



Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement



Progetto cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del Programma LIFE 2021-2027 – Natura & Biodiversità



COMUNE DI RAVENNA



ALMA MATER STUDIORUM  
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA



PARCO DELTA DEL PO  
EMILIA-ROMAGNA



PROAMBIENTE  
Innovation & environment



FONDAZIONE FLAMINIA  
PER L'UNIVERSITÀ  
IN ROMAGNA



ITALIA

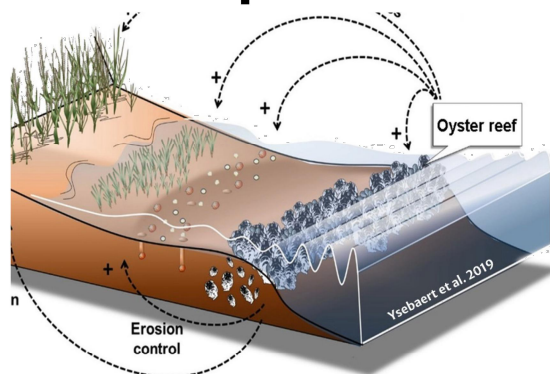
AREA INFRASTRUTTURE CIVILI SERVIZIO TUTELA AMBIENTE E TERRITORIO  
UFF. GEOLOGICO E PROT. CIVILE


INTERVENTO: Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (**LIFE NatuReef**) - CUP-C68H24000140001.

## FASE PROGETTUALE

# STUDIO DI FATTIBILITA' TECNICA ECONOMICA

## Studio di Impatto Ambientale



Segretario Generale Dott. Paolo Neri		Assessore ai LL.PP.: Federica del Conte		Sindaco f.f. Fabio Sbaraglia			
Capo Servizio: Dott. Stefano Ravaoli			Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI				
<b>RESPONSABILE UNICO DI PROGETTO:</b>		Dott. Stefano Ravaoli		.....			
<b>PROGETTISTA:</b>		Acqua Ingegneria S.r.l. Ing. Riccardo Arvedi		 Acqua Ingegneria srl			
<b>COLLABORATORE ALLA PROGETTAZIONE:</b>		Geom. Barbara Prati		.....			
<b>COORD. SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:</b>		Dott. Alessandro Criscenti		.....			
<b>ELABORAZIONE GRAFICA:</b>		Geom. Barbara Prati		.....			
<b>COORD. PROGETTO LIFE:</b>		Dott. Massimo Ponti		ALMA MATER STUDIORUM UNIBO			
<b>CO-COORDINATRICE PROGETTO LIFE:</b>		Ing. Renata Archetti		ALMA MATER STUDIORUM UNIBO			
0	EMISSIONE	<b>COPIA MASTER</b>		MP	RA	AM	Febbraio 2025
Rev.	Descrizione			Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
ELABORATO:							
<b>S.N.T. - SINTESI NON TECNICA</b>							
Fascicolo: 2023/06.05/182		Data: Febbraio 2025		Codice Elaborato: <b>All. 1 SIA</b>			
Scala:		File: All1SIA_PFTE_R0.pdf		Revisione: <b>R0</b>			



Progetto cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito  
del Programma LIFE 2021-2027 – Natura & Biodiversità  
LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742



## SINTESI NON TECNICA

### Sommario

<b>1</b>	<b>Premessa</b>	<b>3</b>
1.1	Descrizione sintetica del progetto LIFE NatuReef	5
1.2	Scopi del progetto	8
1.3	Descrizione sintetica introduttiva dello stato attuale e del progetto di intervento	9
<b>2</b>	<b>Conformità o disarmonie dell'opera agli strumenti di pianificazione e ai vincoli</b>	<b>15</b>
<b>3</b>	<b>Descrizione sintetica dell'opera in progetto</b>	<b>18</b>
3.1	Scogliera sommersa calcarea di base (BLR)	18
3.2	Ripopolamento della scogliera biogenica (BR)	23
3.2.1	Origine e fornitura di ostriche	24
3.2.2	Implementazione e manutenzione della scogliera di ostriche	25
3.2.3	Traslocazione e mantenimento della scogliera di sabellaria	26
3.2.4	Biosicurezza	27
<b>4</b>	<b>Descrizione sintetica delle condizioni ambientali</b>	<b>28</b>
4.1	Inquadramento territoriale ed analisi dello stato attuale	28
4.1.1	Descrizione dei tratti litoranei critici, fattori di criticità e tendenze evolutive	29
4.2	Lineamenti morfo-evolutivi inerenti all'assetto costiero	31
4.2.1	Descrizione della batimetria	31
4.3	Dinamiche marine costiere	34
4.3.1	Livello medio mare e andamento delle maree	34
4.3.2	Clima meteomarinario	36
4.3.3	Correnti e trasporto solido costiero	43
4.3.4	Trasporto solido fluviale	44
4.3.5	Previsioni dell'innalzamento del livello marino (sea level rise)	45
4.4	Inquadramento geologico e geomorfologico	47
4.4.1	Geologia regionale	47
4.4.2	Geomorfologia regionale	49
4.4.3	Subsidenza	50
4.5	Evoluzione costiera ed effetti delle opere di difesa	55
4.6	Sedimenti litoranei	69
4.7	Qualità delle acque superficiali	73
4.7.1	Carichi fluviali	74
4.7.2	Temperatura dell'acqua	74
4.7.3	Salinità	75
4.7.4	Ossigeno disciolto	75
4.7.5	Clorofilla "a"	76
4.7.6	Azoto inorganico disciolto (DIN) e azoto totale (N-Tot)	76
4.7.7	Fosforo reattivo (P-PO4) e fosforo totale (P-Tot)	77

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	1

4.7.8	Indice Trofico-TRIX.....	77
4.8	Acque di balneazione .....	78
4.8.1	Stagione balneare 2023 nell’area d’interesse.....	79
4.9	Stato della flora, fauna ed ecosistemi .....	82
4.9.1	Habitat e processi ecologici .....	83
4.9.2	Inquadramento floristico – vegetazionale.....	87
4.9.3	Inquadramento faunistico.....	89
4.10	Comunità bentoniche .....	91
4.11	Paesaggio .....	98
<b>5</b>	<b>Descrizione sintetica degli impatti.....</b>	<b>101</b>
5.1	Analisi degli impatti in fase cantiere e di ripopolamento.....	101
5.1.1	Impatti su suolo e sottosuolo.....	101
5.1.2	Impatti sulla morfologia e dinamica costiera.....	101
5.1.3	Impatti sulle acque .....	101
5.1.4	Impatti sull’atmosfera .....	102
5.1.5	Impatti su flora, fauna ed ecosistemi.....	102
5.1.6	Impatti sul rumore .....	102
5.1.7	Impatti sul paesaggio .....	102
5.2	Analisi degli impatti in fase di esercizio.....	103
5.2.1	Impatti sulla morfologia e dinamica costiera.....	103
5.2.2	Evoluzione della linea di riva.....	114
5.2.3	Modellazione idrodinamica e morfodinamica.....	118
5.2.4	Considerazioni conclusive delle modellazioni idrodinamiche .....	124
5.2.5	Impatti sulle acque .....	126
5.2.6	Impatti sull’atmosfera .....	127
5.2.7	Impatti su flora, fauna ed ecosistemi.....	127
5.2.8	Impatti sul rumore .....	131
5.2.9	Impatti connessi al rischio di incidente .....	131
5.2.10	Impatti sul paesaggio .....	131
5.3	Misure di mitigazione .....	131
5.4	Misure di compensazione .....	131
<b>6</b>	<b>Monitoraggi e controlli previsti .....</b>	<b>133</b>
6.1	Monitoraggio ante-operam.....	133
6.2	Monitoraggi e interventi post-operam .....	134
6.2.1	Piano preliminare di monitoraggio geotecnico e strutturale .....	134
6.2.2	Piano preliminare di monitoraggio ambientale .....	135
6.2.3	Piano di Manutenzione dell’Opera.....	137
<b>7</b>	<b>Conclusioni.....</b>	<b>138</b>
	<b>Bibliografia .....</b>	<b>140</b>

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	2



## 1 Premessa

Il progetto **LIFE NaruReef** (*Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement*; LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742; <https://site.unibo.it/life-natureef>), finanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del programma LIFE 2021-2027, ha per scopo l'applicazione, a livello dimostrativo, delle migliori pratiche disponibili per il ripristino delle antiche scogliere di ostriche e sabellarie, reintroducendo le specie autoctone in un raro tratto costiero non urbanizzato della costa dell'Adriatico settentrionale, all'intero del sito protetto di interesse comunitario della Foce del Torrente Bevano (Sito Natura 2000 codice IT4070009), parte del Parco del Delta del Po.

In data 03/10/2022, la Commissione Europea ha approvato il progetto **LIFE NatuReef** presentato dal consorzio costituito dal capofila **Alma Mater Studiorum Università di Bologna**, e dai partner **Comune di Ravenna**, **Proambiente S.c.r.l.**, **Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità - Delta del Po**, **Fondazione Flaminia** e l'associazione senza fini di lucro **Reef Check Italia ETS** (già onlus), partner associato a Fondazione Flaminia, nell'ambito del bando LIFE-2022-SAP-NAT (Nature & Biodiversity - Standard Action Projects (SAP); Topic: LIFE-2022-SAP-NAT-NATURE, Type of Action: LIFE-PJG), con le dichiarazioni di supporto da parte della Direzione Generale Cura del Territorio e dell'Ambiente della Regione Emilia-Romagna, del Raggruppamento Carabinieri per la Biodiversità – Reparto di Punta Marina, del Servizio Idro-Meteo-Clima dell'Agenzia regionale per la prevenzione, l'ambiente e l'energia dell'Emilia-Romagna (ARPAE) e di diversi consorzi e cooperative di pesca locali, nonché centri subacquei e diportistici regionali.

Il consorzio, coordinato dal prof. Massimo Ponti, dell'Università di Bologna, ha firmato l'accordo di finanziamento con l'Agenzia esecutiva europea per il clima, le infrastrutture e l'ambiente (CINEA) in data 15/05/2023 (Grant Agreement 101113742) e il rispettivo accordo di consorzio (Consortium Agreement) in data 19/06/2023, dando ufficialmente avvio al progetto quadriennale **LIFE NatuReef** in data 01/07/2023.

**LIFE NatuReef** (tradotto: **Soluzione di barriera naturale per la protezione costiera e il miglioramento della biodiversità marina**) mira ad applicare a livello dimostrativo le migliori pratiche disponibili per il ripristino delle scogliere autoctone di ostriche e sabellarie, ripopolando le specie autoctone in un raro tratto costiero non urbanizzato delle coste dell'Alto Adriatico: la foce del Torrente Bevano (comune di Ravenna, Regione Emilia-Romagna, Italia), che è una Zona Speciali di Conservazione (**ZSC**, già Siti di Importanza Comunitaria, **SIC**) e Zona di Protezione Speciale (**ZPS**) nell'ambito della Rete Natura 2000 (codice IT4070009 - Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano). Ostriche e sabellarie, quest'ultime piccoli policheti che aggregano la sabbia, formano "biocostruzioni" naturali che erano molto diffuse in passato. Banchi naturali di ostriche lungo le nostre coste sono descritti dal militare nonché naturalista bolognese Luigi Ferdinando Marsili in un manoscritto del 1715 (Bruzzone 1930). Oggi di questi banchi restano misere tracce lungo le coste croate e in alcuni banchi detritici al largo, mentre le scogliere di sabellarie, delicate ed effimere per loro natura, persistono solo in pochi tratti costieri, come habitat marginali, spesso associate alla presenza di barriere frangiflutti artificiali. Le specie native *Ostrea edulis* Linnaeus, 1758 e *Sabellaria spinulosa* (Leuckart, 1849) sono quindi ingegneri ecosistemici in grado di creare scogliere tridimensionali che trattengono i sedimenti e dissipano l'energia delle onde, contrastando l'erosione costiera, che

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	3



qui è particolarmente intensa, e creando nicchie ecologiche che consentono un’elevata biodiversità e habitat idonei per la riproduzione e l’alimentazione di molte specie marine e costiere. La scogliera ripristinata migliorerà la biodiversità marina fornendo habitat e fonte di alimentazione per specie minacciate prioritarie e non prioritarie, come tartarughe marine, cavallucci marini e uccelli marini. Difenderanno habitat prioritari e non prioritari come le dune costiere, la laguna salmastra e la pineta dall’erosione e dall’intrusione salina, saranno protette la vegetazione a rischio di estinzione e saranno fornite aree di riproduzione per specie di uccelli prioritari. Queste scogliere forniranno una serie di beni e servizi ecosistemici: miglioramento della biodiversità, migliore qualità e limpidezza dell’acqua, aumento della produzione di pesci e molluschi, stabilizzazione dei sedimenti e dissipazione dell’energia delle onde, prevenzione dell’erosione costiera e un alto valore culturale (Ysebaert et al. 2019, Preston et al. 2020). Essendo strutture viventi, hanno il potenziale per adattarsi e, in una certa misura, contrastare gli effetti dei cambiamenti climatici, come l’innalzamento del livello del mare e l’aumento della frequenza e dell’intensità degli eventi di tempeste e inondazioni, contribuendo alla resistenza e alla resilienza dell’ecosistema marino costiero.

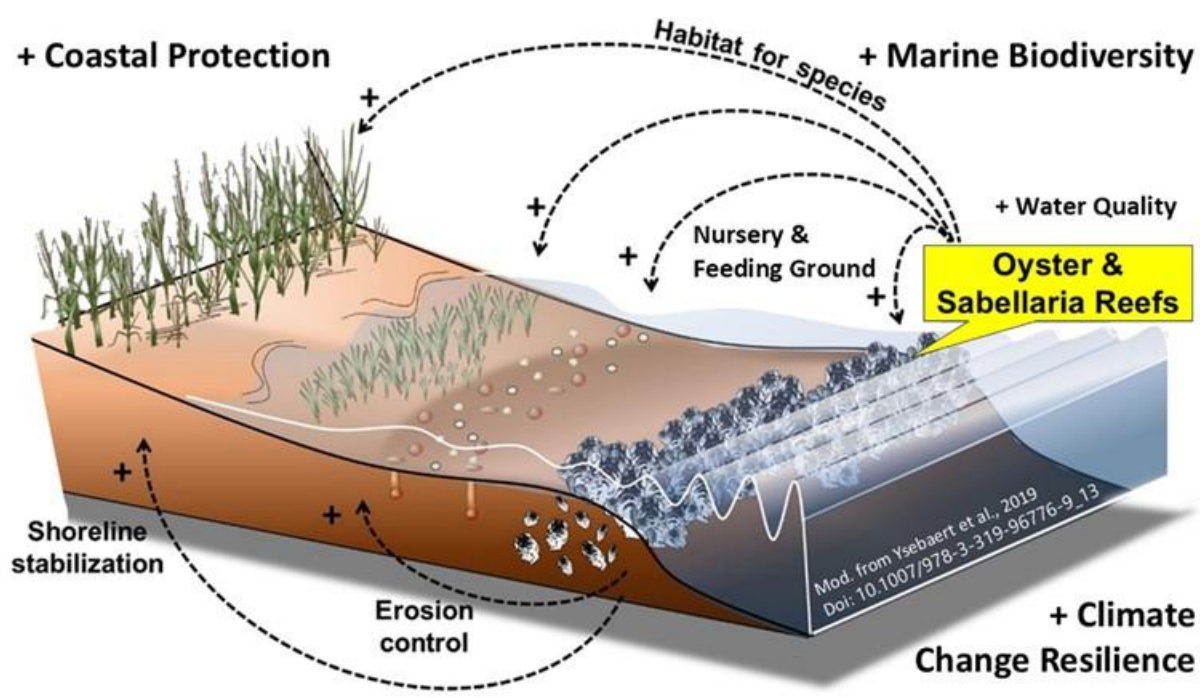


Figura 1.1 Diagramma dei principali servizi ecosistemici di una scogliera a ostriche (mode. da Ysebaert et al. 2019).

Il presente **studio di impatto ambientale** riguarda nello specifico i lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie, circa 110-160 m al largo di un tratto di spiaggia a nord della foce del Torrente Bevano, all’interno del sito NATURA 2000 cod. IT4070009.

Nel presente progetto l’opera di “difesa costiera” non deve quindi essere vista come un’opera rigida perché il basamento calcareo che verrà realizzato è inteso primariamente come substrato sommerso per gli organismi

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	4



costruttori sessili nativi, ostriche e sabellarie, appositamente introdotti e in grado successivamente di sviluppare una biocostruzione naturale, ad elevata biodiversità e in grado di autoregolarsi in funzione dei cambiamenti della dinamica costiera. L'intervento deve essere inteso quindi primariamente come la ricostituzione sperimentale di un habitat storicamente perduto e vuole altresì rappresentare anche un cambio di paradigma nel modo di realizzare le difese costiere, ovvero l'impiego di soluzioni basate sulla natura (*nature-based solution*, NBS), come fortemente sostenuto dalle Nazioni Unite (*Nature-based solutions for supporting sustainable development*, UNEP/EA.5/Res.5) e dalla Commissione Europea (European Green Deal<sup>1</sup>, Biodiversity Strategy for 2030<sup>2</sup>, EU Adaptation Strategy<sup>3</sup>).

## 1.1 Descrizione sintetica del progetto LIFE NatuReef

Il progetto **LIFE NatuReef**, della durata di 4 anni, ha previsto inizialmente i rilievi zona sommersa ed emersa per poter progettare la collocazione e le dimensioni finali della scogliera, tenendo conto di profondità, regime idrologico e sedimentario, utilizzando simulazione numeriche. Per poter consentire l'insediamento degli organismi d'interesse è prevista la creazione di una base di rocce calcaree su cui saranno posate le giovani ostriche e piccole colonie di sabellarie che fungeranno da nuclei di aggregazione.

Il progetto vede impegnati insieme biologi, ecologi, geologi, ingegneri e topografi di due dipartimenti dell'Università di Bologna (BiGeA e DICAM), del Comune di Ravenna, del Parco del Delta del Po, nonché della società Proambiente, spin-off del Centro Nazionale delle Ricerche. Alla Fondazione Flaminia, con il suo Centro per l'Innovazione CIFLA, è affidato il compito di comunicazione e raccordo con il tessuto sociale e produttivo del territorio. Durante tutto il progetto gli habitat e il sistema costiero saranno accuratamente sorvegliati e monitorati, anche con il coinvolgimento della cittadinanza e il supporto dell'associazione Reef Check Italia ETS.

I **“Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie nei pressi della foce del Torrente Bevano”** interessano il tratto costiero che si estende nel settore meridionale del Comune di Ravenna, nella zona compresa tra gli abitati di Lido di Dante e la foce del Torrente Bevano (Figura 1.2).

Come la maggior parte della costa ravennate anche e soprattutto il litorale posto a sud della foce dei Fiumi Uniti (località Lido di Dante) è soggetto a marcati fenomeni erosivi che hanno comportato, nel tempo, l'arretramento della linea di riva e la necessità di difendere la spiaggia e l'abitato con opere rigide di difesa. Questo tratto di spiaggia è caratterizzato da anni da una significativa carenza di alimentazione sedimentaria che unitamente ad un elevato tasso di subsidenza ha contribuito all'instaurarsi di intensi fenomeni di arretramento della linea di riva e, quindi, di avanzamento del mare. L'area di Lido di Dante, soggetta alle sopra citate problematiche, subisce per di più, fenomeni di ingressione marina durante le mareggiate invernali che, in occasione di episodi particolarmente

<sup>1</sup> [https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal\\_en](https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en)

<sup>2</sup> [https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030\\_en](https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en)

<sup>3</sup> [https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy\\_en](https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en)

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	5



intensi, possono assumere effetti devastanti come dimostrato dalle mareggiate e allagamenti occorsi ad esempio il 31 gennaio 2014, il 5-6 febbraio 2015, il 5-6 gennaio 2022, il 22 gennaio e il 16-17 maggio 2023 (Figura 1.3).

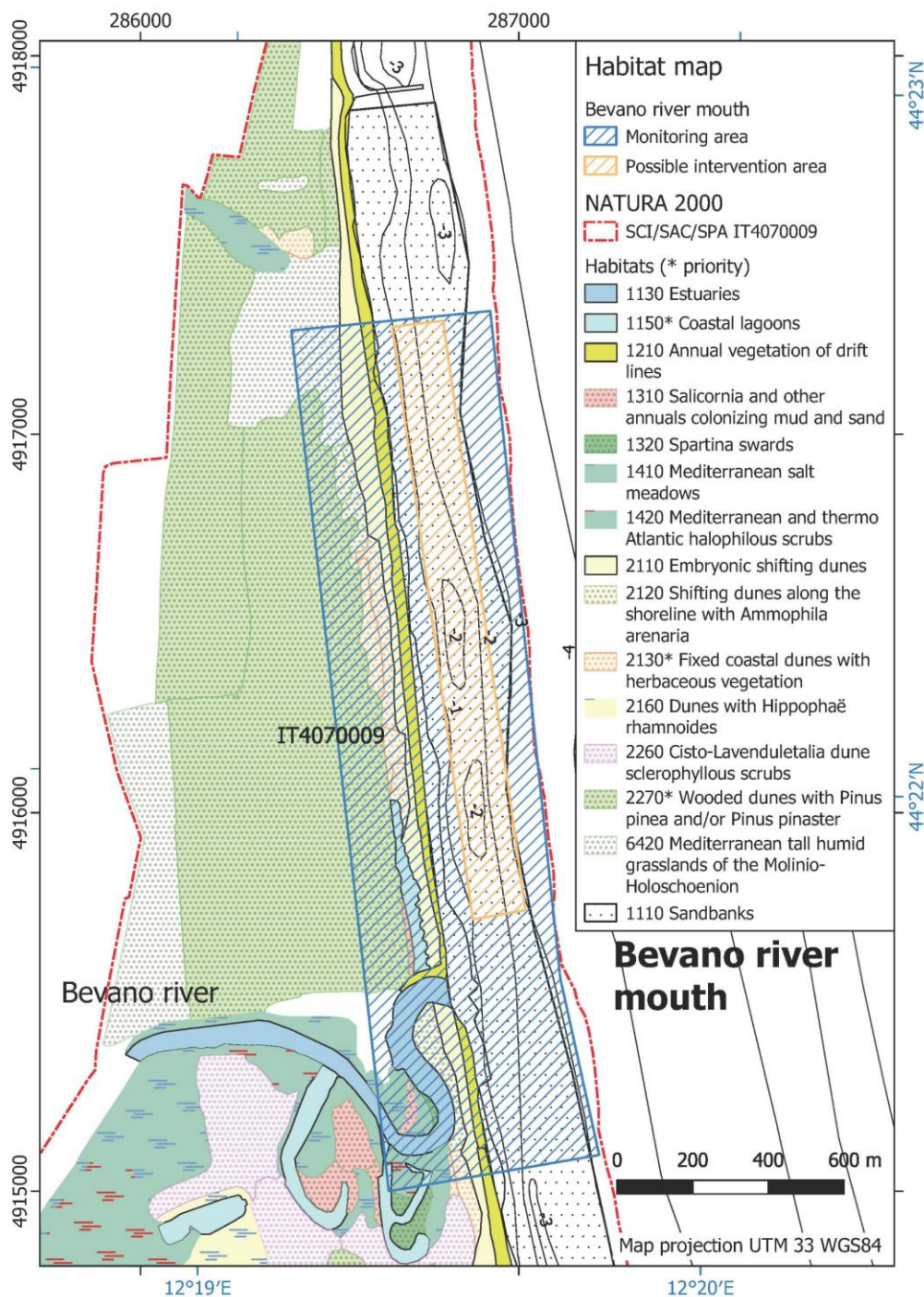


Figura 1.2 Carta degli habitat con indicata la zona generale di intervento e di monitoraggio.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	6

Per cercare di migliorare la situazione del paraggio costiero, il Comune di Ravenna e la Regione Emilia- Romagna hanno già attivato negli anni recenti interventi finalizzati al miglioramento delle condizioni di sicurezza dell'abitato di Lido di Dante mediante interventi sia strutturali, per mitigare gli effetti dei fenomeni descritti sul paraggio in questione, sia di ripascimento con cadenza annuale, al fine di garantire perlomeno il mantenimento della minima ampiezza di spiaggia, con funzione di difesa dell'abitato, oltre alla realizzazione di argini invernali di protezione dalle mareggiate. Pur tuttavia lo stato attuale dei luoghi, conseguente al succedersi di eventi meteo marini sempre più incisivi, evidenzia la necessità di ulteriori interventi di difesa della costa, da realizzarsi in un'ottica di integrazione e manutenzione rispetto ai precedenti interventi di difesa della costa, e orientandosi sempre più verso soluzioni sostenibili che mimano o ripristina le funzioni degli ecosistemi naturali (**nature-based solution, NBS**).

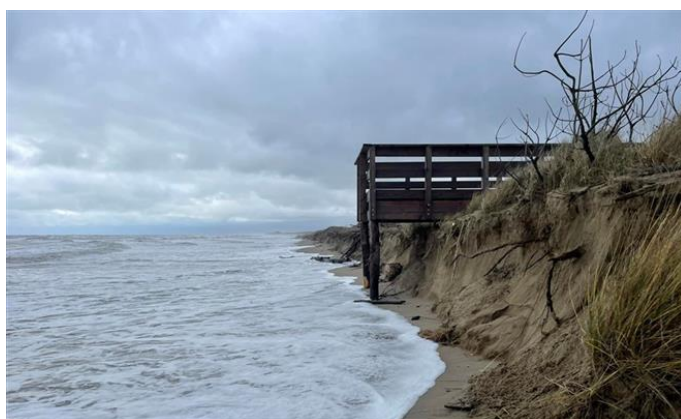


Figura 1.3 Palizzata a protezione della nidificazione dei fraticelli (*Charadrius alexandrinus*) divelta e argine in terra a protezione della pineta eroso in occasione della mareggiata del 06/01/2022 (da: La Cronaca di Ravenna<sup>4</sup>).

<sup>4</sup> <https://lacronacadiravenna.it/articolo/7837/La-mareggiata-si-porta-via-la-duna-di-Lido-di-Dante>

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	7



## 1.2 Scopi del progetto

Il progetto **LIFE NatuReef** è un'iniziativa finalizzata al ripristino e al potenziamento degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di scogliere di ostriche e sabellarie. Gli obiettivi del progetto possono essere così sintetizzati:

### 1. Creare una scogliera di ostriche

LIFE NatuReef creerà una scogliera sommersa di ostriche native di circa 4.000 metri quadrati in prossimità e parallela alla spiaggia. Le scogliere di ostriche rappresentano habitat elettivi per varie specie marine, contribuiscono all'aumento della biodiversità, al miglioramento della qualità dell'acqua e alla protezione della costa.

### 2. Stimolare lo sviluppo di scogliere a sabellaria

Le sabellarie sono piccoli policheti in grado di creare scogliere sommerse aggregando la sabbia. Con piccoli trapianti, la loro crescita verrà stimolata alla base degli scogli a ostriche, svolgendo così un ruolo cruciale nel consolidare le strutture e aumentare la biodiversità.

### 3. Aumentare la biodiversità marina

L'obiettivo è quello di aumentare il numero di specie marine, tra cui alghe, invertebrati e pesci, offrendo un luogo ideale per la riproduzione e protezione dei giovanili e ripopolando il mare circostante.

### 4. Proteggere degli habitat costieri

Il progetto propone una soluzione basata sulla natura per proteggere e ripristinare gli ambienti marini e costieri, creando habitat e comunità marine e costiere resistenti e resilienti ai cambiamenti climatici.

### 5. Favorire la conservazione della fauna e della flora protette

Creando un habitat ad elevata biodiversità e proteggendo la costa saranno maggiormente tutelate le specie protette marine e costiere presenti in questa oasi.

### 6. Aumentare la consapevolezza pubblica

Educare e sensibilizzare il pubblico sull'importanza del ripristino delle scogliere biogeniche come soluzione basata sulla natura per la difesa costiera e l'aumento della biodiversità marina è il primo passo per un cambio di paradigma: proteggere le coste ripristinando gli ambienti naturali, non più creando barriere artificiali al mare.

In particolare, l'intervento di cui al presente studio di impatto ambientale (SIA), "**Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie nei pressi della foce del Torrente Bevano**", si prefigge, quindi, di:

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	8

- a) **realizzare una scogliera sommersa** dimostrativa in pietrame calcareo (*basal limestone reef*, BLR) di circa 100 m di lunghezza e 48 m di larghezza, posizionata a 150 metri dalla linea di riva ad una profondità del fondale tra -2,0 m e -2,8 m (s.l.m.m.), elevata in modo da costituire un'area a -1,4 m, al largo di una zona depressa del fondale in modo tale da limitare e compensare l'erosione ed apportare sedimento (**WP3**);
- b) **popolare la struttura con ostriche piatte native *Ostrea edulis***, distribuendo individui giovanili e riproduttori provenienti da popolazioni naturali nord adriatici e/o allevamenti, **nonché con policheti *Sabellaria spinulosa***, attraverso il trapianto di piccoli nuclei di aggregazione provenienti dalle basi di scogliere artificiali presenti in zona (**WP4**).

### 1.3 Descrizione sintetica introduttiva dello stato attuale e del progetto di intervento

Tra gli abitati di Lido di Dante e Lido di Classe (RA) si estende il comprensorio naturalistico costiero che include, sul lato mare, la Riserva Naturale dello Stato “Duna costiera ravennate e foce del torrente Bevano” (istituita con D.M. 05/06/1979) e verso l'interno, la pineta costiera ricompresa nella R.N. “Pineta di Ravenna” (D.M. 13/07/1977), distinta nelle sezioni “Ramazzotti” e “Savio”, rispettivamente a nord ed a sud della foce del Bevano. L'area è altresì parte della Rete Natura 2000, essendo inclusa nel ZSC (già SIC) - ZPS “Ortazzo, Ortazzino e foce del torrente Bevano” (IT4070009) ed è compresa nel Parco del Delta del Po dell'Emilia-Romagna (Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità - Delta del Po).

Si tratta di circa 6 km rappresentativi di un contesto territoriale ormai unico lungo la costa emiliano-romagnola, se si eccettua il tratto di litorale immediatamente a nord della foce del Reno ed alcune porzioni delle spiagge e degli scanni del Delta del Po e costituisce un patrimonio ambientale e naturalistico di considerevole valore per la ricchezza di habitat e di specie ma anche per la capacità di attrarre potenzialmente un turismo di qualità elevata, alternativo al più diffuso turismo balneare, in grado però di competere con quest'ultimo in termini di destagionalizzazione e di permanenza del turista sul territorio.

Il sistema costiero nel tratto Lido di Dante - foce Bevano, allo stato attuale, è caratterizzato, per circa 1250 m all'altezza dell'abitato, dalla presenza di opere di difesa rigide a mare costituite da scogliere longitudinali e pennelli (Stanghellini et al. 2022); nel rimanente settore non vi sono opere di difesa a mare mentre è presente un argine in terra che separa il sistema spiaggia dalla zona pinetata.

Alle opere rigide, realizzate a partire dalla seconda metà del '900, si aggiungono puntualmente interventi di ripascimento atti a migliorare la situazione del paraggio costiero, sia a difesa dell'abitato da ingressioni marine sia per consentirne la fruizione. Ingenti ripascimenti sono stati effettuati negli anni 2003 e 2007, mediante apporto di notevoli volumi di sabbie provenienti da depositi sottomarini con gli interventi denominati “Progettone 1 e 2”. L'ultimo intervento, in ordine di tempo, realizzato nell'area dal Comune di Ravenna tra il 2019 e il 2020 è consistito nella realizzazione della nuova scogliera sommersa per una quota di circa di -1,50 s.l.m.m. in continuità con la precedente barriera emersa e per un'estensione di circa 500 m. Nell'occasione è stato eseguito anche un ripascimento del tratto di costa interessato mediante il ripascimento diretto di parte del fondale (7.000 m³), la

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	9





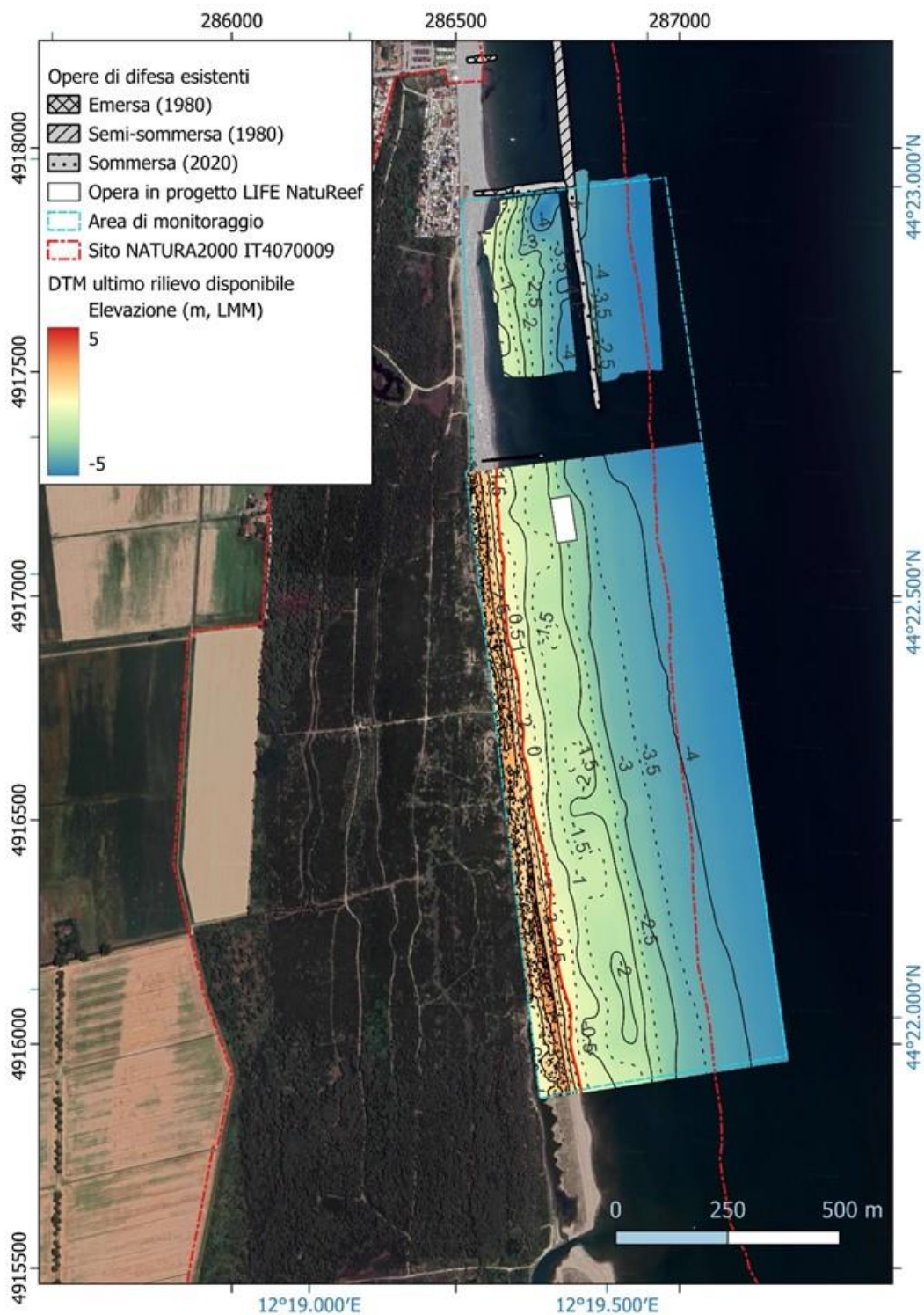


Figura 1.5 Posizionamento della scogliera dimostrativa in pietrame calcareo (BLR, rettangolo bianco) sulla carta topo-batimetrica (DTM, rilievi intorno all'opera 14/03/2024, rilievi adiacenti alle opere esistenti del 13/12/2021).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	11



È evidente come le problematiche accennate risultino particolarmente critiche sia per la conservazione “fisica” del sito nel suo complesso che per la conservazione della biodiversità specifica e della rete di relazioni ecosistemiche che le aree protette ospitano.

Mareggiate ripetute, di forte intensità, acuiscono preoccupanti crisi erosive. Episodi di ingressione, con diffusi allagamenti, evidenziano la generale tendenza alla “marinizzazione” di territori che solo alcuni decenni fa erano dominio della terraferma. Il tasso di erosione appare troppo rapido per un sistema che non è in grado di opporvisi con le normali risposte omeostatiche. Si tratta infatti di biotopi fortemente specializzati che sono dotati di scarsa capacità di resilienza dopo aver subito un danno.

A lungo andare l'insieme di tutte queste condizioni interferisce con il ruolo ecologico-funzionale che queste aree protette svolgono a livello territoriale, interrompendone sia il collegamento lineare in senso nord-sud lungo il litorale, visto che l'andamento delle Riserve è longitudinale e costiero, sia comprimendo la successione ecologica di collegamento tra il mare e l'entroterra.

Si assiste ad una progressiva perdita netta degli habitat presenti preceduta dalla loro rapida modifica e frammentazione, dovuta anche alla diffusa presenza antropica durante il periodo balneare. La diversità specifica risente localmente anche dell'aumentare della presenza di specie vegetali e/o animali aliene o che, comunque, sono in grado di avvantaggiarsi opportunisticamente della rapidità dei cambiamenti in atto.

Il sistema sembra dunque destinato ad una radicale modifica in tempi rapidi, se la scala di riferimento temporale è quella ecologica, e la diversità delle specie presenti nell'area è destinata a subire le maggiori conseguenze negative già in corso in maniera preoccupante, in particolare con il verificarsi di ripetuti episodi di ingressione marina all'interno della pineta demaniale litoranea immediatamente a sud di Lido di Dante (RA).

L'“intorno ecologico” della foce del torrente Bevano appare caratterizzato da elevati livelli di rarità, fragilità, rarefazione, isolamento ed evidenzia un'estrema dinamicità. Può risultare utile elencare la molteplicità degli habitat Comunitari rappresentati, con il relativo codice (\* habitat prioritari):

- 1110 Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina
- 1130 Estuari
- 1150 Lagune
- 1210 Vegetazione annua delle linee di deposito marine
- 1310 Vegetazione annua pioniera di *Salicornia* e altre delle zone fangose e sabbiose
- 1320 Prati di *Spartina* (*Spartinion*)
- 1410 Pascoli inondati mediterranei (*Juncetalia maritimi*)
- 1420 Perticaie alofile mediterranee e termo-atlantiche (*Arthrocnemetalia fruticosae*)
- 1510 Steppe salate (*Limonietalia*) \*
- 2110 Dune mobili embrionali
- 2120 Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche)
- 2130 Dune fisse a vegetazione erbacea (dune grigie) \*

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	12

- 2160 Dune con presenza di *Hippophae rhamnoides*
- 2230 Prati dunali di *Malcolmietalia*
- 2250 Perticaia costiera di ginepri (*Juniperus* spp.)
- 2270 Foreste dunari di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster* \*
- 6420 Praterie mediterranee con piante erbacee alte e giunchi (*Molinion-Holoschoenion*)
- 9340 Foreste di *Quercus ilex*

Nonostante i vincoli esistenti, tutta l'area mostra però preoccupanti ed evidenti segni di degrado essendo soggetta ad una serie di minacce di origine soprattutto abiotica. A livello territoriale è infatti sottoposta agli effetti dell'erosione costiera, della subsidenza, che provocano episodi di ingressione marina e tendono ad incrementare il livello di salinizzazione della falda. Si tratta di fattori che agiscono in maniera sinergica con fenomeni di portata globale, come i cambiamenti climatici e l'innalzamento del livello medio del mare che tendono ad accrescere gli effetti negativi prodotti. È evidente quindi come, localmente, i diversi fattori che di regola agiscono lungo la costa possono poi interferire congiuntamente in maniera differenziale sui molteplici habitat presenti. È inoltre ipotizzabile che l'erosione marina e i fenomeni collegati, quali acqua alta ed episodi di ingressione ed allagamento, siano destinati ad aumentare nei prossimi anni in frequenza ed intensità, in diretta correlazione con le modifiche climatiche.

Se, in generale, l'analisi storica della dinamica costiera delle coste nord adriatiche evidenzia l'estrema mobilità della linea di riva, si trattava quasi sempre comunque di modifiche graduali, inquadrabili entro cicli dotati di un qualche tipo di periodicità (climatica, sedimentaria), spesso temporalmente definite, potenzialmente reversibili: fasi alterne di espansione e regressione, in grado comunque di garantire la vitalità del sistema ambientale nel suo complesso. La fase di crisi erosiva attuale procede, invece, e lo fa rapidamente, sempre verso un'unica direzione, agendo su un sistema molto più rigido che in passato, in assenza di alternative per i sistemi biologici naturali ai quali non venga offerta una prospettiva gestionale.

Il procedere dell'erosione porta alla rapida compressione della successione ecologica che dalla spiaggia, attraverso la linea di deposito marina, le dune mobili, le dune grigie, ecc., giunge a stadi più stabili delle associazioni vegetazionali che a loro volta, però, vengono interessati, anche ad una certa distanza dal litorale, dagli effetti indiretti del processo, come avviene ad esempio con la risalita di sali nella falda sottostante le pinete come conseguenza dell'ingressione del cuneo salino.

Il problema, ormai noto, è che raramente l'uomo ha lasciato agli ecosistemi costieri gli spazi per consentire loro una risposta elastica alle sollecitazioni ricevute o la possibilità di ricostituirsi altrove, durante fasi anche temporanee di deposito. Attualmente, la criticità maggiore è quindi la rapidità con la quale le interferenze agiscono sulle specie, gli habitat ed i processi ecologici: la prima delle strategie gestionali percorribili è quindi quella di cercare di rallentare i processi di degrado del sistema.

Dal punto di vista della scurezza territoriale il progetto si prefigge l'obiettivo di diminuire la vulnerabilità del paraggio costiero a sud di Lido di Dante nei confronti degli effetti indotti degli eventi meteomarinari (erosione

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	13



costiera ed ingressione marina), cercando di contrastare l'arretramento della linea di riva e di favorire il mantenimento delle condizioni ambientali in grado di sostenere il sistema formato dalla transizione mare-spiaggia-duna-pineta. In senso conservazionistico ed ecologico-funzionale il principale obiettivo del progetto è il mantenimento della complessità dei rapporti ecologici intercorrenti tra le diverse componenti ecosistemiche nell'area, ma attraverso un sistema di protezione che mima e ripristina quelli naturali antichi, invece che attraverso opere rigide, destinate per loro natura a perdere funzionalità nel tempo.

Detto obiettivo deve essere perseguito con la finalità di offrire una prospettiva gestionale a beni ambientali attualmente più arretrati rispetto al procedere dei fenomeni erosivi in atto ma che rischiano di veder mutare rapidamente il contesto territoriale (zone umide dell'Ortazzo e dell'Ortazzino, Pineta di Classe).

L'individuazione dell'obiettivo di conservazione è ovviamente da considerarsi una scelta "politica", nel senso che sulla base di tale scelta variano poi le opzioni di intervento. D'altra parte, affinché l'individuazione dell'obiettivo sia consapevole e basata quanto più possibile su presupposti oggettivi, tecnicamente è necessario disporre di una valutazione approfondita riguardo ciò che può essere definito il "contesto operativo di progetto".

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	14

## 2 Conformità o disarmonie dell'opera agli strumenti di pianificazione e ai vincoli

Il progetto in esame nasce con la specifica finalità di ricreare un habitat sottomarino ricco di biodiversità simile alle scogliere ad ostriche descritte e ancora presenti alla fine del 1600 (Bruzzo 1930), integrandolo con biocostruzioni a sabellaria, marginalmente ancora presenti lungo le nostre coste soprattutto alla base di scogliere frangiflutti artificiali, abbinando così la duplice funzione di ripristino ambientale e difesa della costa dai fenomeni erosivi e di ingressione marina.

In riferimento alla realizzazione della scogliera sommersa lo strumento di indirizzo regionale per la gestione integrata della fascia costiera (GIZC) e la successiva Strategia di Gestione Integrata per la Difesa e l'Adattamento della Costa ai cambiamenti climatici (GIDAC) negli indirizzi proposti (a cui fa esplicito riferimento, tra l'altro, anche il PTCP della Provincia di Ravenna per quanto attiene la disciplina del sistema costiero) promuovono prioritariamente il riequilibrio sedimentario (sia dai corsi d'acqua sia lungo costa) compresi gli interventi di ripascimento anche protetto, se necessario, con opere di contenimento al fine di contrasto agli effetti negativi prodotti dall'erosione costiera. Le linee guida non escludono tassativamente la possibilità di realizzare opere rigide ma considerano tali strutture come opzione da perseguire nei casi in cui siano necessarie opere di contenimento del materiale refluito nei ripascimenti. Nel presente progetto l'opera di contenimento non deve però essere vista semplicemente come un'opera rigida perché il basamento calcareo è inteso primariamente come substrato sommerso per gli organismi costruttori sessili nativi, ostriche e sabellarie, in grado successivamente di sviluppare una biocostruzione naturale, ad elevata biodiversità e in grado di autoregolarsi in funzione dei cambiamenti della dinamica costiera. Deve essere inteso quindi primariamente come la ricostituzione sperimentale di un habitat storicamente perduto e vuole quindi rappresentare un cambio di paradigma nel modo di realizzare le difese costiere.

Per altro le scogliere sommerse, quantunque tradizionalmente intese come strutture artificiali rigide, risultano compatibili con quanto indicato dal Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR): “gli interventi di difesa dai fenomeni erosivi e di ingressione marina devono essere effettuati prioritariamente in forma di ricostituzione dell'apparato morfologico e vegetazionale della duna, ovvero di ripascimento artificiale protetto, anche mediante barriere soffolte, potendosi altresì prevedere la sostituzione di queste ultime alle esistenti scogliere artificiali, anche allo scopo di migliorare le condizioni di ricambio d'acqua nelle zone di balneazione comprese tra la battigia e le esistenti scogliere artificiali” e dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna (PTCP): “deve essere perseguita la conservazione della conformazione naturale dei territori meno interessati da processi insediativi antropici, mentre in quelli più interessati da tali processi deve essere promossa e favorita, anche **mediante interventi di sperimentazione, la ricostituzione di elementi di naturalità**”.

Per quanto riguarda la zonizzazione definita dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna (PTCP) l'area d'interesse rientra all'interno delle “Zone di tutela della costa e dell'arenile” (art. 3.15),

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	15



“Particolari disposizioni di tutela di specifici elementi: dossi di pianura e calanchi” (art. 3.20d, 3.20e), “Parchi regionali, riserve naturali e altre aree protette” (Art. 7.4).

In riferimento agli strumenti di pianificazione comunale vigente si evidenzia come l'intervento sia conforme alle indicazioni del RUE, in particolare rientrano tra gli interventi previsti dal RUE “Piano dell'Arenile”, ovvero la realizzazione di opere finalizzate alla protezione e difesa del territorio dalle mareggiate e dall'ingressione marina. Come disciplinato dall'art. 19 delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) del Piano dell'arenile: “Sono altresì consentite tutte le opere di difesa e sicurezza a cura degli enti interessati”.

Per quanto riguarda il sistema di vincoli ambientali, l'area d'intervento ricade all'interno del sito IT4070009 SIC/ZSC-ZPS “Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano”, istituito con DGR 512/09. Lo studio di Incidenza ambientale allegato ha messo in evidenza come gli interventi previsti e le finalità del progetto siano, in generale, congruenti con gli obiettivi di conservazione degli habitat e della biodiversità del sito.

L'area ricade altresì nel “Piano territoriale del Parco del Delta del Po”, Tra le zone e sottozone interessate direttamente dalla realizzazione dell'intervento (C.MAR) e dalle relative attività di monitoraggio del progetto in studio (B.SPG.c, B.SPG.b, C.MAR e RNS) non sono state riscontrate operazioni che siano contrarie o non ammesse dalle NTdA. In particolare la sottozona C.MAR, come le restanti zone C, è tutelate per consentire la frequentazione antropica a fini ricreativi nonché gli interventi di valorizzazione e ricostruzione ambientale e paesaggistica previsti dal Piano di Stazione. L'intervento non rientra tra le attività vietate, ma bensì quelle consentite cioè:

- le attività direttamente finalizzate alla tutela e ripristino dell'ambiente, nonché gli interventi di miglioramento dell'assetto naturalistico, di reintroduzione di specie vegetali ed animali autoctone
- le attività direttamente finalizzate alla salvaguardia del patrimonio testimoniale e storico-culturale;
- le attività di monitoraggio e ricerca scientifica compatibili con le finalità del Parco;
- le attività di osservazione a fini didattici, come disciplinate dal Regolamento del Parco;
- l'escursionismo e il turismo naturalistico, esclusivamente sui percorsi previsti dal Piano di Stazione, come disciplinati dal Regolamento del Parco;

Nello specifico, spetta al Regolamento del Parco disciplinare ed eventualmente interdire la navigazione nella sottozona C.MAR, in particolare nell'area antistante la sottozona B.SPG.a.

Per quanto riguarda le restanti aree sottoposte a monitoraggio ambientale (B.SPG.c, B.SPG.b, e RNS), sono certamente consentite “le attività di monitoraggio e ricerca scientifica compatibili con le finalità del Parco”, da svolgere naturalmente in pieno accordo con gli enti gestori: il Parco del Delta del Po, partner di progetto, il Reparto dei Carabinieri per la Biodiversità di Punta Marina, coinvolto fin dalla fase di proposizione del progetto LIFE NatuReef alla Commissione Europea.

L'area d'intervento ricade nelle aree soggette a vincolo paesaggistico; tuttavia, in considerazione che l'opera in progetto resterà completamente sommersa e non visibile nemmeno nel corso di basse maree sizigiali, non sono prevedibili modifiche di alcun tipo del paesaggio percepito. Per tale motivo non si prevede la necessità di una

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	16



relazione paesaggistica ai sensi dell'art. 146, comma 5 del decreto legislativo 22 gennaio 2004, n. 42 “Codice dei beni culturali e del paesaggio.

Sulla base della disanima degli strumenti di programmazione e pianificazione territoriale e dei vincoli di tutela e conservazione che ricadono sul territorio oggetto di interventi si può evidenziare la coerenza degli obiettivi e la conformità delle opere previste.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	17

### 3 Descrizione sintetica dell'opera in progetto

Gli scopi general del progetto comprendono:

- la creazione di una scogliera di ostriche (habitat antico ormai perduto)
- la stimolazione dello sviluppo di scogliere a sabellaria (habitat marginale)
- l'aumento della biodiversità marina
- la protezione degli habitat costieri
- la promozione della conservazione della fauna e della flora protette
- azioni di informazione e sensibilizzazione pubblica

Gli interventi previsti in materia di ripristino di habitat marini antichi o marginali e difesa della costa e salvaguardia degli ecosistemi costieri possono essere di seguito sintetizzati:

- realizzare una scogliera sommersa dimostrativa in pietrame calcareo (*basal limestone reef*, BLR) di circa 100 m di lunghezza e 48 m di larghezza, posizionata a circa 110 metri dalla linea di riva ad una profondità del fondale tra -2,0 m e -2,8 m (s.l.m.m.), elevata in modo da costituire un'area a -1,4 m, al largo di una zona depressa del fondale in modo tale da limitare e compensare l'erosione ed apportare sedimento (Figura 3.3) e in grado di fungere da substrato per il ripopolamento;
- popolare la struttura con ostriche piatte native *Ostrea edulis*, distribuendo individui giovanili e riproduttori provenienti da popolazioni naturali nord adriatici e/o allevamenti, nonché con policheti *Sabellaria spinulosa*, attraverso il trapianto di piccoli nuclei di aggregazione provenienti dalle basi di scogliere artificiali presenti in zona;
- illustrazione dell'opera con apposita cartellonistica in sito, complementare a quella esistente.

Le dimensioni, la posizione finale e le modalità costruttive della scogliera sono state determinata sulla base di specifici rilievi batimetrici e geomorfologici costieri realizzati a novembre 2023 e marzo 2024, in corrispondenza di un tratto in erosione e dopo attenta valutazione delle possibili **alternative progettuali**.

#### 3.1 Scogliera sommersa calcarea di base (BLR)

Gli studi specialistici di carattere geomorfologico e i rilievi batimetrici, hanno permesso di dettagliare il profilo di spiaggia dell'area e lo specchio acqueo in cui sarà realizzata l'opera. La caratterizzazione del fondale oggetto dei lavori risulta di fondamentale importanza ai fini progettuali. Per la progettazione della scogliera, infatti, si è posta l'attenzione su due punti chiave:

- Localizzazione della scogliera;
- Dimensionamento della struttura.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	18





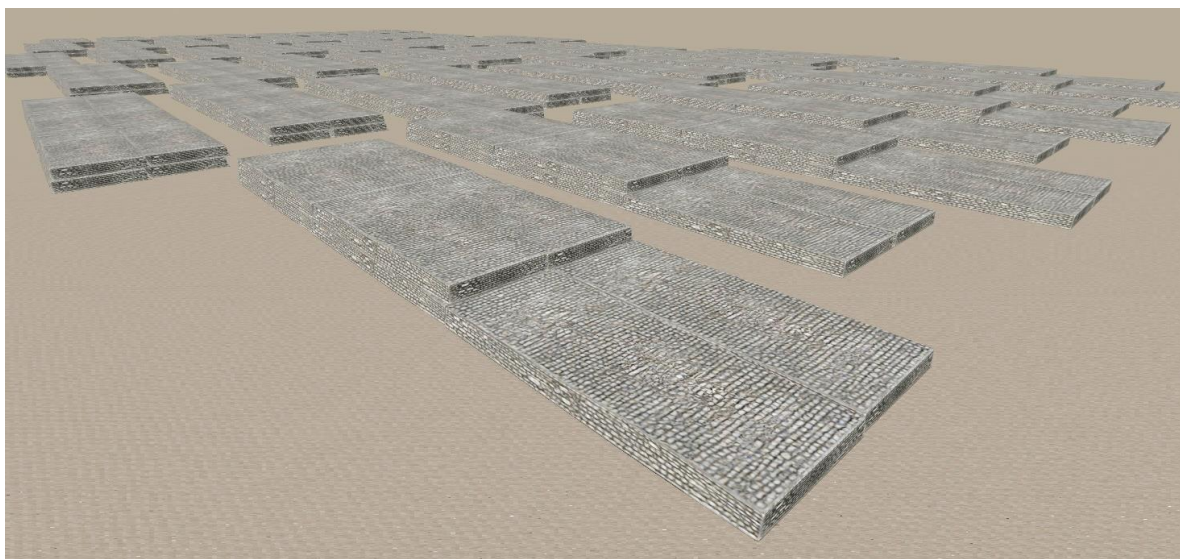


Figura 3.2 Rendering dell'opera.

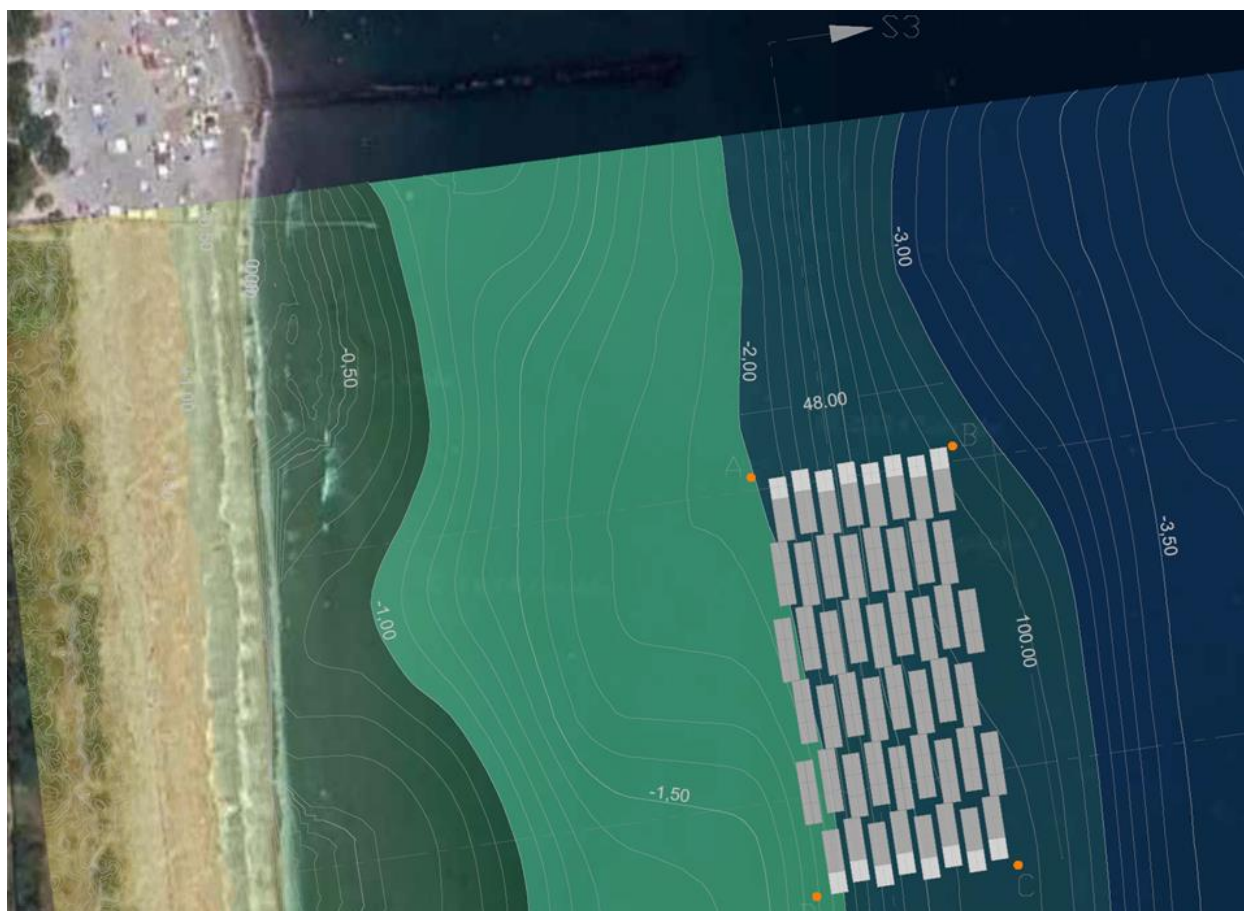


Figura 3.3 Planimetria di progetto.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	20



Le motivazioni che hanno definito il posizionamento dell'opera possono essere riassunte:

- L'esigenza del successivo insediamento di ostriche native a colonizzazione della struttura è stata fondamentale per la scelta della sommergezza, in quanto le ostriche, per la loro sopravvivenza, non possono mai risultare emerse, quindi considerato una bassa marea anche superiore a - 50 cm e uno sviluppo coloniale delle ostriche di 20/30 cm in altezza si è ritenuto opportuno mantenere comunque un ulteriore franco di acqua di 40/50 cm (quindi in totale 1,40 ml.) in modo tale da garantire un minimo di ricoprimento idrico anche durante le mareggiate;
- Il posizionamento alla -2,00 m, con sviluppo lato mare è dovuto alla tipologia di mezzi marittimi impiegabili in cantiere, che comunque difficilmente hanno una immersione inferiore a circa 2,00/2,20 m, quindi a pieno carico, per poter operare in sicurezza e con una finestra lavorativa, devono comunque adattare la loro operatività alle fasi di marea, iniziando con la fase di risalita, potendo così sfruttare la concomitanza anche dello scarico del mezzo e quindi una minor immersione dello stesso;
- La struttura verrà realizzata mediante la posa dei materassini, dimensioni 5,00 x 2,00 x 0,30 m cadauno in rete metallica zincata posti affiancati l'uno all'altro. I materassini verranno riempiti e confezionati prima della posa, con materiale calcareo a spigolo vivo (spaccato) dimensione 100/200 mm in modo da creare mediante un opportuno indice dei vuoti, un ambiente idoneo sia ad accogliere che alla crescita delle ostriche (Figura 3.6).
- Per le caratteristiche tecniche della rete metallica e della sua durabilità di almeno 10 anni, per garantire la completa colonizzazione da parte delle ostriche, nonché per la stabilità dinamica al moto ondosio e alle correnti vedasi la **Relazione Tecnica** del **PFTE** aggiornato.
- La collocazione risulta idonea anche per la possibilità di accesso attraverso la spiaggia per i possibili visitatori (subacquei, apneisti e "snorkelisti").

Questa soluzione è stata valutata ottimale sia da un punto di vista idrodinamico che dimensionale, vista la sua estensione, non omogeneità planare che limita quindi la possibilità di formazioni di correnti tra i vari elementi modulari, inoltre la presenza di gradualità alle estremità si limita l'effetto di bordo della soluzione proposta.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	22



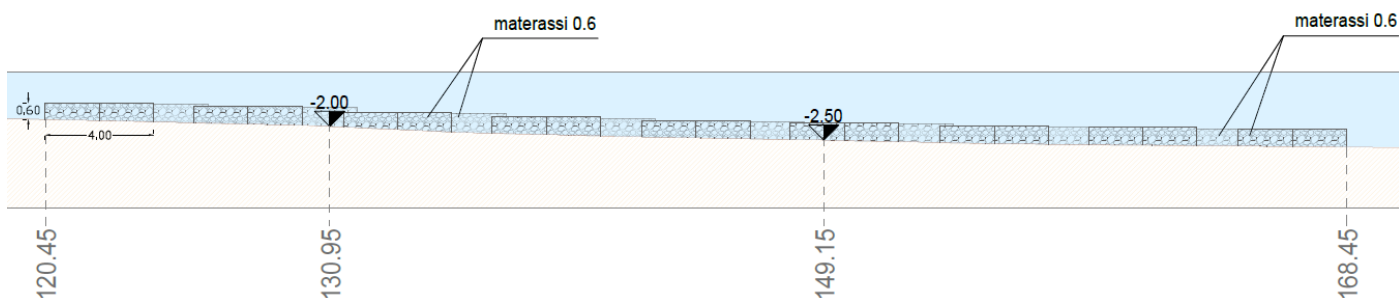


Figura 3.5 Sezione di progetto costa-largo (per maggiore dettaglio si rimanda all'allegato Planimetra e sezioni del PFTE).



Figura 3.6 Materiale calcareo a spigolo vivo (spaccato) dimensione 100/200 mm.

### 3.2 Ripopolamento della scogliera biogenica (BR)

Il ripopolamento della scogliera mirerà alla implementazione e manutenzione della scogliera biogenica (*Biogenic Reef*, BR) sviluppata sopra e intorno alla barriera calcarea basale (BLR). Questo si baseranno principalmente sulla semina di ostriche autoctone europee (*Ostrea edulis*) sulla superficie superiore del BLR non appena questa sarà disponibile. Come BR secondari, lo sviluppo di reef naturali di policheti sabellariidi autoctoni (*Sabellaria spinulosa*) sarà favorito ricollocando nell'area di intervento, alla base del BLR, piccole porzioni di reef esistenti già sviluppati in prossimità delle vecchie barriere frangiflutti artificiali, nel versante settentrionale dello stesso sito NATURA 2000 (IT4070009).

L'approccio e la procedura adottati per implementare e mantenere la scogliera ad ostriche si baseranno principalmente sulle lunghe esperienze di successo condotte nel nord Europa e ben riassunte nel manuale

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	23



europeo per il ripristino dell’habitat delle ostriche native (Preston et al. 2020), e nel manuale di monitoraggio e valutazione del ripristino dell’habitat delle ostriche (Baggett et al. 2014).

Le pratiche per il ripristino di scogliere a sabellaria sono molto meno sviluppate, sostanzialmente perché non esistono tecniche per l’allevamento, la riproduzione e la semina di questi vermi policheti (Franzitta et al. 2022). Si tratta comunque di specie gregarie che colonizzano rapidamente substrati idonei, ogniqualvolta sia disponibile una buona riserva larvale locale. Per questo motivo la soluzione migliore è trapiantare nell’area piccole porzioni di reef vivi, capaci di innescare il processo di formazione e diffusione dei reef (Franzitta et al. 2022).

Il progetto mira, inoltre, a garantire la biosicurezza da diversi punti di vista (zu Ermgassen et al. 2020). Le malattie causate da alcuni agenti patogeni rappresentano una grave minaccia per le ostriche autoctone sia in acquacoltura che in natura. In particolare, la specie aplosporidica *Bonamia ostreae*, che causa la malattia bonamiosi, sta ancora espandendo il suo areale in Europa e può causare una mortalità fino al 90% delle popolazioni locali. Allo stesso modo, le specie non autoctone invasive (*non-indigenous species*, NIS) sono considerate una grave minaccia per la biodiversità in tutte le acque europee. Anche le fioriture algali dannose di specie in grado di produrre biotossine potrebbero incidere sulla biodiversità e sulla biosicurezza. I vettori includono il trasporto marittimo e la nautica da diporto, ma una delle cause principali sono stati i movimenti di molluschi. La presenza o l’introduzione di una malattia o di una specie NIS può avere un impatto negativo sugli obiettivi di conservazione delle specie e degli habitat protetti. Costituiscono inoltre una minaccia per il successo del ripristino delle ostriche autoctone attraverso la competizione per il cibo e lo spazio, la predazione, l’insorgenza di malattie, l’impatto negativo sulla biodiversità associata a un habitat biogenico sano. Un altro aspetto rilevante della biosicurezza è quello di mantenere e verificare un’elevata diversità genetica nelle popolazioni seminate, che dovrebbe essere ottenuta utilizzando esemplari selvatici locali nelle pratiche di semina e attraverso una buona connettività con altre popolazioni naturali.

Gli obiettivi del ripopolamento sono:

- garantire l’origine e la fornitura di ostriche,
- spiegamento e manutenzione della scogliera di ostriche,
- traslocazione e mantenimento della scogliera di sabellaria,
- garantire la biosicurezza.

I principali risultati saranno lo sviluppo delle barriere biogeniche previste e il loro mantenimento nel tempo, garantendo i più alti livelli di biosicurezza. Questa parte di progetto prevede diverse attività di seguito descritte.

### 3.2.1 Origine e fornitura di ostriche

Lo scopo di questo compito sarà quello di indagare e selezionare le opzioni di provenienza delle ostriche (ad esempio, pesca locale, impianti di acquacoltura) e garantire un approvvigionamento adeguato. Le ostriche autoctone possono essere ottenute da vivai, stagni, attività di pesca o tramite reclutamento naturale. La

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	24



distribuzione di ostriche adulte mature è particolarmente fondamentale negli ambienti con limitato reclutamento naturale, come questo, poiché possono iniziare a fornire una fonte immediata di larve per il ripopolamento. Con una pesca locale sostenibile delle ostriche, sarà possibile acquistare ostriche mature (> 50 mm) da traslocare nell'area di progetto, protetta dalle pressioni di pesca, fornendo una fonte già pronta di potenziali larve. Per questo progetto saranno preferite le ostriche mature, ma verranno presi in considerazione anche gli individui più giovani ottenuti nel periodo invernale. Le ostriche mature dei riproduttori hanno un buon tasso di sopravvivenza, offrono il potenziale di deposizione delle uova e di produzione di larve durante il primo anno di spiegamento e possono fornire segnali chimici per l'insediamento di larve "selvatiche" nel sistema. Tuttavia, l'approvvigionamento di ostriche per la semina sarà assicurato attraverso una strategia di approvvigionamento multiplo (pesca locale, allevamenti di ostriche e incubatoi; ad esempio, gli allevamenti di ostriche nella baia di Mali Ston in Croazia) e ordini effettuati con un anno di anticipo. Dato il possibile ritardo tra l'approvvigionamento delle ostriche e la loro distribuzione sul campo, a causa delle condizioni meteorologiche, gli individui saranno immagazzinati in vasche di quarantena delle strutture di acquacoltura e pesca del porto di Ravenna. Per maggiori dettagli si rimanda al dal piano di approvvigionamento e stoccaggio delle ostriche predisposto (Turicchia et al. 2024).

### 3.2.2 Implementazione e manutenzione della scogliera di ostriche

Le ostriche "riproduttrici" mature o quasi mature verranno posizionate manualmente sul lato superiore del BLR il prima possibile (ovvero, appena accessibile). Idealmente, lo spiegamento può iniziare all'inizio della primavera e continuare fino all'inizio dell'estate, possibilmente prima della deposizione delle uova delle ostriche a luglio. Ciò consentirà la produzione larvale e un reclutamento naturale durante il primo anno di spiegamento.

Secondo studi precedenti, la densità minima ideale di distribuzione sarà di 20 ostriche m<sup>-2</sup> (Figura 3.7). La densità delle ostriche su BLR sarà controllata immediatamente dopo lo spiegamento e regolarmente negli anni successivi come parte delle misurazioni del successo del progetto. Se necessario, verrà presa in considerazione l'eventuale successiva distribuzione per mantenere la densità minima negli anni successivi.

La protezione dal bracconaggio sarà prevenuta grazie alla collaborazione con gli enti di gestione coinvolti nella tutela del sito (Ente Parco del Delta del Po, Guardia Costiera, Carabinieri per la Biodiversità e Comune di Ravenna). Verranno forniti rapporti annuali sull'implementazione dei BR e sulla biosicurezza.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	25





Figura 3.7 Esempio di scogliera a ostriche.

### 3.2.3 Traslocazione e mantenimento della scogliera di sabellaria

In mancanza di tecniche per l'allevamento, la riproduzione e la semina dei vermi policheti sabellaria, la costruzione dei BR a sabellaria si baserà sul trapianto iniziale di piccole porzioni di scogliere vive donatrici nell'area (Figura 3.8), in grado di innescare il processo di formazione e diffusione dei reef. Infatti, *Sabellaria spinulosa* è una specie gregaria che colonizza rapidamente substrati idonei ogniqualvolta sia disponibile un buon apporto larvale locale. Piccole porzioni di scogliera saranno dislocate in almeno 3 siti alla base del BLR. Ogni porzione di scogliera trapiantata sarà etichettata, fotografata e misurata immediatamente dopo il dispiegamento e regolarmente negli anni successivi come parte delle misurazioni del successo del progetto. Successive implementazioni verranno eseguite annualmente durante il periodo di vita del progetto per aumentare lo sviluppo della scogliera, sia utilizzando scogliere donatrici esterne che interne all'area di intervento. Verranno forniti rapporti annuali sull'implementazione dei BR e sulla biosicurezza.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	26

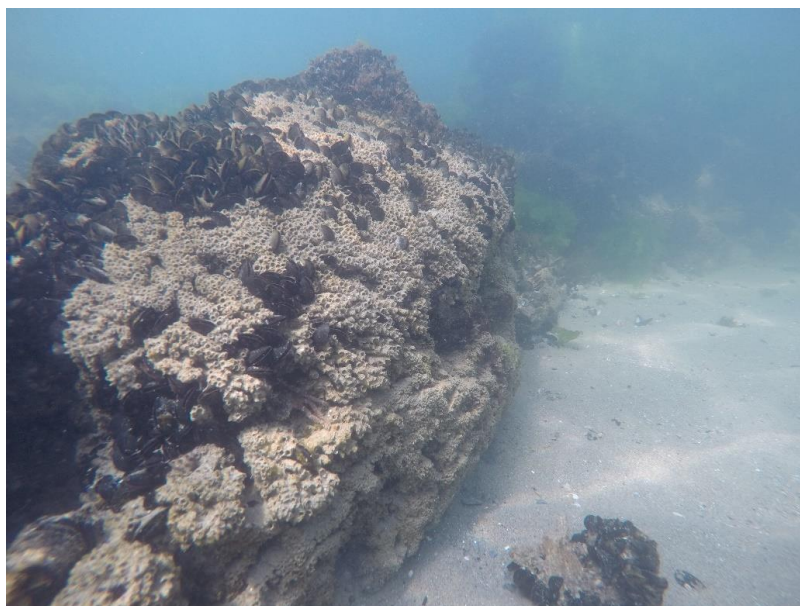


Figura 3.8 Esempio di scogliera a sabellaria a Lido di Dante (Foto di Luca Monteleone).

### 3.2.4 Biosicurezza

La biosicurezza è considerata parte integrante della pratica di ripristino attraverso il progetto e sarà affrontata mediante l'adozione di uno specifico piano di misure di biosicurezza, pienamente conforme alle linee guida europee sulla biosicurezza nel ripristino delle ostriche autoctone (zu Ermgassen et al. 2020). Queste linee guida comprendono il codice di condotta per prevenire eventuali rischi biologici e mezzi di verifica, comprese le analisi genetiche. Questi i tre aspetti principali considerati:

1. prevenire e monitorare l'insorgenza delle malattie delle ostriche,
2. prevenire e monitorare l'invasione di specie non indigene,
3. garantire e monitorare la diversità genetica delle popolazioni di ostriche e di policheti sabellariidi e la connettività con altre popolazioni.

Verrà effettuata la caratterizzazione genomica delle ostriche e delle sabellarie appartenenti alle popolazioni utilizzate per il trapianto. A seconda delle popolazioni di ostriche di origine, verranno campionati 20-30 individui per l'analisi genetica. Il polimorfismo di sequenza dei marcatori mitocondriali e della libreria RADseq sarà eseguito seguendo tecniche consolidate (Muir et al. 2020, Terzin et al. 2021). Le popolazioni con maggiore diversità genetica saranno selezionate per il trapianto per aumentare la resilienza della popolazione, evitare la consanguineità e garantirne la sopravvivenza e adattabilità a lungo termine. Per monitorare i cambiamenti nella diversità genetica delle popolazioni ripristinate e le relazioni di parentela tra gli individui ogni anno, diverse reclute saranno campionate. Per maggiori dettagli si rimanda al Piano di misure di biosicurezza adottato dal progetto LIFE NatuReef (Franchini et al. 2024).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	27

## 4 Descrizione sintetica delle condizioni ambientali

### 4.1 Inquadramento territoriale ed analisi dello stato attuale

L'area di intervento interessa il litorale a sud della località Lido di Dante, in comune di Ravenna, situata circa 13 km a sud est del capoluogo. Si tratta di un tratto di litorale sabbioso ricompreso tra la foce dei fiumi Uniti a nord e quella del torrente Bevano a sud.

Il litorale di Lido di Dante si trova in un contesto naturalistico e paesaggistico di estremo rilievo, in quanto presenta ancora relitti di elementi morfologici (dune sabbiose, bassure umide) ed associazioni vegetali che contribuiscono alla formazione di habitat ormai rari lungo il litorale nord-adriatico e pertanto di notevole interesse conservazionistico. Nel retro della spiaggia si trova una porzione dell'ampia pineta che caratterizza il litorale ravennate (pineta sezione Ramazzotti), soggetta ad un grave episodio di incendio doloso nel luglio 2012 che ha determinato il rogo su una superficie di circa 65 ettari pari alla metà dell'intera pineta.

Come tutti i litorali sabbiosi, l'area di interesse presenta una forte dinamica evolutiva, contraddistinta nel caso specifico dalla presenza delle due foci fluviali che la racchiudono.

Da un punto di vista geologico, l'area è caratterizzata da una storia evolutiva recente che, attualmente, manifesta un naturale arretramento delle terre emerse (Balouin et al. 2006, Gardelli et al. 2007, Armaroli et al. 2013, Montanari & Marasmi 2013, Taramelli et al. 2015, Soboyejo et al. 2021). Ciò è principalmente legato alla riduzione del trasporto solido fluviale, per effetto dei cicli climatici, e alla dominanza dei processi marini su quelli fluviali che ha portato al processo di rettificazione della linea di riva a scala regionale. Poiché questa zona insiste proprio su un'area di foce, il fenomeno si osserva in modo particolarmente rilevante. A questa tendenza naturale, si è sovrapposto l'impatto antropico nelle sue diverse forme, che ha accentuato e accelerato l'evoluzione in direzione di un costante e progressivo arretramento.

L'urbanizzazione dell'area con la costruzione degli edifici di Lido di Dante risale alla seconda metà del 1900. L'impatto della prima fase di urbanizzazione (fine anni '50) è stato, purtroppo, fortemente negativo in quanto ha comportato lo spianamento della duna costiera, sottraendo l'unico sistema di difesa naturale rispetto al fenomeno dell'ingressione marina. Successivamente il nucleo urbano ha conosciuto diversi momenti di crescita, con un importante impulso in tempi recenti, a partire dagli anni 2000. Nella configurazione attuale la località, a forte connotazione turistica estiva, conta circa 200 unità abitative, in prevalenza seconde case. La ricettività turistica, eminentemente estiva, è coperta principalmente da due camping, di cui uno proprio a ridosso della spiaggia in prossimità dell'area di intervento.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	28



#### 4.1.1 Descrizione dei tratti litoranei critici, fattori di criticità e tendenze evolutive

Come la maggior parte della costa ravennate, anche e soprattutto il litorale posto a sud della foce dei Fiumi Uniti (località Lido di Dante) è soggetto a marcati fenomeni erosivi, che hanno comportato nel tempo l'arretramento della linea di riva e la necessità di difendere la spiaggia e l'abitato con opere rigide di difesa. Ciò è da ricondurre ad una serie di fattori tra cui, in primis, lo scarso apporto di sedimenti dalle foci fluviali, la perdita di suolo emerso per subsidenza e l'incremento della frequenza di eventi meteo-marini (mareggiate) a forte energia.

La Regione Emilia Romagna ha suddiviso il litorale in celle, omogenee dal punto di vista funzionale e più in particolare gestionale, dell'intero litorale regionale (Montanari & Marasmi 2011). L'area di progetto appartiene alla "costa ravennate" e ricade nella macro-cella M4, ed in particolare nella porzione nord della cella n. 70 (Tabella 4.1).

Tabella 4.1 Caratteristiche della cella interessata dal progetto (da Montanari & Marasmi 2011).

N.	Denominazione	Tipo	Descrizione	Comune	Provincia	Lunghezza
70	Bevano Centro Nord	Cella con spiaggia	Tratto lungo 1300 m posto a nord della foce	Ravenna	RA	1'332 m

Nel periodo 2000-2006 la cella era considerata in stato "stabile", ovvero un tratto di litorale che non evidenzia perdite o accumuli di sabbia significativi e che non è stato oggetto di interventi di difesa dall'erosione (ripascimenti o opere di difesa) nel periodo in esame. Nel successivo periodo 2006-2012 la cella è risultata in "erosione", stato definito come tratto di litorale che evidenzia perdite di sabbia significative<sup>5</sup> nel periodo in esame (Montanari & Marasmi 2014). Le mareggiate degli ultimi anni hanno aggravato lo stato di erosione. In particolare, in occasione dell'intensa mareggiata del 31 gennaio 2014, nel tratto di litorale tra la località Lido di Dante e la foce del torrente Bevano (cella 71 del sistema SICELL), si verificò il completo smantellamento dell'argine in terra posto a protezione della pineta "Ramazzotti" e del territorio retrostante, per una lunghezza di circa 90 m (Figura 4.1). I successivi interventi ripristinarono e rinforzarono l'argine, ma le mareggiate più recenti hanno ulteriormente aggravato la situazione, vanificando in parte gli ultimi interventi eseguiti nell'area (vedasi Figura 1.3).

<sup>5</sup> Sono considerati significativi accumuli o perdite maggiori di 30 m<sup>3</sup>/m.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	29



a



b



c



d

Figura 4.1 Immagini dopo la mareggiata del 31 gennaio 2014, prima dell'ultimo intervento di rinforzo: a) argine in terra a protezione della pineta fortemente eroso; b) argine in terra a protezione della pineta, nel tratto completamente eroso; c) particolare del tratto privo di argine di difesa e protezione della pineta; d) ingressione marina in pineta.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	30





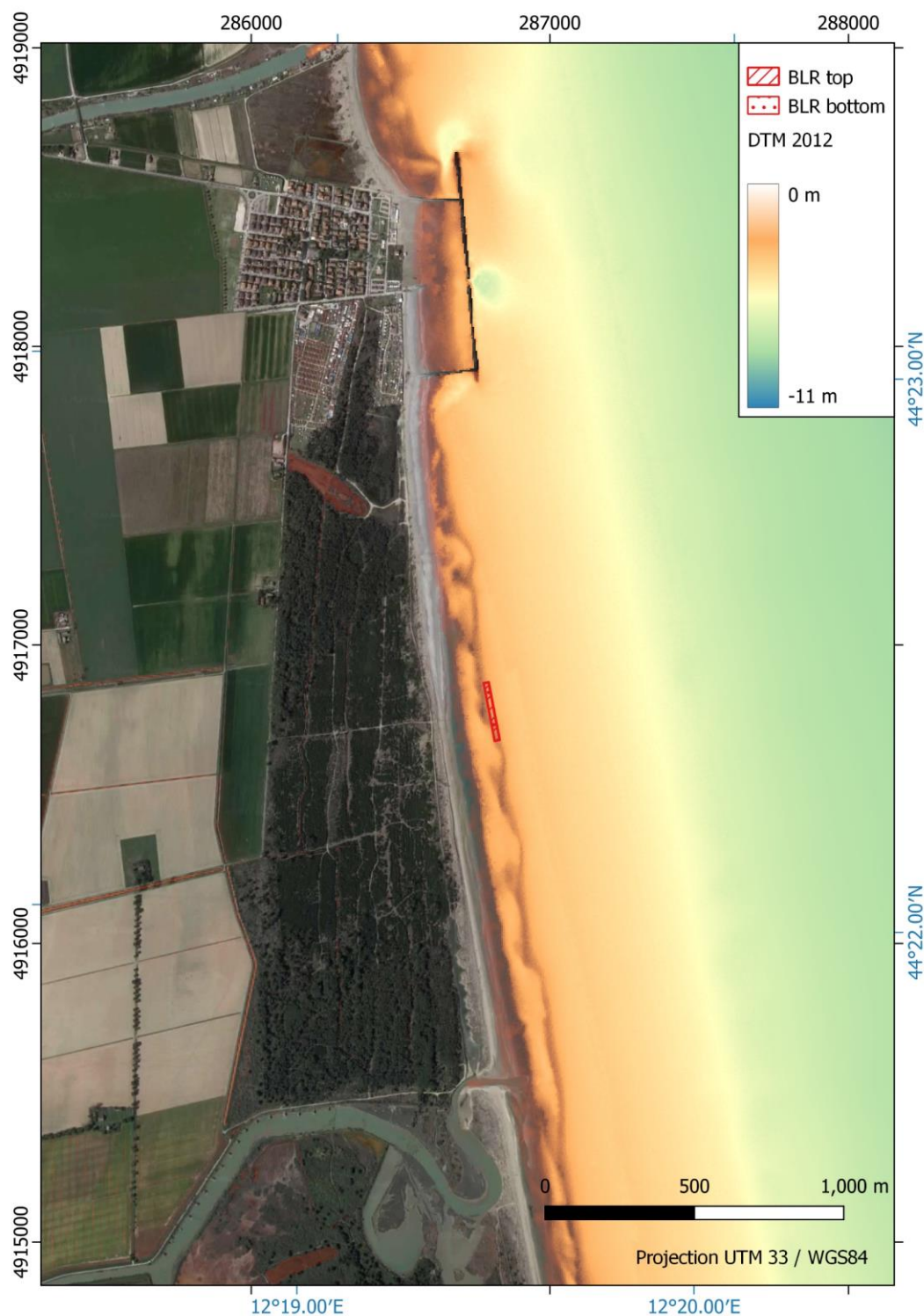


Figura 4.2 DTM 2012 - Costa RER dell'area tra la foce dei Fiumi Uniti e la foce del Torrente Bevano, in rosso la posizione prevista del BLR (immagine di sfondo per la parte emersa Google Earth 15/07/2023).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	32



#### 4.2.1.1 Rilievo topo-batimetrico 2023 e 2024 (LIFE NatuReef)

A partire dall'8 novembre 2023 Beatrice Giambastiani e Sonia Silvestri, parte del Integrated Geoscience Research Group – IGRG del Dipartimento BiGeA dell'Università di Bologna, hanno effettuato rilievi topografici utilizzando la tecnologia GNSS per monitorare il sistema spiaggia-dune. Sono stati acquisiti 12 profili perpendicolari a costa, dalla linea di riva fino al retroduna, la cresta e il piede della duna per un totale di 522 punti con una precisione sub-centimetrica che permettendo di caratterizzare la morfologia della spiaggia e della duna con accuratezza elevata. La situazione iniziale del sistema così delineata potrà essere usata come riferimento per i prossimi anni, permettendoci di seguire l'evoluzione della spiaggia nel dettaglio. Anche la vegetazione delle dune è stata monitorata, per individuare indicatori legati alla presenza della biomassa esistente. I rilievi del gruppo Geoscience si integrano perfettamente con quelli del Gruppo di Geomatica, che utilizza Droni e la tecnologia GNSS.

Nella stessa giornata il gruppo di Proambiente, coordinato da Fabrizio Del Bianco, ha acquisito dati batimetrici attraverso un Single Beam Echosounder (SBE) montato a bordo del veicolo OpenSWAP. Il giorno successivo, 9 novembre, il gruppo dei topografi del dipartimento DICAM dell'Università di Bologna ha realizzato i rilievi topografici con il drone DJI Matrice 300RTK. L'operazione ha compreso l'acquisizione di foto aeree e dati LiDAR tridimensionali, permettendo la creazione di un'ortofoto e di un modello 3D dell'area oggetto di studio. Nella primavera 2024, giorni 14-15 marzo, i rilievi topo-batimetrici sono stati estesi ad un'are di indagine molto più ampia. Questo ha consentito di valutare alternative progettuali diverse (Figura 4.3).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	33



Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement

Progetto cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del Programma LIFE 2021-2027 – Natura & Biodiversità  
LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742

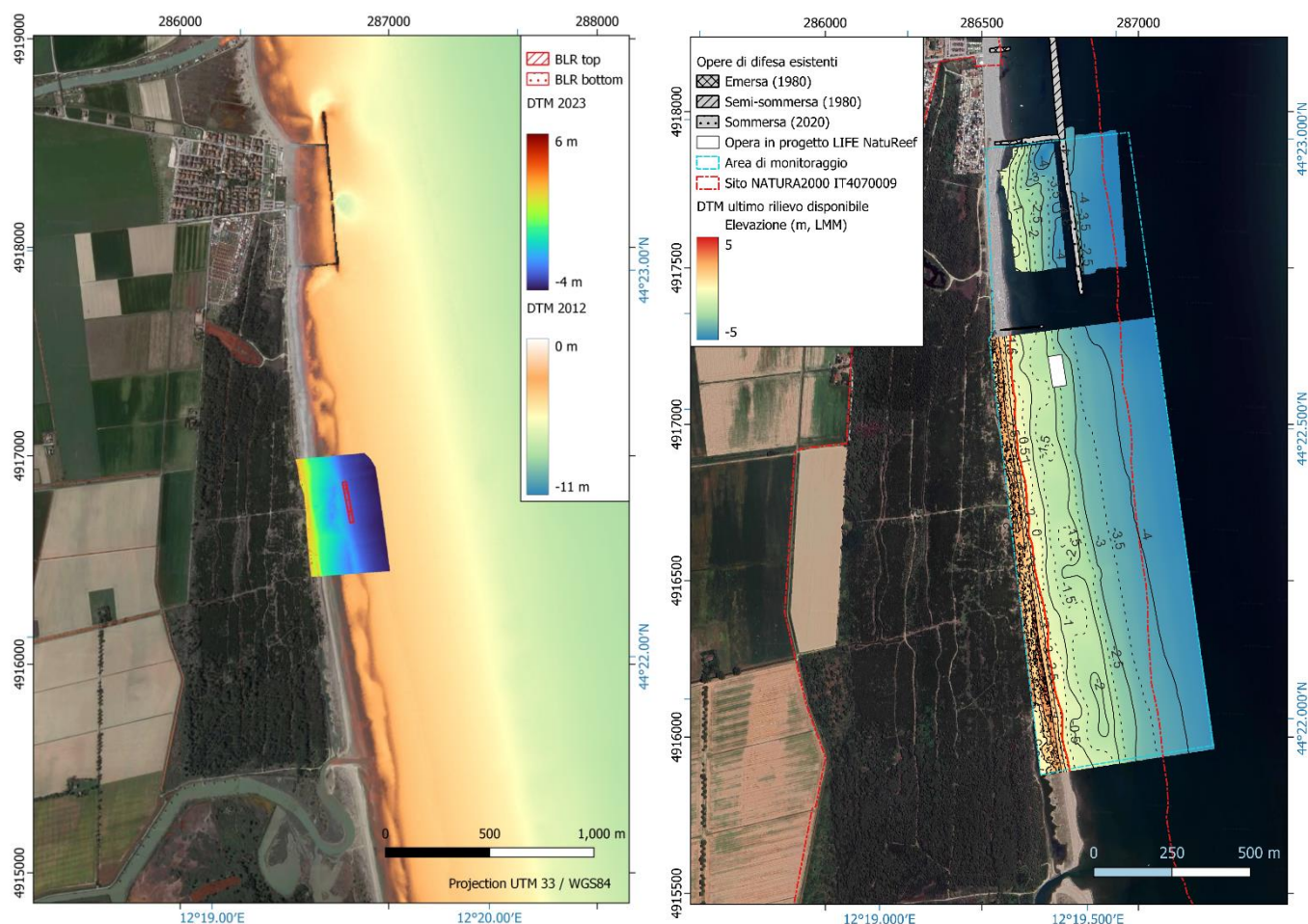


Figura 4.3 Sinistra: DTM 8-9 novembre 2023 sovrapposto al DTM 2012 - Costa RER, in rosso la posizione prevista del BLR secondo l'alternativa 1; destra: DTM 14-15 marzo 2024 abbinato alla batimetria TAO del 2021, in bianco la posizione prevista del BLR secondo l'alternativa 2, considerata migliorativa (immagine di sfondo Google Earth 15/07/2023).

## 4.3 Dinamiche marine costiere

### 4.3.1 Livello medio mare e andamento delle maree

Le variazioni del livello del mare sono dovute a diversi fattori. Principalmente si hanno variazioni dovute all'attrazione gravitazionale degli astri, detta anche marea astronomica, e variazioni dovute a effetti complessi, detta marea meteorologica. Le variazioni del livello del mare sono quindi la somma di questi due principali fattori. Mentre la componente astronomica è costante e ampiamente prevedibile perché legata al movimento periodico degli astri, la marea meteorologica è una componente aleatoria: si conosce l'effetto delle perturbazioni meteorologiche sul livello dell'acqua, ma non è possibile prevedere la forzante che causa tale perturbazione.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	34





Tabella 4.2 Massimi annuali di alta e bassa marea registrati dalla stazione mareografica di Ravenna.

Anni	Alta Marea (m)	Bassa Marea (m)
1987	0.87	0.73
1988	0.61	0.79
1989	0.65	0.71
1993	0.87	0.68
1997	0.73	0.85
1998	0.76	0.63
1999	0.99	0.68
2000	0.83	0.75
2001	0.88	0.65
2002	0.95	0.79
2003	0.85	0.69
2004	0.91	0.74
2005	0.80	0.85
2006	0.70	0.69
2007	0.71	0.78

Tabella 4.3 Valori di alta e bassa marea per diversi periodi di ritorno  $T_R$  calcolati con la distribuzione di Gumbel.

$T_R$ (anni)	Alta Marea (m)	Bassa Marea (m)
1	0.68	-0.66
2	0.79	-0.72
5	0.89	-0.78
10	0.95	-0.82
15	0.99	-0.84
20	1.02	-0.86
25	1.03	-0.87
30	1.05	-0.88
50	1.10	-0.91
100	1.16	-0.95
150	1.19	-0.97
200	1.22	-0.98

#### 4.3.2 Clima meteomarinario

Il monitoraggio sistematico delle forzanti idrodinamiche in ambito marino (venti, onde, maree e correnti) è funzionale non solo alla difesa costiera, ma anche ad altri settori quali navigazione, pesca, sicurezza ambientale, turismo, energia rinnovabile, solo per fare alcuni esempi. I fattori meteo marini (o idrodinamici) sono:

- Venti, che oltre a generare le onde trasferendo alla superficie del mare parte della propria energia, sono artefici della movimentazione di ingenti volumi di sedimento sulla spiaggia emersa e sulla duna.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	36

- Onde, che rappresentano le forzanti più significative per il fattore erosione costiera. Esse determinano infatti un grande trasferimento di energia sotto costa che si traduce in movimentazione di sedimento.
- Livello del mare, che determina un innalzamento del livello di frangimento delle onde e fenomeni di allagamento costiero.
- Correnti costiere, litoranee (long-shore) e trasversali (cross-shore), che contribuiscono trasporto solido costiero, inteso come trasporto longitudinale, i cui effetti sono valutabili sulla lunga durata, e trasporto trasversale, legato agli eventi di mareggiate e i cui effetti sono sul breve termine.

#### 4.3.2.1 Venti

I dati anemometrici della stazione meteo nel Porto di Cesenatico alle coordinate 44.206451° lat 12.401319° lon sono stati utilizzati per l'analisi del regime dei venti. La stazione ha un'altissima percentuale di dati disponibili, con soltanto lo 0.748% di dati mancanti su 12 anni di misurazioni, periodo 2009-2020 (Figura 4.5, Figura 4.6 e Tabella 4.4).

I dati sono stati scaricati sul sito <https://simc.arpae.it/dext3r/> e hanno frequenza di campionamento di 30'. I parametri scaricati ed analizzati sono stati la velocità media e la direzione media del vento su 1 ora a 10 m di altezza (quota di riferimento).

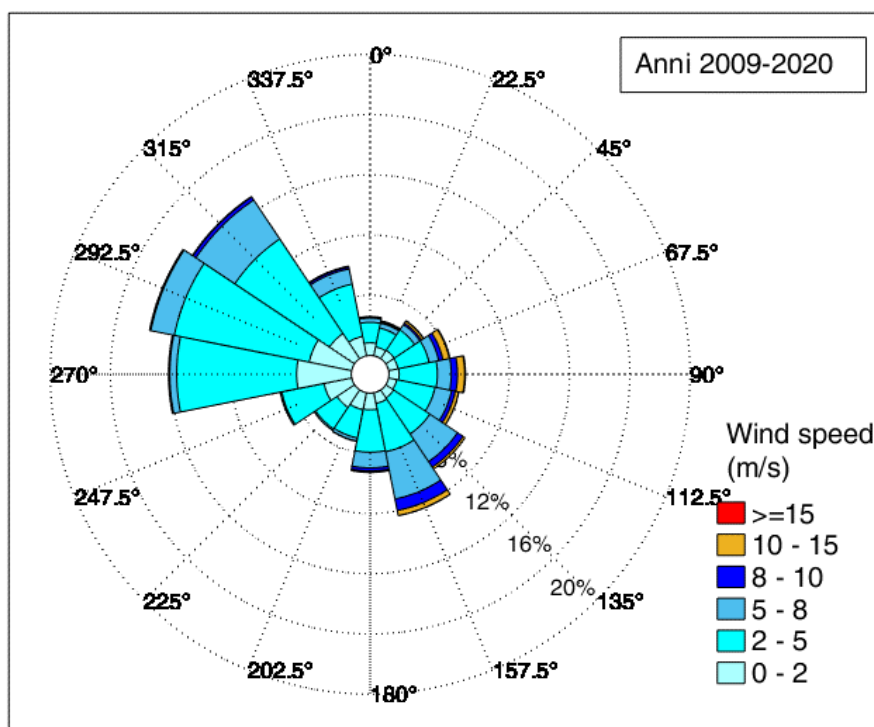


Figura 4.5 Rosa dei venti a Cesenatico nel periodo 2000-2020.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	37



Tabella 4.4 Frequenze di accadimento del vento (intensità e direzione) a Cesenatico nel periodo 2000-2020.

D (°N)	Vento (m/s)						Totale
	<2	2-5	5-8	8-10	10-15	>15	
0	1,14	1,96	0,43	0,08	0,05	0,01	3,68
30	0,84	1,88	0,46	0,11	0,11	0,03	3,43
60	0,90	2,68	0,77	0,29	0,45	0,06	5,16
90	0,88	3,34	1,21	0,54	0,62	0,07	6,67
120	0,75	3,58	1,85	0,37	0,25	0,02	6,82
150	0,95	4,38	4,21	1,00	0,40	0,01	10,95
180	1,43	3,71	1,58	0,32	0,15	0,01	7,20
210	1,67	2,53	0,20	0,02	0,00	0,00	4,43
240	2,23	2,94	0,13	0,01	0,00	0,00	5,31
270	4,64	10,20	0,58	0,09	0,01	0,00	15,51
300	3,48	12,72	3,55	0,19	0,03	0,00	19,97
330	2,14	6,30	2,10	0,24	0,08	0,00	10,87
Totale	21,04	56,22	17,09	3,26	2,18	0,21	100

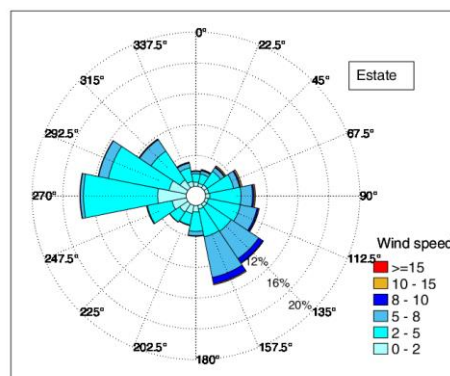
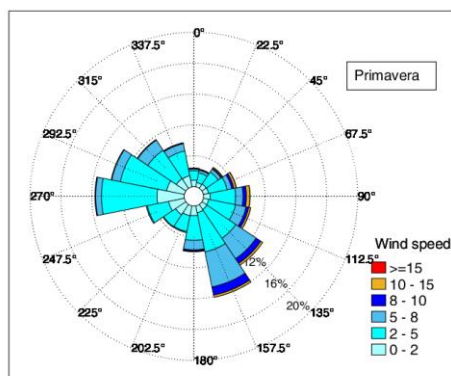
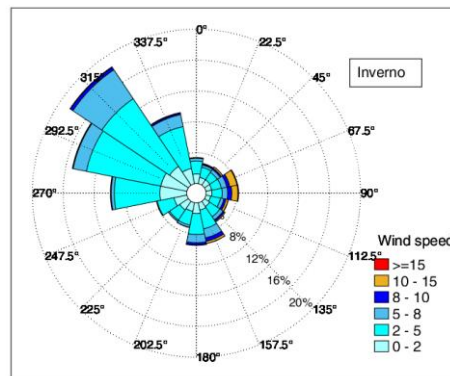
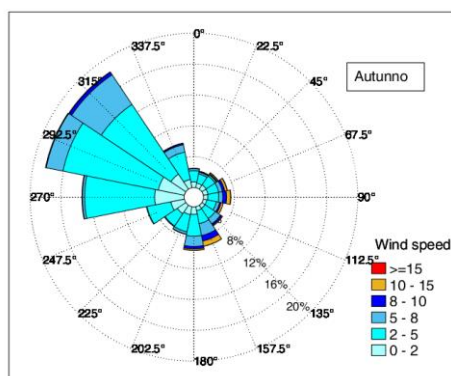


Figura 4.6 Rosa dei venti a Cesenatico per le stagioni autunno, inverno, primavera e estate.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	38

#### 4.3.2.2 Onde

Lo studio delle condizioni ondose riguarda sia le condizioni relative sia al regime medio annuo sia quelle degli eventi estremi che possono colpire la costa.

Il clima del moto ondoso al largo è la base per definire il regime idraulico sotto costa e il trasporto litoraneo: le condizioni medie sono responsabili dell'evoluzione dei litorali a lungo termine, attraverso il regime delle correnti lungo riva e il conseguente trasporto dei sedimenti, mentre la conoscenza delle condizioni estreme sono necessarie per il corretto dimensionamento degli interventi lungo costa, per verificare la stabilità delle opere marittime di protezione della costa.

In ragione alla disposizione geografica della costa, gli stati di mare che influenzano la dinamica del litorale emiliano-romagnolo sono quelli che provengono dal I e dal II quadrante (rispettivamente provenienti da 0° - 90°N e 90° - 180° N) mentre sono trascurabili quelli provenienti dal III e IV.

Tra le varie fonti informative di dati disponibili per conoscere il clima che interessa la zona oggetto di studio si è deciso di utilizzare i dati registrati dalla Boa Ondametrica Nausicaa che si trova al largo della costa di Cesenatico.

La disponibilità di dati ondametrici in corrispondenza delle coste della Regione Emilia-Romagna è risultata, in passato, piuttosto varia, sia come tipologia delle stazioni di misura, sia come estensione temporale delle serie storiche. Infatti, il bacino centro-settentrionale del mare Adriatico è stato oggetto di studi e campagne di misura oceanografiche da parte di un gran numero di istituti, enti, società sia per finalità scientifiche e di ricerca, sia per l'organizzazione di attività produttive in campo marittimo. Questa condizione ha portato all'installazione di molti strumenti e, conseguentemente, alla produzione di un gran numero di dati di varia natura: meteorologici, ondametrici, correntometrici, mareografici, chimico-fisici, ecc. Di contro, davanti alle coste della Regione Emilia-Romagna, per molti anni non è stata presente nessuna stazione di misura del moto ondoso.

La stazione di rilevamento Nausicaa<sup>6</sup> è stata installata dall'Agenzia Regionale Prevenzione e Ambiente "ARPA" dell'Emilia - Romagna il 23 maggio 2007. È collocata al largo della costa di Cesenatico a circa 8 km dalla banchina della darsena su un fondale di circa 10 m di profondità in una zona interdotta alla navigazione, all'attracco e alla pesca. Le coordinate di posa (dal 7 maggio 2009) sono: 44.2155°N 12.4766°E – WGS84.

La stazione ondametrica Nausicaa (Figura 4.7) è equipaggiata con un sistema direzionale Datawell Directional WaveRider MkIII 70 in grado di rilevare oscillazioni paria a 620 m con periodo da 1,60 a 30 secondi e con una risoluzione di 1.50° nell'angolo di provenienza dell'onda.

I dati sono acquisiti dal centro ricevente, situato presso la struttura oceanografica Daphne, ogni 30 minuti il quale li archivia su un computer locale collegato alla banca dati centrale della rete di monitoraggio meteo – idrografico

<sup>6</sup> Il sistema è stato acquisito nel 2007 dalla Regione Emilia – Romagna nell'ambito del progetto *Beachmed – E*, sottoprogetto *Nausicaa*, e mantenuto anche grazie al finanziamento del progetto europeo MICORE *Morphological Impacts and Coastal Risk Introduced by Extrem Storm Events*. (FP7 – ENV – 2007 – 1 cooperation, Grant agreement no.:202798).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	39

(RIRER) gestita dal Servizio IdroMeteorologico (ARPA - SIMC). In questa sede i dati sono controllati, archiviati e distribuiti in tempo reale attraverso la homepage di ARPA – SIMC (Servizio IdroMeteoClima) e al sistema Dexter.

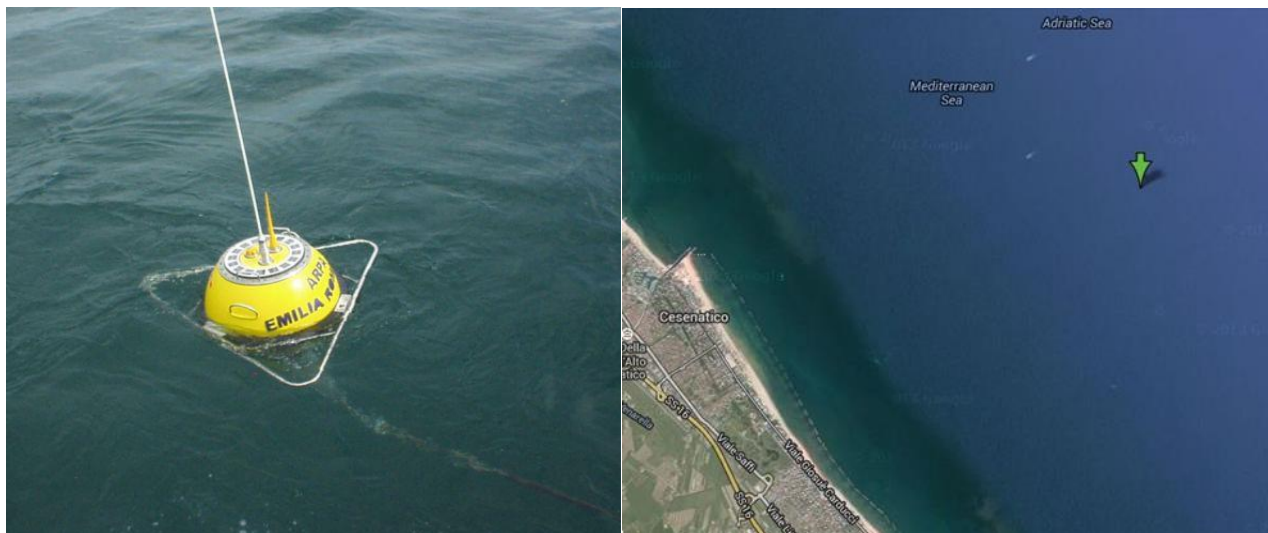


Figura 4.7 Boa ondametrica Nausicaa e sua posizione rispetto alla costa su mappa satellitare di GoogleEarth.

In alcuni periodi la misura dei dati non è avvenuta a causa di malfunzionamenti e operazioni di manutenzione delle strumentazioni, ma la disponibilità dei dati è risultata infatti piuttosto buona, tenendo conto dei periodi di inattività della boa. Infatti, i periodi non coperti da misure risultano concentrati in alcuni e ben distinti momenti.

Nella Figura 4.8 viene fornita la percentuale dei dati disponibili nei singoli anni di misura e sul totale del periodo. Complessivamente i dati rilevati hanno raggiunto l’86.1% dei dati teoricamente attesi, mentre analizzando i singoli anni, o porzioni di essi, si nota che tutti gli anni a disposizione mostrano una percentuale di disponibilità piuttosto alta con, l’eccezione del 2014 e il 2017 durante i quali i dati mancanti hanno raggiunto rispettivamente la soglia del 42,5% e del 30,4% dei valori attesi.

### Clima ondoso annuale dalla Boa Nausicaa

La analisi dei dati è stata effettuata per il periodo 2007 –2020, negli anni 2021-2022 la continuità e la qualità dei dati è stata molto scarsa. Il 13 ottobre 2022 la boa è stata sostituita con una nuova boa chiamata Nausicaa 2. La nuova boa è il modello DWR-4 ACM della ditta olandese Datawell e misura in tempo reale le caratteristiche del moto ondoso, della corrente superficiale e della temperatura dell’acqua e dell’aria. Ha un diametro di 0,7 m con scafo in Cunifer10 (che riduce la formazione di incrostazioni grazie alla sua lega di rame e nichel), è equipaggiata con doppia alimentazione (batterie e pannelli solari), doppio sistema di trasmissione dati (radio e GPRS) e antenna CAT4 per la misura della temperatura dell’aria a 2 metri, oltre ad avere i sensori integrati nello scafo che permettono il rilevamento delle caratteristiche dell’onda, delle correnti superficiali e della temperatura del mare.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	40





- il settore prevalente, ossia quello caratterizzato da altezze e frequenze di accadimento massime, è quello di 60 - 70°N con frequenza media pari a 8.18%;
- la condizione di calma, definita dalla classificazione adottata in fase di elaborazione della rosa delle onde, si ha per eventi ondosi caratterizzati da altezze d’onda inferiori a 0.10 m. La frequenza di apparizione del fenomeno è pari a 5.98%.

- Tabella 4.5 Eventi ondosi dominanti: confronto delle statistiche per il periodo 2007-2017.

	Periodo 2007-2017
30-40°N	0.02%
40- 50 °N	0.03%
50 - 60°N	0.06%
60 - 70°N	0.09%
70 - 80°N	0.00%
110 - 120°N	0.00%
<b>Totale</b>	<b>0.21%</b>

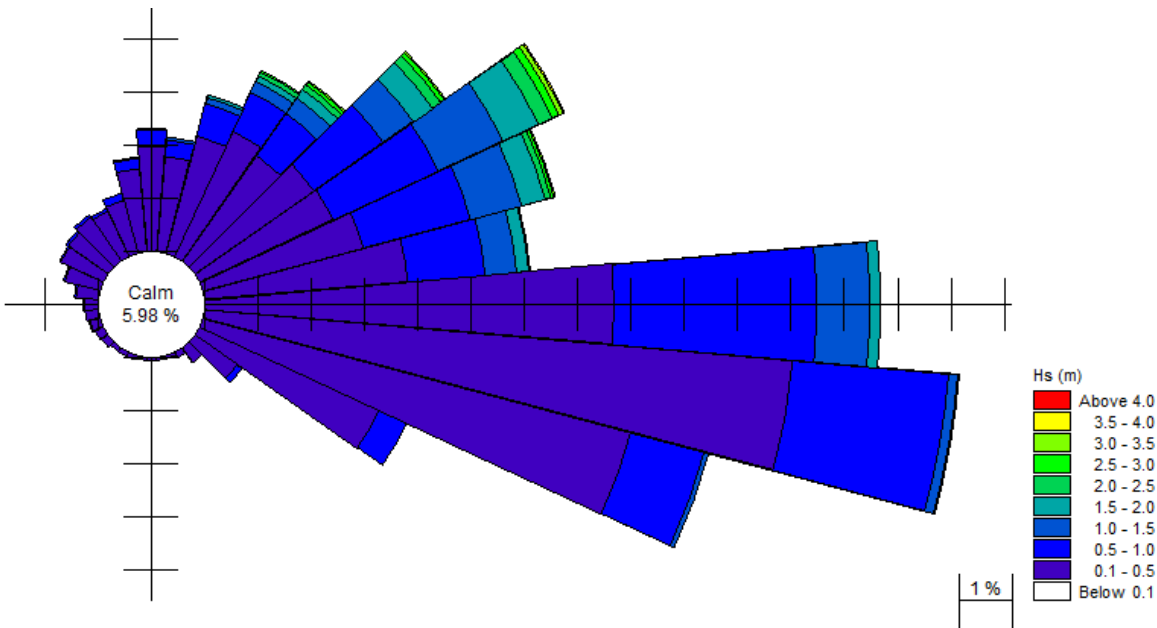


Figura 4.9 Rosa delle onde dai dati della boa Nausicaa (2007-2020).

#### 4.3.2.3 Livello mareale

Le variazioni del livello del mare sono dovute all’attrazione gravitazionale degli astri, *marea astronomica*, e a variazioni dovute a effetti complessi, *marea meteorologica*. Le variazioni del livello del mare sono quindi la somma di questi due principali fattori. Mentre la componente astronomica è costante e ampiamente prevedibile perché legata al movimento periodico degli astri, la marea meteorologia è una componente aleatoria: si conosce l’effetto delle perturbazioni meteorologiche sul livello dell’acqua, ma non è possibile prevedere la forzante che causa tale perturbazione.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	42

Per l'analisi del livello mareale della zona oggetto di studio si è fatto riferimento al mareografo RMN di Porto Corsini di Ravenna, in funzione dal 1998; fino a 20/04/2011 con frequenza oraria, poi con frequenza di 10'. Il caposaldo altimetrico di riferimento al livello medio mare è stato riposizionato e riferito al caposaldo al IGM Cso:16D1/12 c (come per le due livellazioni precedenti del 1998 e 2010). Il caposaldo è stato ricollegato alla Rete IGM nell'inverno 2012. Tale operazione ha evidenziato un delta rispetto alle livellazioni precedenti di 10.84 cm.

Il caposaldo del mareografo si è abbassato di circa 4.5 mm/anno dal 1990 ad oggi probabilmente per il fenomeno della subsidenza tipico della zona.

### 4.3.3 Correnti e trasporto solido costiero

La circolazione litoranea in direzione ortogonale e parallela alla costa riveste, come già accennato, un ruolo di fondamentale importanza nei fenomeni di trasporto solido costiero, che può essere scomposto in due componenti:

- trasporto solido trasversale, in direzione perpendicolare alla linea di battigia (*cross-shore*), dovuto principalmente alle correnti di ritorno e alle asimmetrie del campo di moto ondoso;
- trasporto solido longitudinale, in direzione parallela alla linea di battigia (*long-shore*), prodotto dalla corrente litoranea.

Il trasporto solido long - shore influisce sull'evoluzione a lungo termine della morfologia costiera, mentre quello cross - shore è la principale causa dei fenomeni evolutivi a breve termine dovuti a condizioni di mareggiata.

Il trasporto solido trasversale è dunque promotore del rimodellamento del profilo della sezione garantendo tuttavia la conservazione della massa e la continuità; il trasporto solido longitudinale invece determina la sottrazione o addizione di sabbia allontanandola o accumulandola dalla sezione secondo la direzione definita dalle onde frangenti (*radiation stress*).

Nell'area compresa tra la linea di frangimento dell'onda più alta e la linea del litorale avviene la maggior parte del trasporto solido (Figura 4.10): la parte più fine del materiale posto in movimento viene trasportata per sospensione, la frazione più grossa viene spostata per rotolamento sul fondo secondo la direzione dell'onda verso riva; esistono quindi due gruppi di particelle in movimento: il carico sospeso e il carico di fondo.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	43



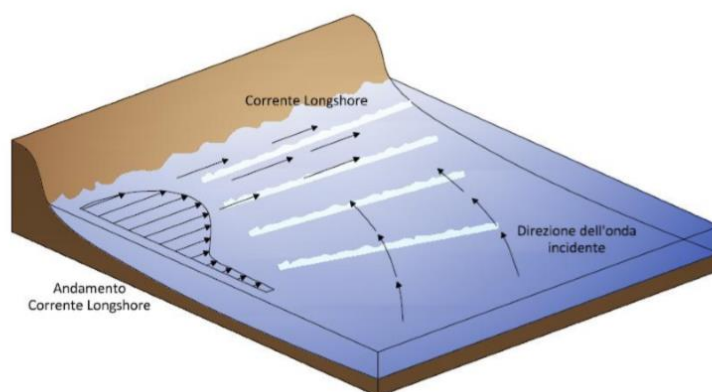


Figura 4.10 Schema della generazione della corrente long-shore.

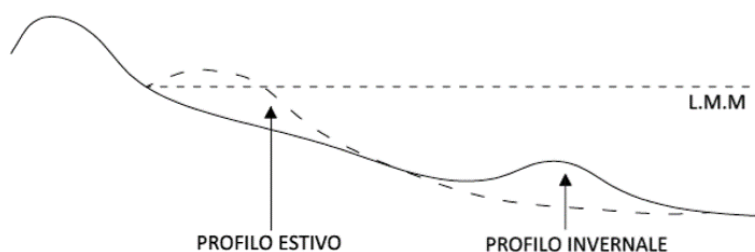


Figura 4.11 Profilo cross-shore invernale ed estivo.

Se il profilo di una spiaggia non è in equilibrio per una data onda incidente, la sabbia verrà ridistribuita per permettere al profilo di raggiungere una condizione equilibrata (Figura 4.11); in funzione delle onde incidenti, della forma del profilo e delle proprietà dei sedimenti il trasporto sarà prevalentemente diretto verso la costa o verso il largo. Qualora il profilo tenda ad una condizione di erosione, esso sarà caratterizzato da una sottrazione di sedimenti nella parte alta e un deposito nella zona dei frangenti con la conseguente formazione di una barra; qualora invece tendesse a una condizione di accrescimento si osserverà un deposito di sabbia nei pressi della battigia e la conseguente formazione di una berma.

#### 4.3.4 Trasporto solido fluviale

Le foci sono soggette all'insabbiamento nei periodi di magra, quando cioè la dinamica litoranea prevale su quella fluviale. Durante le piene, infatti, una forte corrente fluviale rimuoverebbe con facilità la sabbia che si è depositata nella foce e la porta in mare dove, in ragione delle diverse energie, si sedimenta poco distante dalla battigia formando accumuli sommersi. Questi accumuli vengono in seguito rimodellati dal mare e, nei casi di fiumi con bassa portata estiva, assumono la forma di barre sommerse parallele alla costa, poste alcune centinaia di metri al largo.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	44



Negli ultimi 15-20 anni il materiale dragato alla foce di canali e fiumi lungo la costa emiliano-romagnola è stato quasi sempre utilizzato per scopi di ripascimento.

L'influenza di una corrente che si sovrappone ad un moto ondoso è un fenomeno fisico molto frequente le cui caratteristiche sono sostanzialmente quelle di apportare delle trasformazioni, più o meno intense al campo di moto oscillatorio, e delle modifiche alla morfologia del fondo.

Le correnti presenti in prossimità della fascia costiera, oltre per cause quali maree, gradienti di densità e/o di temperatura, azione del vento sulla superficie libera, sono da imputare alla presenza del moto ondoso che, come è noto, in condizioni di shallow water e nella “surf zone” è caratterizzato, oltre che dalle componenti oscillatorie, anche dalla presenza di correnti di massa, di intensità molto spesso non trascurabili.

In prossimità di una foce fluviale, la corrente si sviluppa in opposizione alla direzione di propagazione del moto ondoso e la zona interessata dal fenomeno di interazione si estende a tutto l'apparato di foce producendo modifiche che interessano non solo lo specchio d'acqua di mare prospiciente la foce stessa, ma anche un tratto più o meno esteso dell'asta terminale del corso d'acqua naturale.

L'interazione idrodinamica onde-correnti determina inoltre modificazioni morfologiche (erosioni o accrescimenti dei fondali) che possono estendersi fino a profondità elevate.

Lo studio di tale fenomeno presenta notevoli difficoltà trattandosi di un processo di interazione fortemente non lineare tra le sollecitazioni dovute alla corrente e al moto ondoso e le modificazioni morfologiche indotte dall'azione combinata delle due forzanti.

#### 4.3.5 Previsioni dell'innalzamento del livello marino (*sea level rise*)

La costa adriatica dell'Emilia-Romagna è particolarmente vulnerabile all'innalzamento del livello del mare. Le proiezioni del livello del mare sono altamente incerte a seconda di una serie di ipotesi e processi, compresi quelli su scala globale.

Perini et al. (2017) considerano per la costa emiliano-romagnola un aumento del livello del mare entro il 2100 di 0.34 m nello scenario di emissione RCP4.5 e di 0.45 m nell'RCP 8.5 con una stima di perdita di terreno (*land loss*) pari a 350 km<sup>2</sup>. Questi valori, calcolati estraendo dalle mappe globali dell'IPCC AR5 le proiezioni del livello del mare per le celle della griglia più vicine alla costa emiliano-romagnola, sono leggermente inferiori a quelle ipotizzate per il bacino del Mediterraneo e la scala globale. Tali stime non includono la subsidenza, che può essere localmente significativa. Questa si osserva principalmente lungo la costa centrale della regione a causa dell'estrazione di gas e dello sfruttamento delle acque sotterranee (Sytnik et al. 2018). I valori lungo la costa per il periodo 2011-2016 sono stati di circa 5 mm/a con punte di 15-17 mm/a lungo la costa ravennate (Arpae).

In tal senso, Antonioli et al. 2017 propongono stime dell'innalzamento relativo del livello del mare che combinano i movimenti verticali locali (tassi tettonici e glacio-isostatici) e proiezioni eustatiche globali (IPCC AR5 e Rahmstorf

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	45



2007): per il Nord Adriatico, l'innalzamento relativo del livello del mare previsto entro il 2100 varia da 58 a 101 cm (secondo lo scenario più severo IPCC RCP AR5 8.5, livello minimo e massimo) e fino a oltre 1 metro secondo lo scenario più severo IPCC RCP AR5 8.5, livello minimo e massimo scenario peggiore (Rahmstorf 2007).

Nel 2018 la Giunta regionale ha approvato la Strategia di mitigazione e adattamento per l'Emilia-Romagna (Delibera n.187/2018<sup>7</sup>), che costituisce un quadro comune di mitigazione e adattamento per i settori economici regionali e le amministrazioni locali. La Strategia individua misure e azioni per far fronte all'attuale variabilità climatica e ai futuri cambiamenti climatici in tutti i settori importanti della regione, tra cui: acque interne e risorse idriche, qualità dell'aria, aree urbane, uso del suolo, zone costiere, trasporti, foreste, biodiversità ed ecosistemi, agricoltura, industria produttiva, sistema energetico, turismo, salute, pesca e acquacoltura, beni culturali.

Le inondazioni e l'erosione delle coste rappresentano alcuni dei maggiori rischi per l'Emilia-Romagna. La Strategia propone l'attuazione di un Piano di Gestione Integrata delle Aree Costiere, da disegnare sulla base dell'ampia esperienza pregressa, comprendente le linee guida per la Gestione Integrata delle Zone Costiere approvate nel 2005 (D.R. n.645 del 20.01.2005), i piani della Direttiva Alluvioni e i risultati di numerosi progetti e misure già attuati lungo il litorale della regione. Azioni specifiche a medio termine volte ad aumentare la resilienza costiera comprendono: la regolamentazione e la limitazione dello sviluppo urbano lungo la costa, il miglioramento del sistema di allerta precoce per le tempeste costiere e i relativi impatti e la stabilizzazione del litorale attraverso il ripascimento e la ricostruzione delle dune, integrato con misure grigie (dighe, pennelli e frangiflutti) ove necessario.

Per il settore produttivo, le azioni a medio termine previste dalla Strategia regionale mirano a rendere il territorio e le imprese al sicuro dai rischi climatici che si manifestano. Le azioni suggerite comprendono la pianificazione di nuovi siti di produzione in aree non vulnerabili agli impatti climatici (come le inondazioni fluviali e costiere), la promozione del consumo di energia da fonti rinnovabili, la riduzione del consumo di acqua e la produzione di rifiuti, ecc. Per la maggior parte dei settori, la mitigazione è affrontata principalmente da promuovere l'efficienza energetica e incoraggiare il cambiamento comportamentale (es. mobilità verde, aree verdi urbane).

All'interno dell'ARPAE, è stato istituito l'Osservatorio Regionale degli Scenari sui Cambiamenti Climatici (Osservatorio Regionale degli scenari di cambiamento climatico).

La Regione Emilia-Romagna ha inoltre istituito il Presidio Organizzativo Cambiamento Climatico gestito dal Servizio Valutazione Impatto e Promozione Sviluppo Sostenibile (Servizio Valutazione Impatto e Promozione Sviluppo Sostenibile). Questo organismo monitora e valuta l'efficacia delle politiche e delle linee guida regionali di adattamento e mitigazione, nonché aggiorna la strategia in base alle nuove evidenze sui cambiamenti climatici nell'area della regione.

<sup>7</sup> [https://www.gse.it/normativa\\_site/GSE%20Documenti%20normativa/EMILIA\\_ROMAGNA\\_DCR\\_n187\\_20\\_12\\_2018.pdf](https://www.gse.it/normativa_site/GSE%20Documenti%20normativa/EMILIA_ROMAGNA_DCR_n187_20_12_2018.pdf)

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	46



## 4.4 Inquadramento geologico e geomorfologico

### 4.4.1 Geologia regionale

L'ultima glaciazione (denominata Wurm) iniziò nel nostro globo 60.000-70.000 anni fa' e durò, sia pure intervallata da periodi interglaciali, fino a 17.000-20.000 anni fa', col risultato di fare abbassare il livello marino ad un centinaio di metri al di sotto di quello attuale.

Nel sottosuolo ravennate, ad una profondità di 80 metri circa, è stato possibile osservare che le faune marine fossili del Pleistocene superiore (tirreniano) tendono a scomparire, passando attraverso forme di ambiente lagunare a sedimenti di ambiente continentale, sia terrestre che di acqua dolce. Lo spessore dei sedimenti continentali depositatesi in questa zona durante la regressione wurmiana si aggira sui 50 metri. Si tratta, in prevalenza, di limi argillosi con intercalazioni di argille e sabbie.

In definitiva, durante la regressione wurmiana, a seguito dell'abbassamento marino, l'alto Adriatico si era trasformato in una vasta piana alluvionale, mentre la zona compresa tra le attuali isobate di metri 60 e metri 100 da Ancona e Pescara era caratterizzata da ambienti lagunari e marino- costieri.

Secondo studi eseguiti, sembra ormai accertato che ad iniziare da 17.000 anni fa la temperatura media terrestre cominciò ad aumentare. Prese così avvio un miglioramento climatico, che portò come conseguenza ad un generale ritiro dei ghiacciai e ad un aumento del livello marino, che, durante questa generale trasgressione, si arrestò contro le prime colline a sud di Rimini, e contemporaneamente si inoltrò notevolmente nelle aree più depresse dell'attuale pianura ravennate e del delta padano.

I primi sedimenti che documentano l'avvicinarsi dell'ambiente marino nel ravennate si trovano alla profondità di circa 25 metri e ricoprono i depositi di ambiente continentale formati durante la regressione wurmiana. Nel corso della massima espansione della trasgressione olocenica (5.000-6.000 anni fa), la linea di costa raggiunse posizioni nell'entroterra ravennate distanti una ventina di chilometri da quella attuale. Pertanto, tutta una vasta area attorno a Ravenna fu occupata dal mare fino a circa 2.000 anni fa, quando ebbe inizio una grande regressione che portò, sia pure con alterne vicende, la linea di costa all'attuale posizione.

Nel territorio ravennate, la trasgressione è contrassegnata dalla presenza di limo, dello spessore di poco più di un metro, di ambiente lagunare, cui segue sabbia di ambiente di spiaggia. Questa sabbia segue il passaggio della linea di costa che, dopo aver raggiunto rapidamente le posizioni più occidentali, durante la fase della massima espansione della trasgressione, si ritirò dopo su una posizione di qualche chilometro più arretrata. Su questa nuova posizione, la spiaggia si stabilizzò per qualche migliaio di anni, dando vita ad un corpo sabbioso spesso circa 25 m. In questo corpo sabbioso si inseriscono anche strati ghiaiosi, a causa di particolari condizioni di trasporto delle correnti di riva. A Ovest di tale corpo sabbioso, si ebbe invece una sedimentazione di limo sabbioso, limo, argilla e torba per l'instaurarsi di un ambiente, prima lagunare, poi vallivo. Ad Est dello stesso

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	47

corpo sabbioso, dove la sedimentazione avveniva via via in mare aperto sempre più lontano dalla costa, si aveva deposito di limo sabbioso, limo, o argilla.

#### 4.4.1.1 Suddivisione della zona di sedimentazione

Da quanto è stato fin qui illustrato, si possono individuare e delineare nel sottosuolo ravennate quattro zone di sedimentazione aventi proprie caratteristiche sedimentologiche e litologiche (Figura 4.12):

- **Zona A.** È la zona che non è stata raggiunta dal mare nel corso della trasgressione olocenica, pertanto i sedimenti del tardo Pleistocene e dell'Olocene sono quindi di ambiente continentale. Tale zona si trova nella parte più occidentale del territorio ravennate: verso sud, però, tende ad avvicinarsi alla costa attuale. La parte più alta del complesso litologico, i primi 15 metri, è costituita da argilla limosa con intercalazioni di torba, seguono poi verso il basso argilla, limo e sabbia in successione alternata.
- **Zona B.** È stata raggiunta dalla trasgressione olocenica durante la massima espansione, i terreni del tardo Pleistocene e dell'Olocene più antico, di ambiente continentale, sono formati da alternanza di argilla, limo e sabbia. La trasgressione olocenica è caratterizzata, da limo sabbioso di ambiente lagunare e sabbia di spiaggia dello spessore complessivo di 3-4 metri, seguono poi verso l'alto, limo sabbioso, limo di ambiente lagunare e infine argilla con torba sedimentatasi in ambiente vallino ad acqua dolce. La serie è ricoperta superficialmente da argilla giallastra, di apporto fluviale e della bonifica recente. Lo spessore dei sedimenti soprastanti alla trasgressione, diminuisce gradatamente da nord verso sud.
- **Zona C.** I terreni soprastanti alla trasgressione olocenica, sono in questa zona prevalentemente sabbiosi, mentre quelli sottostanti, sono della stessa natura delle zone già descritte. Durante le ultime fasi dell'Olocene, a causa dell'equilibrio vericatori tra variazioni del livello marino e subsidenza e della preesistenza quindi di un ambiente di spiaggia, si è sviluppato in tutta questa zona un copro sabbioso dello spessore di circa 20 metri. Anche questo complesso diminuisce gradatamente di spessore, da nord verso sud, a causa del variare in tal senso della subsidenza.
- **Zona D.** I sedimenti olocenici marini sono caratterizzati da un corpo sabbioso inferiore ed uno superiore, intervallati da limo sabbioso. La sabbia inferiore (sino a 25-30 metri) appartiene alla fase trasgressiva, mentre quella superiore appartiene alla fase regressiva. Il limo intercalato si è sedimentato quando la linea di costa si era stabilizzata ad occidente, entro la zona C. I terreni continentali sottostanti alla trasgressione (argilla, limo e sabbia) sono in genere più fini della zona precedente, data la sezione operata dai fiumi che erano i principali agenti del trasporto.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	48

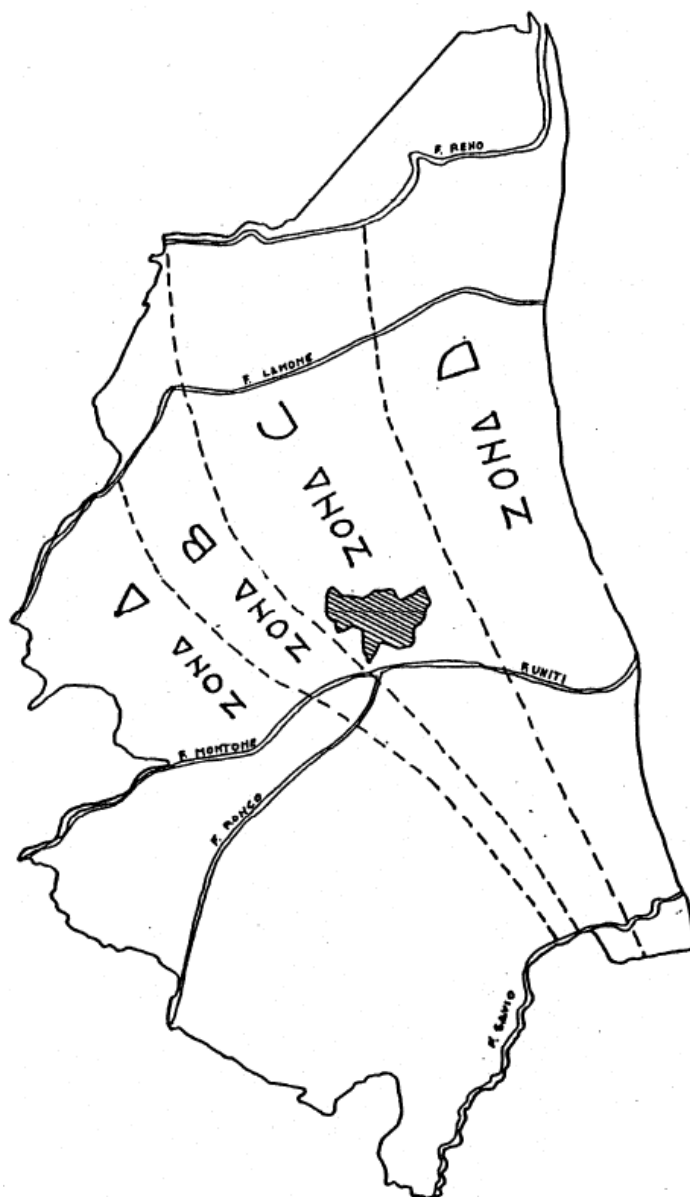


Figura 4.12 Suddivisione della zona di sedimentazione.

#### 4.4.2 Geomorfologia regionale

La pianura emiliano romagnola si estende dal margine appenninico in direzione nord fino al Fiume Po, limitata ad est dalla fascia litoranea e a nord-est dalla piana deltizia. La sua attuale configurazione è dovuta a processi ed ambienti sedimentari di origine diversa che hanno portato alla differenziazione della pianura in tre sistemi deposizionali distinti dal punto di vista genetico:

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	49



- **Sistema alluvionale** dominato dai processi fluviali di origine appenninica ed alpina (fiume Po);
- **Sistema deltizio** dominato dal paleodelta del Fiume Po in cui si hanno complesse interazioni fra dinamica fluviale, dinamica marina e tidale (ambiente di transizione);
- **Sistema litoraneo**, che comprende gli ambienti deposizionali costieri interdeltizi, costituita da corpi sabbiosi longitudinali formatisi per giustapposizione di cordoni litoranei.

Il territorio del Comune di Ravenna risulta suddiviso in due grandi domini: il primo, nella parte più occidentale del territorio, è caratterizzato da forme morfogenetiche dovute alla dinamica fluviale (**Sistema alluvionale**); il secondo, nella parte orientale del territorio, è costituito da un insieme morfogenetico litorale marino (**Sistema litoraneo**). L'area in esame ricade all'interno della fascia caratterizzata dal Sistema litoraneo.

#### 4.4.3 Subsidenza

La subsidenza è il fenomeno di abbassamento della superficie terrestre causato da cambiamenti che avvengono nel sottosuolo. A partire dal secondo dopoguerra è apparso chiaro che la Pianura Padana e, in particolare, quella emiliano romagnola, è soggetta a fenomeni estesi di subsidenza (Carminati et al. 2005). Questo processo, che può avere cause sia naturali che artificiali, diviene un vero e proprio fattore di rischio quando l'abbassamento del terreno è particolarmente forte o quando la topografia è già depressa e vicina, o al di sotto, del livello del mare.

Per una pianura alluvionale come quella dell'Emilia-Romagna i valori di subsidenza naturali attesi sono dell'ordine di 0,1-0,3 cm/anno mentre i valori effettivamente misurati nelle ultime decine d'anni sono quasi ovunque maggiori di 0,4 cm/anno e con punte di 5 cm/anno (Figura 4.13).

1. La Regione Emilia-Romagna, conscia della criticità del fenomeno, ha realizzato tramite ARPA Emilia-Romagna e in collaborazione con il DISTART dell'Università di Bologna, la Rete Regionale di Controllo della Subsidenza a partire dalla fine degli anni '90. Essa consta di una rete di linee di livellazione di alta precisione integrata con una rete di stazioni di misura GPS. A partire dal 2005 il monitoraggio della Regione ha inoltre beneficiato, per la prima volta, di una tecnica di misura particolarmente innovativa che si basa su un'analisi delle variazioni di quota distribuite su tutta la superficie del territorio di pianura (Interferometria satellitare tipo SAR).

Un cospicuo lavoro di omogeneizzazione dei dati di subsidenza disponibili per gli anni '70-'90 e dei dati provenienti dalla Rete regionale ha permesso di elaborare delle carte dell'abbassamento del suolo in Emilia-Romagna che mettono in luce le aree più critiche e le relazioni con i principali ambienti geologici della pianura ovvero:

2. Le conoidi alluvionali allo sbocco delle valli appenniniche. Fra queste la conoide del Fiume Reno, su cui si sviluppa una parte rilevante della città di Bologna e della sua provincia, registra il preoccupante record di valori di subsidenza maggiori ai 3 cm all'anno negli ultimi decenni;

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	50



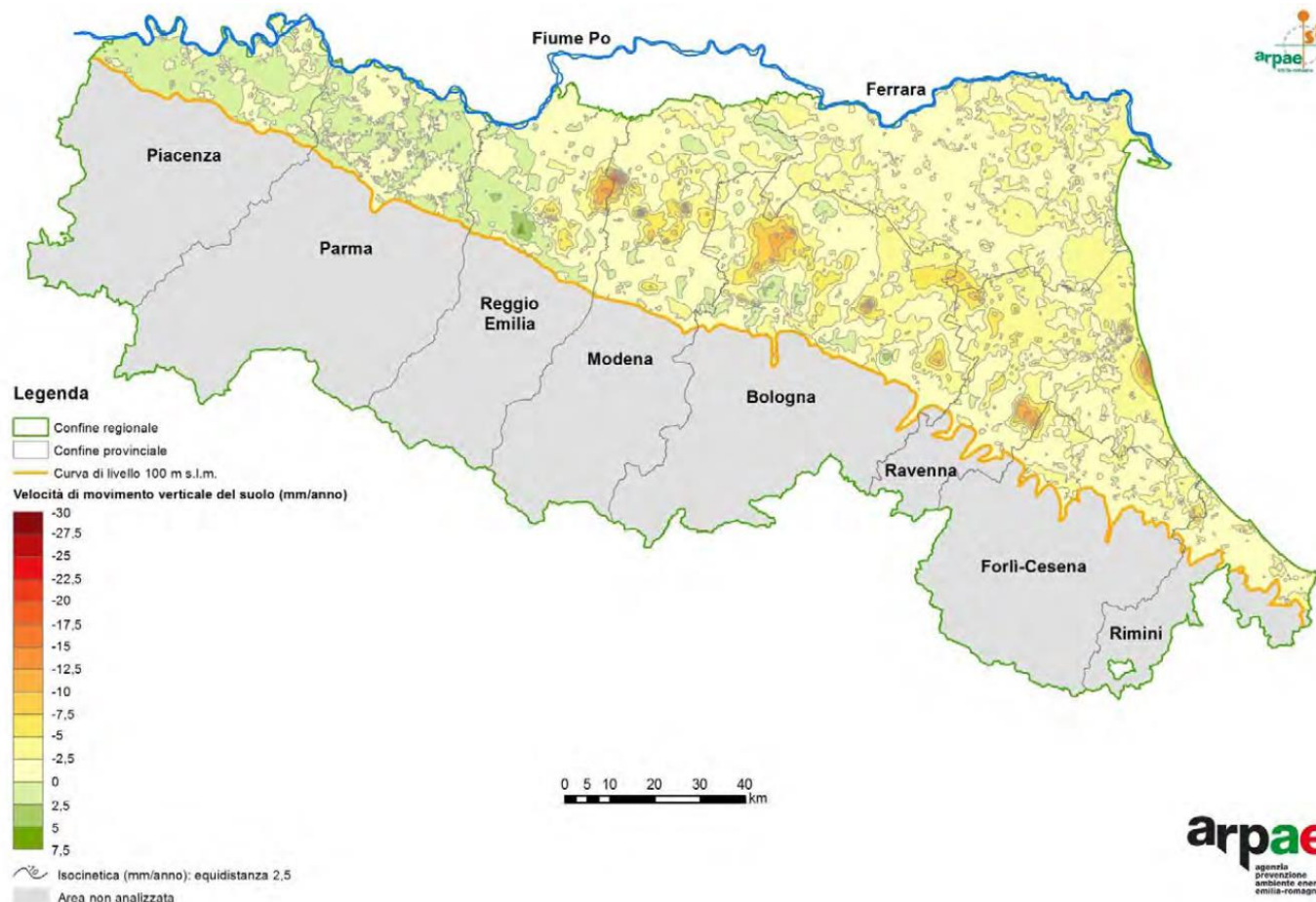


Figura 4.14 Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2011-2016 (Bissoli & Pellegrino 2018).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	52



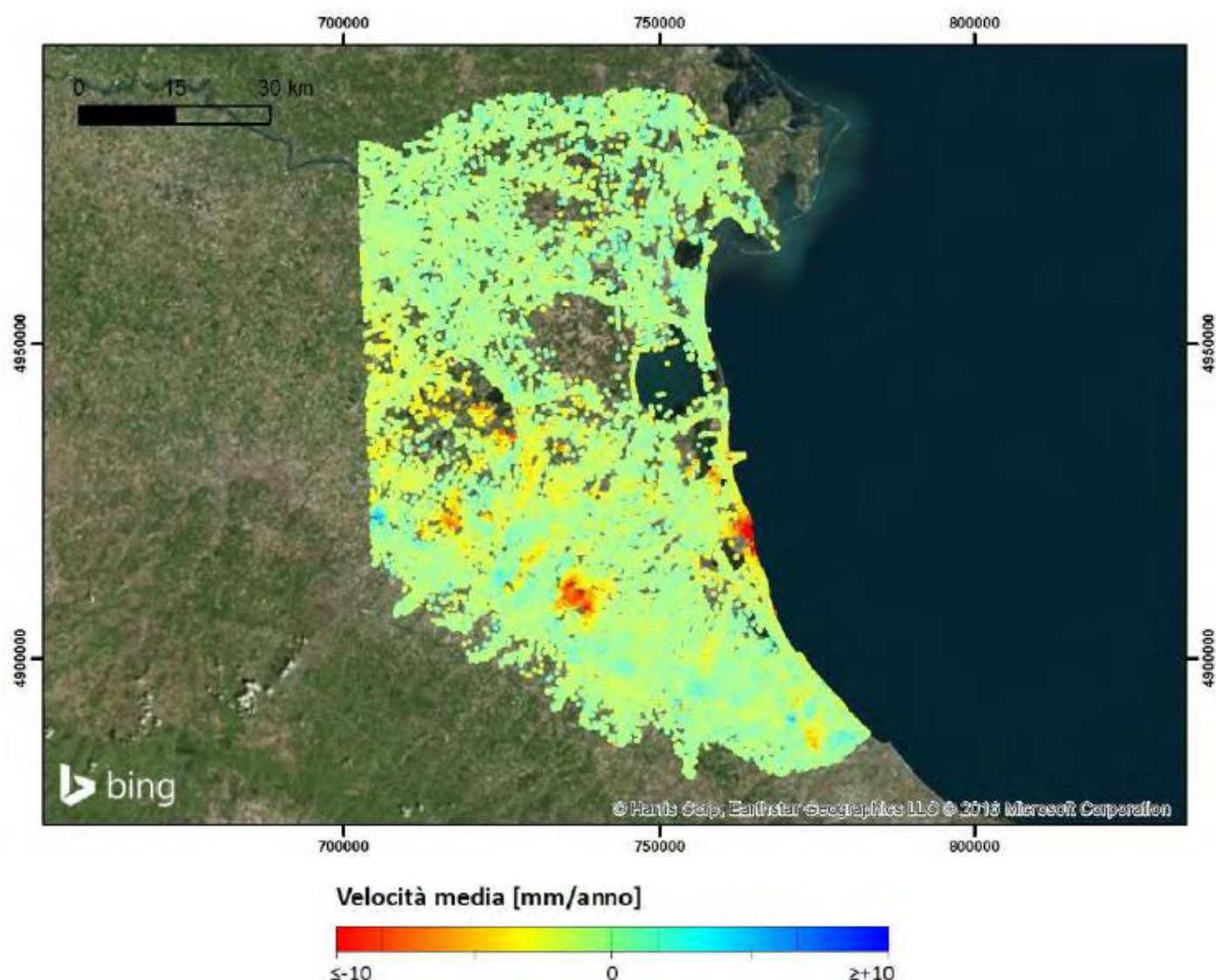


Figura 4.15 Velocità media annua dei punti individuati con l’elaborazione del sito di Ravenna (Bissoli & Pellegrino 2018).

Per quanto riguarda i soli valori di velocità di abbassamento del suolo va ricordato che i dati interferometrici, soprattutto se privi di scomposizione tra componenti orizzontale e verticale (ed è questo il caso in esame), sovrastimano generalmente quelli derivanti dalle livellazioni di precisione. Nel caso in esame comunque i massimi di subsidenza registrati dall’interferometria intorno a foce Fiumi Uniti sono dell’ordine dei – 20 mm/a (i più elevati lungo tutta la costa; Figura 4.16).

Le coste sono interessate da una marcata subsidenza naturale, a causa dei processi tettonici e del recente consolidamento dei sedimenti. A partire dalla seconda metà del secolo scorso, la subsidenza di quest’area è

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	53

umentata in modo significativo a causa dell'intensa estrazione di gas e dello sfruttamento delle acque sotterranee (Bonaldo et al. 2019, Calabrese et al. 2021; Figura 4.17).

Gli effetti combinati di subsidenza e innalzamento del livello del mare, previsti in base ai diversi scenari di cambiamento climatico, rendono quest'area ad alto rischio di inondazioni, con tempi di ritorno sempre più brevi (Sekovski et al. 2015, Harley et al. 2016, Perini et al. 2016, Perini et al. 2017; Figura 4.18).

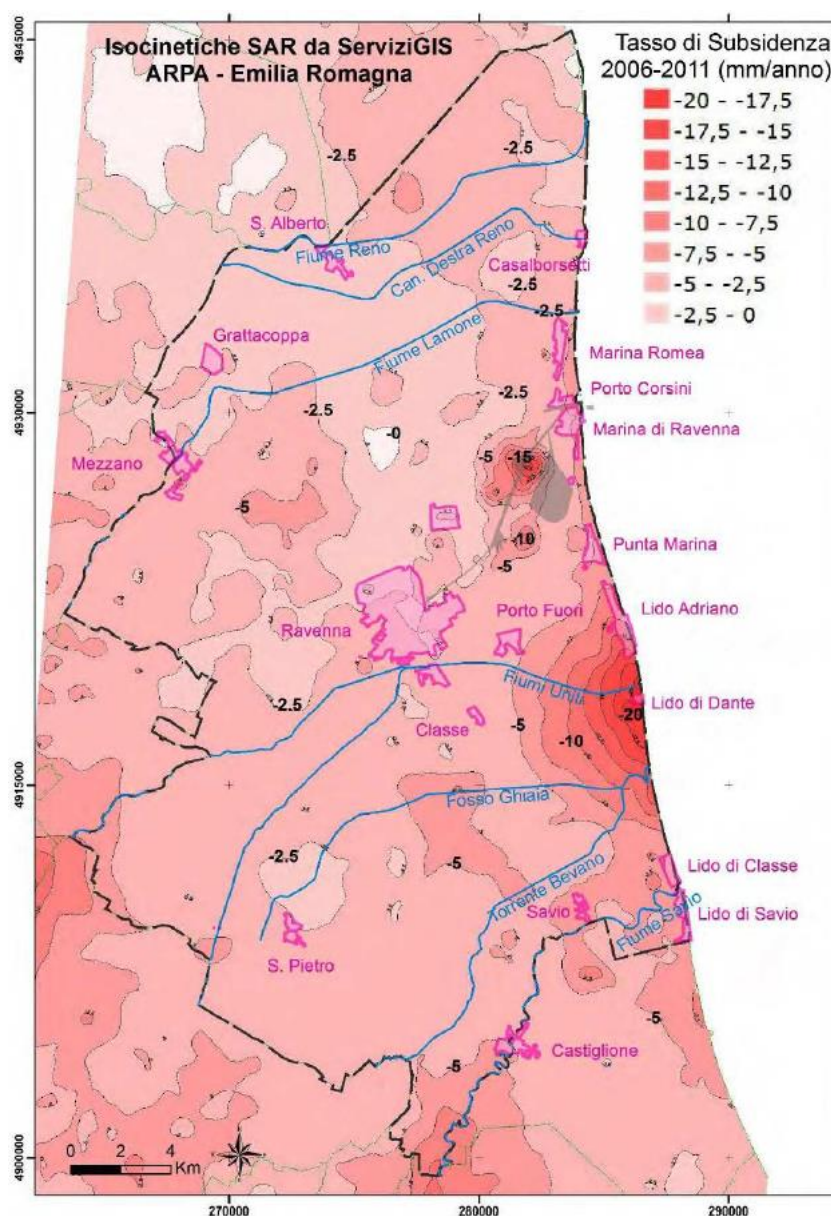


Figura 4.16 Isocinetiche SAR messe recentemente a disposizione sul portale delle Regione E-R. In figura riportato uno stralcio relativo al Comune di Ravenna.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	54



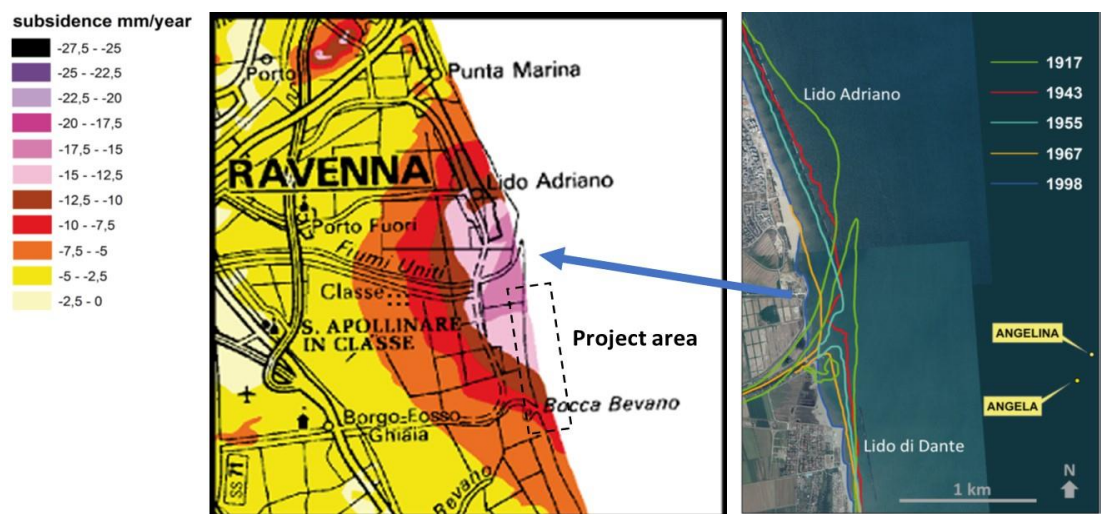


Figura 4.17 A sinistra, mappe isocinetiche della subsidenza del terreno 2011-2016 intorno all’area di progetto (linea tratteggiata), a destra, la posizione della linea di costa presso la vicina foce dei Fiumi Uniti nel periodo 1917-1998 (Calabrese et al. 2021).

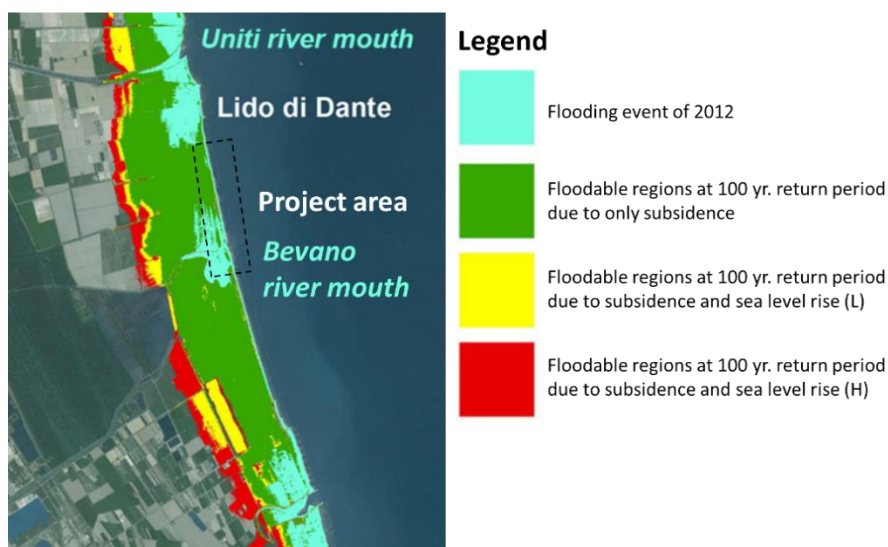


Figura 4.18 Regioni alluvionali attorno all’area del progetto (linea tratteggiata) in caso di mareggiata con periodo di ritorno di 100 anni in diversi scenari (L = “migliore” e H = “peggiore” scenario di aumento del livello del mare; Perini et al. 2017).

## 4.5 Evoluzione costiera ed effetti delle opere di difesa

Data la rilevanza ai fini di questo studio, da parte del gruppo di geologi dell’Università di Bologna coinvolti nel progetto LIFE NatuReef è stata condotta un’analisi approfondita dell’evoluzione costiera e degli effetti degli interventi e delle opere di difesa costiera esistenti.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	55



#### 4.5.1.1 Analisi 1989 – 2019

Di seguito viene descritta l'evoluzione di riva nel tratto costiero tra la foce dei Fiumi Uniti e la foce del torrente Bevano nel periodo 1989-2019.

La Figura 4.19 illustra i valori di LRR per il periodo 1998-2019 lungo i 175 transetti selezionati. Sono state identificate due aree di accrescimento: una situata nel settore settentrionale in corrispondenza degli stabilimenti balneari di Lido di Dante e l'altra nell'estremità meridionale, vicino alla foce del fiume Bevano. L'area di accrescimento settentrionale è attribuita alla presenza di barriere frangiflutti di fronte alla spiaggia di Lido di Dante erette nel 1980, che hanno mitigato l'erosione, determinando un tasso medio di accrescimento di  $0.7 \pm 1.1$  m/anno.

Situazioni di erosione costiera sono individuate in due zone distinte. La prima comprende una piccola area a nord, vicino alla foce del Fiumi Uniti, mentre la seconda si estende nella zona centrale, dove si riscontra un pattern erosivo predominante tra il transetto 62 e il transetto 128 (che rappresentano il 56% del totale dei transetti). L'erosione è più marcata nella regione centrale, con una progressiva diminuzione verso sud. Il tasso medio di erosione nell'area centrale è di  $-2.3 \pm 1.0$  m/anno, riducendosi fino a valori trascurabili nei segmenti più meridionali. Nella zona di posizionamento della scogliera di progetto, il tasso medio di erosione è stato di  $-1.5 \pm 1.1$  m/anno dal 1998 al 2019.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	56

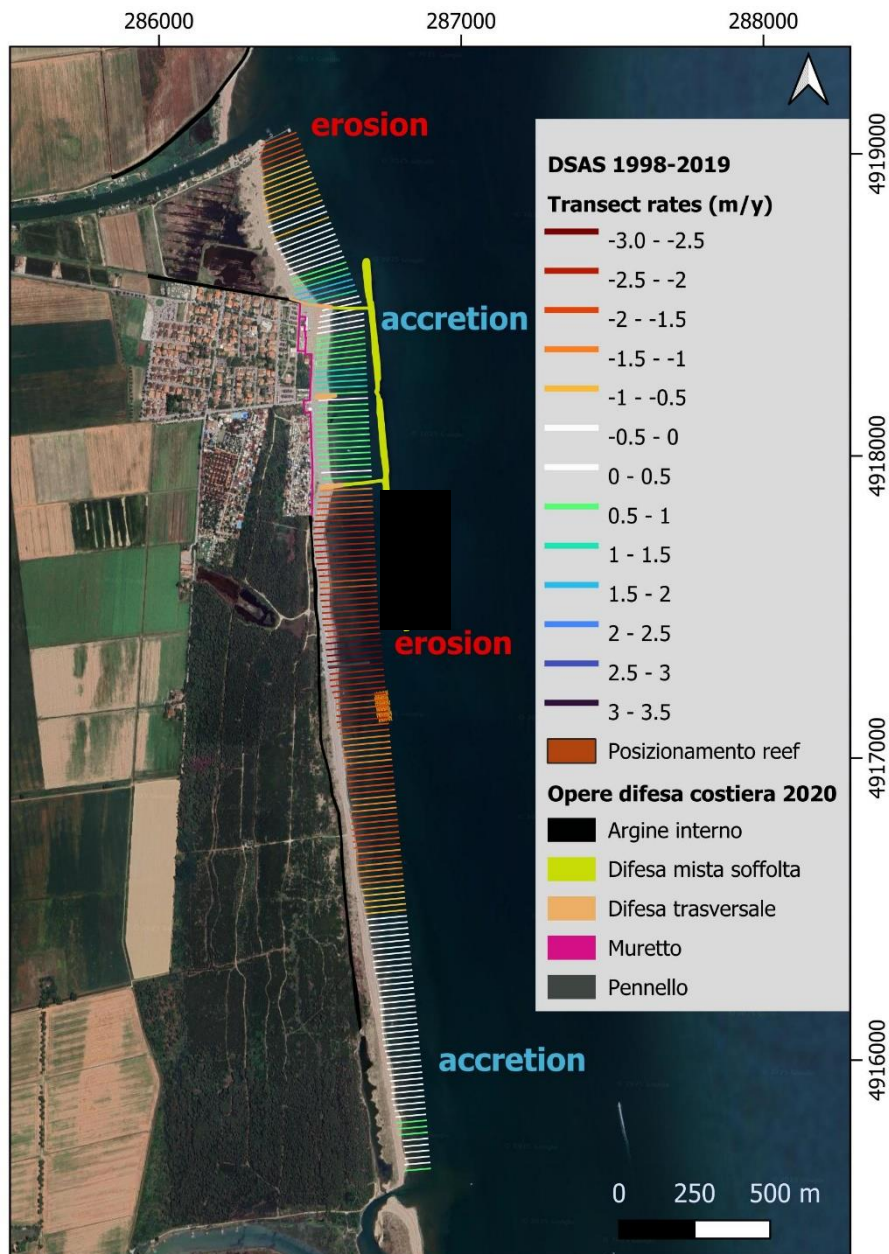


Figura 4.19 - Linear Regression Rate – LRR (m/anno) per il periodo 1998-2019 (Sistema coordinate: WGS84 - UTM333)

#### 4.5.1.2 Analisi 2019 – 2023

L'analisi relativa al periodo 2019-2023 evidenzia un quadro eterogeneo, con variazioni significative nelle tendenze di evoluzione costiera a seconda del tratto analizzato (Figura 4.20). Nella stessa figura è rappresentato il tasso di variazione della linea di riva lungo i transetti compresi tra la foce dei Fiumi Uniti a nord e la foce del Bevano a sud. Sono inoltre riportate l'opera di difesa costiera (aggiornata al 2020) e il posizionamento del reef di ostriche

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	57





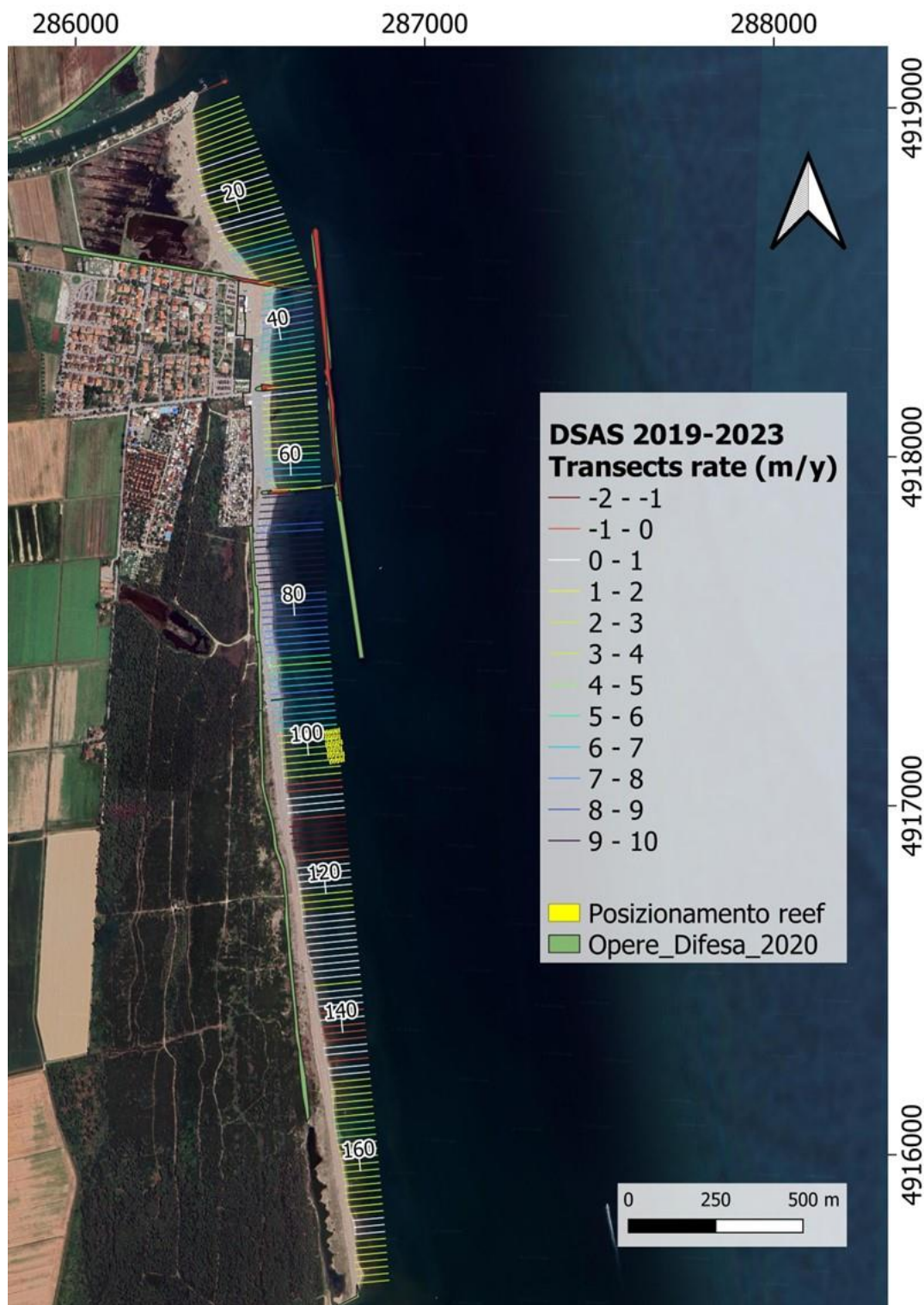


Figura 4.20 - Linear Regression Rate – LRR (m/anno) per il periodo 2019-2023.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	59

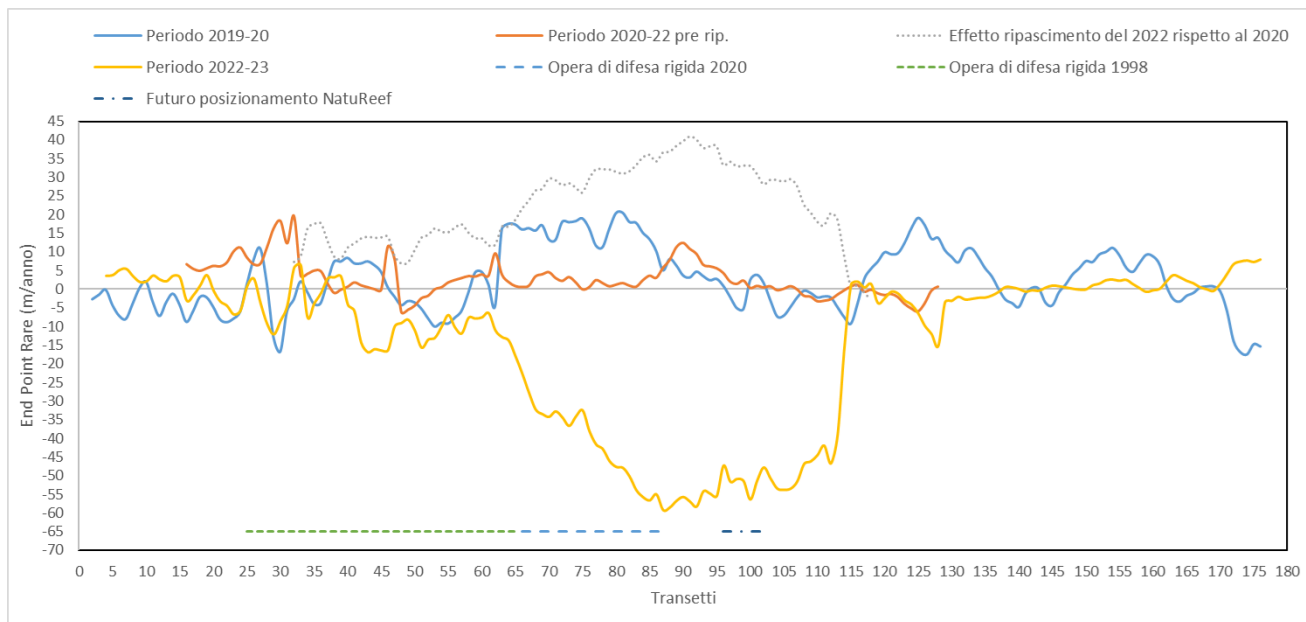


Figura 4.21 – Variazione temporale della linea di rive (m/anno) nell’area compresa tra la foce dei Fiumi Uniti e la foce del Bevano su quattro sotto-periodi. La linea orizzontale blu rappresenta la posizione della barriera rigida soffolta in corrispondenza dei transetti 25-87, mentre quella verde il posizionamento del reef (transetti 96-102)

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	60

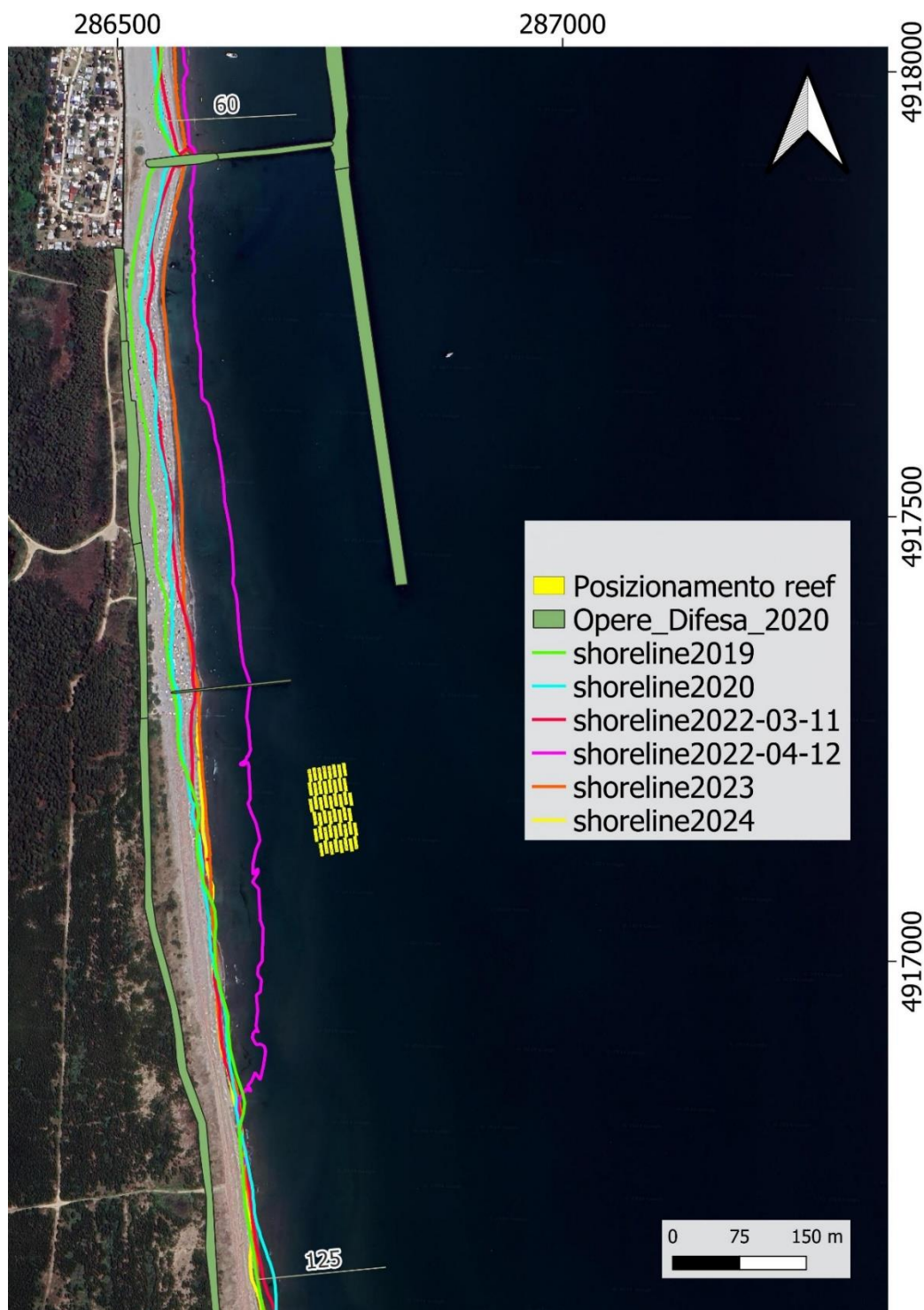


Figura 4.22 - Linee di riva utilizzate nell'analisi DSAS per il periodo 2019-2023 e linea di riva 2024 rilevata durante le attività di monitoraggio del presente progetto LIFE NatuReef. Si noti il significativo arretramento della linea di riva nel periodo successivo al ripascimento (aprile 2022-2024).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	61



I risultati delle analisi in Figura 4.19, Figura 4.20 e Figura 4.22 sono state integrate e si sono selezionati 6 transetti (n. 60, 72, 82, 100, 113, 123, fare riferimento a Figura 4.20 per il posizionamento) per fornire una panoramica dell'evoluzione della linea di riva nell'intorno dell'area di installazione della scogliera.

La Figura 4.23 (a – f) mostra il tasso EPR per l'intervallo temporale 1998 – 2022 pre-ripascimento per i transetti 60, 72, 82, 100, 113, 123, mentre la Tabella 2 elenca i valori di NSM calcolati fino al 2024. Valori positivi di NSM ed EPR indicano accrescimento, mentre valori negativi indicano erosione. In generale, si nota che fino al 2005 si è verificata una forte erosione costiera per tutti i transetti e che questa tendenza si è ripresentata più volte anche negli anni successivi, con picchi nel 2019 per i transetti più a nord, e nel 2013 e 2019 per quelli più a sud. Nel marzo 2022, all'interno del progetto denominato 'Progettone 4' della regione Emilia-Romagna, è stato effettuato un importante ripascimento che ha interessato il tratto di costa dall'abitato di Lido di Dante fino a sud dell'area di studio. Tale intervento ha portato ad un avanzamento medio di circa 40 m su tutta l'area interessata dal ripascimento, con valori maggiori di 65 m nell'intorno del transetto n. 82. A distanza di un anno, nel 2023, a seguito della ridistribuzione del sedimento, si registra un arretramento medio di circa 40 m. La linea di riva retrocede praticamente alla posizione pre-ripascimento, assecondando una tendenza erosiva di quel tratto di costa. Da sottolineare, però, che con i dati attuali non si può valutare l'effetto sul lungo tempo del ripascimento né prevedere come sarebbe stata la situazione se il ripascimento non fosse avvenuto. L'andamento di arretramento tende generalmente a diminuire o ad arrestarsi nel 2024 per i transetti 100 e 113, mentre aumenta lungo il transetto 123 come mostrato in Tabella 4.6.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	62

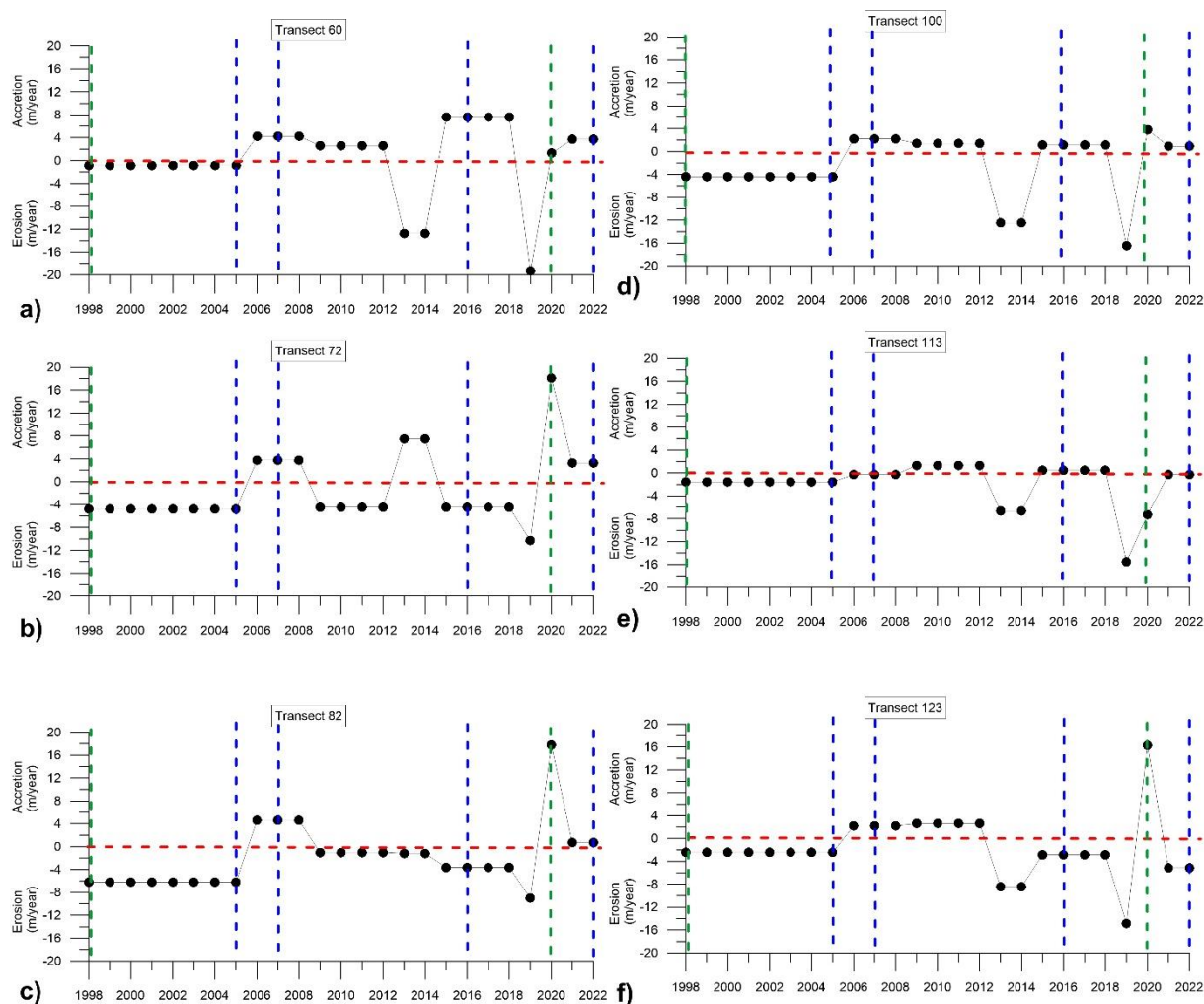


Figura 4.23 - a) – f) – Tasso di accrescimento ed erosione EPR [m/anno] nei vari intervalli di tempo (1998-2005; 2005-2008; 2008-2012; 2012-2014; 2014-2018; 2018-2019; 2019-2020; 2020-2022 pre-ripascimento Progettone 4) per un insieme selezionato di transetti nell'intorno dell'area di posizionamento della scogliera (riferirsi a Figura 4.20 per la posizione). Le linee tratteggiate blu indicano i periodi dei principali ripascimenti nell'area di studio, incluso Progettone 2 (2007), Progettone 3 (2016) e Progettone 4 (2022); la linea tratteggiata rossa indica il valore 0 m/anno = stabilità; le linee tratteggiate verdi indicano i principali interventi di difesa costiera (1998 costruzione della scogliera frangiflutto; 2020 costruzione della barriera soffolta a continuazione della scogliera frangiflutto in prossimità degli stabilimenti balneari di Lido di Dante).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	63

Tabella 4.6 – Valori NSM (Net Shore Movement) (m) per un insieme selezionato di transetti nell'intorno dell'area di posizionamento della scogliera (riferirsi a Figura 4.20 per la posizione)

Transetto	Year	NSM	Transetto	Year	NSM
60	1998-2005	-5.9	100	1998-2005	-30.8
	2005-2008	12.7		2005-2008	6.6
	2008-2012	10.3		2008-2012	5.6
	2012-2014	-25.5		2012-2014	-25.0
	2014-2018	30.3		2014-2018	4.4
	2018-2019	-19.3		2018-2019	-16.5
	2019-2020	1.3		2019-2020	3.8
	2020-2022	7.3		2020-2022	1.8
	2022-2022	16.3		2022-2022	60.2
	2022-2023	-6.4		2022-2023	-51.5
	2023-2024	N/A		2023-2024	-4.9
72	1998-2005	-33.8	113	1998-2005	-11.0
	2005-2008	11.3		2005-2008	-0.8
	2008-2012	-17.9		2008-2012	5.3
	2012-2014	14.9		2012-2014	-13.3
	2014-2018	-18.0		2014-2018	1.9
	2018-2019	-10.3		2018-2019	-15.5
	2019-2020	17.9		2019-2020	-7.5
	2020-2022	6.6		2020-2022	-0.6
	2022-2022	50.4		2022-2022	19.1
	2022-2023	-36.7		2022-2023	-15.8
	2023-2024	N/A		2023-2024	-4.9
82	1998-2005	-43.4	123	1998-2005	-17.2
	2005-2008	13.7		2005-2008	6.6
	2008-2012	-4.1		2008-2012	10.4
	2012-2014	-2.4		2012-2014	-16.9
	2014-2018	-14.5		2014-2018	-11.4
	2018-2019	-9.0		2018-2019	-14.9
	2019-2020	17.7		2019-2020	16.2
	2020-2022	1.4		2020-2022	-10.3
	2022-2022	65.2		2022-2022	N/A
	2022-2023	-54.0		2022-2023	-4.1
	2023-2024	N/A		2023-2024	-6.9

#### 4.5.1.3 Variazioni topografiche e batimetriche

Le variazioni della linea di costa trovano conferma nelle variazioni topografiche e batimetriche avvenute nei diversi periodi e tratti di fondale comparabili sulla base dei dati disponibili. Ad esempio, è evidente l'effetto sulla batimetria del ripascimento realizzato dalla Regione Emilia-Romagna nel 2022 (Progettone 4), con un innalzamento del terreno fino a +2 m in corrispondenza della spiaggia emersa e sommersa avvenuto tra aprile e marzo 2022 (Figura 4.24). Tuttavia, l'effetto del ripascimento ha avuto una dura piuttosto breve, come ben evidenziato dalla differenza di quota tra il rilievo del post ripascimento (aprile 2022) e il rilievo di marzo 2024, dove si osservano abbassamenti del fondale in prossimità della riva fino a -1.5 m avvenuti in circa 2 anni (Figura 4.25). In effetti, misurando le variazioni tra pre-ripascimento e due anni dopo le differenze di quota sono di minore entità e

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	64



prossime allo zero o leggermente negative verso riva, a testimonianza che dell'esaurimento dell'effetto del ripascimento (Figura 4.26).

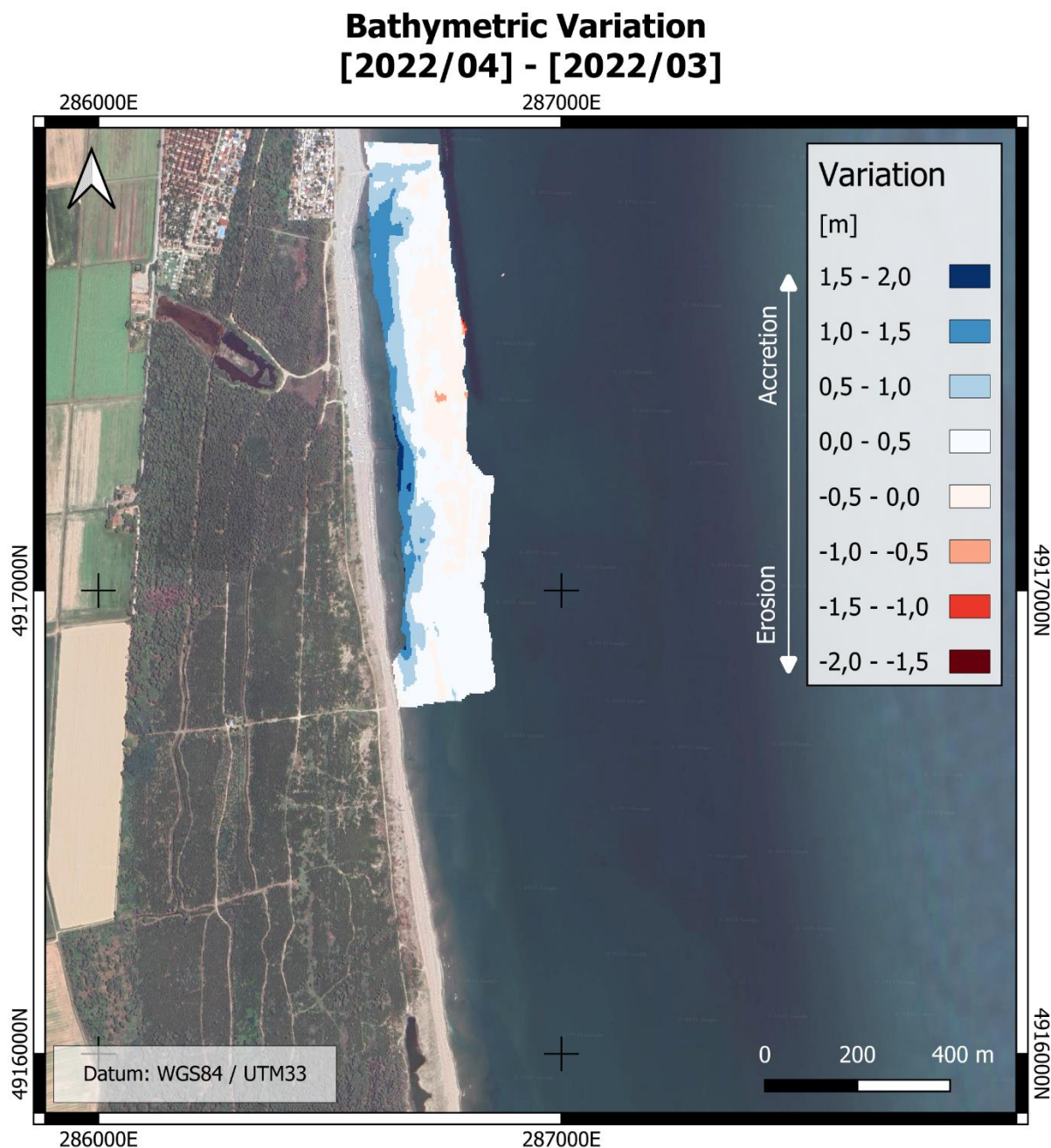


Figura 4.24 Variazione della batimetria tra post- (12/04/2022) e pre- (11/03/2022) ripascimento (immagine di sfondo Google Earth 15/07/2023).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	65

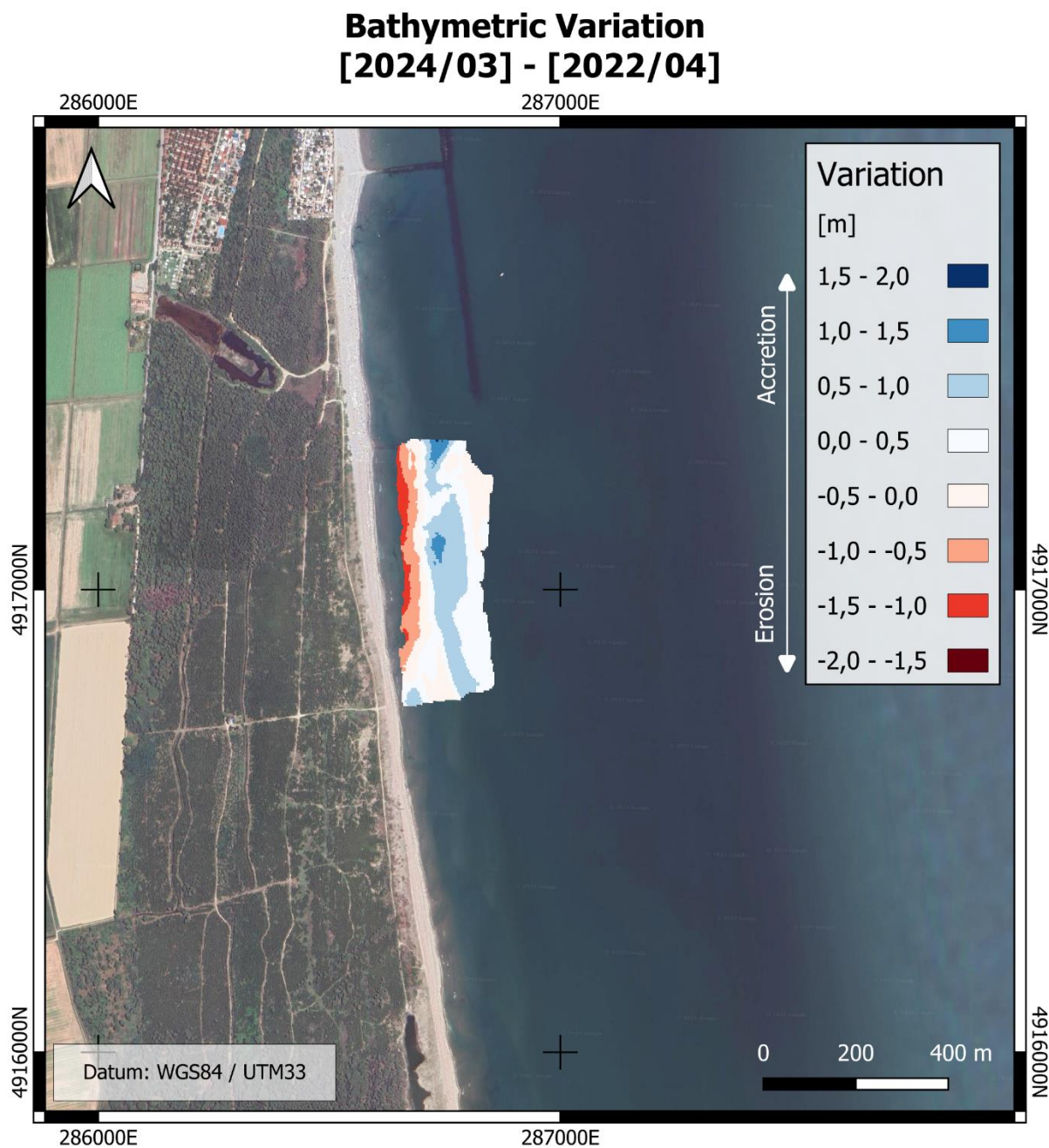


Figura 4.25 Variazione della batimetria tra post- ripascimento (12/04/2022) e circa due anni dopo (14/03/2024) (immagine di sfondo Google Earth 15/07/2023).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	66



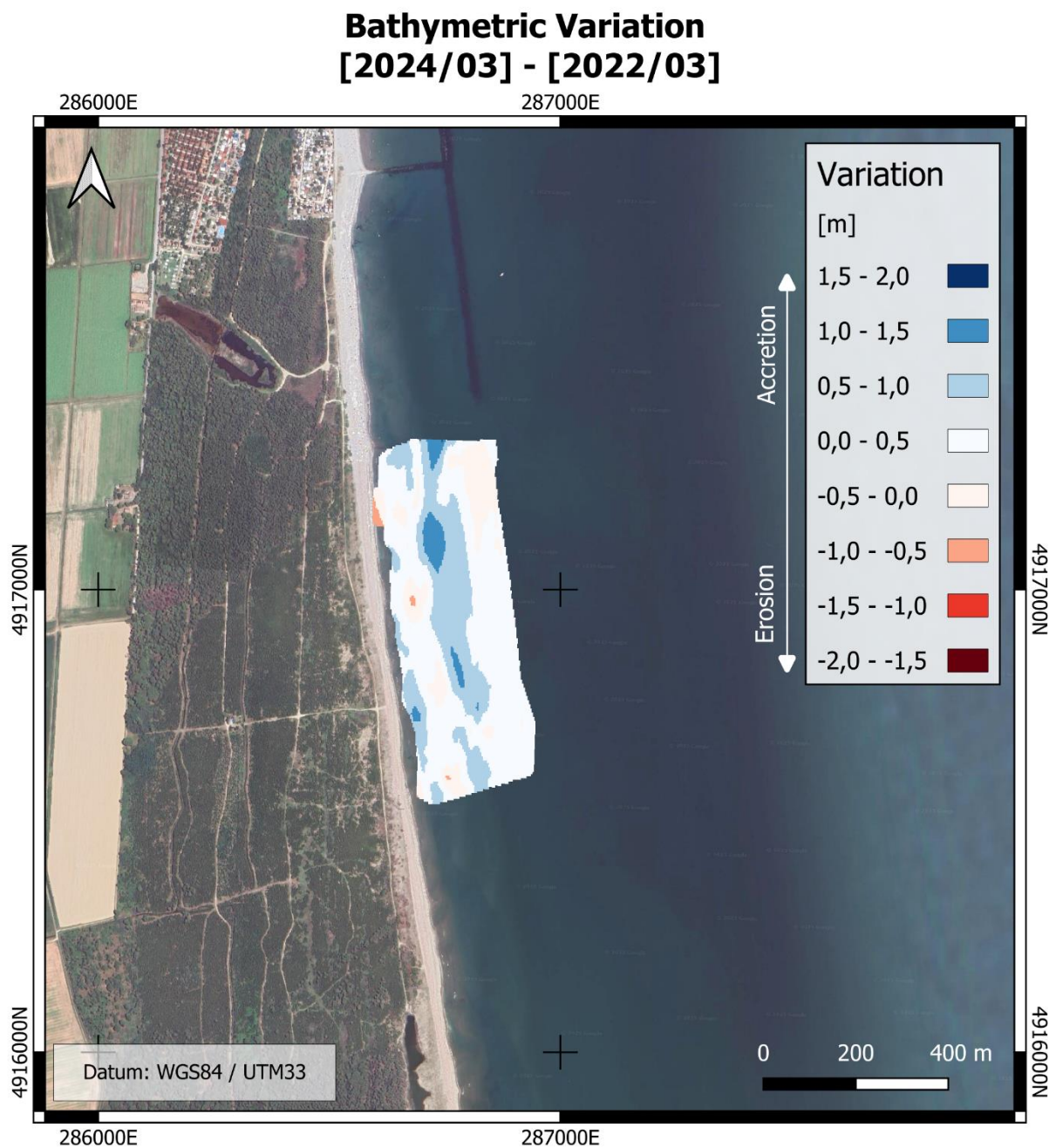


Figura 4.26 Variazione della batimetria tra pre- ripascimento (11/03/2022) e circa due anni dopo (14/03/2024) (immagine di sfondo Google Earth 15/07/2023).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	67



La Figura 4.27 mostra le variazioni di batimetria avvenute localmente in circa un anno (2021-2022) dietro la scogliera soffolta realizzata a inizio 2020, in prolungamento di quelle preesistenti a Lido di Dante, e prima del ripascimento regionale, ad aprile 2022 (Progettone 4).

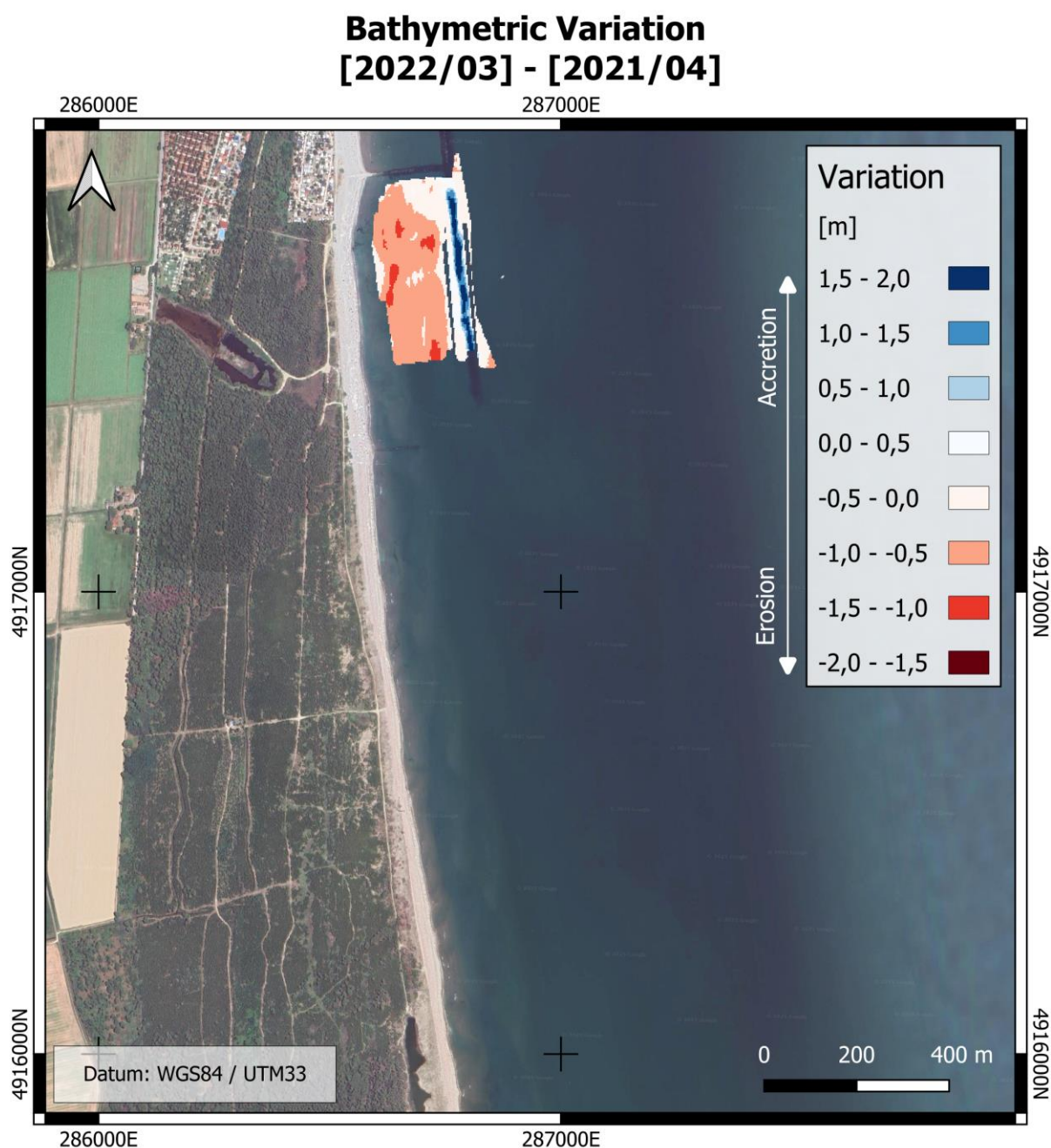


Figura 4.27 Variazione della batimetria in un anno dopo la costruzione della diga soffolta e prima del ripascimento (immagine di sfondo Google Earth 15/07/2023).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	68

## 4.6 Sedimenti litoranei

Le caratteristiche dei sedimenti nell'area marina prospiciente la foce del Torrente Bevano è stata recentemente investigata nell'ambito del progetto di caratterizzazione dell'area di foce del Torrente Bevano e individuazione delle strategie di conservazione e valorizzazione delle aree di nursery per specie protette e d'interesse commerciale, realizzato dal Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali (CIRSA) ALMA MATER STUDIORUM - Università di Bologna nell'ambito della Azione 2.A.a) "Habitat marini e lagunari – Studi e ricerche" del FEAMP 2014/2020, Regione Emilia-Romagna (Abbiati et al. 2019).

Nell'area marina prospiciente il SIC/ZSC - ZPS IT4070009 le analisi granulometriche indicano la prevalenza di sabbie fini ben calibrate che caratterizzano i sedimenti da 1 a 7-8 m di profondità. All'interno dell'area indagata si osserva comunque un gradiente regolare da sabbie medie ( $> 0,25$  mm) in prossimità della riva (0-1 m di profondità; Figura 4.28) a sabbie fini (0,25 mm – 0,063 mm) che occupano con percentuali elevate (60-90%) gran parte dell'area di studio (Figura 4.29), fino a una maggiore presenza di fango ( $< 0,063$  mm) dal 30 al 60%, nelle zone più al largo (Figura 4.30). La zona di mare con la maggiore abbondanza di sabbia media è quella immediatamente a ridosso della foce. Questi andamenti sono strettamente legati alla capacità di trasporto e dispersione dei diversi sedimenti da parte delle correnti fluviali e marine.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	69

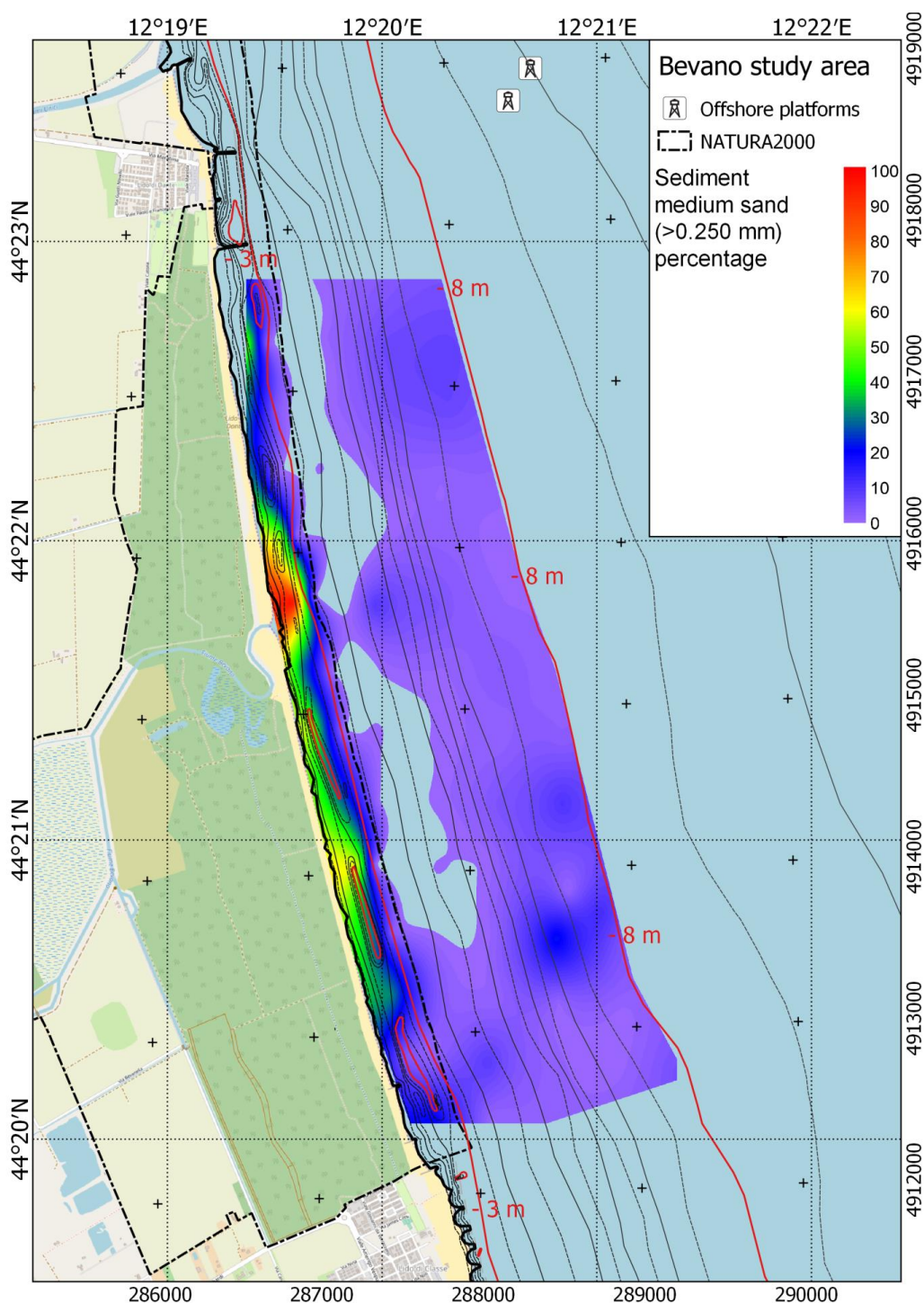


Figura 4.28. Mappa di distribuzione delle sabbie medie nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	70



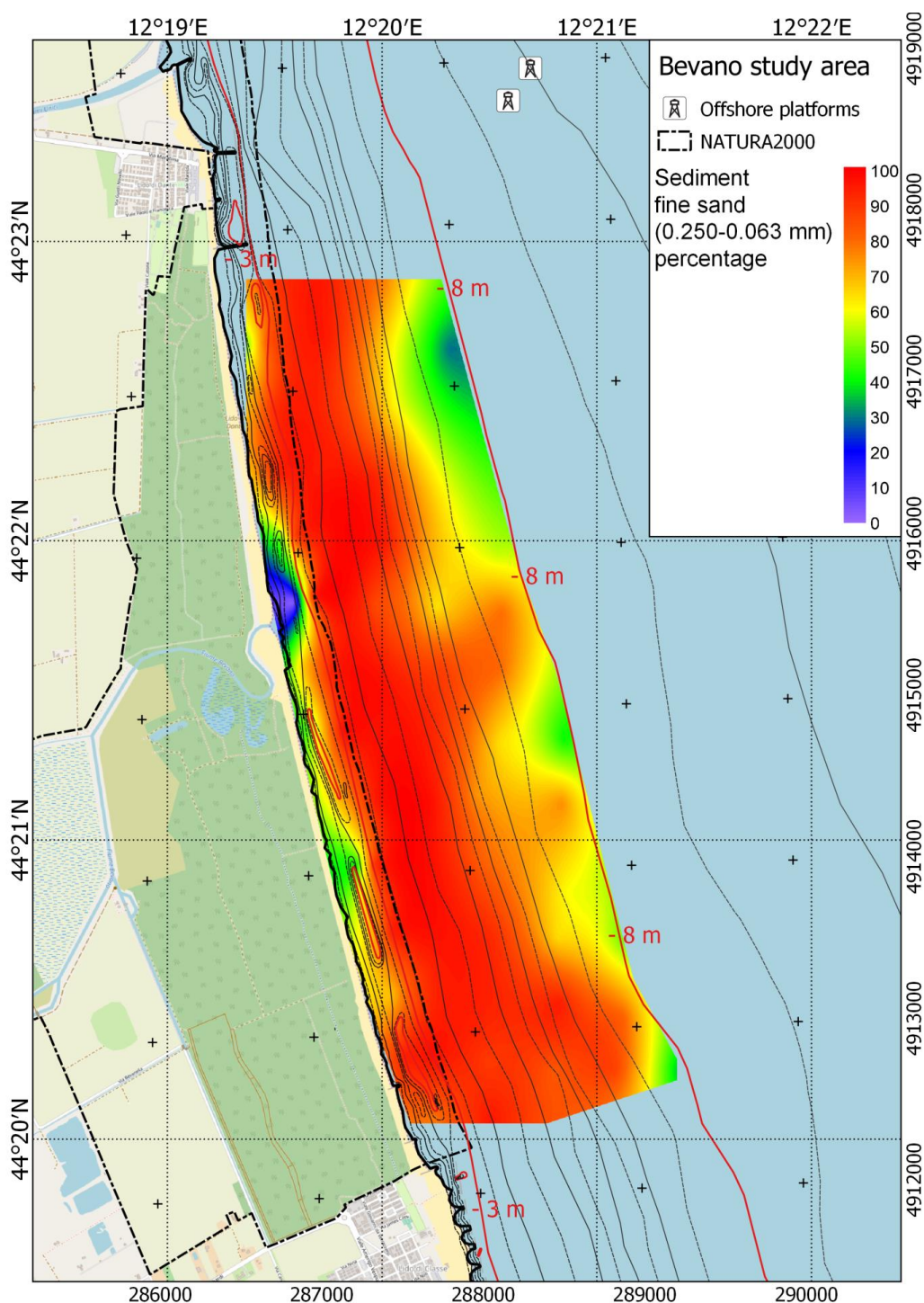


Figura 4.29. Mappa di distribuzione delle sabbie fini nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	71

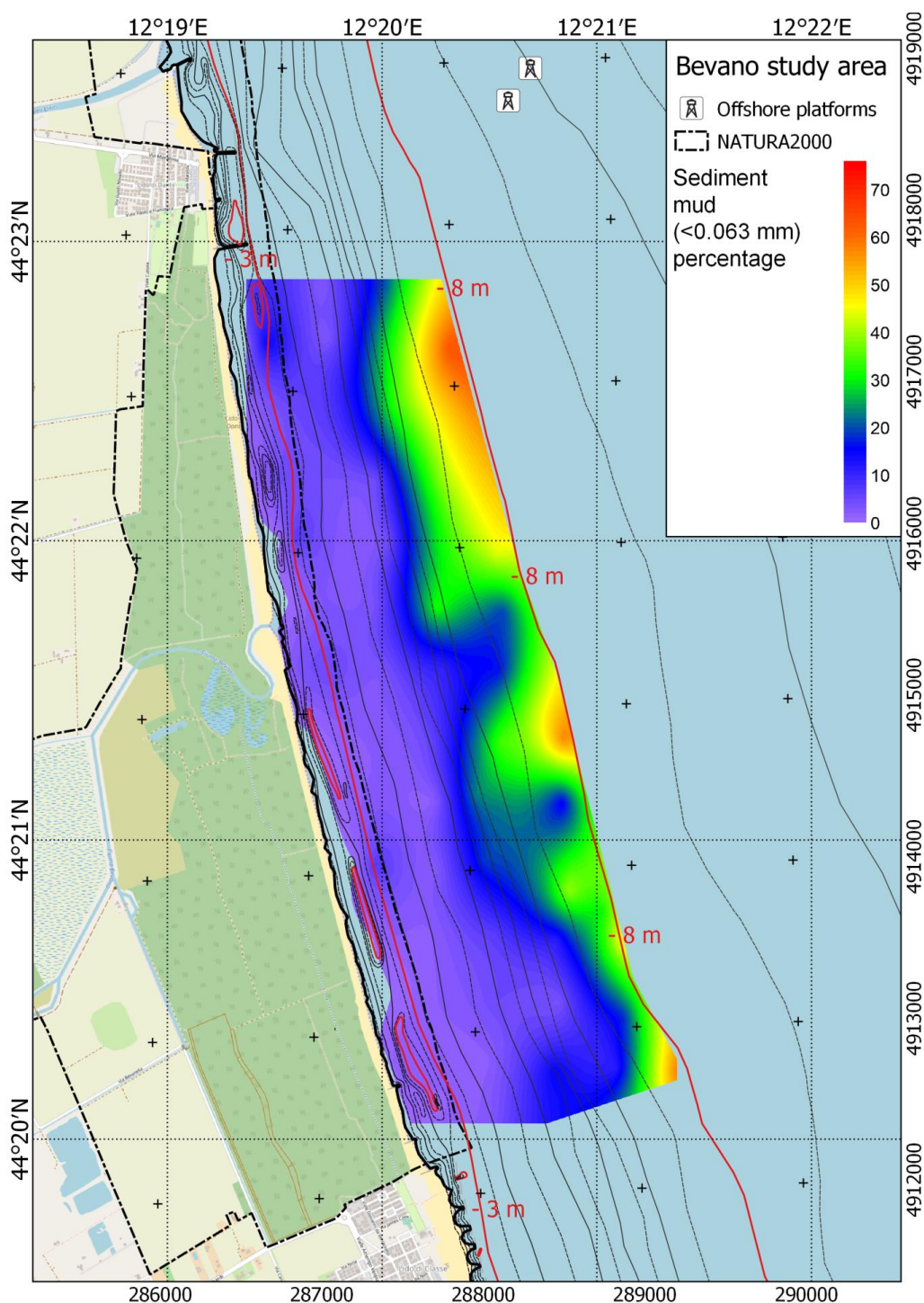


Figura 4.30. Mappa di distribuzione dei sedimenti fangosi nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	72



## 4.7 Qualità delle acque superficiali

L’area di interesse, considerata ai fini della valutazione di impatto ambientale degli interventi in progetto, è ricompresa tra le foci fluviali di due corsi d’acqua: fiumi Uniti, a nord, e torrente Bevano, a sud. Le due foci fluviali racchiudono una fascia costiera di lunghezza pari a circa 3,5 km.

Per la descrizione dello stato di qualità delle acque costiere un utile riferimento sono i risultati raccolti, e i relativi report elaborati da Arpae (in particolare della Struttura oceanografica DAPHNE) nell’ambito delle attività di monitoraggio della qualità delle acque marine in Emilia-Romagna, istituita ai sensi del DLgs 152/06 e ss.mm.ii., in particolare le stazioni costiere adiacenti all’area di progetto “Lido Adriano”, nei pressi della foce dei Fiumi Uniti, e “Foce Savio” (Figura 4.31), e dalla Regione Emilia Romagna - Servizio Sanità Pubblica in collaborazione, ancora, con ARPA Emilia Romagna e AUSL, nell’ambito delle attività di controllo delle acque di balneazione.



Figura 4.31. Rete di monitoraggio della qualità delle acque marine in Emilia-Romagna, a sinistra, e dettaglio della l’area di interesse, a destra (base cartografica terrestre Google Maps).

Per un quadro sinottico qui è stato fatto riferimento all’ultimo report sullo stato delle acque marine, relativo al Triennio 2017-2019 e Sessennio 2014-2019 (Arpae 2021). Le stazioni considerate in questo studio sono riportate in Tabella 4.7.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	73





di circa 4 °C (gennaio-febbraio) e massimi estivi che possono raggiungere, e occasionalmente superare, i 30 °C ad agosto (ondate di calore), con variazioni più ampie in prossimità della costa.

### 4.7.3 Salinità

Gli andamenti della salinità sono contraddistinti da una marcata variabilità in tutte le stazioni monitorate, sia sotto costa che al largo, che si rende più evidente nelle stazioni settentrionali rispetto a quelle centro-meridionali della regione. Questa variabilità è sempre ben correlata ai regimi di portata fluviale, molto influenti in questa parte di Adriatico nord-occidentale, che congiuntamente all'azione di miscelamento operato dal moto ondoso e a situazioni particolari come *upwelling* (venti spiranti da terra che richiamano verso costa acque di fondo con caratteristiche idrologiche diverse), contribuiscono in poco tempo a modificare le condizioni ambientali dell'ecosistema marino costiero. Nell'area in esame la salinità mostra variazioni sostanzialmente legate agli apporti fluviali nei periodi di maggiore piovosità, con minimi di 24 psu e massimi di 37 psu registrati nella stazione più prossima a Lido Adriano.

### 4.7.4 Ossigeno disciolto

L'andamento temporale dell'ossigeno disciolto, importante indicatore dello stato trofico di un ecosistema, è strettamente correlato alla biomassa autotrofa presente in sospensione nell'ambiente marino. L'andamento annuale evidenzia valori più bassi di ossigeno negli strati di fondo nelle stazioni più settentrionali che di solito sono maggiormente interessate da eventi ipossici/anossici. Nelle acque di fondo i valori più bassi (sottosaturazione) sono attribuiti alla richiesta di ossigeno da parte di organismi eterotrofi che, attraverso i processi metabolici e respiratori, degradano la sostanza organica rappresentata dalle microalghe depositate sul fondo.

Gli andamenti annuali dell'ossigeno disciolto in superficie e sul fondo mostrano in tutte le stazioni concentrazioni più elevate nel periodo invernale e più basse nel periodo estivo. Tale condizione è influenzata sia dalla presenza di biomassa microalgale, più abbondante in tale periodo, che dalle temperature in quanto, in acque fredde, aumenta la solubilità dell'ossigeno. Inoltre, in tali periodi sono presenti condizioni idrodinamiche che facilitano la miscelazione della colonna d'acqua.

Nel triennio 2017-2019 l'andamento dell'ossigeno sul fondo ha fatto registrare momenti di criticità lungo la costa durante il periodo estivo non solo nell'area settentrionale, generalmente più sensibile al fenomeno, ma anche nelle aree centrali. Le situazioni ipossiche/anossiche hanno interessato principalmente le zone costiere da Lido di Volano a Lido Adriano nei mesi da luglio a novembre. I fattori che concorrono a creare condizioni ipossiche/anossiche degli strati di fondo sono: l'innalzamento delle temperature, la presenza di materiale organico generato da fioriture microalgali, stasi idrodinamica e stratificazione termica che limita gli scambi tra gli strati superficiali e di fondo.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	75



Nell'area di interesse, l'andamento della concentrazione dell'ossigeno disciolto nel triennio ha mostrato occasionali condizioni di ipossia (tra 1 e 3 mg/l) e persino anossia (< 1 mg/l) nel periodo estivo-autunnale in prossimità del fondo nella stazione più al largo, dove naturalmente i sedimenti sono più fini e ricchi di sostanza organica e il rifornimento di ossigeno dalla superficie è minore per la maggiore profondità.

#### 4.7.5 Clorofilla “a”

La concentrazione di clorofilla “a” fornisce la misura del principale pigmento fotosintetico delle microalghe presenti nelle acque; viene utilizzata per stimare indirettamente la biomassa fitoplanctonica. Rappresenta un efficace indicatore della produttività del sistema e determina il livello di eutrofizzazione delle acque. È un componente fondamentale degli indici trofici (valutazione della produzione primaria) come ad esempio il TRIX, dell'indice di torbidità TRBIX, applicati nella valutazione delle caratteristiche trofiche del corpo idrico e dello stato ambientale dell'ecosistema. Il numero e l'ubicazione delle stazioni d'indagine permettono di effettuare una valutazione sufficiente dell'ampiezza e dell'impatto generato (blooms algali) e delle pressioni esistenti sulla fascia costiera.

Essendo la costa emiliano romagnola molto sensibile ai fenomeni eutrofici, il monitoraggio viene effettuato con frequenza elevata; l'indagine è quindicinale (1a e 3a settimana di ogni mese) e non bimestrale come prevede il DM 260/10. Una maggior frequenza d'indagine, rispetto a quanto richiesto dal decreto, deriva dalla necessità di tenere più sotto controllo le diverse fasi eutrofiche. L'analisi delle serie temporali del fitoplancton, della biomassa microalgale, degli elementi chimici e più in generale dei fattori trofici lungo la costa dell'Emilia-Romagna, risultante dai dati acquisiti in trent'anni di monitoraggi a frequenza settimanale/quindicinale, mostrano una scala temporale di variazione ben più accentuata rispetto alla frequenza di misure prevista dal DM 260/10.

Le stazioni ubicate più a nord sono caratterizzate in genere da una variabilità maggiore rispetto a quelle più meridionali della regione. Le stazioni più settentrionali presentano concentrazioni maggiori di clorofilla “a” soprattutto nei mesi tardo- primaverili/estivi. Anche questo parametro trova una stretta correlazione con le portate fluviali, in quanto gli apporti di acque dolci trasportano a mare sostanze nutritive (Sali di N e P) che innescano e sostengono le fioriture microalgali.

Nello specifico, a Lido Adriano nel triennio sono stati registrati picchi di clorofilla “a”, e quindi di biomassa fitoplanctonica, in primavera e autunno 2017, e nella primavera/estate 2018.

#### 4.7.6 Azoto inorganico disciolto (DIN) e azoto totale (N-Tot)

La somma delle concentrazioni delle tre forme azotate solubili, azoto nitrico (N-NO<sub>3</sub>), azoto nitroso (N-NO<sub>2</sub>) e azoto ammoniacale (N-NH<sub>3</sub>), è denominata azoto inorganico disciolto (DIN). L'azoto nitrico è la componente predominante fra le forme azotate solubili e, come l'azoto nitroso, ha un andamento temporale ben correlato con

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	76



le portate dei fiumi, in particolare del fiume Po. L'azoto ammoniacale può essere di origine fluviale oppure può provenire dall'immissione di reflui generati dagli insediamenti urbani costieri.

Esiste inoltre un trend decrescente da nord verso sud dei valori di DIN determinato dagli apporti provenienti dal fiume Po. I valori di DIN delle stazioni ubicate più a nord della costa emiliano romagnola (nel corpo idrico Goro-Ravenna) sono generalmente più elevati rispetto a quelli delle stazioni più meridionali (nel corpo idrico Ravenna-Cattolica). Generalmente i valori più elevati di DIN si riscontrano nei mesi autunnali, invernali e primaverili in coincidenza con i maggiori apporti dai bacini costieri regionali e dal bacino padano. Valori più bassi di DIN caratterizzano invece i mesi estivi.

#### 4.7.7 Fosforo reattivo (P-PO<sub>4</sub>) e fosforo totale (P-Tot)

Gli andamenti annuali del fosforo reattivo e del fosforo totale evidenziano un'alta variabilità soprattutto nelle stazioni costiere settentrionali che risentono direttamente degli apporti dei bacini fluviali ed in particolare del bacino padano che, come più volte sottolineato, contribuisce a condizionare la qualità ambientale dell'ecosistema marino in questa zona. Oltre ad un'elevata fluttuazione degli andamenti del fosforo reattivo e del fosforo totale, nelle stazioni settentrionali (Goro-Ravenna) si riscontrano concentrazioni più elevate rispetto alle stazioni meridionali determinando così un gradiente in diminuzione da nord verso sud della concentrazione di questi elementi nutritivi. In correlazione con le portate del fiume Po, i valori maggiori di P-PO<sub>4</sub> si riscontrano generalmente nei mesi autunnali e invernali.

L'area più settentrionale, Goro-Comacchio, risente degli apporti del Po e presenta elevati livelli trofici per molti mesi dell'anno. L'area meridionale, Cattolica, risente in misura minore degli apporti padani e presenta bassi livelli trofici. L'area costiera centrale, Cervia-Cesenatico, presenta una situazione trofica intermedia, influenzata anche dagli apporti dei bacini locali. Nel grafico sono rappresentate, oltre alle tendenze di tipo lineare (rette tratteggiate), che mostrano in termini assoluti l'evoluzione complessiva dei sistemi, anche quelle di ordine superiore (linee continue), che consentono di evidenziare eventuali fenomeni di ciclicità interannuale. Le tendenze di tipo lineare, sia del P-PO<sub>4</sub> che del P-Tot, evidenziano un trend in progressiva diminuzione durante tutto il periodo preso in esame. Nell'area di interesse e nel periodo considerato non si sono registrate particolari situazioni di criticità.

#### 4.7.8 Indice Trofico-TRIX

L'indice trofico TRIX permette di ottenere un'integrazione dei parametri trofici fondamentali in un insieme di semplici valori numerici, che rende le informazioni comparabili su un largo range di condizioni trofiche e, nello stesso tempo, consente di evitare l'uso soggettivo di denominatori trofici; descrive, quindi, un fenomeno da un punto di vista sia qualitativo che quantitativo. I parametri utilizzati sono coerenti sia con i fattori causali che determinano incrementi di biomassa algale (sali di azoto e fosforo), sia con gli effetti conseguenti all'incremento di biomassa. I parametri fondamentali che concorrono alla definizione di un indice trofico per le acque marine

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	77

costiere sono quindi rappresentativi in termini sia di produzione di biomassa fitoplanctonica, sia di dinamica della produzione stessa, identificando lo stato trofico in maniera significativa e inequivocabile.

Ai fini dell'applicazione dell'indice trofico TRIX, nella classificazione dello stato ecologico delle acque marino costiere, il DM 260/10 definisce i limiti di classe per il TRIX. Per le acque marino costiere il limite di classe per il TRIX fra lo stato "buono" e "sufficiente" è 5. Valori di TRIX <5 indicano uno stato trofico "Buono", che corrisponde ad acque moderatamente produttive, livello di trofia media, buona trasparenza delle acque, occasionali intorbidimenti, occasionali anomale colorazioni, occasionali ipossie sul fondo. Valori di TRIX  $\geq 5$  indicano uno stato trofico "Sufficiente", che corrisponde ad acque molto produttive, livello di trofia elevato, scarsa trasparenza delle acque, anomale colorazioni, ipossie e occasionali anossie sul fondo, stati di sofferenza degli organismi sul fondo.

L'area d'interesse per il presente studio riceve una classificazione generalmente sufficiente, tendente al buono spostandosi verso il largo.

## 4.8 Acque di balneazione

Considerata l'utilizzo a scopo balneare di una parte della spiaggia che ricade nell'ambito di intervento del progetto, è utile riferire il quadro conoscitivo relativo allo stato di qualità delle acque superficiali marino costiere anche alla classificazione ai fini della balneazione. I controlli e le analisi svolte dall'Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia, le valutazioni svolte dalle Aziende USL - Unità Operative Igiene e Sanità Pubblica e più complessivamente l'insieme delle attività di monitoraggio delle acque marino costiere adibite alla balneazione rappresentano la base conoscitiva necessaria per la tutela della salute dei bagnanti e la predisposizione dei Piani di Tutela delle Acque, così come previsto dalle normative vigenti. Conoscere lo stato di qualità e lo stato di salute del mare rappresenta il presupposto indispensabile per la gestione sostenibile della fascia costiera e l'approccio migliore per avviare le dovute misure di risanamento, di protezione e di valorizzazione del patrimonio marittimo.

Fin dal 2002, precorrendo i tempi e gli indirizzi delle recenti normative comunitarie e nazionali, l'informazione al pubblico in Emilia-Romagna avviene, oltretutto tramite bollettini stagionali e report annuali, attraverso la sezione "Balneazione" del sito web regionale (<https://www.arpae.it/temi-ambientali/balneazione>), raggiungibile dal menu "Temi ambientali". Nel sito sono disponibili informazioni relative alla normativa di riferimento, alla rete di monitoraggio, ai profili delle acque di balneazione nonché i risultati delle attività di monitoraggio dell'ultima stagione balneare e di quelle passate, ai sensi del D.Lgs.116/2008 e ss.mm.ii., anche mediante la sezione dedicata agli OPEN DATA (<https://dati.arpae.it/group/balneazione>).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	78

## 4.8.1 Stagione balneare 2023 nell’area d’interesse

L’analisi qui riportata è desunta dall’ultimo rapporto “Qualità delle acque di balneazione della Regione Emilia-Romagna - Anno 2023”, ed in particolare al Comune di Ravenna che comprende 21 acque di balneazione (AUSL 2023). Le acque di balneazione pertinenti all’area di studio sono riportate in Tabella 4.8.

Tabella 4.8 Elenco delle acque di balneazione d’interesse per lo studio.

Comune	BWID	Denominazione	Punto di campionamento		Estensione (m)
			Latitudine (WGS84)	Longitudine (WGS 84)	
Ravenna	IT008039014007	Lido di Dante – 300 m S foce Fiumi Uniti	44,3908	12,3192	548
Ravenna	IT008039014015	1,4 km S foce Fiumi Uniti	44,3820	12,3215	842
Ravenna	IT008039014026	Bassona - Nord Foce Beva no	44,3740	12,3238	1.481
Ravenna	IT008039014008	Bassona - Sud Foce Bevano	44,3431	12,3324	1.609

La costa del Comune di Ravenna si estende per 37,84 km, di questi 28,06 km sono balneabili e 9,79 km no. Le zone non adibite alla balneazione, e quindi vietate, si suddividono nelle seguenti categorie:

- aree adibite alla molluschicoltura;
- aree militari;
- zone sottoposte a vincolo di conservazione in quanto inserite all’interno del “Parco Regionale del Delta del Po”;
- foci di fiume ed aree limitrofe;
- imboccature portuali ed aree limitrofe.

L’anno di riferimento, 2023, è stato caratterizzato da un **evento alluvionale** eccezionale che ha coinvolto la Romagna nel maggio 2023, con ripercussioni sulla qualità delle acque di balneazione.

Dalla mattina del 16 fino a tutta la giornata del 17 maggio una perturbazione sull’area mediterranea ha apportato precipitazioni diffuse sull’intero territorio regionale, particolarmente intense e persistenti sul settore centro-orientale, già interessato dal gravoso evento del 2-3 maggio, che aveva fatto registrare piene prossime o superiori ai massimi storici con rotte arginali ed esondazioni, nonché centinaia di fenomeni franosi, da piccoli smottamenti a frane di grandi dimensioni. Rapidi innalzamenti dei livelli idrometrici si sono registrati dal 16 maggio su tutti i corsi d’acqua maggiori e minori del settore centro-orientale della regione, con più impulsi successivi nei tratti montani, che si sono sommati nei tratti vallivi, generando onde di piena con elevatissimi volumi.

Su Samoggia, Idice, Quaderna, Sillaro, Santerno, Senio, Lamone, Montone, Ronco, Bevano, Savio e Rubicone, sono stati registrati livelli al colmo ancora più alti delle piene di 14 giorni prima, in alcuni punti superiori ai massimi livelli rilevabili dagli strumenti, mentre la mareggiata sul litorale romagnolo ne ostacolava il deflusso in mare.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	79





Piene localmente superiori alle soglie 3 del livello idrometrico, hanno interessato anche il Secchia, il Panaro, il Reno ed il Marecchia. L’eccezionale altezza e durata dei fenomeni di piena ha causato effetti sul territorio ancora più ingenti della piena di inizio maggio, sia nei tratti vallivi che in quelli pedecollinari dei corsi d’acqua, dove si sono verificate esondazioni, intensi fenomeni di erosione, sovralluvionamento e trasporto solido, sormonti arginali, ed effetti secondari quali occlusioni delle luci dei ponti con rigurgito delle piene a monte, nuove rotte ed aggravamento di quelle ripristinate con interventi provvisori nei giorni precedenti.

Le nuove precipitazioni del periodo 16-17 maggio, più intense ed estese di quelle di inizio mese, hanno fatto raggiungere cumulate di precipitazione superiori ai massimi storici registrati in 17 giorni sul territorio regionale dal 1961, ed aggravato le centinaia di fenomeni franosi già presenti sull’Appennino centro-orientale a causa dell’evento del 2-3 maggio. Il totale dei movimenti di versante è salito a quasi un migliaio, da piccoli smottamenti a frane di grandi dimensioni, superiore a quello di ogni altro evento verificatosi sul territorio regionale da almeno 100 anni. Numerosissime frane hanno interrotto la viabilità sul territorio bolognese, ravennate e forlivese, ma anche nel modenese e reggiano, isolando alcuni centri abitati, mentre molte altre frane hanno interessato porzioni di versante più estese, con ingenti danni ad infrastrutture, edifici ed attività produttive.

I corsi d’acqua naturali, con i loro affluenti, coinvolti principalmente in questo evento, sono stati il Fiume Reno, il Fiume Lamone, i **Fiumi Uniti** (Montone, Rabbi e Bidente-Ronco), il **Torrente Bevano**, il Fiume Savio ed il Fiume Rubicone.

Nel campionamento eseguito il 30 maggio i parametri analitici relativi al carico di sostanza organica (BOD<sub>5</sub>, COD e Carbonio Organico Disciolto), che si è riversato nei corsi d’acqua a seguito dell’evento alluvionale, hanno mostrato valori che si discostano dall’andamento dei dati storici (2010-2022) delle stazioni di monitoraggio. L’incremento di questo carico organico e di solidi sospesi in alcuni corsi d’acqua (Zaniolo, Reno, canale Destra Reno) ha causato una forte riduzione dell’ossigeno disponibile. Nel canale Destra Reno questa situazione ha portato, ad inizio giugno, ad una condizione di forte anossia con una ingente moria di pesci.

Gli esiti analitici dei monitoraggi successivi, condotti il 14 e il 27 giugno, hanno mostrato, in tutte le stazioni, un progressivo miglioramento delle concentrazioni dei parametri indicatori dello stato di ossigenazione delle acque e della presenza di sostanza organica, con valori tornati in linea con l’andamento rilevato nei monitoraggi eseguiti negli anni precedenti (2010-2022).

A seguito del dilavamento del terreno e delle aree urbane si è osservato un aumento graduale del numero di stazioni di monitoraggio in cui è stata rilevata la presenza di idrocarburi totali durante le tre campagne di monitoraggio, con concentrazioni che nell’ultimo campionamento risultano con valori compresi tra il limite di rilevabilità (0,05 mg/L) e 0,2 mg/L, che è il limite tabellare relativo all’idoneità delle acque dolci superficiali alla vita dei pesci (D.Lgs. 152/06 ss.mm.ii.). È stata condotta anche la ricerca di residui di prodotti fitosanitari in cui la concentrazione di fitofarmaci (espressa come sommatoria), nella maggior parte delle stazioni evidenzia una progressiva diminuzione dei valori e risulta sempre inferiore allo Standard di qualità Ambientale - Media Annua

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	80

previsto, pari a 1 µg/L, fa eccezione solo la stazione “Destra Reno a Ponte Zanzi” con valori della sommatoria superiori al limite ma che risultano in linea con quelli dei monitoraggi dell’ultimo triennio.

La situazione particolarmente critica nel Comune di Ravenna ha impattato in particolare sulle seguenti acque di balneazione:

- IT008039014009 - Casalborsetti - 100 m N foce Canale Destra Reno Ravenna
- IT008039014010 - Casalborsetti - 80 m S foce Canale Destra Reno Ravenna
- IT008039014011 - Casalborsetti - Camping Ravenna
- IT008039014012 - Marina Romea - 100 m N foce Lamone Ravenna
- IT008039014013 - Marina Romea - 100 m S foce Lamone Ravenna
- IT008039014003 - Marina Romea

Per tali acque di balneazione, il fuori norma rilevato in periodo pre-stagione si è protratto oltre l’inizio della stagione balneare. Successivamente sono risultate di nuovo fuori norma con il campione programmato del 12 giugno 2023.

I campionamenti programmati, eseguiti in periodo pre-stagione in data 30/05/2023, hanno evidenziato valori fuori norma per 12 acque di balneazione, tra cui:

- 1,4 km S foce Fiumi Uniti
- Bassona - Nord Foce Bevano

L’inquinamento rilevato in tali acque è stato certamente determinato dall’impatto dell’evento alluvionale del 16-17 maggio 2023 nei confronti delle acque marino costiere.

La zona prospiciente la foce del Fiume Bevano è sottoposta a vincolo paesaggistico di conservazione poiché inserita nel “Parco Regionale del Delta del Po”. Le acque di balneazione a nord e sud del fiume Bevano, sono, quindi, assoggettate a regolamentazioni particolari, fra cui il divieto di accesso alle spiagge e divieto di balneazione nel periodo compreso fra il giorno 1° aprile ed il giorno 15 luglio di ogni anno. L’ordinanza comunale di riferimento per la stagione balneare 2023 è la n.TL 865/2023 del 31/05/2023.

I dati analitici rilevati nel corso della stagione balneare 2023 sono riportati nella successiva Tabella 4.9.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	81

Tabella 4.9 Dati microbiologici delle acque di balneazione d’interesse per lo studio (AUSL 2023).

Tipologia campioni	Data	Parametro	Lido Adriano 500 m N foce Fiumi Uniti	Lido di Dante 300 m S foce Fiumi Uniti	1,4 km S foce Fiumi Uniti	Bassona Nord Foce Bevano	Bassona Sud Foce Bevano	Lido di Classe 4 km S Foce Bevano
P	30/05/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]	41	189	318	631	<10	<10
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]	<10	181	213	315	<10	<10
A	31/05/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]				52		
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]				20		
A	01/06/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]			<10			
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]			<10			
P	12/06/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]	10	75	<10	<10	10	110
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]	<10	63	10	<10	<10	10
A	14/06/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]						
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]						
S	20/06/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]						
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]						
P	10/07/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]	<10	<10	<10	<10	<10	<10
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]	<10	<10	<10	<10	<10	<10
P	31/07/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]	<10	41	<10	<10	<10	<10
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]	<10	41	<10	<10	<10	<10
P	31/08/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]	<10	<10	<10	<10	<10	10
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]	<10	<10	<10	10	<10	<10
P	18/09/2023	Escherichia coli [MPN/100 mL]	31	228	<10	<10	10	63
		Enterococchi intestinali [MPN/100 mL]	<10	41	<10	<10	<10	<10

Legenda	
Campione conforme	Escherichia coli ≤ 500 MPN/100mL - Enterococchi intestinali ≤ 200 MPN/100mL
Campione non conforme	Escherichia coli > 500 MPN/100mL - Enterococchi intestinali > 200 MPN/100mL
P	Campione programmato
A	Campione aggiuntivo
STRA	Campione straordinario
S	Campione sostitutivo

La classificazione delle acque di balneazione del Comune di Ravenna, effettuata sulla base della serie storica di dati 2020-2023 e come previsto nell’allegato 1 parte integrante della D.G.R. n.28 del 15/01/2024, non ha subito variazioni rispetto alla stagione balneare precedente e risultano tutte di qualità “**Eccellente**”.

4.9 Stato della flora, fauna ed ecosistemi

L’area oggetto d’intervento risulta ricompresa all’interno del sito IT4070009 SIC/ZSC-ZPS denominato “Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano”, istituito con DGR 512/09 ha una superficie totale di 1256 ettari. L’intervento in progetto viene realizzato in mare esclusivamente all’interno dell’habitat EUNIS **1110 - Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina**, all’interno del quale verrà ricostituito l’habitat **1170 - Scogliere** (Davies et al. 2004, Mo et al. 2012, Parry 2019). Tuttavia, dati i possibili effetti sugli ambienti costieri circostanti, vengono qui considerate tutti gli habitat protetti adiacenti.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	82



#### 4.9.1 Habitat e processi ecologici

Il sito della rete Natura 2000 IT4070009 SIC/ZSC-ZPS Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano comprende un mosaico di habitat marino-costieri di grande pregio, alcune di quali considerati proprietari per la conservazione da parte dell'Unione Europea (Tabella 4.10).

Come già menzionato, il presente progetto intende ripristinare l'habitat 1170 – scogliera, nello specifico una scogliera biogenica di ostriche e sabellaria, all'interno dell'habitat **1110 - Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina**. Quest'ultimo habitat è definito come caratterizzato da banchi di sedimenti incoerenti (principalmente sabbie, ma anche ciottoli, massi o fanghi) permanentemente sommersi e, in relazione alla velocità delle correnti marine ed alla natura dei sedimenti, può presentarsi molto eterogeneo, con vegetazione ben rappresentata, sparsa o assente. Questi banchi sommersi si rinvencono fino alla profondità di 20 metri come prolungamento sottomarino di coste sabbiose o ancorati a substrati rocciosi distanti dalla costa. Ospitano una grande varietà di organismi (detritivori, spazzini e filtratori) che attraverso la loro azione purificano l'acqua di mare, permettono lo scambio di nutrienti con la colonna d'acqua sovrastante e svolgono una funzione fondamentale di ossigenazione dei sedimenti.

In generale, l'Habitat 1110 è minacciato soprattutto dalle attività connesse alla pesca. In particolare, la pesca professionale delle vongole con turbosoffianti in aree prossime alla costa impatta fortemente le biocenosi dei fondi molli. Inoltre, è occasionalmente descritta nell'area la pesca a strascico illegale che comporta una profonda aratura dei fondali, con rimaneggiamento dei sedimenti. L'Habitat è inoltre minacciato dalla grande affluenza turistico-balneare che, durante il periodo estivo, causa l'inquinamento e l'eutrofizzazione delle acque prossime alla costa. Ciò può favorire la formazione di fioriture di alghe tossiche che possono innescare eventi di mortalità di massa degli organismi filtratori e sospensivori bentonici, coinvolgendo anche le biocenosi degli altri habitat presenti. Le strategie di gestione passano attraverso la regolamentazione ed il corretto utilizzo delle aree litoranee che controlli l'attività di pesca e l'eccessiva pressione turistica e regolamenti in modo efficace l'utilizzo dei mezzi nautici nelle zone in cui l'habitat è presente.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	83

Tabella 4.10 Elenco degli habitat di interesse comunitario e degli habitat prioritari (\*) elencati dalla scheda del formulario standard e relativo stato di conservazione locale e globale (A = conservazione eccellente; B = conservazione buona; C = conservazione media o limitata).

Codice	Descrizione	Superficie (ha)	Conservazione	Globale
1110	Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina	91.8	B	B
1130	Estuari	7.83	A	A
1150	Lagune *	94.47	A	A
1210	Vegetazione annua delle linee di deposito marine	19.53	A	A
1310	Vegetazione annua pioniera a Salicornia e altre specie delle zone fangose e sabbiose	3.95	B	A
1320	Prati di Spartina ( <i>Spartinion</i> )	1.31	A	A
1410	Pascoli inondati mediterranei ( <i>Juncetalia maritimi</i> )	138.4	A	A
1420	Perticaie alofile mediterranee e termo-atlantiche ( <i>Arthrocnemetalia fruticosae</i> )	25.86	A	A
2110	Dune mobili embrionali	23.12	A	A
2120	Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> (dune bianche)	7.17	A	A
2130	Dune fisse a vegetazione erbacea (dune grigie) *	47.78	A	A
2160	Dune con presenza di <i>Hippophae rhamnoides</i>	38.75	A	A
2230	Prati dunali di <i>Malcolmietalia</i>	0.34	A	B
2250	Perticaia costiera di ginepri ( <i>Juniperus</i> spp.) *	10.65	A	A
2260	Dune con vegetazione di sclerofille dei <i>Cisto-Lavanduletalia</i>	16.3	B	A
2270	Foreste dunari di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i> *	197.09	B	B
3150	Laghi eutrofici naturali con vegetazione del <i>Magnopotamion</i> o <i>Hydrocharition</i>	0.08	B	B
6210	Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo ( <i>Festuco-Brometalia</i> ) *	15.04	B	B
6420	Praterie mediterranee con piante erbacee alte e giunchi ( <i>Molinion-Holoschoenion</i> )	93.88	A	A

La Figura 4.33 mostra chiaramente gli habitat adiacenti all’opera in intervento e ricadenti all’interno dell’area di monitoraggio prevista dal progetto. Questi sono in particolare:

- **1210 - Vegetazione annua delle linee di deposito marine.** Formazioni erbacee, annuali (vegetazione terofitica-alonitrofila) che colonizzano le spiagge sabbiose e con ciottoli sottili, in prossimità della battigia dove il materiale organico portato dalle onde si accumula e si decompone creando un substrato ricco di sali marini e di sostanza organica in decomposizione. L’habitat è diffuso lungo tutti i litorali sedimentari italiani e del Mediterraneo dove si sviluppa in contatto con la zona afitoica, in quanto periodicamente raggiunta dalle onde, e, verso l’entroterra, con le formazioni psammofile perenni.
- **2110 - Dune mobili embrionali.** L’habitat in Italia si trova lungo le coste basse, sabbiose e risulta spesso sporadico e frammentario, a causa dell’antropizzazione sia legata alla gestione del sistema dunale a scopi balneari che per la realizzazione di infrastrutture portuali e urbane. L’habitat è determinato dalle piante psammofile perenni, di tipo geofitico ed emicriptofitico che danno origine alla costituzione dei primi cumuli

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	84

sabbiosi: “dune embrionali”. La specie maggiormente edificatrice è *Agropyron junceum ssp. mediterraneum* (= *Elymus farctus ssp. farctus*; = *Elytrigia juncea*), graminacea rizomatosa che riesce ad accrescere il proprio rizoma sia in direzione orizzontale che verticale costituendo così, insieme alle radici, un fitto reticolo che ingloba le particelle sabbiose.

- **2120 - Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche).** L'habitat individua le dune costiere più interne ed elevate, definite come dune mobili o bianche, colonizzate da *Ammophila arenaria* subsp. *australis* (16.2122) alla quale si aggiungono numerose altre specie psammofile.
- **2130 - Dune fisse a vegetazione erbacea (dune grigie) \*** L'habitat prioritario di riferimento è costituito da depositi sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi, parzialmente o totalmente stabilizzati. La vegetazione si insedia quindi sul versante continentale della duna, protetto in parte dai venti salsi, normalmente non raggiunto dall'acqua di mare. L'habitat si rinviene solo nella parte settentrionale del bacino Adriatico, (nelle regioni Friuli Venezia Giulia, Veneto ed Emilia Romagna) compreso in un macrobioclima di tipo temperato. Sulla base delle caratteristiche delle sabbie vi sono comunità a *Silene conica* e *Cerastium semidecandrum* in cui si rinviene: *Corynephorus canescens*, *Trifolium arvense*, *Veronica verna*, *Ceratodon purpureus*, *Vicia lathyroides*, *Hernaria glabra*, ecc. e quelle a specie perenni costituite da comunità crittogamo-camefitica e fanerogamo-tero-camefitica del *Tortulo-Scabiosetum* che rappresentano già l'evoluzione verso i *Koelerio-Corynephoretea*.
- **2270 - Foreste dunari di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster* \*** Dune costiere colonizzate da specie di pino termofile mediterranee (*Pinus halepensis*, *P. pinea*, *P. pinaster*). Si tratta di formazioni raramente naturali, più spesso favorite dall'uomo o rimboschimenti. Occupano il settore dunale più interno e stabile del sistema dunale. L'habitat è distribuito sulle coste sabbiose del Mediterraneo in condizioni macrobioclimatiche principalmente termo e meso-mediterranee ed in misura minore, temperate nella variante sub-mediterranea. Le poche pinete ritenute naturali si rinvencono in Sardegna dove le formazioni a *Pinus halepensis* sono presenti nel Golfo di Porto Pino, a Porto Pineddu, nella parte sud-occidentale dell'isola, mentre quelle a *P. pinea* si rinvencono nella località di Portixeddu-Buggerru. La maggior parte delle pinete, anche quelle di interesse storico, sono state quindi costruite dall'uomo in epoche diverse e talora hanno assunto un notevole valore ecosistemico. Si deve per contro rilevare che a volte alcune pinete di rimboschimento hanno invece provocato l'alterazione della duna, soprattutto quando sono state impiantate molto avanti nel sistema dunale occupando la posizione del *Crucianellion* (habitat 2210 “Dune fisse del litorale del *Crucianellion maritimae*”) o quella delle formazioni a *Juniperus* dell'habitat 2250\* “Dune costiere con *Juniperus* spp.”.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	85



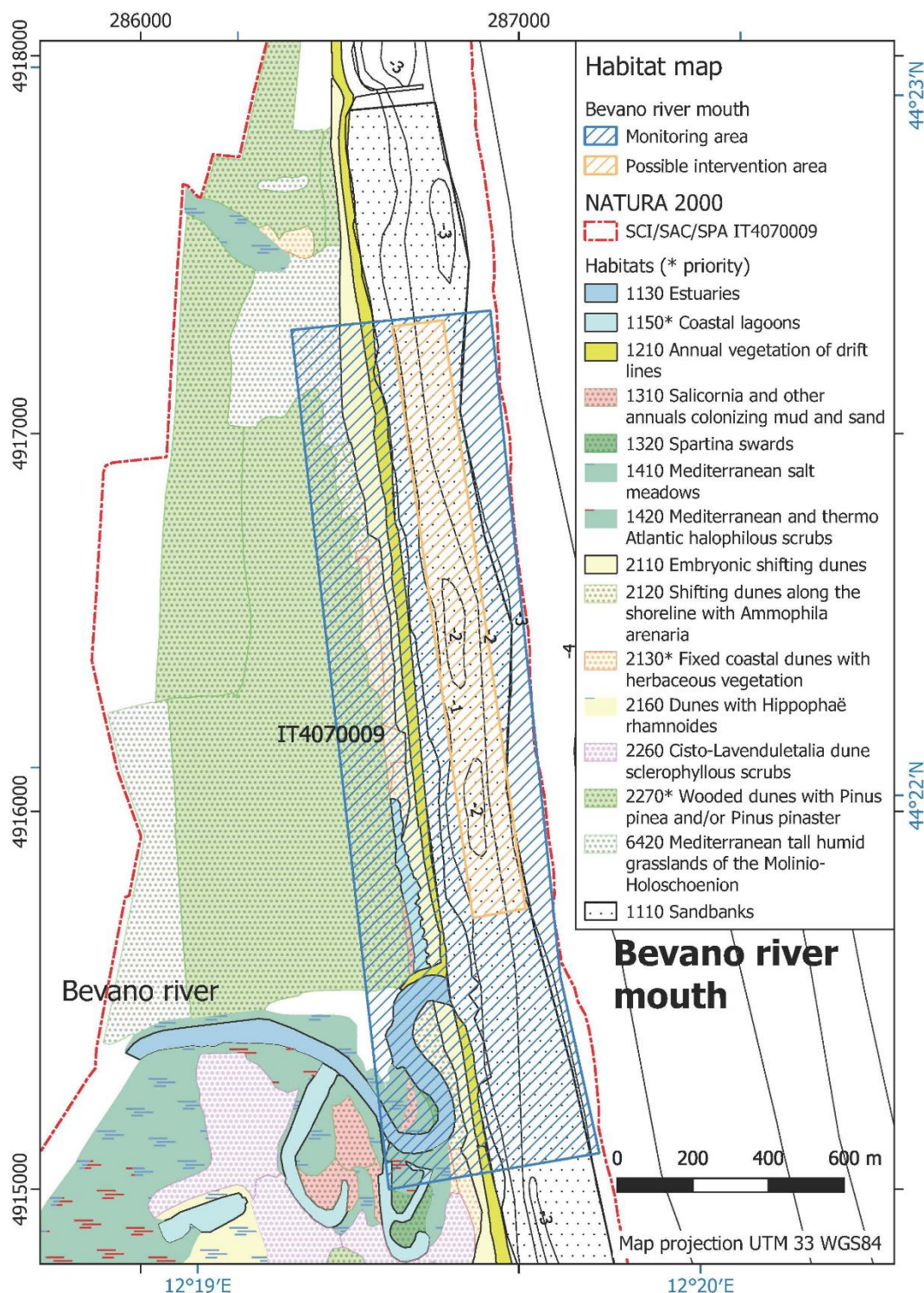


Figura 4.33 Mappa degli habitat nell'area d'interesse.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	86

## 4.9.2 Inquadramento floristico – vegetazionale

La vegetazione è uno degli elementi più rappresentativi di un ambiente naturale. Le singole specie che compongono la flora di un sito crescono insieme in un determinato habitat a seconda delle esigenze idriche, edafiche, termiche e di esposizione, e anche di altri fattori limitanti biotici e abiotici. All'interno del SIC-ZPS "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano", è presente una sola specie vegetale protetta ai sensi della Direttiva 92/43/CEE, allegato II:

*Salicornia veneta* Pign. et Lausi (*Salicornia veneta*), specie endemica delle lagune salmastre nord adriatiche (Figura 4.34a). È una specie alofila e pioniera che colonizza terreni emersi/semiemergenti tipiche del bordo di dossi, barene, argini con declivi lievi. Predilige granulometrie del substrato con prevalenza di argilla con un drenaggio modesto. Tale popolazione ha una estensione compresa tra il 15 e il 2% di quella nazionale con un eccellente grado di conservazione degli elementi dell'habitat importanti per la specie. La popolazione risulta in gran parte isolata e sulla base del confronto tra la valutazione globale del sito effettuata nel 2010 e i censimenti realizzati nel 2012 il trend dello stato di conservazione risulta costante.

Nel sito oggetto di valutazione, tra le specie non elencate nella Direttiva Habitat troviamo:

- *Spirobassia* (= *Bassia*) *hirsuta* (L.) Freitag & G.Kadereit (2011) (Figura 4.34b).
- *Tripidium* (= *Erianthus*) *ravennae* (L.) H.Scholz (Figura 4.34c).
- *Phillyrea angustifolia* L. (Figura 4.34d).
- *Plantago cornuti* Gouan (Figura 4.34e).
- *Salvinia natans* (L.) (Figura 4.34f).
- *Sporobolus maritimus* (= *Spartina maritima*) (Curtis) P.M.Peterson & Saarela (Figura 4.34g).
- *Apocynum* (= *Trachomitum*) *venetum* L. (Figura 4.34h).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	87



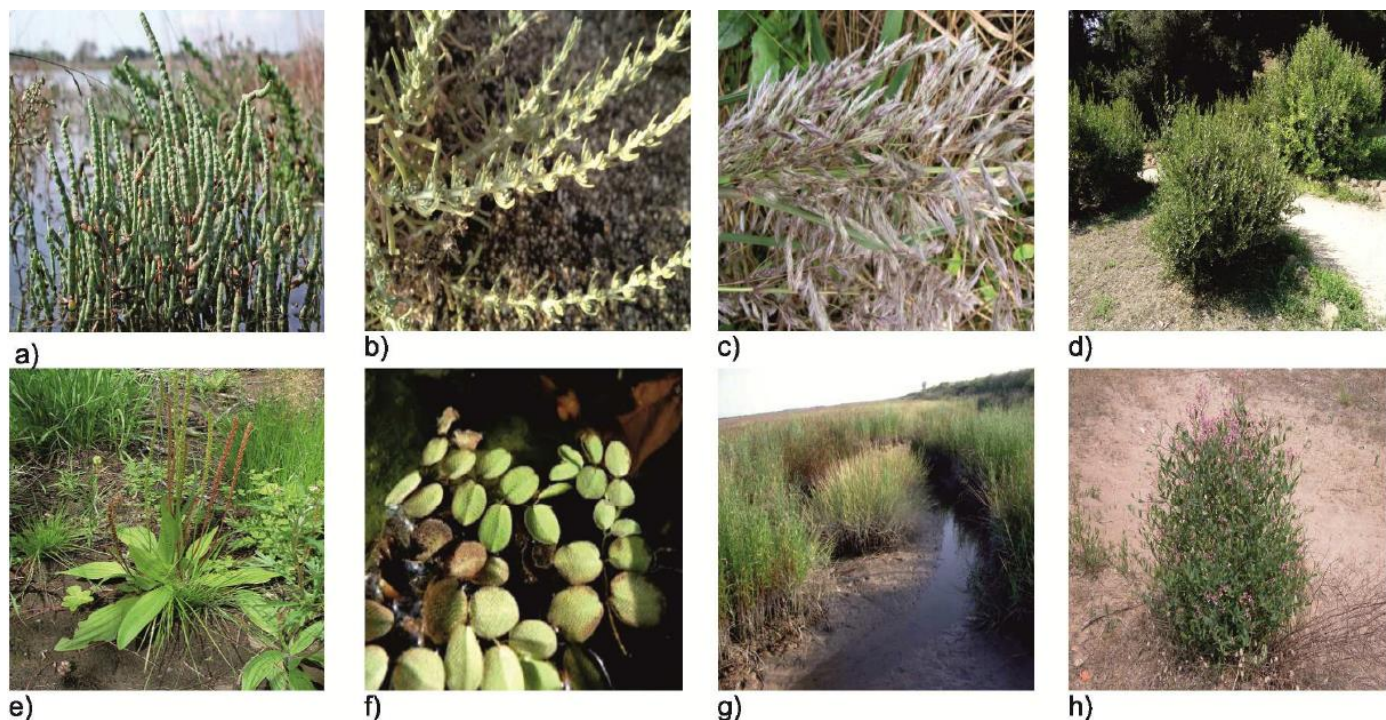


Figura 4.34 Specie floristiche presenti all'interno del SIC/ZSC –ZPS oggetto di valutazione.

In tabella Tabella 4.11 sono riportate le specie floristiche censite nel 2012.

Tabella 4.11 Specie floristiche censite nel 2012.

Nome	Priorità	Popolazione	Stato di conservazione	Note
<i>Bassia hirsuta</i>	NO	D	B	
<i>Cephalanthera longifolia</i>	NO	D	B	
<i>Epipactis microphylla</i>	NO	D		Unica stazione nel Parco del Delta
<i>Erianthus ravennae</i>	NO	D	C	In forte rarefazione
<i>Limonium narbonense</i>	NO	D	A	Protetto
<i>Limonium virgatum</i>	NO	D	A	Protetto
<i>Orchis coriophora</i>	NO	D	B	Protetto
<i>Orchis morio</i>	NO	D	B	Protetto
<i>Orchis tridentata</i>	NO	D	B	Protetto
<i>Phillyrea angustifolia</i>	NO	D	A	
<i>Plantago cornuti</i>	NO	D	B	
<i>Salicornia veneta</i>	NO	D	A	
<i>Salvinia natans</i>	NO	D	B	Liste Rosse
<i>Spartina maritima</i>	NO	D	C	
<i>Spiranthes spiralis</i>	NO	D	B	
<i>Trachomitum venetum</i>	NO	D	B	Limite di areale, assente dalla Penisola a sud di Cervia

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	88



Nell'ambito dell'intervento in discussione la tipologia vegetazionale maggiormente interessata dall'area di monitoraggio risulta essere la Vegetazione delle sabbie; essa è caratterizzata da fattori fortemente limitanti, quali le alte temperature e l'intenso irraggiamento estivi, i venti che sollevano la sabbia contro le piante, il contenuto salino delle acque di falda e del vapor d'acqua. La serie di vegetazione psammofila in ambienti poco disturbati comprende:

- Vegetazione erbacea annuale a sviluppo estivo, tra la linea del bagnasciuga e la base delle dune (*Salsola-Cakile* *maritimae* subass. *xanthetosum italicum*) le cui specie dominanti sono *Cakile maritima*, *Salsola kali*, *Xanthium italicum*, *Cycloloma atriplicifolia*; le specie hanno in genere portamento prostrato o a cuscinetto per resistere ai venti marini e si insediano con ampie lacune prive di vegetazione.
- Vegetazione erbacea perenne di consolidamento delle dune vive; nei due stadi successivi le specie dominanti sono le graminacee *Agropyron junceum* (*Echinophoro spinosae* – *Elymetum farcti*), alla base delle dune, e sulla sommità *Ammophila littoralis* (*Echinophoro spinosae* - *Ammophiletum arundinaceae*); esse con i loro ciuffi di steli ravvicinati e le radici sviluppate trattengono la sabbia e contrastano l'erosione eolica. Entrambe le associazioni appartengono all'ordine *Ammophiletalia arundinaceae*.
- Vegetazione erbacea annuale a sviluppo primaverile (*Silene coloratae* – *Vulpietum membranaceae*), insediata sulle dune dal lato rivolto verso l'interno, meno esposto ai venti salmastri. Caratteristiche sono la cariofillacea dai fiori rosa *Silene colorata* e la graminacea *Vulpia membranacea*.
- Vegetazione erbacea annuale su sabbie consolidate di dune arretrate ed erose, anche in spiazzali nell'ambito delle pinete e dei boschi litoranei (*Bromo tectorum* - *Phleetum arenarii*); le specie più frequenti sono graminacee in grado di tollerare l'aridità estiva.
- Vegetazione erbacea perenne con forte componente di muschi e licheni (*Tortulo* – *Scabiosetum gramuntietum*), tipica delle parti più elevate delle dune consolidate; lungo la costa emiliano romagnola si ritrova sporadicamente e copre estensioni limitate. Gli stadi intermedi tra questo tipo di vegetazione e i successivi sono spesso evidenziati dalla fioritura del cisto rosso (*Cistus incanus*), specie protetta.
- Vegetazione erbacea perenne dei prati aridi e delle dune erose (*Schoeneto* – *Chrysopogonetum grylli* e più genericamente *Brometalia erecti*), insediata soprattutto negli spiazzali all'interno delle pinete storiche; si tratta di una comunità relativamente stabile ma con numerosi stadi intermedi come già accennato.
- Vegetazione arbustiva a ginepro comune e olivello spinoso (*Junipero* – *Hippophaetum fluviatilis*); si tratta di arbusteti fitti con numerose altre specie pungenti, che si insediano su dune arretrate ed erose e dinamicamente tendono ai boschi naturali, sempre più rari.

#### 4.9.3 Inquadramento faunistico

La conoscenza del patrimonio naturale di un'area Protetta è un punto di partenza fondamentale per determinarne la pianificazione, le successive scelte gestionali, le normative e gli indirizzi volti a garantire il buon funzionamento, la credibilità, la sopravvivenza dell'Area stessa. È infatti compito primario di un'area Protetta proteggere ed incrementare la diversità biologica dei luoghi, con particolare riferimento alle specie più rappresentative, più rare e più minacciate del territorio, studiarne e conoscerne i siti di presenza, le aree

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	89



fauna molto al di sotto delle potenzialità, a causa dell'eccessivo disturbo antropico causato dai numerosissimi bagnanti che frequentano le spiagge e le dune. Soltanto il fraticello è presente con una discreta popolazione, mentre le altre specie potenziali (beccaccia di mare, fraticello, sterna comune) disertano l'area poiché non sono in grado di tollerare una così elevata ed invadente presenza umana sulla battigia e, in particolare, tra la vegetazione delle dune. Nella zona è segnalato un passeriforme nidificante uniloco per il Parco del Delta, il calandro, presente nelle parti più tranquille delle dune e nelle praterie dell'Ortazzino. Scarse anche le presenze nella pineta litoranea, soprattutto nelle parti dove tale bosco di impianto artificiale si presenta troppo fitto, quindi buio e privo degli arbusti del sottobosco. Per una panoramica completa delle specie protette presenti all'interno del sito NATURA 2000 cod. IT4070009 "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano", si rimanda alla scheda del formulario standard, aggiornata a dicembre 2022<sup>8</sup>.

#### 4.10 Comunità bentoniche

L'habitat 1110, Banchi di sabbia a debole copertura permanente di acqua marina, merita un approfondimento specifico essendo quello direttamente interessato dall'intervento in progetto e che in parte, cioè per 4000 m<sup>2</sup>, sarà convertito in scogliera biogenica (habitat 1170). L'habitat è stato oggetto in uno specifico studio nell'ambito del progetto FLAG, Azione 2.A.a "Habitat marini e lagunari – Studi e ricerche" del FEAMP 2014/2020, Regione Emilia-Romagna, condotto a Gennaio – Agosto, 2019 (Abbiati et al. 2019).

La principale specie di interesse commerciale individuata nell'area marina adiacente la Foce Bevano è il mollusco bivalve *Chamelea gallina* (Linnaeus 1758), nota anche come vongola adriatica, vongola comune, lupino, poverazza.

Questa specie è diffusa in Mar Mediterraneo, ma si può ritrovare anche nel Mar Nero, nel Mar Caspio e lungo le coste atlantiche dal Marocco alla Norvegia. In Adriatico è ritrovata più frequentemente tra i 3 e i 6 metri di profondità, ma la sua distribuzione ricopre un'area più ampia (dall'intertidale fino a 15 m). Data la predilezione per sedimenti costituiti da sabbie medie e fini (talvolta anche finissime), *C. gallina* è spesso ritrovata in associazione con il polichete tubicolo *Owenia fusiformis*, che usa formare tubi di muco e granelli di sabbia per la protezione e la stabilità nei sedimenti stessi (Pérès & Picard 1964).

*C. gallina* (Figura 4.36) è caratterizzata da un elevato interesse commerciale, a tal punto che la sua abbondanza in Adriatico, ma anche in altre zone del Mediterraneo, è diminuita per il sovrasfruttamento degli stock durante gli ultimi 50 anni. La pressione di prelievo è aumentata in modo rilevante anche a causa della recente riduzione della taglia minima commerciabile decisa solamente per i mari italiani: si è passati, infatti, da 25 mm di lunghezza (normative nazionali DPR 02/10/1968 n. 1639 e Regolamento per l'esercizio della Legge 14/07/1965 n. 963; normative comunitarie CE 1967/2006) a 22 mm (D.M. 27/12/2016, G.U. n. 8 11/01/2017, Deroga triennale dal 01/01/2017 al 31/12/2019). Questa specie presenta un lento tasso di crescita (15-18 mm di grandezza entro il primo anno, dove raggiunge la maturità sessuale, fino a due anni per arrivare a 22-25 mm) e raggiunge le

<sup>8</sup> Disponibile alla pagina <https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/it4070009>

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	91





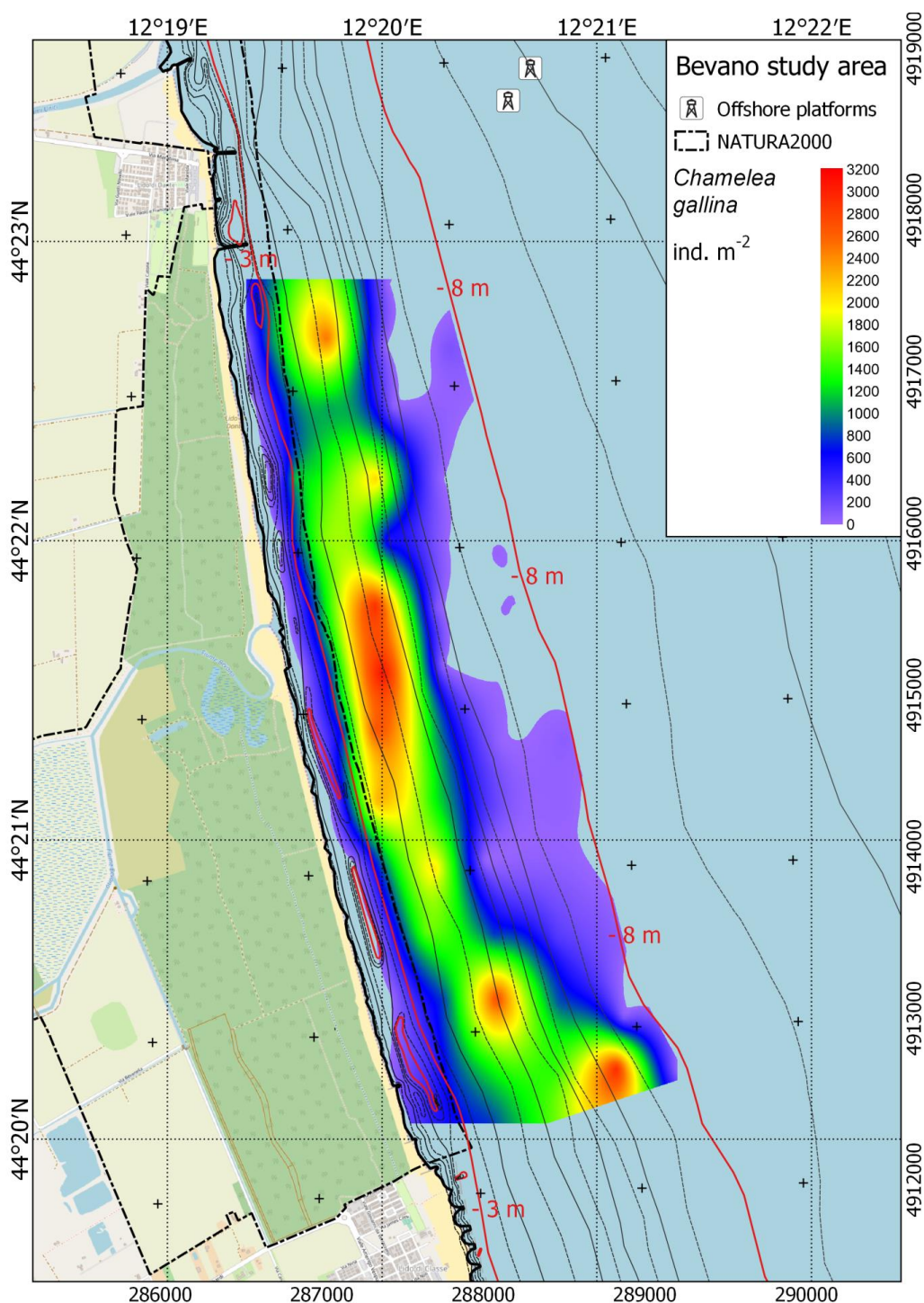


Figura 4.37. Mappa di distribuzione della vongola comune, *Chamelea gallina*, nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, profondità MLLW, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	93





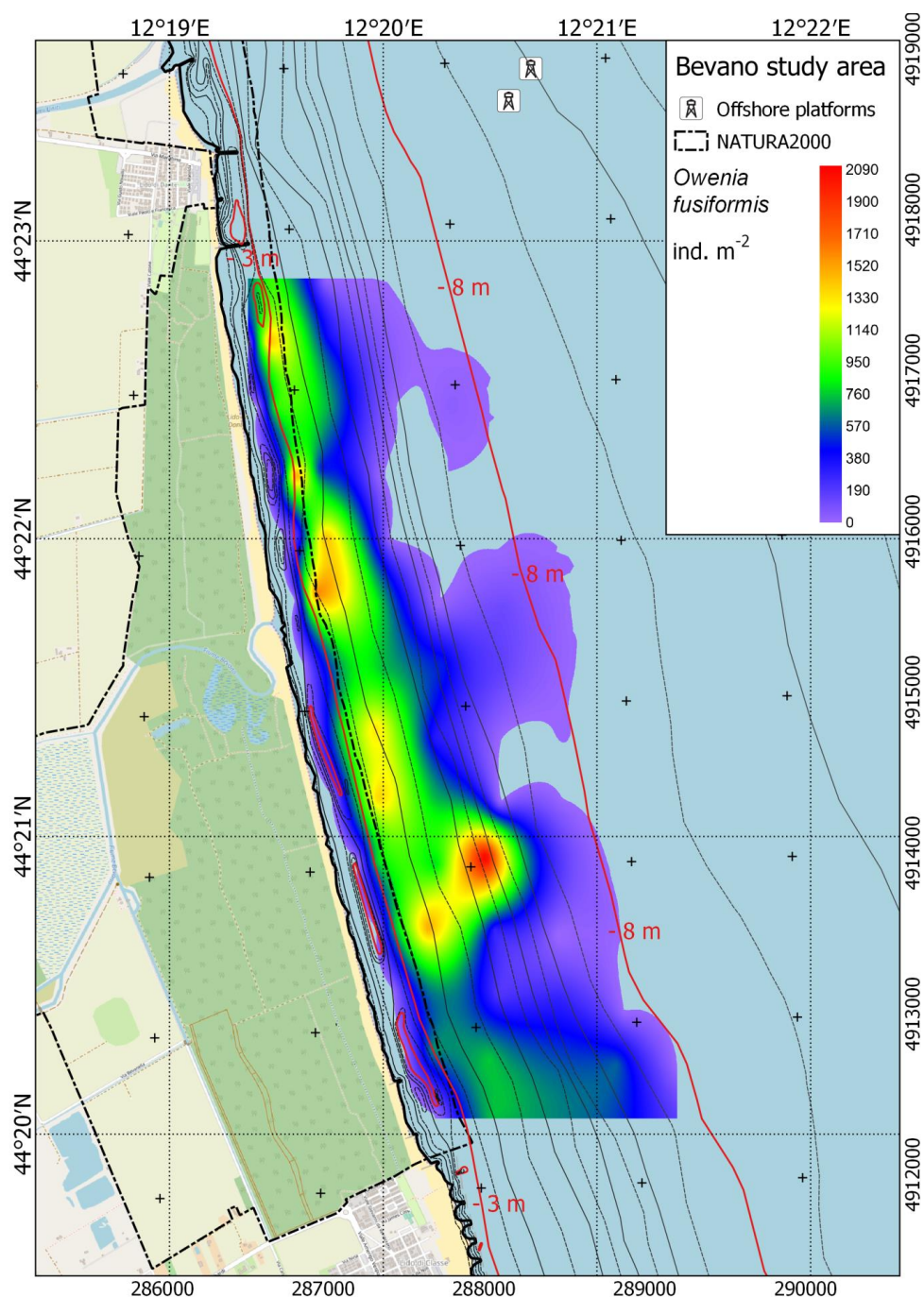


Figura 4.39. Mappa di distribuzione del polichete *Owenia fusiformis* nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, profondità MLLW, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	95







Figura 4.42. Immagine del bivalve *Anadara kagoshimensis* (foto Attilio Rinaldi).



Figura 4.43. Immagine del gasteropode *Rapana venosa* (foto Attilio Rinaldi).

I crostacei presenti nel tratto di mare antistante la foce del Torrente Bevanao comprendono i granchi *Carcinus aestuarii* Nardo 1847 e *Liocarcinus vernalis* (Risso 1827) (Figura 4.44) e la mazzancolla *Penaeus kerathurus* (Forskål 1775), quest'ultima specie di grande interesse commerciale (Figura 4.45), oltre a paguri come *Diogenes pugilator* (Roux 1829) normalmente presenti all'interno di conchiglie di *Tritia nitida* (Jeffreys 1867) (= *Nassarius nitidus*).



Figura 4.44. Immagine dei i granchi *Carcinus aestuarii* a sinistra e *Liocarcinus vernalis* a destra (foto Attilio Rinaldi).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	97





Figura 4.45. Immagine della mazzancolla *Penaeus kerathurus* (foto Attilio Rinaldi).

### 4.11 Paesaggio

I caratteri che connotano i contesti locali nei loro tratti costieri sono schematizzati nell’elaborato RUE 7.2 Abaco delle morfotipologie paesistiche ricorrenti individuando le tipologie di fascia costiera del territorio comunale, definite dal RUE3, come combinazioni/relazioni tra componenti naturali e antropiche che si ripetono in modo simile nel territorio (diversa composizione/giustapposizione delle sequenze delle componenti di arenile, dune, pineta, zona umida e insediamento urbano). Nella Figura 4.46 seguente è riportata la ricostruzione dei segni del paesaggio nell’intorno dell’area di progetto.

Il contesto paesistico di area vasta “La fascia costiera sud – Classe” individua la parte sud-est del territorio comunale costituita dall’avanzamento nel tempo della linea di costa. È delimitato a nord dalla bocca del Canale Candiano, dal limite del porto e dai margini del capoluogo lungo il braccio ferroviario che serve il porto stesso; ad ovest dal dosso litoraneo sul quale corrono la SS16 e la ferrovia Ravenna – Rimini. Le diverse forme e dimensioni delle trame agricole presenti, il carattere e la densità delle forme insediative, la presenza o meno delle componenti di tipo naturalistico, il tipo di relazioni fisiche e percettive fra i diversi caratteri, consentono di individuare all’interno del Contesto di area vasta, i seguenti sei differenti Contesti paesistici locali come riferimento per le trasformazioni diffuse e quelle di rilevanza locale.

Il Contesto locale “7.2 – Pineta di Classe” costituisce una delle porzioni centro-meridionali del Contesto paesistico d’area vasta “7 – La fascia costiera sud – Classe”. Ad ovest ed est, i limiti coincidono con quelli del Contesto di area vasta di appartenenza. Il limite nord segue i confini della pineta di Classe, dello stagno dell’Ortazzo e della adiacente pineta costiera; il limite sud segue il corso del torrente Bevano e della pineta costiera.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	98



Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement

Progetto cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del Programma LIFE 2021-2027 - Natura & Biodiversità  
LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742

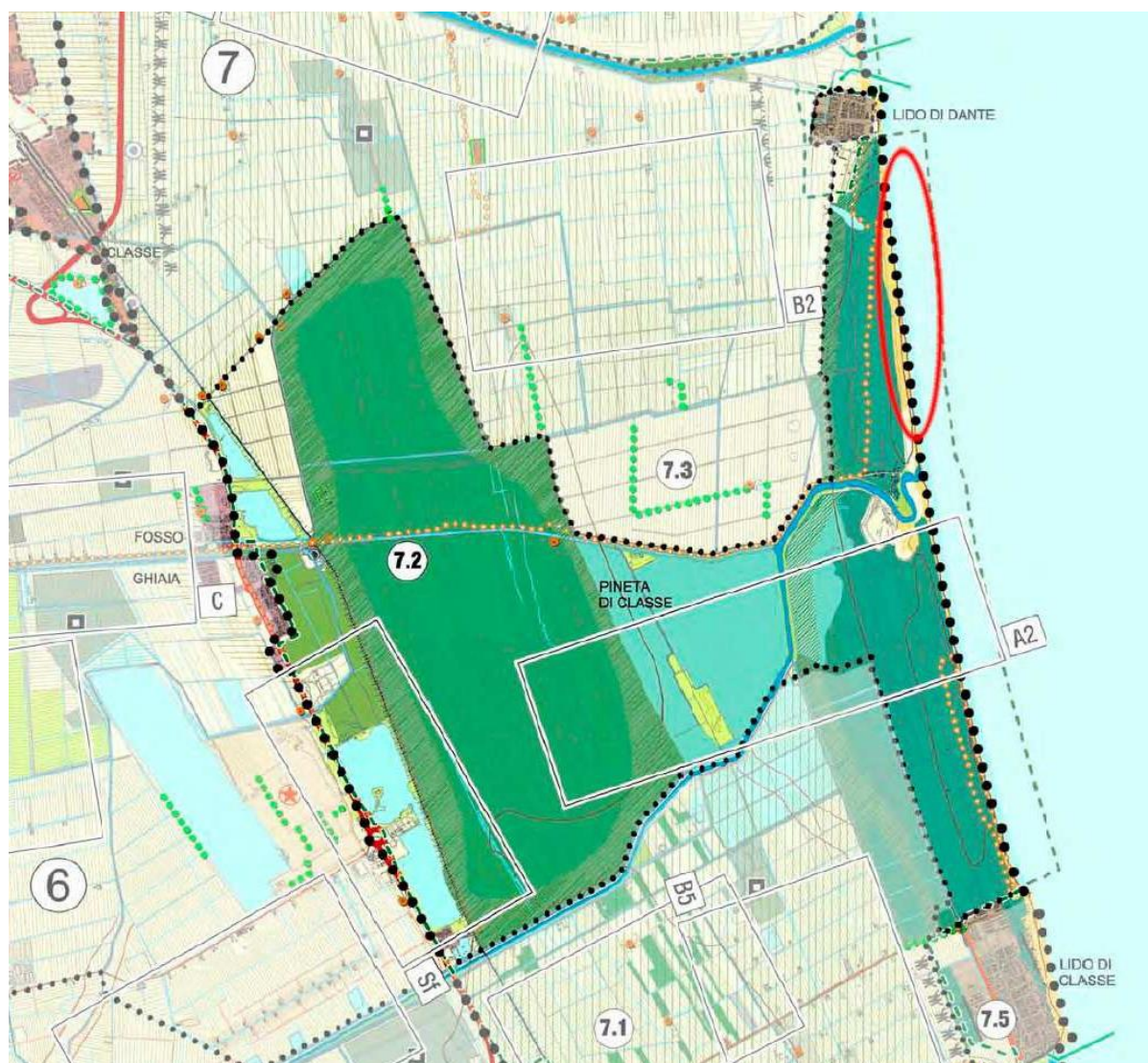


Figura 4.46 Segni del passaggio nell'intorno dell'area di progetto.

Il contesto 7.2 costituisce un ampio inserto di paesaggio costiero a dominante naturale all'interno della fascia costiera meridionale. In questo contesto si susseguono segni di pari livello strutturante di tipo esclusivamente naturale: la pineta di classe, la foce del torrente Bevano, il fosso Ghiaia e lo stesso torrente Bevano, le zone umide salmastre e lo stagno retrodunale dell'Ortazzo; sono inoltre evidenti i dossi litoranei che segnano lo spostamento della linea di costa e le strisce di vegetazione ripariale lungo il torrente Bevano. Le forme areali e lineari presenti creano un paesaggio di elementi di grandi dimensioni. Il susseguirsi della sequenza trasversale composta da piallassa compresa tra pineta retrodunale e pineta costiera e arenile, rappresentata dallo schema della Morfotipologia paesistica ricorrente, connota la fascia costiera di questo contesto come un tratto ad elevato grado di naturalità.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	99





Segno complementare al susseguirsi degli elementi strutturanti e costituito dalla SS16 e secondariamente dalla ferrovia Ravenna – Rimini, che da nord a sud delimitano il margine occidentale del Contesto, con andamento parallelo alla linea di costa e sottolineano la netta contrapposizione tra i caratteri di naturalità di questo contesto compreso all'interno del Parco del Delta del Po nord, e la campagna intensamente antropizzata del conterminare Contesto 6.2.

La componente insediativa si concentra in alcune ridotte aree nelle parti marginali del contesto: una piccola porzione inclusa a nord-ovest del contesto fra la pineta e gli specchi d'acqua lungo la SS16, presenta i segni regolari dell'organizzazione poderale e costituisce un inserto di paesaggio agricolo della bonifica presente in maniera estesa e diffusa subito a nord del Contesto 7.2; inoltre, sulla foce del Bevano si localizzano manufatti edilizi di origine recente e lungo il corso del torrente si susseguono i caratteristici capanni da pesca. Al margine settentrionale l'insediamento costiero di Lido di Dante costituisce un episodio di concentrazione insediativa (abitazioni per vacanza e campeggi) definito da limiti netti.

Gli elementi naturali costituiscono una forte presenza di valori naturalistico ambientali che distinguono nettamente questo contesto da altri; i canali storici e i radi edifici di valore tipologico documentario costituiscono i segni della presenza di valori di tipo storico culturale e identitario.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	100



## 5 Descrizione sintetica degli impatti

### 5.1 Analisi degli impatti in fase cantiere e di ripopolamento

È possibile distinguere due fasi con caratteristiche completamente diverse: quella di cantiere riferibile alla posa della scogliera di base (BLR) e la successiva fase di ripopolamento. Gli interventi, sia della posa del BLR, sia il successivo ripopolamento, saranno realizzati esclusivamente da mare, senza la necessità di accedere da terra alla spiaggia, se non per l'installazione di un pannello informativo. Esulano da questo contesto alcune attività di monitoraggio ambientale degli habitat costieri ante- e post- operam, che richiedono l'accesso alla spiaggia e il sorvolo con droni, con l'autorizzazione dei due enti gestori.

#### 5.1.1 Impatti su suolo e sottosuolo

Per l'intervento di realizzazione della nuova scogliera sommersa, fungente da base per il ripopolamento di ostriche e sabellaria, gli unici impatti che potranno essere causati dalla fase di cantiere possono essere riconducibili ad un momentaneo e limitato intorbidimento dell'acqua e alla costipazione degli strati più superficiali del fondale marino. Si tratta di impatti su suolo e sottosuolo di entità trascurabile. Nessun impatto ipotizzabile durante la fase di ripopolamento.

#### 5.1.2 Impatti sulla morfologia e dinamica costiera

Non si prevedono impatti sulla morfologia costiera in fase di cantiere.

#### 5.1.3 Impatti sulle acque

Corre l'obbligo di segnalare, non tanto come previsione ma piuttosto come eventuale rischio accidentale, la possibilità di sversamento di minime quantità di oli e combustibile dai mezzi meccanici operanti in acqua (pontone), con conseguente possibile inquinamento delle acque. Tale evenienza sarà, nel caso, tempestivamente segnalata alle autorità preposte e saranno effettuate da parte dell'impresa tutte le eventuali azioni di bonifica del caso. Per la fase di ripopolamento saranno utilizzati piccoli mezzi nautici (gommoni) a ridotto rischio di rilascio in mare di olii o carburante. La tipologia di mezzi impiegati e il loro numero porta a considerare non rilevante tale rischio.

Sulla base delle numerose esperienze di costruzione di barriere frangiflutti effettuate in contesti analoghi si ritiene l'impatto sulla qualità delle acque marine temporaneo e complessivamente trascurabile.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	101

#### 5.1.4 Impatti sull'atmosfera

L'impatto derivante dalla fase di cantiere sulla qualità dell'atmosfera è legato alle emissioni dei mezzi meccanici coinvolti nella realizzazione delle opere. Si ritiene che tali emissioni siano del tutto trascurabili sia per quanto concerne l'intensità che per la quantità complessiva, in quanto il cantiere vedrà impegnato un numero limitato di mezzi e avrà una durata complessivamente breve.

#### 5.1.5 Impatti su flora, fauna ed ecosistemi

In riferimento alla opera a mare, cioè la nuova scogliera sommersa, valutati i mezzi di servizio utilizzati e descritti nei paragrafi precedenti, si ritiene che gli impatti per ecosistema e fauna si riducano solamente a disturbi da rumore in periodi di particolare criticità per le specie (riproduzione, nidificazione, etc.) e possibili modifiche di habitat per specie bentoniche che colonizzano quel fondale. L'intervento sulla nuova scogliera sommersa oltre ad apportare una protezione in una zona sottoposta a forte erosione, prevede anche l'utilizzo di geotessuto che limita lo scalzo e l'affossamento della barriera stessa. La fase di ripopolamento non prevede impatti su flora, fauna ed ecosistemi locali, con la sola eccezione di un modesto prelievo alla base delle scogliere artificiali di Lido di Dante e riallocazione sulla nuova scogliera in progetto di alcune limitate porzioni di colonie di sabellaria.

Innumerevoli saranno invece i vantaggi derivanti da tali opere: accrescimento di un tratto di spiaggia precedentemente in rapida erosione, miglioramento del bilancio idrico sotterraneo nelle aree di progetto ed in quelle circostanti (riduzione dell'intrusione salina nell'acquifero costiero), aumento della protezione dall'ingressione marina in pineta durante le mareggiate. Sul lungo termine la maggiore protezione del tratto di costa porterà ad una valorizzazione degli habitat e delle specie presenti nell'area, così come un rilevante incremento della biodiversità, stante la creazione di un nuovo habitat di scogliera a ostriche e sabellarie native.

#### 5.1.6 Impatti sul rumore

La realizzazione delle opere in progetto è prevista al di fuori della stagione balneare, a non meno di 150 m dalla spiaggia, e pertanto non risultano presenti recettori antropici rilevanti ai fini dell'impatto legato al rumore. L'impatto dovuto al rumore e di quanto associato alla presenza e funzionamento delle macchine operatrici in mare, potrà interessare limitatamente la fauna terrestre, arrecando ad essa un disturbo, comunque temporaneo.

#### 5.1.7 Impatti sul paesaggio

In riferimento alle fasi di cantiere si ritiene opportuno precisare che non è prevista la predisposizione di aree di cantiere a terra. La realizzazione della nuova scogliera sommersa avverrà in prima fase con il posizionamento del geotessuto, posato sul fondo in modo tale da non fare affossare i massi, sopra al geotessuto sarà posizionato un primo strato variabile di massi misto di cava con pezzatura variabile a formazione della base d'appoggio della

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	102



scogliera in massi di natura calcarea di II categoria. Si procederà quindi ad avanzamento della scogliera finita con la regolarizzazione della quota della berma e della pendenza delle scarpate.

Tali operazioni saranno eseguite via mare tramite motonavi. È prevedibile il posizionamento alla fonda di una nave di grosse dimensioni carica di massi e di uno o due motopontoni che faranno la spola da tale posizione all'area dove dovrà sorgere la nuova scogliera. Per l'attività di cantiere legata alla predisposizione della nuova scogliera sommersa sono previste circa tredici settimane di lavoro e l'impatto sul paesaggio sarà limitato alle attività di lavoro delle motonavi con un'alterazione percettiva del paesaggio molto limitata e senza depauperamento del bene stesso. La fase di ripopolamento avverrà con piccoli natanti (gommoni) la cui presenza per poche ore al giorno non costituirà un impatto paesaggistico rilevante.

In generale nella “fase di cantiere”, si possono verificare momentanee alterazioni dei caratteri percettivi del paesaggio. Considerando però la stagionalità “non turistica” in cui saranno svolti gli interventi, i tempi di posa in opera estremamente ridotti e la reversibilità delle alterazioni, l'impatto sul paesaggio nella “fase di cantiere” può essere definito come estremamente limitato.

## 5.2 Analisi degli impatti in fase di esercizio

### 5.2.1 Impatti sulla morfologia e dinamica costiera

Al fine di determinare quale sia l'impatto dell'opera in progetto da realizzare, sono presentati i risultati di una serie di modellazioni. Per questo studio si è utilizzata la suite di modellazione MIKE21. Oltre a fornire indicazioni sulla capacità dell'opera nel limitare l'ingressione marina e l'erosione costiera nell'area, le simulazioni proposte sono state elaborate per vedere come l'opera modificherà il campo idrodinamico e la propagazione dell'onda e quali potrebbero essere gli effetti sul litorale.

Viene presentata la schematizzazione dell'opera LIFE NatuReef nel modello, la stima del trasporto longitudinale, con particolare focus sulla direzione e la variabilità annuale, per stabilire un possibile variabilità climatica, la selezione delle condizioni simulate, i risultati dei modelli e le conclusioni.

Le opere di difesa delle coste devono avere la capacità di ridurre l'energia del moto ondoso per mitigare gli effetti di erosione, di allagamento e di ingressione marina.

Le opere rigide parallele ai litorali per la protezione costiera hanno mostrato di avere una buona capacità nel ridurre l'altezza dell'onda e l'energia del moto ondoso, e nel proteggere una parte limitata dell'arenile, ma hanno parecchi effetti collaterali, che vanno dal deterioramento della qualità dell'acqua sottoflutto, ad una erosione localizzata in prossimità delle testate, ed a effetti di erosione localizzata nei tratti di coste adiacenti.

Al fine di determinare quale sia l'impatto fisico dell'opera NatuReef da realizzare, già descritta nella **Relazione tecnica** del **PFTE**, sono presentati i risultati di una serie di modellazioni idromorfodinamiche per la stima delle

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	103



forzanti e carichi di progetto, utili alla progettazione, e la simulazione di correnti, onde, trasporto solido che in ambito marittimo consente anche la determinazione della valutazione del mutamento della linea di costa al variare del tempo, oltre che a consentire il trasferimento delle onde da largo a riva considerando gli effetti di frangenza, rifrazione e diffrazione.

Oltre a fornire indicazioni sulla capacità dell’opera nel limitare l’ingressione marina e l’erosione costiera nell’area, le simulazioni proposte sono state elaborate per vedere come l’opera modificherà il campo idrodinamico e la propagazione dell’onda e quali potrebbero essere gli effetti sul litorale.

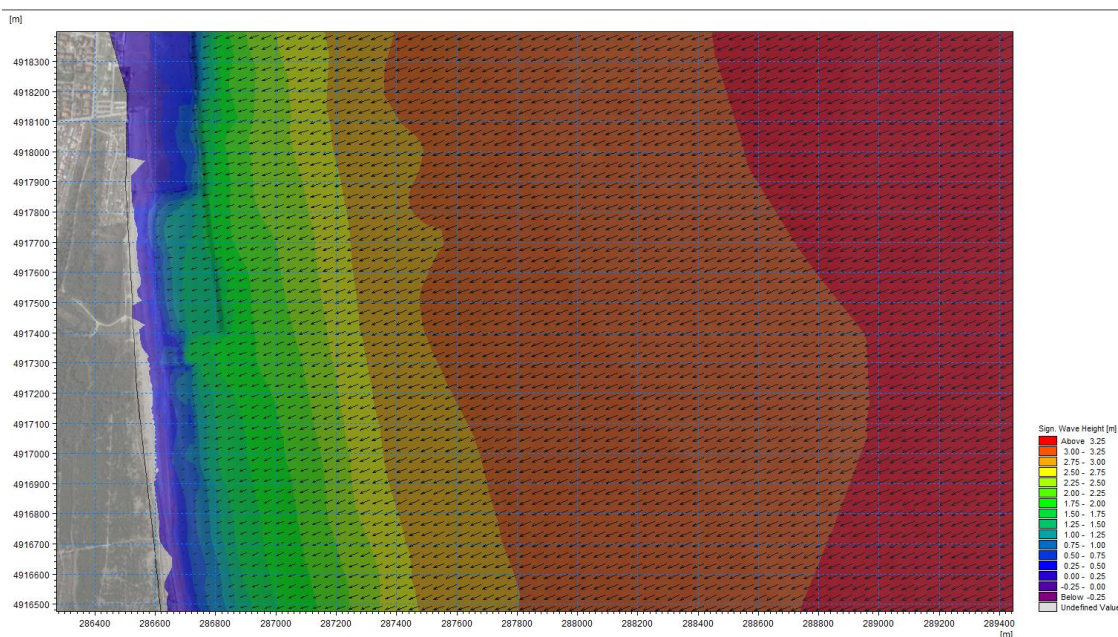
Viene presentata la schematizzazione dell’opera NatuReef nel modello, la stima del trasporto longitudinale, con particolare focus sulla direzione e la variabilità annuale, per stabilire una possibile variabilità climatica, la selezione delle condizioni simulate, i risultati dei modelli e le conclusioni.

Per questo studio si è utilizzata la suite di modellazione MIKE21 ed il codice Open Sorce XBeach. Per un approfondimento, anche metodologico si rimanda alla **relazione idraulica** allegata alla **Relazione tecnica** del **PFTE**.

I risultati delle simulazioni di scenari d’onde sia da Scirocco che da Bora vengono mostrati per le 2 soluzioni già discusse S1 o S2 e confrontate con la l’assenza delle opere (Alternativa S0).

### 5.2.1.1 Alternativa S0-Stato di fatto

Le posizioni degli interventi ipotetici sono sovrapposte alle mappe. S1 mediante un rettangolo rosso ed S2 mediante un rettangolo nero.



Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	104











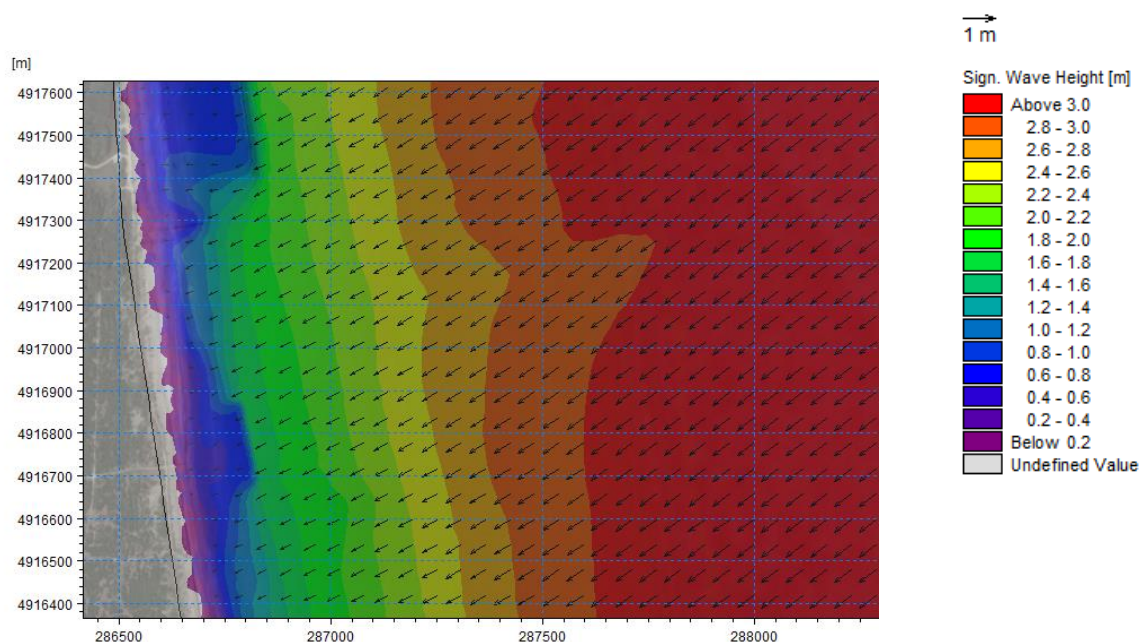


Figura 5.7 Alternativa S1. Dettaglio dell'andamento del moto ondoso. Alternativa S1. Evento estremo da Bora  $H_s=5.18$  m;  $Dir=70^\circ N$ ;  $T_p=8.95$ .

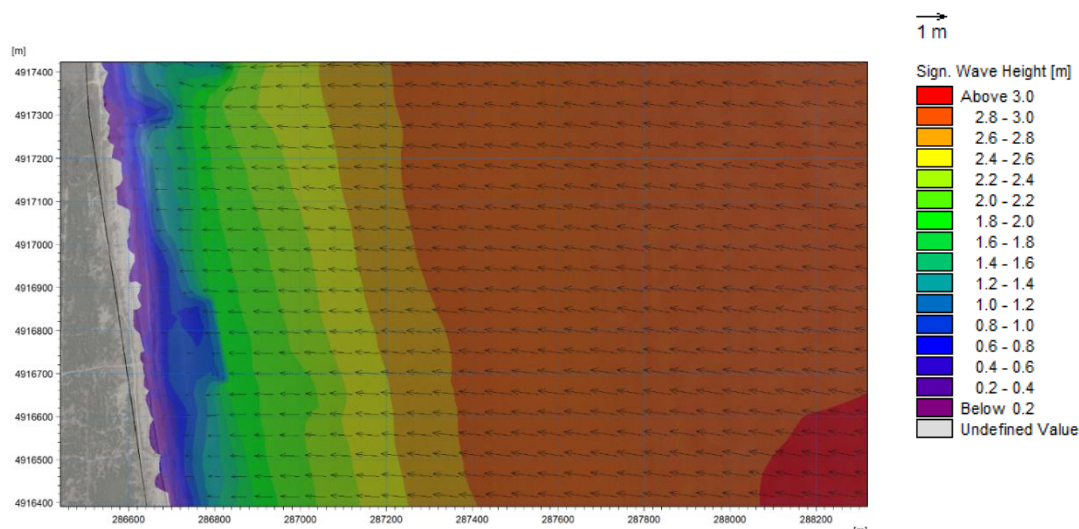


Figura 5.8 Dettaglio dell'andamento del moto ondoso. Soluzione S1. Evento estremo da Scirocco  $H_s=3.11$  m;  $Dir=100^\circ N$ ;  $T_p=7.82$  s.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	108



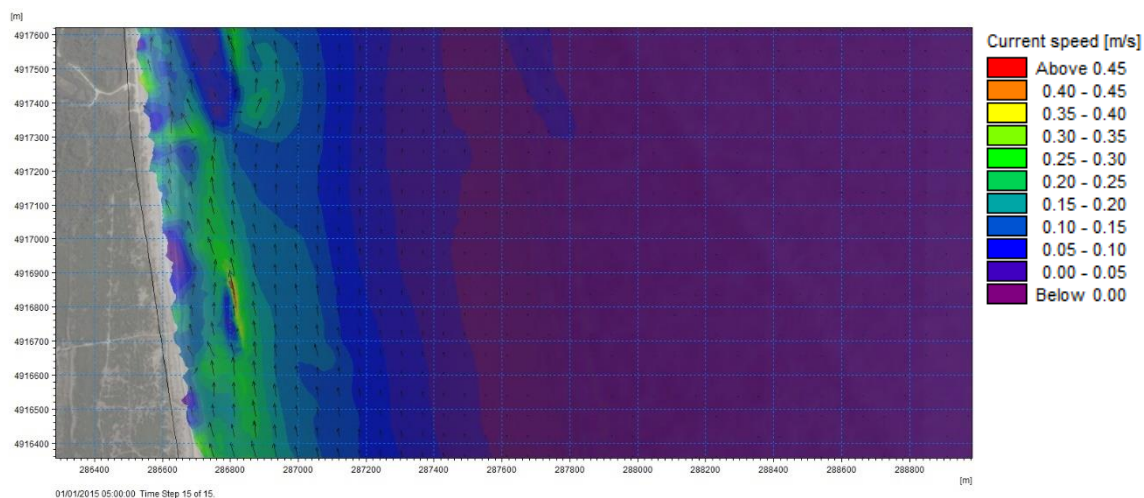


Figura 5.9 Mappe di corrente del mare dell’intero tratto di costa per l’evento estremo da Scirocco. Hs=3.11 m; Dir=100°N; Tp=7.82.

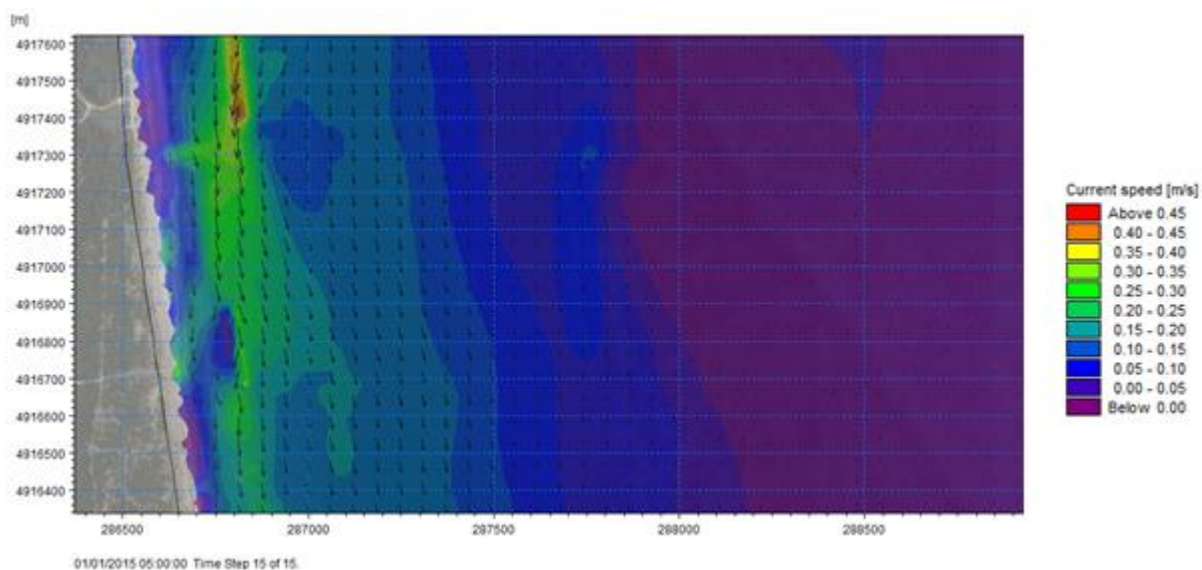


Figura 5.10 Mappe di corrente del mare dell’intero tratto di costa. Soluzione S1. Evento estremo da Bora Hs= 5.18 m; Dir=70°N; Tp=8.95.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	109



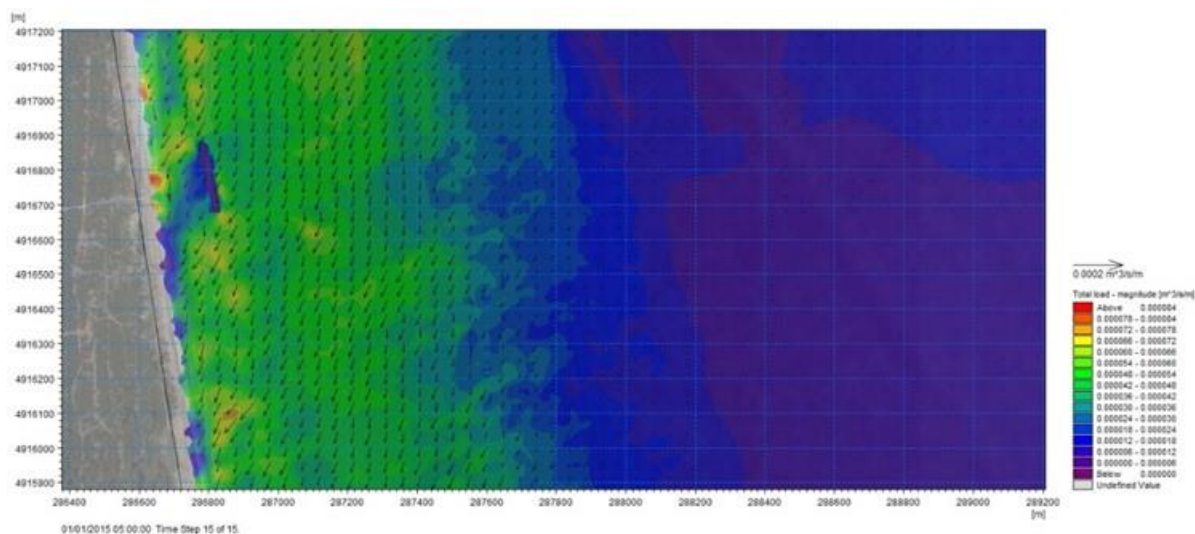


Figura 5.11 Mappe di sediment transport del mare dell'intero tratto di costa per l'evento estremo da Bora. Hs= 5.18 m; Dir=70°N; Tp=8.95.

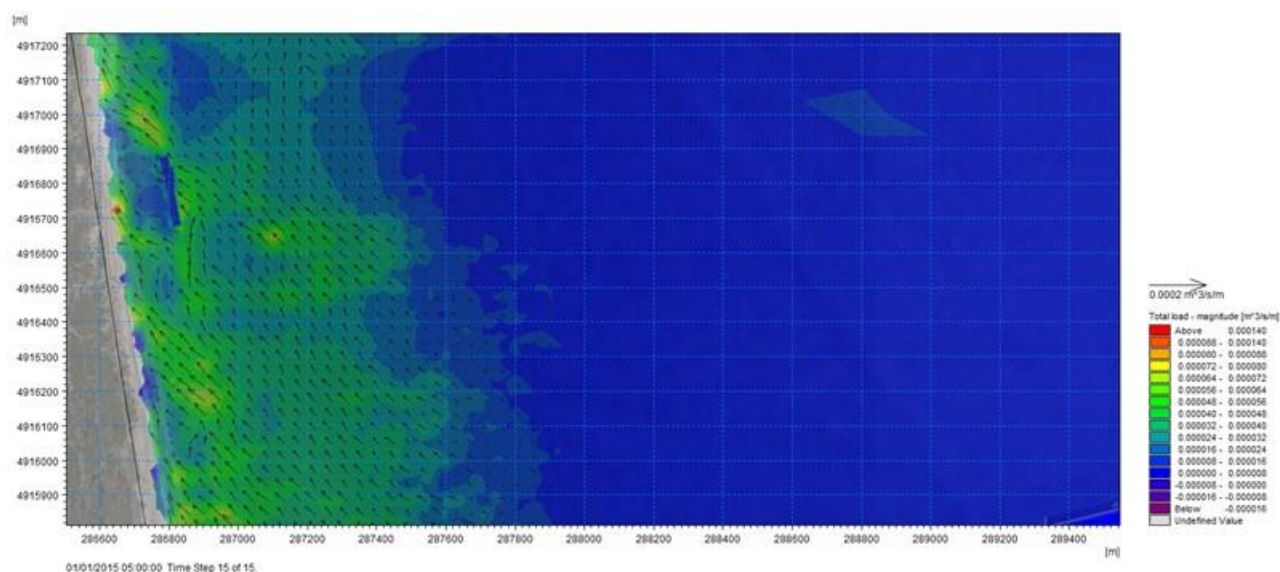


Figura 5.12 Mappe di sediment transport dell'intero tratto di costa per l'evento estremo da Scirocco. Hs=3.11 m; Dir=100°N; Tp=7.82.

- L'onda sente poco l'effetto dell'opera per condizioni basse, mentre durante eventi intensi l'onda frange sull'opera e riduce notevolmente la sua energia. Da queste simulazioni risulta un coefficiente di trasmissione  $k_t$  (Altezza d'onda al trasmessa/ altezza d'onda al largo dell'opera) che raggiunge il 40%.
- Il tratto di costa protetto è maggiore dell'estensione dell'opera 'proiettato' nella direzione dell'attacco ondoso, che per rifrazione giunge all'opera quasi perpendicolare per entrambe le direzioni.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	110

- La riduzione dell’attacco ondoso in presenza di della nuova opera si traduce in una evidente riduzione della corrente a tergo dell’opera e di conseguenza in una riduzione del trasporto (Figura 5.9 e Figura 5.10 per le correnti e Figura 5.11 e Figura 5.12 per il trasporto).

### 5.2.1.3 Alternativa S2

I risultati della modellazione con MIKE21 per la Alternativa S2 vengono mostrati nelle figure successive. (Figura 5.13 - Figura 5.18).

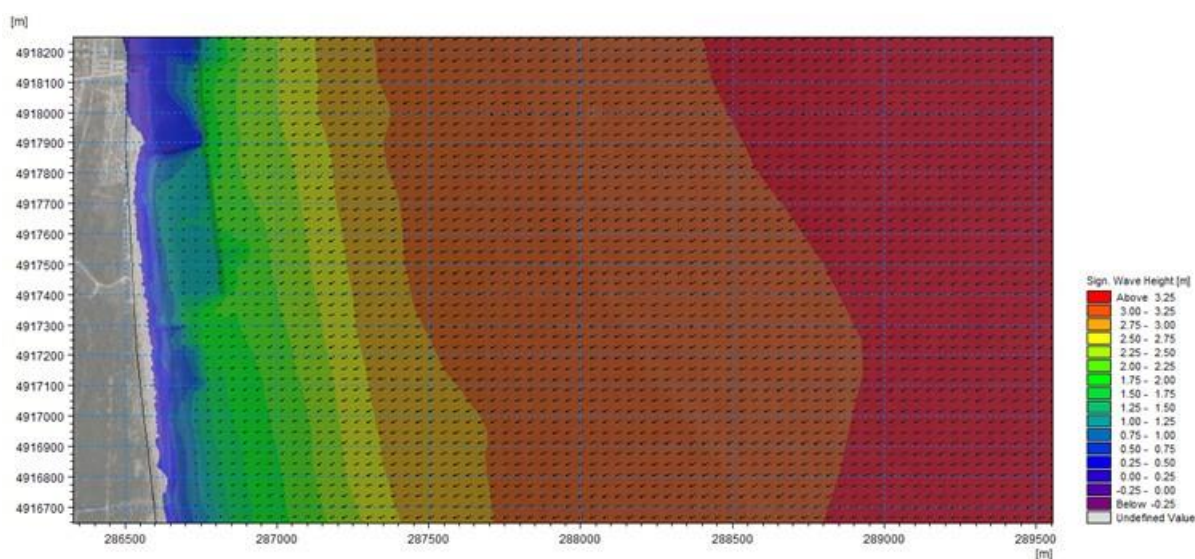
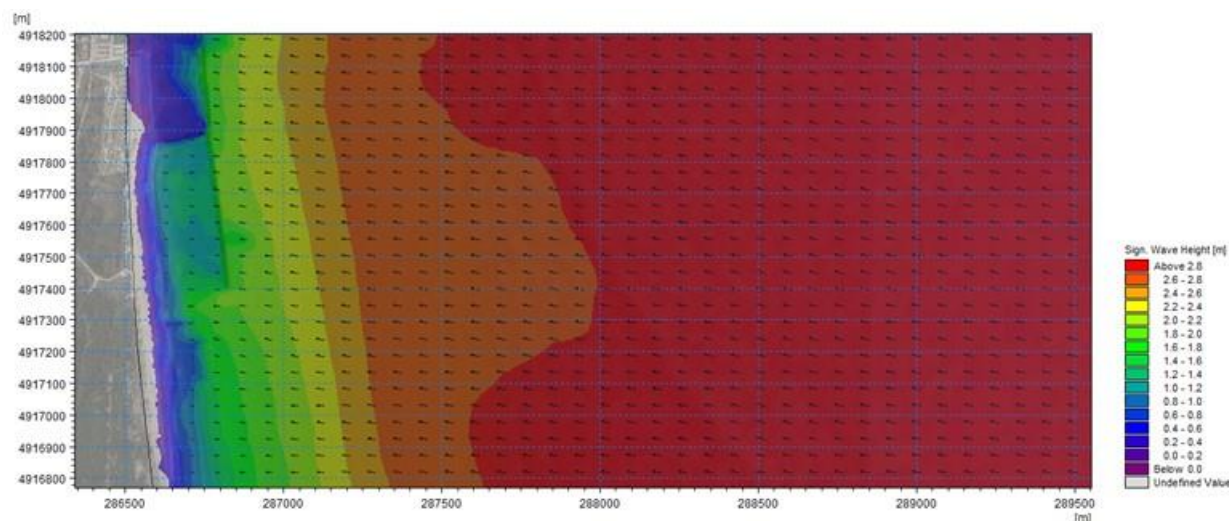


Figura 5.13 Dettaglio dell’andamento del moto ondoso. S2. Evento estremo da Bora Hs= 5.18 m; Dir=70°N; Tp=8.95.



Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	111



Figura 5.14 Dettaglio dell’andamento del moto ondoso. Evento estremo da Scirocco Hs=3.11 m; Dir=100°N; Tp=7.82 s. Soluzione S2.

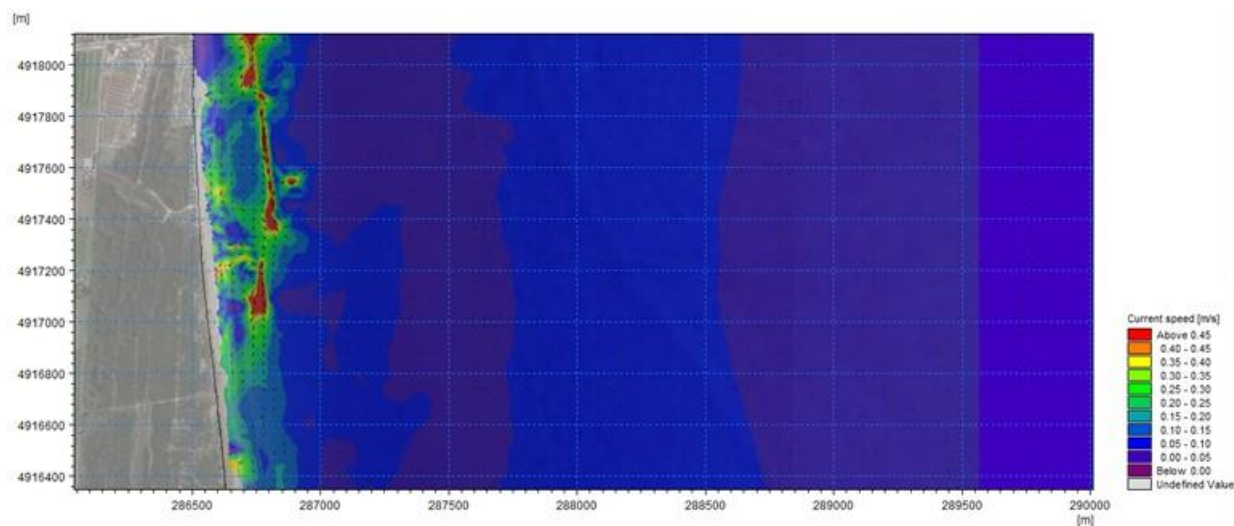


Figura 5.15 Mappe di corrente. Evento estremo da Bora Hs= 5.18 m; Dir=70°N; Tp=8.95. Soluzione S2.

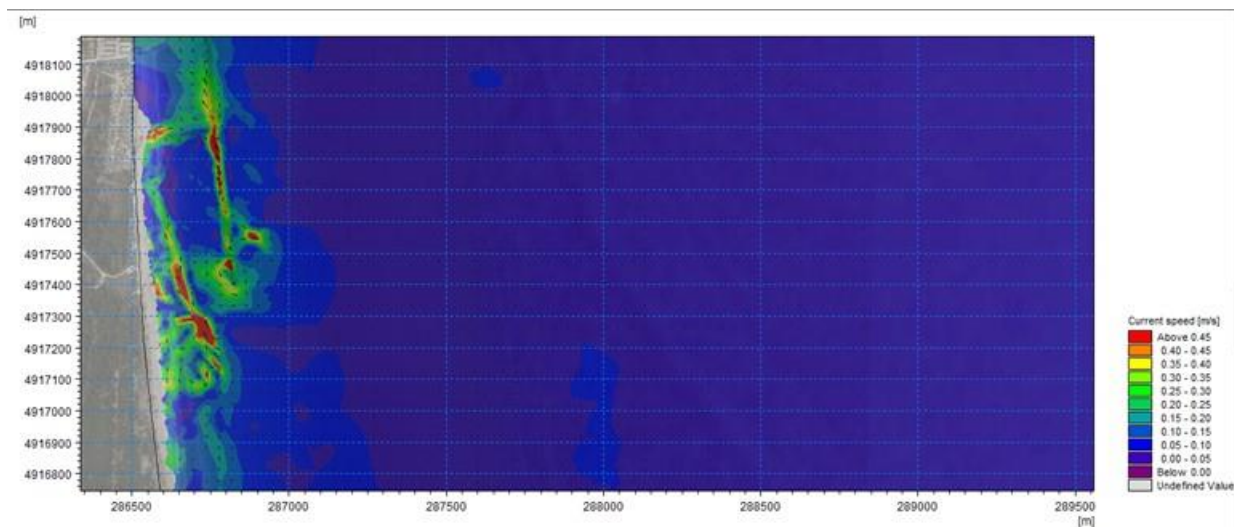


Figura 5.16 Mappe di corrente per l’evento estremo da Scirocco. Hs=3.11 m; Dir=100°N; Tp=7.82 Soluzione S2.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	112



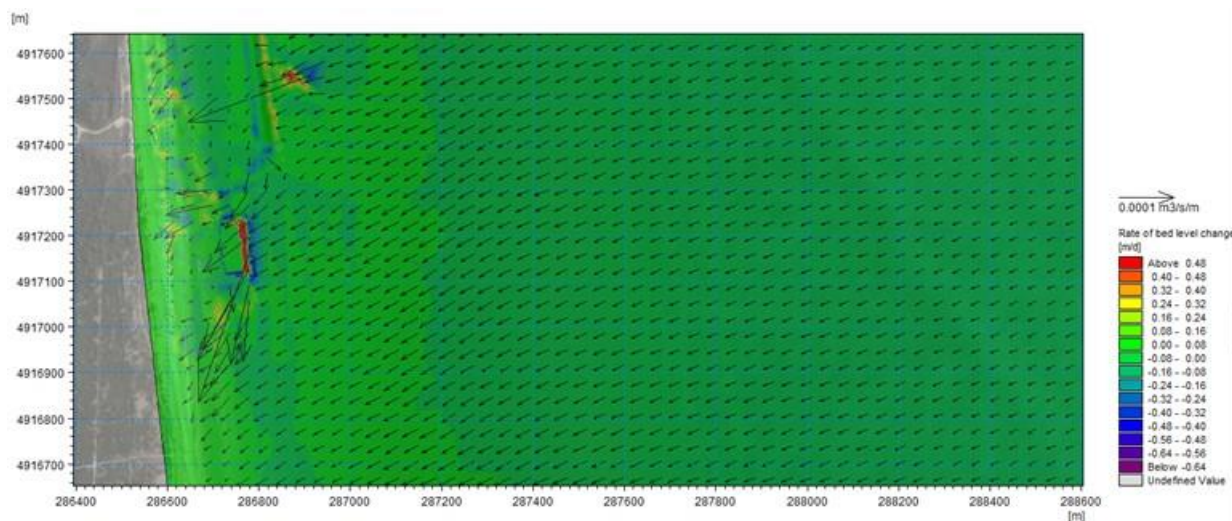


Figura 5.17 Mappe di sediment transport per l'evento estremo da Bora.  $H_s = 5.18$  m;  $Dir = 70^\circ N$ ;  $T_p = 8.95$ . Soluzione S2.

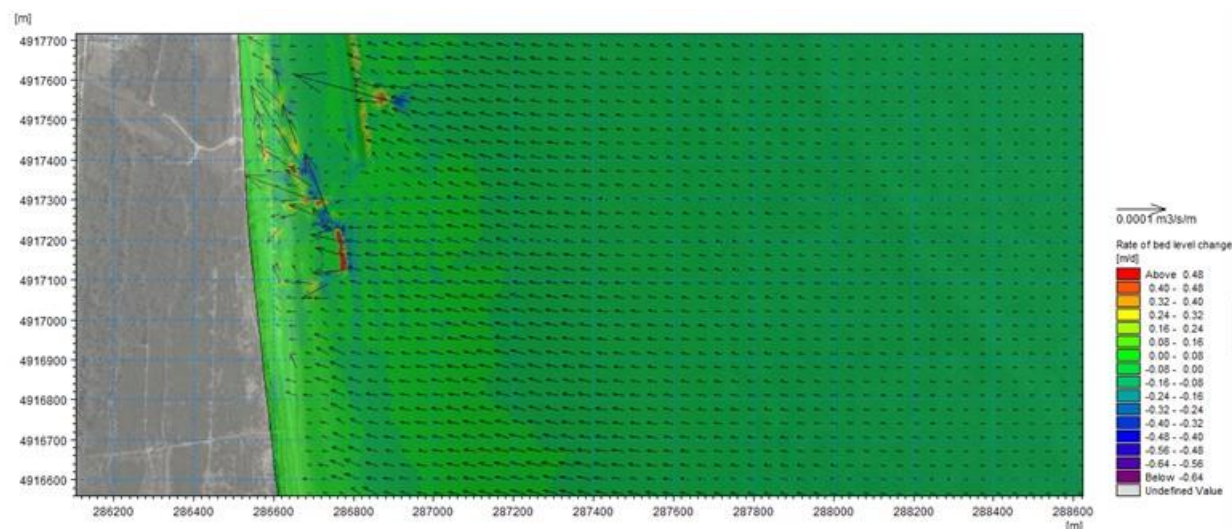


Figura 5.18 Mappe di sediment transport per l'evento estremo da Scirocco.  $H_s = 3.11$  m;  $Dir = 100^\circ N$ ;  $T_p = 7.82$ . Soluzione S2.

La soluzione S2 è molto differente rispetto alla S1 ed alla barriera presente a sud di Lido di Dante realizzata nel 2020. Le differenze possono essere così riassunte:

- L'intervento è realizzato dalla profondità di 1.80 m circa, mentre l'altra dai 2.50 m, e di conseguenza molto più prossima alla battigia.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	113

- La sommergenza varia tra 1.20 m (come le altre soluzioni) a 2.40 m nella zona più al largo. Il coefficiente di trasmissione è definito come il rapporto dell'altezza d'onda a tergo ed al largo dell'opera, indipendentemente dalla profondità alla quale è stato estratto.

I valori di Kt ricavati sono dell'ordine di 0.38 e 0.41 per le condizioni esaminate. I coefficienti di trasmissione sono paragonabili a quelli stimati per la alternativa S1.

Sull'opera si osserva una intensa corrente dovuta al frangimento, ed una riduzione a tergo, per la quale ci si aspetta una riduzione del trasporto. L'estensione di questa opera è molto ridotta (100 m) e di conseguenza il tratto di litorale interessato.

Per quanto riguarda gli effetti presso i piccoli varchi tra i diversi moduli con cui è realizzata l'opera, abbiamo preferito riferirci ad i risultati del codice Xbeach, e sono commentati nella prossima sezione di questo documento.

## 5.2.2 Evoluzione della linea di riva

L'ultima analisi svolta riguarda la stima dell'evoluzione della linea di riva in corrispondenza dell'opera. Questa analisi ha uno scopo comparativo, nello specifico il confronto tra la posizione della linea di riva in presenza ed in assenza di una o più varianti di opere. È stata quindi scelta una condizione iniziale di batimetria, estratta l'isobata a livello 0, e simulata la evoluzione in seguito all'attacco ondoso di un anno rappresentativo. Per questa analisi si è proceduto considerando la *mesh* e la batimetria più recente (9 novembre 2023), e come anno rappresentativo si è scelto il 2015, sia perché mostra una continuità di dati sia perché è stato interessato da una sequenza di mareggiate significative. È chiaro che in questa analisi si vuole approfondire il fenomeno partendo dallo stato della costa recente, con forzanti tipiche del sito.

Per l'analisi è stato utilizzato il tool Shoreline Modelling del software Mike21. Il modulo di simulazione dell'evoluzione simula la variazione della linea di riva nel tempo. La linea di riva è stata descritta inizialmente con una linea formata da N punti equidistanti, in questo caso di 94 punti alla distanza reciproca di 25 m, per coprire una estensione di circa 2.3 km. Una mappa della posizione dei punti è mostrata nella Figura 5.19. Il primo punto è posizionato a NW e la linea di riva continua verso SE. L'opera è collocata in corrispondenza dei punti 45-55.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	114



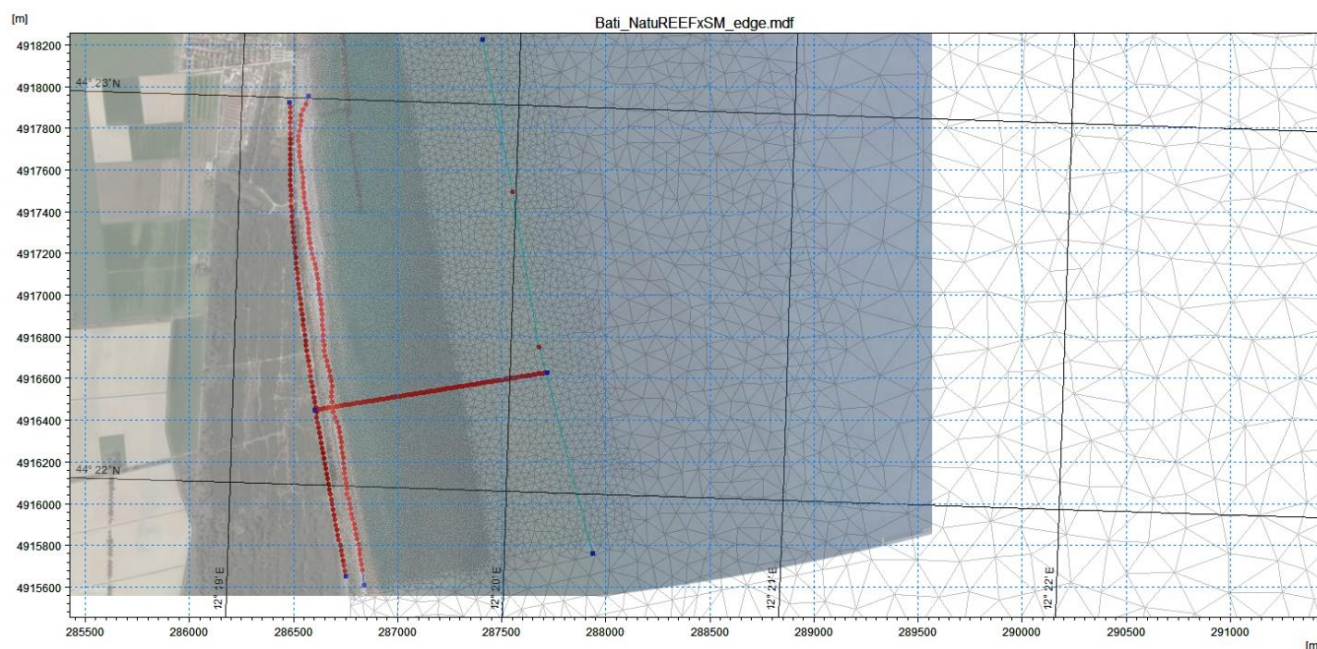


Figura 5.19 Posizione della baseline e della linea di riva per le simulazioni di evoluzione con modulo Shoreline Modelling (proiezione UTM33/WGS84).

La modellazione della evoluzione della linea di riva è molto più rapida della modellazione idrodinamica, e fornisce un’indicazione dell’efficacia e dell’impatto delle soluzioni proposte in termini di impatto sulla battigia. In questo approccio si considera un anno o più anni rappresentativi del clima, e si ipotizza che questo possa essere ripetibile. In questo studio ci siamo riferiti agli anni 2015 e 2016 come rappresentativi, questo perché completi di dati. Nelle figure successive viene mostrata l’evoluzione per un intero anno. Nella prima con la situazione attuale e nella seconda con l’opera. Si ricorda come le simulazioni della linea di riva vanno prese a scopo comparativo. È evidente in Figura 5.20 la grande capacità dell’opera di proteggere il tratto di costa dietro l’opera stessa, e le nicchie di erosione in corrispondenza delle testate.

### 5.2.2.1 Alternativa S1

Il modello è stato utilizzato per simulare l’evoluzione della linea di riva in corrispondenza del tratto centrale tra Lido di Dante e la foce del Bevano, dove è stata ipotizzata la alternativa S1.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	115



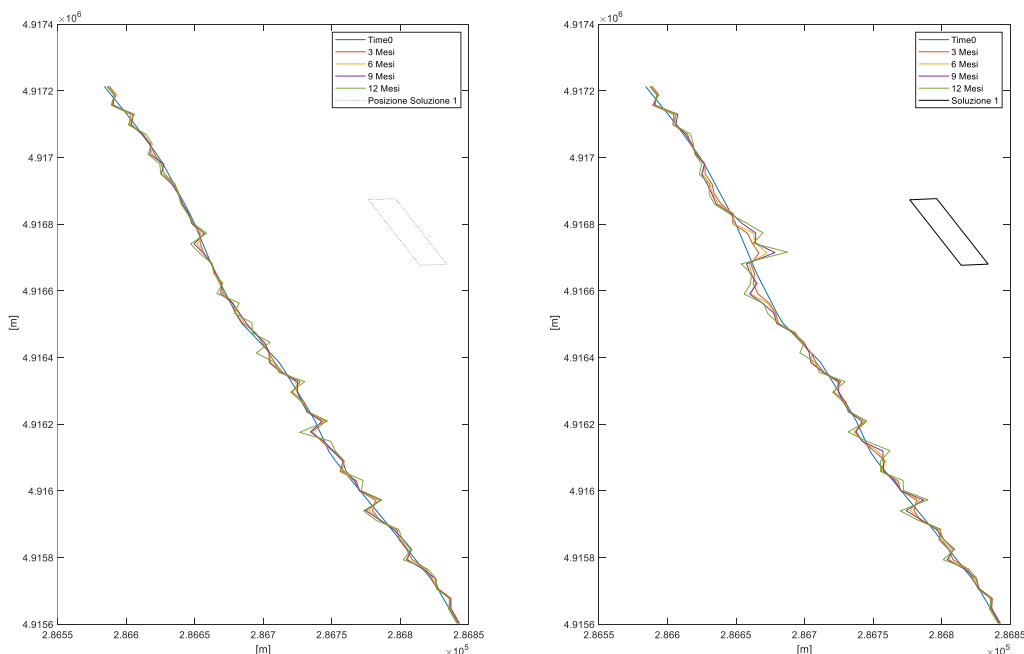


Figura 5.20 Simulazione dell'evoluzione della linea di riva per un anno di attacco ondoso (coordinate UTM33/WGS84) per la Alternativa S1.

Nell'immagine (Figura 5.21) georeferenziata sono riportati per confronto le posizioni della linea di riva simulate dopo un anno tipico, rispetto alla posizione iniziale in presenza dell'opera alternativa S1.

Questo risultato presentato nella prima proposta progettuale, e presenta una delle maggiori criticità della soluzione S1. È evidente la capacità dell'opera di proteggere la linea di riva, che in prossimità presenta un avanzamento significativo della battigia di circa 5 m, ma molto marcate sono le 'nicchie di erosione' provocate dalla diffrazione delle onde in prossimità delle testate dell'opera.

### 5.2.2.2 Alternativa S2

Lo stesso modello è stato applicato alla Alternativa S2. In figura si osserva sempre in blu la posizione al tempo 0.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	116

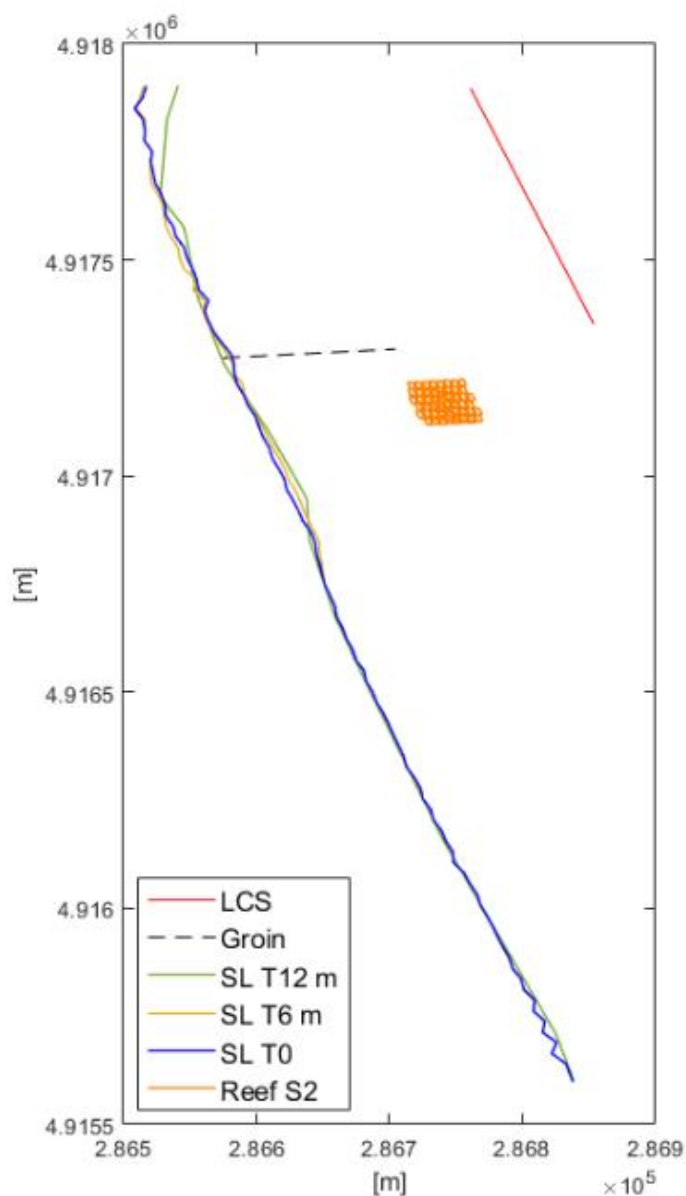


Figura 5.21 Simulazione dell'evoluzione della linea di riva considerando l'attacco del moto ondoso di un anno significativo per la alternativa S2 (proiezione UTM33/WGS84).

Si osserva un lieve arretramento della linea di riva in corrispondenza del pennellino, ciò è dovuto al fatto che il pennellino è stato modellato come opera permeabile alle correnti ed alle onde. In corrispondenza del reef (S2) si osserva un avanzamento non uniforme che varia dai 3 ai 5 m. Tra il lato settentrionale del reef S2 ed il pennellino sostanzialmente una condizione di stabilità. Contrariamente alla soluzione S1 non si evidenzia un effetto erosivo

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	117





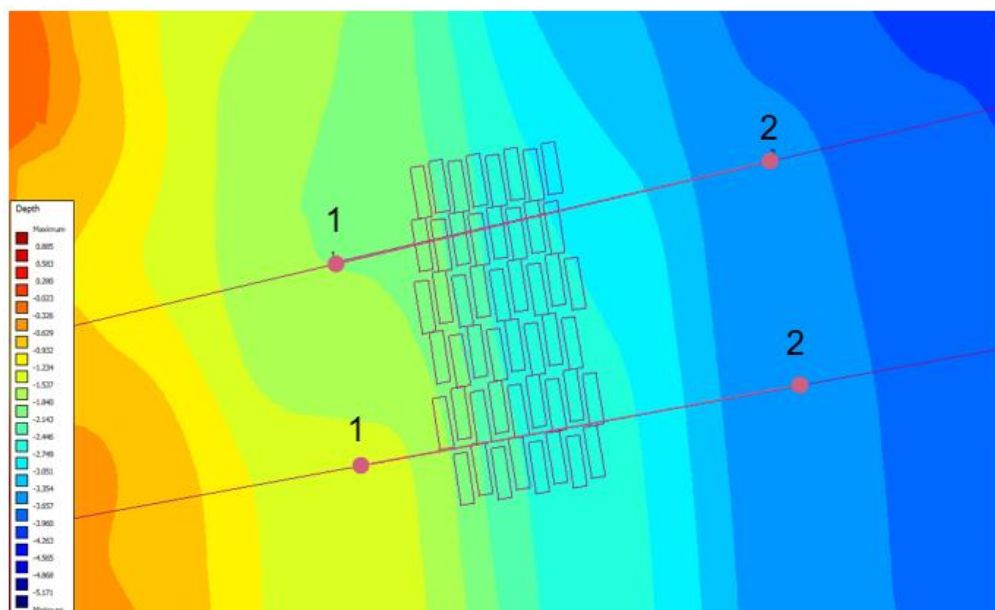


Figura 5.23 Punti di estrazione delle condizioni ondose lungo 2 transetti.

### 5.2.3.2 Propagazione onda sul reef

Questo confronto è stato svolto per 7 istanti delle mareggiate considerate. La Tabella 5.1 mostra, per entrambi i transetti, il coefficiente di trasmissione per entrambe le situazioni in presenza (alternativa S2) ed in assenza del reef (Alternativa S0). L'altezza d'onda è stata estratta sui fondali di 1.5 m e 4 m. Il coefficiente di trasmissione è pari al rapporto  $H_{in}/H_{out}$  ed è espresso in percentuale.

Tabella 5.1 Coefficiente di trasmissione e attenuazione ondosa in quattro timestep e in due transetti per la mareggiata di Bora.

Hoff	T	dir	Transect 1						Transect 2					
			Hout	Ht S0	Ht S2	KtS0	Kt S2	% Kt red.	Hout2	Ht S0	Ht S2	Kt S0	Kt S2	% Kt red.
m	s	°N	m	m	m	%	%	%	m	m	m	%	%	%
1.38	7.69	85.8	0.56	0.56	0.53	100.0	97.9	6.8	0.55	0.49	0.47	89.7	84.6	5.7
3.23	7.4	61	0.86	0.82	0.36	95.5	42.2	55.8	0.99	0.81	0.33	81.9	33.2	59.4
2.81	7.7	51	0.84	0.62	0.58	73.5	68.5	6.8	0.93	0.59	0.56	63.6	60.5	4.9
3.1	8	60	1.04	0.67	0.61	64.5	58.7	8.9	0.83	0.61	0.55	73.0	66.6	8.8
2.84	7.1	32	1.02	0.64	0.57	63.0	56.4	10.6	1.01	0.63	0.56	62.1	55.3	10.9

Si può notare dalla tabella che il coefficiente di trasmissione in presenza del reef S2 mostra valori compresi tra il 42% ed il 68% per le condizioni d'onda maggiori di  $H_s = 2.0$  m al largo, cioè circa 1 m sul fondale di 4 m. Quando le onde sono basse non subiscono significative modifiche dovute alla presenza del reef. Si osserva una attenuazione

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	119

ondosa maggiore presso il transetto meridionale, questo perché davanti era presente durante il rilievo batimetrico di dettaglio una barra, che funge in continuità con l’opera a dissipare l’energia ondos

L’ordine di grandezza del coefficiente di trasmissione è simile a quanto stimato mediante il Mike21. Di seguito vengono presentati alcuni profili trasversali lungo i due transetti dove la linea rossa rappresenta l’altezza d’onda nella simulazione senza reef e la linea blu l’altezza d’onda in presenza del reef (Figura 5.24).

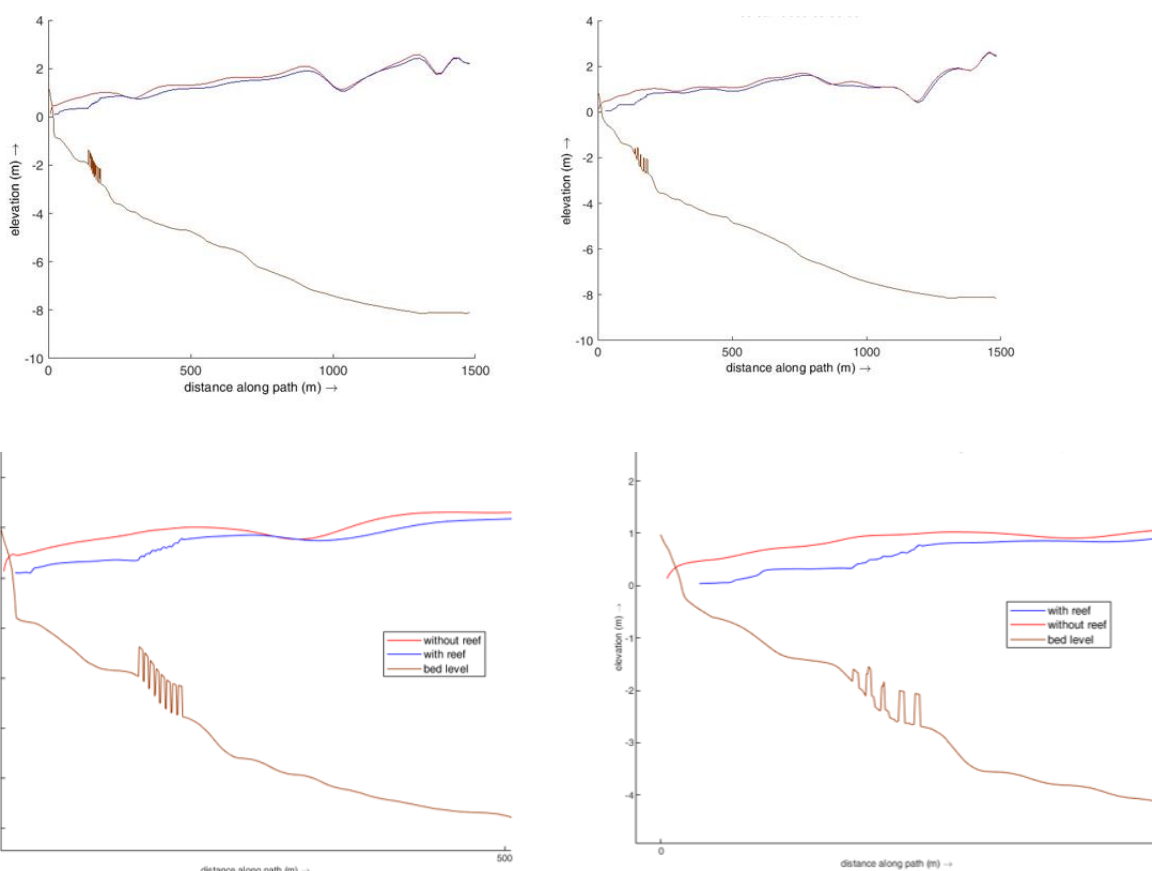


Figura 5.24 Propagazione dell’onda dal largo a riva.

Qui di seguito vengono mostrati gli ingrandimenti delle precedenti immagini per mostrare come l’altezza d’onda si riduca proprio in corrispondenza della zona del reef.

### 5.2.3.3 Campi di corrente

Questa sezione mostra le mappe di corrente prodotte mediante il codice Xbeach. Per tutte le simulazioni è proposta la mappa in assenza di reef (S0).

Per la particolare configurazione batimetrica in cui a sud oves del reef si ha una riduzione del fondale, si osserva una forte corrente (blu in figura), che è presente anche in presenza del reef. Nelle immagini successive vengono

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	120

mostrate le mappe per diversi istanti della modellazione delle mareggiate, sia da Bora che da Scirocco. È evidente la forte riduzione delle intensità delle velocità (Figura 5.25).

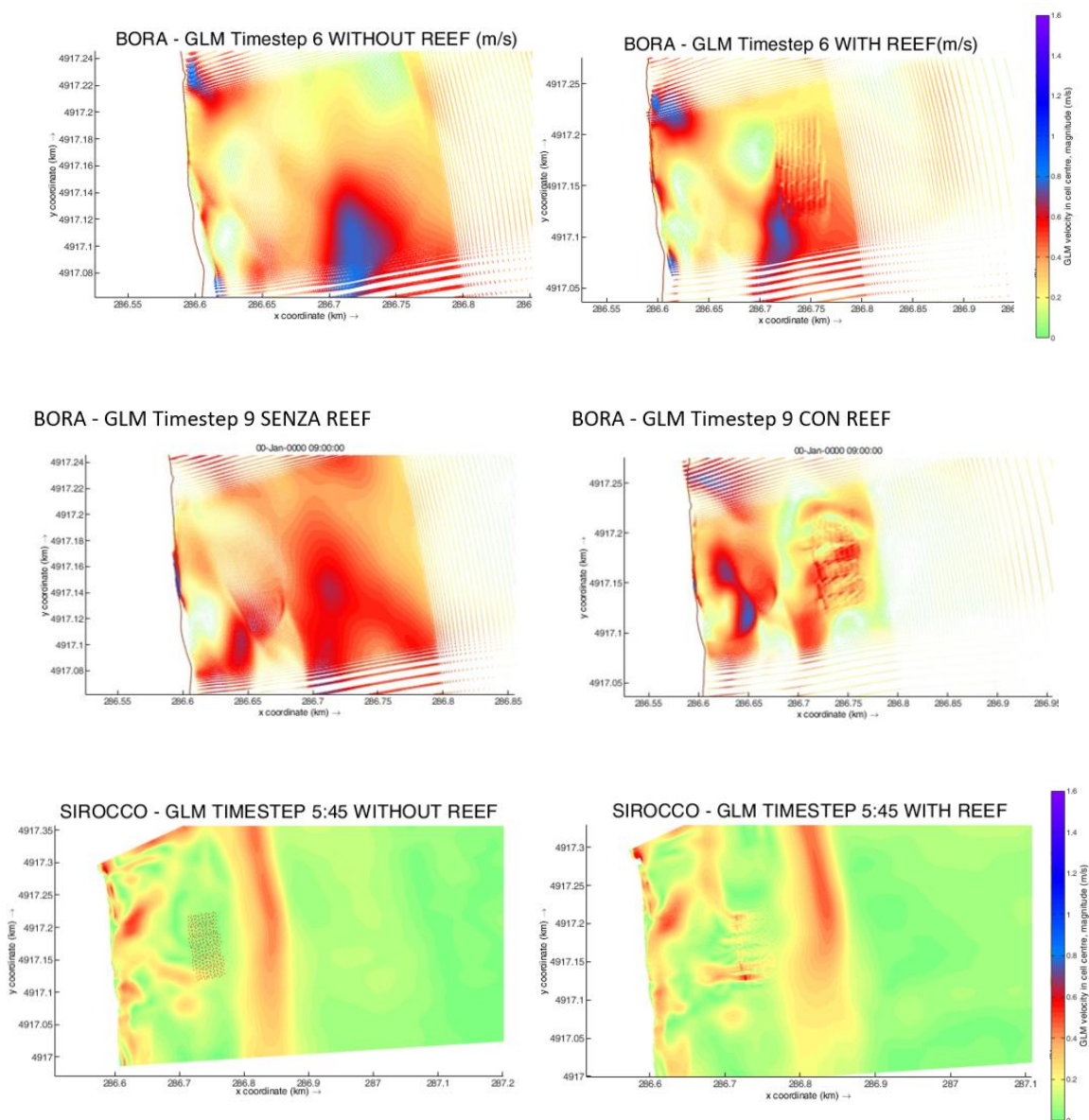


Figura 5.25 Campi di velocità in assenza (sinistra) (S0) ed in presenza (destra) del reef (S2).

#### 5.2.3.4 Risultati relativi al trasporto sedimentario

La Figura 5.26 mostrano la morfodinamica in assenza e presenza di reef (S2) in seguito alla mareggiata di Bora.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	121





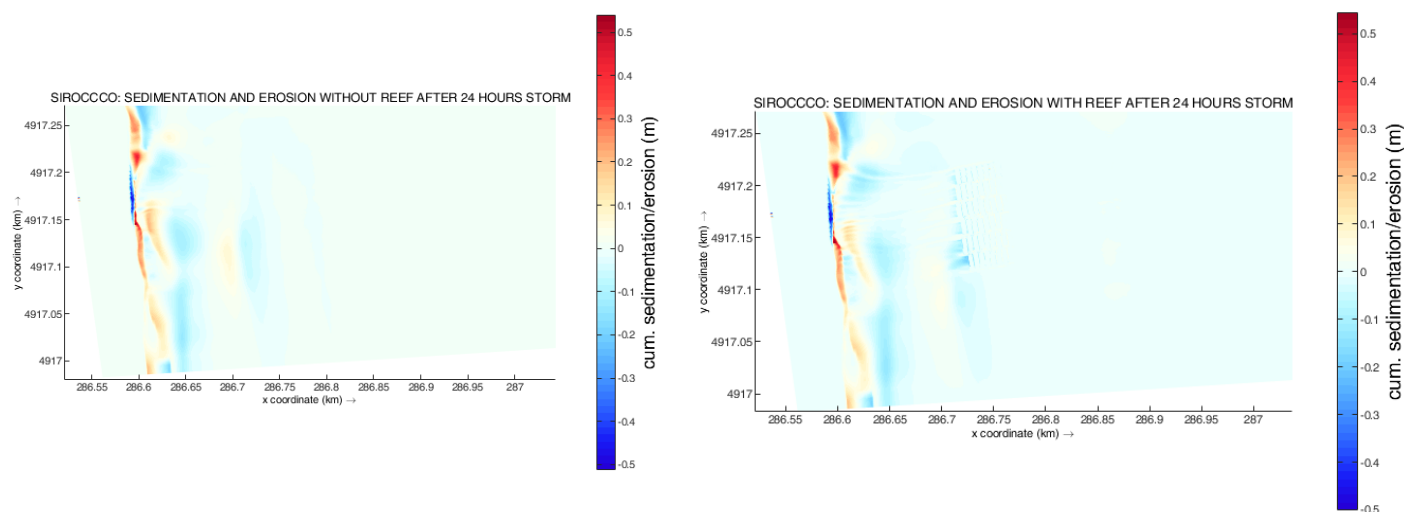


Figura 5.28 Sedimentazione ed erosione durante la mareggiata di Scirocco. Sx) senza reef (alternativa S0) dx) con reef (Alternativa S2).

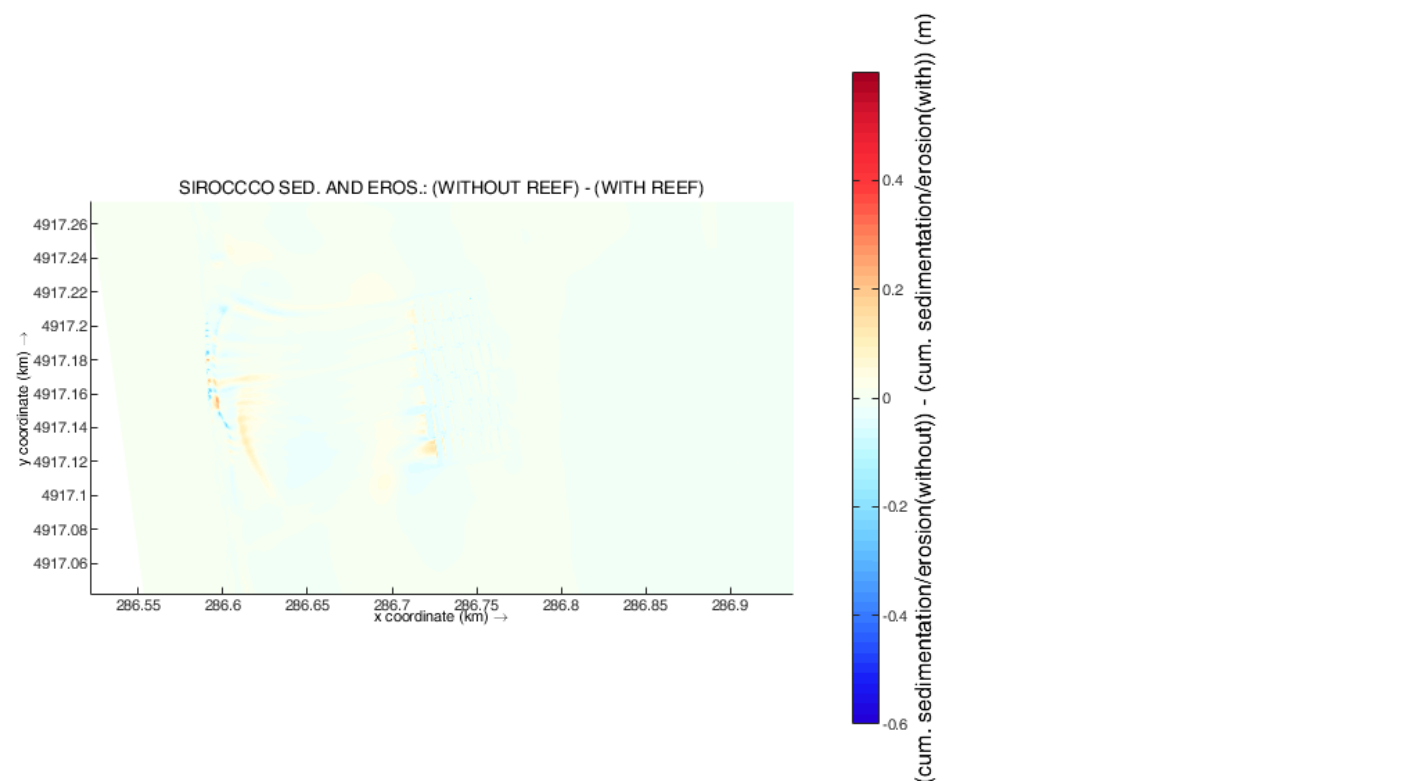


Figura 5.29 Differenza tra sedimentazione ed erosione (senza – con il reef), mareggiata di Scirocco.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	123

## 5.2.4 Considerazioni conclusive delle modellazioni idrodinamiche

Nel presente studio dopo aver sintetizzato le caratteristiche meteorologiche del sito, vengono presentate le 3 alternative, e come queste sono state schematizzate per la modellazione ed implementate nei codici utilizzati, che sono la suite Mike21 comprensiva del modulo SM (Shoreline Modelling) ed il codice Opensource XBeach. Si è scelto di completare lo studio anche con Xbeach principalmente per i seguenti motivi: offre la possibilità di meglio rappresentare i singoli moduli nella mesh ed ha implementata la modalità surf beat.

Nello stato di fatto è evidente la capacità della barriera sommersa realizzata dal comune di Ravenna nella primavera del 2020 a ridurre l'attacco ondoso. Questo intervento non può essere paragonato a quanto qui proposto perché ha una estensione pari a 800 m, rispetto all'intervento di LIFE NatuReef che interessa un tratto di costa pari a 100 m.

Nella zona protetta si osserva una riduzione dell'onda (Kt coefficiente di trasmissione: Altezza d'onda al trasmessa/ altezza d'onda al largo dell'opera) che varia tra 0.54 e 0.64 (Figura 5.1 e Figura 5.4), e di conseguenza le correnti ed il trasporto di sedimenti.

Dalle simulazioni dell'evento estremo con tempo di ritorno pari a 25 anni, mostrato nelle figure con i risultati mostrati nelle figure da Figura 5.1 a Figura 5.3, sono stati estratti i parametri utilizzati per progettare la stabilità dell'opera come da **Relazione tecnica** del **PFTE**.

Per le alternative successive S1 ed S2 sono state considerate le caratteristiche dell'opera in seguito alla posa, non è stata simulata la crescita delle ostriche e sabellaria sia sulla superficie superiore che nei varchi (per la soluzione S2). I risultati sono a favore di sicurezza perché la crescita porterà ad un aumento della scabrezza, ad una riduzione della profondità quindi a dei risultati in termini di agitazione ondosa, idrodinamismo e trasporto minore rispetto a quanto osservato per le nostre condizioni.

La Alternativa S1, già presentata alla conferenza dei servizi, assomiglia ad una larga barriera sommersa (sommersione di circa 1.20 m) coperta da uno strato di ostriche su un materasso. Il comportamento idrodinamico è molto simile a quello di una tradizionale opera sommersa. Per le condizioni simulate si osserva un coefficiente di trasmissione kt che raggiunge il 40%.

La riduzione dell'attacco ondoso in presenza della scogliera di LIFE NatuReef si traduce in una evidente riduzione della corrente a tergo dell'opera e di conseguenza in una riduzione del trasporto (Figura 5.9 e Figura 5.10 per le correnti e Figura 5.11 e Figura 5.12 per il trasporto).

Il tratto di costa protetto è maggiore dell'estensione dell'opera 'proiettato' nella direzione dell'attacco ondoso, che per rifrazione giunge all'opera quasi perpendicolare per entrambe le direzioni.

La Alternativa S2 è molto differente rispetto alla S1 ed alla barriera presente a sud di Lido di Dante realizzata nel 2020. Le differenze possono essere così riassunte:

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	124



L'intervento è realizzato dalla profondità di 1.80 m circa, mentre l'altra dai 2.50 m, e di conseguenza molto più prossima alla battigia.

La sommergenza varia tra 1.20 m (come la precedente soluzione) a 2.40 m nella zona più al largo. In questi risultati definiamo sempre coefficiente di trasmissione come il rapporto dell'altezza d'onda a tergo ed in fronte all'opera, ma va considerato che la distanza è molto maggiore e quindi su questa distanza le onde si modificano anche per *shoaling*.

I valori di Kt ricavati sono dell'ordine di 0.38 e 0.41 per le condizioni esaminate. I coefficienti di trasmissione sono paragonabili a quelli stimati per la alternativa S1, ma va tenuto presente che i meccanismi di dissipazione dell'energia sono differenti.

Sull'opera si osserva una intensa corrente dovuta al frangimento, ed una riduzione di fronte, per la quale ci si aspetta una riduzione del trasporto. La dimensione di questa opera è comunque ridotta (100 m) e di conseguenza il tratto di litorale interessato.

Per quanto riguarda gli effetti presso i piccoli varchi tra i diversi moduli con cui è realizzata l'opera, abbiamo preferito riferirci ad i risultati del codice Xbeach. Si nota ovviamente la formazione di correnti concentrate nei varchi, e questo potrà essere uno di quegli aspetti che dovrà essere attenzionato durante il monitoraggio.

Si può notare dalla tabella che il coefficiente di trasmissione in presenza del reef mostra valori compresi tra il 42% ed il 68% per le condizioni analizzate sopra i 2.0 m al largo, cioè circa 1 m sul fondale di 4 m. Dove le onde sono basse (In tabella 1.38 m al largo) l'onda non subisce riduzioni dovute alla presenza del reef.

La linea di riva in seguito alla realizzazione dell'opera S1 mostra un evidente erosione concentrata in prossimità delle due estremità, tipica delle barriere sommerse. Per quanto riguarda la soluzione S2 si osserva un lieve arretramento della linea di riva in corrispondenza del pennellino, ciò è dovuto al fatto che il pennellino è stato modellato come opera permeabile alle correnti ed alle onde, in corrispondenza del reef (S2) un avanzamento non uniforme che varia dai 3 ai 5 m/anno (Fig. 43). Tra il lato settentrionale del reef S2 ed il pennellino sostanzialmente una condizione di stabilità. Contrariamente alla Alternativa S1 non si evidenzia un effetto erosivo concentrato in prossimità delle due estremità (non si può ora parlare di testate in quanto la forma dell'opera è rettangolare).

In seguito alle analisi mostrate si può concludere:

La soluzione S1, già commentata durante la prima conferenza di Servizio, ha portato a delle perplessità per le quali si è sviluppata la proposta alternativa S2, per superare le criticità.

Con S2 gli impatti sembrano essere lievi, si nota la formazione dei vortici in corrispondenza delle estremità, con una locale effetto di erosione localizzata. Per quanto riguarda gli effetti sulla battigia, la parte protetta è ovviamente legata all'estensione dell'opera, non si nota una erosione localizzata nelle sezioni adiacenti, come avviene per i pennelli o per le opere parallele sommerse più tradizionali.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	125







popolazioni bentoniche che abitano ambienti sedimentari marini (benthos di sedimenti mobili), in particolare quelli viventi nello strato superficiale dei sedimenti.

Gli organismi sono operativamente classificati a seconda delle dimensioni del setaccio utilizzato come microbenthos (minori di 38  $\mu\text{m}$ ), meiobenthos (da 38  $\mu\text{m}$  a 500  $\mu\text{m}$ ) e macrobenthos (superiore a 500  $\mu\text{m}$ ). Il macrobenthos, composto principalmente di molluschi (bivalvi e gasteropodi), policheti, crostacei (anfipodi, isopodi, decapodi) ed echinodermi, è la componente maggiormente utilizzata per le valutazioni di impatto ambientale su sistemi acquatici costieri (Ponti et al. 2009). Tali organismi macrobentonici sono ampiamente adoperati come indicatori ambientali in quanto relativamente sedentari, quindi in grado di rispondere ad effetti ambientali locali (qualità delle acque, qualità dei sedimenti, idrodinamismo, pressione antropica, ecc.). Il macrobenthos è un anello strategico della catena trofica degli ecosistemi acquatici ed è di semplice campionatura e classificazione. Cambiamenti nella comunità bentonica possono essere valutati utilizzando parametri quali la composizione delle specie, l'abbondanza e la biomassa presente in un dato sito rispetto a quello di controllo. In generale i metodi adottati per valutare gli impatti di questo tipo di interventi sono l'analisi del popolamento macrobentonico e dell'epibenthos pre e post-opera.

Uno studio specifico ha riguardato le strutture artificiali leggermente sommerse (*low-crested structures*, LCS) nella limitrofa area di studio di Lido di Dante, mostrando come il popolamento macrobentonico sia cambiato in risposta alla presenza di un sistema di LCS (Bertasi et al. 2007). Queste strutture, con la loro conformazione e ridotta sommersione portano ad un drastico passaggio da un ambiente dinamico con fasi erosive e deposizionali ad uno statico con strutture rigide artificiali. Queste ultime sono colonizzate da organismi come alghe e invertebrati marini sessili che si trovano comunemente sul substrato roccioso naturale e forniscono nuovi rifugi e luoghi di riproduzione per pesci e crostacei. Dall'altro lato però queste strutture possono provocare un minore dinamismo delle acque interne alla struttura, causando maggiore deposizione di sedimenti fini e sostanza organica che alterano il popolamento macrobentonico preesistente.

Bacchiocchi and Airoidi (2003) hanno invece eseguito un'analisi delle specie presenti sul nuovo substrato roccioso apportato dalle LCS (*epibenthos*). Anche in tale caso, tra le aree studio è incluso Lido di Dante, ed i risultati possono essere nuovamente utilizzati come termine di paragone per la nuova opera in progetto, sebbene quest'ultima abbia caratteristiche diverse in termini di profondità e prevedano un'apposto ripopolamento. Le conclusioni di tale studio evidenziano come tali strutture artificiali vengano rapidamente colonizzate da popolamenti epibentonici. Tuttavia, la diversità di specie che viene a crearsi è bassa ed è dominata da specie aventi un'ampia diffusione areale.

All'interno di un altro lavoro scientifico (Airoidi et al. 2005) si ricorda come alcune specie colonizzatrici di questi nuovi substrati possano avere una valenza anche economica (ad esempio cozze, granchi, ostriche, patelle) o possano avere una certa attrazione turistica (*birdwatching* o *snorkeling*). Tuttavia, questi habitat artificiali modificano le caratteristiche originarie delle aree e possono causare alterazioni alle specie autoctone.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	128



Nell'ambito del progetto europeo DELOS, sono stati elaborati dei criteri con cui indirizzare lo sviluppo e la manutenzione delle strutture di difesa costiere comparabili a quelle previste dal progetto (Airoldi et al. 2005):

- valutare a priori gli effetti delle opere previste, considerando anche l'ipotesi di non intervenire e intervenendo solo dove strettamente necessario;
- la struttura deve consentire la massima tracimazione possibile, quindi le barriere sommerse sono da privilegiare: massimizzare il flusso d'acqua al di sopra delle strutture permette un maggiore flusso di acqua dal mare aperto in grado di mitigare i cambiamenti deposizionali;
- le barriere dovrebbero avere la massima porosità possibile, favorendo le aperture;
- eseguire le opere previste intervenendo da mare senza andare ad agire su habitat costieri quali le dune e le spiagge;
- una volta costruita la struttura a mare, cercare di minimizzare al massimo gli interventi di manutenzione che causerebbero un notevole ritardo nei tempi di recupero dei popolamenti. Si deve perseguire il raggiungimento di popolamenti maturi nel minore tempo possibile;
- eseguire monitoraggi specifici ante- e post- opera atti a verificare il chimismo delle acque e il recupero dei popolamenti originali o ad accertare le nuove specie introdotte dall'intervento;
- gestire e limitare l'accesso umano che può influenzare in modo negativo il ripristino del popolamento bentonico.

Il presente progetto non solo aderisce in pieno a questi principi ma va ben oltre, realizzando una struttura sommersa a maggiore profondità e larghezza, che meglio approssima le scogliere naturali di ostriche, ed è previsto uno specifico ripopolamento con specie native in grado di aumentare la biodiversità e contrastare l'insediamento di specie non native.

Tra i beni e i servizi forniti dalla scogliera ad ostriche native, già accennati nel paragrafo (Figura 5.30), ci sono infatti quelli relativi al miglioramento delle condizioni e all'aumento della biodiversità, favorendo anche la vegetazione sottomarina e proteggendo gli habitat circostanti (Ysebaert et al. 2019).

Le scogliere di vermi sabellariidi, sebbene meno rinomate, forniscono servizi ecologici, tra cui il miglioramento della biodiversità e la protezione delle coste, molto simili a quelle delle scogliere di ostriche (Pearce et al. 2011; Figura 5.32).

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	129

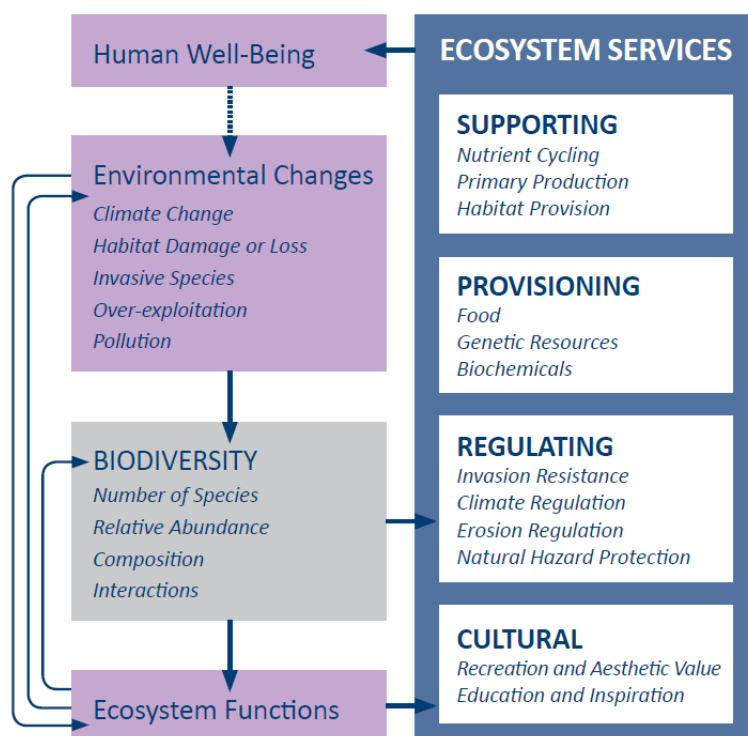


Figura 5.32 Diagramma schematico che illustra le interazioni tra biodiversità, funzioni e servizi ecosistemici, benessere umano e cambiamento ambientale forniti dalle scogliere di vermi sabellariidi (Pearce et al. 2011).

Complessivamente sono attesi sia la ricostituzione di habitat di grande pregio naturalistico, fortemente minacciato e localmente scomparso (Airoidi & Beck 2007), così come numerosi benefici per gli ambienti marini costieri circostanti e per la popolazione locale.

Il ripristino della scogliera di ostriche e sabellaria (codice habitat 1170), assente all’inizio del progetto, ospiterà più di 100 specie bentoniche e ittiche entro la fine del progetto. Aumenteranno ulteriormente fino a superare i 200 nei 3/5 anni successivi alla fine del progetto. Questa stima conservativa si basa sulla ricchezza di specie riscontrata nelle barriere coralline di ostriche autoctone e non autoctone già esistenti (ad esempio, Zwerschke et al. 2016) e nelle scogliere di sabellaria nel Mar Mediterraneo (ad esempio, Gravina et al. 2018, Ingrosso et al. 2018), e su processi di colonizzazione di popolamenti bentonici (ad esempio, Fava et al. 2016).

Il ripristino della scogliera di ostriche e sabellaria (codice habitat 1170) sarà ottenuto seminando specie autoctone su una scogliera calcarea di base di ca. 4000 m². La superficie dell’habitat della scogliera rimarrà sostanzialmente invariata negli anni successivi alla conclusione del progetto. Pur essendo auspicabile, non è possibile quantificare ad oggi un possibile incremento naturale della estensione della barriera corallina nei tempi di progetto.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	130



## 5.2.8 Impatti sul rumore

Gli interventi in progetto non determineranno alcuna alterazione né tantomeno incremento rispetto alle attuali condizioni di rumore.

## 5.2.9 Impatti connessi al rischio di incidente

Le barriere a mare saranno opportunamente segnalate ai sensi della norma di sicurezza previste dal “codice della navigazione”.

## 5.2.10 Impatti sul paesaggio

La nuova scogliera, visto che sarà perennemente sommersa (quota di -1,20 s.l.m.m) per la sua intera lunghezza anche in condizioni di basse maree eccezionali (cfr. 4.3.1), nella condizione post operam non produrrà modifiche paesaggistiche percepibili rispetto allo stato attuale e non ci saranno quindi impatti sul paesaggio.

## 5.3 Misure di mitigazione

Da quanto descritto nei precedenti paragrafi si evidenzia che i ridotti impatti sulle diverse componenti ambientali riguardano esclusivamente la fase di cantiere per la realizzazione della scogliera di base. Per mitigare il disturbo in fase di cantiere sulle componenti ambientale maggiormente vulnerabili agli impatti legati alla presenza delle maestranze (rumori, trasporti, traffico, ecc.) il cantiere sarà organizzato in maniera da escludere tassativamente le lavorazioni a terra e comunque di operare in inverno-inizio primavera, cioè in periodo di ridotta o nulla presenza di turisti nell'area circostante. Tali scelte sono tese alla mitigazione degli impatti prodotti dalla fase di cantiere sugli aspetti socioeconomici (attività balneare e diportistica) e naturalistici (attività riproduttiva della fauna terrestre). L'applicazione di buone pratiche di gestione del cantiere e di un adeguato piano per la sicurezza consentirà di mitigare al massimo gli impatti e ridurre il rischio di incidenti. Tuttavia, l'intero assetto geotecnico e strutturale, così come quello ambientale, verranno attentamente monitorati secondo quanto previsto dal progetto LIFE NatuReef dai rispettivi piani di monitoraggio e manutenzione previsti dal PFTE (vedasi anche paragrafi 6.2.1, 6.2.2 e 6.2.3 del presente elaborato). Data la semplicità della struttura, come estrema ratio nel caso fossero prodotti effetti sostanzialmente negativi, l'opera potrebbe essere tecnicamente rimossa.

## 5.4 Misure di compensazione

La predisposizione di misure di compensazione avviene nel momento in cui gli interventi previsti determinano un danneggiamento irreversibile di un determinato fattore ambientale. Le misure di compensazione, affinché siano effettive ed efficaci, devono essere attive sin dall'inizio dei lavori per la realizzazione degli interventi previsti e devono essere economicamente garantite. Poiché non sono previsti impatti significativi sia in fase di cantiere sia

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	131



Progetto cofinanziato dalla Commissione Europea nell'ambito del Programma LIFE 2021-2027 – Natura & Biodiversità  
LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742



in fase d'esercizio, non sono previste misure di compensazione per gli interventi in esame, ma solo misure di mitigazione dei disturbi di cantierizzazione e dell'opera nel suo complesso per garantire il mantenimento della miglior qualità ambientale possibile.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	132

## 6 Monitoraggi e controlli previsti

L'intervento descritto intende incidere, positivamente, sulla biodiversità dell'ambiente marino, ricreando un habitat di scogliera biogenica storicamente perduto, e sulle morfodinamiche evolutive lungo la costa mirando ad un assetto maggiormente equilibrato per il paraggio del breve tratto di intervento, ricompreso tra la foce del torrente Bevano e la foce Fiumi Uniti. L'intervento proposto tende a ridurre il tasso erosivo ma non possono annullarlo, anche perché parte dell'erosione dipende dall'abbassamento dei fondali e della costa in genere indotti dalla subsidenza. In seguito all'intervento si deve prevedere un monitoraggio di almeno 3 anni, che consista in:

- 1 rilievo batimetrici all'anno;
- 1 rilievo topografici della spiaggia all'anno;
- 1 rilievo bioecologico di tutti gli habitat direttamente o in direttamente interessati

Tutte le azioni di monitoraggio saranno coordinate dal partner PROAMBIENTE, esperto in rilievi geofisici in mare, e vedranno impegnati i biologi, ecologi, botanici, geologi, ingegneri idraulici e topografi dei due dipartimenti dell'Università di Bologna (BiGeA e DICAM), i geologi e i tecnici del Comune di Ravenna, ecologici, botanici ed ornitologi del Parco del Delta del Po. Saranno anche coinvolti cittadini, studenti e turisti attraverso azioni di "Citizen Science", coordinate da Fondazione Flaminia con il supporto di Reef Check Italia ETS.

### 6.1 Monitoraggio ante-operam

Il monitoraggio ante-operam, in gran parte già eseguito, ha avuto come scopo principale il fornire una base di dati iniziale sull'habitat e la biodiversità ("baseline") alla foce del fiume Bevano per consentire la corretta progettazione e realizzazione della "scogliera calcarea di base" e la loro successiva colonizzazione con ostriche e sabellarie native, per innescare la formazione della scogliera biogenica. Queste conoscenze preliminari fungeranno anche da condizione di riferimento per il successivo monitoraggio post-operam dell'habitat e della biodiversità dell'area, necessario per valutare lo stato di salute della scogliera biogenica e la biodiversità della comunità associata; nonché di monitorare gli indicatori quantificabili che descriveranno il successo e il progresso dell'azione di ripristino ed i parametri ambientali nel sito di intervento. Per un approfondimento, oltre a quanto riportato in questo studio, si rimanda al deliverable "Baseline" del progetto LIFE NatuReef disponibile online (Del Bianco et al. 2024).

I rilievi ripetuti che verranno effettuati serviranno per ottenere mappe morfo-batimetriche dell'area da confrontare con lo stato iniziale dell'area (baseline) rispetto all'evoluzione nei successivi tre anni. Le immagini backscatter dei fondali marini forniscono anche un input importante per la realizzazione di mappe tematiche sullo stato dei fondali (es. mappatura degli habitat) e morfologiche: mappa dello spessore dei sedimenti - mappe della distribuzione dei sedimenti - analisi dell'erosione vs. deposizione (Del Bianco et al. 2014). Tutte le misurazioni rispetteranno elevati standard idrografici e saranno armonizzate con i rilievi topografici sulla terraferma.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	133



Nel primo anno di progetto è stata effettuata una caratterizzazione completa degli habitat, delle condizioni ambientali, delle comunità e della loro biodiversità all'interno delle aree di intervento e monitoraggio. I dati e le mappe ottenuti hanno definito una baseline per il successivo monitoraggio e valutazione del raggiungimento degli obiettivi prefissati. I dati necessari per progettare adeguatamente la “scogliera calcarea di base” e la sovrimposta scogliera biogenica sono stati acquisiti in stretta collaborazione con gli ingegneri, geologi e biologi.

## 6.2 Monitoraggi e interventi post-operam

A partire dalla posa in opera della scogliera biogenica, gli habitat, le condizioni ambientali, le comunità e la loro biodiversità saranno monitorati all'interno delle aree di intervento e di monitoraggio della foce del fiume Bevano.

### 6.2.1 Piano preliminare di monitoraggio geotecnico e strutturale

Il **piano preliminare di monitoraggio geotecnico e strutturale**, allegato al **PFTE**, ha come obiettivo principale quello di garantire che l'opera funzioni correttamente, prevenendo danni alle strutture e all'ambiente circostante, monitorando costantemente i parametri geotecnici, strutturali e l'integrità delle opere di difesa nel tempo. In particolare, prevede:

- **Controllo dell'integrità strutturale:** Verifica del buono stato della struttura, cioè delle reti di contenimento, e della sua posizione.
- **Verifica della stabilità** dell'opera di difesa.
- **Monitoraggio delle deformazioni:** Misurazione delle deformazioni e degli insabbiamenti delle strutture.
- **Valutazione dei fenomeni di erosione:** Analisi delle modificazioni topografiche e della dinamica dell'erosione costiera.

Le metodologie in situ comprendono:

- **Punti di monitoraggio delle traslazioni:** Settaggio di punti di riferimento geodetici per misurare spostamenti orizzontali e verticali. Strumentazione consigliata: livellometri, GPS ad alta precisione, e inclinometri per la verifica la stabilità allo scorrimento ed al ribaltamento;
- **Rilievi batimetrici sull'opera:** Ripetizione di rilievi batimetrici sull'opera e confronto degli stessi per individuare modifiche della profondità della cresta della superficie. Dal confronto tra rilievi sarà possibile individuare possibili traslazioni e sprofondamenti.
- **Rilievi batimetrici sul fondale circostante:** La ripetizione di rilievi batimetrici del fondale ed il confronto degli stessi permetteranno di individuare le zone di accumulo e di erosione dei sedimenti.
- **Rilievi della linea di riva:** Il rilievo ripetuto della linea di riva permetterà di valutare gli impatti sul litorale. I metodi e le tecniche sono descritti nel '**Piano preliminare di monitoraggio ambientale**' incluso nel PFTE.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	134



- **Osservazioni dirette:** Un gruppo di subacquei esperti si immergerà periodicamente per osservare lo stato delle strutture, delle reti e se alcuni blocchi sono insabbiati o sono in parte sprofondati nella sabbia. Queste informazioni saranno complementari alle misure mediante rilievi batimetrici.

Il monitoraggio sarà eseguito in due fasi principali: durante la fase di costruzione e nella fase operativa dell'opera.

- **Fase di costruzione:** Monitoraggio precedente (ante operam) ed immediatamente successivo alla realizzazione dell'opera con single-beam.
- **Fase operativa:** Monitoraggio a lungo termine durante l'esercizio dell'opera, con frequenza annuale. Eventuali eventi eccezionali (tempeste, alti livelli marini) richiederanno misurazioni da valutare volta per volta.

## 6.2.2 Piano preliminare di monitoraggio ambientale

Il **piano preliminare di monitoraggio ambientale**, allegato al **PFTE**, rientra appieno nel più ampio progetto cofinanziato dalla Commissione Europea **LIFE NatuReef** (*Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement*; LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742; periodo 01/07/2023 - 30/06/2027) che ha per scopo l'applicazione, a livello dimostrativo, delle migliori pratiche disponibili per il ripristino delle antiche scogliere di ostriche e sabellarie, reintroducendo le specie autoctone in un raro tratto costiero non urbanizzato della costa dell'Alto Adriatico all'intero del sito protetto di interesse comunitario della Foce del Torrente Bevano, parte del Parco del Delta del Po (sito Rete Natura 2000 - IT4070009). Il progetto LIFE NatuReef ha una sezione (*Work Package* WP2) appositamente finanziata e interamente dedicata alla valutazione dello stato ambientale **ante operam** (*baseline*) e dei cambiamenti **post operam**, attraverso un **piano di monitoraggio annuale** che si estende per l'intero periodo di progetto (giugno 2027) e che prevede una successiva verifica nei 5 anni successivi. La maggior parte dei rilievi e campionamenti è previsto nel periodo primaverile (marzo-maggio), alcuni rilievi sulla qualità delle acque e componenti biologiche ed ecologiche sono previsti anche in altri momenti dell'anno.

L'obiettivo primario di questo WP è quindi quello di fornire la baseline necessaria per gli habitat presenti e la biodiversità che ospitano nell'intera area di riferimento. Questa baseline fornisce le condizioni di riferimento per la progettazione dell'opera, realizzata in elementi modulari di materassi di rete metallica, riempiti con spaccato calcareo, di dimensioni unitarie 5,00 x 2,00 x 0,30 m composti per formare dei macro-blocchi di dimensioni 15 x 4 x 0,30/0,60 m su un'area lorda di 100 x 48 m, e il successivo monitoraggio ambientale, necessario per valutare il raggiungimento degli obiettivi del progetto in termini di conservazione di habitat e specie e ripristino della biodiversità della scogliera.

Gli obiettivi del WP sono:

- fornire la conoscenza di base su habitat e biodiversità per la progettazione e monitoraggio della scogliera,
- monitorare indicatori quantificabili che descrivono il successo e il progresso dell'azione di ripristino dei popolamenti naturali,

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	135

- valutare lo stato di salute della scogliera biogenica e la composizione della comunità associate,
- monitorare i parametri ambientali nel sito di intervento.

Le componenti e le metodologie considerate nel piano possono essere così elencate:

- **Geomorfologia marina e costiera**
  - Rilievi batimetrici e geofisici marini
    - Ecoscandaglio
    - Ricevitore GNSS
    - Elaborazione dei dati
    - Pianificazione delle rotte
  - Rilievo topografico
    - Ricevitore GNSS
    - Sistema UAV
- **Condizioni meteomarine e idrodinamiche**
  - Misure correntometriche
  - Misure ondametrichie
- **Evoluzione della linea di costa, morfologia del sistema spiaggia-dune e copertura vegetale**
  - Sistema digitale di analisi della linea di costa DSAS
    - Net Shore Movement NSM
    - End Point Rate EPR
    - Linear Regression Rate LRR
  - Valutazione e identificazione della vegetazione
    - Indice di area fogliare (LAI)
- **Habitat, comunità e biodiversità dei fondali marini**
  - Caratteristiche dei sedimenti e comunità macrobentoniche
    - Campionamento e trattamento dei campioni
    - Analisi dei sedimenti
    - Macrobenthos
  - Comunità e processi ecologici sulla scogliera
    - Integrità delle reti metalliche
    - Stato di salute delle ostriche
    - Comunità macro-epibentonica
    - Fauna ittica
    - Processi di reclutamento e di biocostruzione/bioerosione
  - Qualità delle acque, fitoplancton ed eDNA
    - Campionamento e trattamento dei campioni
    - Estrazione del DNA ambientale
    - Analisi del contenuto di clorofilla-a

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	136



- Analisi della concentrazione dei nutrienti

- **Ornitofauna**

## 6.2.3 Piano di Manutenzione dell'Opera

Il **piano di manutenzione dell'opera**, allegato al **PFTE**, prevede:

### 6.2.3.1 Manutenzione ordinaria

L'opera, per le sue caratteristiche di stabilità dei moduli e durata dei materiali non richiede interventi di manutenzione ordinaria.

### 6.2.3.2 Manutenzione straordinaria

A seguito del monitoraggio annuale (vedasi gli allegati al PFTE “Piano preliminare di monitoraggio ambientale” e “Piano preliminare di monitoraggio geotecnico e strutturale”), nei due anni successivi alla posa e a 5 anni dalla fine del progetto saranno valutati:

- l'integrità delle reti metalliche,
- lo stato di salute delle ostriche,
- il progredire dei processi di biocostruzione.

I possibili interventi di manutenzione straordinaria comprendono:

- eventuali riparazioni di reti metalliche danneggiate ed esposte, utilizzando fil di ferro ritorto ed eventuali pezze di rete con le stesse caratteristiche di quelle impiegate in fase di posa,
- eventuali ripopolamenti aggiuntivi di ostriche

### 6.2.3.3 Eventuali modifiche o rimozione dell'opera

L'opera è intesa a ricostituire un habitat di scogliera naturale a ostriche e sabellarie, prima ancora che come opera di difesa costiera. La scogliera è quindi destinata a perdurare indefinitamente, anche qualora risultasse nel tempo di ridotta efficacia nel contenere i fenomeni di erosione costiera. Solo nel caso fossero dimostrati danni ecologici rilevanti agli ambienti circostanti si procederebbe alla sua modifica o, in ultima analisi, all'eventuale rimozione. L'eventuale attività di rimozione anche a lungo termine potrebbe avvenire attraverso il salpamento mediante gru e cinghie, qualora reti e tiranti fossero ancora integri, oppure con benna mordente o ragno operati da moto pontone.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	137

## 7 Conclusioni

Il progetto LIFE NatuReef, ed in particolare i lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009), oggetto del presente studio di impatto ambientale, hanno per scopi:

1. Creare una scogliera di ostriche
2. Stimolare lo sviluppo di scogliere a sabellaria
3. Aumentare la biodiversità marina
4. Proteggere degli habitat costieri
5. Favorire la conservazione della fauna e della flora protette
6. Aumentare la consapevolezza pubblica

A tale fine il progetto in esame propone la realizzazione di una scogliera calcarea di base su cui eseguire il ripopolamento di ostriche e sabellaria, in posizione e di dimensione tale da costituire anche una efficace protezione della costa dai fenomeni erosivi in atto. Il progetto, quindi, vuole proporre e sperimentare un cambio di paradigma nella protezione e conservazione degli ambienti marino costieri basato su soluzioni che imitano la natura e ne ripristinano alcuni importanti servizi ecosistemici e che presentano una naturale resilienza ai mutamenti delle condizioni ambientali.

Le valutazioni effettuate tramite modellistica numerica previsionale hanno portato ad individuare come soluzione ottimale una struttura modulare di materassi di rete metallica, riempiti con spaccato calcareo, di dimensioni unitarie 5,00 x 2,00 x 0,30 m composti per formare dei macro-blocchi di dimensioni 15 x 4 x 0,30/0,60 m (la differenza di altezza dipende dal numero di elementi che possono essere sovrapposti). La dimensione complessiva della struttura, non essendo i macro-blocchi disposti in modo omogeneo sulla superficie marina, coprirà un'area lorda pari a 100,00 x 48,00 m, con una sommergenza minima di -1,40 m s.l.m.m.

Questa soluzione è in grado di ridurre nel breve tratto sperimentale il tasso di erosione che colpisce in maniera particolarmente rilevante il litorale tra foce Bevano e Lido di Dante, con effetti trascurabili ai bordi della struttura. Sono attesi effetti positivi per diminuzione del tasso di erosione e del rischio di ingressione marina nel tratto protetto dalla scogliera. È atteso anche un vantaggio in relazione al miglioramento del bilancio idrico sotterraneo nelle aree circostanti (riduzione dell'intrusione salina nell'acquifero costiero), aumento della protezione dall'ingressione marina in pineta durante le mareggiate. Sul lungo termine la maggiore protezione del tratto di costa porterà ad una valorizzazione degli habitat e delle specie presenti nell'area. La ricostituzione della scogliera a ostriche e sabellarie prospetta benefici in termini di biodiversità di grande valore naturalistico, che andranno ad arricchire questo sito.

Le valutazioni sugli impatti in fase di cantiere hanno evidenziato minime interferenze con la fauna di valore conservazionistico segnalata nell'area, dato che tutti i lavori si svolgeranno a mare. In fase di cantiere non sono attesi effetti sulla qualità delle acque, atmosfera, suolo e sottosuolo. In fase di esercizio, in considerazione

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	138



dell'appropriato dimensionamento e della profondità della scogliera, sono attesi minimi effetti negativi e, viceversa, molteplici effetti positivi alla qualità delle acque e alle comunità marine, nonché agli ambienti costieri limitrofi. Successivamente alla realizzazione delle opere a mare si potrebbe osservare un effetto di riduzione della granulometria dei sedimenti dello specchio marino-costiero ricompreso tra la nuova scogliera e la linea di riva. Tale effetto è comunque minimizzato dalla elevata sommergenza della barriera che permetterà una elevata circolazione e ricambio in presenza di un minimo moto ondoso. La scogliera non determina alterazione alcuna del paesaggio a mare in quanto risulterà sempre sommersa in qualsiasi condizione di marea. La riprofilatura della spiaggia emersa sarà tesa al recupero della linea di riva e del naturale profilo e non sarà avvertita dal punto di vista estetico-percettivo.

La cartellonistica porterà ad una maggiore sensibilizzazione della popolazione ai problemi di conservazione dell'area.

A conclusione del processo di valutazione appare utile sottolineare come il progetto in studio risulti pienamente compatibile con i principali fattori ambientali e come tutte le azioni proposte dal progetto comportino un miglioramento ed una valorizzazione, diretta o indiretta, degli elementi di interesse ambientale e paesaggistico.

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	139



## Bibliografia

- Abbiati M, Ponti M, Mugnai F, Turicchia E, Rinaldi A, Modugno S, Ferrari CR, Mazziotti C, Benzi M, Martini P, Riccardi E (2019) Caratterizzazione dell'area di foce del Torrente Bevano e individuazione delle strategie di conservazione e valorizzazione delle aree di nursery per specie protette e d'interesse commerciale (Report progetto FLAG Regione Emilia-Romagna), Centro Interdipartimentale di Ricerca per le Scienze Ambientali, Università di Bologna, Ravenna, Italia <https://doi.org/10.5281/zenodo.4016598>
- Airolidi L, Abbiati M, Beck MW, Hawkins SJ, Jonsson PR, Martin D, Moschella PS, Sundelof A, Thompson RC, Aberg P (2005) An ecological perspective on the deployment and design of low-crested and other hard coastal defence structures. *Coast Eng* 52:1073-1087 <https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2005.09.007>
- Airolidi L, Beck MW (2007) Loss, status and trends for coastal marine habitats of Europe. *Oceanogr Mar Biol, Annu Rev* 45:345-405 <https://doi.org/10.1201/9781420050943.ch7>
- Antonoli F, Anzidei M, Amorosi A, Lo Presti V, Mastronuzzi G, Deiana G, De Falco G, Fontana A, Fontolan G, Lisco S, Marsico A, Moretti M, Orrù PE, Sannino GM, Serpelloni E, Vecchio A (2017) Sea-level rise and potential drowning of the Italian coastal plains: Flooding risk scenarios for 2100. *Quaternary Science Reviews* 158:29-43 <https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.12.021>
- Armaroli C, Grottoli E, Harley MD, Ciavola P (2013) Beach morphodynamics and types of foredune erosion generated by storms along the Emilia-Romagna coastline, Italy. *Geomorphology* 199:22-35 <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2013.04.034>
- Arpae (2021) Monitoraggio delle acque marino costiere e classificazione dello stato di qualità, Triennio 2017-2019 e Sessennio 2014-2019
- AUSL (2023) Qualità delle acque di balneazione della Regione Emilia-Romagna - Stagione balneare 2023. Servizio Prevenzione Collettiva e Sanità Pubblica, in collaborazione con Arpae - Regione Emilia-Romagna
- Bacchiocchi F, Airolidi L (2003) Distribution and dynamics of epibiota on hard structures for coastal protection. *Estuar Coast Shelf Sci* 56:1157-1166 [https://doi.org/10.1016/S0272-7714\(02\)00322-0](https://doi.org/10.1016/S0272-7714(02)00322-0)
- Baggett LP, Powers SP, Brumbaugh R, Coen LD, B. D, Greene J, Hancock B, Morlock S (2014) Oyster habitat restoration monitoring and assessment handbook. The Nature Conservancy, Arlington, VA, USA
- Balouin Y, Ciavola P, Michel D (2006) Support of subtidal tracer studies to quantify the complex morphodynamics of a river outlet: the Bevano, NE Italy. *J Coast Res* 1:602-606
- Bertasi F, Colangelo MA, Abbiati M, Ceccherelli V (2007) Effects of an artificial protection structure on the sandy shore macrofaunal community: the special case of Lido di Dante (Northern Adriatic Sea). *Hydrobiologia* 586:277-290 <https://doi.org/10.1007/s10750-007-0701-y>
- Bissoli R, Pellegrino I (2018) Rilievo della subsidenza nella pianura emiliano-romagnola seconda fase. Arpae - Assessorato difesa del suolo e della costa, protezione civile e politiche ambientali e della montagna, Regione Emilia-Romagna
- Bonaldo D, Antonoli F, Archetti R, Bezzi A, Correggiari A, Davolio S, De Falco G, Fantini M, Fontolan G, Furlani S, Gaeta MG, Leoni G, Lo Presti V, Mastronuzzi G, Pillon S, Ricchi A, Stocchi P, Samaras AG, Scicchitano G, Carniel S (2019) Integrating multidisciplinary instruments for assessing coastal vulnerability to erosion and sea level rise: lessons and challenges from the Adriatic Sea, Italy. *J Coast Conserv* 23:19-37 <https://doi.org/10.1007/s11852-018-0633-x>
- Bruzzo G (1930) L'opera militare e scientifica di Luigi Ferdinando Marsili nella difesa della costa pontificia dell'Adriatico. In: Memorie intorno a Luigi Ferdinando Marsili Pubblicate nel secondo centenario dalla morte per cura del comitato marsiliano, Vol IX. Nicola Zanichelli, p 145-169

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	140

- Calabrese L, Lucian P, Perini L (2021) A review of impact of subsidence induced by gas exploitation on costal erosion in Emilia-Romagna, Italy. *Bollettino Di Geofisica Teorica Ed Applicata* 62:279-300  
<https://doi.org/10.4430/bgta0356>
- Carminati E, Doglioni C, Scrocca D (2005) Magnitude and causes of long-term subsidence of the Po plain and venetian region. In: Fletcher CA, Spencer T, Da Mosto J, Campostrini P (eds) *Flooding and environmental challenges for Venice and its lagoon: State of knowledge*. Cambridge University Press
- Davies CE, Moss D, Hill MO (2004) EUNIS habitat classification revised 2004. Report to the European Topic Centre on Nature Protection and Biodiversity. European Environment Agency; link:  
[http://eunis.eea.europa.eu/upload/EUNIS\\_2004\\_report.pdf](http://eunis.eea.europa.eu/upload/EUNIS_2004_report.pdf)
- Del Bianco F, Avellini G, Marucci F, Costantini F, Pezzolesi L, Silvestri S, Giambastiani BMS, Guerrini F, Turicchia E, Franchini M, Carlini C, Manfredini E, Chippari F, Archetti R, Guerrero M, Gaeta MG, Casadei I, Zanutta A, Girelli VA, Tini MA, Lambertini A, Boninsegni A, Giordano CM, Ravaioli S, Costa M, Cavalieri E, Gavioli A, Zannini S, Veritelli C, Caldironi Y, Monteleone L, Bonaccorso E, Merloni N, Gravina MF, Ponti M (2024) Baseline report. Deliverable 2.1 of the LIFE NatuReef project: Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement. LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742  
<https://doi.org/10.5281/zenodo.14253824>
- Del Bianco F, Gasperini L, Giglio F, Bortoluzzi G, Kljajic Z, Ravaioli M (2014) Seafloor morphology of the Montenegro/N. Albania Continental Margin (Adriatic Sea—Central Mediterranean). *Geomorphology* 226:202-216 <https://doi.org/10.1016/j.geomorph.2014.08.006>
- Fava F, Ponti M, Abbiati M (2016) Role of recruitment processes in structuring coralligenous benthic assemblages in the northern Adriatic continental shelf. *PLoS ONE* 11:e0163494  
<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0163494>
- Franchini M, Costantini F, Pezzolesi L, Cavalieri E, Vezzulli L, Ponti M (2024) Biosecurity Measures Plan. Deliverable 4.1 of the LIFE NatuReef project: Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement. LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742 <https://doi.org/10.5281/zenodo.14208880>
- Franzitta G, Colletti A, Savinelli B, Lo Martire M, Corinaldesi C, Musco L (2022) Feasibility of the sabellarid reef habitat restoration. *Front Mar Sci* 9 <https://doi.org/10.3389/fmars.2022.854986>
- Gardelli M, Caleffi S, Ciavola P (2007) Evoluzione morfodinamica della foce del Torrente Bevano. *Studi Costieri* 13:53-74
- Gravina MF, Cardone F, Bonifazi A, Bertrandino MS, Chimienti G, Longo C, Marzano CN, Moretti M, Lisco S, Moretti V, Corriero G, Giangrande A (2018) *Sabellaria spinulosa* (Polychaeta, Annelida) reefs in the Mediterranean Sea: Habitat mapping, dynamics and associated fauna for conservation management. *Estuar Coast Shelf Sci* 200:248-257 <https://doi.org/10.1016/j.ecss.2017.11.017>
- Harley MD, Valentini A, Armaroli C, Perini L, Calabrese L, Ciavola P (2016) Can an early-warning system help minimize the impacts of coastal storms? A case study of the 2012 Halloween storm, northern Italy. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16:209-222 <https://doi.org/10.5194/nhess-16-209-2016>
- Ingrasso G, Abbiati M, Badalamenti F, Bavestrello G, Belmonte G, Cannas R, Benedetti-Cecchi L, Bertolino M, Bevilacqua S, Bianchi CN, Bo M, Boscari E, Cardone F, Cattaneo-Vietti R, Cau A, Cerrano C, Chemello R, Chimienti G, Congiu L, Corriero G, Costantini F, De Leo F, Donnarumma L, Falace A, Frascchetti S, Giangrande A, Gravina MF, Guarnieri G, Mastrototaro F, Milazzo M, Morri C, Musco L, Pezzolesi L, Piraino S, Prada F, Ponti M, Rindi F, Russo GF, Sandulli R, Villamor A, Zane L, Boero F (2018) Mediterranean bioconstructions along the Italian coast. *Adv Mar Biol* 79:61-136  
<https://doi.org/10.1016/bs.amb.2018.05.001>

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	141

- Lee HZL, Davies IM, Baxter JM, Diele K, Sanderson WG (2020) Missing the full story: First estimates of carbon deposition rates for the European flat oyster, *Ostrea edulis*. *Aquat Conserv* 30:2076-2086  
<https://doi.org/10.1002/aqc.3402>
- Mo G, Agnesi S, Evans D, Populus J, Tunesi L (2012) Mediterranean benthic EUNIS habitats: structural considerations and lessons learned from mapping. *Revista de Investigación Marina, AZTI-Tecnalia* 19:48-50
- Montanari R, Marasmi C (eds) (2011) Nuovi strumenti per la gestione dei litorali in Emilia-Romagna. SICELL il sistema gestionale delle celle litoranee. Assessorato alla Sicurezza Territoriale Difesa del Suolo e della Costa Protezione Civile. Regione Emilia-Romagna, Bologna
- Montanari R, Marasmi C (2013) Foce Bevano. Stato dell'area naturale protetta e prospettive per una sua gestione integrata e sostenibile. Servizio Difesa del Suolo della Costa e Bonifica, Regione Emilia-Romagna
- Montanari R, Marasmi C (eds) (2014) Il sistema gestionale delle celle litoranee SICELL. Aggiornamento 2006-2012. Assessorato alla Sicurezza Territoriale Difesa del Suolo e della Costa Protezione Civile. Regione Emilia-Romagna, Bologna
- Muir AP, Dubois SF, Ross RE, Firth LB, Knights AM, Lima FP, Seabra R, Corre E, Le Corguillé G, Nunes FLD (2020) Seascape genomics reveals population isolation in the reef-building honeycomb worm, *Sabellaria alveolata* (L.). *BMC Evol Biol* 20:100-100 <https://doi.org/10.1186/s12862-020-01658-9>
- Nielsen M, Hansen BW, Vismann B (2016) Feeding traits of the European flat oyster, *Ostrea edulis*, and the invasive Pacific oyster, *Crassostrea gigas*. *Mar Biol* 164 <https://doi.org/10.1007/s00227-016-3041-5>
- Parry MEV (2019) Guidance on assigning benthic biotopes using EUNIS or the marine habitat classification of Britain and Ireland (revised 2019), JNCC Report No. 546, JNCC, Peterborough, ISSN 0963-8091
- Pearce B, Hill JM, Wilson C, Griffin R, Earnshaw S, Pitts J (2011) *Sabellaria spinulosa* reef ecology and ecosystem services. The Crown Estate ISBN 978-1-906410-27-8
- Pellizzato M, Penzo P (2011) Vongole in alto Adriatico: aspetti biologici e gestionali. In: Trevisan G (ed) Le vongole dell'Alto Adriatico tra ambiente e mercato. Franco Angeli, Milano,, p 13-40
- Pérès JM, Picard J (1964) Nouveau manuel de bionomie benthique de la Mer Méditerranée. *Recueil des Travaux de la Station Marine d'Endoume* 31:1-138
- Perini L, Calabrese L, Luciani P, Olivieri M, Galassi G, Spada G (2017) Sea-level rise along the Emilia-Romagna coast (Northern Italy) in 2100: scenarios and impacts. *Natural Hazards and Earth System Sciences* 17:2271-2287 <https://doi.org/10.5194/nhess-17-2271-2017>
- Perini L, Calabrese L, Salerno G, Ciavola P, Armaroli C (2016) Evaluation of coastal vulnerability to flooding: comparison of two different methodologies adopted by the Emilia-Romagna region (Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences* 16:181-194 <https://doi.org/10.5194/nhess-16-181-2016>
- Ponti M, Fava F (2011) Aspetti ecologici e ambientali legati alla pesca delle vongole. In: Trevisan G (ed) Le vongole dell'Alto Adriatico tra ambiente e mercato, Vol 365.860. FrancoAngeli, Milano, Italy, p 41-54
- Ponti M, Vadrucchi MR, Orfanidis S, Pinna M (2009) Biotic indices for ecological status of transitional water ecosystems. *Transitional Waters Bulletin* 3:32-90 <https://doi.org/10.1285/i1825229Xv3n3p32>
- Preston J, Gamble C, Debney A, Helmer L, Hancock B, zu Ermgassen P (eds) (2020) European native oyster habitat restoration handbook - UK & Ireland. The Zoological Society of London, UK, London, UK ISBN 978-0-900881-80-0
- Rahmstorf S (2007) A Semi-Empirical Approach to Projecting Future Sea-Level Rise. *Science* 315:368-370  
<https://doi.org/10.1126/science.1135456>
- Romanelli M, Cordisco CA, Giovanardi O (2009) The long-term decline of the *Chamelea gallina* L. (Bivalvia: Veneridae) clam fishery in the Adriatic Sea: is a synthesis possible? *Acta Adriatica* 50:171-205

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	142



- Sekovski I, Armaroli C, Calabrese L, Mancini F, Stecchi F, Perini L (2015) Coupling scenarios of urban growth and flood hazards along the Emilia-Romagna coast (Italy). *Natural Hazards and Earth System Sciences* 15:2331-2346 <https://doi.org/10.5194/nhess-15-2331-2015>
- Soboyejo LA, Giambastiani BMS, Molducci M, Antonellini M (2021) Different processes affecting long-term Ravenna coastal drainage basins (Italy): implications for water management. *Environmental Earth Sciences* 80:493 <https://doi.org/10.1007/s12665-021-09774-5>
- Stanghellini G, Bidini C, Romagnoli C, Archetti R, Ponti M, Turicchia E, Del Bianco F, Mercorella A, Polonia A, Giorgetti G, Gallerani A, Gasperini L (2022) Repeated (4D) marine geophysical surveys as a tool for studying the coastal environment and ground-truthing remote-sensing observations and modeling. *Remote Sensing* 14:5901 <https://doi.org/10.3390/rs14225901>
- Sytnik O, Del Río L, Greggio N, Bonetti J (2018) Historical shoreline trend analysis and drivers of coastal change along the Ravenna coast, NE Adriatic. *Environmental Earth Sciences* 77:779 <https://doi.org/10.1007/s12665-018-7963-8>
- Taramelli A, Di Matteo L, Ciavola P, Guadagnano F, Tolomei C (2015) Temporal evolution of patterns and processes related to subsidence of the coastal area surrounding the Bevan River mouth (Northern Adriatic) - Italy. *Ocean Coast Manage* 108:74-88 <https://doi.org/10.1016/j.ocecoaman.2014.06.021>
- Terzin M, Paletta MG, Matterson K, Coppari M, Bavestrello G, Abbiati M, Bo M, Costantini F (2021) Population genomic structure of the black coral *Antipathella subpinnata* in Mediterranean Vulnerable Marine Ecosystems. *Coral Reefs* 40:751-766 <https://doi.org/10.1007/s00338-021-02078-x>
- Tomasetti SJ, Doall MH, Hallinan BD, Kraemer Jr JR, Gobler CJ (2023) Oyster reefs' control of carbonate chemistry—Implications for oyster reef restoration in estuaries subject to coastal ocean acidification. *Glob Change Biol* n/a <https://doi.org/10.1111/gcb.16960>
- Turicchia E, Giovanardi O, Ponti M (2024) Oyster supply and storing plan. Deliverable 4.2 of the LIFE NatuReef project: Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement. LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742 <https://doi.org/10.5281/zenodo.14199162>
- Ysebaert T, Walles B, Haner J, Hancock B (2019) Habitat modification and coastal protection by ecosystem-engineering reef-building bivalves. In: Smaal AC, Ferreira JG, Grant J, Petersen JK, Strand Ø (eds) *Goods and Services of Marine Bivalves*. Springer International Publishing, Cham, p 253-273
- zu Ermgassen PSE, Gamble C, Debney A, Colsohl B, Fabra M, Sanderson WG, Strand Å, Preston J (eds) (2020) *European guidelines on biosecurity in native oyster restoration*. The Zoological Society of London, UK, London, UK ISBN 978-0-900881-82-4
- Zwerschke N, Emmerson MC, Roberts D, O'Connor NE (2016) Benthic assemblages associated with native and non-native oysters are similar. *Mar Pollut Bull* 111:305-310 <https://doi.org/10.1016/j.marpolbul.2016.06.094>

Data	Intervento	Documento	Pagina
28/04/2024	Lavori finalizzati al ripristino e conservazione degli habitat marini e costieri attraverso la creazione di una scogliera di ostriche e sabellarie alla foce del Torrente Bevano (sito NATURA 2000 IT4070009)	SINTESI NON TECNICA Ver. 2.0	143