



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI DELLA  
Tuscia

Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina  
Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche (DEB)



A.P. Civitavecchia - PORTILAZIO

Prot. **0008605** del 07/06/2016 ore 14:42:43

Tit.

Registro E

All' Autorità Portuale di Civitavecchia,  
Via Molo Vespucci, snc  
00053 Civitavecchia (RM)

Alla c.a. del Segretario Generale Ing. Maurizio Ievolella

Civitavecchia, li 07.06.2016

Oggetto: Trasmissione progetto di ricerca

Con la presente, si trasmette in allegato il progetto di ricerca "Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell'Hub portuale di Civitavecchia"

Allegati:

- ▲ Progetto di ricerca "Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: il caso studio dell'Hub portuale di Civitavecchia"

*Originale per Fersini*  
*FERSINI Gago*  
*07/06/2016*

## **Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di compensazione e mitigazione in ambiente marino: Il caso studio dell'Hub portuale di Civitavecchia**



**Progetto di Ricerca:**  
**Approccio Ecosistemico alla valutazione delle opere di**  
**compensazione e mitigazione in ambiente marino:**  
**Il caso studio dell'Hub portuale di Civitavecchia**

REL-278-BIO-0616-AP	07/06/16
Redatto	
Dott. Sergio Scanu	
Dott. Simone Bonamano	
Dott.ssa Alice Madonia	
Redatto e Approvato	
Prof. Marco Marcelli	

## INDICE

<b>Premessa</b>	<b>5</b>
<b>1. Inquadramento dell'area di intervento</b>	<b>6</b>
<b>2. Primo Lotto Funzionale Opere Strategiche</b>	<b>8</b>
<b>3. Darsena Energetico-Grandi Masse</b>	<b>9</b>
<b>4. Secondo Lotto Funzionale Opere Strategiche</b>	<b>11</b>
<b>5. Caratteristiche dell'area marina costiera di Civitavecchia</b>	<b>12</b>
<b>5.1. Geomorfologia</b>	<b>12</b>
<b>5.2. Clima meteo marino</b>	<b>13</b>
<b>5.3. Biocenosi</b>	<b>19</b>
<b>5.3.1. Le praterie di <i>Posidonia oceanica</i> nel contesto di studio</b>	<b>22</b>
<b>5.3.2. I reef nel contesto di studio</b>	<b>25</b>
<b>6. Impatti diretti e indiretti sugli habitat di riferimento</b>	<b>30</b>
<b>6.1. Impatti diretti sugli habitat per la costruzione dell'Hub Portuale di Civitavecchia</b>	<b>32</b>
<b>6.1.1. Impostazione logica delle opere di compensazione proposte per gli impatti diretti</b>	<b>34</b>
<b>6.1.2. Analisi dei servizi ecosistemici relativi agli habitat considerati</b>	<b>36</b>
<b>6.1.3. Valutazione economica delle praterie di <i>Posidonia oceanica</i> nel contesto costiero di Civitavecchia</b>	<b>54</b>
<b>6.1.4. Valutazione economica del coralligeno nel contesto costiero di Civitavecchia</b>	<b>55</b>
<b>6.1.5. Valutazione economica dei servizi ecosistemici complessivi per gli habitat 1120 e 1170</b>	<b>57</b>

<b>6.2. Impatti indiretti: valutazione e riduzione degli impatti indiretti sugli habitat attraverso analisi modellistica previsionale</b>	<b>58</b>
<b>7. Stato dell'arte sugli interventi di compensazione degli Habitat 1120 – 1170</b>	<b>61</b>
<b>7.1. Habitat 1120</b>	<b>61</b>
<b>7.2. Habitat 1170</b>	<b>65</b>
<b>7.3. Progetti finanziati dalla Comunità Europea</b>	<b>67</b>
<b>8. Proposta di interventi compensativi</b>	<b>69</b>
<b>8.1. Premessa e strategia della compensazione</b>	<b>69</b>
<b>8.2. Lista degli interventi compensativi</b>	<b>72</b>
<b>8.3. Cronoprogramma</b>	<b>76</b>
<b>8.4. Descrizione delle attività</b>	<b>82</b>
<b>Bibliografia</b>	<b>121</b>

## Premessa

Il dominio marino costiero è caratterizzato da condizioni fisiche ed ecologiche che favoriscono e determinano una sovrapposizione spaziale tra i differenti usi delle risorse naturali. In questo contesto l'area costiera compresa tra Santa Severa e Tarquinia è caratterizzata dalla coesistenza tra importanti risorse naturali e numerose attività antropiche, che sono intrinsecamente legati e il concetto di sviluppo sostenibile, che li ricomprende

entrambi, si basa sul principio che le attività e i processi devono essere gestiti in modo tale da garantire la perennizzazione delle risorse per gli usi futuri dell'uomo e delle altre specie. All'interno dell'area di studio è presente il Porto di Civitavecchia, le cui opere di ampliamento (Primo Lotto Funzionale delle Opere Strategiche, Darsena Energetico-Grandi Masse, Secondo Lotto Funzionale delle Opere Strategiche) impatteranno su un tratto di costa caratterizzato dalla presenza dei SIC (Siti di Interesse Comunitario) IT6000005 ed IT6000006 prevalentemente costituiti dagli habitat *Posidonia oceanica* (Habitat prioritario 1120 - Praterie di *Posidonium oceanicae*) e coralligeno (Habitat 1170) e dalle specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*.

Il presente progetto di ricerca ha come obiettivo quello di valutare i servizi ecosistemici delle aree impattate dalle attività di dragaggio portuale attraverso l'applicazione di un "Approccio Ecosistemico". Questo metodo è stato applicato al fine di stimare il valore degli interventi di compensazione e mitigazione proposti per l'ampliamento del porto di Civitavecchia.

La strategia degli interventi di compensazione si basa sul principio che l'analisi del Capitale Naturale si sta affermando come valido strumento a supporto della gestione degli spazi anche marini nell'ottica di rendere compatibili i molteplici usi delle risorse, spesso in conflitto tra loro.

Nell'ambito della politica EU per la gestione degli spazi marittimi (Marine Strategy Framework Directive 2008/56/CE - MSFD), l'utilizzo di indici territoriali viene proposto come metodo, da un lato, di contrasto degli usi più forti (industriale, commerciale ecc.), dall'altro di tutela dei sistemi naturali.

L'impianto logico delle azioni di compensazione proposte (come dettagliato nel successivo capitolo 8), si basano su principi, linee guida e protocolli precedentemente pubblicati sia in ambito nazionale (Manuale ISPRA; Misure di conservazione dei SIC di riferimento della Regione Lazio) che europeo con il *Quaderno Natura 2000* (Díaz-Almela e Duarte, Technical Report 2008 01/24).

## 1. Inquadramento dell'area di intervento

L'area costiera di riferimento si estende lungo il tratto di costa che va da Punta S. Agostino (Tarquinia-VT), a nord, a Capo Linaro (Santa Marinella-RM), a sud. (Figura 1).

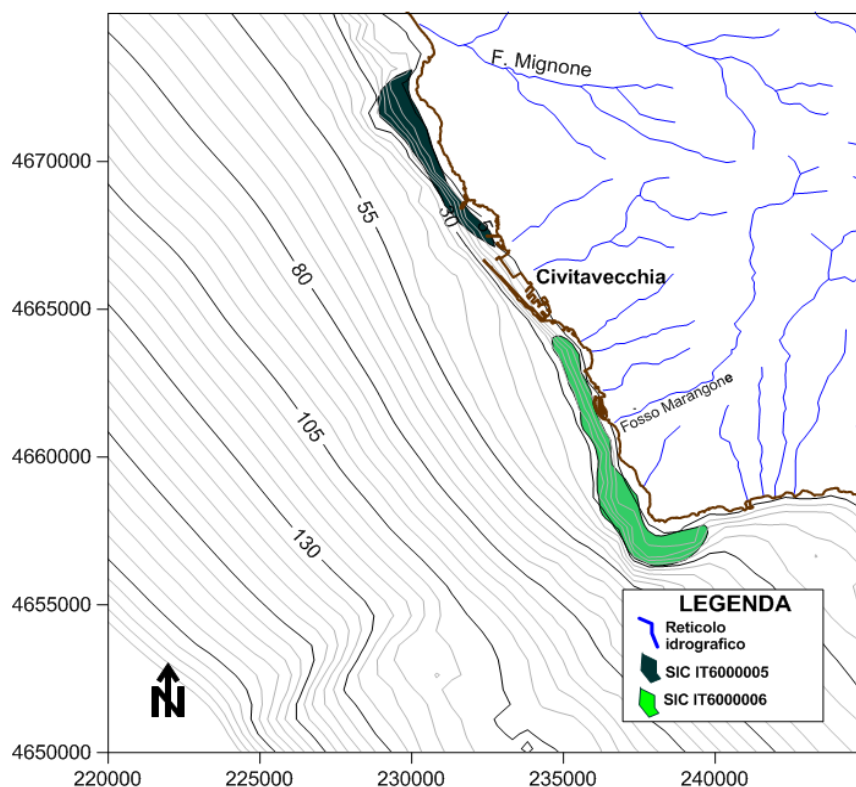


Fig.1. Area di studio che si estende da Punta S. Agostino a Santa Marinella all'interno della quale si trovano i SIC IT 6000005 e IT 6000006.

L'area di intervento è ubicata in corrispondenza del Porto di Civitavecchia, un importante crocevia per il traffico crocieristico e commerciale del Mar Mediterraneo. A nord e a sud dell'area portuale, sono collocati due Siti di Importanza Comunitaria, IT6000005 ed IT6000006, che si estendono rispettivamente nelle acque antistanti i comuni di Civitavecchia, Tarquinia e Santa Marinella. All'interno dei due SIC sono presenti habitat e specie considerate "prioritarie" dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE in particolare, è riscontrata la presenza di praterie di *Posidonia oceanica* e biocostruzioni coralligene (Allegato I – Direttiva Habitat codice \*1120 e \*1170 rispettivamente), nonché individui di *Pinna nobilis* (Allegato IV – Direttiva Habitat Codice \*1028) e colonie di *Corallium rubrum* (Allegato IV – Direttiva Habitat Codice \*1001).

Il SIC IT6000005 si estende da Punta Sant'Agostino sino a Punta Mattonara ricoprendo una superficie di 435 ha, per una lunghezza complessiva di 5 km circa; il SIC IT6000006 è situato più a sud e comprende i fondali tra Punta del Pecoraro e Capo Linaro con una superficie di circa 746 ha e lunghezza complessiva di 5 km.



## 2. I Lotto Funzionale Opere Strategiche

Come dettagliatamente descritto al par. 2.1 dello “Studio per la Valutazione di Incidenza Ambientale dei piani e progetti volti a sviluppare l’HUB portuale di Civitavecchia”, trasmesso con nota prot.19132 del 23.12.2015, la realizzazione delle opere costituenti il I° Lotto Funzionale Opere Strategiche (prolungamento Antemurale Colombo, Darsene Traghetti e Servizi) ha prodotto un impatto diretto sulle comunità biologiche in posto nelle zone di dragaggio e in quelle di imbonimento, riducendo l’estensione originaria (435 ha) del SIC IT6000005 del **3,9%**. Tali lavorazioni (dragaggi ed imbonimenti) sono state ultimate e sono state attuate le relative misure compensative prescritte dai competenti Ministeri (Procedura di Verifica di Attuazione ,ex. art. 185 commi 6 e 7 D.Lgs.163/06 delle prescrizioni contenute nel parere del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, prot. DSA\_2006\_0021173 del 08.08.2006, conclusasi con esito positivo con Determina Direttoriale prot. DVA-2014-15194 del 21.05.2014 e reiterando alle successive fasi dell’istruttoria l’attuazione delle altre prescrizioni previste dalle succitate Delibere). Dalle indagini condotte dalla Nuova Indago srl nel 2012, prima che le lavorazioni in oggetto avessero inizio, è stato stimato che in questa porzione di SIC, direttamente interessata dalle Opere in oggetto, aventi un’impronta di 17 ha, la superficie di fondo marino occupato da *Posidonia oceanica* aveva un’estensione compresa tra 0,84 (min.) e 4,17 ha (max.) (vedi Tab. 2.1.1.1.1). La copertura media di *Posidonia o.* in quest’area era pertanto pari a **2,5 ha**.

Nel corso delle suddette indagini, non è stata rilevata la presenza dell’Habitat prioritario 1170\* (scogliere) né popolamenti di *Corallium rubrum* (codice 1001).

### 3. Darsena Energetico Grandi Masse (DEGM)

Come dettagliatamente descritto al par. 2.2 del citato “Studio per la Valutazione di Incidenza Ambientale dei piani e progetti volti a sviluppare l’HUB portuale di Civitavecchia”, la realizzazione delle opere costituenti la Darsena Energetico Grandi Masse, produrrà un impatto diretto sulle comunità biologiche in posto nelle zone di dragaggio e in quelle di imbonimento, riducendo l’estensione originaria del SIC IT6000005 (435 ha) del 13,1%.

Dalle indagini condotte nell’ambito del citato studio emerge chiaramente come in questa porzione di SIC, direttamente interessata dalle Opere in oggetto ed aventi un’impronta di 57 ha, la superficie di fondo marino occupato da *Posidonia oceanica* abbia attualmente un’estensione compresa tra 2,5 ha (min) e 13,5 ha (max) (vedi Tab. 2.2.1.1.1). La copertura media di *Posidonia o.* in quest’area è pertanto pari a **8 ha**.

Le opere in oggetto determineranno un impatto diretto sulle specie e popolamenti ascrivibili all’Habitat prioritario 1170\* (scogliere), aventi complessivamente un’estensione pari a **3,5 ha**.

Si stima inoltre che tali opere determineranno mediamente la perdita di **185** individui (42 ind. X 4,4 ha) di *Pinna nobilis* (codice 1028).

Nel corso delle suddette indagini e dalle fonti bibliografiche disponibili non viene rilevata la presenza di popolamenti di *Corallium rubrum* (codice 1001).

Le relative opere di compensazione e mitigazione devono quindi riguardare gli habitat e le specie che saranno direttamente o indirettamente impattate dalle attività. E’ da tenere in considerazione anche che nella zona sono stati già effettuati due interventi di reimpianto a carattere sperimentale al fine di restaurare praterie di *Posidonia oceanica*. Il primo intervento è stato effettuato nella località di Santa Marinella ed ha riguardato il trapianto di un ettaro di *Posidonia oceanica* precedentemente espantata da “La Mattonara” (area direttamente interessata dalla realizzazione delle Opere di che trattasi) a compensazione della costruzione del c.d “Molo carbone” dell’ENEL o molo di sottoflutto della DEGM in ottemperanza al DEC. VIA 6923/02. Il secondo intervento ha riguardato il trapianto nell’area di Capo Linaro (Santa Marinella) di un ettaro di *Posidonia oceanica*, espantata sempre nell’area “La Mattonara”, a compensazione della realizzazione delle infrastrutture relative al Primo Lotto Funzionale delle Opere Strategiche per il Porto di Civitavecchia (Prolungamento antemurale Colombo, darsene Servizi e Traghetti) in ottemperanza a quanto disposto dalle delibere CIPE n. 140/07 e n. 02/08.

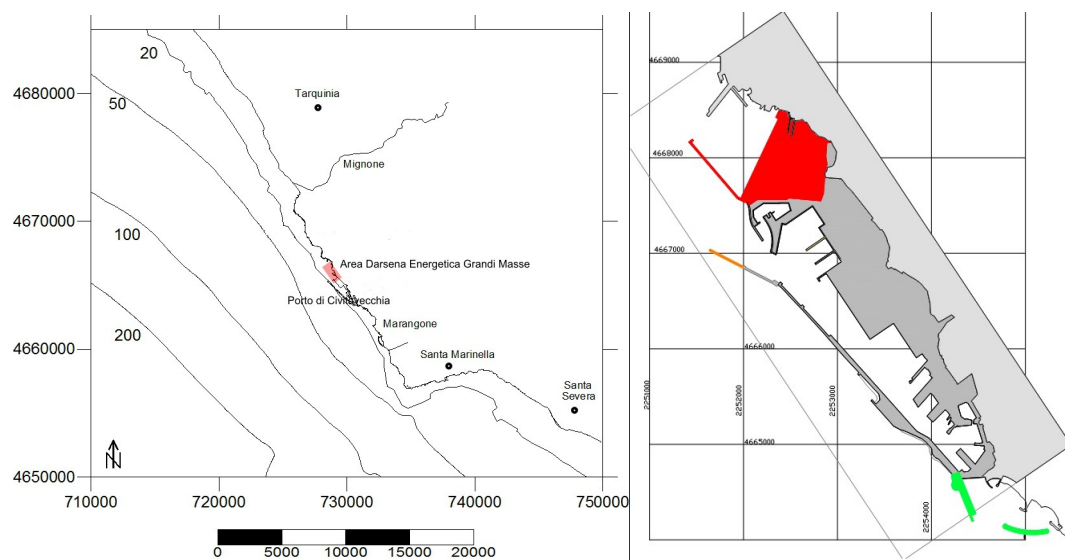


Fig. 2. Area costiera di Civitavecchia (sinistra) e planimetria delle opere nel Porto di Civitavecchia. In rosso l'area di intervento per la Darsena Energetica Grandi Masse.

#### 4. II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche

Come dettagliatamente descritto al par. 2.3.1.1 del citato “Studio per la Valutazione di Incidenza Ambientale dei piani e progetti volti a sviluppare l’HUB portuale di Civitavecchia”, la realizzazione delle opere costituenti il II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche (prolungamento della diga foranea, realizzazione del nuovo canale di accesso a Sud e di una scogliera di protezione), interessando un’area esterna a quella del SIC IT6000006, non determinerà impatti diretti sulle comunità biologiche in posto nelle zone di dragaggio e in quelle di imbonimento.

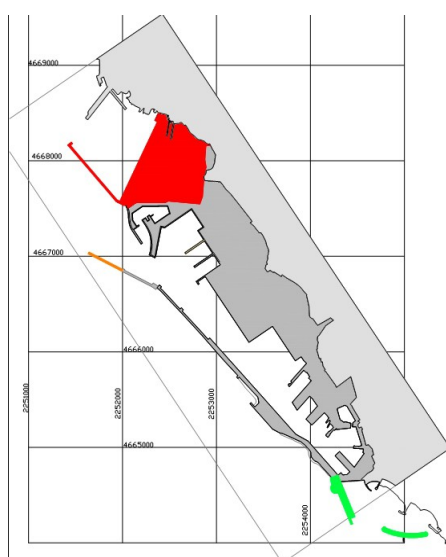


Fig. 3. Area costiera di Civitavecchia (sinistra) e planimetria delle opere nel Porto di Civitavecchia. In verde l'area di intervento per il II Lotto Funzionale O.S.

## 5. Caratteristiche dell'area marina costiera di Civitavecchia

### 5.1. Geomorfologia

Da un punto di vista geomorfologico i SIC IT6000005 e IT6000006 sono compresi tra i vincoli lito-morfologici di due unità fisiografiche: Monte Argentario-Capo Linaro a nord e Capo Linaro-Palo a sud.

La piattaforma continentale dell'unità fisiografica Monte Argentario-Capo Linaro ha una pendenza media di circa  $0.5^\circ$ , è ampia 30-40 km ed il margine verso mare si trova ad una profondità variabile tra i 120 m e i 150 m (Chiocci e La Monica, 1996). L'area costiera beneficia degli apporti alluvionali dei bacini idrografici dei fiumi Fiora, Marta e Mignone e subordinatamente degli apporti di alcuni corsi d'acqua minori, che solo localmente e durante le fasi di forte alluvionamento influenzano la sedimentazione marina (Angelucci et al., 1979; Carboni et al., 1980; Tortora 1989a; 1989b ). L'area dei bacini drenanti verso la zona costiera è caratterizzata da diversi tipi lito-morfologici: circa il 30% è composta da “vulcani basici ed intermedi”, la cui distribuzione areale corrisponde ad una fascia orientata circa NW – SE; altri tipi lito-morfologici affioranti nell'area (5% - 12 % della superficie dei bacini considerati) sono: “colline inframontane, pedemontane o costiere marnose”, “rilievi colline e ripiani costituiti o coperti da tuffi”, “i terrazzi marini ed alluvionali antichi” e “Pianure costiere e delta fluviali” (Brondi et al., 1988; Brondi et al, 2002). La fascia costiera risulta caratterizzata prevalentemente da sedimenti sabbiosi e sabbioso-pelitici con aumento della frazione limoso-argillosa verso largo controllata dai processi di dispersione dei limi fluviali (Tortora, 1989b).

Il trasporto litoraneo dei sedimenti appare orientato da sud-est verso nord-ovest (Anselmi et al., 1976; Berriolo e Sirito, 1985; Noli et al., 1996), ulteriormente avvalorato dall'andamento del tratto terminale delle aste dei fiumi Marta e Mignone e dei loro modesti apparati deltizi che risultano spostati verso NO. L'unità fisiografica Capo Linaro-Capo d'Anzio, situata a sud, presenta, fino a Palo Laziale, una successione di promontori ed insenature caratterizzate da piccole spiagge ciottolose ed alimentate dai modesti corsi d'acqua che drenano i versanti meridionali dei Monti della Tolfa e che non forniscono significativi apporti di materiali terrigeni (La Monica e Raffi, 1996). I fondali sono caratterizzati dalla prevalenza di peliti sabbiose, il cui limite verso terra è legato alla distribuzione delle biocostruzioni. La mancanza di sedimenti a prevalente composizione

sabbiosa è dovuta alla mancanza di apporti sedimentari dall'interno e all'azione di blocco delle biocostruzioni sui sedimenti in deriva litoranea da SE. La spiaggia sommersa risente dell'assetto morfologico del tratto emerso ed è caratterizzata dalla presenza di secche (Secche di Macchiatonda, Torre Flavia e Palo), che giungono fino alla profondità di - 20 m e sulle quali sono presenti praterie di *Posidonia oceanica*. Oltre i - 20 m, la morfologia dei fondali diventa omogenea e caratterizzata da un progressivo incremento delle pendenze.

## 5.2. Clima meteo marino

Il campo idrodinamico della zona è caratterizzata dalla tendenza generale tipica del Tirreno centrale: la circolazione è diretta parallelamente alla costa da SE a NO, con l'inversione della direzione dominante solo in casi di venti diretti dal quarto quadrante. In generale, la circolazione del Tirreno è influenzata dalla variabilità a mesoscala e stagionale (Hopkins, 1988; Pinardi e Navarra, 1993; Vetrano et al 2010). La dinamica del Tirreno mostra una circolazione ciclonica con una componente barotropica molto pronunciata.

L'esposizione rispetto agli eventi meteomarini del tratto di costa oggetto di studio cambia tra la parte a nord e quella a sud di Capo Linaro. Il tratto meridionale presenta un'orientazione della perpendicolare alla linea di costa compresa tra SW e SSE, mentre quello settentrionale tra SW e NW. Questa condizione determina una differente situazione idrodinamica tra le due zone quando sono soggette ad uno stesso evento meteomarino. Il promontorio di Capo Linaro si presenta quindi come il punto più esposto dell'area in esame e risulta rappresentativo per definire il settore di traversia a cui è esposto il tratto di costa oggetto di studio.

È stato definito un settore di traversia sia principale che secondario. Il settore di traversia principale si apre per un intervallo angolare che comprende tutte le direzioni tra 134° e 314°N ed è limitato a sud dal delta del Tevere e a nord dal promontorio di Monte Argentario. Il settore di traversia secondario invece ha un'ampiezza di 180 ° e comprende le direzioni tra 105° e 304°N ed è limitato a Sud da Torre Macchiatonda e a Nord dal promontorio di Ansedonia (Fig.4).



Fig.4. Analisi del settore di traversia nel tratto di costa oggetto di studio

I dataset utilizzati per l'analisi delle condizioni meteomarine che interessano il tratto di costa Marina di Montalto-Torre Flavia provengono dalle rilevazioni dirette di tre ondometri (RON e ENEL) e un anemometro (RMN). L'intervallo temporale preso in considerazione va dal 1994 al 2011 ed è stato definito considerando la disponibilità delle rilevazioni effettuate. All'interno di questo intervallo manca l'arco temporale 2007-2008 e quello 2002-2003 in quanto le boe ondometriche in questi periodi non hanno effettuato rilevazioni. La Rete Ondametrica Nazionale gestita dall'ISPRA dal 1989 ha posizionato 14 boe in varie zone delle coste italiane. La stazione di Capo Linaro posta sui 100 m di profondità (Lat 42°00'00" N Long 11°46'36.1" E) è attiva dal 2004 e consiste in una boa direzionale TRIAXYS, fabbricata dalla ditta canadese Axys Technologies Inc. I dati sono stati acquisiti per periodi di 30 minuti ogni 3 ore (fino al 2006) e per periodi di 20 minuti ogni 30 minuti dal 2006 ad oggi. Dalla registrazione dello spettro d'onda sono ottenuti i seguenti principali parametri statistici che descrivono il moto ondoso:

- $H_m0$  (metri) altezza d'onda significativa;
- $T_p$  (secondi) periodo di picco;
- $T_m$  (secondi) periodo medio;
- $D_m$  (gradi N) direzione media di propagazione.

L'ENEL ha posizionato due boe ondamiche entrambe poste a largo di Torrevaldaliga a circa 30 m e 50 m di profondità. La prima con coordinate Lat  $42^\circ 07' 00''$  N e Long  $11^\circ 43' 48''$  E è stata in funzione dal 1994 al 1997 e la seconda posizionata a Lat  $42^\circ 07' 30''$  N e a Long  $11^\circ 44' 30''$  E ha prodotto dati dal 1998 al 2001.

I dati di vento sono stati acquisiti dalla Rete Mareografica Nazionale che è composta da 26 nuove stazioni di misura uniformemente distribuite sul territorio nazionale ed ubicate prevalentemente all'interno delle strutture portuali. La centralina di Civitavecchia situato all'interno del porto (Lat  $42^\circ 5' 37.19''$  N Long  $11^\circ 47' 22.85''$  E) è gestita dall'ISPRA e fornisce dati meteorologici tra cui la velocità e direzione del vento.

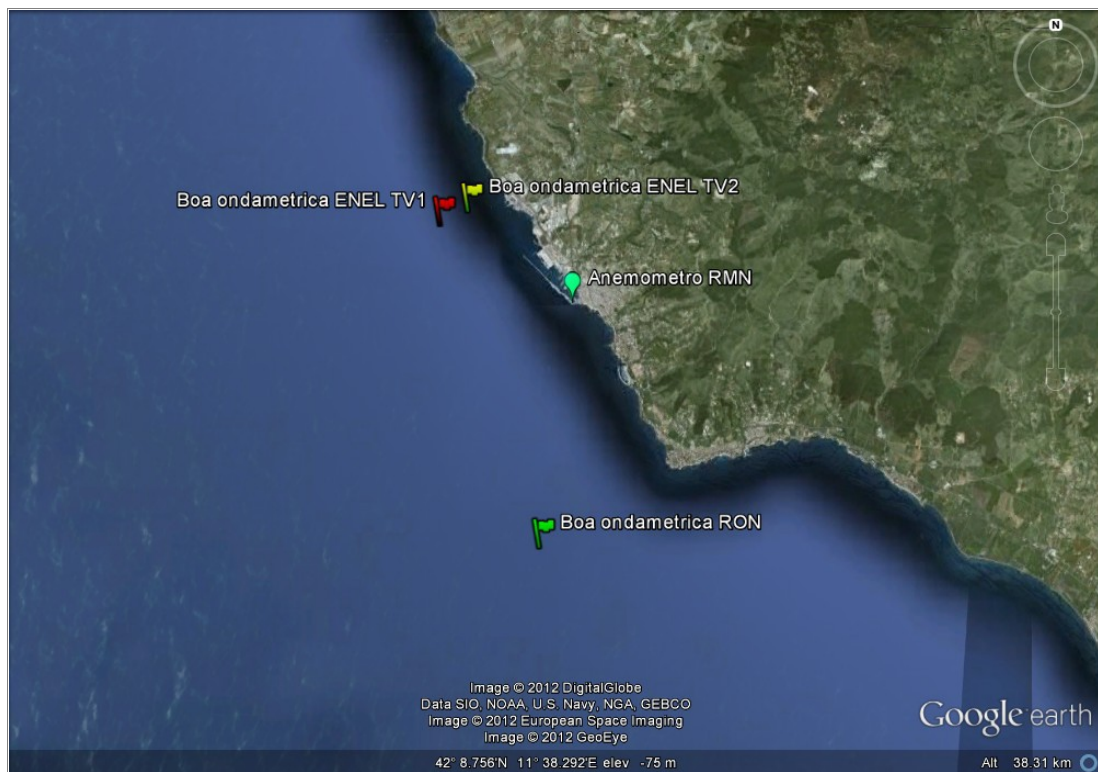


Fig. 5. Posizione delle boe ondamiche e della centralina meteo all'interno dell'area di studio



Considerando la massima distanza (circa 13 km) tra le tre boe ondametrichi prese in considerazione in questo studio, si può ritenere che queste siano interessate dalle stesse condizioni meteomarine e quindi i dati acquisiti possono essere confrontabili tra loro, ad eccezione per gli eventi provenienti dal secondo quadrante. Infatti, la posizione degli ondometri dell'ENEL risulta riparata rispetto agli eventi provenienti da SE, fino a  $136^\circ$  per la boa ENEL TV1 e fino a  $141^\circ$  per la boa ENEL TV2 come osservabile in Fig.6.

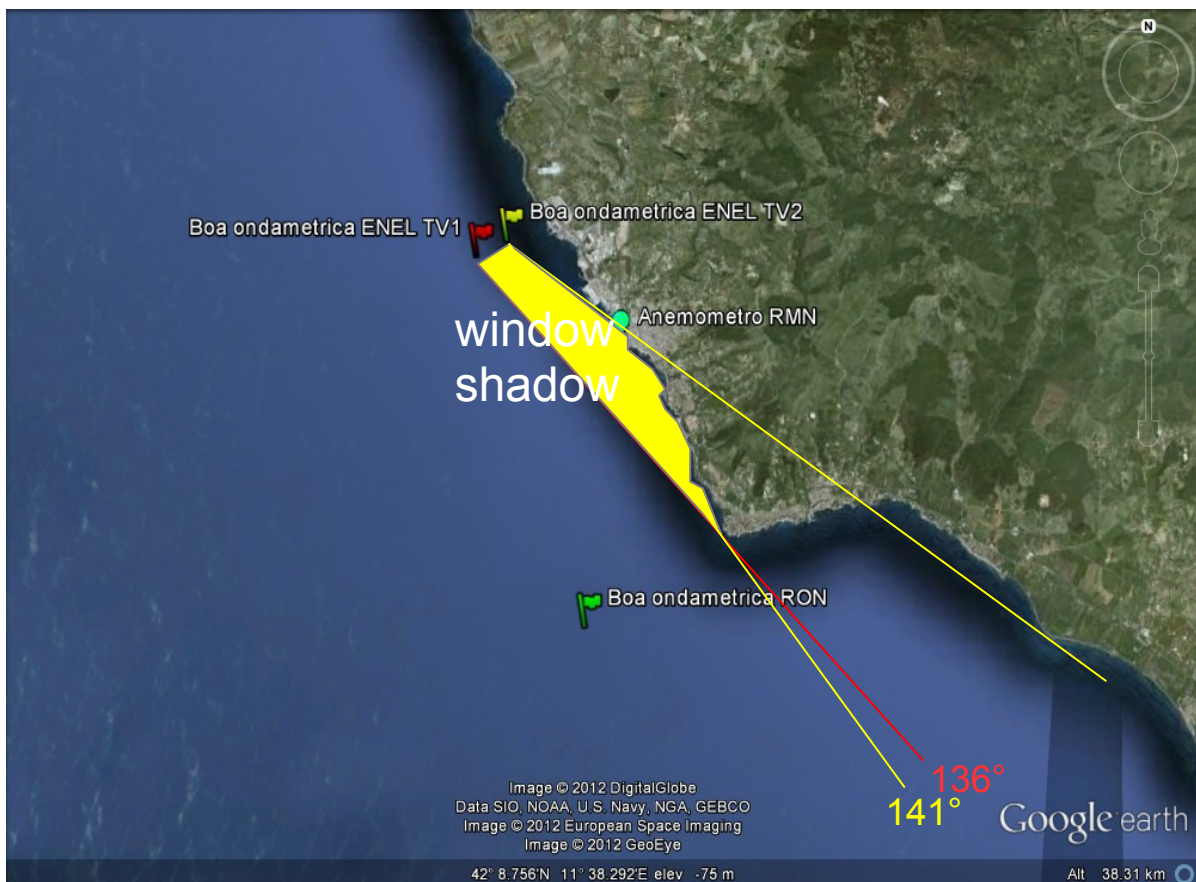


Fig.6. Zona d'ombra delle boe ondametrichi di ENEL rispetto agli eventi provenienti dal secondo quadrante

L'ondametro della RON è collocato invece in una posizione ottimale in quanto riesce a registrare tutti gli eventi che ricadono all'interno del settore di traversia della zona di studio.

Di seguito sono riportati i climi ondosi relativi agli anni di rilevamento delle tre stazioni di misura:

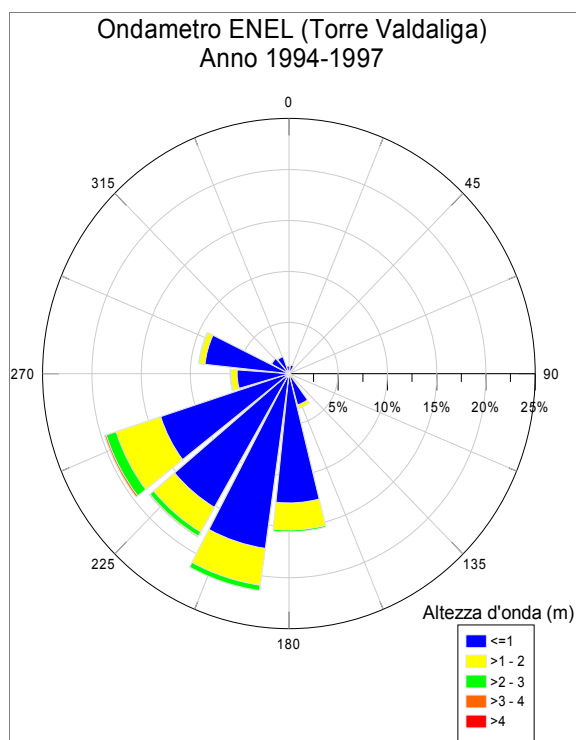


Fig. 7. Clima d'onda relativo all'ondametro di Torrevaldaliga (ENEL) nel periodo 1994-1997

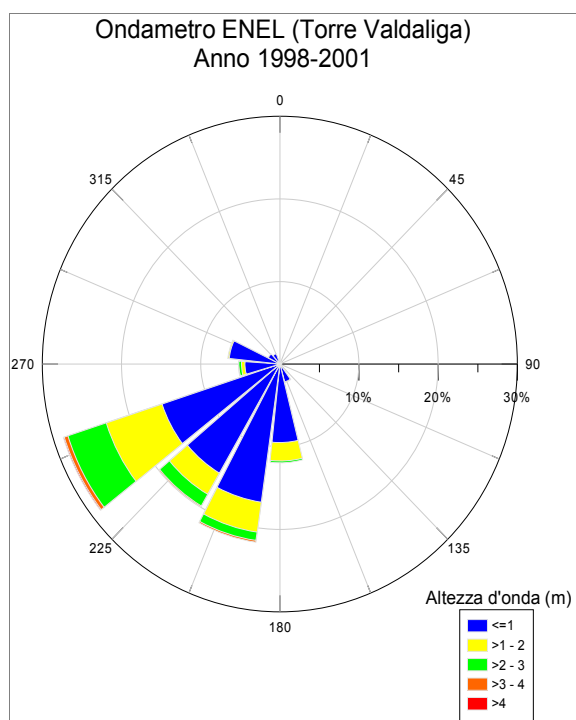


Fig. 8. Clima d'onda relativo all'ondametro di Torrevaldaliga (ENEL) nel periodo 1998-2001

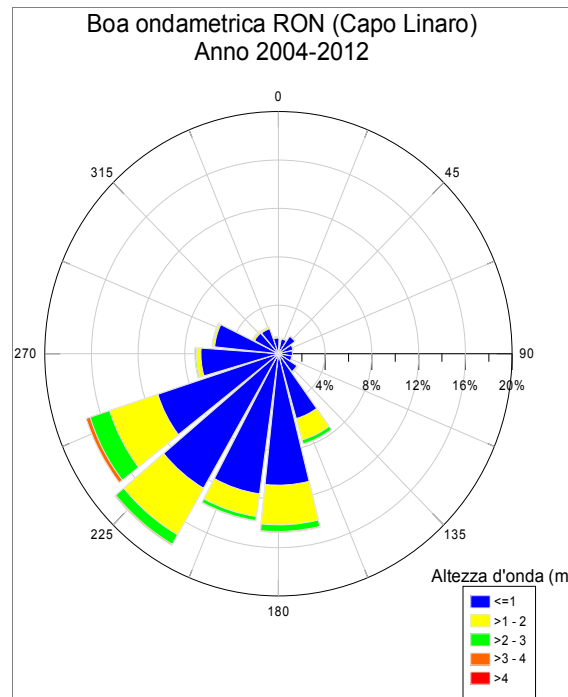


Fig. 9. Clima d'onda relativo all'ondametro di Capo Linaro (RON) nel periodo 2004-2012

La prima analisi effettuata ha visto la costruzione di climi ondosi considerando l'intero arco temporale in cui lo strumento ondometrico ha effettuato le rilevazioni in modo da poter effettuare una prima visione d'insieme dei fenomeni che hanno interessato la porzione di mare dove è situato lo strumento. Durante l'arco temporale che va dal 1994 al 1997 gli eventi meteomarini provengono principalmente dalle direzioni comprese tra S e WSW ed in particolare gli eventi regnanti hanno una direzione SSW mentre quello dominante proviene da WSW.

Tra il 1998 e il 2001 gli eventi con maggiore frequenza sono concentrati in un settore angolare più ristretto compreso tra SSW e WSW. In particolare il moto ondoso prevalente è concentrato all'interno del settore di direzione SW. All'interno dell'arco temporale esteso dal 2004 al 2012 si osserva come gli eventi meteomarini provengano preferenzialmente da S e WSW. Si può osservare inoltre che mentre il moto ondoso regnante proviene da SW quello dominante ha una direzione WSW.

L'anemometro RMN di Civitavecchia utilizzato per l'analisi dei dati ha prodotto rilevazioni lungo l'arco temporale compreso tra il 1998 e il 2011. La rappresentazione è avvenuta mediante la costruzione di un clima di vento di seguito riportato (Fig. 10).

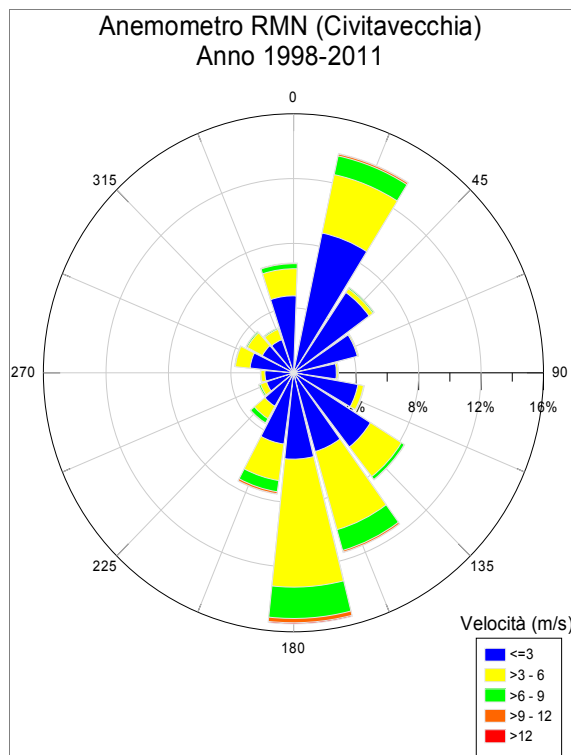


Fig. 10. Rosa dei venti relativa all'anemometro di Civitavecchia (RMN) nel periodo 1998-2011

Dal grafico si osserva come gli eventi prevalenti provengono da Mezzogiorno ed hanno un'intensità maggiore di 12 m/s. Venti di elevata intensità sono stati registrati anche per le direzioni SSW, SSE e NNE a cui è associata anche un'alta frequenza.

### 5.3. Biocenosi

Indagini pregresse eseguite dalla Nuova Indago Srl, dal Centro Interuniversitario di Biologia Marina (CIBM), dal Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche dell'Università della Tuscia e riportate nel citato "Studio per la valutazione di incidenza dei piani e progetti finalizzati allo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia", individuano otto principali tipologie di habitat per l'area vasta interessata dalle opere:

1. Roccia infralitorale;
2. Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di *Posidonia oceanica*;
3. Roccia con mosaico di associazioni fotofile e sciafile;
4. Massi e ciottoli;
5. Fondo mobile e/o matte morta, con sporadica presenza di *Posidonia oceanica*;

6. *Posidonia oceanica* su sabbia e/o matte (copertura  $30\% < Po < 80\%$ );
7. Coralligeno;
8. Fondo mobile (ghiaia, sabbia, fango);



Fig. 11. Inquadramento dell'area costiera di interesse per gli impatti delle opere (cartografia Regione Lazio, modificato).

La roccia infralitorale si estende dalla linea di costa a pochi metri sotto la superficie del mare, fino ad una profondità massima di 18/20 metri. Tale piattaforma rocciosa si caratterizza nella tipologia di habitat n. 2 da un mosaico di alghe fotofile e macchie di *Posidonia oceanica* insediata su roccia. All'aumentare della profondità il fondale roccioso diviene progressivamente più eterogeneo con presenza di avvallamenti e buche che costituiscono dei catini di accumulo di sedimenti sabbiosi con alta percentuale di clasti organogeni e presenza di macchie di *Posidonia oceanica* non costituenti tuttavia delle vere e proprie praterie. L'habitat n.3 è presente a profondità comprese tra i 10 ed i 15 metri in cui si osserva un progressivo aumento di associazioni di tipo sciafilo con presenza della componente fotofila che è sostituita

progressivamente, attorno ai 15 metri di profondità, da popolamenti coralligeni (habitat n. 7). Il coralligeno si presenta in strutture affioranti il fondo mobile soprattutto a profondità maggiori ed ha una distribuzione non omogenea in tutta l'area costiera considerata.

Gli habitat n. 5 e n. 6 sono costituiti da porzioni di fondo mobile occupato da *Posidonia oceanica*, l'habitat n.5 è costituito da praterie in evidente stato di sofferenza con presenza sporadica della pianta mentre l'habitat n. 6 costituisce la vera e propria prateria di *Posidonia* la cui estensione si osserva esclusivamente nelle porzioni estreme del SIC ITA6000005 (al largo di P.ta S. Agostino a nord) e presso P.ta Mattonara a sud. Il SIC ITA6000006 è caratterizzato invece da una maggiore presenza dell'habitat n. 6 soprattutto nel settore centrale tra il porto turistico di Riva di Traiano e Capo Linaro e al largo dell'abitato di S. Marinella. Praterie di *Posidonia* sono infine presenti in un'area prossima al porto di Civitavecchia.

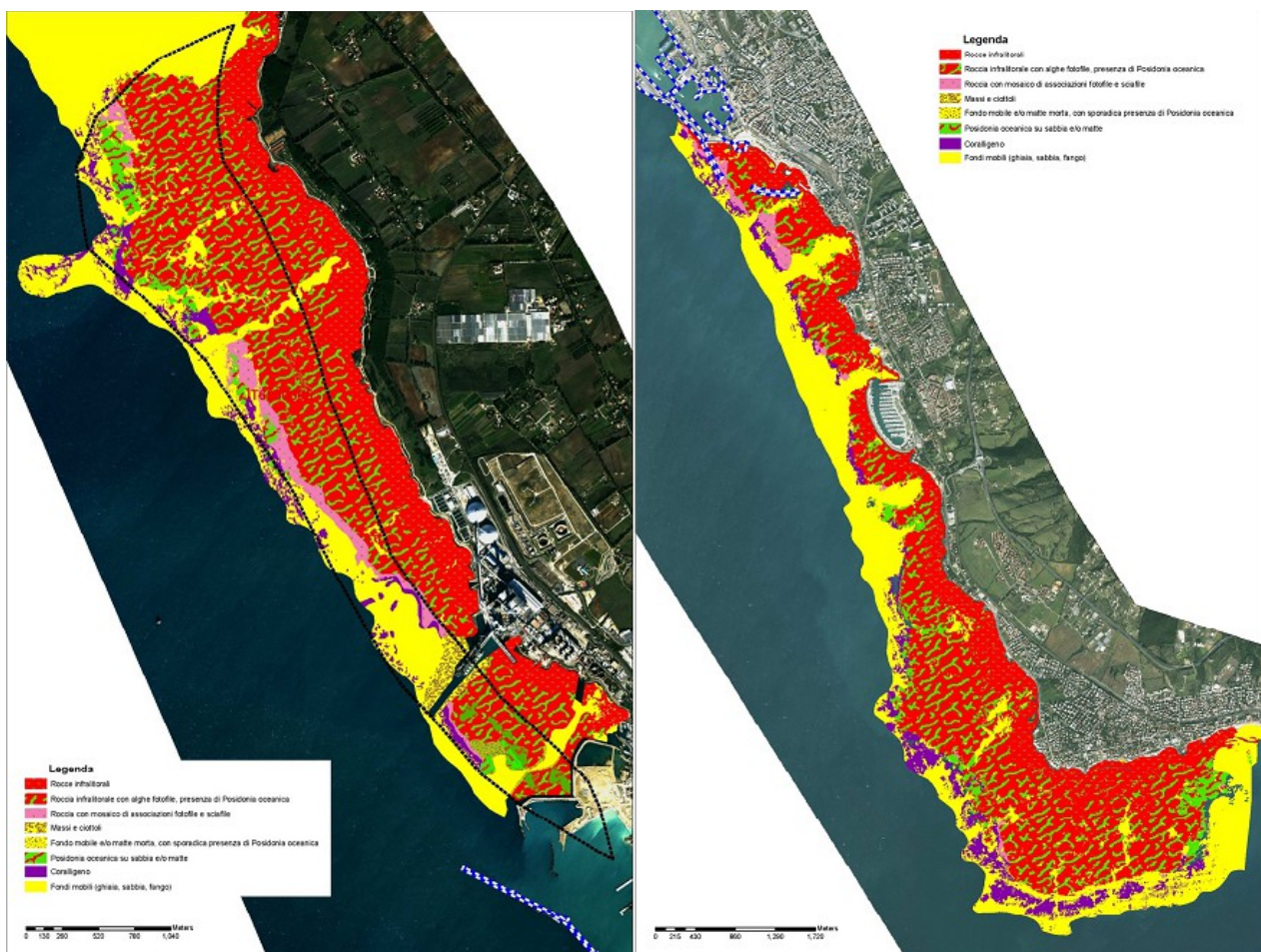


Fig.12. Carte bionomiche relative al SIC IT6000005 (sinistra) e IT6000006 (destra) (cartografia Regione Lazio, modificato).

### 5.3.1. Le Praterie di *Posidonia oceanica* nel contesto di studio

La *Posidonia oceanica* è una specie considerata indicatrice dello stato di qualità del corpo idrico che colonizza; ciò è dovuto alla sua sensibilità e in particolare, sia alle variazioni della torbidità della colonna d'acqua che sovrasta le praterie, sia alle variazioni dei ratei sedimentari. L'aumento della concentrazione dei materiali presenti in sospensione nella colonna d'acqua (quindi la diminuzione della trasparenza del mezzo acquatico), porta molto spesso ad una regressione del limite inferiore di questi ecosistemi a causa della riduzione della disponibilità di radiazione luminosa utile per la fotosintesi. Gli studi eseguiti nel corso degli ultimi anni hanno messo in evidenza la tolleranza della pianta a basse intensità di luce; in particolare è stato stimato che il quantitativo minimo di luce richiesto ai fini della sopravvivenza della pianta si aggira tra il 7.8% ed il 16% della radiazione solare incidente (Drew, 1978; Duarte, 1991; Della Via et al. 1998; Ruiz e Romero, 2003). In presenza di una quantità di luce inferiore al limite richiesto, la pianta ha la capacità di sopravvivere per un periodo non superiore ai 24 mesi (Gordon et al., 1994). Un altro impatto causato dalle attività di dragaggio, è la variazione dei ratei di sedimentazione, con una conseguente diminuzione della densità dei fasci fogliari delle praterie nei punti di maggior accumulo del materiale presente in sospensione. Per la *Posidonia oceanica* questa variazione può essere fatale portando al seppellimento e, di conseguenza, al soffocamento dei meristemi apicali della pianta, che non sono in grado in poco tempo di rispondere al disturbo aumentando la propria crescita verticale (otrotropa) o, nel caso contrario, allo scalzamento dei rizomi presenti nelle zone più sensibili della prateria. È stato stimato che in caso di tassi di sedimentazione superiori ai 5 cm/anno, la pianta non è in grado di reagire e molto spesso si assiste ad una significativa mortalità. La movimentazione massiccia di sedimenti durante le attività di dragaggio, molto spesso, comporta anche una significativa variazione tessiturale dei materiali che si depositano nelle praterie ed una maggiore presenza di sostanza organica che si va a depositare insieme ai sedimenti più fini. Questo può determinare situazioni altamente anossiche nel sedimento che ricopre i rizomi e le radici delle piante, alterandone la capacità di assorbire i nutrienti (Manzanera, et al., 1995).

Dell'habitat delle praterie di *Posidonia oceanica* fa parte la specie *Pinna nobilis*, mollusco bivalve endemico del Mar Mediterraneo, il quale può raggiungere anche considerevoli dimensioni (altezza delle valve > 1 m). A causa dell'aumento delle attività antropiche e della pesca indiscriminata, questa specie è stata da tempo inserita nelle liste di protezione di molti paesi (Zavodnik et al. 1991;

Richardson et al. 1999; Centoducati et al. 2007; Katsanevakis et al. 2011). Le attività di dragaggio incidono sulle popolazioni di *Pinna nobilis* a causa della distruzione diretta degli habitat in cui queste si distribuiscono, determinandone la scomparsa da numerosi siti lungo le coste. Tuttavia, in letteratura non sono presenti studi relativi agli effetti di un'eccessiva sedimentazione provocata dalle attività di dragaggio su questo bivalve.

Per quanto riguarda l'ambito costiero potenzialmente soggetto ad impatti per le attività di dragaggio in riferimento all'habitat 1120, è possibile avvalersi di una serie di attività di ricerca svolte nel corso degli anni che hanno permesso di ottenere numerose e preziose informazioni sullo stato attuale delle praterie di *Posidonia oceanica* situate nel tratto di costa laziale tra Marina di Tarquinia e Santa Severa, un'area caratterizzata da un'elevata eterogeneità geomorfologica e da un'ampia varietà di potenziali stressori, naturali ed antropici. Le analisi dei principali descrittori sono state condotte in termini spaziali, produttivi e genetici ai fini della comprensione delle complesse dinamiche coinvolte.

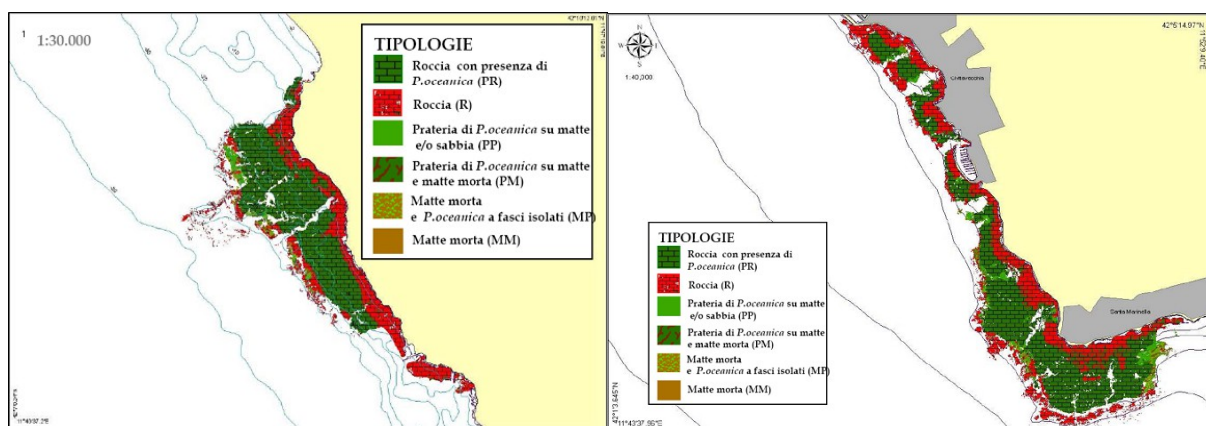


Fig. 13. Cartografie della distribuzione di *P. oceanica* nei SIC IT6000005 (sinistra) e IT6000006 (destra) (da Patocchio, 2014, modificato)

In primo luogo è stato osservato che la distribuzione delle praterie riflette le condizioni di un habitat morfologicamente frammentato con solo poche zone dei SIC di riferimento riconducibili alla categoria di “prateria densa” (classe II secondo Giraud, 1977) o di “prateria in equilibrio” (Pergent et al., 1995). In generale le praterie dell'area rientrano nella categoria di “semi-prateria” di Giraud (1977) o “prateria molto disturbata” di Pergent et al., (1995) e soprattutto nelle categorie “rada” o “molto rada” (Giraud, 1977), oppure in “praterie disturbate” (Pergent et al., 1995). La densità



assoluta delle praterie è stata analizzata secondo 3 parametri abiotici, la profondità, il substrato e la posizione geografica di appartenenza, mostrando differenze significative per quanto riguarda i primi due. I valori di produzione totale (epigea + ipogea) più bassi sono stati registrati per l'area in prossimità del Rio Fiume (S. Severa-RM) che mostra anche i più bassi valori di densità assoluta e variabilità genetica dell'intera area di studio. L'area di prateria in prossimità della centrale di Torrevaldaliga mostra invece i valori più elevati di densità assoluta, ma anche l'età media e la lunghezza totale media fogliare più basse (quest'ultimo valore è giustificato dalla scarsa profondità). L'analisi della variabilità genetica si è rivelata molto utile nel confermare l'ipotesi di partenza che, data l'estrema frammentazione dell'habitat e le numerose attività antropiche costiere, le praterie, anch'esse frammentate, rispondessero "localmente" alle variabili ambientali alle quali sono sottoposte, soprattutto in termini di densità, copertura, età, produzione, genetica. In effetti, nonostante l'elevata eterogeneità riscontrata nell'area di studio, le differenze nei parametri analizzati tra i siti sono maggiori delle differenze all'interno di ciascun sito. La variabilità genetica interpopolazione è quindi risultata essere maggiore di quella intra-popolazione e le risposte da parte delle piante in termini genetici sono "sito-specifiche" e confermano i particolari adattamenti locali. In generale si evidenzia la presenza di 3 grandi gruppi di praterie che corrispondono alle 3 zone geografiche (e alle 3 diverse tipologie di impatto costiero) identificate nell'area di studio: l'area nord, caratterizzata principalmente dalla presenza delle due centrali elettriche e di un impianto di acquacoltura; l'area centrale, che comprende la presenza del Porto di Civitavecchia e di altri due porti commerciali; l'area sud, caratterizzata da turismo di massa, urbanizzazione costiera e nautica da diporto. Il risultato dell'analisi spiega che praterie sottoposte condizioni ambientali simili, rispondono, in termini genetici, in modo simile, formando 3 cluster distribuiti filogeograficamente lungo l'area di studio (Fig. 14).

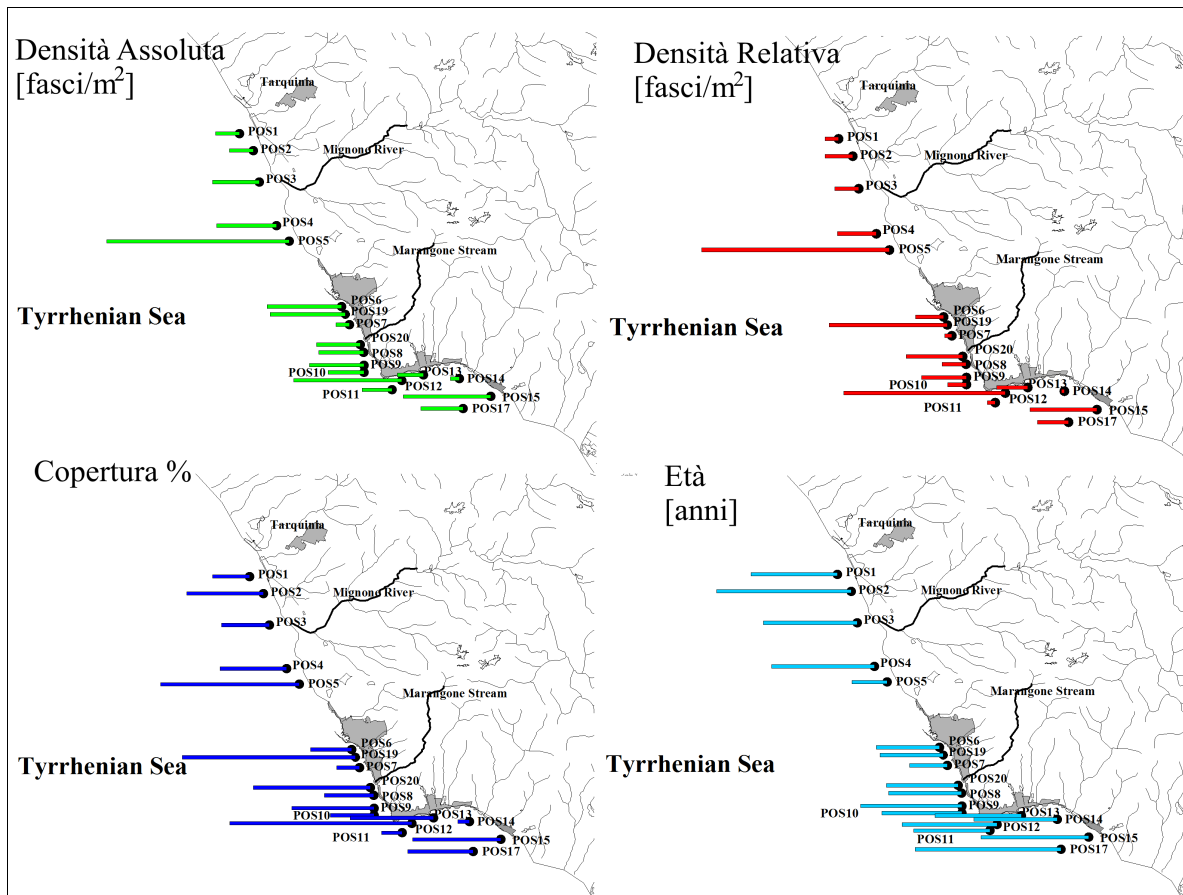


Fig. 14. Carte di densità, copertura, densità relativa ed età per l'intera area di studio

Per quanto riguarda la presenza di *Pinna nobilis* nell'area di interesse, è possibile fare riferimento ai risultati espressi nel citato “Studio per la valutazione di incidenza dei piani e progetti finalizzati allo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia” in cui si attesta complessivamente, in tutta l'area effettivamente indagata, la presenza mediamente di circa 42 ind/ha.

### 5.3.2. I reef nel contesto di studio

Un altro ecosistema che gioca un ruolo ecologico fondamentale per l'ambiente marino costiero è rappresentato dalle biocostruzioni coralligene, ossia l'insieme delle strutture organogene costruite da organismi, sia vegetali che animali. Tali strutture, formate principalmente da carbonato di calcio, generalmente forniscono un substrato di colonizzazione e di riparo utile per altri organismi. In Mediterraneo, la maggior parte dei biodepositi presenti sono costruiti da organismi incrostanti quali

alghe rosse, celenterati bentonici, policheti e briozoi (Laborel, 1987; Bianchi, 1997; Cocito e Ferdeghini, 2001). La presenza di organismi vegetali e animali in grado di costruire formazioni calcaree dipende dalla profondità in cui si trovano. Nelle zone più superficiali, in cui sussistono le condizioni per la presenza di organismi incrostanti, le biocostruzioni presenti sono principalmente costituite da alghe rosse (Corallinaceae) sciafile, mentre con l'aumentare della profondità diminuisce la componente vegetale a favore degli organismi animali. La variazione dei pattern sedimentari lungo le aree costiere, molto spesso dovuti alla risospensione di materiali di granulometria fine durante le attività di dragaggio, è una minaccia per la ricchezza e la biodiversità delle comunità bentoniche (Airoldi e Cinelli, 1997). La sedimentazione può agire attraverso diversi meccanismi; i sedimenti che si depositano sul fondo danneggiano in particolar modo gli organismi sessili, intasandone gli apparati di filtrazione ed inibendone la crescita ed i processi metabolici. Il sedimento risospeso dai dragaggi può aumentare la torbidità dell'acqua, compromettendo in tal modo la produzione delle alghe incrostanti che formano le biocostruzioni, e delle zooxantelle, microalghe simbiotici di alcuni organismi sessili (Airoldi, 2003). Il corallo rosso (*Corallium rubrum*, Linneo, 1758), specie endemica del Mar Mediterraneo facente parte dell'habitat del coralligeno, è una specie longeva e caratterizzata da accrescimento lento; pertanto le popolazioni hanno tempi di resilienza lunghi.

Per quanto riguarda l'ambito costiero potenzialmente soggetto ad impatti per le attività di dragaggio e di costruzione delle Opere de quibus in riferimento all'habitat 1170 si segnala la presenza di indagini conoscitive circa la presenza di questo habitat nell'area in oggetto. Tali indagini oltre quanto ampiamente documentato al paragrafo 1.4.2 del citato “Studio per la valutazione di incidenza dei piani e progetti finalizzati allo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia”, sono state condotte dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale e Ecologia Marina dell'Università degli Studi la Tuscia “in collaborazione con l'Associazione “I Tirreni”. L'area di indagine, di circa 17 Km<sup>2</sup>, è localizzata a nord della Centrale di Torrevaldaliga e si estende dalla torre petrolifera (ubicata a nord e a 3 nm circa di distanza dal porto di Civitavecchia) alle Saline di Tarquinia per un tratto di costa di circa 18 Km lineari. La superficie di indagine è localizzata a circa 1,8 nm dalla costa ed è compresa tra le batimetriche dei 30 e 50m. Su questi fondali si segnala la presenza affioramenti rocciosi isolati di coralligeno e precoralligeno che costituiscono dei veri e propri “hot spot” di biodiversità con enorme importanza ecologica e biologica (Fig. 15).

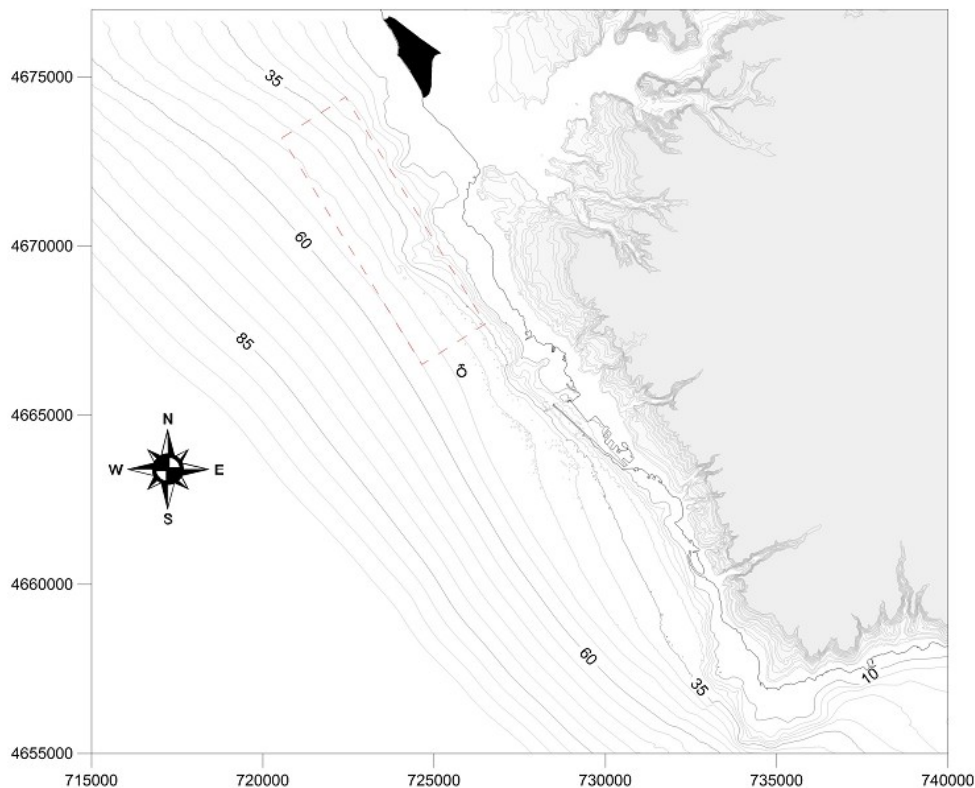


Fig. 15. Localizzazione dell'area di indagine per l'individuazione di reef a nord del Porto di Civitavecchia

I fondali presenti nell'area sono composti principalmente da sedimenti sabbioso-fangosi e fangosi e sono caratterizzati dalla biocenosi del VTC (fanghi terrigeni costieri); questa biocenosi, inserita nel piano circalitorale, si riscontra in aree dove le condizioni idrodinamiche favoriscono la deposizione delle frazioni più fini di sedimento ed è caratterizzata da organismi detritivori e limivori come il polichete *Sternaspis scutata* e l'echinoderma *Leptopentacta elongata*.

Dal fondale fangoso in alcuni punti si possono osservare affioramenti di strutture rocciose di varia forma e dimensione. La profondità a cui sono localizzati tali affioramenti fa sì che le loro pareti siano colonizzate da comunità caratteristiche del piano circalitorale. Tale piano, secondo il modello di zonazione del benthos marino proposto da Peres e Picard (Peres e Picard, 1964), rappresenta la parte più profonda del sistema fitale e si estende dal limite inferiore del piano infralitorale (limite di sopravvivenza delle specie vegetali, macrofite e fanerogame, fotofile) sino al limite della piattaforma continentale, intorno alla batimetrica dei 200 m. Il piano circalitorale è caratterizzato da

basse intensità di luce, comprese tra 0.01-0.9% della radiazione superficiale e da un basso idrodinamismo con presenza di correnti di fondo di intensità variabile. La biomassa animale è sempre dominante sulla biomassa vegetale; in alcune zone, infatti, troviamo comunità totalmente prive della componente algale, con la graduale sostituzione delle specie vegetali presenti nell'infralitorale con organismi animali sessili. Caratteristico di questo piano è la presenza importante di formazioni coralligene, di origine biologica ad opera di alghe incrostanti (Corallinales) e popolamenti animali sessili, che aumentano l'eterogeneità e la complessità del substrato; i maggiori rappresentanti della fauna sessile che contribuisce alla formazione di queste biocostruzioni, sono principalmente briozoi incrostanti, celenterati coloniali appartenenti all'ordine Gorgonacea (*Paramuricea clavata*, *Enicella cavolinii*, *Corallium rubrum*) e spugne a portamento sia eretto che incrostante. L'area è interessata dalla presenza di una particolare formazione organogena detta "La Murata" che racchiude, in un contesto spaziale relativamente piccolo, comunità particolarmente importanti dal punto di vista ecologico e naturalistico, la cui distribuzione è dettata dalle caratteristiche edafiche ed abiotiche delle pareti. In particolare, la parete esposta a sud si estende da una profondità di 23 metri fino a massimo 40 metri, con una pendenza leggermente minore rispetto alla parete nord. La biocenosi presente su questa parete è la Biocenosi del Coralligeno (C) (Peres & Picard, 1964; Meinesz, et al., 1983), nettamente sciafila con organismi adattati ad intensità luminose pari allo 0.1-1% della luce incidente superficiale.

La specie dominante presente sulla parte superiore del promontorio sommerso e sulla sua parete meridionale è la *Paramuricea clavata*, presente in ambiente moderatamente esposti alle correnti; le colonie si presentano di un colore rosso carmino e sono presenti con una elevata densità sulla parete meridionale e con una densità inferiore sulla parte superiore della Murata.

L'altezza e la densità che le colonie possono raggiungere fanno sì che la *Paramuricea* sia la specie strutturante di questa biocenosi; la sua sensibilità alle variazioni ambientali fanno sì che la sua presenza sia una buona indicatrice della qualità del sito con un aggiunto valore estetico, importante anche ai fini del turismo subacqueo.

La presenza di una così alta densità di gorgonie porta alla formazione, alla base di queste, in particolare sulla parete meridionale, di microhabitat in cui si insediano specie sciafile, caratteristiche della Biocenosi delle Grotte Semioscure, quali il *Corallium rubrum* e la *Leptopsammia pruvoti*.

Altre specie presenti in queste aree del promontorio sommerso sono i poriferi *Chondrosia*

*reniformis*, *Phorbas tenacior*, *Axinella verrucosa*, *Crambe crambe*, *Dysidea avara*; i celenterati *Parazoanthus axinellae* e *Cladocora caespitosa*; i briozoi *Smittina cervicornis* e *Reteporella sp.*; il tunicato *Halocynthia papillosa*; i gasteropodi *Felimare tricolor* e *Peltodoris atromaculata*; gli echinodermi *Astrospatus mediterraneus*, *Stylocidaris affinis* e *Sphaerechinus granularis*; il crostaceo *Palinurus elephas* e i pesci *Anthias anthias*, *Scorpaena scrofa*, *Chromis chromis*, *Phycis phycis*, *Muraena helena* e *Scyliorhinus canicula*.

La comunità algale risulta essere composta principalmente da alghe rosse incrostanti.

La parete settentrionale si estende verticalmente da una profondità di circa 23 metri fino a massimo 40 metri; i fattori abiotici dominanti hanno fatto sì che questa parete fosse colonizzata dalla Biocenosi delle Grotte Semioscure (GSO) (Peres & Picard, 1964; Meinesz et al., 1983), la cui specie caratteristica esclusiva risulta essere il *Corallium rubrum* (Linneo, 1758), presente in quest'area con colonie di dimensioni modeste (massimo 30 cm di altezza). Tale biocenosi manca completamente della componente vegetale, con una rete trofica composta da filtratori, detritivori e carnivori, e così, come suggerisce il nome, generalmente si sviluppa all'interno di grotte sommerse. Ciò non toglie che si presenti anche su pareti rocciose in cui i fattori abiotici dominanti favoriscano la crescita e la sopravvivenza delle specie caratteristiche. Il popolamento animale caratteristico varia sia qualitativamente sia quantitativamente in funzione dei fattori abiotici dominanti, in particolare dell'idrodinamismo, della quantità di luce presente e della moderata velocità di sedimentazione.

Il substrato risulta essere principalmente di natura organogena con una morfologia piuttosto accidentata che porta alla presenza di numerose sporgenze e anfratti, all'interno della quale spesso si rinvenivano numerose colonie di *Corallium rubrum*.

## 6. Impatti diretti e indiretti sugli habitat di riferimento

Lo sfruttamento delle zone costiere del Mediterraneo ha avuto un rapido aumento durante la seconda metà del XX secolo. L'aumento della popolazione e l'aumento del traffico marittimo, richiede sempre più frequenti interventi di riassetto logistico per l'adeguamento delle strutture portuali. Ciò comporta l'esecuzione di attività di dragaggio volte all'approfondimento dei canali di navigazione e alla costruzione di nuove banchine di ormeggio. Questi interventi arrecano un notevole impatto sull'ambiente marino; le attività di movimentazione dei sedimenti impattano gli ecosistemi marini sia in modo diretto (distruzione diretta degli habitat) sia in modo indiretto (dispersione del materiale dragato). In quest'ultimo caso, l'impatto sugli ecosistemi marini è riconducibile a:

- una diminuzione della trasparenza della colonna d'acqua, a causa di una maggiore concentrazione di materiali in sospensione;
- una variazione dei ratei di sedimentazione del materiale movimentato e perduto durante i lavori di escavazione dei fondali;
- una movimentazione di materiali generalmente contaminati e contenenti una grande quantità di sostanza organica, con conseguenti fenomeni di anossia nelle aree di maggior accumulo.

E' possibile schematizzare gli impatti per tipologia e per natura degli effetti in funzione delle varie fasi operative nel caso di costruzioni portuali che comportino dragaggio. Si distinguono quindi una serie di potenziali impatti sull'ecosistema marino che sono riconducibili alla fase di cantiere e alla fase post operam (fase post costruzione e fase di esercizio). La natura degli impatti sia diretti che indiretti è inoltre schematizzabile in funzione degli effetti nel tempo in modo da distinguere impatti permanenti e a lungo termine da impatti a scala locale i cui effetti hanno ripercussioni di durata più ridotta sull'ecosistema marino (Tab. 1).

<b>Categoria</b>	<b>Fase</b>	<b>Tipo di impatto</b>	<b>Natura dell'impatto</b>
Progetto	Fase di costruzione	Rimozione e seppellimento	permanente
	Fase post costruzione	<ul style="list-style-type: none"> <li>- variazioni dell'idrodinamica dovuti alle variazioni batimetriche</li> <li>- variazioni dei parametri chimico fisici della colonna d'acqua</li> <li>- variazioni nel ciclo di risospensione dei sedimenti</li> <li>- creazione di zone d'ombra a causa delle nuove strutture</li> </ul>	a lungo termine o permanente  a lungo termine o permanente  a lungo termine o permanente  permanente
	Fase di esercizio	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aumento degli scarichi</li> <li>- aumento del rischio di oil spilling</li> <li>- traffico navale</li> <li>- operazioni di manutenzione</li> </ul>	in genere accidentale  in genere localizzato permanente dipendente dalla gestione
Processo	Fase di costruzione	<ul style="list-style-type: none"> <li>- aumento della torbidità</li> <li>- variazioni dei tassi di sedimentazione</li> <li>- danneggiamento fisico dei substrati</li> </ul>	temporaneo ma con effetti potenzialmente permanenti temporaneo ma con effetti potenzialmente permanenti  permanente  dipendente dalla gestione
		- effetti sulla qualità delle acque	dipendente dalla gestione

Tab.1. Schema riassuntivo degli impatti diretti e indiretti sugli habitat 1120 e 1170 nel caso di dragaggi per opere portuali ( PIANC report 108-2010, modificato)



## 6.1. Impatti diretti sugli habitat per la costruzione dell'HUB Portuale di Civitavecchia

La valutazione degli impatti diretti viene qui riferita all'insieme delle opere previste per lo sviluppo dell'Hub Portuale di Civitavecchia. Nel dettaglio vengono considerati gli impatti diretti derivanti dal I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche sugli habitat di riferimento in relazione all'intervento di compensazione per l'habitat *Posidonia oceanica* (2.5 ha) e gli impatti diretti relativi alla costruzione della Darsena Energetico-Grandi Masse (8 ha habitat *Posidonia oceanica* e 3.5 ha habitat coralligeno). Il II Lotto Funzionale delle Opere Strategiche non presentando impatti diretti sui substrati e quindi sugli habitat considerati non rientra nella presente valutazione.

La Darsena Energetico-Grandi Masse come già indicato al capitolo 3 occuperà fisicamente una porzione del SIC IT6000005, per una estensione di circa 57.0 ha (Fig. 16) come riportato nello "Studio per la valutazione di incidenza dei piani e progetti finalizzati allo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia". Tale impatto diretto sui substrati provoca una riduzione di estensione, permanente ed irreversibile, a carico del SIC in questione che dai 435 ha indicati nella scheda Natura 2000 si riduce a 378 ha. Dai dati sopra menzionati, la perdita è quantificabile in un 13.1% della superficie totale del SIC. Le informazioni sulle distribuzioni delle biocenosi presenti sono riportate nell'Allegato 4 del documento citato e quantificano la presenza dell'habitat *Posidonia oceanica* (codice 1120\*), dell'habitat "coralligeno" (codice 1170), delle specie *Pinna nobilis* (codice 1028) e *Corallium rubrum* (codice 1001)

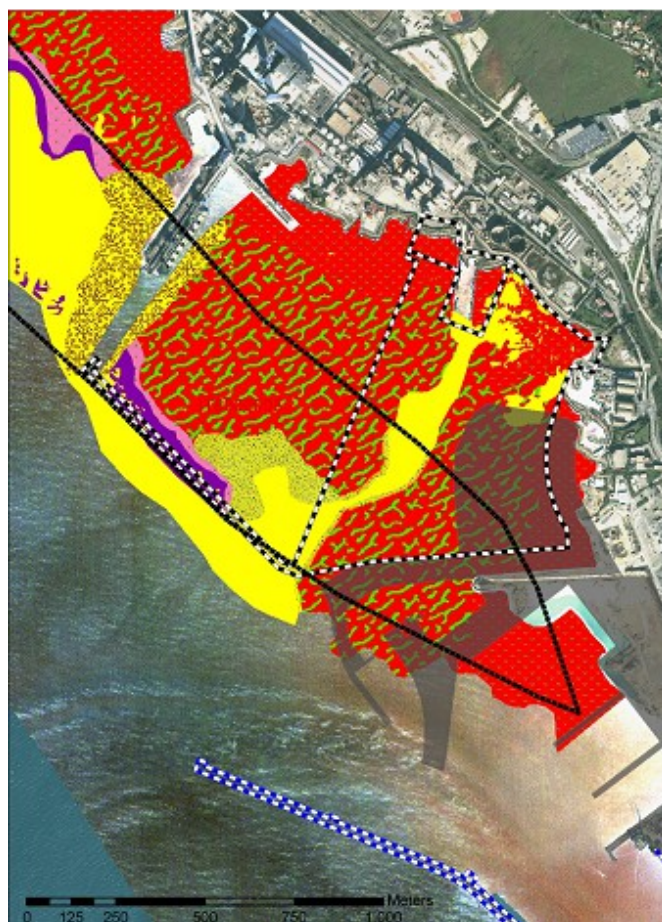


Fig. 16. Mappatura con sovrapposizione delle biocenosi presenti con l'area SIC IT6000005 (linea nera) e opere portuali previste (linea tratteggiata bianca e nera). (Cartografia Regione Lazio, modificato).

Habitat	Superficie (ha)	Copertura <i>Posidonia</i> minima (ha)	Copertura <i>Posidonia</i> media (ha)	Copertura <i>Posidonia</i> max (ha)
Roccia infralitorale con alghe fotofile, con presenza di <i>Posidonia oceanica</i> (copertura $Po < 30\%$ )	24.1	0	3.6	7.2
<i>Posidonia oceanica</i> (copertura $30\% < Po < 80\%$ )	7.9	2.5	4.4	6.3
Fondo mobile e/o matte morta, con sporadica presenza di <i>Posidonia oceanica</i> + Fondo mobile	8.8	Trascurabile	Trascurabile	Trascurabile
<b>TOTALE</b>	<b>40.8</b>	<b>2.5</b>	<b>8</b>	<b>13.5</b>

Tab. 2. Valutazione quantitativa della presenza di *P.oceanica* presso l'area interessata dalla costruzione della DEGM

Si evince quindi un impatto diretto stimabile in media in circa 8 ha di prateria di *Posidonia oceanica* a cui si aggiungono, per l'habitat coralligeno, in media circa 3.5 ha (come riportato nell'Allegato 4 della Fase I Screening). Per quanto riguarda gli impatti diretti sulla specie *Pinna nobilis*, sono state stimate perdite comprese tra i 105 e i 265 individui in totale. Per il *Corallium rubrum*, infine, si escludono impatti diretti dovuti alle opere dal momento che non sono mai stati osservati popolamenti di questa specie durante le indagini di campo.

### **6.1.1. Impostazione logica delle opere di compensazione proposte per gli impatti diretti**

In relazione alle raccomandazioni contenute nelle linee guida dell'ISPRA del 2014 "*Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri; il trapianto della Posidonia oceanica*", l'impostazione logica degli interventi compensativi per gli Habitat e le specie in oggetto, come successivamente dettagliato nel presente documento al capitolo 8, è basata su un approccio **non estensivo**. Tale approccio è stato elaborato anche in considerazione delle conoscenze acquisite con gli interventi pregressi di cui alla compensazione ambientale relativa al I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche per il porto di Civitavecchia.

Le linee guida indicate dal citato manuale vengono qui applicate per analogia anche per l'impostazione delle strategie di reinserimento delle specie di coralligeno, della *Pinna nobilis* e del *Corallium rubrum* con particolare riferimento ai seguenti punti:

- "*La gestione corretta di un intervento di trapianto non può prescindere dalla consapevolezza che il trapianto stesso è un lento processo di ricolonizzazione.*"
- "*Accanto all'idea di reimpiantare praterie distrutte, danneggiate o sofferenti per effetto delle alterazioni causate nel passato sull'ambiente marino-costiero (ad esempio variazioni della dinamica costiera indotte dalla realizzazione di opere costiere), negli ultimi anni il trapianto di limitati settori di praterie di *P. oceanica*, è sempre più spesso stato individuato, all'interno dei Decreti VIA relativi alla realizzazione di opere costiere, come forma di compensazione degli impatti associati*"
- "*In Mediterraneo sono diversi gli esempi di reimpianti di *P. oceanica*, quale misura di compensazione, realizzati senza tenere conto della necessità che le procedure di trapianto da un*

*lato devono essere sito-specifiche dall'altro devono essere inserite in più ampi progetti di gestione integrata della fascia costiera (Boudouresque et al., 2006)”*

*- “la necessità di una valutazione delle procedure più idonee da adottare caso per caso deriva non solo dalla complessità che caratterizza tali procedure, ma anche dalla constatazione dell'elevato numero di insuccessi documentati in letteratura, soprattutto per interventi di grande estensione. I risultati in termini di successo dei trapianti di fanerogame marine, in base ai dati disponibili su scala mondiale, restano alquanto contrastanti. In Mediterraneo, ad esempio, a più di 25 anni dal primo intervento di trapianto di talee di *P. oceanica* non si è costituita una vera prateria (Boudouresque et al., 2000)“*

*- “E' pertanto auspicabile investire in attività di ricerca volte a testare e sviluppare le tecniche di trapianto soprattutto per conoscere la variabilità delle risposte biologiche associate e selezionare quelle più idonee in funzione sia delle diverse caratteristiche dei siti sia delle specifiche esigenze progettuali.”.*

In funzione dei punti individuati, le compensazioni, da eseguire attraverso **reintroduzione e trapianti mirati** di *Posidonia oceanica*, specie di coralligeno, *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*, saranno supportate da strutture in grado di garantire un “**pool di biodiversità**” da cui attingere nel corso del tempo per l'utilizzo in siti opportunamente scelti attraverso analisi preliminari di dettaglio. L'utilizzo di tale “pool di biodiversità”, che è costituito, così come successivamente dettagliato, dal “bycatch” e da un insieme di tecniche di mantenimento e coltura in vasche e/o strutture adibite, ha il vantaggio di:

- aumentare la prospettiva di ottenere nel tempo una compensazione più elevata rispetto al danno stimato (sia esso diretto o indiretto) producendo benefici ambientali superiori al danno prodotto;
- ottimizzare le tecniche utilizzate in funzione delle condizioni specifiche dei siti prescelti;
- calibrare nel tempo protocolli di mantenimento, reinserimento e trapianto per l'area di interesse;
- diminuire gli impatti cumulativi dal momento che le attività di compensazione non estensive copriranno un arco temporale di almeno 10 anni;
- diminuire le probabilità di fallimento dei reinserimenti e reimpianti dal momento che questi verranno eseguiti in aree specifiche con frequenze successive e sempre in modo non estensivo;

- migliorare il monitoraggio dei risultati estendendo la copertura temporale delle attività di controllo a 10 anni.

### 6.1.2. Analisi dei servizi ecosistemici relativi agli habitat considerati

Nel corso degli ultimi 35 anni gli studi sulla diversità biologica nell'area di studio sono stati numerosi. Sono state svolte indagini ambientali sia di caratterizzazione ecologica dell'area, sia come monitoraggio pre e post-operam relativo ai numerosi lavori infrastrutturali relativi alle opere portuali ed energetiche. Il porto di Civitavecchia ha subito diversi lavori di espansione, allungamento della diga foranea e costruzione di nuove banchine, mentre per la centrale ENEL sono stati effettuati lavori di riconversione a carbone e costruzione del molo carbone all'interno della Darsena Energetica Grandi Masse. Tutte queste opere hanno comportato studi di impatto ambientale che hanno incluso una caratterizzazione dei popolamenti bentonici dell'area.

Nella Tabella 3 vengono riportati i principali studi di caratterizzazione ecologica effettuati nell'area:

Studio	Anno
Fresi E., Gambi M.C., Focardi S., Bargagli R., Baldi F., Falcai L. Benthic community and sediment types: a structural analysis. P.S.Z.N.I.: Mar. Ecol., 4(2): 101-121.	1983
Chimenz C., Contessini A. Benthic population of Torvaldaliga (Civitavecchia, Italy). Mollusca. - Descriptive analysis. Nova Thalassia, 8:21-35.	1986
Taramelli E., Chimenez C. Effects of thermal pollution on the benthic population at Torvaldaliga (Civitavecchia, Roma). MAP Technical Reports Series n. 40: 63-82.	1990
Taramelli E., Venanzangeli L. Benthic population in Torvaldaliga (Civitavecchia, Italy). Crustacea Amphipoda. Oebalia, XVI, N.S.:49-67.	1990
Chimenez C. Benthic population of Torvaldaliga (Civitavecchia, Italy). Sipuncula. Nova Thalassia, 10: 45-51.	1993
Rivosecchi Taramelli E., Chimenz C., Ardizzone G.D., Fornaseri A.V., Gioia L. – Caratteristiche delle biocenosi macrobentoniche delle coste laziali. In: Il Mare del Lazio: Elementi di oceanografia fisica e chimica, biologia e geologia marina, clima meteomarina, dinamica dei sedimenti ed apporti continentali. Università degli Studi di Roma “La Sapienza” – Regione Lazio, Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità, 147-217.	1996

Compagnia del Porto di Civitavecchia. Quadro di Riferimento Ambientale – SIA Darsena Energetico-Grandi Masse (Dec./VIA/2935 del 22/12/1997)	2000
Chimenz C., Gusso C., Gravina MF, Maggiore F.R. Temporal variations in soft bottom benthic communities in Central Tyrrhenian Sea (Italy). Archivio di Oceanografia e Limnologia 22:175–182.	2001
A.T.I. Quadro di Riferimento Ambientale – SIA Piano Regolatore Portuale 2004 – Opere Strategiche	2004
La Porta B., Targusi M., Lattanzi L., La Valle P., Paganelli D., Nicoletti L. Relict sand dredging for beach nourishment in the central tyrrhenian sea (Italy): effects on benthic assemblages. Marine Ecology, 30 (Suppl. 1):97-104.	2009
Università degli Studi della Tuscia - Nuova Indago S.r.l. - Opere strategiche per il Porto di Civitavecchia - 1° Lotto funzionale: Prolungamento Antemurale Colombo, Darsena Servizi e Darsena Traghetti. Monitoraggi ante operam e lavori in corso.	2011 - <i>in corso</i>

Tab. 3. Sintesi dei principali lavori di caratterizzazione del benthos nell'area di studio

Sulla base delle informazioni raccolte, nell'area sono state identificate le biocenosi bentoniche che sono descritte di seguito. Il dominio bentonico dell'area è caratterizzato da una elevata eterogeneità dei fondali e dei substrati, spesso molto evidente anche a livello locale. In alcune aree risulta difficile identificare biocenosi rigorosamente definite, in quanto il substrato di riferimento è costituito da un fitto mosaico tipologico. È quindi comune incontrare mosaici composti da sabbia e roccia, a volte in associazione con matte morta e fasci isolati di *P. oceanica*, o substrati duri intervallati da catini di sabbia. Tale eterogeneità della componente abiotica comporta una diversità biologica notevole, soprattutto per quanto riguarda i popolamenti delle aree miste a bassa profondità.

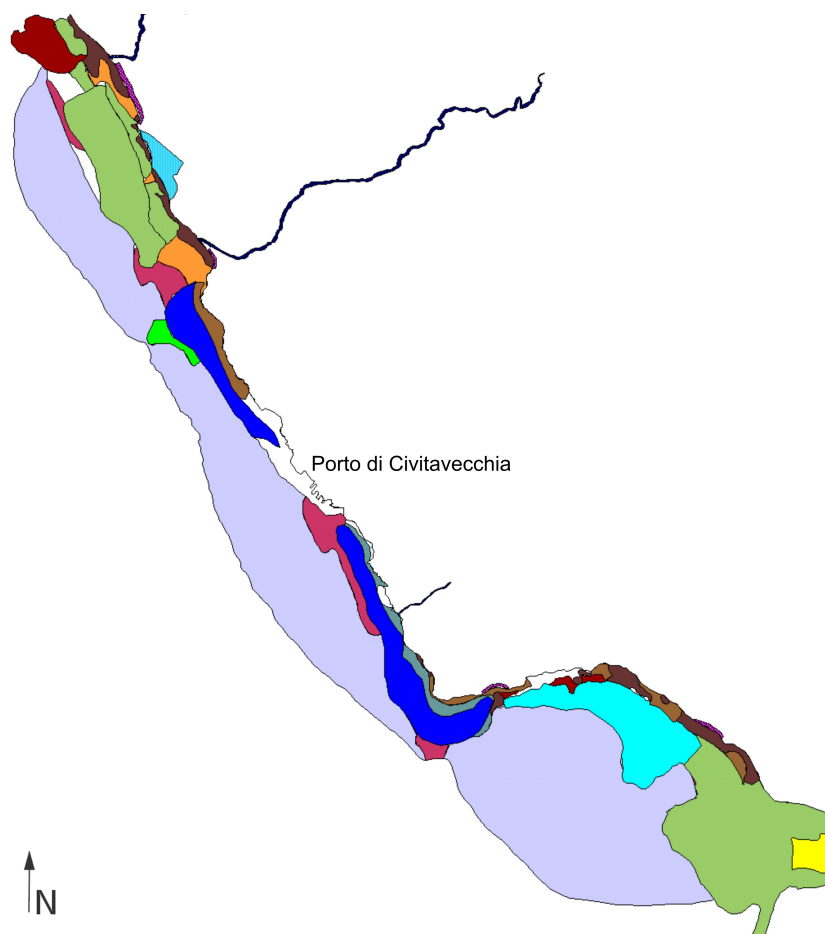













Fig. 17. Distribuzione spaziale delle biocenosi bentoniche

<b>Biocenosi</b>	<b>Legenda</b>
Sabbie Grossolane	
Sabbie Fini Ben Calibrate	
Vasi Terrigeni Costieri	
Transizione tra Sabbie Fini e Vasi Terrigeni Costieri	
Praterie di <i>P. oceanica</i>	
Detrito Costiero	
Alghe Fotofile Infralitorali	
Posidonia su roccia (copertura: 44-53%)	
Matte morta e Posidonia (copertura: 40%)	
Mosaico di Sabbia, Matte morta, Rocce organiche e Posidonia (copertura <30%)	
Mosaico di Sabbia, Matte morta e Posidonia (copertura <30%)	

Tab. 4. Principali biocenosi bentoniche individuate

Oggi è possibile disporre di oltre 50 anni di letteratura sui popolamenti bentonici del Mediterraneo, ciò garantisce una grande accuratezza nell'identificazione delle biocenosi presenti. Il sistema di classificazione selezionato qui è quello di Pérès e Picard, che considerano la penetrazione della luce come principale elemento di selezione. La approfondita conoscenza del dominio bentonico mediterraneo rende quindi il sistema di classificazione uno strumento potente nella gestione e nella programmazione della costa. Il sistema di classificazione del dominio bentonico, infatti, permette di identificare l'ecosistema di una data area attraverso l'identificazione di specie caratteristiche ed accessorie. Ciò consente di desumere la vasta serie di informazioni sui parametri ambientali come idrodinamismo, penetrazione della luce, tasso di sedimentazione o potenziali sorgenti di disturbo, nonché la loro variazione nel tempo, in maniera efficace ed accurata. Il sistema di classificazione delle biocenosi bentoniche, dunque, risulta ancora più utile quando lo scopo con cui si raccolgono le informazioni è guidare una gestione sostenibile degli spazi e delle risorse costiere, poiché permette di pianificare gli usi del mare ed eventuali interventi di conservazione, tenendo nella maggiore considerazione gli effetti diretti ed indiretti delle perturbazioni ambientali.

#### ***Valutazione economica dei benefit con valore d'uso forniti dalle praterie di *Posidonia oceanica****

Per produrre una valutazione economica degli ecosistemi è necessario effettuare una valutazione delle funzioni e dei servizi ecosistemici che un determinato habitat può fornire. Tale valutazione deve tenere in considerazione tutta la lunga serie di vantaggi che l'uomo può derivare da un sistema naturale. Per quanto risulti evidente come tale approccio sia basato su una visione antropocentrica dell'ambiente, ciò non significa che il vantaggio economico di una comunità debba necessariamente essere posto in primo piano rispetto alle esigenze di tutela e conservazione dei sistemi naturali. È proprio in questa precisazione che si può trovare l'effettiva utilità dell'approccio proposto negli ultimi anni dall'economia ecologica. Ovviamente, nel momento in cui si sceglie di affrontare il tema degli ecosistemi da un punto di vista economico si deve far riferimento alle attività produttive ed alle possibilità di sviluppo economico di quelle comunità che vivono in relazione ad un preciso ecosistema.

Per arrivare ad una descrizione del valore economico totale (TEV) di un ecosistema è necessario individuare le singole caratteristiche che apportano valore al sistema, tali caratteristiche sono i beni ed i servizi che tale ambiente è in grado di fornire, definite solitamente come funzioni



ecosistemiche. In generale è possibile dividere le funzioni in due categorie (TEEB 2010): funzioni con valore legato all'uso (UV) e funzioni con valore non legato all'uso (NUV), a seconda che il beneficio derivante dalla funzione sia dato da un uso diretto della risorsa o dalla stessa esistenza della funzione. I due gruppi possono essere a loro volta suddivisi; le funzioni con valore legato all'uso possono essere classificate in: uso diretto (DUV, ovvero benefici derivanti dall'utilizzo diretto di risorse o spazi marittimi), uso indiretto (IUV, benefici legati al funzionamento dell'ecosistema ed alla sua sopravvivenza) e opzione d'uso (OUV, benefici derivanti dalla possibilità di utilizzi futuri delle risorse). Le funzioni con valore non legato all'uso possono essere divise in: valore di lascito (BV, benefici derivanti dalla possibilità di mantenere intatto il valore di un ecosistema per le generazioni future) e valore di esistenza (EV, benefici derivanti dal valore intrinseco di un ecosistema anche a prescindere dai valori legati all'uso).

<b>VALORE LEGATO ALL'USO</b>	Esempi	<b>VALORE NON LEGATO ALL'USO</b>	Esempi
Uso Diretto	Pesca; attività marittime	Valore di lascito	Stato di conservazione delle risorse
Uso indiretto	Ossigenazione delle acque; nursery; remineralizzazione nutrienti	Valore di esistenza	Ricchezza in diversità di ecosistemi e specie
Opzione d'uso	Energie rinnovabili marine		

Tab. 5. Tipologie di servizi ecosistemici calcolabili in termini economici. Classificazione generale

Riassumendo, il valore economico totale di un ecosistema è dato dalla seguente formula:

$$TEV = UV + NUV = (DUV + IUV + OUV) + (BV + EV)$$

Se si prende in considerazione il valore economico totale di un tipico ambiente marino costiero mediterraneo, riassumendo i lavori realizzati da Nunes, Remoundou de Groot, i principali parametri che devono essere presi in considerazione per la valutazione sono i seguenti:

VALORE LEGATO ALL'USO		VALORE <i>NON</i> LEGATO ALL'USO	Esempi
<b>Uso Diretto</b>	Produzione di cibo	<b>Valore di lascito</b>	Variazione nel tempo degli usi diretti
	Attività marittime		Variazione nel tempo degli usi indiretti
	Turismo ed attività ricreative	<b>Valore di esistenza</b>	Ricchezza di specie
	Produzione di materiali con utilizzo commerciale		Abbondanza di esemplari per specie
	Capacità di assorbimento dei rifiuti		Valore culturale/estetico
	Medicinali		
<b>Uso indiretto</b>	Produzione di cibo per il comparto biologico		Ricerca scientifica
	Funzione di rifugio		Educazione ambientale
	Funzione di nursery		
	Regolazione gas		
	Regolazione dei nutrienti		
	Protezione dall'erosione costiera		
<b>Opzione d'uso</b>	Energie rinnovabili marine		
	Produzione di nuove sostanze e processi biologici con valore commerciale		

Tab. 6. Tipologie di servizi ecosistemici calcolabili in termini economici. Classificazione per ecosistemi marini costieri mediterranei.

In questo lavoro, il processo di valutazione è focalizzato sui benefit, considerati l'unica parte del contesto di servizi ecosistemici, che può effettivamente essere quantificata, anche da un punto di vista economico. Vengono qui presentati i risultati della valutazione economica dei benefit con Valore d'Uso forniti dalle praterie di *Posidonia oceanica*.

- Sequestro di carbonio;
- Controllo dell'erosione;
- Bioremediation;
- Produzione di cibo;

- Potenziale ricreativo;
- Fornitura di O<sub>2</sub>.

### Sequestro di Carbonio

Le praterie di fanerogame marine, le mangrovie, le barriere coralline e le zone salmastre sono considerati ecosistemi di importanza strategica per la conservazione delle risorse costiere e non solo. Negli ultimi anni, inoltre, questi ambienti hanno assunto crescente importanza anche per il loro ruolo chiave nel ciclo del carbonio, in particolare per la loro capacità di seppellire, o sequestrare, anidride carbonica ed immagazzinarla in forma organica a lungo termine. Tale ruolo è conosciuto globalmente come “Blue Carbon”. Si stima (Duarte, 2005) che le aree vegetate costiere ricoprono circa il 2% dei fondali oceanici, ma che rappresentino circa il 50% del carbonio organico totale seppellito negli oceani. Inoltre, la loro capacità di immagazzinamento è dieci volte quella delle foreste temperate e cinquanta volte quella delle foreste tropicali. In particolare, per il Mediterraneo, il ruolo primario in questa forma di sequestro di anidride carbonica è svolto dalle distese di *Posidonia oceanica*, in grado di seppellire considerevoli quantità di carbonio organico, in forma di foglie, e soprattutto rizomi, nella matre e nelle strutture ipogee.

Secondo Mateo (Mateo et al. 2011, IUCN) della produzione totale di biomassa della pianta il 24-44% è remineralizzato o riciclato in vari modi, il 6-50% viene esportato al di fuori del posidonieto, ed il 6-20% viene utilizzato da organismi erbivori. Il restante 11-47% può essere considerato una stima indiretta del flusso di carbonio verso il sequestro a breve e lungo termine. In maggior dettaglio, sempre

secondo Mateo, la stima del carbonio sequestrato a lungo termine attraverso i processi metabolici ed ecologici in *P. oceanica* è del 10-25% della produzione totale.

Per effettuare una stima del valore di questo benefit sono stati utilizzati i dati di produzione di biomassa prodotti attraverso le analisi fenologiche di laboratorio sui campioni presi in considerazione negli studi citati in precedenza eseguiti dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina dell’Università degli Studi della Tuscia.

Stazione	Produzione TOT (g/m <sup>2</sup> /anno) – Mag-Giu	Produzione TOT (g/m <sup>2</sup> /anno) – Nov
POS01	117,56	108,96
POS02	147,88	148,39
POS03	136,03	254,64
POS04	141,56	261,18
POS08	316,26	424,50
POS10	147,28	216,03
POS11	78,64	124,25
POS13	207,74	246,43
POS14	63,42	70,31

Tab. 7. Valori di produzione, in grammi di biomassa, totale per ogni stazione di campionamento di *Posidonia oceanica*

I valori si riferiscono a grammi di biomassa totale prodotta. Per questa pianta, il carbonio rappresenta il 57% della biomassa totale (Ott, 1980). Se si considera inoltre il rapporto stechiometrico tra carbonio ed anidride carbonica è possibile effettuare una stima del carbonio organico sequestrato nelle stazioni di riferimento.

<i>Produzione totale mediana</i>	147,28	g/m <sup>2</sup> /anno
<i>Produzione mediana</i>	1472810	g/ha/anno
	1,47	Ton/ha/anno
<i>Produzione mediana carbonio</i>	0,84	Ton/ha/anno
<i>CO2 sequestrata</i>	3,08	Tonnellate
<b><i>Sink lungo termine</i></b>		
<i>Ton sink minimo (10%)</i>	0,31	Tonnellate
<i>Ton sink massimo (25%)</i>	0,77	Tonnellate
<i>Media EUA 12 Apr14-Mar15</i>	6,24	€/Ton
<i>Prezzo sink 10%</i>	1,92	€
<i>Prezzo sink 25%</i>	4,8	€

Tab. 8. Stime del valore del sequestro di anidride carbonica a lungo termine

Per calcolare il valore economico di una tonnellata di CO<sub>2</sub> sottratta in questo modo è stato considerato il valore a cui viene scambiata la quota di CO<sub>2</sub>, denominata EUA (EU Allowance) all'interno di ETS – Emission Trading Scheme, il mercato di scambio delle quote di emissione dell'Unione Europea. Il calcolo è stato effettuato utilizzando il valore medio a cui è stata scambiata la quota in 12 mesi: 6,24 €/tonnellata.

Utilizzando per la stima i due valori estremi per il sequestro a lungo termine, 10-25%, si ottiene un range di valore economico del carbon sink da *P. oceanica* nell'area di studio pari a 1,9 – 4,8 €/ha all'anno.

#### Fornitura di ossigeno

La produzione di ossigeno in aree costiere è un servizio ecosistemico dal valore fondamentale. Favorisce il mantenimento di condizioni ecologiche produttive e limita l'insorgenza di zone anossiche, con conseguenze dirette anche per la salute dell'uomo.

Le stime di produzione organica utilizzate per valutare il sequestro di anidride carbonica possono essere utilizzate anche in questo contesto per valutare il benefit della produzione di ossigeno.

È stato misurato (Duarte, 2010) che nei cicli metabolici di *Posidonia oceanica* la produzione di

ossigeno, al netto della respirazione, corrisponde a 0,25 mmol per grammo in peso secco di biomassa prodotta

	Mag-Giu	nov	
<i>Produzione totale mediana</i>	141,56	182,21	g/m <sup>2</sup> /anno
<i>Produzione totale mediana</i>	0,388	0,499	g/m <sup>2</sup> /giorno
<i>Ossigeno prodotto</i>	0,097	0,125	mmol/m <sup>2</sup> /giorno
<i>Ossigeno prodotto</i>	969,62	1248,01	mmol/ha/giorno
<i>Ossigeno prodotto</i>	353910	455525	mmol/ha/anno
<i>Ossigeno prodotto</i>	353,91	455,53	mol/ha/anno
<i>Ossigeno prodotto</i>	7927,58	10203,76	litri/ha/anno
<i>Valore ossigeno prodotto</i>	76,66	98,67	€

Tab. 9. Stime del valore economico della produzione di ossigeno

### Produzione di cibo

La fornitura di cibo è uno dei benefit ecosistemici maggiormente riconosciuto, in quanto uno dei benefit più facilmente associabile ad un ecosistema e calcolabile in maniera immediata. Per questo motivo è anche uno dei benefit più spesso valutati nei lavori di valutazione economica degli ecosistemi. Inevitabilmente, la fornitura di cibo da ecosistemi costieri consiste nella risorsa ittica sfruttabile attraverso la pesca.

Per effettuare una stima del valore economico del benefit fornito dalle praterie di *P. oceanica* viene stimato il valore commerciale del pescato prodotto nell'area di studio, tenendo in considerazione solo le specie legate, con vincoli più o meno stretti, alla prateria e definendo un valore economico per ettaro per anno. Vengono presentati due casi di valutazione. Nel primo si considerano esclusivamente le specie che trascorrono almeno una fase del ciclo vitale in associazione con la prateria o che, nell'area di studio, sono visitatori assidui della prateria, utilizzando come valore di superficie, per ottenere una stima per ettaro la superficie occupata dalle praterie vere e proprie, in termini di densità e copertura. Nel secondo caso vengono inclusi anche gli organismi che visitano la prateria in maniera occasionale ma regolare, come ad esempio i cacciatori notturni, e quelli che abitano abitualmente zone di semi-prateria, come le radure sabbiose, i canali intermatte o i limiti della copertura vegetale, mentre come superficie si includono anche gli ambienti di semiprateria (Kalogirou 2010, Del Pilar Ruso, 2006)

I dati sul pescato utilizzati in questo studio sono forniti dalla Cooperativa Marinai e Caratisti, che gestisce l'asta del pesce di Civitavecchia e riunisce 13 dei 16 pescherecci a strascico che compongono la flotta di Civitavecchia, la quale opera in maniera regolare in corrispondenza

dell'area di studio. Il computo presentato è riportato proporzionalmente al totale dei 16 pescherecci che compongono la flotta. Tuttavia, il valore finale risulta ancora sottostimato, poiché manca il volume del pescato prodotto dalla piccola pesca, rappresentata in maniera consistente nell'area dalle marinerie di Tarquinia, Civitavecchia, Santa Marinella e Santa Severa. Questa importante frazione degli operatori del settore ittico, tra l'altro, avendo la possibilità di pescare a profondità molto inferiori rispetto allo strascico, utilizza probabilmente il benefit fornito dalle praterie in maniera ancora più diretta.

In Tabella 10 ed in Tabella 11 vengono presentate le due stime, effettuate sulla base della quantità media pescata per ogni specie negli anni 2012, 2013, 2014 e la media del prezzo di vendita all'asta nei tre anni di riferimento.

<b>Specie</b>	<b>Q (Ton)</b>	<b>R (€)</b>
<i>Alici</i>	6,37	18763
<i>Dentici</i>	1,72	17204
<i>Moscardini</i>	40,11	200663
<i>Orate</i>	5,23	54892
<i>Pagelli</i>	1,01	5733
<i>Polpi</i>	36,45	250311
<i>Saraghi</i>	1,54	10101
<i>Scorfani</i>	1,59	15853
<i>Seppie</i>	4,55	53197
<i>Triglie</i>	23,57	107724

Totale	122,15	734441
--------	--------	--------

Mediana Q	111,22
Mediana R	637046
Tot Q 16 pescherecci	136,88
Tot R 16 pescherecci	784057

Tab.10. Stime del valore economico della produzione di cibo, tenendo in considerazione solo le praterie vere e proprie e solo le specie ad esse strettamente legate

<b>Specie</b>	<b>Q (Ton)</b>	<b>R (€)</b>
<i>Alici</i>	6,37	18763
<i>Calamaretti</i>	2,93	33587
<i>Cefali</i>	0,49	1215
<i>Cernie</i>	0,14	2612
<i>Dentici</i>	1,72	17204
<i>Gattucci</i>	2,49	8970
<i>Gronghi</i>	0,59	566
<i>Lucerne</i>	0,82	4123
<i>Moscardini</i>	40,11	200663
<i>Orate</i>	5,23	54892
<i>Pagelli</i>	1,01	5733
<i>Pannocchie</i>	12,93	60065
<i>Pesci S. Pietro</i>	0,86	13357
<i>Polpi</i>	36,45	250311
<i>Razze</i>	3,62	12089
<i>Ricciole</i>	0,47	3975
<i>Rombi</i>	0,29	7502
<i>Saraghi</i>	1,54	10101
<i>Sardine</i>	0,08	30
<i>Scorfani</i>	1,59	15853
<i>Seppie</i>	4,55	53197
<i>Sogliole</i>	1,06	17914
<i>Spigole</i>	0,13	2952
<i>Suri</i>	0,73	524
<i>Triglie</i>	23,57	107724
<b>Totale</b>	149,76	903922,86
Mediana Q		139,31
Mediana R		795704
Tot Q 16 pescherecci		171,46
Tot R 16 pescherecci		979328

Tab.11. Stime del valore economico della produzione di cibo, tenendo in considerazione tutte le aree vegetate a Posidonia ed includendo anche le specie visitano la prateria in maniera occasionale ma regolare

Dalla carta della distribuzione delle biocenosi (Fig. 17) è possibile conoscere la superficie occupata dagli ecosistemi considerati nelle due valutazioni:

Caso 1	Prateria	197 ettari
Caso 2	Prateria + semiprateria	2384 ettari

Utilizzando i dati riportati si può quindi facilmente effettuare una stima della risorsa alieutica legata



alla *Posidonia oceanica*:

Caso 1	3980 €/ha/anno
Caso 2	411 €/ha/anno

### Protezione dall'erosione

In precedenti lavori è stato misurato l'effetto delle praterie di *Posidonia* nell'area di studio sul moto ondoso che raggiunge la costa. La stima è stata effettuata attraverso l'uso di modelli numerici di propagazione del moto ondoso in acque basse, prendendo in considerazione la profondità, la densità e la copertura vegetale della prateria ed utilizzando un coefficiente di attrito al fondo desunto in letteratura. Nei profili in cui sono state inserite le praterie di *Posidonia oceanica*, si evidenzia come in prossimità delle stesse si verifichi una drastica diminuzione dell'altezza dell'onda, con la conseguente riduzione dell'energia che oscilla tra il 20%, nei casi a maggiore profondità e minore copertura, ed il 30 % nei casi a minor profondità e maggiore copertura.

Per ottenere una stima di quanto questo benefit possa valere in termini economici sul mercato si calcola ora quanto costerebbe ottenere lo stesso risultato in dissipazione di energia attraverso la costruzione di una barriera soffolta, comunemente utilizzata come opera di difesa costiera. La prateria di *Posidonia* può essere ben assimilata ad una barriera soffolta, nel suo ruolo di protezione dall'erosione, sia perché interagendo con la componente orbitale del moto ondoso ne determina una riduzione di energia per attrito e ne stimola il frangimento, sia perché, quasi come la barriera soffolta, contribuisce ad intrappolare il sedimento che, con le onde più alte, verrebbe trasportato verso largo oltre la profondità di compensazione.

Una barriera soffolta, della tipologia comunemente utilizzata in Italia ed in Mediterraneo, è costituita da una serie di massi, di dimensioni note, disposti in maniera calcolata per ottenere un prefissato effetto dissipativo sul moto ondoso. Sono generalmente realizzate in due strutture distinte, ovvero una fondazione, che ne assicura la stabilità e la durata nel tempo, ed una mantellata che, in base al disegno ed alla dimensione che ne viene data in fase di progetto, permette di trovare il giusto equilibrio tra l'effetto dissipativo, il trasporto di materiale sedimentario e la circolazione idrodinamica. Per le due tipologie di struttura vengono utilizzati massi di diversa dimensione, cosicché, come per i ripascimenti delle spiagge, le strutture sovrastanti sono composte di materiali con granulometria maggiore. La quantità di massi necessaria per ottenere il preciso effetto

dissipativo richiesto viene calcolata di seguito, sulla base dei dati di riferimento, idrodinamici ed ingegneristici, utilizzati in un lavoro di progettazione di opere di difesa costiera, eseguito dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina, per la zona costiera delle “Murelle”, Montalto Marina (*Progetto delle opere di difesa costiera nell'area compresa tra la foce del Fiume Fiora e Punta delle Murelle: studio meteomarinario e applicazione di modelli numerici per l'ottimizzazione delle opere e lo studio dell'interazione con la dinamica costiera*).

In questo lavoro vengono proposti dei moduli di barriera sommersa delle stesse dimensioni, da installare in maniera non continuativa in modo da permettere un costante ricambio di acqua, come mostrato in Fig. 18.

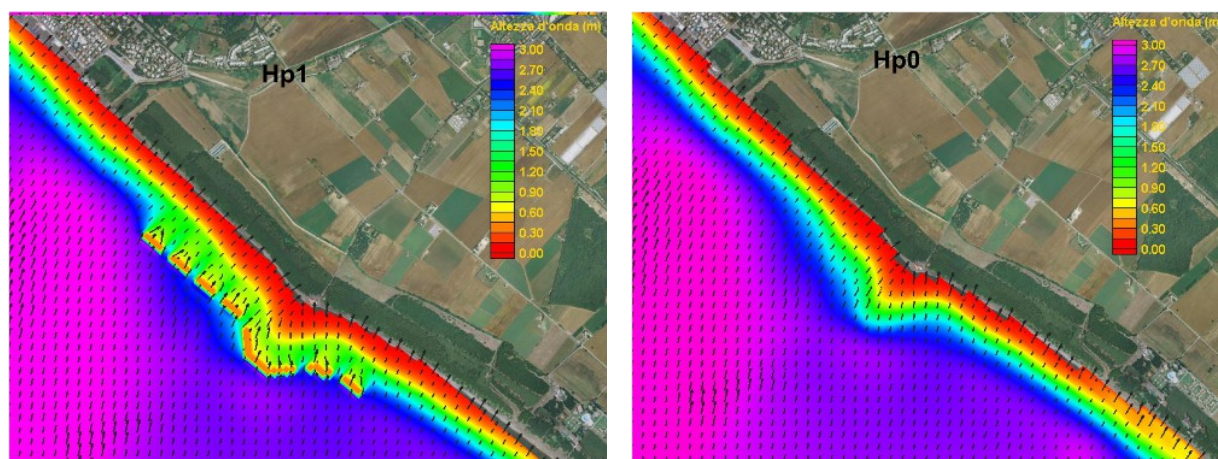


Fig. 18. Effetto di una barriera soffolta sulle mareggiate incidenti lungo la linea di costa.

Stimando i costi per la realizzazione di un modulo, normalizzandoli per ottenere una dissipazione di energia paragonabile a quella determinata dalle praterie dell'area di studio, è possibile arrivare a determinare il valore per la realizzazione di tale benefit. Per ottenere un valore confrontabile con quello di altri benefit forniti è infine necessario introdurre la dimensione temporale ed ottenere il valore annuo di tale servizio. Per fare ciò il costo di installazione viene suddiviso per gli anni per i quali l'efficienza dell'opera è garantita, utilizzando le stime sul tempo di vita delle opere di difesa riportate in bibliografia (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 1996).

Un modulo come quelli progettati ha una lunghezza di 150 metri, con una fondazione costituita da 2100 m<sup>3</sup> di materiale ed una mantellata costituita da 4050 m<sup>3</sup> di massi. Il peso rappresentativo dei massi da utilizzare è stato calcolato in 2600 Kg/m<sup>3</sup>. I massi utilizzati per la fondazione hanno un

costo di 19,50 €/t, simile al costo dei massi utilizzati per la mantellata: 20,40 €/t. È possibile considerare i costi per la fondazione come costi fissi, nel senso che questa componente di spesa varia molto poco in relazione all'attenuazione di moto ondoso che si vuole ottenere. Ciò che varia in maniera più consistente è la dimensione della mantellata, in cui la quantità di materiale utilizzato è proporzionale alla quantità di energia che si progetta di dissipare. L'effetto calcolato per le opere descritte varia in considerazione della direzione di provenienza dell'onda e della sua altezza significativa. I casi che ne rappresentano i due estremi, per i quali sono state condotte simulazioni numeriche ad alta risoluzione, sono un'onda significativa di 1.1 metri proveniente da 245°, sulla quale si osserva una riduzione dell'energia associata all'altezza d'onda incidente pari al 25%, ed un'onda significativa di 1 m proveniente da 190°, sulla quale si osserva una riduzione energia incidente pari al 15%, media 20%. Queste percentuali dimostrano che l'intervento progettato è un'opera studiata per interferire con i treni d'onda incidenti, ma senza modificare in maniera drastica l'equilibrio idrodinamico generale del tratto di costa, che è il principale motivo di fallimento di numerose opere di difesa costiera. Per ottenere dunque una stima economica del benefit di protezione dall'erosione si rapporta la dissipazione indotta dalle opere descritte a quella indotta dalle praterie, tenendo fermi i costi fissi della fondazione e adattando i costi variabili della mantellata, il cui costo è legato ai m<sup>3</sup> di massi depositati, dipendente dalla quantità di energia che si intende dissipare.

Da progetto, per la fondazione sono necessari 2100 m<sup>3</sup> di massi del peso di 2600 Kg/m<sup>3</sup>, per un totale di 5460 tonnellate che, al costo dei massi per la fondazione di 19,50 €/t, comporta una spesa finale di 106470 €, costo al metro: 709,8 €.

Per la mantellata sono necessari 4050 m<sup>3</sup> di massi, sempre del peso di 2600 Kg/m<sup>3</sup>, totale 10530 tonnellate al costo di 20,40 €, totale: 214812 €, costo al metro: 1432,08 €.

Il costo al metro della mantellata permette una dissipazione di energia media del 20 %. Se si rapporta il costo alla dissipazione indotta da Posidonia (25%) risulta essere 1790,1 €/m.

Se infine si estende tale costo ad un ettaro, ipotizzando un quadrato di 100 m di lato, e si distribuisce il costo sull'arco di tempo per il quale è garantita la struttura, circa 20 anni, il risultato, 8950,5 € è una stima del benefit di protezione dall'erosione fornito da un ettaro di prateria ogni anno.

### Bioremediation

Per il calcolo del valore del benefit di bioremediation, si quantifica quanto costerebbe processare con metodi biologici l'eccesso di nutrienti che la prateria è in grado di assorbire. Conseguentemente, poiché si considerano solo i servizi legati a fosforo ed azoto, il risultato finale sottostima considerevolmente il valore complessivo di tale benefit.

La capacità delle praterie di Posidonia di rimuovere considerevoli quantità di azoto e fosforo dalle acque e dai sedimenti costieri, è una caratteristica chiave nella conservazione degli equilibri ecosistemici costieri e nel mantenimento della resilienza del sistema. Sia le stesse piante di Posidonia, sia il complesso degli organismi ad esse associati, attuano un processo di rimozione degli eccessi e rendono parte di questi nuovamente disponibili per le comunità biologiche costiere. In questo ambito, un ruolo di grande rilievo è svolto dalla comunità biocenotica associata alla *matte*, al complesso intreccio di rizomi, radici, sedimenti e materia organica in cui le comunità microbiche svolgono un ruolo ecologico di primo rilievo.

Il controllo degli eccessi nei carichi di nutrienti che si rendono disponibili per gli organismi fotosintetici permette di limitare, tra le altre cose, il proliferare di alghe e batteri, esercitando un controllo sull'insorgenza di processi di eutrofizzazione che, una volta innescati, possono portare alla riduzione della biodiversità specifica, all'impoverimento dello stato ecologico del sistema e, per conseguenza, ad una complessiva riduzione dei benefit forniti all'uomo dagli ecosistemi marini costieri. In aggiunta, la stessa capacità di ridurre le concentrazioni di Azoto e Fosforo, svolge un ruolo importante nella limitazione della proliferazione di specie algali alloctone.

Per arrivare ad una stima del valore economico di questo servizio, sono state prese in considerazione diverse tecniche di rimozione biologica dei nutrienti in eccesso da reflui ricchi in Azoto e Fosforo. Tra le attività che hanno consistenti necessità di abbattimento dei carichi di nutrienti, e per le quali è quindi disponibile una utile letteratura comprensiva di dati, c'è l'allevamento di bestiame con la relativa produzione di reflui ad alto contenuto in N e P. Di conseguenza, il metodo utilizzato per la stima è la valutazione di quanto costerebbe rimuovere la stessa quantità di nutrienti con le tecniche disponibili per questo settore produttivo. Per ottenere tale risultato, i valori di fissazione di nutrienti da parte delle praterie sono stati confrontati con i dati di smaltimento dei nutrienti dai reflui degli impianti di allevamento individuati all'interno del Quaderno di Ricerca della Regione Lombardia, in collaborazione con ERSAF (Ente Regionale per i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste), "Gestione e riduzione dell'azoto di origine zootecnica –

Soluzioni tecnologiche ed Impiantistiche”. I livelli di assorbimento di nutrienti da parte delle praterie di Posidonia sono desunti da letteratura.

Si consideri un tasso di assorbimento dell'Azoto e del Fosforo (in termini di fissazione), da parte del sistema prateria, intesa come biocenosi, rispettivamente di:

$$N = 1.90 \text{ mol/m}^2 \text{ anno, corrispondenti a } 34.2 \text{ g/m}^2/\text{anno}$$

$$P = 0.49 \text{ mol/m}^2 \text{ anno, corrispondenti a } 1.52 \text{ g/m}^2/\text{anno}$$

che, estraendo il valore per ettaro, risulta in

$$N = 342000 \text{ g/ha/anno} \quad e \quad P = 15200 \text{ g/ha/anno}$$

In media, nell'esempio preso in considerazione di allevamenti di suini o bovini, la concentrazione di azoto nei reflui zootecnici da allevamenti è, rispettivamente, 3-4 kg/m<sup>3</sup>.

Vengono presi in considerazione 4 differenti metodi di rimozione biologica dei nutrienti dai reflui, per ognuno dei quali viene presentata una stima delle prestazioni, in termini di rimozione percentuale ed effettiva di azoto e fosforo e dei relativi costi.

Allevamento suini – Azoto = 3 kg/m <sup>3</sup>		Prestazioni (%)		Rimozione effettiva g/m <sup>3</sup>			Rimozione effettiva g/m <sup>3</sup> [media]	
Metodo	media €/m <sup>3</sup>	N	P	N	N (4 kg)	P	N	P
<i>Separazione solidi grossolani</i>	0.3 0.9 0.9	4-7 8-15 6-16	<b>8-12</b> <b>30-42</b> <b>28-42</b>	120-350 240-450 180-480	160-280 320-600 240-640	37,04 – 55,56 138,9- 194,46 129,64-194,46	165-220 345-460 330-440	300 1080 1050
<i>Valore di Riferimento</i>	0,7						280	810
<i>Separazione solidi grossolani e fini</i>	0.35 1.6 1.6 3.55	25-35 30-40 20-26 20-35	<b>50-65</b> <b>70-90</b> <b>73-87</b> <b>60-80</b>	750-1050 900-1200 600-780 600-1050	1000-1400 1200-1600 800-1040 800-1400	231-300,95 324,1-416,7 337,99-402,81 277,8-370,4	900-1200 1050-1400 690-920 825-1100	1725 2400 2400 2100
<i>Valore di Riferimento</i>	1,78						866,25	2156,25
<i>Rimozione biologica dell'azoto</i>	3.5 4.4 6.05	50-70 70-90 70-95	<b>0</b> <b>15-75</b> <b>15-95</b>	1500-2100 2100-2700 2100-2850	2000-2800 2800-3600 2800-3800	0 69,45-347,25 69,45-439,85	1800-2400 2400-3200 990-3300	0 1350 1650
<i>Valore di Riferimento</i>	4,65						1730	1500
<i>Estrazione di azoto come concime minerale</i>	10.5 17.5 12	60-80 80 50	<b>30-90</b> <b>85</b> <b>85</b>	1800-2400 2400 1500	2400-3200 3200 2000	138,9-416,7 393,55 393,55	2100-2800 2400-3200 1500-2000	1800 2550 2550
<i>Valore di Riferimento</i>	13,33						2000	2300

Tab.12. Calcolo dell'efficienza dei metodi di rimozione dei nutrienti e del loro costo economico.

Per una valutazione quanto più verosimile possibile, vengono prese in considerazione le prestazioni e i costi sono mediati sulle quattro tecniche elencate. Conoscendo le quantità di nutrienti assorbite da un ettaro di prateria ogni anno, attraverso una proporzione con la quantità di azoto e fosforo sottratti al refluo, in relazione al costo per grammo, è possibile stimare il valore economico del benefit ecosistemico fornito dalla prateria di Posidonia in termini di bioremediation per azoto e fosforo.

Nutriente	Valore economico per tecnica €/ha/anno
Azoto	337,5
	985
	2400
	2250
<i>Valore mediano</i>	<i>1617,5</i>
Fosforo	134,27
	331,05
	208,35
	393,55
<i>Valore mediano</i>	<i>269,7</i>
<b><i>Valore N + P</i></b>	<b><i>1887,2</i></b>

Tab.13. Sintesi del valore economico del benefit in termini di € per ettaro all'anno

### 6.1.3. Valutazione economica delle praterie di *Posidonia oceanica* nel contesto costiero di Civitavecchia

In considerazione dei benefit con Valore d'Uso forniti dalle praterie di *Posidonia oceanica* nel contesto costiero di Civitavecchia è possibile effettuare la valutazione economica complessiva delle praterie presenti. I valori utilizzati sono gli estremi massimi ricavati dalle considerazioni precedenti. Schematicamente il sequestro di carbonio è stato valutato **4.8 euro/ettaro anno**; la produzione di ossigeno è valutata in circa **87.6 euro/ettaro anno**; la risorsa alieutica ammonta a circa **4391 euro/ettaro anno**; la bioremediation ammonta a circa **2793.55 euro/ettaro anno**; la protezione dall'erosione costiera è valutata circa **8950 euro/ettaro anno**.

Il totale complessivo annuo per ettaro ammonta quindi a **16227 euro**.

Per la valutazione quantitativa dell'estensione degli impatti diretti sull'habitat si richiama quanto espresso nel citato "Studio per la valutazione di incidenza dei piani e progetti finalizzati allo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia". Si presuppone quindi un impatto diretto sull'Habitat 1120 avente estensione media di circa 8 ettari.

Nel calcolo si considera inoltre l'estensione del reimpianto, effettuato a largo di S.Marinella ed ultimato nel luglio del 2012 nel contesto delle compensazioni per gli impatti del I Lotto Funzionale delle Opere Strategiche che, così come rappresentato con nota prot.14098 del 28.09.2015, ha subito

danni ingenti ed estesi per una superficie complessiva pari a circa 8500 m<sup>2</sup>. Considerando quindi che non sono stati ottenuti, con l'intervento di compensazione citato, gli obiettivi progettuali, l'estensione qui considerata è pari ad un totale di **10.5 ha (8 ha Darsena Energetico-Grandi Masse + 2.5 ha I Lotto Funzionale Opere Strategiche)**, da cui si deduce una stima economica dell'impatto sulle praterie di circa **170.908 euro annui**. Tale valutazione estesa ad un arco temporale di circa 10 anni equivale quindi a **1.709.080 euro**.

#### **6.1.4. Valutazione economica del coralligeno nel contesto costiero di Civitavecchia**

La valutazione economica dei benefit del coralligeno è basata sui dati medi presenti in letteratura. In generale la caratteristica principale del coralligeno risiede nell'enorme produttività dell'habitat che è in grado di ospitare un elevatissimo numero di specie. A parte le centinaia di specie di coralli, i reef sono un esempio straordinario di biodiversità e ospitano una moltitudine di diversi tipi di pesci, invertebrati e mammiferi marini. Si stima che l'habitat coralligeno, sebbene costituisca meno dell'1% dei fondali oceanici, ospiti circa il 25% per cento di tutta la biodiversità marina. L'habitat fornisce zone di riproduzione, nursery, rifugio e alimentazione per una grande varietà di organismi, tra cui spugne, cnidari, vermi, crostacei (tra cui gamberi, aragoste e granchi), molluschi (compresi i cefalopodi), echinodermi (tra cui stelle marine, ricci di mare e mare cetrioli), uova di mare, tartarughe marine e serpenti di mare. Inoltre, la loro bellezza rende barriere coralline una potente attrazione per il turismo.

Costanza ha valutato il valore medio del capitale naturale correlato ai servizi ecosistemici nel caso del coralligeno, pari a circa 8000 euro per ettaro all'anno (Costanza et al. 1997). Successive integrazioni hanno portato a stime molto più alte con valori per ettaro annui compresi tra i 100000 e i 400000 euro (Costanza et al. 2014). Tali stime possono essere contestualizzate, in prima analisi, alle condizioni peculiari dell'ambiente marino di Civitavecchia.

Nella presente valutazione si farà riferimento quindi ai più recenti studi presenti in letteratura e in particolare a De Groot et al. (2012), che presenta uno schema di valutazione dei benefit ecosistemici riferiti all'habitat del coralligeno. Tale stima individua 4 gruppi principali di servizi ecosistemici da considerare:

- Servizi di approvvigionamento
- Servizi di regolazione
- Servizi correlati all'habitat



- Servizi culturali.

Questi 4 gruppi principali sono a loro volta suddivisi in successive voci secondarie come riportato in tabella 14. La valutazione dei servizi ecosistemici nel contesto marino di Civitavecchia è stata quindi effettuata in considerazione di questa metodologia adattando le voci dei servizi ecosistemici alle condizioni peculiari dell'area di interesse. I valori ottenuti riportati in tabella 14 vengono confrontati con i valori stimati da de Groot et al. (2012).

<b>Habitat 1170</b>		
Servizio ecosistemico	dollari ettaro per anno (de Groot et al.)	dollari ettaro per anno (Civitavecchia)
<b>Provisioning services</b>	<b>55724</b>	<b>33725</b>
Food	677	677
water	0	0
Raw materials	21528	0
genetic resources	33048	33048
medicinal resources	0	0
ornamental resources	472	0
<b>Regulating services</b>	<b>171478</b>	<b>14471</b>
air quality	0	0
climate regulation	1188	1188
disturbance moderation	16991	4248
regulation of water flows	0	0
waste treatment	85	85
erosion prevention	153214	8950
nutrient cycling	0	0
pollination	0	0
biological control	0	0
<b>Habitat services</b>	<b>16210</b>	<b>16210</b>
nursery services	0	0
genetic diversity	16210	16210
<b>Cultural services</b>	<b>108837</b>	<b>1145</b>
esthetic information	0	0
recreation	96302	0
inspiration	0	0
spiritual experience	0	0
cognitive development	1145	1145
<b>Totale benefit</b>	<b>352249</b>	<b>65551</b>

Tab.14. Tabella comparativa della stima del valore dei servizi ecosistemici come proposto da de Groot et al. (2012) contestualizzato all'ambiente marino di Civitavecchia.

Nel dettaglio per il contesto marino di Civitavecchia sono stati considerati:

- valore pari a zero dei materiali grezzi forniti dall'habitat.
- valore pari a zero della risorsa per materiali ornamentali in considerazione del pressoché totale

esaurimento (a causa di raccolta intensiva) dei materiali coralligeni presenti (*Corallium rubrum*).

- valore pari al 25% rispetto a quanto indicato da De Groot et al. 2012, del “disturbance moderation” in considerazione sia dell'altro tasso di industrializzazione dell'area costiera di Civitavecchia sia della natura eterogenea della distribuzione dell'habitat 1170 nell'area costiera.

- valore pari a 8950 euro relativo al servizio di prevenzione dall'erosione costiera. Tale valore è lo stesso calcolato per l'habitat 1120 nel contesto di Civitavecchia.

- valore pari a zero del servizio legato alle attività ricreative in considerazione dei divieti di ancoraggio nell'area marina interessata dai lavori per la DEGM.

Considerando l'approccio appena esposto risulta quindi un valore dei servizi ecosistemici correlato all'habitat 1170 nel contesto marino di Civitavecchia, pari a circa **57632 euro ettaro annui**.

L'estensione dell'impatto diretto relativo è ricavato da quanto riportato nel citato “Studio per la valutazione di incidenza dei piani e progetti finalizzati allo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia” in cui si attesta una estensione degli impatti diretti sull'habitat pari a circa 3.5 ettari.

La stima della perdita di valore di servizio ecosistemico risulta quindi pari a circa **201.712 euro annui** che estesi per un arco temporale di 10 anni corrispondono a **2.017.120 euro**.

#### **6.1.5. Valutazione economica dei servizi ecosistemici complessivi per gli habitat 1120 e 1170**

La valutazione del costo relativo alla perdita di servizi ecosistemici correlati ai benefit relativi degli habitat 1120 e 1170, estesi per una durata pari a 10 anni, è nel caso specifico costituito dalla somma delle stime eseguite in precedenza, (**1.709.080 euro + 2.017.120 euro**) ovvero **3.726.200 euro**.

## **6.2. Impatti indiretti: valutazione e riduzione degli impatti indiretti sugli habitat attraverso analisi modellistica previsionale**

La valutazione degli impatti indiretti causati dalle operazioni di dragaggio è essenzialmente riconducibile agli effetti nell'area costiera dovuti alla dispersione di materiale sedimentario. La valutazione dell'eventuale impatto risulta ad ogni modo complessa a causa dell'estensione ed eterogeneità delle biocenosi presenti.

Considerando l'elevato numero di dati presenti per l'area di riferimento è tuttavia applicabile un approccio modellistico alla valutazione al fine di individuare, attraverso analisi previsionale, le aree critiche in funzione delle condizioni al contorno costituite dalle condizioni di esercizio delle operazioni di dragaggio, dal clima meteo marino e dalla copertura delle biocenosi presenti. Tale approccio è stato utilizzato dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marine del Dipartimento di Scienze Ecologiche e Biologiche, come rappresentato nell'Allegato F dello "Studio per la valutazione di incidenza dei piani e progetti finalizzati allo sviluppo dell'Hub portuale di Civitavecchia".

Al fine di valutare gli impatti indiretti dovuti all'aumento di torbidità e del tasso di sedimentazione nelle aree occupate dai SIC IT6000005 e IT6000006 sono stati effettuati quattro diversi scenari che riproducono:

1. l'input dei principali corsi d'acqua presenti nel tratto di costa oggetto di studio;
2. le operazioni di dragaggio per la costruzione delle opere del 1° Lotto Funzionale;
3. le operazioni di dragaggio per la costruzione della Darsena Energetica Grandi Masse;
4. le operazioni di dragaggio per la costruzione delle opere del 2° Lotto Funzionale (Apertura a sud).

La scelta di questi scenari ha consentito di discriminare gli effetti connessi alle torbide fluviali da quelli prodotti dalle operazioni di dragaggio e di analizzare gli impatti connessi con la realizzazione delle opere previste dal PRP del 2004. Sulla base dell'analisi dei dati ondametrici ed anemometrici, in ognuno degli scenari previsti, sono state riprodotte le più intense condizioni meteomarine (con al-

tezza d'onda superiore a 2 m) provenienti da 4 diverse direzioni: Libeccio, Mezzogiorno, Libeccio e Ponente.

Le simulazioni numeriche che riproducono la dispersione del materiale fine hanno evidenziato che è sempre presente un gradiente perpendicolare alla costa, con concentrazioni più elevate in prossimità della linea di riva e più basse nella zona di largo. I fiumi producono una distribuzione omogenea lungo l'intero tratto di costa oggetto di studio con valori più elevati che si riscontrano durante le condizioni di Ponente. Le operazioni di dragaggio determinano invece alte concentrazioni nella parte nord, in corrispondenza del SIC IT6000005, o nella zona sud, in corrispondenza del SIC IT6000006, a seconda delle forzanti meteomarine considerate nelle simulazioni. Confrontando i risultati relativi alla dispersione del materiale dragato appare evidente come i valori di solido sospeso più elevati si verificano durante i lavori per la realizzazione della Darsena Energetica Grandi Masse in quanto comporta una movimentazione di sedimento pari a circa 5 volte quello previsto per la costruzione delle opere del 1° Lotto Funzionale (5340000 m<sup>3</sup> vs 1120000 m<sup>3</sup>). Lo studio ha messo in evidenza che tra le due aree protette quella che subisce i maggiori impatti dovuti sia alle torbide fluviali che alle attività di dragaggio è il SIC IT6000005. Il SIC IT6000006, localizzato a sud del porto di Civitavecchia, riceve l'impatto maggiore dal materiale dragato per la realizzazione del 2° Lotto Funzionale (Apertura a sud) e dal sedimento fine che fuoriesce dalla foce del Marangone.

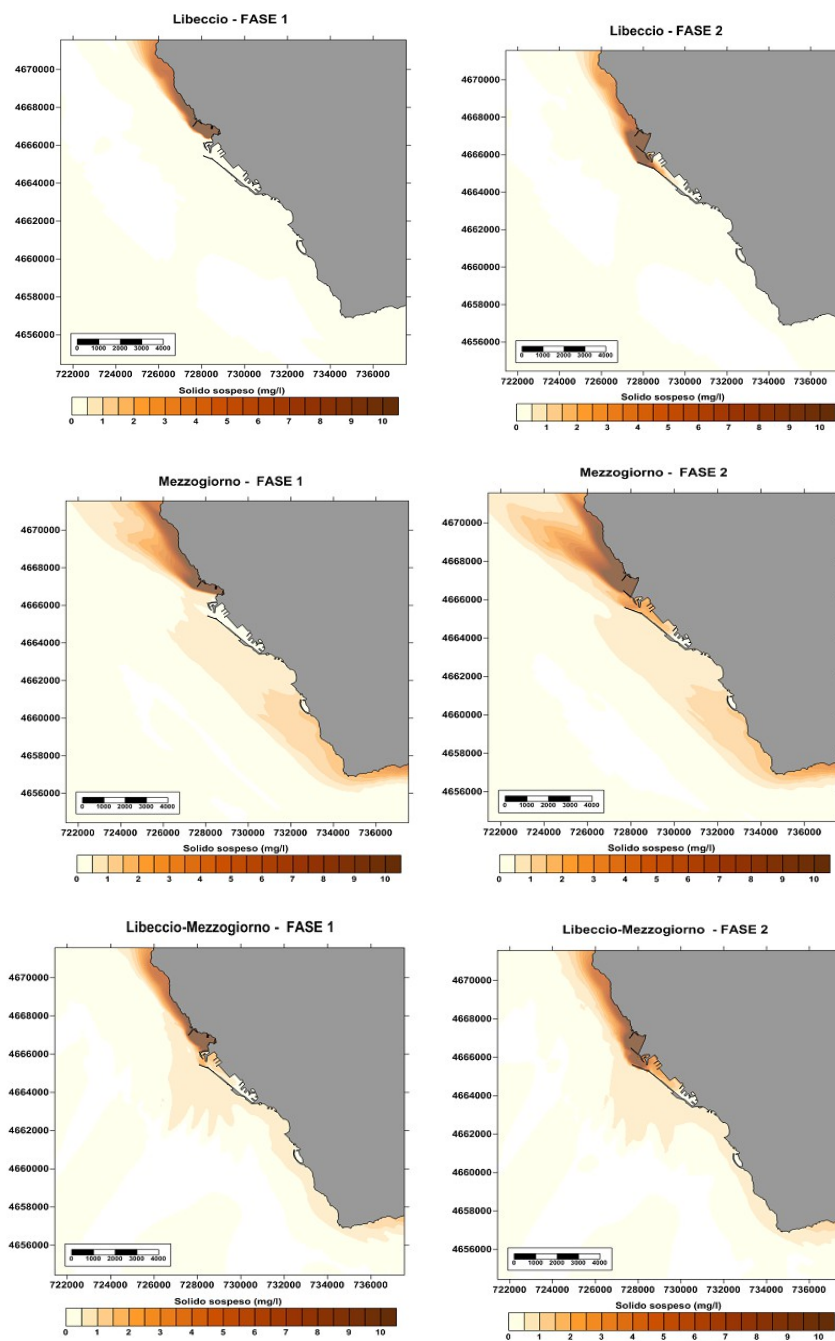


Fig. 19. Risultati delle simulazioni numeriche per la stima del sedimento disperso dal dragaggio per le operazioni di costruzione della DEGM

## 7. Stato dell'arte sugli interventi di compensazione degli Habitat 1120 – 1170

Le compensazioni sono interventi non strettamente riferibili alle caratteristiche del progetto che hanno lo scopo di ottimizzare l'inserimento nel territorio dell'opera e di riequilibrare lo stato *ante operam* in funzione degli impatti (diretti e indiretti) sul comparto naturale. Per gli habitat di riferimento sono presenti diversi casi riportati in letteratura come di seguito sintetizzato.

### 7.1. Habitat 1120

Il principale intervento di compensazione nel caso della *Posidonia oceanica* è costituito dal reimpianto. Il reimpianto di *Posidonia oceanica* è un intervento complesso che necessita di una procedura rigorosa. Nel dettaglio è possibile distinguere le seguenti fasi (Calumpong e Fonseca, 2001):

- a) applicazione di una strategia decisionale sito-specifica per valutare la fattibilità degli interventi di trapianto;
- b) caratterizzazione e valutazione del sito e della prateria (ricevente e donatrice);
- c) scelta della tecnica di trapianto;
- d) scelta delle talee;
- e) monitoraggio delle talee;
- f) monitoraggio per la verifica della riuscita dell'intervento di piantumazione.

Il riferimento principale per gli interventi di compensazione per l'Habitat 1120 è costituito dalle linee guida ISPRA “Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri. Trapianto delle praterie di *Posidonia oceanica*”. Il processo di valutazione delle tecniche da utilizzare e dei siti di reimpianto è sintetizzato attraverso un diagramma a flussi rappresentata da due livelli successivi di valutazione: valutazione generale e valutazione dettagliata (Fig.20 .)

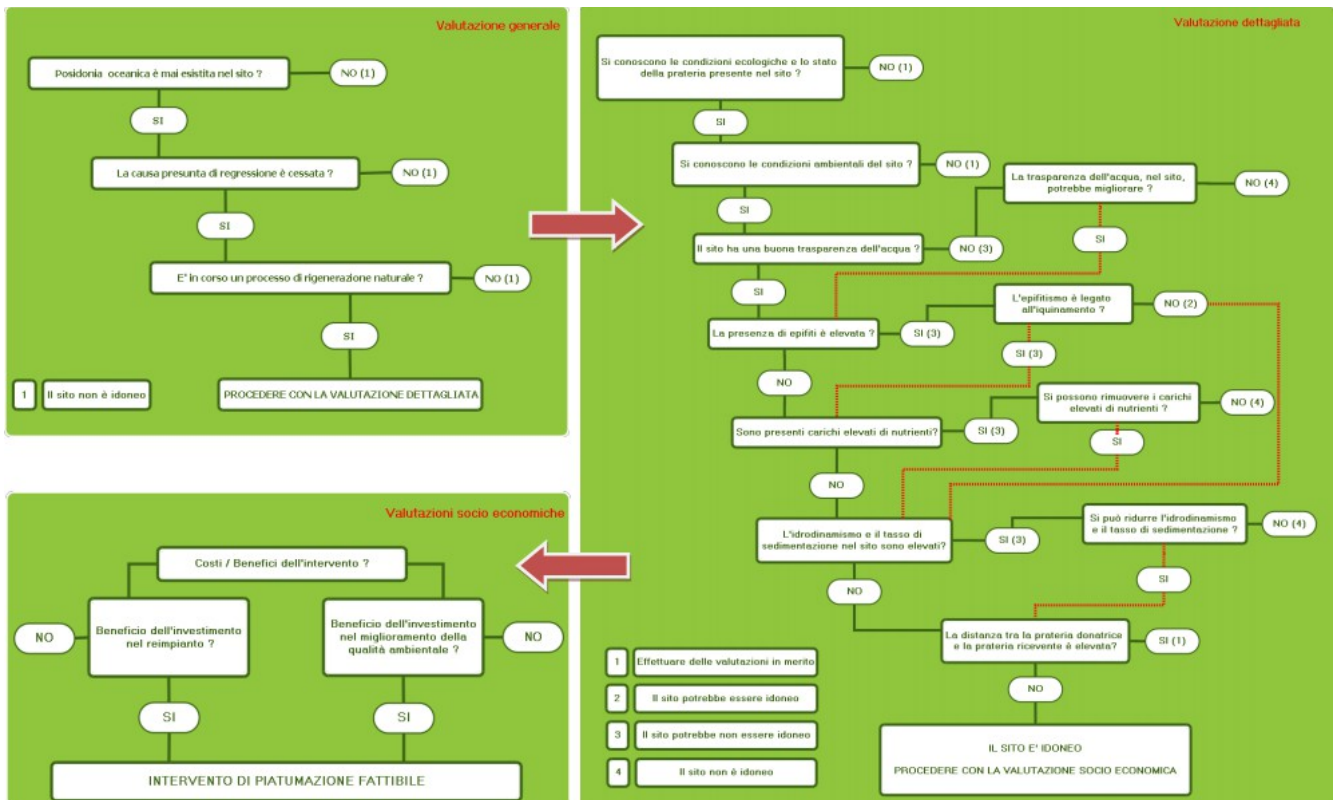


Fig. 20. Diagramma di supporto alle decisioni per la caratterizzazione dei siti idonei per il reimpianto di *P. oceanica*

Dal modello concettuale si passa alla scelta delle tecniche disponibili che vengono di seguito riassunte.

### Trapianto di talee

Il trapianto di talee è riferibile sia a interventi di compensazione che prevedono la rimozione e lo spostamento di porzioni di prateria a seguito del danneggiamento diretto della prateria, indotto nell'ambito della realizzazione di opere e/o interventi costieri (come costruzione di opere di difesa costiera, opere portuali, posa di cavi e condotte sottomarine), sia a tutti quegli interventi messi in atto a seguito di un generale deterioramento dello stato di conservazione di una prateria, generalmente riconducibile a pressioni e impatti antropici che agiscono anche indirettamente sulla prateria (come scarichi di acque reflue, impianti di maricoltura, movimentazione di sedimenti in ambito costiero).

Esistono differenti tecniche utilizzate in varie parti del mondo con differenti gradi di successo. Nel

dettaglio:

- Reimpianto mediante griglie metalliche

La tecnica prevede il reimpianto di talee di *Posidonia oceanica* fissate su griglie metalliche elettrosaldate ancorate al substrato mediante paletti metallici. Il metodo è particolarmente indicato in caso di fondale marino con substrato mobile o matte. Rientra tra le tecniche provviste di sistemi di ancoraggio.

- Reimpianto mediante supporto biodegradabile

Reimpianto eseguito mediante utilizzo di supporti biodegradabili (ad esempio brevetto Biosurvey). Il supporto è costituito da una struttura a raggiera, interamente realizzata in materiale bio-plastico di derivazione naturale, ancorabile sul fondo tramite un picchetto a fissaggio rapido. Il metodo è adatto in caso di fondale sabbioso, misto o a matte.

- Reimpianto mediante biostuoie e geostuoie

Reimpianto eseguito attraverso l'utilizzo di biostuoia in agave e geostuoia tridimensionale. Tecnica particolarmente efficace in fondali soggetti ad erosione.

- Reimpianto mediante materassi rivegetati

Reimpianto eseguito mediante utilizzo di materassi prefabbricati in rete metallica rivestiti di biostuoie e riempiti di inerti. Adatti a fondali con elevato idrodinamismo con funzione anche di protezione dall'erosione. Vanno utilizzate verificandone la stabilità rispetto alle tensioni di trascinarsi dovute all'azione dell'acqua; la resistenza dipenderà dalla presenza della rete metallica e dall'eventuale zavorramento del riempimento. Si deve valutare accuratamente il trasporto solido per evitare la parziale sommersione da parte del sedimento mobile presente nelle aree circostanti.

- Reimpianto mediante moduli di cemento armati con rete metallica

Reimpianto mediante moduli quadrati di con lato di 50 cm, costituiti da una cornice in cemento dotata di una rete metallica che trattiene le talee. Tecnica indicata nel caso di compensazione di opere marittime come dragaggi, posa di condotte e cavi, realizzazione di



porti.

- Reimpianto mediante materassi di pietrame

Reimpianto mediante utilizzo di materassi di rete metallica, riempiti di pietrame di pezzatura idonea a permettere la penetrazione, l'ancoraggio e l'attecchimento dei rizomi di *P. oceanica*. Tali materassi sono costituiti da gabbioni di rete metallica di dimensioni variabili, con lunghezza fino a 2 m e altezza fino a 50 cm, dotati di un coperchio apribile, al fine di permettere il posizionamento dei rizomi all'interno del materasso. Tecnica particolarmente indicata in interventi di ripristino di praterie per impatti antropici anche diretti.

Impianto di semi

La tecnica di reimpianto prevede l'utilizzo di semi o di giovani plantule (Addy, 1947b; Cooper, 1976; Thorhaug, 1979; Lewis e Phillips, 1980; Kawasaki et al., 1988; Piazzini e Cinelli, 1995; Balestri et al., 1998; Piazzini et al., 2000). La principale difficoltà di questa tecnica di reimpianto è rappresentata dal fatto che la *P. oceanica* fiorisce in casi eccezionali in corrispondenza della stagione primaverile o estiva. I frutti possono tuttavia essere raccolti agevolmente. Nel caso di utilizzo di semi la procedura di reimpianto prevede un periodo di crescita in acquario di circa due mesi fino alla germinazione (tasso di sopravvivenza osservato tra il 70 e l'80%).

In tabella 15 sono elencati alcuni progetti relativi alla realizzazione di opere di compensazione per le fanerogame marine tra le quali la *Posidonia oceanica* in contesto nazionale ed internazionale in accordo con le linee guida ISPRA che raccomandano l'utilizzo di tecniche già applicate in altri contesti.

Luogo	Progetto	Descrizione del metodo	Riferimento
Australia	Dragaggio commerciale al fine di estrazione mineraria di calcio utile alla produzione di calce	Trapianto di zolle di Posidonia oceanica usando macchine da impianto per la riabilitazione. "ECOSUB 1" macchinario per la raccolta automatica delle piante e trapianto nell'area nuova area. Il macchinario è trasportato dalla zona donatrice a quella ricevente tramite boe	Paling et al. 1997; Walker et al. 2001
Australia	Dragaggio commerciale al fine di estrazione mineraria di sabbia	Piano di gestione ambientale dettagliato e trapianto di Posidonia oceanica. Trapianto meccanico con ECOSUB 1 ed ECOSUB 2	Lord et al (2000)
Danimarca	Dragaggio e bonifica per la costruzione di un collegamento tra Danimarca e Svezia	Monitoraggio di feedback (direzione e velocità della corrente, temperatura, salinità, torbidità, direzione e velocità del vento altezza e periodo onda). Top delle operazioni di dragaggio al superamento della soglia di torbidità	Thorkisen and Dynesen (2001); Jensen and Lyngby (1999)
Spagna	IMEDEA – Tecniche di recupero ed espansione di praterie di P. oceanica mediante reimpianto con semi	Individuazione delle condizioni ottimali per la raccolta dei frutti, la germinazione e la piantumazione delle giovani piantule. Tasso di successo circa 80%	Manuale ISPRA
Spagna, Baleari	Estructuras de Regeneración de Posidonia oceanica ERPO	ideazione e realizzazione di un semenzajo biodegradabile (prototipo) da installare sul fondo marino	Manuale ISPRA
Spagna	Metodo di coltura in vitro di piante di fanerogame marine – TRAGSA e Università di Las Palmas	Metodo per coltivare fanerogame marine (e quindi anche P. oceanica), che controlla l'induzione, il mantenimento e la maturazione di colture cellulari fino allo stato pre-embriionario	Manuale ISPRA
Italia, Brindisi	Sviluppo di una Tecnologia Ambientale per la Ricostruzione e la Tutela delle praterie sottomarine di Posidonia – TCT, Lega Ambiente, Regione Puglia	Impianto START. Messa a punto di un sistema artificiale per la coltivazione di P. oceanica (capacità 1500 take)	Manuale ISPRA
Italia, Golfo di Palermo	Tecniche di reimpianto mediante maglie metalliche	Talee di Posidonia oceanica fissate su griglie metalliche elettrosaldate ancorate al substrato mediante paletti metallici. Trapianto meccanico mediante operatori subacquei	Calvo S. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Golfo di Palermo	Recupero di fondali a matite morta mediante riforestazione con Posidonia oceanica	Talee di Posidonia oceanica fissate su griglie metalliche elettrosaldate ancorate al substrato mediante paletti metallici. Prelievo da piante donatrici e trapianto mediante operatori subacquei	Calvo S. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Capo Gallo	Tecnica di reimpianto mediante supporto biodegradabile	Talee di posidonia fissate su supporto biodegradabile a "vite". Prelievo e reimpianto di talee mediante operatori subacquei	Calvo S. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia	Tecniche di reimpianto mediante geostuoie	Rivestimento dei fondali mediante geostuoie in agave. Prelievo e reimpianto di talee mediante operatori subacquei	Cinelli F. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Isola D'Elba	Riforestazione di praterie di Posidonia oceanica mediante fuso di rivestimenti antierosivi	Monitoraggio dei sistemi di ancoraggio e loro efficacia. Utilizzo di geostuoie soperimentali "Reno" e "Macmet R"	Cinelli F. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia	Tecniche di reimpianto mediante materassi rivegetati	Materassi prefabbricati in rete di metallo zincata rivestito di biofeltri e riempito di materiale inerte	Cinelli F. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Capo Rizzuto	Impianto pilota dell'AMP "Capo Rizzuto"	Reimpianto con materassi "Reno" foderati in geotessuto terram 1000	Cinelli F. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia	Trapianto a grande scala su moduli quadrati in cemento armati con rete metallica	Reimpianto in quadrati di metallo prefabbricati mediante operatori subacquei	Scardi M. et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Italia, Castellammare del Golfo	Tecnica di Reimpianto mediante materassi di pietrame	Esposito su praterie naturali e reimpianto mediante operatori subacquei	Badalamenti et al. In Manuali e linee guida ISPRA 2014
Spagna, Andalusia	Life Posidonia Andalusica - Conservation of Posidonia oceanica meadows in Andalusian Mediterranean Sea	Valutazione dei benefici della Posidonia, riduzione 80% punti di ancoraggio, produzione nuova cartografia di dettaglio, azioni per sensibilizzare la popolazione locale	Mendoza Castellon LIFE09 NAT/ES/000534
Baleari	Posidonia Balearica - Protection of Posidonia grasses in SCLs of Balearics	Creazione di 3 nuove aree AMP, creazione di piani di recupero per specie target (Caretta caretta, Phalarocox, turispeo), monitoraggio volontario mediante scuba-divers	Miquel FERRA JAUME LIFE00 NAT/ES/007303
Italia, Sardegna	LIFERIS MARIS - LIFE RES MARIS - Recovering Endangered habitats in the Capo Carbonara MARine area, Sardinia.	Gestione e protezione di 3 ambienti prioritari: praterie di Posidonia, dune e dune interne Restoration del 20% delle praterie di Posidonia, riduzione degli ancoraggi del 80%	Gian Michele CAMOGLIO, LIFE13 NAT/IT/000433

Tab. 15. Stato dell'arte nazionale ed internazionale riguardante le opere di compensazione dell'Habitat 1120

## 7.2. Habitat 1170

Per quanto concerne l'Habitat 1170, gli impatti sul coralligeno possono essere compensati attraverso l'applicazione delle seguenti tecniche, come di evince dalla letteratura nazionale e internazionale presente:

### Produzione di larve e rilascio in ambiente marino

La scelta delle specie da produrre è sito dipendente. In generale la procedura per la produzione di larve segue il seguente schema:

- Campionamento di uova e embrioni dal mare o alternativamente in appositi serbatoi per la riproduzione.
- Manutenzione e coltura.
- Produzione di massa delle larve e preparazione al rilascio.
- Induzione all'insediamento e alla metamorfosi e introduzione di larve nel substrato.
- Coltura di polipi nel substrato e successivo trapianto di stadi giovanili.

### Trapianto

Condizione necessaria per la riuscita del trapianto, oltre all'utilizzo di tecniche standardizzate e affidabili, è l'esecuzione di un monitoraggio a lungo termine che prenda in considerazione anche parametri come la qualità delle acque, le condizioni idrodinamiche e la sedimentologia.

Le tecniche di trapianto possono essere effettuate utilizzando stadi giovanili, adulti o frammenti di colonie, substrati stabili o superfici strutturate.

- Trapianto utilizzando stadi giovanili

Esistono tre metodi per il trapianto di giovanili:

- a) Prelievo diretto in situ di giovanili da reef ad alta densità.
- b) Utilizzo di strumenti di supporto per l'insediamento (blocchi modulari in ceramica o altri materiali da posizionare sul fondo al fine di catturare le larve).
- c) Coltura di stadi giovanili su substrati.

- Trapianto di adulti o di frammenti

Il trapianto di adulti o di frammenti presenta delle difficoltà operative legate ai seguenti punti:

- a) Identificazione di colonie adulte adatte.
- b) Prelievo, nel caso di utilizzo di frammenti, da coralligeni donatori.
- c) Applicazione di metodi affidabili per il trapianto e la fissazione dei frammenti o degli individui.
- d) Identificazione del sito di trapianto in funzione della tipologia di substrato.
- e) Identificazione della finestra temporale adatta al trapianto in funzione della stagionalità.

### Installazione di substrati stabili

L'installazione di substrati stabili può rappresentare sia un intervento di mitigazione (essendo integrabile alle strutture di progetto) che una compensazione. Sono stati osservati diversi casi di crescita su substrati artificiali in particolare in Giappone (sui moli frangiflutto costruiti alla metà degli anni 70) e più recentemente a Taiwan. Il tasso di insediamento è dipendente dalla disponibilità di stadi larvali ma può essere integrato attraverso trapianti di stadi giovanili.

### Utilizzo di superfici strutturate

L'utilizzo di superfici strutturate facilita l'insediamento di specie di coralligeno. Diverse tipologie di

substrato sono state testate a partire dal 1990 e si è dimostrata l'efficacia dell'utilizzo di tali strutture sia per l'iniziale insediamento di stadi larvali sia per la successiva crescita. Particolare successo ha riscontrato il progetto giapponese eco-block progettato specificatamente per aree portuali.

In tabella 16 sono elencati alcuni progetti relativi alla realizzazione di opere di compensazione per il coralligeno in contesto nazionale ed internazionale.

Luogo	Progetto	Descrizione del metodo	Riferimento
Maldive	Progetto sperimentale. Coral transplantation as an aid to reef rehabilitation: evaluation of a case study in the Maldive Island	Trapianto di corallo da area donatrice: il corallo è stato espianato da subacquei mediante martello e scalpello e reimpiantato nell'area ricevente	Clark and Edwards (1995)
Messico	Progetto sperimentale. Restoration of a degraded coral reef using a natural remediation process: A case study from a Central Mexican Pacific National Park	Trapianto di corallo utilizzando frammenti in buone condizioni prelevati nell'area e ripiantati nella stessa area e in substrati artificiali	Tortolero-Langarica et al. (2014)
Giordania	Progetto sperimentale. Initial survival of coral nubbins transplanted by a new coral transplanting technology: options for reef rehabilitation.	Trapianto di frammenti prelevati da una colonia donatrice e ripiantate nel sito ricevente mediante l'utilizzo di una griglia metallica caricata elettricamente	Van Treeck (1997)
Giappone	Progetto sperimentale. First step in the restoration of a highly degraded coral reef (Singapore) by in situ coral intensive farming	Restoration di un'area nella quale non era presente coralligeno mediante la costruzione di una "Farm" utilizzando potature di corallo donatore	Bongiomi et al. (2011)
Filippine	Progetto sperimentale. Fixed and suspended coral nurseries in the Philippines: Establishing the first step in the "gardening concept" of reef restoration	Costruzione di una "coral nursery" flottante dove allevare i coralli per poi rutilizzarli nei trapianti nelle aree riceventi	Lee Shaish et al. (2008)
Tailandia	Progetto sperimentale. Coral reef restoration project in Thailand	Blocchi di cemento epossidico affondati utilizzati come substrato inseriti stati inseriti in una colonia scarna sul quale sono frammenti di corallo della stessa colonia	Yemin et al. (2006)
Israele	Progetto sperimentale. Transplantation of juvenile corals: a new approach for enhancing colonization of artificial reefs	Trapianto di giovanili su piastre in PVC montate su filo di acciaio flottante attaccato a boe	Benayahu (1997)

Tab. 16. Stato dell'arte nazionale ed internazionale riguardante le opere di compensazione dell'Habitat 1170

### 7.3. Progetti finanziati dalla Comunità Europea

Gli Habitat 1120 e 1170 sono considerati prioritari dalla Direttiva Habitat 92/43/CEE, in particolare le praterie di *Posidonia oceanica* e le biocostruzioni coralligene (Allegato I – Direttiva Habitat codice 1120 e 1170 rispettivamente), nonché le specie *Pinna nobilis* (Allegato IV – Direttiva Habitat Codice 1028) e *Corallium rubrum* (Allegato IV – Direttiva Habitat Codice \*1001). La Comunità Europea ha finanziato e finanzia quindi regolarmente progetti che abbiano per obiettivo la salvaguardia dei suddetti habitat mettendo a disposizione finanziamenti mirati.

In questo contesto particolare rilevanza riveste il Life Natura che è lo strumento specifico per la tutela e conservazione dei Siti di Interesse Comunitario (SIC) inseriti nella Direttiva Habitat (92/43/CEE) e delle Zone di Protezione Speciale (ZPS) inserite nella Direttiva Uccelli (79/409/CEE), che concorrono alla formazione della Rete NATURA 2000. In relazione agli habitat

considerati vengono di seguito riportati alcuni progetti Life riguardanti azioni indirizzate alle praterie di *Posidonia oceanica* e ai reef (Tabella 17).

Luogo	Progetto	Descrizione	Obiettivi
Italia, Sardegna	Life RES MARIS – Recovering Endangered habitats in the Capo Carbonara MARine area, Sardinia.	Gestione e protezione di 3 ambienti prioritari: praterie di <i>Posidonia</i> , dune e dune interne. Restoration del 20% delle praterie di <i>Posidonia</i> , riduzione degli ancoraggi dell'80%	Ridurre e/o eliminare i danni dovuti alla presenza di specie invasive e all'ancoraggio; recupero delle aree sensibili della navigazione commerciale; sensibilizzare la popolazione locale
Spagna, Andalusia	Life Posidonia Andalusia - Conservation of Posidonia oceanica meadows in Andalusian Mediterranean Sea	Valutazione dei benefici della <i>Posidonia</i> , riduzione 80% punti di ancoraggio, produzione nuova cartografia di dettaglio, azioni per sensibilizzare la popolazione locale	Migliorare lo stato di conservazione della <i>Posidonia oceanica</i> applicando misure di protezione. Valutazione delle minacce esistenti (inquinamenti, ancoraggio, pesca a strascico illegale, espansione di specie invasive invasive), introdurre una sistema di allerta tempestivo
Grecia	ACCOLAGOONS – Actions for the conservation of coastal habitats and significant avifauna species in NATURA 2000 network sites of Epanomi and Aggelochori Laggons, Greece	Gestione e conservazione di habitat costieri prioritari, installazione di ormeggi eco-compatibili, installazione di stazioni di monitoraggio della qualità dell'acqua	Migliorare lo stato di conservazione della <i>Posidonia oceanica</i> e le specie associate, <i>Nimeneus tenuirostris</i> e <i>Phalacrocorax pygmaeus</i> ; migliorare la stabilità e la biodiversità dell'ecosistema.
Baleari	Posidonia Baleares - Protection of Posidonia grasses in SCIs of Baleares	Creazione di 3 nuove aree AMP, creazione di piani di recupero per specie target ( <i>Caretta caretta</i> , <i>Larus audouinii</i> , <i>Thalassidroma truncatus</i> , <i>Phalacrocorax aristotelis</i> ), monitoraggio volontario mediante scuba-divers	Migliorare la sopravvivenza e la ricchezza biologica delle praterie di <i>Posidonia oceanica</i> oltre che lo stato di conservazione di altre specie di interesse comunitario associate.
Italia, Lazio	POSEIDONE – Urgent conservation actions of Posidonia beds of Northern Latium	Approvazione di un piano di gestione per i SIC; produzione di valutazioni ex-ante e ex-post dello sforzo di conservazione; deposizione di strutture subacquee per ridurre i danni da pesca a strascico illegale; implementazione di programmi di educazione ambientale.	Salvaguardia e risanamento di SIC per la conservazione di habitat prioritari di <i>Posidonia oceanica</i> nel Mar Tirreno.
Italia, Campania, Sicilia, Calabria	SIC del Tirreno – Protection of sea and coastline habitats in SCIS along the Southern Tyrrhenian Sea in Italy	Designazione di 6 SIC, 2 in Campania, 3 in Sicilia, 1 in Calabria. Riduzione dei danni dovuti all'ancoraggio tramite limitazione traffico nautico e deposizione di boe eco-sostenibili.	Limitare i danni causati dalle attività antropiche costituendo SIC, installando dispositivi per prevenire il traffico nautico, diminuire gli ancoraggi e implementare piano di gestione.
Malta	Life BaHAR for NZK – Life+Benthic Habitat Research for marine Natura 2000 site designation.	Creazione mappe dettagliate di habitat di primaria importanza, designazione SIC; elaborazione di un piano di gestione per i SIC designati; produzione di materiale di comunicazione per sensibilizzare la popolazione locale.	Raccolta dati sullo stato di conservazione degli habitat marini di interesse e promuovere la partecipazione attiva della popolazione locale

Tab. 17. Progetti Life Natura per la tutela e la conservazione degli habitat 1120 e 1170

## 8. Proposta di interventi compensativi

### 8.1. Premessa e strategia della compensazione

L'espansione del Porto di Civitavecchia impatterà su un tratto di costa caratterizzato dalla presenza di due SIC (Siti di Interesse Comunitario) prevalentemente costituiti dagli habitat *Posidonia oceanica* (Habitat prioritario 1120-Praterie di Posidonia) e coralligeno (Habitat 1170) e dalle specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*.

Le opere costituenti l'Hub Portuale di Civitavecchia occuperanno fisicamente (impronta) una porzione del SIC IT6000005, quella più meridionale, per un'estensione di circa 74 ha, di cui:

a) 17 ha per il I Lotto Funzionale Opere Strategiche, i cui lavori (dragaggi ed imbonimenti) sono già stati ultimati, dei quali **2,5 ha** erano mediamente coperti da *Posidonia oceanica*;

b) 57 ha per la “Darsena Energetica Grandi Masse” di cui è stato realizzato soltanto la cd Banchina carbone dell'ENEL ( o molo di sottoflutto della DEGM), dei quali mediamente **8 ha** sono coperti da *Posidonia oceanica*; **3,5 ha** da coralligeno. Come dettagliatamente descritto al par. 2.2.1.1 del citato “Studio per la Valutazione di Incidenza Ambientale dei piani e progetti volti a sviluppare l'HUB portuale di Civitavecchia”, sono stati rilevati inoltre alcuni esemplari di *Pinna nobilis* (13 esemplari rinvenuti nell'area di studio, equiparabili a **42 ind/ha** o a 185 individui mediamente nell'area in questione).

La relativa compensazione deve ovviamente riguardare gli habitat e le specie impattate (direttamente e indirettamente in prossimità del porto).

E' da tenere in considerazione anche che nella zona sono stati già effettuati due interventi di reimpianto a carattere sperimentale al fine di restaurare praterie di *Posidonia oceanica*.

Il primo intervento è stato effettuato nelle località di Santa Marinella ed ha riguardato il trapianto di un ettaro di *Posidonia oceanica* precedentemente espantata da “La Mattonara” a compensazione della costruzione del “Molo carbone” dell'ENEL (che fa parte delle opere previste dalla Darsena Energetica Grandi Masse).

Il secondo ha riguardato il trapianto nell'area di Capo Linaro di 1 ha di *Posidonia oceanica* espantata dalla medesima area a compensazione della realizzazione delle opere relative al Primo Lotto Funzionale del Porto di Civitavecchia. Questo secondo intervento, seppur di carattere sperimentale, non ha avuto esito positivo e di conseguenza si propongono di seguito ulteriori

interventi compensativi considerando l'intera superficie oggetto del reimpianto relativa al primo lotto funzionale e cioè **2.5 ha** di *Posidonia oceanica*.

Il presente progetto presenta quindi interventi di compensazione per le due aree interessate dalla espansione del porto:

I lotto funzionale: **2.5 ha** di *Posidonia oceanica*.

II lotto funzionale: **8 ha** a *Posidonia oceanica*; **3,5 ha** a coralligeno e le specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*.

La strategia degli interventi di compensazione si basa sul principio che l'analisi del **Capitale Naturale** si sta affermando come valido strumento a supporto della gestione degli spazi anche marini nell'ottica di rendere compatibili i molteplici usi delle risorse, spesso in conflitto tra loro.

Nell'ambito della politica EU per la gestione degli spazi marittimi (Marine Strategy Framework Directive 2008/56/CE - MSFD), l'utilizzo di indici territoriali viene proposto come metodo, da un lato, di contrasto degli usi più forti (industriale, commerciale ecc.), dall'altro di tutela dei sistemi naturali.

A tal fine il JRC Scientific and Policy Report 2014, *Technical guidance on monitoring for the Marine Strategy Framework Directive*, definisce i criteri per il monitoraggio dei descrittori specifici della MSFD e il loro possibile utilizzo sulla base dell'*ecosystem services approach*.

Il computo dei servizi ecosistemici (ecosystem services), alla base di questo progetto di interventi di compensazione considera: i provisioning services, supporting services, regulating services e cultural services. Viene preso come riferimento il metodo proposto dal MEA2005 (Millenium Ecosystem Assesment,UN<sup>1</sup>) il quale rappresenta il riferimento assoluto per le strategie mondiali di valutazione

---

1

The Millennium Ecosystem Assessment (MA) was called for by the United Nations Secretary-General Kofi Annan in 2000. Initiated in 2001, the objective of the MA was to assess the consequences of ecosystem change for human well-being and the scientific basis for action needed to enhance the conservation and sustainable use of those systems and their contribution to human well-being. The MA has involved the work of more than 1,360 experts worldwide.

e conservazione del patrimonio ecologico mondiale.

A questo scopo si utilizzano i dati raccolti ed elaborati dal LOSEM nel territorio negli ultimi 15 anni che sono stati integrati come strati informativi aggiuntivi della Carta di Uso del Mare, uno strumento cartografico “ecosystem oriented” sviluppato dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina per la gestione sostenibile degli spazi marittimi e l’identificazione degli *hotspots ecosistemici*.

Al termine delle attività di valutazione economica dei servizi ecosistemici (vedi capitolo 6) sono stati stimati i seguenti valori economici dei relativi benefit ecosistemici:

**10.5 ha a *Posidonia oceanica* (Habitat prioritario 1120)**

Il valore calcolato è di 16.227 euro/ha/anno, per un totale di **170.908 euro/anno**.

**3,5 ha a corraligeno (Habitat 1170)**

Il valore calcolato è di 57.632 euro/ha/anno, per un totale di **201.712 euro/anno**.

Considerando un intervento di compensazione della durata di 10 anni che rappresentano un tempo utile e più che sufficiente ad ottenere una ricostruzione di ecosistemi in altre aree e/o una azione di tutela significativa si propone una serie di interventi compensativi pari alla proiezione decennale delle somme calcolate per i due habitat compromessi dall’intervento, per un totale di:

**$(170.908 + 201.712) * 10 \text{ anni} = 3.726.200 \text{ euro}$ .**



## 8.2. Lista degli interventi compensativi

### Premessa

Vengono di seguito elencati gli interventi di compensazione relativi al 1° lotto funzionale opere strategiche ed alla Darsena Energetico-Grandi Masse e al 2° lotto funzionale opere strategiche in funzione del contesto ambientale marino costiero di Civitavecchia.

Si tiene conto che sono stati già realizzati interventi sperimentali di reimpianto *Posidonia oceanica* il primo in località S. Marinella relativo alla realizzazione banchina carbone ENEL ed il secondo a nord di Capo Linaro per la realizzazione del 1° lotto funzionale opere strategiche.

Gli interventi di compensazione di seguito proposti seguono le linee guida per la gestione dell'habitat *Posidonia oceanica* proposte dalla Commissione Europea nel technical report 2008 01/24 dei quaderni Natura 2000 (Management of Natura 2000 habitats *Posidonia beds* – *Posidonia oceanica* 1120) e ripreso nel quaderno ISPRA 106/2014.

Oltre le attività proposte dalle succitate linee guida, per la caratterizzazione dei siti donatori e di reimpianto viene effettuata una analisi dei livelli di energia cinetica a microscala dovuta prevalentemente a correnti e moto ondoso.

Questa microzonazione energetica è essenziale in quanto nell'area di Civitavecchia la distribuzione dell'energia cinetica nel mare non è uniforme e sulla base delle esperienze scaturite dai precedenti rimpianti, la conoscenza della sua distribuzione assume un ruolo determinante per la buona riuscita del reimpianto.

Gli interventi successivamente sintetizzati sono in linea, inoltre, con gli indirizzi di gestione indicati dalla Regione Lazio per i due SIC di interesse (Misure di conservazione del SIC 6000005 “Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara”; Misure di conservazione del SIC 6000006 “Fondali tra Punta Pecoraro e Capo Linaro”).

### Compensazione *Posidonia oceanica*

A) Attività volte alla salvaguardia e recupero delle praterie di *Posidonia oceanica* interessate direttamente e/o indirettamente dalle attività di costruzione delle opere:

- a1) nell'area che verrà direttamente interessata dalla realizzazione dell'Hub portuale:

caratterizzazione quali-quantitativa e genetica delle patch del posidonieto donatore e delle caratteristiche dinamiche, fisiche, chimiche e sedimentologiche dell'habitat;

a2) in aree limitrofe: analisi ad elevata risoluzione spaziale delle caratteristiche quali-quantitative di aree campione identificate preliminarmente attraverso i risultati dei modelli matematici (a livello di mesoscala); identificazione di aree donatrici di praterie adattate a basse intensità luminose ed elevata densità (come prescritto dal quaderno Natura 2000-2008 01/24);

a3) identificazione e caratterizzazione (come in punto a.1) di zone in sofferenza con la massima probabilità di successo finalizzate al restauro;

a4) sperimentazione di differenti tecniche di reimpianto (vedi quaderno Natura 2000-2008 01/24 e ISPRA 106/2014) identificate sulla base delle caratteristiche delle praterie naturali, dei livelli energetici e della tipologia di substrato;

a5) realizzazione di vasche (stabulari/vivai) dove mantenere in vivo parte delle talee idonee, provenienti dall'area impattata dalle opere e da altre praterie donatrici;

a6) isolamento di un'area a bassa energia in località “La Frasca” da utilizzare per sperimentazione in ambiente naturale;

a7) sperimentazione di tecniche di riproduzione e crescita di talee in vasca; predisposizione di protocolli di mantenimento e reimpianto;

a8) messa a punto di un programma a medio e lungo termine di recupero di talee spiaggiate e trattenute dalle reti da pesca finalizzata al restauro del posidonieto sulla base dei protocolli sperimentati;

B) Messa in opera di: tecniche di protezione passive mediante posizionamento di corpi morti per l'ormeggio delle imbarcazioni da diporto; techno-reef da posizionare in base alle correnti di fondo per proteggere e anche favorire la ricrescita naturale di *Posidonia oceanica*; tetrapodi per combattere la pesca illegale sulla *Posidonia* estendendo l'intervento del “LIFE Poseidone” realizzato nella zona a Nord di Civitavecchia;

C) Interazione con il mondo della pesca, le autorità e gli enti amministrativi locali per identificare misure gestionali atte a proteggere le aree di reimpianto e diminuire gli stress antropici sulle praterie di *Posidonia* limitrofe;

D) Monitoraggio dei risultati dell'azione, includendo oltre ai risultati del reimpianto e all'evoluzione dell'habitat naturale anche l'eventuale presenza e proliferazione di specie invasive (es. *Caulerpa taxifolia*);

#### Compensazione coralligeno

E) Identificare e descrivere i siti reef di rilevanza ecologica (hot spots);

F) Realizzare sistemi e strutture di conservazione e sostentamento delle specie che poi verranno reintrodotte negli habitat naturali e in quelli artificiali, come siti di conservazione in mare;

f1) Coinvolgere attivamente i pescatori locali nelle fasi di recupero e conservazione;

f2) Coinvolgere le associazioni dei diving e mettere a punto strutture di ormeggio (strutture Blu) per tutelare gli “hot spots”;

f3) Ricovero delle specie del coralligeno catturate accidentalmente durante la pesca: campagne bycatch;

f4) Reintroduzione delle specie di corallo sia sui reef artificiali che nelle aree di reimpianto identificate (hot spots);

G) Realizzare strumenti di difesa dagli ancoraggi negli hot spots e controllare la fase di reimpianto;

H) Monitorare i risultati della reintroduzione nell'ambiente naturale per valutare e documentare l'efficacia dell'intervento;

#### Compensazione specie protette: *Pinna nobilis* e *Corallium rubrium*

I) Caratterizzazione dei siti di prelievo e reinserimento e censimento delle specie *Pinna nobilis* e *Corallium rubrium*;

L) Prelievo di esemplari di *Pinna nobilis* e *Corallium rubrium* nelle aree dove si verificheranno gli impatti diretti delle opere del secondo Lotto Funzionale;

M) Mantenimento e adattamento degli esemplari di cui al punto precedente in ambiente controllato (vasche);

N) Reintroduzione degli esemplari mantenuti in vasca in ambiente marino nei siti selezionati;

O) Monitoraggio degli organismi reimmessi nell'ambiente naturale e delle caratteristiche ecologiche dei siti di reintroduzione;

Creazione di un sistema di monitoraggio della qualità delle acque per il controllo degli effetti del porto sugli ecosistemi limitrofi

P) Sistema di monitoraggio;

p1) messa in opera di una boa per il controllo di variabili descrittive chimico-fisiche, inquinamento, torbidità, biomasse algali;

p2) utilizzo di dati telerilevati calibrati con i dati della boa per la visione sinottica delle variabili monitorate;

p3) utilizzo di modelli matematici per la previsione e descrizione dei fenomeni di diffusione;

p4) predisposizione di un sistema di “early warning”;

p5) integrazione dei dati provenienti dal monitoraggio permanente e dai monitoraggi della *Posidonia oceanica*, del coralligeno e delle specie protette in un sistema informativo con una interfaccia accessibile pubblicamente (internet);

Messa in opera di un sistema di informazione e sensibilizzazione sull'ambiente marino e sulle specie protette che operi in differenti modalità rivolte ai ragazzi delle scuole di Civitavecchia, alle popolazioni ed agli stakeholders

Q) Realizzazione infrastrutture divulgative;

q1) creazione centro educazione ambientale marino;

q2) sistema museale;

q3) sensibilizzare le nuove generazioni e la popolazione locale al rispetto dell'ambiente

marino e alla conoscenza dell'importanza degli habitat a coralligeno;

q4) convegni ed iniziative, a scadenze fisse, sulle attività di progetto e sui risultati ottenuti, rivolti a giovani, enti pubblici ed Autorità, popolazione locale, stakeholders e comunità scientifica;

q5) portale informativo sul progetto contenente anche i risultati del progetto;

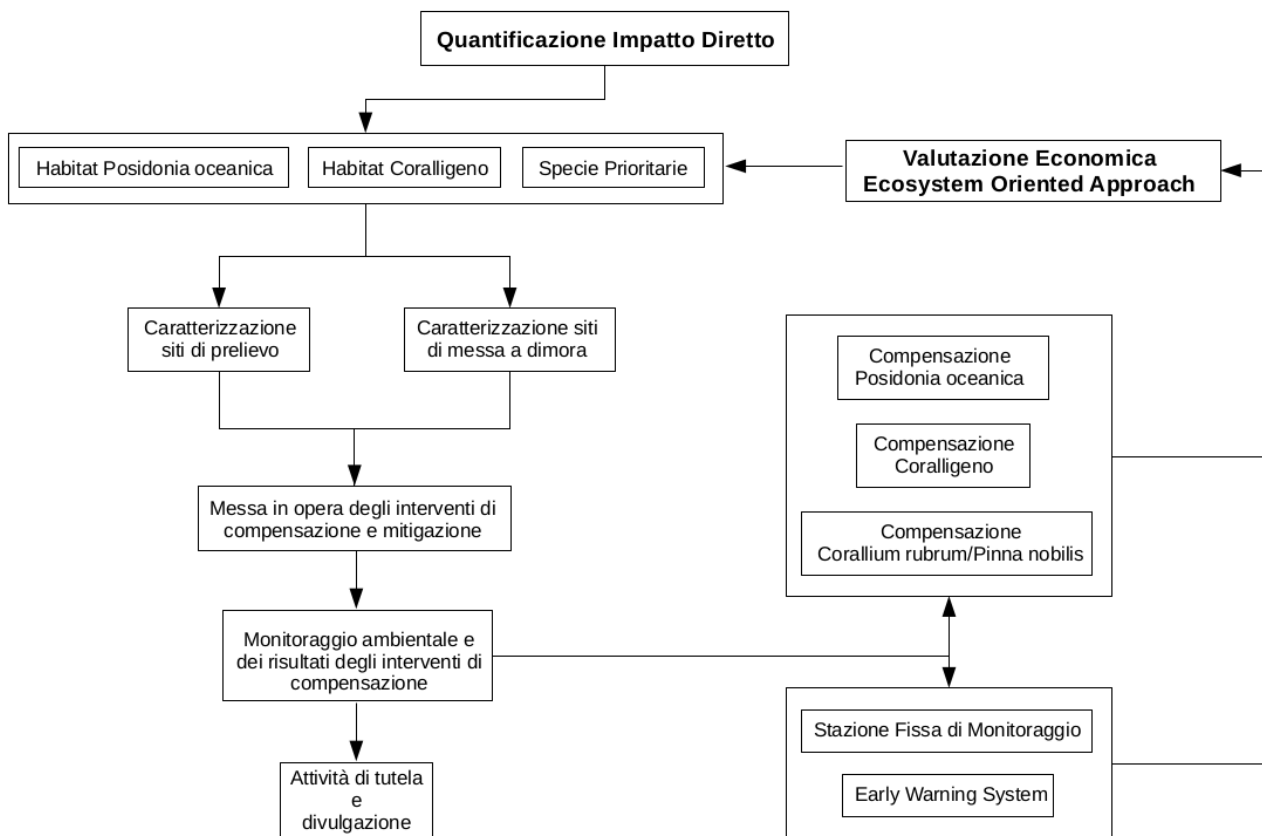
### 8.3. Cronoprogramma

Le attività si svilupperanno in differenti fasi ma in modo tale da consentire l'inizio dei lavori di dragaggio con il sistema già in opera.

Nelle pagine successive si presenta il cronoprogramma del progetto. Per ciascuna voce del cronoprogramma viene indicato il paragrafo del capitolo 8.4. dove vengono esplicitate le relative attività. Alcune delle attività riportate nei sottoparagrafi 8.4.2 “Compensazione *Posidonia oceanica*”, 8.4.3 “Compensazioni coralligeno”, 8.4.4 “Compensazioni *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum* e 8.4.5 “Monitoraggio” (indicate con un asterisco nel cronoprogramma) verranno definite temporalmente durante le fasi di “Progettazione esecutiva” (8.4.1).

Gli anni riportati nel cronoprogramma sono da intendersi a titolo esemplificativo della sequenza temporale delle attività che verranno svolte.

### Schema a blocchi del Progetto di Ricerca



Cronoprogramma delle attività		16-09-01												01 gennaio 2018															
		01 settembre 2016				01 gennaio 2017				01 gennaio 2018				01 settembre 2018															
START		set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
<b>Attività preliminari e di supporto</b>		<b>8.4.1</b>																											
	Progettazione esecutiva																												
	Autorizzazioni																												
	Ristrutturazione locali, prese acqua																												
	Manutenzione																												
<b>Compensazione Posidonia oceanica*</b>		<b>8.4.2</b>																											
	Completamento studi preliminari																												
	Microzonazione																												
	Sperimentazione reimpianto																												
	Real. vasca sperimentazione																												
	Sperimentazione in vasche																												
	Protocolli Posidona vasche																												
	Sper. Colture in ambiente nat.																												
	Realizzazione vasche mantenimento																												
	Protocolli Posidona sito																												
	Recupero e messa a dimora talee																												
	Barriere e blocchi antistrascico																												
<b>Compensazione coralligeno*</b>		<b>8.4.3</b>																											
	Selezione "hot spots"																												
	Real. ne vasche sperimentazione																												
	Programma "bycatch recovery"																												
	Realizzazione vasche mantenimento																												
	Reintroduzione in ambiente naturale																												
	Realizzazione substrati artificiali																												
<b>Compensazione Pinna nobilis e Corallium rubrum*</b>		<b>8.4.4</b>																											
	Caratterizzazione e censimento																												
	Identificazione siti di reinserimento																												
	Recupero individui																												
	Mantenimento e adattamento																												
	Reintroduzione in ambiente naturale																												
<b>Monitoraggio*</b>		<b>8.4.5</b>																											
	Monitoraggio reimpianto Posidonia																												
	Monitoraggio recupero coralligeno																												
	Monitoraggio Pinna e Corallium																												
	Acquisto componenti Staz. Monitoraggio																												
	Messa in opera del sistema																												
	Monitoraggio integrato																												
	Messa in opera early warning system																												
<b>Azioni di tutela e comunicazione</b>		<b>8.4.6</b>																											
	Coinvolgimento diving e associazioni																												
	Boe ancoraggio diporto e sub																												
	Programma pesca responsabile																												
	Realizzazione centro educ. Marino																												
	Contributo sist. Museale																												
	Azioni sensibilizzazione e scuole																												
	Convegni																												







01 gennaio 2015												01 gennaio 2016													
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic		gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
<b>8.4.1</b>													<b>8.4.1</b>												
8.4.1.1													8.4.1.1												
8.4.1.2													8.4.1.2												
8.4.1.3													8.4.1.3												
8.4.1.4													8.4.1.4												
<b>8.4.2</b>													<b>8.4.2</b>												
8.4.2.1													8.4.2.1												
8.4.2.2													8.4.2.2												
8.4.2.3													8.4.2.3												
8.4.2.4													8.4.2.4												
8.4.2.5													8.4.2.5												
8.4.2.6													8.4.2.6												
8.4.2.7													8.4.2.7												
8.4.2.8													8.4.2.8												
8.4.2.9													8.4.2.9												
8.4.2.10													8.4.2.10												
8.4.2.11													8.4.2.11												
<b>8.4.3</b>													<b>8.4.3</b>												
8.4.3.1													8.4.3.1												
8.4.3.2													8.4.3.2												
8.4.3.3													8.4.3.3												
8.4.3.4													8.4.3.4												
8.4.3.5													8.4.3.5												
8.4.3.6													8.4.3.6												
<b>8.4.4</b>													<b>8.4.4</b>												
8.4.4.1													8.4.4.1												
8.4.4.2													8.4.4.2												
8.4.4.3													8.4.4.3												
8.4.4.4													8.4.4.4												
8.4.4.5													8.4.4.5												
<b>8.4.5</b>													<b>8.4.5</b>												
8.4.5.1													8.4.5.1												
8.4.5.2													8.4.5.2												
8.4.5.3													8.4.5.3												
8.4.5.4													8.4.5.4												
8.4.5.5													8.4.5.5												
8.4.5.6													8.4.5.6												
8.4.5.7													8.4.5.7												
<b>8.4.6</b>													<b>8.4.6</b>												
8.4.6.1													8.4.6.1												
8.4.6.2													8.4.6.2												
8.4.6.3													8.4.6.3												
8.4.6.4													8.4.6.4												
8.4.6.5													8.4.6.5												
8.4.6.6													8.4.6.6												
8.4.6.7													8.4.6.7												

## 8.4. Descrizione delle attività

Le attività si svolgeranno secondo la tempistica descritta nel cronoprogramma.

### 8.4.1. Attività preliminari e di supporto

Le attività preliminari e di supporto rappresentano tutte quelle attività che renderanno possibile la realizzazione del progetto, dall'ottenimento delle necessarie autorizzazioni e concessioni alle attività di verifica e manutenzione ordinaria e straordinaria, sia della componente strumentale che impiantistica.

#### *8.4.1.1 Progettazione esecutiva*

La progettazione esecutiva del monitoraggio ha come obiettivo la pianificazione nel dettaglio delle singole attività, a partire dai risultati emersi dalle prime valutazioni e dall'analisi dei dati pregressi.

Durante questa fase verranno dettagliati tutti gli interventi previsti dal progetto, con particolare riferimento ai criteri e alle metodologie che saranno adottate per i singoli interventi.

Il progetto esecutivo conterrà, oltre alle tempistiche con cui saranno effettuati i monitoraggi, anche la copertura spaziale e le aree selezionate.

La progettazione esecutiva riguarderà quindi:

- tutte le attività autorizzative e amministrative necessarie allo svolgimento degli interventi;
- la ristrutturazione e messa in sicurezza degli ambienti di lavoro, ivi compreso il sistema di alimentazione, affinché sia in grado di mantenere la giusta autonomia in caso di guasti alla rete elettrica, nonché gli impianti idraulici di supporto<sup>2</sup>;
- le attività finalizzate alla realizzazione delle vasche sperimentali, di conservazione ed espositive, nonché degli spazi espositivi;
- l'organizzazione e programmazione delle attività di campo e di laboratorio relative alle opere di

---

2

Sarà valutata la possibilità di realizzare un sistema autonomo di produzione di energia basato su energie rinnovabili.

- compensazione della *Posidonia oceanica*, del coralligeno, della *Pinna nobilis* e del *Corallium rubrum*;
- le attività di monitoraggio sia ambientale che dei risultati delle azioni compensative (si farà riferimento agli standard europei ed internazionali che prevedono tempistiche e modalità operative codificate);
  - il sistema integrato di monitoraggio, ivi compresi l'organizzazione, le piattaforme, i sistemi di misura, le attrezzature e le interfacce hardware e software necessarie per l'implementazione del sistema;
  - la gestione e la direzione delle attività svolte che si tradurrà nella produzione di Report tecnico-scientifici;
  - la tipologia di documenti ed elaborati grafici per le singole fasi e per le singole attività di monitoraggio previste nonché per la divulgazione dei risultati;
  - la predisposizione di un database informativo contenente tutti i dati raccolti durante il progetto.

#### 8.4.1.2 Autorizzazioni

Sarà necessario ottenere, preliminarmente all'inizio delle attività, tutte le necessarie autorizzazioni per la messa in esercizio delle vasche, per la messa in opera della strumentazione fissa e per le attività a mare.

Inoltre si dovranno strutturare tutti gli accordi di tipo convenzionale (mondo della pesca, diving, associazioni, etc.) utili alla realizzazione del progetto.

#### 8.4.1.3 Ristrutturazione locali, prese acqua

I locali verranno messi in sicurezza e resi agibili al fine di ospitare la componente impiantistica necessaria alla realizzazione del progetto.

Si posizioneranno anche le componenti idrauliche necessarie alla presa e rilascio di acqua.

Nell'ambito della progettazione esecutiva si valuterà l'ipotesi di rendere autonomi dal punto di vista energetico gli impianti di conservazione ed espositivi; a tal fine verranno analizzate differenti soluzioni di alimentazione ad energie rinnovabili.

#### 8.4.1.4 *Manutenzione*

Verifiche di funzionamento e relativa manutenzione verrà effettuata periodicamente al fine di consentire il corretto funzionamento del progetto.

#### 8.4.2. **Compensazione della *Posidonia oceanica***

Questa opera di compensazione si pone come seguito delle attività sperimentali di reimpianto di *Posidonia oceanica* effettuate negli ultimi anni sulla costa di Civitavecchia.

Sulla base di quanto suggerito nel quaderno Natura 2000-2008, 01/24 e dal manuale ISPRA (2014), la compensazione si pone, però, nell'ottica di un “restauro” di posidonieti danneggiati o sofferenti e anche di tutela di praterie in buono stato, mediante lo sviluppo delle attività sperimentali di seguito proposte:

- identificare le praterie donatrici adatte a basse condizioni luminose (prelievo di poche talee in aree dense in modo di non danneggiare il posidonieto preesistente);
- aumentare sensibilmente la probabilità di successo del reimpianto grazie all'individuazione di aree in cui i livelli energetici e i valori di torbidità e di sedimentazione sono idonei per il posizionamento delle talee;
- identificare la tecnica di reimpianto che meglio si adatta a diversi livelli di energia e di tipologia del fondale;
- sviluppare tecniche sperimentali per il mantenimento di talee in vasche a terra (vivai);
- mettere a punto un programma di recupero e reimpianto delle talee spiaggiate e di quelle trattenute dalle reti da pesca da utilizzare per le attività di reimpianto;
- contribuire a mantenere lo stato di conservazione delle praterie naturali mediante interventi di protezione e azioni volte a contribuire alla creazione di un sistema di gestione (in conformità alle “Misure di conservazione dei SIC IT6000005/6 della Regione Lazio) e azioni di coinvolgimento ed

educazione degli stakeholders, enti locali e della popolazione (vedi capitolo “Divulgazione e coinvolgimento degli stakeholders”).

Di seguito vengono riportate nel dettaglio le attività previste in questa opera di compensazione.

#### *8.4.2.1. Completamento studi preliminari*

Nell'area di studio è già stato realizzato un sistema informativo che integra i dati di campo raccolti dal LOSEM negli ultimi 15 anni con altre informazioni pregresse, dati telerilevati, studi modellistici (idrodinamici, sedimentologici e biologici), dati provenienti da stazioni fisse di monitoraggio.

Questa attività ha la funzione di integrare dove necessario le informazioni disponibili mirandole agli obiettivi del presente progetto.

#### *Caratterizzazione quali-quantitativa dei posidonieti donatori e dei relativi habitat*

Al fine di garantire il successo del reimpianto nella prateria ricevente saranno selezionate le praterie donatrici seguendo alcuni principi fondamentali che vengono suggeriti dal quaderno Natura 2000-2008, 01/24 e dal manuale ISPRA (2014).

In particolare le talee verranno prelevate in funzione del buono stato di salute delle stesse, dell'elevata diversità genetica<sup>3</sup> e, a causa del generale elevato livello di torbidità presente nell'area, dalle porzioni di praterie donatrici a più elevata profondità, in modo da garantire le maggiori probabilità di riuscita di trapianto.

Nello specifico saranno individuate due tipologie di praterie donatrici sulle quali verranno condotte attività di caratterizzazione differenti:

- prateria donatrice prioritaria che è rappresentata dal posidonieto ubicato nella zona di dragaggio;
- praterie donatrici da selezionare che sono incluse all'interno dei SIC IT 6000005 e IT 6000006.

---

3 L'elevata diversità genetica, infatti, come si evince dalle linee guida di Natura 2000, rappresenta uno dei parametri essenziali da considerarsi durante la selezione delle praterie donatrici. Il trapianto di piante provenienti da popolazioni geneticamente differenti incrementa le possibilità di successo a medio e lungo termine del reimpianto (Procaccini e Piazzi 2001). In questo caso assume maggiore rilevanza ovviamente l'analisi delle praterie esterne all'area interessata da dragaggio, in quanto in ogni caso, in questa area, si cercherà di utilizzare il maggior numero di talee possibili.

La prateria donatrice prioritaria è rappresentata dalle praterie che si trovano nella zona che verrà dragata per la realizzazione del Darsena Energetica Grandi Masse.

Molte informazioni che descrivono la distribuzione e lo stato di salute delle praterie di *Posidonia oceanica* sono già state acquisite durante le attività della VINCA, in particolare nel periodo compreso tra il 2012 e 2014.

In tutta l'area è stato realizzato un rilievo mediante l'integrazione di diverse tecniche (Colantoni 1995, Piazzì et al. 2000): remote sensing, side scan sonar, ROV (Remotely Operated Vehicle) e/o operatori scientifici subacquei (OSS). L'uso integrato di diverse tecniche ha consentito di ottenere una informazione georeferenziata sufficiente a descrivere la distribuzione, copertura e caratteristiche delle praterie di *Posidonia oceanica*<sup>4</sup>.

Nell'area investigata la *Posidonia oceanica* è presente da circa 5 m di profondità sino al massimo di 20 m di profondità. Sino alla batimetrica di 12 metri il fondale è caratterizzato da un mosaico di alghe fotofile e macchie di *Posidonia* insediate su roccia o in piccoli avvallamenti fra le rocce.

Purtroppo solamente nell'intervallo fra le batimetrie di 12 e 16 m di profondità la *Posidonia oceanica* si struttura in una vera e propria prateria, e già a profondità maggiori la presenza della pianta diviene sempre più sporadica con l'aumentare della profondità.

Ai fini di individuare in via preventiva le migliori possibili aree di espianto, ad integrazione delle indagini già effettuate, nelle porzioni più fonde della prateria verranno effettuate nuove analisi strutturali integrative e verranno prelevati alcuni campioni (in via prioritaria dalle piante a maggiore profondità).

Su tali campioni saranno condotte analisi per caratterizzare il polimorfismo genetico della prateria donatrice. Qualora non si riscontrasse un livello di diversità genetica sufficiente in fase di reimpianto si provvederà ad aumentarla prelevando talee provenienti dalle praterie donatrici da selezionare.

---

4 La distribuzione della *Posidonia oceanica* è stata studiata nell'ambito della VINCA attraverso un metodo integrato che utilizza immagini satellitari ad alta risoluzione per la delimitazione del limite superiore e Side Scan Sonar che definisce il limite inferiore delle praterie. I risultati ottenuti sono stati validati in alcuni punti dell'area di studio attraverso il ROV che ha permesso di definire il tipo di distribuzione (ciuffi isolati, patches, in catini sabbiosi, prateria su roccia, prateria su sabbia, ecc) e per mezzo di operatori subacquei che hanno effettuato stime di densità e analisi fenologiche sui campioni raccolti in situ (numero medio delle foglie totali, lunghezza media delle foglie, lunghezza della base, lunghezza del tessuto bruno, coefficiente A, superficie fogliare, LAI).

Nelle zone caratterizzate geneticamente verranno poi prelevate le piante che presentano un buono stato di salute evidenziato principalmente dalla lunghezza e qualità delle foglie.

In occasione della VINCA è stato effettuato uno studio approfondito del campo idrodinamico e della dispersione dei sedimenti. In particolare, essendo il rateo di sedimentazione un parametro chiave da analizzare in rapporto alla distribuzione e qualità delle praterie di Posidonia, saranno integrati a scale di dettaglio crescente gli studi sulla dinamica e sulla dispersione del sedimento fine prodotti nell'ambito della VINCA.

Nella prateria ricevente saranno trapiantate inoltre talee provenienti da praterie appositamente selezionate come donatrici. Come suggerito dalle linee guida di Natura 2000, le piante saranno prelevate da più praterie possibili al fine di minimizzare l'impatto sui posidonieti donatori.

In settori di costa differenti e quanto più possibile lontani tra loro, questi posidonieti verranno selezionati in aree con caratteristiche ecologiche idonee ai requisiti di prelievo delle talee, identificate a mesoscala sulla base delle conoscenze pregresse<sup>5</sup> integrate con indagini mirate al progetto di compensazione.

In particolare verranno tenute in considerazione le caratteristiche dell'ambiente dei posidonieti naturali in termini idrodinamici, di torbidità, del tasso di sedimentazione e delle praterie in termini di caratteristiche strutturali, ecologiche e genetiche.

Il successo del reimpianto è dovuto infatti molto alla scelta di idonee aree donatrici che vengano selezionate in base all'intensità di luce<sup>6</sup> in cui la *Posidonia oceanica* si è adattate a vivere e in funzione delle caratteristiche dei posidonieti donatori che, nel caso di praterie esterne all'area di dragaggio, dovranno avere caratteristiche di densità tale da non venire danneggiate da un eccessivo

---

5 Nel corso degli ultimi 10-15 anni l'area è stata studiata in maniera abbastanza approfondita ed è stato realizzato anche un importante sforzo di sistematizzazione delle informazioni pregresse organizzate in un GIS contenente tutti i dati relativi alle biocenosi bentoniche, le caratteristiche sedimentologiche e geomorfologiche, etc. GIS interfacciato con modelli matematici e dati satellitari (S. Bonamano et Al. 2016). In particolare nella selezione delle aree donatrici saranno utilizzati anche i dati relativi alla macroripartizione delle praterie ed i loro parametri funzionali raccolti negli anni precedenti dal Laboratorio di Oceanologia sperimentale ed Ecologia marina.

6 Le aree saranno selezionate in base all'intensità di luce alla quale la *Posidonia oceanica* è adattata a vivere, numerosi studi hanno dimostrato che è particolarmente importante, ai fini della buona riuscita del reimpianto, la scelta di siti donatori posti a profondità maggiori (minore intensità luminosa) rispetto ai siti da restaurare (Molenaar and Meisnez 1992, Genot et al. 1994, Piazzini et al. 1998).



prelievo delle talee.

La profondità di prelievo che dipende dall'adattamento della pianta alla luce, è infatti correlata direttamente alla trasparenza della colonna d'acqua dell'area e quindi direttamente alla torbidità che verrà calcolata con il modello matematico DELFT3D-WAQ in differenti scenari meteomarinari.

Le aree a mesoscala più idonee ad essere utilizzate come praterie donatrici verranno selezionate sovrapponendo i risultati del modello con le aree di praterie di migliore qualità.

I modelli infatti consentiranno di stimare l'intensità della PAR in prossimità del fondo e quindi di selezionare i posidonieti potenzialmente donatori meglio adattate a basse intensità luminose.

A tal fine i risultati ottenuti dalle simulazioni saranno integrati con indagini in sito ad opera di subacquei specializzati che, in seguito a un'attenta analisi dei parametri biologici e strutturali dei posidonieti presenti nell'area, identificheranno le praterie più idonee al prelievo di talee prelevando anche campioni da destinare alla caratterizzazione genetica dei posidonieti naturali donatori.

#### *Identificazione e caratterizzazione quali-quantitativa delle aree destinate al restauro*

Questa attività ha lo scopo di pre-selezionare a mesoscala una serie di aree sulle quali concentrarsi per effettuare studi più dettagliati di caratterizzazione (vedi capitolo successivo) per ospitare le talee provenienti dalle praterie donatrici.

A tal fine le aree che sono idonee ad ospitare il reimpianto delle talee di *Posidonia oceanica* saranno selezionate in quanto risultano avere bassi valori di velocità al fondo, di torbidità e del tasso di sedimentazione.

Il calcolo delle variabili all'interno dell'area di studio sarà effettuato attraverso i modelli numerici del pacchetto DELFT3D.

In particolare la velocità al fondo verrà analizzata attraverso il campo idrodinamico tridimensionale calcolato grazie al processo di steering tra il modello DELFT3D-FLOW e SWAN. La torbidità e il tasso di sedimentazione verranno invece stimati con il modello DELFT3D-WAQ messo a punto per riprodurre i processi legati alla movimentazione del materiale fine nella zona costiera di Civitavecchia.

I risultati dei modelli numerici saranno preventivamente validati attraverso le misure in-situ (stazioni

fisse, campagne di misura periodiche e ad-hoc) che fanno parte della rete osservativa C-CEMS<sup>7</sup>.

I risultati delle simulazioni numeriche permetteranno di identificare delle macroree all'interno di questo tratto di costa che saranno potenzialmente adatte ad ospitare le nuove talee di *Posidonia oceanica*. I processi dinamici di queste zone saranno analizzate con maggior dettaglio nella fase successiva al fine di determinare le microree in cui il reimpianto avrà la massima probabilità di successo.

Gli studi modellistici finalizzati all'identificazione delle macroree saranno integrati attraverso l'analisi di immagini telerilevate. Sarà infatti possibile rilevare e mappare la distribuzione della *Posidonia oceanica* presente nei fondali all'interno della zona eufotica (sino al massimo di 20m in funzione delle condizioni della colonna d'acqua), attraverso l'applicazione di tecniche di *remote sensing* (Borfecchia et al. 2013).

I dati pregressi (Bonamano et Al. 2016) e le informazioni da “remote sensing” relativi alle caratteristiche dei posidonieti naturali verranno integrati (verificati) con indagini di campo al fine di appurare il persistere di caratteristiche idonee al reimpianto.

In questa fase si devono anche identificare aree di “bianco” da utilizzare come riferimento per verificare eventuali evoluzioni del posidonieto naturale rispetto al reimpiantato.

Le praterie da restaurare individuate saranno anche caratterizzate geneticamente allo scopo di conoscere il pool genico di partenza su cui valutare l'aumento di variabilità genetica nel corso del tempo.

Questo set di dati sarà un fondamentale punto di riferimento per il monitoraggio periodico che verrà effettuato per la valutazione del successo del reimpianto che prevederà oltre che misure di densità anche analisi genetiche. In questo modo si potrà intervenire in modo mirato per il mantenimento di un

---

<sup>7</sup>In particolare la velocità delle correnti marine calcolata attraverso il processo di steering tra il modello DELFT3D-FLOW e SWAN verrà confrontata con i dati acquisiti dal correntometro ADP (Acoustic Doppler Profiler), posizionato sul fondo all'interno di una struttura Barnacle. L'altezza del moto ondoso stimata attraverso il modello SWAN sarà validata con quella misurata dall'ondametro posizionato in corrispondenza dell'imboccatura portuale. Infine la torbidità e il tasso di sedimentazione ottenute con il modello DELFT3D-WAQ verranno confrontate con i dati satellitari, con le registrazioni delle stazioni fisse di qualità dell'acqua e con campagne di misura ad-hoc (trappole per sedimento). In questa prima fase il dominio di calcolo comprende una zona vasta che si estende dal Promontorio dell'Argentario a nord fino a Capo d'Anzio a sud e si estende nella zona a largo fino alla batimetrica dei - 500 m. All'interno di questa area verrà costruita una griglia di calcolo curvilinea alle differenze finite che avrà una maggiore risoluzione (circa 100 m) lungo il tratto di costa compreso tra Punta S. Agostino e S. Marinella in cui si trovano i SIC IT6000005 e IT6000006 interessati dalle attività di reimpianto.

elevato polimorfismo genetico che garantisce il successo del reimpianto a lungo termine.

#### 8.4.2.2. *Microzonazione (identificazione delle microzone con la massima probabilità di successo)*

Le aree a mesoscala potenzialmente adatte ad ospitare le nuove talee di *Posidonia oceanica*, individuate nella fase precedente, saranno analizzate con maggior dettaglio per definire in maniera più accurata le aree di prelievo talee e i siti destinati al restauro.

Per le aree a bassa profondità una analisi preliminare verrà effettuata mediante analisi di immagini telerilevate ad elevata risoluzione spaziale, che consentono anche di osservare anche alcune caratteristiche descrittive qualitative delle aree ospiti (Borfecchia et Al. 2013).

Nei siti selezionati verranno quindi effettuate analisi delle caratteristiche geomorfologiche, sedimentologiche, idrologiche e idrodinamiche; nella colonna d'acqua analisi chimico-fisiche, di intensità della luce, trasparenza, ossigeno disciolto, salinità, temperatura, pH, carico di nutrienti e particolato sospeso (organico e inorganico) e nella *Posidonia* analisi dei descrittori fisiografici, strutturali e funzionali della prateria<sup>8</sup>.

Per quanto attiene alla distribuzione spaziale della velocità sul fondo, della torbidità e del tasso di sedimentazione, l'analisi verrà effettuata innanzitutto dal punto di vista modellistico, grazie al processo di downscaling che permette di ottenere una elevatissima risoluzione (10 m) in corrispondenza delle zone occupate dagli hotspot<sup>9</sup>.

In questo modo è possibile definire, all'interno delle aree preselezionate (vedi paragrafo precedente), alcune microaree in cui i valori di velocità sul fondo, torbidità e tasso di sedimentazione sono idonei per il posizionamento di nuove talee di *Posidonia oceanica*.

Per ognuno dei tre parametri viene definito un valore soglia oltre il quale si assume che il reimpianto abbia scarse probabilità di successo. Al fine di avere una distribuzione rappresentativa dei tre parametri in corrispondenza delle aree a mesoscala preselezionate, le simulazioni dei modelli del pacchetto

<sup>8</sup> Densità dei fasci fogliari e percentuale di copertura, fenologia, produzione di biomassa fogliare e dei rizomi.

<sup>9</sup> Nel processo di downscaling le soluzioni del modello a grande scala vengono utilizzate per definire le condizioni iniziali e al contorno del modello a scala di dettaglio in cui verranno riprodotti i processi dinamici ad un'elevata risoluzione spaziale e temporale.

DELFT3D avranno una durata non inferiore ad un anno. Sulla base dei risultati delle simulazioni numeriche, verrà messo a punto un nuovo indice sintetico che integrerà i parametri (stressori) calcolati dal modello analizzando l'intensità, la durata e la frequenza con cui vengono superati i valori soglia.

Saranno valutate le differenze genetiche a piccola scala nelle aree potenzialmete adatte ad ospitare le talee delle piante che presentano una elevata frammentazione.

Questo secondo step verrà utilizzato a conferma della diversità genetica ricercata ed ipotizzata dalle osservazione e misure fisico-biologiche effettuate in situ.

#### 8.4.2.3. *Sperimentazione reimpianto*

Questa attività ha lo scopo di verificare sperimentalmente l'idoneità dei siti destinati a ricevere le talee prima di effettuare l'attività di restauro.

I risultati degli interventi di riforestazione con fanerogame marine, sino ad oggi effettuati, infatti sono stati molto differenti (Calumpong e Fonseca, 2001; Short et al., 2002; Orth et al., 2006) e, a causa dell'elevato costo, la migliore identificazione del sito da destinare al reimpianto rappresenta sicuramente un elemento fondamentale da tenere in considerazione ai fini del successo del trapianto (Fonseca et al., 1998).

Come molte volte sottolineato, l'intero tratto di costa è caratterizzato da forzanti meteomarine che assumono particolare intensità e da un aumento progressivo della torbidità che si è verificato ed osservato negli ultimi 20 anni; queste grandezze giuocano un ruolo strategico, nella selezione delle aree di intervento (vedi paragrafi precedenti).

Viste le peculiarità dell'area, dopo aver preselezionato e caratterizzato micro-aree da destinare al restauro, assume fondamentale importanza una fase di sperimentazione di minimo un anno durante la quale verrà testato un piccolo impianto pilota per verificare l'idoneità del sito ed il rateo di crescita in funzione anche delle forzanti meteomarine, sedimentologiche ed idrologiche (dinamica e torbidità).

Nelle microaree definite nel paragrafo precedente saranno utilizzate diverse tecniche di reimpianto in funzione dei livelli energetici e della tipologia di substrato. Le tecniche utilizzate faranno riferimento al manuale ISPRA 106/2014 e ad eventuali altre tecniche già sperimentate con successo negli ultimi anni

non riportate nel succitato manuale.

#### 8.4.2.4. *Realizzazione vasca per sperimentazione*

Al fine di analizzare e stabilire i parametri di mantenimento e crescita ottimale in ambiente controllato della *Posidonia oceanica*, verrà realizzata una vasca la cui funzione sarà quella di effettuare attività sperimentali e di ricerca.

La vasca (delle dimensioni di circa 1m x 2m x 1m) conterrà moduli e componenti intercambiabili che consentiranno di simulare differenti flussi e sistemi di illuminazione, e sarà dedicata esclusivamente alla sperimentazione su *Posidonia oceanica* e in particolare a diverse modalità di mantenimento e/o piantumazione.

La sperimentazione di alcune tecniche (es.: germinazione dei semi) si potrà avvalere anche dell'utilizzo di alcune delle vasche più piccole che verranno realizzate (vedi capitolo sperimentazione coralligeno).

Sulla base dei risultati ottenuti verranno realizzate le vasche più grandi dove effettuare il mantenimento delle talee.

#### 8.4.2.5. *Sperimentazione in vasche*

Questa attività ha lo scopo di supportare le attività di compensazione replicando quanto già testato in altri ambiti e/o progetti e mettendo a punto protocolli sperimentali nuovi.

Si vuole contribuire così alla ricerca che si effettua nel settore, anche se la sperimentazione di tecniche di riproduzione e crescita di talee all'interno della vasca ha come obiettivo principale la messa a punto di protocolli di mantenimento e di reimpianto di talee di *Posidonia oceanica* da utilizzare nel progetto.

I problemi che si dovranno affrontare sono quindi:

- come mantenere il più elevato numero di talee di *Posidonia oceanica* proveniente dal sito di dragaggio;
- programma di recupero e mantenimento in vasca di talee spiaggiate (questa attività viene anche integrata da programmi di sensibilizzazione e gestione delle banquette sulle spiagge);

- germinazione di semi e crescita di nuove piante (In Spagna sono state effettuate sperimentazioni di restauro delle praterie di *Posidonia oceanica* mediante la messa a dimora di plantule ottenute da semi naturali con ottimi risultati).

In questa fase preliminare verranno analizzati i principali parametri che influenzano la crescita della pianta, come temperatura, flusso idraulico (intensità e modalità), nutrienti, substrato, intensità luminosa. Inoltre, verrà stabilita la massima densità di allevamento (numero talee/m<sup>2</sup>), per garantire lo sfruttamento ottimale della vasca.

La sperimentazione terrà conto dei parametri vitali della pianta, per ottimizzare tempi e modalità di mantenimento. Verranno inoltre monitorate in continuo le percentuali di natalità, mortalità e accrescimento dei fasci fogliari.

Una fase successiva alla costruzione consiste nello studio delle dinamiche di attecchimento e crescita in vasca delle piante.

L'accesso alla sperimentazione sarà garantito a tutti i ricercatori che vorranno effettuare esperimenti in ambiente controllato.

#### 8.4.2.6. *Protocolli Posidonia vasche*

Uno dei principali obiettivi della fase sperimentale è quello di stilare protocolli di monitoraggio delle vasche, mantenimento e manutenzione da applicare nel corso del progetto.

La messa a punto di protocolli potranno contribuire a fornire conoscenze utili per stabilire una metodologia standard che possa essere applicata a livello europeo in successive azioni di restauro ambientale o compensazione.

Nella predisposizione dei protocolli si terrà conto delle caratteristiche e dei parametri chimico-fisici dell'area nella quale la prateria dovrà essere reimpiantata, per garantire al massimo il comfort vitale per le talee durante l'intero ciclo di produzione e per adattare le condizioni di coltura alle specifiche condizioni ambientali necessarie per il reimpianto in mare.

#### 8.4.2.7. *Isolamento di un'area a bassa energia in località “La Frasca” da utilizzare per sperimentazione in ambiente naturale*

“La Frasca” è un’area idonea alla sperimentazione in ambiente naturale, sia da un punto di vista logistico, sia da un punto di vista biologico. La struttura a terrazzi di questa costa permette infatti l’isolamento di un settore utile allo studio dei parametri vitali delle piante in ambiente semi-naturale e la presenza di praterie ben strutturate testimoniano il fatto che si tratti di un ambiente dalle caratteristiche ecologiche idonee alla vita e sopravvivenza della pianta.

La sperimentazione prevede la delimitazione di un settore di fondale idoneo alla crescita della *Posidonia oceanica* di circa 100 m<sup>2</sup> nel quale verranno inserite un congruo numero di talee mediante l’ausilio di operatori subacquei.

Il settore verrà isolato attraverso la costruzione di un perimetro rettangolare delimitato da cime ancorate al substrato e segnalato con l’ausilio di boe superficiali.

Le talee provenienti dall’area di espanto saranno inserite nel perimetro nei mesi di settembre/ottobre, e saranno monitorate per circa 4 anni dalla piantumazione.

#### 8.4.2.8. *Realizzazione vasche mantenimento*

Il progetto prevede la realizzazione di un impianto di vasche finalizzate al mantenimento in vivo delle talee provenienti dal sito di espanto e dal programma di recupero delle talee spiaggiate o rimaste impigliate nelle reti da pesca.

Si stima sulla base di esperienze pregresse<sup>10</sup> di realizzare 4 grandi vasche (dalle dimensioni circa di 4x2 m) che verranno proporzionate e gestite sulla base dei risultati provenienti della vasca sperimentale (vedi paragrafi precedenti). In particolare le condizioni di flusso e illuminazione verranno

<sup>10</sup> Durante il progetto START (Sviluppo di una Tecnologia Ambientale per la Ricostruzione e la Tutela delle praterie sottomarine di *Posidonia* - TCT srl di Brindisi, Legambiente Puglia, Regione Puglia) è stato realizzato un sistema artificiale per la coltivazione della *Posidonia oceanica*, in grado di riprodurre in ambiente controllato le condizioni ottimali di crescita delle piante, ospitando circa 1500 talee.

standardizzate in base ai protocolli sviluppati che permetteranno anche di garantire il monitoraggio degli impianti e delle talee.

Nelle vasche-vivaio per tutta la durata del progetto verranno ospitate le talee da porre successivamente a dimora.

#### *8.4.2.9. Protocolli Posidona sito*

Al termine delle attività preliminari del progetto si prevede la redazione di una serie di protocolli sperimentali da utilizzare durante le fasi realizzative del progetto.

Questi protocolli verranno aggiornati periodicamente sulla base dei risultati delle attività sperimentali.

L'approccio generale si basa sulle metodologie di gestione identificate nel quaderno Natura 2000-2008, 01/24 e su quanto suggerito dal manuale ISPRA (2014) per la messa a punto di una strategia decisionale sito-specifica e per la caratterizzazione e valutazione del sito e della prateria ricevente e donatrice.

Al fine quindi di massimizzare i risultati, i protocolli verranno redatti sulla base dell'analisi dell'area, sia di espianto che di reimpianto, tenendo conto dei risultati degli studi pregressi e di quelli preliminari e dell'analisi a microscala di cui ai paragrafi precedenti.

Per quanto infine attiene alle tecniche di reimpianto si sceglierà fra le metodologie a disposizione, analizzate dal manuale ISPRA (2014), quella che assicurerà, le maggiori probabilità di successo nell'area, optando per un intervento di restauro del posidonieto in sofferenza, piuttosto che per un reimpianto di aree di grandi dimensioni.

Questo approccio tiene conto in linea generale, dei risultati ottenuti dai precedenti interventi di restauro/reimpianto, e delle caratteristiche dinamiche ed ecologiche necessarie alla buona riuscita dell'intervento.

Si prevede quindi di predisporre una serie di protocolli relativi alle attività di progetto che, in prima istanza saranno relativi a: valutazione del posidonieto naturale; selezione aree di espianto e reimpianto; metodi di trasporto e conservazione delle talee; recupero talee spiaggiate; coltura in ambiente semi-naturale (Frasca); monitoraggio.



#### 8.4.2.10. *Recupero e messa a dimora talee*

Il programma si articola in funzione della consistenza numerica e della provenienza delle talee.

Questa attività inizierà dopo i primi 18 mesi di preparazione e durerà 6 anni, terminando 3 anni prima della fine del progetto per consentire il monitoraggio dei risultati.

Le talee prelevate direttamente dai posidonieti saranno raccolte da operatori subacquei nei siti di espianto, selezionate e messe a dimora nel minor tempo possibile. Le operazioni di messa a dimora delle talee verranno effettuate gradualmente nei periodi dell'anno più favorevoli all'attecchimento.

Nel caso si renda necessario utilizzare posidonieti donatori distanti, o nel caso di imprevisti o che le condizioni al contorno lo richiedano, verranno utilizzate le vasche realizzate (e i protocolli messi a punto) come “tampone” per il periodo necessario. Le operazioni subacquee verranno effettuate solamente da personale altamente qualificato. Le talee saranno espianate a mano, trasportate nel sito di mantenimento e quindi messe a dimora.

Inoltre, le talee ancora vitali che vengono trattenute accidentalmente dalle reti da pesca o che raggiungono le spiagge, verranno recuperate grazie ad un programma a medio e lungo termine finalizzato al restauro del posidonieto sulla base delle tecniche sperimentali messe a punto.

Durante questo periodo verranno anche messe a dimora le plantule germinate da semi. A tale proposito si cercherà la massima collaborazione con istituti di ricerca nazionali e mediterranei al fine di recuperare il massimo numero di semi da molte aree differenti e molto distanti fra loro.

La strategia adottata si basa su diversi principi: il primo è quello di garantire maggiori probabilità di successo programmando le attività di campo nel migliore dei modi ed utilizzando personale esperto, il secondo è quello di diluire nel tempo l'intervento/interventi su una serie di piccole aree per garantire la possibilità di intervenire in corso d'opera adottando quegli accorgimenti volti a ottenere sempre il miglior risultato possibile; inoltre la possibilità di adottare e sperimentare differenti tecniche rappresenta una ulteriore garanzia di successo; infine il monitoraggio e la manutenzione costanti che verranno effettuati sulle aree di impianto garantiranno la possibilità di evidenziare e intervenire

repentinamente sui protocolli adottati nell'ottica di massimizzare i risultati.

#### 8.4.2.11. *Barriere e blocchi antistrascico*

Questa attività ha lo scopo di contribuire a combattere la pesca illegale che a volte interessa gli habitat a *Posidonia oceanica* e che viene identificata dal “Technical report UE 2008 01/24 Management of Natura 2000 habitats (*Posidonia oceanica*)” come una delle azioni di conservazione prioritarie per la salvaguardia dei posidonieti.

In particolare verranno posizionati alcuni massi/strutture artificiali che potranno essere inoltre utilizzati come deterrente per la pesca illegale, completando l'intervento del “LIFE Poseidon” realizzato nella zona a Nord di Civitavecchia.

Analogamente andrà valutato, successivamente allo studio preliminare ad alta risoluzione, il possibile utilizzo di strutture artificiali al fine di favorire le condizioni ottimali per la crescita di *Posidonia oceanica* in prossimità di praterie preesistenti.

Queste saranno posizionate in relazione alle forzanti idrodinamiche e alle praterie di *Posidonia* che maggiormente hanno sofferto l'aumento di energia idrodinamica legato all'aumento di eventi intensi (in questa maniera si contribuirà, seppure in maniera limitata, a diminuire uno degli effetti dei cambiamenti climatici sulle praterie).

Contestualmente verrà valutata la possibilità di utilizzare gli stessi reef artificiali posizionati nell'area di interesse anche per favorire il ripopolamento del coralligeno (vedi capitolo seguente).

### 8.4.3. Compensazione coralligeno

Questa attività si pone come obiettivo principale quello di compensare la perdita di biodiversità marina, con riferimento all'habitat 1170 Coralligeno della Direttiva Habitat (92/43/EEC). In particolare gli obiettivi sono:

- identificazione e descrizione della distribuzione ed estensione dell' habitat 1170 nel contesto marino interessato direttamente e indirettamente dalla realizzazione della Darsena Grandi Masse;
- identificazione nel tratto marino limitrofo di Civitavecchia di aree a particolare pregio naturalistico (hot spots);
- realizzazione di una struttura di recupero delle specie di coralligeno (Observing Maintaining and Farming System - OMFS) utilizzata per il successivo reinserimento in situ di specie di particolare interesse e valore naturalistico prelevate dalla zona che verrà dragata e delle specie raccolte dagli scarti di pesca (bycatch);
- coinvolgere direttamente la flotta pescherecci di Civitavecchia nelle attività di recupero delle specie di coralligeno; le specie verranno recuperate dagli scarti di pesca e saranno allevate nell'OMFS per poi essere successivamente reintrodotte in situ ottenendo al contempo una mitigazione dei potenziali danni all'habitat derivanti dalle attività alieutiche;
- installare ormeggi e dispositivi (infrastrutture Blu) al fine di proteggere il danneggiamento diretto dei substrati delle aree hot spots individuate;
- realizzazione di substrati artificiali (anche sperimentali) che, posizionati in siti studiati come idonei, verranno utilizzati come substrati per la ricolonizzazione.

#### 8.4.3.1. Selezione/qualificazione “hot spots”

*Identificare e descrivere i siti reef di rilevanza ecologica (hot spots):*

Ad integrazione di quanto analizzato con le indagini effettuate per la VINCA, dove alcuni hot spots (in particolare per il corallo rosso) sono stati già descritti in maniera approfondita, verrà effettuato uno

studio preliminare al fine di valutare la posizione e l'estensione dei popolamenti di coralligeno nelle aree limitrofe, in particolare fra Capo Linaro ed il porto di Civitavecchia e nella zona denominata “La Frasca”.

All'interno di queste aree verranno identificate almeno tre zone adatte per la successiva reintroduzione di specie recuperate. Per l'esecuzione dello studio preliminare verranno utilizzati sia dati presenti in letteratura sia campagne in situ effettuate da personale subacqueo qualificato. Lo studio preliminare permetterà di catalogare le specie presenti al fine di eseguire un'analisi comparativa con i recuperi da eseguire attraverso le campagne di bycatch dei pescherecci.

#### 8.4.3.2. Realizzazione vasche per la sperimentazione

Verranno realizzate una serie di nove piccole vasche, suddivise in tre blocchi, dove poter effettuare esperimenti di conservazione ed eventualmente riproduzione di specie bentoniche, arredando questo ambiente con banconi, strumenti e quanto serve ai fini sperimentali.

Queste vasche serviranno anche per gli scopi del capitolo successivo, con particolare riferimento al *Corallium rubrum*, mentre per la *Pinna nobilis*, si utilizzeranno vasche di dimensioni maggiori o quelle stesse della *Posidonia oceanica*.

Le attività di ricerca riguarderanno la fisiologia delle diverse specie considerate, testando la risposta degli organismi in differenti condizioni di illuminazione, nutrienti e idrodinamismo.

In particolare questa attività ha ovviamente lo scopo di supportare le attività di compensazione replicando attività già testate in altri ambiti e/o progetti e contribuendo in modo essenziale alla messa a punto dei protocolli sperimentali da utilizzare nel progetto.

#### 8.4.3.3. Programma “bycatch recovery”

*Questa attività consiste nel ricovero delle specie del coralligeno catturate accidentalmente durante la pesca.*

La pesca è spesso effettuata in zone con presenza di habitat coralligeno. La rimozione accidentale di frammenti di coralli comporta la cattura di molti organismi sessili tipici di questa biocenosi come gorgonie (*Eunicella*, *Eunicella singularis*, *Paramuricea clavata*), corallo rosso (*Corallium rubrum*), madrepora (*Cladocora cespitosa*), Esacoralli (*Caryophyllia smithii*, *Lophelia pertusa*) ed echinodermi (*Astrospartus mediterraneus*).

Questi organismi, caratterizzati da una struttura ad albero, rimangono intrappolati nella maglia delle reti da pesca, e una volta in porto, vengono liberati e scartati. Le specie riconducibili all'habitat 1170 rappresentano circa il 5% della pesca di scarto, in aumento di circa il 10% nei mesi di maggio e giugno, quando l'azione di pesca si rivolge principalmente alla cattura di decapodi come le aragoste. Nella tabella 18 sono riportate le specie raccolte durante le attività di pesca per l'area di Civitavecchia con indicazioni circa la frequenza e le abbondanze di cattura accidentale.

	TARGET species	Abundance	Catches for 8 boats (single fishing)	Notes
<b>OTTOCORALLI</b>				
Alcyoniidae	<i>Alcyonium palmatum</i>	☼☼☼☼	5 – 10	
Alcyoniidae	<i>Alcyonium acaule</i>	☼☼☼	2 – 5	
Alcyoniidae	<i>Alcyonium coralloides</i>	☼	0 – 2	
Coralliidae	<i>Corallium rubrum</i>	☼☼	1 – 5	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Gorgoniidae	<i>Eunicella cavolini</i>	☼☼☼☼	5 – 10	The amount of capture increased during May, June and July.
Gorgoniidae	<i>Eunicella singularis</i>	☼☼☼☼	5 – 15	The amount of capture increased during May, June and July.
Gorgoniidae	<i>Eunicella verrucosa</i>	☼☼☼	2 – 5	The amount of capture increased during May, June and July.
Gorgoniidae	<i>Leptogorgia sarmentosa</i>	☼☼☼☼	10 – 15	The amount of capture increased during May, June and July.
Plexauridae	<i>Paramuricea clavata</i>	☼	0 – 2	The amount of capture increased during May, June and July.
Ellisellidae	<i>Ellisella ceratophyta</i>	☼	0 – 2	The amount of capture increased during May, June and July.
<b>ESACORALLI</b>				
Parazoanthidae	<i>Savalia savaglia</i>	☼	0 – 2 (Colonia)	
Parazoanthidae	<i>Parazoanthus axinellae</i>	☼☼☼	5 – 10 (Colonia)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Cladophoraceae	<i>Cladocora caespitosa</i>	☼☼☼	2 – 10 (Colonia)	The amount of capture are stable throughout the course of the year
Oculinidae	<i>Madrepora oculata</i>	☼	0 – 2 (Colonia)	
Caryophyllidae	<i>Caryophyllia smithii</i>	☼☼☼	2 – 5	
Caryophyllidae	<i>Caryophyllia inornata</i>	☼	0 – 2	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Caryophyllidae	<i>Lophelia pertusa</i>	☼☼☼	2 – 5 (Colonia)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Caryophyllidae	<i>Phyllangia</i>	☼	0 – 2 (Colonia)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Caryophyllidae	<i>Polyscyathus muelleriae</i>	☼☼	0 – 2 (Colonia)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Dendrophyllidae	<i>Balanophyllia europaea</i>	☼☼	2 – 5	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Dendrophyllidae	<i>Leptopsammia pruvoti</i>	☼☼	2 – 5	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Dendrophyllidae	<i>Dendrophyllia ramea</i>	☼☼☼	2 – 5 (Colonia)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Dendrophyllidae	<i>Dendrophyllia cornigera</i>	☼	0 – 2 (Colonia)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Dendrophyllidae	<i>Astroides calcularis</i>	☼☼☼	2 – 5 (Colonia)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
<b>BRIOZOI</b>				
Bitectoporidae	<i>Pentapora fascialis</i>	☼☼☼	2 – 5 (Zoario)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Myriaporidae	<i>Myriapora truncata</i>	☼☼☼	2 – 5 (Zoario)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Phidoloporidae	<i>Reteporella sp.</i>	☼☼☼	2 – 5 (Zoario)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
Smittinidae	<i>Smittina cervicornis</i>	☼	2 – 5 (Zoario)	The amount of capture is dependent on fishing zones and the size of the fragments of coral collected from the nets
<b>ECHINODERMI</b>				
Gorgonocephalidae	<i>Astrospartus mediterraneus</i>	☼	0 – 2	

**LEGENDA**  
**ABBONDANZA TEORICA DI CATTURA**

☼	rate
☼☼☼	frequent
☼☼☼☼	very abundant

Tab.18. Elenco delle specie presenti negli scarti di pesca nella flotta dell'area di Civitavecchia

Il recupero delle specie provenienti da bycatch sarà effettuato a bordo della flotta locale di pescherecci. Le specie recuperate dagli scarti saranno utilizzate per il reinserimento nelle vasche di nursery al fine di ottenere una doppia mitigazione del danno alla biocenosi, integrando l'attività di recupero dell'habitat del coralligeno con l'impatto accidentale diretto delle attività di pesca in essere nell'area di intervento.

#### 8.4.3.4. Realizzazione vasche mantenimento

*Realizzare sistemi e strutture di conservazione e sostentamento delle specie che poi verranno reintrodotte negli habitat naturali e in quelli artificiali, come siti di conservazione in mare:*

Predisposizione di un Centro di Nursery per le specie di coralligeno. Verranno installate vasche di mantenimento e nursery delle specie di coralligeno con lo scopo di raccogliere, monitorare e nutrire le specie da recuperare. Tali specie verranno prelevate attraverso diverse campagne di bycatch per mezzo di pescherecci al fine di recuperare gli organismi. Le vasche saranno organizzate in due gruppi:

- vasche di prima nursery: con lo scopo di catalogare gli individui recuperati e monitorare lo stato vitale nel tempo.
  - vasche di recupero: vasche in cui verranno trasferiti gli organismi in buone condizioni al fine di preparare le azioni di reinserimento.
- Le attività di nutrizione delle specie raccolte nelle vasche saranno eseguite utilizzando sia bioreattori sia prodotti industriali.

#### 8.4.3.5. *Reintroduzione in ambiente naturale*

Questa attività consiste nella reintroduzione delle specie di corallo sia sui reef artificiali che nelle aree naturali identificate (hot spots).

Le tecniche di reintroduzione dovranno tener conto delle dimensioni e del peso delle rocce coralligene recuperate dagli scarti di pesca. In generale la maggior parte dei frammenti recuperabili non sono di piccole dimensioni e raramente è possibile recuperare singoli coralli.

Per frammenti di grandi dimensioni, un esempio interessante presente in letteratura è il progetto condotto dall' Università di Rhode Island (Forrester et Al. 2010) in cui i coralli sono stati fissati al substrato per mezzo di cavi inerti di nylon. Il progetto ha previsto il coinvolgimento di associazioni diving e di volontariato per il posizionamento dei coralli e ha dimostrato la relativa semplicità della tecnica e il basso costo delle operazioni. Un altro esempio interessante, che prevede l'utilizzo di nursery alimentate da siti di prelievo naturali, è il progetto di Coral Recovery eseguito nelle Virgin Islands e in Florida.

Altri approcci al reimpianto sono invece basati su tecniche miste, con l'utilizzo sia di attività di reimpianto in situ sia di attività di reimpianto su reef artificiali (Abelson, 2006).

Esempi di reimpianto di singole specie sono presenti soprattutto in relazione ad attività di recupero del *Corallium rubrum*. Le tecniche di recupero e reinserimento in questo caso sono basate su due possibili approcci ovvero la creazione di reef artificiali da posizionare a profondità opportune in cui operare il reimpianto di colonie prelevate in siti naturali e il recupero di frammenti di colonie attraverso tagli operati da subacquei specializzati.

Per le attività di compensazione relative alla Darsena Energetica Grandi Masse verranno prese in considerazione diverse tecniche di fissaggio del coralligeno salvato anche in funzione della dimensione dei frammenti di rocce recuperati. In generale i frammenti più grandi verranno fissati utilizzando la tecnica con i cavi di nylon. Altri frammenti verranno fissati sui reef artificiali. Le attività saranno comunque basate sul coinvolgimento delle associazioni e dei diving locali al fine di garantire la partecipazione di volontari alle attività di ripopolamento. Nel caso di recupero di singoli piccoli coralli, il reimpianto sarà effettuato applicando adesivi bi-componenti inerti (attraverso l'uso di operatori subacquei qualificati). La scelta di utilizzare reef artificiali sarà valutata, in questo caso, in funzione delle caratteristiche dei substrati e in funzione dell'ubicazione degli hot spot.

#### *8.4.3.6. Realizzazione substrati artificiali dedicati*

Questa attività prevede la realizzazione ed installazione di strutture artificiali al fine di favorire il naturale ripopolamento delle specie di coralligeno. Tali strutture possono essere installate anche ad integrazione di strutture portuali preesistenti.

L'ubicazione e l'estensione dei substrati artificiali sarà stabilita in funzione sia delle esigenze di progettazione della Darsena Grandi Masse sia dello studio preliminare che verrà eseguito per la valutazione dell'estensione dei reef nell'area di intervento.

Verranno utilizzati due approcci: l'utilizzo di “bio-roccie” (Hilbertz 1979), ovvero di reef artificiali costituiti però da materiali naturali. Le biorocce sono costituite infatti da minerali di calcio e magnesio che cristallizzano su apposite strutture metalliche dotate di leggera carica elettrica. Il mantenimento di questa carica elettrica permette al substrato di crescere mineralizzando il calcio e il magnesio dall'acqua di mare. Il sistema è inoltre autoriparante dal momento che eventuali danneggiamenti dei substrati nel corso del tempo verrebbero compensati dai tassi di mineralizzazione. Il secondo approccio verrà basato sull'utilizzo di sistemi tipo “eco-blocks”, ovvero strutture di cemento dotate di particolari rugosità superficiali progettate appositamente per permettere una più efficace crescita di coralligeno. I sistemi hanno simili potenzialità in termini di protezione dall'erosione costiera; le biorocce sono più indicate per un utilizzo in situ al fine di ottimizzare l'integrazione del substrato con l'ambiente naturale mentre



gli “eco-blocks” sono più adatti per un utilizzo integrato in infrastrutture portuali.

#### **8.4.4. Compensazione specie protette: *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum***

La specie *Pinna nobilis* (Linneo 1758) è inserita nella Direttiva 92/43/CEE (Direttiva Habitat) dell'Unione europea e nei successivi aggiornamenti. È una specie animale di interesse comunitario e ne è vietata la raccolta. Tale specie rientra nel contesto generale dell'Habitat 1120 ai fini di una considerazione organica delle biocenosi potenzialmente impattate dalle operazioni di costruzione della Darsena Energetico-Grandi Masse.

La specie *Corallium rubrum* è un ottocorallo coloniale, endemico del Mediterraneo, ampiamente distribuito nei mari italiani.

Forma colonie ramificate arborescenti che possono superare i 30 cm di altezza e presentano uno scheletro calcareo di notevole durezza ricoperto da uno strato di tessuto molle chiamato cenosarco; i polipi si nutrono di plancton e materiale organico in sospensione che catturano grazie a 8 tentacoli con appendici pinnate.

Le colonie, che presentano un caratteristico colore rosso brillante, godono di crescita lenta (0,20-0,65 mm l'anno in diametro) e prediligono ambienti sciafili a partire dai 15 m fino ai 180 m di profondità.

Questo organismo è stato oggetto per secoli di prelievo intensivo, mediante pesca specializzata con operatori subacquei, finalizzato alla produzione di monili e gioielli. La pesca intensiva, associata al depauperamento degli habitat, ha portato negli ultimi anni ad un progressivo declino delle popolazioni in tutto il Mediterraneo; per frenare questo costante decremento da alcuni decenni vengono svolte ricerche sulla riproduzione del corallo in ambiente controllato e sulla possibilità di recupero di frammenti apicali di corallo chiamate spuntature o propaguli vegetativi.

##### *8.4.4.1 Caratterizzazione e censimento*

Questa attività ha la finalità di fornire un quadro conoscitivo della distribuzione ed abbondanza delle specie *Corallium rubrum* e *Pinna nobilis* nell'area di studio necessario per le successive fasi di

recupero degli individui e reintroduzione in ambiente naturale.

Relativamente alla specie *Corallium rubrum*, le attività consistranno nel dettagliare e nel caso integrare il censimento effettuato dall'Autorità Portuale nel corso degli studi eseguiti per la VINCA. Le indagini condotte hanno confermato la cospicua presenza di *Corallium rubrum* in due siti denominati rispettivamente “Murata di Sant’Agostino”, nei pressi del SIC IT6000005, e “lo Scoglio del corallo”, che si trova, invece nei pressi del SIC IT6000006. La copertura media in parete stimata presso la “Murata di Sant’Agostino” ammonta al 1.3% del substrato, mentre il popolamento studiato presso lo “Scoglio del Corallo” è risultato più denso con una copertura media pari al 4.8%. Le colonie sono risultate di piccole dimensioni con un'altezza media di 10 cm e massima di 30 cm.

In particolare le attività integrative riguarderanno lo svolgimento di campagne in situ svolte da operatori subacquei che valuteranno l'estensione della popolazione di *Corallium rubrum* presente nel sito denominato “Scoglio del corallo” allo scopo di determinare il numero di colonie presenti, la loro dimensione ed il loro stato di salute. Per quanto attiene alle popolazioni presenti nel sito denominato “Murata di S. Agostino” si procederà ad interventi di salvaguardia e tutela come descritto nel capitolo

#### 8.4.6. Azioni di tutela e comunicazione

Per una caratterizzazione ottimale dell'area verranno anche analizzate:

- biocenosi bentoniche e fauna associata
- esposizione alla luce
- caratteristiche fisico chimiche

Per quanto riguarda la caratterizzazione ed il censimento degli esemplari di *Pinna nobilis*, verrà effettuata una campagna preliminare al per la valutazione della distribuzione ed ubicazione della specie nelle aree interessate dal dragaggio per la Darsena Grandi Masse.

In particolare, verranno censiti gli individui potenzialmente impattati che verranno catalogati per ubicazione ed indici biometrici (Katsanevakis, 2005).

#### 8.4.4.2 Identificazione siti di reinserimento

In seguito ad un'attenta analisi del settore di costa verranno selezionate una o più aree con

caratteristiche fisiche, idrodinamiche e biologiche simili al sito di prelievo.

Il sito per il trapianto degli esemplari sarà selezionato tenendo in stretta considerazione in particolare la batimetria, la tipologia del fondale e la natura dei sedimenti che sono ritenuti i parametri più influenti per la crescita e sopravvivenza della specie in ambiente naturale.

#### 8.4.4.3. *Recupero individui*

La realizzazione della Darsena Energetico-Grandi Masse impatterà direttamente su un habitat popolato da *Pinna nobilis* mentre il Secondo Lotto Funzionale delle Opere Strategiche impatterà indirettamente su alcuni siti noti caratterizzati dalla presenza del *Corallium rubrum*.

Facendo seguito alla fase di sperimentazione (una volta messi a punto e testati adeguati protocolli), assicurando così le massime possibilità di successo, si provvederà a prelevare il massimo numero di individui dai siti impattati direttamente per garantirne la sopravvivenza.

#### *Pinna nobilis*

I prelievi verranno effettuati nell'area impattata dal dragaggio da personale subacqueo qualificato mantenendo inalterata la struttura del bisso, al fine di poter garantire la sopravvivenza dell'animale al successivo reimpianto.

Il recupero degli individui verrà svolto attraverso l'utilizzo di tecniche di espianto in base alla natura del substrato<sup>11</sup>.

Al momento del prelievo, per gli esemplari prelevati vivi e con bisso integro, sarà misurata larghezza e lunghezza delle valve, al fine di ottenere una classificazione in classi età mantenuta durante il trapianto

---

11 Si sintetizzano di seguito le principali tecniche di prelievo e messa a nuova dimora degli individui di *Pinna nobilis*:

*Tecnica di estrazione da prateria di Posidonia oceanica.* Consiste nello scavare intorno alla base del mitile evitando di danneggiare il bisso.

*Tecnica di estrazione da matite morta.* Il prelievo è relativamente semplice in quanto il bisso solitamente è più saldamente fissato alle valve.

*Tecnica di estrazione da fondale roccioso.* L'estrazione da questo tipo di fondale è la più problematica in quanto difficilmente non si reca danno all'individuo.

*Tecnica di estrazione da fondale a Maërl.* Essendo la struttura di queste formazioni algali non fissata, l'estrazione dei mitili risulta abbastanza semplice. Al di sotto della copertura algale, la granulometria dei sedimenti è generalmente grossolana con un grado di compattazione che rende l'estrazione rapida. *Tecnica di estrazione da fondale fangoso.* In questo caso si può estrarre senza difficoltà il bivalve prestando attenzione ad eventuali legami con fibre vegetali e/o gusci che potrebbero danneggiare il bisso.

(Katsanevakis, 2005).

Il trasporto avverrà mediante vasche di plastica termostate e dotate di areatore portatile; alcuni organismi saranno conservati in vasche sperimentali in laboratorio per effettuare studi di monitoraggio sul tasso di crescita e di riproduzione.

#### *Corallium rubrum*

I prelievi verranno effettuati nei siti limitrofi, impattati dalle attività di ampliamento del porto.

Mediante l'ausilio di operatori subacquei qualificati verranno prelevati dal sito sia frammenti di corallo (propaguli vegetativi) sia singole colonie.

Gli organismi saranno prelevati mediante frammentazione della roccia con scalpello, facendo in modo che ogni colonia mantenga, alla sua base, un frammento di substrato utile all'ancoraggio dell'individuo sia in ambiente controllato sia nelle successive fasi di reimpianto.

Le colonie e i frammenti così raccolti verranno trasportati, entro poche ore, in contenitori termostati fino al sito di mantenimento.

#### *8.4.4.4. Mantenimento e adattamento*

Per il mantenimento degli esemplari di *Corallium rubrum* verrà allestito un impianto di stabulazione ed allevamento composto da 4 vasche di circa 1000 litri ciascuna in cui le colonie prelevate saranno mantenute per un periodo di circa 30 giorni in ambiente controllato.

Le vasche di mantenimento saranno dotate di sistemi di controllo automatizzati dei parametri di crescita (temperatura, pH, nutrienti disciolti, intensità luminosa ecc..) allo scopo di realizzare un protocollo di mantenimento standard utile alle successive operazioni di allevamento e recupero.

Durante tale periodo verrà monitorato in continuo lo stato di salute delle colonie al fine di selezionare gli organismi più resistenti ed idonei al reimpianto.

A differenza del *Corallium rubrum*, gli esemplari di *Pinna nobilis* verranno reimpiantati entro poche ore dal prelievo direttamente nei siti identificati come descritto al paragrafo 8.4.4.2. Al fine di minimizzare gli stress provocati dalle operazioni di prelievo, gli organismi prelevati verranno

trasportati mediante vasche di plastica termostate dotate di areatore portatile.

#### 8.4.4.5. Reintroduzione in ambiente naturale

Esemplari di *Pinna nobilis* possono essere reintrodotti in habitat differenti rispetto al sito di prelievo, anche durante la stagione riproduttiva o quando gli individui sono in “reposing status”. Per la reintroduzione viene considerato il grado di sepoltura, che può variare a seconda della tipologia di substrato (circa metà della lunghezza totale della valva deve essere immersa), e l’orientamento delle valve rispetto al verso della corrente.

La reintroduzione, che verrà effettuata applicando tecniche presenti in letteratura con particolare riferimento a Caronni et al. 2007, prevede di impiantare gli esemplari nel verso della corrente con il bisso e circa 1/3 delle valve immersi nel substrato. Ciascun esemplare reimpiantato verrà segnalato e georeferenziato. Saranno annotate le coordinate del punto di reimpianto (per singolo individuo) al fine di controllare nel tempo le condizioni dell'esemplare ed il successo della tecnica.

Al fine di poter monitorare in seguito l’andamento della popolazione, gli esemplari vengono etichettati con etichette in plastica attaccate ad essi con un filo di nylon. Dati presenti in letteratura attestano una sopravvivenza pari a circa il 75% degli esemplari.

Il reinserimento degli esemplari di *Corallium rubrum* in ambiente naturale nelle aree identificate come descritto nel paragrafo 8.4.4.2 verrà effettuato in seguito al periodo di mantenimento ed adattamento su substrati sia artificiali che naturali. Il reimpianto del corallo avverrà mediante due differenti approcci:

- realizzazione di grotte artificiali (paragrafo 8.4.3.6) da posizionare alle profondità idonee alla crescita delle colonie. Tali grotte, ripopolate con esemplari raccolti in natura, ne permettono lo sviluppo e la riproduzione e favoriscono l’insediamento di nuove colonie;
- posizionamento ed ancoraggio al substrato mediante mastice bicomponente ad opera di operatori subacquei.

#### 8.4.5. Monitoraggio

##### *Introduzione*

La messa a punto di un sistema di monitoraggio dei risultati dei diversi interventi di compensazione integrato con lo studio delle componenti ambientali dell'area di intervento rappresenta un punto di forza di questo progetto ed un contributo fondamentale alla comprensione dell'evoluzione degli habitat in funzione delle componenti dinamiche e degli stressori antropici nell'area di studio.

Da un lato quindi è prevista la predisposizione ed il controllo di tutte le opere di compensazione: attività relative alla *Posidonia oceanica*, al coralligeno, alla *Pinna nobilis* e al *Corallium rubrum*. Dall'altro sarà messo in campo un sistema di monitoraggio finalizzato alla mitigazione e al controllo degli effetti diretti e indiretti delle attività portuali, in particolare dei dragaggi, sugli ecosistemi marini limitrofi.

Il monitoraggio avverrà a scale spaziali e temporali differenti a seconda dell'attività specifica e sarà svolto attraverso un approccio multidisciplinare che include misure in-situ, effettuate attraverso stazioni fisse o periodiche campagne di monitoraggio, osservazioni satellitari e modelli numerici.

La buona riuscita delle attività di reimpianto infatti dipende principalmente da fattori fisici come la velocità della corrente sul fondo, che può scalzare le strutture o le singole unità reimpiantate, e i processi di sedimentazione, che possono provocare fenomeni di ricoprimento provocandone la morte. Per questo motivo è di fondamentale importanza analizzare le caratteristiche biotiche e abiotiche degli habitat, con particolare attenzione al campo idrodinamico e la dinamica dei sedimenti ad un'adeguata scala spaziale e temporale. Bisogna infatti studiare nel dettaglio i fenomeni che caratterizzano la zona costiera di interesse all'interno della quale verranno selezionate le aree utili per i diversi reimpianti.

Il sistema di monitoraggio da implementare si avvarrà ovviamente della rete osservativa C-CEMS (Civitavecchia Coastal Environment Monitoring System), sviluppata dal Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina (LOSEM), che permette di analizzare con elevata risoluzione spaziale e temporale i processi fisici ed ecologici che avvengono lungo la zona costiera di Civitavecchia (Bonamano et al., 2016, Bonamano et al., 2015, Zappalà. et al., 2014, Marcelli et al., 2013, Marcelli et

al., 2011)<sup>12</sup>.

La rete osservativa C-CEMS può essere quindi impostata per definire i pattern di distribuzione spaziale e temporale degli stressori (idrodinamismo, torbidità e tasso di sedimentazione) a cui sono soggetti gli organismi reimpiantati, integrando le informazioni relative ad ogni variabile all'interno di un indice sintetico che tiene conto dell'intensità, della frequenza e della durata dello stress.

Questa attività integrata e continua di monitoraggio rappresenta la base per una corretta gestione del sistema costiero nel quale il Porto di Civitavecchia si colloca come uno degli elementi antropici più rilevanti.

La prima mitigazione dell'impatto delle opere sull'ambiente si sviluppa proprio a partire dalla conoscenza dell'evoluzione dell'ambiente naturale e del contributo che gli interventi compensativi forniscono alla conservazione degli habitat naturali.

Nel contesto infatti della recente politica ambientale europea, la Direttiva quadro 2008/56/CE sulla strategia per l'ambiente marino (MSFD), recepita in Italia con il d.lgs. n. 190 del 13 ottobre 2010, impone agli Stati membri il raggiungimento del buono stato ambientale (GES, 'Good Environmental Status') entro il 2020, al fine di ridurre l'impatto che le pressioni antropiche esercitano sulle acque marine attraverso una strategia integrata che analizzi le variazioni, naturali e non, dei principali descrittori dell'ecosistema marino. In quest'ottica, il sistema C-CEMS verrà implementato ed ottimizzato per l'analisi dei descrittori 2 (specie non indigene) 5 (eutrofizzazione), 7 (condizioni idrografiche), 8 (concentrazioni dei contaminanti) e 11 (fonti sonore sottomarine) della MSFD.

In particolare, ad integrazione delle componenti C-CEMS già esistenti, verrà installata una stazione sottomarina, capace di effettuare profili in colonna d'acqua ad intervalli programmabili per la misura delle principali variabili chimiche, fisiche e bio-ottiche, nonché per la misura delle caratteristiche acustiche.

---

<sup>12</sup> La rete C-CEMS include misure in-situ, effettuate attraverso stazioni fisse o periodiche campagne di monitoraggio, osservazioni satellitari e modelli numerici. Le componenti della rete C-CEMS interagiscono tra loro per trasferire dati (attraverso i processi di input e validazione) da osservazioni in-situ e satellitari ai modelli numerici allo scopo di raggiungere una risoluzione spaziale e temporale sufficiente per analizzare i processi legati alla dinamica costiera.

#### *8.4.5.1. Monitoraggio reimpianto *Posidonia oceanica**

Le attività di monitoraggio avranno come obiettivo il controllo periodico dello stato di salute delle praterie reimpiantate.

Sarà fondamentale un monitoraggio flessibile in grado di adattarsi alla tempistica del progetto. In particolare, con il progredire delle attività di restauro ed essendo previste anche attività di recupero di talee spiaggiate, piantumazione da semi e attività sperimentali, il monitoraggio della *Posidonia oceanica* reimpiantata si adatterà agli interventi effettuati.

Le attività di monitoraggio riguarderanno ovviamente oltre le aree reimpiantate anche il posidonieto naturale in modo da verificare le eventuali variazioni dovute ai cambiamenti ambientali. Le attività di monitoraggio si estenderanno temporalmente per tutta la durata del progetto mentre le attività di reimpianto termineranno in ogni caso il 7° anno di progetto, in modo da consentire un monitoraggio di almeno tre anni sulle ultime talee reimpiantate.

Saranno inoltre previste campagne periodiche per la caratterizzazione della colonna d'acqua e dei sedimenti, al fine di monitorare le variazioni nella torbidità e nei tassi di sedimentazione e di raccogliere dati utili alla validazione dei dati satellitari e dei modelli matematici.

#### *8.4.5.2. Monitoraggio recupero coralligeno*

Le attività di monitoraggio sono essenziali per valutare l'efficacia del reinserimento dei substrati e degli organismi in ambiente naturale. A tal fine saranno effettuate valutazioni quali-quantitative sia delle colonie e dei substrati reintrodotti che della porzioni di coralligeno naturale presenti nel sito al fine di descrivere gli effetti del reimpianto sulle popolazioni naturali ed osservare l'evoluzione della biocenosi.

Nelle fasi di monitoraggio, oltre all'analisi dei parametri di crescita e sopravvivenza delle colonie, sarà descritta l'evoluzione e le modificazioni subite della comunità associata con particolare attenzione alle specie macrozoobentoniche (epibentoniche e endobentoniche) e alle macroalghe incrostanti mediante visual census e photosampling. Nelle porzioni di coralligeno reimpiantate si descriveranno inoltre le



nuove fasi di colonizzazione del substrato ad opera delle specie pioniere, l'evoluzione della fauna macrozoobentonica incrostante (briozoi e anthozoi) ad esso associato, la presenza di specie aliene e lo stato di conservazione delle gorgonie (crescita e presenza ed effetto di epibiosi) (Garrabou et al. 2014, Zapata et al. 2013, Ballesteros 2006).

Saranno inoltre previste campagne periodiche per la caratterizzazione della colonna d'acqua e dei sedimenti, al fine di monitorare le variazioni nella torbidità e nei tassi di sedimentazione e di raccogliere dati utili alla validazione dei dati satellitari e dei modelli matematici.

#### *8.4.5.3. Monitoraggio *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum**

Le attività di questo programma riguarderanno specificamente il monitoraggio del tasso di sopravvivenza degli organismi di *Pinna nobilis* e *Corallium rubrum* reimmessi nell'ambiente naturale e delle caratteristiche ecologiche dei siti selezionati per la loro reintroduzione. Il monitoraggio quindi comprenderà aree permanenti e transetti per evidenziare alterazioni della struttura e della composizione delle popolazioni presenti e per analizzare i principali fattori abiotici (idrodinamismo, torbidità) che ne determinano la sopravvivenza.

#### *8.4.5.4. Acquisto componenti stazione di Monitoraggio*

Ad integrazione delle componenti C-CEMS già esistenti, verrà installata una stazione sottomarina, capace di effettuare profili in colonna d'acqua ad intervalli programmabili.

Alle misure chimiche, fisiche e bio-ottiche verranno aggiunte misure acustiche, al fine di caratterizzare il rumore acustico subacqueo e incrementare la conoscenza di una sorgente di potenziali impatti che può avere effetti sui mammiferi marini (Ketten 2004, Nowacek et al. 2007), sulle specie ittiche (Slabbekoorn et al. 2010) e sui cefalopodi (André et al. 2011). Ad oggi questi studi nel Mar Mediterraneo sono ancora carenti e limitati ad alcune aree marine protette delle Isole Pelagie (la Manna et al. 2014), all'Area Marina Protetta di Portofino (Giorli et al. 2015) e al santuario dei cetacei (Marcelli 2008).

#### *8.4.5.5. Messa in opera del sistema*

In questa fase si procederà all'integrazione della stazione sottomarina e delle osservazioni satellitari ad alta risoluzione (Sentinel, Landsat) all'interno della rete osservativa C-CEMS.

Verranno inoltre messi a punto procedure e algoritmi per rendere operativi i sistemi previsionali (modelli matematici) che costituiranno parte integrativa del sistema di “early warning system”, in modo di consentire la messa a punto di un sistema di gestione volto alla mitigazione degli effetti delle attività portuali sugli ecosistemi marini limitrofi.

Questo consentirà di avere una maggiore risoluzione spaziale e temporale dei fenomeni dinamici costieri e quindi di incrementare il set di dati in input per i modelli di previsione utilizzati dalla rete osservativa.

#### *8.4.5.6. Avvio e messa a regime del sistema integrato di monitoraggio*

Al termine delle attività di messa in opera delle nuove componenti della rete osservativa C-CEMS, i dati forniti verranno utilizzati per l'analisi delle variazioni dei fattori ambientali che condizionano la sopravvivenza e l'adattamento degli organismi nelle aree selezionate per il reimpianto.

Il programma integrato di monitoraggio, una volta avviato, si prolungherà per tutta la durata del progetto al fine di analizzare nel dettaglio l'evoluzione dei popolamenti reimpiantati in ambiente naturale, con particolare attenzione allo studio dell'interazione tra fattori abiotici e processi biologici.

#### *8.4.5.7. Messa in opera di un “early warning system”*

L'obiettivo di questa attività è quello di predisporre un “Early Warning System” che sia in grado di minimizzare i ratei di sedimentazione e la dispersione spaziale del plume derivante dalle attività di dragaggio portuale **rendendo trascurabili gli impatti indiretti** sugli habitat e sulle specie di riferimento. L'effetto delle operazioni di dragaggio sulle specie e sugli habitat sensibili presenti nell'ambiente marino costiero dipende fortemente dalle condizioni idrodinamiche che presentano, nelle

aree costiere, un'elevata variabilità spaziale e temporale. Le misure adottate per mitigare tali effetti devono quindi tener conto della dinamicità del sistema attraverso una gestione e una pianificazione delle attività di dragaggio che preveda l'utilizzo di sistemi di previsione. In questo modo sarà possibile minimizzare gli impatti sul comparto biologico programmando tempestivamente i periodi in cui dovranno essere sospesi e/o ridotti i lavori per non mettere a rischio lo stato di salute degli habitat e delle specie analizzate.

Uno degli approcci più utilizzati dalla comunità scientifica internazionale è quello di impiegare un Early Warning System (EWS), che attraverso dati di previsione e modelli numerici, riesce a prevedere, a distanza di due/tre giorni, la concentrazione di materiale dragato all'interno dei SIC IT6000005 e IT6000006 in cui sono presenti gli habitat e le specie prioritari. In questo modo sarà possibile valutare tempestivamente gli impatti potenziali attraverso l'indice D3I (Dredging Indirect Impacts Index), che è stato messo a punto durante lo studio “Analisi dei potenziali effetti prodotti dalle attività di dragaggio su specie e habitat prioritari presenti nei SIC IT6000005 e IT6000006” realizzato nella fase di screening.

L'EWS comprende le seguenti fasi:

1. assimilazione all'interno dei modelli idrodinamici (DELFT3D-FLOW e SWAN) dei dati d'onda e di vento calcolati da sistemi meteorologici previsionali a grande scala (European Centre Medium Weather Forecast (ECMWF) e Skiron Forecasting System);
2. previsione del campo di velocità delle correnti marine e della propagazione del moto ondoso a distanza di due/tre giorni nell'area in cui sono presenti i due SIC analizzati;
3. previsione relative alla dispersione e alla sedimentazione del sedimento dragato (DELFT3D-WAQ) nell'area occupata dai due SIC;
4. calcolo dell'indice D3I per valutare l'impatto potenziale prodotto dalle operazioni di dragaggio sulle specie e sugli habitat prioritari;
5. trasmissione di un bollettino contenente i risultati dello scenario di previsione al CED (Centro Elaborazione Dati) dell'Autorità Portuale di Civitavecchia;
6. gestione e programmazione preventiva delle attività di dragaggio.

L'EWS verrà messo a punto in modo da rendere automatico l'intero processo che va dall'assimilazione

dei dati all'interno dei modelli numerici, alla trasmissione dei bollettini contenenti le previsioni degli impatti potenziali sui SIC al CED dell'Autorità Portuale di Civitavecchia, che sarà in grado quindi di programmare preventivamente l'eventuale sospensione e/o riduzione delle operazioni di dragaggio.

#### 8.4.6. Azioni di tutela e comunicazione

Il successo di una compensazione inerente opere di così grande rilievo, in un'area dove gli usi multipli della fascia costiera si sovrappongono, necessita di un largo consenso da parte degli altri soggetti che operano nello stesso ambiente (pesca, divings, nautica, etc.) e della popolazione e, inoltre, di supporto da parte delle istituzioni (Regione, Comune, Guardia costiera, etc.) e della comunità scientifica.

Diviene fondamentale supportare inoltre le attività di gestione ambientale, interagendo con gli altri Enti, in particolare con la Regione Lazio e il Comune di Civitavecchia, e contribuendo al mantenimento degli habitat prioritari, che nella zona di Civitavecchia sono rappresentati dai due SIC IT6000005 e IT6000006 a “*Posidonia oceanica*”, per i quali la Regione Lazio ha recentemente redatto i relativi piani di gestione: “Misure di conservazione del SIC IT6000005” e “Misure di conservazione del SIC IT6000006”<sup>13</sup>.

In particolare questo progetto prevede attività che andranno a contribuire sia alle voci che la Regione elenca fra i “Divieti e obblighi” che in quelle relative a “Interventi attivi e azioni da incentivare”.

Questa attività si sviluppa quindi a differenti livelli e in funzione dei tre obiettivi di compensazione e tutela: *Posidonia oceanica* (habitat 1120\* Praterie di Posidonia - *Posidonion oceanicae*), coralligeno (habitat 1170 Scogliere) e specie protette (*Pinna nobilis* e *Corallium rubrum*).

##### 8.4.6.1. Coinvolgimento diving e associazioni

Le attività saranno orientate al coinvolgimento, a livello locale, di associazioni attivamente impegnate nella salvaguardia dell'ecosistema marino, di strutture attrezzate per le escursioni subacquee e delle cooperative di pesca presenti.

Il coinvolgimento sarà di tipo “attivo”, con l'individuazione di risorse, anche a carattere di volontariato, per la predisposizione di azioni concrete, integrate alle finalità degli interventi di compensazione esposti, volte alla sensibilizzazione nella popolazione locale delle problematiche inerenti la

<sup>13</sup> Si citano i documenti della Regione Lazio: L'obiettivo generale di conservazione e gestione del SIC IT6000005 “Fondali tra Punta S. Agostino e Punta della Mattonara” (e del SIC IT6000006 “Fondali tra Punta Pecoraro e Capo Linaro”), è quello di garantire la conservazione degli habitat e delle specie di fauna e flora di interesse comunitario presenti e della biodiversità in generale, mantenendo o laddove necessario ripristinando gli equilibri biologici in atto, preservando il ruolo ecologico-funzionale complessivo del sito stesso nell'ambito della Rete Natura 2000, ai sensi dell'art. 2 della Direttiva 92/43/CEE.

salvaguardia e la gestione dell'ambiente marino costiero ed all'ottimizzazione dei diversi usi della fascia costiera.

Inoltre verranno selezionati anche i soggetti ai quali verrà demandata la gestione delle boe di cui al paragrafo seguente.

#### 8.4.6.2. *Boe ancoraggio diporto e sub*

Al fine di limitare i danni che gli ancoraggi delle piccole imbarcazioni provocano agli ambienti marini sensibili, una delle azioni di gestione e conservazione degli habitat prioritari, è la realizzazione di sistemi di ancoraggio per le imbarcazioni da diporto e per i divings.

Verranno quindi installati sistemi di protezione consistenti in boe di ormeggio in corrispondenza degli habitat 1170 e 1120 in modo di contribuire alla loro protezione.

Queste agevolazioni per l'ormeggio, eviteranno in genere frantumazione ed erosione del fondale, e, nel caso della *Posidonia oceanica*, l'asportazione di porzioni di matte mentre nel caso del coralligeno contribuiranno a limitare la graduale perdita di biodiversità in seguito alla graduale distruzione dell'habitat causato prevalentemente dagli ancoraggi sugli hot spots.

Nel dettaglio, saranno scelti sistemi di ancoraggio che impediscano il trascinamento e che abbiano un impatto ambientale minimo in funzione della natura del substrato.

Per i fondali sabbiosi dell'habitat 1120 \*Praterie di Posidonia – *Posidonia oceanica* è suggerito l'utilizzo di fondazioni a vite o corpi morti per i fondali sabbiosi, (si veda Management of Natura 2000 habitats \*Posidonia beds (*Posidonia oceanica*)).

Per i fondali rocciosi dell'habitat 1170 Scogliere è suggerito l'utilizzo di “grouted anchor” (si veda Misure di Conservazione dei SIC della Regione Lazio)

Le boe di ormeggio potranno inoltre essere equipaggiate con telecamere subacquee al fine di operare un controllo costante delle aree, anche in funzione delle attività di reimpianto degli organismi. Sistemi simili sono stati adottati nelle protette di Capo Carbonara (Cagliari) e le Cinque Terre (La Spezia) a dimostrazione dell'efficacia nel campo del turismo sostenibile.

Le associazioni ed i diving coinvolti nell'attività di compensazione, come già descritto in precedenza,

parteciperanno alle operazioni di manutenzione e gestione delle boe di ormeggio con diverso grado di impiego.

#### 8.4.6.3. *Programma pesca responsabile*

Dal secondo anno di attività è previsto il coinvolgimento diretto della Cooperativa di Pesca di Civitavecchia nella stesura di un programma di pesca responsabile al fine di integrare tale attività con il piano di recupero del bycatch per il reimpianto delle specie di coralligeno. Il programma integrerà dei protocolli di pesca nel comparto marittimo di Civitavecchia che tengano conto delle priorità stabilite per la salvaguardia degli habitat considerati.

Nel corso delle attività di compensazione verrà predisposto un protocollo d'intesa con la Cooperativa della Pesca di Civitavecchia al fine di predisporre programmi di controllo attivo della fascia costiera da parte della flotta pescherecci coinvolta. Le azioni anti pesca illegale, in accordo con quanto disposto dal Regolamento CE 1005/2008, dovranno essere concordate a livello di gestione regionale con il coinvolgimento del GAC Lazio settentrionale.

#### 8.4.6.4. *Realizzazione centro educativo Marino*

Nelle strutture che verranno utilizzate per l'installazione delle vasche di recupero, verrà predisposto un "Centro Educativo Marino" che avrà lo scopo di:

- organizzare le visite guidate alle strutture di recupero e in situ;
- predisporre le attività di informazione nelle scuole del comprensorio;
- gestire un sito web che raccoglierà, in forma divulgativa, le informazioni tecnico-scientifiche sull'area costiera di Civitavecchia.

L'Autorità Portuale di Civitavecchia Fiumicino e Gaeta sosterrà attività divulgative inerenti le azioni di compensazione, che coinvolgano i mezzi di comunicazione locali (Tv, stampa, internet) in cooperazione con il Centro.

#### 8.4.6.5. *Contributo al sistema museale*

Al fine di ampliare le conoscenze scientifiche storiche e culturali in ambito locale, le informazioni e i dati (rilievi fotografici, elaborazione cartografica, filmati ecc.) che verranno ottenuti nell'esecuzione delle attività di compensazione saranno integrate organicamente con iniziative già in atto, predisposte dall'Autorità Portuale di Civitavecchia, Fiumicino e Gaeta, per la costituzione, presso la struttura del Forte Michelangelo, di una struttura museale ("Museo del Mare").

#### 8.4.6.6. *Azioni sensibilizzazione e scuole*

Creazione di un sistema di divulgazione (portale) per i ragazzi di Civitavecchia sull'importanza degli ecosistemi marini attraverso infrastrutture educazionali e museali. Inoltre verranno attivati iniziative volte a:

- sensibilizzare la comunità locale, con particolare riferimento alle nuove generazioni, al rispetto dell'ambiente marino e in particolare alla conoscenza degli habitat 1120 e 1170 attraverso la programmazione di attività educative che prevedano il diretto coinvolgimento degli studenti del comprensorio nel progetto;
- Indicare le "best practices" e le migliori azioni concrete per la protezione della biodiversità marina e dell' habitat nel quadro della definizione di un sistema di gestione sostenibile che possa essere di diretto interesse per l'Autorità Portuale di Civitavecchia, il Comune di Civitavecchia, la Regione Lazio e i Gruppi di Azione Costiera (GAC).

Negli istituti scolastici del territorio verranno inoltre predisposte azioni di sensibilizzazione alle problematiche inerenti l'ecologia marina, la gestione delle risorse e i principi di conservazione.

Tali azioni saranno basate sul coinvolgimento diretto attraverso un programma di attività divulgative da svolgersi anche in situ. Saranno inoltre programmate visite guidate nelle strutture adibite al recupero delle specie e degli habitat, facendo riferimento come sopra indicato al "Centro Educativo Marino", anche in considerazione dell'istituzione delle strutture relative al Museo del Mare.



#### 8.4.6.7. *Convegni*

Verranno programmati, con cadenza annuale, una serie di convegni scientifici e divulgativi a carattere nazionale e internazionale che avranno cadenza annuale, finalizzati al coinvolgimento della comunità scientifica ed alla divulgazione dei risultati.

## Bibliografia

AA.VV. (2014). Technical guidance on monitoring for the Marine Strategy Framework Directive. Report EUR 26499 EN.

AA.VV. (2010). PIANC Report 108-2010. UNEP.

Abelson A. (2006). Artificial reefs vs coral transplantation as restoration tools for mitigating coral reef deterioration: benefits, concerns, and proposed guidelines. *Bulletin of Marine Science* 78 (1): 151-159(9).

Addy C.E. (1947). Germination of eelgrass seed. *Journal of Wildlife Management*, 11: 279.

Airoldi L., Cinelli F. (1997). Effects of sedimentation on subtidal macroalgal assemblages: an experimental study from a Mediterranean rocky shore. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology*, 215(2):269-288.

Airoldi L. (2003). Effects of patch shape in intertidal algal mosaics: roles of area, perimeter and distance from edge. *Marine Biology*, 143(4): 639-650.

André M., Solé M., Lenoir M., Durfort M., Quero C., Mas A., Lombarte A., van der Schaar M., López-Bejar M., Morell M., Zaugg S., Houégnigan L. (2011). Low-frequency sounds induce acoustic trauma in cephalopods. *Front. Ecol. Environ.* 9(9): 489–493.

Angelucci A., Borelli G. B., Burrigato F., Tortora P. (1979). Risultati preliminari delle indagini “placers” nel tratto di piattaforma continentale compreso tra Torre Valdaliga ed il promontorio dell’Argentario. Atti del Convegno Scientifico CNR “Oceanografia e Fondi Marini”, Roma 5-7 Marzo 1979: 1-13.

Anselmi B., Brondi A., Ferretti O., Rabottino L. (1976). Studio mineralogico e sedimentologico della costa compresa fra Ansedonia e la foce del Fiume Mignone. Soc. It. Min. Petr. Rendiconti, 32: 311-348.

ASL RM/E - Dipartimento di Epidemiologia della Regione Lazio (2010). Valutazione epidemiologica dello stato di salute della popolazione residente nei comuni di Civitavecchia, Allumiere, Tarquinia, Tolfa e Santa Marinella.

Balestri E., Piazzini L., Cinelli F. (1998). Survival and growth of transplanted and natural seedlings of *Posidonia oceanica* (L.) Delile in a damaged coastal area. Journal of Experimental Marine Biology and Ecology, 228: 209-225.

Berriolo G., Sirito G. (1985). Individuazione dell'equilibrio psammografico di dettaglio, interpretazione dell'evoluzione storica e previsione dell'ulteriore evoluzione litoranea. Studio generale sul regime delle spiagge laziali e delle isole pontine, Studio Volta di Savona per conto della Regione Lazio: 131-132.

Ballesteros E. (2006). Mediterranean coralligenous assemblages: A synthesis of present knowledge (in Oceanography and marine biology: An annual review-Volume 48: 123-195.

Bianchi C.N. (1997). Climate change and biological response in the marine benthos. - Atti Ass. It. Oceanol. Limnol., 12/1: 3- 20.

Bonamano S., Madonia A., Borsellino C., Stefani C., Caruso G., De Pasquale F., Piermattei V., Zappalà G., Marcelli M. (2015). Modeling the dispersion of viable and total *Escherichia coli* cells in the artificial semi-enclosed bathing area of Santa Marinella (Latium, Italy). Marine Pollution Bulletin, 95(1): 141-154.

Bonamano S., Piermattei V., Madonia A., Paladini de Mendoza F., Pierattini A., Martellucci R., Stefani C., Zappalà G., Caruso G., Marcelli M. (2016). The Civitavecchia Coastal Environment Monitoring System (C-CEMS): a new tool to analyze the conflicts between coastal pressures and sensitivity areas. *Ocean Sci.*, 12: 87–100.

Borfecchia F., Micheli C., Carli F.M., Cognetti De Martis S., Gnisci V., Piermattei V., Belmonte A., De Cecco L., Martini S., Marcelli M. (2013). Mapping spatial patterns of *Posidonia oceanica* meadows by means of daedalus ATM airborne sensor in the coastal area of Civitavecchia (Central Tyrrhenian Sea, Italy). *Remote Sensing* 5 (10): 4877-4899.

Boudouresque C.F., Charbonnel E., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Cadiou G., Bertrand M.C., Foret P., Ragazzi M., 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., Meinesz A., Pergent G., Pergent-Martini C., Ruitton S., Tunesi L. (2006). Préservation et Conservation des herbiers à *Posidonia oceanica*. RAMOGE pub.: 1-202.

Brondi A., Grauso S., Zarlenga F., (1988). Le omogeneità geologico-territoriali del paesaggio italiano quale strumento di conoscenza ambientale.- Rapporto interno ENEA.

Brondi A., Di Maio A., Manfredi Frattarelli F. (2002). Influenza dell'ambiente fisico continentale sulla contaminabilità dell'ambiente sedimentario marino. - Indagine sulla contaminazione di metalli pesanti e idrocarburi nei sedimenti superficiali dei mari italiani. CONISMA.

Calumpong H.P., Fonseca M.S. (2001). Seagrass transplantation and other seagrass restoration methods. In: Short F.T. and Coles R.G. (Eds.) *Global Seagrass Research Methods*: 425-442.

Carboni M.G., Matteucci R., Tortora P. (1980). La piattaforma costiera dell'alto Lazio: dalla foce del fiume Marta a Torre Sant'Agostino. *Atti Soc. Tosc. Sci. Nat. Mem. Serie A*, 87: 193-230.

Caronni S., Cristo B., Torelli A. (2007). Attempts to transplant the bivalve *Pinna nobilis* in a sardinian marine protected area. *Biol. Mar. Mediterr.* 14(2): 98-99.

Centoducati G., Tarsitano E., Bottalico A., Marvulli M., Lai O. R., Crescenzo G. (2007). Monitoring of the endangered *Pinna nobilis* Linne, 1758 in the Mar Grande of Taranto (Ionian sea, Italy). *Environmental Monitoring and Assessment*, 131(1-3): 339-347.

Chiocci F.L., La Monica G.B. (1996). Analisi sismostratigrafica della piattaforma continentale. In: *Il Mare del Lazio—Elementi di oceanografia fisica e chimica, biologia e geologia marina, clima meteomarinario, dinamica dei sedimenti ed apporti continentale. Regione Lazio. Tip. Borgia. Roma: 40-61.*

Cocito S., Ferdeghini F. (2001). Carbonate standing stock and carbonate production of the bryozoan *Pentapora fascialis* in the North-Western Mediterranean. *Facies*, 45(1): 25-30.

Colantoni P. (1995) I sedimenti delle praterie a *Posidonia oceanica*. *La Posidonia oceanica* (eds F. Cinelli, E. Fresi, C. Lorenzi & A. Mucedola): 48-51. *Rivista Marittima*.

Cooper G. (1976). *Jardinier de la Mer. Association-Fondation G. Cooper pour la reconquête des milieux naturels détruits. Cahier, 1: 1-57.*

Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici. Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti. 1996.

Costanza R., d'Arge R., de Groot R., Farberk S., Grasso M., Hannon B., Limburg K., Naeem S., O'Neill R.V., Paruelo J., Raskin R.G., Sutton P., van den Belt M. (1997). The value of the world's ecosystem services and natural capital. *Nature* 387: 253-260.

Costanza R., de Groot R., Sutton P., van der Ploeg S., Anderson S.J., Kubiszewski I., Farber S., Turner R.K. (2014). Changes in the global value of ecosystem services. *Global Environmental Change* 26: 152–158.

Dalla Via J., Sturmbauer C., Schonweger G., Sotz E., Mathekowitsch S., Stifter M., Rieger R. (1998). Light gradients and meadow structure in *Posidonia oceanica*: ecomorphological and functional correlates. *Marine Ecology Progress Series* 163: 267–278.

de Groot R.S., Wilson M.A., Boummans R.M.J. (2002). A typology for the classification, description and valuation of ecosystem functions, goods and services. *Ecological Economics* 41: 393-408.

de Groot R., Brander L., van der Ploeg S., Costanza R., Bernard F., Braat L., Christie M., Crossman N., Ghermandi A., Hein L., Hussain S., Kumar P., McVittie A., Portela R., Rodriguez L.C., ten Brink P., van Beukering P. (2012). Global estimates of the value of ecosystems and their services in monetary units. *Ecosystem Services* 1: 50–61.

Del Pilar Ruso Y., Bayle-Sempere J.T. (2006). Diel and Vertical movements of preflexion fish larvae assemblages associated with *Posidonia oceanica* beds. *Scientia Marina* 70(3).

Díaz-Almela E., Duarte C.M. (2008). Management of Natura 2000 habitats. 1120 \**Posidonia* beds (*Posidonion oceanicae*). European Commission. Technical Report 2008 01/24.

Drew E.A. (1978). Factors affecting photosynthesis and its seasonal variation in the seagrasses *Cymodocea nodosa* (Ucria) Aschers, and *Posidonia oceanica* (L.) Delile in the Mediterranean. *Journal of Experimental Marine Biology and Ecology* 31: 173–194.

Duarte C.M. (1991). Seagrass depth limits. *Aquatic Botany* 40, 363–377.

Duarte C.M., Middelburg J.J., Caraco N. (2005). Major role of marine vegetation on the oceanic carbon cycle. 2005. *Biogeosciences*, 2: 1-8.

Duarte C.M., Marbà N., Gacia E., Fourquaran J.W., Beggins J., Barrón C., Apostolaki T. (2010). Seagrass community metabolism: Assessing the carbon sink capacity of seagrass meadows. *Global Biogeochemistry, Cycles Vol.24, GB4032*.

European Commission, 2008. Directive 2008/56/EC of the European Parliament and of the Council of 17 June 2008 establishing a framework for Community actions in the field of marine environmental policy (Marine Strategy Framework Directive). *Official Journal of the European Communities L164/19* 25.06.2008.

Fano V, Michelozzi P, Ancona C, Capon A, Forastiere F, Perucci CA. (2004). Occupational and environmental exposures and lung cancer in an industrialized area in Italy. *Occup Environ Med*;61(9):757-63.

Fano V, Forastiere F, Papini P, Tancioni V, Di Napoli A, Perucci C.A. (2006). Mortalità e ricoveri ospedalieri nell'area industriale di Civitavecchia, anni 1997-2004. *Epidemiologia e Prevenzione*; 30(4-5): 221-26.

- Fonseca M.S., Kenworthy W.J., Thayer G.W. (1998). Guideline for the conservation and restoration of seagrasses in the United States and adjacent waters. NOAA coastal ocean decision analysis series no. 12. NOAA Coastal Ocean Office, Silver Spring, Maryland 20910: 222.
- Forastiere F, Corbo GM, Michelozzi P, Pistelli R, Agabiti N, Brancato G, Ciappi G, Perucci CA. (1992). Effects of environment and passive smoking on the respiratory health of children. *Int J Epidemiol.* 1992;21(1): 66-73.
- Forrester G.E., O'Connell-Rodwell C., Baily P., Forrester L.M., Giovannini S., Harmon L., Karis R., Krumholz J., Rodwell T., Jarecki L. (2011). Evaluating Methods for Transplanting Endangered Elkhorn Corals in the Virgin Islands. *Restoration Ecology* Vol. 19, No. 3: 299–306.
- Garrabou J., Kipson S., Kaleb S., Kruzic P., Jaklin A., Zuljevic A., Rajkovic Z., Rodic P., Jelic K., Zupan D. (2014). Monitoring Protocol for Reefs – Coralligenous Community, MedMPAnet Project.
- Genot I., Caye G., Meinesz A., Orlandini M. (1994). Role of chlorophyll and carbohydrate contents in survival of *Posidonia oceanica* cuttings transplanted to different depths. *Marine Biology* 119(1): 23-29.
- Giorli, G., Au, W. W., Ou, H., Jarvis, S., Morrissey, R., & Moretti, D. (2015). Acoustic detection of biosonar activity of deep diving odontocetes at Josephine Seamount High Seas Marine Protected Area. *The Journal of the Acoustical Society of America*, 137(5): 2495-2501.
- Giraud G. (1977). Contribution à la description et à la phénologie quantitative des herbiers à *Posidonia oceanica* (L.) Delile. Thèse Doctorat 3e cycle, Université Aix-Marseille II: 1-150.
- Gordon D.M., Grey K.A., Chase S.C., Simpson C.J. (1994). Changes to the structure and productivity of a *Posidonia sinuosa* meadow during and after imposed shading. *Aquatic Botany* 47: 265–275.



- Hilbertz W.H. (1979). Electrodeposition of minerals in sea water: Experiments and applications. IEEE Journal on Oceanic Engineering 4:1-19.
- Hopkins T.S. (1988). Recent observations on the intermediate and deep water circulation in the southern Tyrrhenian Sea. Oceanologica Acta, Special issue.
- ISPRA. (2014). Conservazione e gestione della naturalità negli ecosistemi marino-costieri. Il trapianto delle praterie di *Posidonia Oceanica*. Manuali ISPRA.
- Kalogirou S., Corsini-Foka M., Sioulas A., Wennhage H., Pihl L. (2010). Diversity, structure and function of fish assemblages associated with *Posidonia oceanica* beds in an area of the eastern Mediterranean Sea and the role of non-indigenous species. Journal of Fish Biology 77: 2338–2357.
- Katsanevakis S. (2005). Population ecology of the endangered fan mussel *Pinna nobilis* in a marine lake. Endangered Species Research, 1: 1–9.
- Kawasaki Y., Iituka T., Goto H., Terawaki T., Watanabe Y., Kikuti K. (1988). Study on the technique for *Zostera* bed creation. Central Research Institute of Electric Power Industry, Japan, Rep. N° U-14:1-231.
- Ketten D. R. (2004). Marine mammal auditory systems: a summary of audiometric and anatomical data and implications for underwater acoustic impacts. Polarforschung, 72(2/3): 79-92.
- La Manna G., Manghi M., Sara G. (2014). Monitoring the habitat use of common Bottlenose Dolphins (*Tursiops truncatus*) using passive acoustics in a Mediterranean marine protected area. Mediterranean Marine Science, 15(2): 327-337.

La Monica G. B., Raffi R. (1996). Morfologia e sedimentologia della spiaggia e della piattaforma continentale interna. In: Il Mare del Lazio. Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Regione Lazio Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità: 62-105.

Laborel J. (1987). Marine biogenic constructions in the Mediterranean: a review.- Sci. Rep. Port-Cros natl. Park, Fr., 13: 97- 126.

Lewis R.R., Phillips R.C. (1980). Experimental seagrass mitigation in the Florida keys. In: Cole D.P. Edits. Proceedings of the Seventh Annual Conference on the Restoration and Creation of Wetlands, USA: 155-173.

LIFE Posidonia Andalusia - Conservation of *Posidonia oceanica* meadows in Andalusian Mediterranean Sea. LIFE09 NAT/ES/000534.

LIFE Posidonia Balears - Protection of Posidonia grasses in SCIs of Balears. LIFE00 NAT/E/007303

LIFE RES MARIS - LIFE RES MARIS - Recovering Endangered habitats in the Capo Carbonara MARine area, Sardinia. LIFE13 NAT/IT/000433.

Manzanera M., Perez M., Romero J. (1995). Seagrass mortality due to oversedimentation: an experimental approach. In: Proceedings of the Second International Conference on the Mediterranean Coastal Environment, MEDCOAST 95, October 24–27 1995, Taragona, Spain.

Marcelli M. (2008). Traffico navale nel santuario pelagos: stato dell'arte e ipotesi di impatto sui cetacei. Programma di ricerca finanziato dalla Direzione Protezione Natura del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare.

Marcelli M, Piermattei V, Zappalà G (2011). Advances in low cost marine technologies. In: Computational Methods and Experimental Measurements XV. Edited By: G.M Carlomagno, University of Naples di Napoli, ITALY and C.A Brebbia, Wessex Institute of Technology, UK: 497-507.

Mateo M.A., Serrano O. (2011). The carbon sink associated to *Posidonia oceanica*. In: Pergent G., et al. (Eds.) Mediterranean seagrasses: resilience and contribution to the attenuation of climate change. IUCN Mediterranee, Malaga.

Meinesz A., Boudouresque F., Falconetti C., Astier J.M., Bay D., Blanc J.J., Bourcier M., Cinelli F., Cirik S., Cristiani G., Di Geronimo I., Giaccone G., Harmelin J.G., Laubier L., Lovric A.Z., Molinier R., Soyer J., Vamvakas C. (1983). Normalization des symboles pour la représentation et la cartographie des biocénoses benthiques littorales de Méditerranée. Ann. Inst. Océanogr., Paris, 59 (2): 155-172.

Molenaar H., Meinesz A. (1992). Vegetative reproduction in *Posidonia oceanica*. II. Effects of depth changes on transplanted orthotropic shoots. *Marine Ecology*, 13(2): 175–185.

Noli A., De Girololamo P., Sammarco P. (1996). Parametri meteomarini e dinamica costiera. In: Il Mare del Lazio. Università degli Studi di Roma “La Sapienza”, Regione Lazio Assessorato Opere e Reti di Servizi e Mobilità: 285-315.

Nowacek D. P., Thorne L. H., Johnston D. W., Tyack P. L. (2007). Responses of cetaceans to anthropogenic noise. *Mammal Review*, 37(2): 81-115.

Nunes P.A.L.D., van den Bergh J.C.J.M, Nijkamp P. (2001). Ecological-economic analysis and valuation of biodiversity. The Fondazione Eni Enrico Mattei Note di Lavoro Series Index.

Orth R.J., Luckenbach M.L., Marion S.R., Moore K.A., Wilcox D.J. (2006) - Seagrass recovery in the Delmarva Coastal Bays, USA. *Aquatic Botany*, 84: 26-36.

Ott J. A. (1980). Growth and production in *Posidonia oceanica* (L.) Delile. P.S.Z.N.I: 107Mar. Ecol., 1:47-64.

Paling E.I., (1995). Seagrass meadow regrowth, transplantation and recovery after disturbance in Western Australia: a review. Marine and Freshwater Laboratory, Murdoch University, Perth, p. 142.

Paticchio N. (2014). Meccanismi di regressione e frammentazione dell'habitat nelle praterie di *Posidonia oceanica*. Tesi di Dottorato (XXV ciclo), Dip. di Biologia Ambientale, Università di Roma "La Sapienza".

Pérès J.M., Picard J (1964). Nouveau manuel de bionomie benthique. Recueil des Travaux de la Station marine d'Endoume, 31 (47): 5-137.

Pergent G., Pergent-Martini C., Boudouresque C.F. (1995). Utilisation de l'herbier a` *Posidonia oceanica* comme indicateur biologique de la qualite' du milieu littoral en Me'diterranee: Etat des connaissances. Me'soge'e 54: 3-29.

Piazzì L., Cinelli F. (1995). Restoration of the littoral sea bottom by means of transplantation of cuttings and sprouts. In: Cinelli F., Fresi E., Lorenzi C., Mucedola A. Edits. *Posidonia oceanica*, a contribution to the preservation of a major Mediterranean marine ecosystem. Rivista marittima publ., Roma: 69-71.

Piazzì L., Balestri E., Magri M., Cinelli F. (1998). Experimental transplanting of *Posidonia oceanica* (L.) Delile into a disturbed habitat in the Mediterranean Sea. Botanica marina, 41: 593-601.

Piazzì L., Balestri E., Balata D., Cinelli F. (2000). Pilot transplanting experiment of *Posidonia oceanica* (L.) Delile to restore a damaged coastal area in the Mediterranean Sea. Biologia Marina Mediterranea, 7(2): 409-411.

Pinardi N., Navarra A.(1993). Baroclinic wind adjustment processes in the Mediterranean. *Sea. Deep Sea Research II*, 40(6): 1299--1326.

PO Puglia 2007 – 2013 – Asse I Linea 1.1 – Azione 1.1.2. Progetto S.T.A.R.T. Sviluppo di una tecnologia ambientale per la ricostruzione e la tutela delle praterie sottomarine di Posidonia.

Regione Lazio (2016). Misure di conservazione del SIC IT6000005 “Fondali tra Punta S.Agostino e Punta della Mattonara”.

Regione Lazio (2016). Misure di conservazione del SIC IT6000006 “Fondali tra Punta Pecoraro e Capo Linaro”.

Regione Lombardia, ERSAF (Ente Regionale PER i Servizi all'Agricoltura e alle Foreste). Quaderno di Ricerca della Regione Lombardia “Gestione e riduzione dell'azoto di origine zootecnica – Soluzioni tecnologiche ed Impiantistiche”.

Remoundou K., Koundari P., Kontogianni A., Nunes P.A.L.D., Skourtos M. (2009). Valuation of natural marine ecosystem: an economic perspective.2009. *Environmental Science and Policy* 12: 1040-1051.

Richardson C. A., Kennedy H., Duarte C. M., Kennedy D. P., Proud S. V. (1999). Age and growth of the fan mussel *Pinna nobilis* from south-east Spanish Mediterranean seagrass (*Posidonia oceanica*) meadows. *Marine Biology*, 133: 205–212.

Ruiz, J.M., Romero, J. (2003). Effects of disturbances caused by coastal constructions on spatial structure, growth dynamics and photosynthesis of the seagrass *Posidonia oceanica*. *Marine Pollution Bulletin* 46: 153–1523.

- Short F.T., Davis R.C., Kopp B.S., Short C.A., Burdick D.M. (2002). Site-selection model for optimal transplantation of eelgrass *Zostera marina* in the north-eastern US. *Marine Ecology Progress Series*, 227: 253-267.
- Slabbekoorn H., Bouton N., van Opzeeland I., Coers A., ten Cate C., Popper A. N. (2010). A noisy spring: the impact of globally rising underwater sound levels on fish. *Trends in Ecology & Evolution*, 25(7): 419-427.
- TEEB (2010). *The Economics of Ecosystems and Biodiversity Ecological and Economic Foundations*. Pushpam Kumar. Earthscan, London and Washington.
- Thorhaug A. (1979). The flowering and fruiting of restored *Thalassia* beds: a preliminary note. *Aquatic Botany*, 6: 189-192.
- Tintoré J., Vizoso G., Casas B., Heslop E., Pascual A., Orfila A., Ruiz S., Martínez-Ledesma M., Torner M., Cusí S., Diedrich A., Balaguer P., Gómez-Pujol L., Álvarez-Ellacuría A., Gómara S., Sebastian K., Lora S., Beltrán J.P., Renault L., Juzà M., Álvarez D., March D., Garau B., Castilla C., Cañellas T., Roque D., Lizarán I., Pitarch S., Carrasco M.A., Lana A., Mason E., Escudier R., Conti D., Sayol J.M., Barceló B., Alemany F., Reglero P., Massuti E., Vélez-Belchí P., Ruiz J., Oguz T., Gómez M., Álvarez E., Ansorena L., Manriquez, M. (2013). SOCIB: The Balearic Islands coastal ocean observing and forecasting system responding to science, technology and society needs. *Marine Technology Society Journal*, 47(1): 101-117.
- Tortora P. (1989a). I fondali antistanti la costa di Montalto di Castro (alto Lazio): caratteristiche ed evoluzione tardo-quadernaria. *Il Quaternario*, 2,2: 175-187.

Tortora P. (1989b). La sedimentazione olocenica nella piattaforma continentale interna tra il Promontorio di Monte Argentario e la Foce del Fiume Mignone (Tirreno centrale). *Giornale di Geologia*, ser. 3, vol. 51/1: 93-117.

Trigos S., Nardo V. (2016). Transplantation protocol for the fan mussel *Pinna nobilis* in different types of substrate. *Mar. Life* 18: 55-61.

Van Treeck P., Schuhmacher H. (1997). Initial survival of coral nubbins transplanted by a new coral transplantation technology-options for reef rehabilitation. *Marine Ecology Progress Series*, 150(1): 287-292.

Vetrano A., Napolitano E., Iacono R., Schroeder K., Gasparini G.P. (2010). Tyrrhenian Sea circulation and water mass fluxes in spring 2004: Observations and model results. *Journal of Geophysical Research Atmospheres* 115.

Zapata-Ramírez P. A., Scaradozzi D., Sorbi L., Palma M., Pantaleo U., Ponti M., Cerrano C. (2013). Innovative study methods for the Mediterranean coralligenous habitats. *Advances in Oceanography and Limnology*, 4(2): 102-119.

Zappalà G., Bonamano S., Madonia A., Caruso G., Marcelli M. (2014). Microbiological risk assessment in a coastal marine environment through the use of mathematical models. *WIT Transactions on Ecology and the Environment* 164.

Zavodnik D., Hrs-Brenko, M., Legac M. (1991). Synopsis on the fan shell *P. nobilis* L. in the eastern Adriatic sea. In C. F. Boudouresque, M. Avon, & V. Gravez (Eds.), *Les Espèces Marines à Protéger en Méditerranée*: 69– 178.



Laboratorio di Oceanologia Sperimentale ed Ecologia Marina  
DEB – Università degli Studi della Tuscia

## Web

<http://www.strategiamarina.isprambiente.it/>