LIFE NatuReef

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

LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742

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

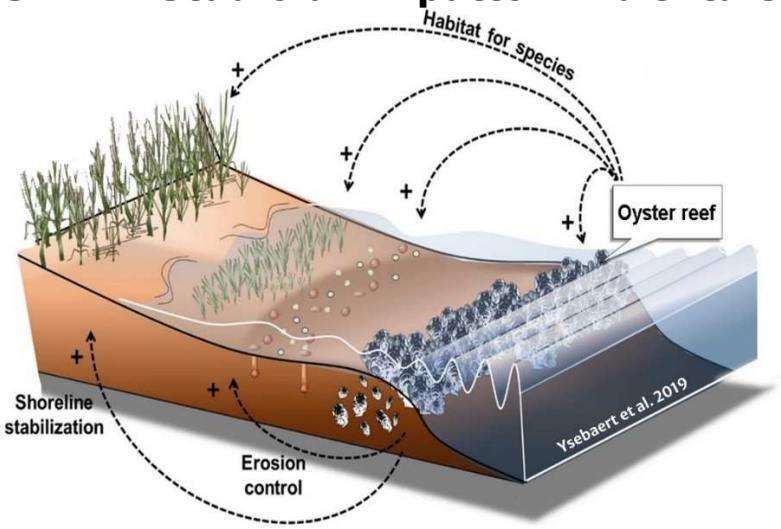
PROAMBIENTE innovation & environment

FONDAZIONE FLAMINIA PER L'UNIVERSITÀ IN ROMAGNA

reef CHECK ITALIA

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 (sito NATURA 2000 IT4070009)

S.I.A – Studio di Impatto Ambientale



Segretario Generale Dott. Paolo Neri	Assessore ai LL. PP. Federica del Conte	Sindaco Michele de Pascale
Capo Servizio: Dott. Stefano Ravaioli		Capo Area: Ing. MASSIMO CAMPRINI

RESPONSABILE UNICO DI PROGETTO	Dott. Stefano Ravaioli	Comune di Ravenna	[redacted]
PROGETTISTA COORDINATORE	Dott. Nannini Sergio	Comune di Ravenna	[redacted]
COORDINATORE PROGETTO LIFE	Prof, Massimo Ponti	Alma Master Studiorum	[redacted]
CO COORDINATRICE PROGETTO LIFE	Prof. Renata Archetti	Alma Master Studiorum	[redacted]
DIRETTORE	Dott. Massimiliano Costa	Parco Delta del Po	[redacted]

Rev.	Descrizione	Redatto:	Controllato:	Approvato:	Data:
0	EMISSIONE				

ELABORATO:

S.I.A.

Codice intervento: fasc. 2023/6.5/182	Data: 10 maggio 2024	Codice Elaborato:
Scala:	File:	Revisione: R0

Hanno preso parte a questo studio:

Università di Bologna	Massimo Ponti
	Renata Archetti
	Federica Costantini
	Laura Pezzolesi
	Sonia Silvestri
	Beatrice Maria Sole Giambastiani
	Massimo Guerrero
	Maria Gabriella Gaeta
	Antonio Zanutta
	Valentina Girelli
	Maria Alessandra Tini
	Alessandro Lambertini
	Alberto Boninsegni
	Isabella Casadei
	Carmen Maria Giordano
	Eva Turicchia
Comune di Ravenna	Stefano Ravaioli
	Sergio Nannini
Proambiente	Fabrizio Del Bianco
	Francesco Riminucci
Parco del Delta del Po	Massimiliano Costa
	Elena Cavalieri
Fondazione Flaminia	Elisa Bonaccorso

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE

Sommario

1 Introduzione 5
1.1 Premessa: il progetto LIFE NatuReef 5
1.2 Descrizione sintetica del progetto LIFE NatuReef 7
1.2.1 Organizzazione del progetto LIFE NatuReef 11
1.3 Descrizione sintetica introduttiva dello stato attuale e del progetto di intervento 15
1.4 Descrizione sintetica dell'opera in progetto 21
1.5 Descrizione dei finanziamenti pubblici destinati all'intervento 23
2 Quadro di riferimento programmatico e pianificatorio 25
2.1 Conformità alle direttive e programmi europei 25
2.1.1 Il programma europeo LIFE 25
2.1.2 Sinergie e co-benefici con altri sottoprogrammi LIFE 28
2.1.3 Complementarietà del progetto con altre azioni europee 29
2.1.4 Sinergie e co-benefici con altre politiche dell'Unione Europea 30
2.2 Previsione e vincoli della pianificazione territoriale ed urbanistica 32
2.2.1 Descrizione di inquadramento ed estratti delle cartografie del Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) per la parte che interessa i siti di intervento 32
2.2.2 Inquadramento nell'ambito del piano e delle linee guida per la Gestione Integrata della Zona Costiera (GIZC) 35
2.2.3 Inquadramento nell'ambito della strategia di gestione integrata per la difesa e l'adattamento della costa ai cambiamenti climatici (GIDAC) 38
2.2.4 Descrizione di inquadramento ed estratti delle cartografie del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) per la parte che interessa i siti di intervento 39
2.2.5 Descrizione di inquadramento ed estratti delle cartografie degli strumenti di pianificazione urbanistica comunali vigenti e delle relative norme tecniche che interessano i siti di intervento (PSC, RUE, piano arenile) 48
2.2.6 Descrizione di inquadramento dei vincoli naturalistici (Parco del Delta del Po, SIC/ZSC-ZPS) 70
2.2.7 Zone demaniali che interessano il sito di intervento 80
2.2.8 Descrizione di inquadramento ed estratti delle cartografie dell'opera proposta rispetto agli strumenti di pianificazione dell'autorità di bacino 81
2.3 Coerenza del progetto con le norme 82
2.3.1 Descrizione delle conformità o disarmonie eventuali dell'opera agli strumenti di pianificazione, agli strumenti urbanistici ai vincoli 82
2.3.2 Descrizione delle concessioni, autorizzazioni, intese, licenze, pareri, nulla osta, assensi comunque denominati, preordinati alla realizzazione del progetto proposto 84
3 Quadro di riferimento progettuale 86
3.1 Inquadramento territoriale ed analisi dello stato attuale 86
3.1.1 Descrizione dei tratti litoranei critici, fattori di criticità e tendenze evolutive 87
3.2 Descrizione dell'intervento 92

3.2.1 Scogliera sommersa calcarea di base (BLR) ... 92
3.2.2 Ripopolamento della scogliera biogenica (BR) ... 96
3.3 Descrizione aree di accesso e specifiche tecniche ... 100
3.4 Descrizione delle fasi di realizzazione e dei mezzi impiegati ... 100
3.4.1 Fase di cantiere per la realizzazione della scogliera ... 100
3.4.2 Fase di ripopolamento della scogliera ... 100
3.5 Descrizione dei materiali impiegati ... 101
3.6 Descrizione delle alternative progettuali ... 102
3.6.1 Collocazione ... 102
3.6.2 Dimensione ... 103
3.6.3 Modalità realizzativa ... 103
3.7 Cronoprogramma ... 104
3.7.1 Cronoprogramma di dettaglio per la realizzazione della scogliera di base ... 106
3.8 Definizione dei costi dell'opera ... 106
4 Quadro di riferimento ambientale ... 108
4.1 Lineamenti morfo-evolutivi inerenti all'assetto costiero ... 108
4.1.1 Descrizione della batimetria ... 108
4.2 Dinamiche marine costiere ... 113
4.2.1 Livello medio mare e andamento delle maree ... 113
4.2.2 Clima meteomarino ... 117
4.2.3 Correnti e trasporto solido costiero ... 129
4.2.4 Trasporto solido fluviale ... 130
4.2.5 Previsioni dell'innalzamento del livello marino (*sea level rise*) ... 131
4.3 Inquadramento geologico e geomorfologico ... 132
4.3.1 Geologia regionale ... 132
4.3.2 Geomorfologia regionale ... 135
4.3.3 Subsidenza ... 136
4.4 Sedimenti litoranei ... 142
4.4.1 Sostanza organica nei sedimenti ... 146
4.5 Qualità delle acquee superficiali ... 151
4.5.1 Carichi fluviali ... 152
4.5.2 Temperatura dell'acqua ... 152
4.5.3 Salinità ... 154
4.5.4 Ossigeno disciolto ... 154
4.5.5 Clorofilla "a" ... 155
4.5.6 Azoto inorganico disciolto (DIN) e azoto totale (N-Tot) ... 157
4.5.7 Fosforo reattivo (P-PO4) e fosforo totale (P-Tot) ... 159
4.5.8 Indice Trofico-TRIX ... 161
4.6 Acque di balneazione ... 162
4.6.1 Normativa e limiti di riferimento ... 163
4.6.2 Stagione balneare 2023 nell'area d'interesse ... 166

4.6.3 Ostreopsis ovata e Cianobatteri ... 170
4.7 Stato della flora, fauna ed ecosistemi ... 171
4.7.1 Habitat e processi ecologici ... 172
4.7.2 Inquadramento floristico – vegetazionale ... 176
4.7.3 Inquadramento faunistico ... 179
4.8 Comunità bentoniche e specie di interesse commerciale ... 181
4.8.1 Valutazioni sulle popolazioni delle due specie di vongola: comune e verace ... 181
4.8.2 Popolamenti bentonici ... 185
4.9 Paesaggio ... 193
4.9.1 Ambiti e trasformazioni territoriali ... 193
4.9.2 Contesto paesaggistico di riferimento ... 195
5 Analisi degli impatti ... 198
5.1 Analisi degli impatti in fase cantiere e di ripopolamento ... 198
5.1.1 Impatti su suolo e sottosuolo ... 198
5.1.2 Impatti sulla morfologia e dinamica costiera ... 198
5.1.3 Impatti sulle acque ... 198
5.1.4 Impatti sull'atmosfera ... 199
5.1.5 Impatti su flora, fauna ed ecosistemi ... 199
5.1.6 Impatti sul rumore ... 199
5.1.7 Impatti sul paesaggio ... 199
5.2 Analisi degli impatti in fase di esercizio ... 200
5.2.1 Impatti sulla morfologia e dinamica costiera ... 200
5.2.2 Impatti sulle acque ... 217
5.2.3 Impatti sull'atmosfera ... 219
5.2.4 Impatti su flora, fauna ed ecosistemi ... 219
5.2.5 Impatti sul rumore ... 223
5.2.6 Impatti connessi al rischio di incidente ... 223
5.2.7 Impatti sul paesaggio ... 223
5.3 Misure di mitigazione ... 223
5.4 Misure di compensazione ... 223
5.5 Monitoraggi e controlli previsti ... 224
5.5.1 Monitoraggio ante-operam ... 224
5.5.2 Monitoraggio post-operam ... 228
5.5.3 Indicatore chiave di prestazione (Key-Performance Indicators, KPIs) ... 230
6 Conclusioni ... 233
Allegati ... 235
Bibliografia ... 236

1 Introduzione

1.1 Premessa: il progetto LIFE NatuReef

Il progetto **LIFE NaruReef** (***Nature-based reef solution for coastal protection and marine biodiversity enhancement***; LIFE22-NAT-IT-LIFE-NatuReef/101113742), 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 Zone Speciali di Conservazione (**ZSC**, già Siti di Importanza Comunitaria, **SIC**) e Zone 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 (Bruzzo 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 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.

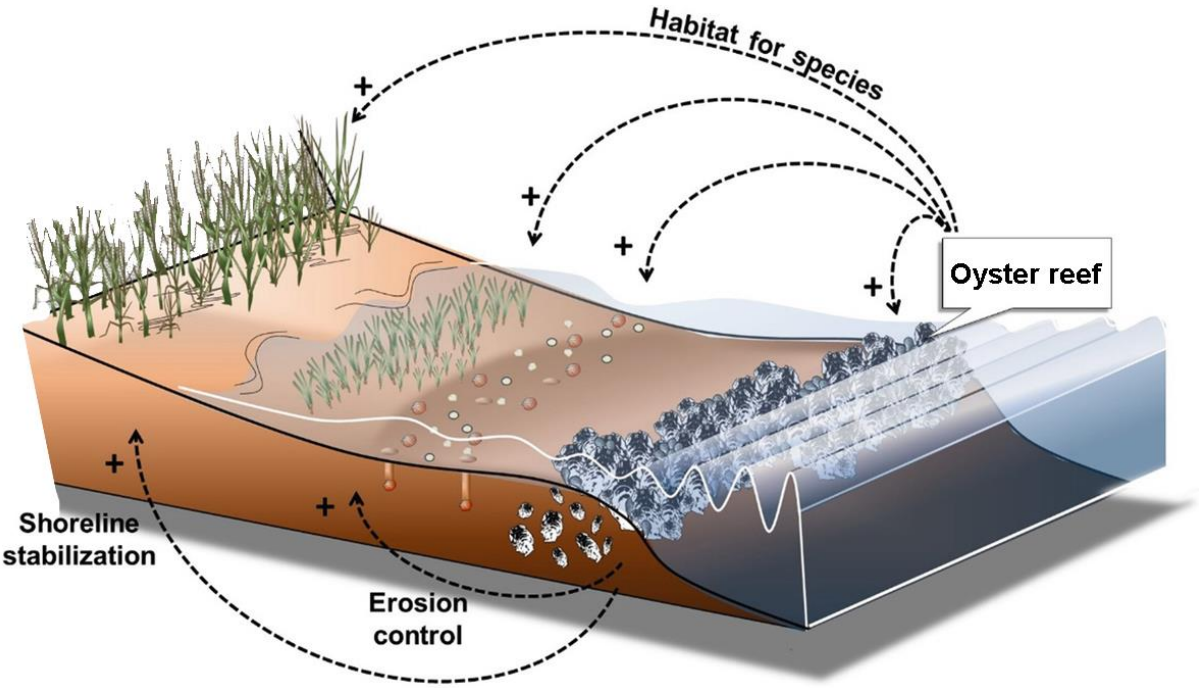


Figura 1.1 Diagramma dei principali servizi ecosistemici di una scogliera a ostriche (Ysebaert et al. 2019).

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 150-200 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

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[1], Biodiversity Strategy for 2030[2], EU Adaptation Strategy[3]).

1.2 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).

[1] https://commission.europa.eu/strategy-and-policy/priorities-2019-2024/european-green-deal_en
[2] https://environment.ec.europa.eu/strategy/biodiversity-strategy-2030_en
[3] https://climate.ec.europa.eu/eu-action/adaptation-climate-change/eu-adaptation-strategy_en

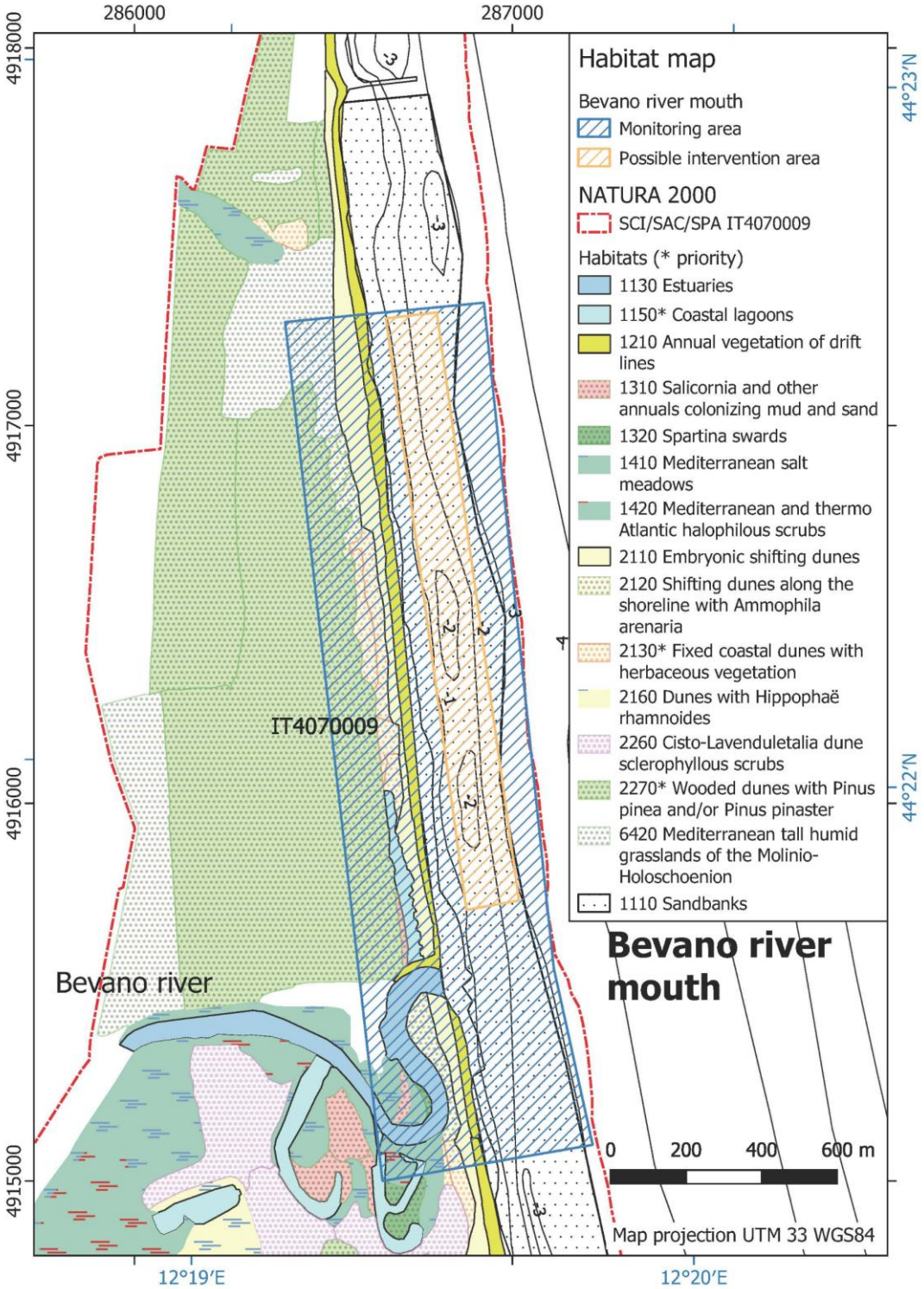


Figura 1.2 Carta degli habitat con indicata la zona generale di intervento e di monitoraggio.

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 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).

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 fratini (*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[4]).

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] https://lacronacadiravenna.it/articolo/7837/La-mareggiata-si-porta-via-la-duna-di-Lido-di-Dante

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.

1.2.1 Organizzazione del progetto LIFE NatuReef

Nel suo insieme il progetto LIFE NatuReef è organizzato in pacchetti di lavoro (Work Package, WP), ciascuno coordinato da un diverso partner di progetto (Figura 1.4).

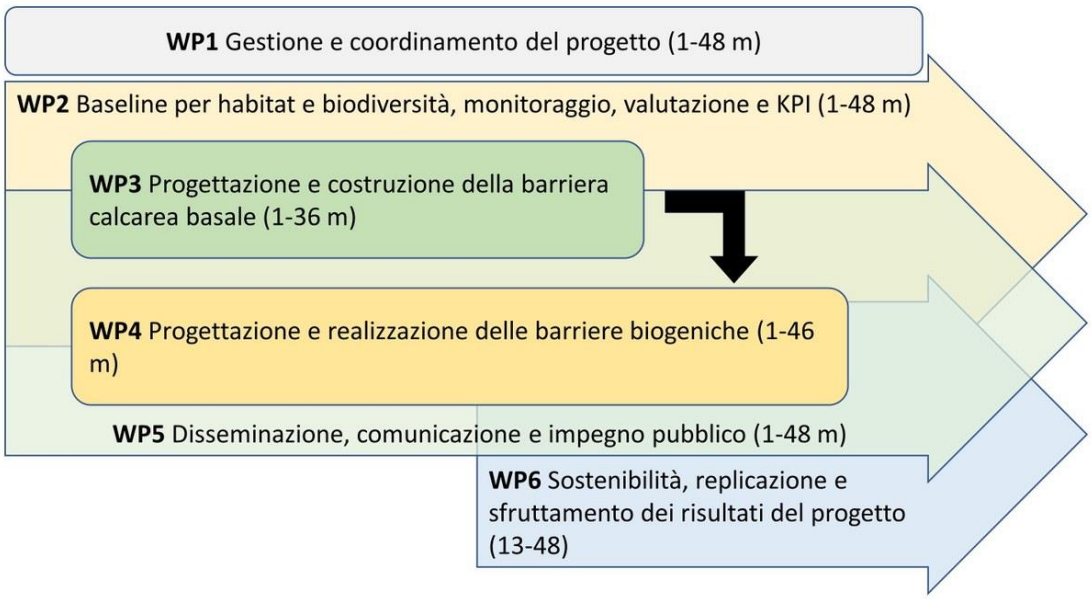


Figura 1.4 Organizzazione del progetto LIFE NatuReef.

1.2.1.1 WP1: Gestione e coordinamento del progetto

Guidato dall'Università di Bologna, questo WP riguarderà le attività di gestione e coordinamento del progetto (riunioni, coordinamento, monitoraggio e valutazione del progetto, gestione finanziaria, stato di avanzamento, ecc.) e tutte le attività trasversali e quindi difficili da assegnare ad un solo pacchetto di lavoro specifico.

1.2.1.2 WP2: Baseline per habitat e biodiversità, monitoraggio, valutazione e KPI

Guidato da PROAMBIENTE, questo WP fornirà le conoscenze di base necessarie per progettare e costruire la barriera corallina basale calcarea (WP3), progettare e implementare le barriere biogeniche (WP4) e valutare comparativamente i risultati del progetto e i risultati degli obiettivi attraverso il monitoraggio dell'habitat e della biodiversità. UNIBO fornirà capacità e personale per le indagini geologiche, biologiche e topografiche, inclusa la squadra di subacquei scientifici. Gli altri enti coinvolti forniranno personale specializzato nei settori di loro competenza. Questo WP fornirà la valutazione degli indicatori chiave di prestazione del progetto (KPI).

1.2.1.3 WP3: Progettazione e costruzione della barriera calcarea basale

Guidato dal Comune di Ravenna, questo WP prevederà la progettazione e la costruzione della barriera calcarea basale su cui verranno implementate le barriere biogeniche (WP4). La progettazione della struttura sarà curata dal team di ingegneri idraulici e geologi dell'Università di Bologna, che vantano una lunga esperienza nella progettazione di strutture di difesa costiera e di controllo dei regimi sedimentari. La progettazione e realizzazione dell'opera sarà curata dal Comune di Ravenna, di comune accordo con gli altri partner.

1.2.1.4 WP4: Progettazione e realizzazione delle barriere biogeniche

Guidato dall'Università di Bologna, questo WP prevederà la progettazione e l'implementazione di barriere biogeniche costituite da ostriche autoctone e policheti del genere Sabellaria sopra e vicino alla barriera calcarea basale (WP3), i cui risultati saranno monitorati dal WP2. A tal fine UNIBO metterà a disposizione un team di ecologisti marini, biologi e geologi con una lunga esperienza nello studio, nel monitoraggio e nella conservazione degli ambienti marini costieri.

1.2.1.5 WP5: Disseminazione, comunicazione e impegno pubblico

Guidato da Fondazione Flaminia, questo WP prevederà un'ampia gamma di attività di diffusione e comunicazione dal pubblico locale a quello internazionale, nonché il coinvolgimento di tutte le possibili parti interessate. Fornirà inoltre un monitoraggio basato sulla comunità per coinvolgere le persone attraverso iniziative di "citizen science" e integrare il monitoraggio professionale dell'habitat e della biodiversità per tutta la durata del progetto e oltre. A tal fine si avvarrà di una stretta collaborazione con il Parco del Delta del Po e con il partner associato Reef Check Italia, organizzazione non governativa per il monitoraggio e la conservazione degli habitat marini costieri del Mar Mediterraneo. Verranno inoltre coinvolte le organizzazioni locali di birdwatching che già collaborano con il Parco del Delta del Po.

1.2.1.6 WP6: Sostenibilità, replicazione e sfruttamento dei risultati del progetto

Guidato da Parco del Delta del Po, questo WP fornirà un'analisi accurata della sostenibilità finanziaria ed ecologica del progetto e della sua possibile replicazione e sfruttamento in contesti simili attraverso il Mar Mediterraneo. Tutti i partner collaboreranno con le loro reti e competenze complementari: scientifiche, manageriali, istituzionali e ambientali, territoriali e politiche.

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:

a) **realizzare una scogliera sommersa** dimostrativa in pietrame calcareo (*basal limestone reef*, BLR) di circa 200 m di lunghezza e 20 m di larghezza, posizionata a 150 metri dalla linea di riva ad una profondità del fondale tra -2,4 m e -2,9 m (s.l.m.m.), elevata in modo da costituire un'area a -1,2 m, al largo di una zona depressa del fondale in modo tale da limitare e compensare l'erosione ed apportare sedimento (Figura 1.5 e Figura 1.6) (**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**).

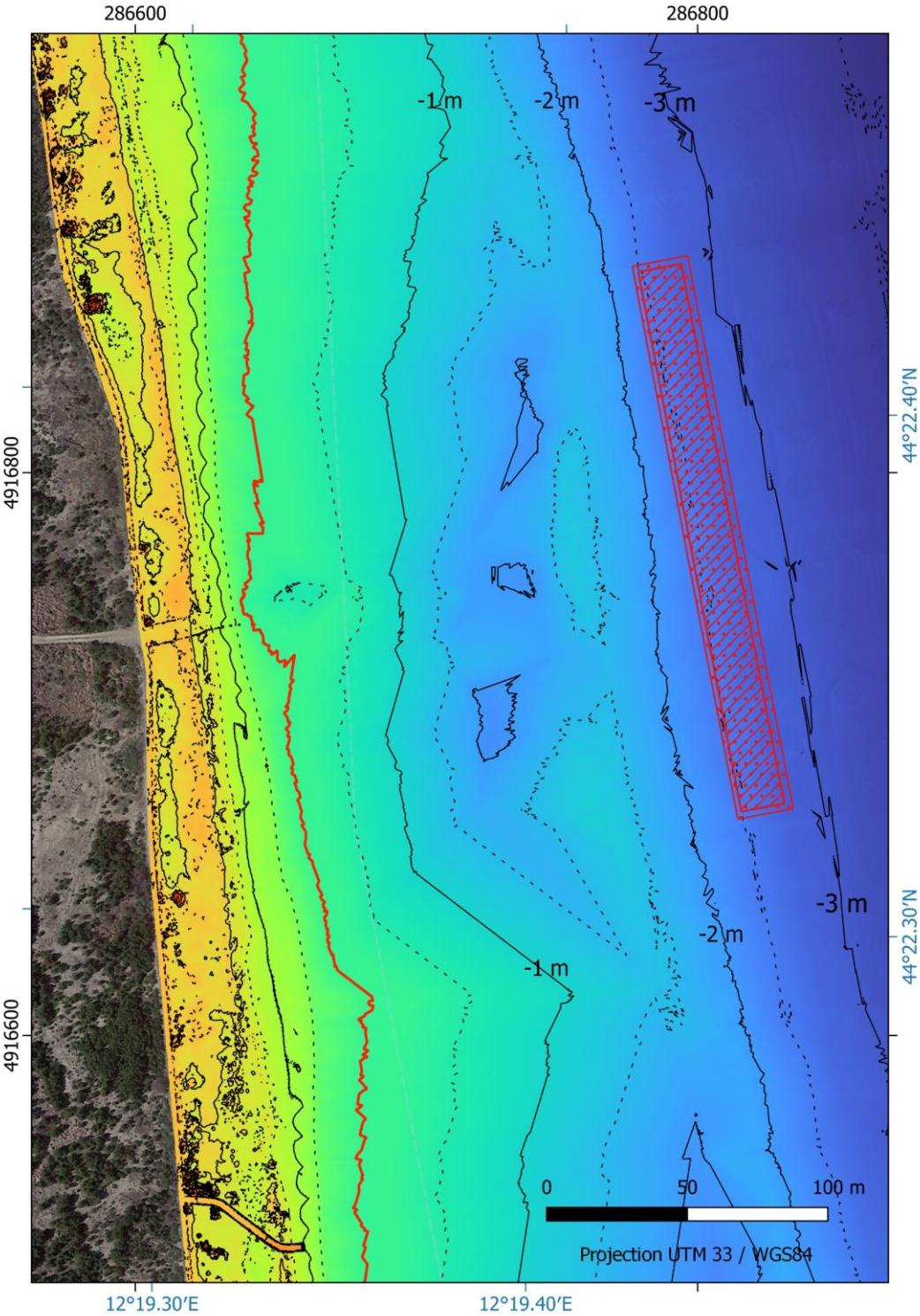


Figura 1.5 Posizionamento della scogliera sommersa dimostrativa in pietrame calcareo (BLR, rettangolo rosso) sulla carta topo-batimetrica (DTM, rilievi 8-9 novembre 2023).

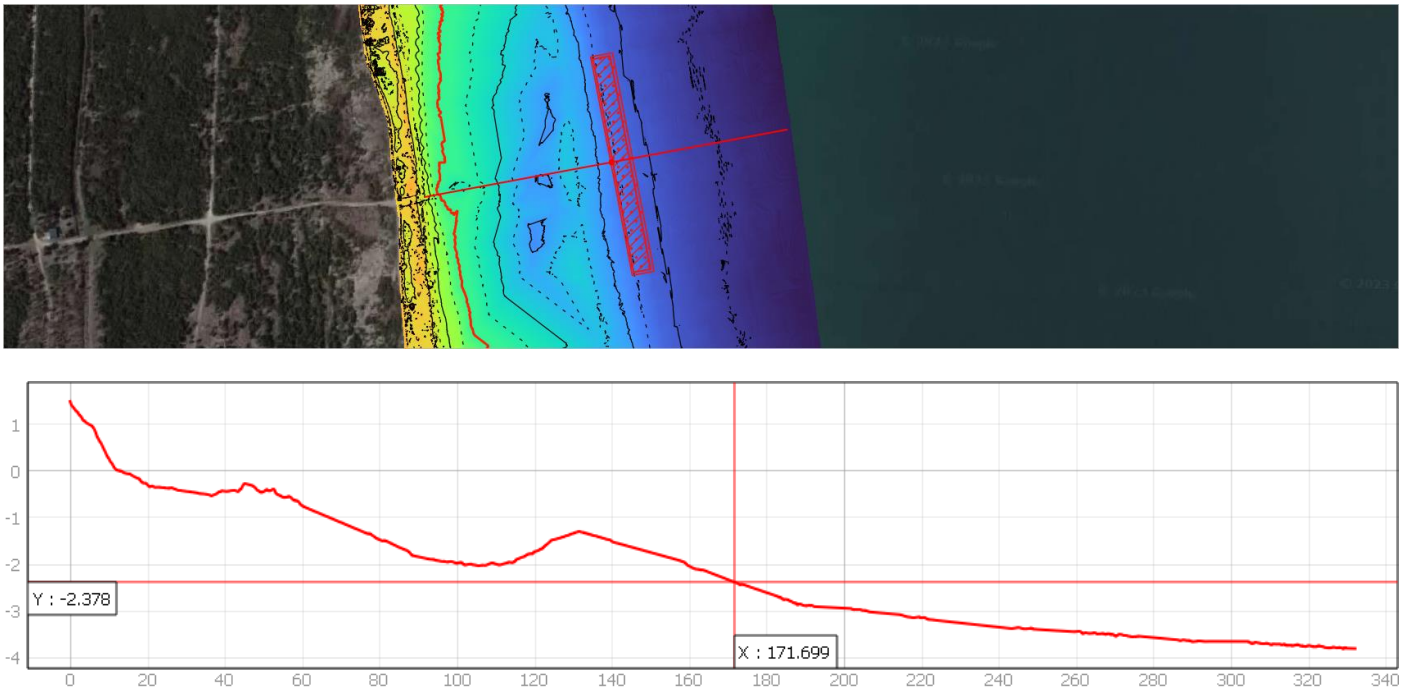


Figura 1.6 Posizionamento della scogliera sommersa dimostrativa in pietrame calcareo (BLR) lungo la sezione costa-larga realizzata sulla carta topo-batimetrica (DTM, rilievi 8-9 novembre 2023). La linea di riferimento verticale in sezione indica il limite verso costa della scogliera in progetto.

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". Un successivo intervento, realizzato dal Comune di Ravenna nell'inverno 2019-2020, ha realizzato i seguenti obiettivi:

a) difesa del tratto di costa a sud dell'abitato di Lido di Dante: realizzazione di una barriera in pietrame sommersa (quota in testa a -1,50 s.l.m.m) che, in continuità con la barriera esistente (posizionata con testata a quota 0 m s.l.m.m.) si protrae in direzione sud;
b) contrasto dei fenomeni di ingressione marina all'altezza della pineta "Ramazzotti": rinforzo dell'argine in terra esistente tramite inserimento di un'armatura interna in gabbioni e pietrame e completa copertura con materiale pre-esistente e conseguente rialzo;
c) ottimizzazione del sistema di fruizione della spiaggia balneabile: realizzazione di percorsi protetti che consentano l'attraversamento del corpo dunoso su passerelle in legno al fine di favorire la conservazione ed evoluzione naturale delle dune esistenti.

L'ultimo intervento, in ordine di tempo, realizzato nell'area dal Comune di Ravenna tra il 2019 e il 2020 è consistito in:

1. Realizzazione della nuova scogliera sommersa formata da un primo strato di altezza variabile di massi misto di cava (scapolo) a formazione della base d'appoggio della scogliera in massi di natura calcarea di II categoria. La scogliera risulta sommersa per una quota di circa di -1,50 dal l.m.m. ed è stata posta in continuità con la precedente barriera emersa e per un'estensione di circa 500 m (Figura 1.7).
2. Ripascimento del tratto di costa interessato mediante il ripascimento diretto di parte del fondale (7.000 m^3), la realizzazione di una barra sommersa per un quantitativo 93.000 m^3 di sabbia e il ripascimento della spiaggia emersa per un quantitativo di circa 5.000 m^3.
3. Realizzazione del pennello in legno, che in sinergia con le altre opere di difesa (barriera a mare, barra in sabbia, ecc.), contribuisce alla protezione del tratto di costa in esame. Il pennello ha una lunghezza totale di 118 m, è radicato a riva con un aggetto in mare di circa 100 metri ed è stato realizzato in pali di legno in castagno, affiancati in quattro allineamenti fra loro sfalsati.
4. Realizzazione di un nucleo in massi all'interno dell'argine in terra di protezione dall'ingressione marina della Pineta Ramazzotti, mediante scavo dell'argine in terra e posizionamento di tre gabbionate, due di base e una sovrastante per un'estensione in lunghezza di circa 360 m.
5. Posa in opera di una staccionata a protezione della duna esistente, in sommità all'argine in terra di protezione, lato spiaggia, con elementi in legno al fine di proteggere il corpo dunoso dall'attraversamento

indiscriminato. La libera fruizione dell'arenile è permessa attraverso la predisposizione di specifici varchi. La lunghezza della staccionata è pari al tratto di libera fruizione dell'arenile pari a circa 600 m.

6. Nel tratto in cui è posto il divieto alla libera fruizione dell'arenile è stata realizzata una staccionata di lunghezza pari a circa 1.000 m. L'accessibilità di tutta l'area avviene tramite cancelli apribili ai quali si può accedere solo agli usi consentiti. Nel medesimo tratto sono stati realizzati anche degli affacci al mare, ovvero delle passerelle in legno, di lunghezza di circa 20 m cadauna, a scavalcamento della duna, finalizzati alla creazione di spazi di sosta dedicati alle osservazioni ornitologiche (*birdwatching*).

La situazione attuale è visibile in Figura 1.8 (immagine Google Earth 15/07/2023).

Pur tuttavia tali interventi si dimostrano a tutt'oggi insufficienti per fronteggiare i fenomeni erosivi a carico del sistema spiaggia nel suo complesso, in particolare nelle zone limitrofe alle scogliere longitudinali che risentono maggiormente degli effetti di diffrazione delle onde con formazione di falcate erosive in corrispondenza della spiaggia emersa.

Figura 1.7 Planimetria delle opere di difesa realizzate dal Comune di Ravenna nel 2020.

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.

Figura 1.8 Area tra la foce dei Fiumi Uniti e la foce del Torrente Bevano in cui sono chiaramente visibili le opere a mare esistenti, in rosso la posizione prevista della scogliera in progetto (immagine Google Earth 15/07/2023).

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) *
- 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 meteomarini (erosione 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".

1.4 Descrizione sintetica dell'opera in progetto

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

a) realizzare una scogliera sommersa dimostrativa in pietrame calcareo (*basal limestone reef*, BLR) di circa 200 m di lunghezza e 20 m di larghezza (area alla base ca. 4000 m^2), posizionata a non meno di 150 metri dalla linea di riva ad una profondità del fondale tra -2,4 m e -2,9 m s.l.m.m., elevata in modo da costituire un'area a -1,2 m di sommergenza s.l.m.m., al largo di una zona depressa del fondale in modo tale da limitare e compensare l'erosione ed apportare sedimento (Figura 1.9) e in grado di fungere da substrato per il ripopolamento;
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;
c) illustrazione dell'opera con apposita cartellonistica in sito, complementare a quella esistente.

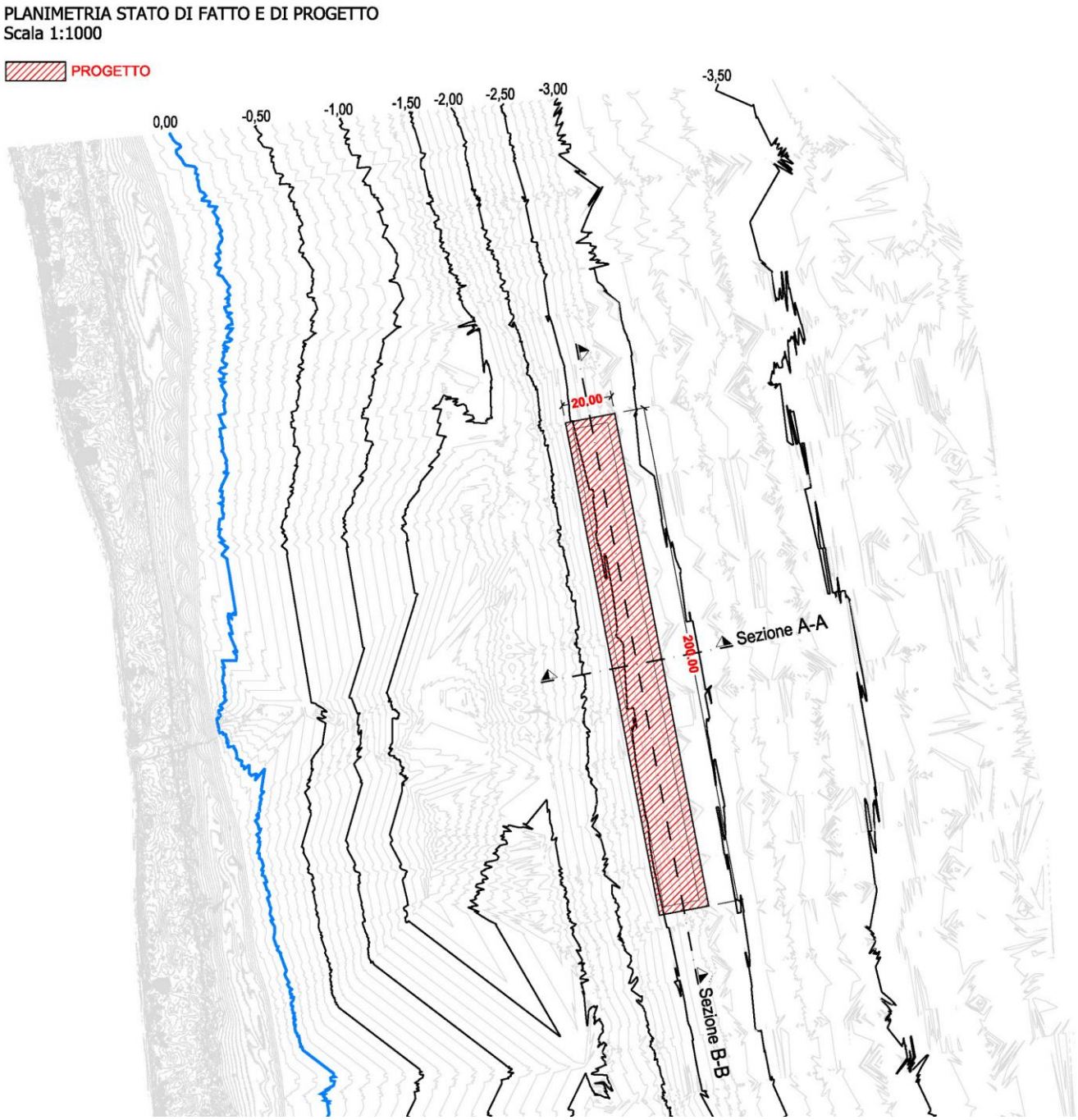


Figura 1.9 Estratto planimetria stato di fatto e di progetto.

1.5 Descrizione dei finanziamenti pubblici destinati all'intervento

Il finanziamento dei lavori di cui al presente studio di impatto ambientale derivano dal progetto LIFE NatuReef, ammesso a cofinanziamento della Commissione Europea un contributo del 60%. Il restante 40% dei costi del progetto è coperto dai partner beneficiari (Tabella 1.1). In particolare, la realizzazione della **scogliera calcarea di base** (BLR) è interamente in capo al Comune di Ravenna, mentre il **ripopolamento** di ostriche e sabellarie è in capo all'Università di Bologna. Tutti gli altri partner partecipano e contribuiscono, ciascuno secondo le proprie competenze e risorse, alle attività dei rilievi e monitoraggi ambientali ed ecologici ante- e post- operam, modellizzazione idraulica e sedimentologica, divulgazione e coinvolgimento di cittadinanza e portatori d'interesse (*stakeholder*).

Tabella 1.1 Quadro economico di sintesi dell'intero progetto LIFE NatuReef.

Beneficiario	Proprie risorse	Contributo UE (60%)	Totale
1. Università di Bologna	537'878.68 €	806'816.00 €	1'344'695 €
2. Comune di Ravenna	434'144.92 €	651'216.00 €	1'085'361 €
3. Proambiente Scrl	40'147.00 €	60'219.00 €	100'366 €
4. Parco del Delta del Po	117'285.03 €	175'926.00 €	293'211 €
5. Fondazione Flaminia	143'770.00 €	215'655.00 €	359'425 €
Totale	**1'273'225.63 €**	**1'909'832.00 €**	**3'183'058 €**

I partner partecipanti al progetto impiegheranno personale proprio, già assunto a tempo indeterminato o specificatamente reclutato per il progetto, per svolgere tutte le fasi del progetto, eccetto la realizzazione in mare della scogliera calcarea di base (BLR) per il ripopolamento di ostriche e sabellarie, che sarà affidata con apposita gara d'appalto. L'impegno di personale presunto è riportato nella Tabella 1.2.

Tabella 1.2 Impegno di personale (in persone mese) e relativo costo.

Partecipante	WP1	WP2	WP3	WP4	WP5	WP6	Tot.	Costo totale
1. UNIBO	34.5	66	43.5	60	17	26	247	997'402 €
2. Ravenna	7	3	8	1	2	1.5	22.5	80'140 €
3. Proambiente	3	12	6	0	2	2	25	73'750 €
4. Delta Po	6	10	4	10	6	27	63	240'529 €
5. Flaminia	13	5	0	0	39	14.5	71.5	* 267'644 €
Tot.	**63.5**	**96**	**61.5**	**71**	**66**	**71**	**429**	**1'659'465 €**

* Inclusi volontari per attività di "citizen science".

Vengono qui riassunti i **costi diretti** per la realizzazione della scogliera, del suo ripopolamento e delle attività di monitoraggio, al netto del personale impiegato dai diversi partner.

Tabella 1.3 Quadro economico di sintesi relativo ai costi diretti alla realizzazione della scogliera di base (BLR), al ripopolamento della scogliera e alle attività di monitoraggio ante- e post- opera. Per maggiore dettaglio sui costi di realizzazione della scogliera di base si rimanda all'allegato Studio di fattibilità tecnica economica. I valori esporti sono al netto del costo orario dei dipendenti dei partner di progetto.

Voce	Descrizione	Importo Euro (i.i.)
a) Scogliera di base (BLR)	*Realizzazione a carico del Comune di Ravenna*	
	A.1) Importo delle lavorazioni	539'793,30 €
	A.2) Importo per i costi della manodopera alle lavorazioni di cui al punto A.1), non soggetti a ribasso	229'668,26 €
	B) Importo per l'attuazione dei piani di sicurezza, non soggetti a ribasso	0,00 €
	C) Importo relativo all'aliquota per l'attuazione di misure volte alla prevenzione e repressione della criminalità e tentativi di infiltrazione mafiosa, di cui all'articolo 204, comma 6, lettera e), del codice, non soggetto a ribasso	0,00 €
	E) Somme a disposizione della stazione appaltante	230'538,44 €
	Tot.	**1'000'000,00 €**
b) Ripopolamento	*Realizzazione a carico dell'Università di Bologna*	
	Acquisto e trasporto ostriche	50'127,00 €
	Servizi di stabulazione organismi in loco	10'000,00 €
	Attività in mare	8'000,00 €
	Tot.	**68'127,00 €**
c) Monitoraggio	*Realizzato coordinatamente dai diversi partner*	
	Spese di missione	38'000 €
	Materiale di consumo e analisi	209'537 €
	Tot.	**247'537 €**

2 Quadro di riferimento programmatico e pianificatorio

2.1 Conformità alle direttive e programmi europei

2.1.1 Il programma europeo LIFE

Il programma LIFE è lo strumento di finanziamento dell'UE per l'ambiente e l'azione per il clima. Il programma è suddiviso in diversi capitoli:

- Natura e biodiversità
- Economia circolare e qualità della vita
- Mitigazione e adattamento ai cambiamenti climatici
- Transizione all'energia pulita

Il progetto **LIFE NatuReef** è pienamente conforme al programma LIFE e al sottoprogramma Natura e Biodiversità oggetto del bando LIFE-2022-SAP-NAT, nell'ambito del quale ha ricevuto un'ottima valutazione e ottenuto un rilevante cofinanziamento.

In generale, la presente proposta mira a contribuire al "**Green Deal**" Europeo proteggendo, conservando e valorizzando una parte del capitale naturale dell'UE esistente nel sito italiano Natura 2000 IT4070009 - "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano", adottando misure per arrestare e invertire la perdita sia di habitat sia di specie selvatiche. Questo obiettivo viene perseguito dal progetto sviluppando, dimostrando l'efficacia, promuovendo e ampliando soluzioni basate sulla natura per ripristinare le scogliere biogeniche marine costituite da ostriche autoctone e vermi sabellaria. L'azione sviluppa un approccio ecosistemico che si basa su interazioni biotiche di facilitazione, che sono state ben dimostrate in progetti di ripristino di successo nel nord Europa e non sono ancora replicate in condizioni simili presenti nel Mar Mediterraneo.

Il progetto terrà nella dovuta considerazione i contributi forniti dalla "*citizen science*"[5] nel monitoraggio, nell'implementazione e nella sorveglianza dell'area di intervento. Subacquei ricreativi, apneisti, snorkelisti e ornitologi, con le relative organizzazioni non governative di tutela della natura, saranno coinvolti nelle numerose fasi del progetto.

LIFE NatuReef è pienamente conforme alla tipologia LIFE "*Standard Action Project* (SAP)" poiché mira a sviluppare, dimostrare e promuovere approcci innovativi per il ripristino degli habitat marini e la difesa costiera, completamente nuovi per il Mar Adriatico settentrionale. Ciò sarà attuato su scala operativa e in condizioni che consentano il raggiungimento degli impatti pianificati. I risultati del progetto contribuiranno ampiamente ad

[5] Letteralmente "scienza dei cittadini", ovvero attività che coinvolgono i cittadini di ogni genere nella ricerca scientifica e monitoraggio ambientale, quindi ha il potenziale per riunire la scienza, i responsabili politici e la società nel suo insieme in modo da generale un grande impatto sociale, culturale e scientifico.

incrementare le conoscenze di base e all'applicazione delle migliori pratiche da adottare in questo e in contesti ambientali simili.

LIFE è il programma di cofinanziamento più adatto a questo progetto perché le azioni concrete qui proposte sono direttamente correlate alla conservazione e gestione degli habitat e delle specie di interesse comunitario in applicazione della Direttiva 92/43/CEE. Le azioni proposte non possono essere finanziate con altri strumenti disponibili nell'Unione Europea diversi da LIFE per i seguenti motivi:

- Il Fondo Europeo di Sviluppo Regionale (FESR) sostiene principalmente gli investimenti produttivi, le infrastrutture e lo sviluppo delle piccole e medie imprese.
- Il Fondo di Coesione è uno strumento finanziario di aiuto al rafforzamento della collaborazione all'interno di regioni, una situazione nella quale l'area in cui si sviluppa il progetto non si trova.
- Il Fondo Europeo per la Pesca (FEP) non è applicabile a questo progetto, perché non direttamente connesso alla pesca.
- Il programma INTERREG (Cooperazione Territoriale Europea) riguardante la cooperazione transnazionale è finalizzato a progetti di cooperazione tra diverse regioni europee in termini di sviluppo regionale; quindi, non è applicabile alle azioni proposte che riguardano un singolo Paese, sebbene trasferibili ad altri in futuro.
- Il Fondo Europeo Agricolo per lo Sviluppo Rurale (FEASR) è lo strumento finanziario della politica di sviluppo rurale, che sostiene iniziative volte a migliorare la competitività economica e la qualità della vita nelle zone rurali. Gli scopi principali delle azioni proposte non sono quelli indicati per il FEASR e, sebbene si auspichi anche un beneficio socio-economico in un contesto rurale, si tratta comunque di misure che rientrano nell'obiettivo generale del progetto di migliorare lo stato di conservazione delle specie e degli habitat ma vanno oltre le misure finanziate dal FEASR.

Nello specifico, il progetto **LIFE NatuReef** è risultato pienamente conforme al tema del bando LIFE-2022-SAP-NAT-NATURE, in entrambe le due aree di intervento previste:

Area di intervento: "Spazio per la Natura" ("Space for Nature")

Il progetto, infatti, mira a migliorare la condizione delle specie o degli habitat attraverso misure di conservazione o ripristino, ricostituendo antiche scogliere biogeniche e migliorando lo stato degli habitat naturali e delle specie prioritarie e non prioritarie all'interno del sito protetto Natura 2000 (IT4070009). Ciò migliorerà la biodiversità marina all'interno dell'area protetta esistente. Le scogliere biogeniche rappresenteranno anche "un'infrastruttura verde" e favoriranno corridoi ecologici per le specie marine autoctone, migliorando la resilienza costiera agli eventi estremi e ai cambiamenti climatici. Le ostriche e i vermi sabellaria utilizzati sono ingegneri ecosistemici nativi, in grado di creare scogliere tridimensionali che trattengono i sedimenti e dissipano l'energia delle onde, contrastando l'erosione costiera, particolarmente intensa nell'area del progetto, e creando nicchie ecologiche favorendo una elevata biodiversità e habitat adatti allo sviluppo di giovanili. Le scogliere autoctone di ostriche e sabellaria sono tra gli habitat marini più minacciati in Europa, compreso il Mar Mediterraneo; in particolare, l'ostrica autoctona *Ostrea edulis* è progressivamente scomparsa negli ultimi secoli da molte regioni del Mediterraneo, compreso il Mar

Adriatico, ed è stata sostituita dall'ostrica del Pacifico, introdotta nel Mar Mediterraneo per scopi di acquacoltura negli anni '60.

Area di intervento: "Salvaguardia delle nostre specie" ("Safeguarding our species")

Promuovendo l'insediamento di specie marine autoctone in natura, il progetto contribuirà a salvaguardare le nostre specie e ad aumentare la resistenza biologica naturale all'invasione di specie non autoctone. A questo proposito, il progetto mira sia alla realizzazione dell'habitat sia alla sensibilizzazione dei cittadini. Le scogliere di ostriche e sabellaria ripristinate attraverso le attività di progetto miglioreranno la biodiversità marina, fornendo habitat e risorse per specie minacciate prioritarie e non prioritarie, come tartarughe, cavallucci marini e uccelli marini. La struttura complessiva della scogliera biogenica sarà specificamente progettata per difendere la costa dall'erosione, dall'intrusione salina e dalle inondazioni dovute alle mareggiate nella corrispondente area costiera, che comprende habitat prioritari e non prioritari come le dune della spiaggia, una laguna costiera e una pineta. Questi habitat ospitano vegetazione in via di estinzione e forniscono aree di riproduzione per specie di uccelli prioritari, ovvero il fratino (*Charadrius alexandrinus*) e il fraticello (*Sternula albifrons*), che nidificano entrambi sul tratto di spiaggia e dune che saranno protetti dalle scogliere realizzate. Queste scogliere forniranno numerosi beni e servizi ecosistemici: miglioramento della biodiversità, miglioramento della qualità e della limpidezza dell'acqua, aumento della produzione di pesci e molluschi, stabilizzazione dei sedimenti e dissipazione dell'energia delle onde, prevenendo al contempo l'erosione costiera. Forniranno inoltre un elevato valore culturale per la popolazione locale e benefici per diversi portatori di interesse.

LIFE NatuReef rientra quindi tra le priorità politiche previste dalle Direttive Uccelli e Habitat dell'UE, come indicato nel bando:

"In relazione all'area di intervento "Spazio per la Natura", viene data priorità ai progetti che concentrano le loro attività sull'attuazione degli obiettivi di conservazione per i siti Natura 2000 esistenti, in particolare laddove tali obiettivi di conservazione sono chiaramente stabiliti, migliorando la condizione delle specie e degli habitat per il quale i siti sono designati." Il progetto **LIFE NatuReef** migliorerà la condizione delle specie e degli habitat all'interno del sito SIC/ZSC e ZPS Natura 2000 denominato "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano" (IT4070009). Fornendo una difesa costiera contro i processi di erosione, intrusione salina ed eventi di inondazioni, proteggerà molte specie di uccelli costieri in via di estinzione, alcune di queste incluse nella Direttiva Uccelli, Allegato I, ed elencate come "specie prioritarie", come:

*Charadrius alexandrinus** (Kentish plover), Fig. 1.12 – incluso anche nella UE IUCN Lista Rossa, categoria Minor Preoccupazione (LC), con tendenza della popolazione in "Declino",

*Sternula albifrons** (= *Sterna albifrons*, fraticello), Fig. 1.13 - incluso anche nella UE IUCN Lista Rossa, categoria Minor Preoccupazione (LC), con tendenza della popolazione in "Declino",

Tartaruga marina *Caretta caretta* - elencata in: Direttiva Habitat allegati 2 e 4; Convenzione di Berna Allegato 2; Allegato A CITES; Convenzione di Bonn Allegato 1; Aree Specialmente Protette di Importanza Mediterranea - SPAMI Allegato 2; Vulnerabile nella IUCN Lista Rossa delle specie mediterranee,

Cavallucci marini *Hippocampus hippocampus* e *H. guttulatus* - entrambi elencati in: CITES Allegato D; Aree Specialmente Protette di Importanza Mediterranea - SPAMI Allegato 2; Carenti di Dati (DD) nella IUCN Lista rossa delle specie mediterranee.

2.1.2 Sinergie e co-benefici con altri sottoprogrammi LIFE

LIFE NatuReef è conforme ai sottoprogrammi "*LIFE Nature and Climate Mitigation and Adaptation*" in quanto contribuisce a diversi obiettivi di questo sottoprogramma, come "sviluppare, dimostrare e promuovere tecniche, metodi e approcci innovativi per raggiungere gli obiettivi della legislazione e della politica dell'Unione Europea sulle azioni per il clima e contribuire alla conoscenze di base e all'applicazione delle pratiche migliori". In particolare, il progetto rientra nell'ambito dei progetti di Adattamento ai Cambiamenti Climatici (*Climate Change Adaptation projects*).

LIFE NatuReef svilupperà, dimostrerà e promuoverà una soluzione innovativa per la creazione di un habitat naturale per le specie ingegneri ecosistemiche native (ostriche e vermi sabellaria) nel sito di studio. La soluzione proposta mira mimare una scogliera naturale ed è concepita come una barriera situata in acque poco profonde (circa 1,5 m di profondità) su una costa sabbiosa, colonizzata da ostriche autoctone. La scogliera avrà anche una funzione nell'adattamento della costa ai cambiamenti climatici previsti.

A causa della somiglianza delle scogliere naturali, la scogliera calcarea di base (*basal limestone reef*, BLR) e la sua copertura biogenica sviluppate in questo progetto, rappresentano una soluzione basata sulla natura su scala reale nella gestione del territorio, delle coste e delle aree marine e aumenterebbero la resilienza climatica e contribuire a molteplici obiettivi del **Green Deal**. Infatti, oltre ad offrire un habitat, la scogliera offrirà protezione e ripristino al litorale sabbioso durante le tempeste, riducendo l'energia delle onde che colpiscono la costa (la protezione del territorio e delle coste è uno degli ambiti e degli ambiti di intervento nell'ambito *Climate Change Adaptation # 3: Nature-based solutions in the management of land, coasts and marine areas*) e ridurrà la vulnerabilità alle inondazioni del territorio (ambito e area di intervento nel *Climate Change Adaptation #7: Water management*).

La presenza della scogliera calcarea di base e della sua copertura biogeniche contribuirà anche a contrastare agli eventi meteorologici estremi (ambito e area di intervento nel *Climate Change Adaptation #8: Preparedness for extreme weather events*), a livello locale, a proteggere la costa, e grazie alla sua replicabilità anche come misure di prevenzione del rischio di catastrofi in altre situazioni che si affacciano sul mare tra cui i lungomare delle città costiere, le aziende agricole sul mare che sarebbero protette dall'intrusione salina (ambito e area di intervento nel *Climate Change Adaptation #6: Adaptation solutions for farmers, forest managers, Natura 2000 managers and other land managers*).

2.1.3 Complementarietà del progetto con altre azioni europee

In questo progetto verranno applicate le migliori pratiche sviluppate in diversi progetti di ripristino delle ostriche di successo, soprattutto nel nord Europa. I "Networks" rilevanti per il ripristino delle ostriche sono la **Native Oyster Restoration Alliance** (https://noraeurope.eu/; Figura 2.1), la **Native Oyster Network** (https://nativeoysternetwork.org/) e il **Solent Oyster Restoration Project**, un progetto collaborativo, guidato dalla Blue Marine Foundation - BLU (https://www.bluemarinefoundation.com/projects/solent/).

Figura 2.1 Progetti di ripristino degli habitat a ostriche documentati dalla Native Oyster Restoration Alliance (https://noraeurope.eu/).

2.1.3.1 Missione UE Starfish 2030: ripristinare il nostro oceano e le acque

Il progetto **LIFE NatuReef** mira al ripristino, al monitoraggio e alla sensibilizzazione delle scogliere autoctone di ostriche e vermi sabellaria, seminando le specie autoctone in un raro tratto costiero non urbanizzato delle coste dell'Adriatico settentrionale: la foce del fiume Bevano (comune di Ravenna, Regione Emilia-Romagna, Italia), che è un SIC/ZSC e ZPS nell'ambito della UE Natura 2000 (IT4070009 - Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano). Per questo motivo, il progetto abbraccia gli obiettivi della **Missione UE Starfish 2030** ("*Healthy oceans, seas, coastal and inland waters*"). La missione mira a conoscere, ripristinare e proteggere i nostri oceani e le nostre acque entro il 2030, riducendo la pressione umana sugli ambienti marino e di acqua dolce, **ripristinando gli ecosistemi degradati e sfruttando in modo sostenibile i beni e i servizi essenziali che questi forniscono**. Conoscere, ripristinare e proteggere i nostri oceani e le nostre acque sarà fondamentale per raggiungere gli obiettivi del "Green Deal" europeo e per contribuire all'attuazione dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite per lo sviluppo sostenibile e del Decennio degli oceani, consentendo agli europei di dare forma ad un futuro desiderabile e prospero futuro. La

Missione costituirà inoltre un potente elemento nella ripresa post-Covid-19 e nella trasformazione verso una società più sana e resiliente. Il progetto **LIFE NatuReef** abbraccerà gli obiettivi della Missione UE Starfish 2030 e due dei suoi cinque obiettivi (1. conoscenza, 2. rigenerazione, 3. inquinamento zero, 4. decarbonizzazione, 5. governance). **LIFE NatuReef** contribuirà a:

- "Colmare il divario conoscitivo ed emotivo", Obiettivo 1, con tutte le attività del WP5 e in particolare il compito: T.5.4 Monitoraggio su base comunitaria.
- Con una verifica entro il 2025 che raggiungerà il 20% dei dati raccolti dalle iniziative di "*citizen science*" e anche con lo sviluppo della piattaforma online "EU-Citizen Science", per scambiare informazioni sui progetti di "*citizen science*" e contribuire a diffondere consapevolezza a tutta la società.
- Rigenerazione degli ecosistemi marini e acquatici, con il Target 4 "Rigenerazione attiva del 20% degli habitat degradati", attraverso il WP4 "Progettazione e realizzazione di scogliere biogeniche", la cui scogliera sarà basata principalmente sulla semina di ostriche autoctone europee (*Ostrea edulis*) sulla superficie superiore dei moduli della "Scogliera Calcarea di Base" non appena sarà disponibile.
- I cittadini sono i protagonisti del Target 1, con l'obiettivo di creare una comunità di cittadini che valorizzi l'oceano e le acque come bene comune e capitale naturale da preservare. Infatti, un punto di controllo per il 2025 è che il 20% delle raccolte di dati provenga da iniziative di "*citizen science*", insieme allo sviluppo della piattaforma online EU-Citizen Science, per scambiare informazioni sui progetti di "*citizen science*" e contribuire a diffondere consapevolezza a tutta la società. Prima della Missione UE Starfish, l'Unione Europea ha riconosciuto il ruolo dei cittadini nel raggiungimento degli Obiettivi di Sviluppo Sostenibile delle Nazioni Unite, come dimostrato in programmi come l'iniziativa Horizon 2020, con il Programma di Lavoro "Scienza con e per la Società" ("*Science with and for Society*", SwafS) 2018-2020.

2.1.4 Sinergie e co-benefici con altre politiche dell'Unione Europea

2.1.4.1 Green Deal europeo e obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite

Gli obiettivi del progetto **LIFE NatuReef** abbracceranno gli obiettivi del **European Green Deal** per conoscere, ripristinare e proteggere i nostri oceani e le nostre acque entro il 2030 e contribuire all'attuazione **dell'Agenda 2030 delle Nazioni Unite** per lo sviluppo sostenibile e del Decennio degli Oceani. Ciò sarà raggiunto attraverso il ripristino di una scogliera biogenica di ostriche e vermi sabellaria, che costituiscono importanti ingegneri ecosistemici che sono andati progressivamente scomparendo dalle coste europee negli ultimi secoli principalmente a causa del sovrasfruttamento, del degrado degli habitat e malattie.

"Ripristinare e proteggere i nostri oceani e le nostre acque è uno dei compiti urgenti e determinanti del nostro tempo". Esiste l'urgente necessità di rafforzare e ripristinare la capacità degli ecosistemi acquatici di contribuire alla mitigazione e all'adattamento climatico, nonché alla conservazione e al ripristino della biodiversità. Poiché gli ecosistemi degradati impiegano molto tempo per riprendersi, è necessario intraprendere subito azioni adeguate a garantire oceani e acque sani e prosperi per la prossima generazione. L'Assemblea Generale delle Nazioni Unite ha recentemente dichiarato il **"UN Decade on Ecological Restoration"** per il periodo 2021-2030 e il ripristino

ecologico è in aumento come componente della soluzione per alleviare il degrado degli ecosistemi. Inoltre, gli Obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite (*United Nations Sustainable Development Goals*; Figura 2.2) richiedono il ripristino degli ecosistemi marini costieri (Obiettivo 14). Il programma Green Deal si concentra anche sull'impegno dei cittadini nell'innovazione sociale, con il Pilastro II del prossimo programma europeo di ricerca e innovazione Horizon Europe che include una missione specifica "adattamento ai cambiamenti climatici compresa la trasformazione sociale" che sostiene questo processo mettendo in contatto i cittadini con la scienza e le politiche pubbliche.

Figura 2.2 Diagramma degli obiettivi di sviluppo sostenibile delle Nazioni Unite.

2.1.4.2 Strategia dell'Unione Europea sulla Biodiversità per il 2030

Il progetto **LIFE NatuReef** abbraccerà anche la Strategia dell'UE sulla Biodiversità per il 2030 (*EU Biodiversity Strategy for 2030*), che mira, tra gli altri, a rafforzare la protezione degli ecosistemi marini e a riportarli al raggiungimento di un "buono stato ambientale", anche attraverso l'espansione delle aree protette e l'istituzione di misure rigorose di salvaguardia ambientale per il recupero degli habitat e degli stock ittici. Questo obiettivo sarà perseguito attraverso il ripristino di un reef biogenico di ostriche e vermi sabellaria, all'interno della SIC/ZSC e ZPS IT4070009 - Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano. Inoltre, il progetto è conforme alla priorità n. 3 del bando della Strategia UE sulla Biodiversità per il 2030, "Ripristino degli ecosistemi degradati e ricchi di carbonio; prevenire e ridurre l'impatto dei disastri naturali", che dà priorità alle "Proposte incentrate sulla realizzazione di infrastrutture verdi e blu in linea con gli orientamenti dell'UE, nonché altre soluzioni basate sulla natura e azioni di ripristino che

aiutano a prevenire o ridurre l'impatto dei disastri naturali, compresi i progetti di ripristino dei fiumi, hanno la priorità nel sostegno di LIFE". Uno degli scopi di **LIFE NatuReef**, infatti, è lo sviluppo di una scogliera calcarea di base per sostenere le ostriche e i vermi sabellaria che contribuirà anche a sostenere la preparazione agli eventi meteorologici estremi e, a livello locale, a proteggere la costa dissipando l'energia delle onde, stabilizzando i sedimenti e migliorando la resilienza dell'ecosistema.

Il progetto **LIFE NatuReef** avrà sinergie ed effetti positivi di ricaduta con altre aree politiche dell'UE come: **Direttiva 2008/56 - Quadro per l'azione comunitaria nel campo della politica per l'ambiente marino (Direttiva quadro sulla strategia marina**, *Marine Strategy Framework Directive*). Questa Direttiva stabilisce che le *strategie marine siano sviluppate e attuate al fine di*:

> (a) proteggere e preservare l'ambiente marino, prevenirne il deterioramento o, ove possibile, ripristinare gli ecosistemi marini nelle aree in cui sono stati colpiti negativamente.

LIFE NatuReef mira ad applicare, a livello dimostrativo, le migliori pratiche disponibili per il ripristino delle barriere naturali di ostriche e sabellaria, come soluzione basata sulla natura per la difesa costiera e l'arricchimento della biodiversità marina, utilizzando substrati adeguati e reintroducendo le specie autoctone nell'ambiente marino della zona antistante la foce del fiume Bevano, area che ospita 12 habitat naturali di cui 3 prioritari: lagune costiere (codice 1150), dune fisse con vegetazione erbacea ('dune grigie', codice 2130), e dune boscose con *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster* (codice 2270). Per questi motivi, il progetto sosterrà anche la **Direttiva Habitat** (92/43/CEE) sulla conservazione degli habitat naturali e contribuirà anche al raggiungimento di un buono stato ecologico secondo la Direttiva quadro sulla strategia marina.

2.2 Previsione e vincoli della pianificazione territoriale ed urbanistica

Nei seguenti paragrafi vengono richiamate, descritte e considerate le previsioni, le norme ed i vincoli della pianificazione territoriale ed urbanistica ricadenti sull'area interessata dagli interventi in oggetto. Si sottolinea fin da ora che l'intervento in progetto è **interamente ed esclusivamente realizzato in mare**, a distanza di circa 150-200 m dall'attuale linea di riva, tuttavia vengono di seguito considerate anche le aree limitrofe per le quali sono attesi benefici conservazionistici nel medio e lungo termine e che pertanto sono sottoposte a monitoraggio ambientale.

2.2.1 Descrizione di inquadramento ed estratti delle cartografie del Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) per la parte che interessa i siti di intervento

Il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) è parte tematica del Piano Territoriale Regionale (PTR) e si pone come riferimento centrale della pianificazione e della programmazione regionale dettando regole e obiettivi per la

conservazione dei paesaggi regionali. Il Piano prevede esplicitamente che gli strumenti di pianificazione provinciale e comunale provvedano, ciascuno per il proprio livello territoriale, a specificare, approfondire e attuarne i contenuti e le disposizioni, nonché alla loro applicazione alle specifiche situazioni locali. Il Piano Paesistico Regionale influenza le strategie e le azioni di trasformazione del territorio sia attraverso la definizione di un quadro normativo di riferimento per la pianificazione provinciale e comunale, sia mediante singole azioni di tutela e di valorizzazione paesaggistico-ambientale.

La Regione Emilia-Romagna ha approvato il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) ai sensi dell'art. 1 bis della Legge 431/1985, con DCR n. 1338 del 28 Gennaio 1993 e n. 1551 del 14 Luglio 1993.

L'area d'intervento ricade nell'elenco dei sistemi, zone ed elementi di cui è necessario tutelare i caratteri strutturanti la forma del territorio, come "Sistema costiero" normato dall'art. 12 delle norme tecniche di attuazione del PTPR.

Il "Sistema costiero" oltre ad essere diviso in costa sud e costa nord (quest'ultima interessata dall'intervento in esame) prevede tra gli indirizzi per il recupero e la riqualificazione dei territori ricompresi nel suddetto sistema, ai sensi dell'Art. 12 comma 1h), che:

"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."

Il comma 4 d) del medesimo articolo, prevede inoltre che, fermo restando il rispetto delle specifiche disposizioni dettate dal Piano per determinate zone ed elementi ricadenti entro la sua delimitazione, possono comunque essere previsti e consentiti:

"la realizzazione di infrastrutture tecniche di difesa del suolo, di canalizzazioni, di opere di difesa idraulica e simili, nonché le attività di esercizio e manutenzione delle stesse."

L'intera area d'intervento risulta ricompresa nell'unita di paesaggio 1 "Costa Nord", ai sensi dell'art. 6 norme tecniche di attuazione del PTPR (Figura 2.3).

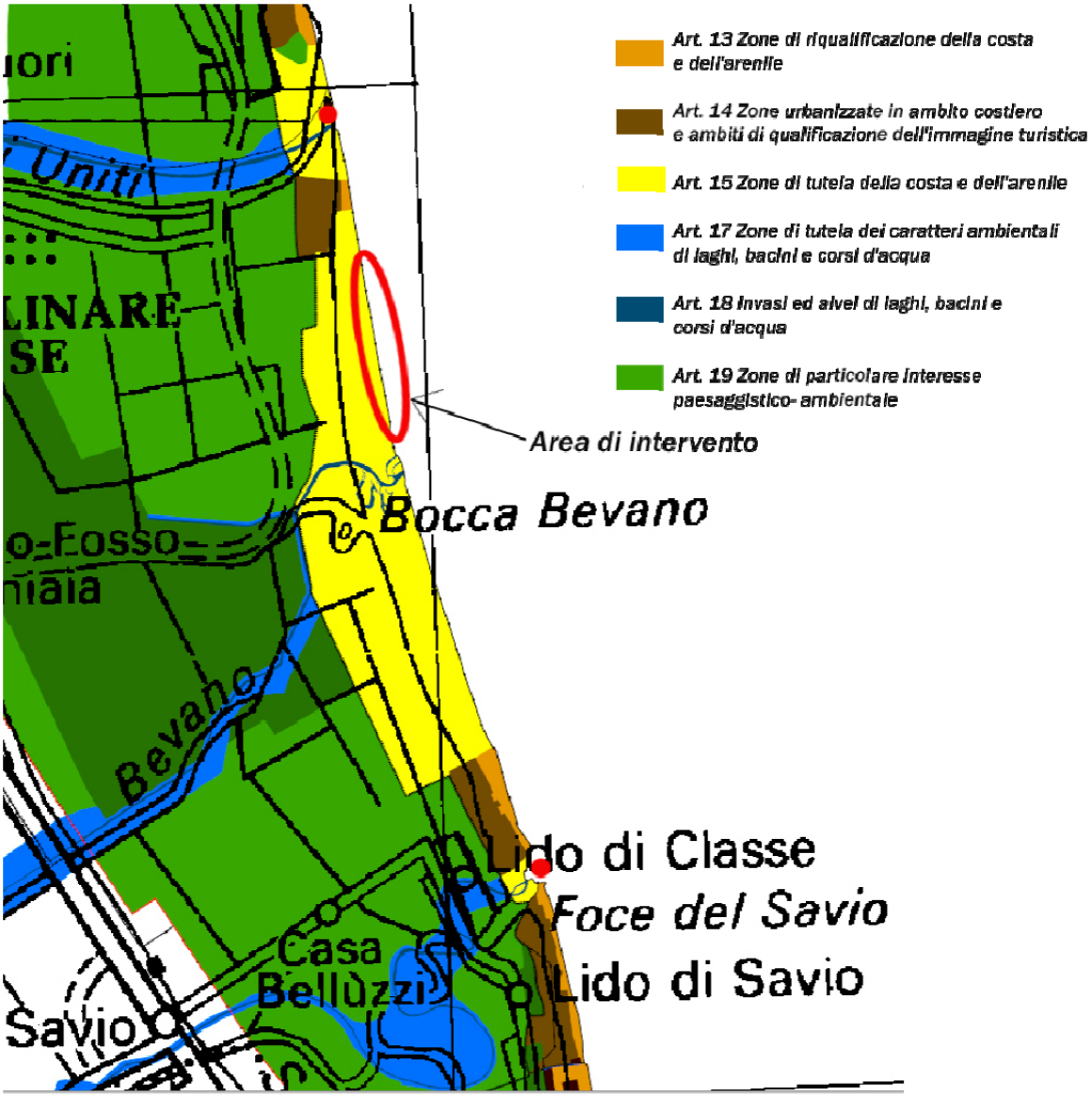


Figura 2.3 Stralcio cartografia PTPR con indicata l'area di intervento.

L'area d'intervento è altresì ricompresa nel perimetro del Parco del Delta del Po, disciplinato ai sensi dell'art.30 b) delle norme tecniche di attuazione del PTPR, come: "perimetrazioni di altre aree da destinarsi a parchi regionali e di alcune aree da destinare a riserve naturali, ai sensi della lettera b. del primo comma dell'articolo 4 della citata legge regionale aprile 1988, n. 11".

Per maggiore dettaglio si veda il Piano di stazione "Pineta di Classe e Salina di Cervia" (cfr. 2.2.6.1 e Figura 2.14).

2.2.2 Inquadramento nell'ambito del piano e delle linee guida per la Gestione Integrata della Zona Costiera (GIZC)

La gestione integrata delle zone costiere (GIZC), rappresenta lo strumento di programmazione e pianificazione di riferimento per la gestione della costa in Emilia Romagna, adottato dal Consiglio Regionale dell'Emilia Romagna con Delibera 20 gennaio 2005 n. 645. La GIZC individua gli obiettivi e le azioni da mettere in campo per il loro conseguimento, nell'ambito di nove settori strategici, ognuno dei quali è considerato in grado di incidere sul sistema costiero:

- turismo
- difesa della costa
- gestione delle risorse idriche portualità e trasporto marittimo
- tutela degli habitat naturali
- pesca e acquicoltura agricoltura sostenibile politiche energetiche
- sistema insediativo e mobilità.

Le linee guida GIZC della Regione Emilia-Romagna assumono obiettivi di breve, medio e lungo periodo, puntando su precise azioni.

Per quanto concerne l'obiettivo di rimozione o mitigazione delle cause di erosione delle spiagge e di riduzione del rischio di ingressione marina, le azioni proposte spaziano da quelle a scala più vasta, che necessitano di un coerente recepimento a livello di pianificazione territoriale, fino a quelle a scala locale imperniati, prevalentemente, sulla realizzazione (ma anche non realizzazione o modifica) di interventi e opere (Tabella 2.1).

In particolare per il settore della Difesa della costa e, nello specifico, sul fronte dell'erosione costiera la GIZC regionale (Tabella 2.2):

- mira a contrastare la realizzazione di nuove opere di difesa rigide, favorendo altresì interventi di ripascimento con sabbie sottomarine,
- mira a contrastare la realizzazione di nuovi moli;
- promuove interventi per l'avanzamento della linea di costa e progetti di riqualificazione che permettano l'arretramento delle strutture balneari e ove possibile la ricostruzione delle dune alle spalle delle spiagge.

Le Linee guida individuano, pertanto, indirizzi precisi per le modalità di intervento di difesa della costa e, in particolare, di contrasto e risposta al fenomeno dell'erosione costiera e dell'abbassamento di quota, privilegiando un approccio morbido e più facilmente reversibile, costituito, essenzialmente, dal ripascimento artificiale delle spiagge al fine di favorirne l'ampliamento e l'innalzamento. Tale impostazione è improntata all'obiettivo di non determinare ulteriori interferenze con quello che è la naturale dinamica litoranea di trasporto dei materiali sabbiosi, nella consapevolezza che ogni intervento determina effetti non solo di tipo locale ma anche diffuso, sull'intero sistema, con il rischio di espandere sempre più il problema.

Tabella 2.1 Estratto linee guida GIZC della Regione Emilia-Romagna.

OBIETTIVO: RIMOZIONE O MITIGAZIONE DELLE CAUSE DI EROSIONE DELLE SPIAGGE E RIDUZIONE DEL RISCHIO DI INGRESSIONE MARINA	
SOTTO-OBIETTIVI	**AZIONI**
Azzerare la componente antropica della subsidenza tramite	Riduzione ulteriore del prelievo di acqua da falda in tutta la fascia costiera. Regolamentazione dell'estrazione del gas metano e diniego di concessioni allo sfruttamento di nuovi pozzi in una fascia di 20 km, a mare e a terra, dalla linea di costa. Estensione della pratica di reintroduzione di fluidi nei pozzi di metano esistenti per contrastare la depressurizzazione dei giacimenti prossimi alla fascia costiera.
Favorire il trasporto solido a mare dei fiumi	Mantenendo il divieto delle escavazioni in alveo. Attuando periodicamente la pulizia degli alvei. Ripristinando le sezioni di deflusso nei tratti di pianura. Favorendo l'erodibilità dei versanti montani a litologia prevalentemente sabbiosa. Rimuovendo ove possibile le opere trasversali che favoriscono la formazione di materassi di sovralluvionamento. Ripristinare il trasporto di sabbia e ghiaia al mare del T. Conca.
Contrastare l'irrigidimento della linea di costa e la pressione antropica sul litorale procedendo a	Rinforzare il sistema ambientale litoraneo attraverso l'avanzamento della linea di costa. Promuovere progetti di riqualificazione che prevedano l'arretramento delle strutture balneari. Intraprendere azioni di sensibilizzazione verso Enti e Soggetti socio-economici locali.
Evitare la realizzazione di nuove opere a mare	Evitare la realizzazione di nuove opere di difesa rigide, scogliere emerse e sommerse. Evitare il prolungamento dei moli esistenti e la costruzione di nuovi moli. Evitare lo sviluppo della pesca di molluschi nei bassi fondali interclusi da scogliere, che modifica pericolosamente il profilo di spiaggia sommersa e destabilizza le opere di difesa.

Pur tuttavia, gli indirizzi dettati dalle Linee guida non escludono, in assoluto, la possibilità di ricorrere ad interventi strutturali, anche di tipo rigido, qualora necessari per favorire il contenimento del materiale sabbioso e, quindi, l'efficienza dei ripascimenti. D'altra parte, la realizzazione di opere di contenimento, basata sui necessari e opportuni studi scientifici di approfondimento volti a valutarne preventivamente gli effetti, può determinare un'utile azione di protezione in grado di prolungare la durata dei ripascimenti laddove la scarsa disponibilità e/o le difficoltà tecniche di reperimento dei materiali sabbiosi non consentano di potere assicurare i necessari apporti di sabbia alle spiagge in erosione.

Tabella 2.2 Estratto linee guida GIZC della Regione Emilia-Romagna.

OBIETTIVO: DIFESA E RIQUALIFICAZIONE DELLE SPIAGGE	
SOTTO-OBIETTIVI	**AZIONI**
Ripascimento con sabbie sottomarine e litoranee	Attuare la difesa delle aree critiche mediante ripascimento con sabbie sottomarine, protetto, se necessario, con opere di contenimento. Promuovere l'utilizzo delle sabbie litoranee e portuali (bypass e dragaggi) per il ripascimento delle spiagge emerse (bypass) e sommerse (materiali provenienti dai dragaggi dei porti).
Salvaguardia delle spiagge ancora libere a terra e/o a mare da opere di difesa rigide promuovendo	Introduzione di norme per la salvaguardia delle spiagge e dei fondali prive di opere di difesa rigida. Avvio, laddove possibile, la ricostruzione degli apparati dunosi a tergo delle spiagge. Introduzione/rafforzamento di norme per la salvaguardia e la conservazione dei sistemi dunosi esistenti.
Riqualificazione dei litorali protetti da opere di difesa rigide	Attuazione di interventi sperimentali di rimozione delle scogliere emerse, integrati con gli interventi di ripascimento. Attuazione di interventi sperimentali di trasformazione delle difese rigide in opere a minore impatto ambientale integrati con gli interventi di ripascimento. Monitoraggio del comportamento degli interventi sperimentali per valutarne la possibile applicazione a tratti di costa più estesi.
Allargamento e innalzamento delle spiagge	Allargamento delle spiagge verso mare e verso terra. Innalzamento di quota delle spiagge, a difesa dei tratti critici e delle zone depresse

Proprio l'incertezza legata alla disponibilità, a costi sostenibili, di materiale da ripascimento in quantità tali da contrastare le perdite da erosione e subsidenza ovvero l'impossibilità di programmare interventi di ripascimento con sabbie da depositi sottomarini al largo, hanno indirizzato, per questo paraggio, la scelta verso una soluzione marcatamente strutturale quale la scogliera sommersa, comunque a sostegno e in sinergia con i previsti interventi di ripascimento della spiaggia emersa e sommersa, ma di nuova concezione e ispirata dalle antiche scogliere naturali di ostriche e sabellarie, che caratterizzavano il paesaggio costiero nei secoli passati. Infatti, per la loro natura di biocostruzioni, queste scogliere naturali hanno un certo margine di adattamento e rimodellazione nel tempo in funzione delle mutevoli condizioni ambientali.

2.2.3 Inquadramento nell'ambito della strategia di gestione integrata per la difesa e l'adattamento della costa ai cambiamenti climatici (GIDAC)

La Strategia di Gestione Integrata per la Difesa e l'Adattamento della Costa ai Cambiamenti Climatici (GIDAC) dell'Emilia-Romagna è il nuovo strumento attraverso il quale la Regione Emilia-Romagna intende aggiornare il processo di gestione integrata della zona costiera (Linee guida GIZC approvate con DCR n. 645/2005), ponendo massima attenzione ai nuovi obiettivi che riguardano l'adattamento e la mitigazione degli effetti dei cambiamenti climatici in atto (Guida & Montanari 2022). Si tratta di un'esigenza già sottolineata dalla Strategia unitaria di Mitigazione e Adattamento per i Cambiamenti Climatici della Regione Emilia-Romagna (approvata con DAL n. 187/2018) che ha individuato fra le azioni prioritarie la predisposizione di un "Piano di gestione integrata per la difesa e l'adattamento della costa ai cambiamenti climatici", recepita appieno dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (approvato dall'Autorità di bacino distrettuale del Fiume Po nel dicembre 2021), che ha inserito questo obiettivo nelle Misure dedicate all'ambito costiero (ITN008_ITBABD_FRMP2021A_079). Lo strumento GIDAC è inoltre supportato dal nuovo Piano di gestione dello spazio marittimo Adriatico (elaborato ai sensi del dlgs 201/2016) che fra i suoi obiettivi pone l'attenzione sulla necessità di sviluppare i piani regionali di adattamento della costa ai cambiamenti climatici (Obiettivo 2 del settore Difesa Costa) e inserisce misure specifiche per raggiungere tale obiettivo e per favorire la difesa della costa basata su 'interventi morbidi'. Il piano considera il tema dell'adattamento della costa, in particolare a fronte dei mutamenti climatici in atto con tutte le ricadute socioeconomiche facilmente intuibili, una delle emergenze territoriali più rilevanti e come, quindi, la gestione e difesa del sistema costiero vada inserita fra le necessità primarie e i temi centrali dell'azione di governo della Regione Emilia-Romagna.

Nell'ambito delle azioni di sistema, adattamento, manutenzione, trasversali previste dal GIDAC, particolare accento viene posto ad **azioni e interventi per l'adattamento**, ed in particolare **interventi "multi-obiettivo" tra la riqualificazione dei fronti mare e la difesa e adattamento della costa**: "*Un ruolo importante nell'attuazione della Strategia sarà giocato dalle operazioni di riqualificazione dei fronti mare, previste nel PNRR, opportune ormai in molti tratti costieri e possibile volano per il rilancio del turismo marino-costiero. Sono operazioni che nell'insieme rappresentano una straordinaria opportunità, che deve essere colta anche per aumentare la resilienza del sistema costiero regionale. In questo senso la GIDAC promuove il concetto e la realizzazione di interventi "win-win" mirati a coniugare la riqualificazione dei fronti mare con le necessità di difesa e adattamento in relazione ai rischi costieri (erosione, ingressione marina) adottando soluzioni morbide o "nature based solutions".*"

Il presente progetto rappresenta quindi una delle possibili interpretazioni delle *"nature based solutions"* auspicate dal GIDAC, ma naturalmente contribuirà anche all'aggiornamento e sviluppo del quadro conoscitivo sulla costa, previste dalle azioni trasversali del GIDAC.

Il GIDAC propone le opzioni di difesa della costa "*morbide*", ad esempio i ripascimenti delle spiagge, come valide e auspicabili alternative a opere di difesa "*rigide*", che hanno un maggior impatto ambientale e un maggior costo di realizzazione e manutenzione, sebbene una efficacia su periodi più lunghi. In questo contesto, la ricostituzione di

una scogliera a ostriche e sabellaria deve essere vista come una terza opzione migliorativa nei confronti di entrambe queste opzioni. Essendo infatti pensata come una biocostruzione viva in grado di modellarsi e adattarsi nel tempo, questo tipo di scogliera avrà un prolungato effetto protettivo della costa simile o di poco inferiore a quello di una struttura rigida semi-sommersa o sommersa, un impatto ambientale altramente positivo grazie al ripristino di un habitat ad elevata biodiversità, un effetto benefico sugli habitat circostanti offrendo non solo protezione ma innescando processi ecologici di cui possono beneficiare gli habitat circostanti. Tutto questo comporta non solo un inestimabile valore naturalistico ma anche un elevato valore socioeconomico e culturale.

2.2.4 Descrizione di inquadramento ed estratti delle cartografie del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) per la parte che interessa i siti di intervento

Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna (PTCP) è redatto secondo le disposizioni della L.R. 20/2000 e ss. mm. e ii.

Il Piano individua: le linee di sviluppo dell'area provinciale, definisce i criteri per la localizzazione il dimensionamento di strutture e di servizi di interesse sovracomunale, definisce le caratteristiche di vulnerabilità, criticità e potenzialità dei sistemi naturali ed antropici del territorio, definisce i bilanci delle risorse territoriali e ambientali stabilendo le condizioni e i limiti di sostenibilità territoriale e ambientale delle previsioni urbanistiche comunali.

I Comuni, in conformità con le previsioni del PTCP, procedono alla formulazione dei nuovi PRG (Piano Strutturali Comunali - PSC, Regolamento edilizio ed urbanistico - RUE e Piano Operativo Comunale – POC). Il Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale della Provincia di Ravenna (PTCP) è stato adottato con D.G.P. n. 51 del 06.06.2005, approvato con D.G.P. n. 9 del 28.02.2006 e pubblicato sul BUR n. 65 del 10/05/2006. L'area d'intervento risulta ricompresa nell'unità di paesaggio (UP) n°6 della costa Nord (Figura 2.4).

L'UP della costa nord è delimitata a nord dal fiume Reno e a sud dal fiume Savio. Verso l'entroterra il limite è segnato dal dosso litoraneo oggi evidenziato dalla via Romea SS 309 a nord e dalla ferrovia Ravenna - Rimini a sud. La presenza del Canale Corsini che collega la città al mare e la fascia di rispetto dell'area portuale divide l'UP in due parti fisicamente: nella realtà il canale è invece l'elemento unificante e caratterizzante. Lungo il litorale, lo spostamento di circa 3 chilometri a sud del tratto terminale dei Fiumi Uniti nel XVIII secolo dava luogo ad un nuovo spianamento della cuspide deltizia (quella "punta marina" da cui avrebbe preso il nome l'attuale località) e alla formazione di specchi interni a nord, le così dette pialasse. Questo assetto è tuttora conservato, almeno nelle sue grandi linee, in tutto il litorale di Ravenna, in verità le vicende delle valli a nord di Ravenna sono state negli ultimi secoli particolarmente complesse, ma non hanno avuto significativi riflessi sulla dinamica del vicino litorale.

Lo stesso Lamone, che è un fiume ricco di torbide poté scorrere autonomo al mare per oltre due secoli sfociando a Casal Borsetti ove formò una modesta cuspide che a nord si saldava con quella di Primaro e a sud sfrangiava a formare le piallasse. Ma anche questa cuspide sarebbe stata spianata dopo che, per la rotta delle Ammonite, il fiume

veniva portato a colmare le valli; dallo spianamento la terraferma avrebbe conquistato nuovi spazi ove è ora Marina Romea. Così al di là di una lieve inflessione formata dai Fiumi Uniti a sud-est di Ravenna e dal Reno a nord est, il litorale ravennate formerebbe un'unica curvatura se non fosse per la presenza di opere umane che ne alterano il profilo.

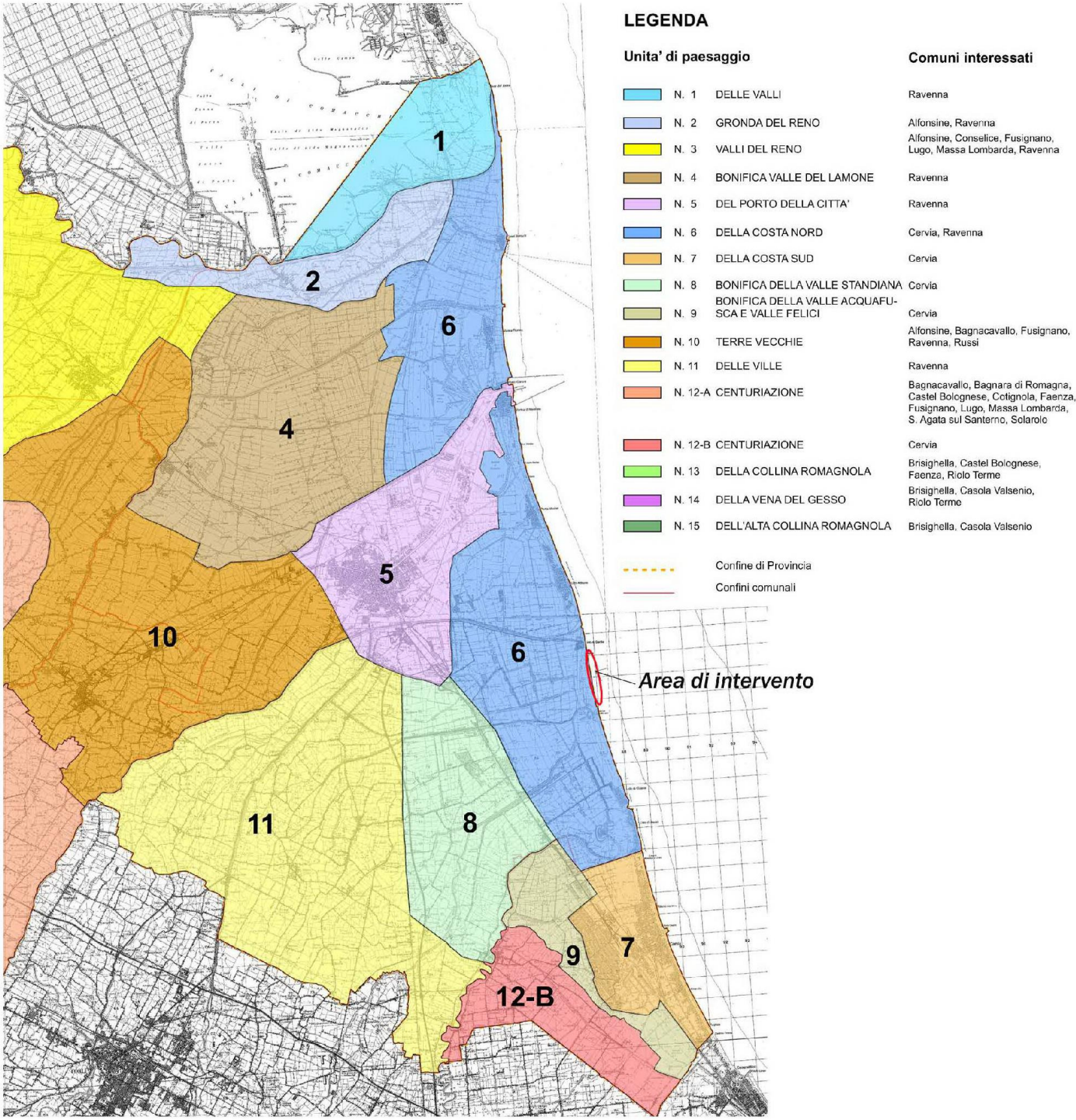


Figura 2.4 Stralcio Tavola Unità di Paesaggio PTCP con indicata l'area di intervento.

Già nel XVI secolo il litorale era caratterizzato dalla presenza di ampie zone boschive di proprietà degli arcivescovi di Ravenna che nel 1520 venivano concesse in enfiteusi alle quattro abbazie della città: S. Vitale, Classe, S. Giovanni

e S. Maria in Porto; ha inizio un processo di potenziamento di tutto il loro patrimonio boschivo. All'ampliarsi della linea di costa segue un aumento della fascia boschiva continua estesa sul litorale ravennate per oltre 32 Km dal Lamone fino a Cervia e ampia circa quattro Km. Le pinete storiche raggiunsero la massima espansione verso la fine del Settecento come descrive Francesco Ginanni nella "Istoria civile e naturale delle pinete ravennati". Allora risultava l'esistenza di un unico bosco costiero pinetato che con continuità comprendeva: la pineta di S. Vitale, la pineta della Monaldina e di Porto, la pineta di Classe fino al torrente Bevano, la pineta di S. Giovanni fino al fiume Savio ed infine la pineta di Cervia dal Savio a Cervia.

Nel 1796 con l'invasione francese e l'abolizione delle corporazioni religiose le abbazie perdevano definitivamente il controllo sulle pinete e la loro gestione passava alla Repubblica Cisalpina; che vendendole, rendeva possibile lo sfruttamento e la distruzione del grande bosco ravennate. Il processo di disboscamento continuerà per oltre un secolo fino a quando le pinete divenivano di proprietà del Demanio dello Stato.

Nel 1905 il Ministro Rava riuscì a creare le premesse legislative per l'acquisto e il rimboschimento dei terreni lungo il litorale ravennate e nel 1933 venne impiantata la nuova pineta litoranea.

Oltre a quello che rimane del grande bosco litoraneo: pineta di Classe, S. Vitale e Cervia, questa UP è caratterizzata da luoghi naturali di diversa origine accomunati dal fatto di essere la testimonianza di ambienti diversi che circondavano il territorio di Ravenna nei secoli passati. Una di queste è la foresta allagata di Punte Alberete che è ciò che rimane dell'antica palude a nord di Ravenna prima dell'importante opera di bonifica della Cassa di Colmata del Lamone. Sempre a nord della città troviamo la Valle della Canna, il Prato Barenicolo e le Piallasse.

A sud della città i due ambienti naturali sono l'Ortazzino e l'Ortazzo, di cui quest'ultimo è un complesso formato da stagni retrodunali, da antiche anse della foce del Bevano, da zone umide salmastre che assieme al complesso di dune costiere e pinete di recente impianto sfumano in praterie barenicole. L'Ortazzino è invece una valle arginata con acque dolci, un tempo sfruttata a risaia e poi rinaturalizzata.

CARATTERI FISICI E INSEDIATIVI

La dinamica del litorale ravennate è stata negli ultimi millenni particolarmente complessa e legata ai numerosi fiumi appenninici, ad un importante ramo del Po, quello di Primaro, e all'affievolirsi della pendenza nel bassopiano.

L'insediamento lungo la costa è un fenomeno molto recente, tra il XV il XVII sec. vi erano ancora pesanti fenomeni di ripulsa ambientale e situazioni geoeconomiche che ne impedivano lo sviluppo. Nel XVIII secolo gli unici insediamenti si registrano in città fortificate come Cervia, Rimini e Cesenatico. Altri elementi che testimoniano il veloce avanzamento della linea di costa in questi secoli, sono le torri di guardia a difesa dalle incursioni piratesche erette nel XVII sec. lungo il litorale tra Ravenna e Cervia.

Solo un secolo più tardi, le 3 torri: Torraccia, Torre Bevano, Torre Lunarda perdono la loro funzione di guardia rimanendo semplici baluardi arenati sul litorale.

L'insediamento turistico della costa ravennate si svilupperà fortemente solo nel secondo dopoguerra in corrispondenza dello sviluppo industriale e della costruzione della viabilità litoranea: sorgeranno, Lido di Classe, Lido di Savio, Lido di Dante e Lido Adriano. In questa crescita dei nuovi centri balneari, si distaccano per la loro origine i centri di Punta Marina e di Casal Borsetti che hanno avuto uno sviluppo spontaneo e minuto.

Il primo è sorto come centro balneare all'inizio secolo sulla foce dell'antico corso dei Fiumi Uniti ed è riuscito a mantenere uno sviluppo urbano contenuto; Casal Borsetti sorgeva come centro abitato dei lavoratori delle bonifiche di colmata del Lamone.

PRINCIPALI ELEMENTI CARATTERIZZANTI

STRADE STORICHE:

- Via Antica Corriera;

STRADE PANORAMICHE:

- la strada comunale che collega Punta Marina a Marina di Ravenna;
- la strada comunale che collega Porto Corsini a Casal Borsetti;
- la SS. 67, tra la pineta litoranea e la Pialassa Piomboni in direzione di Marina di Ravenna;
- la Via delle Valli, strada provinciale n. 112 tra la Pialassa Baiona e il fiume Lamone;
- strada Romea nord, SS. 309, tracciata sull'antica Via Corriera nel tratto tra lo scolo Rivalone e il Fossatone

RETE IDROGRAFICA:

Sfociano nella costa ravennate i seguenti fiumi:

- fiume Reno;
- fiume Lamone;
- Fiumi Uniti;
- torrente Bevano;
- fiume Savio.

Rientrano nei corsi artificiali:

- Canale Destra Reno che sfocia in località Casal Borsetti;
- Canale portuale Candiano;
- Canale del Molino;

A completare il quadro idrografico di questo territorio vanno segnalate le seguenti aree umide:

- Pialassa della Baiona e pialassa dei Piomboni;
- Valle della canna;

- Bardello;
- Oasi di Punta Alberete;
- Ortazzo e Ortazzino.

DOSSI:

Nella zona della costa siamo in presenza di numerosi cordoni litoranei, il più rilevante è l'attuale dosso litoraneo. Nelle zone di costa i dossi fluviali tendono a scomparire lasciando il posto ai dossi litoranei dunosi, l'unico dosso fluviale che si rileva dalle isoipse in questa UP è l'ultimo tratto dell'antico percorso del Ronco. Troviamo diversi dossi litoranei, alcuni ancora in rilievo, che ci mostrano il variare della linea di costa, molti però non più visibili morfologicamente. Evidenti sono i dossi su cui sorgono le pinete di Classe e di S Vitale, altri più interni si individuano dalle foto aeree e dai tracciati delle strade. Inoltre troviamo localizzati in alcune zone, a foce Bevano, nel tratto di spiaggia da Porto Corsini a Casal Borsetti fino a Marina di Ravenna, cordoni dunosi ancora chiaramente dune di retrospiaggia.

L' intervento in progetto, realizzato a circa 150-200 m dall'attuale linea di riva, risulta adiacente se non dunque ricompreso nei seguenti ambiti e zone disciplinati dai seguenti articoli (Figura 2.5):

- Art. 3.12: Sistema costiero;
- Art. 3.15: Zone di tutela della costa e dell'arenile
- Art. 3.20 d): sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentale paesistica
- Art. 3.20 e): sistemi dunosi costieri di rilevanza idrogeologica.
- Art. 7.4: Parchi Regionali

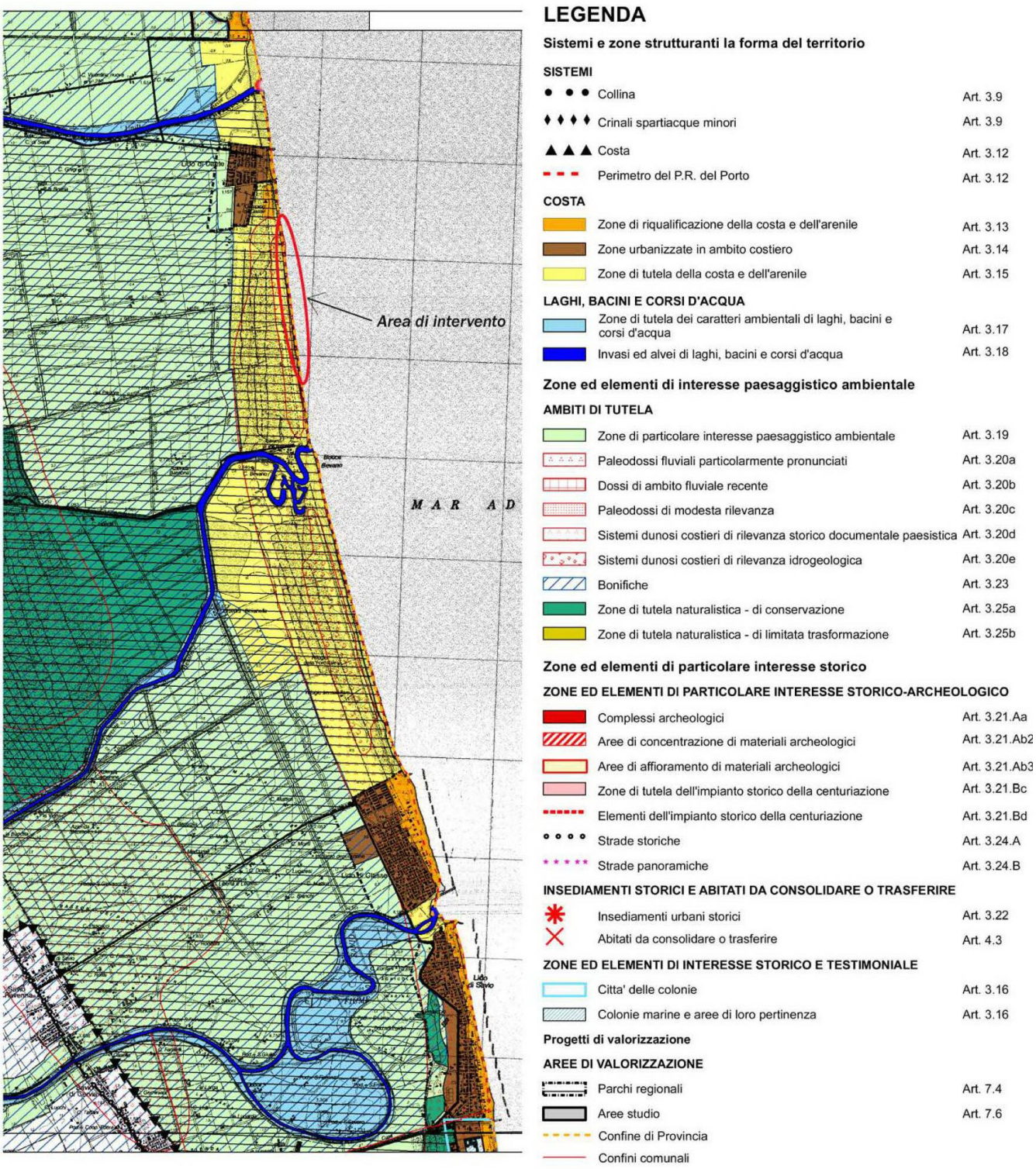


Figura 2.5 Stralcio Tavola tutela dei sistemi ambientali e delle risorse naturali e storico-culturali del PTCP con indicata l'area di intervento.

Art. 3.12 Sistema costiero

L'area d'intervento ricade nell'elenco dei sistemi, zone ed elementi di cui è necessario tutelare i caratteri strutturanti la forma del territorio, come "Sistema costiero" normato dall'art. 3.12 delle norme tecniche di attuazione del PTCP.

Il "**sistema costiero**" è l'insieme delle aree, naturali o interessate da interventi antropici, collocate ad est della prima linea di costa documentabile in epoca storica; in relazione al diverso livello di trasformazione antropica è suddiviso nell'Unità di paesaggio della costa nord e nell'Unità di paesaggio della costa sud.

Le disposizioni del presente articolo (3.12) sono finalizzate al mantenimento e alla ricostruzione delle componenti naturali ancora riconoscibili e all'individuazione degli elementi strutturanti del sistema ambientale locale in continuità con l'assetto ambientale dell'entroterra nonché alla ridefinizione del sistema insediativo costiero per il quale favorire il decongestionamento e il recupero di aree a verde e per servizi. In tutto il sistema costiero trovano applicazione gli indirizzi per la gestione integrata delle zone costiere (GIZC) di cui alla delibera del Consiglio Regionale 20 gennaio 2005 n. 645.

Si riportano di seguito alcuni stralci del suddetto articolo (art. 3.12 delle norme tecniche di attuazione del PTCP, comma 3a), h), i), comma 6d) in riferimento agli indirizzi connessi alla tipologia di progetto in esame.

3) Gli strumenti di pianificazione e/o programmazione settoriale e gli strumenti di pianificazione comunali, sono tenuti a promuovere il recupero e la riqualificazione dei territori ricompresi in detto sistema uniformandosi, in ragione delle rispettive specificità, agli indirizzi seguenti:

> *3 a): "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;"*
>
> *3 h): "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 allo scopo di migliorare le condizioni di ricambio d'acqua nelle zone di balneazione comprese tra la battigia e le esistenti scogliere artificiali. Gli interventi di difesa, già in fase di progetto, dovranno essere compatibili sia con le attività balneari che con la più generale sicurezza della fascia dei 300 metri di mare destinata alla balneazione;"*
>
> *3 i): "deve essere perseguito il mantenimento ed il recupero di un equilibrio naturale delle foci fluviali anche attraverso il trasferimento di opere incongrue e/o una diversa tipologia e conformazione delle opere di difesa costiera."*

6): Nell'ambito del sistema di cui al primo comma, fermo sempre restando il rispetto delle specifiche disposizioni dettate dal presente Piano per determinate zone ed elementi ricadenti entro la sua delimitazione, possono comunque essere previsti e consentiti:

6 d): "la realizzazione di infrastrutture tecniche di difesa del suolo, di canalizzazioni, di opere di difesa idraulica e simili, nonché le attività di esercizio e di manutenzione delle stesse;"

Art. 3.15 - Zone di tutela della costa e dell'arenile

Per le zone di tutela della costa e dell'arenile, tra i vari interventi previsti e/o consentiti è prevista anche, ai sensi del comma 2a), "la conservazione e/o il ripristino della conformazione naturale, con particolare riferimento all'apparato morfologico e vegetazionale della duna".

Art. 3.20 - Particolari disposizioni di tutela di specifici elementi: dossi di pianura e calanchi

I dossi di pianura, rappresentano morfostrutture che per rilevanza storico testimoniale e/o consistenza fisica costituiscono elementi di connotazione degli insediamenti storici e/o concorrono a definire la struttura planiziale sia come ambiti recenti di pertinenza fluviale sia come elementi di significativa rilevanza idraulica influenti il comportamento delle acque di esondazione. Nelle tavole contrassegnate dal numero 2 del Piano è riportato l'insieme dei dossi e delle dune costiere che, avendo diversa funzione e/o rilevanza vengono graficamente distinti in:

a) Paleodossi fluviali particolarmente pronunciati b) Dossi di ambito fluviale recente
b) Paleodossi di modesta rilevanza
c) Sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentale paesistica e) Sistemi dunosi costieri di rilevanza idrogeologica

L'area d'intervento è interessata dai seguenti sistemi dunosi:

Art. 3.20 d) sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentale paesistica

… In tali zone, fermo restando l'obbligo di salvaguardare la testimonianza storico-documentale e paesistica dell'elemento individuato, sono ammessi gli interventi pubblici e di interesse pubblico miranti alla conservazione e protezione dell'ambiente dall'avanzamento del cuneo salino.

Art. 3.20 e) sistemi dunosi costieri di rilevanza idrogeologica

Per i "sistemi dunosi costieri di rilevanza idrogeologica" di cui al punto e) del precedente secondo comma, le azioni di tutela da porre in essere da parte della pianificazione locale dovranno essere orientate ad evitare una ulteriore impermeabilizzazione del suolo, ovvero favorire anche attraverso interventi di deimpermeabilizzazione il mantenimento di un bilancio idrogeologico in pareggio; gli strumenti urbanistici generali dovranno contenere una specifica relazione di valutazione e bilancio riferita al complesso di tali aree. I Regolamenti edilizi Comunali dovranno prevedere idonee indicazioni per la esecuzione dei lavori ed indicazioni sulle tecnologie di riduzione della impermeabilizzazione per la edificazione in tali aree. In tali zone sono vietati movimentazioni di terreno, per qualsiasi fine eseguite, che portino alla modifica dell'andamento planoaltimetrico del sistema dunoso rilevabile sul Piano di campagna.

Art. 7.4 - Parchi regionali, riserve naturali e altre aree protette

… La perimetrazione e la disciplina in merito alla salvaguardia e valorizzazione nonché alle destinazioni e trasformazioni ammissibili del territorio compreso nei parchi regionali, nelle riserve naturali e nelle aree di riequilibrio ecologico, è stabilita dagli atti istitutivi e dai piani, programmi e regolamenti previsti dalle specifiche leggi che regolano la materia ancorché adottati ed in attesa di approvazione. Inoltre il P.T.C.P. recepisce, nei termini di cui all'art. 2.1, comma 3, i Piani Territoriali dei Parchi.

2.2.5 Descrizione di inquadramento ed estratti delle cartografie degli strumenti di pianificazione urbanistica comunali vigenti e delle relative norme tecniche che interessano i siti di intervento (PSC, RUE, piano arenile)

A livello comunale gli strumenti urbanistici vigenti comprendono:

PSC – PIANO STRUTTURALE COMUNALE

Il Piano Strutturale Comunale (PSC) è lo strumento di pianificazione urbanistica generale che deve essere predisposto dal Comune, con riguardo a tutto il proprio territorio, per delineare le scelte strategiche di assetto e sviluppo e per tutelare l'integrità fisica ed ambientale e l'identità culturale dello stesso. Il PSC non attribuisce in nessun caso potestà edificatoria alle aree né conferisce alle stesse una potenzialità edificatoria subordinata all'approvazione del POC ed ha efficacia conformativa del diritto di proprietà limitatamente all'apposizione dei vincoli e condizioni non aventi natura espropriativa.

RUE – REGOLAMENTO URBANISTICO EDILIZIO

Il Regolamento Urbanistico ed Edilizio (RUE) contiene le norme attinenti alle attività di costruzione, di trasformazione fisica e funzionale e di conservazione delle opere edilizie, ivi comprese le norme igieniche di interesse edilizio, nonché la disciplina degli elementi architettonici e urbanistici, degli spazi verdi e degli altri elementi che caratterizzano l'ambiente urbano.

POC – PIANO OPERATIVO COMUNALE

Il Piano Operativo Comunale (POC) è lo strumento urbanistico che individua e disciplina gli interventi di tutela e valorizzazione, di organizzazione e trasformazione del territorio da realizzare nell'arco temporale di cinque anni.

PUG – PIANO GENERALE URBANISTICO

Il 21.12.2017 è stata approvata la nuova legge urbanistica della Regione Emilia Romagna n. 24/2017 "Disciplina regionale sulla tutela e l'uso del territorio", entrata in vigore dal 1 gennaio 2018.Il PUG è lo strumento di

pianificazione che il Comune predispone, con riferimento a tutto il proprio territorio, per delineare le invarianze strutturali e le scelte strategiche di assetto e sviluppo urbano di propria competenza, orientate prioritariamente alla rigenerazione del territorio urbanizzato, alla riduzione del consumo di suolo e alla sostenibilità ambientale e territoriale degli usi e delle trasformazioni.

2.2.5.1 Piano strutturale comunale (PSC)

L'Amministrazione Comunale di Ravenna ha adottato il Piano Strutturale Comunale con Deliberazione del Consiglio Comunale No. 117/50258 del 23 giugno 2005, successivamente approvato con Deliberazione del Consiglio Comunale No. PV 25/2007 del 27 febbraio 2007. Il Piano Strutturale (PSC) è uno degli strumenti urbanistici comunali previsti dalla Legge Regionale No. 20 del 24 marzo 2000 "Disciplina Generale sulla Tutela e l'Uso del Territorio".

Le norme del PSC e i relativi elaborati, hanno per oggetto le trasformazioni fisiche e funzionali di rilevanza urbanistica, ambientale, paesistica dell'intero territorio comunale e costituiscono unitamente al POC e al RUE Variante Generale di PRG ai sensi della L. 1150/42 e sue integrazioni.

Gli elaborati che compongono il PSC sono:

- elaborati descrittivi, finalizzati ad illustrare in modo sintetico ed integrato l'insieme dei rapporti d'area vasta assunti a base del Piano, nonché le principali scelte del Piano;
- elaborati prescrittivi, che costituiscono il quadro di unione dei regimi normativi del territorio comunale e definiscono la disciplina strutturale dell'intero territorio comunale;
- elaborati gestionali, che riportano i vincoli e le discipline di settore sovraordinate, la rete ecologica e gli elementi di qualità del territorio.

Il PSC, con riferimento ai principali elementi di fragilità del territorio, ed in particolare del sistema costiero individua i seguenti vincoli:

- vincolo idrogeologico ai sensi del Regio Decreto No. 3267 del 30/01/1923;
- aree soggette ad ingressione marina;
- aree incendiate.

Si sottolinea inoltre che, così come il PTCP, anche il PSC di Ravenna è in linea con quanto prescritto dal PTPR.

La disciplina di PSC, di tipo classificatorio, prestazionale e parzialmente ricognitivo, non è direttamente applicabile, richiedendo ulteriori livelli di definizione nel RUE, per gli interventi diffusi e con basso grado di intensità e complessità della trasformazione di norma soggetti ad attuazione diretta e/o condizionata, e nel POC, per gli altri interventi di norma soggetti ad attuazione indiretta. La disciplina di PSC è dunque finalizzata a stabilire per ciascuna componente di Sistema e di Spazio, gli obiettivi prestazionali ed i campi di variazione delle previsioni. Le regole delle trasformazioni sono definitivamente disciplinate dal RUE o dal POC.

I contenuti dell'elaborato Spazi e Sistemi (PSC 3), congiunti con le Norme Tecniche di Attuazione, costituiscono la disciplina del PSC.

Il Piano Strutturale del Comune di Ravenna articola il territorio comunale in Sistemi e Spazi, ciascuno dei quali suddiviso in componenti:

Sistemi:

- Sistema paesaggistico ambientale;
- Sistema della mobilità;
- Sistema delle dotazioni territoriali.

Spazi:

- Spazio naturalistico;
- Spazio rurale;
- Spazio portuale;
- Spazio urbano.

Gli interventi in progetto ed in particolare in riferimento agli interventi a terra (Barriera a terra e Ripascimento) risultano ricompresi nel sistema paesaggistico ambientale e nello spazio naturalistico, come rappresentato nella Figura 2.6.

SISTEMA PAESAGGISTICO-AMBIENTALE

Il Sistema paesaggistico-ambientale e la relativa disciplina è articolato nelle famiglie di componenti individuate nell'elaborato PSC 3; l'intervento in progetto risulta interessato dalle seguenti componenti:

- Rete Ecologica (art. 30);
- Aree soggette ad ingressione marina (art. 31);
- Paesaggio (art.33).

Figura 2.6 Stralcio Tavola PSC Comune di Ravenna con indicata l'area di intervento.

Art. 30 Rete Ecologica

Data	Intervento	Documento	Pagina
16/04/2024	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)	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	51

1. Si definisce Rete ecologica comunale il sistema interconnesso delle componenti di alto valore naturalistico del territorio. La Rete ecologica è individuata nell'elaborato PSC 3, ed è finalizzata a mantenere la continuità strutturale e funzionale delle aree naturali, attraverso l'integrazione e il rafforzamento di dette componenti e i relativi habitat importanti per la vegetazione, per la fauna e per il paesaggio, e ripristinando la continuità ove compromessa dall'intervento antropico; ciò anche tramite operazioni di rimboschimento e riallagamento. È composta da: matrici primarie e secondarie e aree di integrazione (aree); connessioni primarie e secondarie (corridoi); stepping stone e gangli (elementi puntiformi).

2. Il Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE), a partire dalle componenti naturalistiche individuate nei diversi Sistemi e Spazi, precisa e disciplina l'articolazione della Rete ecologica. Sono matrici le aree a più forte naturalità e comprendono in generale: boschi, aree umide, arenili, ecc. Sono connessioni tra le matrici i corridoi ad alta naturalità come il reticolo idrografico compresa la vegetazione ripariale, elementi del territorio con particolare copertura vegetazionale, ecc. Sono elementi puntiformi le componenti isolate che comunque rivestono particolare importanza per la nidificazione.

Art. 31 Aree soggette ad ingressione marina

La disciplina delle Aree soggette ad ingressione marina è finalizzata alla riduzione dei relativi rischi. Gli interventi ammessi sono definiti dal RUE che terrà conto degli indirizzi del GIZC e degli altri piani di settore, con possibilità di modifica al variare dei contenuti di piano di settore.

Art. 33 Paesaggio

2. In riferimento alle caratteristiche specifiche dei contesti paesistici interessati, la definizione progettuale delle trasformazioni promosse dal PSC sarà mirata a:

a) mantenimento e miglioramento delle componenti significative e delle loro reciproche relazioni, ottimizzandone la percezione;

b) riqualificazione delle situazioni di degrado e ridefinizione delle relazioni fisiche e/o percettive tra componenti significative esistenti e di nuova realizzazione;

c) introduzione di nuove componenti significative e di nuove relazioni fisiche e/o percettive capaci di arricchire e caratterizzare i contesti di appartenenza.

3. Il PSC individua, nell'elaborato PSC 3, i Contesti paesistici d'area vasta, al fine di evidenziare le componenti significative che li costituiscono e le relazioni reciproche che le legano; tali contesti costituiscono il riferimento rispetto al quale verificare e valutare le trasformazioni di maggiore dimensione e rilevanza. I medesimi contesti sono articolati, in sede di RUE, in Contesti paesistici locali per la verifica e la valutazione delle trasformazioni diffuse.

Nella Tavola di PSC 2.3. Sistema paesaggistico-ambientale l'area di progetto risulta identificata nel Contesto paesistico d'area vasta n. "7, la fascia costiera Sud-Classe"

SPAZIO NATURALISTICO

Per lo Spazio naturalistico il Piano Regolatore Generale (PRG) ha la finalità di conservare il patrimonio naturalistico e di biodiversità e di conservare e valorizzare eventuali elementi del patrimonio storico-culturale in esso presenti, dando attuazione anche agli obiettivi e alle finalità dettate dal Piano di stazione del Delta del Po e dalla normativa delle zone SIC/ZSC e ZPS che definiscono habitat e specie faunistiche e vegetali di interesse comunitario. Ciò attraverso interventi di controllo e riduzione dei fattori che incidono negativamente sulla qualità dei siti (impatti di attività antropiche) nonché interventi di ampliamento degli spazi naturali e di riduzione della loro frammentazione.

Per lo Spazio naturalistico e la relativa disciplina articolata nelle famiglie di componenti individuate nell'elaborato PSC 3, l'intervento in progetto risulta interessato dalle seguenti componenti:

- Arenile naturale (art. 67)

Art. 67 Arenile naturale

1. Le parti di territorio classificate come Arenile naturale sono individuate nell'elaborato PSC.3. Il PSC individua, come prestazioni caratterizzanti della zona, quelle relative all'integrale tutela in ogni suo aspetto, con particolare riferimento agli assetti vegetazionali delle dune attive.

2. In tali zone gli interventi, finalizzati ad eliminare eventuali detrattori ambientali o a prevenire e ridurre l'impatto antropico sul sistema dunoso, sono disciplinati dal Piano di Stazione e/o dal Piano dell'Arenile.

VINCOLI

Il territorio di Ravenna risulta soggetto in larga parte a vincoli di tutela volti, da un lato, a preservare le notevoli bellezze di carattere ambientale e paesaggistico, dall'altro, a regolare l'attività antropica in relazione alle fragilità del territorio stesso, con particolare riguardo alle zone costiere, ciò in correlazione con la strumentazione urbanistica. Costituiscono vincoli sovraordinati alla pianificazione comunale le norme legislative e regolamentari vigenti, con particolare riferimento ai Piani sovracomunali (PTCP, Piani di Stazione del Parco del Delta del Po, Piani di Bacino) e alle tematiche indicate negli elaborati gestionali derivati dal quadro conoscitivo di cui all'art. 8 delle norme tecniche d'attuazione del PSC.

I vincoli sovraordinati di carattere paesaggistico-ambientale sono mappati nelle carte gestionali G1.1, G1.2, G1.3, normati dall'art. 26 delle norme tecniche d'attuazione del PSC e interessano le categorie di tutela descritte ai successivi commi, di cui si riportano alcuni stralci.

L'elaborato G1.1 "Aree soggette a vincolo paesaggistico" costituisce la ricognizione delle aree vincolate ai sensi dell'art. 46 della L.R.31/2002, e stabilisce secondo i criteri indicati dalla legge stessa le aree per le quali si applica la procedura di autorizzazione paesaggistica (Figura 2.7).

Figura 2.7 Estratto PSC: Tavola G.1.1 – Aree soggette a vincolo paesaggistico con indicata l'area di intervento.

L'area interessata dal progetto, in merito all'elaborato G.1.2 – Carta dei vincoli paesaggistici vigenti, è interessata dai seguenti vincoli (Figura 2.8):

"Beni paesaggistici di notevole interesse pubblico", ambiti tutelati ai sensi dell'art.136 del Decreto legislativo 22 gennaio 2004 n.42 "Codice dei beni culturali e del paesaggio", nello specifico, per l'area interessata dal progetto, sulla base del Decreto ministeriale 1° gennaio 1976 "Zona paesistica tra Savio e i Fiumi Uniti";

"Territori costieri" ovvero territori compresi in una fascia di profondità di 300 metri dalla linea di battigia;

Figura 2.8 Estratto PSC: Tavola G.1.2 – Carta dei vincoli paesaggistici vigenti con indicata l'area di intervento.

Figura 2.9 Estratto PSC: Tavola G.1.3 – Carta dei vincoli ambientali vigenti con indicata l'area di intervento.

L'area interessata dal progetto, in merito all'elaborato G.1.3 – Carta dei vincoli ambientali vigenti, è interessata dai seguenti vincoli (Figura 2.9):

"Piano territoriale del Parco del Delta del Po", la Carta Gestionale G1.3 riporta il perimetro delle tre "Stazioni" del Parco ricadenti nel territorio comunale ai sensi della L.R.27/88. Esse sono: "Stazione Valli di Comacchio", "Stazione Pineta S.Vitale e Pialassa di Ravenna", "Stazione Pineta di Classe e Saline di Cervia". All'interno di esse sono inoltre riportati le zone di Parco. All'interno dei perimetri suddetti gli interventi sono subordinati alla disciplina d'uso e di intervento definita dai Piani territoriali di stazione e dalle specifiche previsioni di PSC, POC e/o RUE;

Riserve Naturali dello Stato, di competenza del Ministero delle Politiche Agricole Alimentari e Forestali, Corpo Forestale dello Stato – Ufficio per la Biodiversità., sulla base dei seguenti decreti:

- DM 13.07.1977 Riserva Naturale dello Stato Pineta di Ravenna;

- DM 05.06.1979 Riserva Naturale Orientata Duna costiera Ravennate e Foce Torrente Bevano;

"Zone SIC – Siti di importanza comunitaria e ZPS – Zone di protezione speciale", ambiti di conservazione degli habitat naturali e seminaturali e della flora e della fauna selvatiche in applicazione alla direttiva 92/43/CEE "Habitat": Tali ambiti di tutela interessano larga parte del territorio comunale, spesso sovrapponendosi, perlopiù ricompreso nelle Stazioni del Parco del Delta. Gli interventi urbanistici ed edilizi in tali aree sono subordinati alla redazione di una Valutazione di Incidenza da redigersi in base alle disposizioni dell'allegato G all'art.5, comma 4 del DPR 357/97 e sue modifiche ed integrazioni;

2.2.5.2 Regolamento Urbanistico Edilizio (RUE)

Con il RUE il processo di piano giunge alla definizione della disciplina urbanistica generale e di quelle parti del territorio e dell'insediamento nelle quali le trasformazioni di uso del suolo e di assetto edilizio necessarie, utili e previste dal piano, sono di relativa consistenza ed intensità. Il RUE assume, a tutti gli effetti, la struttura del PSC specificandone però i contenuti, in particolare quelli cui il PSC ha esplicitamente rinviato al RUE stesso.

Le norme e tecniche di attuazione al RUE adottate il 03/07/08 con Delibera di CC. No.64552/102 e approvate il 28/07/09 con Delibera di CC. No.77035/133, sono state modificate con Delibera di Consiglio Comunale No. 23970/37 del 10/03/2011.

Le trasformazioni più complesse, da attuarsi tramite modalità indirette, sono, a norma di legge, rinviate dal PSC alla pianificazione operativa e cioè ai POC, ma pur sempre in coerenza e in prosecuzione con gli obiettivi che l'amministrazione si è posta nel sostenere le scelte di PSC.

I principali contenuti del RUE riguardano la definizione della disciplina generale urbanistica delle diverse componenti degli Spazi e Sistemi ("Sistema Paesaggistico-Ambientale", "Sistema della Mobilità", "Sistema delle Dotazioni", "Spazio Naturalistico", "Spazio Rurale", "Spazio Urbano", "Spazio Portuale") individuate dal PSC e per le quali il PSC stesso ha fissato obiettivi e campi di variazione delle principali grandezze urbanistiche. Per tale ragione gli obiettivi del RUE sono gli stessi precedentemente definiti nel PSC.

Gli interventi in progetto ed in particolare in riferimento agli interventi a terra risultano ricompresi nel sistema paesaggistico ambientale e nello spazio naturalistico, come rappresentato nella Figura 2.10.

SPAZIO NATURALISTICO

Per lo Spazio naturalistico e la relativa disciplina articolata nelle famiglie di componenti individuate nell'elaborato RUE 2, l'intervento in progetto risulta interessato dalle seguenti componenti:

- ambiti e componenti soggetti a POC (art. 3);
- arenile naturale (art.III.12).

Art. 3 ambiti e componenti soggetti a POC

1. Nelle tavole di piano e in Legenda sono riportati le componenti che il PSC rinvia al POC. Dette componenti, in riferimento allo Spazio o al Sistema di appartenenza, sono elencate nei commi che seguono.

2. Ricade nello Spazio naturalistico: Piano dell'arenile.

10. Le componenti individuate in sede di RUE ricadenti in aree/ambiti soggetti a POC per PSC possono essere ridisciplinate in sede di POC.

11. Per ambiti e aree oggetto di POC, la disciplina relativa alla rete ecologica potrà essere precisata e integrata dal POC stesso, in relazione a particolari situazioni dello stato di fatto o a scelte progettuali di riqualificazione ambientale.

Figura 2.10 Estratto Tavola RUE 2 con indicata l'area di intervento.

Art.III.12 arenile naturale

1. L'Arenile naturale individuato nelle tavole RUE 2, è costituito dai tratti di arenile non attrezzati a fini balneari in cui l'ambiente è integralmente tutelato in ogni suo aspetto, con particolare riferimento agli assetti vegetazionali delle dune attive.

2. In tali aree sono consentiti con le finalità di cui al c1 i seguenti interventi di cui all'art. I.7:

- *Ripristino Ambientale Naturalistico (RAN);*
- *Mitigazione dell'Impatto Ambientale (MIA);*
- *Attività di Manutenzione Ordinaria (MO) e Straordinaria (MS) direttamente finalizzate alla tutela ed al miglioramento dell'assetto naturalistico e del paesaggio;*
- *Demolizione (D) degli immobili posti sulle formazioni dunose;*
- *Realizzazione di interventi finalizzati a prevenire e ridurre l'impatto antropico sul sistema dunoso, quali passerelle in legno, recinzioni, apposizione di cartelli indicatori, purché realizzati con materiali naturali e tecniche di ingegneria naturalistica;*
- *Difesa dei tratti critici della costa mediante ripascimenti e/o ricostruzione del sistema dunoso.*

3. Sono inoltre consentiti in tali aree gli interventi previsti dal POC "PIANO DELL'ARENILE" e la manutenzione (MO) e (MS) e/o realizzazione di opere finalizzate alla protezione e difesa del territorio dalle mareggiate e dall'ingressione marina.

SISTEMA PAESISTICO AMBIENTALE

Il Sistema paesaggistico-ambientale e la relativa disciplina è articolato nelle famiglie di componenti individuate nell'elaborato RUE 2; l'intervento in progetto risulta interessato dalle seguenti componenti:

- Articolazione delle componenti della Rete ecologica, Componenti di Primo livello, matrice primaria (art. II.3, II.4 c.1);
- stazioni del Parco regionale del Delta del Po (art. II.18 c.2);
- contesti paesistici locali (art. II.7);
- aree soggette ad ingressione marina (art. II 18 c.5);
- dossi e paleodossi (Art. II.18 c. 6);

Art. II.3 Articolazione delle componenti della Rete ecologica

1.1. Il RUE nelle tavole RUE 2, RUE 3, RUE 4, individua le aree e gli elementi costituenti la rete ecologica di cui all'art. 30 del PSC articolandola in due livelli di componenti:

a) Primo livello
b) Secondo livello

Le aree interessate da previsioni di componenti di progetto della rete ecologica dovranno essere attuate nel rispetto di quanto definito nell'Allegato D) costituente parte integrante e sostanziale alle norme stesse, denominato I QUADERNI DEL RUE "Rete ecologica: abaco degli interventi tipo" e in relazione alle disposizioni di cui al Capo 7°del Titolo I.

2. Le componenti del Primo livello di cui al punto a) del precedente c1 sono:

- *Matrice primaria*
- *Connessioni primarie*
- *Aree di integrazione della rete ecologica*
- *Gangli primari*

Art. II. 4 c.1 Componenti di Primo livello, matrice primaria

1. Sono classificate come Matrice primaria le aree che costituiscono l'ossatura della rete ecologica. Esse sono aree naturali di grandi dimensioni e/o di alto valore funzionale e qualitativo ai fini del mantenimento della vitalità delle popolazioni floro-faunistiche. Tali aree sono ricomprese all'interno dei perimetri delle Stazioni del Parco Regionale Delta del Po e sono costituite da boschi, associati a cespuglieti e radure, quali le pinete di S.Vitale e di Classe e da zone umide salmastre o d'acqua dolce quali le Valli di Comacchio, Valle Mandriole, Pialassa Baiona, Ortazzo ed Ortazzino, associate o meno a boschi e praterie quali Tenuta San Clemente di Primaro, Bardello, Punte Alberete.

2. In tali aree gli interventi devono essere volti esclusivamente alla conservazione e al miglioramento ambientale nel rispetto di quanto previsto dai Piani Territoriali di Stazione.

Art. II.18 c.2 , stazioni del Parco regionale del Delta del Po

2. Il RUE individua nelle tavole RUE 2 con apposito perimetro le Stazioni del Parco Regionale del Delta del Po ricadenti nel territorio comunale, ai sensi della L.R. n.27 del 2.7.88 (istituzione del Parco Regionale del Delta del Po), congruentemente al Piano Territoriale del Parco Regionale del Delta del Po, che costituisce stralcio del PTCP. Tali Stazioni sono: "Stazione Valli di Comacchio", "Stazione Pineta di S. Vitale e Pialasse di Ravenna", "Stazione Pineta di Classe e Saline di Cervia". La perimetrazione dei Piani di Stazione riportata nelle tavole RUE è quella dei piani adottati e/o approvati. Le modifiche a questi perimetri, eventualmente conseguenti all'approvazione dei piani stessi, in quanto strumenti sovraordinati per legge, sono recepite dal RUE, previo provvedimento dirigenziale. All'interno dei perimetri suddetti, gli interventi sono subordinati alla disciplina d'uso e di intervento definita dai Piani territoriali di Stazione e ove richiamato, dal RUE e/o dal POC.

Art. II.7 contesti paesistici locali

1. Il RUE definisce i Contesti paesistici locali al fine di promuovere la qualificazione del paesaggio mediante una disciplina di attenzione per l'inserimento paesaggistico degli interventi diffusi nel territorio. Negli elaborati RUE 7 Guida all'inserimento degli interventi nel paesaggio, sono individuati, anche cartograficamente, i "segni", positivi e negativi, che caratterizzano i singoli Contesti paesistici locali, per i quali sono fissati gli obiettivi paesaggistici da

perseguire nelle trasformazioni. La progettazione e la realizzazione degli interventi relativi a tutte le componenti dei Sistemi e degli Spazi devono mirare a qualificare, valorizzare, eliminare e/o ridurre eventuali detrattori e/o situazioni di ostacolo alla percezione, favorire la fruizione e la percezione dei "segni" del paesaggio ravennate e delle loro reciproche combinazioni, secondo la disciplina paesaggistica stabilita al Titolo I Capo 7°.

2. Qualora gli interventi di cui al precedente comma interessino, in tutto o in parte, componenti costituenti Emergenze e reti del paesaggio, a dette componenti o parti di componente si applicano congiuntamente le discipline derivanti dagli elaborati RUE 7 Guida all'inserimento paesaggistico degli interventi, di cui al Titolo I Capo 7° delle presenti norme, e dal seguen te art. II.8.

Art. II 18 c.5 aree soggette ad ingressione marina

Il RUE individua con apposito perimetro nelle tavole RUE 2 e nella tavola RUE 3.2 (Città a conservazione morfologica: Marina di Ravenna) le Aree soggette ad ingressione marina, al fine di prevenire possibili allagamenti e introdurre opportune misure di sicurezza. Il RUE per dette aree disciplina con una serie di prescrizioni volte per o più alla disciplina strettamente edilizia ad eccezione del punto e) sotto riportato:

e) Le opere da realizzarsi sull'arenile sono disciplinate dal Piano dell'Arenile. Le opere di banchina e/o portuali da realizzarsi nello Spazio portuale sono assoggettate alla disciplina del Piano regolatore del porto e relative disposizioni tecniche da applicarsi da parte dell'autorità competente (Autorità Portuale).

Art. II.18 c. 6 dossi e paleodossi

6. Il RUE nelle tavole RUE 2 individua quali Dossi e paleodossi l'insieme dei dossi di pianura e delle dune costiere, come definiti all'art. 3.20 del punto 1 del PTCP, e in riferimento alla seguente classificazione di cui all'elaborato gestionale del PSC G.1.4 "Carta dei vincoli e disciplina sovraordinata" li articola in:

- *Paleodossi fluviali particolarmente pronunciati;*
- *Dossi di ambito fluviale recente (in cui sono compresi i "paleodossi di modesta rilevanza" di cui all'art. 3.20 del PTCP);*
- *Sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentale paesistica;*
- *Sistemi dunosi costieri di rilevanza idrogeologica:*

a) I dossi e i sistemi dunosi individuati nelle tavole RUE 2 sono sottoposti in relazione alle Direttive nazionali e comunitarie:

1) alla disciplina di tutela ed agli indirizzi di cui all'art. 3.20 del PTCP per le porzioni interessate

2) alla disciplina dei Piani di Stazione del Parco Delta del Po

3) alla disciplina del Piano dell'Arenile in adempienza alla L.R. 9/2002

4) alle indicazioni dell'elaborato RUE 7: "Guida all'inserimento degli interventi nel paesaggio"

Gli interventi ammessi dal RUE nei paleodossi di classe a) e b) di cui all'art. 3.20 c2 del PTCP sono sottoposti alla disciplina di cui al punto 4 D dello stesso art.3.20 del PTCP.

Oltre a quanto previsto al punto 5 D dell'art. 3.20 del PTCP, gli interventi effettuati all'interno dei paleodossi di classe a) e b) con esclusione di quelli ricadenti in aree della Città consolidata o in via di consolidamento, fermo restando che per la Città di nuovo impianto e/o da riqualificare il POC dovrà dettare specifica disciplina, devono seguire le seguenti prescrizioni:

- non possono essere effettuati sbancamenti neanche parziali (salvo in caso di messa in sicurezza idraulica previo nulla osta degli enti competenti) né ricariche modificando le quote esistenti

- gli interventi di ampliamento e nuova costruzione, qualora ammessi dalle specifiche norme di componente, dovranno rispettare l'assetto planialtimetrico esistente, privilegiando gli ampliamenti in sopraelevazione e prevedendo gli interrati solo se ammessi dalla disciplina dei Piani di Bacino e realizzati in modo tale da prevenire pericoli di allagamento

- negli interventi relativi ad aree scoperte dovrà essere privilegiato l'uso di pavimentazioni permeabili, che consentono lo smaltimento diretto al suolo delle acque piovane, al fine di garantire una significativa funzionalità residua della struttura tutelata nei termini di contributo alla ricarica delle eventuali falde di pianura

- le attività produttive di tipo artigianale o industriale dovranno garantire la qualità e la protezione della risorsa idrica; a questo fine la previsione di nuove attività o l'ampliamento di quelle esistenti dovranno essere corredate da apposite indagini e relative prescrizioni attuative che garantiscano la protezione della risorsa idrica

- non sono ammesse le attività estrattive; sono ammesse migliorie fondiarie qualora mantengano o ricostituiscano la morfologia fisica del territorio e non ne alterino la percettività; tali interventi sono subordinati ai criteri e prescrizioni di inserimento paesaggistico di cui all'elaborato RUE 7.

In riferimento al punto 7D dell'art. 3.20 del PTCP, i progetti devono essere supportati da apposite analisi e sono oggetto di valutazione di inserimento paesaggistico ai sensi dell'art. I.27. Sono inoltre vietati gli interventi di cui al punto 8P e 8 bis dell'art. 3.20 del PTCP salve le previsioni e i progetti di cui al punto 9P dello stesso articolo.

b) Per quanto concerne i Sistemi dunosi costieri di rilevanza idrogeologica gli interventi devono essere effettuati in conformità a quanto previsto al punto 10D dell'art. 3.20 del PTCP, e nel rispetto delle seguenti prescrizioni:

- sono vietate le movimentazioni di terreno, eseguite per qualsiasi fine, che portino alla modifica dell'andamento planoaltimetrico del sistema dunoso rilevabile sul piano di campagna; fanno eccezione le movimentazioni finalizzate alla ricostruzione del cordone dunoso litoraneo;

- per gli eventuali interventi ammessi dovranno essere privilegiati materiali ecocompatibili e strutture permeabili ed amovibili;

- dovranno essere rimosse le strutture che risultino incompatibili sia per posizione che per caratteristiche strutturali e funzionali;

- dovranno essere favorite le piantumazioni di specie erbacee ed arbustive autoctone atte a favorire la ricostruzione del sistema dunoso;

- nel rispetto delle prescrizioni sopraccitate potranno essere attrezzati percorsi che favoriscono la fruizione e valorizzazione del sistema dunoso.

c) Per quanto concerne i Sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentaria paesistica gli interventi devono essere effettuati in conformità a quanto previsto al punto 11(P) dell'art. 3.20 del PTCP e per la parte ricadente nel Piano dell'Arenile, da esso disciplinati.

2.2.5.3 Piano dell'arenile

Il "Piano dell'Arenile è attuativo del PSC vigente e del quale costituisce RUE ai sensi della L.R. n.9/2002. Il Piano dell'Arenile si inserisce in un quadro normativo articolato, di natura prevalentemente conservativa e di valorizzazione delle risorse ambientali. Le Direttive Europee che interessano il Piano dell'Arenile sono la Direttiva "Habitat" n. 92/43/CEE, e la Direttiva "Uccelli" n. 79/409/CEE.

Sono individuate nel Piano le perimetrazioni delle aree SIC e ZPS individuate dalla Rete Natura 2000 e previste dalla Direttiva n.92/43/CEE, fra cui l'area Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano - IT4070009 - SIC –ZPS. In tali aree il Piano dell'Arenile recepisce gli obiettivi della Direttive CEE e promuove la conservazione, la valorizzazione e la gestione di tali patrimoni come indicato nelle successive Direttive della L.R. n.9/2002.

Sono individuate nel Piano le perimetrazioni delle aree SIC (Siti di importanza Comunitaria) e delle aree ZPS (Zone di Protezione Speciale) individuate dalla Rete Natura 2000 e previste dalla Direttiva n.92/43/CEE.

a) Valli di Comacchio IT4060002 – SIC/ZSC - ZPS
b) Vene di Bellocchio, Sacca di Bellocchio, Foce del Fiume Reno, Pineta di Bellocchio - IT4060003 – SIC/ZSC - ZPS
c) Pialasse Baiona, Risega e Pontazzo - IT4070004 - SIC/ZSC - ZPS
d) Pineta di Casalborsetti, Pineta Staggioni, Duna di Porto Corsini - IT4070004 - SIC/ZSC
e) Pialassa dei Piomboni, Pineta di Punta Marina IT4070006 - SIC/ZSC
f) Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano - IT4070009 - SIC/ZSC -ZPS
g) Pineta di Cervia IT4070008 – SIC/ZSC

In tali aree il Piano dell'Arenile recepisce gli obiettivi della Direttive CEE e promuove la conservazione, la valorizzazione e la gestione di tali patrimoni come indicato nelle successive Direttive della L.R. n.9/2002.

Il Progetto GIZC definisce le linee guida perché gli Enti Locali costieri orientino i propri strumenti di governo del territorio verso obiettivi comuni e armonizzati tra loro.

Il Progetto GIZC, le cui linee guida sottolineano la fragilità del "sistema spiaggia", suggerendo comportamenti ed azioni ai fini della formazione dei Piani dell'Arenile, è stato approvato dal C.C. in data 15/10/2007.

Legge Regionale n. 27/1988 "Istituzione del Parco del Delta del Po" Fanno parte del Piano dell'Arenile le porzioni di territorio comprese nei perimetri dei seguenti Piani Territoriali di Stazione del Parco del Delta del Po dell'Emilia-Romagna: "Stazione Valli di Comacchio", "Stazione Pineta San Vitale e Piallasse di Ravenna", "Stazione Pineta di Classe e Saline di Cervia"

Legge Regionale n.9/2002 "Disciplina dell'esercizio delle funzioni amministrative in materia di Demanio Marittimo e di zone di mare territoriale" e relative "Direttive".

La L.R. n. 9/2002 disciplina, l'esercizio delle funzioni amministrative connesse alla gestione del Demanio Marittimo e di zone del mare territoriale conferite alle Regioni dal D.Lgs. 31 marzo 1998, n. 112 e successive modificazioni.

In base a questa legge regionale l'utilizzazione delle aree demaniali marittime deve garantire la conservazione e la valorizzazione dell'integrità fisica e patrimoniale del bene pubblico oggetto dell'uso e deve pertanto essere esercita in coerenza con criteri ed interventi finalizzati al ripristino del litorale delle singole unità fisiografiche.

Il Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) è parte del Piano Territoriale Regionale (PTR) e rappresenta il riferimento centrale della pianificazione e della programmazione regionale dettando regole e obiettivi per la conservazione dei paesaggi regionali. All'interno del PTPR vengono individuate delle Unità di Paesaggio: l'arenile di Ravenna è inserito nella unità di paesaggio "Costa Nord", che comprende per la tutela dell'identità culturale del territorio alcune specifiche zone:

a) "Zona di riqualificazione della costa e dell'arenile",
b) "Zone di salvaguardia della morfologia costiera",
c) "Zona di tutela della costa e dell'arenile"

I contenuti del Piano territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) riguardano compiti in materia di pianificazione e gestione del territorio attribuiti alla Provincia dalla legislazione nazionale (L. n. 142/1990) unitamente ai compiti provinciali previsti nella stessa materia dalla legislazione regionale ed agli adempimenti richiesti dal Piano Territoriale Regionale (PTR), dal Piano Territoriale Paesistico Regionale (PTPR) dai Piani di Settore Regionali.

Il PTCP individua il "Sistema costiero" di cui l'arenile di Ravenna è parte integrante: Il Piano dell'Arenile, pertanto, recepisce le norme riguardanti prescrizioni, direttive ed indirizzi individuati dagli Art. 3.12; 3.13; 3.14 e 3.15. del PTCP.

Il Piano Strutturale Comunale (PSC) individua l'arenile al Titolo III art. 62 tra le componenti dello Spazio naturalistico, definisce le prestazioni dell'Arenile naturale art. 67 e le prestazioni per l'Arenile attrezzato (con o senza dune) art. 68.

Il vigente POC - Piano dell'arenile 2015 è stato redatto a seguito della decorrenza del termine di validità quinquennale del precedente primo POC – Piano dell'Arenile 2009[6], ed è stato adottato il 16/07/2015 con Delibera di CC. n. 99757/76, confermando finalità e obiettivi del piano precedente.

Finalità e obiettivi

1. La disciplina urbanistica ed edilizia del Piano dell'Arenile è finalizzata a:

a) Perseguire la tutela ambientale ed in particolare delle dune, favorendone la loro salvaguardia e ricostruzione perseguendone la continuità oltre a una fruizione controllata e regolamentata;
b) Promuovere e incentivare la riqualificazione ambientale e promuovere la riqualificazione delle aree individuate dalle Direttive della L. R. 9/2002;
c) Individuare indirizzi per il miglioramento della qualità insediativa e strutturale degli stabilimenti balneari e delle altre strutture per l'erogazione dei servizi e/o per lo svolgimento delle attività compatibili;
d) Garantire la continuità fra arenile, cordone dunoso, corridoio ecologico boscoso, migliorando l'accessibilità delle aree demaniali marittime;
e) Favorire l'innovazione e la diversificazione dell'offerta turistica, favorendo la riconoscibilità dei caratteri distintivi locali;
f) Regolare le diverse attività e complementarità tra le stesse;
g) Migliorare le prestazioni energetiche e la sostenibilità ambientale, promuovendo costruzioni bioclimatiche o comunque realizzate con tecnologie alternative e la diffusione della bio-architettura, sia per l'esistente che per i nuovi interventi;
h) Promuovere la sostituzione dell'esistente, introducendo incentivazioni per investimenti sostenibili e di qualità;

2. Il Piano dell'Arenile, alla luce delle finalità di cui sopra, persegue i seguenti obiettivi:

a) Non aggravio della consistenza in termini di superfici coperte, degli insediamenti sull'arenile con finalità turistico ricreative;
b) Sostituzione delle strutture realizzate con tecnologie di prefabbricazione in c.a. esistenti sull'arenile con strutture realizzate con materiali e tecnologie innovative a basso impatto ambientale;
c) Sostituzione delle fonti energetiche tradizionali, con fonti energetiche rinnovabili e risparmio energetico;
d) Disponibilità di aree per lo svolgimento di attività nuove legate all 'uso del mare e della spiaggia;
e) Destagionalizzazione delle strutture per un'offerta turistica maggiormente flessibile, possibilità di nuove concessioni demaniali e/o di ampliamento delle concessioni esistenti fronte mare;
f) Garantire superfici operative congrue ad un'offerta turistica di qualità;

[6] I piani sono in continua evoluzione secondo la loro naturale scadenza, anche a seguito di proroghe. Il 2° e vigente POC è stato adottato con Delibera di C.C. N. 182544/105 del 31/10/2017 e successivamente modificato con Delibera di C.C. n. 222674/155 del 11/12/2018.

g) Creazione delle condizioni per la ricostituzione delle dune e per la risoluzione di temi di valenza paesaggistico ambientale;
h) Definizione della superficie indispensabile per l'erogazione di servizi con standard qualitativo adeguato in relazione alle diverse caratteristiche insediative delle località balneari e conseguente percorso attuativo.

Contenuti del Piano dell'Arenile

1.Il Piano ha i contenuti previsti dalla Legge Regionale n.9/2002 e dalle relative Direttive; contiene quindi la disciplina in ordine a:

a) Nuove concessioni;
b) Unità minime d'intervento, finalizzate allo sviluppo delle attività compatibili con la tutela e la conservazione dell'ambiente;
c) Spiagge libere, e loro quantificazione, a seguito dell'analisi dello stato di fatto; individuazione della loro ubicazione; individuazione di eventuali cordoni dunosi ed elementi isolati di rilevante valenza ambientale e delle modalità per una loro eventuale riprogettazione.
d) Accessibilità e viabilità pedonale o ciclabile con particolare riferimento alla normativa sull'eliminazione delle barriere architettoniche;
e) Limite delle concessioni demaniali marittime per l'intero territorio comunale, individuazione e regolamentazione delle Aree marginali o degradate e/o retrostanti;
f) Stabilimenti balneari (T.4) le cui norme di riferimento finalizzate all'attivazione di processi di forte riqualificazione;
g) Incentivazione di progetti di rinaturalizzazione degli stabilimenti balneari con la sostituzione delle strutture fisse esistenti con Strutture Precarie (Sp) o comunque a basso impatto ambientale
h) Allestimento delle attrezzature in precario temporanee – definite Aree Polivalenti (Spr16) modificabili mediante semplice comunicazione.
i) Individuazione delle aree ad elevato valore naturalistico destinate alla conservazione degli habitat e delle specie costiere, con particolare riferimento alle aree SIC e ZPS e ai Taxa protetti dalle direttive n.79/49/CEE e n.92/43/CEE (D.P.R n.357/1997), e le modalità di gestione e valorizzazione.

L'intervento in progetto risulta ricompreso nello spazio naturalistico e nello specifico nelle componenti idrogeomorfologiche-vegetazionali dell'intorno nord della Foce del Bevano (Figura 2.11, Figura 2.12, Figura 2.13).

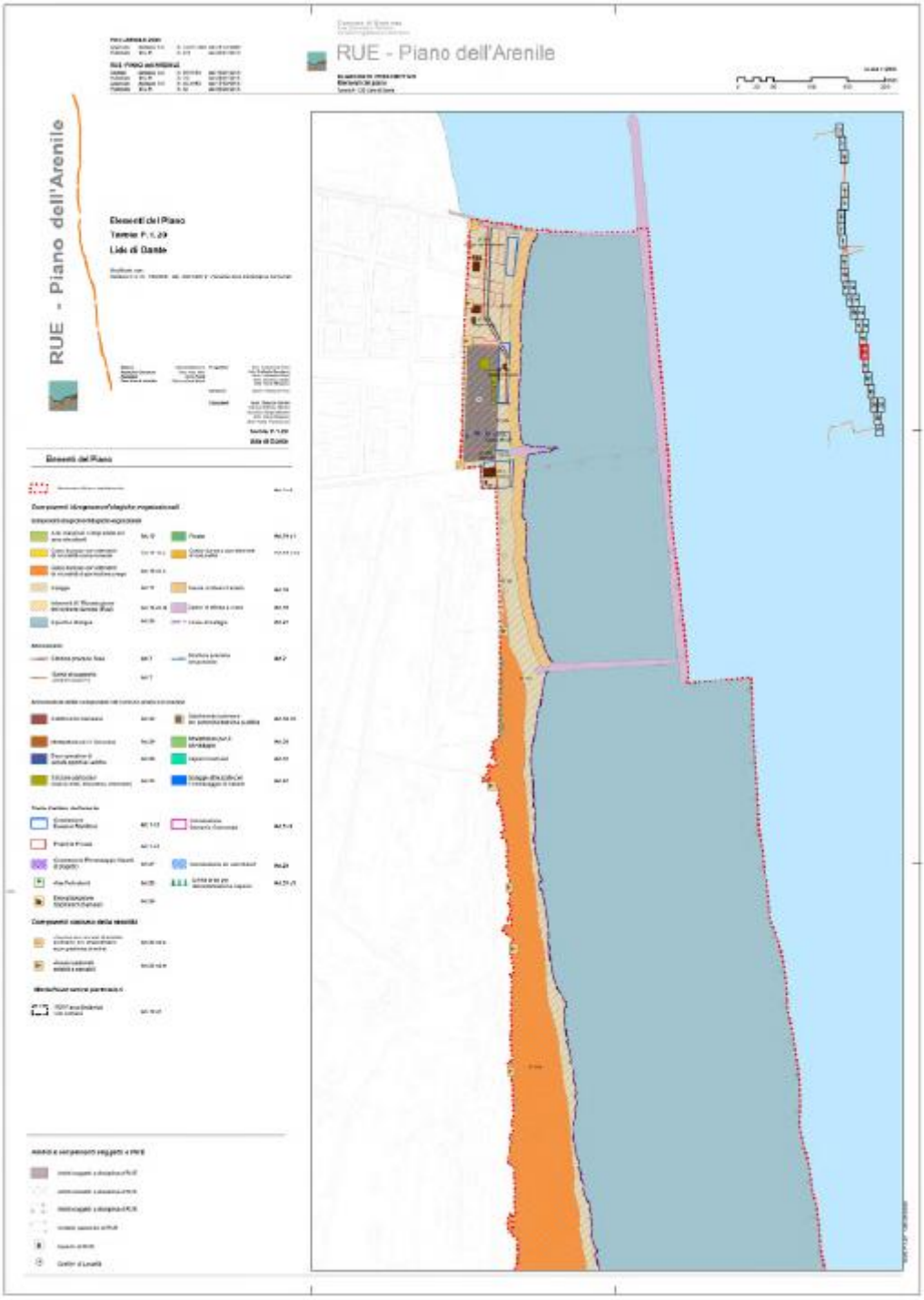


Figura 2.11 Elaborati Prescrittivi Piano Arenile – Tavola P1.20 Lido di Dante.

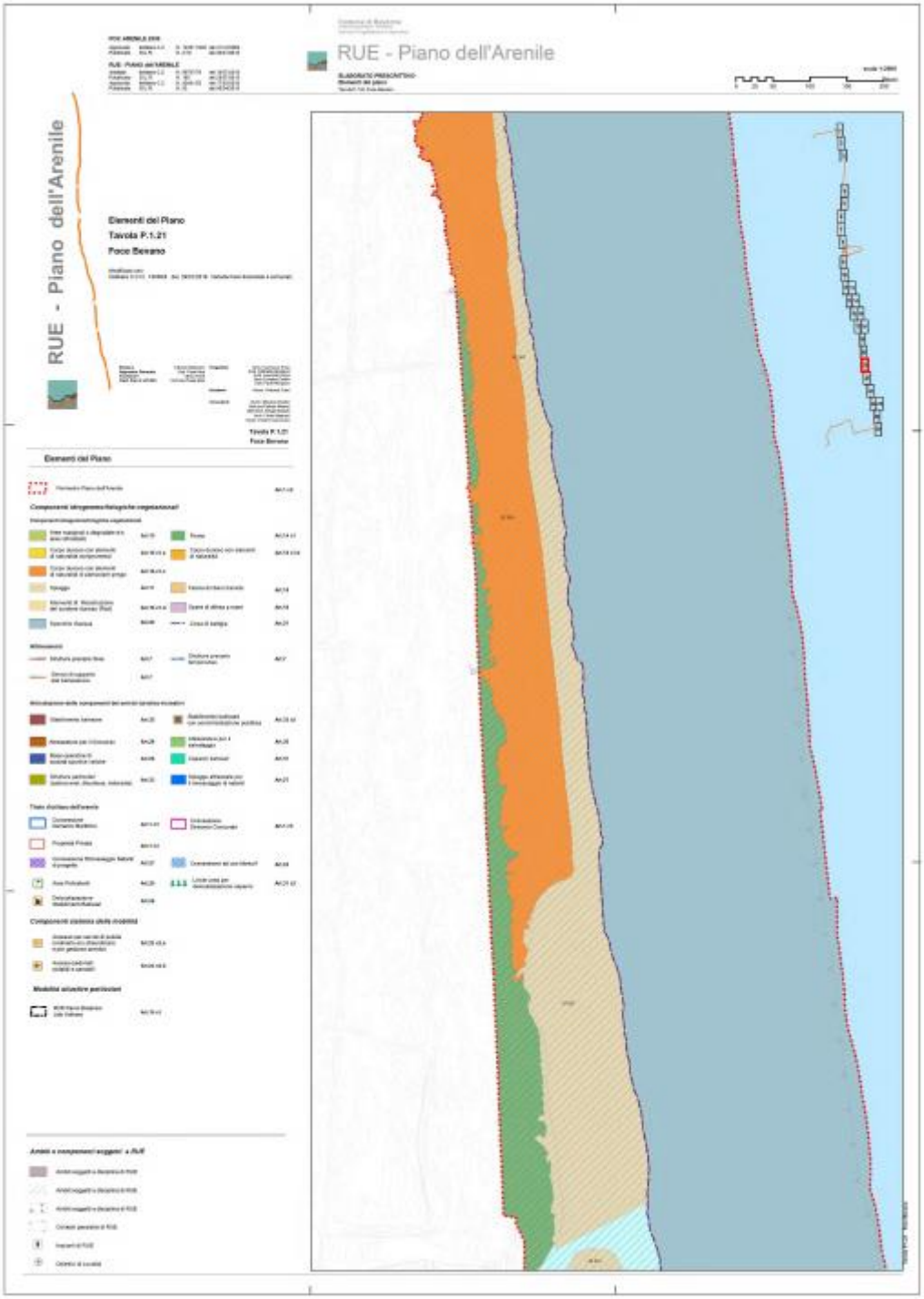


Figura 2.12 Elaborati Prescrittivi Piano Arenile – Tavola P1.21 Foce del Bevano.

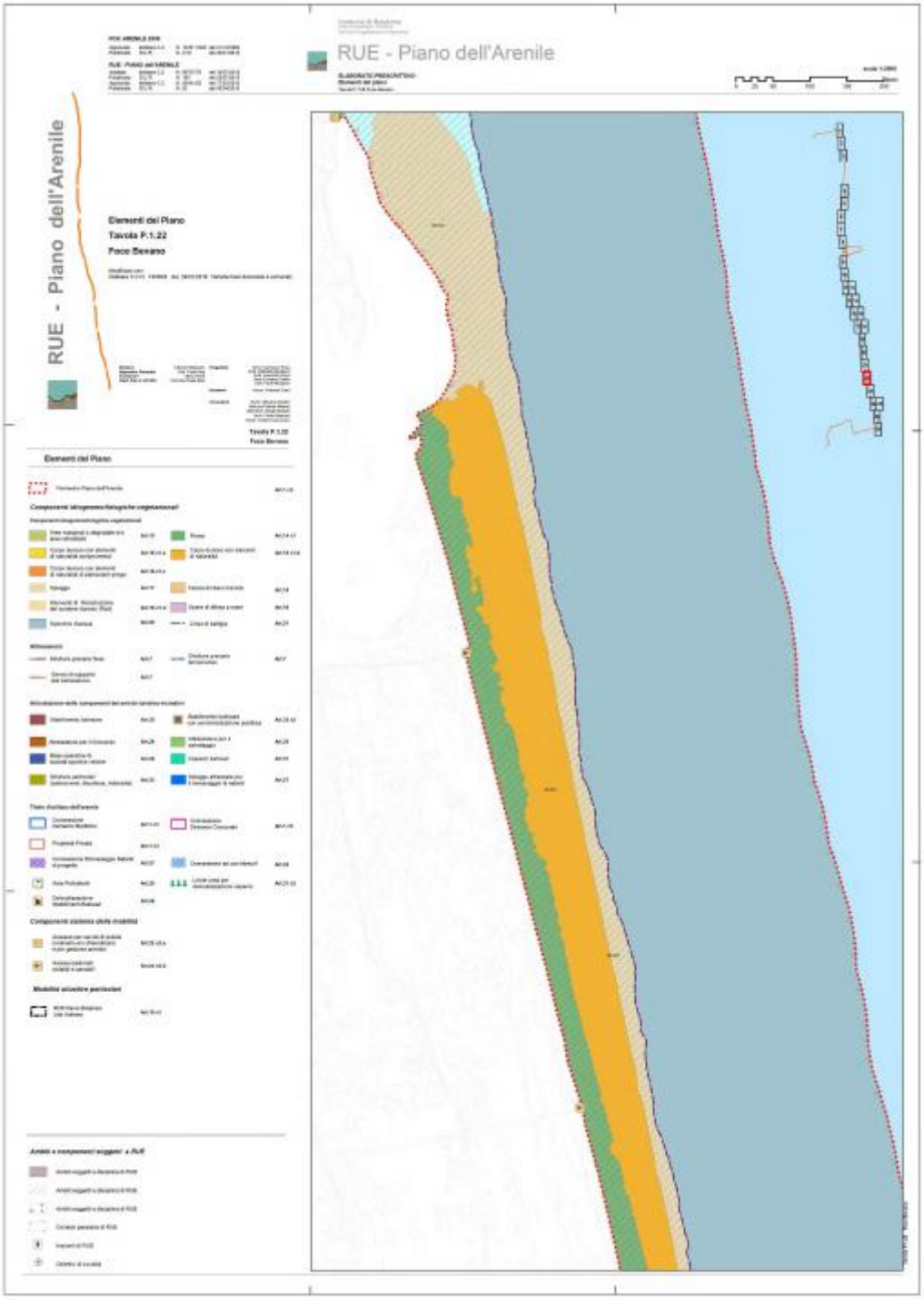


Figura 2.13 Elaborati Prescrittivi Piano Arenile – Tavola P1.22 Foce del Bevano.

2.2.6 Descrizione di inquadramento dei vincoli naturalistici (Parco del Delta del Po, SIC/ZSC-ZPS)

Il progetto in esame ricade entro i confini del Parco del Delta del Po ed in particolare all'interno della Stazione "PINETA DI CLASSE E SALINA DI CERVIA". Di seguito viene riportato l'inquadramento del progetto all'interno del **Piano di Stazione** (**PdS**), di cui al DGR 489/2012, analizzando i principali articoli che riguardano le attività del progetto.

Con la Delibera 489/2012 la G.R. approva il piano territoriale della Stazione "Pineta di Classe e Salina di Cervia" del Parco regionale del Delta del Po. Il Piano Territoriale della stazione "Pineta di Classe e Salina di Cervia" concorre alla composizione del Piano Territoriale del Parco regionale del Delta del Po, così come stabilito dalla sopracitata normativa.

Il Piano Territoriale del Parco regionale del Delta del Po è lo strumento di pianificazione del territorio del parco, nello specifico della stazione Pineta di Classe e Salina di Cervia, previsto dalla legge regionale 17 febbraio 2005, n. 6 "Disciplina della formazione e della gestione del sistema regionale delle aree naturali protette e dei siti della Rete Natura 2000".

Il Piano Territoriale del Parco costituisce lo strumento generale che regola l'assetto del territorio, dell'ambiente e degli habitat compresi nel suo perimetro ed il suo raccordo con il contesto. Il Piano, in coerenza con la legge istitutiva del Parco, indica gli obiettivi specifici e di settore e le relative priorità, precisa, mediante azzonamenti e norme, le destinazioni d'uso da osservare in relazione alle funzioni assegnate alle sue diverse parti.

Il Piano Territoriale del Parco deve rispettare le previsioni del Piano Territoriale Paesistico Regionale ed attuare le previsioni dettate dal Programma regionale.

Il Piano Territoriale del Parco costituisce stralcio del Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale (PTCP) di cui all'articolo 26 della legge regionale 24 marzo 2000, n. 20 "*Disciplina generale sulla tutela e l'uso del territorio*".

Il Piano della Stazione Pineta di Classe e Salina di Cervia è stato redatto, al fine di garantire e promuovere, in forma unitaria e coordinata, la conservazione, la riqualificazione e la valorizzazione dell'ambiente naturale e storico del territorio e del paesaggio del Delta del Po ed in particolare delle zone umide di importanza internazionale, per scopi culturali, scientifici, didattici, economici e sociali. L'intento è stato quello di conseguire un'unitaria organizzazione dell'intero sistema territoriale della Stazione e, di valorizzarne la rilevanza nazionale e internazionale.

Il Piano territoriale della Stazione Pineta di Classe e Salina di Cervia, che interessa territori compresi nel Comune di Ravenna e nel Comune di Cervia (RA), costituisce il progetto generale e definisce il quadro dell'assetto del territorio compreso nel suo perimetro, indicando gli obiettivi generali e di settore e le priorità e precisando, mediante zonizzazioni, norme, vincoli, incentivazioni e indirizzi, le destinazioni da osservare in relazione ai diversi usi. Il Piano di Stazione, assume le finalità espresse in precedenza, avendo come obiettivi specifici la salvaguardia dei beni

naturali, ambientali, storico-documentali e culturali che costituiscono la ricchezza del Delta e delle valli e pinete ravennati.

2.2.6.1 Piano di stazione "Pineta di Classe e Salina di Cervia"

Entrando nel merito del Piano di Stazione, l'allegato C riporta il testo coordinato delle norme tecniche di attuazione del piano territoriale stazione "Pineta di Classe e Salina di Cervia" del Parco Regionale del Delta del Po. In particolare al TITOLO I, Capo I, Art. 1 si enunciano le finalità del Parco e cioè la salvaguardia dei beni naturali, ambientali, storico-documentali e culturali che costituiscono la ricchezza del Delta e delle "*valli e pinete ravennati*", inoltre "*determina gli interventi conservativi, di restauro e di riqualificazione da operarsi nel territorio della Stazione in relazione alle specifiche zone*".

In particolare al TITOLO II, Capo I, l'Art. 10 "La conservazione e la valorizzazione del patrimonio naturale che caratterizza il territorio della Stazione, nonché il mantenimento del valore di biodiversità in esso presente, devono essere perseguiti, in particolare, attraverso la tutela degli habitat naturali e semi- naturali inclusi nell'allegato I della Direttiva 92/43/CEE e successive modifiche e integrazioni e degli habitat delle specie di interesse conservazioni stico comunitario incluse nell'allegato II della stessa Direttiva 92/43/CEE e successive modifiche e integrazioni e nell'allegato I della Direttiva 79/409/CEE e successive modifiche e integrazioni, censiti come presenti nel territorio della Stazione."

In particolare per le zone costiere soggette a grande dinamismo, al comma 5 si legge "*l'Ente di Gestione … provvede … alla definizione dello stato di conservazione degli habitat … e alla determinazione delle eventuali modifiche e specifiche alle modalità di gestione e alle misure di conservazione necessarie al mantenimento delle ZSC e ZPS previste dal presente Piano … con particolare riguardo agli aspetti evolutivi connessi al dinamismo degli ambienti fluviali, palustri e costieri*".

Gli articoli 11, 12, 13 e 14 del medesimo PdS, prescrivono la tutela del patrimonio floristico e vegetazionale esistente (Art. 11), la conservazione della diversità genetica delle popolazioni di fauna presenti, nonché alla tutela degli habitat indispensabili alla loro sopravvivenza e riproduzione (Art. 12); promuovono la tutela e la gestione delle aree forestali e arbustive (Art. 13) e il mantenimento delle funzioni specifiche, nonché il miglioramento delle condizioni ambientali dei corsi d'acqua minori (canali, fossi) e delle raccolte d'acqua minori (stagni, maceri, tese per acquatici) (Art. 14).

L'Art. 21, il PdS individua, le seguenti zone:

- zone "A" di protezione integrale;
- zone "B" di protezione generale;
- zone "C" di protezione ambientale;
- zone "D" urbanizzate;
- zone "PP" di area contigua.

Ogni zona, in base alle diverse caratteristiche fisiche e ambientali, è ripartita in ulteriori sottozone, talora ulteriormente suddivise in ambiti omogenei al fine di articolare e dettagliare adeguatamente la normativa. Entro il perimetro della Stazione è ricompreso anche il territorio delle attuali Riserve Naturali dello Stato "Pineta di Ravenna", "Duna Costiera Ravennate e Foce torrente Bevano" e della Riserva Naturale del Popolamento Animale "Salina di Cervia", per le quali vale quanto previsto al successivo art. 33 delle presenti Norme.

La scogliera del presente progetto sarà realizzata nella sotto-zona C.MAR. Le sottozone in cui verranno realizzate le attività di monitoraggio del progetto in studio sono: B.SPG.c, B.SPG.b, B.SPG.a, C.MAR e RNS (Figura 2.14).

2.2.6.1.1 Zona C

Le **zone C di protezione ambientale** (Art. 24) comprendono ambiti di diversa origine, di differente composizione morfologica e florofaunistica e soggette a differenti usi antropici e sono, quindi, suddivise in sottozone che rappresentano ambiti omogenei di tutela e intervento. In tali zone tutti gli interventi devono acquisire preventivamente il parere o nulla osta dell'Ente di Gestione, laddove previsto dall'art. 8 del PdS. In tutte le zone C sono vietati:

- le attività estrattive, la asportazione di materiali litoidi e qualsiasi altra attività di sfruttamento di giacimenti minerali;
- la discarica, a qualsiasi titolo, di rifiuti solidi urbani, di rifiuti speciali, di materiali tossico-nocivi, di materiali inerti, di sottoprodotti e scarti di lavorazione, fatta eccezione per l'accumulo temporaneo dei residui di sfalcio e potatura; per i materiali inerti è possibile l'utilizzo come materiale di consolidamento dei percorsi fuori strada abilitati al transito di veicoli a motore, previa autorizzazione da parte dell'Ente di Gestione e fermo restando che i materiali inerti impiegati devono essere immediatamente collocati in sito, senza alcun accumulo temporaneo;
- l'apertura di nuove strade;
- lo spandimento agronomico dei liquami di origine zootecnica, ad eccezione di quanto previsto ai commi successivi del presente capitolo;
- l'attività venatoria e qualsiasi altra forma di disturbo della fauna, secondo quanto specificato all'art. 12 delle presenti Norme;
- qualsiasi forma di danneggiamento degli habitat e della flora spontanea (secondo quanto specificato agli artt. 10 e 11 del PdS, fatto salvo quanto stabilito ai commi 9, 10, 11, 12 del art. 24);
- il sorvolo con velivoli a motore, eccetto che per motivi di pubblica sicurezza e antincendio.

In tutte le zone C sono consentiti:

- 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;
- gli interventi di eradicazione di specie alloctone dannose, promossi direttamente dall'Ente di Gestione;
- 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 presente Piano di Stazione, come disciplinati dal Regolamento del Parco;
- la manutenzione ordinaria e straordinaria della viabilità carrabile esistente e dei sentieri esistenti, restando comunque vietata l'asfaltatura delle strade bianche;
- la manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture tecnologiche, secondo le prescrizioni di cui all'art. 17 e sulla base di quanto specificato per le singole sottozone;
- le attività integrative al reddito agricolo, quali la silvicoltura, l'agriturismo, l'offerta di servizi ambientali e per l'ospitalità, ricettivi e ricreativi per attività del tempo libero compatibili con le finalità istitutive del Parco;
- il mantenimento delle strutture per la fruizione individuate dal PdS;
- la manutenzione ordinaria e straordinaria e gli interventi di restauro e risanamento;
- le attività previste dai Piani di Gestione di cui all'articolo 9 del PdS.

Gli interventi di valorizzazione ambientale e paesistica, gli interventi di rinaturalizzazione, la realizzazione di percorsi e altre strutture al servizio del tempo libero, ferma restando l'applicazione di rigorose misure di impedimento del traffico veicolare nei percorsi fuori strada, l'organizzazione delle attività di agriturismo e di turismo rurale, previsti dal presente Piano di Stazione, qualora non realizzati direttamente dall'Ente di Gestione, devono essere sottoposti al nulla osta dell'Ente di Gestione.

In particolare, la **sottozona C.MAR**, direttamente interessata dall'intervento, comprende la fascia di mare antistante il litorale compreso tra Lido di Dante a Nord e Lido di Classe a Sud, per una distanza media dalla battigia di 300 metri; in tale sottozona l'Ente di Gestione, attraverso il Regolamento del Parco e tramite gli strumenti di concertazione previsti all'art. 7 delle presenti Norme, in accordo con le Autorità preposte, disciplina l'accesso dei natanti e l'eventuale ancoraggio e/o approdo alla spiaggia, limitatamente ai fronti di spiaggia in zona B.SPG.c. 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.

Figura 2.14 Zonazione del Piano di Stazione "PINETA DI CLASSE E SALINA DI CERVIA" con indicata la posizione della scogliera in progetto (BLR, in rosso).

2.2.6.1.2 Zona B

Le **zone B di protezione generale** (Art. 23), comprendono ambiti di diversa origine e di differente composizione morfologica e florofaunistica e sono, quindi, suddivise in sottozone che rappresentano ambiti omogenei di tutela e intervento, per le quali il PdS, ferme restando le altre direttive ed indirizzi dettati dalle Norme del PdS, esprime indicazioni normative specifiche. Tutti gli interventi devono acquisire preventivamente il nulla osta dell'Ente di Gestione, laddove previsto dall'art. 8 del PdS; gli interventi non esplicitamente indicati ai successivi commi, sono sottoposti a nulla osta dell'Ente di Gestione, che deve esprimersi con riguardo alla conservazione degli habitat elencati nelle singole sottozone e degli elementi di prioritaria importanza indicati agli artt. 11 e 12 del PdS.

Nelle zone B suolo, sottosuolo, acque, vegetazione e fauna sono rigorosamente protetti. In tutte le zone B sono vietati:

- l'asporto di legna morta in piedi o al suolo, fatti salvi interventi di emergenza antincendio, di lettiera e terriccio, nonché l'alterazione del profilo del terreno;
- le attività estrattive, la asportazione di materiali litoidi e qualsiasi altra attività di sfruttamento di giacimenti minerali;
- la discarica, a qualsiasi titolo, di rifiuti solidi urbani, di rifiuti speciali, di materiali tossico-nocivi, di materiali inerti, di sottoprodotti e scarti di lavorazione, fatta eccezione per l'accumulo temporaneo dei residui di sfalcio e potatura; per i materiali inerti è possibile l'utilizzo come materiale di consolidamento dei percorsi fuori strada abilitati al transito di veicoli a motore, previa autorizzazione da parte dell'Ente di Gestione e fermo restando che i materiali inerti impiegati devono essere immediatamente collocati in sito, senza alcun accumulo temporaneo;
- l'apertura di nuove strade e sentieri e l'asfaltatura delle strade bianche;
- la costruzione di nuove opere edilizie, l'ampliamento di costruzioni esistenti e l'esecuzione di opere di trasformazione del territorio, salvo quanto successivamente specificato per le diverse sottozone;
- lo spandimento agronomico dei liquami di origine zootecnica;
- l'attività venatoria, la pesca e qualsiasi altra forma di disturbo della fauna, secondo quanto specificato all'art. 12 del PdS;
- qualsiasi forma di danneggiamento degli habitat e della flora spontanea, secondo quanto specificato agli artt. 10 e 11 del PdS;
- l'itticoltura;
- l'introduzione di cani;
- il sorvolo con velivoli a motore, eccetto che per motivi di pubblica sicurezza e antincendio;
- l'allestimento, anche temporaneo, di attendamenti o campeggi;
- lo svolgimento o l'organizzazione di manifestazioni o spettacoli;
- l'accensione di fuochi all'aperto.

In tutte le zone B sono consentiti:

- le attività direttamente finalizzate alla tutela e ripristino dell'ambiente e del paesaggio, nonché gli interventi di miglioramento dell'assetto naturalistico, di reintroduzione di specie vegetali ed animali autoctone;
- gli interventi di eradicazione di specie alloctone dannose, promossi direttamente dall'Ente di Gestione;
- 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 presente Piano di Stazione, come disciplinati dal Regolamento del Parco;
- la manutenzione ordinaria della viabilità carrabile esistente e dei sentieri esistenti;
- la manutenzione ordinaria delle infrastrutture tecnologiche, secondo le prescrizioni di cui all'art. 17 del PdS e sulla base di quanto specificato per le singole sottozone;
- il mantenimento delle strutture per la fruizione individuate del PdS;
- le attività previste dai Piani di Gestione di cui all'articolo 10 del PdS.

Gli interventi di valorizzazione ambientale e paesistica, gli interventi di rinaturalizzazione, la realizzazione di percorsi e altre strutture al servizio del tempo libero, previsti del PdS, qualora non realizzati direttamente dall'Ente di Gestione, devono essere sottoposti al nulla osta dell'Ente di Gestione.

In particolare la **sottozona B.SPG**, inclusa nel piano di monitoraggio del presente intervento, comprende i lembi di dune e le spiagge antistanti la Riserva Naturale dello Stato "Duna costiera ravennate e foce torrente Bevano", fino alla battigia; tale area è caratterizzata da dune sabbiose con vegetazione a Echinoporo spinosae-Elymetum farcti e Echinophoro spinosae-Ammophiletum arundinaceae e da spiagge con vegetazione a Salsolo kali-Cakiletum maritimae e con sabbie prive di vegetazione per cause naturali, la cui conservazione costituisce obiettivo prioritario della sottozona.

In tale sottozona sono vietati:

- la trasformazione dello stato dei luoghi sotto l'aspetto morfologico, idraulico, infrastrutturale ed edilizio, fatte salve le opere di sistemazione e difesa idraulica che non comportino il danneggiamento del cordone dunoso e della spiaggia o l'alterazione della naturalità e delle dinamiche della foce del torrente Bevano, sottoposte a nulla osta dell'Ente di Gestione;
- la raccolta e l'asportazione di flora;
- la circolazione veicolare al di fuori dei percorsi carrabili regolamentati e per esclusivo uso di servizio;
- l'accesso alle dune, al di fuori dei percorsi attrezzati e regolamentati;

In tale sottozona sono consentiti:

- la pulizia manuale della spiaggia, in periodi compresi tra il 15 agosto e il 15 marzo;
- interventi di manutenzione, consolidamento e ripristino dei cordoni dunosi e del litorale sabbioso, con tecniche di ingegneria ambientale.

La sottozona B.SPG è ulteriormente suddivisa, per quanto riguarda **la balneazione** in ulteriori tre ambiti: B.SPG.a, B.SPG.b, B.SPG.c.

Nell'ambito **B.SPG.a** sono vietati:

- l'accesso alle spiagge;
- la pulizia meccanica della spiaggia;
- l'asportazione del legname e degli altri materiali di origine naturale portati dal mare.

Nell'ambito **B.SPG.b** sono vietati:

- l'accesso alle spiagge nel periodo compreso tra il 1° novembre e il 15 luglio;
- la pulizia meccanica della spiaggia;
- l'asportazione del legname portato dal mare.
- l'accensione di fuochi sulla spiaggia

Sono consentiti la balneazione e l'accesso limitati e regolamentati, nel periodo compreso tra il 15 luglio e il 31 ottobre[7].

Nell'ambito **B.SPG.c** sono consentiti:

- la pulizia meccanica della spiaggia;
- la balneazione e l'accesso regolamentati.

2.2.6.1.3 Riserve Naturali dello Stato

La **Riserve Naturali dello Stato** (**RNS**) "Duna Costiera Ravennate e Foce torrente Bevano" (D.M. 05.06.1979). racchiusa nel perimetro della stazione "Pineta di Classe e Salina di Cervia" in corrispondenza del presente intervento (Art. 33) è inclusa nel piano di monitoraggio. L'Ente di Gestione è il Reparto dei Carabinieri per la Biodiversità di Punta Marina. Nell'ambito della collaborazione con i soggetti gestori delle Riserve, per questa specifica località devono essere perseguite le seguenti finalità: diminuzione del disturbo antropico da attività balneare; protezione dal calpestio della vegetazione dunale e retrodunale; sviluppo delle potenzialità biologiche; incentivo di forme di fruizione compatibili con le esigenze di conservazione.

[7] Prescrizioni più restrittive in termini di periodo di divieto di accesso possono essere applicate con ordinanza del Comando dei Carabinieri per la Biodiversità in ragione dell'andamento stagionale e della riproduzione di specie minacciate e protette.

2.2.6.1.4 Compatibilità con il PdS

Tra la sottozona interessate direttamente dalle attività del progetto in studio (C.MAR) e le sottozone limitrofe sottoposte a monitoraggio (B.SPG.c, B.SPG.b, RNS) non sono state riscontrate operazioni che siano contrarie o non ammesse dalle NTdA. In particolare nella C.MAR, come previsto dall'intervento del presente intervento, sono consentite:

- le attività direttamente finalizzate alla tutela e ripristino dell'ambiente, nonché gli interventi di miglioramento dell'assetto naturalistico, di reintroduzione di specie vegetali e 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 presente Piano di Stazione, come disciplinati dal Regolamento del Parco.

2.2.6.2 Rete Natura 2000 (SIC/ZSC e ZPS)

L'area di intervento ricade completamente all'interno della Zona Speciale di Conservazione (**ZSC**, già Sito di Importanza Comunitaria, **SIC**) e Zona di Protezione Speciale (**ZPS**) IT4070009 "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano".

Nel paragrafo 1.4 dell'allegato E "**Disciplinare tecnico per la manutenzione ordinaria dei corsi d'acqua naturali ed artificiali e delle opere di difesa della costa nei siti della rete natura 2000 (SIC e ZPS)**" la **DGR 79/2018** riporta le prescrizioni tecniche obbligatorie per tutti i progetti e gli interventi; in particolare relative al progetto in esame si riportano le seguenti prescrizioni:

- Al termine dei lavori i cantieri devono essere tempestivamente smantellati e deve essere effettuato lo sgombero e lo smaltimento dei materiali utilizzati e dei rifiuti prodotti per la realizzazione delle opere, evitando la creazione di accumuli permanenti in loco; nell'occasione devono essere allontanati anche i rifiuti di altra origine eventualmente presenti nell'area.
- Devono essere utilizzati i necessari accorgimenti al fine di contenere l'inquinamento acustico, così da arrecare minor disturbo possibile alle specie faunistiche presenti nell'area.
- Per quanto riguarda le aree di cantiere, quelle di deposito temporaneo, quelle utilizzate per lo stoccaggio dei materiali, le eventuali piste di servizio realizzate per l'esecuzione delle opere, nonché ogni altra area che risultasse degradata a seguito dell'esecuzione dei lavori in progetto, dovrà essere effettuato quanto prima il recupero e il ripristino morfologico e vegetativo delle stesse.

Vengono di seguito riportate le prescrizioni tecniche obbligatorie per tutti i progetti di manutenzione ordinaria delle opere di difesa della costa per limitare gli effetti negativi sull'ambiente:

"L*e aree di cantiere devono essere organizzate il più possibile distanti dagli elementi naturali di maggior pregio per preservare gli habitat naturali, le specie vegetali e faunistiche di valore presenti o potenzialmente presenti in loco.*

Devono essere utilizzati materiali di provenienza, granulometria e caratteristiche generali compatibili con quelli delle aree di intervento. Devono essere effettuate le analisi di compatibilità necessarie all'utilizzo dei sedimenti, in relazione alle diverse provenienze. Il taglio o il danneggiamento di vegetazione deve comunque essere limitato al minimo indispensabile. È necessario adottare tutte le precauzioni necessarie a non produrre inquinamento delle acque e del suolo durante la realizzazione degli interventi, al fine di prevenire anche i versamenti accidentali di sostanze inquinanti. Nell'ambiente fluviale e marino e le aree di sosta devono essere dotate di tutti gli appositi sistemi di raccolta dei liquidi provenienti da sversamento accidentale. Devono essere adottati i necessari accorgimenti per la salvaguardia della fauna marina e terrestre presente in loco, anche prevedendo l'eventuale temporaneo spostamento della fauna stessa in luoghi idonei prossimi all'intervento. Eventuali sistemi dunosi, anche di modesta dimensione o in fase embrionale, devono essere preservati".

All'allegato A la **DGR 79/2018** riporta le "**Misure generali di conservazione dei SIC e ZPS dell'Emilia-Romagna**", successivamente modificato con **DGR 1147/2018**.

In tutti i siti Natura 2000 (SIC e ZPS) sono vietati gli interventi, le attività e le opere che possono compromettere la salvaguardia degli ambienti naturali tutelati, con particolare riguardo alla flora, alla fauna ed agli habitat di interesse comunitario tutelati ai sensi delle Direttive n. 92/43/CEE e n. 2009/147/CE (ex 79/409/CEE), di seguito individuati. Tra le attività vietate si riportano quelle con una qualche attinenza al progetto in corso di valutazione:

- la distruzione o il danneggiamento intenzionale di nidi e ricoveri per uccelli;
- la distruzione o il danneggiamento, anche parziale, degli habitat di cui all'Allegato I della Direttiva 92/43/CEE;
- le captazioni idriche e le attività che comportano il totale prosciugamento degli specchi d'acqua di zone umide nel periodo estivo;
- l'accesso alle dune ed agli scanni naturali al di fuori degli appositi percorsi, fatti salvi gli interventi di difesa della costa; tali interventi devono, comunque, essere sottoposti alla valutazione di incidenza qualora diversi da quelli previsti nel DGR 667/2009.

Nella medesima delibera vengono poi riportate una serie di … "*azioni da promuovere e/o da incentivare prioritariamente per prevenire il degrado degli habitat naturali e degli habitat di specie, nonché la perturbazione delle specie tutelate, allo scopo di favorire il mantenimento in un soddisfacente stato di conservazione delle ZPS e dei SIC dell'Emilia-Romagna*".

Gli Enti gestori dei siti Natura 2000 promuovono l'applicazione dei seguenti indirizzi gestionali in tutti i siti Natura 2000.

- Informare e sensibilizzare la popolazione locale ed i maggiori fruitori del territorio sulla Rete Natura 2000.
- Promuovere azioni di controllo e di eradicazione delle specie animali e vegetali alloctone invasive.
- Limitare azioni che possano causare la frammentazione degli habitat naturali. Mantenere, ripristinare o creare gli habitat di interesse conservazionistico. Favorire la realizzazione di interventi di rinaturalizzazione.

- Privilegiare l'adozione delle tecniche di ingegneria naturalistica negli interventi di sistemazione idraulico-forestale.

2.2.6.2.1 Misure specifiche di conservazione IT4070009 "Ortazzo, Ortazzino, foce del torrente Bevano"

Il sito IT4070009 SIC-ZPS "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano", istituito con **DGR 512/2009** ha una superficie totale di 1256 ettari. Le misure specifiche di conservazione del SIC-ZPS dedicano appositi capitoli rispettivamente alle minacce rilevate all'interno dei confini del SIC-ZPS e alle corrispondenti strategie di conservazione. Nella versione disponibile, le minacce rilevate sono:

- eccessivo disturbo antropico incontrollato causato dai bagnanti che frequentano le spiagge e le dune;
- presenza di baraccopoli;
- bracconaggio;
- gestione dei livelli idrici; incendi boschivi; subsidenza;
- erosione;
- modificazioni della morfologia del litorale attraverso interventi di ripascimento della spiaggia e distruzione delle dune litoranee;
- attività agricole.

Per il sito SIC ZPS "Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano" non è indicata nessuna misura specifica di conservazione che regoli le attività a protezione dell'erosione e delle modificazioni della morfologia del litorale.

Al termine di questo paragrafo emerge che il presente intervento, risulta in perfetta sintonia con gli strumenti di programmazione e pianificazione vigenti. Il Piano territoriale di Stazione "Pineta di Classe e Saline di Cervia", la Delibera 667/2009, la Delibera 1419/2013, nonché le Misure specifiche di conservazione del SIC-ZPS, pongono come principale obiettivo la conservazione degli habitat e delle specie presenti. In perfetto accordo, anche il progetto in questione ambisce alla salvaguardia tali habitat da fenomeni di erosione costiera e pone le basi per una fruizione sostenibile del sito stesso.

2.2.7 Zone demaniali che interessano il sito di intervento

L'area in cui è previsto l'intervento appartiene al Demanio Marittimo (aree di spiaggia, competenza regionale), è ricompresa nella Stazione Pineta di Classe e Saline di Cervia del Parco del Delta del Po e limitrofa alla Riserva Naturale dello Stato in gestione al Reparto Carabinieri per la Biodiversità. Per l'esecuzione degli interventi sarà necessario, pertanto, procedere con la richiesta di consegna temporanea delle aree demaniali ai fini della realizzazione dell'intervento previsto.

2.2.8 Descrizione di inquadramento ed estratti delle cartografie dell'opera proposta rispetto agli strumenti di pianificazione dell'autorità di bacino

Nel Piano Stralcio di Bacino per il Rischio Idrogeologico dell'Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli, quale strumento di pianificazione di bacino vigente, non emergono elementi di contrasto con quanto previsto nel progetto "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" ed in particolar e al paragrafo "2.2.2 Zona della costa" si evidenzia come l'erosione della costa sia uno dei i problemi più gravi del litorale alto adriatico, unitamente ai fenomeni di intrusione salina e subsidenza.

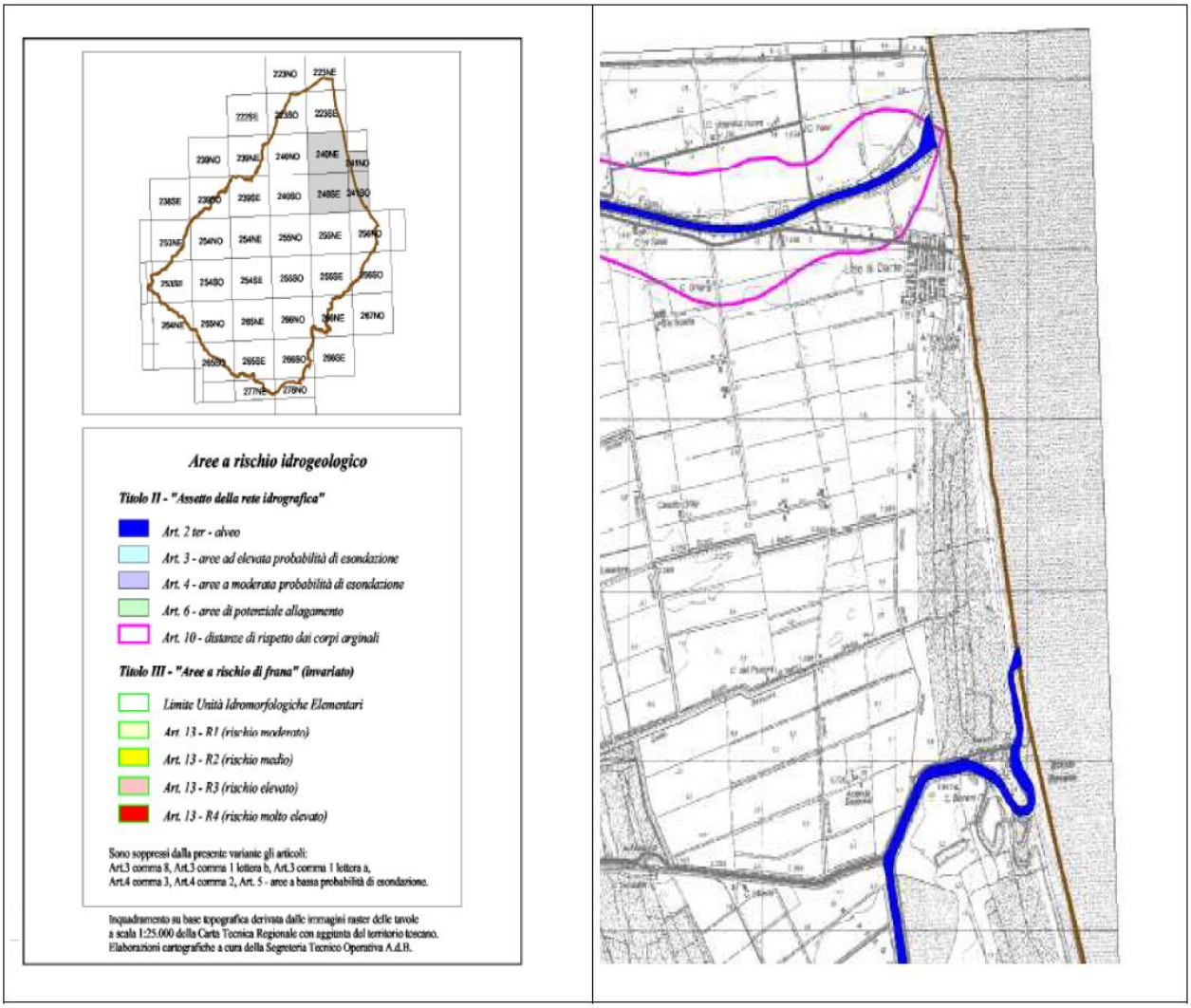


Figura 2.15 Estratto della tavola "Perimetrazione aree a rischio idrogeologico – scala 1:25.000" di cui alla Variante al Titolo II "Assetto della rete idrografica" approvata con delibera di Giunta n.1877 del 19 dicembre 2011.

2.3 Coerenza del progetto con le norme

2.3.1 Descrizione delle conformità o disarmonie eventuali dell'opera agli strumenti di pianificazione, agli strumenti urbanistici 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), "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 sommerse 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 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.

2.3.2 Descrizione delle concessioni, autorizzazioni, intese, licenze, pareri, nulla osta, assensi comunque denominati, preordinati alla realizzazione del progetto proposto

In base alla tipologia di interventi, alla loro localizzazione e ai vincoli ambientali che sussistono sulle aree interessate, il progetto è soggetto alle procedure e al rilascio di autorizzazioni e pareri indicati nella seguente tabella di sintesi.

Tabella 2.3 Elenco dei pareri, nulla osta, atti autorizzativi necessari per la realizzazione degli interventi in progetto e relative fasi in cui è previsto il loro rilascio.

Autorizzazione/Nulla osta/Parere	Autorità (Ente) competente per rilascio parere/autorizzazione procedura	Fase in cui è previsto il rilascio
Procedura di Valutazione di Impatto Ambientale	Regione Emilia Romagna – Servizio Valutazione Impatto e Sostenibilità Ambientale	
Parere sull'impatto ambientale L.R. 4/2018, art. 19, comma 7	Ente di gestione per i Parchi e la Biodiversità - Delta del Po	Nell'ambito della procedura di VIA
Procedura di Valutazione di Incidenza Ambientale	• Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità – Delta del con parere del Reparto Carabinieri per la Biodiversità di Punta Marina	Nell'ambito della procedura di VIA
Nulla osta gestore aree protette, in riferimento alla struttura di base calcarea (BLR), al ripopolamento con ostriche e sabellarie native e alle attività di monitoraggio.	• Ente di Gestione per i Parchi e la Biodiversità – Delta del Po	Nell'ambito della procedura di VIA
Nulla osta gestore Riserva Naturale dello Stato, in riferimento alle attività di monitoraggio	Reparto Carabinieri Biodiversità Punta Marina	Nell'ambito della procedura di VIA

Autorizzazione/Nulla osta/Parere	Autorità (Ente) competente per rilascio parere/autorizzazione procedura	Fase in cui è previsto il rilascio
Occupazione di aree del demanio marittimo (art. 34 Codice della Navigazione, LR 9/02, DGR 468/2003)	Regione Emilia Romagna - Servizio Turismo Commercio, Economia urbana, Sport	Successivamente all'approvazione del progetto esecutivo, prima dell'inizio dei lavori
Autorizzazione alla immersione deliberata in mare di inerti calcarei e manufatti per la prevista realizzazione del basamento ai sensi dell'Art. 109 del D.Lgs. 152/2006	ARPAE SAC ai sensi dell'art. 16 c.3 della LR 13/2015	Nell'ambito della procedura di VIA
Parere obbligatorio sull'uso dei beni del demanio marittimo e del mare territoriale che può avere ricadute sugli organismi acquatici e sulle attività di pesca ed acquicoltura e causare problemi ambientali	Regione Emilia Romagna – Servizio Sviluppo dell'Economia Ittica e delle Produzioni Animali	Nell'ambito della procedura di VIA
Parere di compatibilità Regolamento del Codice della Navigazione – art. 59 (D.P.R. 15/02/1952, n. 328)	Capitaneria di Porto di Ravenna	Nell'ambito della procedura di VIA
Ordinanza ai sensi del codice della navigazione (avviso ai naviganti)	Capitaneria di Porto di Ravenna	Successivamente all'approvazione del progetto esecutivo, prima dell'inizio dei lavori

Poiché il progetto viene assoggettato alla procedura di VIA le autorizzazioni, pareri, nulla osta necessari saranno ricompresi nella medesima procedura che, ai sensi dell'art. 17, comma 2, della LR 18 maggio 1999. n. 9 e successive modifiche ed integrazioni, per i progetti di opere pubbliche o di pubblica utilità di cui all'articolo 7, ad accezione dei progetti di produzione di energia elettrica, comprende e sostituisce tutte le intese, le concessioni, le autorizzazioni, le licenze, i pareri, i nullaosta, gli assensi comunque denominati, necessari per la realizzazione del progetto in base alla vigente normativa.

3 Quadro di riferimento progettuale

3.1 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 interesso 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.

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

Nel contesto della regione Emilia-Romagna, la costa ravennate risulta particolarmente soggetta a fenomeni di subsidenza, sia naturale sia antropogenica, con accentuati fenomeni di erosione costiera, ed è caratterizzata da diverse opere trasversali di protezione e mantenimento dell'apertura di foci fluviali, canali e porti canali (Guida & Montanari 2022). Un quadro di sintesi per la costa ravennate viene riportato in Figura 3.1.

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 3.1).

Tabella 3.1 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[8] nel periodo in esame (Figura 3.2; 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 3.4). 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).

[8] Sono considerati significativi accumuli o perdite maggiori di 30 m^3/m.

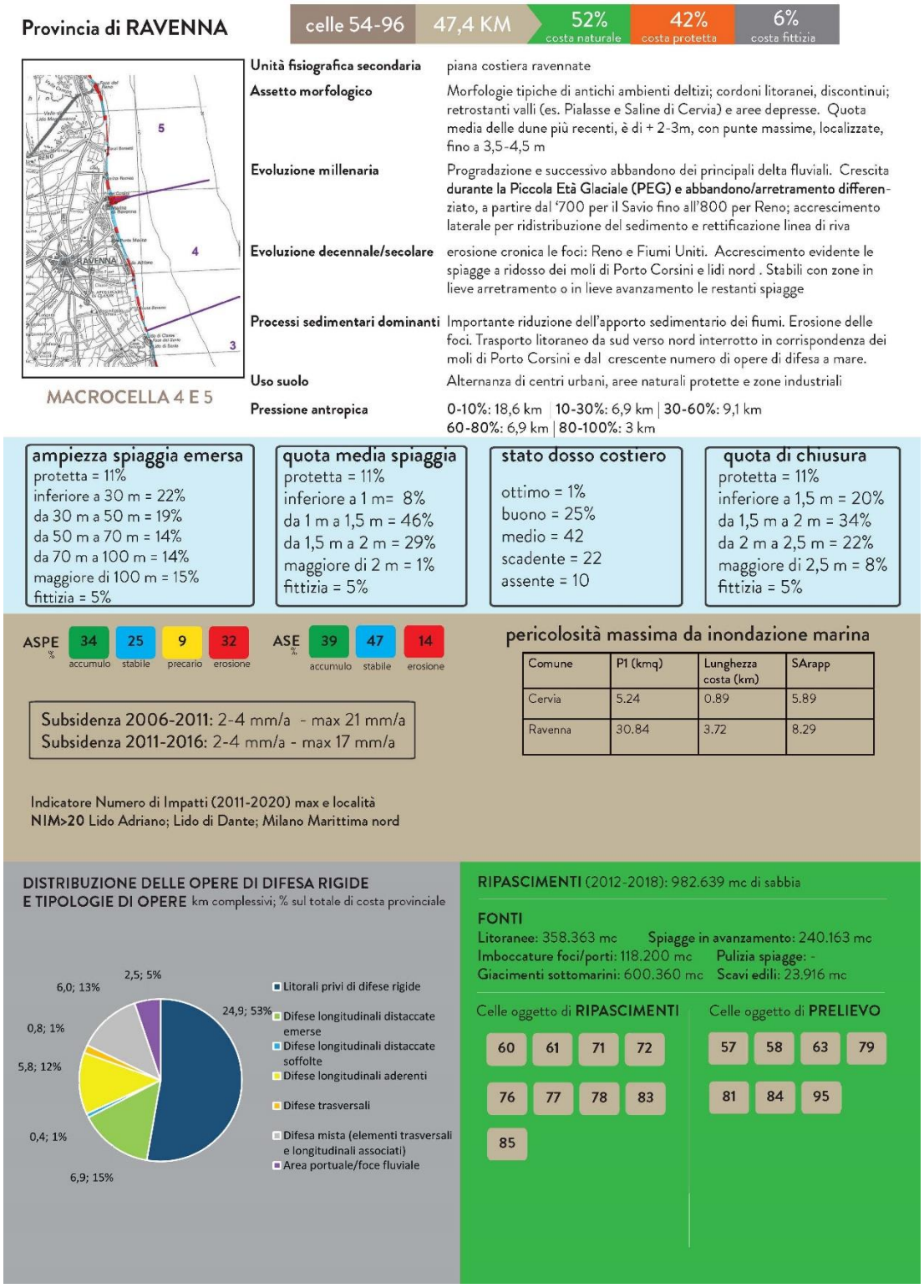


Figura 3.1 Quadro di sintesi sullo stato della costa ravennate (da Guida & Montanari 2022).

Figura 3.2 Scheda della cella n. 70 in cui è ricompreso l'intervento in progetto (da Montanari & Marasmi 2014). Per la legenda vedasi Figura 3.3.

direzione	descrizione
N-S	Trasporto da nord verso sud
S-N	Trasporto da sud verso nord
E-O	Trasporto da est verso ovest
Zona di convergenza	Punto di zero del trasporto solido in cui la corrente lungo costa tende a convergere
Zona di divergenza	Punto di zero del trasporto solido in cui la corrente lungo costa tende a divergere

Tasso di subsidenza

ts

simbolo	definizione
ase	**ampiezza spiaggia emersa:** si calcola dalla linea di riva, ricavata dalla foto interpretazione del aereo Volo Costa 2005, alla linea di chiusura della spiaggia emersa
pse	**pendenza spiaggia emersa:** valore medio calcolato sulla base della quota della linea di chiusura ed ampiezza della spiaggia emersa relativa alla cella.
ass	**ampiezza spiaggia sommersa:** si calcola dalla battigia (quota zero) alle batimetriche -4 e -7, ricavate dal rilievo topo-batimetrico 2006.
pss	**pendenza spiaggia sommersa:** si calcola dalla batimetrica 0 al punto di chiusura del profilo di spiaggia, variabile in profondità e valutato sulla base dei rilievi topo-batimetrici del 2006.

Direzione del trasporto solido lungo costa

dt

Sedimentologia

cd — presenza duna

DM SF

phi	micron	Udden and Wentworth	Sigle
		Ghiaia	G
-1	2000	Sabbia molto grossolana	SMG
0	1000	Sabbia grossolana	SG
1	500	Sabbia media	SM
2	250	Sabbia fine	SF
3	125	Sabbia molto fine	SMF
4	63	Silt	SILT
9	2	Argilla	A

linea di riva stabile: variazioni della linea di riva inferiori ai 10 m per tratti lunghi almeno 100 m.

Figura 3.3 Legenda della scheda cella (da Montanari & Marasmi 2014).

Figura 3.4 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.

3.2 Descrizione dell'intervento

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 martina
- 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:

a) realizzare una scogliera sommersa dimostrativa in pietrame calcareo (*basal limestone reef*, BLR) di circa 200 m di lunghezza e 20 m di larghezza, posizionata a 150 metri dalla linea di riva ad una profondità del fondale tra -2,4 m e -2,9 m (s.l.m.m.), elevata in modo da costituire un'area a -1,2 m, al largo di una zona depressa del fondale in modo tale da limitare e compensare l'erosione ed apportare sedimento (Figura 3.5) e in grado di fungere da substrato per il ripopolamento;
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;
c) illustrazione dell'opera con apposita cartellonistica in sito, complementare a quella esistente.

La posizione finale della scogliera è stata determinata sulla base di specifici rilievi batimetrici e geomorfologici costieri realizzati a novembre 2023, in corrispondenza di un tratto in forte erosione e caratterizzato da una profonda depressione del fondale marino e smantellamento della barra sabbiosa sommersa realizzata nel precedente intervento di ripascimento della spiaggia sommersa avvenuto nell'inverno 2019-2020 (si richiama la Figura 1.5).

3.2.1 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.

La scelta dell'ubicazione dell'opera è fondamentale per gli aspetti legati all'assolvimento della funzione di difesa della costa. Essa risulta strettamente legata anche agli aspetti logistici, che tengono conto delle limitazioni dovute alla manovrabilità dei mezzi marittimi utilizzati per la posa in opera del materiale lapideo sul fondale. Il dimensionamento della struttura, invece, è funzionale al dissipamento e allo smorzamento dell'onda incidente e, ovviamente, alla capacità di ospitare quantità variabili di organismi per attivare i processi di biocostruzione.

La scogliera di base, la cui realizzazione è ampiamente illustrata nell'allegato **STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA**, sarà realizzata utilizzando materiale lapideo di natura calcarea, di differente pezzatura e dimensione, a formare la struttura di basamento principale, di forma rettangolare con impronta sul fondale di dimensioni di circa 200 × 20 m (Figura 3.5, Figura 3.6e e Figura 3.7). Si formerà cosi una struttura in materiale calcareo dal peso specifico ≥ 2,5 t m^3, adagiati a gravità su geo-tessuto, opportunamente dimensionato, a contatto col fondale sabbioso. Sopra a questa struttura verranno posizionati dei "materassi" a rete metallica con riempimento in materiale calcareo di pezzatura adeguata (100/200 mm). Quest'ultimi sono costituiti da moduli di dimensione prevista 5 × 2 × 0,3 m, in filo metallico di acciaio zincato (lega zinco-alluminio) a doppia torsione.

La struttura in progetto, come già detto, ha una base 200,00 x 20,00 m, con forma tronco piramidale, altezza media 1,50 m. e base superiore, sempre a forma rettangolare, con dimensioni ca. 15,5 x 195,20 m, con la base maggiore posta parallelamente alla linea di riva, ad una distanza media di circa 160 m dalla stessa e a una batimetria di partenza di circa -2,40 m, con sviluppo dell'opera lato mare sino alla batimetria di circa -2,90 m s.l.m.m. Le motivazioni che hanno definito il posizionamento dell'opera possono essere riassunte:

1. L'esigenza del successivo insediamento di ostriche native a colonizzazione della struttura è stata fondamentale per la scelta della sommergenza, in quanto le ostriche native, per essere competitive rispetto alle altre specie, non devono 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 1,20 m) in modo tale da garantire un minimo di ricoprimento idrico anche durante le mareggiate.
2. Il posizionamento dalla -2,40 m, con sviluppo lato mare è dovuto alla tipologia di mezzi marittimo 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.
3. La struttura verrà realizzata utilizzando massi calcarei di I° e II° categoria, la II° categoria a formazione del perimetro esterno della struttura, che verrà poi riempito con i massi di I° categoria. Sopra verrà posato un ricoprimento costituito da materassini, dimensioni 5,00 x 2.00 h 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; Figura 3.8) 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.

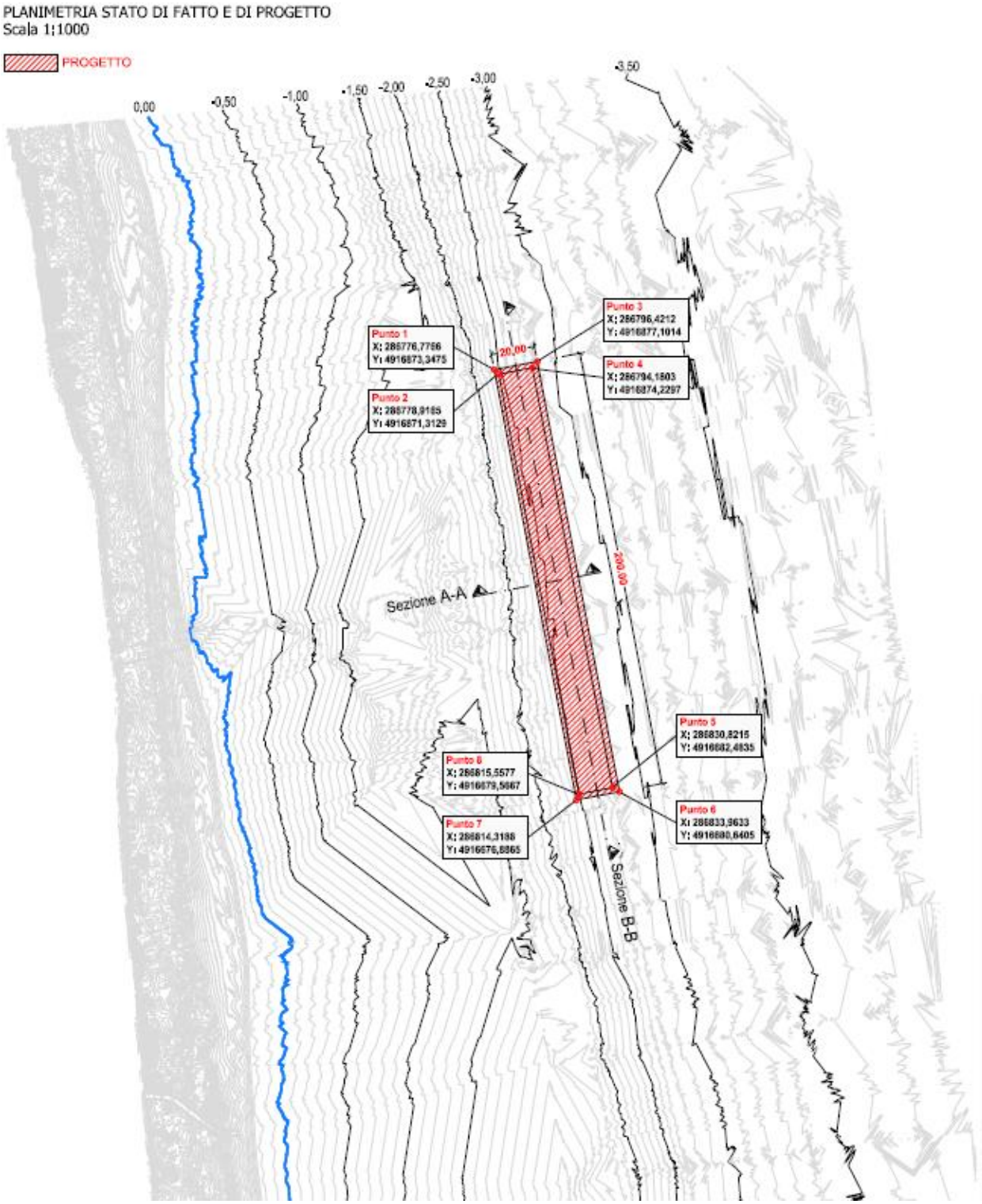


Figura 3.5 Planimetria di progetto.

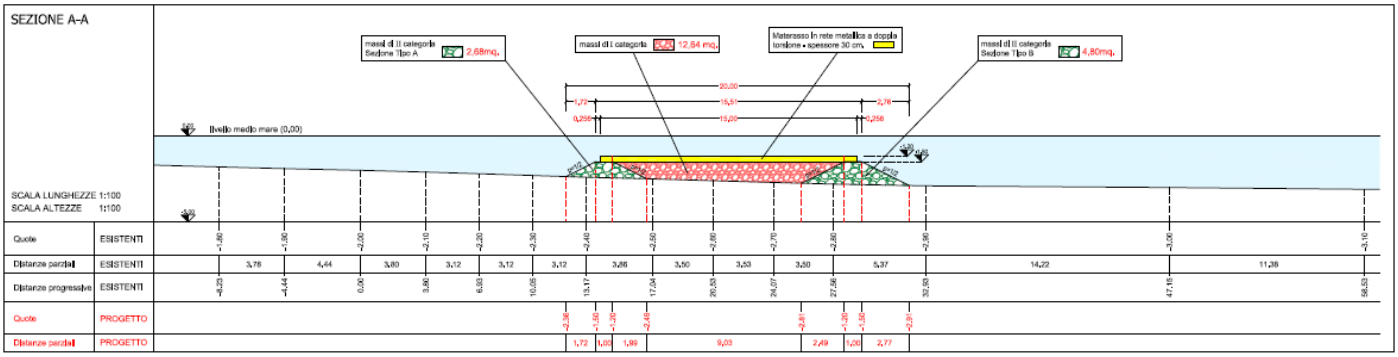


Figura 3.6 Sezione di progetto costa-largo.

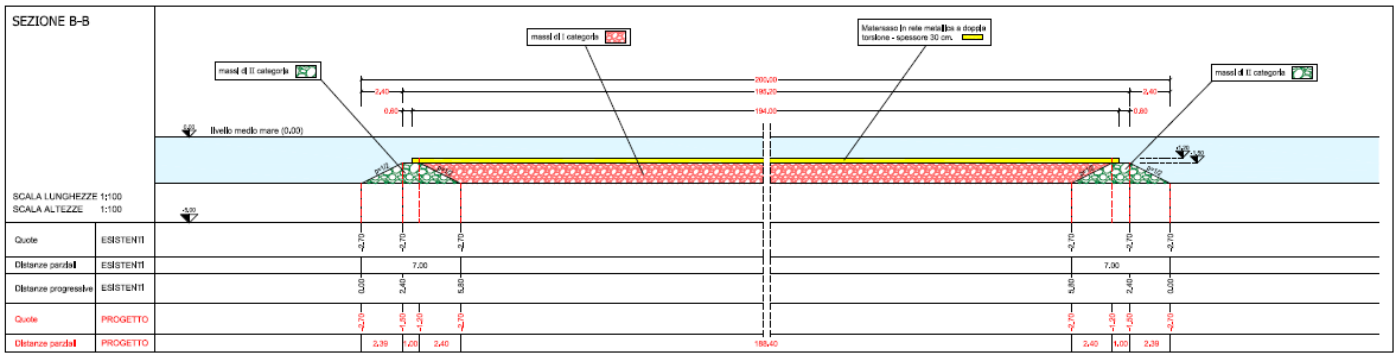


Figura 3.7 Sezione di progetto longitudinale.

Figura 3.8 Materiale calcareo a spigolo vivo (spaccato) dimensione 100/200 mm.

3.2.2 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 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.

3.2.2.1 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 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.

3.2.2.2 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^{-2} (Figura 3.9). 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.

Figura 3.9 Esempio di scogliera a ostriche.

3.2.2.3 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 3.10), 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.

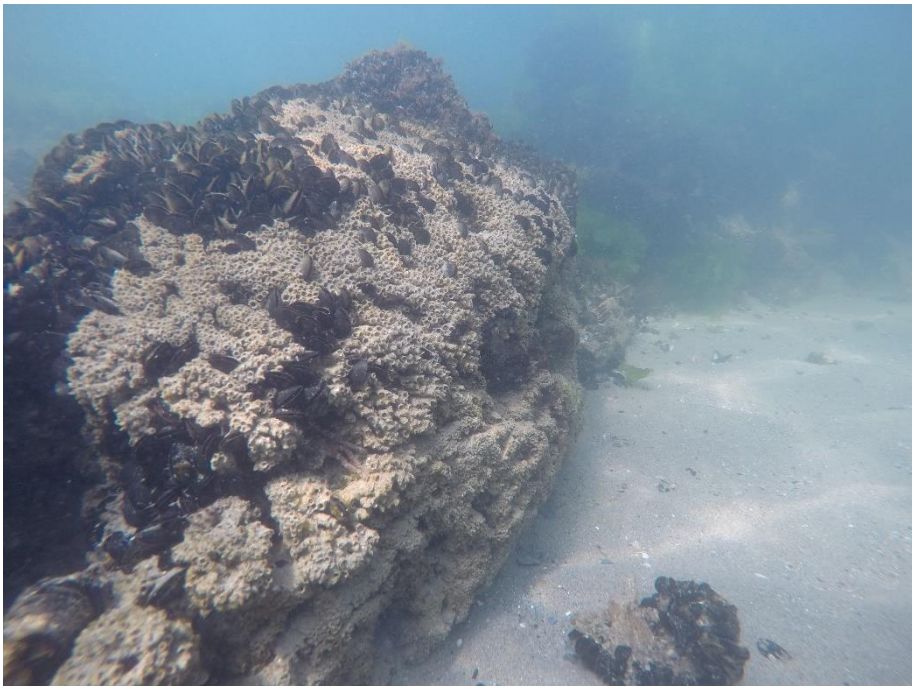


Figura 3.10 Esempio di scogliera a sabellaria a Lido di Dante (Foto di Luca Monteleone).

3.2.2.4 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 polimorofismo 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.

3.3 Descrizione aree di accesso e specifiche tecniche

L'accessibilità alle aree di intervento avverrà in due modi:

- via mare tramite motonavi che dovranno svolgere tutte le attività relative alla realizzazione delle opere sommerse in massi. È prevedibile il posizionamento alla fonda di una nave di grosse dimensioni carica di massi e di uno o due moto-pontoni che faranno la spola da tale posizione all'area dove deve sorgere la nuova scogliera. Per il ripopolamento e i campionamenti in mare si utilizzeranno invece piccoli natanti (gommoni). Per i rilievi geofisici in mare si utilizza un veicolo autonomo di superficie, denominato OpenSWAP (Stanghellini et al. 2020).
- via terra, limitatamente alle azioni di monitoraggio e rilievi terrestri, tramite gli accessi esistenti alla spiaggia.

3.4 Descrizione delle fasi di realizzazione e dei mezzi impiegati

Tutte le operazioni di realizzazione della scogliera e ripopolamento della scogliera saranno eseguite da mare. Possiamo distinguere due fasi di realizzazione completamente distinte e consecutive: la fase di cantiere per la realizzazione della scogliera e la successiva fase di ripopolamento.

3.4.1 Fase di cantiere per la realizzazione della scogliera

La posa in opera del geotessuto basale, del materiale calcareo e dei materassi, avverrà esclusivamente via mare. Per l'esecuzione dell'opera saranno utilizzati mezzi marittimi (moto-pontoni) compatibili con la morfologia e batimetria del fondale. Quindi, sotto l'aspetto operativo, la barriera sommersa verrà realizzata mediante la costruzione prima del bordo esterno (lato da 200 m) posto più a riva (- 2,40 m) posizionando i massi di II° categoria su un geotessuto di base in modo tale da evitare sprofondamenti. La sezione del bordo ha una pendenza di 1/2 sulle due scarpate e base superiore da 1 m. Contemporaneamente si realizzano i bordi sud e nord, in modo tale da avere quindi i tre lati a contenimento del masso di I° categoria, che verranno posizionati con progressione est/ovest per tratti da 6,00 x 200,00 m, paralleli alla riva. Ciò consentirà la posa del primo allineamento dei materassini (5,00x2,00), completata la prima stesa si procederà poi come sopra descritto sino alla chiusura lato ovest della struttura, mediante la realizzazione dell'ultimo bordo in masso di II° categoria e successiva posa dei materassi. I materassi, costituenti l'ultimo livello di massi, offriranno una superficie disponibile per essere colonizzate da ostriche autoctone seminate e altri organismi marini.

3.4.2 Fase di ripopolamento della scogliera

Questa fase prevede due azioni: il reperimento e l'immissione di ostriche piatte, *Ostrea edulis*, e quella di nuclei di aggregazione di sabellaria locale, *Sabellaria spinulosa*.

3.4.2.1 Reperimento e immissione di ostriche

Le ostriche native, *Ostrea edulis*, saranno reperite da banchi naturali adriatici, ancora presenti al largo delle coste italiane nord-centro adriatiche sfruttati da pescatori locali, e/o da allevamenti mediterranei, secondo la disponibilità. Gli individui avranno meno di un anno di età e preferenzialmente una dimensione di ca. 5 cm, per essere prossimi al loro primo ciclo riproduttivo (stock di giovani riproduttori). La fornitura sarà in più partite, secondo sia la disponibilità di mercato sia la ricettività di progetto. Al bisogno, le partite recapitate potranno essere stabulate qualche giorno presso Marina di Ravenna e quanto prima trasportare con piccole imbarcazioni e posizionate in acqua manualmente operatori scientifici subacquei. Questa fase sarà realizzata non appena terminata la scogliera di base, nel periodo tardo invernale-primaverile. Il ripopolamento potrà essere reiterato negli anni successivi qualora se ne ravvisasse la necessità.

3.4.2.2 Trapianto di nuclei di sabellaria

Piccole porzioni di aggregati di *Sabellaria spinulosa*, volume ca. 1 L ciascuno, saranno prelevati alla base delle scogliere artificiali di Lido di Dante e traslocati alla base della nuova scogliera. Anche questa fase sarà realizzata non appena terminata la scogliera di base, nel periodo tardo invernale-primaverile. Il ripopolamento potrà essere reiterato negli anni successivi qualora se ne ravvisasse la necessità.

3.5 Descrizione dei materiali impiegati

Per i materiali di costruzione della scogliera di base si è fatto riferimento a quelli previsti dall'elenco regionale dei prezzi delle opere pubbliche della regione Emilia-Romagna - annualità 2024[9].

Rivestimento ad ampia capacità filtrante

Rivestimento ad ampia capacità filtrante in tessuto non tessuto formato da stuoia sintetica costruita mediante cardatura ed agugliata con fibre da fiocco poliestere/polipropilene, resistente agli agenti chimici ed ai raggi UV, imputrescibile ed atossico esente da collanti, appretti, impregnamenti con esclusione di trattamenti di termosaldatura o termocalandratura del peso di 800 g m^{-2}, previa accettazione e verifica dell'idoneità, tramite apposite analisi a carico dell'impresa, il geotessile sarà fornito e steso per l'imbasamento della scogliera con l'ausilio di sommozzatore; nel prezzo si intendono compresi tutti gli oneri derivanti dai mezzi marittimi necessari per la perfetta posa del tessuto atto a ricevere lo scoglio di I° Categoria; sono inoltre compresi nel prezzo a mq, riferito alla superficie dell'area marina rivestita, gli sfridi e le sovrapposizioni che non dovranno essere inferiori a 1 m.

Scogli di 1ª categoria

Scogli di 1ª categoria costituiti da elementi del peso ciascuno da 500 a 1000 kg di natura calcarea compatta non geliva, inalterabili, proveniente da cave idonee per la costruzione della scogliera soffolta in progetto, forniti via

[9] https://territorio.regione.emilia-romagna.it/osservatorio/Elenco-regionale-prezzi

mare e posati a qualsiasi profondità s.l.m.m., compreso il trasporto, l'impiego di sommozzatore e quant'altro necessario per la perfetta esecuzione dell'opera. La contabilizzazione avverrà con stazzatura al pieno ed al vuoto del mezzo marittimo in area di cantiere:

Scogli di 2ª categoria

Scogli di 2ª categoria costituita da elementi del peso ciascuno da 1000 a 3000 kg di natura calcarea compatta non geliva, inalterabili proveniente da cave idonee, per la costruzione della scogliera soffolta in progetto, forniti via mare e posati a qualsiasi profondità s.l.m.m., compreso il trasporto, le operazioni di carico e scarico dal mezzo di trasporto e collocamento in opera, compreso l'impiego di sommozzatore e quant'altro necessario per la perfetta esecuzione dell'opera. La contabilizzazione avverrà con stazzatura al pieno ed al vuoto del mezzo marittimo utilizzato, in area di cantiere.

Materasso in rete metallica a doppia torsione

Materasso costruito per ricoprimento di superfici piane, certificato CE e conforme alle "Linee guida" emanate dal Consiglio Superiore dei LL.PP. con D.L. n. 69/2013, in rete metallica a doppia torsione con maglia esagonale tipo 6x8, filo di diametro 2,2/3,2 mm. Compreso il riempimento con materiale calcareo di tipo non gelivo né friabile, di pezzatura 100/200 mm, opportunamente sistemati all'interno della struttura metallica per ottenere la maggior costipazione possibile, comprese legature per dare il materassino finito a perfetta regola d'arte. Dimensione scelta 5,0 × 2,0 × 0,3 m.

3.6 Descrizione delle alternative progettuali

Le alternative progettuali prese in considerazione riguardano sostanzialmente l'esatta collocazione, la dimensione e modalità realizzativa del basamento calcareo (BLR) che dovrà ospitare ostriche e sabellaria.

3.6.1 Collocazione

La collocazione finale dell'opera è stata definita tenendo conto delle attuali condizioni di erosione del fondale, delle possibili interferenze con la foce fluviale, ma anche della possibilità di accesso attraverso la spiaggia per i possibili visitatori (subacquei, apneisti e snorkelisti[10] naturalisti).

I rilievi topografici e batimetrici realizzati a novembre 2023 hanno evidenziato la presenza di una zona a forte erosione e con una profonda depressione nel fondale a circa 1150 m a nord dell'attuale foce del torrente Bevano e 500 m a sud della zona di libero accesso alla spiaggia, in un tratto che è a cavallo tra la zona di spiaggia consentita all'accesso dei turisti dopo la riproduzione del fratino, cioè dopo metà luglio o ai primi di agosto a seconda dell'andamento stagionale. La zona di maggiore erosione del fondale e comparabile alle dimensioni della scogliera

[10] Osservatori dalla superficie con maschera e boccaglio (*snorkel* in inglese).

in progetto e si è generata verso terra rispetto al cordone sabbioso sottomarino tra 2 e 3 m di profondità e 100-150 m da rive, oggetto di ripascimento nell'inverno 2019-2020, e qui largamente smantellato (Figura 1.5 e Figura 1.8). La zona scelta per la scogliera (Figura 3.5), posta tra 150 e 200 m dalla riva e a -2,4/-2,9 m di base (s.l.m.m.), a protezione di questo tratto di fondale e di costa risulta pertanto ottimale in quanto a necessità urgente di difesa, adeguata distanza dalla foce per limitare interferenze dirette con il regime idrodinamico di foce, ma anche conveniente possibilità di visita partendo dalla spiaggia in alcuni periodi dell'anno (sostanzialmente escluso il periodo di nidificazione e riproduzione del fratino).

3.6.2 Dimensione

La dimensione della scogliera e quindi dell'opera derivano sia da considerazione di tipo idrodinamico e sedimentologico, sia di tipo ecologico, sia da limiti imposti dal budget. L'area da proteggere individuata è risultata perfettamente compatibile con l'idea progettuale iniziale che prevedeva una superficie occupata di fondale di circa 4000 m^2. Le simulazioni di modellistica idrodinamica e sedimentologica hanno indicato, come soluzione ottimale per ottenere l'effetto voluto di dissipazione delle onde sotto diversi regimi e miglioramento del trasporto di sedimenti (cfr. 5.2.1), una struttura continua circa parallela alla costa lunga 200 m, larga 20 m, e con una sommergenza di -1,2 m s.l.m.m., quindi con una elevazione dal fondale variabile da 1,2 a 1,7 m (Figura 3.6 e Figura 3.7). In caso di basse maree sizigiali, la previsione astronomica indica una sommergenza rimanente di circa 70 cm, le analisi statistiche indicano che anche in condizioni estreme, con tempi di ritorno di 200 anni non si prevedono abbassamenti del livello marino maggiori di -1.0 m (cfr. 4.2.1). Tale sommergenza quindi è perfettamente adatta all'insediamento di ostriche che richiedono preferenzialmente un ambiente sempre sommerso per una maggiore resistenza alla competizione con mitili nativi (*Mytilus galloprovincialis*) e ostriche asiatiche (*Magallana gigas*), che tendono a dominare zone intertidali o comunque più superficiali. Allo stesso modo, la profondità del fondale lungo il perimetro della scogliera è ideale per lo sviluppo dei policheti *Sabellaria spinulosa*, specie diffusa in Adriatico settentrionale, rispetto all'altra specie Mediterranea e nordeuropea, *Sabellaria alveolata*, che predilige zone intertidali e inizio subtidale (-1 m).

3.6.3 Modalità realizzativa

La modalità costruttiva del basamento calcareo inizialmente presa in considerazione prevedeva la posa in mare di gabbioni standard di rete metallica riempiti da brecce calcaree. La soluzione è stata però scartata a causa delle dimensioni standard (altezze 0,5 o 1,0 m) non idonee a raggiungere la sommergenza, e quindi l'elevazione dal fondale circostante, ottimale ottenuta dalle modellazioni idrodinamiche. Per questo motivo si è optato per una tecnica costruttiva diversa, come descritta in 3.2 e 3.4, che prevede il contenimento laterale inclinato con massi di II categoria, un riempimento centrale di con massi di I categoria e una copertura orizzontatele con materassi in rete metallica a doppia torsione riempiti di breccia calcarea di spessore di 30 cm.

Il materasso in rete metallica riempito di breccia calcarea offre anche una superficie di insediamento e protezione ideali per ostriche di prima riproduzione (4-5 cm di diametro) che saranno utilizzate per il ripopolamento. Allo stesso

modo, le dimensioni dei massi di II categoria disposti sul perimetro, con i loro vuoti interstiziali, e la profondità del fondale intorno alla base della scogliera appaiono ideali per il reclutamento dei policheti sabellaria.

3.7 Cronoprogramma

Di seguito viene riportato il cronoprogramma generale dell'intero progetto LIFE NatuReef in cui si inserisce la realizzazione del BLR e il suo ripopolamento.

ACTIVITY	YEAR 1				YEAR 2				YEAR 3				YEAR 4			
	M 1	M 4	M 7	M 10	M 13	M 16	M 19	M 22	M 25	M 28	M 31	M 34	M 37	M 40	M 43	M 46
WP1 – Project management and coordination																
Task 1.1 Coordination and management, project progress, reporting, meetings																
Task 1.2 Administrative and financial management																
Task 1.3 Quality assurance including GPP																
WP2 – Habitat and biodiversity baseline, monitoring, evaluation and KPI																
Task 2.1 Baseline																
Task 2.2 Monitoring seabed morphology																
Task 2.3 Monitoring hydrodynamic and coastline																
Task 2.4 Monitoring soft bottom habitats, communities and biodiversity																
Task 2.5 Monitoring reef habitats and communities and biodiversity																
Task 2.6 Monitoring coastal habitats, communities, and biodiversity																
Task 2.7 Key-Performance Indicators (KPIs) monitoring																
WP3 – Design and construction of the basal limestone reef																
Task 3.1 Final design of the Basal Limestone Reef (BLR)																
Task 3.2 Modelling assessment of the BLR impact on coastal protection																
Task 3.3 BLR construction																
WP4 – Design and implementation of the biogenic reefs																
Task 4.1 Oysters source and supply																
Task 4.2 Oyster reef deployment and maintenance																
Task 4.3 Sabellariid reef translocation and maintenance																
Task 4.4 Biosecurity																
WP5 – Dissemination, communication, and public engagement																

ACTIVITY	YEAR 1				YEAR 2				YEAR 3				YEAR 4			
	M 1	M 4	M 7	M 10	M 13	M 16	M 19	M 22	M 25	M 28	M 31	M 34	M 37	M 40	M 43	M 46
Task 5.1 Communication and dissemination strategy and visual identity																
Task 5.2 Promotional materials																
Task 5.3 Internal and external communication for stakeholder involvement																
Task 5.4 Community-based monitoring																
Task 5.5 Underwater interactive 3D virtual tour																
T.5.6 Cooperation for the oyster reef protection																
WP6 – Sustainability, replication, and exploitation of project results																
Task 6.1 Biogenic reef guidelines and toolkit																
Task 6.2 Identification of possible replication sites																
Task 6.3 Biogenic reef guidelines and toolkit improvement																
Task 6.4 BIOGENICREEF committee																
Task 6.5 Consulting for LIFE NatuReef project replication																
T.6.6 Updating Site NATURA 2000 management plan																

3.7.1 Cronoprogramma di dettaglio per la realizzazione della scogliera di base

CRONOPROGRAMMA

	LAVORAZIONE	GIORNI LAVORATIVI																													
		3	6	9	12	15	18	21	24	27	30	33	36	39	42	45	48	51	54	57	60	63	66	69	72	75	78	81	84	87	90
1	Impianto cantiere																														
2	Fornitura e posa in opera di Geotessutio																														
3	Fornitura e posa in opera di scogli di 2ª categoria																														
4	Fornitura e posa in opera di scogli di1ª categoria																														
5	Fornitura e posa in opera di materassino in rete metallica																														
6	Smobilitazione cantiere																														

	DESCRIZIONE FASI DI LAVORAZIONE
1	Perimetrazione are in concessione con boe radarabili e gavitelli di linea
2	Fornitura e posa in opera di Geotessutio con l'ausilio di sommozzatori e blocco dello spesso mediante zavorramento con masso di I° categoria
3	Fornitura e posa in opera di scogli di 2ª categoria per la realizzazione del bordo esterno della struttura (sez. tipo A e B)
4	Fornitura e posa in opera di scogli di 1ª categoria per il riempimento della vasca precedentemente realizzata
5	Fornitura e posa in opera di materassino in rete metallica, a ricoprimento della struttura
6	Smobilizzo cantiere mediante il salpamento delle boe

3.8 Definizione dei costi dell'opera

Per quanto riguarda la costruzione della scogliera di base si è fatto riferimento all'elenco regionale dei prezzi delle opere pubbliche della regione Emilia-Romagna - annualità 2024[11]. Infatti, la Regione Emilia-Romagna persegue l'obiettivo di assicurare una determinazione uniforme, omogenea e congrua dei prezzi dei lavori pubblici, anche tramite l'Elenco regionale dei prezzi, ai sensi e in attuazione dell'art. 33 della L.R. n. 18/2016. La Regione Emilia-Romagna, con Deliberazione di Giunta regionale n. 2283 del 22/12/2023, ha approvato, con il concerto del Provveditorato Interregionale per le Opere Pubbliche per la Lombardia e l'Emilia- Romagna, l'elenco regionale dei prezzi delle opere pubbliche 2024, ai sensi del comma 13 dell'articolo 41 del D. Lgs. n. 36/2023. La delibera è stata pubblicata nel Bollettino Ufficiale della Regione Emilia-Romagna Telematico (BURERT) n. 1 del 2 gennaio 2024. Il prezzario è stato aggiornato entro il 31 dicembre 2023 nel rispetto di quanto previsto dal comma 2 dell'articolo 4 dell'allegato I.14 del Decreto legislativo 31 marzo 2023 n. 36.

[11] https://territorio.regione.emilia-romagna.it/osservatorio/Elenco-regionale-prezzi

Per i dettagli si rimanda all'allegato **Studio di fattibilità tecnico economica della scogliera**, che comprende: 1) Analisi prezzi, 2) Elenco prezzi, 3) Computo metrico e stima delle opere, 4) Quadro economico di progetto.

4 Quadro di riferimento ambientale

4.1 Lineamenti morfo-evolutivi inerenti all'assetto costiero

Nei seguenti paragrafi si riportano, ai fini di una inquadramento relativo all'assetto morfologico ed evolutivo del tratto di costa di interesse, gli elementi descrittivi impiegati ai fini della ricostruzione modellistica numerica (mono e bidimensionale) e che ricomprendono: la ricostruzione batimetrica del fondale, le dinamiche marine costiere, la descrizione del livello medio maree e degli eventi estremi, il regime ed il clima ondoso, l'analisi degli eventi estremi di mareggiata, la descrizione del trasporto dei sedimenti marini e di processi di modellamento geomorfologico in atto.

4.1.1 Descrizione della batimetria

La ricostruzione della batimetria nell'ambito costiero di interesse deriva da tre serie di dati che comprendono la batimetria generale dell'area (DTM 2012 - Costa RER), utilizzata come condizioni al contorno, la rete di monitoraggio topo-batimetrica di Arpae e uno specifico rilievo topo-batimetrico dell'area di interesse realizzato a novembre 2023.

4.1.1.1 Modello Digitale Batimetrico (Adriatico-RER) - Modello digitale topo-batimetrico RER 2012

Il modello digitale topo-batimetrico della costa emiliano romagnola (DTM 2012 - Costa RER; Figura 4.1), rappresenta la batimetria attraverso un modello a celle regolari 5×5 m a cui è associata l'informazione della profondità del Mare Adriatico antistante la Regione Emilia-Romagna. È stato realizzato dal Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli - Settore Difesa del Territorio - Regione Emilia-Romagna utilizzando diversi dataset acquisiti nel 2012 da diversi soggetti istituzionali e non. I dati utilizzati sono riconducibili ai seguenti rilievi: LIDAR (Eni S.p.a. 2012); Rilievo multibeam (Eni S.p.A. 2012); Rilievo Topo-Batimetrico (5° Campagna di rilievo del litorale emiliano-romagnolo); Rilievo batimetrico della Sacca di Goro (Provincia Ferrara). La descrizione dettagliata dei dati e della procedura di integrazione e elaborazione dei dati è contenuta nel rapporto dedicato e disponibile online (Perini et al. 2016a).

Il prodotto digitale, conforme al REGOLAMENTO (UE) N. 1089/2010 DELLA COMMISSIONE del 23 novembre 2010 recante attuazione della direttiva 2007/2/CE del Parlamento europeo e del Consiglio per quanto riguarda l'interoperabilità dei set di dati territoriali e dei servizi di dati territoriali (Batimetrie e Modelli Digitali dei Fondali antistanti la Regione Emilia-Romagna, è liberamente accessibile dal portale OpenDadaER della Regione Emilia-Romagna[12].

[12] https://dati.emilia-romagna.it/dataset/r_emiro_2017-09-01t144819

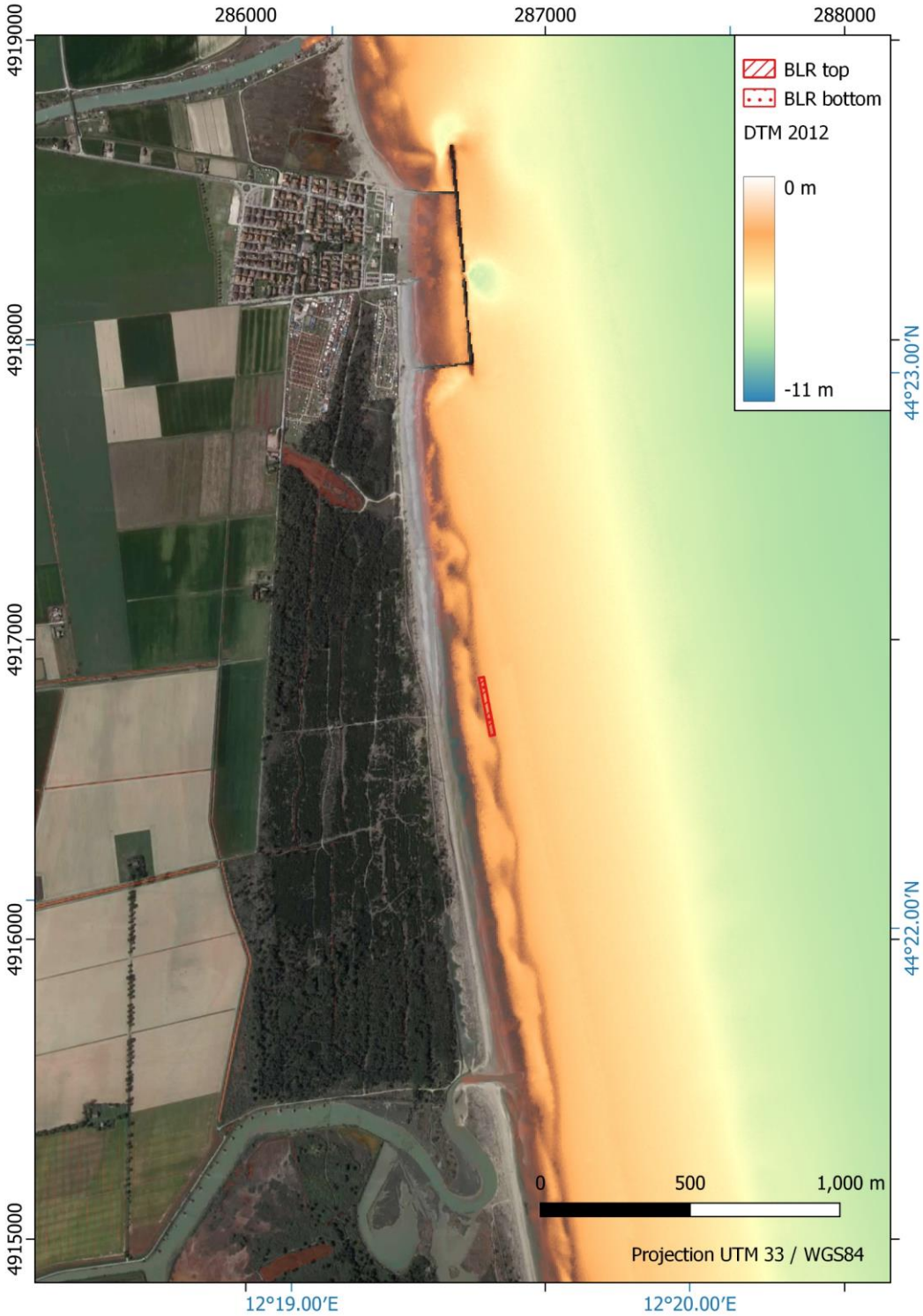


Figura 4.1 DTM 2012 - Costa RER dell'area tra la foce dei Fiumi Uniti e la foce del Torrente Bevano, in rosso la posizione prevista del BLR (immagine di sfondo per la parte emersa Google Earth 15/07/2023).

4.1.1.2 Rete di monitoraggio topo-batimetrica - sezioni di rilievo 2018 - edizione 2020

La rete Arpae è costituita da 251 profili topo-batimetrici, che si sviluppano dalla spiaggia emersa fino alla batimetrica dei 6-10 m, per monitorare l'evoluzione morfologica della spiaggia, fondamentale per la conoscenza del fenomeno erosivo e della sua quantificazione. Il confronto tra i profili rilevati nelle varie campagne di misura, permette:

- di seguire le modificazioni morfologiche della spiaggia emersa e sommersa;
- di quantificarne l'erosione costiera a scala locale.

Le campagne di misura sono state realizzate nel 1984, 1993, 2000, 2006, 2012 e 2018.

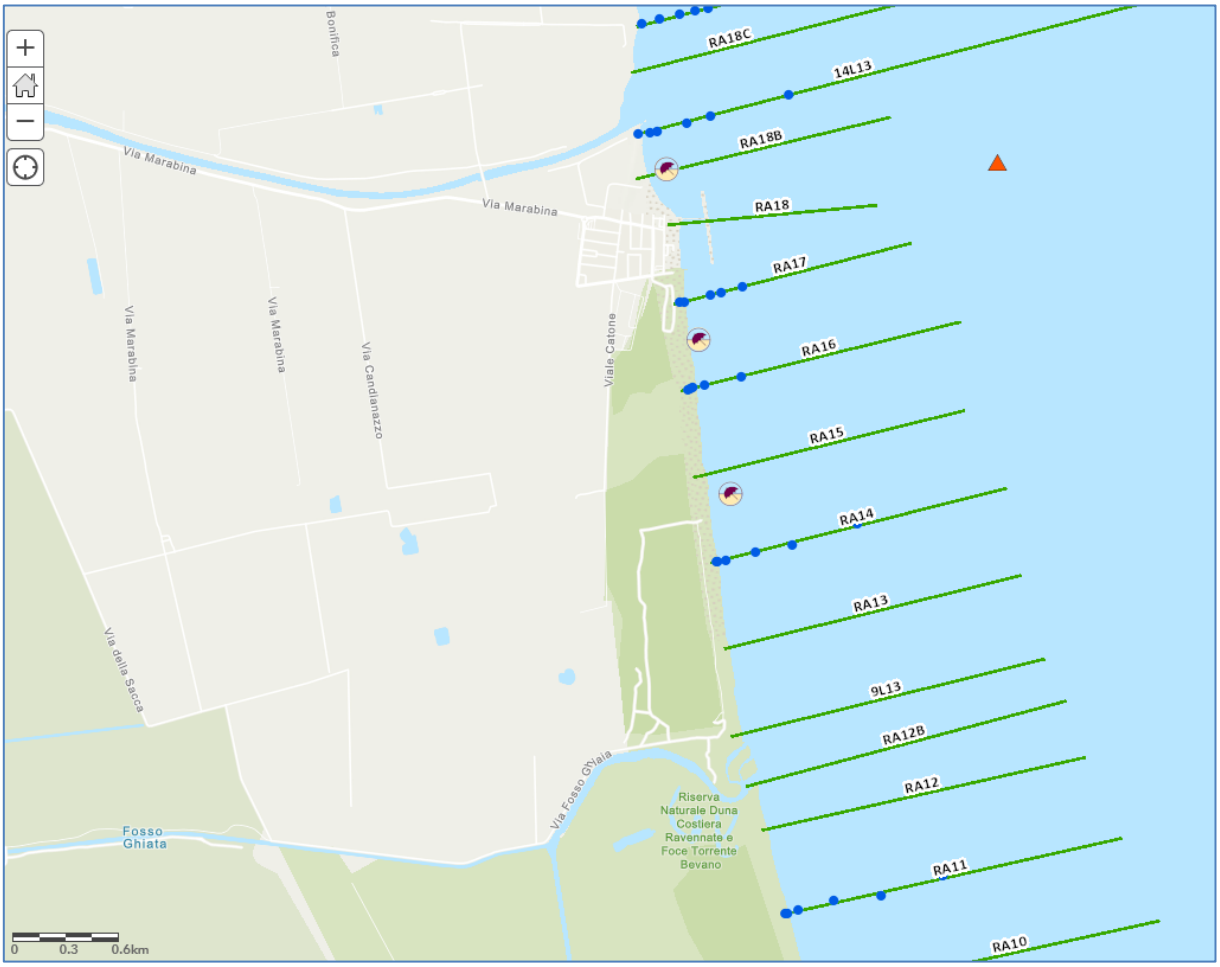


Figura 4.2 Rete di monitoraggio topo-batimetrica Arpae, sezioni di rilievo 2018 nell'area di intervento: le linee verdi sono le sezioni batimetriche mentre i punti blu indicano i punti di prelievo per sedimentologia.

4.1.1.3 Rilievo topo-batimetrico 8-9 novembre 2023

L'8 novembre Beatrice Giambastiani e Sonia Silvestri, parte del Integrated Geoscience Research Group – IGRG del Dipartimento BiGeA dell'Università di Bologna, hanno effettuato un primo rilievo topografico 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 team 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 team 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 (Figura 4.3).

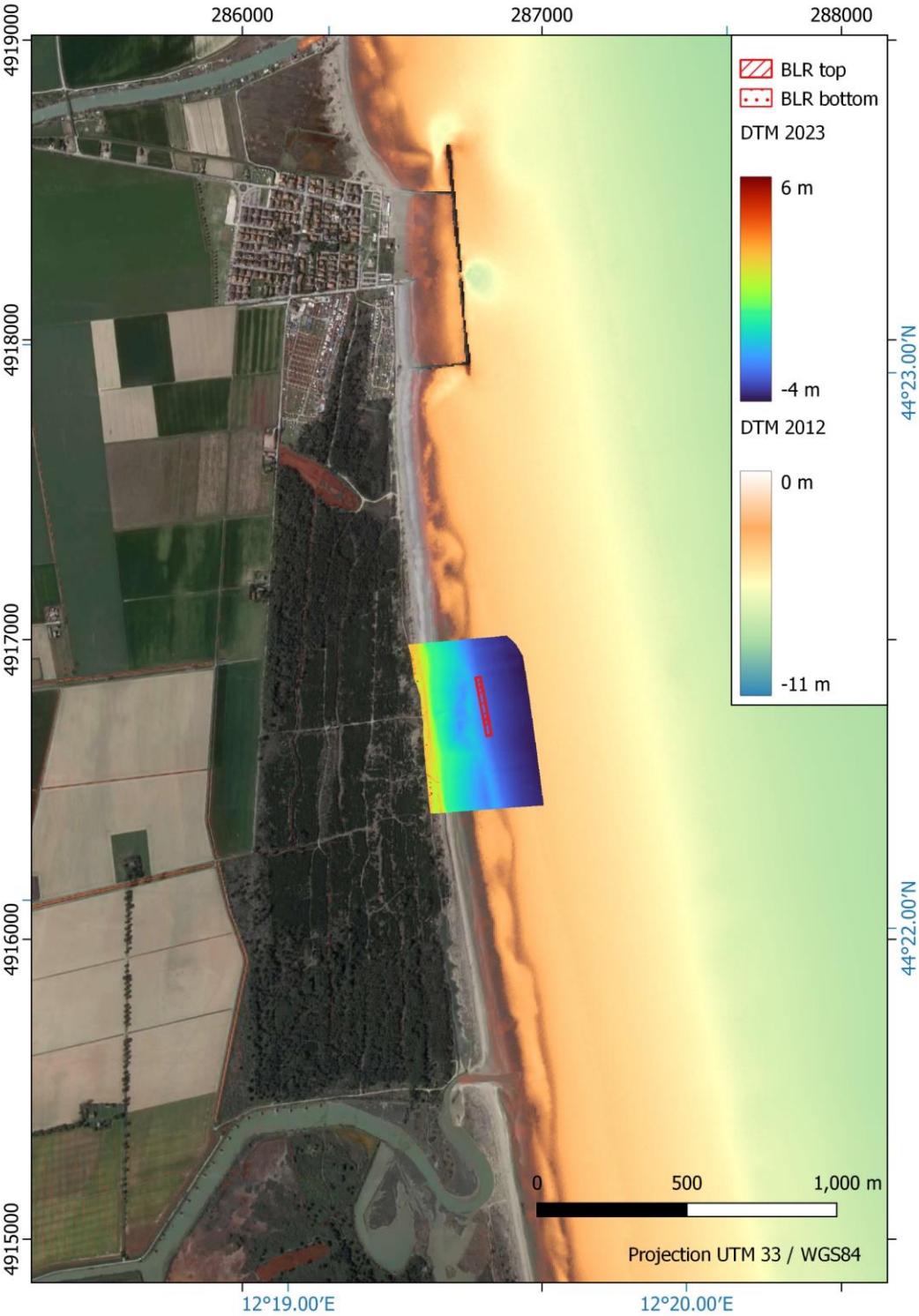


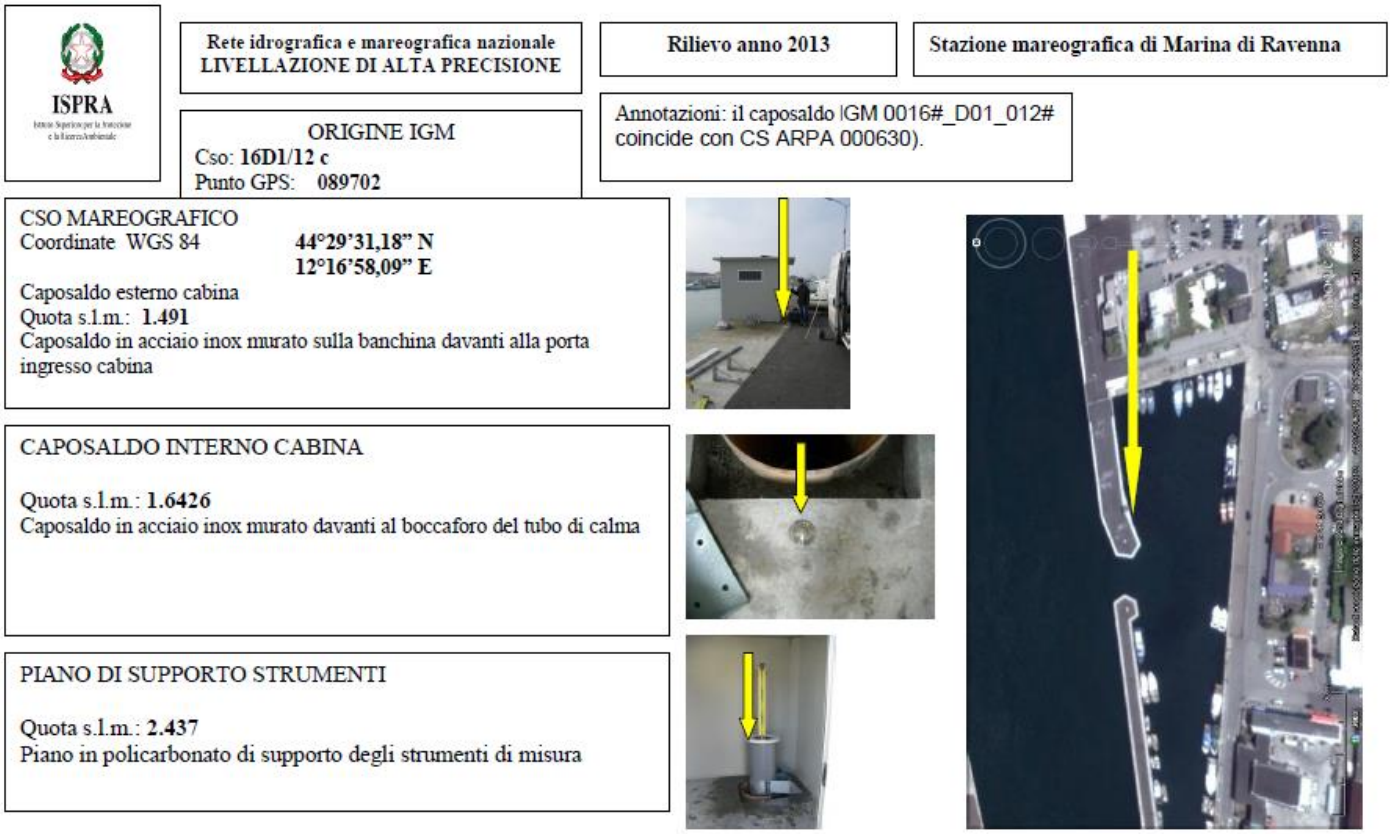
Figura 4.3 DTM 2023 di dettaglio sovrapposto al DTM 2012 - Costa RER dell'area tra la foce dei Fiumi Uniti e la foce del Torrente Bevano, in rosso la posizione prevista del BLR (immagine di sfondo Google Earth 15/07/2023).

4.2 Dinamiche marine costiere

4.2.1 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 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.

Per l'analisi delle variazioni del livello di marea nel paraggio esaminato si è fatto riferimento alla stazione mareografica più vicina che risulta essere quella di Ravenna, Porto Corsini-Marina di Ravenna (Figura 4.4), facente parte della Rete Mareografica Nazionale (RMN), da cui è possibile accedere ai dati (https://www.mareografico.it/; Figura 4.5).


ISPRA

Rete idrografica e mareografica nazionale
LIVELLAZIONE DI ALTA PRECISIONE

Rilievo anno 2013

Stazione mareografica di Marina di Ravenna

ORIGINE IGM
Cso: 16D1/12 c
Punto GPS: 089702

Annotazioni: il caposaldo IGM 0016#_D01_012# coincide con CS ARPA 000630).

CSO MAREOGRAFICO
Coordinate WGS 84 44°29'31,18" N 12°16'58,09" E
Caposaldo esterno cabina
Quota s.l.m.: 1.491
Caposaldo in acciaio inox murato sulla banchina davanti alla porta ingresso cabina

CAPOSALDO INTERNO CABINA
Quota s.l.m.: 1.6426
Caposaldo in acciaio inox murato davanti al boccaforo del tubo di calma

PIANO DI SUPPORTO STRUMENTI
Quota s.l.m.: 2.437
Piano in policarbonato di supporto degli strumenti di misura

Figura 4.4 Monografia del mareografo di Ravenna.

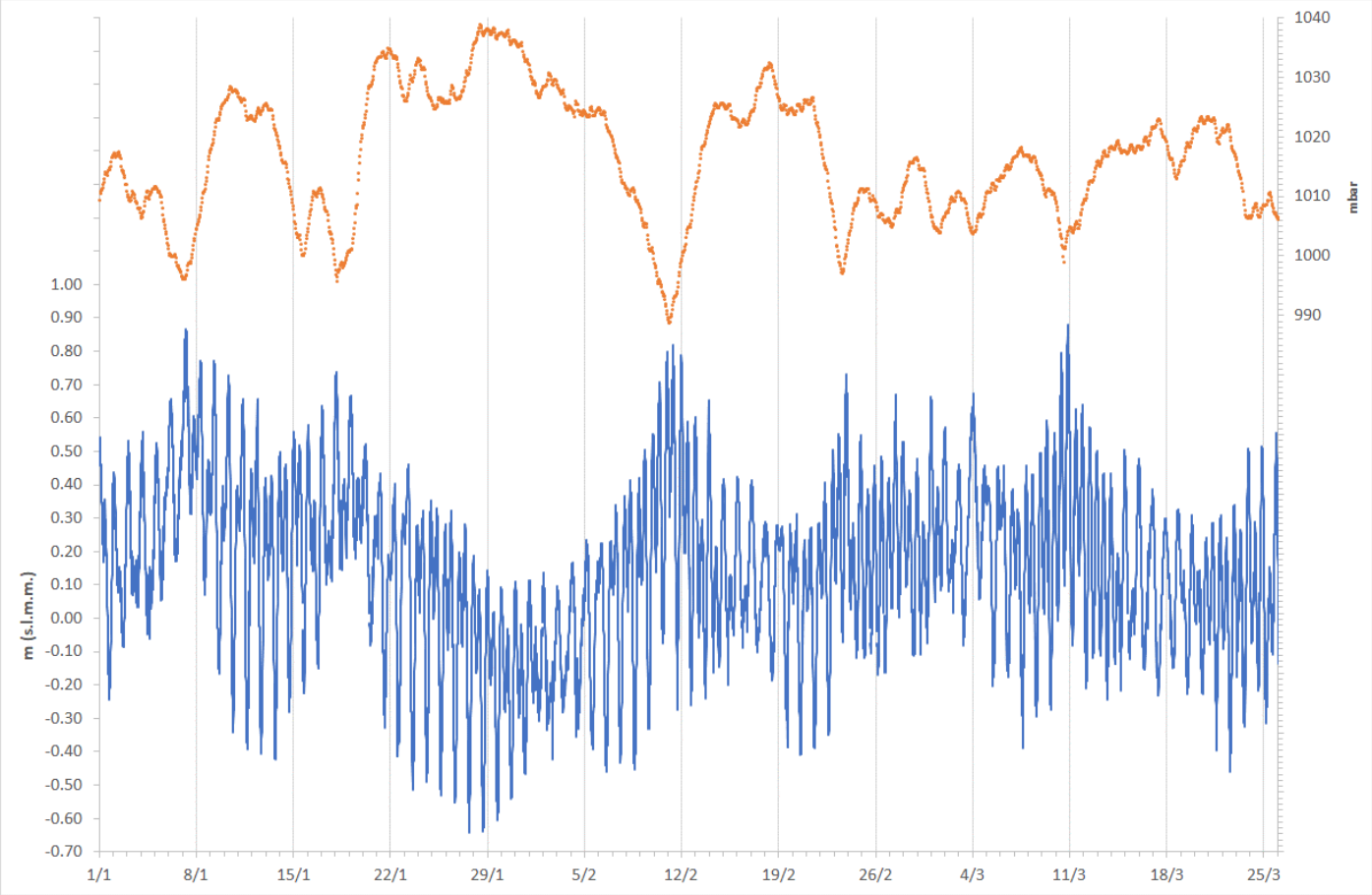


Figura 4.5 Esempio di serie temporale di dati misurati dal mareografo di Ravenna dal 01/01/2024 al 26/03/2024 (in blu il livello dell'acqua, in arancione la pressione atmosferica).

Oltre al mareografo di Ravenna, ARPAE mette a disposizione tre stazioni mareografiche posizionate a Porto Garibaldi, Cervia e Cattolica, che rilevano il livello del mare (Figura 4.6).

A partire dal 1° gennaio 2016 il mareografo di Porto Garibaldi è stato allineato ai caposaldi della rete IGM2005 ed è stato applicato un offset di +12,31 cm. A partire dal 1° gennaio 2024, i tre mareografi di Arpae sono allineati alle misure RGC2023 (rete geodetica costiera aggiornata al 2023). A partire da questa data, ai dati rilevati dal mareografo di Porto Garibaldi è stato applicato un offset di – 8,1 cm.

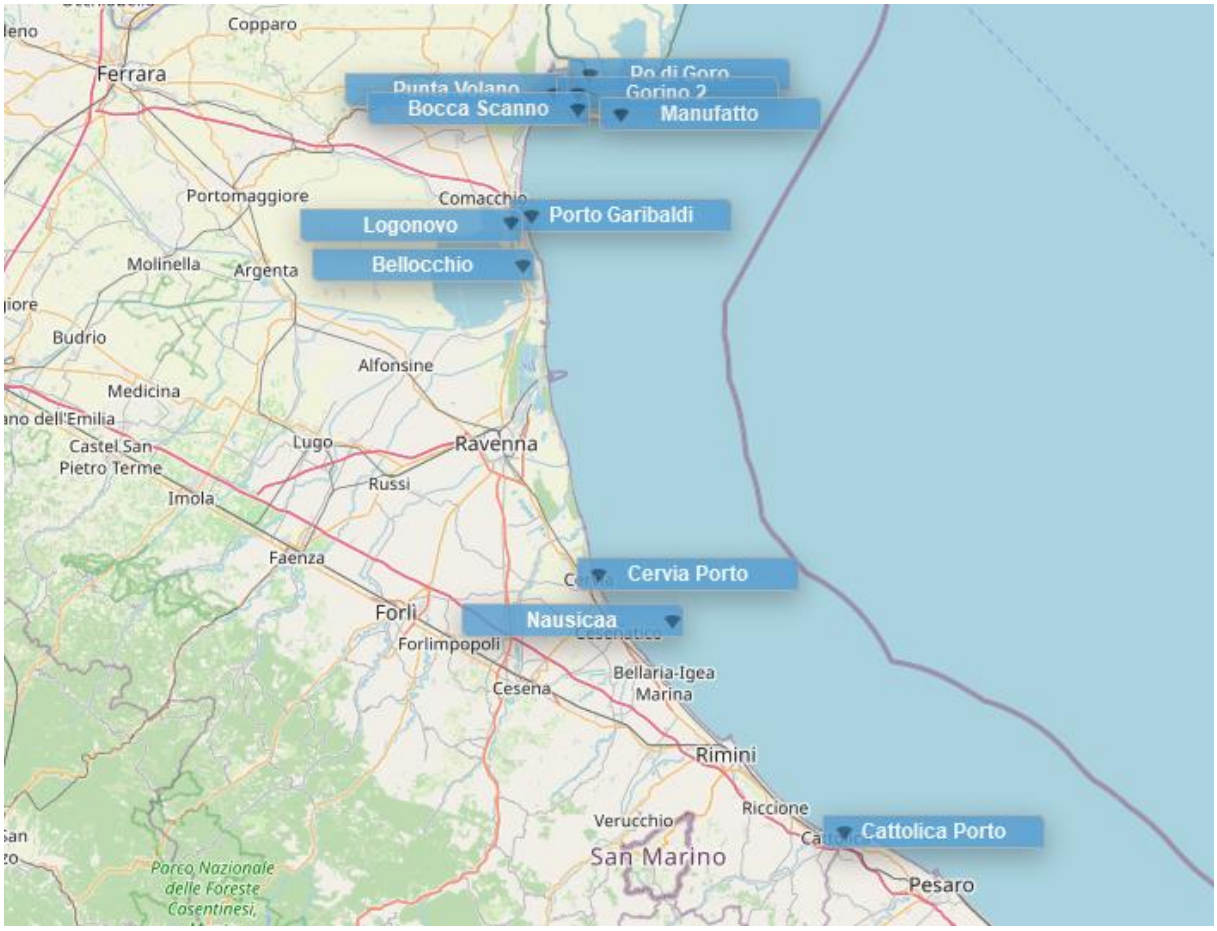


Figura 4.6 Rete di monitoraggio meteo-marina di ARPAE.

Dalla serie storica registrata dalla stazione mareografica di Ravenna sono stati estrapolati i massimi annuali, sia per la bassa che per la alta marea (Tabella 4.1).

A tali serie di dati sono state associate le leggi di distribuzione di probabilità cumulata di non superamento (funzione di ripartizione) di Gumbel al fine di determinare i livelli di marea da associare ad assegnati tempi di ritorno T_R. Sono stati quindi individuati, per i diversi periodi di ritorno T_R, i livelli di marea (Tabella 4.2).

Tabella 4.1 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 4.2 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

La stima dei valori estremi di livello legati agli eventi di *surge* (marea meteorologica) è stata effettuata considerando la probabilità limite congiunta degli *r* eventi annuali più elevati sia della serie temporale dei livelli osservati che di quella dei residui, ottenuta rimuovendo la marea astronomica tramite analisi armonica effettuata. La selezione è stata realizzata considerando indipendenti valori estremi separati da almeno 78 ore, in modo da includere in un unico evento le oscillazioni di livello dovute alle sesse che possono accompagnare tali fenomeni di surge. La distribuzione statistica considerata è stata la Generalized Extreme Value, GEV (Jenkinson 1955):

$$F(x;\mu,\sigma,k)=\exp\left\{-\left[1-k\left(\frac{x-\mu}{\sigma}\right)\right]^{1/k}\right\}$$

con $\sigma>0$ e valori di *x* tali per cui $1-k(x-\mu)/\sigma>0$.

I risultati sono mostrati nella Tabella 4.3, dove sono riportati i valori di livello di surge per assegnato tempo di ritorno T_R. Tali valori sono stati calcolati prendendo in considerazione un numero di eventi estremi *r* variabile da 3 a 7 per ognuno dei 20 anni di dati campionati ad alta frequenza.

Tabella 4.3 Stima dei livelli marini di surge per assegnato tempo di ritorno T_R in prossimità di Porto Corsini considerando un numero di eventi estremi r variabile da 3 a 7.

	r = 3	*r = 4*	*r = 5*	*r = 6*	*r = 7*
T_R (anni)	**Livello di *surge* (m)**				
2	0.84	0.84	0.85	0.85	0.86
5	0.93	0.95	0.96	0.97	0.99
10	0.99	1.01	1.03	1.05	1.07
20	1.05	1.08	1.10	1.12	1.15
50	1.13	1.16	1.19	1.21	1.25
100	1.19	1.23	1.26	1.28	1.32

4.2.2 Clima meteomarino

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.
- 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.

4.2.2.1 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 4.7, Figura 4.8 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).

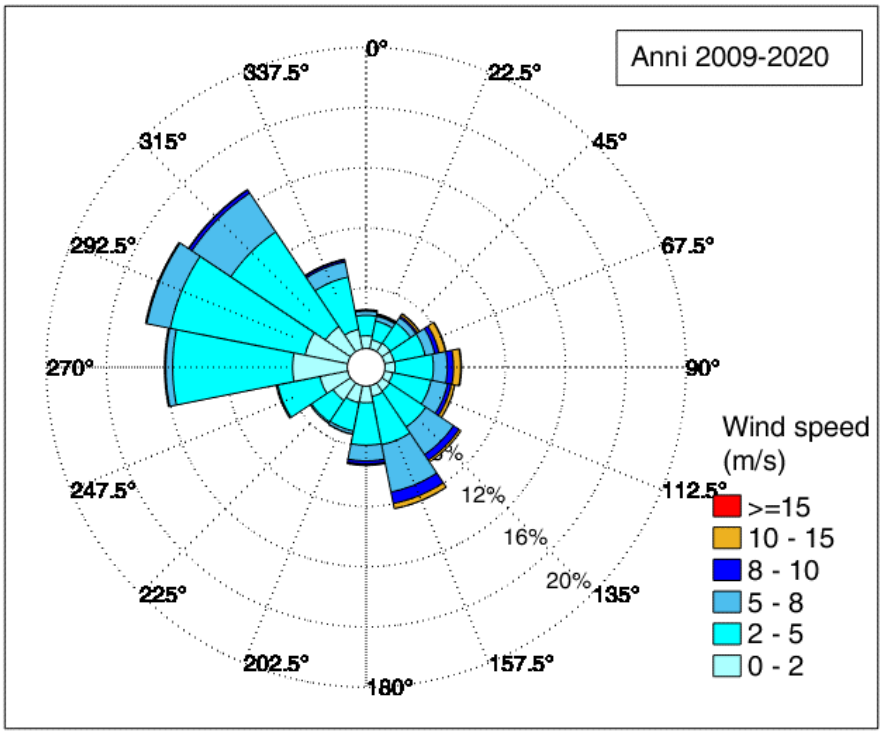


Figura 4.7 Rosa dei venti a Cesenatico nel periodo 2000-2020.

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

D (°N)	Vento (m/s)						
	<2	2-5	5-8	8-10	10-15	>15	Totale
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

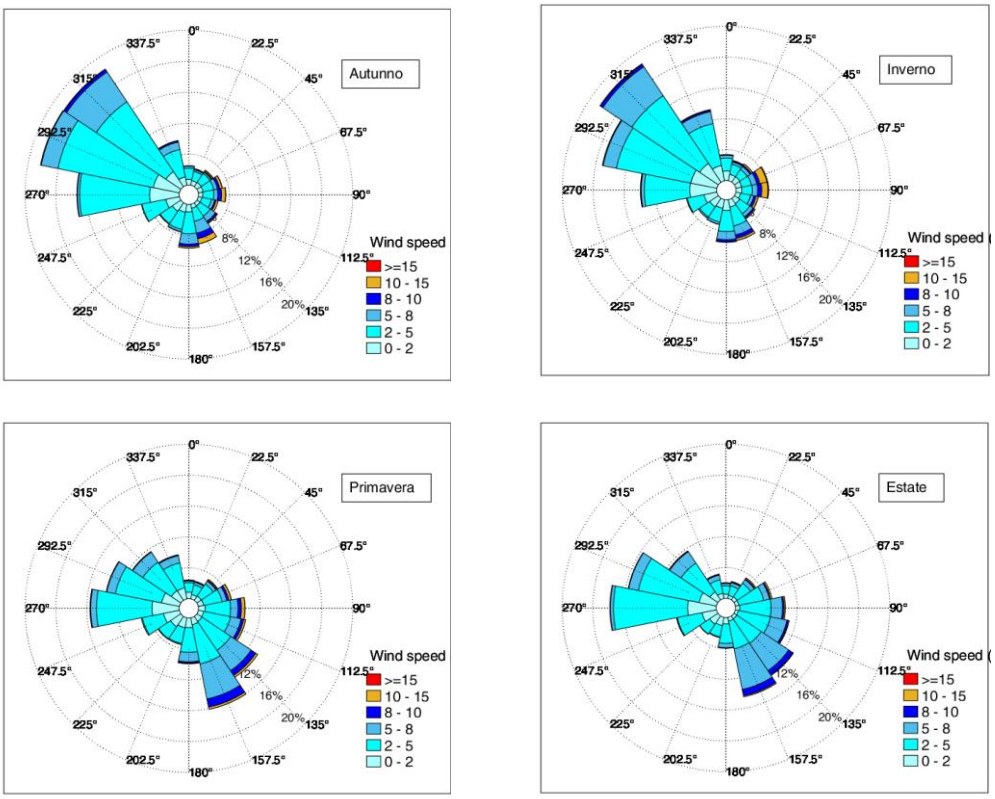


Figura 4.8 Rosa dei venti a Cesenatico per le stagioni autunno, inverno, promavera e estate.

4.2.2.2 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[13] 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 interdetta 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 4.9) è equipaggiata con un sistema direzionale Datawell Directional WaveRider MkIII 70 in grado di rilevare oscillazioni paria a ±20 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 (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*.

[13] 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 Indroduced by Extrem Storm Events.* (FP7 – ENV – 2007 – 1 cooperation, Grant agreement no.:202798).

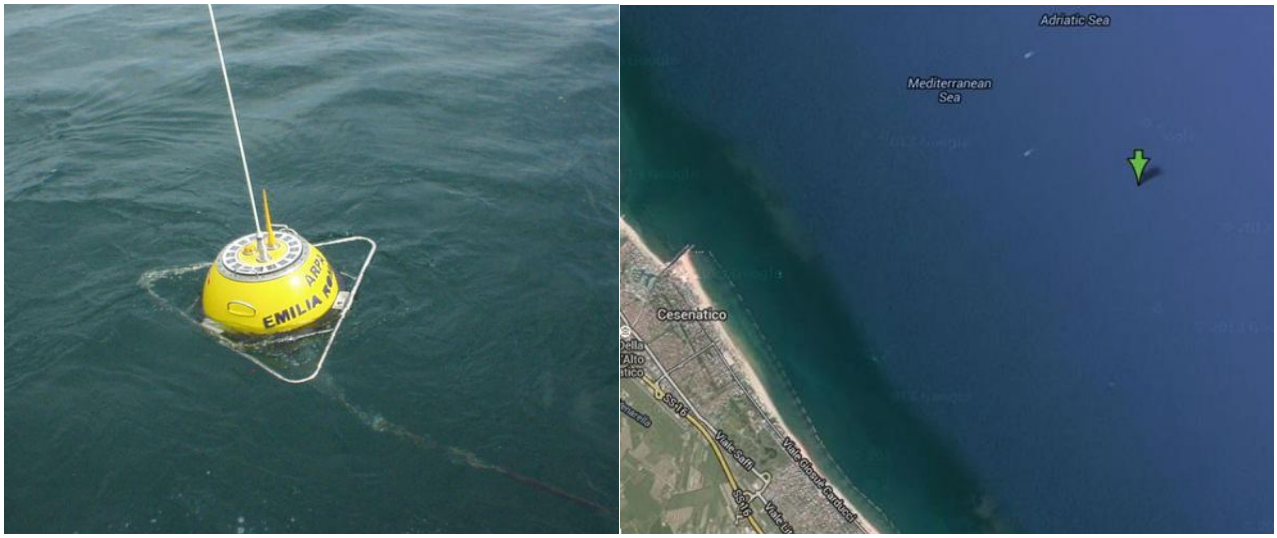


Figura 4.9 Boa ondametrica Nausicaa e sua posizione rispetto alla costa su mappa satellitare di GoogleEarth.

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 4.10 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.

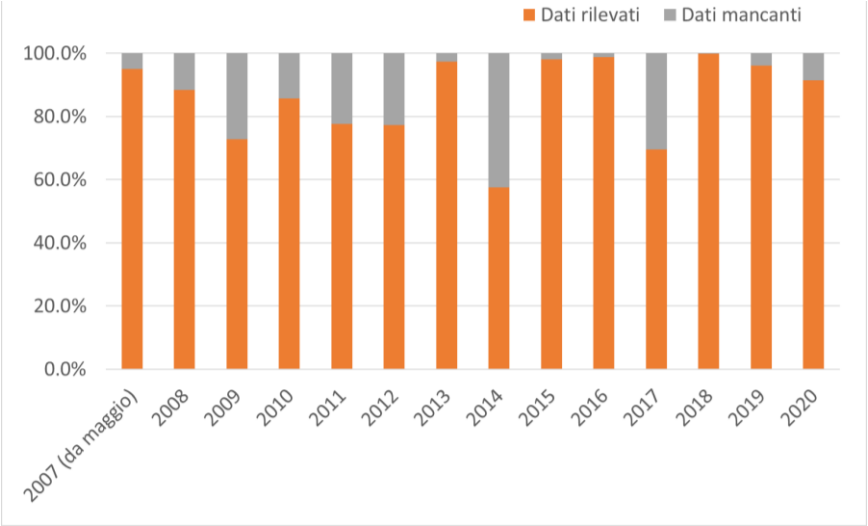


Figura 4.10 Disponibilità dei dati misurati da Boa Nausicaa nel periodo 2007-2020.

La nuova stazione di rilevamento è stata finanziata grazie ai fondi del progetto europeo strategico AdriaClim del Programma di cooperazione transfrontaliera Italia-Croazia che ha come obiettivo l'aggiornamento e lo sviluppo dei piani di adattamento regionali agli eventi estremi e ai futuri scenari climatici nell'area adriatica. Oltre al monitoraggio operativo in tempo reale delle condizioni del mare, utile alla prevenzione del rischio marino-costiero, Nausicaa 2 dovrebbe essere in continuità alla boa precedente per il popolamento di un data base regionale finalizzato all'analisi climatica dei parametri rilevati. In realtà in questo studio ci siamo limitati ai dati di Nausicaa.

Dopo un controllo preliminare di qualità dei dati, è stato possibile elaborare la rosa del clima ondoso (Figura 4.11), cioè la rosa di frequenza degli eventi distribuiti per classi di intensità e di direzione.

Il criterio di elaborazione adottato è stato quello di considerare "calma" le onde con altezza inferiore a 0.10 m e suddividere le altre all'interno di 10 classi, da 0.10 m a 4.00 m. I settori angolari considerati per la direzione sono 36 rispettivamente ampi 10°. Nelle tabelle seguenti, sono riportate le analisi sui dati registrati dalla boa e suddivisi per frequenze di accadimento in classi prestabilite.

Più in dettaglio si è osservato che:

- il settore caratterizzato da condizioni di moto ondoso dominante, ossia il settore caratterizzato dalla presenza di altezze d'onda massime superiori a 3 m, è quello definite nella seguente tabella
- la frequenza di eventi con altezza significativa maggiore di 3.0 m è pari a 0.21%;
- gli stati di mare regnanti, ossia gli stati di mare caratterizzati da frequenze di apparizione massime, si presentano nei settori di direzioni comprese tra 90 - 110°N. Le condizioni ondose che provengono da questo settore hanno una frequenza media pari al 29.84%;

- 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%
Totale	**0.21%**

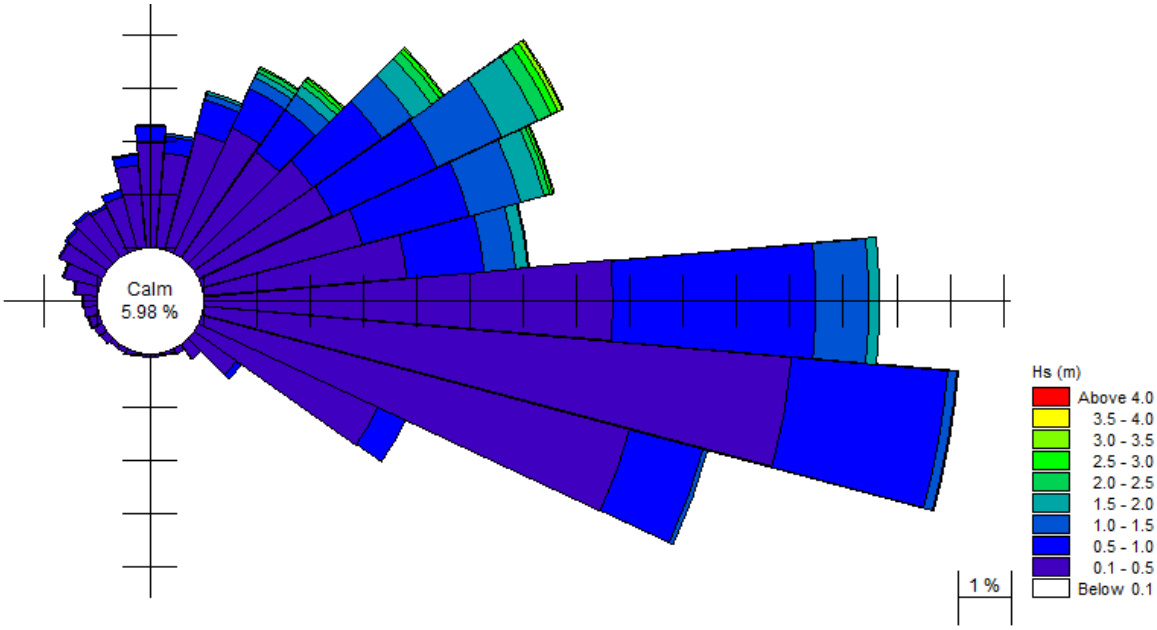


Figura 4.11 Rosa delle onde dai dati della boa Nausicaa (2007-2020).

Analisi degli eventi estremi dalla Boa Nausicaa

La mareggiata può essere definita come "una successione di stati di mare durante i quali H_s *(t)* supera una soglia critica h_{crit} e non scende al di sotto di tale soglia per durate di tempo superiori a un valore Δt_{crit} prefissato" (Boccotti 1997). I valori dei parametri che concorrono nella definizione del parametro non possono essere prefissati in modo assoluto, ma devono riflettere il preciso contesto climatico ed ambientale di applicazione.

Secondo Boccotti (1997) il valore Δt_{crit} può essere fissato pari a 6 ore e la soglia critica h_{crit}, nel Mediterraneo, è pari a 2 volte l'altezza media dell'onda. Nell'Atlante delle onde nei mari italiani (Corsini et al. 2004) si considera come mareggiata la successione temporale degli stati di mare caratterizzati da: persistenza dell'altezza d'onda sopra la soglia di 1 m maggiore di 12 ore consecutive, attenuazione dell'agitazione ondosa sotto la soglia di 1 m per meno di 6 ore consecutive, appartenenza della direzione di provenienza ad un determinato settore angolare (±30° rispetto alla direzione iniziale ovvero rotazione della direzione media della mareggiata inferiore a 60°), intervallo temporale tra due picchi indipendenti superiore a 48 ore (tale scelta è derivata sia dall'analisi della funzione di autocorrelazione dei dati di altezza d'onda sia dalle indicazioni sulla durata media delle tempeste nei mari italiani). Nell'ambito del Catalogo delle mareggiate e degli impatti associati sulla costa prodotto all'interno del progetto MICORE (Perini et al. 2011) vengono identificate come mareggiate gli eventi in cui l'altezza d'onda significativa supera per almeno 6 ore il valore minimo di 1.5 m. Due eventi sono considerati separati se H_s rimane al di sotto del valore soglia di 1.5 m per non meno di 3 ore consecutive.

Per eseguire l'analisi statistica delle altezze d'onda risulta necessario selezionare preliminarmente dei campioni di dati che rispondano al doppio requisito di risultare tra loro indipendenti ed omogenei. Per quanto riguarda l'indipendenza statistica si utilizza il metodo POT (*Peaks Over Threshold*), comunemente anche chiamato "della serie di durata parziale sopra soglia", che consiste nel prendere in esame il solo valore massimo di altezza d'onda (valore di picco) che si verifica nell'ambito di una singola mareggiata. L'individuazione di ciascuna mareggiata nell'ambito della serie storica viene effettuata introducendo una soglia di altezza d'onda e considerando che il singolo evento (mareggiata) abbia inizio quando l'altezza d'onda significativa supera per la prima volta il valore della soglia prestabilito. Conseguentemente si ipotizza che l'evento termini quando l'altezza d'onda significativa assume per la prima volta un valore inferiore a quello di soglia oppure quando si verifica un forte scarto della direzione del moto ondoso.
In questo studio, per l'individuazione degli eventi ondosi, è stata definita una soglia critica di 2 volte l'onda media, cioè circa 1 m. Per poter essere considerato "mareggiata", l'evento ondoso deve presentare una persistenza minima, sopra la soglia indicata, pari ad almeno 6 ore consecutive. Due eventi sono considerati separati se H_s si mantiene al di sotto del valore soglia per più di 3 ore successive. Si considera che l'evento abbia inizio quando l'altezza d'onda significativa supera la soglia per almeno 6 ore. L'evento termina quando l'altezza d'onda scende sotto la soglia prefissata per almeno 3 ore consecutive. In Figura 4.12, l'individuazione dei picchi delle mareggiate individuate, come dal metodo descritto.

I picchi di mareggiate selezionati dal clima registrato alla boa Nausicaa nel periodo 2007-2020 sono stati soggetti ad un'elaborazione statistica al fine di ricavare, mediante una regolarizzazione degli eventi estremi secondo note funzioni probabilistiche, le caratteristiche del moto ondoso da associare ad assegnati tempi di ritorno T_R (o probabilità di occorrenza).

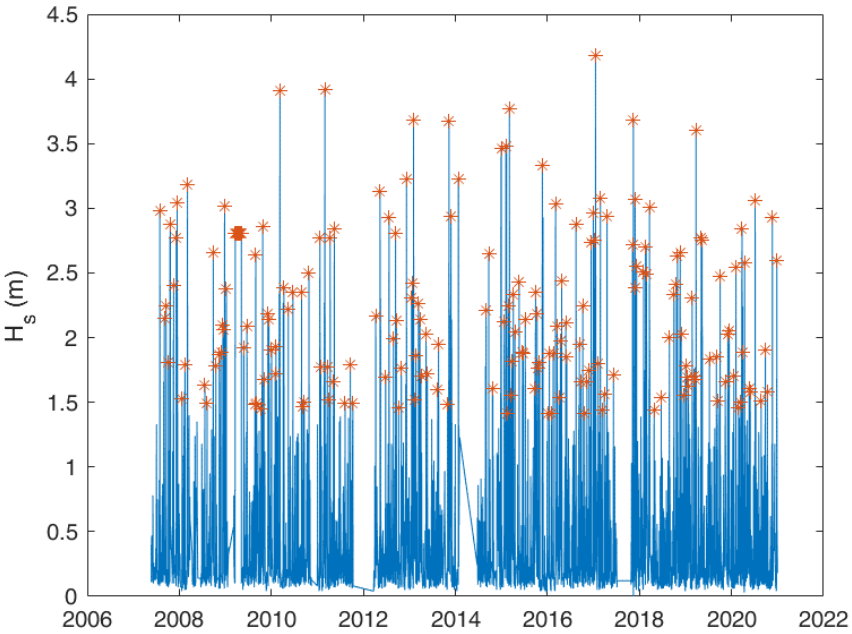


Figura 4.12 Identificazione delle mareggiate.

Per valutare la migliore distribuzione di probabilità, abbiamo confrontato le 3 distribuzioni più comunemente usate (lognormali, Gumbel e Weibull) e scelto la distribuzione di Gumbel come quella con maggiore coefficiente di correlazione. La Figura 4.13 rappresenta sull'asse delle ascisse la altezza dell'onda H e sull'asse delle ordinate il parametro di Gumbel ridotto Z=-ln(-ln(F)), dove F è la probabilità di non superamento. Le leggi adottate di distribuzione di probabilità cumulata di non superamento (funzione di ripartizione) sono quelle di Gumbel:

$$P_{x_{max}}(x) = 1 - exp\left[-e^{\frac{x-b}{a}}\right]$$

Tenendo conto che la probabilità cumulata di non superamento è legata al tempo di ritorno dell'evento dalla relazione:

$$T_R(X \leq x) = \frac{1}{1 - P(X \leq x)}$$

si sono stimate le altezze d'onda relative ai diversi tempi di ritorno, per gli eventi di Scirocco e di Bora. In seguito a test statistici si è visto che la distribuzione che meglio si adatta ai dati è la distribuzione di Gumbel e da tali valori sono state estratte le condizioni ordinarie ed estreme.

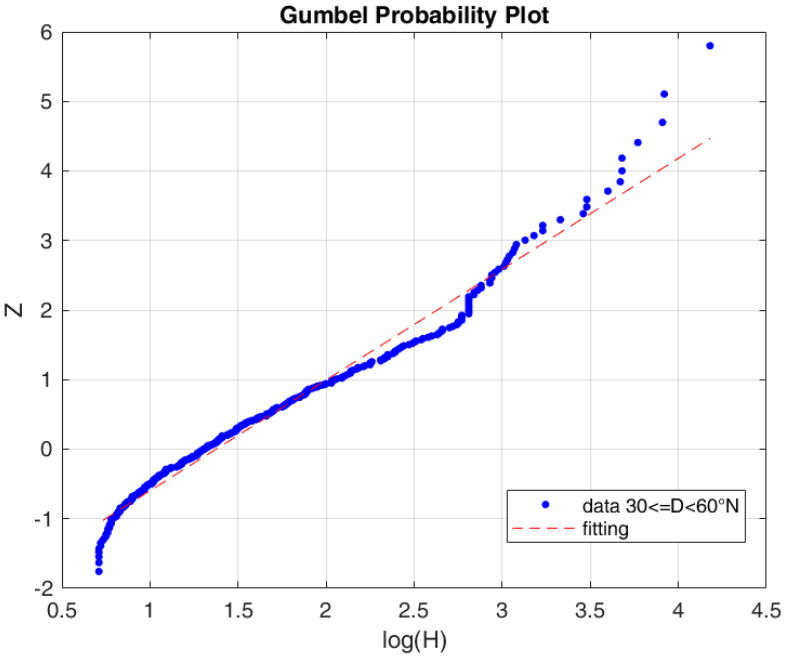


Figura 4.13 Distribuzione statistica dei valori estremi di Hs per il settore direzionale 30-60°N.

Per identificare il periodo di picco delle altezze d'onda estreme identificate, viene interpolato dai dati disponibili il rapporto tra periodo di picco e l'altezza d'onda significativa utilizzando le relazioni empiriche per tutte le direzioni (0-360°) e per le direzioni più significative del clima ondoso (0°-30°, 30°-60°, 60°-90°, 90°-120° e 120°-150°) come la seguente:

$$T_P = a + b \cdot H_S^C$$

Le caratteristiche dei valori attesi delle onde per i tempi di ritorno T_R uguali a 1, 2, 5, 10, 25, 50, 70, 100, 150, 200, 500 e 1000 anni sono riportati nella Tabella 4.6 (omnidirezione) e in Tabella 4.7 (per i diversi settori direzionali).

Tabella 4.6 Caratteristiche delle onde associate a periodi di ritorno: mutlidirezionale (0-360°N).

T_R (anni)	0°<=D<360°	
	H_s	T_p
	m	s
1	3.37	8.21
2	3.76	8.39
5	4.28	8.61
10	4.66	8.76
25	5.18	8.95
50	5.56	9.08
70	5.75	9.14
100	5.95	9.21
150	6.18	9.28
200	6.34	9.33
500	6.85	9.47
1000	7.24	9.58
Coeff corr	*0.9779*	

Tabella 4.7 Caratteristiche delle onde associate a periodi di ritorno per settori direzionali di ampiezza 30°.

T_R (anni)	0°<=D<30°		30°<=D<60°		60°<=D<90°		90°<=D<120°		120°<=D<150°	
	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p	H_s	T_p
	m	s	m	s	m	s	m	s	m	s
1	2.40	6.37	3.00	8.37	0.95	3.73	1.76	7.72	3.30	8.54
2	2.75	6.63	3.32	8.57	1.06	3.81	1.96	8.01	3.67	8.89
5	3.19	6.92	3.74	8.81	1.20	3.89	2.23	8.35	4.14	9.31
10	3.53	7.13	4.05	8.98	1.31	3.95	2.43	8.60	4.50	9.61
25	3.97	7.37	4.46	9.18	1.45	4.02	2.69	8.90	4.98	9.98
50	4.31	7.55	4.77	9.33	1.56	4.07	2.89	9.12	5.34	10.25
70	4.47	7.63	4.92	9.40	1.61	4.09	2.99	9.22	5.51	10.37
100	4.64	7.72	5.08	9.47	1.67	4.11	3.09	9.33	5.69	10.50
150	4.84	7.81	5.27	9.55	1.73	4.14	3.21	9.44	5.90	10.65
200	4.98	7.87	5.40	9.60	1.69	4.12	3.29	9.53	6.05	10.75
500	5.42	8.07	5.81	9.77	1.82	4.18	3.55	9.78	6.52	11.06
1000	5.76	8.21	6.12	9.89	1.92	4.22	3.75	9.96	6.88	11.29
Coeff corr	*0.9613*		*0.9712*		*0.9895*		*0.9910*		*0.9608*	

4.2.2.3 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.

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.

I dati di marea sono stati rilevati da questo mareografo con una frequenza pari a 1 ora e coprono un periodo compreso tra il 01/01/1975 e il 31/12/2007, con una mancanza di dati tra il 01/01/1976 e il 17/08/1986 e per l'anno 1995.
Questi dati di marea registrati sono comprensivi della componente meteorologica e della componente astronomica e quindi su di essi è possibile effettuare analisi su entrambe.
Per l'analisi statistica degli eventi estremi dei livelli, si è fatto riferimento ad un periodo complessivo di 20 anni, che risulta sufficientemente lungo per effettuare l'analisi delle componenti meteorologiche ed astronomiche della marea.
Tralasciando le possibili interazioni non lineari tra la componente mareale (M(t)) e non mareale (S(t)), quest'ultima può essere espressa in forma analitica con la seguente formula:

$$S(t) = X(t) - Z_0(t) - M(t)$$

essendo $Z_0(t)$ il livello del mare che, variando lentamente nel tempo, può essere trascurato, e $X(t)$ il valore osservato. Localmente, per conoscere gli effetti meteorologici sul livello del mare, noto il mareogramma X(t), è possibile determinare la funzione S(t) eliminando dal mareogramma le variazioni dovute alle componenti di frequenza della banda diurna della marea contenute nella M(t): infatti le componenti armoniche sub – mareali dello spettro di frequenza del livello del mare comprese nella banda limitata dalle componenti mareale diurna e mensile sono dominate dagli effetti meteorologici che, spesso, sono uniformi su vaste aree.

4.2.3 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 4.14): 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.

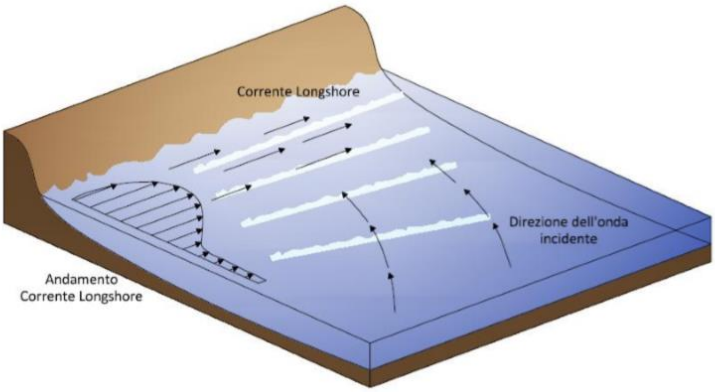


Figura 4.14 Schema della generazione della corrente long-shore.

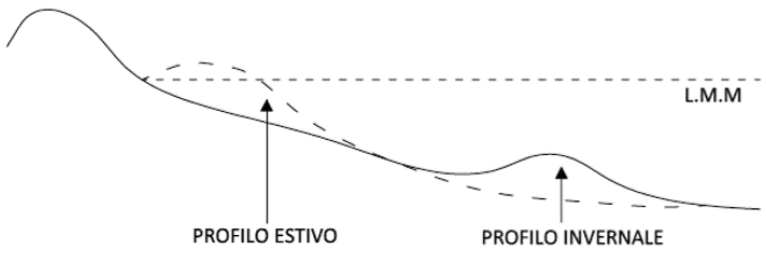


Figura 4.15 Profilo cross-shore invernale ed estivo.

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 4.15); 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.

4.2.4 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.

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.

4.2.5 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^2. 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 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[14]), 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.

[14] https://www.gse.it/normativa_site/GSE%20Documenti%20normativa/EMILIA_ROMAGNA_DCR_n187__20_12_2018.pdf

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 ei 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.

4.3 Inquadramento geologico e geomorfologico

4.3.1 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 formatisi 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 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.

4.3.1.1 Suddivisione della zona di sedimentazione

Da quanto è stato fin qui illustrato, si possono individuare e delineare nel sottosuolo ravennate quatto zone di sedimentazione aventi proprie caratteristiche sedimentologiche e litologiche (Figura 4.16):

- **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 verificatori 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.

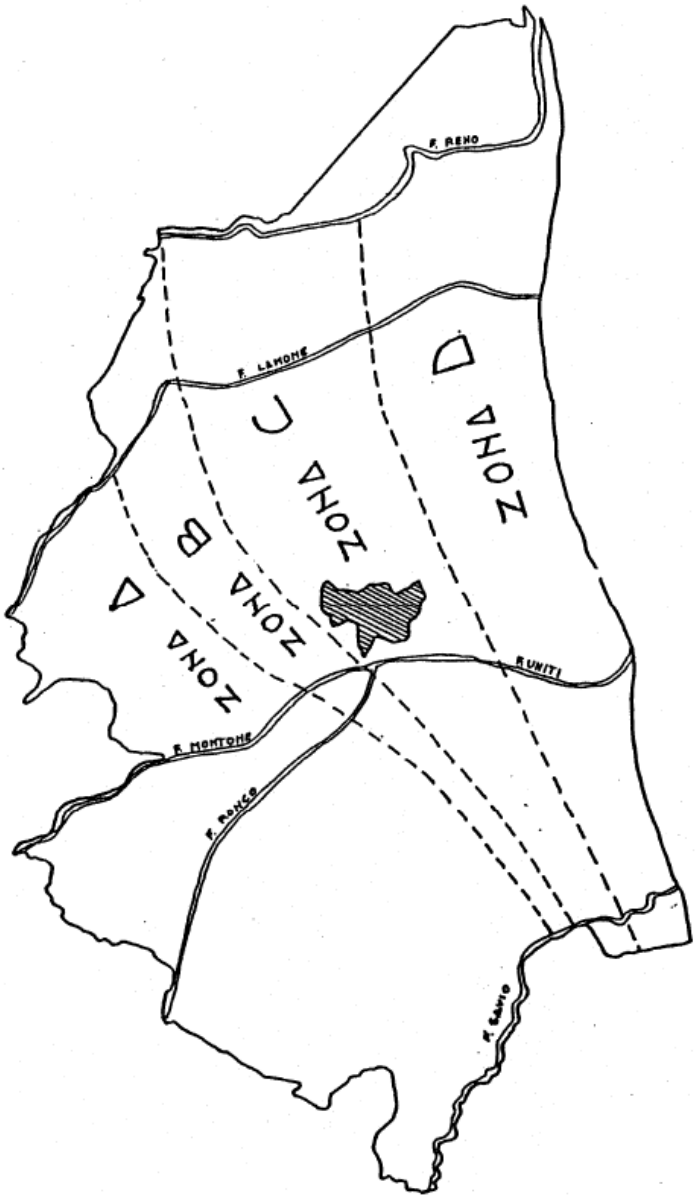


Figura 4.16 Suddivisione della zona di sedimentazione.

4.3.2 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:

- **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.

4.3.3 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 4.17).

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;

La pianura deltizia del Po e la costa emiliano romagnola, dove i tassi di subsidenza arrivano a 0,8-1,6 cm/anno (Figura 4.19).

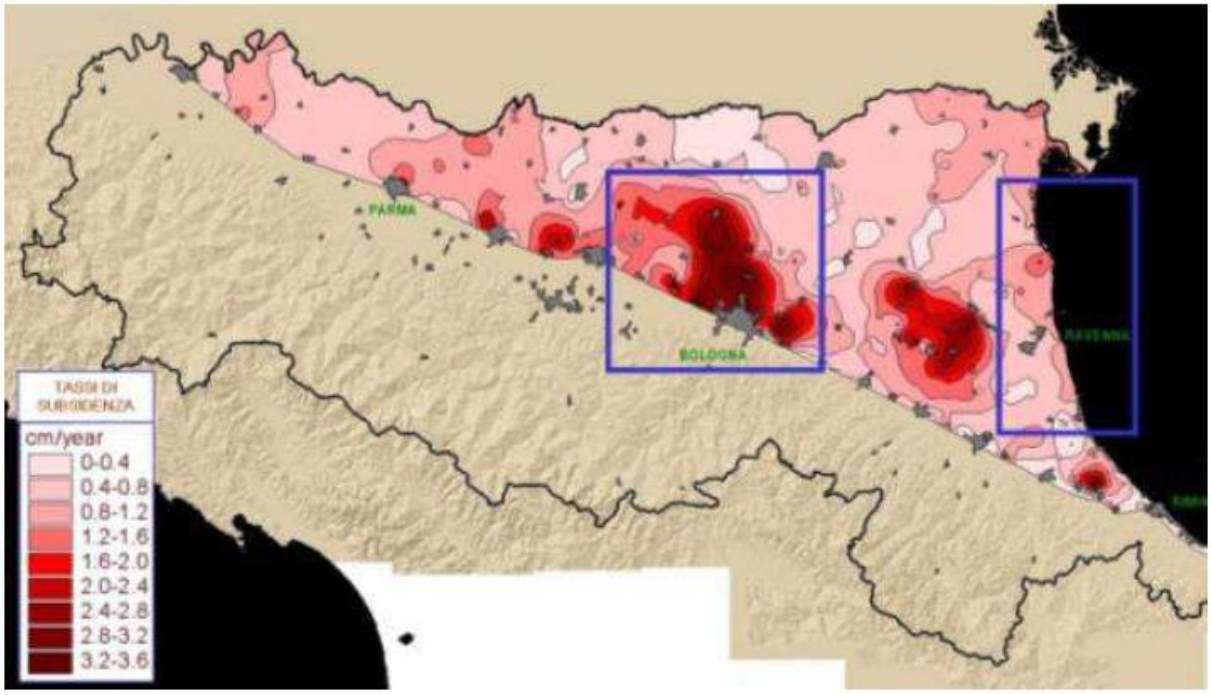


Figura 4.17 Distribuzione della subsidenza nella pianura emiliano romagnola nel periodo 1973/93-1999 e delimitazione di due aree critiche oggetto di studi specifici. Dati ARPA Ingegneria Ambientale, Bologna.

I numerosi studi eseguiti negli ultimi decenni sulla subsidenza in Pianura Padana hanno consentito di capire che i valori di subsidenza così elevati sono da attribuire al massiccio prelievo di fluidi dal sottosuolo che è stato protratto in tutto il secondo dopoguerra (Carminati et al. 2005). Infatti questo prelievo determina la diminuzione del volume del sedimento in cui è contenuto (in particolare se si tratta di argille e limi) che, conseguentemente, si costipa e la sua superficie topografica scende di quota.

ARPA-RER ha pubblicato per l'intervallo temporale 2011- 2006 (Figura 4.20, sintesi a livello ravennate), una nuova cartografia Interferometrica InSar, dalla quale è possibile valutare sotto il profilo qualitativo come la distribuzione delle isocinetiche Arpa-InSar (elaborate con equidistanza pari a 2,5 mm/a) indichi una percezione immediata, non tanto ai valori di velocità indicati (mm/a) ma, soprattutto, alla articolazione delle isocinetiche e relativa loro distribuzione areale. Distribuzione in grado di definire (a differenza di quanto possibile attraverso le livellazioni) anche aree molto circoscritte come, ad esempio, quella segnalata all'interno dell'area portuale di Ravenna.

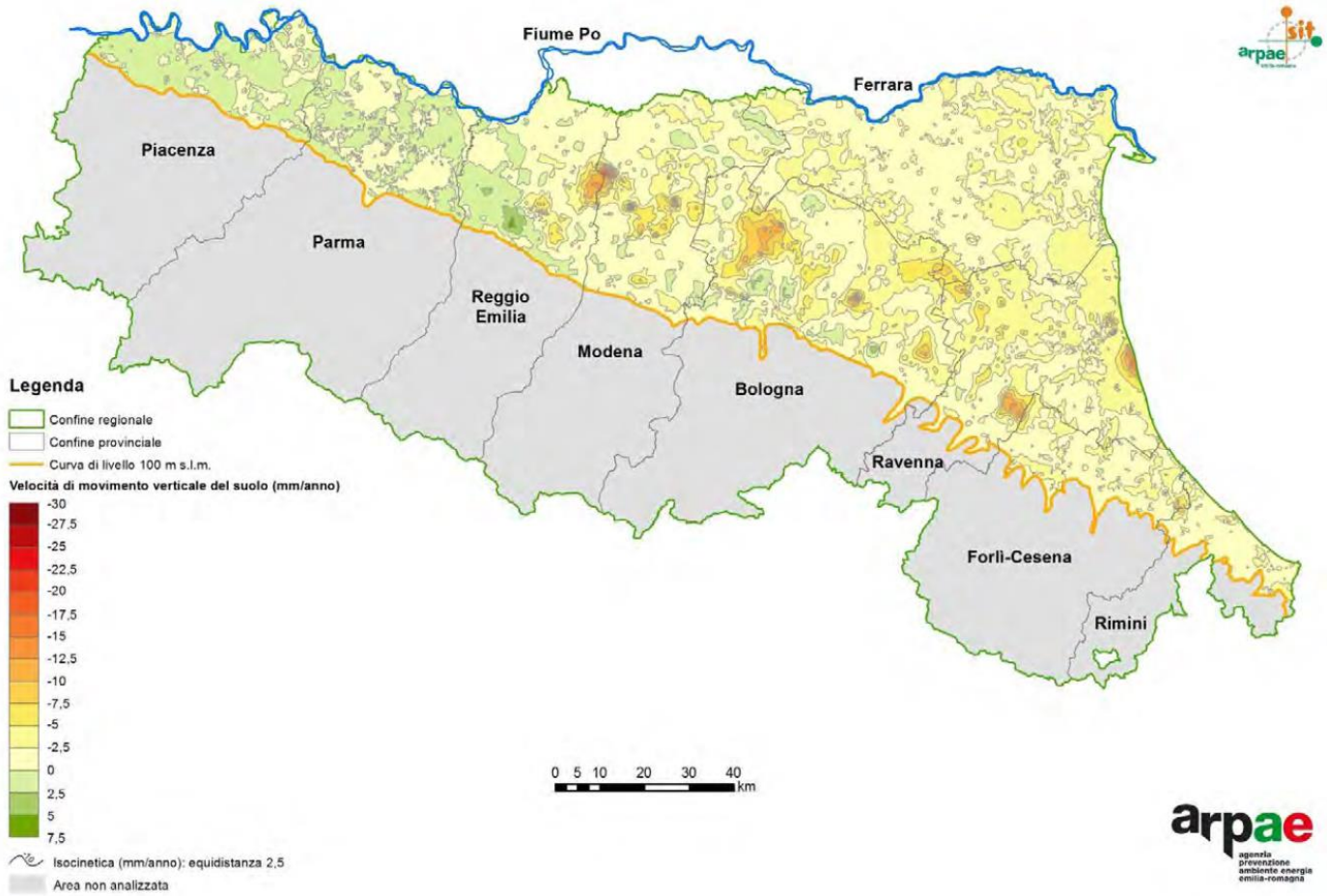


Figura 4.18 Carta delle velocità di movimento verticale del suolo nel periodo 2011-2016 (Bissoli & Pellegrino 2018).

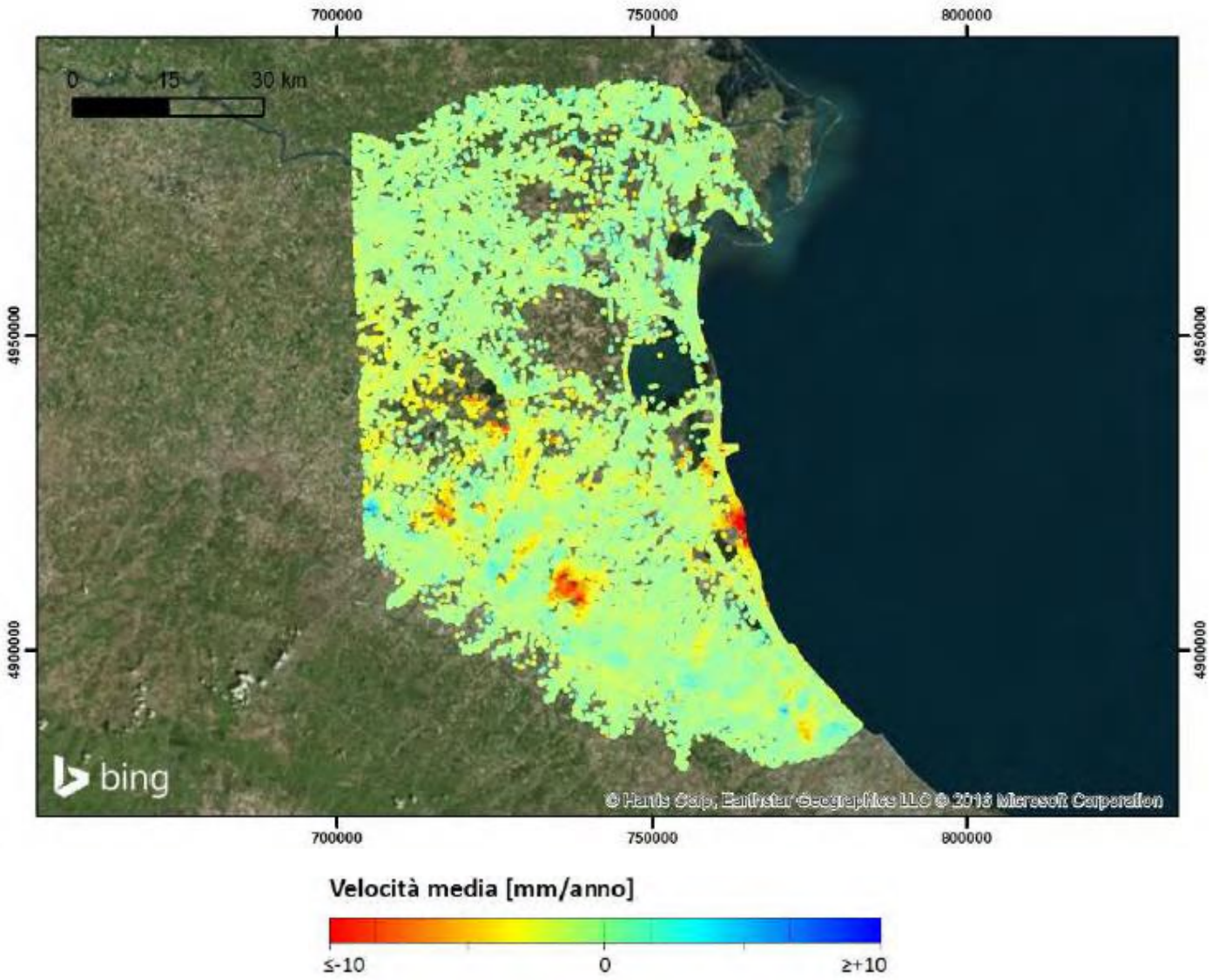


Figura 4.19 Velocità media annua dei punti individuati con l'elaborazione del sito di Ravenna (Bissoli & Pellegrino 2018).

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 4.20).

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

aumentata 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 4.21).

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. 2016b, Perini et al. 2017; Figura 4.22).

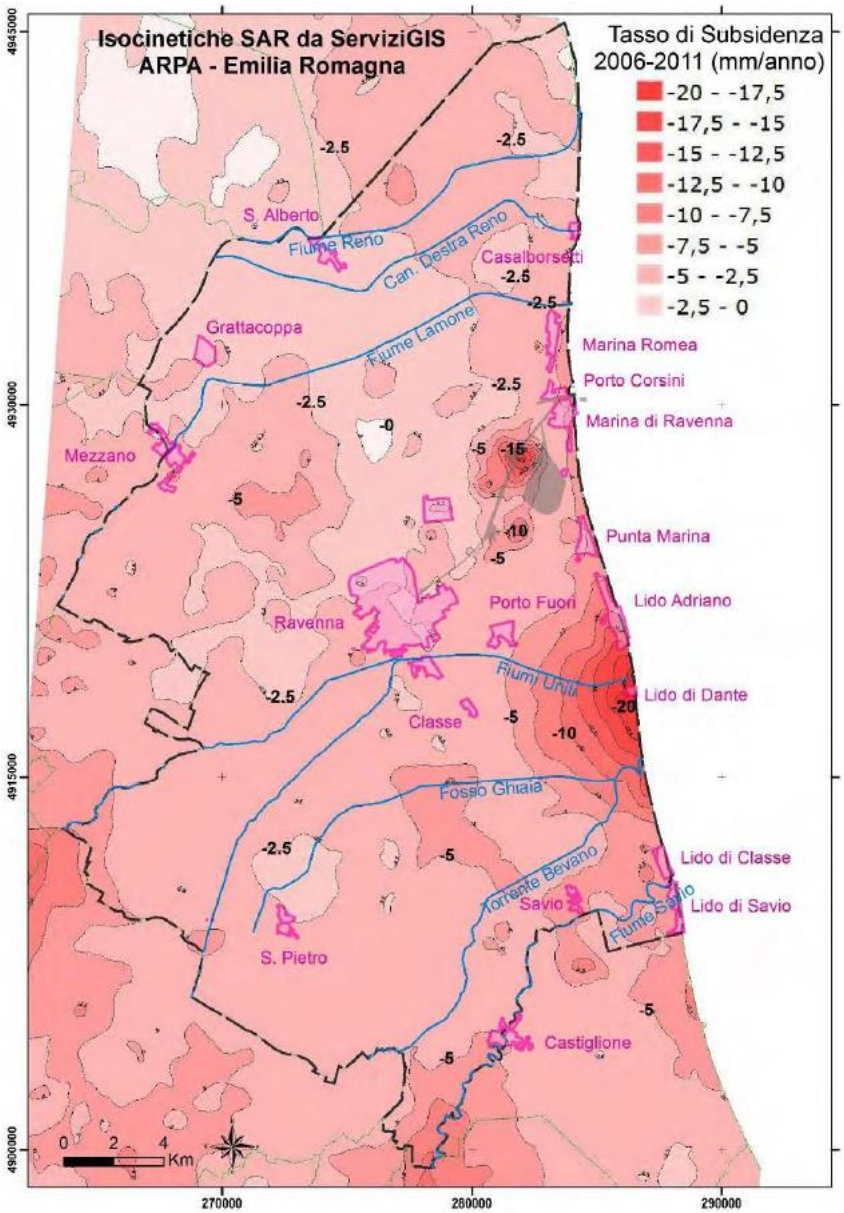


Figura 4.20 Isocinetiche SAR messe recentemente a disposizione sul portale delle Regione E-R. In figura riportato uno stralcio relativo al Comune di Ravenna.

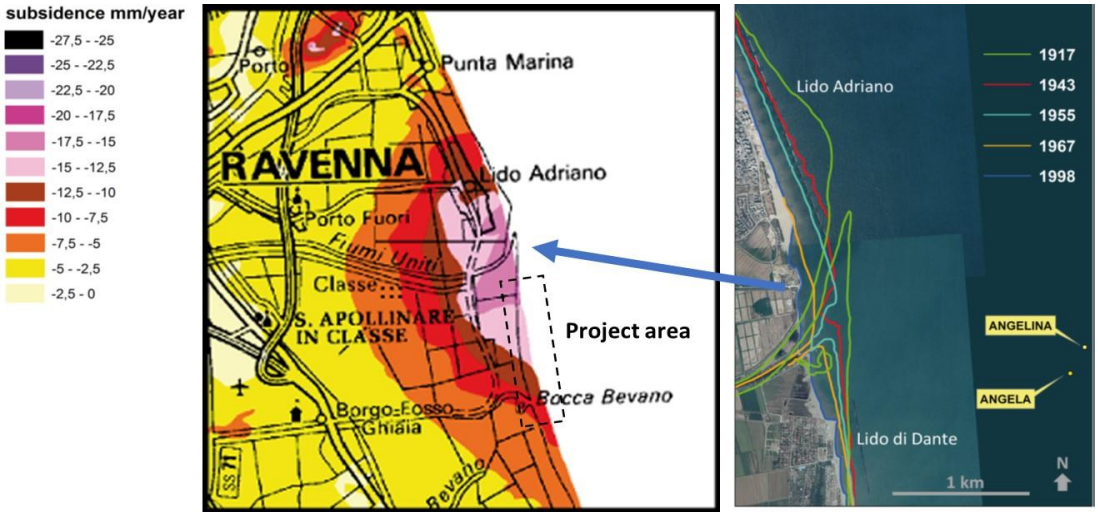


Figura 4.21 A sinistra, mappe isocinetiche della subsidenza del terreno 2011-2016 intorno all'area di progetto (linea tratteggiata), a destra, la posizione della linea di costa presso la vicina foce dei Fiumi Uniti nel periodo 1917-1998 (Calabrese et al. 2021).

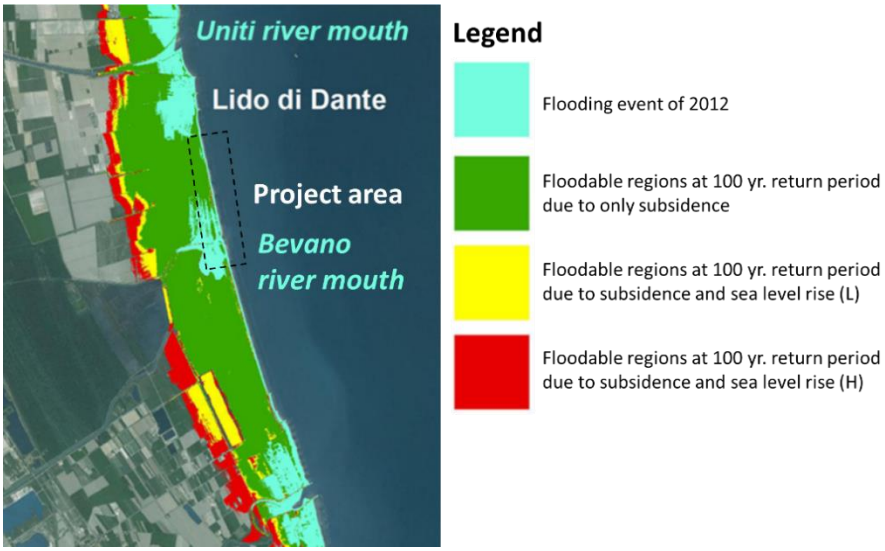


Figura 4.22 Regioni alluvionali attorno all'area del progetto (linea tratteggiata) in caso di mareggiata con periodo di ritorno di 100 anni in diversi scenari (L = "migliore" e H = "peggiore" scenario di aumento del livello del mare; Perini et al. 2017).

4.4 Sedimenti litoranei

Le caratteristiche dei sedimenti nell'area marina prospicente 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).

Il disegno di campionamento per l'analisi dei sedimenti e dei popolamenti bentonici ha previsto 70 punti di prelievo nell'area marina compresa fra Lido di Dante e Lido di Classe, 10 punti all'interno dell'area terminale del Bevano e della laguna retrodunale a nord dell'attuale foce, formatasi in seguito all'intervento di traslazione in senso meridionale della stessa (effettuato a gennaio 2006). I punti di prelievo in mare sono stati pianificati in modo equidistribuito sull'intera area d'interesse per consentire una adeguata mappatura delle variabili misurate (Figura 4.23).

Sul totale di 70 campioni lato mare, 56 sono stati raccolti mediante benna di acciaio (area = 0,1 m^2), utilizzando la nave oceanografica "Daphne II" fornita dalla Struttura Oceanografica Daphne dell'Agenzia Regionale per la Prevenzione, l'Ambiente e l'Energia dell'Emilia-Romagna (ARPAE; Figura 4.24).

I restanti 14 campioni, a profondità inferiore ai 2,5 m, sono stati prelevati in immersione subacquea (Figura 4.25) da natante. La raccolta di questi campioni è avvenuta mediante l'utilizzo di un cilindro (area = 0,05 m^2) per delimitare l'area di interesse, il cui contenuto è stato raccolto mediante una paletta, quindi isolato in una busta ermetica. Tutti i campioni sono stati processati una volta a bordo delle imbarcazioni di supporto. Un'aliquota di sedimento da 200 ml è stata riservata alle analisi granulometriche, un'aliquota di 60 ml è stata destinata per l'analisi del contenuto in sostanza organica, conservato a -18 °C, il resto del campione è stato setacciato per estrarre gli organismi con taglia superiore a 0,5 mm, conservarti in alcool etilico 90%. I campionamenti si sono svolti nelle date 22-23/05/2019 con benna da nave oceanografica, e nei giorni 26/06/2019 e 04/07/2019 in immersione subacquea.

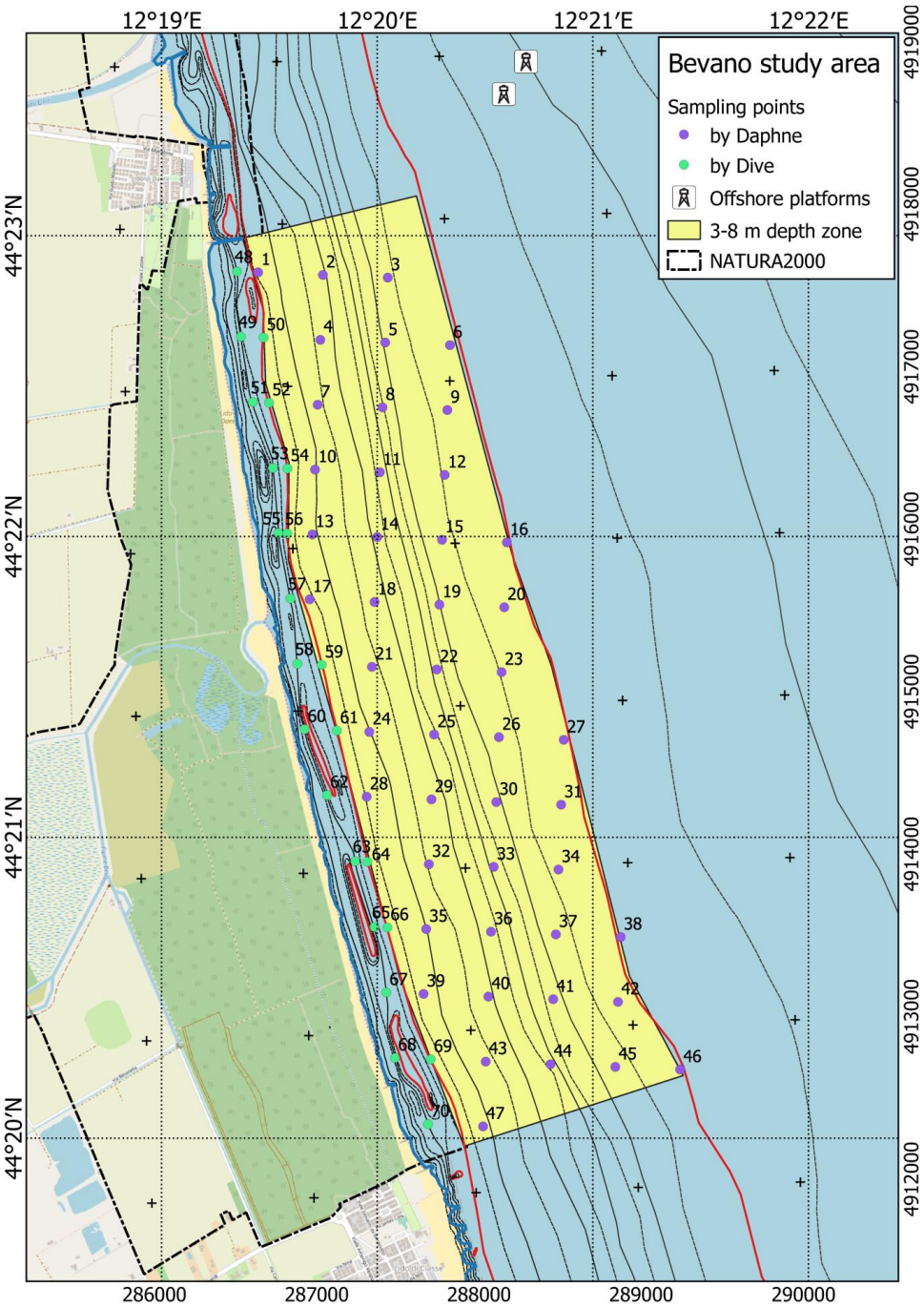


Figura 4.23 Punti di campionamento dei sedimenti e dei popolamenti bentonici dell'area marina prospicente la foce del Torrente Bevano (mappa in proiezione di Mercatore coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84).

Figura 4.24 Fasi di campionamento a bordo della N/O Daphne II con benna Van Veen.

Figura 4.25. Fasi di campionamento in immersione (Foto Massimo Ponti).

I campioni disponibili sono stati divisi in due set, il primo (24 campioni) destinato ad analisi granulometriche di dettaglio, commissionate ad ARPAE, il secondo per analisi speditive eseguite presso i laboratori del CIRSA. Entrambi i set contenevano campioni equidistribuiti sull'intera area di studio. Alcuni campioni del primo set sono stati rianalizzati anche con il metodo speditivo per verificare la consistenza dei risultati ottenuti con i due metodi.

Per l'analisi dei 24 campioni analizzati da ARPAE, sono stati definite 11 differenti classi granulometriche secondo la scala di Wentworth, mediante l'impiego del Setacciatore Multidimensionale IG/1/S (Giuliani Tecnologie srl, setacci certificati ASTM), seguendo le "Metodologie analitiche di riferimento - Programma di monitoraggio per il controllo dell'ambiente marino-costiero (triennio 2001-2003) di Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio Servizio Difesa Mare e ICRAM, p. 84": scheletro (> 2 mm), sabbia molto grossa (2-1 mm), sabbia grossa A (1-0,71 mm), sabbia grossa B (0,71-0,5 mm), sabbia media A (0,5-0,355 mm), sabbia media B (0,355-0,25 mm), sabbia fine A (0,25-0,18 mm), sabbia fine B (0,18-0,125 mm), sabbia finissima A (0,125-0,09 mm), sabbia finissima B (0,09-0,0625 mm), fanghi (<0,0625 mm). Per 3 dei 24 campioni analizzati da ARPAE è stata eseguita un'analisi di dettaglio della componente fangosa mediante sedigrafo Sedigraph III (Micrometrics Instrument Corp.), le classi dimensionali prescelte sono state: limo grosso A (0,0625-0,0442 mm), limo grosso B (0,442-0,0313 mm), limo medio A (0,0313-0,0221 mm), limo medio B (0,0221-0,0156 mm), limo fine A (0,0156-0,011 mm), limo fine B (0,011-0,0078 mm), limo finissimo A (0,0078-0,0055 mm), limo finissimo B (0,0055-0,0039 mm), argille A (0,0039-0,0028 mm), argille B (0,0028-0,002 mm), argille C (< 0,002 mm). I dati sono stati espressi in percentuali in peso secco.

L'analisi granulometrica speditiva è stata eseguita per via umida utilizzando setacci (Giuliani Tecnologie S.r.l., certificati ASTM) rispettivamente a maglia 0,250 mm e a 0,063 mm posti in colonna all'interno di una vaschetta di raccolta, così da poter ottenere 3 differenti classi granulometriche, ognuna delle quali percentualizzata sul totale: sabbie medie (> 0,250 mm), sabbie fini (0,250 e a 0,063 mm), fanghi (<0,063 mm). Una volta separate le differenti classi granulometriche, la loro percentuale sul peso totale è stata ricavata utilizzando un sistema di filtraggio con filtri in carta precedentemente pesati utilizzando una bilancia analitica con precisione di 0,00001 g (Kern 776). Una volta filtrata ogni singola componente, si è proceduto all'essicazione in stufa (MMM Venticell 111) a 80 °C per 24 ore, al termine delle quali sono state rilevate le masse delle singole componenti mediante l'utilizzo della bilancia analitica, sottraendo la tara del filtro dalla massa totale essiccata. Anche in questo caso i dati sono stati espressi in percentuali in peso secco.

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 (Figura 4.26). 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 4.27) a sabbie fini (0,25 mm – 0,063 mm) che occupano con percentuali elevate (60-90%) gran parte dell'area di studio (Figura 4.28), fino a una maggiore presenza di fango (< 0,063 mm) dal 30 al 60%, nelle zone più al largo (Figura 4.29). 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.

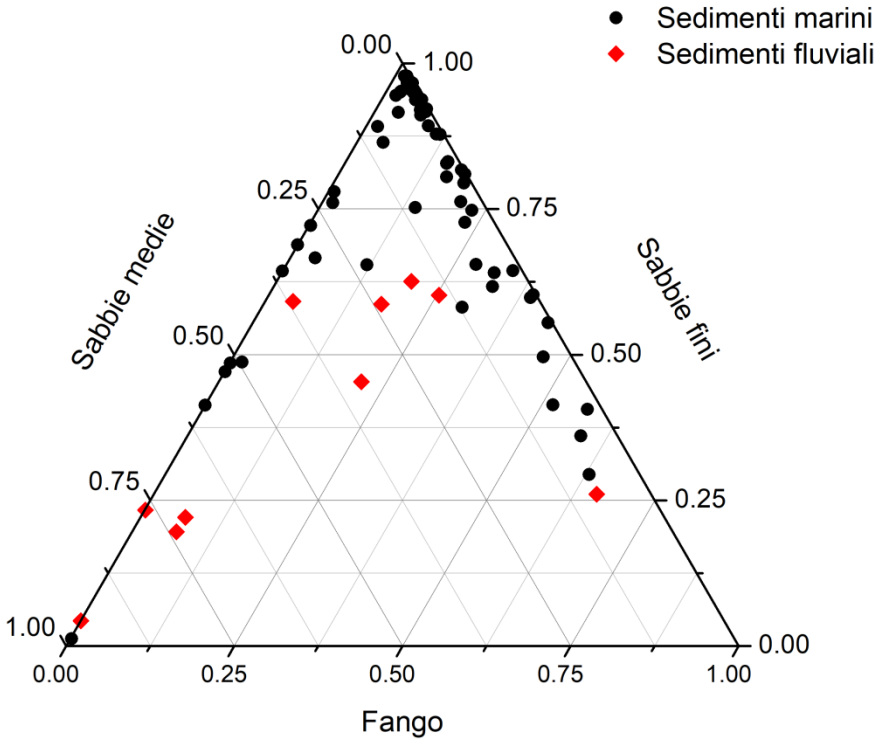


Figura 4.26 Grafico triangolare della composizione granulometrica dei sedimenti campionati.

4.4.1 Sostanza organica nei sedimenti

Il contenuto di sostanza organica dei sedimenti è stato ottenuto con il metodo della perdita percentuale di peso per incenerimento (LOI%, ovvero *Loss of ignition*), secondo la formula:

$$\text{LOI } \% = \frac{\text{peso secco} - \text{peso delle ceneri}}{\text{peso secco}}$$

A tale scopo, i sedimenti, posti in contenitori di ceramica precedentemente pesati, sono stati prima essiccati a 80 °C per 24 ore e successivamente inceneriti esponendoli a 450°C per 8 ore in muffola (Incofar ZE). Tutte le pesate, prima e dopo l'incenerimento, sono state eseguite con bilancia analitica con precisione di 0,00001 g (Kern 776).

Il contenuto di sostanza organica risulta coerente con la tipologia dei sedimenti: abbiamo infatti un andamento crescente a mano a mano che ci allontaniamo dalla linea di costa, con tendenza ad avere i massimi valori (3.5%) nella porzione più al largo e settentrionale dell'area campionata (Figura 4.30).

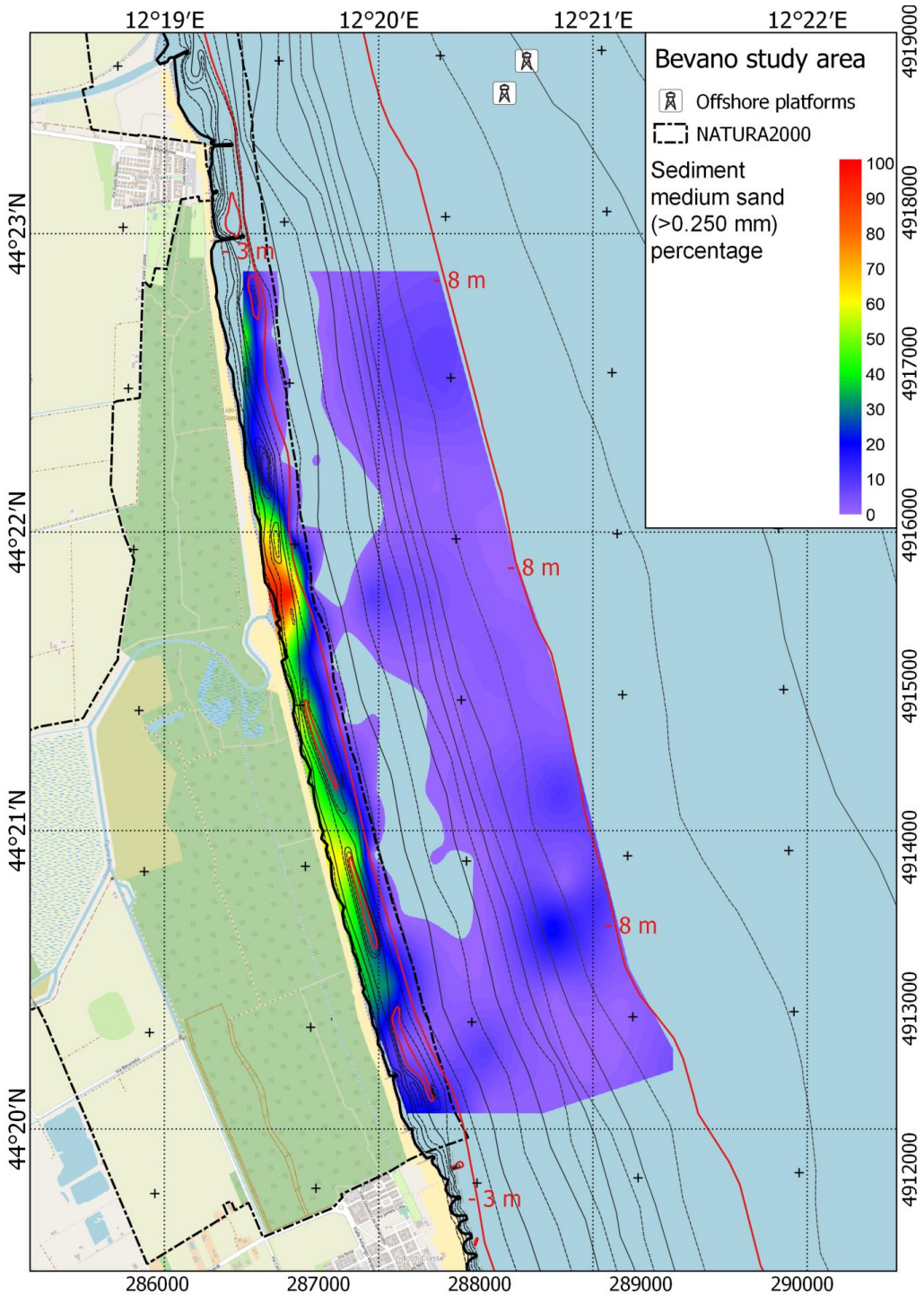


Figura 4.27. Mappa di distribuzione delle sabbie medie nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

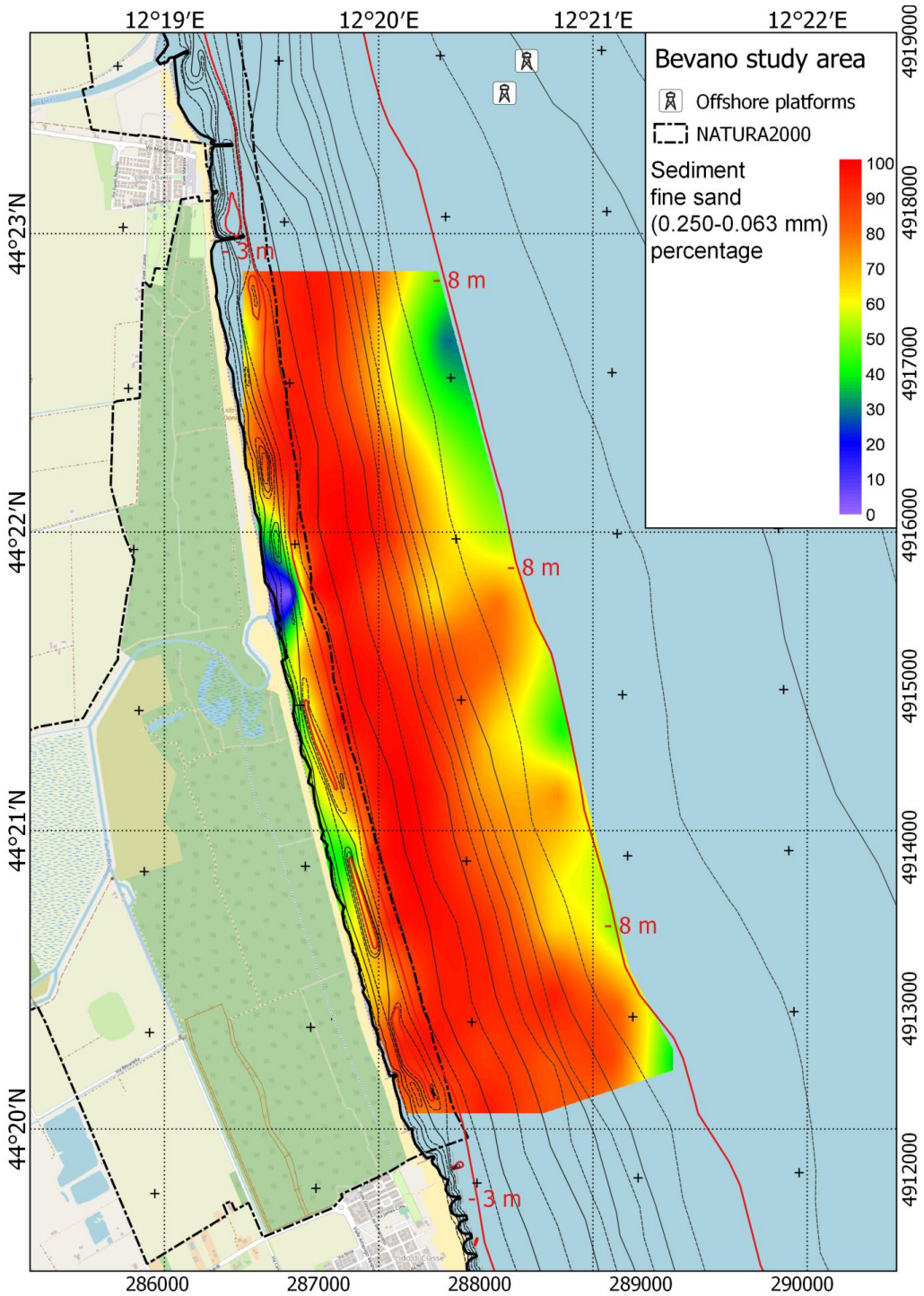


Figura 4.28. Mappa di distribuzione delle sabbie fini nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

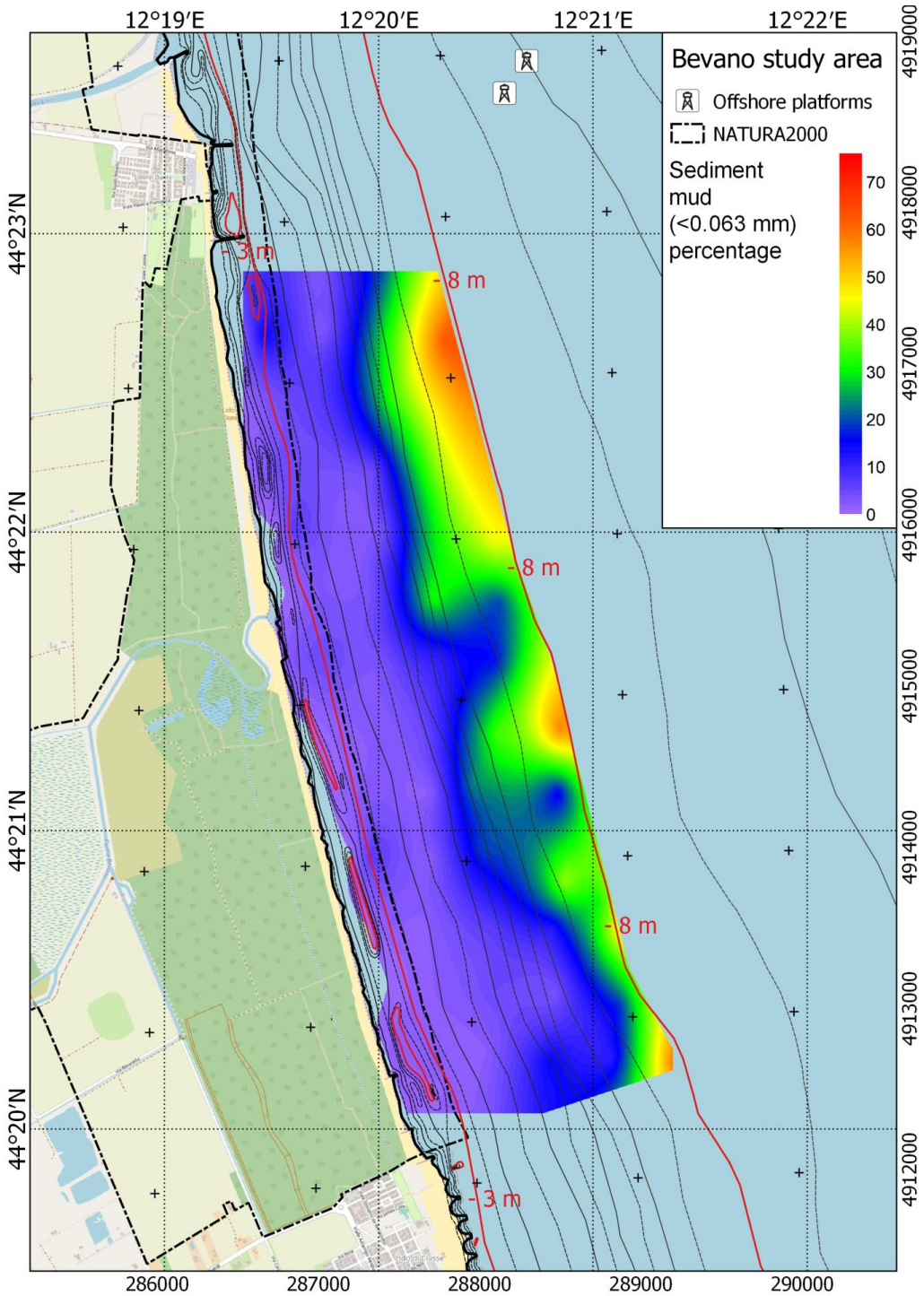


Figura 4.29. Mappa di distribuzione dei sedimenti fangosi nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

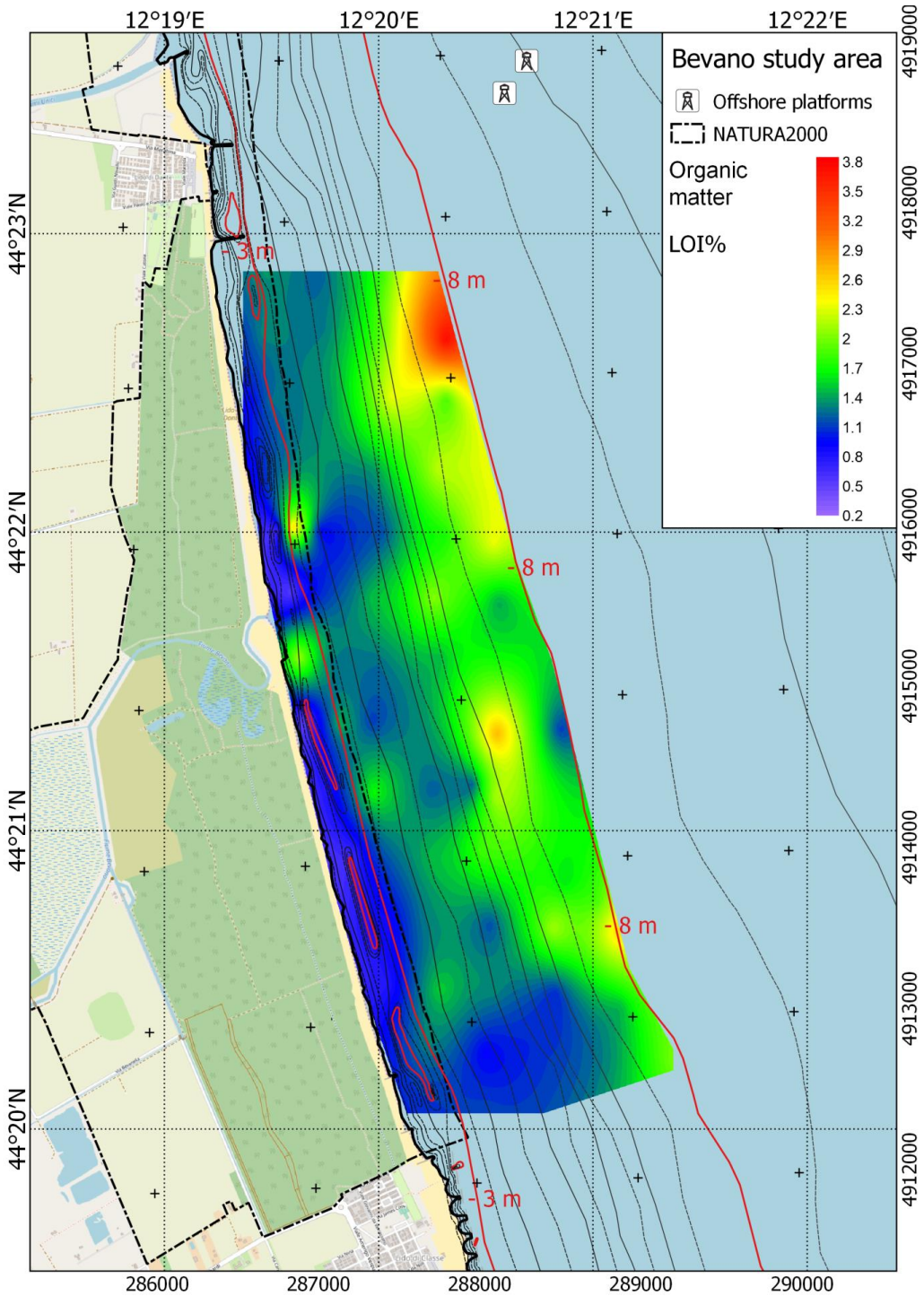


Figura 4.30. Mappa di distribuzione della sostanza organica, in termini di LOI%, nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, profondità MLLW, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

4.5 Qualità delle acquee 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 4.8.

Tabella 4.8 Stazioni di riferimento per il presente studio (dati Arpae 2021).

Codice Stazione	Località	Corpo idrico	Distretto idrografico L. 221/15	X_ETRS89 UTM Zone 32N	Y_ETRS89 UTM Zone 32N	Distanza costa (km)	Prof (m)
9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	764830.451	4921820.870	0.5	5.4
SFBC9	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	764749.257	4922127.438	1	6
309	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	767265.292	4922354.262	3	9.4
AngeCl	Lido Adriano	CD2	Fiume Po	766340.098	4920792.024	1.95	7.5

4.5.1 Carichi fluviali

L'area in esame è caratterizzata da carichi fluviali medi annui di nutrienti e metalli relativamente ridotti, se confrontati con il resto della regione (Figura 4.32).

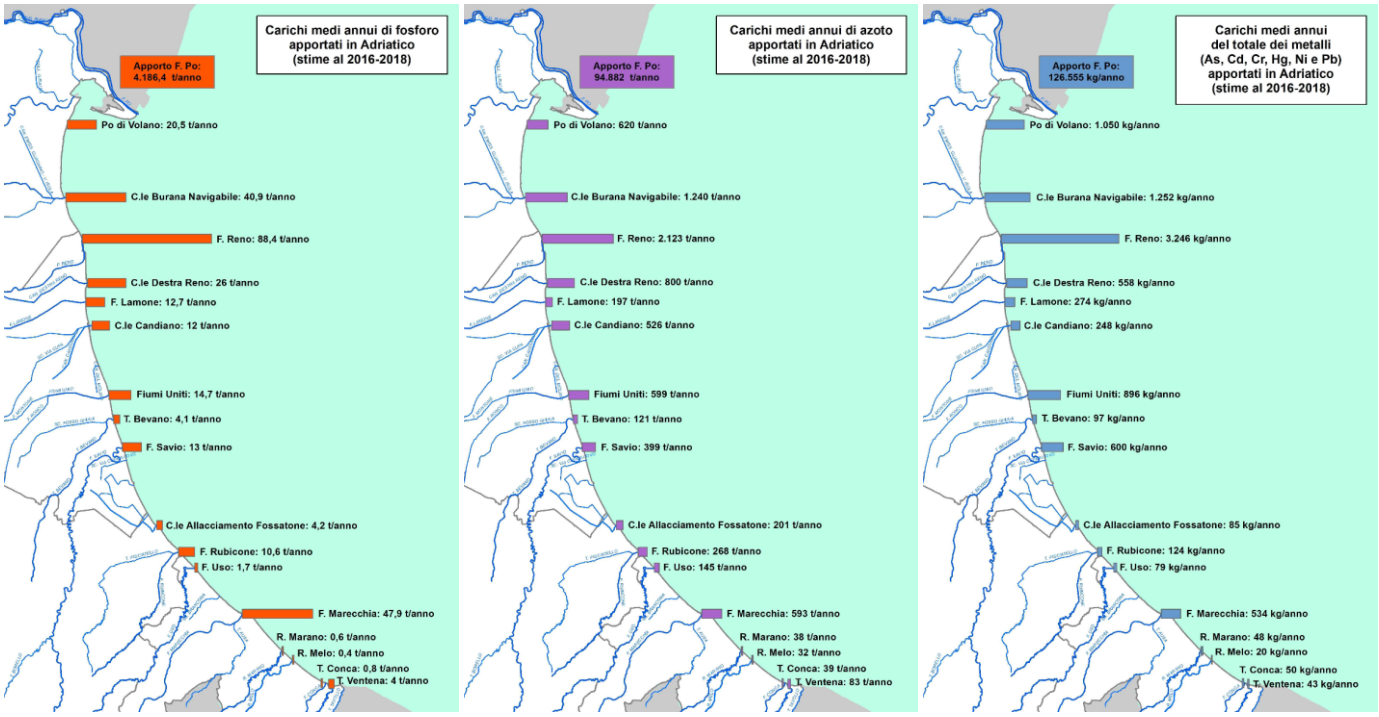


Figura 4.32 Carichi annui di fosforo totale (t/anno), azoto totale (t/anno) e metalli (kg/anno) apportati in Adriatico dalle principali aste fluviali della regione (stime al 2016-2018; Arpae 2021).

4.5.2 Temperatura dell'acqua

Durante l'anno la temperatura delle acque superficiali mostra un tipico andamento sinusoidale con valori minimi nei mesi invernali che aumentano progressivamente lungo tutta la costa per raggiungere il massimo in estate. Nell'area di interesse la temperatura dell'acqua superficiale segue l'andamento stagionale, con minimi invernali 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 (Figura 4.33).

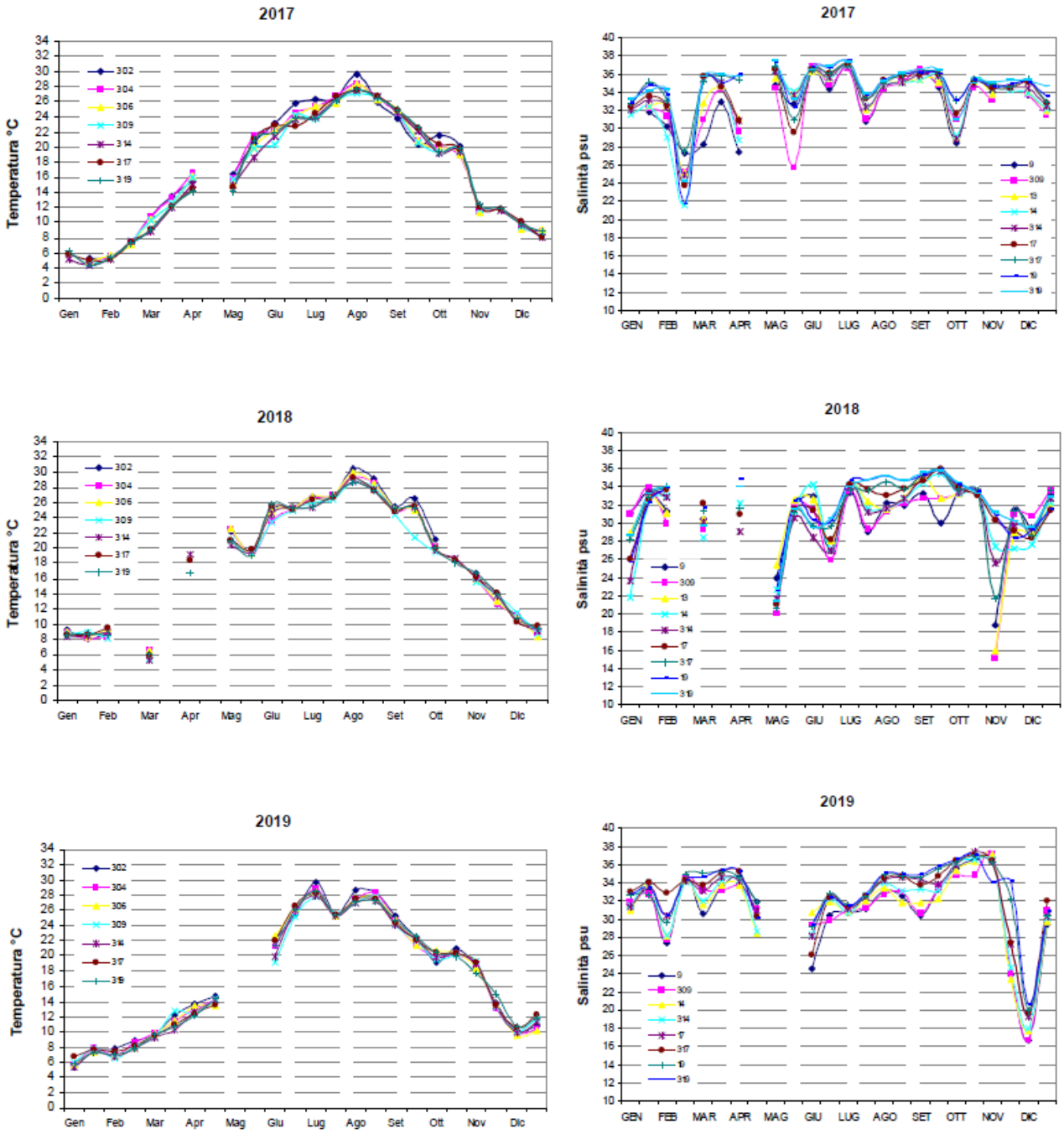


Figura 4.33 Andamenti temporali della temperatura e salinità in superficie nelle stazioni a 0.5 km (stazioni 2, 4, 6, **9**, 13, 14, 17, 19) e 3 km (stazioni 302, 304, 306, **309**, 314, 317, 319) di distanza dalla costa (Arpae 2021).

4.5.3 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 (Figura 4.33).

4.5.4 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 nel 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.

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 (Figura 4.34).

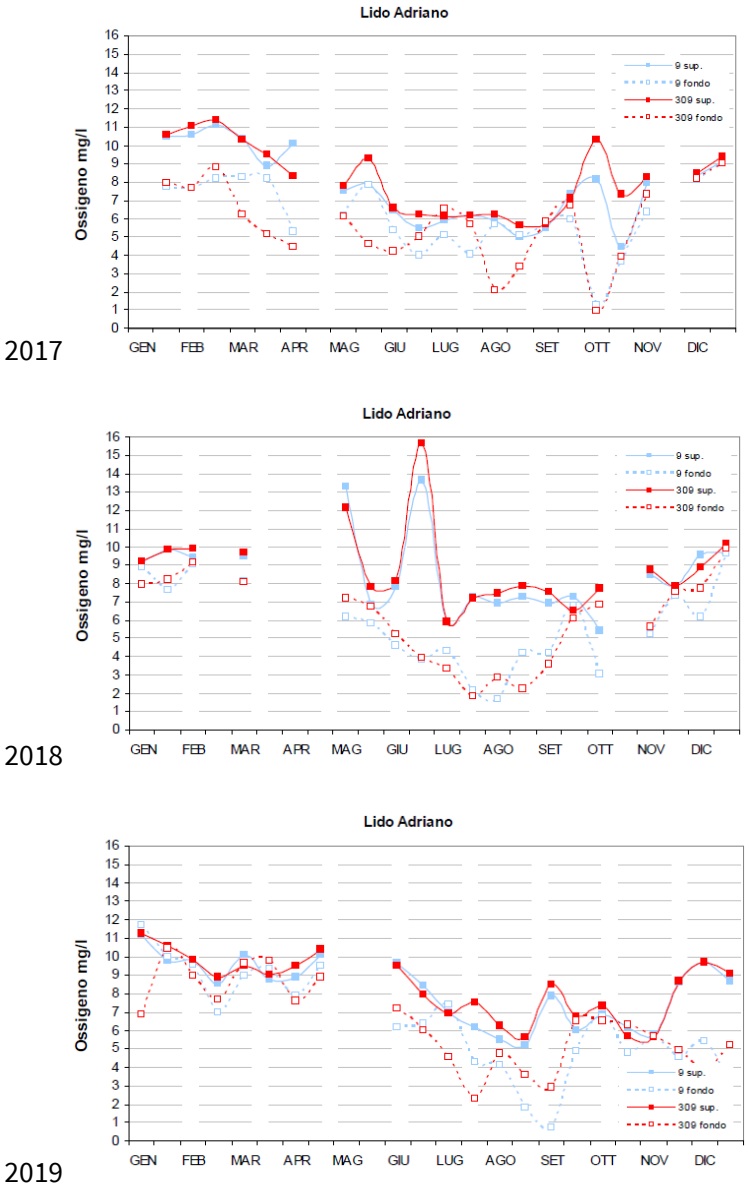


Figura 4.34 Andamenti temporali dell'ossigeno in superficie e nel fondo nelle stazioni a 0.5 (St. 9) e 3 km (St. 309) di distanza dalla costa per gli anni 2017-2019 (Arpae 2021).

4.5.5 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. É 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.

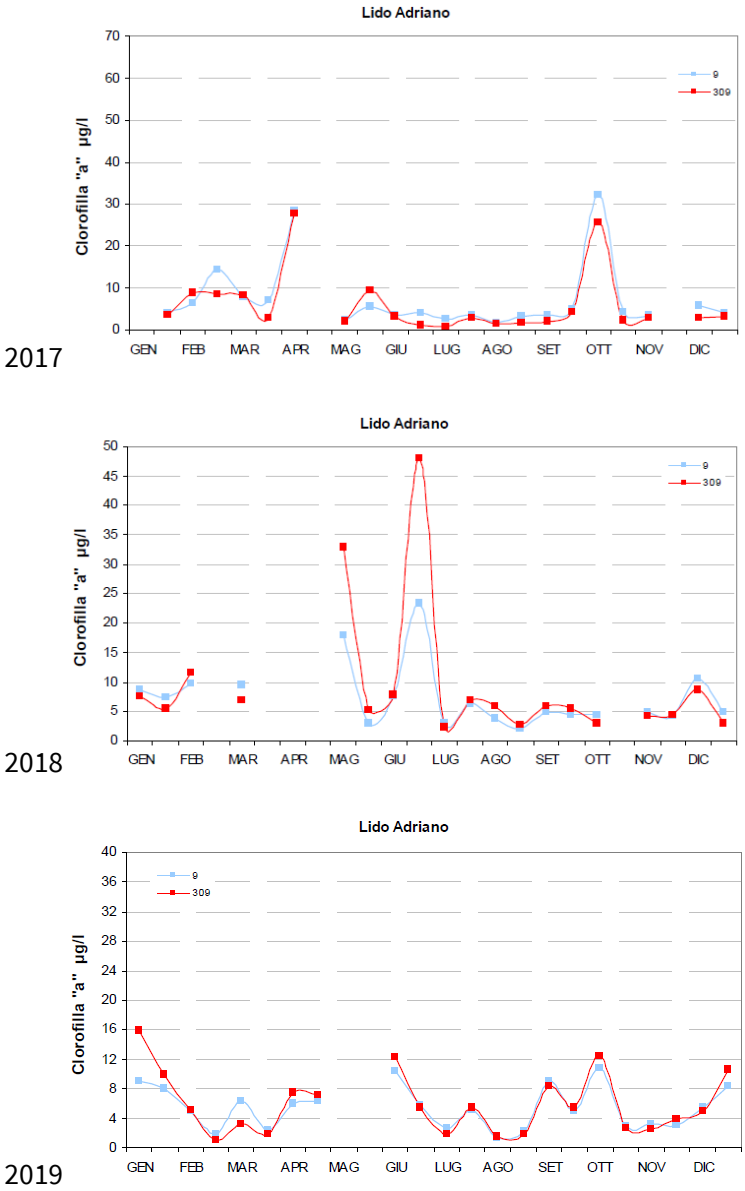


Figura 4.35 Andamenti temporali della clorofilla "a" in superficie nelle stazioni a 0.5 (St. 9) e 3 km (St. 309) di distanza dalla costa per gli anni 2017-2019 (Arpae 2021).

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 (Figura 4.35).

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

La somma delle concentrazioni delle tre forme azotate solubili, azoto nitrico (N-NO3), azoto nitroso (N-NO2) e azoto ammoniacale (N-NH3), 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 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 (Figura 4.36).

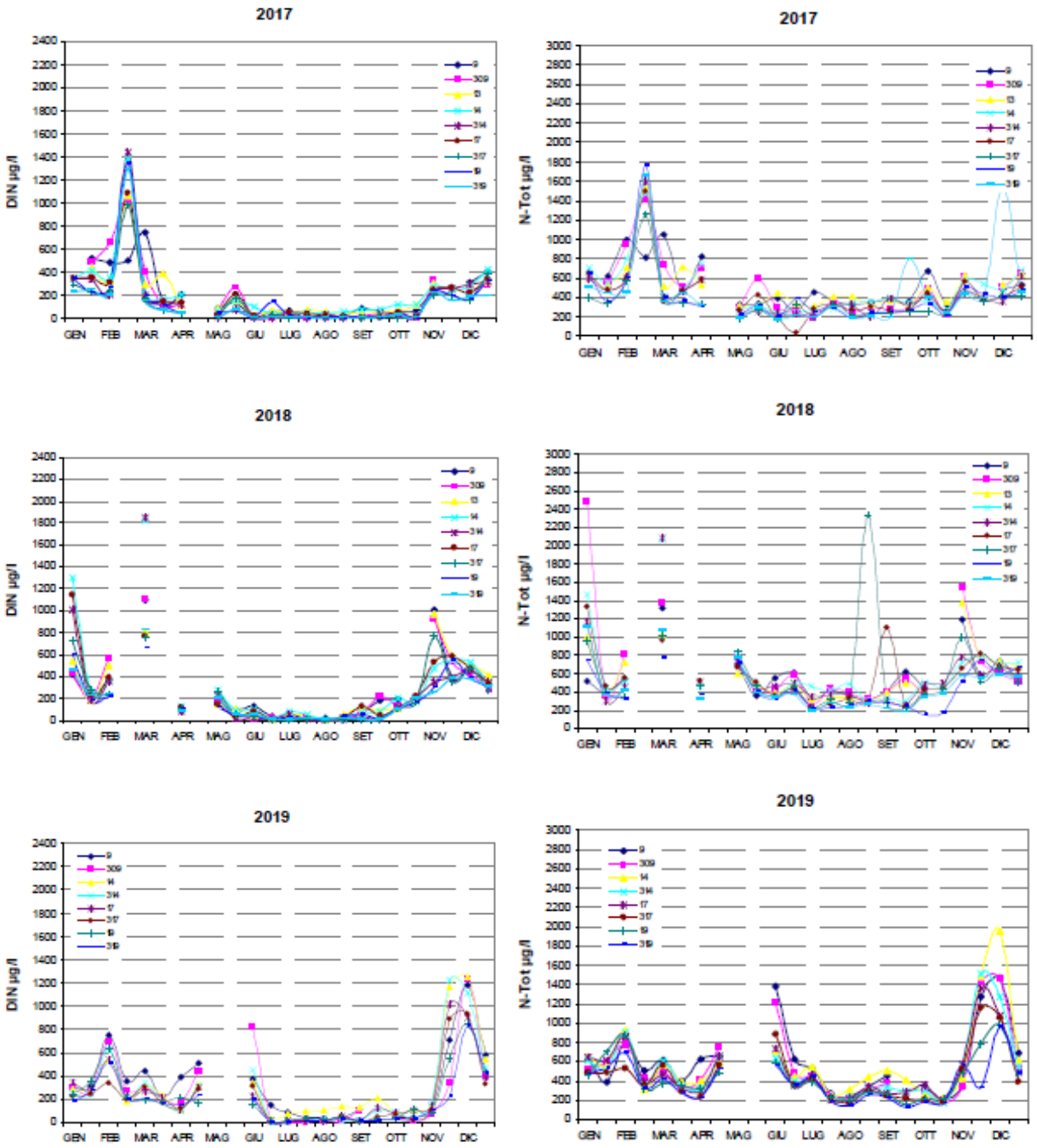


Figura 4.36 Andamenti temporali di DIN e N-Tot in superficie nelle stazioni a 0.5 (St. 9) e 3 km (St. 309) di distanza dalla costa per gli anni 2017-2019 (Arpae 2021).

4.5.7 Fosforo reattivo (P-PO4) 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-PO4 si riscontrano generalmente nei mesi autunnali e invernali.

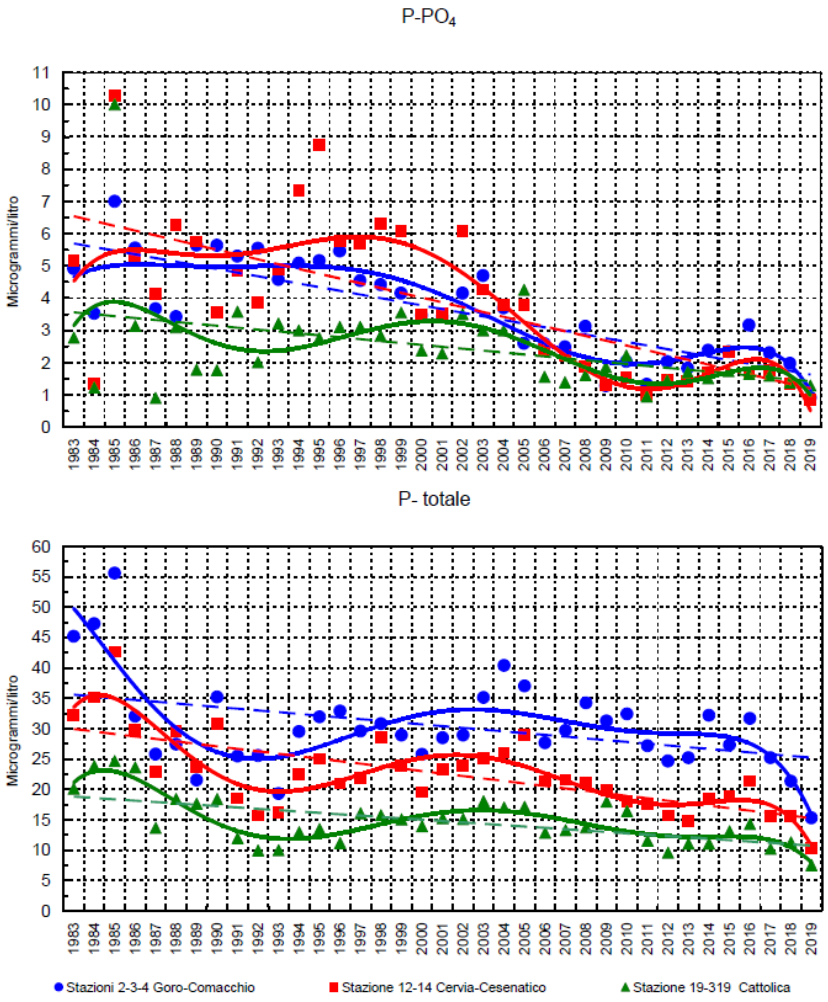


Figura 4.37 Medie geometriche annuali per trend evolutivo del fosforo ortofosfato (P-PO4) e del fosforo totale (P-Tot) in tre aree della costa emiliano romagnola: 1983-2019 (Arpae 2021).

In Figura 4.37 si riportano le medie geometriche annuali del P-PO4 e del P-Totale nel lungo periodo (1983-2019) in tre aree costiere considerate rappresentative della costa emiliano romagnola. 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-PO4 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.

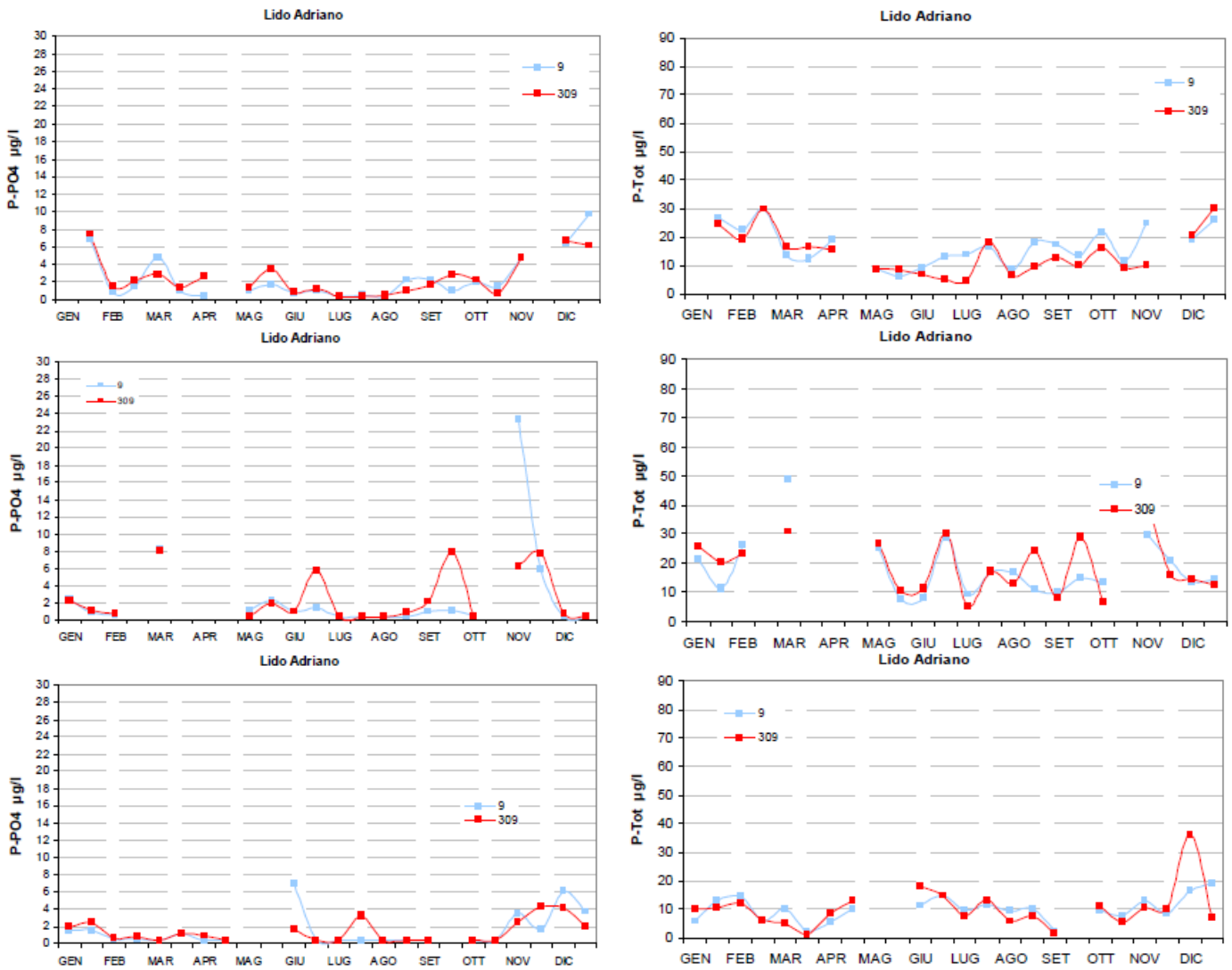


Figura 4.38 Andamenti temporali del fosforo ortofosfato (P-PO4) e del fosforo totale (P-Tot) in superficie nelle stazioni a 0.5 (St. 9) e 3 km (St. 309) di distanza dalla costa per gli anni 2017-2019 (Arpae 2021).

4.5.8 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 marino 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.

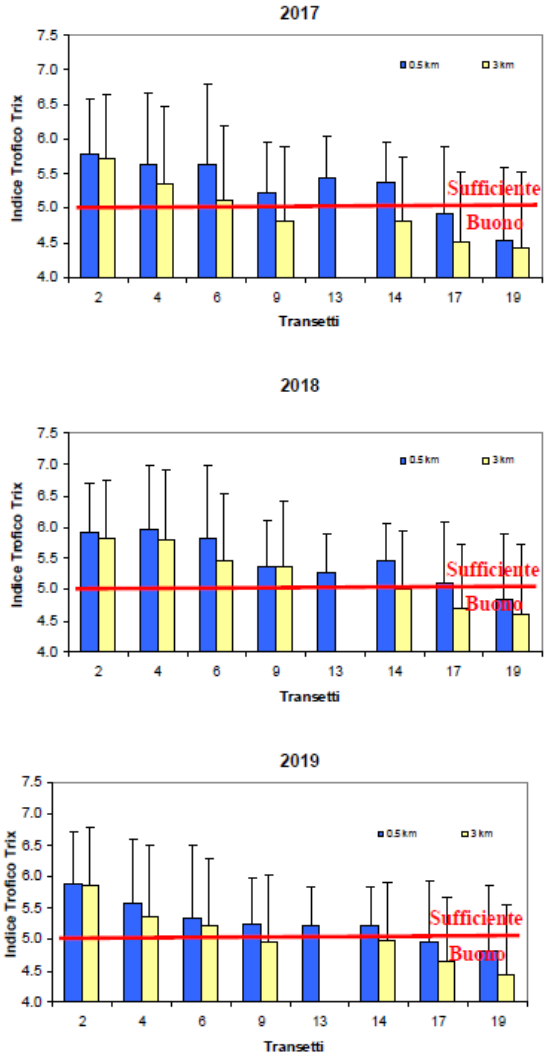


Figura 4.39 Medie annuali del TRIX nelle stazioni a 0.5 e 3 km dalla costa per gli anni 2017-2019, l'area di interesse per questo studio è rappresentata dal transetto n. 9 (Arpae 2021).

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 ≥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 vero il largo (Figura 4.39).

4.6 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, oltreché tramite bollettini stagionali e report annuali, attraverso la sezione "Balneazione" del sito web regionale (https://www.arpae.it/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. (Figura 4.40), anche mediante la sezione dedicata agli OPEN DATA (https://dati.arpae.it/group/balneazione).

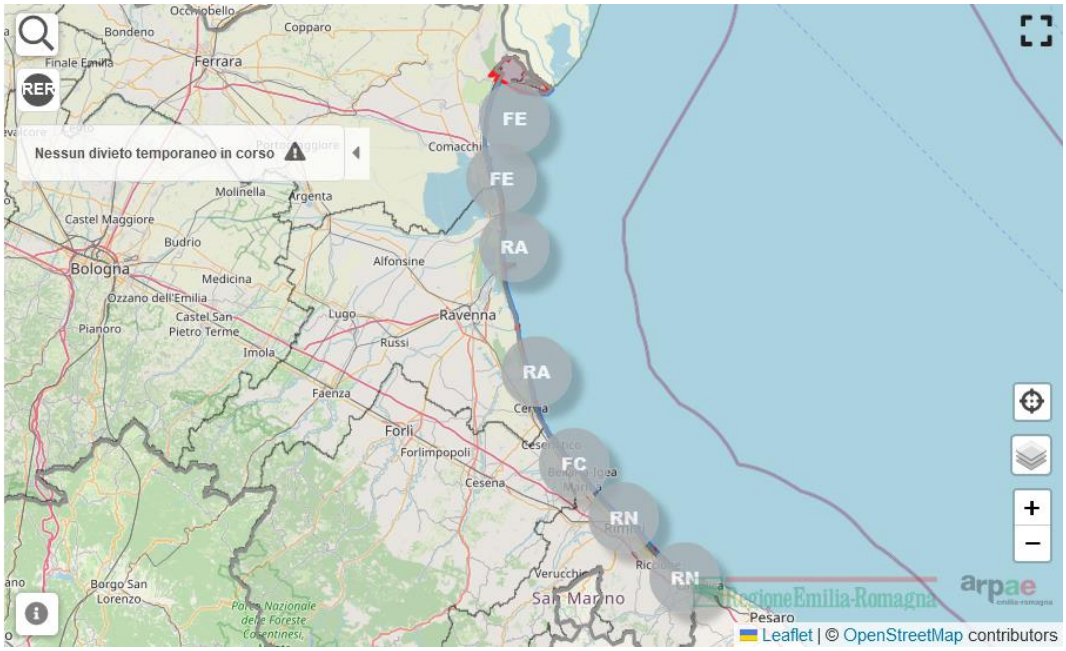


Figura 4.40 Sito web regionale "Balneazione" (www.arpae.it/it/temi-ambientali/balneazione).

4.6.1 Normativa e limiti di riferimento

Il quadro normativo in materia di acque di balneazione è regolamentato dalla "Direttiva Balneazione" (Dir. 2006/7/CE), recepita in Italia con il D.Lgs 116/2008, a sua volta seguito dai decreti attuativi (D.M. 30 marzo 2010 e D.M. 19/04/2018). La Direttiva in vigore privilegia una gestione integrata della qualità delle acque, allo scopo di mettere in atto azioni volte a prevenire l'esposizione dei bagnanti a rischi per la salute. La Regione Emilia-Romagna ogni anno individua le acque di balneazione e la relativa rete del monitoraggio mediante propria Delibera di Giunta Regionale. Al termine di ciascuna stagione balneare viene effettuata la classificazione in relazione a ciascuna acqua di balneazione, sulla base delle serie di dati relativi alla stagione balneare appena conclusa e alle tre stagioni balneari precedenti. Tale classificazione viene poi ufficializzata mediante una Delibera di Giunta Regionale.

I principali aspetti normativi relativi al monitoraggio della balneazione sono:

- determinazione di 2 parametri batteriologici: Escherichia coli ed Enterococchi intestinali, ritenuti i migliori indicatori di contaminazione fecale;
- frequenza dei controlli almeno mensile durante la stagione balneare, secondo un programma di monitoraggio stabilito prima dell'inizio della stagione da ciascuna regione, per un numero minimo di 4 campioni all'anno per ogni punto di prelievo;
- giudizio di qualità basato su calcolo statistico: valutazione del 95° percentile e 90° percentile dei dati microbiologici;

- classificazione delle acque di balneazione in acque di qualità "eccellente", "buona", "sufficiente" e "scarsa", effettuata con cadenza annuale sulla base dei risultati dei monitoraggi della stagione balneare appena conclusa e delle ultime 3 stagioni balneari;
- analisi integrata d'area basata sulla conoscenza del profilo di costa antistante e messa in relazione dello stato di qualità delle acque di balneazione con le possibili fonti di contaminazione;
- intervento con le necessarie misure di gestione sulle fonti di impatto rilevate ai fine di perseguire obiettivi di miglioramento della qualità delle acque;
- informazione al pubblico dettagliata e tempestiva;
- razionalizzazione della rete di monitoraggio attraverso l'individuazione di aree omogenee.

Oltre ai due parametri microbiologici (*Escherichia coli* ed Enterococchi intestinali) la normativa ne prevede altri, quali *Ostreopsis ovata*, Cianobatteri, macro-alghe, fitoplancton, e la presenza di residui bituminosi, vetro, plastica, gomma o altri rifiuti, che non vengono considerati ai fini della classificazione, ma sono tenuti in considerazione in quanto, qualora giungano a rappresentare un rischio per la salute, fanno scattare misure di gestione atte a prevenirne l'esposizione, inclusa un'adeguata informazione ai cittadini. Per quanto riguarda il monitoraggio di *Ostreopsis ovata* e Cianobatteri, in ottemperanza al D.M. 19/04/2018, i riferimenti tecnici sono costituiti dalle linee guida emesse dall'Istituto Superiore di Sanità:

a) "*Ostreopsis* cf *ovata*: linee guida per la gestione delle fioriture negli ambienti marino costieri in relazione a balneazione e altre attività ricreative", pubblicate dall'Istituto superiore di sanità nel Rapporto Istisan n. 14/19 e successivi aggiornamenti, consultabili sul sito web www.iss.it;
b) "Cianobatteri: linee guida per la gestione delle fioriture di cianobatteri nelle acque di balneazione", pubblicate dall'Istituto superiore di sanità nel rapporto Istisan n. 14/20 e successivi aggiornamenti, consultabili sul sito web www.iss.it;

Prima dell'inizio della stagione balneare, la Regione ne stabilisce la durata ed individua il programma di monitoraggio, in cui i prelievi sono distribuiti con un intervallo di tempo, l'uno dall'altro, non superiore a trenta giorni e prevede, prima della stagione balneare, un campione prestagionale aggiuntivo per verificarne l'idoneità alla balneazione. Oggetto principale del monitoraggio è la ricerca di *Escherichia coli* ed Enterococchi intestinali ritenuti i migliori indicatori di contaminazione fecale (Agenzia di Protezione Ambientale Statunitense US-EPA, 1986). In ogni punto di campionamento è pre vista anche la rilevazione di parametri meteo-marini relativi alle condizioni meteorologiche e allo stato del mare.

Nel D.M. 30 marzo 2010 sono definiti, ai fini della balneabilità delle acque, i valori limite per ogni singolo campione il cui superamento determina il divieto di balneazione, attraverso ordinanza sindacale e informazione ai bagnanti con segnali di divieto, per tutta l'acqua di pertinenza del punto di monitoraggio. Tale misura di gestione è revocata a seguito di un primo esito analitico conforme (Tabella 4.9).

Tabella 4.9 Valori limite dei parametri microbiologici per singolo campione.

Valori limite per singolo campione		
Parametri	**Corpo idrico**	**Valori**
Enterococchi intestinali	Acque marine	**200** UFC/100ml
Escherichia coli	Acque marine	**500** UFC/100ml

Alla fine di ogni anno, considerando gli esiti del monitoraggio della stagione attuale e di quelli dei tre anni precedenti, le acque sono soggette a valutazione, cui fa seguito una classificazione: ogni acqua è definita come "eccellente", "buona", "sufficiente" o "scarsa", sulla base delle serie di dati relativi agli indici microbiologici, *Escherichia coli* ed Enterococchi intestinali (Tabella 4.10).

Tabella 4.10 Classi di qualità delle acque di balneazione.

Parametri (UFC/100ml)	Classi di Qualità			
	Eccellente	Buona	Sufficiente	Scarsa
Enterococchi intestinali	100 (*)	200 (*)	185 (**)	>185 (**)
Escherichia coli	250 (*)	500 (*)	500 (**)	>500 (**)
(*) sulla base del 95° percentile, (**) sulla base del 90° percentile				

Con l'approvazione della Legge Regionale di riordino n. 13 del 30/07/2015 la Regione Emilia-Romagna si è nuovamente attribuita il compito di individuare e classificare le acque di balneazione che, con la DGR 653/2011, aveva delegato alle Province. La Regione Emilia-Romagna, secondo le competenze attribuitele dall'art.4 del D.Lgs. 116/2008 e ss.mm.ii., provvede a:

- individuare le acque di balneazione ed i punti di monitoraggio;
- istituire ed aggiornare i profili delle acque di balneazione;
- istituire un programma di monitoraggio prima dell'inizio di ogni stagione balneare;
- classificare le acque di balneazione;
- individuare ed attuare le azioni volte alla rimozione delle cause di inquinamento ed al miglioramento delle acque di balneazione;
- informare il pubblico.

Arpae Emilia-Romagna gestisce le attività di monitoraggio volte alla definizione della qualità delle acque di balneazione a tutela della salute dei bagnanti. In Emilia-Romagna, le **Aziende USL della Romagna**, mediante le Unità Operative Igiene e Sanità Pubblica (sedi di Ravenna, Cesena e Rimini) e di Ferrara, collaborano nel monitoraggio delle acque di balneazione con gli Enti sopra citati e valutano gli esiti analitici dell'attività di monitoraggio, propongono ai Comuni le ordinanze di divieto, temporaneo e/o permanente della balneazione a

tutela della salute dei bagnanti , in funzione della conoscenza del territorio e delle pressioni antropiche che potrebbero avere un impatto negativo sulla qualità delle acque di balneazione; propongono, inoltre, ai singoli Comuni l'adozione di misure di gestione preventive per evitare l'esposizione dei bagnanti a possibili fenomeni di inquinamento, in occasione di precipitazioni o eventuali rotture fognarie ed altri eventi che potrebbero pregiudicarne la qualità. Inoltre, durante la stagione balneare, effettuano la vigilanza relativa alla corretta apposizione in spiaggia della cartellonistica.

I **Comuni** costieri, secondo le competenze definite dal D.Lgs. 116/2008 e ss.mm.ii., provvedono ad occuparsi dei seguenti aspetti:

a. la delimitazione, prima dell'inizio della stagione balneare, delle acque non adibite alla balneazione e delle acque di balneazione permanentemente vietate ricadenti nel proprio territorio, in conformità' a quanto stabilito dall'apposito provvedimento regionale;
b. la delimitazione delle zone vietate alla balneazione qualora nel corso della stagione balneare si verifichi o una situazione inaspettata con eventuale impatto negativo sulla qualità' delle acque di balneazione o sulla salute dei bagnanti;
c. la revoca dei provvedimenti adottati sulla base delle disposizioni di cui alle lettere a) e b);
d. l'apposizione, nelle zone interessate, in un'ubicazione facilmente accessibile nelle immediate vicinanze di ciascuna acqua di balneazione, di segnaletica che indichi i divieti di balneazione ed eventuali previsioni di inquinamenti di breve durata;
e. informare il pubblico.

4.6.2 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 (Figura 4.41; AUSL 2023). Le acque di balneazione pertinenti all'area di studio sono riportate in Tabella 4.11.

Tabella 4.11 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.

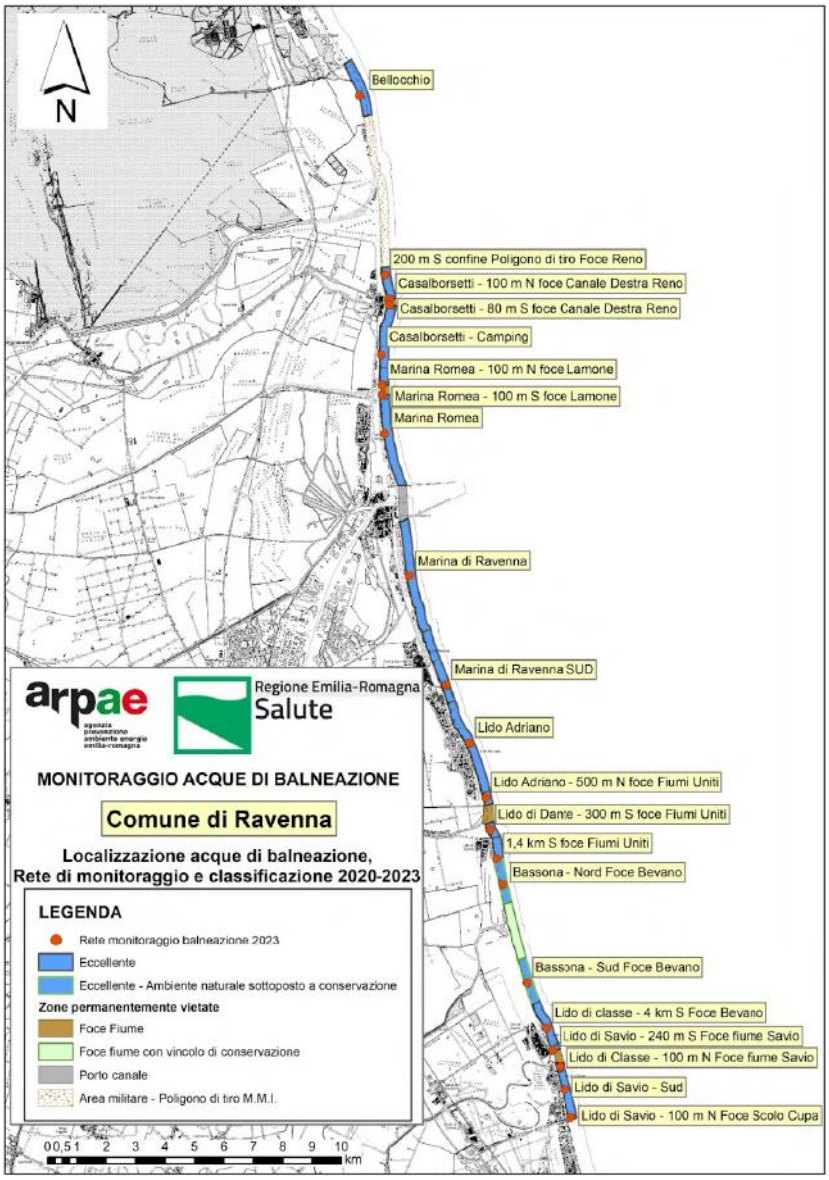


Figura 4.41 Mappa delle acque di balneazione presenti nel Comune di Ravenna.

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.

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_5, 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 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 4.12.

Tabella 4.12 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**".

4.6.3 Ostreopsis ovata e Cianobatteri

La finalità del monitoraggio è quella di verificare la presenza di alghe epifitiche tossiche, tra cui *Ostreopsis ovata* e *Ostreopsis* spp., dinoflagellate appartenenti alla famiglia delle Ostreopsidaceae, nelle zone adibite a balneazione e conteggiare la comunità dei Cianobatteri come previsto dalle norme vigenti (DM 19/04/2018, Rapporti ISTISAN 14/19 e 14/20). *Ostreopsis ovata* è un organismo che può produrre tossine di tipo PLTX (palitossine) le cui fioriture sono state associate, in alcuni casi, a malesseri di carattere respiratorio e stati febbrili nei bagnanti che hanno inalato aerosol marino. Durante le fioriture si è spesso osservata la presenza di uno strato uniforme di patina rossa che ricopriva il fondo, di materiale gelatinoso/mucillaginoso di colore beige o rosso-brunastro, aggregati schiumosi sulla superficie dell'acqua, diffusa opalescenza con riduzione della trasparenza e flocculi di materiale sospeso in colonna d'acqua. Inoltre, in seguito a condizioni di prolungata presenza del materiale, sono state osservate condizioni di anaerobiosi con stati di sofferenza nelle comunità bentoniche.

Poiché il fitoplancton potenzialmente tossico oggetto dell'indagine tende ad addensarsi su substrati duri o su macroalghe, e può essere favorito da zone con scarso ricambio idrico e con alto stato trofico, la rete di sorveglianza di Arpae prevede il prelievo dei campioni per l'analisi di *Ostreopsis* e dei Cianobatteri in corrispondenza di pennelli (**OSTR9-Lido di Savio**, OSTR14-Cesenatico) o barriere frangiflutti (Stazioni OSTR4-Porto Garibaldi, Stazione OSTR19-Misano Brasile). Di queste, OSTR9 è la più vicina all'area di interesse per queto studio.

Nell'anno 2023, sia nell'acqua tal quale prelevata alla quota di -0,5 m dalla superficie sia nelle retinate sia nei campioni di acqua di lavaggio delle macroalghe, effettuate in tutte le campagne di monitoraggio, non è mai stata rilevata la presenza di microalghe epifitiche tossiche ed in particolare di morfospecie riconducibili al genere *Ostreopsis* (AUSL 2023).

Il monitoraggio dei Cianobatteri, secondo i criteri del Rapporto Istisan n.14/20, è stato avviato a partire dal 2019, con l'entrata in vigore del D.M. 19 aprile 2018. In 6 campionamenti su 20 si è verificato il superamento del valore di 20 µg/L di fosforo totale. La massima concentrazione pari a 164.8 µg/L è stata riscontrata a **Lido di Savio** in data 28 agosto. Nei campionamenti di giugno non è stata effettuata tale analisi a causa dell'indisponibilità dello strumento; a tal proposito si ricorda che l'analisi del fosforo totale non è obbligatoria ma propedeutica alla ricerca dei cianobatteri. In tutte le occasioni di superamento, e nei primi 4 campionamenti in cui non è stata effettuata l'analisi del fosforo, si è proceduto alla conta dei cianobatteri totali. La presenza di Cianobatteri è risultata in tutti i casi con abbondanze di molto inferiori al limite di 20.000 cell/m, densità cianobatterica legata al Rischio Relativo di avere sintomi gastrointestinali (Rapporto Istisan n. 14/20).

4.7 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.

Nei seguenti paragrafi vengono analizzati in dettaglio gli ambiti naturali, floristici, faunistici dell'area SIC/ZSC-ZPS interessata dal progetto. Le informazioni sono ricavate dai seguenti documenti:

1. D.G.R. 489/2012 "Approvazione del Piano territoriale del Parco Regionale del Delta del Po – Stazione Pineta di Classe e Salina di Cervia";
2. D.G.R. 1419/2013 "Misure generali di conservazione dei siti Natura 2000 (Sic e ZPS). Recepimento DM n. 184/07 - Criteri minimi uniformi per la definizione di misure di conservazione relative a zone speciali di conservazione (ZSC) e a zone di protezione speciale";
3. "Misure Specifiche di conservazione – IT4070009 SIC/ZSC-ZPS Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano", aggiornato al 2018;

4. Scheda del formulario standard della Rete Natura 2000 per il sito IT4070009 SIC/ZSC-ZPS Ortazzo, Ortazzino, Foce del Torrente Bevano, aggiornato al dicembre 2022.
5. "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 (Abbiati et al. 2019).

4.7.1 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 4.13).

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 rinvengono 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.

Tabella 4.13 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 (*Spartinion*)	1.31	A	A
1410	Pascoli inondati mediterranei (*Juncetalia maritimi*)	138.4	A	A
1420	Perticaie alofile mediterranee e termo-atlantiche (*Arthrocnemetalia fruticosae*)	25.86	A	A
2110	Dune mobili embrionali	23.12	A	A
2120	Dune mobili del cordone litorale con presenza di *Ammophila arenaria* (dune bianche)	7.17	A	A
2130	Dune fisse a vegetazione erbacea (dune grigie) *	47.78	A	A
2160	Dune con presenza di *Hippophae rhamnoides*	38.75	A	A
2230	Prati dunali di *Malcolmietalia*	0.34	A	B
2250	Perticaia costiera di ginepri (*Juniperus* spp.) *	10.65	A	A
2260	Dune con vegetazione di sclerofille dei *Cisto-Lavanduletalia*	16.3	B	A
2270	Foreste dunari di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster* *	197.09	B	B
3150	Laghi eutrofici naturali con vegetazione del *Magnopotamion* o *Hydrocharition*	0.08	B	B
6210	Formazioni erbose secche seminaturali e facies coperte da cespugli su substrato calcareo (*Festuco-Brometalia*) *	15.04	B	B
6420	Praterie mediterranee con piante erbacee alte e giunchi (*Molinion-Holoschoenion*)	93.88	A	A

La Figura 4.42 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 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 rinvengono 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 rinvengono 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.".

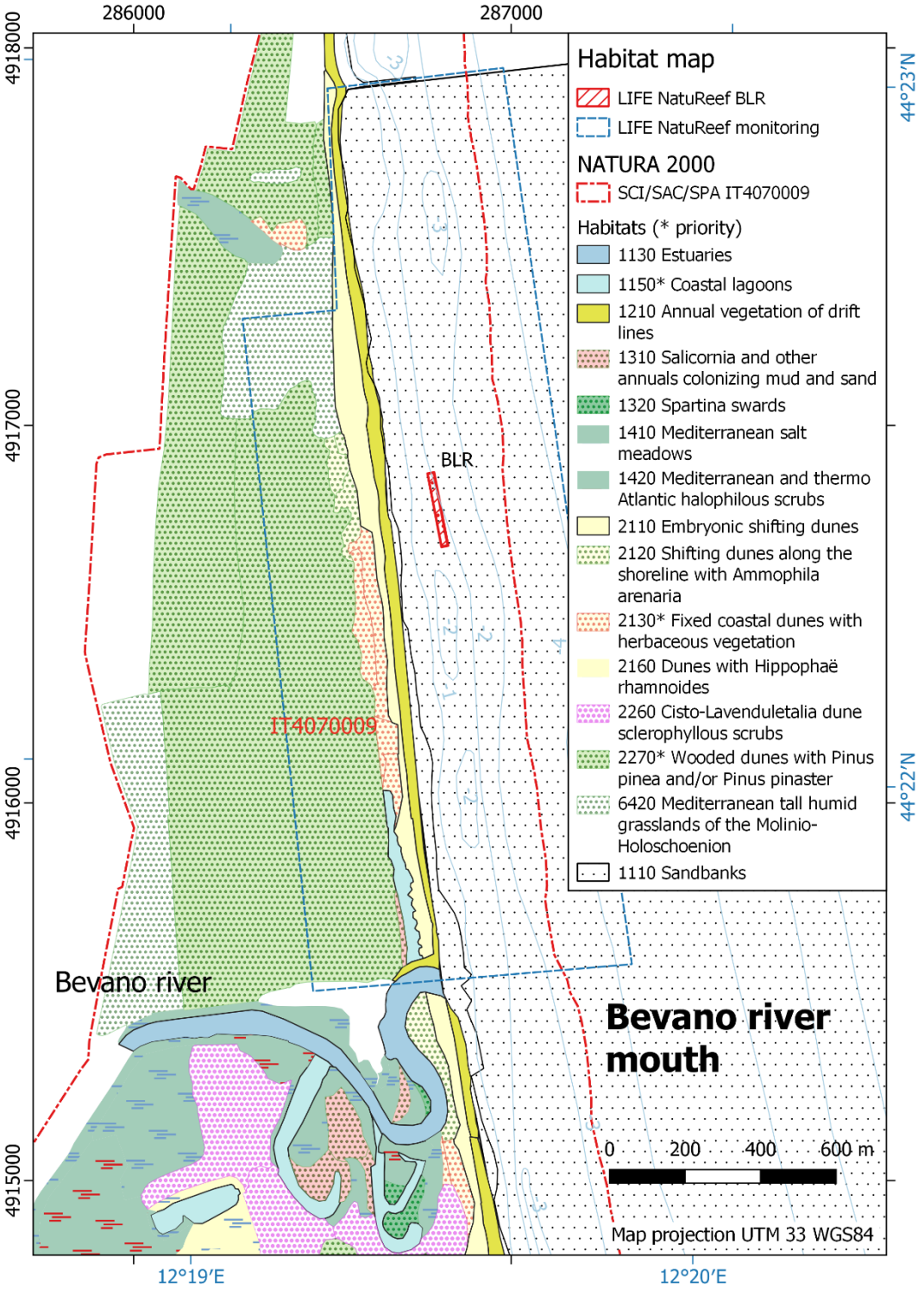


Figura 4.42 Mappa degli habitat nell'area d'interesse. È indicata la posizione dell'habitat a scogliera da ricostituire (BLR) e l'area di monitoraggio prevista del progetto.

Nella seguente Tabella 4.14 è riportata l'analisi delle esigenze ecologiche e dell'andamento degli habitat indirettamente interessati dall'opera e presi in esame dal presente studio.

Tabella 4.14 Analisi delle esigenze ecologiche degli habitat indirettamente interessati dall'opera e presi in esame dal presente studio di incidenza. La colonna 'Andamento' sintetizza il trend dello stato di conservazione degli habitat basato sul confronto fra la valutazione globale del sito effettuata nel 2010 e i censimenti realizzati nel 2012.

Cod.	Denominazione	Esigenze ecologiche	Andamento
1210	Vegetazione annua delle linee di deposito marine	Formazioni erbacee annuali (vegetazione terofitica-alonitrofila) che colonizzano le spiagge sabbiose, 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. Si tratta di un habitat pioniero che rappresenta la prima fase di colonizzazione da parte della vegetazione superiore fanerogamica nella dinamica di costruzione delle dune costiere. 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). La vegetazione è riconducibile al *Salsolo kali - Cakiletum maritimae*.	Peggioramento
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 sabbiosi (dune embrionali). La specie maggiormente edificatrice è *Elymus farctus ssp. farctus (=Agropyron junceum ssp. mediterraneum; = 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. L'habitat è determinato da comunità pioniere di copertura più o meno elevata, attribuibili all'*Echinophoro spinosae - Elymetum farcti Géhu* 1988. I venti forti e le burrasche determinano instabilità della vegetazione che viene sostituita parzialmente da terofite provenienti dalla vegetazione che colonizza la prima parte della spiaggia dell'habitat 1210. L'habitat ha inoltre contatti catenali con la vegetazione alonitrofila, già indicata, dell'habitat 1210	Peggioramento
2120	Dune mobili del cordone litorale con presenza di Ammophila (dune bianche)	L'habitat individua le dune costiere più interne ed elevate, definite come dune mobili o bianche, colonizzate da *Ammophila arenaria subsp. australis* alla quale si aggiungono numerose altre specie psammofile. Questo habitat prende contatto catenale con le formazioni delle dune embrionali ad *Elymus farctus* dell'habitat 2110 e con quelle dei settori maggiormente stabilizzati delle dune grigie con vegetazione erbacea (2130).	Peggioramento
2130	Dune fisse a vegetazione erbacea (dune grigie)	L'habitat prioritario di riferimento è costituito da depositi sabbiosi, 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 terofitiche a *Silene conica* e *Cerastium semidecandrum* e quelle a specie perenni costituite da comunità crittogamo-camefitica e fanerogamo-terocamefitica del *Tortulo-Scabiosetum*.	Costante
2270	Foreste dunari di *Pinus pinea* e/o *Pinus pinaster*	Dune costiere colonizzate da specie di pino termofile mediterranee (*P. pinea, P. pinaster*). Si tratta di rimboschimenti abbastanza recenti, solo raramente con un buon grado di naturalità. Occupano il settore più interno e stabile del sistema dunale. L'habitat è distribuito sulle coste sabbiose del Mediterraneo in condizioni macro-bioclimatiche principalmente termo e meso-mediterranee ed in misura minore, temperate nella variante submediterranea.	Costante

4.7.2 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 4.43a). 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 4.43b).
- *Tripidium* (= *Erianthus*) *ravennae* (L.) H.Scholz (Figura 4.43c).
- *Phillyrea angustifolia* L. (Figura 4.43d).
- *Plantago cornuti* Gouan (Figura 4.43e).
- *Salvinia natans* (L.) (Figura 4.43f).
- *Sporobolus maritimus* (= *Spartina maritima*) (Curtis) P.M.Peterson & Saarela (Figura 4.43g).
- *Apocynum* (= *Trachomitum*) *venetum* L. (Figura 4.43h).

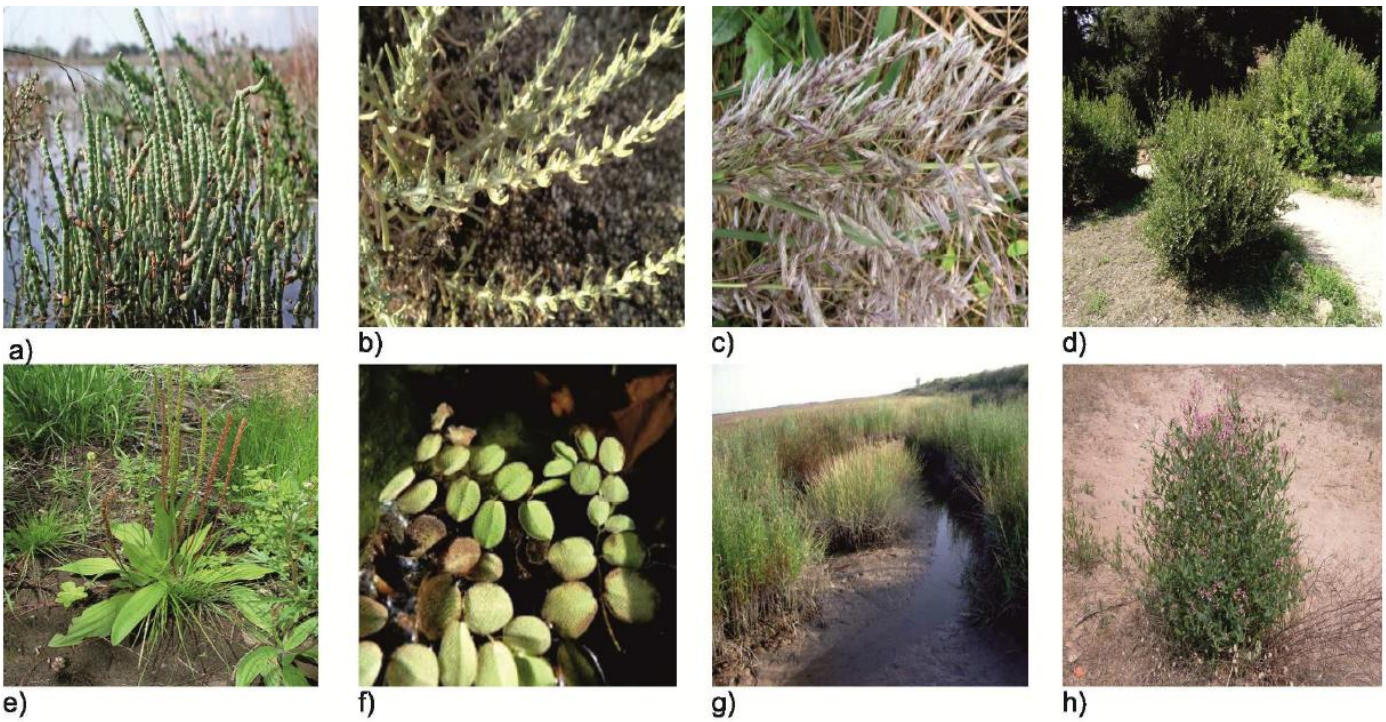


Figura 4.43 Specie floristiche presenti all'interno del SIC/ZSC –ZPS oggetto di valutazione.

In tabella Tabella 4.15 sono riportate le specie floristiche censite nel 2012.

Tabella 4.15 Specie floristiche censite nel 2012.

Data	Intervento	Documento	Pagina
16/04/2024	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)	STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE	177

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

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:

a) Vegetazione erbacea annuale a sviluppo estivo, tra la linea del bagnasciuga e la base delle dune (*Salsolo-Cakiletum maritimae subass. xanthietosum italici*) 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.
b) 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*.
c) Vegetazione erbacea annuale a sviluppo primaverile (*Sileno 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*.
d) Vegetazione erbacea annuale su sabbie consolidate di dune arretrate ed erose, anche in spiazzi 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.
e) 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.

f) Vegetazione erbacea perenne dei prati aridi e delle dune erose (*Schoeneto – Chrysopogonetum grylli* e più genericamente *Brometalia erecti*), insediata soprattutto negli spiazzi all'interno delle pinete storiche; si tratta di una comunità relativamente stabile ma con numerosi stadi intermedi come già accennato.

g) 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.

4.7.3 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 importanti per le diverse fasi del ciclo biologico, gli andamenti delle popolazioni, le minacce che ne determinano o potrebbero determinarne la diminuzione ed i possibili interventi gestionali di cui il Parco deve farsi carico.

Il grande pregio naturalistico di questo sito risiede nella presenza della naturale successione di habitat dal mare alle paludi dell'entroterra, con dune attive e dune consolidate (su cui è stata impiantata la pineta di pino marittimo), una foce meandrizzata in libera e naturale evoluzione, bassure retrodunali e una palude salmastra. Questa grande diversità ambientale porta ad una notevole diversità faunistica.

In tutto il sito vi sono presenze faunistiche di pregio (Figura 4.44), quali la comunità di caradriformi nidificanti, assai varia, con beccaccia di mare (nidificante soltanto probabile), cavaliere d'Italia, avocetta, fratino, pettegola, gabbiano roseo, gabbiano comune, sterna zampenere, fraticello, sterna comune, riveste grande interesse conservazionistico. In fase di espansione la volpoca, occasionalmente nidificanti marzaiola e alzavola. Una piccola garzaia di Garzetta, presente da quattro anni nella pineta interna all'Ortazzo, testimonia l'espansione verso sud delle colonie del Delta. Occasionalmente nidificante nelle siepi presenti nell'Ortazzino è la rara averla cenerina.

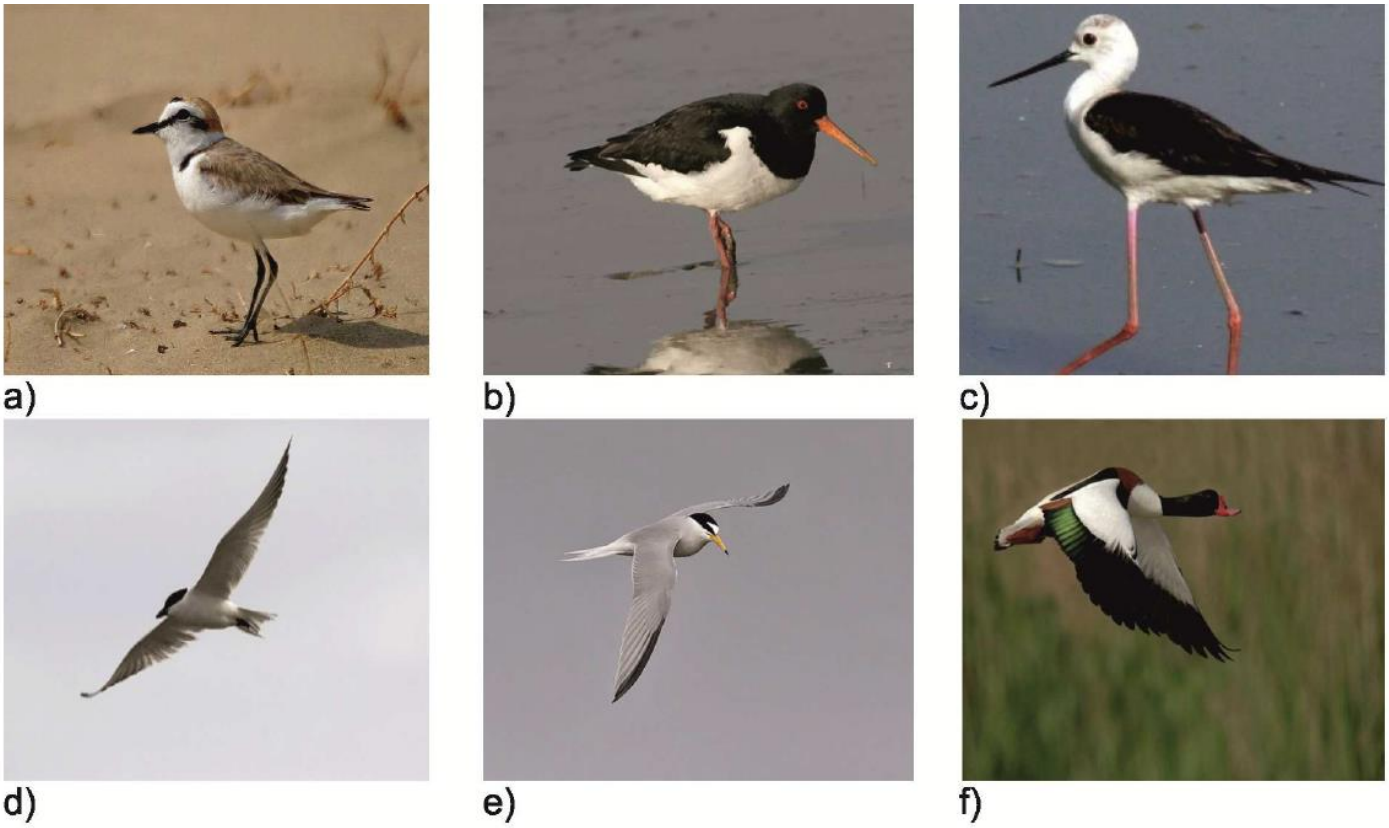


Figura 4.44 Principali specie faunistiche presenti all'interno del SIC/ZSC –ZPS oggetto di valutazione: a) fratino; b) beccaccia di mare; c) cavaliere d'Italia; d) sterna zampenere; e) fraticello; f) volpoca.

Tra i mammiferi degni di rilievo sono il vespertilio di Daubenton, chirottero localizzato in regione, l'istrice, recentemente comparso, la puzzola. Il sistema di dune naturali, lungo circa 5 chilometri, presenta invece una 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 fratino 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[15].

[15] Disponibile alla pagina https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/parchi-natura2000/rete-natura-2000/siti/it4070009

4.8 Comunità bentoniche e specie di interesse commerciale

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^2, 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). I metodi d'indagine sogno gli stessi descritti per l'analisi dei sedimenti descritta al paragrafo 4.4 ed è stata estesa anche alla zona di foce e all'ultimo tratto dell'alveo fluviale del Torrente Bevano (habitat 1130 - estuario), con un focus specifico sulle due specie di vongole di interesse commerciale presente nell'area.

4.8.1 Valutazioni sulle popolazioni delle due specie di vongola: comune e verace

La principale specie di interesse commerciale individuata nell'area marina adiacente la Foce Bevano è il mollusco bivalve *Chamelea gallina* (Linnaeus 1758) mentre all'interno della foce desta interesse la presenza del mollusco bivalve *Ruditapes philippinarum* (Adams & Reeve 1850).

4.8.1.1 *Chamelea gallina* (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 4.45) 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 dimensioni massime di 50 mm in 8 anni, inoltre, il tasso di sopravvivenza nelle fasi giovanili di circa 1 individuo su 10000. Al fine di poter garantire la sopravvivenza della specie, il recupero degli stock e, di conseguenza, l'innalzamento della qualità della risorsa pescata è evidente che si devono operare degli interventi di tutela (Pellizzato & Penzo 2011).

Figura 4.45. Immagine della vongola comune *Chamelea gallina* su fondale sabbioso davanti alla foce del Torrente Bevano (foto Attilio Rinaldi).

Come gran parte delle specie native, la sopravvivenza della "nostra" vongola dipende strettamente dalle condizioni ambientali delle acque in cui vive. *C gallina* è assai sensibile alle prolungate crisi anossiche, alla diminuzione della salinità delle acque e all'aumento delle temperature, fattori che, sommati, possono rendere tale organismo ancora più soggetto a patologie e morie come infezioni da parte dei protozoi. Inoltre, essendo organismi filtratori, hanno rapporti diretti con le fonti nutritive rappresentate dal fitoplancton, il quale, con la riduzione degli apporti di nutrienti da parte delle acque fluviali (fosfati, nitrati), è diminuito in termini di abbondanza, con ripercussioni sugli stock di vongole adriatiche (Ponti & Fava 2011).
Lo sforzo di pesca è drasticamente aumentato: il classico "rastrello a mano" degli anni '70 è stato del tutto soppiantato dall'introduzione degli attrezzi da pesca più moderni, quali le draghe turbosoffianti. Ciò ha permesso di estendere la raccolta di questi bivalvi fino a profondità di 12 metri, dove risiedono popolamenti che rappresentavano una importante riserva di riproduttori della risorsa adriatica (Romanelli et al. 2009). L'impiego delle nuove tecniche di pesca ha contribuito al degrado ambientale dei fondi molli, soprattutto nei confronti di organismi più piccoli o con gusci più fragili rispetto alle vongole (come le telline) che possono risentire negativamente dello stress meccanico, con ripercussioni ulteriori sulla rete trofica marina.

I risultati del presente studio hanno rilevato una elevata densità di vongole comuni nella fascia batimetrica compresa tra i 3 e i 6 m di profondità, con i valori maggiori, fino ad oltre 3000 ind. m^{-2}, proprio di fronte alla foce del Torrente Bevano (Figura 4.46). Va sottolineato come la maggior parte degli individui rinvenuti siano giovanili, non oltre il primo anno di età (12-15 mm) non in grado di riprodursi, mentre gli individui sessualmente maturi erano rari. Dato l'elevato interesse commerciale rappresentato da questa specie, la salvaguardia della risorsa esige l'adozione di strumenti di gestione più stringenti che ne permettano la salvaguardia e la sostenibilità nel tempo lungo le coste di tutto il nord Adriatico.

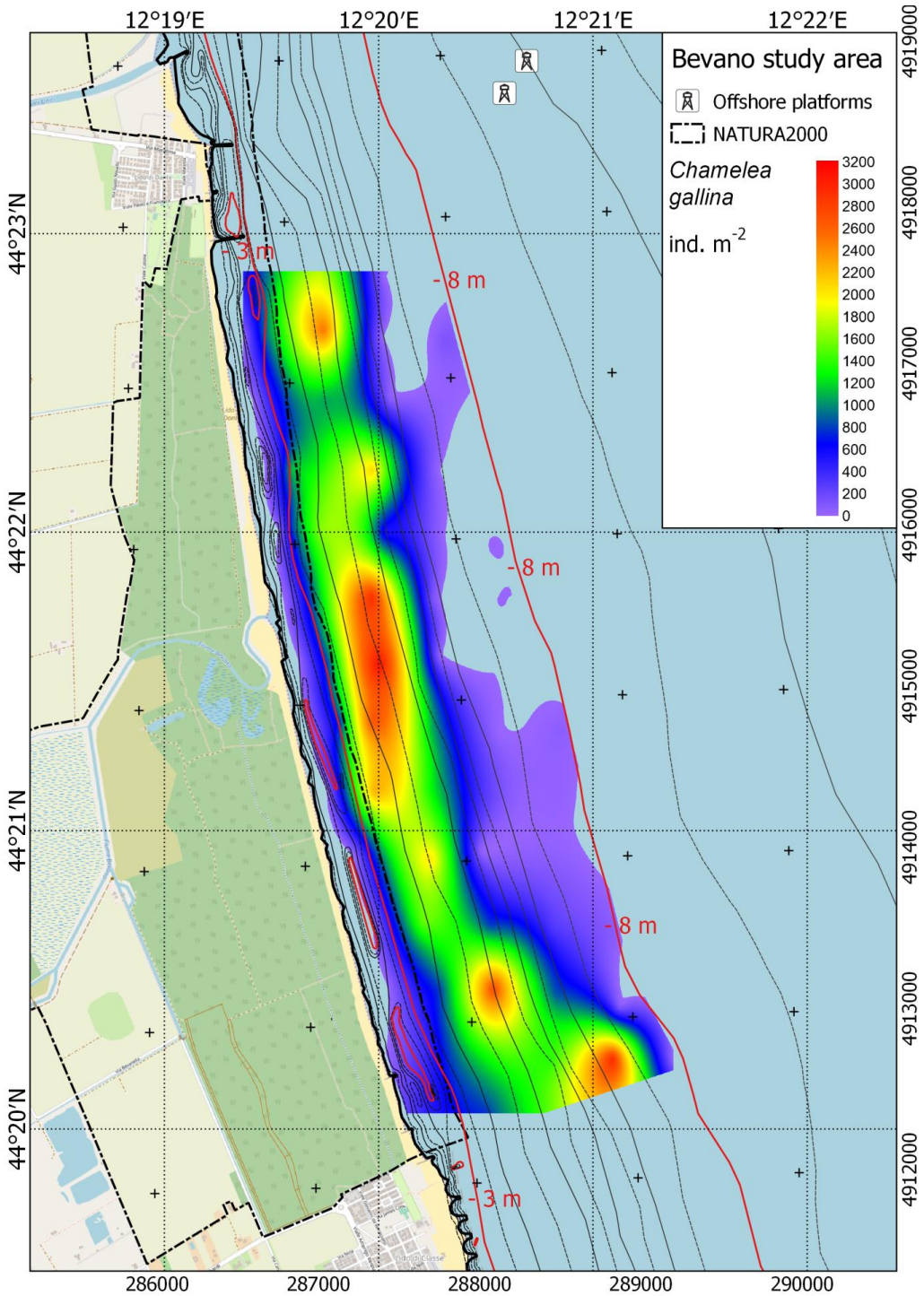


Figura 4.46. Mappa di distribuzione della vongola comune, *Chamelea gallina*, nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, profondità MLLW, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

4.8.1.2 *Ruditapes philippinarum* (vongola verace)

Specie originale dell'area indo-pacifica, definibile oggi come specie ubiquitaria a causa dell'introduzione lungo le coste pacifiche nord-americane (introdotta involontariamente mediante seme di ostrica giapponese) ed europee (introdotta a fini commerciali da un ricercatore britannico nei primi anni '70). Data la particolare rapidità di crescita, l'elevata tolleranza a vari fattori di stress ambientale ed agli agenti patogeni, e le caratteristiche organolettiche, essendo molto carnosa e apprezzata, questa specie è stata utilizzata in maricoltura anche in Portogallo, Spagna, Irlanda e Italia, dove nel 1983 è stata introdotta nella Laguna di Venezia. Da qui, *R. philippinarum* si è espansa lungo le coste nord- e centro-adriatiche ed ha soppiantato la specie nativa *Ruditapes decussatus* (Linnaeus 1758), dalla quale si distingue morfologicamente dalla conformazione dei sifoni: *R. philippinarum* li presenta uniti per i 2/3 della lunghezza totale, mentre in *R. decussatus* i due sifoni sono separati. Dal fenotipo delle valve esterne, infatti, non è facile distinguerle: entrambe crescono fino a 8 cm (sebbene in tempi molto differenti) e presentano motivi variabili di rugosità e cromatici (Pellizzato & Penzo 2011).

R. philippinarum predilige ambienti bentonici fangosi – sabbiosi (lagune, paludi, alvei fluviali in prossimità delle foci) e può insediarsi fino a 15 cm di profondità nei sedimenti. Riesce a raggiungere la maturità sessuale dopo circa un anno (15-20 mm), aumentando la fecondità in base alla taglia (picco massimo intorno ai 30-40 cm).

Entrambe le specie *Ruditapes* iniziano la gametogenesi alla fine dell'inverno, quando le temperature delle acque aumentano, fino all'emissione dei primi gameti che avviene attorno ai 20 °C, con un incremento esponenziale durante il periodo estivo. Come per molti altri bivalvi, anche queste due specie di vongole presentano un ciclo di vita caratteristico: essendo entrambe specie gonocoriche, dopo la fecondazione esterna dei gameti si hanno le fasi di trocofora, veliger e pediveliger (sommati assieme, della durata variabile di giorni-settimane), fino all'impianto nei sedimenti che porta alla metamorfosi dell'individuo, il quale inizierà ad accrescersi (da giovanile quindi ad adulto) (Pellizzato & Penzo 2011).

Sebbene più tollerante, anche la vongola filippina risente delle variazioni di temperatura e di concentrazione di ossigeno nelle acque. I banchi costieri di questa specie, ad oggi, risultano assai scarsi rispetto alle aree di semina ed allevamento soprattutto all'interno delle lagune (Ponti et al., 2017). Questa specie, rispetto ad altri bivalvi filtratori, presenta un elevato tasso di accrescimento e di aumento della biomassa il che la rende un forte competitore che ha contribuito negli anni alla riduzione delle popolazioni di *Ruditapes decussatus* e *Cerastoderma glaucum*.
La pesca di questa specie viene effettuata con attrezzi quali le i rastrelli manuali (rasca), le "rusche" (ovvero "rasca" da traino) o con l'impiego di piccole imbarcazioni con motori fuoribordo le cui eliche vengono immerse nel fango e che creano profondi solchi nei sedimenti e sono responsabili della risospensione di grandi quantità di sedimenti fangosi che persistono a lungo e vengono trasportati dalle correnti. Questi effetti possono avere conseguenze negative sulle capacità fotosintetiche dei produttori primari, con conseguenze sulla rete trofica (Ponti & Fava 2011).

4.8.2 Popolamenti bentonici

4.8.2.1 Zona di foce e alveo fluviale

All'interno dell'alveo fluviale e nella laguna retrodunale i popolamenti bentonici variano in funzione della distanza dalla foce, e quindi delle caratteristiche granulometriche, nonché con la profondità, estremamente variabile per le dune e avvallamenti presenti, e con la distanza dalla riva (Figura 4.48). Nella laguna retrodunale, a nord della foce con cui è in diretta comunicazione, sono abbondanti i giovanili di vongola verace *Ruditapes philippnarum*, è presente anche il bivalve edule *Cerastoderma glaucum* (Bruguière 1789). In alcuni tratti si osservano numerose tane (buchi nel fango) del gamberetto di estuario *Upogebia pusilla* (Petagna 1792) (Figura 4.47). Questa specie svolge un ruolo importante nei processi di bioturbazione dei sedimenti ed è una preda elettiva per molte specie ittiche, anche di interesse commerciale (e.g. *Anguilla anguilla*).

Figura 4.47. Immagine del gamberetto *Upogebia pusilla* (foto Attilio Rinaldi).

All'interno dell'alveo fluviale, procedendo dalla foce verso l'interno, man mano che i sedimenti diventano più fangosi la densità delle tane di *Upogebia pusilla* aumenta, inoltre dopo la prima ansa sono presenti banchi di ostriche (Figura 4.49 e Figura 4.50).

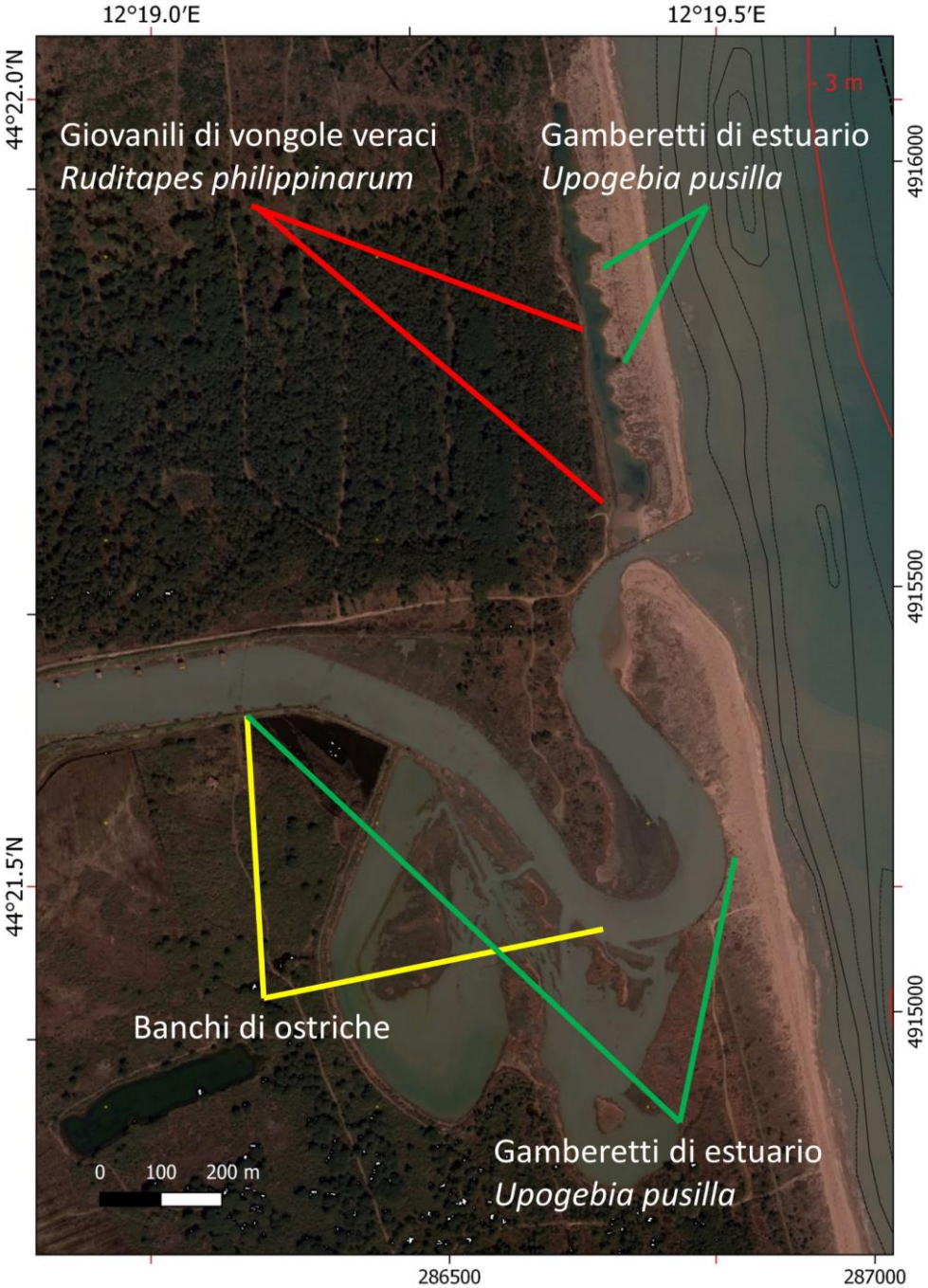


Figura 4.48. Principali caratteristiche dei popolamenti all'interno della foce (isobate RER 2000, profondità MLLW, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica immagine da satellite del 2 aprile 2018 distribuita da Google Earth).

Figura 4.49. Banchi di ostriche parzialmente visibili lungo le rive durante la bassa marea (Foto Massimo Ponti).

Figura 4.50. Ostriche visibili lungo le rive durante la bassa marea (Foto Massimo Ponti).

4.8.2.2 Area marina costiera

Nell'area marina adiacente la Foce Bevano, oltre alla vongola comune, sono risultate abbondanti altre specie bentoniche. Tra questi il polichete tubicolo *Owenia fusiformis* Delle Chiaje 1844 (Figura 4.51) raggiunge una densità massima di oltre 2000 ind. m^{-2}, ha una distribuzione che rispecchia abbastanza quella della vongola comune, con cui condivide alcune esigenze in termini di caratteristiche dell'habitat (Figura 4.53).

Figura 4.51. Immagine del polichete *Owenia fusiformis* (da WoRMS - World Register of Marine Species, http://www.marinespecies.org).

Il gasteropode *Tritia neritea* (Linnaeus 1758) (= *Cyclope neritea*; Figura 4.52) nell'area di studio raggiunge una densità massima di oltre 220 ind. m^{-2} e che coincide con le aree ad alta densità di *O. fusiformis* (Figura 4.57). Entrambe queste specie svolgono un ruolo importante nel ciclo della sostanza organica nei sedimenti.

Figura 4.52. Immagine del gasteropode *Tritia neritea* (foto Attilio Rinaldi).

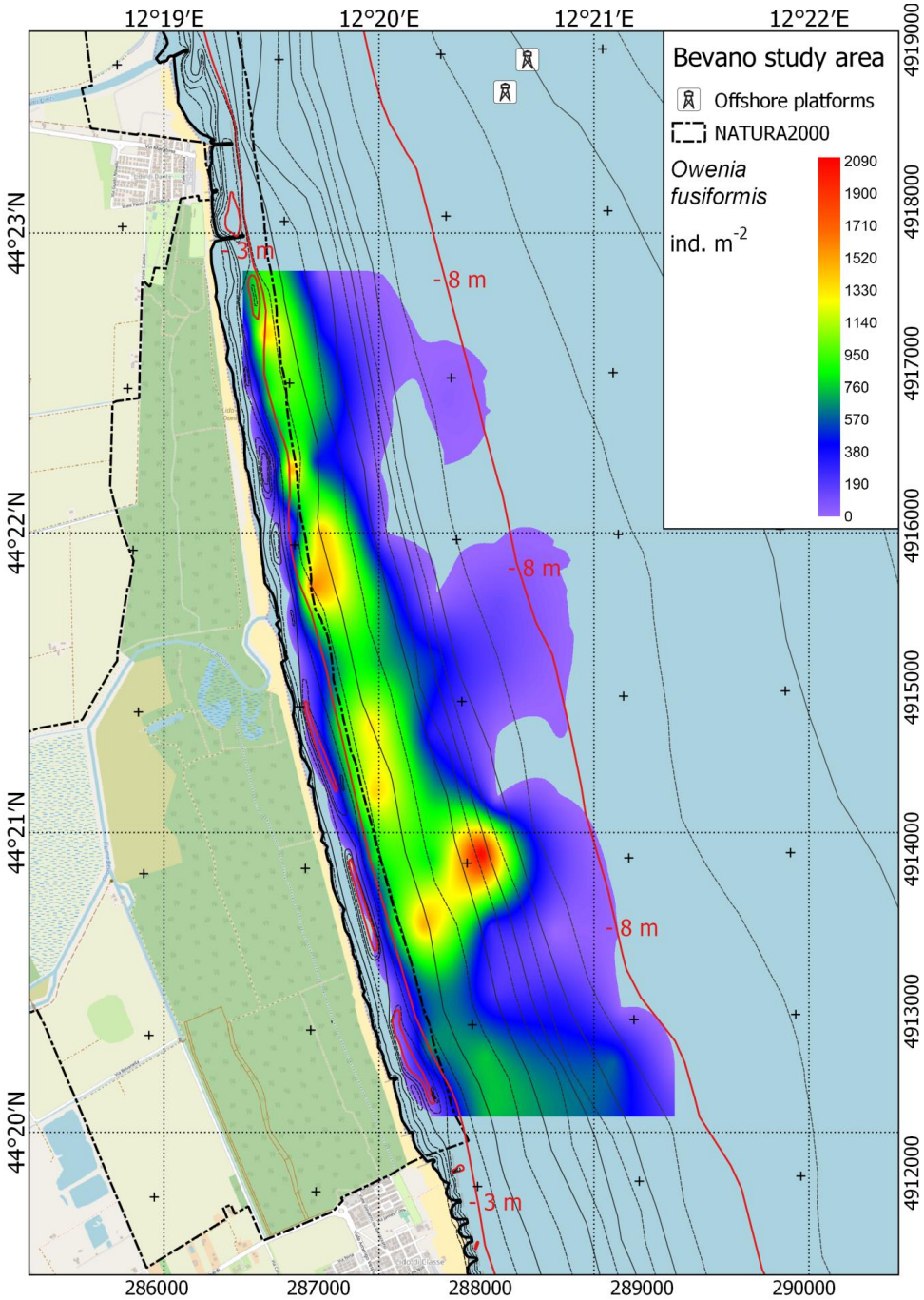


Figura 4.53. Mappa di distribuzione del polichete *Owenia fusiformis* nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, profondità MLLW, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

Il bivalve *Peronaea planata* (Linnaeus 1758) (= *Tellina planata*) ha una distribuzione particolare e in un'area in prossimità della riva raggiunge densità di oltre 140 ind. m^{-2} (Figura 4.58). Tra i bivalvi presenti nell'area si segnalano *Mactra stultorum* (Linnaeus 1758) e la specie non indigena *Anadara kagoshimensis* (Tokunaga 1906), rispettivamente in Figura 4.54 e Figura 4.55. Per i gasteropodi è rilevante la presenza della specie non indigena *Rapana venosa* (Valenciennes 1846) (Figura 4.56).

Figura 4.54. Immagine del bivalve *Mactra stultorum* (foto Attilio Rinaldi).

Figura 4.55. Immagine del bivalve *Anadara kagoshimensis* (foto Attilio Rinaldi).

Figura 4.56. Immagine del gasteropode *Rapana venosa* (foto Attilio Rinaldi).

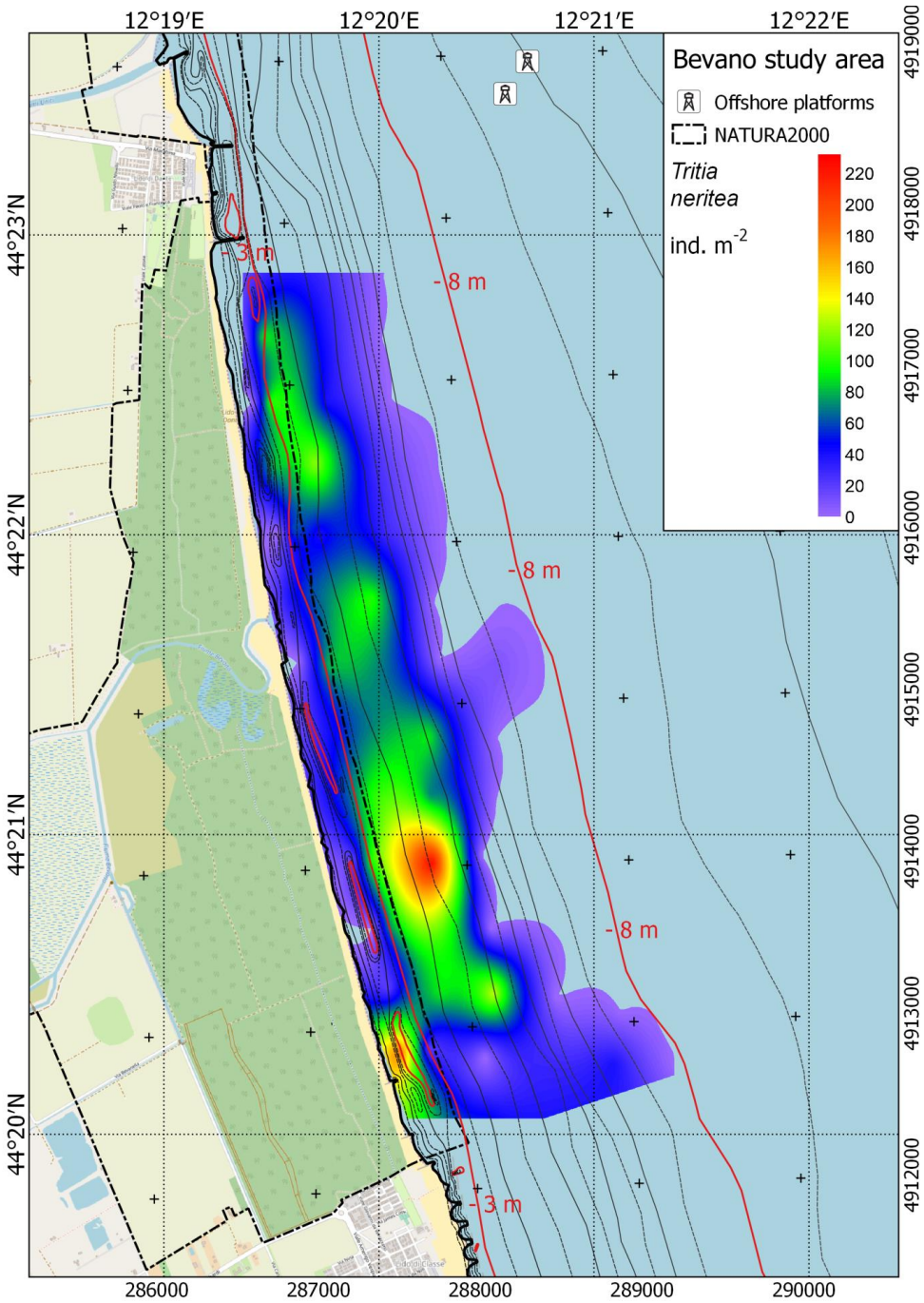


Figura 4.57. Mappa di distribuzione del mollusco gasteropode *Tritria neritea* nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, profondità MLLW, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

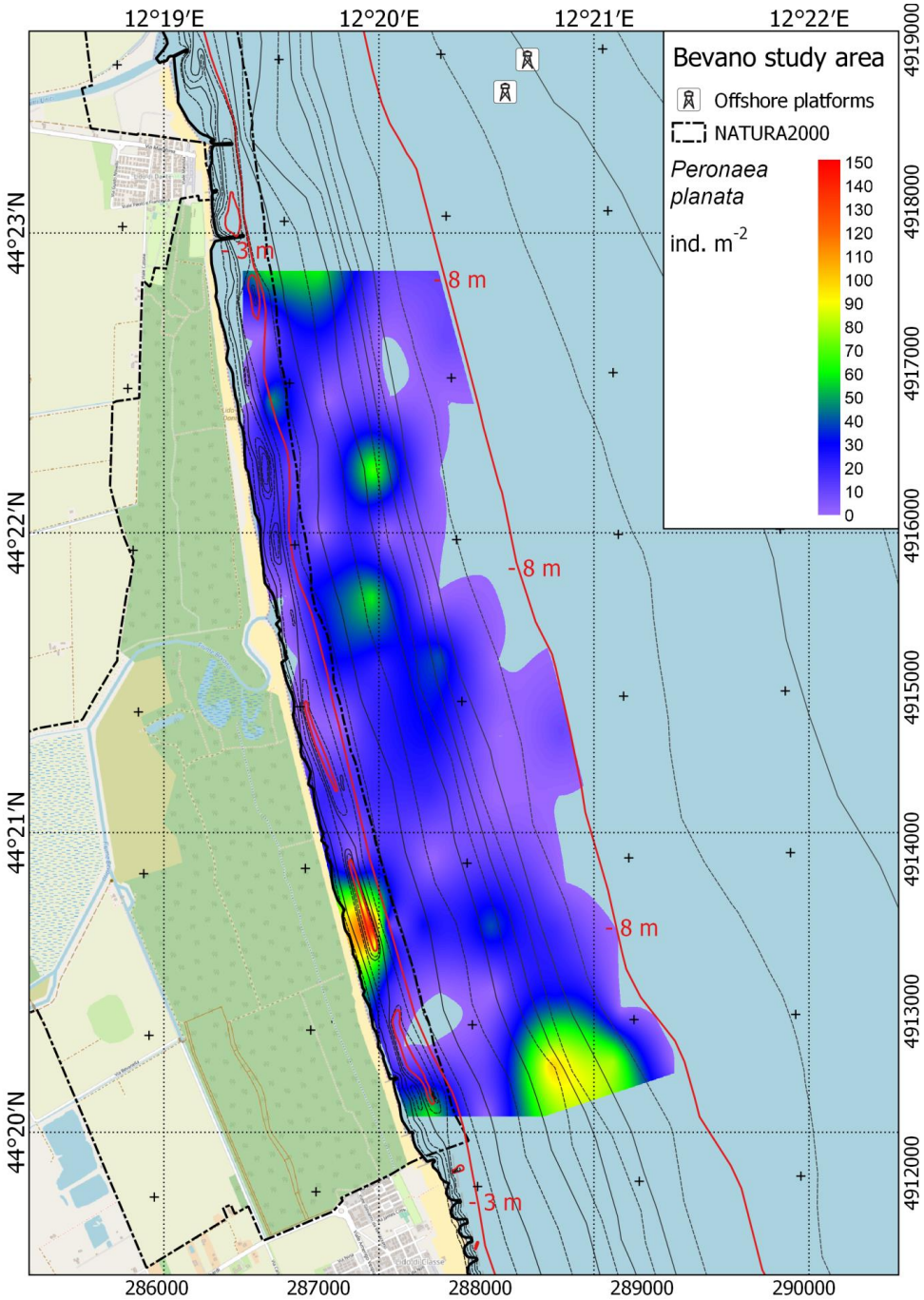


Figura 4.58. Mappa di distribuzione del mollusco bivalve *Peronaea planata* nell'area di studio prospiciente il SIC/ZPS IT4070009 (isobate RER 2000, profondità MLLW, mappa in proiezione di Mercatore, coordinate geografiche WGS84, coordinate chilometriche UTM33 WGS84, base cartografica terrestre Google Maps).

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 4.59) e la mazzancolla *Penaeus kerathurus* (Forskål 1775), quest'ultima specie di grande interesse commerciale (Figura 4.60), oltre a paguri come *Diogenes pugilator* (Roux 1829) normalmente presenti all'interno di conchiglie di *Tritia nitida* (Jeffreys 1867) (= *Nassarius nitidus*).

Figura 4.59. Immagine dei i granchi *Carcinus aestuarii* a sinistra e *Liocarcinus vernalis* a destra (foto Attilio Rinaldi).

Figura 4.60. Immagine della mazzancolla *Penaeus kerathurus* (foto Attilio Rinaldi).

4.9 Paesaggio

4.9.1 Ambiti e trasformazioni territoriali

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.

In generale la costa del Comune di Ravenna è delimitata a nord dal fiume Reno e a sud dal fiume Savio. Lo spostamento di circa 3 chilometri a sud del tratto terminale dei Fiumi Uniti nel XVIII secolo dava luogo ad un nuovo spianamento della cuspide deltizia (quella "punta marina" da cui avrebbe preso il nome l'attuale località) e alla formazione di specchi interni a nord, le così dette piallasse. Questo assetto è tuttora conservato, almeno nelle sue grandi linee, in tutto il litorale di Ravenna, in verità le vicende delle valli a nord di Ravenna sono state negli ultimi secoli particolarmente complesse, ma non hanno avuto significativi riflessi sulla dinamica del vicino litorale. Lo stesso Lamone, che è un fiume ricco di torbide poté scorrere autonomo al mare per oltre due secoli sfociando a Casal Borsetti dove formò una modesta cuspide che a nord si saldava con quella di Primaro e a sud sfrangiava a formare le piallasse.

Già nel XVI secolo il litorale era caratterizzato dalla presenza di ampie zone boschive di proprietà degli arcivescovi di Ravenna che nel 1520 venivano concesse in enfiteusi alle quattro abbazie della città: S. Vitale, Classe, S. Giovanni e S. Maria in Porto; ha inizio un processo di potenziamento di tutto il loro patrimonio boschivo. All'ampliarsi della linea di costa segue un aumento della fascia boschiva continua estesa sul litorale ravennate per oltre 32 Km dal Lamone fino a Cervia e ampia circa quattro Km. Le pinete storiche raggiungono la massima espansione verso la fine del Settecento come descrive Francesco Ginanni nella "Istoria civile e naturale delle pinete ravennati". Risultava l'esistenza di un unico bosco costiero pinetato che con continuità comprendeva: la pineta di S. Vitale, la pineta della Monaldina e di Porto, la pineta di Classe fino al torrente Bevano, la pineta di S. Giovanni fino al fiume Savio ed infine la pineta di Cervia dal Savio a Cervia. Il processo di disboscamento continuerà per oltre un secolo fino a quando le pinete divenivano di proprietà del Demanio dello Stato. Nel 1905 il Ministro Rava riuscì a creare le premesse legislative per l'acquisto e il rimboschimento dei terreni lungo il litorale ravennate e nel 1933 venne impiantata la nuova pineta litoranea. Oltre a quello che rimane del grande bosco litoraneo: pineta di Classe, S. Vitale e Cervia, è caratterizzata da luoghi naturali di diversa origine accomunati dal fatto di essere la testimonianza di ambienti diversi che circondavano il territorio di Ravenna nei secoli passati. Una di queste è la foresta allagata di Punte Alberete che è ciò che rimane dell'antica palude a nord di Ravenna prima dell'importante opera di bonifica della Cassa di Colmata del Lamone. Sempre a nord della città troviamo la Valle della Canna, il Prato Barenicolo e le Piallasse. A sud della città i due ambienti naturali sono l'Ortazzino e l'Ortazzo, di cui quest'ultimo è un complesso formato da stagni retrodunali, da antiche anse della foce del Bevano, da zone umide salmastre che assieme al complesso di dune costiere e pinete di recente impianto sfumano in praterie barenicole. L'Ortazzino è invece una valle arginata con acque dolci, un tempo sfruttata a risaia e poi rinaturalizzata. La dinamica del litorale ravennate è stata negli ultimi millenni particolarmente complessa e legata ai numerosi fiumi appenninici, ad un importante ramo del Po, quello di Primaro, e all'affievolirsi della pendenza nel bassopiano. L'insediamento lungo la costa è un fenomeno molto recente, tra il XV il XVII sec. vi erano ancora pesanti fenomeni di ripulsa ambientale e situazioni geoeconomiche che ne impedivano lo sviluppo.

Nel XVIII secolo gli unici insediamenti si registrano in città fortificate come Cervia, Rimini e Cesenatico Altri elementi che testimoniano il veloce avanzamento della linea di costa in questi secoli, sono le torri di guardia a difesa dalle incursioni piratesche erette nel XVII sec. lungo il litorale tra Ravenna e Cervia. Solo un secolo più tardi, le 3 torri: Torraccia, Torre Bevano, Torre Lunarda perdono la loro funzione di guardia rimanendo semplici baluardi arenati

sul litorale. L'insediamento turistico della costa ravennate si svilupperà fortemente solo nel secondo dopoguerra in corrispondenza dello sviluppo industriale e della costruzione della viabilità litoranea: sorgeranno, Lido di Classe, Lido di Savio, Lido di Dante e Lido Adriano. In questa crescita dei nuovi centri balneari, si distaccano per la loro origine i centri di Punta Marina e di Casal Borsetti che hanno avuto uno sviluppo spontaneo e minuto. Il primo è sorto come centro balneare all'inizio secolo sulla foce dell'antico corso dei Fiumi Uniti ed è riuscito a mantenere uno sviluppo urbano contenuto; Casal Borsetti sorgeva come centro abitato dei lavoratori delle bonifiche di colmata del Lamone.

Nella zona della costa siamo in presenza di numerosi cordoni litoranei, il più rilevante è l'attuale dosso litoraneo. Nelle zone di costa i dossi fluviali tendono a scomparire lasciando il posto ai dossi litoranei dunosi, l'unico dosso fluviale che si rileva dalle isoipse l'ultimo tratto dell'antico percorso del Ronco. Troviamo diversi dossi litoranei, alcuni ancora in rilievo, che ci mostrano il variare della linea di costa, molti però non più visibili morfologicamente. Evidenti sono i dossi su cui sorgono le pinete di Classe e di S Vitale, altri più interni si individuano dalle foto aeree e dai tracciati delle strade. Inoltre troviamo localizzati in alcune zone, a foce Bevano, nel tratto di spiaggia da Porto Corsini a Casal Borsetti fino a Marina di Ravenna, cordoni dunosi ancora chiaramente dune di retrospiaggia.

4.9.2 Contesto paesaggistico di riferimento

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 4.61 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.

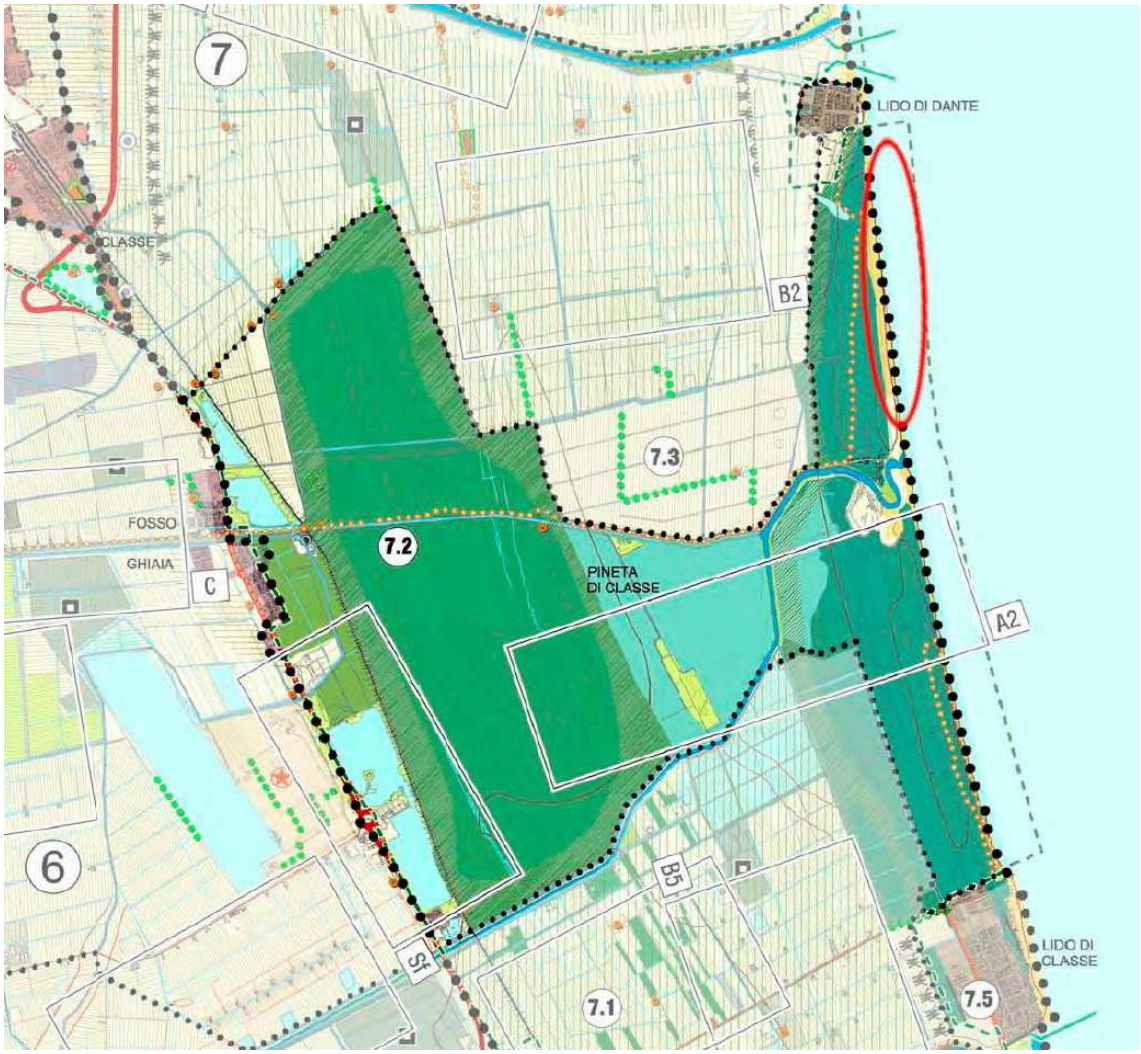


Figura 4.61 Segni del passaggio nell'intorno dell'area di progetto.

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.

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 contermine 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.

Secondo quanto previsto dal RUE, tutti gi interventi previsti dal RUE stesso sono condizionati al perseguimento degli obiettivi paesaggistici fissati per i contesti paesaggistici locali (obiettivi di contesto locale).

Il contesto paesistico locale in esame appartiene a: "Tratti di costa in contesti a dominante naturale (CPL – 1 LE VALLI DI COMACCHIO E CPL – 7.2 PINETA DI CLASSE)", articolato come segue:

In questi tratti di costa, dove l'arenile è prevalentemente di tipo naturale ed è adiacente a boschi, pinete e zone umide, nei quali le prescrizioni del Piano sono relative esclusivamente ad interventi volti alla tutela e valorizzazione delle risorse fisico-naturalistiche secondo quanto previsto dalla disciplina di RUE (Spazio naturalistico e Sistema paesaggistico ambientale) e dei piani di gestione di SIC e ZPS, nonché dai Piani di Stazione del Parco del Delta del Po, e tenuto conto degli Obiettivi di Contesto locale dei contesti nel quale la fascia dell'arenile ricade, gli obiettivi paesaggistici per l'arenile sono così definiti:

- recupero e/o ricostruzione, dove possibile, del sistema dunale, non solo per un recupero naturalistico dell'ambiente costiero e per un'efficace difesa dall'erosione marina, ma anche per un miglioramento dei livelli di fruizione sostenibile e godibilità paesaggistica ed ambientale;
- tutela e valorizzazione della successione dei caratteri naturali (dune attive e dune consolidate, stagni retrodunali, prati umidi e salmastri, boschi termofili planiziali ecc.);
- promozione della fruizione paesaggistico-ambientale a fini didattico-scientifici (educazione ambientale, didattica ecologica, conoscenza scientifico-naturalistica e culturale), anche tramite la creazione di nuovi tracciati da realizzarsi privilegiando la percepibilità dei caratteri e delle relazioni che connotano il contesto;
- salvaguardia e recupero dell'arenile naturale nei tratti di arenile prossimi alle zone di integrazione dello spazio naturalistico, in funzione della creazione di un "paesaggio naturale" che presenti i caratteri della transizione fra lo Spazio naturalistico e lo Spazio rurale.

5 Analisi 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 (gommone) 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.

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

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 (gommone) 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, già descritta nella sezione 3.2, 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.

5.2.1.1 Riproduzione dell'opera nel modello

L'opera è descritta in dettaglio nel capitolo 3 di questo studio (vedasi anche Figura 3.5, Figura 3.6 e Figura 3.7) e nell'allegato "Studio di fattibilità tecnico economica della scogliera".

Per realizzare la "*mesh*" di calcolo del modello sono state utilizzate differenti fonti di dati batimetrici:

- Rilievo appositamente realizzato nel novembre 2023 nell'ambito del progetto LIFE NatuReef;
- Rilievo batimetrico Arpae 2018 (edizione 2020)
- Carta nautica digitalizzata CMAP per profondità maggiori di -10 m.

In Figura 5.1 sono mostrate per la zona oggetto di studio la batimetria, la mesh è evidenziata nella successiva Figura 5.2, in cui si nota l'aumento di risoluzione in prossimità dell'opera ed in Figura 5.3 la rappresentazione dell'opera con la cresta a -1,20 m.

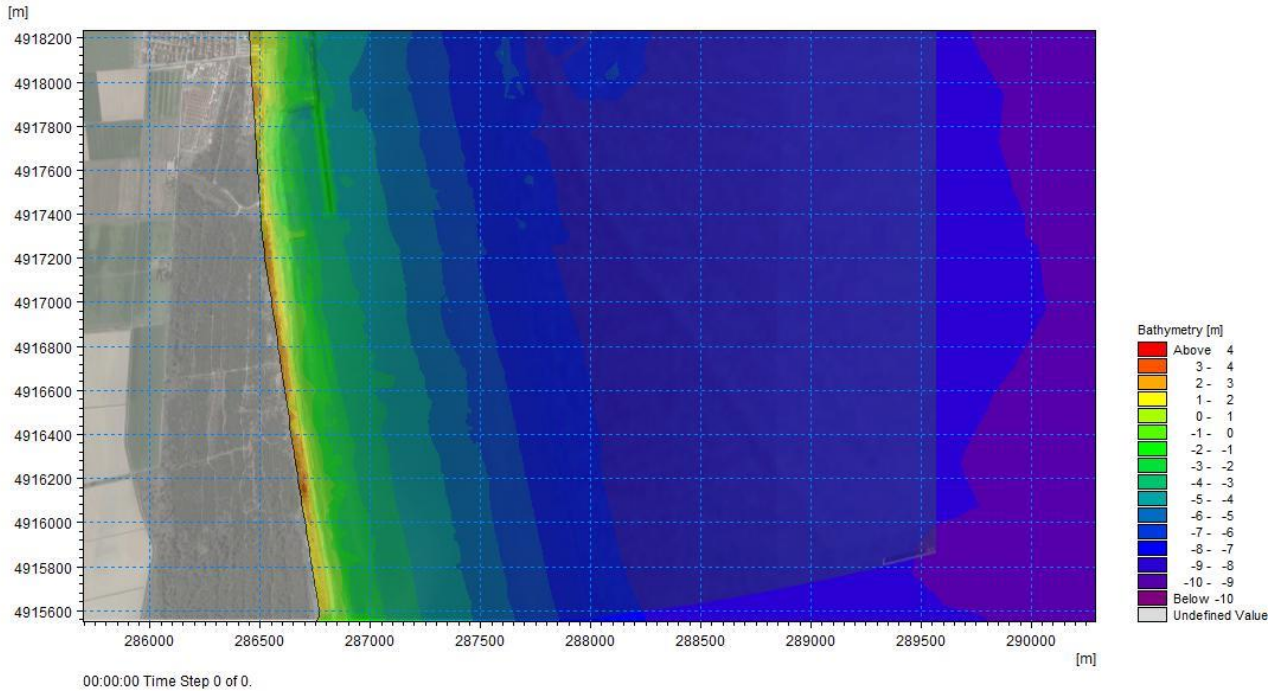


Figura 5.1 Batimetria della zona di studio (proiezione UTM33/WGS84).

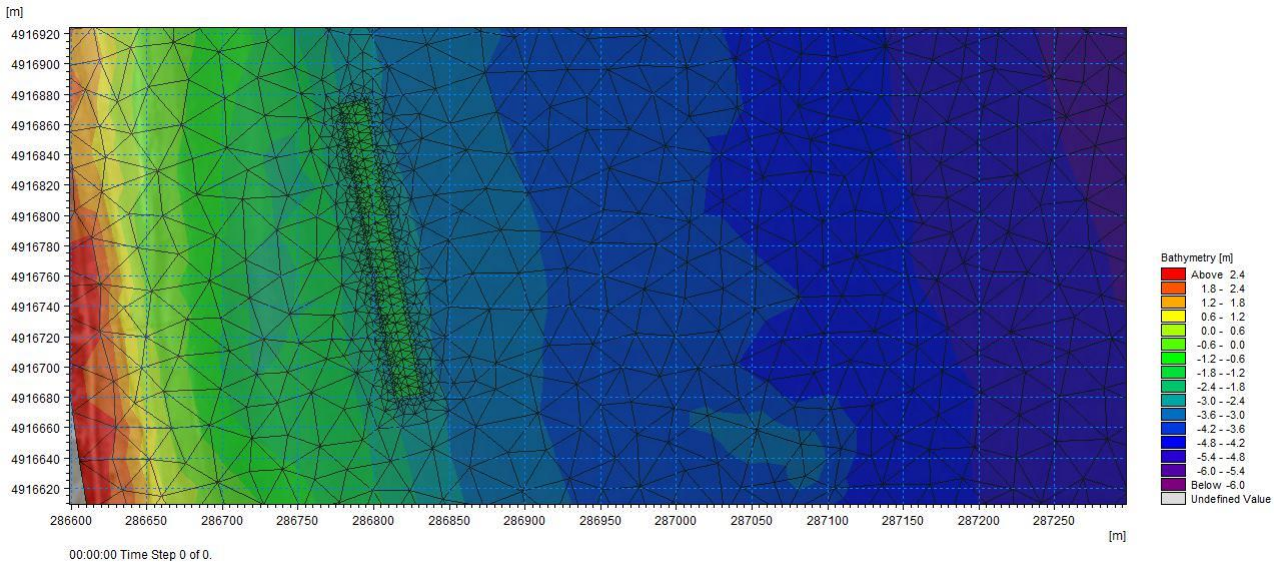


Figura 5.2 Dettaglio della griglia di calcolo in prossimità dell'opera (proiezione UTM33/WGS84).

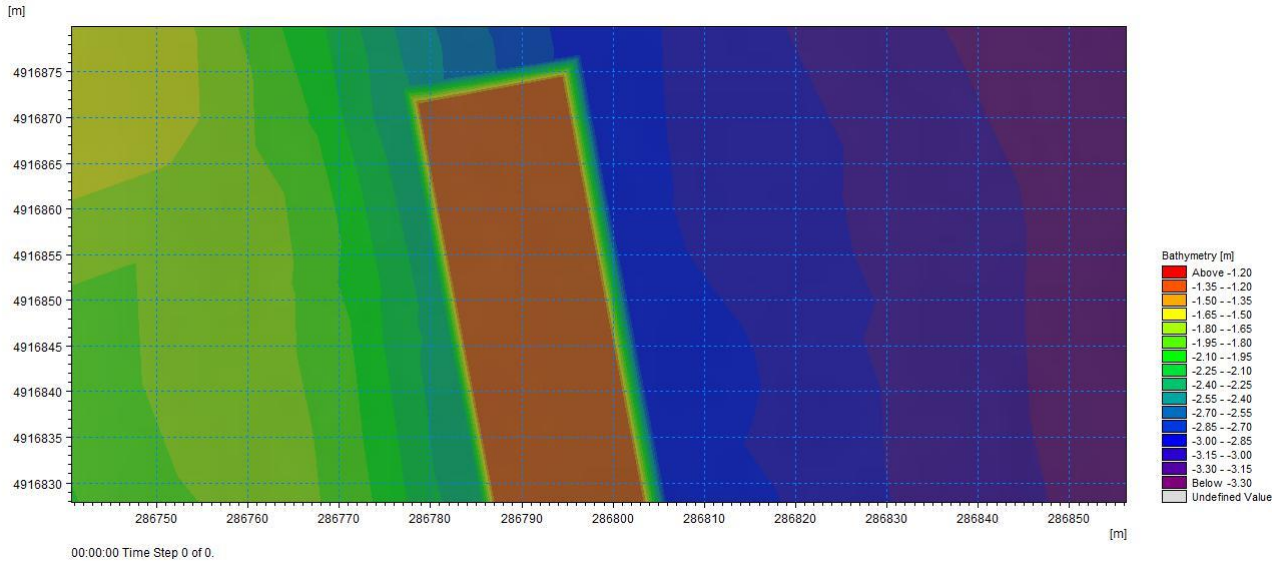


Figura 5.3 Dettaglio della realizzazione dell'opera LIFE NatuReef nella batimetria del modello (proiezione UTM33/WGS84).

5.2.1.2 Condizioni locali simulate

Il codice di calcolo permette di imporre condizioni al contorno relativamente alle onde, a livelli e correnti ed a sorgenti di sedimenti. In questo studio sono state imposte condizioni presso il contorno di Figura 5.4. Le onde sono propagate dai contorni 3, 4 e 5.

Innanzitutto, sono state simulati scenari di condizioni estreme: due onde con tempo di ritorno di 25 anni e direzione tipica di Bora e di Scirocco. Ciascuna mareggiata simulata con una durata di 3 ore (le caratteristiche sono riportate in Tabella 5.1).

Sono poi state estratte individuate dalle misure ondametriche della boa Nausicaa 2 mareggiate, sempre caratterizzate da condizioni di Bora e Scirocco. Le due mareggiate selezionate sono descritte nelle seguenti Figura 5.5 e Figura 5.6.

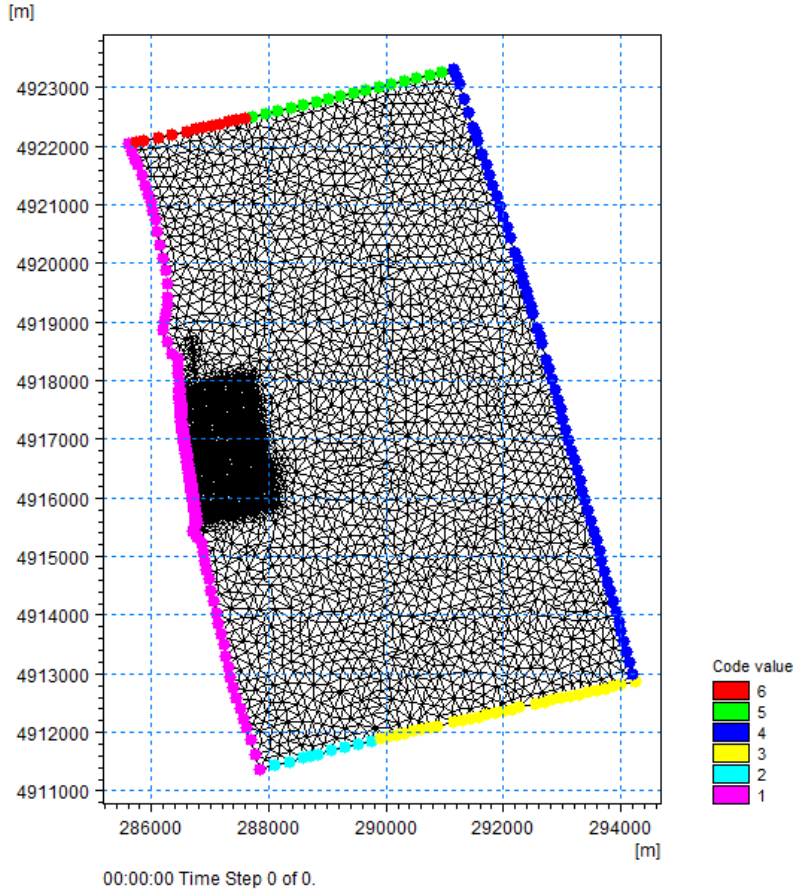


Figura 5.4 Griglia di calcolo e contorno (proiezione UTM33/WGS84).

Tabella 5.1 Condizioni ondametriche estreme studiate

	Bora			Scirocco		
Tr [anni]	**Hs [m]**	**Tp [s]**	**Dir [°N]**	**Hs [m]**	**Tp [s]**	**Dir [°N]**
25	4,82	8,52	50	3,11	7,82	100

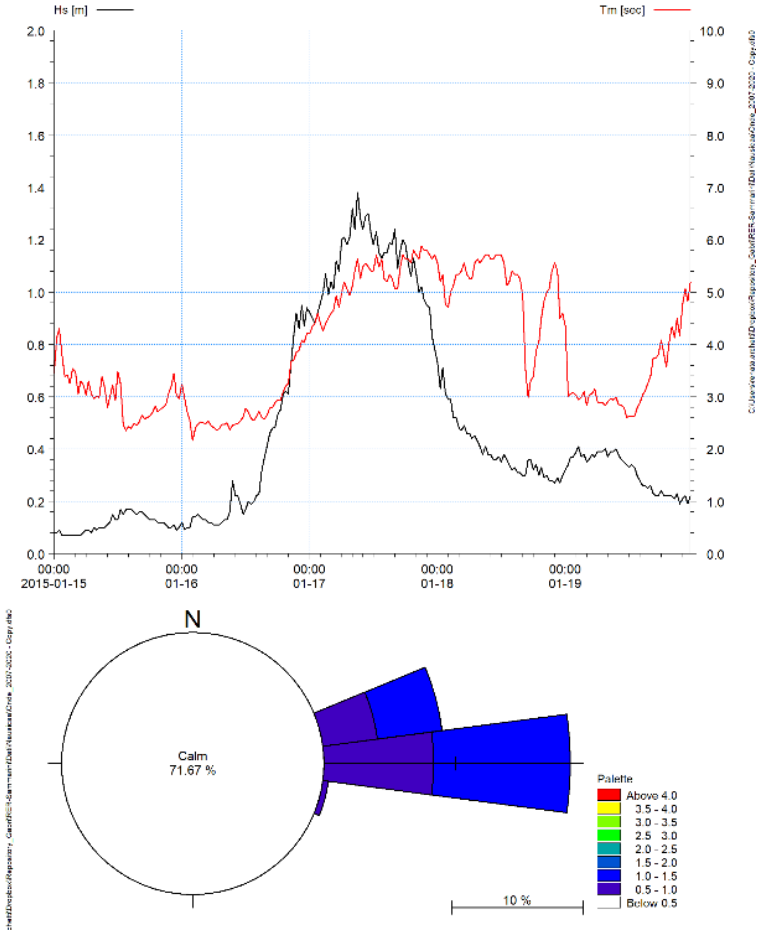


Figura 5.5 Mareggiata del 15-17 gennaio 2015 Prevalenza della direzione E SE Scirocco. Altezza massima registrata 1,4 m.

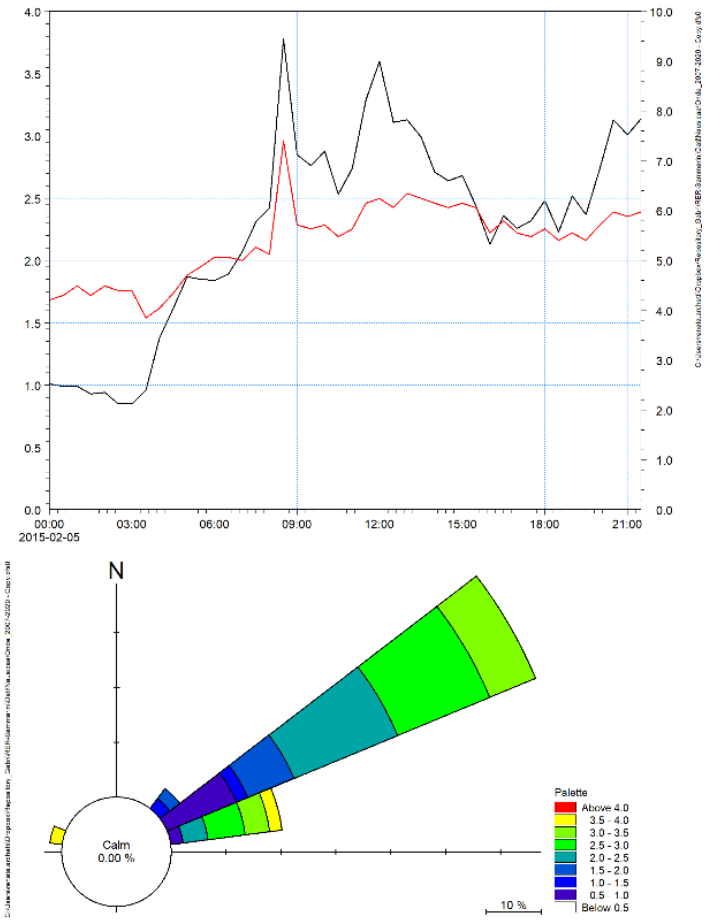


Figura 5.6 Mareggiata 5-6 febbraio 2015 Prevalenza NE (Bora). Altezza massima registrata 3,7 m.

5.2.1.3 Analisi di campo d'onda, campo di corrente e di trasporto sedimentario per i 2 scenari estremi

L'analisi dell'andamento del moto ondoso, della corrente idrodinamica e del trasporto solido sedimentario per lo stato di fatto è la base per valutare l'impatto dell'intervento proposto sul litorale limitrofo. Dalle simulazioni sono state estratte le mappe di moto ondoso per le due onde estreme selezionate.

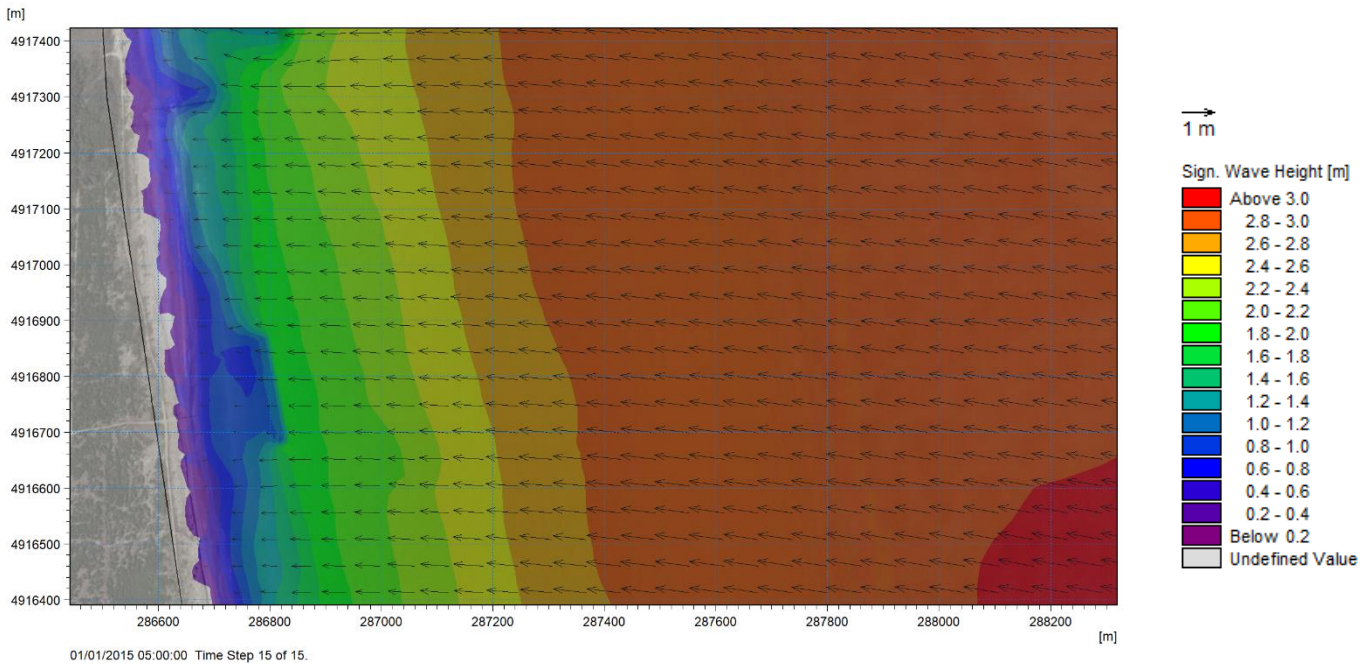


Figura 5.7 - Dettaglio dell'andamento del moto ondoso. Stato Attuale dell'area. Evento estremo da Scirocco Hs = 3,11 m; Dir = 100° N; Tp = 7,82 s; SWL = 0 m (proiezione UTM33/WGS84).

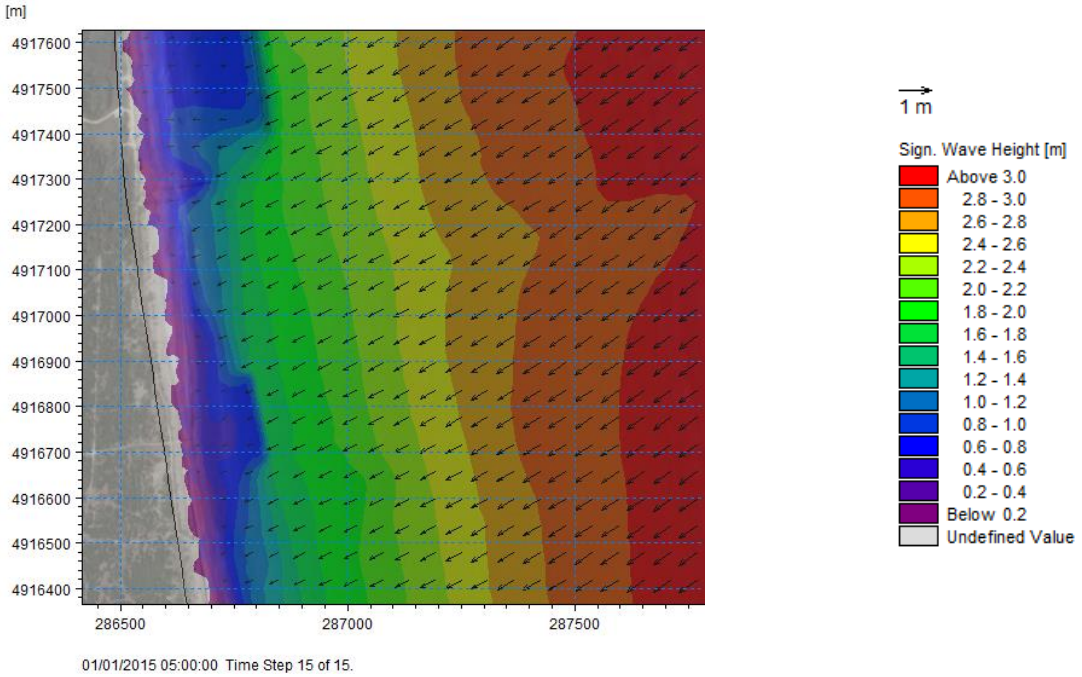


Figura 5.8 – Dettaglio dell'andamento del moto ondoso. Stato Attuale dell'area. Evento estremo da Bora Hs = 4,82 m; Dir = 50° N; Tp = 8,52 s; SWL = 0 m (proiezione UTM33/WGS84).

Si riporta anche la mappa delle correnti per le 2 condizioni simulate.

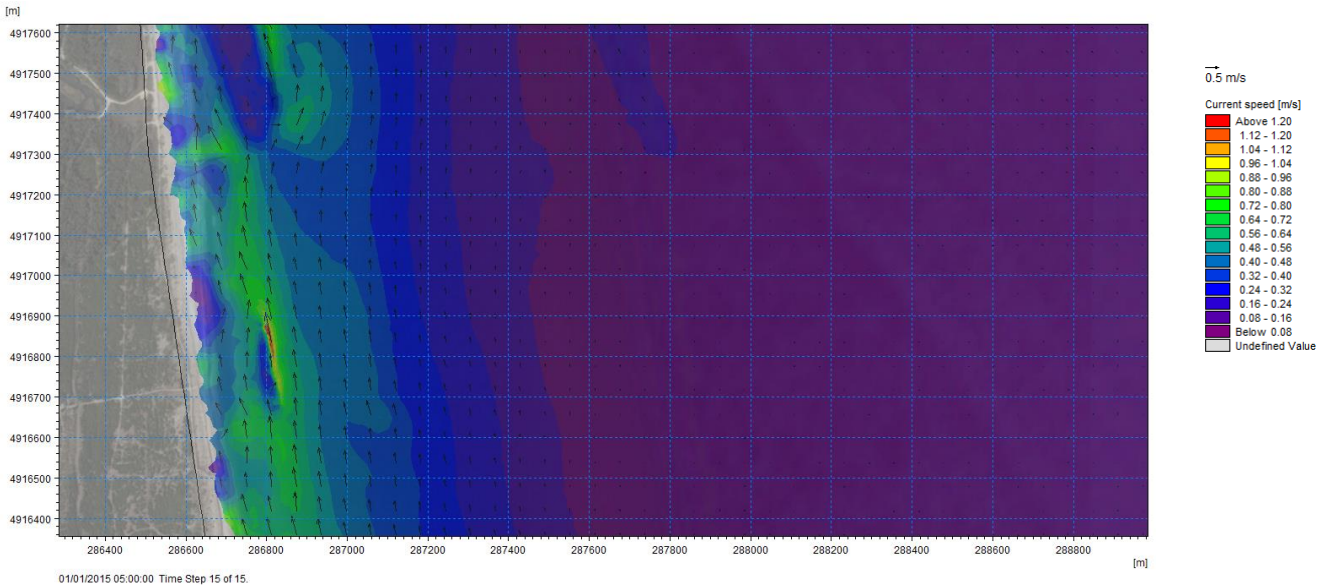


Figura 5.9 - Mappe di corrente del mare dell'intero tratto di costa per l'evento estremo da Scirocco (proiezione UTM33/WGS84).

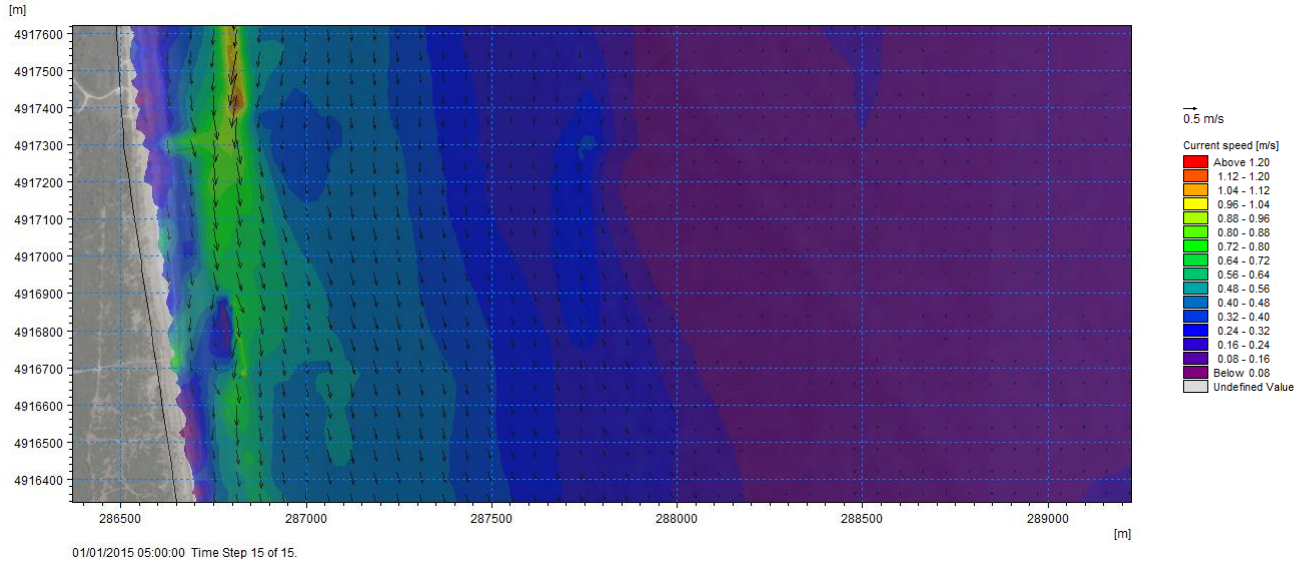


Figura 5.10 - Mappe di corrente del mare dell'intero tratto di costa per l'evento estremo da Bora (proiezione UTM33/WGS84).

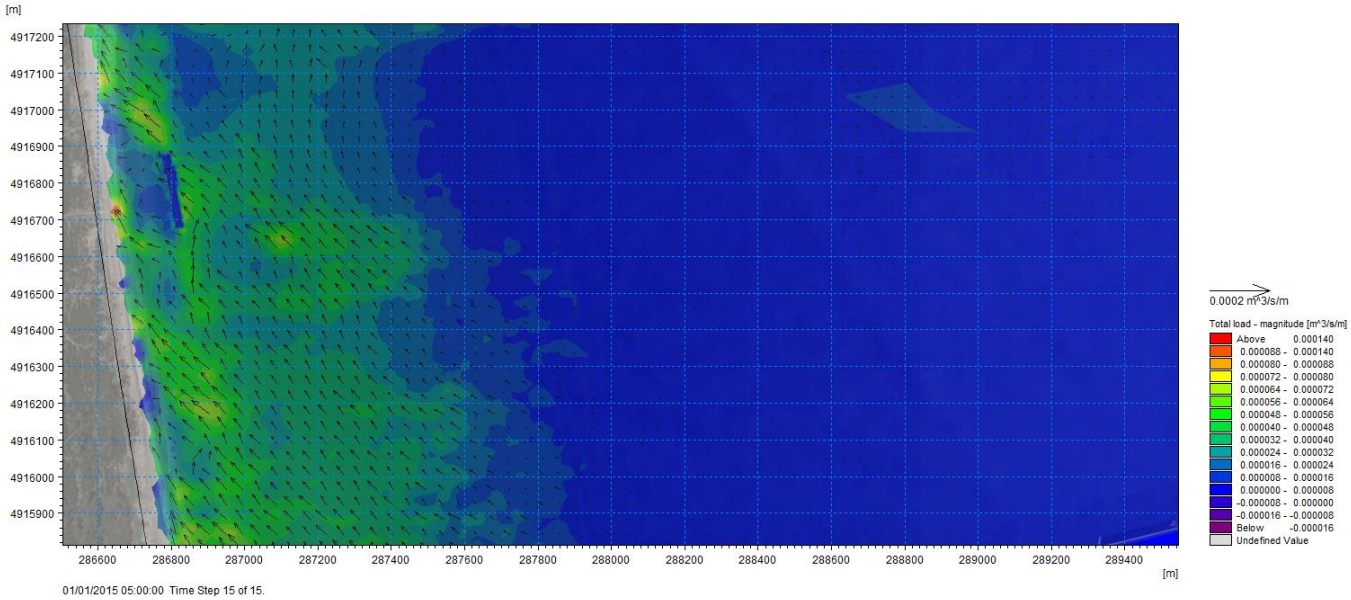


Figura 5.11 - Mappe di trasporto dei sedimenti dell'intero tratto di costa per l'evento estremo da Scirocco (proiezione UTM33/WGS84).

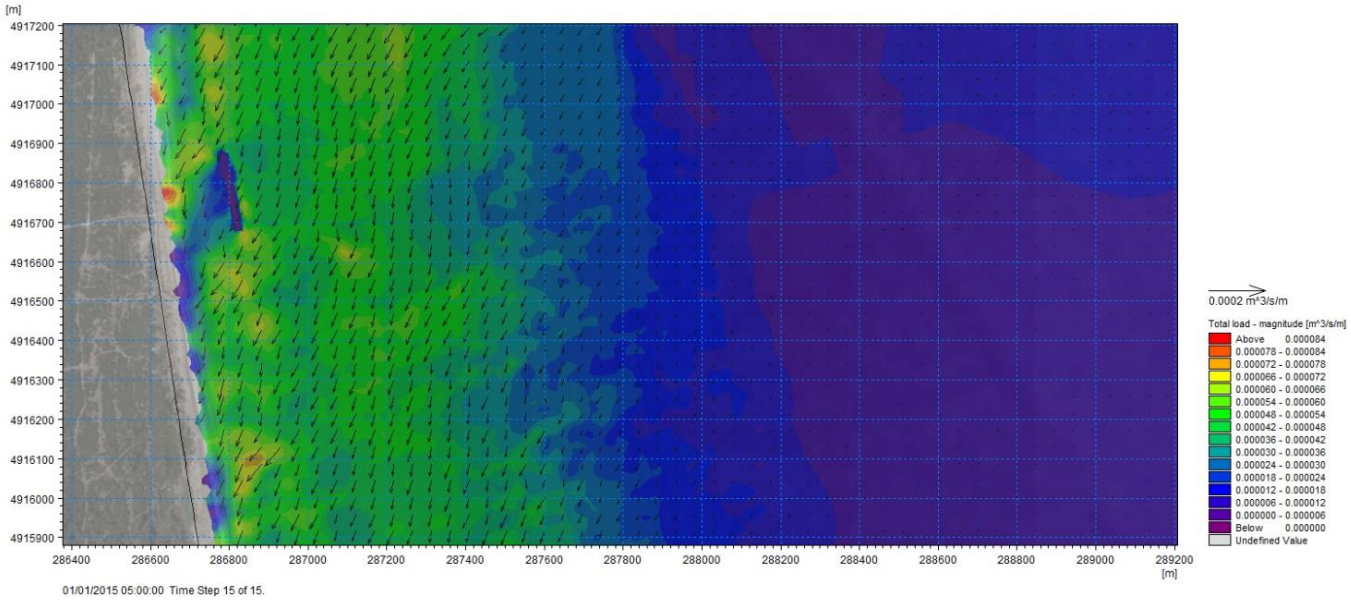


Figura 5.12 - Mappe di trasporto dei sedimenti dell'intero tratto di costa per l'evento estremo da Bora (proiezione UTM33/WGS84).

In seguito a queste analisi si può concludere che:

- La capacità di riduzione dell'attacco ondoso dell'opera, che ricordiamo ha la caratteristica di essere molto larga con un'impronta sul fondale di 20 m e con una berma parti a 16 m, ed una sommergenza di 1.2 m, è rappresentata dal coefficiente di trasmissione (kt).
- Chiaramente 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 kt che raggiunge il 40%.
- Il tratto di costa protetto è maggiore dell'estensione dell'opera, e 'proiettato' nella direzione dell'attacco ondoso, che per rifrazione giunge all'opera quasi perpendicolare per entrambe le direzioni.
- La riduzione dell'attacco ondoso in presenza della struttura si traduce in una evidente riduzione della corrente a tergo dell'opera e di conseguenza in una riduzione del trasporto (vedi Figura 5.9 e Figura 5.10 per le correnti, Figura 5.11 e Figura 5.12 per il trasporto).

5.2.1.4 Impatto di mareggiate selezionate

Nelle successive figure sono riportate le mappe di campo idrodinamico e campo d'onda durante le 2 mareggiate selezionate, le cui considerazioni sono analoghe a quanto già riferito per gli scenari.

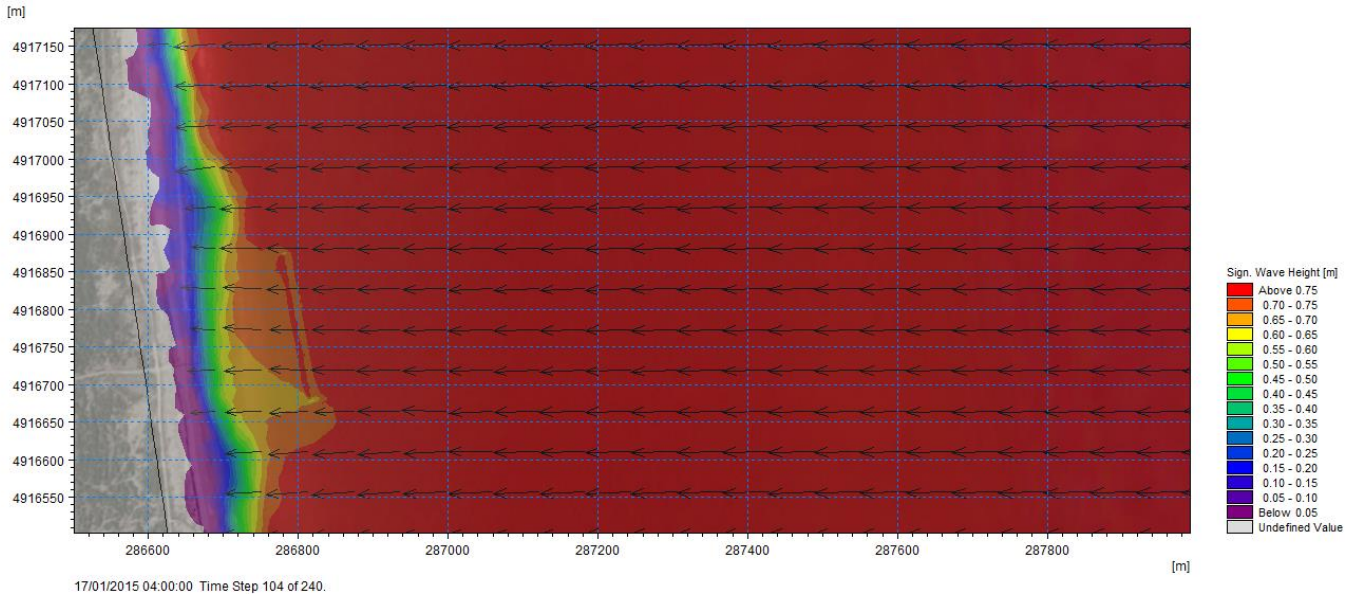


Figura 5.13 Campo d'onda durante la mareggiata di Scirocco del 15 gennaio 2015 (proiezione UTM33/WGS84).

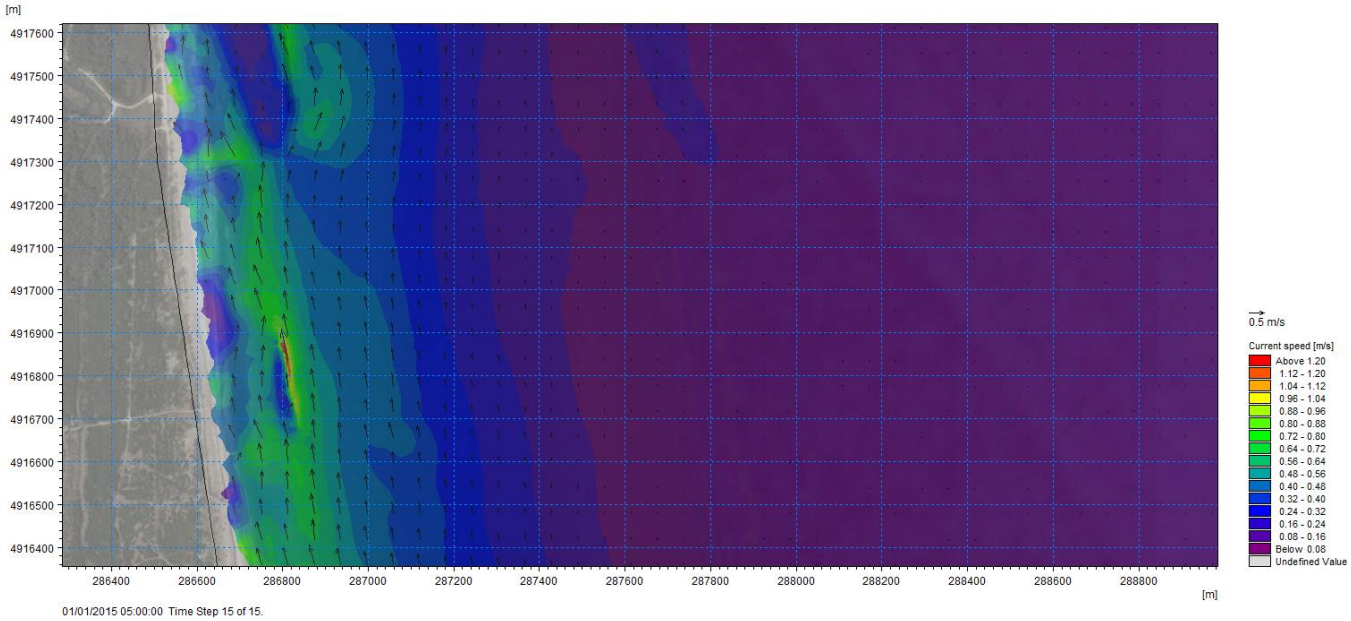


Figura 5.14 Campo idrodinamico durante la mareggiata di Scirocco del 15 gennaio 2015 (proiezione UTM33/WGS84).

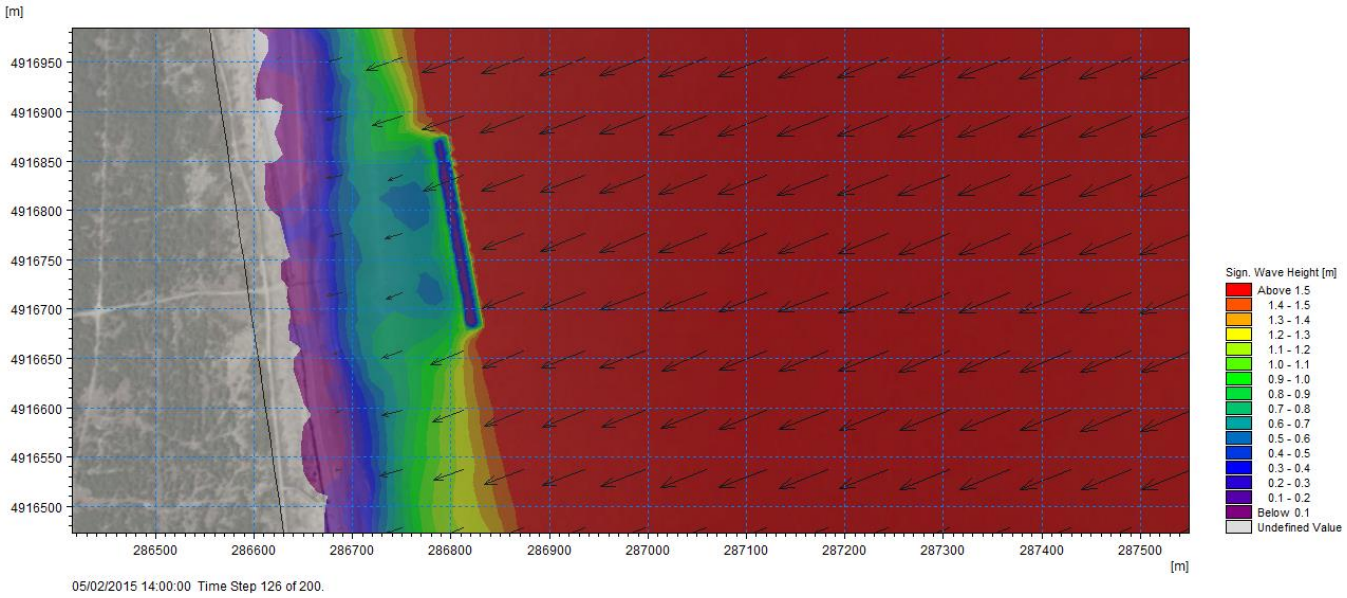


Figura 5.15 Campo d'onda durante la mareggiata di Bora del 3 febbraio 2015 (proiezione UTM33/WGS84).

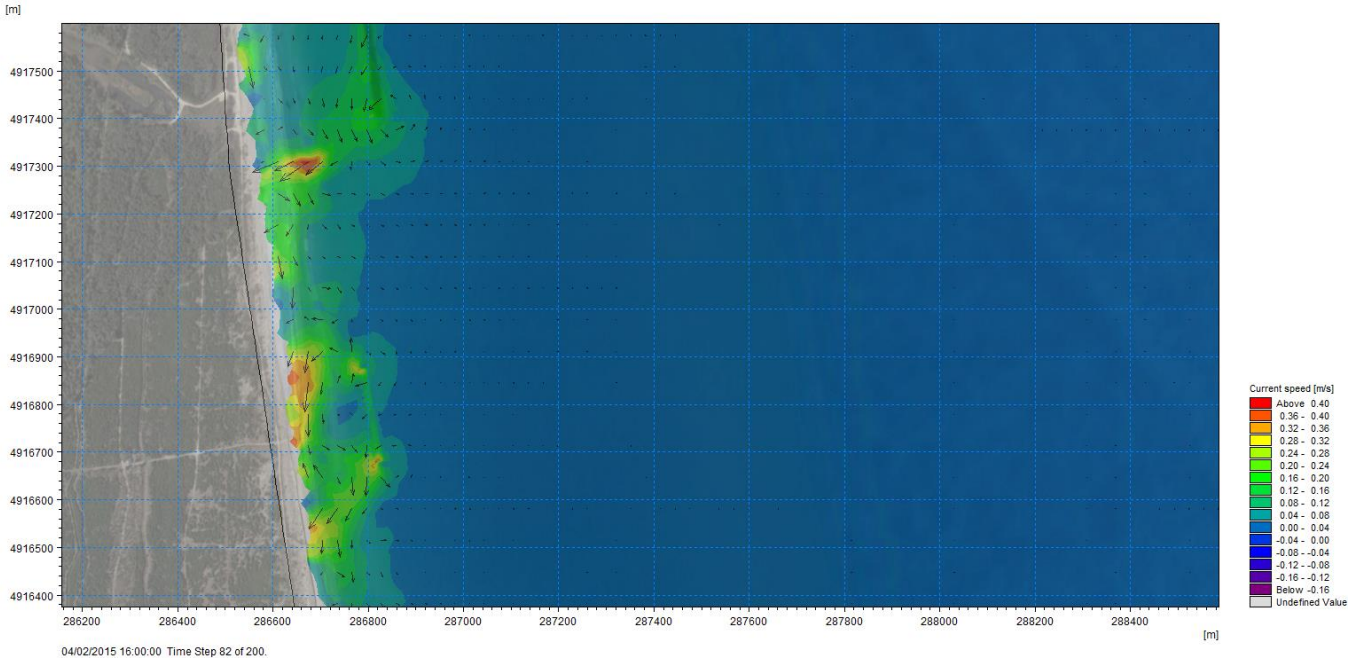


Figura 5.16. Campo idrodinamico durante la mareggiata di Bora del 3 febbraio 2015 (proiezione UTM33/WGS84).

Nella immagine seguente (Figura 5.17) viene mostrata la mappa di variazione del fondale in seguito alla sequenza delle 2 mareggiate già descritte a inizio 2015.

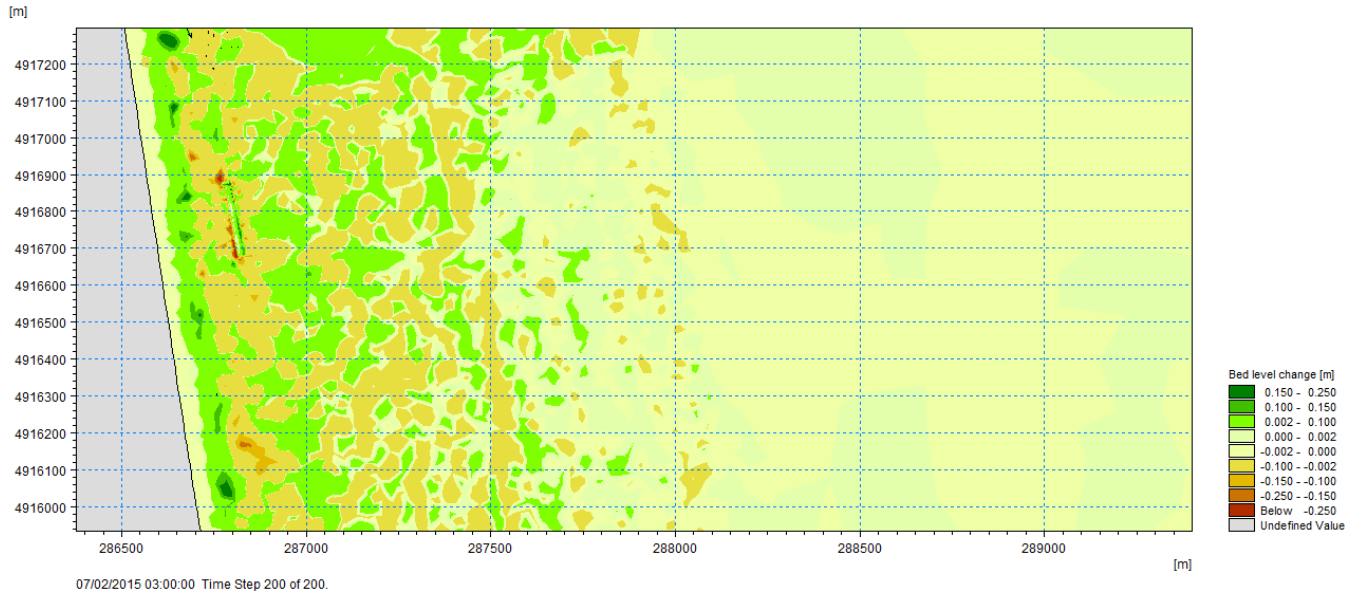


Figura 5.17. Mappa di variazione del fondale in seguito alla sequenza delle 2 mareggiate di inizio 2015 (proiezione UTM33/WGS84).

È evidente in Figura 5.17 la posizione dell'opera. Si osserva un leggero accumulo lato offshore ed una erosione a tergo dell'opera, oltre ad una erosione localizzata in prossimità della testata nord. Questa erosione localizzata è tipica e largamente osservata in presenza di opere parallele. L'elevata sommergenza ne riduce l'effetto rispetto a quanto descritto in letteratura. Il confronto con la situazione senza opera è possibile mediante l'osservazione di un tratto più a sud. Da questi risultati, a parte l'erosione localizzata già descritta, non si notano effetti sulla battigia.

Le simulazioni sono state ripetute anche per un'opera con sommergenza pari a -0.90 m s.l.m.m., sommergenza che si prevede di raggiungere negli anni successivi, dopo che l'opera sarà colonizzata dalle sabellaria e ostriche.

Il modello e le condizioni simulate sono le medesime, varia solo la batimetria in corrispondenza dell'opera, come mostrato in Figura 5.18

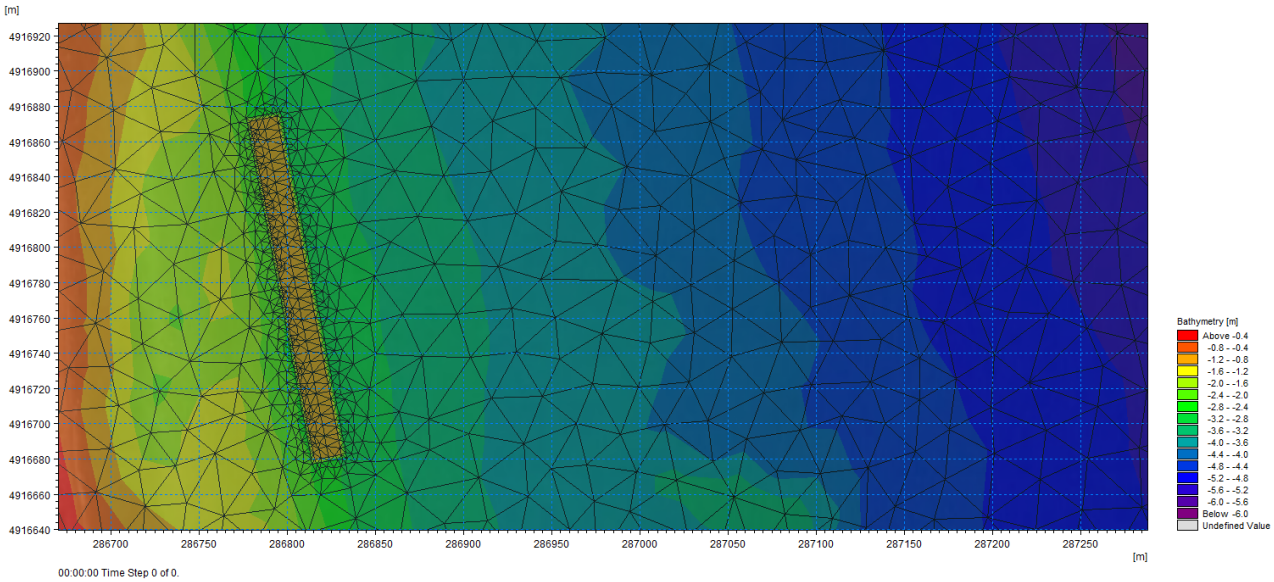


Figura 5.18 Dettaglio della griglia di calcolo in prossimità dell'opera.

I risultati della modellazione del campo d'onda sono mostrati nelle due figure successive (Figura 5.19 e Figura 5.20).

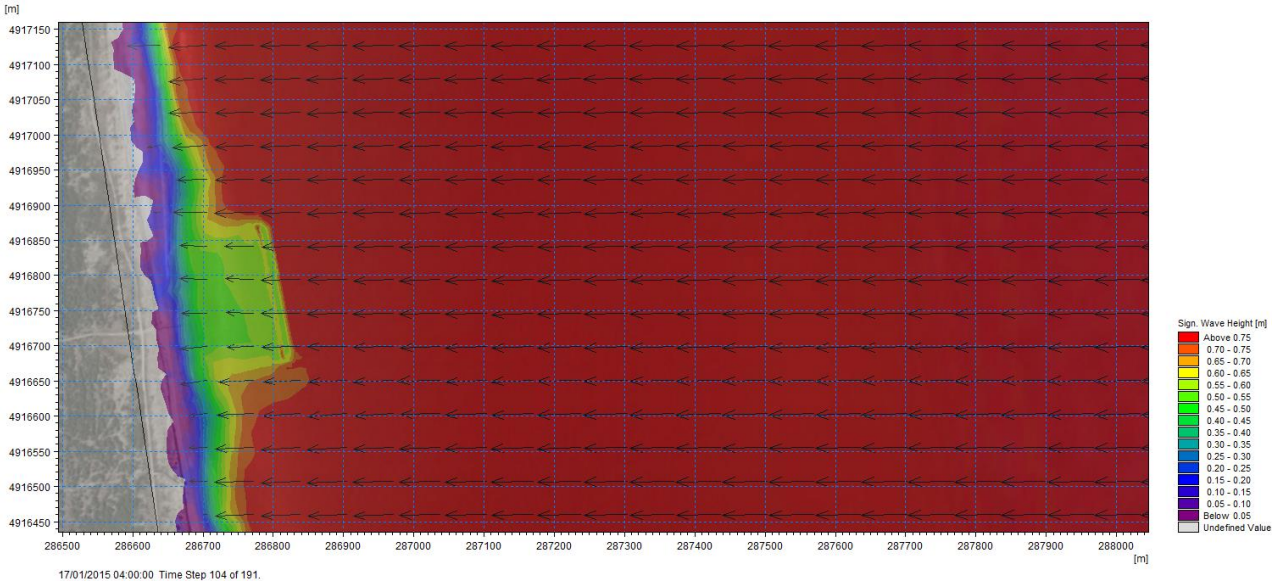


Figura 5.19 Campo d'onda durante la mareggiata di Scirocco del 15 gennaio 2015. Sommergenza dell'opera -0,90 m.

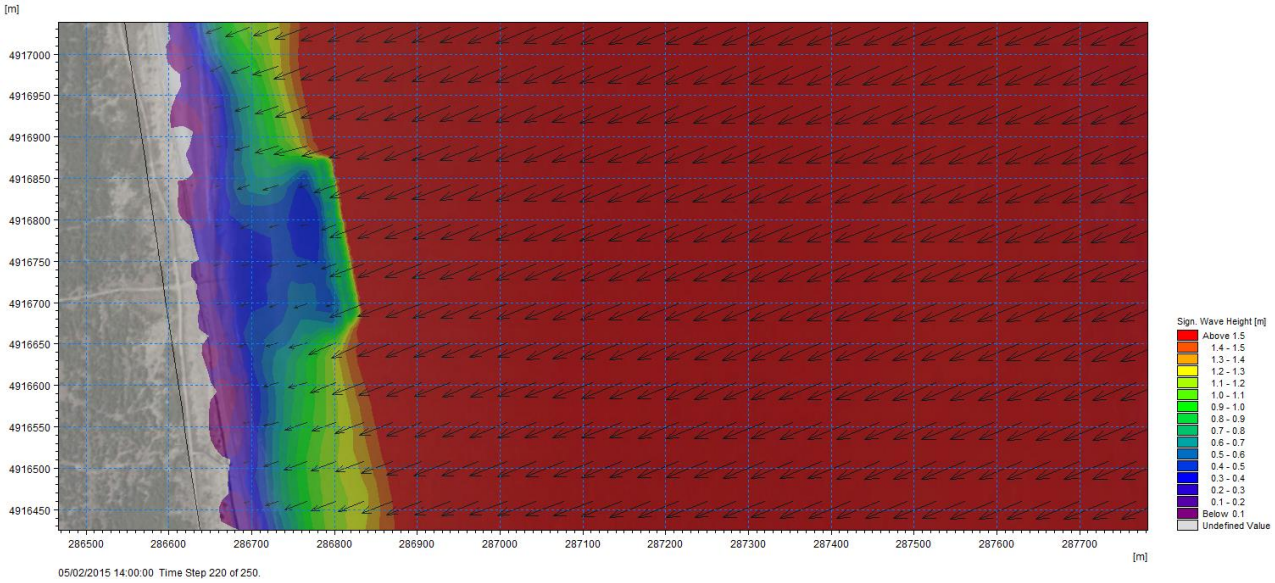


Figura 5.20 Campo d'onda durante la mareggiata di Scirocco del 5 febbraio 2015. Sommergenza dell'opera -0,90 m

Dal confronto con i risultati di Figura 5.13 e Figura 5.15 è chiara la maggiore capacità di smorzamento dell'onda.

5.2.1.5 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'anailisi è stato utulizzato 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 5.21. 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.

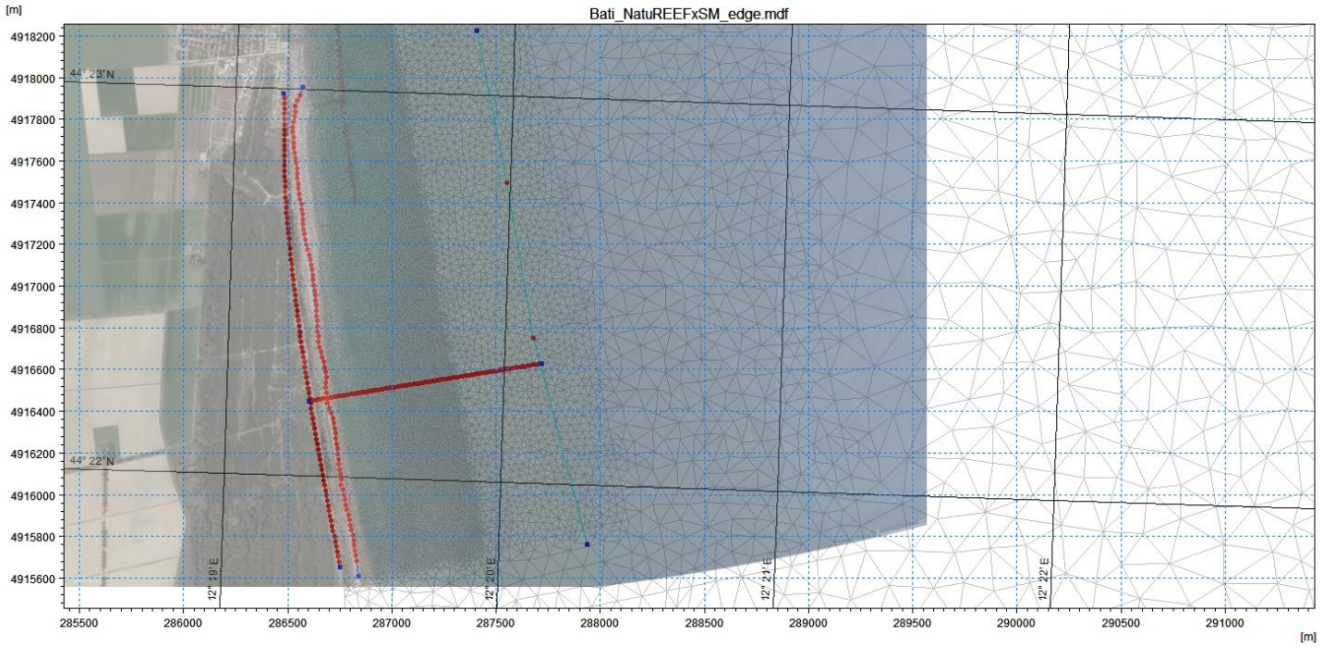


Figura 5.21. Posizione della baseline e della linea di riva per le simulazioni di evoluzione con modulo Shoreline Modelling (proiezione UTM33/WGS84).

La analisi della evoluzione della linea di riva è molto più rapida della modellazione idrodinamica, e fornisce una indicazione della efficacia e dell'impatto delle soluzioni proposte in termini di evoluzione della linea di riva. Ci si è riferiti all'anno 2015, in analogia con le analisi precedenti, come anno rappresentativo. 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. Sono evidenti la grande capacità dell'opera di proteggere il tratto di costa dietro l'opera stessa, e le nicchie di erosione in corrispondenza delle testate.

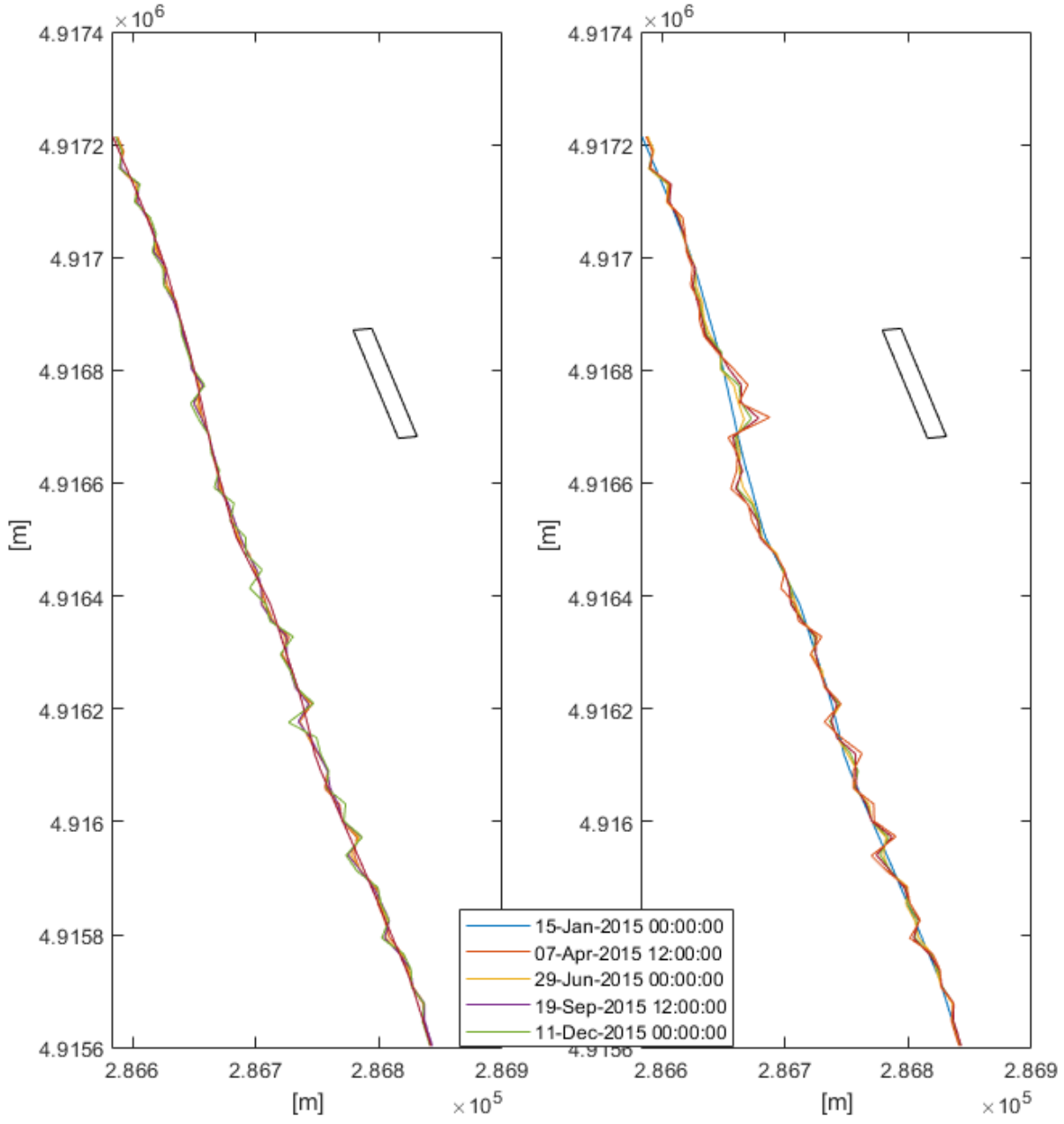


Figura 5.22. Simulazione dell'evoluzione della linea di riva per un anno di attacco ondoso (coordinate UTM33/WGS84, non in proiezione).

Nell'immagine georeferenziata sono riportati per confronto le posizioni della linea di riva simulate dopo un anno, rispetto alla posizione iniziale, nello stato attuale e in presenza della barriera sommersa NatuReef (Figura 5.23).

Figura 5.23. Simulazione dell'evoluzione della linea di riva considerando l'attacco del moto ondoso di un anno significativo, con e senza la scogliera (proiezione UTM33/WGS84).

In seguito alle analisi mostrate si può concludere:

- L'opera presenta una capacità di ridurre le onde fino al 60%, molto buona data la sommergenza. Gli effetti sul fondale e sul litorale sono limitati rispetto ad opere parallele sommerse che hanno la stessa capacità di riduzione dell'attacco ondoso, ma con una sezione più tradizionale, cioè meno larga. Questa caratteristica aumenterà con la colonizzazione dell'opera fino a circa il 70%.
- Gli impatti sembrano essere lievi, si nota la formazione dei vortici in corrispondenza delle testate, con una locale effetto di erosione localizzata. Per quanto riguarda gli effetti sulla battigia, la parte protetta è ovviamente legata all'estensione dell'opera, quindi di circa 200 metri, non si nota una erosione localizzata nelle sezioni adiacenti, come avviane per i pennelli o per le opere parallele più alte di NatuReef.

Oltre agli effetti dovuti alla struttura di base calcarea, è necessario tenere presente che questa sarà appositamente colonizzata da organismi costruttori (ingegneri ecosistemici), come ostriche e sabellarie, in grado negli anni futuri di accrescere e modellare la scogliera stessa, rendendola almeno in parte resiliente ai cambiamenti climatici e dei regimi sedimentari. I bivalvi che costruiscono la scogliera, come le ostriche, infatti sono notevoli ingegneri dell'ecosistema negli ambienti costieri subtidali (Ysebaert et al. 2019). Formando complesse strutture tridimensionali sulla superficie del fondale, le scogliere di bivalvi epibentonici esercitano forti interazioni biofisiche, influenzando così l'idro e la morfodinamica locale, nonché gli habitat circostanti e le specie associate. L'impatto spaziale degli effetti di ingegneria ecosistemica dei bivalvi che costruiscono scogliere è molto più grande della dimensione della scogliera stessa. Influenzando l'idrodinamica, le ostriche modificano l'ambiente sedimentario ben oltre i confini della scogliera, influenzando processi morfologici ed ecologici fino a diverse centinaia di metri di distanza (Ysebaert et al. 2019; Figura 1.1).

Le ostriche tipicamente costruiscono scogliere attraverso l'insediamento gregario di più generazioni sul substrato di ostriche esistente. I gusci forniscono un substrato solido su cui possono attaccarsi nuove larve di ostriche, aumentando la sopravvivenza delle larve fornendo riparo dai predatori e prevenendo la sepoltura nei sedimenti. Ogni generazione di larve si deposita sopra la generazione precedente in modo che la scogliera cresca verticalmente e diventi molto complessa, con molte irregolarità strutturali e ripiegamenti (Rodriguez et al. 2014).

5.2.2 Impatti sulle acque

Il progetto prevede la realizzazione di una barriera in massi, parallela alla linea di riva, di lunghezza pari a 200 m, sommersa fino alla quota di -1,2 m s.l.m.m. ripopolato di ostriche e sabellarie. Le caratteristiche dimensionali e l'elevata sommergenza, se paragonate ad esempio alle scogliere frangiflutti della vicina Punta Marina, protetta da una difesa soffolta posta a quota 0,00 s.l.m.m. e realizzata a fine anni 90', che da allora non ha mai prodotto effetti di "lagunizzazione" dello specchio di mare intercluso retrostante la difesa, portano ad escludere fenomeni di ristagno di acqua nel tratto costiero interessato dalla nuova opera, anche in caso di prolungati periodi caratterizzati da scarso moto ondoso, in quanto l'opera a mare prevista sarà sormontata dalle acque marine anche in condizioni di bassa marea e quindi, consentiranno un costante ricambio delle acque.

Il ripopolamento di ostriche e sabellarie produrrà numerosi benefici alla qualità delle acque e non solo grazie agli innumerevoli beni e servizi che sono in grado di produrre. Questi comprendo i) maggior trasparenza dell'acqua, con effetti positivi sulla vegetazione acquatica; ii) rimozione d'inquinanti dall'acqua; iii) aumento della biodiversità; iv) aumento della produzione di, pesci bivalvi e altri invertebrati, anche di interesse commerciale e con effetti di ripopolamento delle aree circostanti (*spillover*); v) consolidamento dei fondali; vi) ma forniscono anche un importante valore storico-culturale (Figura 5.24).

L'elevata abbondanza di filtratori (ostriche) e sospensivori (sabellarie) oggetto di ripopolamento contribuiranno largamente al miglioramento della qualità delle acque. Ostrea edulis, in particolare ha una capacità di filtrazione (7.3 ± 1.7 L h^{-1} g^{-1}) e una efficienza di ritenzione, anche per particelle molto fini, particolarmente elevate (Nielsen et al. 2016).

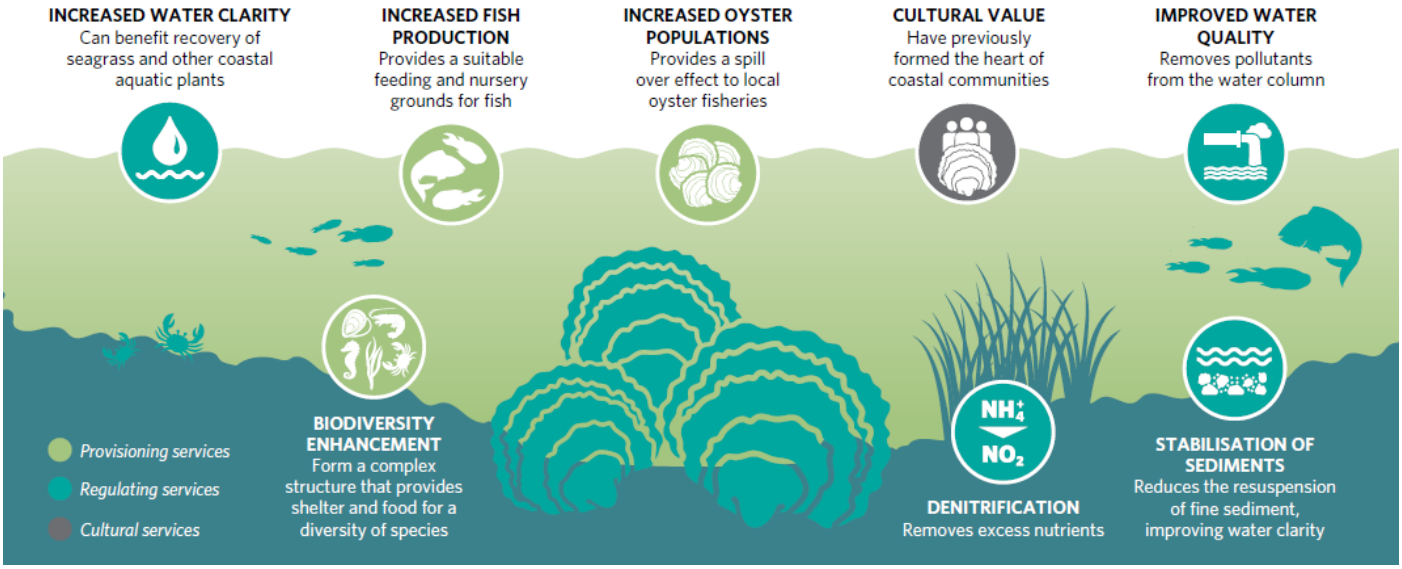


Figura 5.24 Servizi ecosistemici forniti dalle ostriche native, *Ostrea edulis* (Preston et al. 2020).

Grazie alla deposizione di gusci calcarei, le ostriche agiscono anche sul ciclo dei carbonati mitigando l'acidificazione delle acque costiere e sequestrando carbonio dall'atmosfera (Lee et al. 2020, Tomasetti et al. 2023; Figura 5.25).

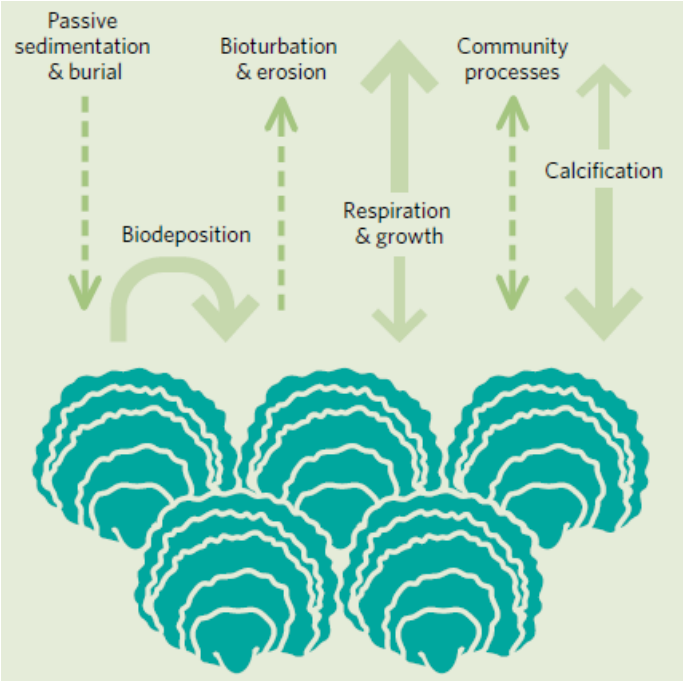


Figura 5.25 Bilancio concettuale del carbonio di *Ostrea edulis*. La direzionalità delle frecce indica la deposizione di carbonio (verso il basso) o il rilascio di carbonio (verso l'alto), la dimensione della freccia fornisce un'indicazione qualitativa della dimensione relativa del flusso di carbonio (Lee et al. 2020).

5.2.3 Impatti sull'atmosfera

Le opere in progetto, a seguito della loro realizzazione, non determineranno alcuna modifica o qualsivoglia impatto negativo sulle condizioni atmosferiche. Inoltre, si richiama qui che grazie alla deposizione di gusci calcarei, le ostriche agiscono anche sul ciclo del carbonio sequestrando carbonio dall'atmosfera (Lee et al. 2020, Tomasetti et al. 2023; Figura 5.25).

5.2.4 Impatti su flora, fauna ed ecosistemi

Qualsiasi struttura collocata in un ambiente costiero modifica il regime ondoso e i processi deposizionali. Questi cambiamenti avranno un impatto sulla composizione delle specie, sull'abbondanza e sulla struttura trofica delle 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 µm), meiobenthos (da 38 µm a 500 µm) e macrobenthos (superiore a 500 µm). 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 macrobentos 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 Airoldi (2003) hanno invece eseguito un'analisi delle specie presenti sul nuovo substrato roccioso apportato dalle LCS (*epibentos*). 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 (Airoldi 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.

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 5.24), 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 5.26).

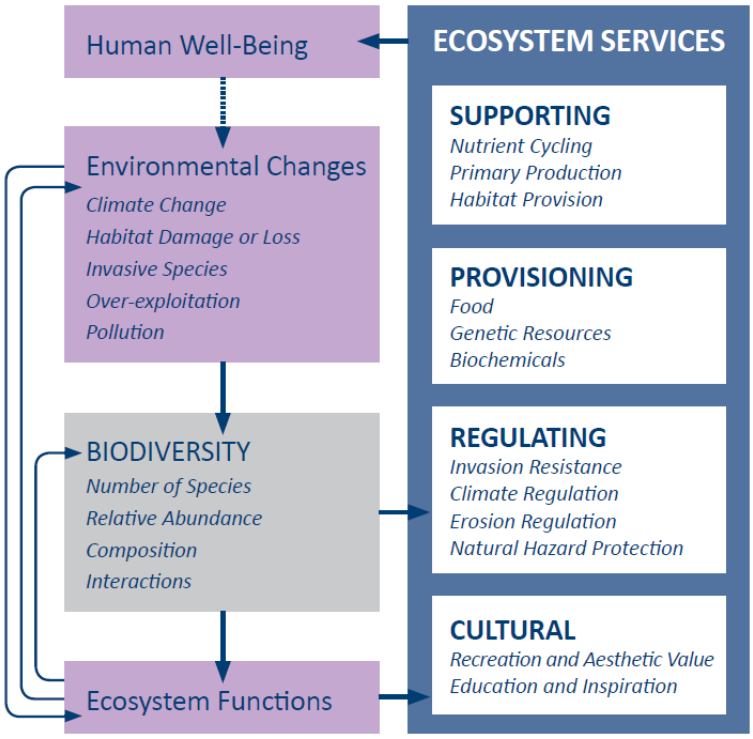


Figura 5.26 Diagramma schematico che illustra le interazioni tra biodiversità, funzioni e servizi ecosistemici, benessere umano e cambiamento ambientale forniti dalle scogliere di vermi sabellariidi (Pearce et al. 2011).

Complessivamente sono attesi sia la ricostituzione di habitat di grande pregio naturalistico, fortemente minacciato e localmente scomparso (Airoldi & 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 m^2. 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.

5.2.5 Impatti sul rumore

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

5.2.6 Impatti connessi al rischio di incidente

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

5.2.7 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. 4.2.1), 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.

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 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.

5.5 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.

5.5.1 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.

L'ispezione geofisica di ambienti ultra-superficiali, come l'area del Bevano, era fino ad oggi quasi impraticabile a causa della profondità molto bassa dell'acqua, delle onde, delle maree e delle correnti. Tuttavia, negli ultimi anni sono state sviluppate e rese disponibili sul mercato nuove tecnologie che hanno cambiato molto la situazione. Oggi la disponibilità di dispositivi elettronici piccoli ma potenti, alcuni dei quali rilasciati con licenze OpenHardware/OpenSoftware, ha consentito lo sviluppo di piccoli veicoli acquatici di superficie in grado di navigare autonomamente dato un percorso pianificato. La capacità di seguire i percorsi pianificati con un'altissima precisione, impensabile per un'imbarcazione con equipaggio umano, permette di eseguire vere e proprie indagini geofisiche 4D anche nelle aree poco profonde e ultra-superficiali costiere. Gli OpenSWAP ASV (Autonomous Surface Vehicle – Veicoli autonomi di superficie) sono una classe di veicoli autonomi, di diverse dimensioni e pesi (Figura 5.27) sviluppati con l'obiettivo di navigare autonomamente seguendo un percorso pianificato con una precisione

superiore a ~30 cm (Stanghellini et al. 2020). Sono stati sviluppati ex novo da una collaborazione Proambiente/CNR-Ismar e resi disponibili al mercato nel 2020, e sono stati ampiamente utilizzati durante il progetto di ricerca TAO, finanziato dalla Regione Emilia-Romagna con lo scopo di sviluppare un sistema in grado di monitorare e indagare l'erosione costiera, con test eseguiti proprio tra la foce del Torrente Bevano e Lido di Dante (Stanghellini et al. 2022).

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.

Figura 5.27 OpenSWAP Autonomous Surface Vehicle (www.openswap.it).

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. Tutti i dati dell'indagine preliminare sono stati o sono in procinto di essere integrati, mappati, analizzati e riportati in un report pubblico. La baseline comprenderà le seguenti quattro parti, coordinate da PROAMBIENTE e tra loro interconnesse:

Morfologia del fondale marino

I veicoli OpenSWAP verranno utilizzati per effettuare rilievi geofisici nell'area di monitoraggio della foce del fiume Bevano. Ogni indagine includerà l'acquisizione dei dati con un veicolo equipaggiato con Multibeam, uno con un sub-bottom profiler e un sonar a scansione laterale e l'ultimo con un ecoscandaglio a raggio singolo e una telecamera subacquea. Gli strumenti installati sui veicoli OpenSWAP includono: 1) un Klein Hydrochart 3500 multiraggio interferometrico per ambienti ultra-superficiali; 2)uUn sub-bottom profiler con rumore sviluppato internamente (1-20 KHz); 3) un Tritech Starfish 990F side- un sonar a scansione laterale e un sonar a scansione laterale Imagenex Yellowfish a tripla frequenza; e 4) un ecoscandaglio a raggio singolo ad alta precisione sviluppato internamente (200 KHz) per eseguire batimetria ad alta precisione sulle linee di navigazione.

Idrodinamica e linea di costa

Una descrizione di base del "wave climate" (la distribuzione dell'altezza, del periodo e della direzione delle onde mediate su un periodo di tempo per una particolare località), dei campi ondosi, del campo idrodinamico e della dinamica del litorale è stata simulata sulla base di studi precedenti e su nuovi dati specificamente raccolti durante le indagini preliminari in campo. Nel sito di studio sono state effettuate campagne di misure di onde corte per validare i modelli numerici. Un profilatore acustico Doppler di corrente (ADCP) dotato di manometro sarà installato in acque poco profonde per stimare meglio le onde trasmesse. Per il campo ondoso e quello idrodinamico è stato messo a punto un modello idrodinamico in grado di simulare la generazione e propagazione delle onde, la loro rottura e le correnti indotte. La "mesh" del modello è stata derivata dalle indagini sui fondali marini effettuate nell'ambito del progetto. Le condizioni delle onde tipiche dell'area di studio sono state modellate nell'attuale situazione iniziale della costa. La linea di costa è stata rilevata integrando osservazioni del Sistema Globale di Navigazione Satellitare (GNSS) e fotogrammetria digitale mediante droni (Unmanned Aerial Vehicles, UAV). L'utilizzo degli UAV può garantire, per piccole aree, una descrizione metrica accurata della topografia a costi contenuti e in tempi brevi, rispetto ai rilievi aerei convenzionali e ad altre tecniche di monitoraggio, come ad esempio il Remote Sensing, il LiDAR (Light Detection And Ranging) e il SAR (Radar ad apertura sintetica). Nell'approccio metodologico ideato per il progetto, GNSS e fotogrammetria sono complementari: il GNSS fornisce con elevata precisione le coordinate dei Ground Control Points (GCP) necessari per l'orientamento dell'immagine e può essere utilizzato anche per descrivere cambiamenti superficiali e volumetrici, mentre la fotogrammetria può produrre mappe e DSM densi con contenuto radiometrico. Tutta l'area di monitoraggio è stata rilevata e mappata mediante fotogrammetria da UAV prima degli interventi, anche per avere una base cartografica comune utile a tutti i gruppi di ricerca coinvolti nel progetto. Per consentire la georeferenziazione assoluta e precisa dei blocchi fotogrammetrici, un congruo numero di GCP (bersagli in compensato appositamente progettati per essere facilmente trasportabili e stampati con un pattern in bianco e nero e un codice, e con un diametro adeguato per un facile rilevamento nelle immagini) sono stati misurati prima dell'acquisizione delle immagini, utilizzando il GNSS in modalità Network Real Time Kinematic (NRTK) adottando una modalità di correzione basata su stazioni di riferimento virtuali (VRS). Il numero di GCP è stato scelto in modo da minimizzare i tempi e quindi i costi di rilievo, ma anche in numero superiore al minimo necessario per avere ridondanza nelle procedure di orientamento fotogrammetrico. L'elaborazione delle immagini è stata eseguita utilizzando pacchetti software sia scientifici che commerciali, basati sull'approccio Structure from Motion. I prodotti finali sono stati la restituzione del litorale, l'ortofoto e il DTM dell'area. Tutti i dati raster e vettoriali raccolti sono caratterizzati da una precisione paragonabile

ad una scala 1:1000 e georeferenziati nello stesso sistema di riferimento dei dati batimetrici. La gestione e l'analisi dei dati sono state e verranno eseguite in ambiente GIS.

Habitat a fondi molli, comunità e biodiversità

Le caratteristiche e la diversità degli habitat dei fondi molli e delle comunità bentoniche all'interno dell'area di monitoraggio della foce del fiume Bevano saranno indagate. La distribuzione spaziale delle caratteristiche dei sedimenti (dimensione granulometrica, contenuto di sostanza organica) e delle specie macrobentoniche nell'area di studio sarà mappata sulla base di un campionamento raccogliendo campioni di sedimenti e dei popolamenti bentonici che saranno analizzati presso i laboratori UNIBO. Utilizzeremo approcci integrativi basati sull'identificazione morfologica e sul metabarcoding del DNA ambientale (eDNA) per valutare la struttura della comunità. Nello specifico, verranno raccolti campioni di sedimenti e acqua e questi campioni di eDNA verranno analizzati utilizzando un approccio multimarcatore per caratterizzare tutte le comunità eucariotiche (ad esempio, COI per la maggior parte dei metazoi, 18S rDNA per i non metazoi). Per ciascun marcatore selezionato, verrà preparata una libreria di sequenziamento e, dopo la purificazione, la libreria verrà sequenziata utilizzando una piattaforma di sequenziamento MinION Mk1C. L'Oxford Nanopore MinION consentirà la generazione di dati di sequenza a basso costo e in tempi brevi sul campo. Poiché gli organismi bentonici filtratori dipendono dalla disponibilità di plancton come fonte di nutrimento, l'analisi qualitativa e quantitativa delle comunità di fitoplancton aiuterà a comprendere la disponibilità delle risorse attraverso la rete alimentare. Questi dati verranno utilizzati come base per monitorare l'efficienza dell'intervento nel non perdere o aumentare la biodiversità negli habitat sedimentari di fondo molle circostanti. Il metodo è efficace anche nel rilevare tracce della presenza di specie marine occasionali che vengono per nutrirsi o riprodursi, come la tartaruga marina *Caretta caretta**. I dati interpolati (utilizzando metodi di interpolazione Kriging) consentiranno la mappatura degli habitat marini. Le mappe prodotte verranno inoltre integrate e analizzate con i dati geofisici, utilizzando procedure di correlazione spaziale effettuate utilizzando i pacchetti software QGIS e R. [* Specie prioritarie]

Inoltre, le comunità ittiche presenti all'interno dell'area di intervento verranno investigate mediante l'utilizzo di una videocamera (tecnica del punto fisso). In particolare, verrà utilizzato un sistema di videoregistrazione in 10 postazioni random per un tempo prestabilito. Questa tecnica non distruttiva permette di stimare la ricchezza di specie e l'abbondanza della fauna ittica senza disturbarla con la presenza dei subacquei. I dati verranno acquisiti mediante analisi video in laboratorio.

Habitat costieri, comunità, e biodiversità

Le attività di questa parte mirano a descrivere la baseline del sistema duna-spiaggia interessato dall'intervento ed includono:

- la ricostruzione dell'evoluzione passata e recente della morfologia all'interno dell'area di monitoraggio della foce del Bevano, compreso il sistema dunale (habitat duna embrionale, avandunale e retrodunale: codici 2110, 2120, 2130*, 2160) fino alla pineta (codice 2270*), la foce del fiume Bevano (codice 1130) e la sua laguna costiera (codice 1150*), nonché le associazioni vegetali che si sviluppano su questi habitat costieri [* Habitat prioritari],
- la valutazione dello stato attuale della spiaggia e della vegetazione all'interno dell'area di monitoraggio della foce del Bevano,

- il censimento dell'avifauna costiera e marina presente nell'area di monitoraggio della foce del Bevano.

La ricostruzione dell'evoluzione passata e recente della morfologia consentirà di individuare le traiettorie che l'evoluzione della spiaggia ha seguito negli ultimi 20 anni, con lo scopo di produrre una mappa dettagliata dell'evoluzione della morfologia del sistema e delle comunità vegetali. Tali traiettorie sono essenziali per valutare i processi che caratterizzano l'area e se e come l'intervento previsto modificherà l'evoluzione del sistema spiaggia, interferendo con processi specifici come, ad esempio, il trasporto di sedimenti, la deposizione, l'erosione, ecc. La raccolta e l'analisi dei dati satellitari ad alta risoluzione (come ad esempio IKONOS, QuickBird e WorldView2) e dati storici, insieme ai dati raccolti grazie ai rilievi fotogrammetrici e GNSS, alle mappe geomorfologiche disponibili, ai database e ad altri dati accessori saranno essenziali per raggiungere questo obiettivo. La valutazione precisa dello stato attuale della spiaggia e della vegetazione ha compreso l'esecuzione di osservazioni e misurazioni sul campo focalizzate allo studio dell'attuale stato geomorfologico del sistema nonché sullo stato della vegetazione (cioè, distribuzione delle specie, biomassa, ecc.). Censimento dell'avifauna costiera e marina riguarderà sia le specie protette che quelle non protette, ed i loro comportamenti svernanti e riproduttivi. Particolare attenzione sarà dedicata al fratino, *Charadrius alexandrinus**, e al fraticello, *Sternula albifrons** [* Specie prioritaria]. I rilievi verranno effettuati da esperti ornitologi con rilievi ripetuti nelle diverse stagioni. L'attività professionale sarà integrata dalla collaborazione con associazioni ornitologiche, nell'ambito del coinvolgimento pubblico e del monitoraggio a livello comunitario.

5.5.2 Monitoraggio post-operam

A partire dal secondo anno di progetto e dopo la 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, secondo i seguenti compiti:

Morfologia del fondale

I cambiamenti della morfologia del fondale marino saranno monitorati durante l'intera durata del progetto applicando gli stessi metodi adottati e descritti nell'attività di monitoraggio preliminare. Ciò include il rilievo e la ricostruzione 3D della scogliera calcare di base e delle successive scogliere biogeniche sviluppate su di essa. Includendo la base di riferimento iniziale, verranno eseguite indagini annuali, pianificate nell'arco temporale del progetto, insieme alla relativa elaborazione dei dati. Ciò fornirà al progetto un set di dati geofisici georeferenziati completo. Tutti i risultati del monitoraggio, la loro interpretazione e la valutazione degli obiettivi del progetto saranno raccolti nei rapporti annuali di monitoraggio degli habitat e della biodiversità e nei relativi allegati digitali.

Idrodinamica e linea di costa

Il monitoraggio del campo idrodinamico e della dinamica costiera conseguente agli interventi sarà effettuato mediante rilievi periodici utilizzando UAV e osservazioni GNSS. Nel sito di studio verranno effettuate campagne di misure di onde corte per validare i modelli numerici. Un profilatore acustico Doppler di corrente (ADCP) dotato di manometro sarà installato in acque poco profonde per stimare meglio le onde trasmesse. Il programma prevede di ripetere la mappatura dell'intera area di monitoraggio una volta per ogni anno di progetto. Inoltre, l'area di

realizzazione della scogliera sarà mappata dopo forti mareggiate. Ortofoto, restituzione della linea di costa e DTM verranno analizzati in ambiente GIS, per studiare e caratterizzare i cambiamenti intervenuti nella morfologia del litorale a seguito degli interventi. Tutti i risultati del monitoraggio, la loro interpretazione e la valutazione degli obiettivi del progetto saranno raccolti nei rapporti annuali di monitoraggio degli habitat e della biodiversità e nei relativi allegati digitali.

Comunità e biodiversità dei fondali mobili (Habitat 1110)

Le attività pianificate per la baseline sugli habitat, le comunità e la biodiversità dei fondi mobili saranno replicate ogni anno di progetto dopo l'implementazione della scogliera calcarea di base e l'implementazione della scogliera biogenica al fine di rilevare eventuali cambiamenti ambientali ed ecologici nei fondi molli circostanti. Saranno utilizzati gli stessi approcci integrativi descritti in ante-operam (cfr. 5.5.1) per monitorare i cambiamenti temporali nella comunità bentonica, nella struttura e nella biodiversità dei pesci. Il campionamento verrà effettuato una volta all'anno. I cambiamenti verranno analizzati con analisi statistiche uni- e multivariate e mediante tecniche di mappatura degli habitat e analisi di correlazione spazio/temporale. Tutti i risultati del monitoraggio, la loro interpretazione e la valutazione degli obiettivi del progetto saranno raccolti nei rapporti annuali di monitoraggio degli habitat e della biodiversità e nei relativi allegati digitali.

Comunità e biodiversità della scogliera (Habitat 1170)

I popolamenti epibentonici sessili sulle scogliere di ostriche e sabellaria saranno studiati applicando un disegno di campionamento multifattoriale, inclusa la tipologia di scogliera (ostriche vs. sabellaria), siti e tempi casuali (annualmente). Nove stazioni saranno selezionate casualmente per ciascun tipo di scogliera biogenica nell'area di intervento. In ciascuna stazione, ogni primavera per tre anni, verranno raccolti dieci campioni fotografici (21×28 cm) utilizzando una fotocamera digitale, dotata di custodia subacquea in alluminio, flash S-TTL e un telaio personalizzato in acciaio inossidabile. I campioni fotografici saranno analizzati attraverso l'utilizzo di software di analisi di immagini. Verrà fornito un catalogo fotografico delle specie più cospicue. Campioni replicati di substrato (5×5 cm) saranno raccolti mediante raschiamento una volta all'anno dopo l'implementazione della scogliera biogenica per studiare le comunità infaunali sia sui reef di ostriche che di sabellaria. Ciò consentirà un'analisi dettagliata della comunità macrobentonica associata ad entrambi i reef biogenici dal loro insediamento fino al loro successivo sviluppo. Le densità delle ostriche saranno misurate annualmente mediante censimento visivo su cinque quadranti standard replicati (50×50 cm) per stazione.

I processi di biocostruzione ed erosione alla base della formazione e del mantenimento delle scogliere di ostriche e sabellaria saranno misurati sul campo utilizzando trenta pannelli di calcare (10×15×1 cm), analizzati prima e dopo lo spiegamento a intervalli annuali mediante Tomografia Computerizzata (CT) a raggi X. Forme e volumi dei depositi biologici esterni e le tracce di bioerosione interna saranno identificati e misurati mediante CT ad alta risoluzione e software SlicerMorph.

Le associazioni di pesci sula scogliera di ostriche e sabellaria saranno studiate annualmente utilizzando sia un sistema di registrazione video su 10 stazioni casuali (tecnica video a punto fisso) per ogni tipo di reef sia mediante 12 transetti visivi e video casuali (10×2 m).

Tutti i risultati del monitoraggio, la loro interpretazione e la valutazione degli obiettivi del progetto saranno raccolti nei rapporti annuali di monitoraggio degli habitat e della biodiversità e nei relativi allegati digitali.

Comunità e biodiversità degli ambienti costieri confinati

Le attività di questo task mirano a rilevare le conseguenze che l'intervento avrà sulla morfologia ed ecologia del sistema duna-spiaggia (in particolare habitat embrionali dunali, avandunali e retrodunali, codici: 2110, 2120, 2130*, 2160), il Foce del fiume Bevano (codice 1130) e sua laguna costiera (codice 1150*) [* Habitat prioritari].

Verrà svolto un monitoraggio continuo dello stato della spiaggia, della vegetazione e dell'avifauna durante e dopo la costruzione della scogliera. Il monitoraggio sarà effettuato con la stessa metodologia e strumentazione utilizzata descritta precedentemente. Si otterrà un set di dati completo essenziale per monitorare le variazioni geomorfologiche, vegetazionali e avifaunali prodotte dalla costruzione e dall'evoluzione della scogliera. La mappatura dell'area eseguita ogni anno utilizzando le tecniche geomatiche descritte in precedenza e supporterà il monitoraggio, grazie ai dati geospaziali generati, caratterizzati da elevata risoluzione e accuratezza. Il censimento dell'avifauna costiera e marina riguarderà sia le specie protette che quelle non protette, ed i loro comportamenti svernanti e riproduttivi. Particolare attenzione sarà dedicata al fratino, *Charadrius alexandrinus**, e al fraticello, *Sternula albifrons** [* Specie prioritaria]. I rilievi verranno effettuati ogni anno di progetto durante e dopo la costruzione della scogliera da esperti ornitologi con rilievi ripetuti nelle diverse stagioni. Il monitoraggio dell'avifauna adotterà l'etica e l'etichetta del birdwatching e applicherà protocolli per il censimento visivo e fotografico delle popolazioni di uccelli e dei modelli migratori, per aiutare a identificare le minacce ambientali al benessere degli uccelli e per valutare i risultati delle iniziative di gestione ambientale intese a garantire la sopravvivenza delle specie a rischio. L'attività professionale sarà integrata dalla collaborazione con associazioni ornitologiche, nell'ambito del coinvolgimento pubblico e del monitoraggio a livello comunitario.

Il Parco del Delta del Po, autorità di gestione del sito NATURA 2000 (codice IT4070009), partner del progetto, aggiornerà regolarmente il relativo Standard Data Form (SDF) trasferendo le informazioni alle autorità regionali/nazionali e poi alla Commissione Europea, includendo nello specifico il nuovo habitat target (1170 scogliere) e le nuove specie di interesse stabilite nell'area, con un aggiornamento finale entro la fine del progetto e mantenendolo aggiornato dopo la fine del finanziamento LIFE.

5.5.3 Indicatore chiave di prestazione (Key-Performance Indicators, KPIs)

Saranno monitorati i risultati e l'impatto del progetto considerando gli indicatori chiave di prestazione (KPI) del progetto LIFE. Lo staff del partner capofila imposterà e poi aggiornerà regolarmente in ogni fase di reporting (nei primi 9 mesi e alla fine del progetto), o in aggiunta quando richiesto dai Monitor e dal CINEA, i KPI LIFE webtool. Il monitoraggio regolare si baserà su uno stretto monitoraggio durante tutto lo sviluppo delle altre azioni. La baseline sarà confrontata con i dati raccolti durante l'intera durata del progetto. Gli indicatori chiave di performance rilevanti per questo progetto sono principalmente riferiti a:

- **BIODIVERSITÀ** (numero di specie)

  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).

- **BIODIVERSITÀ** (habitat)

  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 m^2. 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.

- **Altri KPI**
  - **Densità di ostriche vive sulla scogliera:** almeno 10 individui per metro quadrato. La densità di semina prevista è di 20 ind. m^{-2}, risultando in ca. 71'200 ostriche (1'400-2'500 kg, a seconda della dimensione e del peso medio individuale). La densità delle ostriche sarà controllata immediatamente dopo la semina e regolarmente negli anni successivi come parte delle misurazioni del successo del progetto. Considerando la mortalità naturale, una densità di almeno 10 ind. m^{-2} sarà considerato un buon risultato, tuttavia è possibile ottenere una densità più elevata (Preston et al. 2020). Questa densità media rimarrà invariata o addirittura aumenterà negli anni successivi alla fine del progetto.
  - **Protezione costiera – riduzione della risalita delle onde.** Dopo il completamento della scogliera, la riduzione prevista della risalita delle onde in presenza di BLR sarà almeno 0.4 (fino a 0.8) inferiore a quanto previsto in assenza di strutture durante i temporali; il valore effettivo dipende dalla combinazione del livello della marea e dell'intensità della tempesta. Questa stima si basa sui calcoli preliminari effettuati dagli ingegneri idraulici partecipanti al progetto e sulla loro precedente esperienza nella regione di studio (ad esempio, Lamberti et al. 2005, Archetti et al. 2016, Bonaldo et al. 2019). Tale effetto rimarrà sostanzialmente invariato negli anni successivi alla conclusione del progetto.
  - **Protezione costiera – perdita della spiaggia.** Si prevede un volume di perdita di spiaggia da 0.15 a 0.45 volte inferiore rispetto a quanto previsto senza alcuna protezione. Questo indice può essere controllato anche misurando l'arretramento della linea di costa rispetto ad una posizione iniziale, tenendo conto di altri processi come la subsidenza e l'innalzamento del livello del mare. Questa stima si basa sui calcoli preliminari effettuati dagli ingegneri idraulici partecipanti al progetto e sulla loro precedente esperienza nella regione di studio (ad esempio, Lamberti et al. 2005, Archetti et al. 2016, Bonaldo et al. 2019).). Tale effetto rimarrà sostanzialmente invariato negli anni successivi alla conclusione del progetto.
  - **Sensibilizzazione dei cittadini:** visitatori che partecipano ai BioBlitz (tre attività annuali di monitoraggio basate sulla comunità, > 33 partecipanti per evento ogni 3 anni) e 100 partecipanti all'evento della conferenza finale. Gli eventi di BioBlitz coinvolgeranno persone con attività sia in mare

(snorkeling) che a terra ("birdwatchers"). Il coinvolgimento delle sedi locali delle associazioni ambientaliste e dei club subacquei consentirà una fruizione turistica e una maggiore sensibilizzazione del pubblico/cittadinanza? anche negli anni successivi alla conclusione del progetto. Ciò sarà documentato dai dati di monitoraggio forniti dai programmi di "*citizen science*".

- **Arresto del declino degli habitat costieri:** sulla base dei dati di riferimento del primo anno e dei dati storici recuperati, il declino locale della qualità e dell'estensione degli habitat costieri rilevanti (codici: 1110, 1210, 2110, 2120, 1130, 1150*, 1310, 1320, 1410, 2130*, 2270*, 6420) [*Habitat prioritari] verranno interrotti e la loro qualità ed estensione potrebbero essere aumentate. Ciò sarà misurato mappando l'estensione degli habitat ed espresso in termini di percentuali di superficie guadagnata (>=0%).
- **Arrestare la riduzione delle specie prioritarie:** sulla base dei dati di riferimento del primo anno e dei dati storici recuperati, il declino locale dell'abbondanza delle specie prioritarie (in particolare *Sternula albifrons*, *Charadrius alexandrinus** e *Caretta caretta**) [*Specie prioritarie] sarà arrestato ed eventualmente la tendenza invertita. Questo sarà misurato mediante l'osservazione di uccelli e tartarughe marine ed espresso in termini di percentuali di abbondanza acquisita (>=0%).

6 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 calcare 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 sperimentale 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 in una barriera in scogli di II categoria, sommersa a quota -1,20 m s.l.m.m., una soluzione in grado di ridurre nel breve tratto sperimentale il tasso di erosione che colpisce in maniera particolarmente significativa il litorale tra foce Bevano e Lido di Dante, con effetti marginali sui tratti sottoflutto. 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 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.

Allegati

1. SINTESI NON TECNICA
2. STUDIO DI FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA DELLA SCOGLIERA
3. STUDIO D'INCIDENZA AMBIENTALE

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

Airoldi 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

Airoldi 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

Antonioli 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/https://doi.org/10.1016/j.quascirev.2016.12.021

Archetti R, Paci A, Carniel S, Bonaldo D (2016) Optimal index related to the shoreline dynamics during a storm: the case of Jesolo beach. Natural Hazards and Earth System Sciences 16:1107-1122 https://doi.org/10.5194/nhess-16-1107-2016

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, Airoldi 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

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

Boccotti P (1997) A general theory of three-dimensional wave groups. Ocean Eng 24:265-300

Bonaldo D, Antonioli 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

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

Corsini S, Inghilesi R, Franco L, Piscopia R (2004) Atlante delle onde nei mari italiani. Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i Servizi Tecnici (APAT) e Università di Roma "3"

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

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/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

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

Guida M, Montanari R (eds) (2022) Strategia di Gestione Integrata per la Difesa e l'Adattamento della Costa ai cambiamenti climatici (GIDAC). Settore Difesa del territorio e Area Difesa del suolo, della costa e bonifica, Regione Emilia-Romagna, Bologna

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

Ingrosso 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, Fraschetti 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

Jenkinson AF (1955) The frequency distribution of the annual maximum (or minimum) values of meteorological elements. Quarterly Journal of the Royal Meteorological Society 81:158-171 https://doi.org/10.1002/qj.49708134804

Lamberti A, Archetti R, Kramer M, Paphitis D, Mosso C, Di Risio M (2005) European experience of low crested structures for coastal management. Coast Eng 52:841-866 https://doi.org/10.1016/j.coastaleng.2005.09.010

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, Deserti M, Valentini A, Ciavola P, Armaroli C (2011) Le mareggiate e gli impatti sulla costa in Emilia Romagna, 1946-2010. Regione Emilia-Romagna

Perini L, Calabrese L, Luciani P (2016a) Modello digitale topo-batimetrico della costa emiliano romagnola - DTM 2012 Costa RER. Rapporti Tecnici del Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli, Regione Emilia-Romagna. https://ambiente.regione.emilia-romagna.it/it/geologia/geologia/costa

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 (2016b) 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, Vadrucci MR, Orfanidis S, Pinna M (2009) Biotic indices for ecological status of transitional water ecosystems. Transit Water Bull 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

Rodriguez AB, Fodrie FJ, Ridge JT, Lindquist NL, Theuerkauf EJ, Coleman SE, Grabowski JH, Brodeur MC, Gittman RK, Keller DA, Kenworthy MD (2014) Oyster reefs can outpace sea-level rise. Nature Clim Change 4:493-497 https://doi.org/10.1038/nclimate2216

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

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

Stanghellini G, Del Bianco F, Gasperini L (2020) OpenSWAP, an open architecture, low cost class of autonomous surface vehicles for geophysical surveys in the shallow water environment. 12:2575 https://doi.org/10.3390/rs12162575

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

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, Colsoul 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

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