

A. OPRANDI¹, L. FOUILLET², C. MORRI^{1,3}, C.N. BIANCHI^{1,3}, I. MANCINI¹,
A. AZZOLA^{1,4}, C. ROBELLO¹, M. MONTEFALCONE^{1,4}

¹Seascape Ecology Laboratory (SEL), Dipartimento di Scienze della Terra, dell'Ambiente e della Vita (DiSTAV), Università di Genova, Italia

²Aix-Marseille Université, Institut Pythéas Observatoire des Sciences de l'Univers, Marseille, France

³GMC (Genoa Marine Centre), EMI (Department of Integrative Marine Ecology), Stazione Zoologica Anton Dohrn - Istituto Nazionale di Biologia, Ecologia e Biotecnologie Marine, Genova, Italia

⁴NBFC, National Biodiversity Future Center, 90133 Palermo, Italia
alice.oprandi@edu.unige.it

CARTOGRAFIA DELLA PRATERIA DI *POSIDONIA OCEANICA* DI BERGEGGI: 35 ANNI DI STORIA

CARTOGRAPHY OF THE BERGEGGI *POSIDONIA OCEANICA* MEADOW: 35 YEARS OF HISTORY

Abstract - Thematic mapping has been increasingly used to define the extent and distribution of *Posidonia oceanica* meadows in recent times. In the Ligurian Sea, *P. oceanica* meadows have undergone a documented regression in the last century due to increasing anthropogenic pressures along the coast. From the 1980s, 15 different maps depicting the biocoenosis present in the Marine Protected Area of Bergoggi have been collated and compared. The diachronic analysis showed a decrease in the surface area of *P. oceanica* between 1987 and 2005, while in the last 15 years the extension of the Bergoggi meadow does not seem to show any significant change but a partial recovery locally. This result could be ascribed to the establishment of the Marine Protected Area itself in 2007, and is consistent with the trend of *P. oceanica* meadows at the Mediterranean scale, whose regression seems to have stopped in recent years.

Key-words: Diachronic analysis, habitat mapping, *Posidonia oceanica*, historical data, Ligurian Sea

Introduzione - La mappatura dei fondali marini è uno strumento di indagine ambientale relativamente recente, a causa delle note difficoltà operative legate ai rilievi subacquei, che ha però acquisito un'importanza crescente grazie alla sua applicabilità ed efficacia nel definire l'esatta collocazione degli habitat marini costieri. La cartografia tematica risulta infatti particolarmente indicata per lo studio degli habitat bentonici, consentendo di valutare il loro cambiamento e le loro dinamiche nel tempo. Nelle più recenti direttive europee (i.e., Direttiva Quadro sulla Strategia Marina, MSFD), la mappatura degli habitat costituisce un elemento fondamentale per la gestione efficace delle zone costiere in quanto permette di valutare e monitorare l'integrità dei fondali marini. Le mappe storiche tuttavia sono rare e nella maggior parte dei casi la loro affidabilità deve essere valutata attentamente (Leriche *et al.*, 2004).

Le praterie di *Posidonia oceanica* (L.) Delile 1813, rappresentano uno degli habitat marini più importanti del Mar Mediterraneo, in grado di fornire una serie di servizi e funzioni ecosistemiche fondamentali per l'ambiente costiero. In Mar Ligure, *P. oceanica* ha subito una documentata regressione nell'ultimo secolo a causa delle crescenti pressioni antropiche lungo la costa, e costituisce quindi l'oggetto ideale per uno studio di cartografia diacronica. Le prime carte che riportavano sommariamente la presenza e la posizione delle fanerogame marine in Liguria sono state prodotte solo verso la metà degli anni '60 da Nicola Fusco e Giorgio Santi con l'obiettivo di segnalare le migliori zone di cattura per la pesca commerciale. Una cartografia tematica di dettaglio finalizzata a definire l'esatta estensione e distribuzione di *P. oceanica* viene sviluppata soltanto a partire dalla seconda metà degli anni '80. La più lunga serie storica di dati disponibile in Mar Ligure inerente una prateria di *P. oceanica* è quella relativa alla prateria di

Bergeggi (Savona). A partire dagli anni '80 fino ad oggi sono state collezionate 15 differenti carte raffiguranti le biocenosi presenti nei fondali di questa zona. L'obiettivo del presente lavoro è stato quindi quello di confrontare le cartografie esistenti al fine di determinare l'evoluzione della prateria di *P. oceanica* di Bergeggi nel tempo.

Materiali e Metodi - I dati cartografici relativi alla localizzazione ed estensione dell'habitat *Posidonia oceanica* sono stati estrapolati da indagini condotte tra il 1987 e il 2020 nell'Area Marina Protetta (AMP) Isola di Bergeggi (Tab. 1). In totale sono state calcolate le superfici di 15 mappe raffiguranti *P. oceanica* utilizzando il Sistema Informativo Geografico (GIS). Le carte storiche (cartacee) sono state scansionate e utilizzate come raster in ambiente GIS, dove sono state georeferenziate e digitalizzate. Ad ogni carta è stato assegnato un grado di affidabilità sulla base della scala della carta, del metodo di acquisizione del dato, e del sistema di riferimento, ispirandosi all'indice di affidabilità (RI) di Leriche *et al.* (2004): solo le carte che hanno ottenuto un RI superiore o uguale a 25 sono state utilizzate per il confronto. Per facilitare l'analisi diacronica, l'area dell'AMP è stata suddivisa in tre zone distinte da nord a sud (Fig. 1): zona 1, tra il confine nord orientale dell'AMP e Punta Predani; zona 2, tra Punta Predani e Punta del Maiolo; zona 3, tra Punta del Maiolo e il confine sud occidentale dell'AMP. Per il confronto è stato utilizzato il metodo di sovrapposizione dei vettori (*vector overlay method*) (Barsanti *et al.*, 2007; Canessa *et al.*, 2017) grazie al quale il cambiamento nel tempo della prateria è stato espresso in termini di concordanza (i.e., area di prateria rimasta inalterata tra le due carte) e discordanza (i.e., area di prateria presente in una sola delle due carte).

Risultati - In base ai risultati dell'indice RI, 3 delle 15 carte analizzate non sono risultate affidabili e sono quindi state escluse dal confronto (Tab. 1). La diversa rappresentazione del dato sulle carte ha determinato differenze nel calcolo delle superfici totali a seconda che *P. oceanica* fosse rappresentata solo come prateria continua o come prateria e mosaico di *P. oceanica* e matite morte. L'analisi diacronica delle carte sembra evidenziare andamenti differenti per le 3 zone. Le zone 1 e 2 sono quelle che hanno subito più oscillazioni nel tempo riportando un trend negativo, anche se, già in passato, in queste aree, *P. oceanica* presentava una ridotta estensione. Il corpo principale della prateria di Bergeggi ricade nella zona 3 che, diversamente dalle precedenti, sembra mostrare un recupero in termini di superficie della prateria nel tempo. L'evoluzione della prateria di Bergeggi nel complesso sembra essere caratterizzata da due fasi temporali distinte: tra il 1989 e il 2005 si registra una diminuzione della superficie di *P. oceanica*, mentre negli ultimi 15 anni l'estensione della prateria sembra rimasta per lo più stabile con alcune aree in fase di recupero.

Conclusioni - Le pressioni antropiche locali hanno avuto un forte impatto sulla prateria di Bergeggi, soprattutto nel settore nord (zona 1), dove *P. oceanica* ha risentito della forte sedimentazione legata agli interventi di ripascimento negli anni 90 e della costruzione del porto di Vado. Questo studio ha infatti evidenziato un gradiente di degrado crescente in direzione sud-nord. L'analisi diacronica ha mostrato una diminuzione significativa della superficie di *P. oceanica* nelle zone 1 e 2 tra il 1989 e il 2020. Negli ultimi 15 anni tuttavia, e in concomitanza con l'istituzione dell'Area Marina Protetta (2007), la prateria sembra aver rallentato il suo arretramento, e l'area è

rimasta stabile, similmente a quanto si sta osservando a scala di bacino Mediterraneo (de Los Santos *et al.*, 2019).

Tab. 1 - Superficie di *P. oceanica* ricavata dalle 15 carte utilizzate per l'analisi diacronica. Le parentesi indicano il dato non affidabile secondo l'indice di affidabilità (RI).

Surface area of P. oceanica derived from the 15 maps used for diachronic analysis. Brackets indicate unreliable data according to the Reliability Index (RI).

| Carta | Anno | RI | Superficie totale di <i>P. oceanica</i> (ha) |
|--------------|-------------|-----------|---|
| 1 | 1987 | 22 | (41,2) |
| 2 | 1989 | 25 | 24,6 |
| 3 | 1989 | 16 | (40,9) |
| 4 | 1990 | 30 | 12,1 |
| 5 | 1990 | 22 | (3,6) |
| 6 | 1993 | 25 | 24,9 |
| 7 | 1995 | 35 | 21,9 |
| 8 | 1999 | 27 | 31 |
| 9 | 1999 | 27 | 33,2 |
| 10 | 2004 | 35 | 20,8 |
| 11 | 2006 | 50 | 19,8 |
| 12 | 2007 | 50 | 12 |
| 13 | 2009 | 50 | 20,7 |
| 14 | 2012 | 50 | 15,7 |
| 15 | 2020 | 50 | 22,5 |

Nella zona 3, *P. oceanica* sembra addirittura aver incrementato il suo areale a partire dal 2005, anche se, i fenomeni di sostituzione, da parte di specie con una minore capacità strutturante di *P. oceanica*, osservati in questo tratto di fondale (Oprandi *et al.*, 2014) rendono incerto il futuro della prateria di Bergeggi. Al fine di poter fare previsioni e valutare correttamente l'evoluzione di una prateria, l'analisi diacronica dovrebbe essere affiancata a dati complementari sullo stato di salute di *P. oceanica*. Le carte storiche, dopo un'attenta valutazione critica, si sono rivelate una fonte complementare di dati sui fondali marini e possono conferire un maggiore significato allo studio del cambiamento nel tempo degli ecosistemi marini costieri.

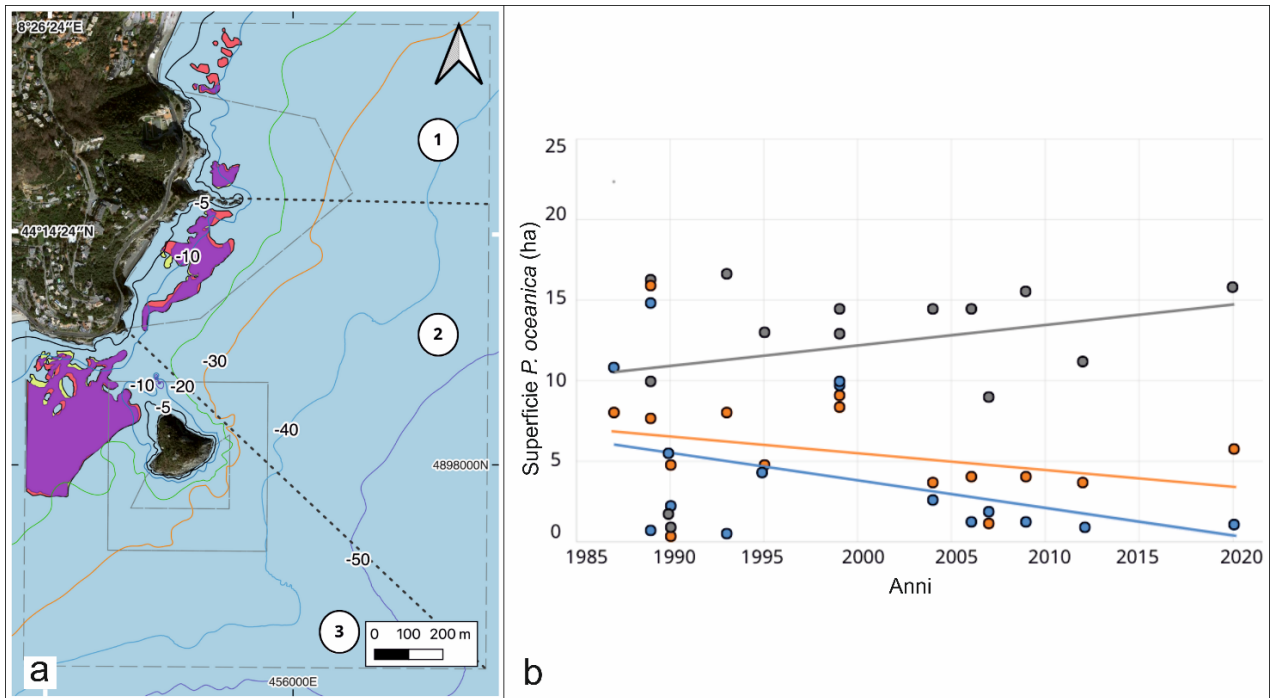


Fig. 1 - (a) Esempio di mappa di concordanza/discordanza tra le carte del 2004 e 2006: le aree verdi rappresentano le discordanze positive; le aree rosa le discordanze negative; la concordanza (in viola) è del 79%. (b) Evoluzione nel tempo della superficie di *P. oceanica* nella zona 1 (punti e linea blu), nella zona 2 (punti e linea arancioni) e nella zona 3 (punti e linea grigi) dell'AMP Isola di Bergoggi.

(a) Example of concordance/discordance map between the 2004 and 2006 maps: green areas represent positive discordances; pink areas represent negative discordances; the concordance (in purple) is 79%; (b) Evolution over time of the surface area of *P. oceanica* in zone 1 (blue dots and line), zone 2 (orange dots and line), and zone 3 (grey dots and line) of the Isola di Bergoggi MPA.

Bibliografia

- BARSANTI M., DELBONO I., FERRETTI O., PEIRANO A., BIANCHI C.N., MORRI C. (2007) - Measuring change of Mediterranean coastal biodiversity: diachronic mapping of the meadow of the seagrass *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson in the Gulf of Tigullio (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Hydrobiologia*, **580**: 35-41.
- CANESSA M., MONTEFALCONE M., BAVESTRELLO G., POVERO P., COPPO S., MORRI C., BIANCHI C.N. (2017) - Fishery maps contain approximate but useful information for inferring the distribution of marine habitats of conservation interest. *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **187**: 74-83.
- DE LOS SANTOS C.B., KRAUSE-JENSEN D., ALCOVERRO T., MARBÀ N., DUARTE C.M., VAN KATWIJK M. M., PÉREZ M., ROMERO J., SÁNCHEZ-LIZASO J.L., ROCA G., JANKOWSKA E., PÉREZ-LLORENS J.L., FOURNIER J., MONTEFALCONE M., PERGENT G., RUIZ J.M., CABAÇO S., COOK K., WILKES R.J., MOY F.E., MUÑOZ-RAMOS TRAYTER G., SEGLAR ARAÑÓ X., DE JONG D.J., FERNÁNDEZ-TORQUEMADA Y., AUBY I., VERGARA J.J., SANTOS R. (2019) - Recent trend reversal for declining European seagrass meadows. *Nat. Commun.*, **10** (1): 3356.
- LERICHE A., BOUDOURESQUE C.F., BERNARD G., BONHOMME P., DENIS J. (2004) - A one-century suite of seagrass bed maps: can we trust ancient maps? *Estuar. Coast. Shelf Sci.*, **59** (2): 353-362.
- OPRANDI A., MONTEFALCONE M., FERRARI M., MORRI C., BIANCHI C.N. (2014) - Invasion of the alien green alga *Caulerpa racemosa* and phase shift within the *Posidonia oceanica* seagrass meadow of Bergoggi. *Biol. Mar. Mediterr.*, **21** (1): 75-78.