



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



**RENOVATE PROGETTO ESECUTIVO**  
**delle Azioni di Compensazione e Mitigazione degli Habitat**  
**1120\* e 1170 e delle azioni volte alla protezione e**  
**conservazione delle specie *Corallium rubrum* e *Pinna nobilis***

**PROPOSTA MIGLIORATIVA**  
**SISTEMA DI MONITORAGGIO**

REV 01	27/05/2024
Redatto	
Prof. Marco Marcelli	



## **INDICE**

<b>1. INTRODUZIONE</b>	<b>3</b>
<b>2. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO</b>	<b>4</b>
<b>3. SISTEMA DI MONITORAGGIO INNOVATIVO</b>	<b>7</b>
<b>3.1 ANTE OPERAM</b>	<b>7</b>
<b>3.2 CANTIERE</b>	<b>8</b>
<b>3.3 POST OPERAM</b>	<b>10</b>
<b>3.4 Area di Studio e Ubicazione delle stazioni e dei transetti</b>	<b>11</b>
<b>4. TECNOLOGIE INNOVATIVE</b>	<b>14</b>



## 1. INTRODUZIONE

Negli ultimi anni lo studio degli ecosistemi marini ha visto l'avvento di nuove tecnologie che permettono di acquisire dati in maniera sempre più efficace e dettagliata. Le piattaforme di misura sono diventate sempre più autonome e performanti, consentendo monitoraggi a lungo termine e 'cost-effective'.

L'incremento di fattori di stress sugli ecosistemi marini generati dall'incremento della frequenza di eventi dinamici estremi e di "heat waves", generati dai cambiamenti climatici, necessita di un approccio innovativo al monitoraggio ambientale, integrando nello spazio e nel tempo le attività di misura.

La necessità di una visione sinottica, infatti, permetterà di descrivere l'andamento dei fenomeni e processi a una scala spaziale sufficiente per valutarne l'eventuale impatto sugli ecosistemi costiere quindi sulle attività di restauro. La scala spaziale non si può esaurire alla superficie ma deve considerare la colonna d'acqua, in quanto l'impatto sui fondali può essere valutato solamente attraverso modelli numerici, sistematicamente e periodicamente validati, in grado di descrivere anche quanto avviene nella colonna d'acqua, in termini di propagazione di energia meccanica e calore dalla superficie al fondo.

La morfologia frastagliata della costa e dei fondali dell'area di monitoraggio non consente un approccio tradizionale (singolo punto boa), ma necessita di una più integrata, avanzata e sostenibile strategia di monitoraggio.

Un approccio moderno deve prevedere l'uso integrato di satellite e piattaforme autonome, opportunamente calibrate con metodi tradizionali, in grado di coprire nel loro insieme le necessarie scale spazio-temporali delle dinamiche oceanografiche ed ecologiche in acque basse. Il recente affermarsi, infatti, nel panorama della misura oceanografica di nuove piattaforme autonome "cost-effective" e sensori "low-cost" offre nuove e più ampie possibilità di misura in grado di produrre misure a costi inferiori, con minore impatto ambientale e soprattutto in grado di

descrivere meglio e con maggiore efficacia l'elevata variabilità spazio-temporale dei fenomeni e processi costieri.

## 2. INQUADRAMENTO DEL PROGETTO

Come noto, con nota prot.13998 del 11.10.2023, l'AdSP del MTCS ha prodotto copia del Progetto esecutivo degli interventi mitigativi e compensativi in parola (RENOVATE), al fine di poter riavviare le attività istruttorie di cui al Tavolo Tecnico, istituito con il Provvedimento Direttoriale prot. DVA-DEC-2017-00003 del 12/01/2017.

RENOVATE (Approccio Ecosistemico alla Valutazione e Sperimentazione di Azioni di Compensazione e Mitigazione in Ambiente Marino: il caso dell'Hub Portuale di Civitavecchia) è un progetto sperimentale innovativo che ha come obiettivo principale il recupero delle funzioni e dei servizi ecosistemici marini impattati dall'espansione dell'Hub Portuale di Civitavecchia ivi inclusa la sperimentazione di interventi di restauro e mitigazione dell'Habitat prioritario 1120\* e di alcune biocenosi dell'Habitat 1170, e di due specie di elevata rilevanza naturalistica ed ecologica: il *Corallium rubrum* e la *Pinna nobilis*.

RENOVATE è il più ambizioso progetto di “marine habitat restoration” realizzato in Italia e probabilmente in Europa, prevedendo una serie di interventi basati su un approccio innovativo, olistico, volto al conseguimento degli obiettivi di recupero nel medio/lungo termine della funzionalità di habitat e specie impattati, equivalenti a quanto perduto dall'espansione dell'Hub Portuale.

Il progetto di ricerca è funzionale alle esigenze di tutela e conservazione dell'ambiente marino connesse allo sviluppo delle infrastrutture portuali, rispondendo alla necessità di applicazione di quei criteri scientifici alla base dell'approccio ecosistemico attraverso lo sviluppo di una metodologia integrata per la compensazione degli ecosistemi marini mediterranei danneggiati dalla realizzazione di opere portuali, ivi inclusa la sperimentazione di interventi di restauro e mitigazione dell'habitat prioritario 1120\* e di alcune biocenosi dell'habitat 1170, e di due specie di elevata rilevanza naturalistica ed ecologica: il *Corallium rubrum* e la *Pinna nobilis*. Il danno all'ecosistema verrà compensato da una serie di interventi di restauro e mitigazione che hanno l'obiettivo di ripristinare le funzioni ecologiche andate perse in un tempo idoneo al recupero dei servizi

ecosistemici, che viste le esperienze di restauro precedenti, può essere considerato pari a 10 anni. L'integrazione di attività di restauro con quelle di tutela garantiranno il ripristino e mantenimento dei servizi ecologici andati perduti su superfici ben più ampie di quelle impattate.

Il progetto proposto risponde inoltre all'esigenza di considerare gli effetti dei cambiamenti climatici sugli ecosistemi marino-costieri come quadro imprescindibile per lo studio e l'analisi degli impatti circoscritti alle opere in oggetto e per la messa in opera delle azioni di mitigazione e restauro.

Le attività previste dal progetto RENOVA TE sono caratterizzate da elevata multidisciplinarietà, comprendendo sia analisi di campo di diversi comparti dell'ambiente marino costiero (colonna d'acqua, sedimenti, benthos, *Posidonia oceanica*, coralligeno, utilizzo di camere bentiche per la misura dei parametri funzionali utili alla valutazione economica dei servizi ecosistemici, remote sensing), sia utilizzo di modelli numerici di simulazione come supporto alle attività di studio, alla progettazione delle attività di recupero e compensazione ed alla costituzione di un early warning system. Il progetto prevede inoltre l'esecuzione di innovative attività di mitigazione e recupero degli habitat 1170 e 1120, di un programma di monitoraggio a lungo termine e di attività dedicate alla comunicazione e diffusione dei risultati con il coinvolgimento sia degli enti locali e regionali che dei vari stakeholders e associazioni presenti sul territorio.

Le attività previste per il progetto RENOVA TE possono essere riassunte nelle seguenti macrocategorie:

- Attività di ricerca integrative utili al completamento del quadro conoscitivo ambientale
- Definizione, Sviluppo ed Applicazione Sperimentale di un Early Warning System (EWS)
- Attività preliminari alla progettazione e di supporto alle attività sperimentali
- Studio dei potenziali impatti della realizzazione delle opere in relazione agli habitat e ai cambiamenti climatici
- Comunicazione e stakeholders
- Attività di restauro e mitigazione
- Attività di monitoraggio delle compensazioni
- Valutazione preliminare dello stato di salute dei SIC marini del Lazio.

In particolare, con riferimento alle attività di dragaggio e di compensazione degli habitat, che sono state previste all'interno del progetto RENOVA TE, **è stata sviluppata un'attività di**

**monitoraggio specifica ed innovativa, di seguito dettagliata, che andrà a sostituire esclusivamente la boa oceanografica e che dettaglia maggiormente le attività relative alle stazioni fisse nell'area portuale.**

L'attività sarà distribuita nelle fasi Ante, Durante e Post Operam e realizzata in funzione delle attività di dragaggio che sarà effettuato (crf. *“Opere Strategiche per il porto di Civitavecchia - 2° stralcio. Nuovo accesso al bacino storico - Collegamento tra il Molo Vespucci e l'Antemurale Colombo”*).

Nei capitoli 9.2. e 9.5. del progetto esecutivo RENOVATE erano previste una serie di attività finalizzate al monitoraggio dei possibili impatti scaturenti dalle operazioni di dragaggio nelle area sud e a nord del Porto di Civitavecchia che vengono sviluppate come descritto nei capitoli successivi.

Sempre nei capitoli 9.2. e 9.5. del progetto esecutivo RENOVATE erano previste una serie di attività in un'area esterna, considerata sia come bianco spaziale per le stazioni fisse che come area di riferimento per eventuali altri impatti naturali, quali i cambiamenti climatici e/o antropici. Questa attività rappresenta anche una azione di mitigazione come ampiamente descritto nel progetto esecutivo, e per questo è stata ulteriormente integrata e sviluppata con un approccio più innovativo e calzante agli obiettivi, come descritto nei capitoli successivi, e si protrarrà per l'intera durata del progetto.

Alla luce delle mutate esigenze operative, dell'innovazione tecnologica a disposizione e delle nuove linee guida ISPRA 'Metodi per la stima dei livelli di torbidità in aree marine criteri di valutazione e gestione, Manuali e Linee Guida 2026/2023' (Lisi et al. 2023), sono state strutturate una serie di attività finalizzate al miglioramento delle capacità di monitoraggio al fine di conservare gli habitat e le specie presenti nell'area.

### 3. SISTEMA DI MONITORAGGIO INNOVATIVO

Il programma di monitoraggio si articola in tre fasi: **ante operam, cantiere e post operam.**

#### 3.1. ANTE OPERAM

##### *Misure Ante Operam a SUD*

La proposta fasizzazione realizzativa delle Opere di grande infrastrutturazione in argomento, definita ad esito della progettazione esecutiva dall'aggiudicatario, ha inevitabilmente comportato un riallineamento delle attività di monitoraggio in programma, al fine di coordinarsi con il timing effettivo delle lavorazioni.

In sostituzione della prevista stazione fissa in corrispondenza della Banchina n. 8 nell'area Sud del Porto di Civitavecchia, quindi verranno svolte attività sostitutive di misura di torbidità, temperatura e salinità, durante 3 campagne di misura con sonda multiparametrica e campionamenti di acqua nel punto corrispondente alla futura banchina.

##### *Misure Ante Operam a NORD*

Per l'area Nord, si utilizzeranno i dati provenienti dalle stazioni fisse installate in banchina nei precedenti progetti di monitoraggio. (2012-2023).

##### *Misure Ante Operam area di Bianco*

Verrà svolta una attività migliorativa rispetto alla boa oceanografica/stazione esterna, prevista nel sito al largo di Riva di Traiano, che consisterà in una campagna di misura con CTD e campionamento di acqua, e n. 2 con strumentazione autonoma innovativa ed elaborazione dati provenienti da Sentinel 2 qualora disponibili.

Questa attività consentirà anche di ottenere una visione spaziale delle caratteristiche ambientali della colonna d'acqua con particolare riferimento alle aree dove verranno effettuate le attività di restauro.

I dati ottenuti dalla strumentazione automatica/autonoma e i dati satellitari verranno calibrati mediante la campagna di misura effettuata lungo un transetto costa largo all'altezza del porto turistico di Riva di Traiano.

Per la fase ante-operam bianco si effettuerà quindi una campagna estensiva di misure da riva di traiano sino a sud di Capo Linaro, in modo di ottenere una rappresentazione sinottica della distribuzioni delle principali variabili descrittive, con particolare riferimento alla distribuzione del solido sospeso, della clorofilla a ed identificare quindi le possibili relazioni fra apporti continentali (inclusi i possibili apporti del Tevere che si spingono sino a Capo Linaro, dove si chiude l'Unità Fisiografica), le variazioni di salinità, temperatura e profondità dello strato mescolato, sino al trasporto delle stesse ad opera delle correnti.

### **3.2. CANTIERE**

#### ***Misure Cantiere a SUD***

Dal punto di vista del monitoraggio della fase di dragaggio la fase di Cantiere prevede un punto fisso di misura utilizzando una boa di delimitazione Floatex ancorata nell'area in concessione all'Autorità portuale, boa messa a disposizione dall'Autorità Portuale in prossimità dell'area cantiere, dove verranno svolte attività sostitutive di misura di torbidità, temperatura e salinità.

Questa attività si protrarrà da settembre del 2024 sino a tutto il 2025 e prevede in totale 42 settimane di monitoraggio.

Come previsto dal Progetto esecutivo RENOVATE i dati informeranno il sistema di Early Warning System per garantire la sicurezza degli ecosistemi limitrofi.

#### ***Misure Cantiere a NORD***

Per l'area Nord, si provvederà ad installare una stazione in corrispondenza della Banchina 34, dove verranno svolte attività sostitutive di misura di torbidità, temperatura e conducibilità (salinità).



Questa attività si protrarrà da settembre del 2024 sino a tutto il 2025 e prevede in totale 42 settimane di monitoraggio.

Come previsto dal Progetto esecutivo RENOVA TE i dati informeranno il sistema di Early Warning System per garantire la sicurezza degli ecosistemi limitrofi.

### ***Misure Cantiere area di Bianco***

Verrà svolta una attività migliorativa rispetto alla boa oceanografica/stazione esterna, prevista nel sito al largo di Riva di Traiano, che consisterà, nel periodo da settembre del 2024 sino a tutto il 2025, in 5 campagne di misura con CTD e campionamento di acqua, e n. 5 con strumentazione autonoma/innovativa lungo n. 3 transetti.

Saranno effettuate, in condizioni di particolari situazioni anomale (eventi estremi, MHW) individuate anche grazie ai modelli operativi sviluppati per l'EWS, di effettuare brevi campagne ad hoc per l'acquisizione di dati delle variabili descrittive per monitorare eventuali effetti di questi processi.

Inoltre, si prevede l'elaborazione dei dati provenienti da Sentinel 2 quando disponibili.

Questa attività consentirà quindi di ottenere una visione spaziale delle caratteristiche ambientali della colonna d'acqua con particolare riferimento anche alle aree dove verranno effettuate le attività di restauro.

In questo modo si otterrà una rappresentazione sinottica della distribuzioni delle principali variabili descrittive, con particolare riferimento alla distribuzione del solido sospeso e della clorofilla a. Si potranno identificare quindi le possibili relazioni fra apporti continentali (inclusi i possibili apporti del Tevere che si spingono sino a Capo Linaro, dove si chiude l'Unità Fisiografica), le variazioni di salinità, temperatura e profondità dello strato mescolato, sino alla analisi della distribuzione delle variabili descrittive ad opera delle correnti e delle possibili interazioni con i cambiamenti climatici.

### 3.3. POST OPERAM

#### *Post Operam area di Bianco*

Nel Post Operam l'area di bianco assume anche il significato di mitigazione e costituirà anche il un'importante area di monitoraggio a supporto dello studio degli impatti antropici e soprattutto dei cambiamenti climatici.

Le variabili da misurare saranno implementate nell'ottica di supportare il quadro conoscitivo sinottico mediante una maggiore flessibilità operativa e spaziale dell'impianto sperimentale del sistema di monitoraggio.

L'attività migliorativa rispetto alla boa oceanografica/stazione esterna, prevista nel sito al largo di Riva di Traiano, consisterà anche in questa fase in campagne di misura con CTD, strumentazione autonoma innovativa ed elaborazione dati provenienti da Sentinel 2 quando disponibili ed accompagnerà il progetto RENOVATE sino al termine delle attività.

Questa attività consentirà anche di ottenere una visione spaziale delle caratteristiche ambientali della colonna d'acqua con particolare riferimento alle aree dove verranno effettuate le attività di restauro. I dati ottenuti dalla strumentazione automatica/autonoma e i dati satellitari verranno validati annualmente mediante campagne stagionali di misura con CTD e campionamenti di acqua.

Ogni anno, quindi, verranno effettuate n. 2 campagne di misura con CTD e campionamento di acqua, lungo n. 2 transetti e n. 4 campagne con strumentazione autonoma/innovativa lungo n. 4 transetti.

Per questa fase si effettuerà una campagna estensiva di misure da riva di traiano sino a sud di Capo Linaro con cadenza annuale, in modo da ottenere una rappresentazione sinottica della distribuzione delle principali variabili descrittive, con particolare riferimento alla distribuzione del solido sospeso, della clorofilla a ed identificare quindi le possibili relazioni fra apporti continentali (inclusi i possibili apporti del Tevere che si spingono sino a Capo Linaro, dove si chiude l'Unità

Fisiografica), le variazioni di salinità, temperatura e profondità dello strato mescolato, sino al trasporto delle stesse ad opera delle correnti.

Anche in questa fase saranno effettuate, in condizioni di particolari situazioni anomale (eventi estremi, MHW) individuate anche grazie ai modelli operativi sviluppati per l'EWS, di effettuare brevi campagne ad hoc per l'acquisizione di dati delle variabili descrittive per monitorare eventuali effetti di questi processi

### 3.4. Area di Studio e Ubicazione delle stazioni e dei transetti

Di seguito vengono riportate le planimetrie dell'area di studio e le mappe relative alla ubicazione delle stazioni fisse e dei transetti sui cui saranno effettuate le diverse attività di studio e monitoraggio.

L'area oggetto delle diverse attività del progetto RENOVATE 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. Area di studio che si estende da Punta S. Agostino a Santa Marinella all'interno della quale si trovano i SIC IT 6000005 (a nord) e IT 6000006 (a sud), (le aree rappresentate sono quelle ripermite dalla Regione Lazio, Deliberazione N. 922 del 10/12/2019).

La scelta della localizzazione delle stazioni di misura è stata effettuata in funzione delle operazioni

di dragaggio previste, quindi, come precedentemente descritto, saranno installate due stazioni fisse, una a Sud e una a Nord del Porto di Civitavecchia (Figura 3), mentre per quanto riguarda i transetti è stata scelta l'area compresa tra il Porto di Riva di Traiano e Capo Linaro, che rappresenta un'area particolarmente importante anche per lo studio dei cambiamenti climatici .



Figura 2. Ubicazione delle stazioni fisse e dei transetti nell'area di studio



Figura 3. Ubicazione delle stazioni fisse per il monitoraggio dei dragaggi



Figura 4. Ubicazione dei transetti nell'area di bianco

#### 4. TECNOLOGIE INNOVATIVE

L'impianto sperimentale del sistema di monitoraggio innovativo si baserà sull'uso integrato di tecnologie all'avanguardia che consentiranno di effettuare campagne di misura in maniera cost-effective ed efficace. Di seguito si riportano alcune delle tecnologie che saranno impiegate per la realizzazione del monitoraggio.

##### Tecnologie Glider

Il glider rappresenta un'importante evoluzione, essendo una potente piattaforma di rilevamento autonoma progettata per raccogliere profili lungo la colonna d'acqua con una copertura spazio-temporale molto ampia (migliaia di km e da settimane a mesi di resistenza).



Figura 5. Piattaforma Glider tipo e simulazione delle traiettorie effettuate in colonna d'acqua

I glider sono alianti sottomarini, privi di sistema di propulsione, che si muovono in virtù della sola variazione del loro assetto seguendo traiettorie a dente di sega. Si spostano dalla superficie fino a un massimo di 1000 m di profondità, lungo rotte programmabili e modificabili attraverso la comunicazione satellitare bidirezionale. Queste piattaforme sono in grado di percorrere lunghe distanze su rotte programmate e di trasmettere i dati a terra ad intervalli programmabili e stanno

radicalmente modificando le metodologie di indagine nell'ambiente marino, aprendo nuovi scenari e possibilità di ricerca inimmaginabili fino a pochi anni fa.

### **Autonomous Underwater Vehicle**

Gli Autonomous Underwater Vehicle sono veicoli autonomi subacquei (AUV) cost-effective e altamente innovativi; sono dotati di software per la determinazione della rotta in base alle condizioni meteorologiche marine in tempo reale e generalmente sono molto versatili in termini di equipaggiamento di sensori e accessibili, consentendo così un miglioramento nella raccolta di dati oceanografici, facilitando la ricerca e la gestione ambientale marina.



Figura 6. Esempio di Autonomous Underwater Vehicle (AUV)

