



LIFE17 CCM/IT/000121

# Sea Forest Life

CO<sub>2</sub>

**LIFE SeaForest Le Foreste del Mare**  
*Misure operative per la tutela  
della Posidonia oceanica*



 A Lara

# Indice

## Index

Introduzione <i>Introduction</i> .....	6
<b>01</b> Il programma LIFE <i>The LIFE Programme</i> .....	10
<b>02</b> Descrizione del progetto <i>Project Description</i> .....	14
<b>03</b> Le aree di progetto <i>Project Areas</i> .....	18
Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena .....	20
Parco Nazionale dell'Asinara .....	20
Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni .....	21
<b>04</b> I posidonieti <i>Posidonia Meadows (Posidonia oceanica)</i> .....	22
L'importanza ambientale dell'habitat .....	25
Lo stock di carbonio dell'habitat .....	26
<b>05</b> Criticità ambientali affrontate dal progetto <i>Environmental Challenges Addressed by the Project</i> .....	28
Ancoraggi sul posidonieto .....	30
Pressione turistica nelle spiagge .....	32
Distruzione degli habitat naturali .....	32
Erosione costiera .....	33
Inquinamento marino e marine litter .....	34
Disturbo alla fauna selvatica .....	34
Operazioni di rimozione delle banquette di Posidonia .....	34
Emissioni di gas serra .....	36
<b>06</b> Pratiche di conservazione <i>Conservation Practices</i> .....	38
Piani degli ormeggi .....	40
App per la gestione ancoraggi e ormeggi .....	45
La piattaforma Blue Discovery .....	46
Funzionalità e struttura del sistema .....	47
Integrazione con la gestione ambientale .....	47
Comunicazione, sensibilizzazione e partecipazione .....	47
Verso un modello replicabile .....	47
Nuova realizzazione di ormeggi <i>New Mooring Installations</i> .....	50
Intervento nell'Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara" .....	51
Intervento nell'Area Marina Protetta di Santa Maria di Castellabate .....	52
Interventi nel Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena .....	52
Interventi di ricucitura del posidonieto <i>Posidonia Meadow Restoration Interventions</i> .....	56
Soluzioni per la gestione della posidonia spiaggiata <i>Solutions for the Management of Beached Posidonia</i> .....	64
Filieri di riutilizzo e valorizzazione .....	64
Soluzioni dimostrative e di sensibilizzazione .....	65
Gli accordi territoriali per la gestione sostenibile .....	66
<b>07</b> Blue carbon <i>The Blue Carbon</i> .....	68
Standard BLUE CARBON di riduzione delle emissioni .....	70
Introduzione .....	70
Scenario di Baseline (Business As Usual) .....	70
Scenario di Progetto .....	71
Leakage (Spostamento delle Emissioni) .....	72
Buffer di non permanenza .....	72
Risultati: Riduzioni Nette di Emissioni (NER) .....	72
Mercato del blue carbon potenzialità e limiti .....	72
<b>08</b> Trasferibilità del modello SEA FOREST <i>The transferability of LIFE SeaForest model</i> .....	74
Bibliografia <i>References</i> .....	78



Photo credit: Francesco Pacienza



## Introduzione Introduction

This introduction outlines how LIFE SeaForest emerged as a collaborative, science-driven initiative aimed at demonstrating that protecting marine ecosystems can generate climate, economic, and social value. Built on a strong partnership between research institutes, national parks, and specialized organizations, the project focused on *Posidonia oceanica* as a crucial “forest of the sea”, capable of storing significant amounts of carbon yet vulnerable to degradation and emissions release. SeaForest combined rigorous scientific assessment with concrete management tools such as eco-mooring systems, a digital platform for sustainable boating, and

active restoration actions, while also developing a standardized method to quantify blue carbon and translate conservation into a functional financial model. Its work extended beyond experimentation by establishing the foundations for long-term adoption of its methods, exemplified by the transferability experience in Malta and the creation of a Mediterranean blue carbon network. Ultimately, SeaForest stands as a replicable model of integrated science, governance, and innovation, showing that caring for the sea means caring for the climate and that marine conservation can drive a new, sustainable blue economy for the Mediterranean’s future.

Per introdurre questo volume dedicato ai risultati del progetto LIFE SeaForest, è naturale ripercorrere le origini e le motivazioni che hanno dato vita a un'iniziativa così complessa e innovativa, nata dall'incontro di competenze scientifiche, visione ambientale e capacità di costruire reti tra territori e istituzioni.

Come spesso accade nei progetti che lasciano un segno duraturo, SeaForest non è il frutto di un'idea isolata, ma di un processo collettivo, maturato nel tempo e radicato nella collaborazione tra enti pubblici, istituti di ricerca e aree protette che condividono un obiettivo comune: dimostrare che la tutela del mare può generare valore climatico, economico e sociale.

Il partenariato che ha reso possibile il progetto rappresenta uno dei punti di forza più evidenti dell'iniziativa. D.R.E.Am. Italia, beneficiario coordinatore, ha messo a sistema la propria esperienza nella gestione dei progetti LIFE e nella pianificazione ambientale; ISPRA e CNR hanno garantito il rigore scientifico necessario per misurare e validare i risultati; l'Università della Tuscia ha contribuito con le competenze accademiche sulla biologia marina e sul sequestro del carbonio; mentre i Parchi Nazionali dell'Arcipelago di La Maddalena, dell'Asinara e del Cilento hanno fornito i contesti operativi e le sfide reali della conservazione marina nel Mediterraneo.

A completare il quadro, CarbonSink Group ha sviluppato la componente economica e di mercato, traducendo la conservazione dell'habitat in un modello finanziario concreto, e Paragon Europe ha rappresentato il ponte verso la trasferibilità internazionale, con le attività di networking e capacity building a Malta.

L'idea alla base di LIFE SeaForest nasce da una constatazione semplice ma cruciale: le praterie di *Posidonia oceanica* sono le foreste del mare, ecosistemi che catturano e trattengono grandi quantità di carbonio nei loro sedimenti, ma che, se degradati, rilasciano quel carbonio in atmosfera, diventando sorgenti di gas serra. Da questa consapevolezza è scaturita la volontà di intervenire non solo per proteggere, ma per valorizzare il ruolo climatico degli habitat marini attraverso strumenti concreti di gestione, monitoraggio e finanza ambientale.

Nel corso degli anni di attuazione, LIFE SeaForest ha unito ricerca scientifica e sperimentazione applicata: ha misurato gli stock di carbonio delle praterie, sviluppato un protocollo standard di quantificazione, progettato ormeggi ecocompatibili, creato un'app digitale per la gestione sostenibile della nautica e avviato azioni di restauro attivo del posidonieto.

Ma soprattutto, ha dimostrato che la mitigazione climatica può nascere anche dal mare, e che la conservazione degli ecosistemi costieri può generare crediti di carbonio blu, aprendo la strada a un nuovo mercato di sostenibilità.

Come in ogni progetto LIFE, la sfida non si esaurisce nella sperimentazione: il vero obiettivo è creare continuità dopo il progetto, costruendo le condizioni

perché i risultati diventino parte delle politiche e delle pratiche ordinarie di gestione. In questo senso, SeaForest rappresenta un modello replicabile, che ha già trovato una sua naturale evoluzione nel Malta Lab, dove il metodo, i dati e gli strumenti elaborati in Italia sono stati trasferiti in un nuovo contesto geografico e istituzionale, con l'ambizione di costruire un cluster mediterraneo per il Blue Carbon.

SeaForest è, dunque, più di un progetto: è un processo che intreccia scienza, governance e innovazione sociale. È la dimostrazione che la collaborazione tra enti pubblici, ricerca e comunità locali può trasformare la tutela ambientale in una nuova economia del mare sostenibile, capace di coniugare conservazione, sviluppo e partecipazione.

Il messaggio che questo volume intende trasmettere è lo stesso che ha guidato il lavoro di tutti i partner: prendersi cura del mare significa prendersi cura del clima, e ogni azione di tutela, piccola o grande, contribuisce a costruire un futuro più resiliente per il Mediterraneo e per le generazioni che verranno.



Photo credit Francesco Pacienza



---

# 01

## II programma LIFE The LIFE Programme

The LIFE Programme is the European Union's financial instrument for supporting environmental, nature conservation and climate action projects across the EU. Active since 1992, it is one of the European Commission's longest-running programmes and has co-funded more than 6,000 projects. In Italy alone, between 1992 and 2025, over 1,080 projects were financed, with a total investment of €2.2 billion, including €1.2 billion from the European Commission. Since its launch, LIFE has completed five full programming cycles (LIFE I, II, III, LIFE+, and LIFE 2014–2020) and is currently in its sixth (2021–2027). Its overarching goal is to support environmental protection and climate action by improving resource efficiency, safeguarding biodiversity, reducing pollution and greenhouse gas emissions, and strengthening environmental governance, legislation and policy implementation. LIFE finances three main categories of interventions: project-based actions—including Traditional, Preparatory, Integrated and Technical Assistance projects—alongside other funding mechanisms such as Operating Grants

and Public Procurement for studies, conferences, services and monitoring, and financial instruments such as the Natural Capital Financial Facility (NCFF) and Private Finance for Energy Efficiency (PFEE), both managed by the European Investment Bank. During the 2014–2020 cycle, LIFE contributed to the EU's 7th Environment Action Programme, "Living well, within the limits of our planet," through two sub-programmes, Environment (€2.59 billion) and Climate Action (€864 million). The Environment sub-programme covered Environment and Resource Efficiency, Nature and Biodiversity, and Environmental Governance and Information, while the Climate Action sub-programme focused on Climate Change Mitigation, Climate Change Adaptation, and Climate Governance and Information.

The LIFE SeaForest project falls under the Climate Action sub-programme, specifically within the priority area of Climate Change Mitigation, with a total budget of €3,025,382, of which €1,811,622 was funded by the European Union.

---

Il Programma LIFE è lo strumento finanziario dell'Unione Europea per il sostegno di progetti ambientali, di protezione della natura e azioni per il clima in tutta l'UE. È uno dei programmi "storici" della Commissione europea, operativo dal 1992, e in Europa ha co-finanziato oltre 6.000 progetti, contribuendo alla protezione dell'ambiente e del clima. In Italia, tra il 1992 e il 2025, LIFE ha finanziato oltre 1080 progetti determinando un investimento complessivo di 2,2 miliardi di euro di cui circa 1,2 miliardi di euro stanziati dalla Commissione Europea a titolo di cofinanziamento. Dal suo avvio, nel 1992, ad oggi sono stati completati cinque cicli completi del programma LIFE (LIFE I: 1992-1995, LIFE II: 1996-1999, LIFE III: 2000-2006, LIFE+: 2007-2013 e LIFE 2014-2020), ed è attualmente in corso il sesto ciclo (2021-2027).

L'obiettivo generale del programma LIFE è contribuire alla protezione dell'ambiente, inteso come habitat, specie e biodiversità; come utilizzo efficiente e sostenibile delle risorse naturali; protezione ambientale e governance ambientale a salvaguardia della salute; lotta alle emissioni iniqui-

nanti e al cambiamento climatico; miglioramento delle politiche; introduzione di sistemi più efficaci in ambito ambientale; e alla legislazione per il cofinanziamento di progetti con un valore aggiunto europeo.

Le azioni finanziate nell'ambito del LIFE si suddividono nelle seguenti categorie:

- progetti: azioni specifiche che costituiscono la componente principale dei finanziamenti erogati, suddivisi in: Progetti Tradizionali (a sua volta suddivisi in Progetti di Buone Pratiche, Dimostrativi, Pilota e di  **i n f o r m a z i o n e**), Progetti Preparatori, Progetti Integrati e Progetti di Assistenza Tecnica;
- altre forme di finanziamenti: azioni minoritarie in termini di allocazione di fondi, come Sovvenzioni di Funzionamento e Appalti Pubblici (per la realizzazione di studi, conferenze, servizi specifici, assistenza, supporto al monitoraggio, ecc.);

- Strumenti finanziari: "Natural Capital Financial Facility" (NCF) e "Private Finance for Energy Efficiency" (PFEE), due forme di prestiti gestiti dalla Banca Europea per gli Investimenti (BEI).

Nella fase di programmazione 2014-2020, il LIFE sosteneva l'attuazione del Settimo programma d'azione per l'ambiente (Decisione n. 1386/2013/UE del 20/11/2013) "Vivere bene entro i limiti del nostro pianeta", e si articolava in due sottoprogrammi: "Ambiente", per cui erano stanziati 2.592.491.250 €, e "Azione per il clima", con 864.163.750 € disponibili.

Il sottoprogramma Ambiente comprendeva tre settori di azione prioritaria:

- Ambiente e uso efficiente delle risorse;
- Natura e biodiversità;
- Governance e informazione in materia ambientale.

Il sottoprogramma Azione per il clima comprendeva tre settori prioritari:

- Mitigazione dei cambiamenti climatici
- Adattamento ai cambiamenti climatici
- Governance e informazione in materia di clima

Il progetto LIFE SeaForest rientra nel sottoprogramma Azione per il clima e, in particolare, nel settore di azione prioritario Mitigazione dei cambiamenti climatici, con un budget totale di 3.025.382 Euro (di cui 1.811.622 Euro finanziati dall'UE).





---

# 02

## Descrizione del progetto Project Description

The LIFE SEA FOREST project – *Posidonia meadows as carbon sinks of the Mediterranean* (LIFE17 CCM/IT/000121) – aims to enhance the carbon-storage capacity of *Posidonia oceanica* meadows (habitat 1120\*, priority under the EU Habitats Directive 92/43/EEC) by reducing the erosion and degradation processes that undermine their role as key “blue carbon” sinks in the Mediterranean. *Posidonia* meadows are highly valuable marine ecosystems: they produce oxygen, host rich biodiversity, and trap large amounts of organic carbon in their sediments, yet they are disappearing at a rate four times faster than terrestrial forests due to uncontrolled anchoring, pollution, erosion and tourism impacts. LIFE SEA FOREST addressed these challenges through integrated research, management and innovation, quantifying carbon stocks and sequestration rates in Italian Marine Protected Areas, developing shared standards for blue-carbon accounting, testing conservation measures such as sustainable mooring systems, anchoring-management plans, removal of obsolete structures and restoration of degraded meadows, creating management models for the circular use of beached *Posidonia* bio-

mass (banquette), establishing a national voluntary blue-carbon credit platform based on the conservation and restoration of habitat 1120\*, and transferring the SEA FOREST model to other Mediterranean contexts, such as Malta, through territorial agreements and capacity-building actions.

The project operates in three major Italian Marine Protected Areas and National Parks—La Maddalena Archipelago, Asinara Island and Cilento, Vallo di Diano and Alburni—where pilot actions and scientific monitoring were carried out. Coordinated by D.R.E.Am. Italia, the partnership includes CarbonSink Group, CNR’s Institute for Marine and Coastal Environment, ISPRA, the University of Tuscia, the National Parks of La Maddalena, Asinara and Cilento, and Paragon Limited (Malta), with the Water Right and Energy Foundation contributing during the initial years. Through this collaborative effort, LIFE SEA FOREST provides replicable technical and management tools for integrating blue carbon into climate-mitigation policies and coastal-planning processes, contributing to EU goals for climate neutrality and marine biodiversity conservation.

---

Il progetto **LIFE SeaForest – Posidonia meadows as carbon sinks of the Mediterranean** (LIFE17 CCM/IT/000121) nasce con l'obiettivo di **incrementare la capacità di stoccaggio del carbonio delle praterie di *Posidonia oceanica*** (habitat 1120\*, prioritario per la Direttiva Habitat 92/43/CEE), riducendo i fenomeni di erosione e degrado che ne compromettono la funzione di "serbatoi di carbonio blu" nel Mar Mediterraneo.

Le praterie di *Posidonia* rappresentano un ecosistema marino di eccezionale valore ecologico, in grado di produrre ossigeno, ospitare un'elevata biodiversità e intrappolare nei sedimenti grandi quantità di carbonio organico. Tuttavia, questo habitat sta scomparendo a un ritmo quattro volte superiore a quello delle foreste terrestri, a causa di ancoraggi incontrollati, inquinamento, erosione e impatti turistici.

LIFE SeaForest ha affrontato queste criticità attraverso azioni integrate di **ricerca, gestione e innovazione**, volte a:

- quantificare gli stock di carbonio e i tassi di sequestro dei posidonieti nelle Aree Marine Protette italiane;

- elaborare standard condivisi per la contabilizzazione del "blue carbon";
- sperimentare buone pratiche di conservazione, come piani di gestione degli ancoraggi e ormeggi sostenibili, rimozione di strutture obsolete e interventi di ricucitura e restauro delle praterie;
- sviluppare modelli gestionali per il riutilizzo della biomassa spiaggiata di *Posidonia* (*banquette*) in ottica di economia circolare;
- creare una piattaforma nazionale di mercato volontario dei crediti di carbonio blu, generati dalla conservazione e dal ripristino dell'habitat 1120\*;
- trasferire il modello SeaForest ad altri contesti mediterranei, come Malta, attraverso specifici accordi territoriali e attività di *capacity building*.

Il progetto si svolge in tre principali Aree Marine Protette e Parchi Nazionali italiani – l'Arcipelago di La Maddalena, l'Isola dell'Asinara e il Cilento, Vallo di

Diano e Alburni – e prevede attività pilota di restauro e monitoraggio coordinate con enti di ricerca e università.

Il partenariato è coordinato da D.R.E.Am. Italia Società Cooperativa Agricolo-Forestale e comprende:

- CarbonSink Group S.r.l., specializzata in strategie di sostenibilità e carbon market;
- Consiglio Nazionale delle Ricerche – Istituto per l'Ambiente Marino Costiero;
- ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale;
- Università della Tuscia – Dipartimento per l'Innovazione nei Sistemi Biologici, Agroalimentari e Forestali;
- Ente Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena;
- Ente Parco Nazionale dell'Asinara – Area Marina

Protetta;

- Ente Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni;
- Paragon Limited (Malta), per le attività di networking e trasferimento del modello.

Inizialmente, ha partecipato anche la Water Right and Energy Foundation Onlus, attiva fino al 2020.

Attraverso il lavoro congiunto di questi partner, SeaForest ha mirato a fornire strumenti tecnici e gestionali replicabili per integrare il valore del Blue Carbon nelle politiche di mitigazione climatica e nella pianificazione delle aree costiere, contribuendo concretamente agli obiettivi europei di neutralità climatica e tutela della biodiversità marina.

Photo credit Francesco Pacienza



---

# 03

## Le aree di progetto Project Areas



LIFE SeaForest operates in three sites of exceptional natural and landscape value in the western Mediterranean: the National Park of the La Maddalena Archipelago and the National Park of Asinara in Sardinia, and the National Park of Cilento, Vallo di Diano and Alburni in Campania. All are part of the EU Natura 2000 network and host rich biodiversity where land and sea form a well-preserved ecological and cultural landscape. These areas were selected because their diverse geomorphological and management conditions provided ideal settings to test and validate methods for conserving and restoring *Posidonia oceanica* meadows (habitat 1120\*). Each contains degraded patches affected by anchoring and other human pressures, as well as high-value reference sites used for monitoring blue carbon.

**La Maddalena Archipelago National Park**  
Located in northern Sardinia, this park covers over 18,000 hectares, including 13,000 of marine area. Its granite islands and clear shallow waters host extensive *Posidonia* meadows down to 30–40 m depth. Tourism pressure—especially from boat anchoring—has caused fragmentation in areas such as Porto Madonna and Cala di Roto. These became pilot sites for innovative restoration using natural fibre mats, biodegradable materials, and improved mooring management. The archipelago also has significant cultural heritage, including Garibaldi's house on Caprera and the famous Pink Beach on Budelli.

### **Asinara National Park**

Asinara is a protected island with a 108 km<sup>2</sup> Marine Protected Area and an almost untouched ecosystem thanks to its long history as a penal colony. It features extensive *Posidonia* meadows, sandy coves, and rocky bays, and is home to endemic species like the white donkey. Within LIFE SeaForest, Asinara served as both a scientific testing ground and a training hub. Pilot actions in Cala Reale experimented with different restoration techniques—natural geotextiles, metal stakes, and biodegradable mats—achieving survival rates above 75%.

### **Cilento, Vallo di Diano and Alburni National Park**

The largest Italian national park, the Cilento area includes two Marine Protected Areas and is recognized by UNESCO as a World Heritage Site, Biosphere Reserve, and Global Geopark. Its coastline hosts extensive *Posidonia* meadows but also areas of decline due to anchoring, erosion, and seasonal tourism.

The Baia degli Infreschi was chosen as a pilot site, where advanced seabed mapping (multibeam and Sub Bottom Profiler) guided the placement of biodegradable planting modules (Mater-Bi®) for *Posidonia* restoration.

The region also holds extraordinary cultural assets—from Paestum to Velia—and the project promoted public awareness and citizen science to engage visitors and local communities in marine conservation.

---

Il progetto **LIFE SeaForest** si sviluppa in tre contesti di eccezionale valore naturalistico e paesaggistico del Mediterraneo occidentale: il **Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena** e il **Parco Nazionale dell'Asinara** in Sardegna, e il **Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni** in Campania. Questi territori, appartenenti alla rete europea **Natura 2000**, rappresentano ambienti di straordinaria biodiversità, dove il mare e la terra si fondono in un equilibrio ancora integro tra natura, storia e cultura.

La scelta di tali aree non è casuale: esse hanno offerto condizioni geomorfologiche, climatiche e gestionali diversificate che hanno permesso di sperimentare e validare metodologie di tutela e restauro delle praterie di *Posidonia oceanica*, l'habitat 1120\* prioritario della Direttiva Habitat 92/43/CEE. In ciascuna di esse, il progetto ha individuato zone di intervento caratterizzate da *matte* degradate, perdita di copertura vegetale e pressioni antropiche, in particolare dovute ad ancoraggi turistici, ma anche siti di elevato valore ecologico che fungono da riferimento per le attività di monitoraggio e valutazione del "blue carbon".

### **Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena**

Situato all'estremo nord della Sardegna, nello Stretto di Bonifacio, il Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena si estende su oltre 18.000 ettari, di cui circa 13.000 di area marina e 5.000 di territorio terrestre. Comprende l'intero complesso insulare dell'Arcipelago — 60 isole e isolotti di granito e scisto modellati dal vento e dal mare — tra cui spiccano La Maddalena, Caprera, Spargi, Budelli, Razzoli e Santa Maria. Il parco ricade integralmente nei Siti di Importanza Comunitaria e Zone di Protezione Speciale ITB010008 della rete Natura 2000.

La morfologia articolata delle coste, con insenature sabbiose, scogliere granitiche e bassi fondali trasparenti, ospita ampie praterie di *Posidonia oceanica* che si estendono fino a 30-40 metri di profondità, alternandosi a chiazze di sabbia e roccia. Queste formazioni, oltre a costituire uno dei più importanti serbatoi di carbonio del Mediterraneo, svolgono un ruolo fondamentale nella stabilizzazione dei fondali e nella protezione delle coste dall'erosione.

Tuttavia, in aree di intensa fruizione turistica come Porto Madonna, Spiaggia del Cavaliere e Cala di Roto, la pressione degli ancoraggi delle imbarcazioni da diporto ha provocato la frammentazione e la regressione delle praterie, con la formazione di radure su *matte* morta. Questi settori sono diventati aree pilota del progetto SeaForest, dove sono state sperimentate tecniche innovative di ricucitura e ripristino con biostuoie naturali e materiali bio-

degradabili, abbinati a interventi gestionali per la regolamentazione degli ormeggi. Oltre al valore ecologico, l'Arcipelago di La Maddalena possiede un patrimonio culturale e storico unico: le sue isole hanno ospitato popolazioni nuragiche, insediamenti romani e fortificazioni ottocentesche. L'isola di Caprera è celebre per la casa-museo di Giuseppe Garibaldi, mentre Budelli è famosa per la "Spiaggia Rosa", simbolo della fragilità e bellezza di questi ambienti. Il paesaggio, sospeso tra granito, macchia mediterranea e acque turchesi, costituisce oggi un laboratorio naturale per la coesistenza tra conservazione, turismo sostenibile e gestione integrata del mare.

### **Parco Nazionale dell'Asinara**

Poco più a nord-ovest della Sardegna, di fronte al Golfo dell'Asinara, si trova l'omonimo Parco Nazionale dell'Asinara, istituito nel 1997 e comprensivo di un'Area Marina Protetta di 108 km<sup>2</sup>. L'isola, lunga 18 km e larga 7 nel suo punto massimo, si estende per 5.200 ettari di superficie terrestre, circondata da un mare tra i più limpidi del Mediterraneo. Il territorio, aspro e selvaggio, appartiene quasi interamente ai Siti di Interesse Comunitario ITB010082 e ZPS ITB010001, riconosciuti per l'eccezionale valore ecologico e paesaggistico.

L'Asinara è una riserva di biodiversità terrestre e marina: vi vivono specie endemiche come l'asinello bianco, e lungo le sue coste si alternano spiagge sabbiose, cale rocciose e fondali colonizzati da estese praterie di *Posidonia oceanica*, interrotte da chiazze di sabbia e *matte* degradate. Questi ambienti costituiscono un rifugio per numerose specie ittiche e invertebrati, oltre che per tartarughe e cetacei.

La storia dell'isola è singolare: per oltre un secolo l'Asinara è stata colonia penale e sede di istituti di quarantena, fattori che ne hanno preservato l'isolamento e l'integrità ambientale. Oggi rappresenta un ecosistema quasi intatto, dove l'attività antropica è limitata e regolata, e dove la pressione turistica, seppur crescente, è gestita tramite accessi contingentati e percorsi guidati. All'interno del progetto LIFE SeaForest, l'Asinara ha svolto un ruolo chiave sia come sito di sperimentazione scientifica, sia come centro di formazione per operatori ambientali. Le azioni pilota realizzate nella zona di Cala Reale hanno permesso di testare differenti metodologie di restauro delle praterie, dalla ricucitura mediante picchetti metallici all'impiego di geostuoie in cocco e bioplastiche. Le condizioni ambientali stabili, l'idrodinamismo moderato e la disponibilità di materiale vegetale naturale hanno garantito tassi di sopravvivenza delle talee superiori al 75%, offrendo un modello operativo replicabile in altri contesti mediterranei.

### **Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni**

Nel cuore del Tirreno meridionale, lungo la costa della provincia di Salerno, si estende il Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, il più vasto d'Italia con oltre 181.000 ettari di superficie terrestre e due Aree Marine Protette: Santa Maria di Castellabate e Costa degli Infreschi e della Masseta. Inserito nella Lista del Patrimonio Mondiale dell'UNESCO dal 1998, riconosciuto come Riserva della Biosfera e Geoparco globale UNESCO, il Cilento rappresenta un mosaico di ambienti naturali, rurali e culturali dove la presenza umana si è armonizzata nei secoli con il paesaggio.

La costa cilentana alterna falesie calcaree, piccole baie e spiagge sabbiose, lambite da acque cristalline che ospitano importanti praterie di *Posidonia oceanica*. Queste si estendono lungo ampi tratti del litorale, da Punta Licosa a Marina di Camerota, ma mostrano anche aree di regressione dovute ad ancoraggi, erosione e impatti turistici stagionali.

La Baia degli Infreschi, situata nel territorio di Camerota, è stata selezionata come sito pilota del progetto SeaForest LIFE per le sue condizioni geomorfologiche e la presenza di *matte* morta adatta agli interventi di ripristino. Le indagini condotte con rilievi *multibeam* e *Sub Bottom Profiler* hanno consentito di mappare lo spessore della *matte* e la morfologia del fondale, individuando le zone idonee alla messa a dimora di talee di *Posidonia* mediante moduli biodegradabili in Mater-Bi®. Il Cilento unisce al suo valore ecologico una straordinaria ricchezza culturale: dai templi dorici di Paestum ai siti archeologici di Velia, fino alla Certosa di Padula, testimonianze di una lunga relazione tra uomo e natura. Le sue coste, protette da torri normanne e borghi marinari, rappresentano uno dei paesaggi più iconici del Mediterraneo, dove il progetto SeaForest ha inteso promuovere la sensibilizzazione del pubblico e la citizen science, coinvolgendo turisti e comunità locali nella tutela del mare e delle sue praterie sommerse.



Photo credit Francesco Pacienza



Photo credit: Francesco Paolozza

---

# 04

## I posidonieti Posidonia Meadows (*Posidonia oceanica*)

*Posidonia oceanica* is a Mediterranean sea-grass that forms extensive underwater meadows, known as *posidonia* beds, in clear and well-oxygenated waters from the surface down to 40 m depth. Covering an estimated 12,000 km<sup>2</sup>, mainly in the western Mediterranean, this species is limited by low salinity and high temperatures.

As a higher plant, it has differentiated leaves, roots and rhizomes: horizontal rhizomes drive the lateral expansion of the meadow, while vertical rhizomes allow the plant to compensate for sediment accumulation, creating the characteristic layered *matte*, a compact structure of intertwined rhizomes, roots and trapped sediments that can exceed one metre in thickness and grows extremely slowly. Reproduction occurs mainly vegetatively, while sexual reproduction through floating fruits is rare. Classified as habitat 1120\* under the EU Habitats Directive, *Posidonia* meadows are declining at a rate four times faster than terrestrial forests due to uncontrolled anchoring, fishing activities, water-quality degradation and coastal pressures; in the last two decades they have lost 13–50% of their coverage, seriously reducing the Mediterranean's carbon-storage capacity. Ecologically, *Posidonia* meadows are among the most productive and valuable co-

astal ecosystems: they stabilise seabeds and beaches, reduce wave energy, form natural leaf deposits that protect shores from erosion, oxygenate the water column (4–20 litres of oxygen per m<sup>2</sup> per day), and support high primary productivity (around 20 tonnes of organic *matter* per hectare per year). They are biodiversity hotspots hosting around 25% of Mediterranean species and hold a substantial economic value through the ecosystem services they provide.

Their role in the global carbon cycle is equally crucial: high productivity, slow biomass decomposition and the capacity to trap organic *matter* make them major long-term blue-carbon sinks, with the *matte* storing roughly 50% of all carbon buried in marine sediments worldwide. Within this context, the LIFE SeaForest project quantified carbon stocks and sequestration rates, mapped and characterised meadows through satellite and field surveys, measured *matte* thickness using geophysical tools, assessed biomass and carbon content, and monitored the impact of recreational anchoring, showing that the most valuable blue-carbon areas are also the most threatened, and reinforcing the need for targeted conservation and restoration actions.

---

*Posidonia oceanica* (L.) Delile è una fanerogama marina, ovvero una pianta superiore adattata alla vita acquatica, endemica del Mar Mediterraneo, in grado di formare estese praterie sommerse dette posidonieti. Questa specie colonizza fondali sabbiosi e rocciosi, in acque limpide e ben ossigenate, generalmente dalla superficie fino a 40 m di profondità. L'estensione stimata delle praterie di *P. oceanica* è di circa 12.000 km<sup>2</sup> (Telesca *et al.*, 2015), con una distribuzione più omogenea nella parte occidentale del Mediterraneo; nel bacino orientale, invece, le praterie sono meno diffuse o assenti, in particolare lungo le coste di Egitto, Israele, Libano e Palestina (Boudouresque *et al.*, 2012). La distribuzione della specie è limitata dalla sua bassa tolleranza a salinità inferiori al 33‰ e a temperature superiori ai 28–29 °C (Celebi *et al.*, 2006).

Dal punto di vista morfologico, essendo una pianta superiore è costituita da strutture vegetative differenziate quali radici, fusti e foglie. I fusti sono modificati in rizomi, strutture lignificate e robuste, che si sviluppano sia orizzontalmente (plagiotropi), favorendo l'espansione laterale della prateria, sia verticalmente (ortotropi), permettendo alla pianta di adattarsi all'accumulo di sedimenti. Queste due modalità di crescita generano terrazze vegetali stratificate, tipiche dei posidonieti. Dalla base dei rizomi si sviluppano fitte radici, mentre gli apici

ortotropi producono ciuffi di foglie nastriformi, lunghe fino a un metro. L'intreccio di rizomi, radici, sedimenti e materiale organico dà origine a una struttura compatta e stratificata chiamata *matte*, che può raggiungere spessori anche superiori al metro. La crescita verticale della *matte* dipende dal bilancio tra deposizione di sedimento e processi erosivi, con tassi di accrescimento stimati tra 10 e 18 cm per secolo (Boudouresque & Jeudy de Grissac, 1983; Mateo *et al.*, 1997). Queste strutture, simili a terrazze, conferiscono stabilità fisica alla prateria e testimoniano la sua evoluzione nel tempo.

*P. oceanica* si riproduce sia per via vegetativa che per via sessuata: la riproduzione vegetativa avviene per "stolonizzazione", ed è il principale meccanismo di propagazione della pianta. La riproduzione sessuata, molto più rara, avviene grazie alla presenza di fiori ermafroditi raggruppati in infiorescenze portate da uno stelo posto al centro del ciuffo e avvolte da brattee floreali (Cinelli *et al.*, 1995), dai quali si sviluppano frutti galleggianti simili a olive. Questi frutti, trasportati dalle correnti, possono favorire la colonizzazione di nuove aree (Buia & Mazzella, 1991), sebbene la sopravvivenza dei semi sia spesso limitata a causa dello spiaggiamento.

L'habitat 1120\* delle praterie di *Posidonia oceanica* rappresenta un ecosistema importante da molti

punti di vista, nonostante l'importanza dei suoi numerosi servizi ecosistemici (Monnier *et al.*, 2020), questo habitat sta diminuendo ad un tasso che è quattro volte più alto di quello delle foreste terrestri (van Katwijk *et al.*, 2016), a causa soprattutto di ancoraggi incontrollati, attività di pesca e qualità delle acque (Ceccherelli *et al.*, 2007; Montefalcone *et al.*, 2008; Boudouresque *et al.*, 2009, 2012; Telesca *et al.*, 2015; Abadie *et al.*, 2016; Pergent-Martini *et al.*, 2022). Negli ultimi 20 anni, le praterie di *P. oceanica* sono regredite tra il 13% e il 50%; di conseguenza, si stima che questo declino ridurrà gravemente la capacità di stoccaggio del carbonio dell'intero Mediterraneo (Monnier *et al.*, 2020; De Luca *et al.*, 2025).

### L'importanza ambientale dell'habitat

Le praterie di *Posidonia oceanica* rappresentano uno degli ecosistemi più complessi, produttivi e rilevanti dell'ambiente marino costiero mediterraneo. Questa fanerogama marina, oltre ad essere un efficace bioindicatore della qualità delle acque (Pergent *et al.*, 1995; Montefalcone, 2009), svolge una funzione chiave nel mantenimento degli equilibri ecologici e fisici del litorale, apportando benefici ambientali ed economici su vasta scala (Bell & Harmelin-Vivien, 1983; Jeudy de Grissac &

Boudouresque, 1985; Gambi *et al.*, 1989; Duarte & Chiscano, 1999; Duarte, 2002).

Tra le funzioni più rilevanti svolte dai posidonieti vi è la protezione delle coste dall'erosione, sia grazie alla capacità di stabilizzazione dei fondali operata dal suo apparato radicale e stolonifero, sia nella riduzione dell'azione erosiva del moto ondoso sul litorale attuata dallo strato fogliare che contribuisce alla riduzione dell'idrodinamismo (Stephane & Colombe, 2012; Boudouresque, 2013), sia grazie alla formazione delle *banquettes*, accumuli di foglie morte che si depositano sulla spiaggia e svolgono una funzione di barriera naturale (Jeudy De Grissac, 1984; Boudouresque, 2013).

Questi habitat svolgono un ruolo cruciale anche nell'ossigenazione delle acque, nei cicli biogeochimici e nella produttività primaria: si stima che un solo metro quadrato di prateria possa produrre ogni giorno tra i 4 e i 20 litri di ossigeno (Bay, 1978), mentre un ettaro di prateria può generare circa 20 tonnellate di sostanza organica l'anno (Boudouresque & Meinesz, 1982).

Questa biomassa è fonte di cibo per numerosi organismi e punto di partenza di una complessa rete trofica (Mazzella *et al.*, 1992; Mazzella & Zupo, 1995; Giakoumi *et al.*, 2015).

Figura 4.1 Prateria di *Posidonia oceanica*. Seagrass meadow of *Posidonia oceanica*.



Figura 4.2 Monitoraggio dell'habitat 1120\*. Monitoring of *Posidonia oceanica* habitat (1120\*).



Questa elevata produttività primaria si riflette nella presenza di numerose specie, spesso di interesse economico per la zona del litorale in cui si trova (Pergent *et al.*, 1994), per le quali rappresentano un'area di riproduzione, nursery o habitat permanente, rendendo le praterie di *P. oceanica* un habitat importantissimo: è stato stimato che circa il 25% delle specie mediterranee vivano nei posidonieti, i quali rappresentano un hotspot di biodiversità unico (Boudouresque & Meinesz, 1982; Bell & Harmelin-Vivien, 1983; Bellan-Santini *et al.*, 1994; Francour, 1997; Boudouresque, 2004; Boudouresque *et al.*, 2012).

Tutte le funzioni sopra elencate rendono questo ecosistema unico, tra i più preziosi della biosfera per gli importanti servizi ecosistemici forniti (Costanza *et al.*, 1997; Duarte, 2002); Campagne *et al.* (2015) hanno stimato il valore economico totale di *P. oceanica* sia come specie che a livello di prateria, identificando e valutando i servizi ecosistemici di questa specie, e attribuendo un valore ai beni e servizi forniti. Malgrado vi sia una sottostima dovuta ad una mancanza di dati, questo valore è stato stimato tra i 283 e i 513 € per ettaro per anno (Campagne *et al.*, 2015).

Un altro importante ruolo delle praterie di *Posidonia oceanica* è quello che rivestono nel ciclo globale

del carbonio: l'elevata produttività primaria della pianta, combinata con il lento ritmo di decomposizione della biomassa e con la capacità di intrappolare materiale organico nei sedimenti, rende i posidonieti uno dei principali serbatoi di carbonio degli ecosistemi marini costieri.

Secondo le stime di Mateo & Serrano (2011), tra il 24% e il 44% della biomassa prodotta viene riciclato attraverso processi ecologici, una percentuale variabile tra il 6% e il 50% viene esportata fuori dall'ecosistema, mentre tra il 10% e il 25% della produzione totale viene sequestrato a lungo termine.

Questo carbonio, noto come *blue carbon*, rappresenta un importante contributo alla mitigazione dei cambiamenti climatici in quanto consente di sottrarre grandi quantità di anidride carbonica dall'atmosfera (Mcleod *et al.*, 2011).

Gli ecosistemi *blue carbon*, tra cui le praterie di fanerogame, possono quindi aiutare a ridurre i rischi e gli impatti dovuti al cambiamento climatico, con molteplici co-benefici (Bindoff *et al.*, 2019). È all'interno della *matte*, tipica struttura a terrazzo costituita dall'intreccio di più strati di rizomi, di radici e di sedimenti intrappolato tra questi, che viene immagazzinato circa il 50% del carbonio sepolto nei sedimenti marini di tutto il mondo (Duarte *et al.*, 2005).

### Lo stock di carbonio dell'habitat

Il concetto di *blue carbon* si riferisce al carbonio (C) sottratto all'anidride carbonica (CO<sub>2</sub>) atmosferica e fissato da sistemi vegetali costieri e marini, come le praterie di *Posidonia oceanica*, le mangrovie, il fitoplancton e le macroalghe.

Attraverso l'interazione tra piante e comunità microbiche, questo carbonio viene intrappolato e immagazzinato nei sedimenti e nei suoli delle zone costiere. La capacità di sequestro del carbonio per unità di superficie in questi ecosistemi è significativamente superiore rispetto a quella dei serbatoi terrestri.

In tale contesto si inserisce il progetto SeaForest, che si è proposto di: (1) quantificare i depositi di carbonio e i tassi di sequestro nei posidonieti; (2) analizzare le prospettive future, considerando il bilancio tra perdita, fissazione e accumulo di carbonio, nonché il rapporto tra emissioni e sequestro in formazioni soggette a degrado ed erosione; (3) definire standard condivisi per la valutazione dei serbatoi di carbonio nei posidonieti; (4) individuare pratiche efficaci per la conservazione e la gestione di tale habitat e dei loro serbatoi di carbonio, come misure per ridurre l'erosione e strategie di gestione dei residui vegetali spiaggiati, insieme ad azioni volte all'ampliamento e al ripristino dell'habitat.

In particolare, nell'azione preparatoria A1 sono stati quantificati i depositi di carbonio secondo un

protocollo di indagine che prevedeva la rilevazione dell'estensione dell'habitat mediante rilievi satellitari e osservazioni in situ nelle aree coinvolte nel progetto. Grazie a tali rilievi è stata predisposta una cartografia e caratterizzato l'habitat 1120\*, permettendo di definire lo stock di carbonio dei posidonieti in esame.

La prima fase dell'azione preparatoria ha riguardato la cartografia e la caratterizzazione delle praterie, effettuata grazie a immagini satellitari ad alta e media risoluzione, integrate con rilievi in mare. Questo ha permesso di aggiornare le mappe esistenti, portando alla luce la distribuzione e i diversi gradi di densità delle praterie e di valutare eventuali cambiamenti dell'estensione della superficie coperta da *Posidonia* nell'arco temporale compreso tra il 1999 - 2019.

La seconda fase è stata dedicata alla stima degli stock di carbonio.

Le indagini geofisiche condotte mediante *Multibeam Echosounder* (MBES) e *Sub Bottom Profiler* (SBP) hanno permesso di stimare la presenza della *matte*, struttura ipogea formata da rizomi, radici e sedimenti, che costituisce uno dei principali serbatoi di carbonio a lungo termine, e di stimarne gli spessori per la determinazione degli stock di carbonio.

Per la stima della biomassa fogliare, invece, sono

stati condotti rilievi acustici con un veicolo elettrico autonomo di superficie; parallelamente, in tre praterie identificate all'interno di ciascun Parco Nazionale, sono stati condotti campionamenti di fasci fogliari con il supporto del Nucleo Carabinieri Subacquei di Napoli e di Cagliari. Le analisi condotte dall'Università della Tuscia hanno permesso di determinare la produzione fogliare al m<sup>2</sup> e la successiva quantificazione del carbonio contenuto nella parte epigea, cioè foglie e rizomi.

Inoltre, mediante l'impiego di immagini Multispettrali satellitari a media risoluzione usando la banda dell'infrarosso, è stato condotto un monitoraggio sulla pressione esercitata dal turismo nautico, e in particolare dall'ancoraggio delle imbarcazioni da diporto, al fine di individuare e quantificare il degrado e lo stato di conservazione delle praterie di *P. oceanica* presenti nelle aree di interesse del progetto.

I risultati hanno mostrato che proprio le aree *blue carbon* coincidono spesso con quelle più frequentate dal turismo nautico, rendendo questi habitat particolarmente vulnerabili a danni meccanici.

Figura 4.3 Veicolo Autonomo di Superficie DEVSS. Development vehicle for scientific survey (DEVSS).





---

# 05

## Criticità ambientali affrontate dal progetto Environmental Challenges Addressed by the Project

The LIFE SeaForest project addressed key environmental pressures threatening Mediterranean coastal ecosystems, focusing on the degradation of *Posidonia oceanica* meadows, critical blue-carbon habitats essential for seabed stability, coastal protection, biodiversity and long-term carbon storage.

Analyses in the three project areas (La Maddalena, Asinara and Cilento National Parks) identified three major threats: mechanical damage from unregulated boat anchoring, coastal tourism pressure, and greenhouse-gas emissions caused by the degradation of biomass and sediments, which can turn these meadows from carbon sinks into carbon sources.

Anchoring produces the most direct and severe impact, as anchors and chains uproot leaves and rhizomes, fragment meadows and erode the *matte*, with damage intensity increasing exponentially with vessel size; integrated AIS and PlanetScope data showed a sharp rise in vessel numbers, with anchoring hotspots often overlapping high-value blue-carbon areas. Coastal tourism adds further stress: urbanisation, beach overcrowding, mechanical cleaning and removal of *Posidonia* banquettes disrupt sediment dynamics, accelera-

te erosion, degrade beach-dune ecosystems and reduce biodiversity; interviews conducted within the project revealed that while banquettes are perceived as inconvenient, most beach users recognise their ecological value, whereas local operators report inadequate information from authorities. Banquette removal using heavy machinery is particularly harmful, causing sediment loss, beach flattening, habitat destruction and additional CO<sub>2</sub> emissions along the biomass-handling chain. The project also quantified baseline greenhouse-gas emissions by estimating biomass and *matte* loss caused by anchoring, using literature-based damage coefficients and vessel-distribution data; small boats remove on average 0.16 m<sup>2</sup> of meadow per anchoring event, medium boats 2.38 m<sup>2</sup> and 0.37 m<sup>3</sup> of *matte*, and vessels over 50 m can destroy up to 1,500 m<sup>2</sup> and 0.74 m<sup>3</sup> of *matte*. By integrating sustainable mooring planning, meadow-restoration techniques and guidelines for responsible beach and banquette management, LIFE SeaForest demonstrates how targeted conservation of habitat 1120\* can mitigate climate change, protect coastal landscapes and enhance the environmental quality of the Mediterranean.

---

Le coste del Mediterraneo rappresentano un mosaico di ecosistemi ad altissimo valore naturalistico ma sempre più esposti alle pressioni antropiche e agli effetti del cambiamento climatico. In particolare, gli habitat marini costieri, come le praterie di *Posidonia oceanica*, risultano tra i più vulnerabili. Queste praterie, considerate "foreste blu" per la loro capacità di immagazzinare carbonio, sono fondamentali per la stabilità dei fondali, la protezione dall'erosione e la biodiversità marina. Tuttavia, negli ultimi decenni, stanno subendo un rapido degrado dovuto a cause prevalentemente umane.

Le analisi condotte dal progetto LIFE SeaForest nelle tre aree di intervento – Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, Parco Nazionale dell'Asinara e Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni – hanno evidenziato tre criticità ambientali principali che compromettono lo stato di salute e la funzionalità ecologica delle praterie:

il danno meccanico diretto causato dall'ancoraggio incontrollato delle imbarcazioni da diporto; la pressione turistica costiera, con impatti sulla morfologia e sulla qualità ambientale delle spiagge; l'emissione di gas serra dovuta alla degradazione della biomassa e dei sedimenti, che trasforma gli ecosistemi da serbatoi a sorgenti di carbonio.

L'ancoraggio non regolamentato è la minaccia più immediata e visibile: l'impatto di ancore e catene danneggia la parte epigea e ipogea della *Posidonia oceanica*, causando la frammentazione del tappeto vegetale e la regressione della *matte*. In aree ad alta frequentazione nautica, come Porto Madonna o Cala Reale, la perdita di habitat è ormai quantificabile in ettari.

Parallelamente, la pressione turistica sulle spiagge genera effetti meno appariscenti ma altrettanto rilevanti: la pulizia meccanica degli arenili e la rimozione delle banquette di *Posidonia* alterano gli equilibri sedimentari e riducono la capacità naturale del litorale di difendersi dall'erosione. Queste attività, unite all'eccessiva urbanizzazione costiera e al sovraffollamento estivo, minacciano la qualità ecologica del sistema spiaggia-duna e la biodiversità associata.

Infine, il rilascio di carbonio dai sedimenti e dalla biomassa deteriorata rappresenta un impatto meno visibile ma cruciale in ottica climatica: la distruzione delle praterie comporta la liberazione di CO<sub>2</sub> precedentemente stoccata, contribuendo in modo significativo alle emissioni di gas serra a scala locale e regionale.

In questo contesto, LIFE SeaForest interviene per ridurre e mitigare tali criticità, proponendo un approccio integrato basato su pianificazione sostenibile degli ormeggi, azioni di restauro ecologico delle praterie e gestione responsabile delle spiagge e delle biomasse spiagiate.

L'obiettivo non è solo arrestare il degrado dell'habitat 1120\*, ma anche dimostrare come la conserva-

zione e la gestione sostenibile delle coste possano contribuire concretamente alla lotta ai cambiamenti climatici e al miglioramento della qualità ambientale del Mediterraneo.

### Ancoraggi sul posidonieto

Sebbene il Mar Mediterraneo rappresenti meno dell'1% della superficie oceanica globale, ospita oltre la metà della flotta mondiale di grandi imbarcazioni da diporto, con un picco di presenza durante i mesi estivi (Carreño & Lloret, 2021). Tale attività è particolarmente concentrata nel bacino occidentale (Pergent-Martini *et al.*, 2022).

La maggior parte degli studi condotti nell'area si è focalizzata sugli effetti dell'attracco, sia esso regolato da infrastrutture fisse sia praticato liberamente mediante ancoraggio. Numerose evidenze indicano che quest'ultima pratica rappresenta la minaccia principale per le praterie di *Posidonia oceanica* (Francour *et al.*, 1999; Milazzo *et al.*, 2004; Montefalcone *et al.*, 2006; Lloret *et al.*, 2008; Diedrich *et al.*, 2013).

Le diverse fasi dell'ancoraggio producono effetti dannosi sul benthos. La posa dell'ancora provoca compressione del substrato e schiacciamento delle specie sessili; lo sfregamento della catena, favorito dalla deriva dell'imbarcazione, scava solchi nei sedimenti e abrada i substrati duri, determinando la lacerazione dei talli, la degradazione della copertura vegetale e la distruzione di macrofite e invertebrati eretti. Il recupero dell'ancora causa ulteriori danni: strappo di specie fissate, rottura della *matte* rizomatosa, rimozione di sedimento e risospensione di materiale organico e particolato fine, con successivi fenomeni localizzati di insabbiamento (Diviacco & Boudouresque, 2006; Collins *et al.*, 2010).

L'entità dell'impatto è modulata da fattori quali numero e dimensioni delle imbarcazioni, tipologia di ancora, condizioni meteorologiche e compattezza del substrato (Milazzo *et al.*, 2002; Lloret *et al.*, 2008). In genere, la valutazione si basa su variabili quali lunghezza del natante, nonché durata, densità e frequenza dell'ancoraggio. Anche lo stato di conservazione dell'habitat condiziona la vulnerabilità: praterie frammentate o con *matte* poco compatte risultano più sensibili (Francour *et al.*, 1997). Cancemi *et al.* (2008) hanno mostrato, ad esempio, che l'ancoraggio di imbarcazioni di 7-8 m su *matte* degradate comporta un aumento di estirpazione dei fasci radicali fino a otto volte rispetto a praterie integre.

Il danno prodotto dall'ancoraggio è prevalentemente localizzato e determina perdite sia nel comparto della biomassa (epigea e ipogea) sia in quello del sedimento (*matte*), risultando difficilmente rilevabile mediante tecniche di telerilevamento, come il multibeam, principalmente nel periodo estivo, quando le foglie di *Posidonia oceanica* sono molto



Figura 5.1 e 5.2 Impatti degli ancoraggi sulle praterie di posidonia. Impacts of anchorages on the *Posidonia oceanica* meadows.



lunghe e tendono a coprire i vuoti nella prateria generati dall'attività di ancoraggio. Per stimarne l'entità nelle aree di progetto, si è proceduto a quantificare l'impatto medio generato dall'ancora di una singola imbarcazione utilizzando dati di letteratura. La distribuzione spaziale e il numero delle imbarcazioni sono stati invece stimati integrando informazioni del sistema satellitare PlanetScope con quelle del sistema AIS. Entrambi consentono di localizzare le imbarcazioni e distinguere se l'ancoraggio avviene su prateria di *P. oceanica*. L'integrazione è stata necessaria per compensare i limiti dei singoli sistemi: l'AIS consente di monitorare principalmente le grandi imbarcazioni e di stimare la durata dell'ancoraggio (grazie all'invio della posizione ogni 30 minuti), mentre PlanetScope, pur fornendo solo immagini istantanee e sottostimando il numero totale di barche, è in grado di rilevare anche unità di piccole dimensioni. L'uso congiunto delle due tecniche ha quindi permesso di stimare con maggiore accuratezza numero e posizione delle imbarcazioni nelle aree di Carbonio Blu.

Le tre Aree Marine Protette (AMP) incluse nel progetto SeaForest hanno registrato negli ultimi anni un aumento significativo del numero di imbarcazioni, con conseguente peggioramento dello stato di salute delle praterie di *P. oceanica* e incremento delle emissioni di gas serra. I dati AIS confermano questa tendenza: nell'AMP del Parco Nazionale dell'Asinara le imbarcazioni monitorate sono raddoppiate dal 2019 al 2021. Andamenti analoghi sono stati riscontrati anche nelle altre due AMP oggetto di studio, confermando come lo scenario di base descriva un progressivo degrado delle praterie, con aumento delle superfici compromesse e riduzione delle aree in buono stato di conservazione.

### Pressione turistica nelle spiagge

Il turismo costiero, in particolare nei paesi mediterranei e tropicali, costituisce una componente fondamentale dell'economia globale. La ricerca internazionale evidenzia, però, che questo modello di sviluppo presenta costi ambientali troppo spesso sottovalutati ed ormai non sostenibili. Le spiagge, in particolare, subiscono pressioni dirette e indirette che ne alterano la morfologia, la biodiversità e la qualità ambientale; generando trasformazioni nei servizi ecosistemici che siamo soliti ricevere dal sistema spiaggia.

Gli impatti derivanti dal turismo possono essere di varia natura, infatti le attività turistiche sono molteplici e possono interessare sia la geomorfologia della spiaggia che le altre componenti del sistema spiaggia, per esempio: gli habitat, la biodiversità e altre componenti ambientali.

Le spiagge che ricadono in contesti fortemente urbanizzati o con fenomeni di sovraffollamento, a causa dell'eccessiva pressione antropica, sono

spesso caratterizzate da degradazione degli habitat che la caratterizzano, con particolare riferimento al retroduna e agli specchi d'acqua prospicienti la spiaggia emersa.

Non fa eccezione l'area costiera del Mar Mediterraneo dove il turismo costiero rappresenta una delle pressioni antropiche più incisive delle sue spiagge. Infatti, tra il 1970 e il 2000, la popolazione delle regioni costiere del Mediterraneo ha subito una crescita significativa, anche a causa del boom turistico e dello sviluppo economico in alcune aree. Questo fenomeno ha portato a un aumento della densità demografica ed ad un'espansione edilizia lungo le coste, con conseguenti impatti sull'ambiente e sul paesaggio. In questi ultimi decenni il numero di turisti e di residenti lungo le coste è praticamente raddoppiato; intorno all'anno 2000 circa il 40 % della costa risultava antropizzata, alterando profondamente l'assetto ecologico costiero (Marbà *et al.*, 2014). Lungo le coste Mediterranee il turismo si sviluppa soprattutto con un modello di sole, spiaggia e mare (Sandy, Sun, Sea), rappresentando una fonte economica cruciale per tutti Paesi rivieraschi. Tuttavia, il suo rapido (e spesso incontrollato) sviluppo ha sollevato crescenti preoccupazioni sugli impatti: ambientali, sociali ed economici (UNEP/ MAP, 2020; Plan Bleu, 2019).

Nella prima parte del presente capitolo si elencano alcuni degli impatti più importanti, derivanti dal turismo di massa e dal sovraffollamento, mentre nella seconda parte si approfondiscono alcuni aspetti legati alla rimozione e gestione delle banquette di Posidonia dalle spiagge Mediterranee.

### Distruzione degli habitat naturali

L'urbanizzazione costiera come per esempio la costruzione di hotel, resort, porticcioli e marine e infrastrutture turistico-ricettive, spesso comporta la perdita di habitat naturali come dune, mangrove, barriere coralline. Lungo il Mar Mediterraneo gli impatti potrebbero interessare anche le praterie

**Figura 5.3** Pressione turistica a Porto della Madonna nel Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena. Tourist pressure at Porto della Madonna in the La Maddalena Archipelago National Park.



di *Posidonia oceanica*. Inoltre, le attività antropiche possono frammentare l'ambiente, portando a conseguenze sia sulla diffusione di alcune specie, che riducendo la biodiversità e in alcuni casi favorire l'insediarsi di specie opportunistiche, che possono aggravare il degrado dell'ecosistema. Le aree in cui tale pressione si esercita su sistemi ad elevato pregio naturalistico, come le lagune costiere, i siti di nidificazione di uccelli o altri animali potrebbero risultare particolarmente colpiti.

### Erosione costiera

Essendo la spiaggia, in gran parte, frutto di un delicato equilibrio governato da processi naturali di apporto, trasporto ed erosione di sedimento di cui il turismo non è parte, l'aumento della pressione turistica sulle spiagge potrebbe avere delle conseguenze sui bilanci sedimentari, infatti ove queste spiagge risultino prive di apporto da parte di una sorgente sedimentaria, l'asportazione o la modifica dei profili e degli assetti morfologici potrebbero portare a fenomeni di arretramento della linea di riva

**Figura 5.4** Ancoraggio su una prateria di *Posidonia oceanica*. Anchoring on a *Posidonia oceanica* meadow.



(esempio: spostamento o asportazione dei ciottoli per aumentare lo spazio sabbioso o per costruire sentieri o altre strutture). Queste attività, volontarie o/e involontarie unite alla modifica dei regimi sedimentari a causa di attività antropiche, possono instaurare processi erosivi.

### Inquinamento marino e marine litter

L'impatto del turismo balneare è causato principalmente dall'aumento repentino delle presenze durante la stagione turistica, tale fenomeno può portare a sovraccarichi dei sistemi fognari e dei sistemi di depurazione, portando anche a scarichi non trattati in mare. Inoltre la presenza massiva di turisti può causare grandi volumi di rifiuti solidi, con percentuali elevate di plastica, che in diverse forme finiscono per degradarsi in mare generando micro e nano plastiche che è ormai noto entrino nelle catene alimentari degli organismi marini. Inoltre, alte concentrazioni e accumulo di Pb ed altre sostanze tossiche legate all'uso di combustibili, possono essere presenti nelle acque marine costiere a causa dell'eccessivo traffico di natanti in aree balneari e in spiagge.

### Disturbo alla fauna selvatica

Una forte pressione antropica quando concentrata nel periodo estivo comporta la continua presenza umana lungo la fascia costiera, generando impatti quali: inquinamento acustico generato da varie forme di rumori (motoscafi, jet-ski, locali sulla spiag-

gia, etc), luci artificiali, calpestio da parte dei fruitori della spiaggia, rifiuti. Tali attività possono disturbare i comportamenti naturali di molte specie animali che vivono nella fascia costiera. Questa interferenza può assumere un peso significativo, interferendo con la loro riproduzione (uccelli, tartarughe marine, etc) compromettendo le popolazioni animali presenti.

### Operazioni di rimozione delle banquette di Posidonia

Lungo le spiagge del Mar Mediterraneo, negli ultimi 40 anni, a causa della crescente frequentazione turistica e della crescente necessità di spazi per le attività balneari si è fatta rilevante la richiesta di effettuare operazioni di pulizia degli arenili. Molto spesso tali operazioni sono eseguite al fine di rimuovere i depositi di *Posidonia oceanica* che si deposita lungo le spiagge, formando delle strutture che possono raggiungere dimensioni ragguardevoli e che spesso vengono confuse e associate a rifiuto. Tali depositi, chiamati banquette, sono il risultato del deposito da parte delle onde di foglie di *Posidonia oceanica*, frammista a sabbia, radici, rizomi e altro materiale vegetale che dal punto di vista geomorfologico si potrebbero configurare come una berma vegetale.

Numerosi sono i progetti che hanno affrontato la tematica delle banquette di Posidonia, in quanto gli stessi sono visti come un disturbo da parte di operatori turistici e amministratori locali, mentre una visione meno negativa è spesso data dai bagnanti e dagli utenti delle spiagge (Mossone *et al.*, 2019).

Dai numerosi progetti che hanno investigato sulle interazioni fra le banquette di Posidonia e la spiaggia sono emerse le criticità dovute alle operazioni di gestione dei depositi spiaggiati quando operati con metodologie troppo impattanti e non sostenibili per l'ambiente di spiaggia.

A titolo di esempio si porta il progetto POSBEMED che nel 2017 condusse più di 140 questionari in diversi paesi (Italia, Francia, Spagna, Cipro e Grecia) rivolti alle amministrazioni comunali. Dai dati emerse che 80% dei comuni interpellati rimuoveva la Posidonia depositata e che tra questi in circa il 40% la rimozione avveniva con mezzi meccanici. Inoltre, in alcuni casi tali operazioni si ripetevano più volte durante l'anno (Otero *et al.*, 2018). Risultati molto simili sono stati ottenuti anche a livello Regionale (De Falco *et al.*, 2008).

Sono numerosi gli studi dove le banquette vengono citate come importanti per il ruolo ecosistemico svolto sotto diversi aspetti: grazie alla loro stratificazione frammista a sabbie svolgono un importante ruolo nella struttura stessa del sistema spiaggia duna (Simeone De Falco, 2012; Cardona, 2008), sequestro di carbonio e immagazzinamento nutrienti (Mateo *et al.*, 2003), costituiscono un habitat per molti invertebrati, per l'avifauna e per le comunità ittiche costiere (Costa *et al.*, 2019).

La rimozione delle banquette, soprattutto quando operata con mezzi meccanici e con pratiche non sostenibili, può avere quindi degli effetti sul sistema spiaggia-duna che comprendono aspetti geomorfologici, primo fra tutti l'asportazione ingente di sedimento insieme alle foglie di posidonia e l'appiat-

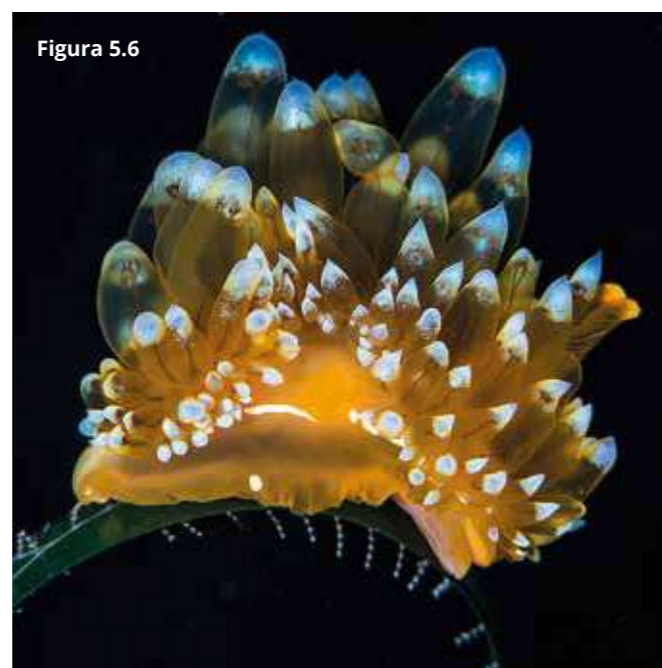
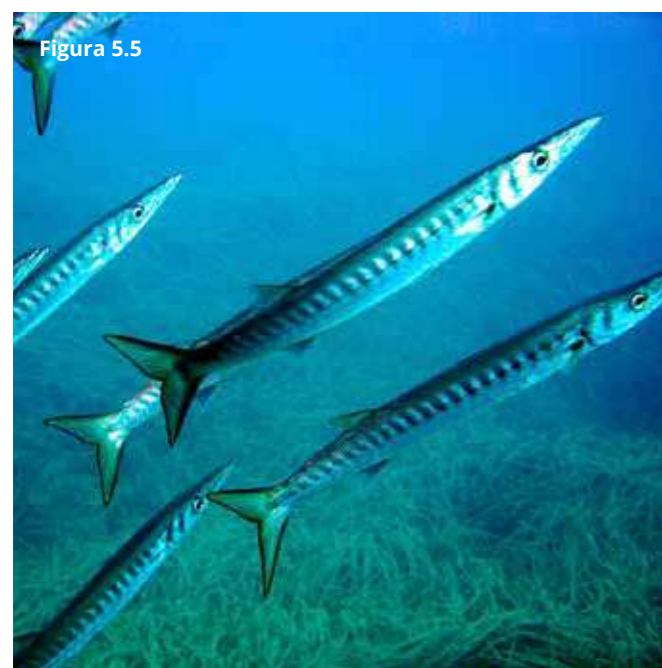
timento dell'intero corpo spiaggia (battigia, berma e retrospiaggia), incrementando significativamente il rischio di erosione costiera. Ma anche aspetti che riguardano la biodiversità e il funzionamento dell'ecosistema spiaggia (perdita di habitat e perdita di biomassa). A questi possibili effetti negativi si devono aggiungere anche quelli legati alla filiera di gestione della biomassa rimosa, come il transito dei mezzi pesanti, al rilascio di CO<sub>2</sub> etc.

Riguardo questa tematica per il progetto SeaForest LIFE la realizzazione dell'azione C4 ha portato alla produzione di un documento, indirizzato alle amministrazioni locali, che contiene alcune informazioni e strategie utili per la gestione delle banquette di *Posidonia oceanica*.

Il documento opera una revisione delle pubblicazioni scientifiche e dei report di progetto degli ultimi 20 anni in cui siano state prese in considerazione le principali strategie di gestione sperimentate a diversi livelli. Il documento ha l'obiettivo di individuare e sintetizzare, in linea generale e con un linguaggio poco tecnico, le peculiarità delle spiagge e definire quando le stesse potrebbero essere rese più vulnerabili in relazione alle sole operazioni di gestione/rimozione delle banquette. Le informazioni sono di carattere generale, in quanto ogni spiaggia necessiterebbe uno studio specifico che

**Figura 5.5** Lucci di mare (nome scientifico: *Sphyræna sphyraena*) in un posidonieto. European barracuda (scientific name: *Sphyræna sphyraena*) in a seagrass meadow of *Posidonia oceanica*.

**Figura 5.6** Nudibranco su foglia di *Posidonia oceanica*. Nudibranch on a blade of *Posidonia oceanica*. Photo credit Francesco Pacienza



**Figura 5.7** Foglie di *Posidonia oceanica* spiaggiate dalla mareggiata. Beached *Posidonia oceanica* leaves washed ashore by the swell.



tenga in considerazione variabili geomorfologiche ed oceanografiche, dovrebbe quindi essere analizzata in maniera approfondita per conoscere effettivamente quali sono le sensibilità e le vulnerabilità intrinseche.

Inoltre, nell'ambito delle azioni C4 e D1 del progetto SeaForest Life sono stati condotte interviste mediante questionari rivolti agli utenti (frequentatori delle spiagge), agli amministratori locali (Comune, Provincia, assessorato regionale) e agli operatori locali (concessionari e/o proprietari di attività commerciali legate al turismo balneare). Tali questionari hanno avuto l'obiettivo di acquisire informazioni sulla percezione delle banquette di *Posidonia oceanica* da parte degli utenti, amministratori e operatori delle spiagge nelle 4 Aree Protette o Parchi Nazionali interessate dal progetto. I risultati di tali interviste sono contenuti in un documento di progetto che sintetizza statisticamente i risultati e include alcuni spunti di riflessione sul controverso tema della gestione delle banquette.

Dai dati ottenuti risulta chiaro come per i fruitori la presenza delle banquette possa essere fastidiosa, ma la percentuale di accettazione sulla presenza delle banquette in spiaggia è molto elevata, spesso più del 50% degli intervistati dichiarava di non provare particolare fastidio. Inoltre, la maggior parte degli intervistati mostrava una buona conoscenza sull'importanza delle banquette di *Posidonia oceanica* e sui servizi ecosistemici che gli stessi possono fornire alle spiagge. Nel documento prodotto risulta poi evidente come gli stessi fruitori non ritengano sufficienti le informazioni ottenute da parte degli enti gestori sulle funzioni svolte dalle banquette di Posidonia e dalla prateria di Posidonia stessa. Va rilevato che il campione in esame è frequentatore di spiagge all'interno di una area protetta e potrebbe quindi avere una sensibilità verso il tema ambientale, come per altro confermato dal fatto che non si ritengono sufficientemente informati dall'ente gestore. D'altro parte, questo ci conferma l'importanza della sensibilizzazione e informazione su questo tema in contesti più generalizzati.

La parte riservata agli amministratori e operatori locali evidenzia alcune peculiarità: Gli amministratori e gli operatori locali manifestano un opposto grado di soddisfazione nella gestione delle banquette, positivo per gli amministratori, negativo per gli operatori. Entrambi risultano consapevoli che le banquette sono importanti per il sistema costiero per il quale svolgono importanti servizi ecosistemici, primo fra tutti la protezione dell'erosione generata dalle mareggiate. Per quanto riguarda la normativa e le procedure per la gestione delle Banquette, per gli operatori le regole risultano troppo stringenti ed orientate

verso la protezione, mentre risulta opposta la percezione delle stesse da parte degli amministratori. Anche in questo caso gli operatori lamentano la scarsa informazione ricevuta da parte degli Enti Gestori.

Emerge un ultimo significativo aspetto dal questionario di percezione delle banquette di Posidonia, la maggioranza di ogni categoria di stakeholders presa in esame (utenti-amministratori e operatori commerciali) concorda sul fatto che la *Posidonia oceanica* depositata lungo le spiagge non è un rifiuto. Quindi, seppur fastidiosa (a diversi livelli nel campione intervistato) le persone riconoscono un ruolo ecologico nel sistema spiaggia, una importantissima presa di coscienza che ci porta a considerare di perseguire l'obiettivo di sensibilizzare ed informare la cittadinanza (a diversi livelli) verso questo tema.

### Emissioni di gas serra

Le emissioni di gas serra (GHG) nello scenario di riferimento (baseline) sono attribuibili a variazioni degli stock di carbonio sia nel comparto biomassa che in quello del sedimento, oppure a una combinazione di entrambi. La stima delle emissioni nello scenario di baseline del progetto SeaForest è stata effettuata attraverso un'analisi bibliografica mirata all'identificazione di proxy e parametri di emissione connessi alla presenza di imbarcazioni da diporto di diversa dimensione: piccole (<20 m), medie (20-50 m) e grandi (>50 m), nelle aree di Carbonio Blu considerate. I dati di distribuzione e frequenza sono stati ricavati integrando le informazioni fornite dal sistema AIS (Automatic Identification System) e dalle immagini satellitari PlanetScope. L'AIS è installato quasi universalmente sulle grandi imbarcazioni, ma solo su meno del 10% di quelle medio-piccole (Deter *et al.*, 2018); PlanetScope, seppure limitato a una rappresentazione istantanea e quindi sottostimando il numero di unità presenti, consente invece di rilevare anche le imbarcazioni di dimensioni ridotte. L'integrazione delle due fonti ha permesso di ottenere una stima più robusta del numero e della distribuzione delle imbarcazioni nelle aree di progetto, distinguendo anche le diverse tipologie di fondale interessate (praterie di *Posidonia oceanica* su *matte* e sabbia, su substrati rocciosi o degradate/*matte* morte). L'analisi si è focalizzata sul periodo a maggiore intensità di ancoraggi (maggio-settembre) negli anni 2017, 2019 e 2021.

Gli impatti principali dell'ancoraggio sulla *Posidonia oceanica* possono essere ricondotti a due meccanismi:

- Perdita di biomassa epigea e ipogea viva, dovuta allo strappo di foglie e rizomi superficiali, con

**Tabella 5.1** Quantificazione del danno prodotto sul comparto biomassa e sedimento per tipologia di imbarcazione.

Tipo di imbarcazione	Danno biomassa	Danno sedimento
Piccole dimensioni (< 20 m)	0,16 m <sup>2</sup>	Irrilevante
Medie dimensioni (> 20 m e < 50 m)	02,38 m <sup>2</sup>	0,37 m <sup>3</sup>
Grandi dimensioni (>50 m)	296 m <sup>2</sup>	0,74 m <sup>3</sup>

conseguente riduzione della fissazione del carbonio attraverso la fotosintesi e la crescita della prateria;

- Danno alla *matte*, costituita da rizomi e radici morti mescolati a sedimento organico, che rappresenta il principale serbatoio di carbonio organico. In questo caso, l'ancoraggio di imbarcazioni medie e grandi può rimuovere porzioni significative di *matte* (in funzione del peso dell'ancora e della lunghezza della catena), causando erosione dello stock e rilascio di CO<sub>2</sub> in colonna d'acqua.

Nella quantificazione delle emissioni di GHG nello scenario di baseline si è quindi tenuto conto di entrambi i comparti (biomassa e sedimento).

L'intensità del danno varia in funzione della lunghezza dell'imbarcazione. In passato, alcuni studi lo esprimevano in termini di fasci fogliari estirpati per singolo ciclo di ancoraggio (Francour *et al.*, 1999; Milazzo *et al.*, 2004), mentre altri quantificavano l'area di biomassa o il volume di *matte* rimossi (Pergent-Martini *et al.*, 2022).

Più recentemente, Dapuzo *et al.* (2022) hanno proposto un approccio standardizzato, stimando il danno delle piccole e medie imbarcazioni sulla biomassa epigea in termini di superficie di prateria rimossa per ciclo di ancoraggio.

Secondo questi autori, il disturbo è strettamente legato al peso dell'ancora e alla lunghezza della catena, che agendo per abrasione provocano il distacco dei fasci fogliari. L'impatto segue una relazione esponenziale con la stazza dell'imbarcazione: le grandi navi, infatti, sono dotate di ancore più pesanti, catene di diametro maggiore e ancorano su fondali più profondi rispetto ai natanti di piccole e medie dimensioni (Abadie *et al.*, 2016).

Le stime disponibili confermano questa relazione: piccole e medie imbarcazioni producono danni medi rispettivamente pari a 0,065 m<sup>2</sup> e 0,221 m<sup>2</sup> di prateria per singolo ancoraggio (Dapuzo *et al.*, 2022), mentre unità superiori a 50 m possono distruggere fino a 1500 m<sup>2</sup> di *P. oceanica* (Progetto Interreg PHAROS4MPAs). Nella metodologia adottata nel presente studio, il danno è stato correlato

alla lunghezza delle imbarcazioni presenti nelle tre AMP mediante un fitting esponenziale basato sui valori di letteratura.

Per il comparto biomassa, i danni medi associati a ciascuna classe dimensionale di imbarcazione sono riportati in tabella 5.1. Per il comparto sedimento (*matte*), invece, si è fatto riferimento al volume medio asportato per ciclo di ancoraggio da imbarcazioni medie e grandi, secondo le stime di Pergent-Martini *et al.* (2022).



---

# 06

## Pratiche di conservazione Conservation Practices

Faced with growing pressures on Mediterranean coastal ecosystems, the LIFE SeaForest project developed and tested a suite of conservation and sustainable management practices aimed at protecting and restoring *Posidonia oceanica* meadows, one of the region's most valuable yet vulnerable habitats. The project combined spatial planning, technical innovation and adaptive environmental management, creating integrated strategies tailored to the specific conditions of the La Maddalena, Asinara and Cilento National Parks.

Key actions included the **creation of sustainable mooring plans** to minimise anchor damage, using satellite data, acoustic surveys and in-situ monitoring to identify sensitive areas and suitable sites for ecological mooring fields; **the implementation of active restoration techniques** such as transplanting *Posidonia* shoots and seeds onto degraded *matte* using biodegradable materials; and the **development of guidelines** for environmentally responsible management of *Posidonia* banquettes on beaches, reducing the impacts

of mechanical cleaning and protecting dune-beach stability. Central to this effort was the integration of project results into the **Blue Discovery digital platform**, an app that provides real-time information on the location of seagrass meadows, permitted anchoring zones, ecological moorings, regulations and safety measures, while enabling park managers to monitor vessel activity, control access and analyse pressure hotspots.

The platform also functions as a tool for communication, environmental awareness and citizen science, allowing users to contribute observations on marine conditions.

By combining governance, technology, restoration and stakeholder engagement, LIFE SeaForest offers a replicable model for balancing tourism and conservation, reducing anchoring impacts, supporting the regeneration of *Posidonia* meadows and reinforcing their role in coastal protection, biodiversity conservation and blue-carbon storage, thus contributing to climate-change mitigation and the long-term sustainability of Mediterranean marine protected areas.

---

Di fronte alle pressioni crescenti che interessano gli ecosistemi costieri mediterranei, il progetto **LIFE SeaForest** ha individuato e sperimentato una serie di **pratiche di conservazione e gestione sostenibile** finalizzate alla tutela e al recupero delle **praterie di *Posidonia oceanica***, uno degli habitat più preziosi ma anche più fragili del nostro mare. L'obiettivo di queste azioni è duplice: da un lato **prevenire e ridurre le cause del degrado**, dall'altro **favorire il ripristino ecologico** e il mantenimento dei servizi ecosistemici associati, come la protezione dall'erosione costiera e lo stoccaggio del **"carbonio blu"**.

Le pratiche sviluppate e testate dal progetto si basano su un approccio integrato che combina interventi di pianificazione, innovazione tecnica e gestione ambientale, adattati alle caratteristiche specifiche delle tre aree di studio. Ciascuna area ha fornito un contesto sperimentale unico per mettere in pratica strategie di mitigazione degli impatti diretti, come la regolamentazione degli ancoraggi e la realizzazione di piani degli ormeggi sostenibili, insieme a interventi di restauro attivo delle praterie danneggiate e azioni di gestione responsabile della *Posidonia* spiaggiata. La prima linea di intervento ha riguardato la definizione di **Piani di gestione degli ormeggi**, strumenti fondamentali per ridurre i danni causati dalle ancore e garantire un equilibrio tra fruizione turistica e conservazione dell'habitat. Attraverso l'integrazione di dati satellitari, rilievi acustici e monitoraggi in situ, sono state individuate le aree più sensibili e le zone idonee all'installazione di **campi boe ecologici** o alla regolamentazione dell'ancoraggio. Queste soluzioni, unite a una **piattaforma informatica di gestione e prenotazione**, rappresentano un modello replicabile

**Figura 6.1** Praterie sommerse di *Posidonia oceanica*, con giovani germogli e fasci adulti. Underwater meadows of *Posidonia oceanica*, showing young shoots and mature bundles.

**Figura 6.2** Prateria di *Posidonia oceanica*, habitat essenziale e vera e propria area "nursery" per numerose specie del Mediterraneo. Meadow of *Posidonia oceanica*, an essential habitat and a natural "nursery" area for many Mediterranean species. Photo credit Francesco Pacienza



per le Aree Marine Protette del Mediterraneo. Parallelamente, il progetto ha promosso **azioni di restauro ecologico**, denominate **"interventi di ricucitura del posidonieto"**, volte a favorire la rigenerazione delle praterie degradate. Le attività hanno previsto la raccolta e il trapianto di talee e semi di *Posidonia oceanica* su *matte* morte o danneggiate, utilizzando materiali biodegradabili e tecniche a basso impatto ambientale. Questi interventi, realizzati con il coinvolgimento diretto dei gestori delle aree protette e del personale tecnico, hanno permesso di testare protocolli standardizzabili e di formare operatori qualificati per future azioni di restauro su scala più ampia.

Un'ulteriore linea di lavoro ha riguardato la **gestione delle banquette di *Posidonia* spiaggiata**, un tema complesso che unisce esigenze ecologiche e socio-economiche.

Il progetto ha prodotto linee guida e strumenti operativi destinati alle amministrazioni locali per orientare le modalità di intervento sugli arenili, promuovendo pratiche meno impattanti e soluzioni basate sulla conservazione del materiale vegetale in loco, a tutela della stabilità del sistema spiaggia-duna.

Insieme, queste pratiche di conservazione rappresentano il cuore operativo di LIFE SeaForest: **un modello concreto di mitigazione e adattamento** ai cambiamenti climatici, che dimostra come la tutela della biodiversità marina possa generare benefici ambientali, economici e sociali.

Attraverso la cooperazione tra enti gestori, istituti di ricerca e comunità locali, il progetto ha costruito una rete di competenze e strumenti replicabili, ponendo le basi per una **gestione integrata e sostenibile del "bosco blu" del Mediterraneo**.

### Piani degli ormeggi

La *Posidonia oceanica* è una pianta marina endemica del Mediterraneo, essa forma estese praterie che possono occupare estese aree della piattaforma continentale interna fino ad una profondità di circa 40 m (Boudouresque *et al.*, 1990).



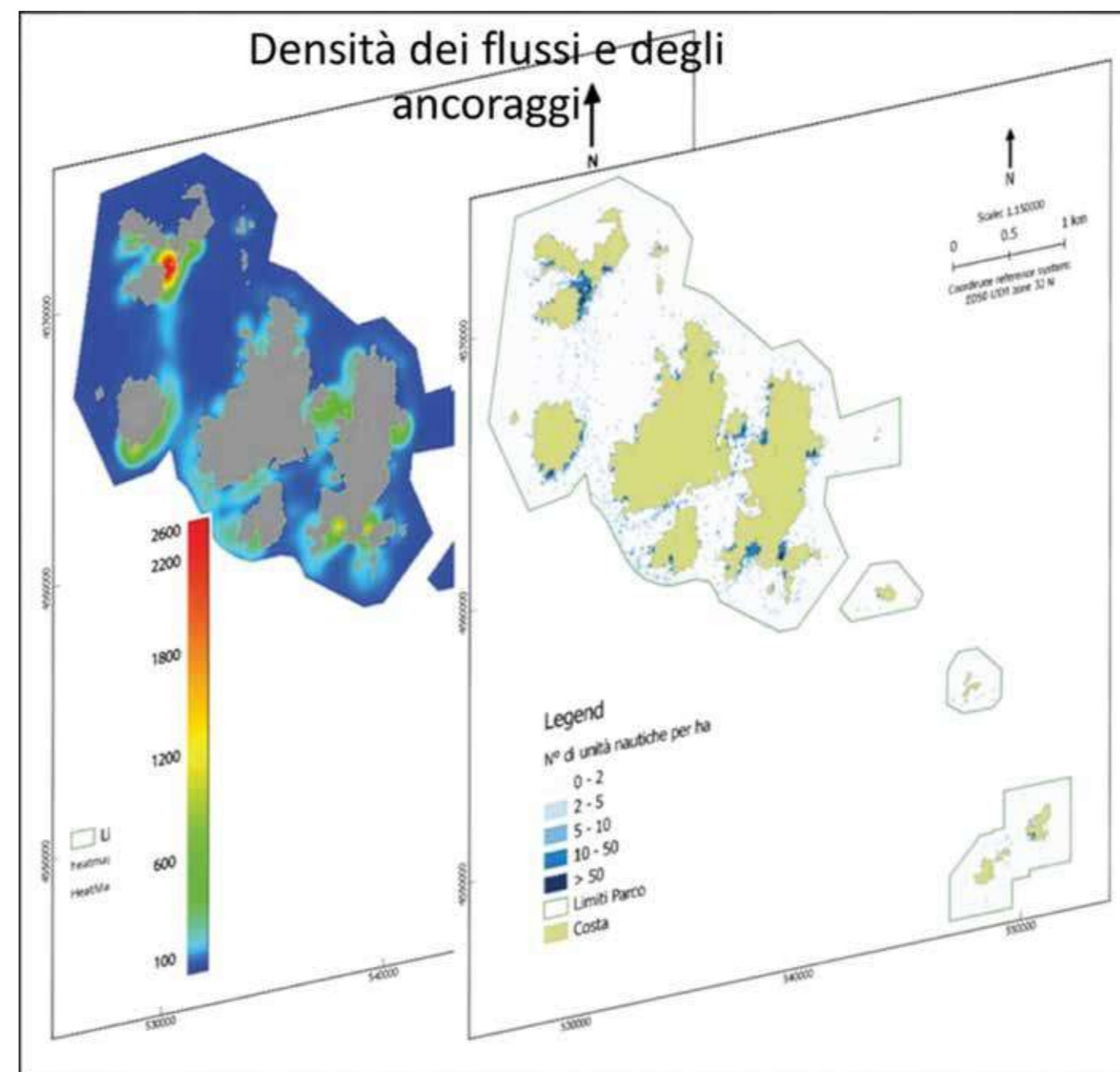
La prateria di *posidonia* non è solo un insieme di piante, ma un sistema complesso dove organismi viventi e ambiente interagiscono, creando un ambiente unico e ricco di biodiversità. Infatti, la prateria di *posidonia oceanica* rappresenta un ecosistema chiave per tutte le coste del Mediterraneo, assolvendo ad importanti ed esclusive funzioni sia nella componente biotica, che abiotica, legate alla biodiversità, alla stabilità costiera ed alla cattura di carbonio (Directive Habitat 92/43/CEE).

La *Posidonia oceanica* cresce sui fondali attraverso lo sviluppo di rizomi plagiotropi e ortotropi che formano la *"matte"*, una struttura stratificata che si compone proprio delle parti della pianta quali rizomi, radici e detrito fogliare. Tale struttura intrappola molto sedimento e grazie allo sviluppo dei rizomi a crescita verticale (rizomi ortotropi). Quando la deposizione di

sedimento non è eccessiva, si sviluppa verticalmente anche per parecchi metri. Si stima che la *"matte"* in condizioni non perturbate possa crescere anche di circa 1 m nell'arco di un secolo.

La prateria di *Posidonia* funge da habitat per numerose specie animali e vegetali, infatti il posidonieto offre rifugio a numerosi organismi, all'interno della *matte*, tra le foglie, ma anche sulle singole foglie ognuna delle quali interessata da una successione stagionale di organismi animali e vegetali. Questa ricchezza di microorganismi rappresenta una fonte indispensabile per molti animali che risiedono stabilmente o occasionalmente nel posidonieto, ma soprattutto offre rifugio e cibo per molti giovanili di diverse specie che altrimenti verrebbero facilmente predati nei fondali sabbiosi. Per questo motivo le praterie di *posidonia* sono anche considerate una

**Figura 6.3** Elaborazioni effettuate per il PNALM per la stima del flusso e della densità degli ancoraggi.



"nursery" area. In relazione alla componente abiotica, indubbiamente importante, anche da un punto di vista quantitativo, è la capacità di questa pianta circa il sequestro di CO<sub>2</sub> disciolta e la produzione di Ossigeno nelle acque superficiali (Campagne *et al.*, 2015). Inoltre, grazie allo sviluppo della *matte* e delle lunghe foglie nastriformi può interagire con il moto ondoso e in alcuni casi può diminuire l'intensità dello stesso e avere quindi un effetto positivo in relazione ai fenomeni di erosione costiera (Manca *et al.*, 2012). Tuttavia, le attività antropiche lungo la fascia costiera hanno determinato una regressione significativa delle praterie, come, per esempio, evidenziato da alcuni autori per il nord Adriatico, per il Golfo di Oristano e lungo le coste Liguri (Spika *et al.*, 2025, Montefalcone *et al.*, 2016, De Falco *et al.*, 2001). Tra le principali minacce, l'ancoraggio incontrollato delle

imbarcazioni costituisce uno degli impatti fisici più rilevanti e deleteri.

Le attività di ancoraggio effettuate sulla prateria di Posidonia possono provocare danni meccanici diretti, quali ad esempio: rottura delle foglie, strappo di rizomi e radici, esposizione della *matte* morta (*bare matte*), perdita di densità vegetale e frammentazione spaziale (Francour *et al.* 1999; Walker *et al.* 1989; Ceccherelli *et al.* 2007).

La dimensione e la tipologia di ancora, proporzionale alle dimensioni e tipologia di imbarcazione, influenza l'entità del danno. Generalmente i danni maggiori si verificano nelle fasi di ancoraggio e messa in opera dello stesso da parte della imbarcazione e nella fase di sollevamento dell'ancora, in cui anche le catene in testa d'ancora possono avere un effetto molto dele-

terio sulla prateria e sulle sue strutture (La Manna 2015; Milazzo *et al.*, 2004, Montefalcone *et al.*, 2016). Ma anche durante lo stazionamento delle imbarcazioni ci verificano danni operati dai primi metri di catena che si muovono nel cerchio di fonda (influenzato dai venti) e da possibili (piuttosto frequenti) arature da parte di un ancora mal posta e/o insufficiente. Quest'ultime generano profondi solchi dentro al Posidonieto che richiedono anni per essere rimarginate. In aree sottoposta ad elevata frequentazione del

turismo nautico, le conseguenze di ancoraggi ripetuti nelle stesse aree e che possono interessare anche aree estese portano ad una generale regressione della prateria di *Posidonia oceanica* con conseguenze importanti sull'area costiera interessata, come in particolare la perdita di habitat e minore biodiversità. Al fine di minimizzare gli impatti dell'ancoraggio, le soluzioni più efficaci sembrano essere quelle che combinano sistemi di ancoraggio non impattanti (vedi report azione C2 del presente progetto) sulla prateria uniti a strategie gestionali attuate dagli

Figura 6.4 Elaborazioni effettuate per il PNALM per la stima della sensitività. Analyses carried out for the PNALM to estimate sensitivity.

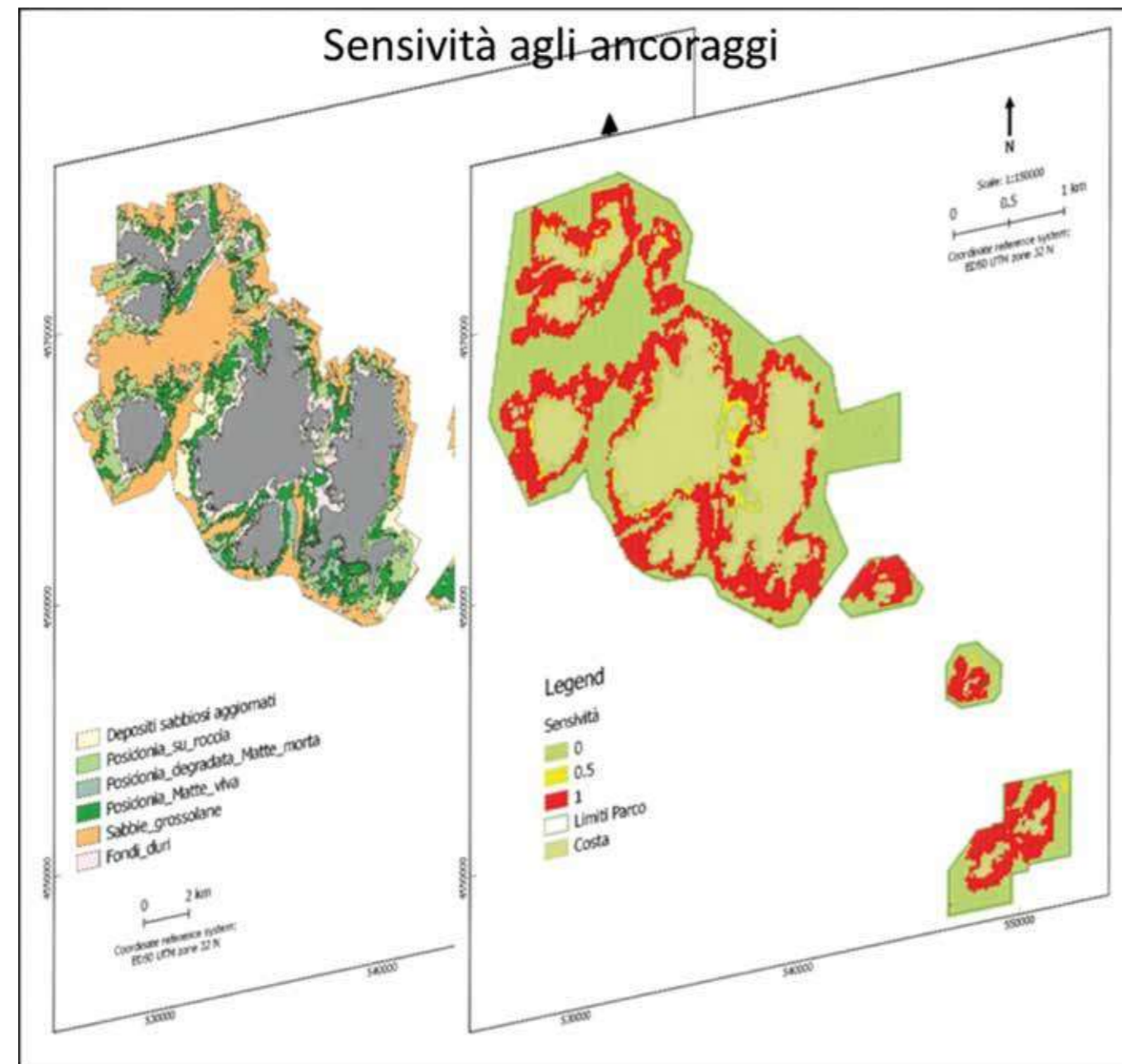
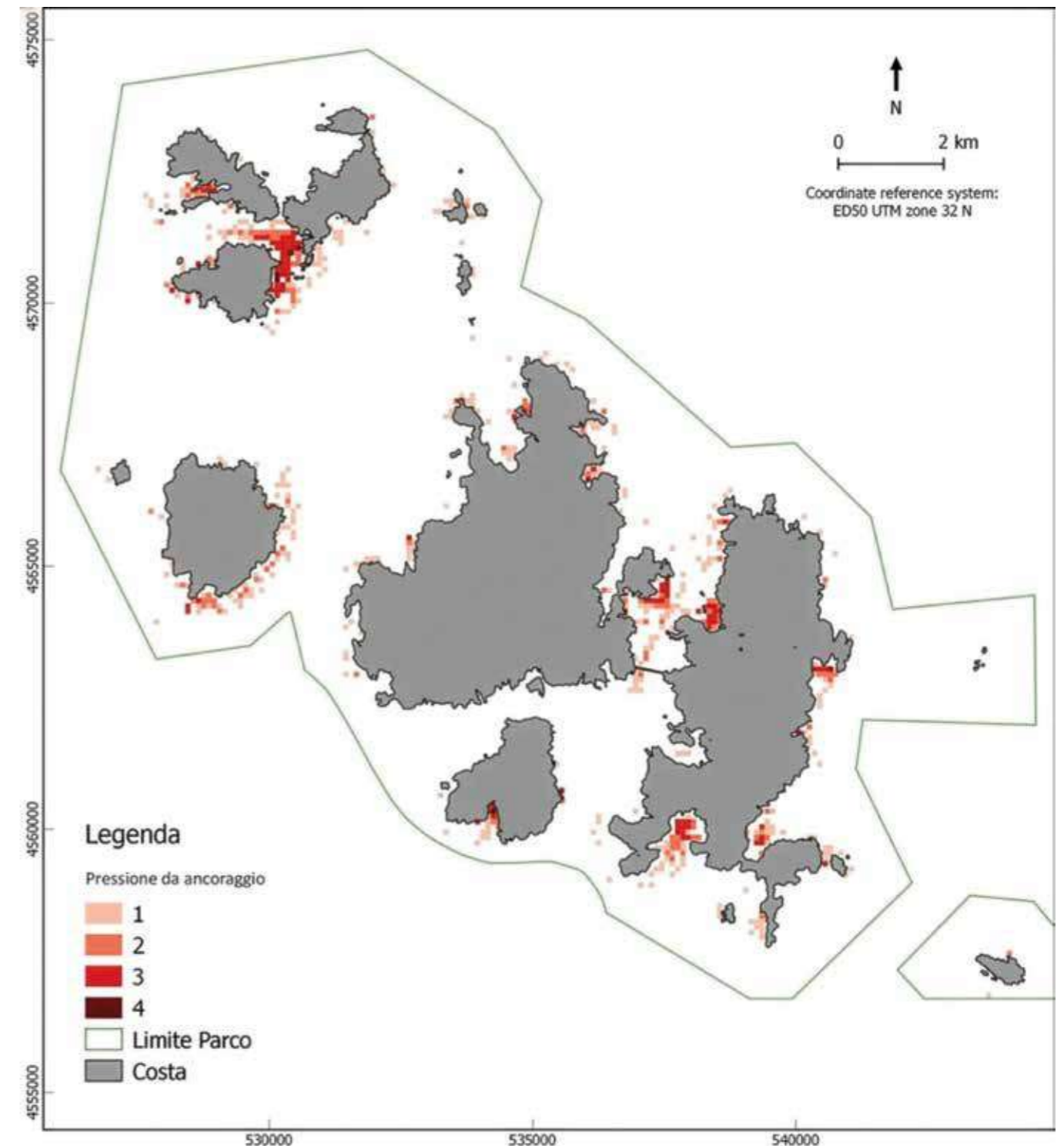


Figura 6.5 Pressioni da ancoraggio presso il PNALM. Anchoring pressures at the PNALM.



Enti Gestori che individuano quali fra le aree gestite potrebbero avere una minor sensibilità all'ancoraggio delle imbarcazioni.

In quest'ottica il progetto SeaForest life ha fornito degli studi propedeutici utili agli Enti Gestori dei Parchi Nazionali e delle Aree Marine Protette che partecipano al progetto utili allo sviluppo delle strategie gestionali utili a minimizzare l'impatto degli ancoraggi nelle aree marine interessate.

Utilizzando mappature già disponibili presso gli Enti Gestori e utilizzando procedure di fotointerpretazione oltre che tecniche di remote sensing, SeaForest life ha fornito indicazioni utili per lo sviluppo di piani di ancoraggi e ormeggi sostenibili.

Nell'ambito dell'Azione C2, per ciascuna area protetta, sono state individuate le aree più sensibili all'ancoraggio andando ad indentificare le praterie di

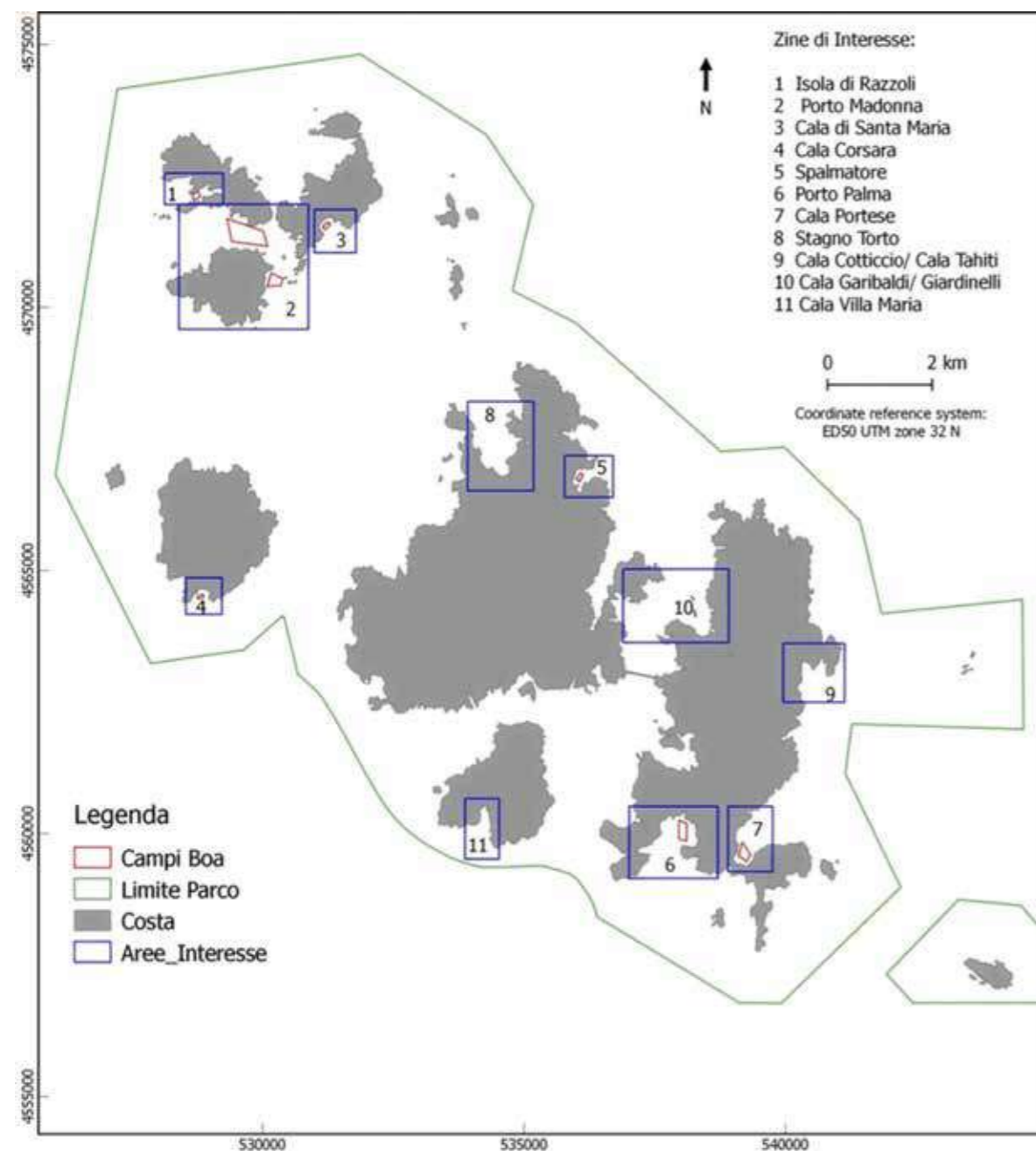
*Posidonia oceanica* presenti. Attraverso tecniche di *remote sensing* sono state quindi individuate le aree maggiormente frequentate dai natanti. Il confronto delle due informazioni, ha permesso di ricavare dati, elaborati e mappe per lo sviluppo di strategie atte a minimizzare gli impatti degli ancoraggi e pianificare eventuali aree con campi boe dotate di ancoraggio sostenibili. Tali informazioni sono state messe a disposizione degli enti gestori delle aree esaminate. In Figura 6.3 ed in Figura 6.4 a titolo di esempio si illustrano le mappe per il PNALM del numero di imbarcazioni rilevata dall'analisi delle immagini satellitari, la densità delle imbarcazioni in numero unità per ettaro e la mappa degli habitat ottenuta integrando i dati già disponibili ed in possesso dell'Ente Gestore con i dati ottenuti dalla fotointerpretazione delle immagini aeree più recenti. Inoltre in Figura 6.4 si mostra la

mappe della sensibilità degli habitat rispetto all'ancoraggio. Sulla base di queste elaborazioni sono state individuate le aree sottoposte a maggior pressione antropica da ancoraggio natanti (vedi Figura 6.5).

Una volta individuate le aree sottoposte a maggiore pressione, ottenute combinando i dati di densità di imbarcazioni e di sensibilità dell'habitat sono state individuate e suggerite le aree per le quali sarebbe stata necessaria una pianificazione degli ancoraggi e degli ormeggi o ove queste aree fossero già servite di campi boe sono state suggerite modalità di gestione maggiormente efficaci sia nell'ottica dello sfruttamento sostenibile che nell'ottica della conservazione della prateria di *Posidonia* (Figura 6.6).

Questo approccio, mostrato per il PNALM, ma sviluppato per tutte le Aree Protette e i Parchi Nazionali partecipanti nel progetto, ha permesso di individuare le aree a maggior interesse e quelle quindi su cui concentrare maggiormente l'attenzione dell'ente gestore mediante la pianificazione o l'introduzione di nuove restrizioni e l'eventuale infrastrutturazione con ormeggi ad ancoraggio sostenibili, oltre che l'intensificarsi di misure gestionali ad hoc. In tal senso, le future azioni che ogni Ente gestore può introdurre e/o intensificare dovrebbero avere come unico obiettivo la riduzione della pressione degli ancoraggi sulla prateria di *Posidonia oceanica*. L'eliminazione dell'impatto fisico è di per sé il primo passo per la rigenerazione e il ripristino anche naturale del posidonieto. Infatti, quest'ultimo, in assenza di impatti fisici diretti, presenta un'elevata capacità rigenerativa, in particolare in contesti privi di impatti indiretti (fonti inquinanti)

**Figura 6.6** Individuazione delle aree di interesse per la pianificazione di nuove installazioni campi boe e incremento delle strutture esistenti. Identification of areas of interest for planning new mooring field installations and expanding existing structures.



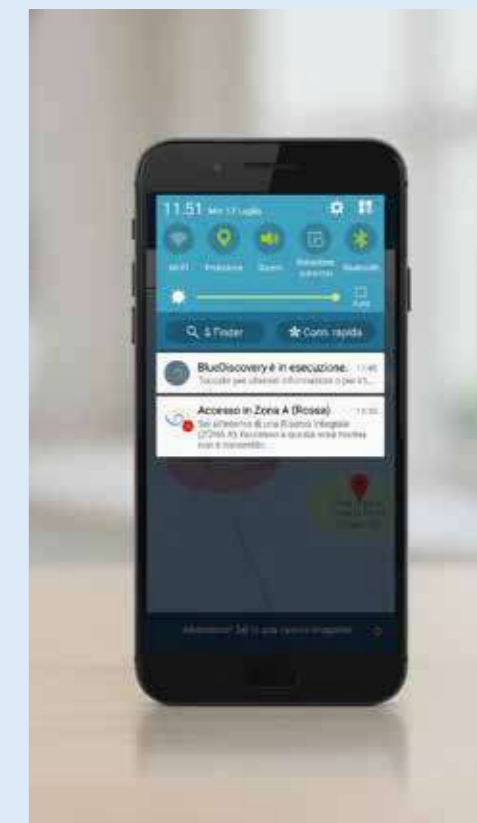
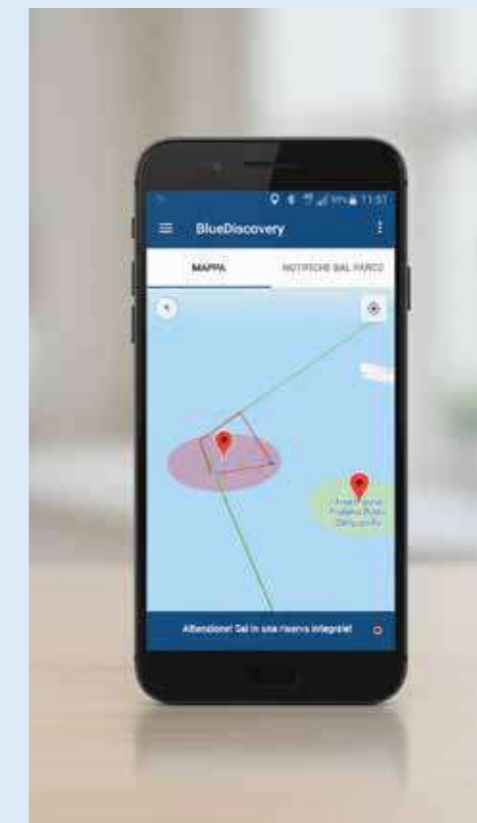
### App per la gestione ancoraggi e ormeggi

Uno degli strumenti più innovativi realizzati nell'ambito del progetto LIFE SeaForest è lo sviluppo di un sistema digitale integrato per la gestione sostenibile degli ancoraggi e degli ormeggi nelle aree marine protette coinvolte.

L'obiettivo di questo strumento è duplice: da un lato fornire ai diportisti e agli utenti del mare informazioni aggiornate e facilmente accessibili per un



comportamento consapevole e rispettoso dell'ambiente; dall'altro permettere agli enti gestori di monitorare, pianificare e regolamentare in modo efficace la fruizione delle aree sensibili, riducendo la pressione antropica sugli habitat sommersi e in par-



**Figura 6.7 e 6.8** Notifiche dell'app BlueDiscovery, che avvisa l'utente dell'ingresso in una Zona A (Riserva Integrale) dell'Area Marina Protetta, segnalando il divieto di accesso. Notifications from the BlueDiscovery app, alerting the user upon entering a Zone A (Integral Reserve) of the Marine Protected Area and indicating that access is prohibited.



**Figura 6.9** Mappa dell'Arcipelago di La Maddalena con la distribuzione del posidonieto evidenziata in blu tramite l'app BlueDiscovery. Map of the La Maddalena Archipelago showing the distribution of the *Posidonia oceanica* seagrass meadow highlighted in blue by the BlueDiscovery app



**Figura 6.10** Punti di ormeggio dell'Area Marina Protetta dell'Asinara, indicati sull'app tramite segnaposti blu. Mooring points within the Asinara Marine Protected Area, displayed on the app with blue markers.

ticolare sulle praterie di *Posidonia oceanica*. L'idea di una piattaforma informatica nasce dalla necessità, emersa durante le analisi preliminari di progetto, di integrare la pianificazione ambientale con strumenti digitali di governance capaci di coniugare la tutela dell'habitat con la fruizione turistica.

Nei mesi estivi, infatti, le aree costiere mediterranee registrano picchi di presenza di imbarcazioni che, in assenza di una regolamentazione efficace, possono causare danni significativi ai fondali. Le sole attività di ancoraggio, come mostrato dalle rilevazioni condotte da CNR e ISPRA, generano la distruzione di migliaia di metri quadrati di praterie di *Posidonia oceanica* ogni stagione.

In questo contesto, il progetto ha promosso la creazione di un sistema di gestione informatizzato in grado di mettere in relazione dati ambientali, cartografie tematiche e informazioni operative in tempo reale, costituendo uno strumento pratico per la protezione attiva del mare. L'applicazione è stata sviluppata nell'ambito dell'azione C2 del progetto, in collaborazione con gli enti gestori dei Parchi Nazionali dell'Arcipelago di La Maddalena, dell'Asinara e del Cilento, e con il supporto tecnico del CNR – Istituto per l'Ambiente Marino Costiero, che ha fornito la base dati geospaziale sull'estensione delle praterie e sulle aree di ancoraggio libero.

### La piattaforma Blue Discovery

Il risultato concreto di questo lavoro è l'integrazione dei contenuti del progetto SeaForest nella piattaforma Blue Discovery, un sistema digitale già operativo in diverse aree marine italiane e adottato come interfaccia ufficiale per la gestione degli ormeggi e dei campi boe ecologici. L'applicazione, scaricabile gratuitamente su dispositivi mobili, consente all'utente di accedere a un'ampia gamma di servizi informativi e funzionalità interattive:

- localizzazione in tempo reale dell'imbarcazione tramite navigatore GPS integrato;
- visualizzazione delle aree di *Posidonia oceanica* e delle zone di ancoraggio consentito o vietato;
- indicazioni sui campi boe ecologici disponibili, con possibilità di prenotazione e pagamento online;
- schede informative sui regolamenti vigenti, le zone di protezione, le misure di sicurezza e le buone pratiche ambientali;
- aggiornamenti e notifiche meteo-marine, allerte ambientali e messaggi di servizio inviati direttamente dall'Ente gestore.

### Funzionalità e struttura del sistema

La piattaforma è pensata come uno strumento dinamico di governance ambientale. Gli utenti registrati – diportisti, operatori turistici, autorità portuali o personale del parco – possono accedere a un sistema che unisce cartografia digitale, gestione amministrativa e monitoraggio ambientale. Attraverso il portale web, l'ente gestore può:

- aggiornare le mappe delle praterie e delle zone sensibili,
- controllare in tempo reale il numero di imbarcazioni presenti in ciascuna area,
- autorizzare o limitare gli accessi in base a criteri ecologici e di sicurezza,
- generare statistiche sull'affluenza, sui flussi di ancoraggio e sui tempi medi di permanenza,
- inviare comunicazioni dirette agli utenti registrati.

Dal lato del diportista, la Blue Discovery App semplifica l'esperienza di navigazione responsabile: una volta attivato il GPS, l'utente visualizza la propria posizione rispetto alle aree di Posidonia, riceve un avviso se entra in una zona a tutela integrale e può selezionare l'ormeggio più vicino tra quelli autorizzati, con indicazione di profondità, tipologia del fondale e modalità di prenotazione. Nel Parco di La Maddalena, ad esempio, la mappa digitale distingue graficamente le **boe rosse** installate a Porto Madonna (fondali sabbiosi con "Sistemi di Posidonia Management") e i Corpi Morti Armati (CMA), indicati in verde, utilizzati per ormeggi a basso impatto.

### Integrazione con la gestione ambientale

Uno dei principali punti di forza dell'app è la capacità di integrare informazioni scientifiche e operative in un'unica interfaccia. I dati relativi alla distribuzione delle praterie e allo stato di conservazione dell'habitat 1120\* sono stati georeferenziati e sovrapposti alle zone di ormeggio consentite. Questo permette una valutazione immediata del rischio di impatto e un'azione preventiva da parte dei gestori. Inoltre, l'app è in grado di registrare in forma anonima le posizioni delle imbarcazioni, consentendo di stimare la pressione nautica e di correlare i flussi turistici con le eventuali variazioni ambientali rilevate dai monitoraggi. Nel medio periodo, la piattaforma potrà costituire un archivio storico delle attività nautiche nelle aree protette, utile per le valutazioni ambientali e la pianificazione di nuovi campi boe. Il sistema, infatti, è pensato per evolvere in una banca dati interattiva in grado di supportare decisioni gestionali basate su indicatori quantitativi di pressione e impatto.

### Comunicazione, sensibilizzazione e partecipazione

Oltre alla funzione gestionale, la Blue Discovery App svolge un importante ruolo di educazione ambientale. Attraverso un linguaggio chiaro e interattivo, l'utente è guidato a conoscere le caratteristiche dell'habitat di *Posidonia oceanica*, i servizi ecosistemici che offre e le corrette pratiche di navigazione sostenibile. Video, immagini e brevi schede descrittive illustrano il legame tra tutela dell'ambiente e qualità dell'esperienza turistica, trasformando l'app in un canale di sensibilizzazione diretta verso un pubblico ampio e diversificato.

La piattaforma, inoltre, costituisce uno strumento di citizen science: gli utenti possono segnalare anomalie, rifiuti galleggianti o danni visibili alle praterie, contribuendo così alla raccolta di informazioni utili per i monitoraggi ambientali. In prospettiva, l'integrazione di questi dati "dal basso" con le reti di osservazione istituzionali potrà migliorare la capacità di risposta e di gestione delle aree protette.

### Verso un modello replicabile

L'esperienza maturata con l'applicazione nei parchi dell'Arcipelago di La Maddalena e dell'Asinara rappresenta oggi un modello replicabile per l'intero sistema nazionale delle Aree Marine Protette e dei Parchi costieri.

La piattaforma Blue Discovery – alimentata dai dati e dagli standard del progetto SeaForest – costituisce un esempio concreto di come le tecnologie digitali possano supportare la transizione ecologica e la gestione sostenibile del turismo nautico. Il sistema, infatti, consente di coniugare fruizione, controllo e tutela, promuovendo un nuovo equilibrio tra conservazione ambientale e valorizzazione del territorio.

Nel lungo periodo, l'app potrà essere integrata con la piattaforma del mercato del Blue Carbon, sviluppata dal progetto per la contabilizzazione dei crediti di carbonio generati dalle attività di conservazione. In questo modo, le informazioni raccolte sulla riduzione delle pressioni da ancoraggio potranno contribuire alla valutazione delle emissioni evitate di CO<sub>2</sub>, rafforzando il legame tra gestione locale e obiettivi globali di mitigazione climatica.



## Nuova realizzazione di ormeggi

### New Mooring Installations

The LIFE SeaForest project implemented new eco-friendly mooring systems as a key structural measure to reduce the severe impacts of traditional anchoring on *Posidonia oceanica* meadows, replacing harmful free-anchoring practices with regulated, low-impact solutions across three pilot areas: the Asinara Marine Protected Area, the La Maddalena Archipelago National Park, and the Santa Maria di Castellabate MPA within the Cilento National Park. In Asinara, five existing mooring fields were completely renovated and expanded, substituting degraded 2002 infrastructures with new environmentally compatible systems positioned exclusively on sandy or rocky bottoms, providing over 60 regulated mooring spots equipped with elastic "jumper" devices to prevent chain abrasion on the seabed.

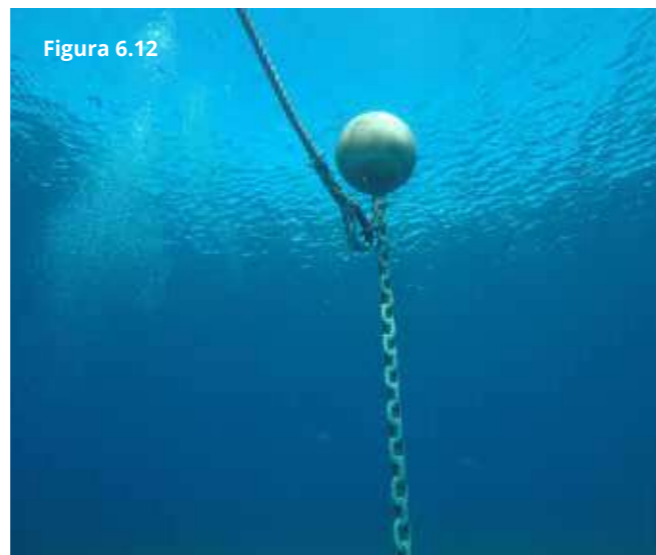
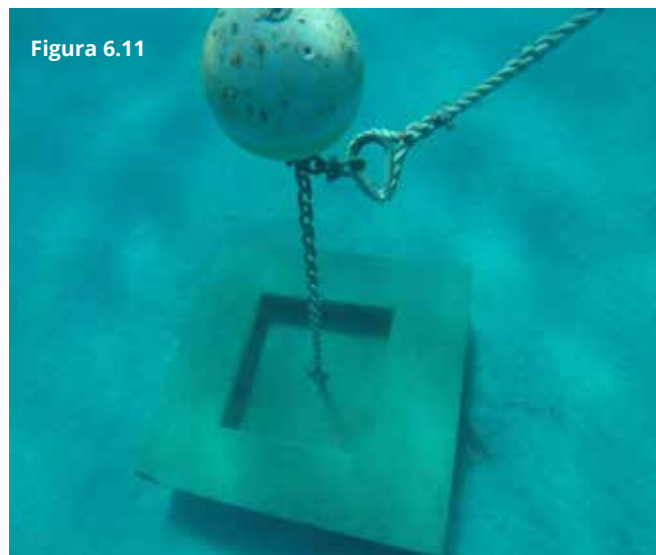
In Ogliastro Marina (Cilento), a new multi-row mooring field was created to protect a highly frequented area, using removable seasonal structures, ecological buoys, heavy concrete blocks and safe access corridors for

visitors. In La Maddalena, similar low-impact mooring fields were developed or upgraded using bathymetric and acoustic surveys to avoid vegetated seabeds, offering seasonal, reversible systems designed to eliminate free anchoring in sensitive sites.

Across all areas, the installations employ concrete blocks, zinc-plated chains, high-tenacity polyester lines and eco-buoys that maintain tension to avoid seabed contact, ensuring minimal disturbance to seagrass habitats. These interventions collectively integrate technical innovation, spatial planning and marine governance, providing a scalable model for Mediterranean protected areas and significantly reducing mechanical damage to *Posidonia* meadows while promoting sustainable nautical tourism and long-term conservation of coastal ecosystems.

**Figura 6.11** Ormeggio ecocompatibile adagiato su fondale sabbioso. Eco-friendly mooring set on a sandy seabed.

**Figura 6.12** Ogni ormeggio è dotato di jumper elastici che mantengono in tensione la catena, evitando il contatto con il fondale. Each mooring is equipped with elastic jumpers that keep the chain under tension, preventing it from touching the seabed.



La realizzazione di campi ormeggio ecocompatibili rappresenta una delle principali azioni strutturali del progetto LIFE SeaForest, mirata a ridurre gli impatti diretti dell'ancoraggio tradizionale sui fondali marini e in particolare sulle praterie di *Posidonia oceanica*. L'ancoraggio libero costituisce, infatti, una delle pressioni più significative sugli habitat costieri del Mediterraneo, provocando il distacco dei rizomi, la frammentazione delle praterie e l'erosione del sedimento.

Il progetto ha affrontato questa criticità realizzando nuovi campi boe e interventi di riqualificazione degli ormeggi esistenti in tre aree pilota: Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara", Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena e AMP Santa Maria di Castellabate nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni.

L'obiettivo è stato quello di coniugare la tutela degli habitat marini prioritari con la gestione sostenibile della nautica da diporto, favorendo al contempo una fruizione regolamentata e compatibile con la conservazione degli ecosistemi.

Attraverso questa azione, il progetto ha perseguito un duplice obiettivo: tutelare gli habitat sensibili mediante l'introduzione di sistemi di ormeggio a basso impatto e favorire una gestione sostenibile della fruizione nautica nelle aree marine protette, integrando innovazione tecnica, pianificazione e governance territoriale.

### Intervento nell'Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara"

Il primo intervento è stato realizzato presso l'Area Marina Protetta "Isola dell'Asinara", gestita dal Parco Nazionale omonimo, con l'obiettivo di sostituire i vecchi sistemi di ormeggio ormai obsoleti e di incrementare la capacità complessiva dei campi

boe. Il progetto ha previsto la manutenzione straordinaria e l'ampliamento dei cinque campi ormeggio esistenti, situati nelle località di Cala d'Oliva, Ponte Bianco, Cala Barche Napoletane, Cala Reale e Fornelli.

Gli ormeggi precedenti, installati nel 2002 e ormai in forte stato di degrado, sono stati completamente sostituiti con nuovi sistemi di ancoraggio ecocompatibili, realizzati in conformità alle direttive comunitarie e nazionali per la tutela degli habitat marini (Direttiva 92/43/CEE, D.P.R. 357/1997).

Ogni campo è stato ridisegnato per garantire la non interferenza con le praterie di *Posidonia oceanica*, mediante rilievi batimetrici e cartografie di dettaglio dei fondali ottenute con tecniche integrate di Side Scan Sonar, Multibeam, video subacqueo e immersioni dirette.

Sulla base di tali analisi, le aree di ormeggio sono state collocate esclusivamente su fondali sabbiosi o rocciosi privi di vegetazione, e dimensionate in funzione delle caratteristiche meteomarine locali. In totale, i campi boe offrono ora oltre **63 punti di ormeggio** per imbarcazioni di diversa lunghezza (15, 20 e 24 metri), secondo il seguente schema:

- Cala d'Oliva: 5 posti;
- Ponte Bianco: 8 posti;
- Cala Barche Napoletane: 8 posti;
- Cala Reale: 34 posti;
- Fornelli: 8 posti.

Il sistema di ancoraggio prevede l'impiego di boe di tipo Resinex (Fig. 6.13-15), con corpi morti in calcestruzzo (6-10 t) dotati di coronamenti fittili progettati per favorire l'insediamento della fauna bentonica, e collegamenti mediante catene zincate e cime in poliestere ad alta resistenza.

Ogni ormeggio è dotato di jumper elastici che mantengono in tensione la catena evitando il suo contatto con il fondale, così da ridurre al minimo l'effetto di abrasione sui sedimenti e sulla vegetazione marina.

Le installazioni, a carattere stagionale e completamente amovibile, vengono montate da maggio a ottobre, garantendo la reversibilità dell'intervento e la tutela del paesaggio costiero.

Il nuovo sistema di ormeggio consente di eliminare definitivamente l'uso dell'ancora nelle aree di pregio dell'AMP, contribuendo in modo significativo alla riduzione dei danni alla *Posidonia oceanica* e alla protezione della biodiversità marina dell'isola.



### Intervento nell'Area Marina Protetta di Santa Maria di Castellabate

Nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni, il progetto ha promosso la nuova realizzazione di un campo ormeggi nella Baia di Ogliastro Marina, in Zona B dell'Area Marina Protetta "Santa Maria di Castellabate".

Il campo ormeggi, finalizzato alla tutela di un'area sensibile soggetta a forte pressione nautica, è situato nello specchio d'acqua antistante la Baia di Ogliastro, compresa tra Punta di Ogliastro e il Torrente Rio dell'Arena. Il progetto prevede tre aree di ormeggio:

- una prima fila di **8 boe** a 100 m dalla costa, per imbarcazioni fino a 10 m di lunghezza (profondità 2,5-5 m);
- una seconda fila di **4 boe** tra le batimetriche -5 e -7 m, per natanti fino a 20 m;
- una terza area con **14 gavitelli su due file** a circa 100 m dalla riva (profondità 5-7,5 m), destinati a imbarcazioni fino a 10 m.

Il sistema prevede l'impiego di **corpi morti in calcestruzzo** (peso 6-10 t) posti su fondo sabbioso, catene zincate e cime in poliestere ad alta tenacità, con boe ecocompatibili dotate di **jumper elastici** che mantengono in tensione le catene impedendo lo sfregamento sul fondale. È inoltre previsto un **corridoio di lancio** di 10 m di larghezza e un **pontile galleggiante amovibile** di 12x2,5 m per lo sbarco dei turisti in sicurezza. Tutte le opere sono **amovibili e stagionali**, installate tra maggio e ottobre, in linea con le prescrizioni della Capitaneria di Porto e di Marifari per la sicurezza della navigazione.

L'intervento risponde agli obiettivi dell'**Azione C3.1 del progetto LIFE SeaForest**, che prevede la realizzazione di aree di ormeggio in zone non consentite all'ancoraggio libero, per proteggere le praterie di *Posidonia* e regolamentare la fruizione estiva.

### Interventi nel Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena

Nel Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena, nell'ambito del progetto LIFE SeaForest, è stata avviata la realizzazione di nuovi campi ormeggio ecocompatibili per disciplinare la fruizione nautica nelle aree costiere sensibili e tutelare le praterie di *Posidonia oceanica*. Il progetto prevede la sostituzione e l'ampliamento delle strutture di ormeggio esistenti con sistemi a ridotto impatto ambientale, posizionati mediante rilievi batimetrici e acustici per garantire l'esclusione delle zone a sedimento vegetato. Gli ormeggi sono dotati di corpi morti in calcestruzzo di peso adeguato, con catene zincate e cime in poliestere

ad alta tenacità, e boe dotate di sistemi "jumper" elastici che mantengono la tensione impedendo lo sfregamento sul fondo.

Le installazioni sono progettate con carattere stagionale e amovibile, in modo da garantire la reversibilità dell'intervento e il rispetto del paesaggio costiero. Il campo ormeggio supporta imbarcazioni di varie lunghezze (fino a 24 metri) e distribuisce i posti barca su più località dell'area protetta. In questo modo, l'azione di LIFE SeaForest contribuisce non solo a eliminare l'uso dell'ancora libera — principale causa di danno alle praterie di *Posidonia* — ma anche a promuovere un modello di fruizione sostenibile della nautica da diporto, replicabile in altre Aree Marine Protette del Mediterraneo.

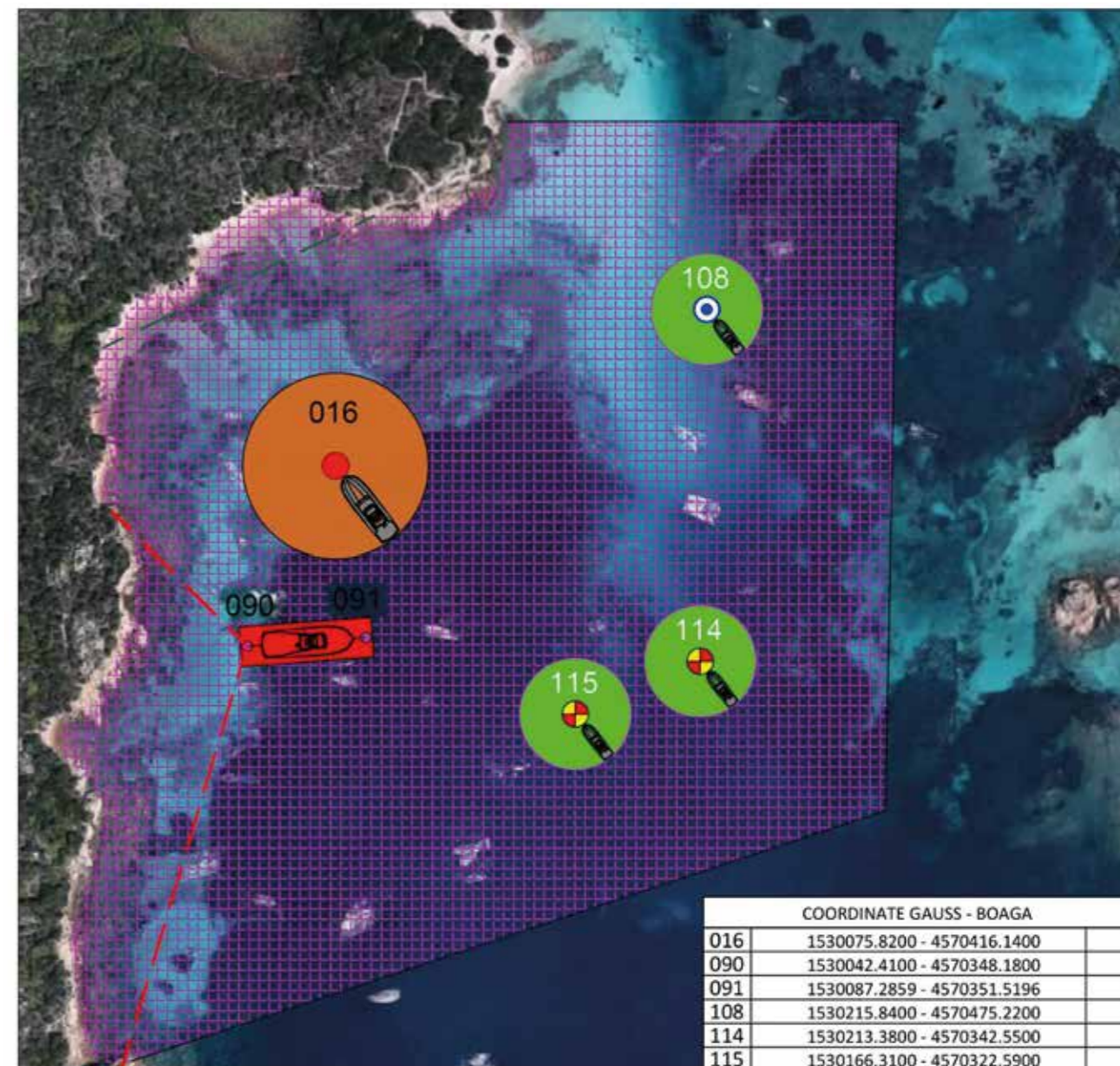
Considerata l'elevata pressione esercitata dal traffico di imbarcazioni all'interno del Parco Nazionale, e in attesa della realizzazione dei nuovi campi ormeggio, l'Ente gestore ha adottato una misura di tutela urgente. Con ordinanza dell'8 agosto 2024, è stato infatti **vietato l'ancoraggio libero nelle aree più sensibili**, al fine di garantire una protezione immediata e rafforzata delle praterie di *Posidonia oceanica*.

Le zone soggette a interdizione comprendono Cala d'Alga, Cala Corsara, Punta Rossa Corsara, Cala Granara, Cala Conneri, Cala Liò, Budelli, Porto Madonna, Cala Lunga, Cala Santa Maria, Cala Coticcio, Cala Portese, Porto Palma e Cala Garibaldi.

Questa disposizione si integra con le azioni previste dal progetto, assicurando un modello di fruizione più efficace e sostenibile.

Complessivamente, sono stati **ristrutturati 60 ormeggi** esistenti attraverso la sostituzione dei componenti deteriorati — in particolare delle catene — e l'inserimento di jumper elastici, che mantengono in tensione la linea di ormeggio evitando il contatto con il fondale.

Inoltre, sono stati progettati e realizzati **107 nuovi ormeggi** a elevata sostenibilità ambientale, concepiti per ridurre al minimo l'impatto sui sedimenti e sugli habitat marini.



**Figura 6.16** Budelli. Localizzazione del campo boa ecocompatibile. Sfere verdi: punti di ormeggio destinati alla nautica da diporto. Sfere arancioni: ormeggi riservati alle unità di traffico autorizzate per il trasporto passeggeri. Budelli. Location of the eco-friendly buoy field. Green spheres: mooring points for recreational boating. Orange spheres: moorings reserved for authorized passenger transport vessels.



## Interventi di ricucitura del posidonieto

### Posidonia Meadow Restoration Interventions

The LIFE SeaForest project implemented active “re-stitching” interventions to support the restoration of degraded *Posidonia oceanica* meadows, which have declined by 13–50% since the 1970s and face further losses due to slow growth rates, low reproductive success, human pressures and climate-change scenarios that predict up to 70% habitat loss by 2050. Recognising that conservation measures alone are insufficient, the project applied both passive restoration (reducing anchoring impacts through sustainable mooring systems) and active restoration (replanting shoots, seeds and rhizome fragments in damaged areas). After a dedicated training programme for protected-area staff, three pilot interventions were carried out in the Cilento National Park and in the La Maddalena and Asinara National Parks, using naturally detached material collected after storms or boating impacts. Depending on site conditions—substrate type, depth, currents and hydrodynamics—different techniques were tested, including metal staples, coconut geotextiles with or without mesh reinforcement, biodegradable mats and a patented radial structure in Mater-Bi®. Each restoration project followed a structured process: site characterisation through remote sensing, mapping and hydrological surveys; assessment of environmental pressures; selection and preparation of biological material (tissues, seeds or plantlets);

and installation using the most appropriate anchoring method. Monitoring is essential because *Posidonia* recovery is extremely slow, requiring at least 10 years to evaluate true ecological success, although early monitoring in Asinara and La Maddalena shows survival rates up to 85%. The interventions demonstrated that small-scale restoration can effectively promote recolonisation and enhance meadow resilience when combined with impact mitigation, long-term monitoring and stakeholder involvement, contributing to the recovery of habitat 1120\* and to the maintenance of its crucial ecosystem services—coastal protection, biodiversity support and blue-carbon storage.

Malgrado la notevole importanza rivestita dalle praterie di *P. oceanica*, la pressione antropica sta portando ad una riduzione di tale habitat: dagli anni '70 sono regrediti tra il 13% e il 50% dei posidonieti, mentre negli ultimi 20 anni i restanti hanno subito riduzioni di densità e copertura (Zupo *et al.*, 2006; Marbà *et al.*, 2014).

Secondo lo scenario climatico dell'Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC) RCP8.5, che assume una crescita delle emissioni dei gas serra ai ritmi attuali, entro il 2050 ci potrebbe essere una grave perdita di habitat (70%) di specie endemiche come *Posidonia oceanica*, con una potenziale estinzione funzionale entro il 2100 (Bindoff *et al.*, 2019). Mentre i vari fattori di disturbo possono danneggiare rapi-

Figura 6.17 Semi di *Posidonia oceanica* trovati spiaggiati. Seeds of *Posidonia oceanica* found stranded on the shore.

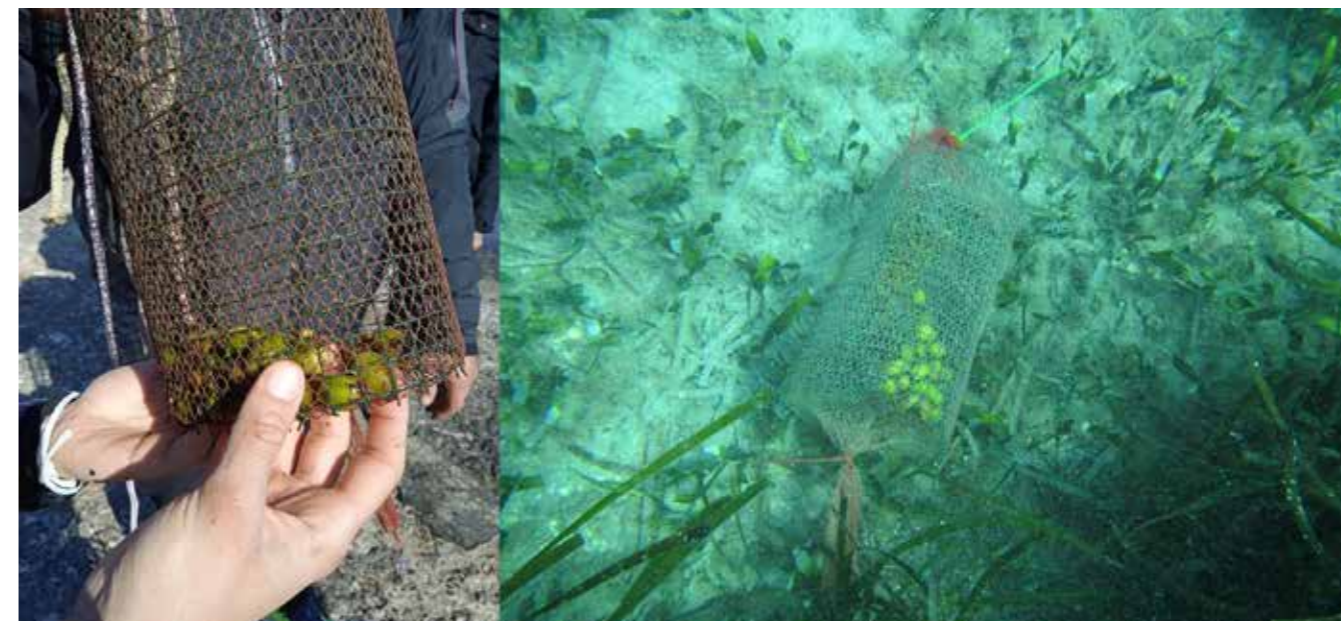


Figura 6.18 Frutti di *Posidonia* spiaggiati mantenuti in incubatore di frutti/semi prima delle operazioni di ricucitura. Stranded *Posidonia* fruits placed in an incubator before reforestation operations.

damente le praterie, il loro recupero avviene lentamente, trattandosi di una specie a crescita molto lenta e con un basso tasso di recupero (Fonseca *et al.*, 1987; Marbà *et al.*, 2002). Inoltre, la relativa rarità della fioritura (Díaz-Almela *et al.*, 2006) e gli elevati tassi di mortalità e/o predazione dei germogli e dei frutti (Balestri & Cinelli, 2003) limita ulteriormente la resilienza di questa specie e può operare anche una notevole riduzione della diversità genetica a scala mediterranea (Serra *et al.*, 2010). La crescente consapevolezza dei benefici ecologici, economici e sociali forniti da questo prezioso ecosistema, unita alle preoccupazioni sulla sua situazione di diffuso degrado, ha portato allo sviluppo di diversi approcci volti a minimizzare l'impatto dell'uomo su questo habitat, incrementando gli sforzi per la sua conservazione e per l'attuazione di strategie gestionali adeguate (Alagna *et al.*, 2019). Le misure di conservazione da sole si sono dimostrate insufficienti: è stato deciso infatti, al fine di accelerare i processi di rigenerazione naturale dei posidonieti, attuare delle azioni di riforestazione degli stessi (Meinesz *et al.*, 1990, 1991; Molenaar & Meinesz, 1992; Calumpang & Fonseca 2001; Boudouresque *et al.*, 2012; Alagna *et al.*, 2019). Il progetto SeaForest ha applicato due tipi di modalità di intervento della cosiddetta *restoration*, definita come “il ripristino di un ecosistema marino che include la realizzazione di azioni che indirizzano un ecosistema degradato, danneggiato o distrutto verso la riacquisizione della funzionalità ecologica e della produzione di beni e servizi di interesse della società” (UN, 2017); gli interventi effettuati sono stati sia di tipo “attivo”, attraverso la ricucitura di *matte* di *Posidonia oceanica* danneggiata dagli ancoraggi, e di tipo “passivo”, mediante l'installazione dei campi ormeggio per la limitazione/mitigazione dell'impatto causato dall'ancoraggio delle imbarcazioni. È infatti ormai dimostrato che gli ancoraggi rappresentano

una delle principali minacce per le praterie di *posidonia*, poiché causano la frammentazione dei rizomi, l'eradicazione dei fasci fogliari e scalzamento della *matte*, con conseguenze che, nei casi più gravi, creano vere e proprie arature della prateria (Bianchi *et al.*, 2004; Luff *et al.*, 2019). La conseguenza immediata di tali impatti è la diminuzione della densità dei fasci fogliari e la frammentazione dell'habitat con la formazione di marmitte e canali erosivi. In particolare, il fenomeno di aratura causato dalle ancore potrebbe determinare una regressione della prateria, comportando la perdita di habitat, e dei servizi associati (riduzione della produzione di ossigeno, compromissione del ruolo ecologico di *nursery* e, in generale, una minore biodiversità e un aumento del rischio di erosione delle spiagge (Bianchi *et al.*, 2004; Duarte *et al.*, 2006; Rovere *et al.*, 2011; Luff *et al.*, 2019).

Nell'ambito del progetto, oltre all'attuazione delle citate azioni di *restoration* sia passiva che attiva dell'habitat, nel 2023 è stato svolto un corso di formazione sulle tecniche di ricucitura delle praterie di *P. oceanica*. Questo corso, destinato agli operatori delle aree protette partner del progetto, è stato strutturato in una parte teorica e una pratica in mare, durante le quali sono state fornite ai partecipanti le informazioni e le metodologie necessarie per il recupero e l'utilizzo delle talee di *P. oceanica*, precedentemente eradicato a causa di fenomeni naturali o attività umane, nonché dei semi spiaggiati.

Le attività di ricucitura della *Posidonia oceanica*, intese come limitati interventi effettuati piantando chiazze di modeste dimensioni all'interno di porzioni degradate di prateria (Calvo *et al.*, 2021; Pansini *et al.*, 2024), si stanno evolvendo ormai come una strategia promettente per favorire la rigenerazione e la resilienza di questi ecosistemi. Questi interventi, compresi quelli svolti durante il progetto SeaForest LIFE, rappresentano azioni concrete che possono essere rea-

lizzate a piccola scala; infatti, alcune delle esperienze più recenti sembrano indicare risultati incoraggianti in termini di successo delle attività di *restoration*, soprattutto nel caso di interventi a piccola scala con talee, semi e giovani plantule di *P. oceanica* (Borum *et al.*, 2004; Díaz-Almela e Duarte, 2008; Carannante, 2011; La Porta e Bacci, 2022; Pansini *et al.*, 2024).

La pianificazione di un intervento di ricucitura si basa su due aspetti fondamentali: l'identificazione e la caratterizzazione dell'area destinata all'intervento e la scelta delle tecniche e dei materiali più adatti. Inoltre, affinché l'intervento abbia successo, è essenziale che vengano eliminate o almeno ridotte drasticamente le pressioni che hanno causato il deterioramento della prateria, garantendo così che le condizioni per la sua "rigenerazione" siano favorevoli (Pirrotta *et al.*, 2015; Pergent-Martini *et al.*, 2024; De Luca *et al.*, 2025).

La caratterizzazione del sito consta di alcune fasi principali (La Porta & Bacci, 2022; De Luca *et al.*, 2025):

1. *screening* preliminare tramite dati pregressi;
2. indagini da remoto: foto satellitari, mappatura biocenotica, possibili acquisizioni geofisiche;
3. indagini idrologiche, correntometriche, tassi sedimentari e qualità delle acque;
4. valutazione di eventuali criticità ambientali/ antropiche e programmazione di soluzioni di risoluzione/mitigazione;
5. indagini *in situ* preliminari all'intervento.



Le tecniche messe a punto per il reimpianto delle fanerogame sono numerose, caratterizzate da differenti metodologie per ancorare il materiale al fondale e basate sull'utilizzo di porzioni differenti della pianta: infatti *Posidonia oceanica* può riprodursi sia per via vegetativa sia per via sessuata, dando origine a differenti materiali utilizzabili per la riforestazione (talee, semi e/o plantule). Le modalità di ancoraggio al substrato, che rappresentano uno degli aspetti più critici di questi interventi (Bacci *et al.*, 2014), sono numerose e negli ultimi anni più sostenibili a livello ambientale (ad esempio utilizzo di supporti biodegradabili).

La selezione della tecnica di riforestazione e del materiale da impiegare è vincolata alle caratteristiche dell'area d'intervento e in particolare alla presenza di *matte* morta, alla profondità dell'intervento, alla superficie a disposizione e di come questa è distribuita nello spazio circostante; inoltre, anche la reperibilità e la tipologia del materiale da utilizzare può determinare la scelta della tecnica.

Un aspetto molto importante riguarda il recupero, preparazione e stabilizzazione del materiale biologico per la ricucitura delle praterie di *P. oceanica*: il materiale vegetale di *Posidonia oceanica* che può essere

utilizzato per le ricuciture non deve comportare il danneggiamento delle praterie naturali, quindi può essere costituito da frutti spiaggiati o flottanti oppure da frammenti di rizomi. Per quanto riguarda i frammenti, essi possono essere ortotropi o plagiotropi e possono essere raccolti da materiale alla deriva presente nei fondali marini (Piazzi *et al.*, 2021; Acunto *et al.*, 2023; Frau *et al.*, 2023) come conseguenza di mareggiate o di attività umane.

Questi frammenti di rizoma possono anche essere denominati "talee" una volta tagliati a una dimensione predefinita, e possono includere uno, due, tre o più fasci fogliari (Piazzi *et al.*, 2021). Per la raccolta delle talee espianate naturalmente, è necessario individuare preliminarmente delle aree di deposito (Balestri *et al.*, 2011) che possono essere visitate in seguito a mareggiate per la raccolta del materiale. I semi possono essere ottenuti dai frutti presenti in spiaggia, poi trasportati manualmente sul fondale marino.

Le talee possono essere preparate in modo differente anche in relazione alla tecnica di fissaggio prevista. L'inserimento in reti o stuoie sconsiglia, ad esempio, l'utilizzo di talee troppo grandi e ramificate che possono invece essere idonee per un fissaggio mediante picchetti o tutori metallici.

Nell'esperienza effettuata nel progetto SeaForest LIFE le talee sono state inserite sul fondale marino selezionando le tecniche dei picchetti, geostuoia in cocco, geostuoia in cocco con rete metallica, biostuoia biodegradabile e, nel Parco del Cilento, Vallo

di Diano e Alburni (Area Marina Protetta di Costa degli Infreschi e della Masseta) mediante una struttura a raggiera a 5 bracci in grado di ospitare talee/ rizomi, interamente realizzata in materiale bio-plastico di derivazione naturale (Mater-Bi®), ancorabile sul fondo tramite un picchetto a fissaggio rapido.

Il monitoraggio e la gestione degli interventi di ricucitura delle praterie di *P. oceanica* sono aspetti fondamentali per garantire il successo a lungo termine di queste operazioni di restauro, soprattutto considerando che l'attecchimento e l'accrescimento di *Posidonia oceanica* sono processi piuttosto lenti. Questo implica la necessità di prevedere tempi di monitoraggio piuttosto lunghi per valutare in modo accurato l'evoluzione dell'impianto. Il tempo minimo per determinare il successo dell'intervento può essere considerato 10 anni. Tuttavia, per valutare in modo accurato se l'intervento abbia fatto assumere alla prateria "restaurata" un ruolo ecologico simile a quello delle praterie naturali, sono necessari monitoraggi a più lungo termine. È possibile quindi pianificare monitoraggi a breve, medio e lungo termine, ognuno dei quali avrà specifici indicatori e tempistiche.

Nell'ambito del progetto SeaForest LIFE sono stati

**Figura 6.19** Area di accumulo di talee di *P. oceanica* eradicata da mareggiate. Accumulation area of naturally detached *P. oceanica* shoots.

**Figura 6.20** Preparazione del materiale per le ricuciture. Preparation of the cuttings for the restoration activities.

**Figura 6.21** Talee fissate alla matre mediante picchetto metallico. Shoots anchored to the matre with metal stakes.



realizzati tre interventi di ricucitura di praterie di *Posidonia oceanica*: uno in Campania, nel Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni (Area Marina Protetta di Costa degli Infreschi e della Masseta), e due in Sardegna, nel Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena e nell'Area Marina Protetta Isola dell'Asinara. Questi interventi sono stati avviati anche a seguito dell'osservazione dei danni provocati dagli ancoraggi delle imbarcazioni da diporto. È stato necessario identificare le tecniche più adatte, tenendo conto delle specifiche condizioni ambientali delle aree danneggiate. In particolare, oltre a considerare le differenze nel substrato, sono state considerate le diverse condizioni di profondità, idrografiche e correntometriche. Queste caratteristiche ambientali, infatti, possono influire significativamente sull'efficacia delle tecniche utilizzate e sull'attecchimento delle talee.

A seguito di un'attenta valutazione, sono state selezionate diverse tecniche di ricucitura nelle aree di progetto, già utilizzate con successo in altri contesti. L'obiettivo era quello di sperimentare approcci diversi per comprendere quale fosse il più efficace in relazione alle caratteristiche specifiche delle aree di intervento.

Nell'AMP Costa degli Infreschi e della Masseta l'intervento di ricucitura è stato realizzato utilizzando moduli brevettati realizzati interamente in materiale biodegradabile (Mater-Bi®), a cui sono seguiti 8 campagne di monitoraggio per misurare l'eventuale crescita delle piantine. Nelle due aree in Sardegna, invece, gli interventi sono stati effettuati tramite la



Figura 6.23

piantumazione di talee e semi su stuoie di differente tipologia (geostuoie in cocco, geostuoie in cocco con rete metallica, stuoie biodegradabili) e utilizzando dei picchetti metallici.

In tutte le tre aree sono state utilizzate per le ricuciture talee di *P. oceanica* distaccatesi naturalmente a causa dell'idrodinamismo o delle attività di ancoraggio delle imbarcazioni (Boudouresque *et al.*, 2000; Balestri *et al.*, 2011; Piazzini *et al.*, 2021; Bacci & La Porta, 2022; Acunto *et al.*, 2023), recuperate nelle immediate vicinanze del sito di ricucitura. Nell'AMP Isola dell'Asinara, oltre alle talee sono stati utilizzati anche semi prelevati dalle spiagge o rinvenuti galleggianti in mare.

Un monitoraggio a lungo termine (almeno 10 anni) di un intervento di ricucitura di *matte* di *P. oceanica*

rappresenta lo strumento più affidabile per verificare il ripristino delle funzioni di base dell'ecosistema, in accordo con quanto osservato in numerosi monitoraggi di interventi di ricucitura e trapianto realizzati in Italia (Robello, 2019; AA.VV., 2020; Calvo *et al.*, 2021; Pergent-Martini *et al.*, 2024) e come raccomandato da diversi Autori (Fonseca *et al.*, 1998; Cunha *et al.*, 2012; Pirrotta *et al.*, 2015; Bacci *et al.*, 2019; La Porta & Bacci, 2022; Pergent-Martini *et al.*, 2024). È inoltre importante sottolineare che un esito positivo nelle fasi iniziali di un trapianto non corrisponde necessariamente ad un reale successo, così come una bassa *performance* iniziale non esclude la possibilità di un risultato favorevole nel lungo periodo (Calvo *et al.*, 2020).

Per quanto riguarda le attività del progetto LIFE SeaForest, il periodo di monitoraggio disponibile durante il corso del progetto stesso non è reputato sufficiente per determinare con certezza la buona riuscita delle operazioni di ricucitura della *matte* degradata di *P. oceanica*. Tuttavia, i monitoraggi effettuati finora, in particolare nelle aree del Parco Nazionale dell'Asinara e di La Maddalena, mostrano una percentuale di sopravvivenza delle talee molto elevata fino al 85%; pertanto, nei prossimi anni si prevede un significativo aumento della densità dei fasci fogliari e della copertura.

La gestione degli interventi deve essere considerata un elemento fondamentale del processo di restauro, includendo non solo la pianificazione e le attività di piantumazione, ma anche la protezione continua dell'area, il coinvolgimento degli stakeholders, la

regolamentazione delle attività umane e un monitoraggio a lungo termine per garantire il successo degli interventi stessi.

Un approfondimento della tematica delle ricuciture può essere riscontrato tramite il documento Pulcini M., Maltese S., Piazzini L. (2025). Protocollo operativo sulle tecniche e procedure per gli interventi di ricucitura delle praterie di *Posidonia oceanica* (Habitat 1120\*); LIFE SeaForest (LIFE 17 CCM/IT/000121) Roma Edizione 2025, prodotto nell'ambito dell'azione C5 del progetto SeaForest.

Figura 6.22 Inserimento delle talee nelle geostuoie in cocco con rete metallica (R.E.C.S.® - Cocco). Fixing posidonia cuttings to R.E.C.S.® - Cocco mat.

Figura 6.23 Sistema di ancoraggio modulare in materiale bioplastico (Mater-Bi®). Modular anchoring system in bioplastic material (Mater-Bi®).

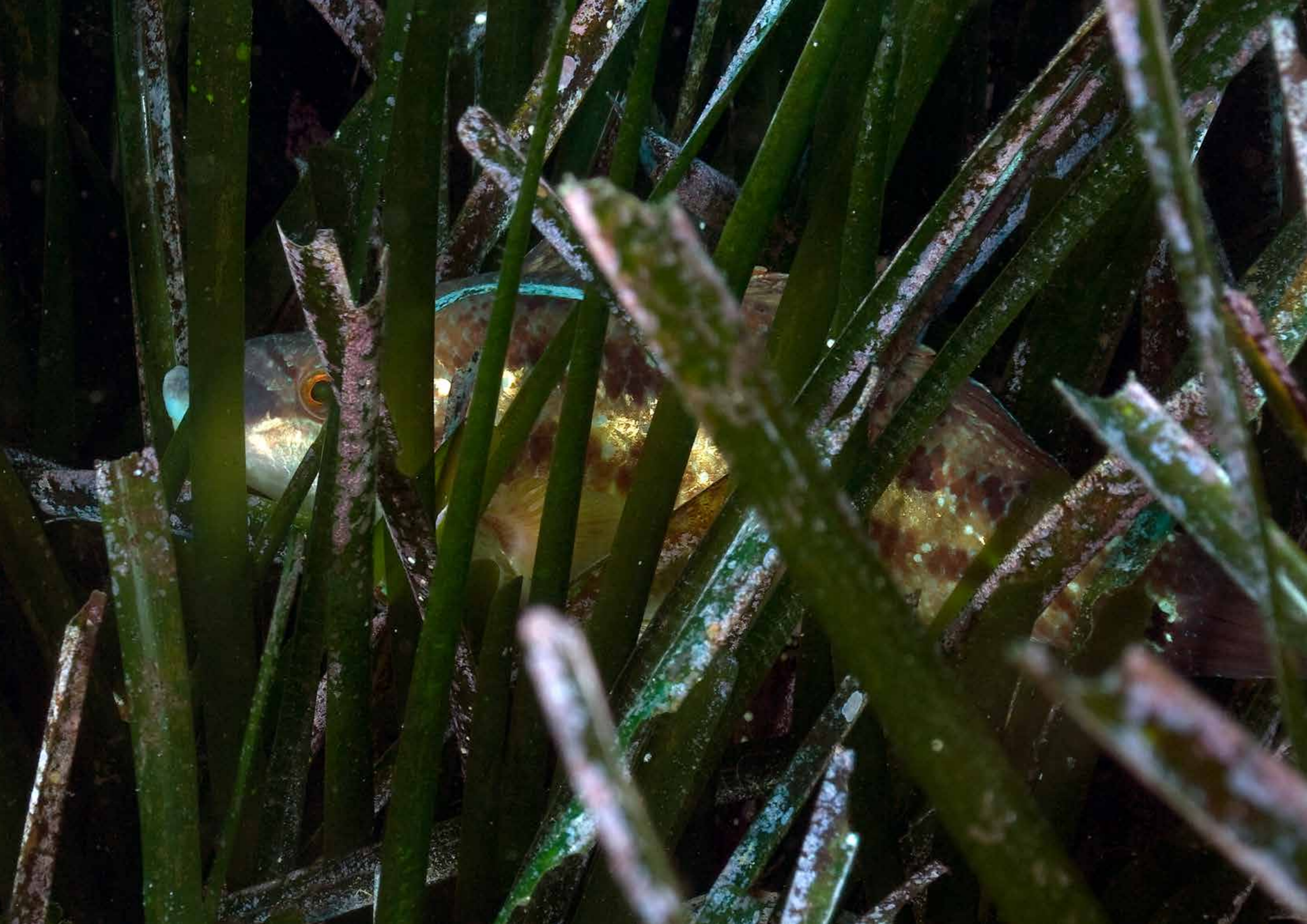
Figura 6.24 Monitoraggio degli impianti con conteggio dei fasci. Monitoring of the restoration patch counting shoots.



Figura 6.22



Figura 6.24



## Soluzioni per la gestione della posidonia spiaggiata

### Solutions for the Management of Beached Posidonia

The management of beached *Posidonia oceanica* is one of the main environmental challenges for Mediterranean coasts, as the natural accumulations of leaves and rhizomes, known as banquettes, play a fundamental role in coastal protection and biodiversity but are often removed for aesthetic or recreational purposes. LIFE SeaForest addressed this issue through a systemic and innovative approach aimed at transforming these deposits from a perceived problem into an ecological and socio-economic opportunity, exploring sustainable reuse chains, developing demonstrative circular solutions and establishing shared governance models with coastal municipalities. Initial studies assessed the feasibility of using banquette material for sound-absorbing panels and for syngas production through high-temperature pyrolysis, but technical and economic constraints limited their large-scale applicability. The project therefore focused on small-scale, low-impact demonstrative pathways, notably the development, together with ENEA, Ecofibra and the La Maddalena National Park, of biodegradable beach furnishings such as eco-cushions filled with dried *Posidonia* leaves, which can be emptied at the end of the season and reintegrated into the natural coastal cycle. In parallel, territorial agreements were signed in 2024 between the Cilento National Park and several coastal municipalities, and similarly in the La Maddalena Archipelago, adopting the principles of the POSBEMED2 charter and promoting soft-removal techniques, temporary on-site storage, winter reintroduction of material, awareness campaigns and the inclusion of protective clauses in beach-concession procedures. This approach established a sustainable model of "ecological beach" management based on the in situ conservation of banquettes, the circular management and potential reuse of removed biomass and the creation of collaborative governance networks between parks,

municipalities and local stakeholders. By integrating scientific experimentation, technical innovation and participatory governance, LIFE SeaForest has turned a traditionally contentious issue into an opportunity for environmental education, interinstitutional cooperation and climate-resilient coastal management.

La gestione della *Posidonia oceanica* spiaggiata costituisce una delle principali sfide ambientali per le coste del Mediterraneo. Gli ammassi di foglie e rizomi che si depositano stagionalmente lungo le spiagge, le cosiddette banquettes, sono parte integrante del ciclo naturale delle praterie sottomarine e svolgono un ruolo essenziale nel contrasto all'erosione costiera e nel mantenimento della biodiversità. Tuttavia, la loro presenza è spesso percepita negativamente da parte dell'utenza balneare e delle amministrazioni locali, che ne dispongono la rimozione per ragioni di decoro o fruibilità.

Il progetto LIFE SeaForest ha affrontato il tema con un approccio sistemico, volto a trasformare la gestione di questo materiale da criticità a opportunità, individuando e testando filiere di recupero sostenibili e definendo, parallelamente, un modello di governance locale condiviso.

### Filieri di riutilizzo e valorizzazione

Una prima linea di attività ha esplorato la possibilità di reimpiegare la *Posidonia* spiaggiata come materia prima secondaria nella produzione di pannelli fonoassorbenti. In collaborazione con Manifattura Maiano S.p.A. di Prato, già autrice di test sperimentali con compositi a base di canapa e *Posidonia*, è stato avviato uno studio per la realizzazione di un pannello misto a bassa impronta ecologica.

Il materiale organico è stato raccolto in alcuni tratti di spiaggia pilota dal Gruppo Esposito, realtà specializzata nella gestione di soluzioni impiantistiche per il trattamento e il recupero di rifiuti civili, industriali e da spiaggia, ed è stato successivamente inviato a Manifattura Maiano per le valutazioni di fattibilità: le analisi hanno mostrato la necessità di un tasso di umidità inferiore al 5% e l'assenza

di residui sabbiosi o salini. Tuttavia, le condizioni reali del materiale raccolto — spesso contaminato da sabbia, plastica o rifiuti organici — e la complessità dei trattamenti di lavaggio e selezione hanno reso la filiera tecnicamente non sostenibile su scala territoriale. Nonostante ciò, la sperimentazione ha fornito indicazioni utili per eventuali sviluppi futuri nell'ambito della bioedilizia.

Parallelamente è stata valutata una filiera energetica basata sulla trasformazione del materiale in syngas attraverso processi di pirolisi ad alta temperatura. In collaborazione con la società IRIS s.r.l. (Orbassano, TO), un campione di materiale organico derivato da *Posidonia* è stato trattato a 800°C in un reattore batch dotato di letto fisso di sorbente. I test hanno mostrato una resa elevata in gas combustibile, con una concentrazione media di idrogeno superiore al 70% in volume e un potere calorifico stimato di 6,2 kWh/kg.

Pur dimostrando la fattibilità tecnica del processo, l'alto costo degli impianti, la necessità di pretrattamento e la limitata disponibilità di biomassa omogenea hanno portato a escludere una reale applicazione operativa locale, privilegiando invece soluzioni dimostrative a scala ridotta.

### Soluzioni dimostrative e di sensibilizzazione

Alla luce delle difficoltà riscontrate nelle filiere industriali, il progetto ha sviluppato un approccio più semplice e replicabile, basato su azioni dimostrative di economia circolare locale.

In collaborazione con ENEA - Centro Ricerche Casaccia, il Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena e la società Ecofibra, sono state sperimentate le soluzioni tecnologiche brevettate da ENEA per la realizzazione di strutture multifunzionali di arredo balneare a partire dalla biomassa di *Posidonia oceanica* raccolta e opportunamente essiccata.

Tra queste, particolare rilievo hanno assunto i cuscini ecologici per l'arredo delle spiagge, costituiti da un involucri in fibra biocompatibile e riempiti con foglie di *Posidonia* essiccate. Le prove hanno confermato la piena funzionalità del materiale, che garantisce leggerezza, traspirabilità e resistenza,



Figura 6.25



Figura 6.26

**Figura 6.25** Pannello fonoassorbente realizzato in poliestere e posidonia, prodotto da Manifattura Maiano (immagine pubblicata con autorizzazione esclusiva nell'ambito del progetto LIFE SeaForest). Sound-absorbing panel made of polyester and posidonia, produced by Manifattura Maiano. (Image published with authorization exclusively within the framework of this project).

**Figura 6.26** Pannello fonoassorbente costituito principalmente da canapa e posidonia, realizzato da Manifattura Maiano. (immagine pubblicata con autorizzazione esclusiva nell'ambito del progetto LIFE SeaForest). Sound-absorbing panel composed mainly of hemp and posidonia, manufactured by Manifattura Maiano. (Image published with authorization exclusively within the framework of this project).





### Gli accordi territoriali per la gestione sostenibile

Parallelamente alle sperimentazioni tecniche, LIFE SeaForest ha promosso un'importante azione di coinvolgimento istituzionale e territoriale, finalizzata a costruire una rete stabile di enti impegnati nella gestione sostenibile della Posidonia spiaggiata.

In questo contesto sono stati sottoscritti nel 2024 atti di intesa fra il Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni e diversi Comuni costieri — tra cui Agropoli, Castellabate, Montecorice, Ascea, Camerota e San Giovanni a Piro — nonché un protocollo analogo nel Parco Nazionale dell'Arcipelago di La Maddalena con il comune medesimo. Gli accordi, elaborati nell'ambito dell'Azione C4 del progetto, si fondano sui principi della Carta Congiunta degli impegni per le spiagge mediterranee con Posidonia, sviluppata nell'ambito del programma Interreg MED "POSBEMED2".

Essi definiscono obiettivi e linee guida condivise per promuovere una gestione sostenibile delle banquettes, conciliando la tutela ambientale con la fruizione turistica e la valorizzazione economica locale.

In particolare, i Comuni firmatari si impegnano a:

- mantenere, laddove possibile, le banquettes naturali sulle spiagge soggette a erosione o di particolare valore ecologico;
- adottare metodi di rimozione "morbidi" (manuali o meccanici leggeri) e sistemi di stoccaggio temporaneo in loco, con successiva reimmissione del materiale nel periodo invernale;
- promuovere campagne di sensibilizzazione e percorsi educativi per operatori e cittadini;
- valutare l'attivazione di filiere sostenibili per il riuso del materiale, anche attraverso collaborazioni pubblico-private;
- integrare nei bandi per concessioni demaniali clausole a tutela delle spiagge con Posidonia.
- Conservazione in situ delle banquettes, come parte integrante del sistema costiero;
- Gestione attiva e circolare della biomassa rimossa, con sperimentazioni di riuso e valorizzazione;
- Accordi di collaborazione territoriale per coordinare gli interventi e condividere buone pratiche tra Parchi, Comuni e operatori locali.

L'approccio integrato promosso da LIFE SeaForest — unendo sperimentazione scientifica, innovazione tecnica e governance ambientale — ha permesso di trasformare un tema percepito come problema in una occasione di cooperazione interistituzionale e di sensibilizzazione ambientale, capace di generare valore per i territori costieri e contribuire alla resilienza delle coste mediterranee al cambiamento climatico.

oltre a favorire la corretta gestione stagionale della biomassa: a fine estate i cuscini possono essere svuotati e il materiale organico reintegrato nel ciclo naturale.

Il prototipo, sviluppato come soluzione di arredo balneare sostenibile e replicabile, è stato impiegato nel Parco dell'Arcipelago di La Maddalena come intervento dimostrativo, offrendo un modello virtuoso di riutilizzo locale della Posidonia spiaggiata.

Questa soluzione, sperimentata in aree attrezzate del Parco, consente di riutilizzare temporaneamente la biomassa raccolta, che a fine stagione viene svuotata e reintegrata nel ciclo naturale. Il modello, rappresenta un esempio di design sostenibile e di comunicazione ambientale, volto a sensibilizzare residenti e turisti sul valore ecologico delle praterie di Posidonia.

Questi impegni rappresentano la traduzione operativa dei principi di tutela e gestione integrata promossi dal progetto, e pongono le basi per una governance partecipata del fenomeno della Posidonia spiaggiata nei territori pilota del LIFE SeaForest.

L'esperienza maturata ha permesso di definire un modello sostenibile di spiaggia ecologica, basato su tre pilastri:

**Figura 6.27 e 6.28** Cuscini in tela di fibre biocompatibili con imbottitura ottenuta da biomassa raccolta sulle spiagge. Cushions made from biocompatible fiber fabric, filled with biomass collected from beaches.





---

# 07

## II Blue Carbon The Blue Carbon

**Blue carbon** refers to the carbon captured and stored by marine and coastal ecosystems such as *Posidonia oceanica* meadows, which act as long-term natural CO<sub>2</sub> sinks by trapping organic carbon in their sediments for centuries.

In the Mediterranean, *Posidonia* plays a central role in climate mitigation, storing up to four times more carbon per unit area than tropical forests; however, degradation caused by anchoring, coastal erosion, and other pressures can reverse this function, turning these ecosystems into carbon sources.

The LIFE SeaForest project placed blue carbon at the core of its strategy by developing methods to quantify, monitor, and enhance carbon stocks in *Posidonia* meadows through field surveys, modelling, and geophysical analyses, producing shared standards and supporting the establishment of a voluntary blue carbon credit mechanism. The project introduced a methodology to calculate

emission reductions based on the comparison between a baseline scenario of continued uncontrolled anchoring and a project scenario with sustainable mooring systems, yielding ex-ante estimates of 5,365 tCO<sub>2</sub> of net emission reductions over ten years after accounting for leakage and permanence risks.

While voluntary carbon markets have strong growth potential, particularly for blue carbon solutions, currently no major international standard certifies credits from *Posidonia* conservation due to methodological gaps.

SeaForest's newly developed methodology aims to fill this gap by providing a credible, verifiable framework that recognizes the mitigation value of conserving existing meadows, and is now seeking approval from national or international standards to enable large-scale implementation of *Posidonia*-based blue carbon credits.

---

Il concetto di Blue Carbon, o *carbonio blu*, si riferisce al carbonio catturato e immagazzinato dagli ecosistemi marini e costieri — come le praterie di *Posidonia oceanica*, le mangrovie e le barriere di fanerogame — che agiscono come veri e propri serbatoi naturali di CO<sub>2</sub>. Questi habitat, pur occupando una superficie limitata rispetto ai sistemi terrestri, sono in grado di sequestrare quantità di carbonio fino a quattro volte superiori a quelle delle foreste tropicali, mantenendolo intrappolato nei sedimenti per secoli o millenni.

Nel contesto del Mediterraneo, la *Posidonia oceanica* rappresenta l'elemento chiave di questo sistema: la sua produttività primaria elevata e la lenta decomposizione della biomassa consentono la formazione di grandi riserve di carbonio organico nei sedimenti, contribuendo in modo significativo alla **mitigazione dei cambiamenti climatici**. Tuttavia, la perdita o il degrado delle praterie può invertire questo processo, trasformandole da "pozzi" a **fonti di emissione di gas serra**, con conseguenze rilevanti per il bilancio globale del carbonio.

Il progetto **LIFE SeaForest** ha posto il "blue carbon" al centro della propria strategia, sviluppando **metodi di quantificazione, monitoraggio e valorizzazione** degli stock di carbonio associati alle praterie mediterranee. Attraverso rilievi in situ, modellizzazioni e analisi geofisiche, sono stati stimati i depositi di carbonio e i tassi di sequestro nelle tre aree di studio, fornendo una base scientifica per la **creazione di standard di riferimento** e per la definizione di un **mercato volontario del carbonio blu**.

In questa prospettiva, il *blue carbon* non rappresenta soltanto un indicatore ecologico, ma un **nuovo strumento di politica climatica**, capace di unire la tutela degli ecosistemi marini alla riduzione delle emissioni e alla generazione di valore economico e sociale per i territori costieri.

## Standard BLUE CARBON di riduzione delle emissioni

### Introduzione

Il progetto SeaForest si propone di generare crediti di Carbonio Blu attraverso la riduzione netta delle emissioni di gas serra (GHG). L'obiettivo è conseguire una diminuzione complessiva dei GHG in atmosfera attraverso la mitigazione degli impatti negativi dell'ancoraggio non regolamentato sulle praterie di *Posidonia oceanica*. Per raggiungere questo scopo, il progetto ha considerato le emissioni sia in uno scenario di riferimento (baseline), che rappresenta una situazione "business as usual", sia in uno scenario di

progetto, che include l'implementazione delle attività previste nelle tre aree di progetto. La strategia per raggiungere questo obiettivo include l'implementazione di piani di gestione degli ormeggi sostenibili, l'installazione di campi d'ormeggio ecologici e la creazione di aree di ormeggio controllato gestite tramite un sistema informatico per gli utenti.

La quantificazione dei crediti di Carbonio Blu si basa sulla valutazione comparativa della baseline e dello scenario di progetto e sull'applicazione di fattori di correzione (Leakage e buffer di non permanenza):

1. Scenario di Baseline (Business As Usual): rappresenta la situazione futura senza l'implementazione del progetto, fornendo una previsione della perdita di superficie di *Posidonia oceanica* e delle relative emissioni di GHG.
2. Scenario di Progetto: stima le variazioni degli stock di carbonio e delle emissioni di GHG in seguito all'attuazione delle attività del progetto.
3. Leakage: quantifica l'eventuale aumento delle emissioni di GHG e la diminuzione degli stock di carbonio causati dallo spostamento delle attività di ancoraggio (e del conseguente degrado) verso aree limitrofe all'area di progetto.
4. Buffer di non permanenza: una percentuale sottratta per tenere conto del rischio associato alla realizzazione del progetto.

La formula generale per il calcolo delle Riduzioni Nette di Emissioni (NER) è la seguente:

$$NER = (GHGBSL - GHGPRJ - GHGLK) * (1 - BF)$$

dove:  
 NER = Net Emission Reductions [tCO<sub>2</sub>]  
 GHGBSL = Emissioni totali nello scenario di baseline [tCO<sub>2</sub>]  
 GHGPRJ = Emissioni totali nello scenario di progetto [tCO<sub>2</sub>]  
 GHGLK = Emissioni totali dovute al leakage [tCO<sub>2</sub>]  
 BF= fattore di rischio (10 %)

### Scenario di Baseline (Business As Usual)

Lo scenario di baseline descrive la situazione più plausibile in assenza delle attività progettuali, fornendo così una previsione della perdita futura di superficie di *Posidonia oceanica* nelle tre AMP. Sebbene le praterie di *Posidonia oceanica* siano già protette da normative, è necessario implementare ulteriori dispositivi

normativi locali per impedire l'ancoraggio libero delle barche da diporto e favorire la rigenerazione naturale. La pressione attuale impedisce questo processo naturale. Lo scenario di base, quindi, si riferisce a una situazione in cui le attività di ancoraggio libero delle barche da diporto continuerebbero con la stessa intensità, producendo emissioni di GHG a seguito dei danni ai diversi comparti delle praterie di *Posidonia oceanica*, come la biomassa e il suolo.

Nel progetto è stato considerato che l'attività di ancoraggio produce i seguenti impatti:

- **Impatto sulla Biomassa:** strappo delle foglie (parte epigea) e dei rizomi superficiali (ipogea viva), riducendo la fissazione del carbonio attraverso la fotosintesi.
- **Impatto sulla Matte:** rimozione di quantità significative di *matte* (intreccio di radici e rizomi morti con sedimento organico), che rappresenta il principale comparto di immagazzinamento del carbonio organico. La sua asportazione provoca erosione degli stock di carbonio e conseguente rilascio di CO<sub>2</sub>.

Le emissioni totali di CO<sub>2</sub> nello scenario di baseline (GHGBSL) derivano dalla somma delle emissioni attribuite alle variazioni degli stock di carbonio sia della biomassa (GHGBSL-biomass) che del suolo (GHGBSL-soil).

Il processo di calcolo per entrambi i comparti (biomassa e suolo) segue una logica analoga:

- Si determina la variazione netta annuale dello stock di carbonio (ΔC) per ciascuno strato di *Posidonia* (su sabbia, degradata su *matte* morta, su roccia) e per anno. Questa variazione è calcolata moltiplicando il numero di imbarcazioni di ciascuna tipologia (piccole <20m, medie 20-50m, grandi >50m) presenti nell'anno e nello strato specifico, per il carbonio emesso per ogni ciclo di ancoraggio per quella tipologia di imbarcazione e strato.
- Successivamente, le variazioni di carbonio vengono convertite in emissioni di CO<sub>2</sub> utilizzando un fattore di conversione da C a CO<sub>2</sub> (44/12). I calcoli sono stati effettuati per un periodo di dieci anni, mantenendo lo scenario di baseline costante per conformarsi al principio di conservatività.

Per quantificare il numero di imbarcazioni e il danno, sono stati utilizzati e integrati i dati provenienti da immagini satellitari PlanetScope e dal sistema di identificazione automatico AIS (Automatic Identification System). È stato applicato un fattore di correzione per stimare accuratamente il numero di imbarcazioni, in particolare quelle medie e piccole, che l'AIS potrebbe sottostimare. I danni specifici per tipologia

di imbarcazione (m<sup>2</sup> per la biomassa, m<sup>3</sup> per il suolo) sono stati definiti sulla base di studi preesistenti. Per il comparto biomassa, il carbonio emesso per ancoraggio è dato dal numero di fasci strappati moltiplicato per il carbonio per fascio. Per il comparto suolo, il carbonio emesso per ancoraggio è il volume di *matte* perso moltiplicato per il contenuto di carbonio nella *matte*.

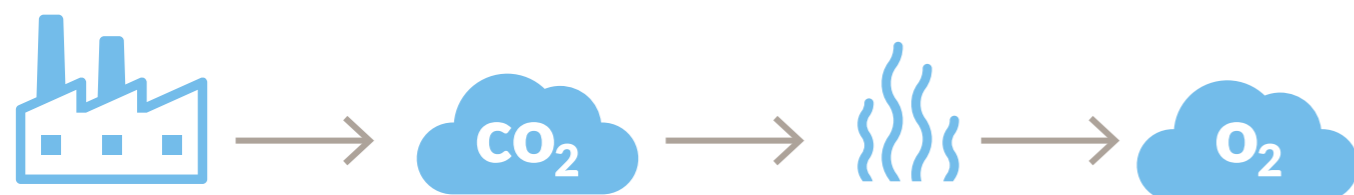
Le emissioni totali stimate per lo scenario di baseline ammontano a 10.839 tCO<sub>2</sub> in 10 anni, con il Parco di La Maddalena che contribuisce in modo predominante. La baseline verrà rivalutata ogni 10 anni per tutta la durata del progetto. Questa rivalutazione permetterà di identificare cambiamenti nei fattori trainanti o nel comportamento degli agenti che causano modifiche nell'uso del suolo e negli stock di carbonio, aggiornando di conseguenza le stime delle emissioni di base. Inoltre, i dati aggiornati consentiranno di raccogliere informazioni utili per la validazione del metodo di stima delle imbarcazioni (PlanetScope+AIS), usando i dati delle App implementate dal progetto (lista imbarcazioni, lunghezza, tipo di ancora, orari, localizzazione degli ancoraggi), e di aggiornare la quantificazione del danno prodotto dalle tre tipologie di imbarcazioni attraverso nuovi studi scientifici prodotti sull'argomento.

Nella fase di identificazione del progetto SeaForest non sono state individuate barriere significative (economico-finanziarie, istituzionali, tecnologiche, sociali) che impedirebbero il mantenimento di questo scenario anche senza l'intervento specifico del mercato del carbonio.

### Scenario di Progetto

Nello scenario di progetto, l'obiettivo è ridurre il degrado delle praterie di *Posidonia oceanica* non causato dalle attività del progetto stesso, generando così una differenza positiva rispetto alla baseline. Le attività chiave per raggiungere questo obiettivo includono

- **Piano di Gestione degli Ormeggi:** Definisce un modello di pianificazione per l'uso degli ormeggi e delle aree di ancoraggio libero. Attraverso un'App, gli utenti vengono indirizzati verso aree di ormeggio su sabbia o fondo duro, o verso gli ormeggi sostenibili installati, evitando danni ai posidonieti. L'obiettivo è regolare l'accesso delle imbarcazioni alle zone con *Posidonia* e indirizzare l'ancoraggio verso fondali sabbiosi o rocciosi privi di essa.
- **Installazione di Ormeggi Sostenibili:** Creazione di aree di ormeggio attrezzate con gavitelli ancorati al fondale. Questi campi ormeggio minimizzano l'erosione dei fondali e l'impatto antropico sulla *Posidonia*, fornendo al contempo un supporto ai diportisti.



Analogamente alla baseline, le emissioni totali di CO<sub>2</sub> nello scenario di progetto (GHGPRJ) sono la somma delle emissioni attribuite alle variazioni degli stock di carbonio della biomassa (GHGPRJ-biomass) e del suolo (GHGPRJ-soil).

Il metodo di calcolo è lo stesso dello scenario di baseline (determinazione della variazione netta annuale dello stock di carbonio per strato e anno, moltiplicando numero di imbarcazioni per carbonio emesso per ancoraggio, e poi conversione a CO<sub>2</sub>). Tuttavia, nello scenario di progetto, ai risultati ottenuti viene applicato un Fattore di Riduzione (FR) delle emissioni, che varia nel corso dei dieci anni. La stima ex-ante del progetto SeaForest prevede una diminuzione progressiva delle emissioni:

- 40% nei primi due anni.
- 50% nel terzo e quarto anno.
- 60% nel quinto e sesto anno.
- 70% nel settimo e ottavo anno.
- 80% nel nono e decimo anno.

Le emissioni di GHG prodotte dal suolo nello scenario di progetto (GHGPRJ-soil) sono calcolate in modo simile, sommando le emissioni di carbonio dei singoli anni nello scenario di baseline, moltiplicate per il fattore di conversione C a CO<sub>2</sub> e poi per il fattore di riduzione delle emissioni FR. La stima ex-ante delle emissioni totali di CO<sub>2</sub> nello scenario di progetto deriva dalla somma delle stime ex-ante delle emissioni di biomassa e di suolo. Il totale delle emissioni previste in 10 anni nello scenario di progetto è di 4335,8 tCO<sub>2</sub>, con la maggior parte proveniente da La Maddalena (3992,3 tCO<sub>2</sub>), riflettendo la riduzione grazie alle attività del progetto.

### Leakage (Spostamento delle Emissioni)

Il leakage rappresenta la quantificazione della potenziale diminuzione degli stock di carbonio e l'aumento delle emissioni di GHG causati dallo spostamento dell'agente di degrado (l'ancoraggio selvaggio) in un'area esterna ai confini del progetto, a seguito dell'implementazione delle attività progettuali. Se il progetto riduce l'ancoraggio in un'area, c'è il rischio che le imbarcazioni si spostino in zone limitrofe, continuando a causare danni.

Il leakage può essere stimato tramite il monitoraggio ex-post della perdita di posidonieto nell'area di leakage e il confronto con la proiezione ex-ante della superficie persa nella baseline all'interno della stessa area. La quantità del trasferimento delle attività di degrado e perdita di superficie viene ipotizzata sulla base dell'efficacia delle attività del progetto e calcolata moltiplicando le emissioni totali di CO<sub>2</sub> dello scenario di baseline (per biomassa e suolo) per un Fattore di Trasferimento del Leakage (FTL). Per il

progetto SeaForest, è stato ipotizzato un FTL del 5%, assumendo che il 5% delle imbarcazioni possa spostarsi nelle aree adiacenti.

Le emissioni totali dovute al leakage sono stimate in 542 tCO<sub>2</sub> nei 10 anni di progetto con la maggior parte proveniente da La Maddalena (499 tCO<sub>2</sub>).

### Buffer di non permanenza

Per tenere conto del rischio di non permanenza del progetto, viene sottratta una percentuale calcolata in base al rischio di realizzazione. Nel caso di SeaForest, questo fattore (BF) è pari al 10%. Questo buffer assicura una stima conservativa delle riduzioni di emissioni, mitigando le incertezze legate al rischio sulla durata effettiva e sull'efficacia delle azioni di conservazione nel lungo termine del progetto. Questa percentuale viene sottratta dalla differenza tra le emissioni dello scenario di baseline e quelle dello scenario di progetto, meno le emissioni stimate di leakage.

### Risultati: Riduzioni Nette di Emissioni (NER)

Le riduzioni antropogeniche nette totali (NER) di GHG sono calcolate sottraendo le emissioni dello scenario di progetto e quelle dovute al leakage dalle emissioni dello scenario di baseline, e applicando il fattore di buffer di non permanenza.

I risultati ex-ante del progetto SeaForest indicano una riduzione netta totale delle emissioni di GHG pari a 5.365,5 tCO<sub>2</sub> in dieci anni. Questi valori rappresentano i possibili crediti di carbonio certificati con marchio SeaForest generabili dal progetto con la maggior parte generata nell'area di La Maddalena (4940,4 tCO<sub>2</sub>).

### Mercato del blue carbon potenzialità e limiti

Il mercato volontario dei crediti di carbonio rappresenta uno strumento cruciale per canalizzare i finanziamenti privati verso progetti di mitigazione dei cambiamenti climatici, accelerando così la transizione verso un'economia a basse emissioni, sostenendo nel contempo lo sviluppo sostenibile e la conservazione della biodiversità. Secondo l'analisi di BloombergNEF (2024), la domanda di crediti di carbonio dovrebbe aumentare significativamente nei prossimi anni, raggiungendo un valore potenziale di 1,1 trilioni di dollari all'anno entro il 2050.

Sono molte le attività che possono generare crediti di carbonio: dalla messa a dimora di nuove foreste, alle tecnologie che permettono la cattura della CO<sub>2</sub> e il loro stoccaggio permanente. Tra queste, i cosiddetti progetti blue carbon: legati agli ecosistemi costieri e marini, che svolgono un ruolo cruciale nel contrasto al cambiamento climatico catturando e immagazzinando,

per lunghissimi periodi, significative quantità di CO<sub>2</sub>. Queste attività si definiscono come Blue Carbon.

Le praterie di *Posidonia oceanica*, ad esempio, possono rimuovere fino a 1.500 tCO<sub>2</sub> e per ettaro, e svolgono un ruolo essenziale per la biodiversità, ospitando quasi il 20% delle specie marine del Mediterraneo.

Dato il ruolo dei posidonieti nel contrasto al cambiamento climatico, negli ultimi anni sono molte le iniziative organizzate per sostenere il ripristino e la corretta conservazione di questa pianta, che vedono impegnate moltissime organizzazioni, istituzioni, associazioni e privati.

I crediti di carbonio potrebbero offrire una soluzione efficace per sostenere questi progetti, garantirne la scalabilità e la sostenibilità nel lungo periodo, raggiungendo così la massa critica necessaria per fornire soluzioni su larga scala in grado di invertire le tendenze attuali.

Tuttavia, ad oggi esistono poche metodologie di blue carbon approvate dai principali standard internazionali, che si sono dimostrate di scarsa applicabilità per i progetti relativi alla Posidonia. Di conseguenza, ad oggi non esiste alcun progetto legato alla conservazione o ripristino della posidonia che emetta crediti

di carbonio secondo i principali standard del mercato volontario del carbonio (approvati da ICROA - International Carbon Reduction and Offset Alliance, o dall' ICVCM - Integrity Council for the Voluntary Carbon Market). Questo perché le attuali metodologie si limitano a riconoscere gli interventi di ripristino: molto dispendiosi e difficili, e che producono un limitato numero di crediti di carbonio nel breve termine, visti i bassi tassi di accrescimento della posidonia. E non riconoscono, invece, adeguato valore alle attività di conservazione delle attuali praterie esistenti.

Proprio sul riconoscimento del valore delle attività di conservazione dei posidonieti ha lavorato il consorzio SeaForest, che ha promosso una nuova metodologia di calcolo che permette di stimare in maniera credibile, quantificabile e verificabile i crediti di carbonio generati dalle attività di conservazione dei posidonieti.

Questa nuova metodologia è ora alla ricerca di uno standard, nazionale o internazionale, disposto a riconoscerla e approvarla, permettendo così la realizzazione di crediti di carbonio dalle molteplici iniziative a salvaguardia dei posidonieti oggi in corso in Italia, a partire da quelle previste dal progetto SeaForest nei parchi dell'Arcipelago della Maddalena, dell'Asinara, e del Cilento Vallo di Diano e Alburni.





# 08

## Trasferibilità del modello SEA FOREST The transferability of LIFE SeaForest model

The transferability of LIFE SeaForest model was tested through Action C7 “Malta Lab – Creation of Territorial Agreements for the Adoption of the SeaForest LIFE Model,” designed to assess its applicability in a non-Italian island context and to promote the creation of a local cluster for sustainable marine ecosystem management. The process followed a structured pathway of stakeholder engagement, co-design, and scientific validation, beginning with the identification of over 150 Maltese stakeholders, including public authorities, environmental agencies, academic institutions, NGOs, tourism operators, and the nautical sector, followed by an online conference in 2020 and two in-person workshops in 2025 that introduced the SeaForest business model and established a Maltese operational working group. This group selected Grotta Madonna–Baia dell’Occhio di Mela as the pilot area due to its extensive *Posidonia* meadows and high boating pressure, and supported the acquisition of 8-band multispectral satellite imagery (May 2025) to map habitat 1120\*,

quantify carbon stocks using the SeaForest standard, and assess boating-related CO<sub>2</sub> emissions by integrating traffic data from Environment and Resources Authority (ERA) Malta. Based on these analyses, a local action plan was developed, including eco-mooring installations, awareness campaigns, and digital tools to regulate anchoring, alongside an estimate of avoided emissions translated into potential blue carbon credits. The Malta experience confirmed the model’s replicability in Mediterranean contexts with similar environmental and socioeconomic pressures, validated the blue carbon quantification standard on a new site, established a governance framework for shared *Posidonia* management, and outlined the basis for a local marine carbon market aligned with EU climate-neutrality strategies, offering a methodological blueprint for future SeaForest extensions across other Mediterranean islands and coastal regions.

**Figura 8.1** Imbarcazioni ancorate su un posidonieto a Malta.  
Boats anchored over a *Posidonia oceanica* meadow in Malta.

La trasferibilità del modello SeaForest è stata pianificata e sperimentata nell'ambito dell'Azione C7 "Malta Lab – Creation of Territorial Agreements for the Adoption of the SeaForest LIFE Model", con l'obiettivo di verificare la capacità del modello di essere applicato in un contesto insulare diverso da quello italiano e di promuovere la nascita di un cluster locale per la gestione sostenibile degli ecosistemi marini.

L'attività ha previsto un percorso progressivo articolato in fasi di coinvolgimento, co-progettazione e validazione tecnico-scientifica, che ha permesso di adattare il modello alle specificità ecologiche e istituzionali maltesi.

Il processo è iniziato con l'identificazione di un ampio gruppo di portatori di interesse, comprendente istituzioni pubbliche, autorità ambientali, università, associazioni ambientaliste, operatori turistici e rappresentanti del settore nautico. Attraverso un'attività di networking sviluppata già dal 2020, il progetto ha costruito una banca dati con oltre 150 contatti, in parte provenienti dalle reti del programma europeo Climate-KIC.

La prima conferenza online, tenutasi nel 2020, ha illustrato gli obiettivi del progetto LIFE SeaForest e le sue potenzialità in termini di economia blu e gestione del carbonio costiero, ponendo le basi per il successivo lavoro partecipativo.

Nel 2025 si sono tenuti due workshop in presenza a Malta, che hanno costituito il cuore del processo di trasferimento.

Il primo workshop ha presentato il Business Model SeaForest, delineando le opportunità economiche e ambientali legate alla gestione delle praterie di *Posidonia oceanica* e alla generazione di crediti di carbonio "blue carbon".

Il secondo workshop ha portato alla costituzione del gruppo di lavoro operativo maltese, formato dai principali soggetti interessati alla futura applicazione del modello e incaricato di definire il percorso verso l'accordo territoriale.

Tale gruppo ha successivamente contribuito alla individuazione, come area pilota Grotta Madonna – Baia dell'Occhio di Mela, un tratto di costa caratterizzato dalla presenza significativa di praterie di *Posidonia oceanica* e da una forte pressione dovuta alla nautica da diporto. L'area è stata scelta per la sua rappresentatività ecologica, la rilevanza turistica e la possibilità di integrare le misure di gestione proposte con la pianificazione nazionale

maltese delle aree marine protette.

Per il sito selezionato, sono state acquistate immagini satellitari multispettrali a 8 bande (data di acquisizione: maggio 2025), che hanno permesso di elaborare una mappa aggiornata delle praterie di *Posidonia oceanica*.

La mappatura è stata utilizzata per calcolare lo stock di carbonio esistente, applicando i parametri e gli algoritmi sviluppati dal progetto SeaForest e descritti nello Standard di stima dei sink di carbonio per l'habitat 1120.

Parallelamente, i dati del monitoraggio del traffico nautico forniti da ERA (Environment & Resources Authority) Malta sono stati sovrapposti alla mappa per quantificare il livello di disturbo antropico e stimare le emissioni di CO<sub>2</sub> associate agli ancoraggi non regolamentati.

Sulla base di questi risultati è stato elaborato un piano di azione locale volto a ridurre l'impatto attraverso l'installazione di sistemi di ormeggio ecocompatibili, campagne di sensibilizzazione e l'adozione di strumenti digitali di controllo.

Infine, è stato calcolato il carbonio non emesso derivante dalle misure proposte e tradotto in crediti di carbonio potenziali, secondo la metodologia SeaForest, fornendo così un primo scenario di sostenibilità economica per l'applicazione maltese. Il percorso maltese ha dimostrato la replicabilità del modello SeaForest in un contesto mediterraneo caratterizzato da analoghe pressioni ambientali e dinamiche economiche legate al turismo costiero. L'esperienza ha consentito di:

- validare lo standard di quantificazione del Blue Carbon su dati reali di un nuovo sito;
- definire un quadro di governance multilivello per la gestione partecipata delle praterie di *Posidonia*;
- creare le premesse per un mercato locale dei crediti di carbonio marini, integrato con le strategie europee per la neutralità climatica.

La trasferibilità del modello non si esaurisce con la sperimentazione maltese: essa costituisce un modello metodologico per future estensioni del progetto SeaForest in altri territori insulari e costieri del Mediterraneo.



# Bibliografia

## References

- AA.VV. (2020). Activity report about monitoring campaigns and their results. Report Action B.2. LIFE SEPOSSO (LIFE16 GIE/IT/000761). <https://www.lifeseosso.eu>
- Abadie, A., Lejeune, P., Pergent, G., & Gobert, S. (2016). From mechanical to chemical impact of anchoring in seagrasses: The premises of anthropogenic patch generation in *Posidonia oceanica* meadows. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 61–71. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.022>
- Acunto, S., Leone, L. M., & Piazzini, L. (2023). Ripristino delle praterie di *Posidonia oceanica* tramite tecniche di ingegneria naturalistica e l'uso di materiali biodegradabili. *Biologia Marina Mediterranea*, 27, 93–96.
- Alagna, A., D'Anna, G., Musco, L., Vega Fernández, T., Gresta, M., Pierozzi, N., & Badalamenti, F. (2019). Taking advantage of seagrass recovery potential to develop novel and effective meadow rehabilitation methods. *Marine Pollution Bulletin*, 149, 110578. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2019.110578>
- Bacci, T., La Porta, B., Maggi, C., Nonnis, O., Paganelli, D., Rende, F. S., & Targusi, M. (Eds.). (2014). Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri. Il trapianto delle praterie di *Posidonia oceanica*. ISPRA. [https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/MLG\\_106\\_14.pdf](https://www.isprambiente.gov.it/files/pubblicazioni/manuali-lineeguida/MLG_106_14.pdf)
- Bacci, T., Scardi, M., Calvo, S., Tomasello, A., Bulleri, C., Bertasi, F., & La Porta, B. (2019). Final report on *Posidonia oceanica* transplanting case studies analysis. LIFE SEPOSSO. <https://lifeseosso.eu>
- Bacci, T., & La Porta, B. (2022). Manuale delle tecniche e delle procedure operative per il trapianto di *Posidonia oceanica*. LIFE SEPOSSO.
- Balestri, E., & Cinelli, F. (2003). Sexual reproductive success in *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany*, 75, 21–32. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(02\)00151-1](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(02)00151-1)
- Balestri, E., Vallerini, F., & Lardicci, C. (2011). Storm-generated fragments of the seagrass *Posidonia oceanica* from beach wrack: A potential source of transplants for restoration. *Biological Conservation*, 144, 1644–1654. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2011.02.020>
- Bay, D. (1978). Étude in situ de la production primaire d'un herbier de Posidonies. *Station Océanographique Staresso*.
- Bay, D. (1984). A field study of the growth dynamics and productivity of *Posidonia oceanica* in Calvi Bay, Corsica. *Aquatic Botany*, 20, 43–64.
- Bell, J., & Harmelin-Vivien, M. (1983). Fish fauna of French Mediterranean *Posidonia oceanica* seagrass meadows: II. Feeding habits. *Tethys*, 11(1), 1–14.
- Bellan-Santini, D., Lacaze, J.-C., & Poizat, C. (1994). Les biocénoses marines et littorales de Méditerranée: Synthèse, menaces et perspectives. *Muséum national d'Histoire naturelle*.
- Bianchi, C. N., Boero, F., Carobene, L., Carpaneto, G., Fraschetti, S., Morri, C., & Peccenini, S. (2004). Aspetti di conservazione e gestione. In A. Minelli (Ed.), *Coste Marine Rocciose* (pp. 135–140). Museo Friulano di Storia Naturale.
- Bindoff, N. L., Cheung, W. W. L., Kairo, J. G., ... Williamson, P. (2019). Changing ocean, marine ecosystems, and dependent communities. In H.-O. Pörtner *et al.* (Eds.), *IPCC Special Report on the Ocean and Cryosphere in a Changing Climate*. <https://www.ipcc.ch>
- Borum, J., Duarte, C. M., Krause-Jensen, D., & Greve, T. M. (Eds.). (2004). *European seagrasses: An introduction to monitoring and management*. EU Project Monitoring and Management of European Seagrass Beds. <https://repository.oceanbestpractices.org>
- Boudouresque, C. F. (2004). Marine biodiversity in the Mediterranean: Status of species, populations and communities. *Scientific Reports of the Port-Cros National Park*, 20, 97–146.
- Boudouresque, C. F. (2013). De Port-Cros à Port-Cros: L'histoire d'un écosystème-miracle. In L. Le Diréach & C. F. Boudouresque (Eds.), *GIS Posidonie* (pp. 31–35).
- Boudouresque, C. F., & Meinesz, A. (1982). Découverte de l'herbier de Posidonie. *Parc National de Port-Cros*.
- Boudouresque, C. F., & Jeudy de Grissac, A. (1983). *Posidonia oceanica* in the Mediterranean: Interactions between the plant and the sediment. *Journal de Recherche Océanographique*, 8, 99–122.
- Boudouresque, C. F., Charbonnel, E., Meinesz, A., Pergent, G., Pergent-Martini, C., ... Rico-Raimondino, V. (2000). A monitoring network based on the seagrass *Posidonia oceanica* in the northwestern Mediterranean Sea. *Biologia Marina Mediterranea*, 7(2), 328–331.
- Boudouresque, C. F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., ... Tunesi, L. (2006). Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE.
- Boudouresque, C. F., Bernard, G., Pergent, G., Shili, A., & Verlaque, M. (2009). Regression of Mediterranean seagrasses caused by natural processes and anthropogenic stress: A critical review. *Botanica Marina*, 52(5), 395–418. <https://doi.org/10.1515/BOT.2009.057>
- Boudouresque, C. F., Bernard, G., Bonhomme, P., Charbonnel, E., Diviacco, G., ... Villers, F. (2012). Protection and conservation of *Posidonia oceanica* meadows. RAC/SPA. <https://www.rac-spa.org>
- Buia, M. C., & Mazzella, L. (1991). Reproductive phenology of Mediterranean seagrasses. *Aquatic Botany*, 40, 343–362.
- Calumpang, H. P., & Fonseca, M. S. (2001). Seagrass transplantation and other seagrass restoration methods. In F. T. Short *et al.* (Eds.), *Global Seagrass Research Methods* (pp. 425–442).
- Calvo, S., Pirrotta, M., & Tomasello, A. (2020). Letter to the editor regarding "Taking advantage of seagrass recovery potential...". *Marine Pollution Bulletin*, 158, 111395. <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2020.111395>
- Calvo, S., Calvo, R., Luzzu, F., Raimondi, V., Assenzo, M., Cassetti, F. P., & Tomasello, A. (2021). Performance assessment of *Posidonia oceanica* restoration twelve years after planting. *Water*, 13, 724. <https://doi.org/10.3390/w13050724>
- Campagne, C., Salles, J. M., Boissery, P., & Deter, J. (2015). The seagrass *Posidonia oceanica*: Ecosystem services identification and economic evaluation. *Marine Pollution Bulletin*, 97, 391–400.
- Cancemi, G., Guala, I., Coppa, S., Buron, K., (2008). L'impact des ancrages sur les herbiers à *Posidonia oceanica* et sur les populations de grande nacre (*Pinna nobilis*). AMPAMED
- Carannante, F. (2011). Monitoraggio a lungo termine di trapianti di *Posidonia oceanica* su vasta scala (PhD thesis). Università della Tuscia.
- Carreño, A., & Lloret, J. (2021). The vulnerability of fish and macroinvertebrate species with bioactive potential in a Mediterranean marine protected area. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 31(6), 1334–1345.
- Ceccherelli, G., Campo, D., & Milazzo, M. (2007). Short-term response of *Posidonia oceanica* to simulated anchor impact. *Marine Environmental Research*, 63(4), 341–349.
- Celebi, B., Gucu, A. C., Ok, M., Sakinan, S., & Akoglu, E. (2006). Hydrographic indications for the absence of *Posidonia oceanica* in the Levant Sea. *Biologia Marina Mediterranea*, 13(4), 34–38.

- Cinelli, F., Pardi, G., & Papi, I. (1995). Biologia delle piante. La *Posidonia oceanica*. Rivista Marittima Italiana.
- Collins, K. J., Suonpää, A. M., & Mallinson, J. J. (2010). The impacts of anchoring and mooring in seagrass, Studland Bay, Dorset, UK. *Underwater Technology*, 29(3), 117-123.
- Costanza, R., d'Arge, R., de Groot, R., Farber, S., Grasso, M., ... van den Belt, M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature*, 387, 253-260.
- Cunha, A. H., Marbà, N., van Katwijk, M. M., Pickerell, C., Henriques, M., Bernard, G., ... Manent, P. (2012). Changing paradigms in seagrass restoration. *Restoration Ecology*, 20(4), 427-430.
- Dapuelto, G., Massa, F., Pergent-Martini, C., Povero, P., Rigo, I., Vassallo, P., Venturini, S., Paoli, C. (2022). Sustainable management accounting model of recreational boating anchoring in Marine Protected Areas. *Journal of Cleaner Production*, 342, 130905.
- De Falco, G., Baroli, M., Murru, E., Piergallini, G., & Cancemi, G. (2006). Sediment analysis evidences depositional phenomena influencing seagrass distribution in Oristano Gulf. *Journal of Coastal Research*, 22(5), 1043-1050.
- De Falco, G., Simeone, S., & Baroli, M. (2008). Management of beach-cast *Posidonia oceanica* seagrass on Sardinia beaches. *Journal of Coastal Research*, 24, 69-75.
- De Luca, M., Piazzini, L., Guala, I., Cinti, M. F., Marras, P., ... Pascucci, V. (2025). Restoration of *Posidonia oceanica* using cuttings from impacted areas. *Journal of Marine Science and Engineering*, 13(1), Article 3. <https://doi.org/10.3390/jmse13010003>
- Diaz-Almela, E., Marbà, N., Álvarez, E., Balestri, E., Ruiz-Fernández, J. M., & Duarte, C. M. (2006). Patterns of *Posidonia oceanica* flowering in the Western Mediterranean. *Marine Biology*, 148, 723-742.
- Díaz-Almela, E., & Duarte, C. M. (2008). Management of Natura 2000 habitats: 1120 *Posidonia* beds. European Commission.
- Diedrich, A., Terrados, J., Arroyo, N. L., & Balaguer, P. (2013). Modeling the influence of attitudes and beliefs on recreational boaters' use of buoys in the Balearic Islands. *Ocean & coastal management*, 78, 112-120.
- Directive 92/43/EEC. (1992). Council Directive 92/43/EEC on the conservation of natural habitats and of wild fauna and flora. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=celex:31992L0043>
- Diviacco, G., Boudouresque, C.F., (2006). L'herbier à *Posidonia oceanica* et les mouillages. In "Préservation et conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*", Boudouresque C-F, Bernard G, Bonhomme P, Charbonnel E, Diviacco G, Meinesz A, Pergent G, Pergent-Martini C, Ruitton S, Tunesi L, eds., Ramoge Publ., 83-91.
- Duarte, C. M. (2002). The future of seagrass meadow. *Environmental Conservation*, 29(2), 192-196.
- Duarte, C. M., Chiscano, C. L. (1999). Seagrass biomass and production: A reassessment. *Aquatic Botany*, 65(1), 159-174. [https://doi.org/10.1016/S0304-3770\(99\)00038-8](https://doi.org/10.1016/S0304-3770(99)00038-8)
- Duarte, C. M., Middelburg, J. J., & Caraco, N. (2005). Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. *Biogeosciences*, 2, 1-8. <https://doi.org/10.5194/bg-2-1-2005>
- Duarte, C. M., Fourqurean, J. W., Krause-Jensen, D., & Olesen, B. (2006). Dynamics of seagrasses. In A. W. D. Larkum *et al.* (Eds.), *Seagrasses: Biology, ecology and conservation* (pp. 271-294). Springer.
- Fonseca, M. S., Kenworthy, W. J., & Thayer, G. W. (1987). The use of ecological data in the implementation and management of seagrass restorations. *Florida Marine Research Publications*, 42, 175-187.
- Fonseca, M. S., Kenworthy, W. J., & Thayer, G. W. (1998). Guidelines for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent waters. NOAA Coastal Ocean Program, Decision Analysis Series No. 12.
- Francour, P. (1997). Fish assemblages of *Posidonia oceanica* beds at Port Cros (France, NW Mediterranean): Assessment of composition and long-term fluctuations. *Marine Ecology*, 18(2), 157-173.
- Francour, P., Poulain, M., Bernard, G., Bonhomme, P., & Charbonnel, E. (1997). Impact des mouillages forains sur l'herbier à *Posidonia oceanica* dans le Parc National de Port-Cros (Méditerranée nord-occidentale, France). *Contrat Parc national de Port-Cros et GIS Posidonie, GIS Posidonie publ.*, Fr, 1-51.
- Francour, P., Ganteaume, A., & Poulain, M. (1999). Effects of boat anchoring on *Posidonia oceanica* seagrass beds in the Port-Cros National Park. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 9(4), 391-400. [https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-0755\(199907/08\)9:4<391::AID-AQC351>3.0.CO;2-8](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-0755(199907/08)9:4<391::AID-AQC351>3.0.CO;2-8)
- Frau, F., Acunto, S., Atzori, F., & Cinti, M. F. (2023). Ripristino della prateria di *Posidonia oceanica* mediante tecniche di ingegneria naturalistica nell'Area Marina Protetta Capo Carbonara. *Biologia Marina Mediterranea*, 27, 145-148.
- Gambi, M. C., Giangrande, A., Chessa, L. A., Manconi, R., & Scardi, M. (1989). Distribution and ecology of polychaetes in the foliar stratum of a *Posidonia oceanica* bed in Porto Conte Bay. In C.-F. Boudouresque *et al.* (Eds.), *International Workshop on Posidonia oceanica Beds* (Vol. 2, pp. 175-188). GIS Posidonie.
- Giakoumi, S., Possingham, H. P., Gobert, S., Boudouresque, C.-F., Gambi, M.-C., Katsanevakis, S., Lejeune, P., Michel, L., Montefalcone, M., Pergent, G., Pergent-Martini, C., Sanchez-Jerez, P., Sini, M., Velimirov, B., Vizzini, S., Abadie, A., Coll, M., Guidetti, P., Micheli, F., & Halpern, B. (2015). Toward a framework for assessment of cumulative human impacts on food webs. *Conservation Biology*, 29(4), 1228-1234. <https://doi.org/10.1111/cobi.12468>
- Jeudy de Grissac, A. (1984). Effects des herbiers à *Posidonia oceanica* sur la dynamique marine et la sédimentologie littorale. In C. F. Boudouresque *et al.* (Eds.), *GIS Posidonie* (pp. 437-443).
- Jeudy de Grissac, A., & Boudouresque, C. F. (1985). Rôles des herbiers de phanérogames marines dans les mouvements des sédiments côtiers. In *Les aménagements côtiers et la gestion du littoral* (pp. 143-151).
- Katwijk, M. M. van, Thorhaug, A., Marbà, N., Orth, R. J., Duarte, C. M., Kendrick, G. A., Althuizen, I. H. J., Balestri, E., Bernard, G., Cambridge, M. L., Cunha, A., Durance, C., Giesen, W., Han, Q., Hosokawa, S., Kiswara, W., Komatsu, T., Lardicci, C., Lee, K. S., ... Verduin, J. J. (2016). Global analysis of seagrass restoration: The importance of large-scale planting. *Journal of Applied Ecology*, 53, 567-578. <https://doi.org/10.1111/1365-2664.12562>
- La Manna, G., Donno, Y., Sarà, G., & Ceccherelli, G. (2015). The effectiveness of two management approaches to reduce anchor damage on *Posidonia oceanica* meadows. *Marine Environmental Research*, 109, 144-152. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2015.07.009>
- La Porta, B., & Bacci, T. (2022). Manuale per la pianificazione, realizzazione e monitoraggio dei trapianti di *Posidonia oceanica*. LIFE SEPOSSO. [https://lifeseosso.eu/wp-content/uploads/LifeSEPOSSO\\_Manuale\\_pianificazione\\_realizzazione\\_monitoraggio\\_trapianti\\_Posidonia\\_oceanica.pdf](https://lifeseosso.eu/wp-content/uploads/LifeSEPOSSO_Manuale_pianificazione_realizzazione_monitoraggio_trapianti_Posidonia_oceanica.pdf)
- Lloret, J., Zaragoza, N., Caballero, D., & Riera, V. (2008). Impacts of recreational boating on the marine environment of Cap de Creus (Mediterranean Sea). *Ocean & Coastal Management*, 51(11), 749-754.
- Luff, A. L., Sheehan, E. V., Parry, M., & Higgs, N. D. (2019). A simple mooring modification reduces impacts on seagrass meadows. *Scientific Reports*, 9, 20062. <https://doi.org/10.1038/s41598-019-55425-y>
- Manca, E., Cáceres, I. J. V. I., Alsina, J. M., Stratigaki, V., Townend, I., & Amos, C. L. (2012). Wave energy and wave-induced flow reduction by full-scale model *Posidonia oceanica*. *Continental Shelf Research*, 50-51, 100-116.
- Marbà, N., Diaz-Almela, E., & Duarte, C. M. (2014). Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) loss between 1842 and 2009. *Biological Conservation*, 176, 183-190. <https://doi.org/10.1016/j.biocon.2014.05.024>
- Marbà, N., Duarte, C. M., Holmer, M., Martínez, R., Basterretxea, G., Orfila, A., Jordi, A., & Tintoré, J. (2002). Effectiveness of protection of seagrass (*Posidonia oceanica*) populations in Cabrera National Park (Spain).

Environmental Conservation, 29(4), 509–518. <https://doi.org/10.1017/S037689290200036X>

- Mateo, M. A., Romero, J., Pérez, M., Littler, M. M., & Littler, D. S. (1997). Dynamics of millenary organic deposits resulting from the growth of *Posidonia oceanica*. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 44, 103–110. <https://doi.org/10.1006/ecss.1996.0116>
- Mateo, M. A., & Serrano, O. (2011). The carbon sink associated with *Posidonia oceanica*. In G. Pergent *et al.* (Eds.), *Mediterranean seagrasses: Resilience and contribution to climate change mitigation*. IUCN.
- Mateo, M. A., Sanchez-Lizaso, J. L., & Romero, J. (2006). *Posidonia oceanica* “banquettes”—A preliminary assessment of their relevance for meadow carbon and nutrient budget. *Estuarine, Coastal and Shelf Science*, 56, 85–90.
- Mazzella, L., Buia, M. C., Gambi, M. C., Lorenti, M., Russo, G., Scipione, M. B., & Zupo, V. (1992). Plant–animal trophic relationships in the *Posidonia oceanica* ecosystem. In D. John *et al.* (Eds.), *Plant–Animal Interactions in the Marine Benthos* (pp. 165–187). Clarendon Press.
- Mazzella, L., & Zupo, V. (1995). Reti trofiche e flussi energetici nei sistemi a fanerogame marine. *Giornale Botanico Italiano*, 129, 337–350.
- McLeod, E., Chmura, G. L., Bouillon, S., Salm, R., Björk, M., Duarte, C. M., Lovelock, C. E., Schlesinger, W. H., & Silliman, B. R. (2011). A blueprint for blue carbon: Toward an improved understanding of vegetated coastal habitats in CO<sub>2</sub> sequestration. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 9, 552–560. <https://doi.org/10.1890/110004>
- Meinesz, A., Caye, G., Locques, F., & Macaux, S. (1990). Analyse bibliographique sur la culture des phanérogames marines. *Posidonia Newsletter*, 3, 1–67.
- Meinesz, A., Caye, G., Loquès, F., & Molenaar, H. (1991). Growth and development in culture of orthotropic rhizomes of *Posidonia oceanica*. *Aquatic Botany*, 39, 367–377.
- Milazzo, M., Chemello, R., Badalamenti, F., Camarda, R., & Riggio, S. (2002). The impact of human recreational activities in marine protected areas: what lessons should be learnt in the Mediterranean Sea?. *Marine ecology*, 23, 280–290.
- Milazzo, M., Badalamenti, F., Ceccherelli, G., & Chemello, R. (2004). Boat anchoring on *Posidonia oceanica* beds: Effects of anchor types. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 299(1), 51–62. <https://doi.org/10.1016/j.jembe.2003.09.006>.
- Molenaar, H., & Meinesz, A. (1992). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica* II: Effects of depth changes on transplanted orthotropic shoots. *Marine Ecology*, 13, 175–185. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.1992.tb00348.x>
- Montefalcone, M., Lasagna, R., Bianchi, C.N., Morri, C., & Albertelli, G. (2006). Anchoring damage on *Posidonia oceanica* meadow cover: a case study in Prelo Cove (Ligurian Sea, NW Mediterranean). *Chemistry and Ecology*, 22 (sup1), S207–S217.
- Monnier, B., Pergent, G., Mateo, M. A., Clabaut, P., & Pergent-Martini, C. (2020). Seismic interval velocity in the *matte* of *Posidonia oceanica* meadows: Toward a nondestructive approach for large-scale assessment of blue carbon stock. *Marine Environmental Research*, 161, 105085. <https://doi.org/10.1016/j.marenvres.2020.105085>
- Montefalcone, M. (2009). Ecosystem health assessment using the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: A review. *Ecological Indicators*, 9, 595–604.
- Montefalcone, M., Chiantore, M., Lanzone, A., Morri, C., Albertelli, G., & Bianchi, C. N. (2008). BACI design reveals the decline of *Posidonia oceanica* induced by anchoring. *Marine Pollution Bulletin*, 56(9), 1637–1645.
- Montefalcone, M., Parravicini, V., Vacchi, M., Albertelli, G., & Morri, C. (2016). Anchoring damage on *Posidonia oceanica* meadow: A case study from a marine protected area. *Marine Pollution Bulletin*, 109(1), 21–27.
- Mossone, P., Guala, I., & Simeone, S. (2019). *Posidonia* banquettes on the Mediterranean beaches: Perceptions of administrators and users. Federico II Open Access University Press.
- Otero, M. M., Simeone, S., Aljinović, B., Salomidi, M., Mossone, P., Giunta Fornasin, M. E., Gerakaris, V., Guala, I., Milano, P., & Heurtefeux, H. (2018). Governance and management of *Posidonia* beach-dune system. In POSBEMED Interreg Med Project. IUCN Centre for Mediterranean Cooperation.
- Pansini, A., Deroma, M., Guala, I., Monnier, B., Pergent-Martini, C., Piazza, L., Stipcich, P., & Ceccherelli, G. (2024). The resilience of transplanted seagrass traits encourages detection of restoration success. *Journal of Environmental Management*, 357, 120744. <https://doi.org/10.1016/j.jenvman.2024.120744>
- Pergent, G., Romero, J., Pergent-Martini, C., Mateo, M. A., & Boudouresque, C. F. (1994). Primary production, stocks, and fluxes in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Ecology Progress Series*, 106, 239–246.
- Pergent, G., Pergent-Martini, C., & Boudouresque, C. F. (1995). Utilisation de l’herbier à *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualité du milieu littoral en Méditerranée: État des connaissances. *Mesogée*, 54, 3–27.
- Pergent-Martini, C., Monnier, B., Lehmann, L., Barralon, E., & Pergent, G. (2022). Major regression of *Posidonia oceanica* meadows related to recreational boat anchoring: A case study from Sant’Amanza Bay. *Journal of Sea Research*, 188, 102258. <https://doi.org/10.1016/j.seares.2022.102258>
- Pergent-Martini, C., André, S., Castejon, I., Deter, J., Frau, F., Gerakaris, V., Mancini, G., Molenaar, H., Montefalcone, M., Oprandi, A., Pergent, G., Poursanidis, D., Royo, L., Terrados, J., Tomasello, A., Ventura, D., & Villers, F. (2024). Guidelines for *Posidonia oceanica* restoration. Mediterranean *Posidonia* Network (MPN) – French Biodiversity Agency (OFB) & University of Corsica Pasquale Paoli (UCPP).
- Piazza, L., Acunto, S., Frau, F., Atzori, F., Cinti, M. F., Leone, L. M., & Ceccherelli, G. (2021). Environmental engineering techniques to restore degraded Mediterranean *Posidonia oceanica* meadows. *Water*, 13(5), 661. <https://doi.org/10.3390/w13050661>
- Pirrotta, M., Tomasello, A., Scannavino, A., Maida, G. D., Luzzu, F., Bellissimo, G., Bellavia, C., Costantini, C., Orestano, C., Sclafani, G., & Calvo, S. (2015). Transplantation assessment of degraded *Posidonia oceanica* habitats: Site selection and long-term monitoring. *Mediterranean Marine Science*, 16(3), 591–604. <https://doi.org/10.12681/mms.1045>
- Plan Bleu. (2019). Sustainable tourism in the Mediterranean: State of play and strategic directions. <https://planbleu.org/en/publications/sustainable-tourism-in-the-mediterranean>
- Robello, C. (2019). Efficacia di un intervento di trapianto di *Posidonia oceanica* (L.) Delile nel golfo di Rapallo 23 anni dopo (Bachelor thesis). Università degli Studi di Genova.
- Rovere, A., Parravicini, V., Firpo, M., Morri, C., & Bianchi, C. N. (2011). Combining geomorphologic, biological and accessibility values for marine natural heritage evaluation and conservation. *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems*, 21(6), 541–552. <https://doi.org/10.1002/aqc.1214>
- Serra, I. A., Innocenti, A. M., Di Maida, G., Calvo, S., Migliaccio, M., Zambianchi, E., Pizzigalli, C., Arnaud-Haond, S., Duarte, C. M., Serrao, E. A., & Procaccini, G. (2010). Genetic structure in the Mediterranean seagrass *Posidonia oceanica*: Disentangling past vicariance from contemporary gene flow. *Molecular Ecology*, 19, 557–568. <https://doi.org/10.1111/j.1365-294x.2009.04462.x>
- Simeone, S., & De Falco, G. (2012). Morphology and composition of beach-cast *Posidonia oceanica* litter on beaches with different exposures. *Geomorphology*, 151–152, 224–233.
- Spika, M., Radman, S., & Mihaljević, M. (2025). Decline in *Posidonia oceanica* meadows in the Eastern Adriatic: Patterns, causes, and implications. *Marine Ecology Progress Series*, 767, 85–97. <https://doi.org/10.3354/meps767085>
- Stephane, S., & Colombe, B. (2012). Habitats particuliers de l’infra-littoral: Herbier à *Posidonia oceanica*.

MEDDE-AAMP-Ifremer (Ref. DCSMM/EI/EE/MO/23/2012).

- Telesca, L., Belluscio, A., Criscoli, A., Ardizzone, G., Apostolaki, E. T., Frascchetti, S., Gristina, M., Knittweis, L., Martin, C. S., Pergent, G., Alagna, A., Badalamenti, F., Garofalo, G., Gerakaris, V., Pace, M. L., Pergent-Martini, C., & Salomidi, M. (2015). Seagrass meadows (*Posidonia oceanica*) distribution and trajectories of change. *Scientific Reports*, 5, 12505. <https://doi.org/10.1038/srep12505>
- UNEP/MAP. (2020). State of the environment and development in the Mediterranean. United Nations Environment Programme. <https://www.unep.org/uneppmap/>
- Walker, D. I., Kendrick, G. A., & McComb, A. J. (1989). The distribution of seagrass species in Shark Bay, Western Australia, with notes on their ecology. *Aquatic Botany*, 30(4), 305–317. [https://doi.org/10.1016/0304-3770\(88\)90063-1](https://doi.org/10.1016/0304-3770(88)90063-1)
- Zupo, V., Buia, M. C., Gambi, M. C., Lorenti, M., & Procaccini, G. (2006). Temporal variations in the spatial distribution of shoot density in a *Posidonia oceanica* meadow and patterns of genetic diversity. *Marine Ecology*, 27, 328–338. <https://doi.org/10.1111/j.1439-0485.2006.00133.x>

## Partners

**D.R.E.Am. - Italia**  
(coordinator)  
[www.dream-italia.it](http://www.dream-italia.it)

**IAS - CNR**  
**Consiglio Nazionale  
delle Ricerche**  
[www.cnr.it](http://www.cnr.it)

**ISPRA**  
**Istituto Superiore  
per la Protezione  
e la Ricerca Ambientale**  
[www.isprambiente.gov.it](http://www.isprambiente.gov.it)

**Università degli Studi  
della Tuscia**  
[www.unitus.it](http://www.unitus.it)

**Parco Nazionale  
del Cilento, Vallo  
di Diano e Alburni**  
[www.cilentoediano.it](http://www.cilentoediano.it)

**Parco Nazionale  
dell'Arcipelago di  
La Maddalena**  
[www.lamaddalenapark.it](http://www.lamaddalenapark.it)

**Parco Nazionale  
dell'Asinara**  
[www.parcoasinara.org](http://www.parcoasinara.org)

**Paragon Europe**  
[www.paragoneurope.eu](http://www.paragoneurope.eu)

**Carbonsink**  
[www.carbonsink.it/it](http://www.carbonsink.it/it)



*Prodotto realizzato con il contributo del programma LIFE dell'Unione Europea  
progetto LIFE17 CCM/IT/000121*

**A cura di**  
Mariasole Galfré

### Autori

Marcello Miozzo (D.R.E.AM Italia), Lara Redolfi De Zan (D.R.E.AM-Italia), Marina Pulcini (ISPRA), Silvia Maltese (ISPRA), Simone Bonamano (Università degli Studi della Tuscia), Simone Simeone (CNR-IAS), Michele Rumiz (Carbonsink), Matteo Bellotta (Fondazione CMCC), Fabio Antognarelli (Università degli Studi della Tuscia), Giulio Plastina (Parco Nazionale dell' Arcipelago di La Maddalena), Aldo Zanello (Parco Nazionale dell' Asinara), Francesco De Luca (Parco Nazionale del Cilento, Vallo di Diano e Alburni)

**Graphic design**  
Benedetta Scarpelli



