).

L'invasione delle NIS macroalgali è apparsa indipendente dal livello di protezione, suggerendo che le misure di conservazione attualmente previste, per quanto utili al contenimento delle NIS attraverso il mantenimento della naturalità degli ecosistemi (Piazzi *et al.*, 2021a), non sono da sole sufficienti per il controllo delle invasioni biologiche.

La valutazione contemporanea della qualità ecologica degli ecosistemi attraverso i diversi indici (ESCA, PREI) e del livello di invasione attraverso l'indice ALEX può essere un approccio utile per valutare gli effetti di diverse pressioni (Piazzi *et al.*, 2020), in quanto consente di intervenire con misure più complete ed efficaci nell'ambito dei programmi di conservazione delle direttive quadro europee.

L'approccio proposto può rappresentare un utile metodo standardizzato per la valutazione delle NIS macroalgali e del loro effetto sulle comunità autoctone. Questo disegno di campionamento prende in considerazione diversi habitat e diverse scale spaziali, insieme a una tecnica che permette di individuare NIS criptiche e rare. Allo stesso tempo, permette di valutare la qualità ecologica dell'area studiata, quindi rappresenta uno strumento versatile sia nei programmi di monitoraggio sia negli studi di valutazione dell'impatto (Piazzi *et al.*, 2018, 2020, 2021a, 2024).

### Bibliografia

- GALLARDO B., CLAVERO M., SÁNCHEZ M.I., VILÀ M. (2016) - Global ecological impacts of invasive species in aquatic ecosystems. *Global Change Biol.*, **22**: 151-163.
- 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. *Mar. Pollut. Bull.*, **58**: 1727-1733.
- PIAZZI L., GENNARO P., CECCHERELLI G. (2015) - Suitability of the Alien Biotic Index (ALEX) for assessing invasion of macroalgae across different Mediterranean habitats. *Mar. Pollut. Bull.*, **97**: 234-240.
- PIAZZI L., GENNARO P., ATZORI F., CADONI N., CINTI M.F., FRAU F., CECCHERELLI G. (2018) - ALEX index enables detection of alien macroalgae invasions across habitats within a Marine Protected Area. *Mar. Pollut. Bull.*, **128**: 318-323.

54° Congresso SIBM: Biodiversità e impatti sulle specie in Mar Mediterraneo

PIAZZI L., CECCHI E., GENNARO P., PENNA M., TRABUCCO B., CECCHERELLI G. (2020) - Spread of non-indigenous macroalgae and disturbance: impact assessment of the Costa Concordia shipwreck (Giglio Island, Italy) using the ALEX index. *Ocean Coast. Manag.*, **183**: 104999.

PIAZZI L., ATZORI F., CADONI N., CINTI M.F., FRAU F., CECCHERELLI G. (2021a) - Monitoring non-indigenous macroalgae in a Mediterranean MPA: lessons from a short-temporal variability of pristine habitats invasion. *Ocean Coast. Manag.*, **207**: 105608.

PIAZZI L., GENNARO P., CECCHI E., BIANCHI C.N., CINTI F., GATTI G., GUALA I., MORRI C., SARTORETTO F., SERENA F., MONTEFALCONE M. (2021b) - Ecological Status of Coralligenous Assemblages: ten years of application of the ESCA index from local to wide scale validation. *Ecol. Ind.*, **121**: 107077.

PIAZZI L., CASTRIOTA L., LIVI S., DE BIASI A.M., PACCIARDI L., PERTUSATI M., PRETTI C., GENNARO P. (2024) - Standardization of ALEX index for the ecological quality assessment under European Framework Directives in Mediterranean sensitive habitats affected by biological invasions. *Aq. Conserv. Mar. Freshw. Ecosyst.*, **34**: e4093.