



Dott. Ing. Franco Vigna

Comune di Pula (CA) Santa Margherita  
FORTE VILLAGE RESORT - OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA



REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Comune di Pula  
Santa Margherita

## FORTE VILLAGE RESORT - OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ (Definitivo)

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE  
SINTESI NON TECNICA

**Novembre 2022**

COMMITTENTE:

*“Progetto Esmeralda S.r.l.”*

PROGETTISTA:

*Ing. Franco Vigna*

PROGETTISTI E CONSULENTI:

Dott.Ing. Franco Vigna

(coordinatore e responsabile delle progettazioni)

Dott.Ing. Andrea Ritossa

DHI s.r.l. Ing. Andrea Crosta

Dott.Geol.Giovanni Tilocca

Dott.Ing. Franco Vigna - Viale Regina Elena, 23 - 09124 Cagliari

CF.: VGNFNC52T24F979B – P.IVA: 01014230922

Tel.mobile: +39 338 99 58 701 - e.mail: [frankvigna@tiscali.it](mailto:frankvigna@tiscali.it) - PEC: [franco.vigna@ingpec.eu](mailto:franco.vigna@ingpec.eu)



## OPERE DI PROTEZIONE E STABILIZZAZIONE MORFOLOGICA DELLA SPIAGGIA ANTISTANTE IL “FORTE VILLAGE RESORT”

### STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE SINTESI NON TECNICA

#### SOMMARIO

##### PREMESSA

##### 1 - DESCRIZIONE DEL PROGETTO

##### 2 - LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO E CONTESTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE.

###### 2.1 – Localizzazione delle opere

*Fig.1 - Posizione geografica*

*Fig.2 - Localizzazione della spiaggia nel litorale di S.Margherita di Pula*

###### 2.2 - Caratteristiche delle opere in progetto

*Fig.3 - Rappresentazione schematica delle opere in progetto*

*2.2.1 - Barriere di protezione (isolotti artificiali)*

*2.2.2 - Ricarica e riassetto morfologico della spiaggia.*

*2.2.3 - Pennello semitrasparente complementare.*

*2.2.4 - Caratteristiche dimensionali.*

###### 2.3 – Effetti di modellazione geomorfologica indotta dalle opere in progetto

*Fig.4 - Rappresentazione schematica degli effetti delle opere in progetto (onda da scirocco)*

##### 3 - DESCRIZIONE DELLE COMPONENTI DELL'AMBIENTE SULLE QUALI IL PROGETTO POTREBBE AVERE IMPATTO RILEVANTE

###### 3.1 - Effetti morfodinamici indotti dalle opere sul litorale al contorno

*3.1.1 - Risultati degli studi idrodinamici marittimi con modellazione numerica*

*3.1.2 - Effetti delle opere sulla spiaggia del Forte Village*

*3.1.3 - Studio degli impatti sul litorale al contorno*

*3.2 - Habitat della zona costiera, dei fondali e biodiversità dell'ambiente marino*

###### 3.3 - Trasformazione del suolo e uso di risorse naturali

###### 3.4 – Massi di cava per la realizzazione delle scogliere.

###### 3.5 - Trasformazioni indotte dalla movimentazione di sedimenti nello stesso ambito.

###### 3.6 - Programma dei lavori

###### 3.7 - Inserimento delle opere nel contesto del paesaggio

*Fig.5 – Simulazione dell'inserimento delle opere nel paesaggio*

##### 4 – IMPATTO AMBIENTALE

###### 4.1 – Impatto delle opere sulle principali componenti ambientali

*Tabella riepilogativa degli impatti*

###### 4.2 - Impatti in fase di cantiere

*Tabella riepilogativa degli impatti*

###### 4.3 - Reversibilità degli impatti

##### 5 - QUADRO VINCOLISTICO E POTENZIALI INTERFERENZE GENERATE DAL PROGETTO

##### 6 – PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE (P.M.A.)

\_\_\_\_/\_\_\_\_

## **PREMESSA**

La presente Sintesi non tecnica si riferisce allo "Studio di Impatto Ambientale" delle "Opere di protezione di stabilizzazione morfologica della spiaggia antistante il Forte Village Resort" situata nel litorale di Santa Margherita di Pula.

Nella spiaggia in esame si è registrata nel corso del tempo una generale diminuzione del volume dei sedimenti sabbiosi con l'arretramento della linea di riva evidenziata negli ultimi anni da una scarsa resilienza dell'arenile che anche con le modeste mareggiate estive subisce riduzioni significative della superficie della spiaggia emersa.

In particolare la naturale variabilità stagionale della spiaggia, ha fatto registrare negli ultimi anni situazioni di criticità per il permanere anche d'estate di un assetto dell'arenile caratterizzato da volumi di sabbia insufficienti, affioramenti di ciottoli e scogli del substrato roccioso e una notevole riduzione dell'estensione superficiale dell'arenile.

Tale situazione ha provocato notevoli disagi nella fruizione turistico balneare della spiaggia e un impatto negativo sul pregio paesaggistico e ambientale e di immagine del resort che rappresenta una delle più importanti strutture turistico-ricettive del sud Sardegna, per il quale la spiaggia costituisce un elemento iconico fondamentale e centrale.

Il progetto è finalizzato alla realizzazione di opere idonee alla difesa della spiaggia dal moto ondoso e alla modellazione morfologica del tratto di litorale, in modo da determinare una configurazione della spiaggia di maggior stabilità e resilienza.

Negli ultimi cinque anni nella spiaggia antistante il Forte Village sono stati eseguiti interventi di carattere manutentivo e di ripristino (*managed realignment*) finalizzati a mitigare gli effetti del depauperamento volumetrico e dimensionale della spiaggia.

Tuttavia questi interventi, di ricarica e riprofilatura stagionale della spiaggia emersa con sabbia sottomarina prelevata nello stesso ambito si sono regolarmente vanificati nella stagione invernale e hanno ulteriormente evidenziato la instabilità di questo tratto di spiaggia che anche con mareggiate di modesta entità subisce spesso riduzioni significative.

Gli interventi manutentivi eseguiti hanno comportato inoltre criticità intrinseche, dovute alla necessità di operare in condizioni meteorologiche favorevoli ovvero durante la buona stagione, con notevoli ripercussioni sullo svolgimento dei lavori, eseguiti in modo frammentario esclusivamente durante le ore notturne con mobilitazione e smobilitazione giornaliera delle attrezzature, ripristino quotidiano delle condizioni di fruibilità della spiaggia e con l'efficacia condizionata dalle modalità di movimentazione e dai limitati quantitativi di sedimenti e non ultimi i costi sproporzionati rispetto alla effimera durata degli interventi.

Si è reso pertanto necessario un cambio di strategia, più adeguato al contesto e alla gestione e conservazione della spiaggia mediante la proposizione di opere di difesa del litorale idonee a offrire una concreta e duratura protezione e stabilizzazione dell'arenile.

Gli interventi in progetto riguardano pertanto la realizzazione di opere di ingegneria costiera funzionali alla difesa e alla stabilità della spiaggia.

Le opere in progetto sono state studiate per interagire con le dinamiche morfologiche del litorale, condizionando le caratteristiche idrauliche e di trasporto sedimentario litoraneo in modo da stabilizzare l'arenile e per integrarsi con gli aspetti ambientali e paesaggistici e con le esigenze di fruizione turistico ambientale del litorale.

Gli obiettivi del progetto sono pertanto la stabilizzazione dimensionale della spiaggia e la difesa del tratto di litorale dall'azione del moto ondoso in modo da minimizzare le perdite di sedimento stagionali e pluriennali e gli oneri di ripristino e manutenzione delle opere d'arte e dell'arenile.



Le opere di protezione e modellazione del litorale sono state studiate dal punto di vista idrodinamico, ambientale e paesaggistico in modo da integrarsi nel contesto rispettandone le caratteristiche naturali e il pregio paesaggistico e ambientale che costituiscono la principale caratteristica dell'immagine del resort.

Lo studio dell'intervento ha curato in particolare le dinamiche idrauliche marittime e di trasporto litoraneo dei sedimenti e le opere sono state studiate, calibrate e progettate con la consulenza della società DHI che ha utilizzato i migliori software e codici di calcolo scelti tra i più avanzati a livello internazionale, tali da poter essere considerati "Best Available Techniques" della modellistica numerica di settore.

## **1 - DESCRIZIONE DEL PROGETTO**

Il progetto è stato sviluppato in continuità e in seguito al precedente progetto di "Ripristino morfologico del tratto di litorale antistante il Forte Village Resort"<sup>1</sup> che è stato ultimato nel mese di Agosto del 2022, e dei precedenti interventi di "*managed realignment*" di ricarica della spiaggia eseguiti con riporto di sabbia sottomarina antistante la spiaggia nei quattro anni precedenti.

L'obiettivo dell'attuale progetto è la protezione e la stabilizzazione del litorale finalizzata al ripristino e alla conservazione di una configurazione della spiaggia con un'estensione adatta al mantenimento o allo sviluppo degli obiettivi turistico-ricreativi, ambientali e di sicurezza già in essere, individuata come "spiaggia di progetto" in cui le finalità turistico-ricreative sono essenziali.

## **2 - LOCALIZZAZIONE DEL PROGETTO E CONTESTO GEOGRAFICO E AMBIENTALE.**

### **2.1 – Localizzazione delle opere**

Il Forte Village Resort rappresenta una delle più importanti strutture turistico-ricettive del sud Sardegna, molto noto nel contesto internazionale per la peculiarità dell'offerta, genera ricadute sul territorio di alta valenza economica e occupazionale.

La spiaggia antistante il Forte Village è un elemento iconico fondamentale e centrale dell'immagine del resort.

La spiaggia è situata nel tratto di costa orientato secondo una linea SW-NE che chiude verso Ovest il Golfo di Cagliari e che si estende da Capo Spartivento a Capo di Pula (Nora) e fa parte del litorale di Santa Margherita di Pula.

Questo tratto di costa è caratterizzato da una fascia costiera pianeggiante debolmente digradante verso mare protetta a NW da una orografia che offre riparo ai venti occidentali prevalenti che gli conferiscono un particolare microclima mite con connotazioni quasi sub-tropicali.

Le caratteristiche principali della spiaggia sono in sintesi le seguenti:

- si affaccia a Sud Est sul Golfo sul Canale di Sardegna tra l'isola e l'Africa;
- è situata in un tratto di litorale riprodotto dai venti dominanti di maestrale;
- è esposta alle mareggiate del secondo quadrante;
- è soggetta a variazioni geomorfologiche stagionali e pluriennali a prevalente componente erosiva.

La piana costiera a monte della spiaggia negli ultimi sessant'anni è stata caratterizzata da un processo di antropizzazione a carattere prevalentemente turistico ricettivo e residenziale.

All'interno di questa porzione di litorale è stato individuato un sistema che appare sostanzialmente "chiuso" in termini di trasporto longitudinale dei sedimenti che ha portato a individuare l'Unità Fisiografica del progetto nel

---

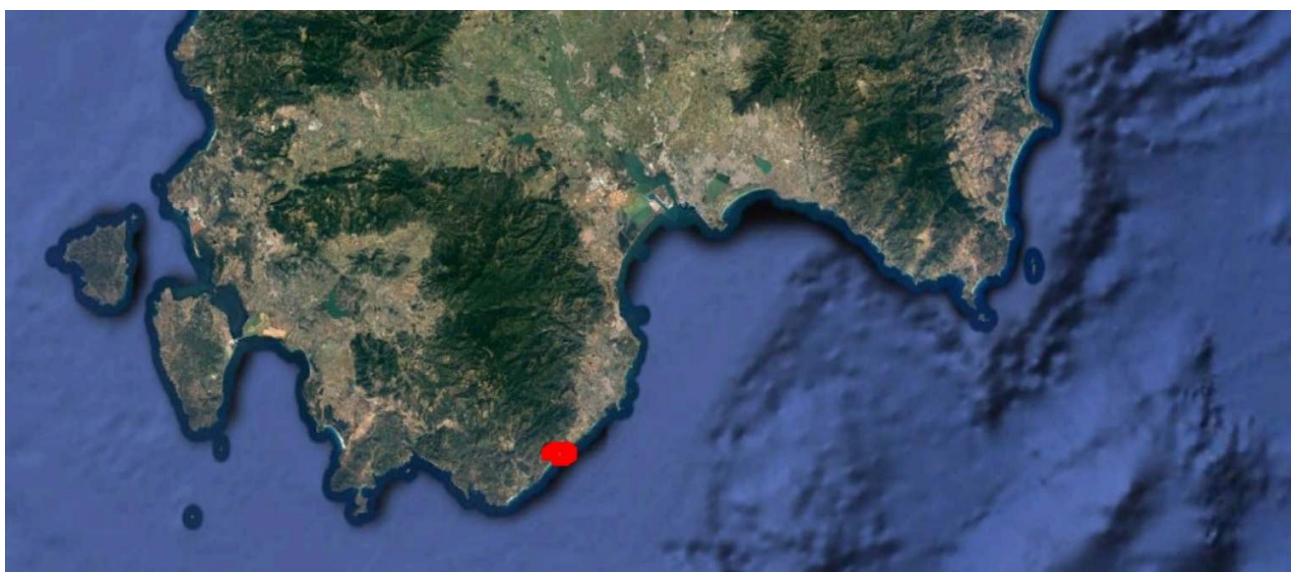
<sup>1</sup> Progetto autorizzato con provvedimento finale n.97 del 30/12/2019 del Comune di Pula e assoggettato a procedura di VIA con esito favorevole (Deliberazione RAS N. 37/35 del 19.09.2019)

tratto di litorale sabbioso che si estende da SW verso NE, da Cala Bernardini all'imboccatura del porticciolo di Cala Verde.

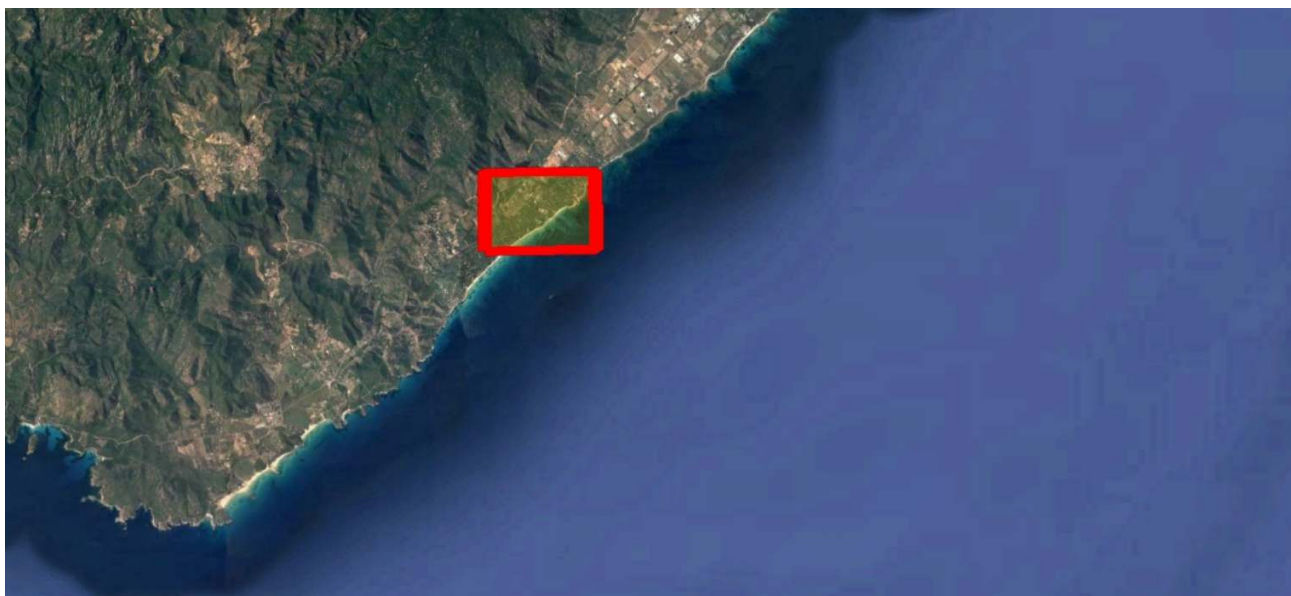
Il tratto litoraneo fra Cala Verde e la zona del Forte Village è inoltre caratterizzato da fondali marini antistanti che presentano una serie di strutture rocciose a banchi che impediscono la formazione della barra sommersa.

Il litorale in esame è ben ridossata dai venti di Maestrale da un massiccio montuoso (Is Cannoneris) e dalle colline retrostanti la pianura litoranea che a meno di due chilometri dalla costa raggiungono altezze di oltre 450m sul livello del mare.

Il regime di moto ondoso evidenzia che gli eventi più frequenti sono concentrati nei settori da Scirocco/Levante e Mezzogiorno/Libeccio. In particolare le mareggiate più intense provengono tutte dal settore di Scirocco.



**Fig.1 - Posizione geografica**



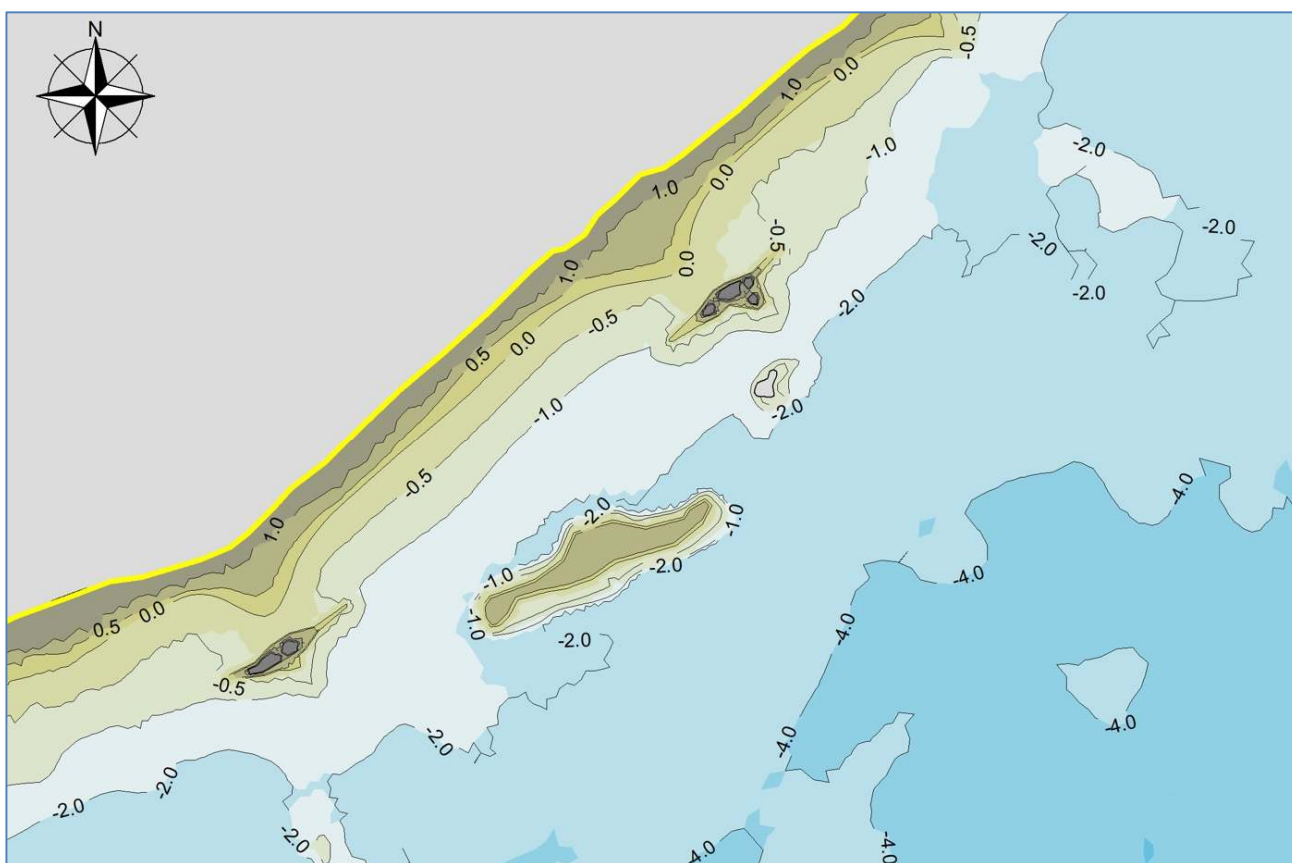
**Fig.2 - Localizzazione della spiaggia nel litorale di S.Margherita di Pula**



## 2.2 - Caratteristiche delle opere in progetto

Il progetto nel suo insieme comprende opere di difesa del litorale e opere di modellazione morfologica della spiaggia, articolate nei seguenti interventi:

- **Realizzazione di Tre barriere di protezione del litorale (isolotti artificiali)**
- **Lavori di movimentazione dei sedimenti nello stesso ambito per il riassetto morfologico della spiaggia.**
- **Realizzazione di un piccolo pennello "semitrasparente" complementare.**



**Fig.3 - Rappresentazione schematica delle opere in progetto**

*Visione d'insieme delle opere in progetto e dell'assetto del litorale a medio/lungo termine*

Le opere denominate "isolotti" artificiali sono classificabili quali "opere di difesa costiera distaccate dalla riva". Queste opere (*in letteratura denominate "barriere distaccate" o "piattaforme-isole"*) sono opere di tipo attivo-rigido realizzate a una certa distanza dalla linea di riva, costituite da strutture fisse emergenti e sommerse.

Le caratteristiche fisiche e dimensionali degli "isolotti" in progetto interferiscono con l'energia dell'onda incidente e quindi sulle aliquote di energia dissipata, passante e riflessa e offrono una protezione diretta al litorale attenuando il potere erosivo del moto ondoso sui bassi fondali e creando una zona di bassa agitazione (o zona d'ombra) a tergo della struttura.

Gli "isolotti" influenzano la morfodinamica del litorale e i processi di sedimentazione agendo sui fenomeni erosivo-deposizionali propri della zona dei frangenti (bassi fondali) e sulle correnti da moto ondoso, rallentando il trasporto dei sedimenti che rimane confinato sottocosta.

La forma degli "isolotti", convessa verso il largo, consente un rapido smorzamento dell'onda riflessa limitando i fenomeni di scalzamento al piede della struttura sul lato mare. Il flusso sedimentario ridotto sul lato terra, porta alla formazione di salienti, superabili dalle onde durante le mareggiate, con un'interferenza solo parziale con il trasporto lungo riva.

#### 2.2.1 - Barriere di protezione (isolotti artificiali)

Le tre barriere/isole in progetto sono state progettate dimensionate e posizionate in modo da assolvere a funzioni differenti. La barriera o isolotto centrale situato a una distanza di circa 100m dalla attuale linea di riva ha la funzione principale di protezione generale del tratto di spiaggia provocando il frangimento del moto ondoso prima che possa giungere sulla spiaggia stessa, riducendo così drasticamente l'energia ondosa (isolotto "frangiflutti" principale).

Le altre due barriere/isolotti frangiflutti sono posizionate a circa 40m dalla riva, hanno pertanto maggiori funzioni "modellanti" sulla spiaggia e sono state studiate con caratteristiche fisiche, dimensionali e posizionali, in modo che l'azione di protezione della spiaggia ne favorisca l'accrescimento con la formazione di salienti e sono disposte a una distanza tra loro in modo da renderle pressochè "indipendenti".

#### 2.2.2 - Ricarica e riassetto morfologico della spiaggia.

Dopo la realizzazione delle opere di protezione, si darà alla spiaggia un assetto analogo allo stato di equilibrio che essa assumerebbe naturalmente nel corso del tempo per effetto delle opere di protezione realizzate mediante apporto di sedimenti prelevati nello stesso ambito (spiaggia sommersa).

#### 2.2.3 - Pennello semitrasparente complementare.

Oltre alle tre barriere/isolotti principali, è stata proposta la realizzazione di un piccolo pennello "semitrasparente", posto a NE e della spiaggia protetta con lo scopo di esaltare l'effetto di un piccolo affioramento roccioso già esistente.

#### 2.2.4 - Caratteristiche dimensionali.

Le scogliere hanno uno sviluppo complessivo di 220m (A= 100m, B e C 60m) e sono costituite da una gettata di massi conformata in modo irregolare in modo da farle assumere un aspetto di isolotti "naturali"; le tre barriere hanno una forma in pianta ellittica con parte foranea maggiormente arcuata (convessa) e bassa pendenza verso il largo.

Il volume complessivo delle tre barriere/isolotti somma circa 7.000mc di scogliere ( $A \approx 4000mc$ ;  $B \approx C \approx 1000mc$   $D \approx 50mc$ ); la movimentazione di sabbia nello stesso ambito è stata stimata in via preliminare pari a circa 15.000mc.

L'intervento è pertanto così costituito:

Opere di protezione parallele alla costa finalizzate a ridurre l'energia ondosa incidente sul litorale poste ad opportuna distanza dalla battigia in modo da mitigare l'effetto di incremento di livello marino dovuto al frangimento (wave setup) e massimizzare il beneficio in termini di minore trasmissione del moto ondoso.

Un volume di ripascimento, iniziale funzionale a incrementare la profondità di spiaggia e ridurre la frequenza con la quale la risalita dell'onda è in grado di raggiungere le infrastrutture di retrospiaggia, limitando così il conseguente innesco di fenomeni di riflessione e scavo al piede.

### 2.3 – Effetti di modellazione geomorfologica indotta dalle opere in progetto

I principali effetti fisici attesi della realizzazione degli "isolotti-barriere" sono:

- *riduzione dell'energia delle onde a riva, per i fenomeni di frangimento e riflessione sulle barriere e per i fenomeni di diffrazione, trasmissione e tracimazione;*
- *incremento della deposizione locale dei sedimenti a tergo delle struttura, (zona d'ombra) con ondulazione della linea di riva e formazione di cuspidi (salienti);*

Per la realizzazione degli "isolotti" e delle barriere soffolte è previsto l'impiego di massi naturali di caratteristiche compatibili con l'assetto geologico del sito.

Le opere di "modellazione morfologica della spiaggia" con movimentazione di sedimenti nello stesso ambito, saranno realizzate dopo le opere di difesa, con i seguenti obiettivi:

- *dare immediatamente alla spiaggia l'assetto morfologico che assumerebbe naturalmente nel corso del tempo per l'effetto delle opere di protezione;*
- *riportare sulla spiaggia emersa un quantitativo di sedimenti idoneo a evitare che l'accrescimento della spiaggia avvenga a spese delle spiagge limitrofe.*

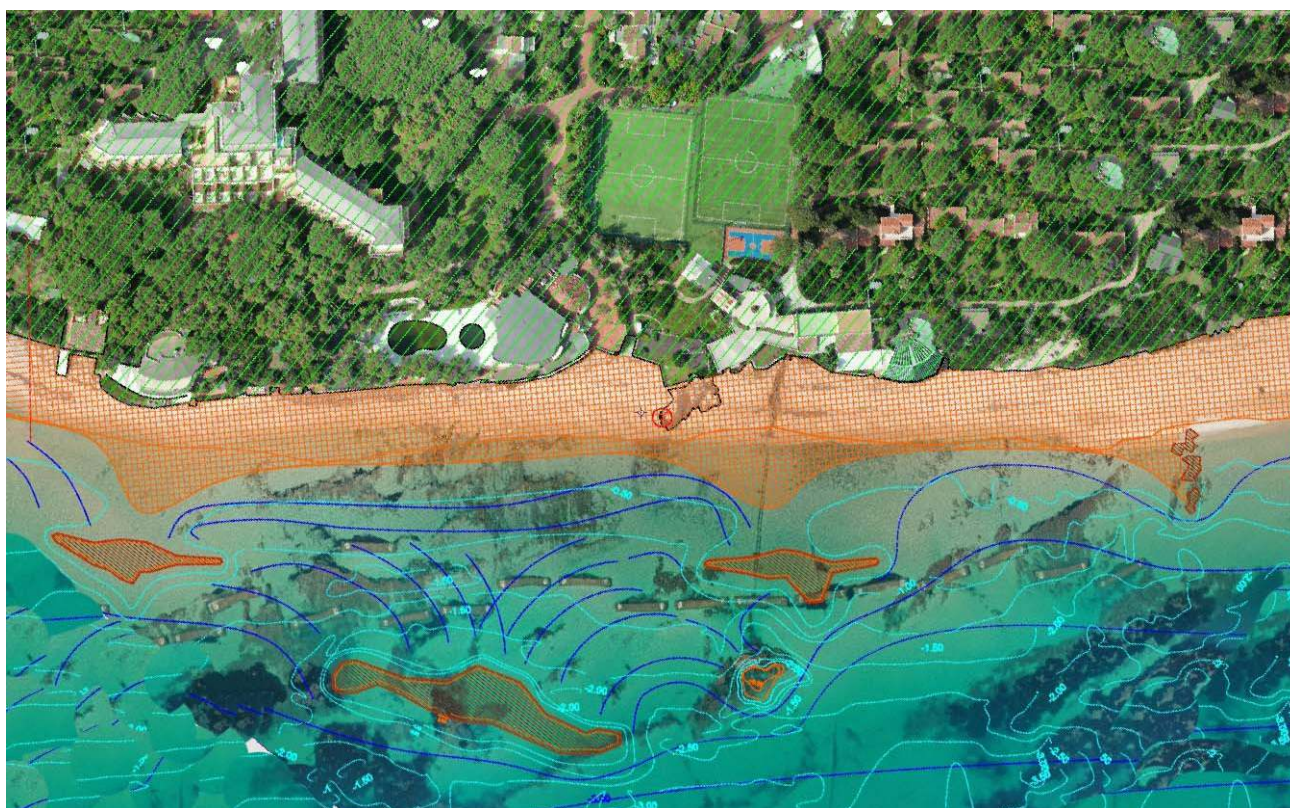


Fig.4 - Rappresentazione schematica degli effetti delle opere in progetto (onda da scirocco)

### 3 - DESCRIZIONE DELLE COMPONENTI DELL'AMBIENTE SULLE QUALI IL PROGETTO POTREBBE AVERE IMPATTO RILEVANTE

Le opere sono state progettate per conservare e stabilizzare la spiaggia che costituisce un elemento essenziale del patrimonio ambientale naturale esistente.



Le componenti ambientali interessate dalla realizzazione delle opere riguardano:

- *Effetti morfodinamici indotti dalle opere sul litorale al contorno.*
- *Habitat dei fondali e biodiversità.*
- *Trasformazione del suolo e uso di risorse naturali.*
- *Inserimento delle opere nel contesto del paesaggio.*
- *Impatti sull'ambiente durante la realizzazione delle opere.*

### **3.1 - Effetti morfodinamici indotti dalle opere sul litorale al contorno**

Il progetto è stato sviluppato tenendo conto degli studi pregressi nei quali sono state analizzate le caratteristiche fisiche e i regimi morfodinamici e idrodinamici del paraggio, con l'ausilio di modellistica numerica

Per lo sviluppo del presente progetto lo studio idraulico marittimo e l'analisi del trasporto solido litoraneo sono state totalmente rielaborate con l'ausilio di modellistica numerica, utilizzando i software sviluppati da DHI<sup>2</sup> che ha fornito anche la consulenza per la progettazione e ottimizzazione delle opere.

La soluzione progettuale elaborata per pervenire alla duratura stabilizzazione dell'arenile è costituita da un insieme di opere strutturali barriere di protezione della riva dall'energia ondosa che raggiunge e un ripascimento strutturale della spiaggia, con volumi di sabbia da movimentare in un'unica soluzione.

Tale tipologia di soluzione "mista", oggi largamente impiegata negli interventi di difesa della costa, che non possono prescindere dall'impiego della risorsa "sedimento" quale primaria difesa contro i fenomeni erosivi, è stata selezionata sulla base di una dettagliata analisi delle caratteristiche di onda, corrente e trasporto di sedimenti dell'intero paraggio nella configurazione attuale e successivamente verificata sia in riferimento ai benefici attesi in corrispondenza del ripascimento protetto, sia traguardando l'influenza dell'intervento sui tratti di litorale adiacenti.

Quest'ultima attività, in particolare, si è resa necessaria al fine di fornire le migliori garanzie relative agli impatti dell'intervento sul litorale al contorno.

Le attività sono state predisposte con l'ausilio di opportuna modellistica numerica, utilizzando i software sviluppati da DHI e largamente impiegati a scala nazionale ed internazionale a supporto della progettazione di interventi di difesa costiera.

L'approccio metodologico adottato da DHI, basato sulla scelta ragionata dei software e dei codici di calcolo da impiegare nella modellazione, tra quelli più adatti al caso in esame e ampiamente utilizzati a livello internazionale sono tali da poter essere considerati "Best Available Techniques" della modellistica numerica di settore; la assunzione di scenari di input particolarmente cautelativi, che hanno previsto la rappresentazione di condizioni meteorologiche estreme e prolungate nel tempo superiori a quelle derivanti dal "database" disponibile, fanno ritenere che eventuali ulteriori approfondimenti allo stato non possano fornire un grado di affidabilità dei risultati maggiore di quello ottenuto.

#### **3.1.1 - Risultati degli studi idrodinamici marittimi con modellazione numerica**

Complessivamente, il layout di progetto "ottimizzato" risulta in grado di raggiungere i principali obiettivi di riduzione della perdita di sedimento e di minimizzazione dei ripascimenti manutentivi (oggi a frequenza annuale) senza determinare significativi impatti negativi.

---

<sup>2</sup> DHI group Agern Allé 5 DK-2970 Hørsholm Denmark - DHI Italia - [www.dhigroup.com](http://www.dhigroup.com)

Le strutture determineranno un certo grado di protezione diretta dal moto ondoso lungo l'arenile, che tenderà a ridurre e localmente "intrappolare" una parte del trasporto sedimentario, pur senza in alcun modo bloccarlo interamente.

È importante sottolineare che lo schema di difesa prevede un importante ripascimento strutturale iniziale, (stimato dell'ordine di grandezza di circa 15.000 m<sup>3</sup>) da calibrare in fase esecutiva in relazione allo stato dimensionale della spiaggia emersa durante la realizzazione delle opere di protezione;

si sottolinea in particolare che questo ripascimento è necessario in quanto contribuisce significativamente a minimizzare il rischio di impatti negativi sulle spiagge adiacenti dando alla spiaggia la configurazione di stabilità attesa, in modo che la sabbia che formerà i salienti sarà interamente disponibile proprio dai volumi iniziali "aggiunti" al bilancio sedimentario.

### 3.1.2 - Effetti delle opere sulla spiaggia del Forte Village

In confronto ai tratti di litorale adiacenti, la porzione di arenile antistante il Forte Village Resort risulta lievemente più aggettante; a parità di altri fattori, il maggiore aggetto è già indicativo di una maggiore tendenza all'erosione, peraltro confermata dalle tendenze evolutive recenti; inoltre la stabilità della spiaggia è influenzata dalla presenza del substrato roccioso diffusamente emergente, che ha diretta influenza sull'effettiva capacità di trasporto sedimentario locale che in questo caso costituisce un elemento sfavorevole alla stabilità.

In virtù delle caratteristiche sopra illustrate, la spiaggia antistante il Forte Village Resort può aver esercitato in qualche misura la funzione di "sorgente" di sedimento per le spiagge adiacenti, anche se la sabbia dei ripascimenti effettuati nel corso degli ultimi cinque anni è andata a depositarsi in grande prevalenza negli stessi fondali di prelievo antistanti e solo in minima parte trasportata, verso le spiagge adiacenti alimentando così il bilancio sedimentario delle stesse.

Il trasporto sedimentario nelle zone schermate dalle due isole laterali, più vicine alla linea di riva, è atteso essere molto limitato, pertanto è largamente attesa, a tergo delle opere, la formazione di salienti stabili o tomboli, in grado di limitare significativamente la perdita di sedimento dalla spiaggia favorendone la stabilizzazione;

Il piccolo pennello previsto al limite orientale della zona di intervento è "permeabile" e il trasporto sedimentario è in grado di by-passare la piccola opera; si prevede, pertanto, un effetto limitato come "trappola" di sedimenti che contribuisce al mantenimento di una linea di riva localmente più stabile senza determinare effetti a più ampia scala;

### 3.1.3 - Studio degli impatti sulla geomorfologia dell'unità fisiografica.

La modellazione di lungo periodo del trasporto litoraneo ha permesso di quantificare la capacità di trasporto nell'ordine di 20 mila m<sup>3</sup>/anno.

Il modello ha evidenziato estrema variabilità di questi valori da un anno all'altro in relazione diretta con la variabilità interannuale del moto ondoso; la prevalenza del trasporto è verso sud-ovest ma in alcuni anni la direzione del trasporto netto risulta invertita.

Il potenziale impatto dello schema di difesa in oggetto sul litorale adiacente è conseguentemente da considerarsi variabile da un anno all'altro.

Lo schema di difesa "ottimizzato" è in grado di garantire una maggiore stabilità della spiaggia attraverso una combinazione di effetti: la parziale schermatura dal moto ondoso esercitata dalle strutture e l'effetto "trappola" che le aree più protette a tergo delle strutture determinano sul sedimento;

La realizzazione delle sole opere di difesa, in assenza del previsto ripascimento strutturale, per l'effetto "trappola" sopra menzionato determinerebbe la decurtazione del sedimento dalle spiagge adiacenti, dal momento che esso sarebbe trattenuto maggiormente nella zona protetta dalle opere di difesa.

Il ripascimento strutturale previsto come parte integrante del progetto, ha il principale compito di evitare l'effetto negativo sopra menzionato oltre all'effetto di ricostruire un'adeguata superficie e profondità della spiaggia emersa.

Con una quantità di sedimento di ripascimento tale da garantire la formazione preventiva "anticipata" dei salienti, e della conformazione della spiaggia attesa nel lungo termine, il rischio di riduzione dell'apporto sedimentario alle spiagge adiacenti si riduce drasticamente.

E' evidente però che qualunque opera tendente a stabilizzare un tratto di litorale è associata al rischio di produrre impatti sui tratti di costa adiacenti che si ritiene doveroso esaminare.

Con condizioni meteorologiche di trasporto litoraneo in direzione sud-ovest, (prevalente) il tratto di costa ipoteticamente più a rischio di impatto risulterebbe quello posto a breve distanza dal Forte Village immediatamente a ovest dell'isola di ponente; con il rischio di una possibile riduzione nell'alimentazione della spiaggia immediatamente a sud-ovest dell'isola di ponente.

Tale impatto potenziale è mitigato dal preventivo ripascimento che "anticipa" la configurazione di lungo termine riducendo il "richiamo" dei sedimenti a detrimento della spiaggia a ovest e dalla periodica inversione del trasporto litoraneo (sporadica e meno frequente).

La possibile formazione di limitati vortici a tergo delle strutture, nelle zone a tergo delle stesse, può determinare un potenziale incremento del rischio in termini di sicurezza della balneazione. Tuttavia, in virtù dello schema proposto, tale rischio è atteso molto ridotto, anche grazie alla posizione della struttura centrale più lontano da riva rispetto al layout di progetto "base"

Il rischio che, localmente, la formazione dei piccoli tomboli in corrispondenza delle isole laterali possa determinare un incremento della tendenza al deposito di foglie morte di Posidonia sull'arenile in alcuni periodi dell'anno non può essere del tutto esclusa anche se la continuità del flusso che secondo la modellazione idraulica resta garantito ne mitiga tuttavia significativamente il rischio.

### **3.2 - Habitat della zona costiera, dei fondali e biodiversità dell'ambiente marino**

Le scogliere in massi sono strutture assimilabili a scogli naturali e hanno un impatto decisamente positivo sulle biocenosi dell'ambiente marino costiero in quanto la parte rocciosa emerge stabilmente dal deposito sedimentario costiero e presenta cavità tipiche dovute alla struttura del cumulo di massi.

Si avvantaggiano le diverse specie che sfuggono alla luce e la numerosità delle specie marine tipiche dell'ambiente marino-costiero, con un impatto positivo in termini di biodiversità e in generale positivo sugli habitat, sia per l'incremento della capacità di ospitare comunità bentoniche algali, animali e coralligene ma anche per l'incremento delle zone di "nursery".

### **3.3 - Trasformazione del suolo e uso di risorse naturali**

L'area dell'impronta sul fondo delle scogliere/isolotti in progetto è di circa 4.000m<sup>2</sup> che costituisce circa il 2% della superficie complessiva dei fondali omogenei al contorno (*compresi nel tratto di mare antistante la spiaggia nella fascia di 200m tra la costa e la riva nel tratto tra Abamar e Cala Verde della superficie di circa 200.000m<sup>2</sup>*).

### **3.4 – Massi di cava per la realizzazione delle scogliere.**

Gli unici materiali alloctoni che saranno utilizzati nella realizzazione delle opere sono costituiti da massi naturali con caratteristiche idonee all'utilizzo nella realizzazione di opere marittime e di resistere alle sollecitazioni del moto ondoso.

La scelta, è ricaduta su massi di natura granitica con caratteristiche petrografiche e mineralogiche idonee (stabili al degrado fisico e chimico dell'ambiente marino) e con caratteristiche cromatiche e dimensionali congruenti con le esigenze di progetto e reperibili anche in geometrie naturali non deformate da tecniche estrattive.

La tipologia dei materiali da utilizzare è stata individuata univocamente nelle litologie granitiche afferenti alla varietà inquadrata come "Granito", "Leucogranito", "Monzogranito", commercializzato con denominazioni commerciali diverse (Rosa Beta; Ghiandone Rosa; Rosa Limbara ; Rosa Nule; Giallo Sardo )

Le cave attive, autorizzate, che producono questa tipologia di materiali, sono dislocate nei comuni di:

Arzachena – Calangianus – Luogosanto – Luras – Olbia - S. Antonio di Gallura - Tempio Pausania

I materiali saranno approvvigionati da cave autorizzate in esercizio; il quantitativo totale previsto è di modesta entità (circa 7.000m<sup>3</sup>) in grado di essere soddisfatto dalle cave esistenti senza difficoltà.

La posa in opera dei massi per la formazione delle scogliere sarà eseguita con impiego di mezzi marittimi (pontone equipaggiato con gru) con trasporto via mare dal porto di carico.

Il trasporto dei materiali dalla cava ai porti di carico individuati (Porto Canale di Cagliari) sarà effettuato mediante autocarro.

### **3.5 - Trasformazioni indotte dalla movimentazione di sedimenti nello stesso ambito.**

La compatibilità dei sedimenti da prelevare con quelli della spiaggia è stata accertata mediante determinazioni analitiche per la caratterizzazione dei sedimenti; le analisi eseguite sui campioni prelevati hanno evidenziato la piena compatibilità granulometrica petrografica e mineralogica e non hanno evidenziato elementi di criticità ambientale.

Le aree di prelievo sono costituite dalla spiaggia sommersa antistante in cui il fondale è costituito dai sedimenti mobili soggetti alle dinamiche di trasporto eolico e marino naturali e al continuo rimaneggiamento per azione del moto ondoso.

In tali fondali a substrato mobile e a bassa profondità, le biocenosi di per se rarefatte sono tipicamente influenzate dalla continua movimentazione della sabbia ad opera della idrodinamica del moto ondoso; la perturbazione indotta dalla movimentazione artificiale dei sedimenti, prevista in progetto, riguarda lo strato sabbioso superficiale ed è analoga alle perturbazioni indotte dal moto ondoso durante eventi meteomarinari di media entità ma di minor ordine di grandezza.

L'ecosistema naturale terrestre, risente delle alterazioni conseguenti alle modificazioni morfologiche e vegetazionali subite dall'area e dalle variazioni di carico antropico; la spiaggia confina con la scarpata litoranea in massima parte delimitata da manufatti murari e opere di accesso e di contenimento oltre le quali sono presenti specie vegetali da giardino, siepi e piante ornamentali, conseguenti alla presenza e vicinanza di giardini privati.

I lavori in progetto limitati all'arenile non comportano alcun impatto sull'ecosistema terrestre a monte.

L'azione erosiva ha negativamente interferito con l'assetto della spiaggia soprattutto per la riduzione della superficie di arenile fruibile con la conseguenza di un più intensivo carico antropico delle parti residue.



### 3.6 - Programma dei lavori

Rif.	Attività	Tempo gg nat.cons.	settimane																		
			01	02	03	04	05	06	07	08	09	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
1	Organizzazione del cantiere	21																			
2	Attività di controllo e monitoraggio	133																			
3	Approvvigionamento massi (terra)	112																			
4	Posa in opera massi (pontone)	98																			
5	Ripascimento	98																			
6	Riprofilatura e opere di finitura	35																			
7	Smobilitazione cantiere	28																			
8	Ultimazione lavori e verifiche	35																			

### 3.7 - Inserimento delle opere nel contesto del paesaggio

Le opere proposte sono state studiate per interagire con le dinamiche morfologiche del litorale, condizionando le caratteristiche idrauliche e di trasporto sedimentario litoraneo in modo da stabilizzare l'arenile e per integrarsi con gli aspetti ambientali e paesaggistici e con le esigenze di fruizione turistico ambientale del litorale.

Le opere di protezione e modellazione del litorale sono state studiate dal punto di vista idrodinamico, ambientale e paesaggistico in modo da integrarsi nel contesto rispettandone le caratteristiche naturali e il pregio paesaggistico e ambientale.

Le opere previste in progetto sono costituite da:

- opere di difesa del litorale, costituite da tre "isolotti" artificiali e un piccolo pennello "semitrasparente"

- opere di modellazione morfologica della spiaggia, con movimentazione di sedimenti nello stesso ambito;

Le opere denominate "isolotti" artificiali sono classificabili quali "opere di difesa costiera distaccate dalla riva". Queste opere (in letteratura denominate "barriere distaccate" o "piattaforme-isole") sono opere di tipo attivo-rigido realizzate a una certa distanza dalla linea di riva, costituite da strutture fisse emergenti e sommerse.

Le caratteristiche fisiche e dimensionali degli "isolotti" in progetto interferiscono con l'energia dell'onda incidente e quindi sulle aliquote di energia dissipata, passante e riflessa e offrono una protezione diretta al litorale attenuando il potere erosivo del moto ondoso sui bassi fondali e creando una zona di bassa agitazione (o zona d'ombra) a tergo della struttura.

Gli "isolotti" influenzano la morfodinamica del litorale e i processi di sedimentazione agendo sui fenomeni erosivo-deposizionali propri della zona dei frangenti (bassi fondali) e sulle correnti da moto ondoso, rallentando il trasporto dei sedimenti che rimane confinato sottocosta.

La forma degli "isolotti", convessa verso il largo, consente un rapido smorzamento dell'onda riflessa limitando i fenomeni di scalzamento al piede della struttura sul lato mare. Il flusso sedimentario ridotto sul lato terra, porta alla formazione di salienti, superabili dalle onde durante le mareggiate.

**Recentemente Ottobre 2020 la Committente ha richiesto una Consulenza al Prof.Arch. João Nunes<sup>3</sup> di Lisbona noto internazionalmente per la sua attività di Architetto Paesaggista.**



***Fig.5 – Simulazione dell'inserimento delle opere nel paesaggio***

<sup>3</sup> João Nunes Laureato in architettura del paesaggio alla Scuola superiore di Agronomia dell'Università Tecnica di Lisbona, ha conseguito un Master in Architettura del Paesaggio presso la Scuola Tecnica di Architettura di Barcellona, Università Politecnica della Catalogna.

## 4 – IMPATTO AMBIENTALE

### 4.1 – Impatto delle opere sulle principali componenti ambientali

Componenti ambientale	impatti				note
	nullo	basso	medio	alto	
1 <i>Atmosfera</i>					Le opere non sono suscettibili di impatti sull'atmosfera Le attività di costruzione e le modalità realizzative previste non comportano emissione di gas o polveri.
2 <i>Acque marine</i>					Le opere non determinano variazioni alla qualità delle acque. Nelle zone protette in relazione a lunghi periodi di calma di vento e di mare la circolazione delle acque potrebbe determinare localmente l'insorgere di criticità nella qualità delle acque. (previsto il monitoraggio della qualità delle acque) Queste remote ma possibili criticità possono essere facilmente eliminate aumentando la "trasparenza" delle scogliere mediante salpamento di massi e creazione di piccoli varchi per aumentare il ricambio delle acque all'interno delle zone protette. I lavori di costruzione delle barriere e i lavori di dragaggio possono determinare diffusione di torbidità. Durante la costruzione delle barriere saranno utilizzati sistemi di "panne galleggianti" estese fino al fondale per evitare la diffusione della torbidità.
3 <i>Acque superficiali</i>					Nessuna interferenza
4 <i>Suolo e sottosuolo</i>					Le attività di costruzione non comportano interventi sul suolo e sottosuolo.
5 <i>Fondali marini</i>					Le opere inducono una sostanziale trasformazione dei fondali marini aumentando significativamente, nel tratto interessato dalle opere la tipologia di scogli emergenti peraltro già rappresentata da una secca esistente. Tale trasformazione è totalmente reversibile Le opere producono variazioni tipologiche dello stato attuale dei fondali per effetto dei vuoti tra i massi delle scogliere attualmente scarsamente rappresentato in quanto il substrato roccioso affiorante è costituito per lo più da scogli ampi e poco frastagliati.
6 <i>Flora e fauna</i>					Le scogliere con massi con alta percentuale di vuoti introducono una fattispecie tipologica diversa dall'attuale fondale suscettibile di determinare un significativo aumento della biodiversità dell'ambito dovuta all'aumento sensibile degli insediamenti stanziali di fauna marina tipica dei fondali prossimi alle scogliere (ricci, stelle marine ooloturie, molluschi (cozze, ostriche, patelle) Crostacei Decapodi ( paguri, gamberetti, granchi e altri crostacei) e altra fauna (Poriferi, Tunicati, Idroidi, Briozoi, Anellidi) e flora (lichene marino, alghe rosse calcificate, cespugli di posidonia e altre fanerogame marine, alghe verdi o cloroficee (Codium) e alghe brune (Cystoseira) etc...
7 <i>Rumore</i>					Le scogliere determinando l'allontanamento dalla riva del rumore della risacca potranno avere un effetto di modificare la percezione acustica del rumore del mare agitato e del fragore delle onde di risacca. In fase di cantiere non sono previste attività particolarmente rilevanti ai fini della rumorosità.
8 <i>Campi elettromagnetici</i>					Nessuna possibile interferenza
9 <i>Paesaggio</i>					Gli impatti delle opere sul paesaggio sono stati valutati di entità <b>media</b> in ragione sia della oggettiva alterazione locale del paesaggio e della modesta percettibilità delle opere dai punti di vista possibili situati nell'area vasta al contorno.
10 <i>Interferenze con lo stato dei luoghi e con le attività al contorno</i>					Oggetto principale degli studi idraulici marittimi è stato quello di ottimizzare le opere per non determinare e minimizzare gli impatti sulla geomorfologia del litorale. Le opere non determinano impatti negativi sulle attività turistico/ricreative per lo più orientate alla fruizione balneare e il loro stesso scopo è orientato a massimizzare tali attività I lavori di costruzione si svolgeranno interamente in mare e sulla spiaggia senza interferenze con le aree adiacenti; la movimentazione di materiali d'opera avviene dal mare. Il traffico dei mezzi di trasporto terrestri avviene lontano dai luoghi di cantiere senza alcun impatto sulla strada litoranea SS195.

**Tabella riepilogativa degli impatti**

## 4.2 - impatti in fase di cantiere

La valutazione degli impatti in fase di cantiere sono riepilogati nella seguente tabella.

Componenti ambientale	impatti				note
	nullo	basso	medio	alto	
1 <i>Atmosfera</i>					Le attività di costruzione e le modalità realizzative previste non comportano emissione di gas o polveri nell'atmosfera.
2 <i>Acque marine</i>					I lavori di costruzione delle barriere e i lavori di dragaggio possono determinare diffusione di torbidità. Durante la costruzione delle barriere saranno utilizzati sistemi di "panne galleggianti" estese fino al fondale per evitare la diffusione della torbidità.
3 <i>Acque superficiali</i>					Nessuna interferenza
4 <i>Suolo e sottosuolo</i>					Le attività di costruzione non comportano interventi sul suolo e sottosuolo.
5 <i>Fondali marini</i>					Le opere prevedono di operare su fondali marini che saranno trasformati in modo reversibile Le opere producono variazioni tipologiche dello stato attuale dei fondali per effetto dei vuoti tra i massi delle scogliere.
6 <i>Flora e fauna</i>					Le scogliere con massi e i vuoti introducono una fattispecie tipologica diversa dall'attuale con impatti positivi sulla biodiversità dell'ambito.
7 <i>Rumore</i>					Non sono previste attività continuative di particolare rilevanza ai fini della rumorosità
8 <i>Campi elettromagnetici</i>					Nessuna possibile interferenza
9 <i>Paesaggio</i>					Gli impatti in fase di cantiere sono i medesimi delle opere sul paesaggio (valutati medi in ragione della posizione e dimensione delle opere e della loro percezione visuale dai punti di vista possibili al contorno)
10 <i>Interferenze con attività al contorno</i>					Le attività di costruzione si svolgeranno interamente in mare e sulla spiaggia senza interferenze con le aree adiacenti; la movimentazione di materiali d'opera avviene dal mare. Il traffico dei mezzi di trasporto terrestri avviene lontano dai luoghi di cantiere senza alcun impatto sulla strada litoranea SS195.

Durante la fase di cantiere, le modalità esecutive previste sono tali da non poter determinare impatti negativi significativi, rilevabili o permanenti.

I lavori si svolgono esclusivamente con impiego di mezzi d'opera marittimi i cui regolamenti di armamento prevedono il rispetto delle caratteristiche ambientali di rumorosità, emissioni e produzione e smaltimento dei rifiuti.

Le acque marine interessate direttamente sono quelle antistanti la spiaggia nella fascia costiera di 200m di distanza dalla riva. Le azioni in progetto non determinano possibili impatti negativi con l'ecosistema delle acque marine.

Durante la posa dei massi non si produce generalmente torbidità.

Durante la movimentazione dei sedimenti con pompa aspirante e refluite in generale non si produce torbidità nel punto di aspirazione; la eventuale torbidità che si potrebbe produrre nel punto di immissione in mare delle acque reflue di trasporto sarà prevenuta con l'impiego di panne galleggianti e con sistemi di decantazione.

## 4.3 - Reversibilità degli impatti

Le opere a scogliera, per la loro natura sono costituite da massi non legati tra loro, pertanto gli isolotti/barriere potranno essere facilmente modificate per far fronte alla eventuale insorgenza di imprevisti impatti negativi, fino alla loro completa eliminazione con la totale rimessa in pristino dei luoghi (*per completezza dell'informazione la rimozione totale delle scogliere ha un costo stimato pari al 20% del costo complessivo dell'intervento*).



**5 - QUADRO VINCOLISTICO E POTENZIALI INTERFERENZE GENERATE DAL PROGETTO**

- Beni identitari di cui alla D.G.R. n. 23/14 del 16.4.2000  
Non sono presenti nell'area d'intervento beni paesaggistici o manufatti importanti da un punto di vista storico-paesaggistico.
- Convenzione di Ramsar (1971)  
L'area di progetto dista circa molti km dalla più vicina area Ramsar di Santa Gilla e non ha con essa rapporti percettibili.
- Beni archeologici (art. n°142 lett. m)  
Non sono noti beni archeologici nel settore interessato dall'intervento.
- Piano Urbanistico Comunale in adeguamento al PPR e al PAI 15/03/2021 e Piano Urbanistico Provinciale (P.U.P/PTCI)  
Non sono stati rilevati profili di incompatibilità del progetto con i dispositivi programmatici vigenti.

**6 – Componenti ambientali oggetto dei monitoraggi di controllo previsti nel P.M.A**

Il Piano di Monitoraggio Ambientale (P.M.A.) prevede il controllo periodico delle seguenti componenti ambientali:

- Popolamenti fito zoo-bentonici (posidonia e comunità bentoniche dei fondi molli);
- Linea di riva dell'intera Unità Fisiografica
- Consistenza volumetrica della spiaggia emersa estesa alla intera unità fisiografica
- Qualità delle acque nello specchio acqueo protetto
- Rilievi fotografici

Tutte queste componenti saranno rilevate ante operam e monitorate con rilevamenti periodici effettuate con la frequenza e le modalità previste nel Piano di Monitoraggio Ambientale (P.M.A.).

\_\_\_\_/)