REGIONE LIGURIA

COMUNE DI ALASSIO

Proponente:
CONSORZIO ADELASIA

INTERVENTI DI PROTEZIONE COSTIERA LUNGO IL LITORALE DEL COMUNE DI ALASSIO (SV)

PROGETTO DEFINITIVO GENERALE E DI I° STRALCIO SPERIMENTALE



INTEGRAZIONI RICHIESTE DAL DIPARTIMENTO AMBIENTE DELLA REGIONE LIGURIA DEL 13/02/2015, prot. PG/2015/0027750

Studio RINALDO

ing. Daniele Rinaldo
n. 1886 Ordine degli Ingegneri della Provincia di Venezia

dott. Guido Beltrami
n. 166 Ordine dei Dottori Agronomi e Forestali della Provincia di Modena

Venezia, aprile 2015

INDICE

1 CONSIDERAZIONI GENERALI 2

1.1 Sintesi del progetto 2

1.2 Area di intervento 5

2 INTEGRAZIONI 7

2.1 Integrazione 1: *"Esame dei risultati conseguiti e delle problematiche riscontrate dagli interventi sperimentali già effettuati negli ultimi anni"* 7

2.1.1 Interventi sperimentali con geotubo sommerso 7

2.1.2 Interventi sperimentali con moduli Tecnoreef® 10

2.2 Integrazione 2: *"Analisi accurata delle alternative possibili comprensiva di un bilancio costi-benefici"* 16

2.2.0 Scenario 0: do-nothing 17

2.2.1 Configurazione alternativa 1: pennelli trasversali e struttura soffolta 19

2.2.2 Configurazione alternativa 2: dighe a scogliera emersa parallele alla costa 20

2.2.3 Configurazione alternativa 3: barriera sommersa in moduli Tecnoreef® 21

2.2.4 Configurazione alternativa 4: ripascimento 22

2.2.5 Simulazioni di medio periodo 24

2.2.6 Previsioni di costo 27

2.3 Integrazione 3: *"Studio di dettaglio sulla distribuzione degli habitat nel SIC ai fini del corretto posizionamento dei moduli di ripopolamento, nel caso ne sia confermata la previsione".* 29

2.4 Integrazione 4: *"Piano di monitoraggio morfo-sedimentologico e bionaturalistico"* 32

3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE 37

1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Obiettivo della presente relazione è il riscontro alla richiesta di integrazioni formulata dal Dipartimento Ambiente della Regione Liguria con nota del 13 febbraio 2015 prot. PG/2015/0027750, nell'ambito della procedura di Verifica Screening per il Progetto di protezione costiera lungo il litorale di Alassio (SV) mediante l'utilizzo di barriere Tecnoreef®.

Testualmente, le integrazioni poste sono le seguenti:

1. *Esame dei risultati conseguiti e delle problematiche riscontrate dagli interventi sperimentali già effettuati negli ultimi anni;*
2. *Analisi accurata delle alternative possibili comprensiva di un bilancio costi-benefici;*
3. *Studio di dettaglio sulla distribuzione degli habitat nel SIC ai fini del corretto posizionamento dei moduli di ripopolamento, nel caso ne sia confermata la previsione;*
4. *Piano di monitoraggio morfo-sedimentologico e bionaturalistico.*

Le presenti considerazioni sono di seguito riferite, separatamente e per quanto richiesto, sia alla configurazione generale delle opere, che a quella prospettata di primo stralcio.

1.1 Sintesi del progetto

Il progetto degli interventi di protezione costiera in titolo è stato commissionato dal Consorzio Adelasia, che rappresenta la quasi totalità degli stabilimenti balneari di Alassio.

La spiaggia di fronte al centro di Alassio, avente un'estesa di circa 4 chilometri, è caratterizzata da una larghezza molto ridotta e ogni evento di mareggiata, sia da venti di Libeccio o di Grecale o più raramente di Scirocco, può comprometterne non solo la fruibilità dell'arenile ai fini ricreativi e turistici, ma anche rappresentare un rischio fisico per le abitazioni e le altre strutture che vi si affacciano.

Come già osservato sin dal progetto definitivo, la principale criticità del litorale di Alassio è, in sintesi, riconducibile alla diretta esposizione dell'arenile nei confronti delle mareggiate incidenti, venendo l'energia del moto ondoso a dissiparsi direttamente sulla spiaggia, senza elementi in grado di garantire una adeguata protezione, in ragione dell'assenza di scanni o altre forme morfologicamente rilevanti, in grado di attenuare il moto ondoso incidente, garantendo il naturale equilibrio dinamico del profilo attivo del litorale.

Per ovviare a tale condizione di precarietà, fra le varie opzioni possibili è stata scelta la posa di moduli prefabbricati ecocompatibili Tecnoreef®, finalizzati al ripristino delle condizioni naturali della costa e con una potenziale valenza anche per il ripopolamento marino: per le

caratteristiche proprie di moduli prefabbricati, l'intervento presenta elevata replicabilità, facilità di esecuzione e si configura come un intervento pilota, credibilmente reversibile.

La localizzazione dell'intervento, posto su fondali ad una profondità media da -2.90 a -2.80 m s.m.m, consentirà la piena efficacia dei moduli, in grado di ridurre l'energia cinetica dell'onda trattenendo il sedimento in sospensione a tergo della nuova struttura (lato spiaggia), attivandone così l'azione di ripascimento naturale della battigia.

Attraverso l'iniziativa del Consorzio promotore, è stata finanziata la realizzazione di un primo stralcio sperimentale, che prevede la posa di 63 moduli prefabbricati, distribuiti su una lunghezza di 500 metri di litorale, in direzione parallela alla costa.

Non immettendo strutture fisse, ma intervenendo con sistemi a impatto ambientale minimo, si riuscirà a preservare un ambiente costiero di elevata naturalezza, intervenendo con queste nuove tecnologie ecocompatibili, al fine di salvaguardare una spiaggia sempre più a rischio.

Un altro aspetto importante da considerare è che non ci troviamo di fronte a una barriera definitiva ancorata al fondale, ma a molti elementi singoli separati. Ciò che è fondamentale sottolineare è la caratteristica della eventuale provvisorietà delle strutture. Tale elemento è completamente amovibile, e perciò asportabile e rimovibile, in qualsiasi momento, con mezzi idonei anche non particolarmente ingombranti.

La singolarità degli elementi, gli spazi creati tra di loro e la distanza tra ogni singola struttura determinano una permeabilità tale da garantire la libera circolazione dell'acqua. Infatti, rispetto alle barriere soffolte classiche, la struttura Tecnoreef® non influisce sull'equilibrio naturale delle acque, garantendo un set-up pari a zero.

Le barriere di tipo permeabile inoltre non influenzano negativamente gli habitat naturali dell'areale interessato, in quanto la circolazione dell'acqua resta libera: il livello dell'acqua nella zona tra la spiaggia e la barriera è identico a quello fra essa e il mare aperto.

La morfologia del fondale non subisce quindi modificazioni. La permeabilità delle strutture, il loro modo di essere assemblate, la forma e la distanza, fanno sì che non vi possano essere scavi al piede dovuti alla riflessioni delle correnti per l'impatto delle forze su superfici chiuse (tipico delle barriere soffolte tradizionali). Inoltre, questa azione naturale, permettendo un normale movimento delle acque, impedisce qualsiasi fenomeno di stagnazione, lasciando la qualità delle acque interne inalterata.

La struttura posta in acqua **non viene dunque percepita dalla corrente marina come un ostacolo**, grazie alla sua dote di permeabilità, ma interagisce smorzando l'eccesso di energia

contenuta nel moto ondoso, scomponendola, al fine di ridurne l'effetto erosivo senza però modificare le caratteristiche naturali dell'ambiente costiero.

Si ritiene opportuno ricordare come la struttura Tecnoreef®, oltre che ad essere una trappola per il sedimento, consenta anche di creare un ambiente protetto idoneo al ripopolamento della fauna ittica locale (*nursery area*) e all'insediamento di molluschi e riciclaggio del surplus energetico dell'ecosistema (fito- e zoo-plancton, particolato organico etc.) che si accumula vicino alla costa con conseguente riduzione dei tassi di eutrofia delle acque. Un'analoga struttura è già stata infatti collocata nelle acque dell'Area Marina Protetta delle Cinque Terre, con finalità di protezione dell'ittiofauna e ripristino della spiaggia di Corniglia, nell'ambito di un progetto finanziato dal Ministero dell'ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare, risultando particolarmente funzionale al ripopolamento marino e per la protezione della Posidonia spp. Questa struttura è stata collocata anche in un altro tipo di areale, di fronte al Comune di Andora, anche in questo caso con ottimi risultati sul fronte del ripopolamento attraverso la formazione di catene trofiche stabili. I risultati conseguiti sono descritti nel paragrafo "*Esame dei risultati conseguiti e delle problematiche riscontrate dagli interventi sperimentali già effettuati negli ultimi anni*".

Il particolare processo produttivo, attuato vibrando con tre diverse frequenze appositi stampi colmi di calcestruzzo speciale di tipo sea-friendly con un pH compatibile con quello marino, presenta forma e superfici atte a favorire l'attecchimento delle forme di vita, anche attraverso un particolare gioco di luci e ombre: infatti, il trattamento meccanico cui sono sottoposti questi elementi modulari, crea sulla superficie delle piccole cavità, che possono essere nell'ordine del decimo di millimetro come di qualche centimetro. Ciò permette a molte forme di vita (anche allo stadio larvale) di attecchire con maggiore facilità.

Quindi, riassumendo:

A) ambiente fisico (obiettivo del progetto)

- non è da considerarsi un opera fissa continua marina o costiera, data la sua componibilità, scomponibilità e amovibilità;
- asseconda e favorisce i processi naturali fisici e biologici dell'areale interessato, lasciando libere le onde ripascitive di depositare i sedimenti già in sospensione naturalmente (non altera né l'habitat marino locale né la morfologia del fondale);
- non influenza la costa o la linea di riva, e non ostacola alcun processo naturale, non avendo caratteristiche impattanti; scompone l'energia dell'onda (intervento tipo morbido);

B) ambiente biologico (effetto collaterale del progetto)

- dispone della certificazione ambientale per barriere marine, a garanzia di ecocompatibilità ed ecosostenibilità: il modulo gode di certificazioni ambientali sia per la qualità dei prodotti utilizzati che per il suo processo produttivo (Norma EN UNI ISO 14000: 2004 con recepimento delle direttive EMAS). In particolare, il modulo Tecnoreef® è certificato per i prodotti utilizzati (aspetto EN UNI ISO 14020: 2004 della norma) e per il processo produttivo (aspetto EN UNI ISO 14001: 2004 della norma), ambedue disciplinanti gli aspetti che il prodotto deve avere per essere impiegato come Barriera Marina;
- sviluppa areali idonei alla riproduzione di importanti specie marine;
- permette, soprattutto durante il periodo estivo, lo sviluppo di catene trofiche stabili prevalentemente per le specie giovanili che trovano qui anche inoltre un importante rifugio.

Le caratteristiche di ecocompatibilità e sostenibilità ambientale, che si inseriscono armonicamente nell'ambiente senza modificare o alterare gli habitat, sono state presentate anche in *workshop* di livello nazionale.

Ad esempio all'interno del convegno, *Aree marine protette e parchi nazionali costieri: best practice ed esperienze a confronto*, organizzato a Roma nel 2005 dal Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Protezione Natura, la dottoressa Alessandra Spagnolo del CNR di Ancona, ha tenuto l'intervento intitolato *Difesa dall'erosione delle coste, dissuasione antistrascico e ripopolamento ittico: primi risultati dei sistemi "Tecnoreef"*.

1.2 Area di intervento

Oggetto dell'intervento sottoposto a procedura di screening è la configurazione generale delle opere (estesa 3400 m circa) presentata nel progetto definitivo, di cui è finanziata la realizzazione di un primo stralcio sperimentale di circa 500 metri, in direzione parallela alla costa, a ponente e a levante dell'esistente molo Bestoso, come indicato nella allegata Tavola 1, riprodotta nella successiva Figura 1.

Come premesso, questo primo intervento prevede la posa di 63 moduli Tecnoreef® sul fondale antistante alla spiaggia di Alassio, su una profondità media variabile da -2.90 a -2.80 m s.m.m., che è stata rilevata ad una distanza di circa 100 m dall'attuale linea di battigia.

Alla fascia di posa può essere associata la larghezza propria dei singoli moduli, pari a circa 5 m, con eventuali tolleranze dovute a piccoli spostamenti, durante le operazioni di posa in opera.

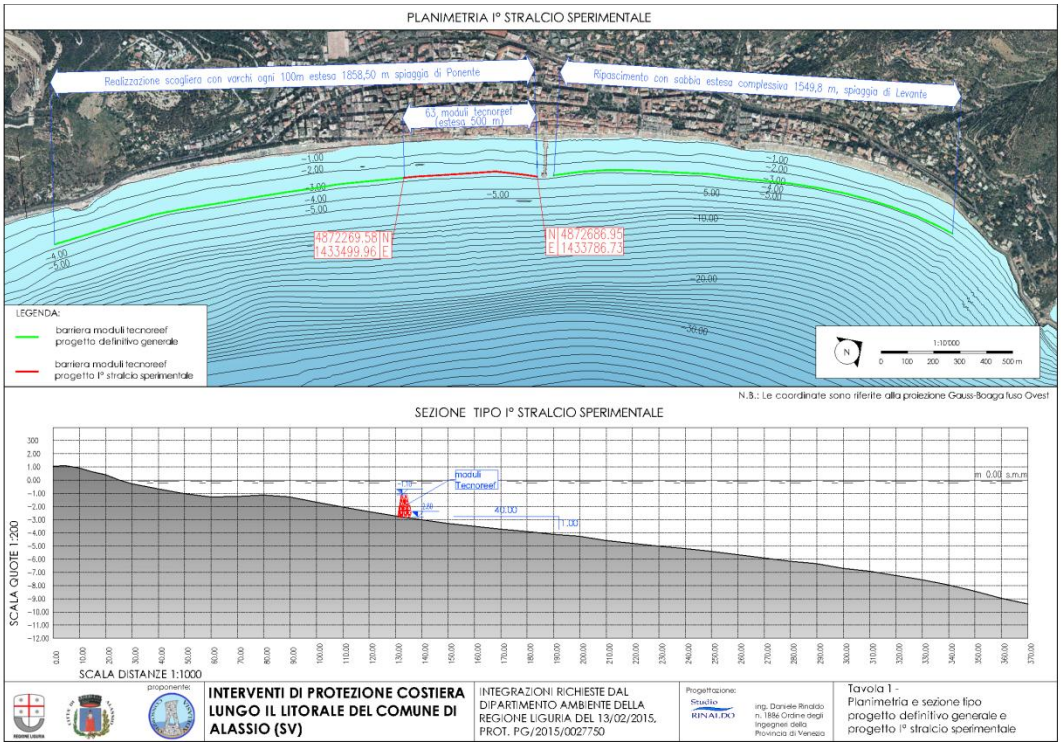


Figura 1: planimetria 1° stralcio sperimentale

La soluzione proposta, di estesa complessiva pari a circa 3.400 m e altezza 1.70 metri, prevista dunque su fondali di profondità pari a circa 2.90 metri, immediatamente ad ovest e ad est del molo Bestoso, avrà una sommergenza dell'ordine di 1.20 metri.

La configurazione del 1° stralcio (lunghezza 500 m a ponente del molo Bestoso) è stata scelta, come prima parte funzionale di un più ampio progetto definitivo generale, con riferimento alla necessità che:

- l'estesa dell'intervento fosse sufficientemente significativa, tale da garantire un buon esito dello stesso, senza che gli eventuali effetti di bordo possano vanificarne l'efficacia;
- il costo dell'intervento fosse compatibile con le capacità di finanziamento.

Si aggiunge che la distanza dei moduli dalla testata del molo Bestoso sarà portata a 50 metri in esito alla recente iniziativa comunale di dotare quest'ultimo di scalandroni di servizio a battelli pubblici e ad imbarcazioni diportistiche.

Con la realizzazione di questo primo stralcio si potrà constatare l'effettiva capacità di dette strutture artificiali nella protezione e stabilizzazione del tratto di litorale retrostante. Una

volta, infatti, che verrà verificato l'effetto delle strutture sul tratto di litorale oggetto del primo stralcio, si potrà procedere alla realizzazione della configurazione generale di intervento, che prevede la posa dei moduli lungo tutto il litorale, per un'estesa pari a 1858.50 m a ponente del molo Bestoso e 1549.80 m a levante dello stesso.

2 INTEGRAZIONI

2.1 Integrazione 1: *"Esame dei risultati conseguiti e delle problematiche riscontrate dagli interventi sperimentali già effettuati negli ultimi anni"*

2.1.1 Interventi sperimentali con geotubo sommerso

Nella nota citata in premessa, è posta la richiesta di acquisire informazioni in merito all'effettiva efficacia riscontrata con gli interventi sperimentali, fra i quali si ritiene debba intendersi anche il geotubo posato nel 2007 nel tratto indicato nella successiva Figura 2, lungo il litorale di Alassio.

Senza voler entrare nel merito di opere realizzate da altri soggetti, qui si vuole evidenziare come, con i rilievi batimetrici effettuati a base della presente progettazione, semplicemente non si sia trovata traccia di tale struttura.

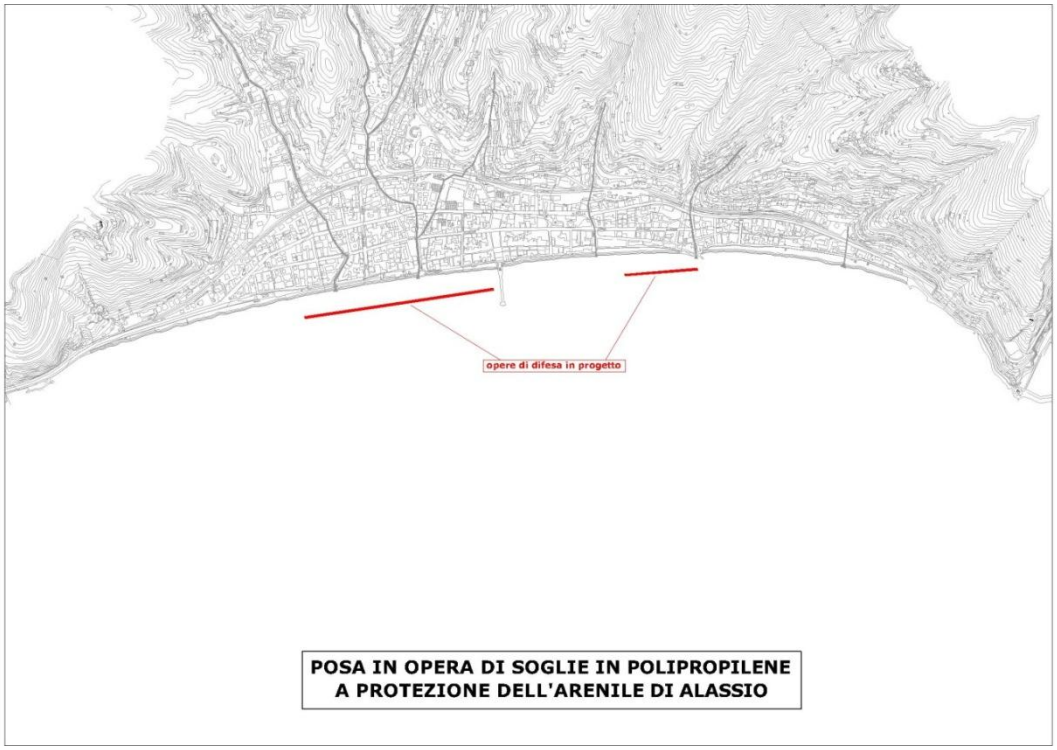


Figura 2: planimetrie soglie in polipropilene ad Alassio

Inoltre, grazie ai risultati del monitoraggio eseguito da Geosilt e riportati nel rapporto finale (febbraio 2011) - messo cortesemente a disposizione dal Comune di Alassio – si può ritenere che il geotubo a suo tempo posato sia sprofondato: "*la soglia in polipropilene a protezione dell'arenile, oggetto del monitoraggio, appare allo stato attuale quasi completamente insabbiata e non più visibile. Risulta altresì impossibile individuare le biocenosi presenti sull'opera ed al contorno*", come si osserva nelle fotografie qui di seguito riportate in Figura 3.



Figura 3: fotografie della soglia in polipropilene ad Alassio (anno 2010)

Il rapporto finale sopra richiamato conclude affermando che "*..si ritiene non possano essere fornite valutazioni oggettive sull'efficacia dell'opera di protezione dell'arenile oggetto del monitoraggio*".

Nella successiva Figura 4 sono riportati i rilievi batimetrici a confronto su una sezione tipo del geotubo.

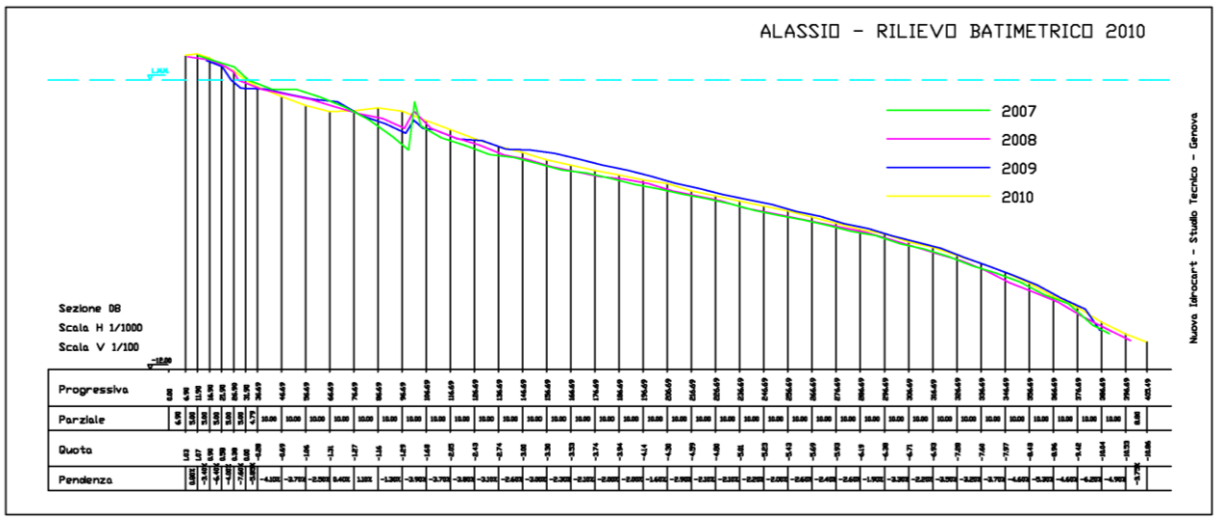


Figura 4: sezioni trasversali in corrispondenza del geotubo

Tale esito parrebbe in linea con quanto osservato nella vicina Albenga, dove è stato realizzato un tratto di opere di difesa con geotubi (cfr. Figura 5), di cui però non ne è stata

trovata traccia nei successivi rilievi batimetrici (cfr. Figura 6).

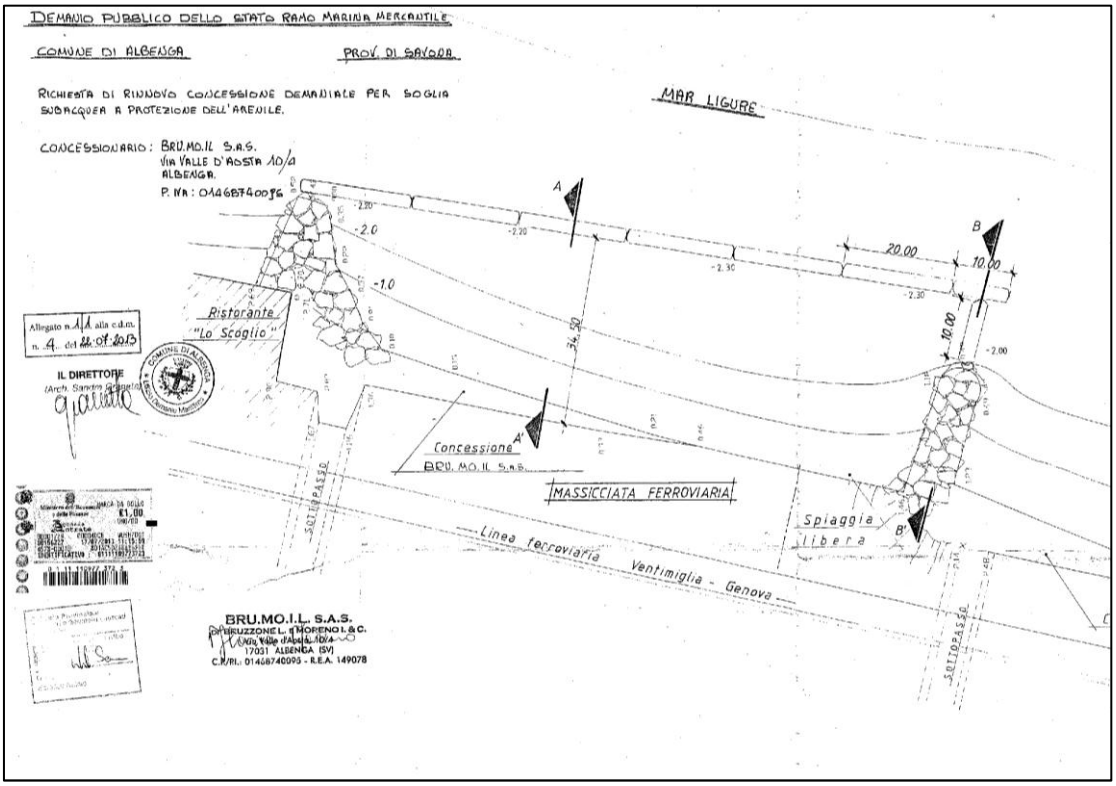


Figura 5: planimetria geotubo ad Albenga

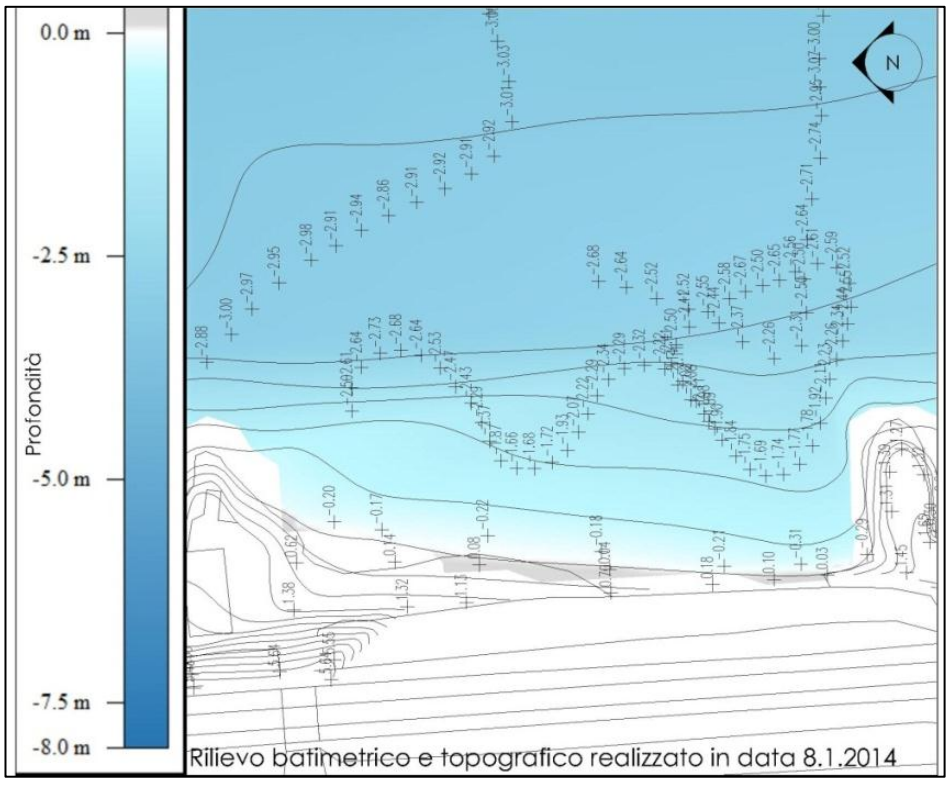


Figura 6: rilievo batimetrico 2014 nell'area del geotubo ad Albenga

Se si considerano anche le esperienze lungo i litorali veneti, sostanzialmente analoghi a

quelli qui descritti, si può ritenere che la posa dei geotubi abbia avuto efficacia solamente nei casi in cui le relative testate fossero delimitate da opere foranee in scogliera. Diversamente, si tendono a creare correnti longitudinali che scavano sia a tergo che di fronte al tubo, provocandone il progressivo affondamento.

La stessa consistenza continua del manufatto provoca, poi, una riflessione del moto incidente che tende ad erodere i fondali ulteriormente in prossimità del manufatto stesso.

2.1.2 Interventi sperimentali con moduli Tecnoreef®

L'installazione dei moduli Tecnoreef® è stata già sperimentata in svariate località in Italia e all'estero, sia per contrastare l'erosione costiera sia ai fini del ripopolamento ittico.

Per quanto riguarda il ripopolamento ittico, sono stati effettuati diversi studi e monitoraggi, di cui si propone una sintesi nell'apposito paragrafo 2.1.2.1.

Nel caso dell'erosione costiera, invece, gli interventi realizzati sono più recenti e i relativi dati di monitoraggio sono ad oggi in corso di elaborazione: solo in un caso i dati sono tutti disponibili (Venezia) e vengono nel seguito rappresentati.



Figura 7: Marina di Ravenna prima e dopo l'installazione dei moduli Tecnoreef®

In ogni caso si riportano alcune fotografie riguardanti alcuni interventi realizzati a:

- Marina di Ravenna (cfr. Figura 7);
- Lido di San Cataldo in provincia di Lecce (cfr. Figura 8);
- Laguna di Venezia, quale protezione delle strutture morfologiche dall'erosione indotta dal vento (cfr. Figura 9) e dai natanti;

- Dubai negli Emirati Arabi Uniti (cfr. Figura 12);
- Bahrain (cfr. Figura 13);

in cui si evidenzia chiaramente l'effetto positivo dei moduli sui litorali interessati dagli interventi. In tutti i casi raffigurati, si osserva in maniera evidente un aumento delle dimensioni dell'arenile, se confrontato con la situazione precedente al posizionamento dei moduli prefabbricati.



Figura 8: Lido di San Cataldo (LE) prima e dopo l'installazione dei moduli Tecnoreef®

Nell'ambito del progetto di ripristino morfologico ed ambientale dell'area del Canale Bastia (cfr. Figura 9) nella Laguna di Venezia, il Consorzio Venezia Nuova ha realizzato per conto del Magistrato alle Acque di Venezia, ora Provveditorato Interregionale alle Opere Pubbliche, un intervento sperimentale con moduli Tecnoreef® e altri, lungo un'opera soffolta opaca, a difesa dalle strutture morfologiche a tergo dalle onde e correnti indotte dal vento. Lungo le parti opache della struttura è stato effettuato un ripascimento in sabbia.

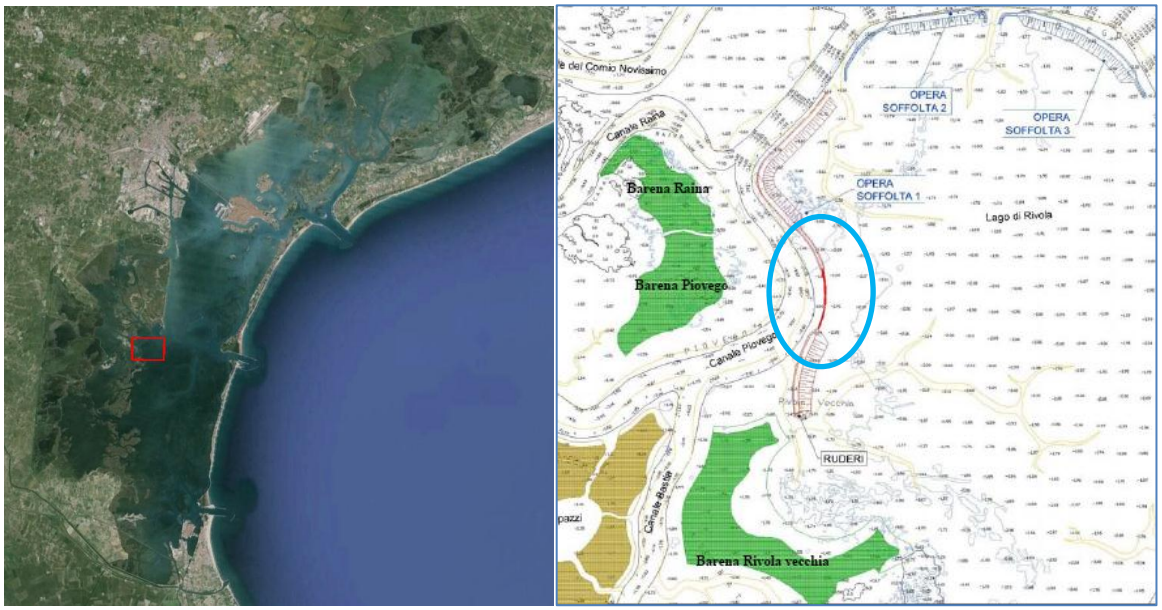


Figura 9: intervento sperimentale area canale Bastia (VE)

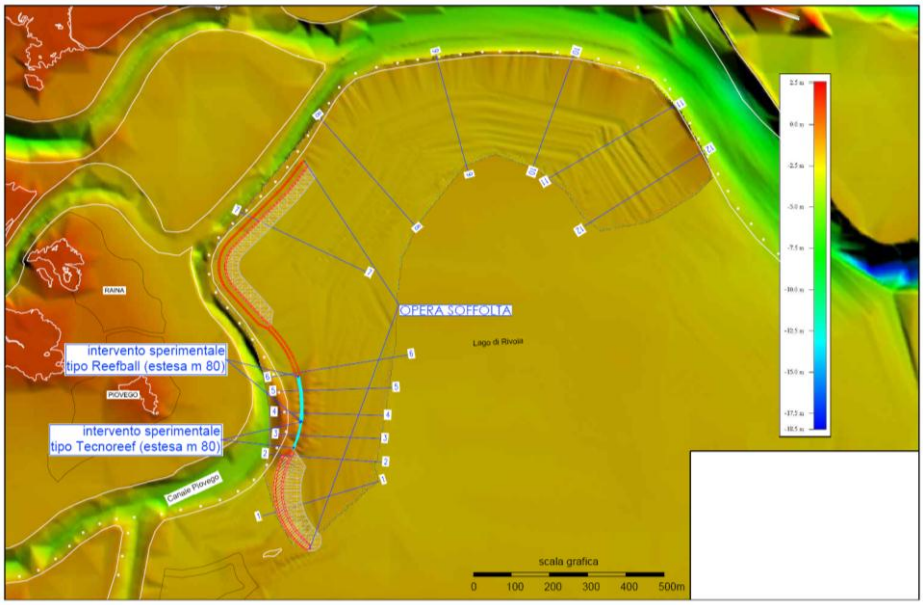


Figura 10: planimetria DTM rilievo moduli Tecnoreef® marzo 2014

Nel marzo 2014 è stato eseguito un rilievo batimetrico per valutare gli effetti sul fondale delle due strutture sperimentali installate lungo la soffolta, in termini di erosioni e riporti.

I dati rilevati (cfr. Figura 10) sono stati confrontati con i dati di rilievo ante opere, eseguito nel 2008.

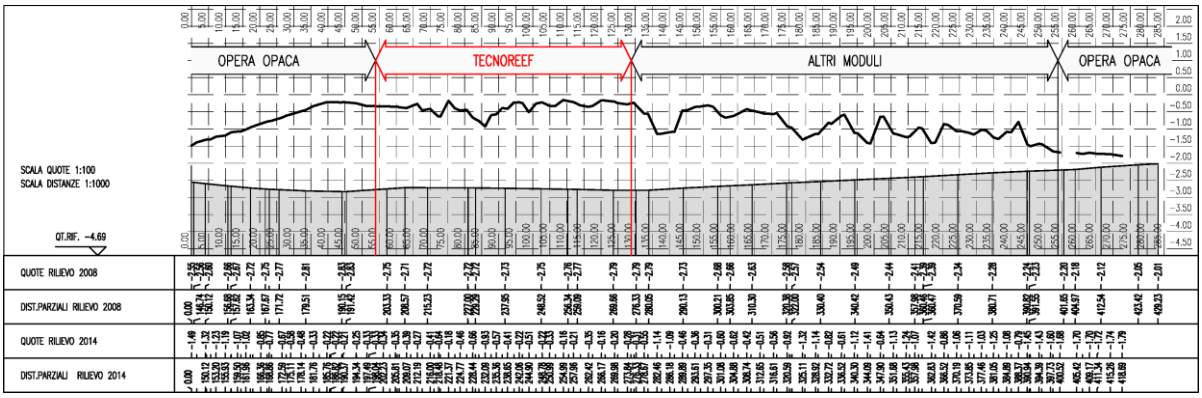


Figura 11: profilo rilievo moduli Tecnoreef® marzo 2014

Le misurazioni effettuate, di cui si riporta il profilo longitudinale in Figura 11, mostrano un riporto di materiale particolarmente a tergo di queste sole strutture sperimentali.

Ciò dimostra la capacità specifica dei moduli Tecnoreef® ad intercettare il trasporto solido di fondo in questo caso indotto proprio dal ripascimento esterno; si è rilevato infatti che tale accumulo tende ad appiattirsi a nord dove era stata posata un'altra tipologia di moduli artificiali e a sud dove è presente solo un'opera soffolta opaca.

Nella Figura 12 è invece rappresentato l'intervento realizzato a Dubai (UAE), a protezione della spiaggia ubicata nelle immediate vicinanze del famoso grattacielo *Burj Al Arab*, dalla

caratteristica forma a vela. È evidente anche in questo caso l'effetto positivo delle strutture sull'arenile, le cui dimensioni sono aumentate dopo aver posato i moduli sui fondali ad esso antistanti.



Figura 12: Dubai prima e dopo l'installazione dei moduli Tecnoreef®

Nel corso del 2011 ATKINS, uno degli studi di consulenza ingegneristica più grandi al mondo con base in Gran Bretagna, ha valutato i moduli artificiali prodotti da 3 aziende, tra cui Tecnoreef®, candidate a realizzare un progetto di reef artificiali nelle acque del Bahrain, mostrato nella seguente Figura 13.

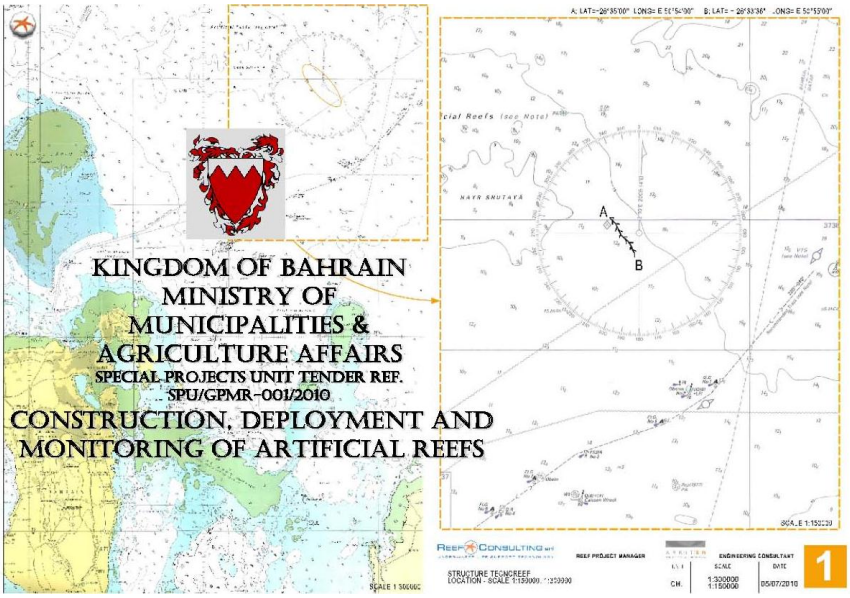


Figura 13: reef artificiale nel Regno del Bahrain

I criteri di analisi erano i seguenti:

1. scopo primario della struttura;
2. dimensioni;
3. durabilità;
4. modalità di posizionamento;

5. idoneità ambientale;
6. provata esperienza in Medio Oriente;
7. qualità della proposta tecnica;
8. monitoraggio e manutenzione;
9. base delle operazioni dell'azienda.

Per ciascuno dei criteri menzionati, veniva attribuito un punteggio da 1 a 3 con un massimo di 27. Tecnoreef® è stata valutato, con un punteggio di 23/27, come il più idoneo reef artificiale per realizzare il progetto in Bahrain.

2.1.2.1 Studi, ricerche e pubblicazioni sul ripopolamento ittico

E' stato precedentemente indicato come "effetto collaterale" l'azione di Tecnoreef® sull'ambiente biologico, che non rappresenta l'obiettivo del progetto.

Peraltro studi scientifici, presentati e discussi in sede nazionale ed internazionale, hanno analizzato l'efficacia dei moduli Tecnoreef® per quanto riguarda il ripopolamento ittico.

Si citano ad esempio:

- le pubblicazioni della dott.sa Gianna Fabi per CNR – ISMAR;
- le risultanze di 5 anni di monitoraggi contenuti nello studio scientifico del prof. Paolo Berni (Ordinario dell'Università Normale di Pisa e Accademico di Francia) e dalla dottoressa Olimpia Algora Ortega, dal titolo *Il recupero biologico, mediante l'uso di strutture artificiali sommerse (reef artificiali): risultati di un quinquennio di monitoraggio nelle aree marine protette di Sabaudia e Terracina;*
- i risultati pubblicati dalla Regione Emilia Romagna – Assessorato Agricoltura in una pubblicazione scientifica intitolata *Vivere il mare*;
- il progetto Adri.blu, *Gestione sostenibile delle attività di pesca e delle risorse alieutiche dell'Adriatico,* che ha coinvolto le Regioni Veneto, Friuli Venezia Giulia ed Emilia Romagna, oltre a Slovenia, Croazia e Bosnia Herzegovina;
- il quaderno di ricerca marina 3/2012 di ISPRA dal titolo *Le strutture sommerse per il ripopolamento ittico e la pesca ("barriere artificiali").*

Fra le esperienze di interventi analoghi in Liguria, si segnala la barriera in moduli Tecnoreef® realizzata a Corniglia (SP), per conto del Parco Marino delle Cinque Terre e del Ministero dell'Ambiente, e nel comune di Andora (SV).

Tali studi, monitoraggi ed esperienze hanno messo in evidenza il ruolo ecologico delle strutture Tecnoreef®, capaci di:

- dissipare l'energia del moto ondoso creando un filtro alla forza dell'onda prima che raggiunga la riva;
- favorire la deposizione del sedimento tra barriera e spiaggia;
- garantire un buon ricambio delle acque nelle zone protette;
- nessun impatto visivo;
- conservare la biodiversità del sistema con l'introduzione di nicchie ecologiche diversificate in funzione della luce, della profondità e della temperatura;
- creare rifugi ed esercitare un effetto di richiamo sulle forme vagili, sia adulte che giovanili, che sono attratte dalla barriera divenuta, con l'evoluzione biologica della comunità sessile, anche dispensatrice di cibo.

Al tempo stesso, i dati ottenuti dal programma FEP Asse 3.2 hanno dimostrato che manufatti costruiti *ad hoc* determinano un arricchimento ed una diversificazione dei popolamenti acquatici superiori, rispetto a quelli che si rivelano presso substrati rocciosi naturali, per effetto di una maggiore e mirata eterogeneità spaziale, evidenziando così l'importanza di utilizzare, per la costruzione di barriere artificiali, strutture adeguatamente progettate sia per l'ambiente che per le risorse che si vogliono proteggere ed incrementare.

2.1.2.2 Considerazioni conclusive sulle esperienze con Tecnoreef®

In merito alle strutture Tecnoreef® s'intende sottolineare gli aspetti propri del prodotto e del progetto, al fine di considerare la struttura e le sue applicazioni completamente ecocompatibili e sostenibili, nonché non rientranti nelle procedure di valutazione ambientale.

Considerando che per opere costiere e marittime si intendono tutte le opere quali moli, moli guardiani, dighe foranee, opere antemurali, pontili e banchine a terra che hanno la caratteristica comune di essere radicate sul fondo in modo permanente, in funzione o del loro effettivo ancoraggio fisico o in funzione del loro peso, possiamo affermare che il modulo Tecnoreef® nella sua composizione non è assimilabile né ad un'opera costiera, né ad un'opera marittima.

Inoltre non è assimilabile a nessun altro tipo di intervento artificiale a mare in quanto presenta il peso dell'unità di volume molto inferiore ai 2,6 ton/m^3 previsto dal Manuale Idraulica Marittima del Prof. Valerio Milano, "Maggioli Editore", e pertanto facilmente rimovibile con mezzi adeguati.

Il modulo Tecnoreef® è formato da una serie di piastre componibili e amovibili che riducono l'energia cinetica dell'onda. La riduzione dell'energia cinetica favorisce la trasformazione dell'tipo di onda favorendo il passaggio da onda "erosiva" a onda "ripascitiva".

Infatti, il modulo non modifica la costa o la linea di riva, non avendone né la forza né le caratteristiche, ma interviene solamente a ridurre localmente l'energia cinetica dell'onda: si tratta quindi di un intervento assimilabile al tipo morbido.

Il modulo gode di certificazioni ambientali sia per la qualità dei prodotti utilizzati che per il suo processo produttivo (Norma EN UNI ISO 14000: 2004 con recepimento delle direttive EMAS). In particolare, il modulo Tecnoreef® è certificato per i prodotti utilizzati (aspetto EN UNI ISO 14020: 2004 della norma) e per il processo produttivo (aspetto EN UNI ISO 14001: 2004 della norma), ambedue disciplinanti gli aspetti che il prodotto deve avere per essere impiegato come Barriera Marina.

La sua ecocompatibilità e sostenibilità ambientale è stata anche oggetto di un Protocollo di Intesa con Legambiente Onlus nel 2006, che ha considerato il modulo Tecnoreef® come la migliore risposta per la salvaguardia dell'ambiente, sia in termini di tutela degli habitat naturali che per la diminuzione degli impatti ambientali collaterali.

Aspetto non secondario è che il modulo rappresenta l'unico sistema attualmente presente sul mercato che evidenzia un basso rapporto tra materiali utilizzati e volume ottenuto. Tale rapporto corrisponde a un basso sfruttamento delle risorse ambientali, che rendono il prodotto ecocompatibile per tutti i suoi aspetti (minore sfruttamento minerario o minore escavazione fluviale, minore consumo di carburanti per l'estrazione e il trasporto e la posa in mare).

2.2 Integrazione 2: *"Analisi accurata delle alternative possibili comprensiva di un bilancio costi-benefici"*

Sono state prese in considerazione 4 differenti soluzioni progettuali, come possibili alternative per contrastare l'erosione del litorale in esame, oltre all'opzione *do-nothing* (scenario 0, non fare nulla).

Le tipologie progettuali prese a riferimento, tratte dalla specifica esperienza dello scrivente sulla base dei dettami dell'ingegneria marittima, sono nello specifico:

1. la realizzazione di pennelli trasversali alla costa e collegati a una struttura soffolta di contenimento;
2. la realizzazione di frangiflutti paralleli alla costa, emergenti dal livello medio del mare;
3. la posa in opera di strutture modulari prefabbricate ed ecocompatibili Tecnoreef®;
4. il ripascimento periodico dell'arenile.

Si è fatto riferimento, per poter correttamente confrontare le diverse alternative, alla realizzazione delle opere necessarie per il ripascimento o la protezione dell'intero litorale, in analogia a quanto indicato nel progetto definitivo generale, consegnato nel giugno 2014.

Per ciascuna delle sopra citate quattro soluzioni, è di seguito proposto un paragrafo descrittivo delle relative caratteristiche, in uno con una stima economica.

L'analisi sulle ultime due alternative viene condotta simulando, mediante il modello di evoluzione costiera XBeach descritto in sede di progetto definitivo, gli eventi meteomarini estremi statisticamente ricorrenti in un anno medio, e ponendo a confronto gli effetti calcolati sulle due soluzioni.

Il confronto tra le soluzioni esaminate viene effettuato considerando i soli costi di realizzazione e manutenzione degli stessi; i benefici sono gli stessi per tutte le alternative, per cui vengono richiamati solo qualitativamente e non quantitativamente: la difesa fisica del litorale (e quindi la messa in sicurezza degli abitati e delle infrastrutture presenti dalle mareggiate) e l'uso ricreativo della spiaggia a fini turistici e ambientali. Nel caso dei moduli prefabbricati vi sarà anche il beneficio di un'attivazione dei dinamismi naturali propri dei fondali marini, con un incremento della biodiversità sia in termini di flora che fauna marina.

2.2.0 Scenario 0: do-nothing

Negli ultimi decenni anche la Liguria ha subito più volte la "furia delle acque" (sia dolci che marine) con pesanti conseguenze dal punto di vista ambientale e umano.

Lo Stato, ma specialmente le Regioni, stanno rivolgendo la loro attenzione soprattutto alle misure da adottare per prevenire il verificarsi di situazioni potenzialmente pericolose: recentemente la Regione Liguria ha destinato 42 milioni, dei 392 milioni di fondi europei del POR-Fesr messi a disposizione, proprio per la prevenzione del rischio idrogeologico e il cambiamento climatico. Fra gli obiettivi è indicata anche l'erosione costiera.

Si ritiene opportuno rilevare, in questo paragrafo, come la difesa del litorale debba in primis

essere finalizzata alla salvaguardia fisica degli abitati retrostanti lo stesso; nel caso della Liguria ed in particolare di Alassio, questi sono spesso prossimi al mare: tale scenario, pertanto, si ritiene non proponibile poiché, come successivamente rappresentato, senza alcuna manutenzione la spiaggia tende a scomparire mettendo a grave rischio gli edifici prossimi al mare e gli esercizi pubblici in essi alloggiati.

In un'analisi costi-benefici, si ritiene arduo monetizzare il valore della vita umana, sottoposta a rischi molto elevati in presenza di forti mareggiate e in assenza di misure adeguate di protezione. Per questo motivo, nell'analisi sotto riportata, questo scenario non è stato dunque inserito nella tabella "costi-benefici": è stata invece valutata con apposito modello matematico l'evoluzione della linea di riva in assenza di nuovi interventi a protezione e rinforzo della stessa. In Figura 14 è quindi rappresentato il dettaglio dell'arretramento della linea di riva, tratto dal risultato finale della simulazione mediante modello idro-morfodinamico (cfr. §2.2.5), indicando con linea tratteggiata il profilo iniziale della spiaggia e con linea continua il profilo finale dopo un anno medio di simulazione.

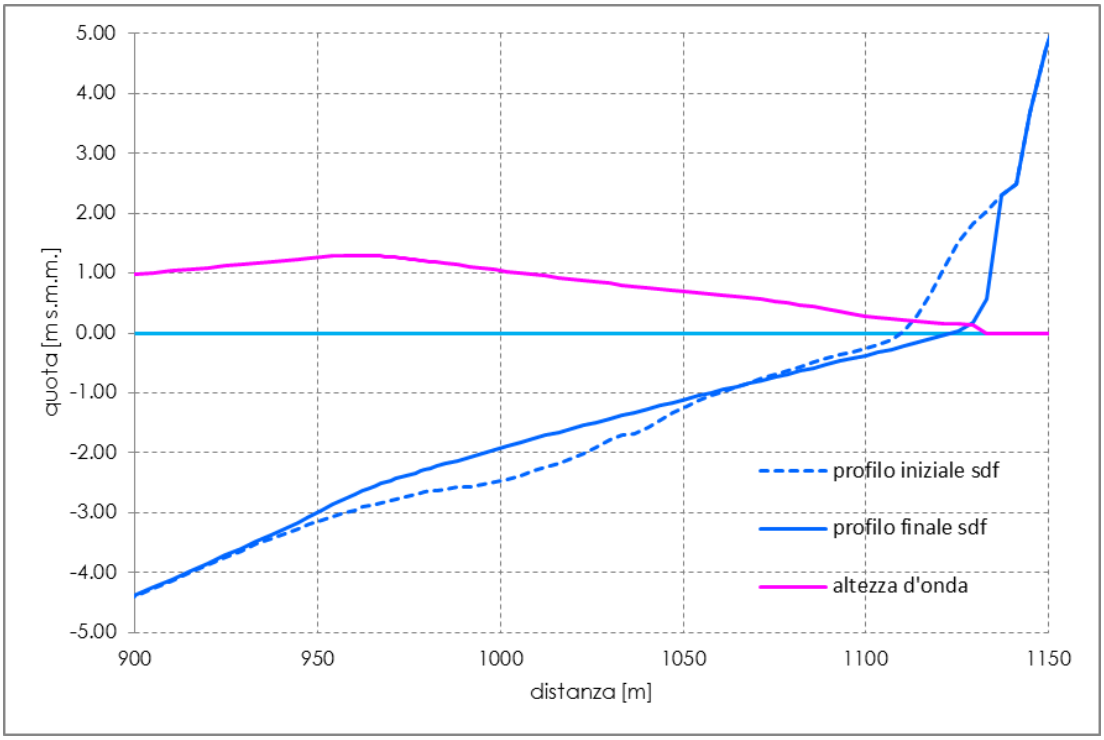


Figura 14: opzione 0 – evoluzione della spiaggia in assenza di interventi - anno medio

L'arretramento della battigia, di circa 20 m, arriva al limite inerodibile definito dalle strutture fisse a tergo dell'arenile.

Nel seguito della presente analisi non verrà più tenuta in conto una tale opzione, in quanto non in grado di garantire il medesimo risultato delle altre opzioni: la presenza dell'arenile.

2.2.1 Configurazione alternativa 1: pennelli trasversali e struttura soffolta

La prima alternativa analizzata consiste nella realizzazione, lungo tutto l'arco costiero oggetto d'intervento, di 12 pennelli trasversali in pietrame protesi in mare fino alla profondità di -3.00 m s.m.m., con interasse di 300 m.

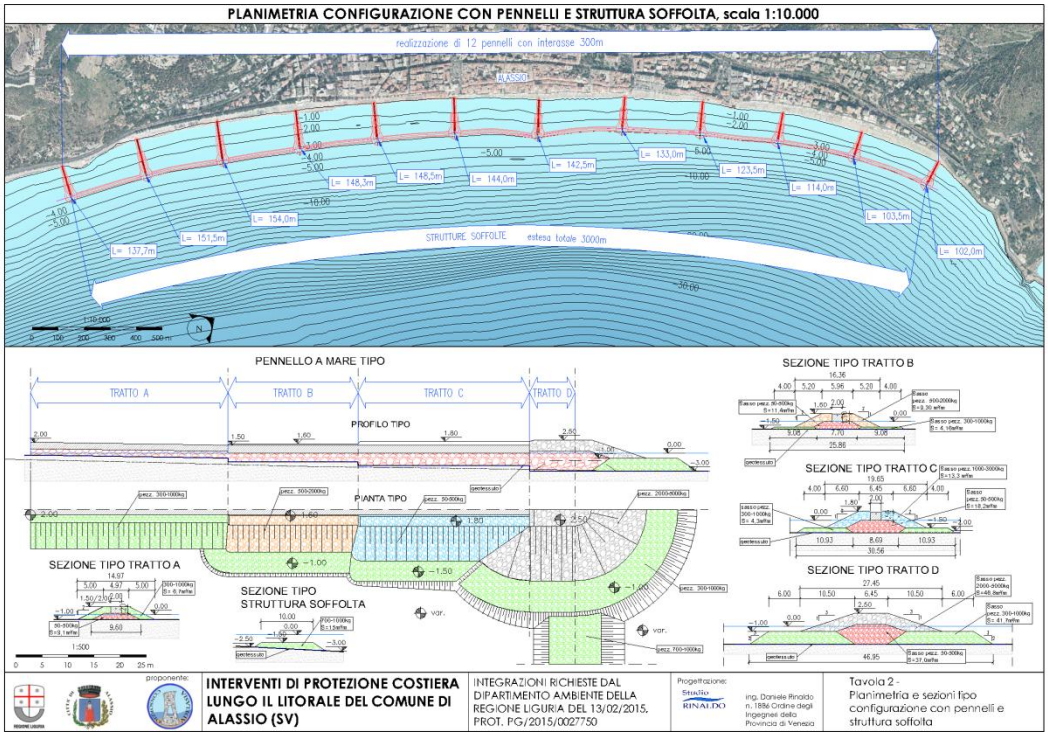


Figura 15: planimetria configurazione con pennelli e soffolta

In Figura 15 è riprodotta la Tavola 2, allegata al presente documento, in cui è rappresentata la planimetria degli interventi, in uno con la pianta e le sezioni tipologiche delle strutture.

La sezione tipologica della struttura, comune a tutti i tratti, è composta di un nucleo in pietrame con pezzatura 50÷500 kg sormontata da una mantellata anch'essa in sasso ma di pezzatura di 300÷1000 kg e con pendenza 1 su 2. Incassato in sommità un prisma in calcestruzzo largo due metri che si sviluppa su tutta la lunghezza del pennello, per garantire la praticabilità della struttura durante le operazioni di manutenzione. Le strutture sono fra loro collegate al piede da una scogliera soffolta con sommità a quota -1.50 m sul livello medio mare. Ogni segmento di scogliera soffolta ha una lunghezza media di 270 m per un estesa complessiva di 3000 m.

Il costo complessivo dell'opera è quantificato in € 20.100.000,00: si rammenta che a tale costo andrebbe sommato anche quello per un ripascimento iniziale più gli eventuali oneri di manutenzione delle opere in scogliera (in presenza di forti mareggiate); inoltre, le buone pratiche dell'ingegneria costiera prevedono per questo tipo di opere di effettuare ogni dieci

anni circa una ricarica del ripascimento iniziale portando un volume pari a circa il 10% dello stesso.

Tale soluzione è stata qui riportata solo per la credibile relativa efficienza ingegneristica: è del tutto prevedibile infatti che, con una protezione di questo tipo, il litorale in questione sia adeguatamente protetto. Questa alternativa, tuttavia, è una soluzione non proponibile per motivi ambientali, fra l'altro in contrasto con le stesse direttive regionali in materia: è stata valutata per completezza dell'analisi.

2.2.2 Configurazione alternativa 2: dighe a scogliera emersa parallele alla costa

In questo caso l'intervento di protezione consiste nella realizzazione di una scogliera parallela alla linea di costa in cui sono stati ricavati, a distanze regolari ogni 100 metri, dei varchi di ampiezza 30 m. Si riporta, in Figura 16, la Tavola 3 in cui sono indicate planimetria e sezioni tipo dell'opera. L'asse della scogliera corre lungo la quota dei -2.80 m, a una distanza media dalla spiaggia di 130 m.

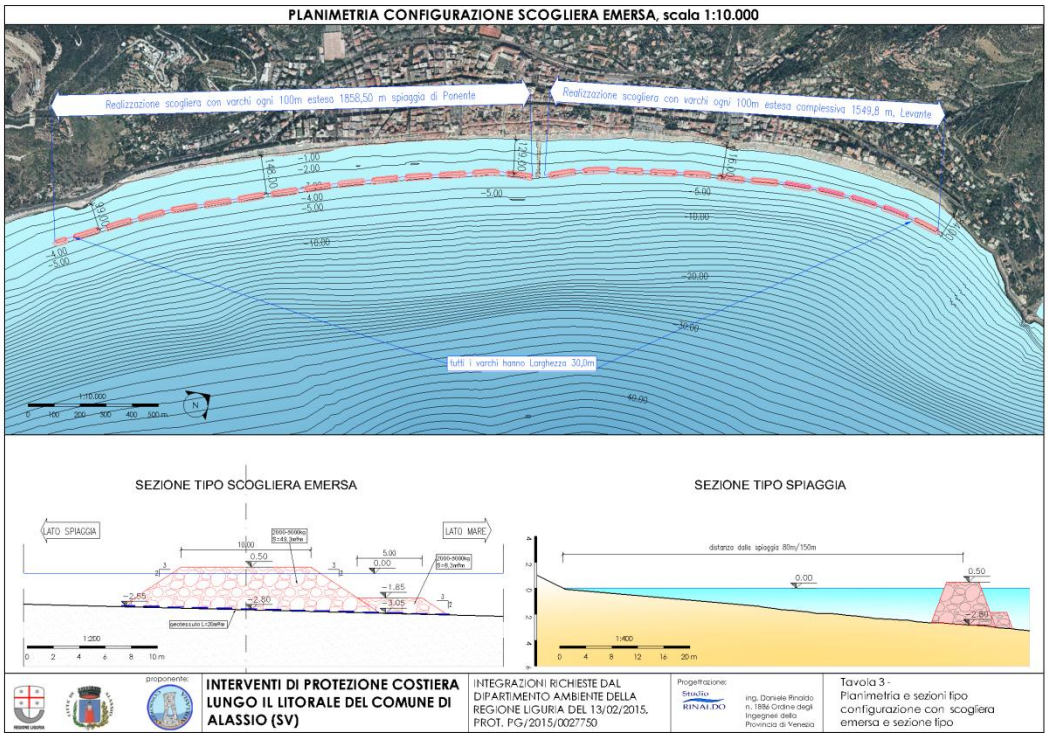


Figura 16: planimetria configurazione con dighe a scogliera emersa

La sezione tipo della scogliera in sommità ha quota +0.50 m ed è larga 10 m, con scarpate con pendenza in rapporto 2 su 3 e la pezzatura in pietrame 2000/5000 kg. Al piede della scarpata lato mare è applicato un imbasamento della larghezza di 5 m della stessa pezzatura 2000/5000 kg della sezione della scogliera. Prima della posa del sasso viene steso

sul fondo, per la larghezza della struttura, un geotessuto.

È stato stimato che il costo dell'opera per i 3300 m totali è di € 8.700.000,00: si rammenta, come per la soluzione precedente, che a tale costo andrebbe sommato anche quello per un ripascimento iniziale più gli eventuali oneri di manutenzione delle opere in scogliera (in presenza di forti mareggiate) e di ricarica del volume di sabbia inizialmente portato.

Su questa soluzione vanno però poste le medesime perplessità indicate per la soluzione precedente, trattandosi di una soluzione certamente efficace da un punto di vista ingegneristico ma non proponibile da un punto di vista ambientale.

2.2.3 Configurazione alternativa 3: barriera sommersa in moduli Tecnoreef®

Tra le alternative da valutare, viene considerata anche la soluzione presentata nel progetto definitivo generale, già proposto alla Superiore Approvazione. Per la descrizione di dettaglio di tale configurazione si rimanda alla lettura della Relazione Generale del succitato progetto definitivo e delle tavole ad essa allegate.

In Figura 17 è riportata la planimetria progettuale e la sezione tipo dell'opzione qui valutata.

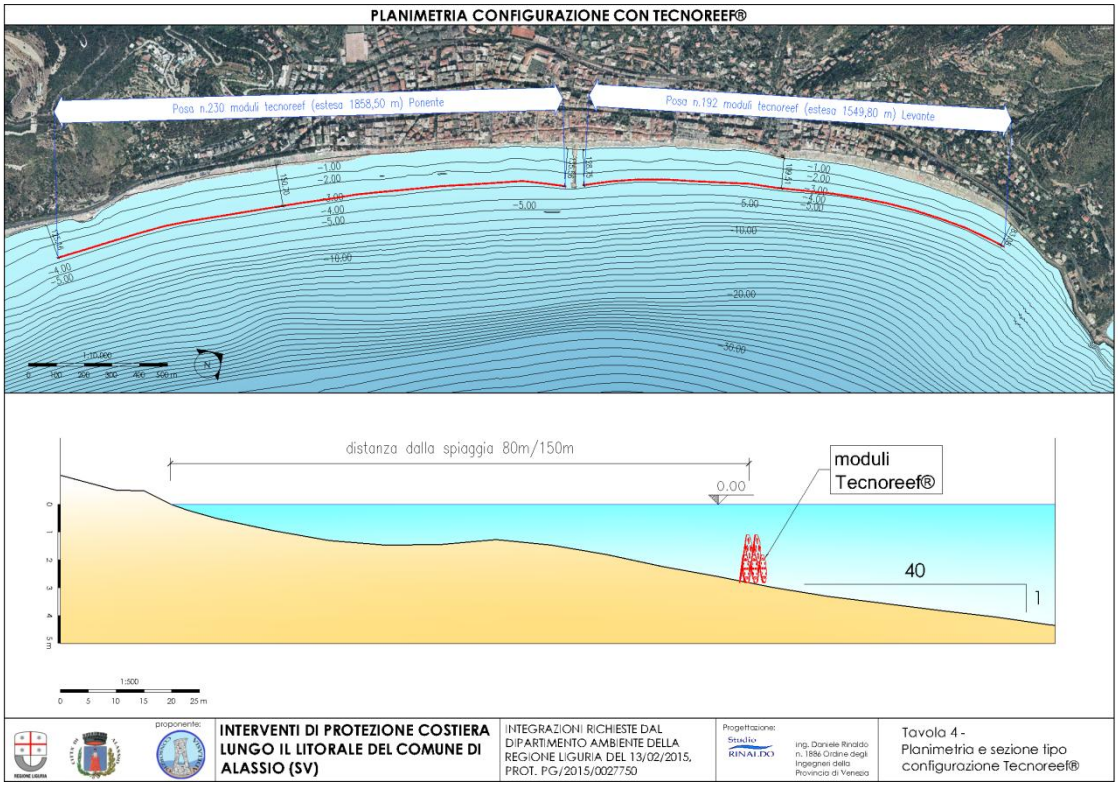


Figura 17: planimetria barriera sommersa in moduli Tecnoreef®

Si rammenta comunque in questa sede come la struttura sia costituita da moduli

prefabbricati permeabili in calcestruzzo *eco-friendly*, disposti linearmente sulla profondità media di -2.80 m s.m.m., con quota di sommità pari a circa -1.10 m s.m.m.
Il costo della posa di quest'opera è di circa € 7.890.000,00.

2.2.4 Configurazione alternativa 4: ripascimento

Un'ulteriore alternativa presa in considerazione è la soluzione "morbida", che prevede il solo ripascimento dell'arenile.
La planimetria e la sezione tipo per l'alternativa qui valutata è rappresentata nella seguente Figura 18.

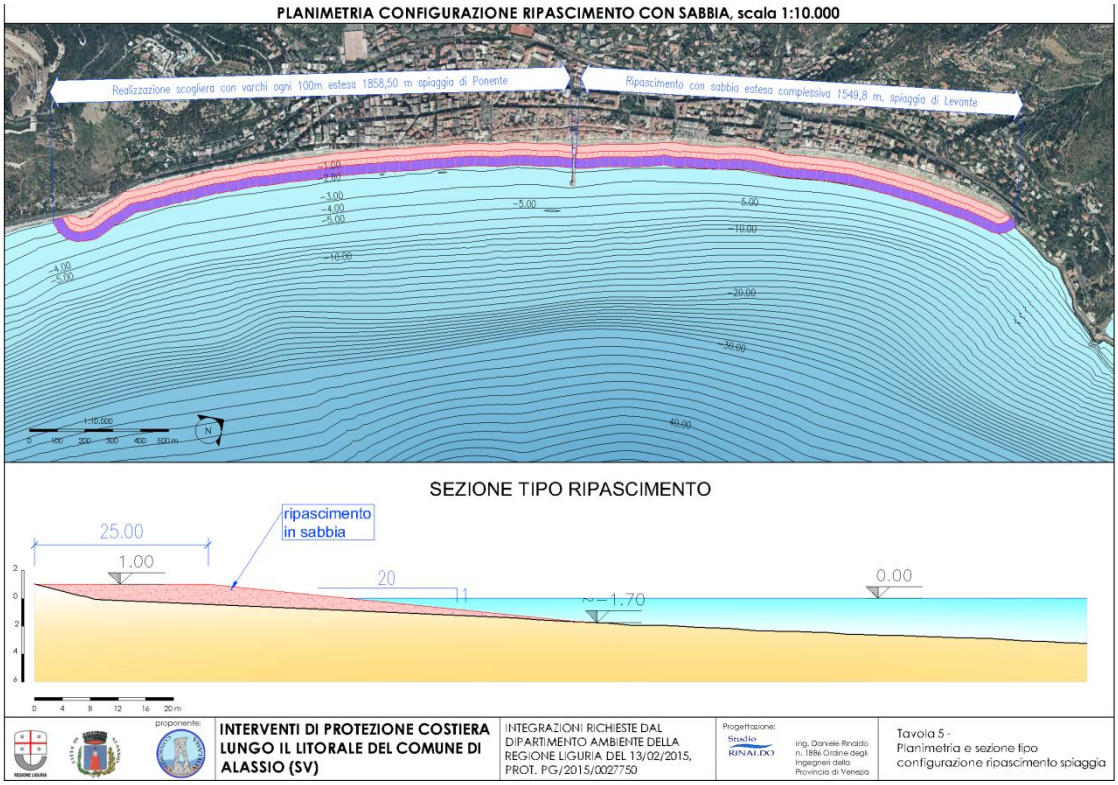


Figura 18: planimetria ripascimento in sabbia

La sezione tipologica della spiaggia di progetto, nell'ottica di un ripascimento minimale, prevede un avanzamento della linea di riva di circa 25 m a quota +1.0 m s.m.m., con una scarpata digradante verso il mare con pendenza 1/20. Per tale ripascimento risulta necessario un quantitativo specifico di sabbia di circa 50 m³ per metro lineare di estesa. Nonostante una soluzione con queste caratteristiche possa essere considerata "minimale" in termini di difesa del litorale, è tuttavia adeguata alle finalità della presente analisi, ossia la valutazione dell'effettiva permanenza della sabbia refluita in seguito ad eventi di mareggiata.

Prima di entrare nel merito della descrizione dei risultati della modellazione morfologica sul profilo di ripascimento, appare opportuna qualche considerazione preliminare in merito a tale metodologia di intervento.

Al riguardo non si può non evidenziare come un tale approccio sia indubbiamente quello ambientalmente meno problematico, senza di fatto alcuna complicazione di carattere ambientale, una volta che sia reperibile, nelle quantità necessarie, la sabbia idonea.

Il problema è solo la durata di tali interventi, spesso dell'ordine anche di poche settimane, in presenza di avverse condizioni meteo marine.

In generale si può quindi affermare che, per un litorale soggetto a un fenomeno erosivo, un ripascimento artificiale non possa essere la soluzione definitiva e permanente del problema: di norma, sulla base delle innumerevoli esperienze al riguardo disponibili in Italia, si può ritenere che nemmeno i ripascimenti ripetuti anno per anno possano essere utili, se non nelle immediate vicinanze degli stessi (temporalmente parlando).

Per tale motivo, è necessario anche ragionare con attenzione sulla quantità del ripascimento da effettuare, valutandone con attenzione il relativo quantitativo a metro lineare, anche al fine di non sovrastimare il costo degli interventi.

Il rischio infatti, in presenza di litorali con una pendenza marcata, è quello di spostare la linea di riva in aree marine a maggiore energia, con conseguenti maggiori condizioni di erodibilità del nuovo arenile.

Non deve essere data, in alcun modo, per scontata la corrispondenza fra un maggiore quantitativo di sabbia e una corrispondente maggiore durata del ripascimento manutentivo.

Nel caso in questione, con una pendenza media del litorale immerso dell'ordine del 2%, un riporto di circa 100 m^3/m andrebbe a intestarsi circa alla batimetrica -3 m s.m.m., con evidenti condizioni di instabilità del profilo di sabbia, anche in presenza di mareggiate ordinarie.

Nella successiva Figura 19 è riportata la sezione dell'arenile con un ripascimento di 100 m^3/m circa.

In condizioni di questo tipo, risultati migliori possono essere ottenuti con quantitativi di sabbia, ancora consistenti, ma inferiori dell'ordine di 50 m^3/m, con un avanzamento della linea di riva di circa 25 m, come peraltro descritto in precedenza.

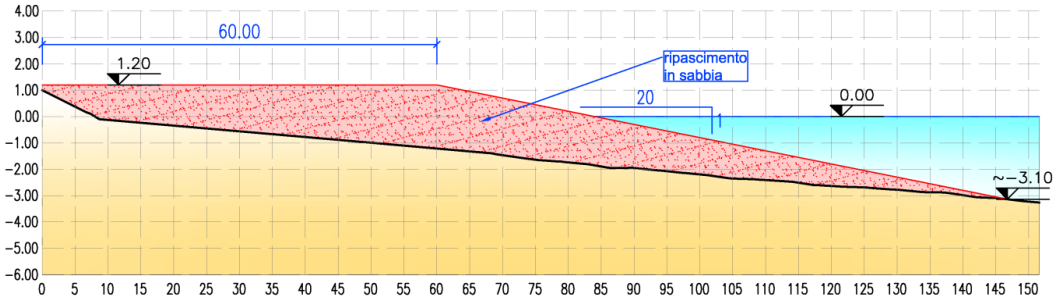


Figura 19-ripascimento 100 m³ /m

Qualche considerazione di dettaglio va posta per quanto attiene il costo di un tale intervento, di fatto assimilabile a una manutenzione ordinaria.

Il costo iniziale del ripascimento del litorale per la relativa intera estesa (circa 3,4 km), per un totale indicativo di 170'000 m³ di sabbia, è stimabile pari a circa 7.383.100,00 €, atteso il costo unitario della sabbia di 43,43 €/m³ (art. 4.1.20.10 Sabbia di fiume, *Prezzario Regionale Opere Edili 2014*, edito da Unioncamere Liguria e Regione Liguria), comprensivo della fornitura di sabbia con caratteristiche granulometriche e cromatiche idonee per la posa in opera, quindi non proveniente da dragaggio, e della relativa stesura sull'arenile.

2.2.5 Simulazioni di medio periodo

Al fine di poter porre a confronto, in termini di efficacia nella protezione del moto ondoso, le alternative progettuali definite in precedenza, si è scelto di fare riferimento alle simulazioni idro-morfodinamiche di medio periodo già presentate all'interno del *Progetto definitivo generale e di 1° stralcio sperimentale* consegnato nel giugno 2014, in particolare nella parte *C - Relazione idraulica relativa alla modellistica applicata*. La simulazione di riferimento per l'analisi dell'evoluzione della spiaggia è quindi relativa a un anno medio, ed è eseguita mediante modellazione monodimensionale, riferita a due sezioni trasversali rappresentative dei litorali di ponente e di levante, nelle seguenti configurazioni:

- con barriera in moduli Tecnoreef®, descritta nel §2.2.3, come da progetto definitivo generale;
- con il solo ripascimento artificiale dell'arenile stimabile dell'ordine di 50 m³ al metro lineare di spiaggia, come descritto nel §2.2.4.

Nella modellazione, viene imposta una successione di mareggiate di intensità variabile, rappresentativa delle mareggiate statisticamente prevedibili in un anno, con le relative durate, sinteticamente rappresentate dai seguenti valori di altezza d'onda media al largo H_{rms} e di periodo di riferimento T.

mareggiata	H_{rms} [m]	T [s]
1	3.90	8.9
2	4.80	9.9
3	5.40	10.5

Tabella 1

A titolo di esempio vengono di seguito riportati i risultati, relativi alla fine di ciascuna simulazione, con riferimento alla sezione 1 ricavata a ponente del molo Bestoso. Come premesso, vengono posti a confronto i risultati calcolati per la configurazione con il solo ripascimento dell'arenile e per la configurazione di progetto definitivo generale con la posa in opera della barriera di moduli Tecnoreef®. Vengono rappresentati, in Figura 20 e Figura 21, i profili della spiaggia all'inizio della simulazione (linea tratteggiata), e al termine della stessa, al fine di evidenziare la perdita di materiale, il relativo spostamento nell'area attiva del litorale e l'arretramento della linea di riva, molto maggiore nel caso del ripascimento non protetto.

Al termine delle simulazioni condotte è stata ottenuta una stima dei volumi di materiale erosi dalla spiaggia, nelle due diverse configurazioni, nel corso di un anno medio.

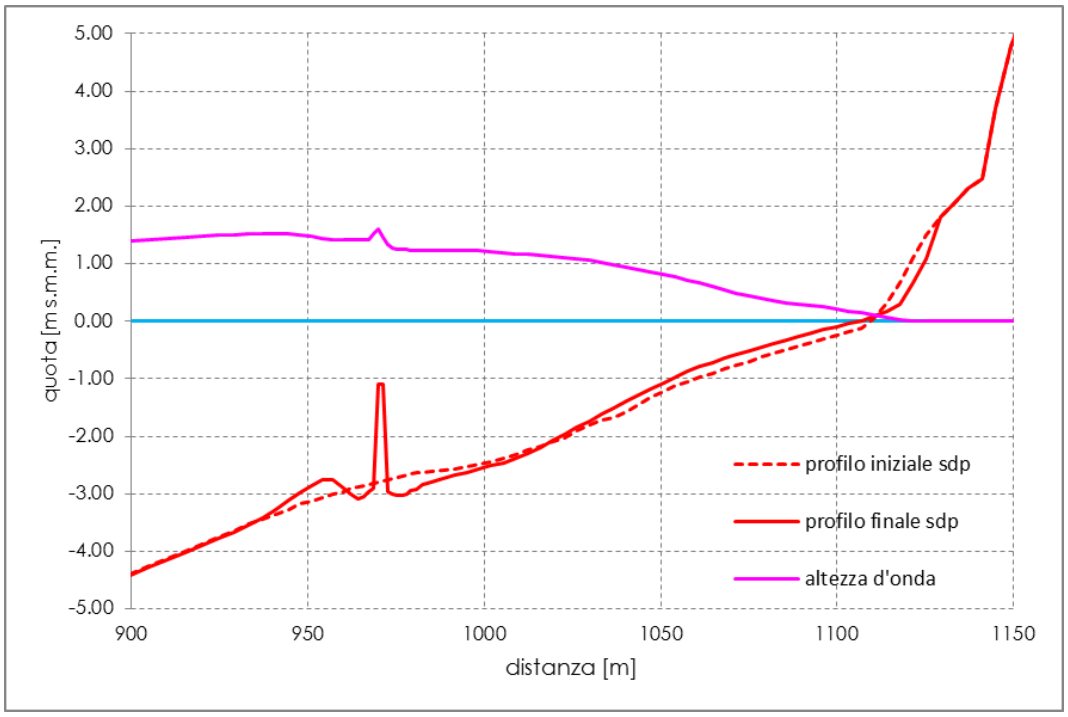


Figura 20: alternativa 3 - barriera in moduli Tecnoreef® – evoluzione della spiaggia

Nota. sdp: stato di progetto

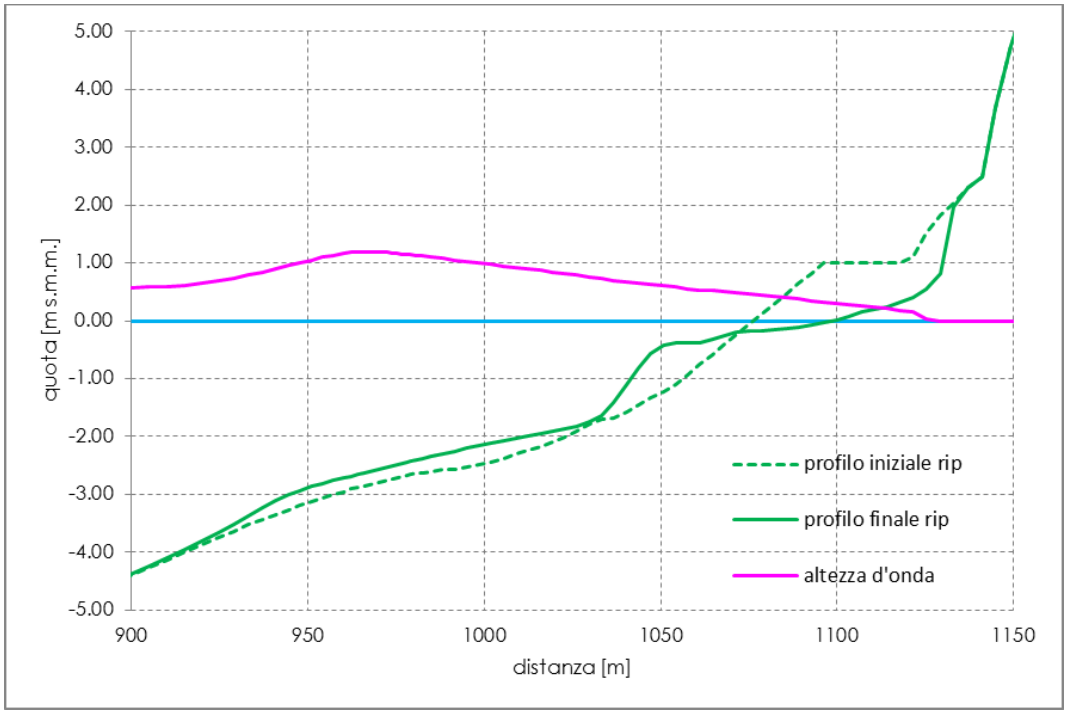


Figura 21: alternativa 4 – ripascimento – evoluzione della spiaggia

Dai risultati, si evince come la perdita di sabbia sia molto maggiore nel caso di solo ripascimento non protetto rispetto a quella che si ottiene con la protezione mediante barriera Tecnoreef®, con una media di circa 35 m³/m nella configurazione alternativa (solo ripascimento) contro i soli 5 m³/m nella configurazione di progetto (valore trascurabile, confrontabile con il trasporto longitudinale presente). Come già commentato in sede di progetto definitivo, il solo ripascimento artificiale si dimostra essere una soluzione palliativa, che non garantisce in alcun modo la stabilità dei risultati. È evidente infatti come la sabbia riportata sull'arenile tenda a erodersi progressivamente e a spostarsi verso il largo venendo pian piano portata al di fuori della zona dei frangenti e quindi tolta al trasporto solido litoraneo.È importante osservare come sia trascurabile l'arretramento della linea di riva, durante le mareggiate analizzate, in presenza dei moduli protettivi rispetto alla configurazione con il solo ripascimento.

Va evidenziato inoltre che nella configurazione con moduli Tecnoreef® la sabbia asportata dalla battigia rimane in prossimità della linea di riva, in una posizione utile per il successivo riporto sull'arenile per effetto delle onde ripascitive al termine della mareggiata. È noto infatti come al termine delle mareggiate si instauri un regime di onde lunghe, che tendono a riportare sull'arenile la sabbia movimentata durante le mareggiate, ovviamente a condizione che questa sia ancora disponibile per il relativo trasporto, senza cioè che sia stata

trasportata verso il largo, oltre la zona attiva per il trasporto solido.

2.2.6 Previsioni di costo

La previsione di costo totale delle due configurazioni analizzate viene calcolata con un orizzonte temporale di 3 e di 10 anni, durante i quali vengono considerati i costi per i reintegri, stimati su base annuale, e per la manutenzione ordinaria.

In particolare, per il reintegro di sabbia si assume che solo per i primi 3 anni sia necessario effettuare il ripristino dell'arenile con sabbia proveniente da siti di prelievo lontani dalla zona in esame, per assicurare l'idoneità cromatica e granulometrica del materiale, con un costo unitario di 43.43 €/m³, come indicato in §2.2.4. Negli anni successivi al terzo, si ipotizza invece che sarà possibile prelevare materiale idoneo al largo della spiaggia, in quanto si andranno a creare depositi sommersi del materiale depositato in precedenza, con un conseguente minore costo della fornitura, stimabile in 10.00 €/m³.

La manutenzione ordinaria annuale, per la barriera in moduli Tecnoreef®, viene stimata in via cautelativa, con una prevedibile sovrastima, pari a 20.000,00 € all'anno, a partire dal terzo anno di esercizio. Tali importo si intende comprensivo delle operazioni di controllo delle piastre con personale subacqueo e dell'eventuale riallineamento dei moduli, in ragione di eventuali evoluzioni morfologiche del fondale, in corrispondenza dell'opera.

In queste condizioni, viene confrontato nella tabella successiva l'importo cumulato dopo 3 e dopo 10 anni per le diverse soluzioni analizzate.

Nei 10 anni per la soluzione Tecnoreef viene inserito anche il costo di un intervento di piccolo ripascimento (10 m³/m), per compensare eventuali perdite in presenza di mareggiate eccezionali.

Per sintesi, viene riportato in Figura 22 la tendenza temporale dei costi per le ultime due alternative progettuali analizzate, le uniche effettivamente proponibili: per stimare i costi complessivi di realizzazione e manutenzione delle due soluzioni esaminate, si è stimata trascurabile la perdita annua di 5 m³/m dei moduli prefabbricati: è un valore estremamente ridotto, quasi una approssimazione del modello, che appare più opportuno assimilare a un trasporto longitudinale, non solo per la configurazione con i moduli, ma anche per quella del solo ripascimento. Per tale motivo il valore del volume di reintegro annuo nel caso del ripascimento viene assunto pari a circa 30 m³/m, anziché 35 m³/m come risultante dal calcolo sopra riportato.

Appare evidente come, nelle ipotesi sopra definite, l'opera in moduli Tecnoreef® sia la più

conveniente anche in termini economici.

Si rileva, a margine, come la presenza di consistenti ripascimenti annuali possa potenzialmente avere impatti non trascurabili sul SIC presente, sia per la torbidità indotta da tale operazioni, che per la possibilità che si formino depositi della sabbia erosa sopra gli habitat esistenti, verificata la relativa tendenza della sabbia riportata a essere trasportata fuori dalla zona dei frangenti.

					configurazioni a confronto su estesa 3410 m				
					Tecnoreef®		**ripascimento**		
		u.m.	prezzo unitario	**quantità**	**costo**		**quantità**	**costo**	
A.	***Costo iniziale: 1° anno***								
A.1	Fornitura e posa moduli	cad.	18,700.00	422	€	7,891,400.00			
A.2	Ripascimento con sabbia nuova fornitura (3410 m x 50 m³/m)	m³	43.43				170,500	€	7,404,815.00
	sommano per A				***€***	***7,891,400.00***		***€***	***7,404,815.00***
B.	***Costi manutenzione 2° e 3° anno***								
B.1	Reintegro perdita annua con sabbia nuova fornitura (3410x30 m³/anno)	m³	43.43				204,600	€	8,885,778.00
B.2	Manutenzione annua Tecnoreef (dal 3° anno)	cad.	20,000.00	1	€	20,000.00			
	sommano per B				***€***	***20,000.00***		***€***	***8,885,778.00***
C.	***Costi manutenzione dal 4° al 10° anno***								
C.1	Ripascimento con sabbia da mare (64'790 m³/anno)	m³	10.00				716,100	€	7,161,000.00
C.2	Costo ripascimento una tantum (10 m³/m x 3410 m)	m³	43.43	34,100	€	1,480,963.00			
C.3	Costo manutenzione annua Tecnoreef	cad.	20,000.00	7	€	140,000.00			
	sommano per C				***€***	***1,620,963.00***		***€***	***7,161,000.00***
	Riassunto costi								
	Costo per il 1° anno (A)				**€**	**7,891,400.00**		**€**	**7,404,815.00**
	Costo per i primi 3 anni (A+B)				**€**	**7,911,400.00**		**€**	**16,290,593.00**
	Costo per i primi 10 anni (A+B+C)				**€**	**9,532,363.00**		**€**	**23,451,593.00**

Tabella 2

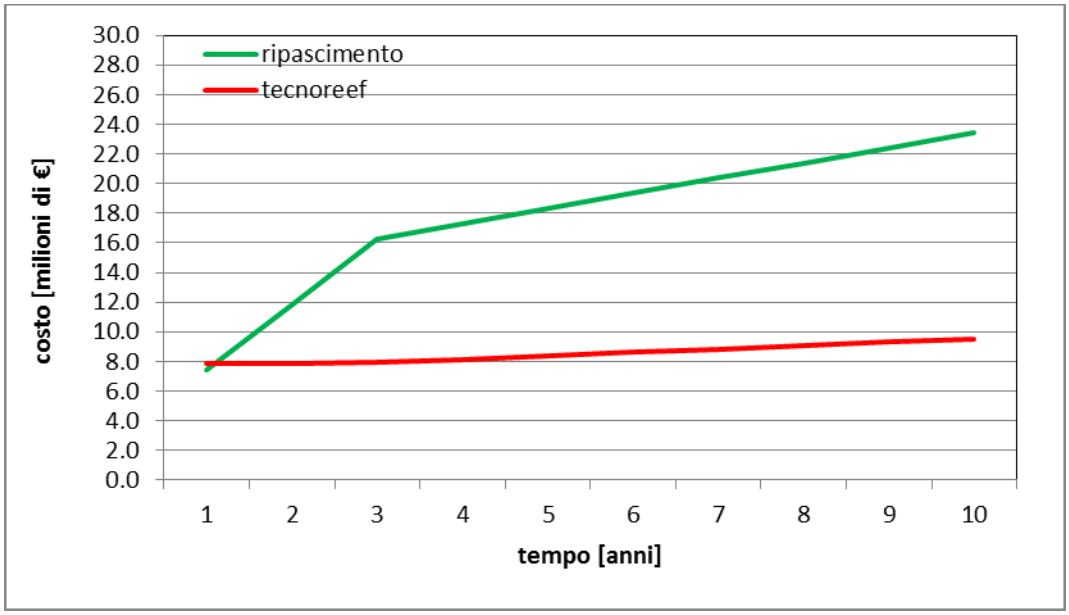


Figura 22: andamento temporale dei costi

Non sono state riportate nella Tabella 2 e nella Figura 22 le alternative 1 (pennelli trasversali e diga soffolta, costo stimato per la sola realizzazione delle opere in scogliera pari a circa 20 mln €) e 2 (dighe parallele alla costa, costo stimato per la sola realizzazione pari a circa 8,7 mln €) potendo essere la loro realizzazione in contrasto con le direttive ambientali esistenti.

Le valutazioni poste in precedenza hanno con chiarezza evidenziato come sin dal terzo anno vi sia una netta convenienza economica degli interventi con i moduli di protezione.

Al riguardo si vuole qui evidenziare come tale metodologia operativa garantisca il buon esito degli interventi più di quanto la stessa analisi economico e cronica non dica: si e accennato in precedenza alla necessità di valutare gli interventi sull'intera estesa del litorale, perché non è proponibile un ripascimento su estese ridotte, venendo questo prevedibilmente perso in breve tempo per l'effetto di riallineamento della linea di riva.

Un vantaggio evidente di procedere con i moduli è quello di poter operare per stralci, senza timore che le opere possono venire vanificate proprio in considerazione della relativa parziale estesa.

2.3 Integrazione 3: *"Studio di dettaglio sulla distribuzione degli habitat nel SIC ai fini del corretto posizionamento dei moduli di ripopolamento, nel caso ne sia confermata la previsione".*

Non si conferma la previsione di posa dei moduli di ripopolamento, rispetto alla iniziale

soluzione proposta, che quindi vengono stralciati.

Di conseguenza, le opere di progetto non interferiscono con il Sito di Importanza Comunitaria (SIC), raffigurato in Figura 23, come si osserva nella successiva Figura 24.

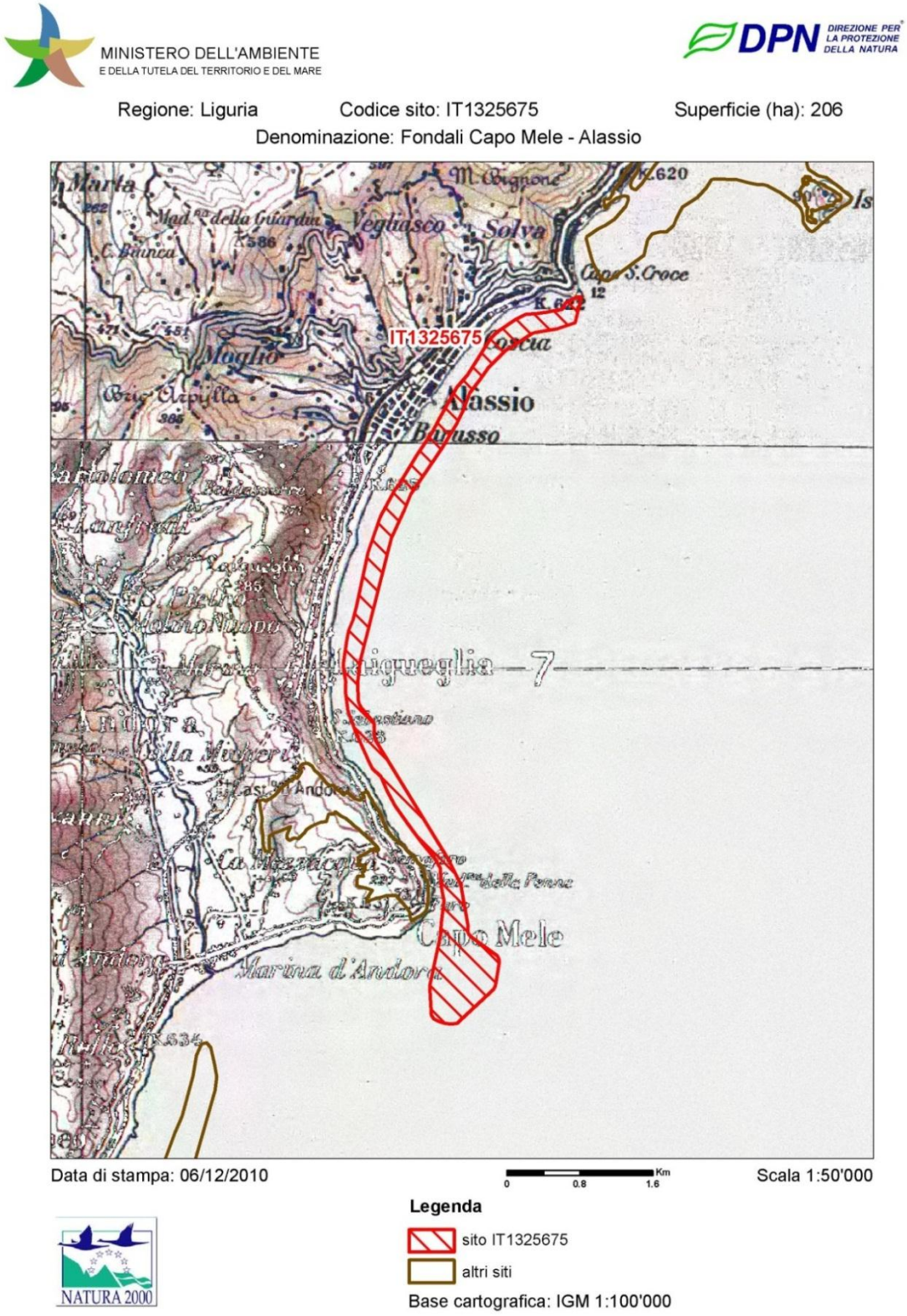


Figura 23: area SIC IT1325675

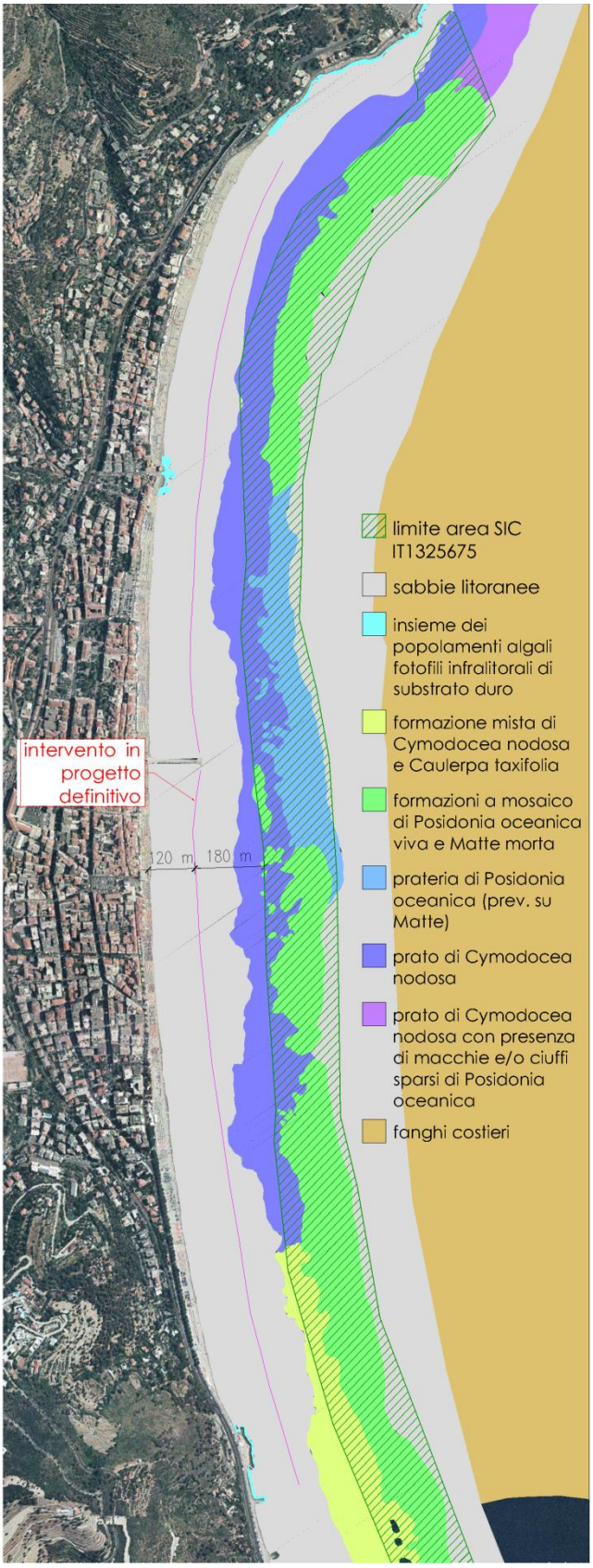


Figura 24: opere di primo stralcio sperimentale in rosso con perimetro SIC IT1325675 in verde scuro

2.4 Integrazione 4: *"Piano di monitoraggio morfo-sedimentologico e bionaturalistico"*

Al fine di individuare adeguate strategie di tutela e gestione delle opere realizzate e monitorare lo sviluppo del litorale interessato e delle diverse comunità biologiche che colonizzeranno lo stesso, si propone il seguente piano di monitoraggio per verificare il successo della soluzione implementata e, in caso contrario, apportare eventuali tempestive misure correttive. Trattasi di una proposta, che potrà essere integrata o modificata in accordo con il settore Ecosistema Costiero nel corso del procedimento di approvazione del progetto definitivo, ex art. 6 della L. R. 13/1999.

In particolare, le attività di monitoraggio qui proposte tengono conto di quanto già attivato dalla Regione Liguria relativamente alle specifiche tecniche, agli indicatori e alle metodologie da seguire.

Accogliendo le richieste del Dipartimento Ambiente della regione Liguria, si propone dunque un piano di monitoraggio per la fase di gestione, da tararsi su un arco temporale di tre anni, come riportato nella Figura seguente, con step di verifica annuali: alla fine di ogni anno si potrà valutare, cioè se mantenere, le stesse modalità di campionamento e indagine o adattare il piano sulla base dei risultati fino al momento acquisiti. Questo periodo è ritenuto sufficiente per addivenire ad una corretta valutazione degli effetti sul litorale e per verificare l'efficacia dell'intervento. Vengono di seguito descritte le attività suggerite ai fini del monitoraggio ambientale. Gli aspetti prettamente morfologici (quali erosione o sedimentazione, profilo altimetrico, ecc.) saranno monitorati (D.G.R. 1793/2005), al fine di conoscere la dinamica costiera del sito, con una serie di:

- rilievi batimetrici, che se confrontati tra loro possano permettere di seguire l'evoluzione morfologica del litorale protetto dalla barriera Tecnoreef®, per valutarne l'efficacia;
- rilievi di profilo della spiaggia emersa e sommersa, perpendicolarmente alla linea di riva, su transetti individuati lungo la prosecuzione a terra dei profili batimetrici;
- rilievo plano altimetrico della linea di riva lungo il tratto compreso tra i transetti del rilievo batimetrico, che garantirà una precisione di +/- 20cm;
- analisi granulometriche su campioni di materiale prelevati sulla spiaggia emersa (battigia) e sulla spiaggia sommersa, secondo le indicazioni riportate nella DGR 1793/2005 della Regione Liguria.

Si propone che i rilievi batimetrici vadano realizzati subito dopo la fine dei lavori di posa dei moduli, successivamente dopo tre mesi e poi con cadenza semestrale per i due anni previsti.

Al di là della tempistica appena enunciata, i rilievi andranno comunque effettuati dopo ogni evento di mareggiata, per il quale la BOA ARPAL di Capo Mele (SV) della Rete Ondametrica Ligure misuri un'altezza d'onda significativa media di almeno un metro per 24 ore consecutive. Quanto all'area da monitorare, si rimanda al disegno contenuto nella successiva Figura 25. Si prescrive di effettuare i rilievi seguendo transetti perpendicolari alla linea di riva ad interasse di 50/100 metri. La lunghezza dell'area da monitorare è stata stimata in circa 1050 metri. Infine, la profondità da raggiungere con i rilievi, partendo possibilmente dalla linea di riva, dovrà essere non inferiore agli 8 metri sotto il livello medio del mare. Infine, con cadenza annuale, andranno prelevati n. 10 campioni di terreno di cui quattro lungo il transetto 5 e altrettanti lungo il transetto 12 alle profondità di 0 (battigia), 1, 2, 3 e 5 m, per analizzarli dal punto di vista granulometrico.

Per tutti i rilievi sarà prodotta idonea documentazione fotografica.

Quanto all'area da monitorare, si rimanda alla Tavola 6 allegata al presente documento, riprodotta di seguito in Figura 25.

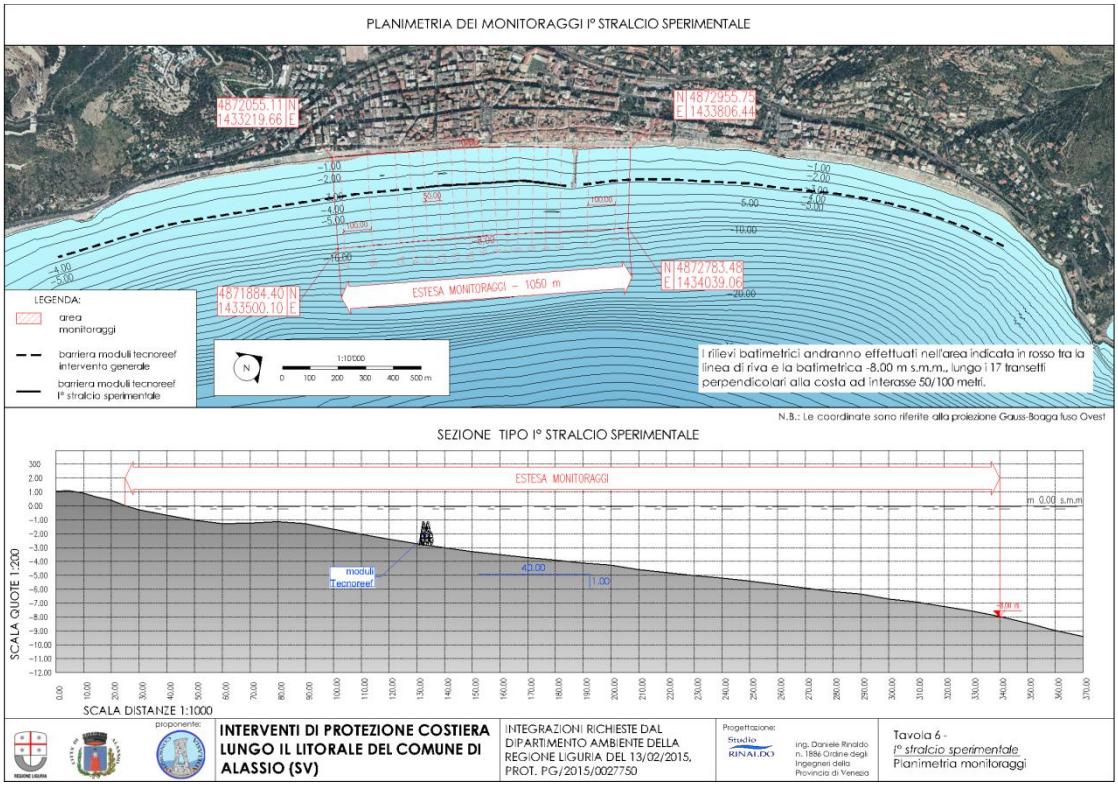


Figura 25: planimetria e sezione tipo monitoraggi

Anche gli aspetti prettamente bionaturalistici (D.G.R. 1793/2005) saranno monitorati con cadenza annuale; in particolare il rilievo delle comunità macrozoobentonica e macrofitobentonica sarà condotto nell'area oggetto del nuovo intervento con due campagne all'anno per l'acquisizione e il controllo di indicatori di base ed una campagna annuale di campionamento della comunità macrozoo-bentonica e macrofitobentonica.

Si prevede, infatti, di eseguire in due differenti periodi dell'anno, identificabili orientativamente in aprile-maggio e in agosto-settembre, i seguenti rilievi:

a. un survey fotografico subacqueo con scatti effettuati su aree a superficie nota;
b. la redazione di una scheda tecnica con dati di sintesi dei principali indicatori della comunità bentonica (grado di copertura su quadrati, presenza o meno di sedimento sul sub-strato e sull'insediamento biologico, valori di abbondanza dei principali organismi, ecc.);
c. la raccolta di microcampioni di sedimento presente nelle nuove strutture.

Al termine di ognuno dei due survey verrà redatto un Rapporto di Misura comprendente:

- le schede tecniche relative alle misure in campo, debitamente commentate;
- le immagini fotografiche e video su supporto digitale (CD o DVD);
- i referti delle determinazioni granulometriche di laboratorio del sedimento circostante.

Per quanto concerne la Campagna di campionamento delle comunità macrozoobentonica e macrofitobentonica presso le nuove strutture, lo schema di lavoro sarà il seguente:

- una campagna di prelievi del benthos e del fitobenthos nelle aree indagate;
- una serie di rilievi subacquei concomitanti ai prelievi, che includeranno indagini fotografiche;
- determinazioni di laboratorio, elaborazione dei dati e analisi della struttura delle comunità.

Si effettueranno rilievi e campionamenti della comunità macrozoo-bentonica e macrofito-bentonica in circa 5 punti corrispondenti all'area in esame, su substrati solidi o su substrati incoerenti ancorché più o meno consolidati. I cinque campionamenti , uniformemente distribuiti lungo l'intero sviluppo della nuova struttura, saranno effettuati con la tecnica del raschiamento della superficie ed aspirazione con sorbona. L'area di campionamento di circa 50 cm x 50 cm, identificata con telaio flessibile in materiale plastico, dovrà essere documentata prima del prelievo mediante fotomosaico, ottenuto con macchina fotografica subacquea dotata di opportuno obiettivo 15 mm o equivalente.

I campioni così prelevati dovranno essere mantenuti refrigerati e consegnati entro 12 ore al laboratorio che provvederà all'analisi.

Le aree di prelievo dovranno essere rintracciabili con certezza in modo da costituire il riferimento anche per l'esecuzione di monitoraggi futuri. Nelle aree di prelievo, nel corso dei successivi monitoraggi, sarà possibile osservare anche la velocità e le caratteristiche del processo di ricolonizzazione biologica.

Le indagini saranno possibilmente effettuate in periodo primaverile (prima dello sviluppo fitoplanctonico) o autunnale, nei quali ad una buona trasparenza delle acque si associa anche un buon sviluppo biologico.

Dall'osservazione diretta delle strutture e dall'analisi delle foto generali e di dettaglio dei punti di prelievo, si potrà evidenziare lo stato di qualità dei popolamenti insediatesi. Tutte le operazioni di rilievo idrografico, operazioni subacquee e campionamento biologico saranno eseguite con l'utilizzo di adatte imbarcazioni appositamente equipaggiate. Le attività saranno svolte da sommozzatori scientifici professionisti dotati di attrezzature adeguate.

I campioni di benthos prelevati secondo le modalità indicate, saranno analizzati da un laboratorio specializzato. Per le metodiche, oltre a quanto già più sopra riportato, si farà riferimento agli specifici protocolli previsti. I risultati delle analisi dei campioni di benthos, eventualmente insieme ai dati di altre indagini messi a disposizione dalla regione Liguria, saranno elaborati da un biologo marino esperto per poter formulare un giudizio complessivo sullo stato ecologico degli affioramenti rocciosi individuati.

Al termine dei tre anni, il monitoraggio potrà essere continuato, aggiornando il piano qui proposto, anche in funzione delle nuove condizioni ambientali che si dovessero essere nel frattempo instaurate (quali, ad esempio, un diverso regime meteorologico, o l'aumento della temperatura,…).

Data la presenza nei paraggi di un sito SIC, si ritiene opportuno monitorare anche le biocenosi costiere là presenti; in particolare, prima dell'inizio dei lavori, dopo un anno dal termine degli stessi e alla fine dei tre anni di monitoraggio, potrà essere effettuata la seguente indagine:

- descrizione dei fondali lungo transetti, da documentare tramite riprese video e fotografie di punti notevoli;
- mappatura dei fondali, da effettuarsi attraverso indagini elettroacustiche (side scan sonar, multibeam) e mosaicatura dei relativi sonogrammi;

- conteggi o censimenti su aree standard, finalizzati alla definizione dello stato delle praterie di fanerogame o di popolamenti di substrato duro. Per la caratterizzazione qualitativa dei posidonieti, si dovrà fare riferimento alla metodologia di cui alla Deliberazione della Giunta regionale ligure n.773 del 04/07/2003;
- "balisage" (marcatura) del limite superiore e inferiore delle praterie di Posidonia
- censimenti visuali della fauna ittica.

Ai fini della redazione del monitoraggio delle biocenosi costiere, si farà riferimento alla "Mappatura dei principali popolamenti marino-costieri della Liguria" in scala 1:10.000 edita e continuamente aggiornata dalla Regione, disponibile in formato GIS. Tale cartografia sarà utilizzata, unitamente alla bibliografia disponibile, come base di riferimento per le attività di approfondimento e di verifica sul campo.

La scelta della o delle tecniche di indagine sarà effettuata dal professionista incaricato dell'esecuzione del monitoraggio in funzione dell'estensione dell'area e delle caratteristiche naturalistiche desumibili dalla documentazione di riferimento.

Non si ritiene qui necessario proporre anche il monitoraggio della qualità delle acque, non comportando le nuove opere delimitazione di specchi acquei a ridotto scambio idrico.

Tempi di esecuzione

La durata del monitoraggio è pari a tre anni a partire dalla fine dei lavori. La programmazione delle attività dovrà tenere conto della stagionalità per quanto riguarda le attività biologiche.

La tempistica delle attività è indicativa, in quanto dipendente dall'effettivo andamento delle condizioni meteomarine.

Giudizio sul modulo sperimentale in esito ai monitoraggi

Si auspica che venga nominata una Commissione Tecnica, con un rappresentante del proponente, che possa giudicare l'esito del piano di monitoraggio.

2.4.1 Documenti da produrre

Nell'ambito delle attività saranno prodotti i seguenti rapporti:

- Rapporto di pianificazione ;
- Rapporto di 1^ Campagna (1° anno);
- Rapporto di 2^ Campagna (2° anno);
- Rapporto Finale, comprensivo del rapporto di 3^ campagna, delle considerazioni finali sulle attività svolte e suggerimenti per il futuro piano di monitoraggio.

All'avvio di ciascuna attività di monitoraggio verranno preparati i "Rapporti di avviamento" con specificati:

- obiettivi del monitoraggio;
- piano delle attività di campo e di laboratorio (qualora necessario);
- possibili misure gestionali ed individuazione degli esecutori materiali;
- tempistica dei rapporti da presentare.

Tutti i dati potranno essere pubblicati in un sito web – se previsto - della Regione Liguria.

3 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Oggetto della presente relazione e il riscontro alla richiesta di integrazioni, di cui alla nota citata nelle premesse.

Sono stati qui affrontati tutti i temi richiesti, in particolare per quanto riguarda:

- gli esiti delle strutture sperimentali realizzate, sia con riferimento a quelle posate nel 2007 lungo il litorale di Alassio, che quelle riguardanti la tecnologia Tecnoreef®;
- sono state analizzate quattro distinte opzioni progettuali, valutandone i prevedibili relativi costi nell'arco di un decennio. A parità di beneficio atteso, i costi per la soluzione qui proposta risultano convenienti rispetto al ripascimento libero a partire già dal secondo anno;
- è stata risolta la potenziale interferenza fra i moduli di ripopolamento e gli habitat del SIC: sì è scelto di stralciare dalle opere proposte detti moduli, la cui funzionalità e del tutto marginale rispetto all'obiettivo del progetto, costituito dalla protezione fisica del litorale;
- è stato presentato il piano di monitoraggio, come da richiesta di integrazione.

Si ritiene con tale documento di aver risposto in maniera esauriente, alla richiesta di integrazioni pervenuta.