



Gennaio, 2019



Area Marina Protetta Secche della Meloria

Monitoraggio ex art. 11 del D.Lgs. 190/2010
“Strategia marina nelle aree marine protette”
protocollo di attuazione del Decreto Ministero
Ambiente n. 24833/2015

Sottoprogramma 2.10: monitoraggio
dell’abbondanza e distribuzione di specie
selezionate sulla base della loro invasività effettiva
o potenziale in aree costiere



Risultati anno 2018

Rev. 1	7.01.19	Emissione Definitiva	AMDB-LP	GBP	CP
Rev. 0	30.11.18	Emissione per commenti committente	AMDB-LP	GBP	CP
Rev	Data	Descrizione della revisione	Preparato da	Verificato da	Approvato da

Consorzio per Centro Interuniversitario di Biologia Marina
ed Ecologia Applicata “G. Bacci” - Livorno

PREMESSA

Nel presente documento vengono riportati i risultati degli approfondimenti svolti nella AMP delle Secche della Meloria (LI) nel corso del 2018 sulla distribuzione e abbondanza delle specie non indigene per la *Strategia Marina*.

INTRODUZIONE

La AMP Secche della Meloria (LI) è sottoposta a diverse fonti di rischio che possono danneggiarla, tra di esse una delle più pericolose è rappresentata dal “rischio biologico” ossia l’ingresso di specie alloctone. Questa minaccia è in parte connessa alla vicinanza del porto industriale di Livorno. Come noto, il traffico marittimo rappresenta il vettore principale (chiglie delle navi, acque di zavorra) del trasferimento di specie alloctone. L’alga ad affinità tropicale *Caulerpa cylindracea* (Sonder 1845) rappresenta attualmente la minaccia più grave per le specie indigene che abitano la Meloria.

A scala maggiore, in studi finalizzati a valutare anche le interazioni dovute alla presenza simultanea di più organismi alieni nella medesima area, è stato dimostrato che nell’area livornese le specie introdotte rappresentano una percentuale molto elevata. In particolare nelle praterie di *Posidonia oceanica* le comunità macroalgali sono costituite quasi esclusivamente da feltri di Rodophyta introdotte (Piazzi, Cinelli, 2003).

L’alga *C. cylindracea*, ad affinità tropicale, segnalata la prima volta nella secca nel 1994 da Piazzi (Piazzi *et al.*, 1994), ha mostrato una rapida espansione descritta successivamente da molti altri Autori (Piazzi *et al.*, 1997; De Biasi *et al.*, 1999). Nelle Secche della Meloria le segnalazioni erano fino ad allora limitate al substrato orizzontale, mentre in questo lavoro, la specie invasiva, è stata rilevata anche sul substrato verticale delle pareti dei catini.

Questo dato conferma l’elevata capacità invasiva di questa specie e la sua abilità nel colonizzazione nuovi habitat (Ceccarelli, Piazzi 2001; Pacciardi *et al.*, 2011).

OBIETTIVI DELLO STUDIO

L'obiettivo dello studio è stato la ricerca della presenza e abbondanza delle specie non indigene (NIS) sulle Secche della Meloria (**Fig. 1**).

In particolare, lo studio aveva come priorità:

1. Valutare le NIS più abbondanti nell'area.
2. Valutare l'abbondanza e la variabilità spaziale di tali specie.
3. Valutare l'effetto dei diversi gradi di protezione sull'introduzione e espansione delle NIS.
4. Valutare la qualità ecologica in base alla presenza e all'abbondanza delle NIS.



Figura 1: in evidenza la distribuzione dell'alga *Caulerpa cylindracea* Sonder in un substrato a fondo duro

METODICHE IMPIEGATE

Disegno di campionamento

È stato impiegato un disegno multifattoriale che prevedeva un modello a tre vie. Per ogni livello di protezione (zone A, B, C) sono stati selezionati casualmente 3 siti distanti tra loro centinaia di metri e in ciascun sito sono state scelte 3 aree distanti tra loro decine di metri. In ciascuna area sono state effettuate 10 fotografie che coprivano una superficie di fondo di 0,25 m² su substrato orizzontale e 10 su substrato verticale, per un totale di 540 fotografie. Inoltre in ciascun sito sono stati effettuati 3 transetti video da 25 m. I transetti video sono stati replicati in due differenti periodi dell'anno: estate e autunno.

Analisi dei campioni

In laboratorio le fotografie sono state analizzate sovrapponendo a ciascuna una griglia a maglia quadrata di lato pari a 25 cm allo scopo di terminare i taxa/gruppi presenti e di stimare la copertura di ciascun taxon/gruppo. Gli organismi facilmente riconoscibili dalle immagini sono stati identificati a livello di specie, gli altri sono stati raggruppati in gruppi morfologici (Piazzi et al. 2017). I transetti video sono stati analizzati per ottenere una stima speditiva della copertura delle specie target.

Qualità ecologica

L'ALien Biotic IndEX (ALEX) è stato di recente proposto per valutare le invasioni biologiche da parte dei macroinvertebrati su fondi mobili (Cinar e Bakir, 2014), e successivamente una versione modificata è stata applicata per le macroalghe del Mediterraneo che occupano i fondi duri (Piazzi et al., 2015, 2018). Per il calcolo dell'indice, le alghe sono state divise in 4 gruppi e la dominanza quantitativa di ciascun gruppo è stata calcolata come la percentuale di abbondanza del gruppo rispetto all'abbondanza totale del campione.

- ✓ **Gruppo I (specie indigene, native):** macroalghe presenti naturalmente nella regione;
- ✓ **Gruppo II (specie aliene occasionali):** macroalghe NIS raramente segnalate nella regione;
- ✓ **Gruppo III (specie aliene insediate):** macroalghe NIS con popolamenti autosufficienti;
- ✓ **Gruppo IV (specie aliene invasive):** macroalghe NIS in grado di espandere il proprio areale geografico con un impatto evidente sugli habitat invasi.

L'indice è stato calcolato come:

$$M-ALEX_{EQR} = (5 - M-ALEX) / 5$$

dove: $M-ALEX = [(0GI)+(3GII+GIII)+(5GIV)]/100$

La qualità ecologica è stata espressa in una scala di cinque classi definite dalla Direttiva Quadro sulle Acque (Water Framework Directive, 2000/60/CE) sulla base del rapporto di qualità ecologica (EQR); terminologia e codifica dei colori secondo la CE (2000).

EQB	Categoria ecologica
0,86-1	Elevato
0,71-0,85	Buono
0,51-70	Sufficiente
0,31-0,50	Scarso
0-0,30	Pessimo

Analisi statistiche

I popolamenti bentonici (composizione e abbondanza delle specie), l'abbondanza delle NIS (espressa come copertura percentuale) e i valori dell'indice ALEX sono stati analizzati mediante analisi PERMANOVA (Anderson 2001) a 4 vie: Protezione (3 livelli) fisso, inclinazione del substrato (2 livelli) fisso e ortogonale alla protezione, Sito (3 livelli) random e gerarchizzato nell'interazione Protezione x Inclinazione, Area (3 livelli) random e gerarchizzato nel Sito.

I valori dell'indice ALEX sono stati analizzati mediante un'analisi a 3 vie, con i fattori protezione, Sito e Area, in relazione alla bassa abbondanza delle NIS su su substrato verticale.

I valori di abbondanza ricavati dai transetti video sono stati analizzati mediante un'analisi a due vie con i fattori Data (2 livelli) e Protezione (3 livelli) fissi e ortogonali.

Il coefficiente di similarità di Bray-Curtis è stato calcolato prima di ciascuna analisi multivariata sui dati non trasformati, mentre per le analisi univariate è stato calcolata la distanza euclidea. Il test MONTECARLO è stato utilizzato laddove il numero di permutazioni era risultato troppo basso. Il PAIR-WISE test è stato utilizzato per discernere tra livelli di fattori significativi.

Una regressione lineare è stata utilizzata per valutare l'interazione tra le NIS e le principali specie native.

RISULTATI

Popolamenti bentonici

I popolamenti di fondo duro sono risultati significativamente differenti in relazione all'inclinazione del substrato mentre la protezione non sembra avere un effetto. Anche la variabilità spaziale alle scale studiate è risultata significativa (**Tab. 1**).

Il popolamento di substrato orizzontale era caratterizzato da *Padina pavonica* (**Fig. 2**), mentre su substrato verticale erano maggiormente abbondanti *Peyssonnelia* spp, *Flabellia petiolata* e alghe rosse a tallo eretto, principalmente *Sphaerococcus soronopifolius* (**Fig. 3**). La *Dictyota* spp e il feltro algale erano abbondanti su entrambi i substrati .

Tabella 1: analisi PERMANOVA sui popolamenti bentonici

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Inclinazione = I	1	568000	129.84	0.001
Protezione = P	2	12945	2.95	0.058
IxP	2	14864	3.39	0.054
Sito(IxP)	= 12	4375	4.82	0.001
Area(S(IxP))	36	906	2.15	0.001
Residuo	486	421		

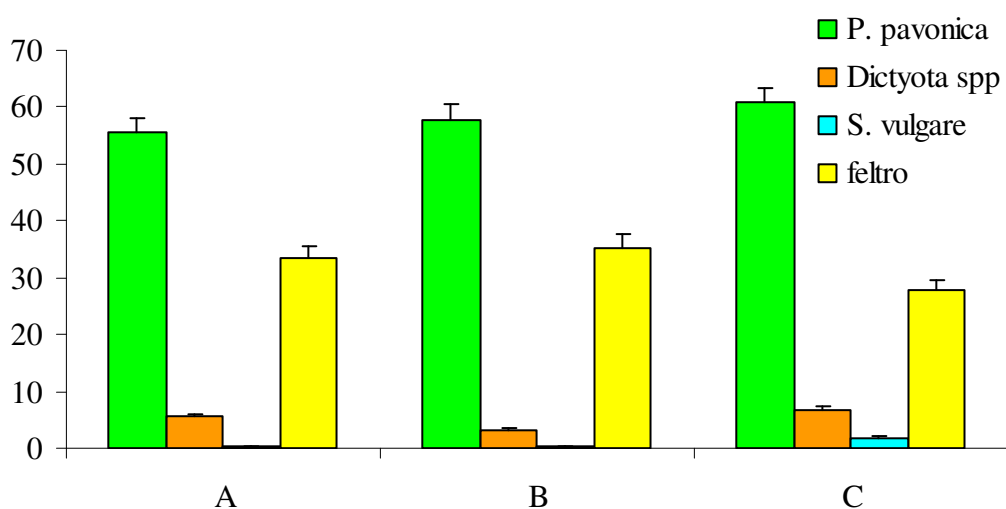


Figura 2: abbondanza dei principali taxa/gruppi su substrato orizzontale

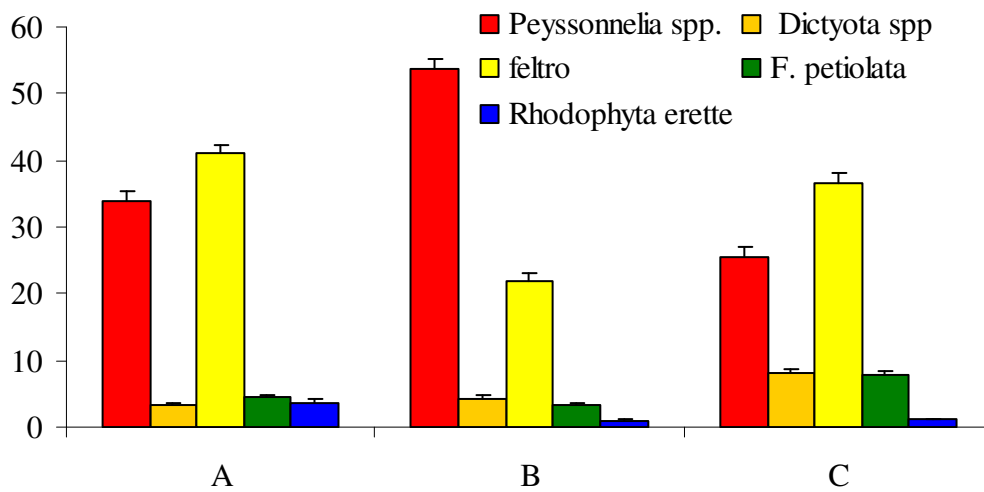


Figura 3: abbondanza dei principali taxa/gruppi su substrato verticale



Figura 4: esempi di popolamento macroalgale su substrato verticale (a sx) e orizzontale (a dx).

Abbondanza di NIS

Caulerpa cylindracea è stata l'unica NIS individuata mediante metodi fotografici e video. L'abbondanza della specie era significativamente maggiore su substrato orizzontale dove è stata calcolata una copertura media per campione di 4.1 ± 0.8 (Fig. 5), mentre la sua presenza su substrato verticale è risultata sporadica. Non sono risultate significative le differenze relative a differenti gradi di protezione, mentre la variabilità spaziale era significativa alle scale studiate (Tab. 2). La copertura variava tra 8.9 ± 1.0 e 2.1 ± 0.6 tra i siti investigati.

È stata osservata una relazione inversamente proporzionale significativa tra l'abbondanza delle alghe erette e quella di *C. cylindracea* (Fig. 6).

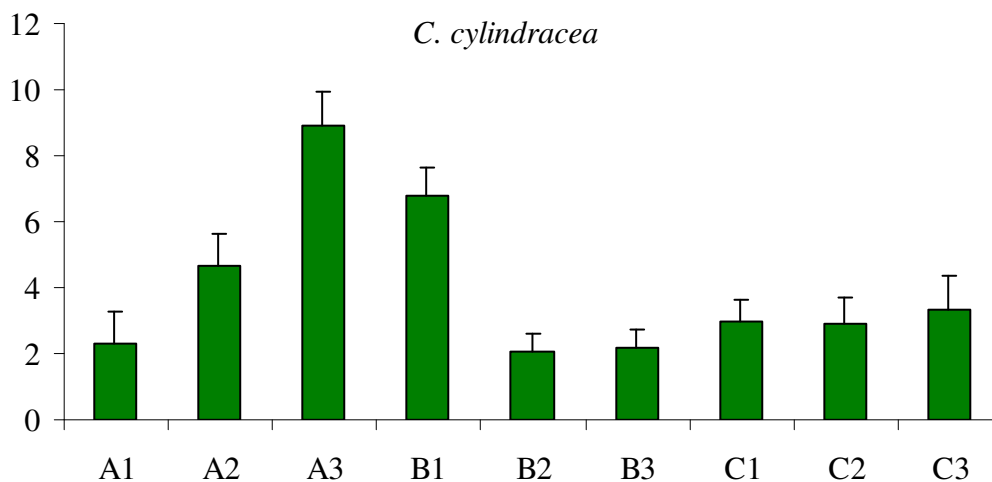


Figura 5: abbondanza (copertura media per campione) di *Caulerpa cylindracea* su substrato orizzontale

Tabella 2: analisi PERMANOVA sull'abbondanza delle NIS su substrato orizzontale

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Inclinazione = I	1	2110.9	22.56	0.001
Protezione = P	2	66.9	0.71	0.521
IxP	2	54.4	0.58	0.594
Sito(IxP) =	12	93.5	4.08	0.002
Area(S(IxP))	36	22.8	2.84	0.001
Residuo	486	8.0		

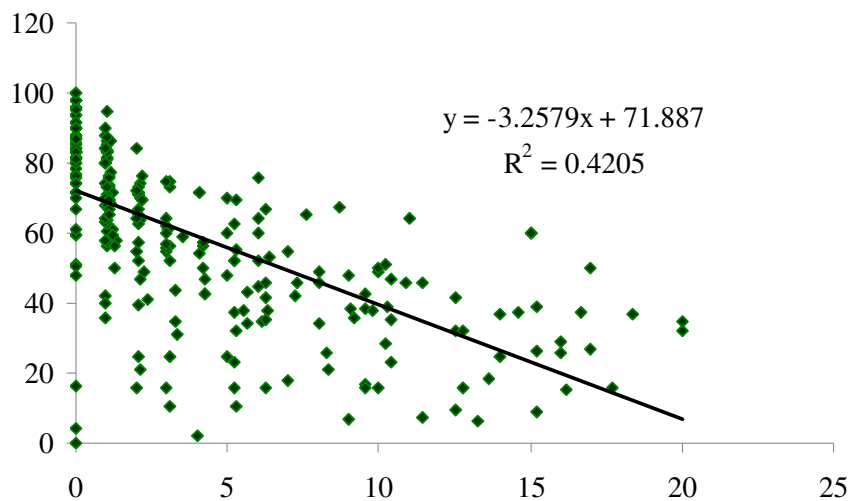


Figura 6: relazione tra l'abbondanza di *C. cylindracea* e le alghe erette su substrato orizzontale

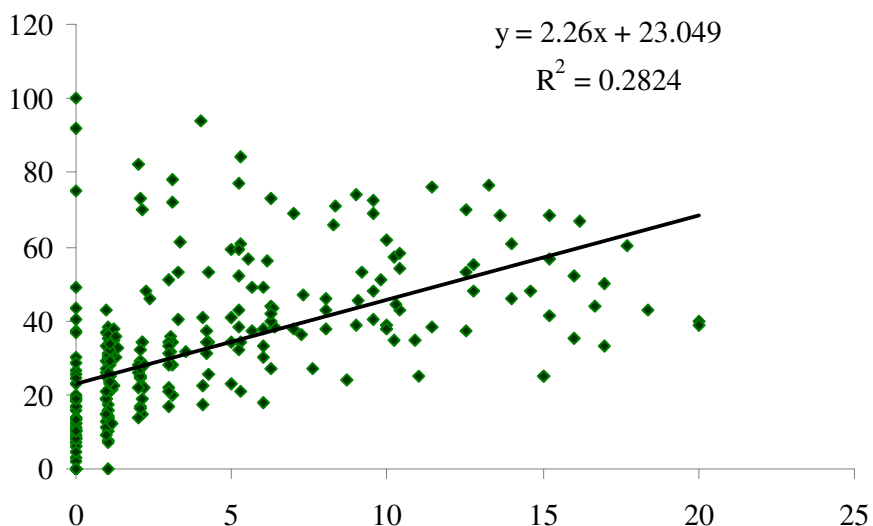


Figura 7: relazione tra l'abbondanza di *C. cylindracea* e feltro algale su substrato orizzontale



Figura 8: *C. cylindracea* va ad occupare gli spazi privi di specie eretti e colonizzati da feltro algale

Qualità ecologica

L'indice di qualità ALEX era elevato in tutte le aree studiate con dei valori che variavano tra $0,91\pm 0,01$ e $0,98\pm 0,01$ su substrato orizzontale (**Fig. 9**), mentre su quello verticale i valori erano sempre vicini a 1. La qualità ecologica è quindi risultata sempre elevata. L'analisi non ha mostrato differenze significative in relazione al grado di protezione mentre era significativa la variabilità spaziale alle scale studiate.

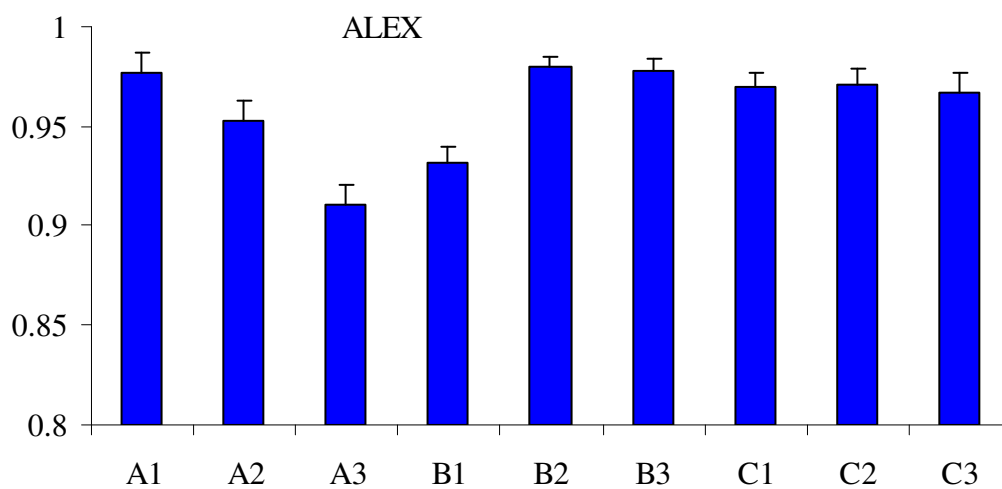


Figura 9: Valori di ALEX nei siti studiati su substrato orizzontale

Tabella 3: Analisi PERMANOVA sui valori di ALEX su substrato orizzontale

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Protezione = P	2	35.1	0.65	0.583
Sito(P) = S(P)	6	53.8	4.15	0.010
Area(S(P))	18	12.9	2.77	0.001
Residuo	243	4.6		

Transetti video

L'analisi delle immagini video ha mostrato differenze significative tra le due date di campionamento ma non tra livelli di protezione (**Tab.4**). Infatti, la copertura di *Caulerpa cylindracea* è incrementata da luglio a novembre, seguendo il ciclo vegetativo tipico della specie ma in modo simile tra le differenti zone dell'AMP (**Fig. 10**).

Tabella 4: analisi PERMANOVA sull'abbondanza di *Caulerpa cylindracea*

Source	df	MS	Pseudo-F	P(perm)
Data = D	1	745.0	54.02	0.001
Protezione = P	2	8.7	0.63	0.559
DxP	2	19.1	1.38	0.263
Residuo	12	13.7		

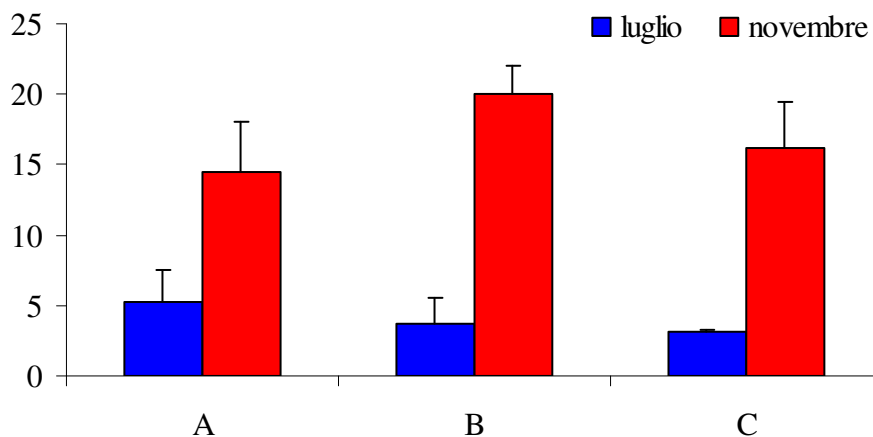


Figura 10: copertura del substrato da parte di *Caulerpa cylindracea* nelle due date di campionamento

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I popolamenti studiati hanno nel corso del 2018 presso la AMP Secche della Meloria (LI) hanno mostrato una struttura tipica per l'area geografica considerata, con una dominanza di specie fotofile su substrato orizzontale e una maggiore abbondanza di specie sciafile su quello verticale (Piazzi et al. 2002). La bassa copertura di specie strutturanti come *Cystoseira* spp e *Sargassum* spp e una generalizzata abbondanza di feltro denotano comunque popolamenti piuttosto impoveriti (Piazzi e Ceccherelli 2017a). La perdita di specie erette perenni e l'incremento di specie stagionali e opportuniste come quelle formanti il feltro sono in genere considerati effetti della presenza di stress quali un elevato tasso di sedimentazione o un'elevata concentrazione di nutrienti (Balata et al. 2007, Piazzi et al. 2012, 2017a), pressioni che possono entrambe agire nell'area di studio in relazione alla vicinanza con la foce di fiumi e con aree urbane.

Caulerpa cylindracea è stata l'unica NIS evidenziata attraverso metodi di studio visivi. La sua abbondanza è risultata profondamente influenzata dall'inclinazione del substrato e dalla presenza di specie erette, mentre non è apparso importante il grado di protezione. I risultati del monitoraggio confermano precedenti osservazioni sulla preferenza di *C. cylindracea* ad accrescersi su substrati orizzontali (Piazzi et al. 2016). Anche la competizione tra *C. cylindracea* e le specie a tallo eretto rappresenta un pattern ampiamente descritto (Bulleri et al. 2010, Piazzi et al. 2017b). Infatti la presenza di specie costituenti una canopy sembra rappresentare l'unico ostacolo per la propagazione dell'alga (Ceccherelli et al. 2002, Piazzi et al. 2016). Al contrario la presenza di feltro algale sembra favorire la colonizzazione di *C. cylindracea* offrendo un substrato idoneo all'ancoraggio tramite i rizoidi e la possibilità di beneficiare del sedimento e della sostanza organica intrappolata dall'intreccio di alghe filamentose (Piazzi et al. 2003, 2016, Gennaro e Piazzi 2014). Il mantenimento di specie formanti canopy è quindi da considerare un priorità anche in relazione alla colonizzazione di NIS.

L'incremento della copertura di *C. cylindracea* tra luglio e novembre è in linea con il ciclo vegetativo della specie (Piazzi et al. 2016).

Sebbene con andamento variabile ALEX ha mostrato un'elevata qualità ecologica relativa alla presenza di NIS in tutta l'area di studio. L'utilizzo di ALEX sembra rappresentare un metodo idoneo da applicare al monitoraggio delle specie aliene e alla definizione della qualità ecologica delle AMP nell'ambito della Marine Strategy Framework Directive (Piazzi et al. 2015, 2018).

BIBLIOGRAFIA CITATA

- BALATA D., PIAZZI L., BULLERI F. 2007. 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.
- BULLERI F., BALATA D., BERTOCCI I., TAMBURELLO L., BENEDETTI-CECCHI L. 2010. The seaweed *Caulerpa racemosa* on Mediterranean rocky reefs: from passenger to driver of ecological changes. *Ecology* 91: 2205-2212.
- CECCHERELLI G., PIAZZI L., BALATA D. 2002. Spread of introduced *Caulerpa* species in macroalgal habitats. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*. 280: 1-11.
- GENNARO P., PIAZZI L. 2014. The role of nutrients in successful invasion of *Caulerpa racemosa* var *cylindracea*. *Biological Invasions* 16: 1709–1717
- PACCIARDI L., DE BIASI A.M., PIAZZI L., 2011. Effects of *Caulerpa racemosa* invasion on soft-bottom assemblages in the Western Mediterranean Sea. *Biological Invasions* 13: 2677–2690.
- PIAZZI L., PARDI G., BALATA D., CECCHI E., CINELLI F. 2002. Seasonal dynamics of a subtidal north-western Mediterranean macroalgal community in relation to depth and substrate inclination. *Botanica Marina*, 45: 243-252
- PIAZZI L., CECCHERELLI G., BALATA D., CINELLI F. 2003. Early patterns of *Caulerpa racemosa* recovery in the Mediterranean Sea: the influence of algal turfs. *Journal of Marine Biological Association of United Kingdom*. 83: 27-29.
- 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., CECCHERELLI G. 2015. Suitability of the Alien Biotic Index (ALEX) for assessing invasion of macroalgae across different Mediterranean habitats. *Marine Pollution Bulletin* 97: 234–240
- PIAZZI L., BALATA D., BULLERI F., GENNARO P., CECCHERELLI G. 2016. The invasion of *Caulerpa cylindracea* in the Mediterranean: the known, the unknown and the knowable. *Marine Biology* 163: 161. doi:10.1007/s00227-016-2937-4
- PIAZZI L., CECCHERELLI G. 2017a. Concomitance of oligotrophy and low grazing pressure is essential for the resilience of Mediterranean subtidal forests. *Marine Pollution Bulletin* 123: 197-204
- PIAZZI L., CECCHERELLI G. 2017b. Eutrophication affects the resistance of fucoids to an introduced alga spread. *Marine Environmental Research* 129: 189-194

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. *Marine Pollution Bulletin* 128: 318-323