

F. SCARCELLI^{1,2}, A. PIRO¹, V. OSSO¹, P. GIOVANNELLI¹, S. GRECO², S. MAZZUCA¹

¹Laboratorio di Biologia e Proteomica Vegetale (Lab.Bio.Pro.Ve.), Dipartimento di Chimica e Tecnologie Chimiche, Università della Calabria, Rende (CS), Italia.

²Stazione Zoologica A. Dohrn, Sede di Amendolara (CS), Italia.
amalia.piro@unical.it

VALUTAZIONE DELLO STATO ECOLOGICO DI PRATERIE DI *POSIDONIA OCEANICA* IN SEI ZSC LUNGO IL LITORALE DELLA CALABRIA

THE ECOLOGICAL STATE OF *POSIDONIA OCEANICA* MEADOWS IN SIX SACS ALONG THE COAST OF CALABRIA

Abstract - *Posidonia oceanica* (Linnaeus) Delile in Calabria forms crucial coastal ecosystems, pivotal for nutrient cycling and water quality. Evaluating their state is vital for preserving heritage, coastal life, and tourism. In this work, six Special Areas of Conservation were examined along the Tyrrhenian and Ionian coasts of Calabria characterized by the presence of the meadows habitat of *P. oceanica*. From our observations and comparison with previous data, it emerged a substantial decline in meadow coverage and density, attributed to various causes. From the analyzes conducted it was possible to determine different descriptors and calculate the PREI ecological quality index in the analyzed sites. Analysis established descriptors and the PREI ecological index, revealing disparities between shoot density classification, PREI thresholds, and real environmental conditions. The PREI index always defines a "Good Ecological Status", underscoring the necessity of integrating diverse descriptors and indices used by regional agencies for monitoring *P. oceanica*.

Key-words: *Posidonia oceanica*, monitoring, PREI index, Calabria.

Introduzione - La Direttiva Quadro sulle Acque, adottata dall'Unione Europea nel 2000, esorta gli Stati membri dell'UE a valutare e monitorare lo stato ecologico dei corpi idrici in tutta Europa attraverso l'uso di elementi di qualità biologica (EQB). In Mediterraneo, la pianta marina *Posidonia oceanica* è stata selezionata come EQB per le acque marine costiere, grazie alla sua ampia diffusione e sensibilità ai disturbi ambientali (Pergent *et al.*, 2005). Per raggiungere questo obiettivo, gli Stati membri dell'UE hanno dovuto intraprendere un esercizio di intercalibrazione dei parametri di riferimento. L'Italia e la Francia ad esempio hanno adottato il *Posidonia Rapid Easy Index* (PREI) (Gobert *et al.*, 2009) che è attualmente utilizzato nei programmi di monitoraggio marino costiero delle praterie di *Posidonia oceanica* come indicato nel Modulo 10 della Direttiva sulla Strategia Marina. Lungo le coste della regione Calabria, fondamentale barriera biogeografica tra il bacino del Mediterraneo occidentale e quello orientale, *P. oceanica* forma ecosistemi altamente produttivi sia sul versante tirrenico che ionico. Sono stati intrapresi programmi di monitoraggio e attività di ricerca per valutare lo stato ecologico di questi ecosistemi, per preservare i servizi associati e promuovere la blu economy, per migliorare la qualità della vita delle popolazioni che vivono lungo le coste e rilanciare l'interesse turistico per la Calabria. Aspetti importanti delle strategie di monitoraggio includono la selezione del sito e la suddivisione dell'area di monitoraggio totale (Lopez *et al.*, 2010). Il presente studio di monitoraggio mira a implementare la conoscenza esistente delle praterie di *P. oceanica* nei siti ZSC (Zone a Conservazione Speciale) attraverso la barriera biogeografica calabrese, selezionando due praterie lungo la costa tirrenica, due lungo la costa ionica e due nella zona di transizione. In particolare, l'obiettivo principale è stato quello di valutare lo stato ecologico dell'ecosistema attraverso tecniche di rilievo in campo. Sono calcolati i principali indici utilizzati per valutare il GES (*Good Environmental Status*) dell'habitat di *P. oceanica*. I risultati vengono discussi per dimostrare la relazione tra i descrittori misurati e le classi qualitative di riferimento degli indici stessi.

Materiali e metodi - Siti selezionati e metodo di campionamento. Abbiamo effettuato il monitoraggio stagionale delle praterie di *Posidonia oceanica* nelle sei ZSC calabresi oggetto del presente studio (Tab. 1).

Tab. 1 - Coordinate geografiche delle stazioni di campionamento. In verde i siti tirrenici, in blu i siti presenti nella zona di transizione ed in giallo i siti ionici.
Geographic coordinates of the sampling stations. The Tyrrhenian sites are in green, the sites in the transition zone are in blue and the Ionic sites are in yellow.

Coordinate	Cirella	Capo Vaticano	Scilla	Reggio Calabria	Mirto	Le Castella
Latitudine	39,697216	38,663282	38,255159	39,136329	39,609358	38,907473
Longitudine	15,803951	15,843998	15,724949	15,656029	16,796119	17,063633

In tutte le campagne di monitoraggio, campionamento e analisi dei dati sono stati impegnati ricercatori e operatori scientifici subacquei altamente qualificati (AIOSS). Sono stati effettuati, in ognuno dei siti selezionati, 3 transetti di 10 m paralleli alla costa a 15 m di profondità e 1 transetto di 10 m parallelo alla costa alla profondità del limite inferiore. Sono stati raccolti tutti i dati necessari per il calcolo degli indici utili alla valutazione dello stato ecologico in campo (densità *shoots*; indice di copertura; presenza di altre fanerogame marine; presenza di specie aliene; tipologia di limite) e effettuati i campionamenti necessari per le analisi di laboratorio (fenologia; lepidocronologia; biomassa fogliare; biomassa epifitica).

Descrittori utilizzati e indici. È stato utilizzato il modello ISPRA per il monitoraggio delle praterie di *P. oceanica*. La densità dei fasci è stata effettuata utilizzando dei quadrati 40 cm × 40 cm e calcolata come no. fasci m⁻². Sono state effettuate almeno 5 differenti misurazioni per ogni transetto. È stata valutata la copertura di *P. oceanica* attraverso la stima visiva della percentuale di fondale marino ricoperto da piante vive. La misura viene effettuata utilizzando un riquadro quadrato 40 cm × 40 cm suddiviso in 4 sottoquadrati. La misurazione viene ripetuta lungo un transetto di 10 m, e poi viene calcolata la media sull'intero transetto di 10 m. Per rendere la stima comparabile tra anni diversi, i transetti dovrebbero essere estesi seguendo un dato angolo rispetto al quadrato fisso. Sono state valutate l'ampiezza e la lunghezza della foglia e la qualità dell'apice fogliare. Ciascuna area è stata delimitata da transetti e all'interno di tali aree sono stati effettuati i rilevamenti relativi ai seguenti parametri: tipologia di limite inferiore del posidonieto (sfumato, netto, erosivo, regressivo) e sua profondità, densità dei fasci fogliari, % di copertura, tipo di substrato. È stata effettuata l'analisi fenologica e sono state calcolate la biomassa fogliare e la biomassa epifitica. Sono stati calcolati i seguenti indici:

- Coefficiente "A" di Giraud (1977), corrispondente alla percentuale di foglie che hanno perduto l'apice;
- PREI (*Posidonia oceanica* Rapid Easy Index) (Gobert *et al.*, 2009) è un indice multimetrico basato su statistica univariata e sull'analisi di cinque differenti descrittori (superficie fogliare, densità fogliare, profondità del limite inferiore, tipo di limite inferiore e il rapporto tra la biomassa epifitica e la biomassa fogliare) della prateria di *P. oceanica* oggetto di studio. Restituisce l'informazione sullo stato ecologico della prateria;
- Indice L.A.I. (Leaf Area Index) di Drew (1971), corrispondente alla superficie fogliare per fascio o per m²;

- Valutazione dello stato di qualità delle praterie sulla base dei valori di densità dei fasci secondo la classificazione di Giraud (1977) e Pergent-Martini *et al.* (2005).

A seguito del campionamento sono state effettuate le seguenti analisi in laboratorio:

- analisi morfometriche
- analisi della biomassa

Risultati - In sintesi vengono mostrati i grafici e le tabelle relativi a tutte le ZSC analizzate. Nelle Tab. 2 e 3 sono riportati i valori di sintesi dei principali parametri e indici.

Tab. 2 - Valutazione dello stato di qualità delle praterie sulla base dei valori di densità dei fasci secondo la classificazione di Giraud (1977) e Pergent-Martini *et al.* (2005).
Evaluation of the quality status of the meadows based on the density values of the shoots according to the classification of Giraud (1977) and Pergent-Martini et al. (2005).

SITE	Densità	Giraud	Pergent
Cirella	305	SCARSA	DENSITÀ NORMALE
Reggio Calabria	226	MOLTO SCARSA	DENSITÀ BASSA
Scilla	409	SCARSA	DENSITÀ NORMALE
Capo Vaticano	376	SCARSA	DENSITÀ NORMALE
Mirto	331	SCARSA	DENSITÀ NORMALE
Le Castella	319	SCARSA	DENSITÀ NORMALE

Tab. 3 - Classi di riferimento EQR; Valore EQR e classi assegnate a ciascuna ZSC.
EQR reference classes; EQR value and classes assigned to each ZSC.

EQR	STATO ECOLOGICO	SITI	EQR	classe EQR
1 - 0,775	Elevato	Cirella	0,65	Good
0,774 - 0,550	Buono	Reggio Calabria	0,62	Good
0,549 - 0,325	Sufficiente	Scilla	0,60	Good
0,324 - 0,100	Scarso	Capo Vaticano	0,67	Good
< 0,100 - 0	Cattivo	Mirto	0,60	Good
		Le Castella	0,64	Good

La classificazione di Giraud (1977) non tiene conto della profondità delle praterie in esame, mentre quella di Pergent-Martini *et al.* (2005) ne tiene conto. Per quanto riguarda la classificazione di Giraud (1977), tutte le praterie avevano una bassa densità di fasci e solo nel sito di Reggio Calabria questa era risultata molto bassa. Secondo la classificazione di Pergent-Martini *et al.* (2005), invece, tutte le praterie avevano una densità di fasci normale e solo nel sito di Reggio Calabria la densità era risultata bassa. La tabella 5 mostra i valori EQR (indice PREI) dei siti in esame. Tutte le ZSC analizzate hanno ottenuto una buona classificazione dello stato ecologico.

Conclusioni - Nel monitoraggio delle fanerogame marine sono importanti sia le caratteristiche degli indicatori della specie sia le sue risposte ai disturbi a livello eco-regionale. Attraverso l'analisi dei macrodescrittori è stata rilevata una certa eterogeneità tra i siti selezionati per lo studio, un risultato atteso in base alle pregresse osservazioni dei siti fatte nell'ambito di progetti di ricerca. I parametri a livello di prateria e i parametri fenologici suggeriscono una maggiore fragilità nel sito di Reggio

Calabria rispetto agli altri siti. Tutti i siti analizzati presentano comunque fattori di disturbo diversificati ma con due costanti: ancoraggi e pesca a strascico. Nel sito di Reggio Calabria è stato identificato un altro fattore di disturbo dato dalla presenza nella ZSC di un campo boe ancorato al fondo per mezzo dicorpi morti di cemento connessi tra loro tramite catenarie. Queste ultime perturbano il posidonieto e non ne consentono la rigenerazione. Il dato positivo riscontrato nel sito di Reggio Calabria è dato dal vigore vegetativo delle piante che presentano foglie robuste con lamina fogliare più ampia rispetto alle piante analizzate negli altri siti. Inoltre, quella di Reggio Calabria sembra essere l'unica prateria che presenta un limite inferiore di tipo progressivo; questo fa supporre che, se le principali cause di disturbo fossero eliminate, la prateria potrebbe auspicabilmente andare incontro ad un recupero in futuro. L'applicazione dell'indice PREI ha invece restituito uno stato ecologico buono per tutti i siti analizzati. In accordo con Oprandi *et al.* (2021) il presente studio ha constatato la tendenza dell'indice multimetrico (Gobert *et al.*, 2009) a smorzare la variabilità dei singoli parametri, sopravvalutando positivamente il risultato (Mancini *et al.*, 2020). Il campionamento per l'applicazione del PREI viene eseguito a 15 m, profondità che può risultare poco rappresentativa dell'intera prateria. Inoltre, il PREI non tiene conto di importanti indicatori di processi di degrado all'interno della prateria come, ad esempio, la copertura della matte morta, che indica la frammentazione della prateria e la presenza di fenomeni di sostituzione da parte di specie meno strutturanti (e.g., *Cymodocea nodosa* (Ucria) Ascherson, *Caulerpa cylindracea* Sonder). La Direttiva quadro 2008/56/CE, Marine Strategy Framework Directive (MSFD), ha dedicato alle praterie di *Posidonia oceanica* un modulo operativo con programmi di monitoraggio continuo per la valutazione dello stato di salute di questo fondamentale elemento, che sono stati affidati alle ARPA. Quest'ultime utilizzano il modello ISPRA e gli indici ecologici esistenti. Sulla base dei risultati di questo lavoro si può affermare che sopravvalutare lo stato ecologico rischia di influire negativamente sulla formulazione e sull'aggiornamento dei piani di gestione che potrebbero essere quindi non rispondenti alle reali condizioni delle praterie. La strategia della ricerca, in questo settore, è quindi quella di trovare un modo per integrare le diverse informazioni che ci possono fornire gli indici già esistenti ed interpretarle correttamente per ottenere una valutazione attendibile di stato ecologico.

Bibliografia

- DREW E.A. (1971) - Underwater science. An introduction to experiments by divers. In: Woods J.D., Lithgoe J.N. (eds), *Botany*, Academic press, London: 175-233.
- GIRAUD G. (1977) - Essai de classement des herbiers de *Posidonia oceanica* (L.) Delile. *Bot. Mar.*, **20** (8): 487- 491.
- 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. Poll. Bull.*, **58** (11): 1727-1733.
- LOPEZ Y ROYO C., PERGENT G., PERGENT-MARTINI C., CASAZZA G. (2010) - Seagrass (*Posidonia oceanica*) monitoring in western Mediterranean: implications for management and conservation. *Environ. Monitor. Assess.*, **171**: 365-38.
- MANCINI I., RIGO I., OPRANDI A., MONTEFALCONE M., MORRI C., PEIRANO A., VASSALLO P., PAOLI C., BIANCHI C.N. (2020) - What biotic indices tell us about ecosystem change: Lessons from the seagrass *Posidonia oceanica*. *Vie et Milieu/Life & Environment*, **70**. <https://hal.sorbonne-universite.fr/hal-03342417/document>.
- OPRANDI A., BIANCHI C.N., KARAYALI O., MORRI C., RIGO I., MONTEFALCONE M. (2021) - RESQUE: a novel comprehensive approach to compare the performance of different indices in evaluating seagrass health. *Ecol. Ind.*, **131**: 108118.
- PERGENT-MARTINI C., LEONI V., PASQUALINI V., ARDIZZONE G.D., BALESTRI E., BEDINI R., BELLUSCIO A., BELSHER T., BORG J.A., BOUMAZA S., BOUDOURESQUE C.F., BOUQUEGNEAU M., BUJA M.C., CALVO S., CEBRIAN J., CHARBONNEL E., CINELLI F., COSSU A., DI MAIDA G., VELIMIROV B. (2005) - Descriptors of *Posidonia oceanica* meadows: use and application. *Ecol. Ind.*, **5** (3): 213-23.