

PIANO DI SVILUPPO E COESIONE DEL MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA SICUREZZA ENERGETICA

D.P.C.M. 15.10.2015

Interventi per la bonifica ambientale e rigenerazione urbana dell'area di Bagnoli - Coroglio.

APPALTO MISTO DI SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER APPALTO INTEGRATO, COMPRENSIVO DI SERVIZI DI INDAGINI E DI LAVORI DI TEST DI DIMOSTRAZIONE TECNOLOGICA, OLTRE AI SERVIZI DI DIREZIONE DEI LAVORI E DI COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, AFFERENTE ALL'INTERVENTO DENOMINATO "RIMOZIONE COLMATA, BONIFICA DEGLI ARENILI EMERSI "NORD" E "SUD" E RISANAMENTO E GESTIONE DEI SEDIMENTI MARINI COMPRESI NELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE DI BAGNOLI-COROGLIO" (NA)"

CIG: 87792756EA - CUP: C65E19000350001 - CUP: C65E19000390001



Presidenza del Consiglio dei Ministri
IL COMMISSARIO STRAORDINARIO DEL GOVERNO
PER LA BONIFICA AMBIENTALE E RIGENERAZIONE URBANA
DELL'AREA DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE
BAGNOLI - COROGLIO

STAZIONE APPALTANTE



Funzione Servizi di Ingegneria

Direzione Area Tecnica
Ambiente:

Ing. Edoardo Robortella Stacul

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO: Ing. Lorenzo MORRA

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO

_PROGER S.p.A. (mandataria)

_AMBIENTE S.p.A.

_RINA CONSULTING S.p.A.

_ARCADIS ITALIA S.r.l.

_FINALCA INGEGNERIA S.r.l.

_3BA S.r.l.

_DHI SRL A SOCIO UNICO

_ASPS Servizi Archeologici s.n.c.

Coordinatore della Progettazione e Responsabile della Integrazione delle Relazioni Specialistiche PMI

_Ing. M. Balzarini (RINA)

Responsabile Paesaggio, Ambiente, Naturalizzazione, Agroalimentare, Zootecnica, Ruralità, Foreste (CAT.P.03)

_Ing. L. Rossi (ARCADIS)

Responsabile Paesaggio, Ambiente, Naturalizzazione, Agroalimentare, Zootecnica, Ruralità, Foreste (CAT.P.01)

_Ing. E. Scanferla (PROGER)

Responsabile Strutture (CAT. S.03)

_Ing. A. Tomarchio (RINA)

Archeologo

_Dott. F. Tiboni (ASPS)

Responsabile Paesaggistica

_Ing. F. Tamburini (AMBIENTE)

Responsabile Aspetti Naturalistici e S.I.A.

_Ing. L. Bertolé (ARCADIS)

Responsabile della Modellazione Numerica

_Ing. A. Pedroncini (DHI)

Responsabile Impianti (CAT. IB.06)

_Ing. G. Morlando (FINALCA)

Responsabile Acustica

_Ing. C. Di Michele (PROGER)

Responsabile Geologia

_Geol. M. Sandrucci (PROGER)

Coor. Sicurezza in fase di Progettazione

_Ing. N. Sciarra (PROGER)

BIM MANAGER

_Geom. G. Pietrolungo (PROGER)

Responsabile Rilievi

_Geol. L. Bignotti (AMBIENTE)

Responsabile Indagini

_Geol. M. Mannocci (AMBIENTE)

Resp. Test dimostrazione Tecno.

-Rimozione Sedimenti

_Geol. R. Costa (ARCADIS)

Resp. Test dimostrazione Tecno.

-Capping

_Geol. P. Mauri (AMBIENTE)

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

RELAZIONE ILLUSTRATIVA - Intervento di ripascimento e relative opere di stabilizzazione

ELABORATO	DATA	NOME	FIRMA
REDAITTO	08/2023	Ing. Antonino Sutera	
VERIFICATO	08/2023	Ing. Salvatore Russo	
APPROVATO	08/2023	Ing. Edoardo Robortella Stacul	
DATA	08/2023		
REVISIONE	DATA	AGGIORNAMENTI	SCALA
Rev. 0	20.07.2023	EMISSIONE	
Rev. 1	07.08.2023	EMISSIONE	
Rev. 2	-		
			CODICE FILE 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01



CIG: 87792756EA - CUP: C65E19000350001 - Rimozione Colmata e Bonifica Arenili - CUP: C65E19000390001 - Progettazione e Risanamento Sedimenti Marini

INVITALIA

APPALTO MISTO DI SERVIZI DI INGEGNERIA E ARCHITETTURA PER LA PROGETTAZIONE DEFINITIVA E COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE PER APPALTO INTEGRATO, COMPRESIVO DI SERVIZI DI INDAGINI E DI LAVORI DI TEST DIMOSTRAZIONE TECNOLOGICA, OLTRE AI SERVIZI DI DIREZIONE DEI LAVORI E DI COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA IN FASE DI ESECUZIONE, AFFERENTE ALL'INTERVENTO DENOMINATO "RIMOZIONE COLMATA, BONIFICA DEGLI ARENILI EMERSI "NORD" E "SUD" E RISANAMENTO E GESTIONE DEI SEDIMENTI MARINI COMPRESI NEL SITO DI RILEVANTE INTERESSE NAZIONALE DIBAGNOLI-COROGLIO (NA)".

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

Rev.	Descrizione	Preparato	Controllato	Approvato	Data
1	EMISSIONE	Ing. Antonino Sutera	Ing. Salvatore Russo	Ing. Edoardo Robortella Stracul	07/08/2021

All rights, including translation, reserved. No part of this document may be disclosed to any third party, for purposes other than the original, without written consent of RINA Consulting S.p.A.



PROGER



ambiente
consulenza & ingegneria
esperienza per l'ambiente

ARCADIS

FINALCA
ingegneria.srl

3BA s.r.l.
engineering and consulting



AS

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

INDICE

	Pagina
INDICE DELLE FIGURE	2
1 PREMESSA	3
2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO E CONDIZIONI AL CONTORNO PER LA PROGETTAZIONE DELLA LINEA DI COSTA	4
2.1 PREVISIONI DEL P.R.A.R.U. E PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA ED INDICAZIONI DERIVANTI DALL'ITER APPROVATIVO	4
2.2 ULTERIORI ELEMENTI RILEVANTI DELLO STATO DI FATTO DEI LUOGHI	6
2.3 SINTESI DELLE CONDIZIONI AL CONTORNO PER LA PROGETTAZIONE DELLA LINEA DI COSTA	10
3 DEFINIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO	12
3.1 IDENTIFICAZIONE DELLE AREE OGGETTO DI REALIZZAZIONE DELLA NUOVA LINEA DI COSTA E LAYOUT DELLA NUOVA LINEA DI RIVA E DELLE RELATIVE OPERE DI STABILIZZAZIONE	12
3.1.1 Introduzione	12
3.1.2 Ripascimento "libero" e ripascimento protetto	12
3.1.3 Difese radenti	12
3.1.4 Pennelli	13
3.1.5 Barriere frangiflutti	13
3.1.6 Difese a celle	13
3.1.7 Definizione del layout della nuova linea di riva e delle relative opere di stabilizzazione	14
3.2 DEFINIZIONE DELLA GIACITURA PLANIMETRICA DELLA NUOVA LINEA DI RIVA	18
3.3 PROGETTAZIONE CONCETTUALE DELLA SEZIONE TIPOLOGICA DEL RIPASCIMENTO	18
3.4 CONSIDERAZIONI SULLE FONTI DI PRESTITO DEL MATERIALE DA RIPASCIMENTO	21
3.5 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI STABILIZZAZIONE	23
3.5.1 Pennello di Chiusura "Nord"	23
3.5.2 Setto "Intermedio"	24
3.5.3 Pennello di Chiusura "Sud"	24
3.5.4 Scogliera Sommersa	25

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

INDICE DELLE FIGURE

Figura 2.1:	Area di foce dello scolmatore di scarico del collettore di Bagnoli	7
Figura 2.2:	Estratto della mappatura degli scarichi a mare	7
Figura 2.3:	Sub-unità fisiografica a nord dell'area di intervento	8
Figura 2.4:	Storica scogliera con mantellata realizzata lavorazione "a specchio" (c.d. "scogliera a mosaico")	8
Figura 2.5:	Area di intervento ricompresa fra la foce dello scolmatore a nord e la scogliera "a mosaico" a sud	9
Figura 2.6:	Area di intervento ricompresa fra la scogliera "a mosaico" a nord e l'infrastruttura di chiusura dell'istmo di Nisida a sud	10
Figura 3.1:	Layout di Progetto	14
Figura 3.2:	Planimetria di progetto con individuazione Sotto aree omogenee	17
Figura 3.2:	Planimetria di progetto con individuazione Sotto aree omogenee	18
Figura 3.3:	Condizione iniziale per intervento di dragaggio e ripascimento (arenili pre-esistenti a valle dei salpamenti e della rimozione della colmata)	20
Figura 3.4:	Definizione delle superfici da raggiungere mediante escavo/dragaggio (comparto dinamico e scanno di imbasamento scogliera sommersa) e relativi volumi	21
Figura 3.5:	Sezione trasversale di spiaggia a seguito dell'intervento di escavo/dragaggio (comparto dinamico e scanno di imbasamento)	21
Figura 3.6:	Realizzazione della scogliera sommersa parallela a riva e stesa di geotessile tessuto non tessuto all'interfaccia fra il fondale di versamento e il ripascimento per tutta l'estensione dello stesso	21
Figura 3.7:	Realizzazione del ripascimento: sezione trasversale tipologica di progetto	21

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

1 PREMESSA

La presente relazione illustra l'intervento di realizzazione della nuova linea di riva mediante ripascimento e le relative opere di stabilizzazione.

L'intervento di ripascimento del litorale sarà preceduto, anche ai fini della bonifica degli arenili pre-esistenti (emersi e sommersi), da un intervento di rimozione di volumi di sedimento attuali sia in sede sommersa (mediante dragaggio ambientale) che in sede emersa (mediante escavo ambientale), con le modalità dettagliatamente descritte nell'apposita separata sezione del presente Progetto Definitivo.

Cionondimeno, al seguente §3.3 viene illustrato il processo logico-concettuale che ha reso possibile l'individuazione del volume di spiaggia "dinamico", ovvero di quella parte del volume di ripascimento che potrà essere soggetto, nel corso della relativa vita utile, a movimentazione a seguito dell'azione del moto ondoso. Tale processo ha consentito di individuare le aree – e le relative quote altimetriche – da raggiungere mediante l'intervento di dragaggio/escavo di bonifica, al fine di garantire, tramite il ripascimento anche delle suddette aree con sedimento privo di contaminazioni, adeguate condizioni di sicurezza per gli utenti finali dell'arenile, in ogni punto della spiaggia emersa e sommersa e in ogni momento della relativa vita utile.

Al seguente §2 vengono illustrate le condizioni di input per la presente progettazione, con particolare riferimento a:

- a) previsioni del P.R.A.R.U., del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica e del relativo iter approvativo;
- b) ulteriori elementi derivanti dall'analisi approfondita svolta sullo stato di fatto dei luoghi;

e, sulla base di quanto sopra, vengono analiticamente identificate le condizioni al contorno per la progettazione della linea di costa.

Al §3 viene quindi descritta la procedura concettuale di definizione delle opere di progetto, compresi gli studi che hanno consentito di definire la giacitura in pianta della nuova linea di riva, le conseguenti opere di conterminazione e stabilizzazione, per poi proseguire con il già citato processo logico che ha reso possibile l'individuazione del volume di spiaggia "dinamico" e la conseguente progettazione del ripascimento.

Il §3 si completa con la descrizione sintetica delle opere rigide di stabilizzazione.

L'ulteriore relazione denominata "*Relazione Tecnica – Dimensionamento del Ripascimento e delle relative Opere di Stabilizzazione*", facente parte della presente sezione progettuale, riporta le calcolazioni di dimensionamento e di stabilità delle opere qui descritte.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

2 DESCRIZIONE DELLO STATO DI FATTO E CONDIZIONI AL CONTORNO PER LA PROGETTAZIONE DELLA LINEA DI COSTA

Nel presente Capitolo, al fine di determinare il quadro dei vincoli e delle esigenze all'interno del quale definire la soluzione di progetto, si procede alla disamina delle previsioni progettuali pregresse da cui trae origine il presente intervento, integrate da quanto emerso in sede di iter approvativo delle stesse nonché in relazione agli ulteriori elementi fisici derivanti dallo studio approfondito dello stato di fatto.

2.1 PREVISIONI DEL P.R.A.R.U. E PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA ED INDICAZIONI DERIVANTI DALL'ITER APPROVATIVO

A seguito dell'accordo Interistituzionale Governo Italiano - Regione Campania - Comune di Napoli, all'interno del Programma di Risanamento Ambientale e di Rigenerazione Urbana (PRARU) nel luglio del 2017 il PRARU definiva alcuni punti chiave del progetto di risanamento dell'area di Bagnoli, tra cui un nuovo assetto della linea di costa al fine di recuperare la balneabilità dell'area. Il progetto prevedeva la rimozione integrale della colmata e la demolizione dei tre pontili (Pontile Sud, Pontile sala pompe, Pontile città della scienza) con la realizzazione di una spiaggia pubblica nel tratto di lungomare compreso tra l'arenile Nord e l'arenile Sud con uno sviluppo complessivo di circa 21.3 ettari.

In particolare, si concordava su una nuova linea di riva, come indicata in giallo in Figura 2.2., confermando la rimozione integrale della colmata e tenendo in considerazione:

- la linea di costa del 1929, precedente alla realizzazione della colmata (in blu in Figura 2.2)
- la linea di costa attuale (in rosso in Figura 2.2)
- i ripascimenti avvenuti dal 1931 nell'arenile Sud, in seguito alla realizzazione dell'istmo di Nisida, e dal 1961 nell'arenile Nord, in seguito alla realizzazione della colmata (indicati in Figura 2.2 rispettivamente con * e **).

La linea di riva in giallo rappresenta il raccordo tra gli arenili esistenti, con spiagge da un minimo di 60 m ad un massimo di 120 m di larghezza.

Questa configurazione ha visto una prima verifica informale con la Soprintendenza SABAP di Napoli, ma in tale sede veniva evidenziata la necessità di sviluppare ulteriori verifiche tecniche e scientifiche da parte di Invitalia.

Tale Accordo non prevede la realizzazione di opere di difesa costiera rigide.



RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

Figura 2.2: Individuazione delle linee di costa nel 1929 (in blu), attuale (in rosso), ipotizzata dall'Accordo Istituzionale (in giallo)

Nel Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica di bonifica e risanamento ambientale del SIN di Bagnoli – Coroglio, redatto nel Maggio 2020 da INVITALIA in qualità di soggetto attuatore del Programma di Risanamento Ambientale e di Rigenerazione Urbana (PRARU), sono presenti studi modellistici svolti al fine di studiare la circolazione idraulica del paraggio di interesse. Le analisi e le simulazioni sono state svolte in collaborazione con l'Università degli Studi di Napoli Federico II, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale (DICEA).

Sono state analizzate le alterazioni alla circolazione litoranea indotte da differenti linee di costa:

- la linea di costa attuale (LC1), totalmente irrigidita, con la colmata ed i pontili
- la linea di costa di progetto (LC3), conseguente al ripascimento artificiale dell'area orientale di Bagnoli, così come ipotizzata nell'Accordo Interistituzionale del 19 Luglio 2017 (PRARU). In particolare, per comprendere l'evoluzione del trasporto solido in questo tratto ristretto di spiaggia, era stato applicato il modello Genesis, considerando come condizione iniziale una linea di riva rettilinea (Figura 2.3, a sinistra). Questa analisi aveva messo in evidenza che *"il raggiungimento dell'equilibrio avviene solo con avanzamenti downcoast molto ingenti. In altre parole, questo significa progettare un pennello esteso fino almeno a 20 m di profondità, che contenga un profilo di ripascimento con avanzamento massimo di 500 m"* (in Figura 2.3 a destra)
- di progetto, ipotizzando due diverse configurazioni con pennelli emersi di contenimento ricurvi (Figura 2.4)



Figura 2.3: Configurazione iniziale della linea di riva (a sinistra) e finale (a destra) risultate dall'applicazione dal modello Genesis (a destra)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

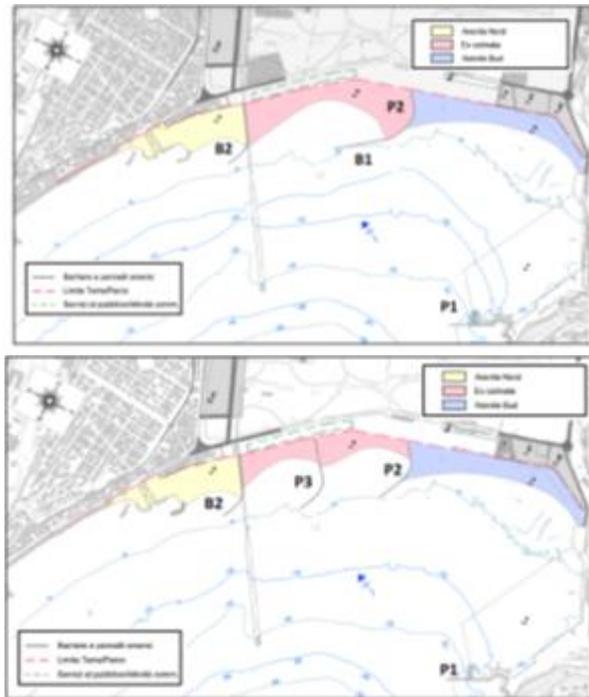


Figura 2.4: Linea di costa e strutture rigide di protezione proposte (configurazione 1, a sinistra, e configurazione 2, a destra)

Lo studio ha mostrato una circolazione litoranea tendenziale in direzione Nord-Ovest, sebbene tale risultato contraddica in parte le conclusioni di precedenti studi condotti sull'area, esso appare compatibile con l'esposizione geometrica della linea di riva rispetto al moto ondoso incidente. Accanto alla circolazione longshore appena descritta si evidenzia la possibilità di strutture di rip nell'area occidentale.

L'aggiornamento del PRARU, nel Luglio 2021 ha fissato una strategia di risanamento ambientale, declinata in Obiettivi Generali, puntuali Obiettivi Specifici che, attraverso l'implementazione di specifiche azioni, consentirà un totale risanamento del terreno e la conseguente costruzione di un grande parco, la riqualificazione del waterfront e la definizione della nuova linea di costa. Per quanto concerne gli aspetti di risanamento, con particolare riguardo alla linea di costa, sono stati fissati i seguenti obiettivi:

- Completare gli interventi di bonifica e risanamento ambientale dell'area SIN. Il primo obiettivo intende completare gli interventi di bonifica e risanamento ambientale dell'area a terra, a mare e lungo il "Waterfront", **definendo una nuova linea di costa che colleghi gli arenili nord e sud dopo la rimozione della colmata attraverso l'utilizzo delle migliori tecnologie possibili a costi sostenibili**, restituendo all'uso collettivo il sito compromesso da inquinamento, garantendo la tutela della salute pubblica e delle risorse ambientali e, contemporaneamente, fornendo i presupposti per la valorizzazione delle opportunità di sviluppo che sono contenute nel PRARU.
- Bonificare e risanare la fascia costiera

2.2 ULTERIORI ELEMENTI RILEVANTI DELLO STATO DI FATTO DEI LUOGHI

L'approfondita analisi dello stato attuale dei luoghi e delle relative caratteristiche fisiche ed ambientali ha consentito di completare il quadro delle condizioni al contorno per la progettazione della linea di costa.

Procedendo da nord verso sud si illustrano di seguito le suddette ulteriori condizioni, aggiuntive rispetto a quanto già illustrato nei precedenti §2.1 e §0.

L'elemento più rilevante nel settore settentrionale dell'area di intervento risulta certamente la presenza della foce dello scolmatore di scarico del collettore di Bagnoli, che costituisce un fattore di forte discontinuità nell'andamento del litorale: dovendo infatti assicurare in ogni caso adeguata officiosità idraulica alla foce dello scolmatore, nell'intorno della stessa non è possibile prevedere alcun intervento di implementazione della nuova linea di riva

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

(vedi immagine seguente).

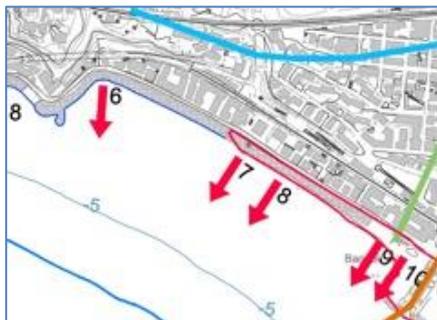


Figura 2.1: Area di foce dello scolmatore di scarico del collettore di Bagnoli

Fonte: Google Earth™

La circostanza che la foce sopra descritta sia collocata nella zona terminale nord dell'area di intervento costituisce comunque un elemento favorevole in quanto, come si vedrà nel seguito, il presidio di foce (in sinistra idraulica) costituirà anche l'elemento di contermine dell'intervento di ripascimento con la realizzazione della nuova linea di riva.

Peraltro, immediatamente a nord della suddetta foce, si deve rilevare la presenza di ulteriori scarichi, già censiti nel 2020 da ARPAC (vedi figura seguente, estratta dall'elaborato "2021E022INV_AMB_T.2.00" facente parte del PFTE), che immettono in mare portate derivanti dal dilavamento meteorico delle superfici urbane e portate meteoriche eccedenti le portate nere diluite della rete fognaria (scaricatori di piena); tale situazione sconsiglia un intervento di ripascimento in detta area terminale, se non preceduto da una necessaria sistemazione di detti scarichi.



- 6 SCARICO DI PIENA - EMISSARIO DI CUMA - SCARICO EMERGENZA 2 LA PIETRA
- 7 SCARICO DI PIENA - MANUFATTO RIPARTIZIONE DAZIO
- 8 SCARICO DI EMERGENZA - IMPIANTO DI SOLLEVAMENTO LA PIETRA
- 9 SCARICO DI PIENA - GALLERIA CONCA DI AGNANO
- 10 SCARICO DI PIENA - FOGNA VIA POZZUOLI

Figura 2.2: Estratto della mappatura degli scarichi a mare

Fonte: Invitalia

Appare inoltre opportuno rilevare che il limite settentrionale teorico dell'area di intervento coincide con il confine – di natura esclusivamente amministrativa – fra il territorio comunale di Napoli e quello di Pozzuoli, senza alcuna soluzione di continuità dal punto di vista fisico, fisiografico o litoralistico: ne consegue che, in una logica funzionale e sostenibile, un eventuale intervento in detta area dovrebbe essere concepito in maniera unitaria – *previa*

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

risoluzione delle problematiche connesse con la presenza di diversi scarichi come sopra accennato – ricomprendendo l'intera sub-unità fisiografica ricompresa fra il piccolo promontorio sovrastante il collettore di scarico dello scolmatore di Bagnoli (ove ricade la Villa Comunale) a sud, e il capo roccioso ove è presente la sede della Lega Navale Italiana di Pozzuoli a nord (vedi immagine seguente).



Figura 2.3: Sub-unità fisiografica a nord dell'area di intervento

Fonte: Google Earth™

L'insieme delle circostanze sopra descritte, analizzate di concerto con la Committenza, ha determinato la scelta di non prevedere interventi di ripascimento nella suddetta area.

Procedendo verso sud, si rileva che l'area ricompresa fra la foce dello scolmatore e l'esistente scogliera emergente con mantellata lavorata "a specchio" (anche conosciuta come "scogliera a mosaico", di pregevole fattura dal punto di vista tecnico costruttivo, e costituente il più antico presidio posto a stabilizzazione del litorale di Bagnoli – vedi foto seguenti) non presenta alcuna linea di spiaggia propriamente detta, essendo la riva sempre determinata da scogliere radenti poste a protezione di arenili emersi ovvero a delimitazione della colmata di Bagnoli-Coroglio (vedi immagine successiva).



Figura 2.4: Storica scogliera con mantellata realizzata lavorazione "a specchio" (c.d. "scogliera a mosaico")

Fonte: Gruppo di progettazione

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023



Figura 2.5: Area di intervento ricompresa fra la foce dello scolmatore a nord e la scogliera "a mosaico" a sud

Fonte: Google Earth™

La suddetta area è la zona principale di intervento, in cui, a seguito della completa rimozione della colmata, della demolizione dei pontili con la sola esclusione del c.d. "Pontile Nord" e del salpamento delle scogliere radenti esistenti (*i cui elementi lapidei, ove possibile, saranno utilmente riutilizzati in una logica di economia circolare*), sarà possibile realizzare una spiaggia stabile, ampia, protetta e pienamente fruibile dalla cittadinanza.

Il tratto più meridionale dell'area di intervento è ricompreso dalla testata sud della "scogliera a mosaico" (ripresa nella foto precedente, immagine a destra) e l'infrastruttura di chiusura dell'istmo di Nisida.

L'analisi delle immagini satellitari pregresse, confermata dagli approfonditi studi modellistici di natura idraulico-marittima condotti in occasione del presente progetto [rif. elaborato 2021E022INV-01-D-00-GE-RS-REL-11-00 – a cura di DHI Italia], ha determinato il riconoscimento della notevole stabilità della linea di spiaggia già presente in detta area (nelle cui prospicienze peraltro si è rilevata l'esistenza di aree dedicate alla nautica minore locale, vedi immagine seguente).

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023



Figura 2.6: Area di intervento ricompresa fra la scogliera “a mosaico” a nord e l’infrastruttura di chiusura dell’istmo di Nisida a sud

Fonte: Google Earth™

L'esistenza della storica “scogliera a mosaico”, la posizione ridossata e protetta, nonché la circostanza che la linea di spiaggia esistente risulta già oggi notevolmente stabile (anzi, addirittura in lieve accrescimento secondo il confronto di alcune immagini satellitari) ha fatto naturalmente propendere per una scelta progettuale definitiva di tipo conservativo, mediante un intervento di bonifica e risanamento del litorale nel pieno rispetto dell'attuale configurazione della spiaggia, mantenendone quindi la giacitura esistente ma provvedendo nel contempo alla bonifica e alla ricostruzione dello stesso arenile con sedimenti privi di contaminazioni, onde assicurarne la massima fruibilità in sicurezza da parte della cittadinanza.

2.3 SINTESI DELLE CONDIZIONI AL CONTERNO PER LA PROGETTAZIONE DELLA LINEA DI COSTA

A seguito di quanto esposto nei precedenti paragrafi, è possibile definire il seguente quadro dei vincoli e delle condizioni al contorno (*constraints – boundary conditions*) utili alla corretta definizione delle scelte progettuali.

- ✓ PRARU e PFTE e relativo iter approvativo:
 - Realizzazione spiaggia pubblica per un'estensione di circa 2 km di lunghezza;
 - Realizzazione spiaggia pubblica per una estensione di circa 60 m di larghezza minima e 120 metri massima;
 - Realizzazione spiaggia pubblica per una estensione areale minima pari a 21.3 ettari;
- ✓ Ulteriori elementi desunti dallo studio approfondito dei luoghi:
 - **Settore settentrionale** dell'area (dalla foce dello scolmatore di scarico del collettore di Bagnoli verso nord):
 - necessità di garanzia di adeguata officiosità idraulica alla foce dello scolmatore; conseguente necessità di separazione fisica fra l'area di ampliamento del litorale emerso connessa con la realizzazione della nuova linea di riva secondo le indicazioni del PRARU-PFTE e l'area di scarico dello scolmatore;
 - presenza di ulteriori scarichi a nord della foce dello scolmatore che renderebbero problematica la realizzazione di un intervento di ripascimento in detta area, sia in termini di officiosità idraulica che in termini di potenziali afflussi di inquinanti;
 - assenza di soluzioni di continuità fisiografiche-litorali in corrispondenza del limite teorico nord dell'area di intervento.
 - **Settore centrale** dell'area (dalla foce dello scolmatore verso sud fino all'esistente “scogliera a mosaico”):

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

- totale assenza di linea di spiaggia propriamente detta: la riva coincide sempre con scogliere radenti poste a protezione di arenili emersi ovvero a delimitazione della colmata di Bagnoli-Coroglio;
- previsione di mantenimento del "Pontile Nord";
- possibilità di riuso degli elementi lapidei delle esistenti scogliere radenti da salpare;
- **Settore meridionale** dell'area (dalla testata sud della "scogliera a mosaico" fino all'infrastruttura di chiusura dell'istmo di Nisida):
 - presenza della storica "*scogliera a mosaico*", che definisce l'unico tratto di linea di spiaggia attualmente presente nell'area di intervento;
 - notevole stabilità della linea di riva esistente nel tratto di spiaggia ricompreso fra la testata sud della "scogliera a mosaico" e l'infrastruttura di chiusura dell'istmo di Nisida, riscontrata sia dal confronto delle immagini satellitari storiche che dagli studi su modello matematico all'uopo condotti;
 - possibilità di previsione di un intervento conservativo con mantenimento della attuale giacitura stabile e contestuale bonifica del litorale emerso e sommerso e ricostruzione dello stesso con sedimenti privi di contaminazioni;

Sulla base delle considerazioni sopra esposte è stata quindi impostata la progettazione degli interventi di bonifica e risanamento degli arenili emersi e sommersi e realizzazione della nuova linea di riva mediante ripascimento del litorale, analiticamente descritti nel seguente §3.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

3 DEFINIZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO

3.1 IDENTIFICAZIONE DELLE AREE OGGETTO DI REALIZZAZIONE DELLA NUOVA LINEA DI COSTA E LAYOUT DELLA NUOVA LINEA DI RIVA E DELLE RELATIVE OPERE DI STABILIZZAZIONE

3.1.1 Introduzione

La scelta della tipologia di intervento da adottarsi è connessa con due fattori di preminente importanza:

- ✓ necessità di garantire adeguata separazione fisica fra le aree esterne a quella di intervento, caratterizzate dalla presenza di contaminanti, e le aree di realizzazione della nuova linea di riva mediante ripascimento;
- ✓ necessità di assicurare adeguate condizioni di stabilità della spiaggia, nelle sole aree in cui le condizioni idraulico-marittime lo richiedano.

In linea generale, è noto che tipologie di intervento di sistemazione costiera possono essere classificate entro due macrocategorie: le *opere morbide* e le *opere rigide*, potendosi prevedere anche la combinazione delle due tipologie realizzando le *opere di tipo misto*.

Le opere cosiddette *morbide* sono tutte quelle che vengono realizzate tramite risagomatura dei depositi sedimentari o apporto di nuovi sedimenti, provenienti o meno dal medesimo ambito costiero. Tra le opere morbide si ricordano ripascimenti, dragaggi, costruzione o ricostruzione di dune, ecc.

Le opere *rigide* sono quelle realizzate con elementi dimensionati per resistere nel tempo all'azione del mare e delle correnti, quindi ad avere un effetto duraturo nel tempo. In generale, la loro funzione è quella di produrre perturbazioni della dinamica litoranea tali da provocare gli effetti desiderati sull'evoluzione morfologica dei fondali e della linea di riva, ovvero di garantire la sicurezza nei confronti degli eventi meteomarinari per ambiti puntuali o diversamente estesi. Nell'ambito più ristretto dell'evoluzione dei litorali e del controllo dell'erosione, si può affermare che le opere rigide non creino di per sé un incremento della superficie di spiaggia, prevenendo così l'erosione in maniera generalizzata, quanto piuttosto consentano di controllare la distribuzione dei sedimenti, determinando locali accrescimenti della superficie emersa, a fronte di più o meno paralleli arretramenti in aree limitrofe. Ovviamente sfuggono a questo concetto i casi in cui l'opera rigida prevenga la perdita di sedimenti verso zone esterne alla dinamica litoranea.

Come accennato sopra, le opere rigide possono essere realizzate in combinazione con opere morbide, sia per esaltarne l'efficacia (*ripascimenti protetti strutturali*) che per ridurre l'impatto sui litorali adiacenti (es. saturazione delle celle in una batteria di pennelli per ripristinare la continuità del trasporto solido litoraneo, mantenendo la linea di riva in una posizione stabilmente avanzata).

3.1.2 Ripascimento "libero" e ripascimento protetto

Il ripascimento costituisce la forma più elementare di protezione del litorale: consiste in un apporto artificiale di sedimenti, che compensa il deficit di apporto naturale, prevenendo l'arretramento della linea di riva. In casi particolari, può essere utilizzato per aumentare la superficie di spiaggia emersa ai fini della sicurezza del territorio e per l'utilizzo turistico-balneare, oppure addirittura per creare nuove spiagge laddove non esistevano.

In termini geomorfologici, se realizzato con materiale sedimentologicamente affine a quello nativo, rappresenta la soluzione a impatto zero, in quanto non ha alcun effetto negativo sui litorali adiacenti e, anzi, garantisce il ripristino del trasporto solido litoraneo, prevenendo fenomeni erosivi anche nei litorali adiacenti.

Il ripascimento è una modalità di intervento estremamente attuale, soprattutto in relazione all'evoluzione delle tecnologie che permettono la movimentazione dei sedimenti sabbiosi con quantità, tempi e costi prima impossibili. Posto che non sempre sono disponibili cave di prestito in grado di fornire materiale dall'esterno dell'ambito di intervento, le tecnologie di ripascimento permettono anche di movimentare i sedimenti all'interno del medesimo ambito, utilizzando per esempio i materiali dragati per il ripascimento delle spiagge adiacenti, ovvero di effettuare interventi di bypass per compensare gli squilibri introdotti nel trasporto solido litoraneo dalla realizzazione di un'armatura di foce o, più in generale, di un'opera aggettante rispetto alla linea di riva.

3.1.3 Difese radenti

La difesa radente è un'opera largamente utilizzata in passato (come ben si evince da una semplice analisi dello

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

stato di fatto dell'area di Bagnoli) e oggi impiegata solo in situazioni nelle quali si temono rischi relativamente gravi a breve termine; gli interventi con difesa radente sono infatti generalmente irreversibili, nel senso che difficilmente si arriverà alla naturale ricostruzione di una spiaggia emersa al piede di una difesa radente, potendosi invero spesso verificare l'innescio di erosioni localizzate per un effetto di riflessione al piede.

Le difese radenti vengono in genere realizzate per risolvere criticità puntuali, ovvero dove si è persa ogni speranza di riuscire a ricostruire una spiaggia emersa stabile. Un uso improprio si traduce spesso in gravi fenomeni di erosione localizzata e ripercussioni negative sui litorali adiacenti, sia per i fenomeni di riflessione che la barriera determina sotto mareggiata, che per effetto delle concentrazioni di flusso che si realizzano a ridosso della stessa.

3.1.4 Pennelli

Il pennello consiste in una struttura rigida, opportunamente radicata a terra nella spiaggia emersa, che si estende verso il largo in direzione generalmente ortogonale alla riva. La funzione del pennello, realizzato su un litorale, è quella di parzializzare in una sezione specifica il trasporto solido litoraneo in direzione parallela alla riva, determinando un avanzamento della linea di riva sul lato di sopraflutto rispetto al verso del trasporto solido netto ed un corrispondente arretramento sottoflutto.

Il pennello, se emerso e non tracimabile, parzializza il trasporto solido litoraneo, fino ad arrestarlo se si estende fino alla profondità di chiusura. Se parzialmente sommerso o tracimabile, parte del trasporto solido può attraversarlo e si parla di pennello "permeabile" ai sedimenti. Di norma il pennello viene realizzato estendendo la radice a sufficienza nella spiaggia emersa in modo tale da evitare fenomeni di aggiramento.

L'utilizzo dei pennelli per la difesa e la ricostruzione dei litorali rappresenta una soluzione diffusamente adottata e abbastanza versatile, in particolare laddove sia necessario mantenere una certa continuità del trasporto solido litoraneo. In questo caso, infatti, l'adozione di pennelli di lunghezza limitata e la contestuale esecuzione di ripascimenti consente di ripristinare una relativa continuità del trasporto solido, mantenendo stabilmente la linea di riva in posizione più avanzata rispetto a quella iniziale.

3.1.5 Barriere frangiflutti

Le barriere frangiflutti, emerse o sommerse (nel gergo di settore talvolta indicate anche come "soffolte"), rappresentano una tipologia di opera largamente utilizzata in passato e oggi più spesso impiegata nell'ambito dei ripascimenti protetti. La soluzione tipologica ha evidentemente come obiettivo la salvaguardia dell'ambito limitato a tergo delle barriere, rappresentando queste un netto elemento di discontinuità nel regime del trasporto solido litoraneo.

La funzione della barriera, emersa o sommersa, è quella di determinare una locale riduzione dell'energia del moto ondoso incidente (che si dissipa in tutto o in parte sulla barriera), determinando un accumulo dei sedimenti mobili tra la barriera e la riva. Se esiste un trasporto solido parallelo alla riva non nullo in entrambi i versi, l'effetto di "cattura" dei sedimenti può essere esercitato sia nei confronti della spiaggia di sopraflutto che di quella di sottoflutto.

Nel contesto di un intervento parziale su un litorale sabbioso molto esteso, l'impiego ottimale della barriera frangiflutti prevedrebbe che la geometria del sistema di difesa (dimensione dei varchi, lunghezza delle barriere, distanza da riva, larghezza, quota di coronamento) in relazione al regime del trasporto solido litoraneo fosse tale da modificare limitatamente l'andamento della linea di riva, generando un saliente a tergo della barriera stessa, ma garantendo una parziale continuità del trasporto solido litoraneo.

3.1.6 Difese a celle

La difesa a celle risulta dalla combinazione di pennelli e barriere frangiflutti, sommerse o emerse, e viene in genere realizzata in abbinamento ad un ripascimento strutturale per proteggere tratti di litorale entro i quali non vi siano apporti di sedimenti naturali, né necessità di mantenere o ripristinare il trasporto solido in direzione parallela alla riva. La difesa a celle si spinge quasi sempre a profondità e distanze da riva abbastanza elevate, in modo da permettere la realizzazione al suo interno di una spiaggia emersa e sommersa realmente efficace per la dissipazione dell'energia del moto ondoso incidente.

La spiaggia ricostruita che completa la difesa a celle può essere realizzata in continuità con il profilo trasversale al largo della barriera sommersa, ma più spesso presenta le caratteristiche di spiaggia sospesa, con un profilo trasversale che si interrompe in corrispondenza della barriera, che a sua volta funziona quindi anche da sostegno del piede del ripascimento ("perched beach").

La spiaggia così formata risulta efficacemente protetta dall'azione del moto ondoso e delle correnti litoranee; tale

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

tipologia, come si vedrà nel seguito, è risultata essere quella più adatta per la zona centro-settentrionale dell'area di intervento di Bagnoli.

3.1.7 Definizione del layout della nuova linea di riva e delle relative opere di stabilizzazione

A seguito della disamina svolta e sintetizzata al precedente §2.3. si riconosce che le aree oggetto di intervento sulla linea di costa saranno ricomprese fra la foce dello scolmatore di scarico del collettore di Bagnoli e l'infrastruttura di chiusura dell'istmo di Nisida.

Il livello di idrodinamicità delle aree oggetto di intervento, invero variabile lungo lo sviluppo delle stesse, è stato indagato tramite modellistica numerica, e ha condotto alla scelta progettuale – peraltro già considerata negli studi pregressi sull'area – di realizzare un intervento di tipo "misto" (ripascimento protetto da opere di stabilizzazione mediante difesa a celle), ma con esclusione della zona meridionale in cui sussistono già allo stato attuale adeguate condizioni di stabilità idrodinamica, come già illustrato sopra. Nelle figure seguenti il layout generale delle opere di progetto.

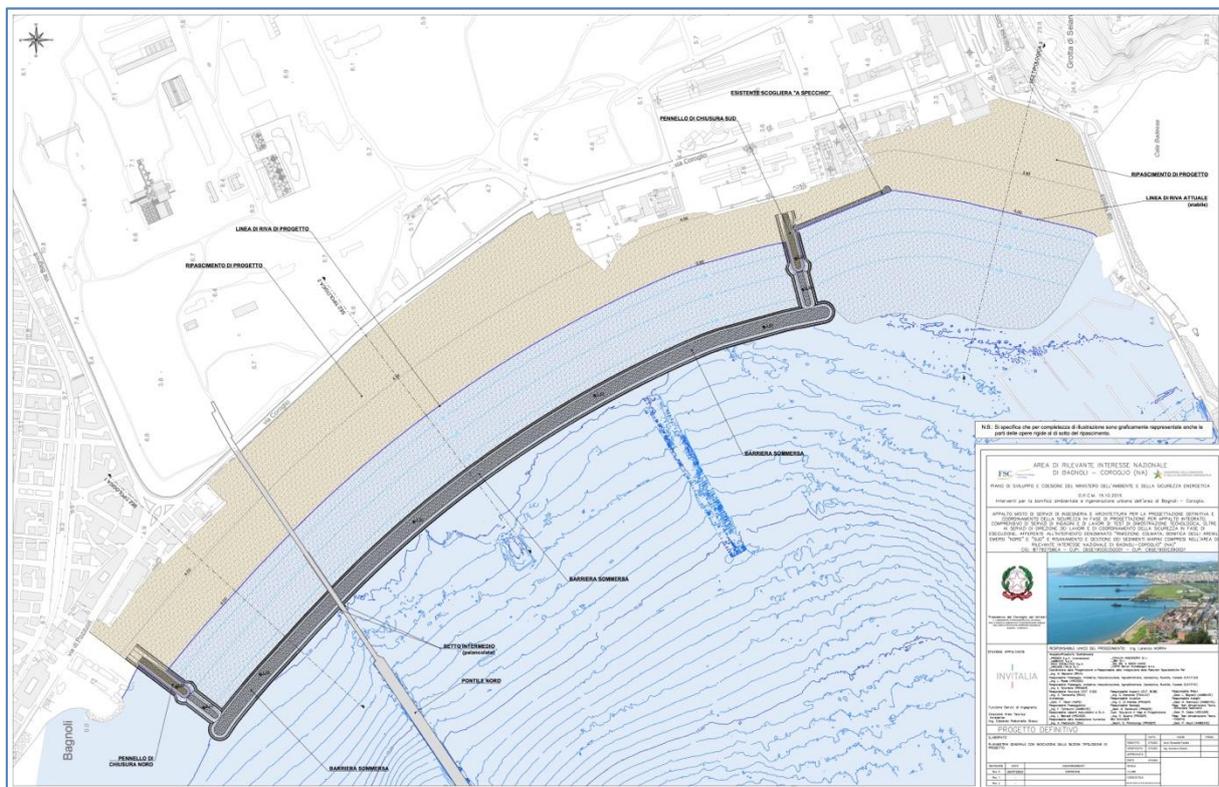


Figura 3.1: Layout di Progetto

La linea di riva (cfr. seguente §3.2) è stata determinata al fine di contemperare la giacitura prevista in sede "PRARU" con le esigenze di stabilità a lungo termine.

Nell'area oggetto di intervento di "tipo misto" con difesa a celle, le opere di stabilizzazione e protezione sono state minimizzate e ottimizzate facendo ampio ricorso all'ausilio dei più avanzati strumenti modellistici (cfr. elaborato 2021E022INV-01-D-00-GE-RS-REL-11-00) come segue:

- ✓ **Opere di stabilizzazione trasversali** (pennelli ortogonali alla linea di riva):
 - **Pennello di chiusura "Nord"**: coincidente con l'armatura di foce in sinistra idraulica dello scolmatore, assume la duplice funzione di assicurare officiosità idraulica alla suddetta foce nonché garantire la separazione fisica dell'area oggetto di realizzazione della nuova linea di riva mediante ripascimento con sedimenti privi di contaminanti dalle aree esterne caratterizzate da sedimenti nativi (contaminati); esso

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

coincide quindi con la conterminazione laterale fisica settentrionale dell'area di realizzazione della nuova linea di riva;

- **Pennello o Setto "Intermedio" (sotto pontile):** sfruttando la presenza del pontile esistente, quest'opera trasversale consente la parzializzazione dell'area di intervento misto, suddividendola in due celle con conseguente incremento delle condizioni di stabilità (in particolar modo della cella più piccola, situata a nord del setto intermedio);
- **Pennello di chiusura "Sud":** radicato in corrispondenza della testata settentrionale della storica "scogliera a mosaico", assume la medesima funzione di conterminazione del pennello di chiusura "Nord", garantendo adeguate condizioni di stabilità al ripascimento e il necessario isolamento rispetto alle aree esterne; esso coincide quindi con la delimitazione laterale fisica meridionale dell'area di realizzazione della nuova linea di riva.

✓ Opere di stabilizzazione longitudinali (scogliera parallela alla linea di riva):

- **Scogliera Sommersa:** al fine di garantire, nell'area oggetto di realizzazione della nuova linea di riva (i.e. fra i due pennelli di chiusura), le medesime condizioni di stabilità riconosciute nella zona meridionale già allo stato attuale, è stato necessario realizzare una barriera frangiflutti longitudinale, interamente sommersa, la cui sezione è stata ottimizzata mediante modellistica numerica. Nello specifico, previa approfondita caratterizzazione meteomarina del paraggio, è stato possibile verificare sotto quali condizioni la linea di riva "PRARU" potesse essere resa stabile sul lungo termine all'interno dell'area di intervento come sopra determinata; tali condizioni, scientificamente individuate, risultano garantite grazie alla previsione progettuale di una scogliera sommersa, imbasata sulla batimetria media -5,00 m. s.l.m. e con sviluppo parallelo alla nuova linea di riva, avente berma orizzontale superiore di larghezza pari a 20 m e sommergezza pari a -1,50 m s.l.m.m.; tale scogliera garantisce condizioni tendenziali di stabilità del litorale a tergo del tutto comparabili con le condizioni rilevate nel tratto riconosciuto stabile a sud (ove infatti non è prevista alcuna opera rigida di stabilizzazione). Nell'ottica di un'economia circolare che massimizzi il riuso di risorse non rinnovabili, si prevede il salpamento di tutte le scogliere radenti esistenti e la ricollocazione (previo adeguato trattamento di lavaggio ove necessario) dei relativi elementi lapidei in seno alla scogliera sommersa.

La definizione delle opere di stabilizzazione sopra descritte deriva da un processo iterativo di analisi progettuale nell'ambito del quale sono state analizzate anche possibili alternative sia in termini di giacitura che in termini di tipologia strutturale, pervenendo, tramite ottimizzazione, alla presente configurazione definitiva. A titolo esemplificativo si illustrano di seguito alcune valutazioni e considerazioni che hanno supportato la scelta del layout di progetto durante l'iter di concezione progettuale:

- ✓ Pennelli di chiusura: le opere trasversali di conterminazione dell'intervento sono state ridotte al minimo, limitandosi ai due pennelli di chiusura "Nord" e "Sud". Per ovvie necessità di contenimento dei materiali e isolamento rispetto alle aree esterne alla zona di ripascimento, i pennelli di chiusura devono essere emersi con berma posizionata a quote compatibili con le suddette finalità. Cionondimeno, si ha avuto cura di verificare che l'occupazione areale emersa dei pennelli, che saranno interamente realizzati in pietra naturale, sia sempre inferiore alla occupazione areale delle esistenti scogliere radenti, comportando così un obiettivo e misurabile miglioramento anche paesaggistico rispetto allo stato attuale – questo anche senza tener conto della circostanza, invero importante, che le scogliere radenti esistenti di fatto coincidono con la linea di riva, definendola allo stato di fatto, mentre i pennelli trasversali consentiranno di realizzare la nuova linea di spiaggia propriamente detta. Al fine di ottimizzare/minimizzare comunque l'inserimento paesaggistico e in diretta correlazione con l'andamento altimetrico del litorale ricostruito, i pennelli sono previsti con berma emersa per una lunghezza di 100 m a partire dalla radice, e proseguiranno con berma sommersa (e pertanto a impatto paesaggistico nullo) fino alla connessione con l'antistante scogliera (anch'essa totalmente sommersa) parallela alla nuova linea di riva. Dal punto di vista del posizionamento planimetrico, mentre il pennello "Nord" è collocato in maniera tale da assicurare adeguata officiosità idraulica alla foce dello scolmatore di Bagnoli (vedi sopra, assumendo quindi la doppia funzione di conterminazione del ripascimento ed armatura di foce in sinistra idraulica dello scarico), il pennello "Sud" è radicato in testata alla storica scogliera "a mosaico", della quale si prevede il mantenimento anche alla luce della circostanza che detta scogliera delimita di fatto l'area in cui, grazie alla protezione fornita dall'isolotto di Nisida, le condizioni idrodinamiche sono tali da assicurare già allo stato attuale un litorale stabile dotato già oggi di una linea di riva sabbiosa che diventerà pienamente fruibile previa bonifica dei sedimenti, ma mantenendo l'attuale configurazione.
- ✓ Pennello (Setto) Intermedio: la previsione di mantenimento del Pontile Nord in seno all'area di intervento (al contrario degli altri pontili di cui si prevede la demolizione), ha comportato l'opportunità di sfruttare tale circostanza per inserire un elemento stabilizzatore – i.e. un setto trasversale – in seno all'area di ripascimento senza alcuna refrenza di natura paesaggistica, potendo essere utilmente collocato al di sotto dell'impalcato

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

del pontile stesso. Inoltre, la particolare tipologia costruttiva individuata per la realizzazione di tale setto intermedio, risolve anche il problema connesso con la riconosciuta e oggettiva impossibilità di estendere le operazioni di rimozione della colmata (e successivi dragaggi/escavi degli arenili pre-esistenti) alle aree sottostanti il pontile, che risulta realizzato su una fitta rete di pali in c.a., peraltro interconnessi e controventati fra loro anche trasversalmente, che rendono di fatto inattuabile la movimentazione del sedime in corrispondenza del pontile stesso. Si provvederà quindi alla realizzazione di due setti paralleli in adiacenza ai due lati del pontile stesso (interasse costante pari a 10 m), che consentiranno l'isolamento del sedime ivi presente; in corrispondenza della colmata tali setti saranno realizzati mediante diaframmi/paratie in cemento armato, che saranno poi sostituiti a mare da due palancolati a partire dalla fine della colmata e fino al raggiungimento dei fondali immediatamente antistanti la scogliera sommersa; in questo modo si ottiene il doppio effetto di "isolare" il sedime di giacitura dei pali del pontile evitando la necessità di rimuoverlo nonché evitando la necessità di costruzione delle opere interferenti (scogliera).

- ✓ **Scogliera Sommersa:** analogamente a quanto illustrato sopra in relazione ai pennelli trasversali di chiusura, sussiste la necessità di garantire una adeguata conterminazione della zona di realizzazione della nuova spiaggia (sommersa) dalle aree esterne adiacenti verso il largo; una soluzione di continuità può essere ottenuta mediante la realizzazione di una c.d. "soglia", andando a configurare una "*perched beach*" (spiaggia "sospesa", cfr. precedente §3.1.5) nel caso in cui il piede del ripascimento non intercetti il fondale attuale ma si "appoggi" al paramento interno della stessa soglia; in relazione alla quota di sommergenza tipiche delle soglie, tale soluzione non avrebbe però garantito adeguate condizioni di stabilità a tergo della stessa, e quindi in corrispondenza del corpo di spiaggia costituente il ripascimento; in sede di sviluppo e ottimizzazione del layout di progetto è stato quindi necessario far "evolvere" la soglia fino a configurare una vera e propria scogliera sommersa avente funzione di barriera frangiflutti, traguardando l'ottenimento, a tergo della stessa e in corrispondenza della spiaggia ricostruita (emersa e sommersa), di condizioni idrodinamiche sotto mareggiata estrema del tutto assimilabili a quelle che già oggi si verificano nella zona meridionale, naturalmente ridossata dal promontorio di Nisida che, in quanto tale, non necessita di opere di stabilizzazione. In termini di giacitura, l'asse della scogliera è stato progettato equidistante dalla nuova linea di riva (vedi sotto), ottenendo così una spiaggia con andamento costante, "cilindrico" e regolare, molto più controllabile dal punto di vista progettuale. In estrema sintesi, la scogliera sommersa è stata progettata al fine di ottenere, nella zona di realizzazione della nuova spiaggia, le medesime condizioni di stabilità naturalmente presenti nella zona ridossata (più a sud).
- ✓ **Giacitura della linea di riva:** da quanto sopra descritto, ben si evince che la progettazione del ripascimento e delle relative opere di stabilizzazione è stata sviluppata mediante un approccio integrato e sinergico, partendo comunque dalla giacitura della linea di riva "PRARU" e traguardando, mediante i necessari accorgimenti progettuali, l'ottenimento di una linea di riva certamente stabile sul lungo termine ma sostanzialmente rispettosa delle scelte operate in sede di PRARU. Maggiori dettagli sul processo di definizione della nuova linea di riva sono riportati al seguente §3.2.

In seno all'area di intervento nel suo complesso e in funzione delle opere di stabilizzazione ottimizzate sopra descritte è stato quindi possibile definire le seguenti sotto-aree omogenee dal punto di vista delle condizioni di progettazione idraulico-marittima (vedi figura a seguire, da nord verso sud):

- ✓ **Microcella Nord:** tratto ricompreso fra il Pennello di chiusura "Nord" e il Pennello o Setto "Intermedio" (sotto pontile);
- ✓ **Macrocella "Ex Colmata":** tratto ricompreso fra il Pennello o Setto "Intermedio" (sotto pontile) e il Pennello di chiusura "Sud" (testata nord della scogliera "a mosaico");
- ✓ **Litorale Sud:** tratto ricompreso fra la testata sud della scogliera "a mosaico" e l'infrastruttura di chiusura dell'istmo di Nisida.

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023



Figura 3.3: Confronto stato di fatto – progetto su immagini satellitari

Dal confronto delle immagini sopra riportate (v. anche elaborato grafico “2021E014INV-01-D-02-OM-OM-PLA-04-00”) si evince immediatamente l'effetto finale delle opere progettate, consistente in un litorale ampio, senza alcuna barriera verso il mare, stabile e pienamente fruibile dalla cittadinanza, caratterizzato semplicemente da due ridotti pennelli emersi che definiscono lateralmente il nuovo arenile.

3.2 DEFINIZIONE DELLA GIACITURA PLANIMETRICA DELLA NUOVA LINEA DI RIVA

Considerando quale primo riferimento la giacitura della linea di riva come desumibile dal PRARU, mediante l'applicazione di adeguata modellistica numerica si è provveduto a individuare una procedura tecnicamente strutturata al fine di addivenire alla progettazione della nuova linea di riva che garantisca da un lato la stabilità a lungo termine della stessa linea in pianta e, dall'altro, una adeguata resilienza del corpo di spiaggia ricostruita emersa e sommersa tale da garantire stabilità e protezione dei fruitori del litorale anche e soprattutto scongiurando il rischio di esposizione ai materiali con caratteristiche inquinanti.

Dal punto di vista della progettazione layout-plan della linea di riva, l'applicazione del modello di evoluzione a lungo termine ha consentito di definire progettualmente una nuova linea di riva stabile che, rispetto alla linea di riva rappresentata graficamente nel PRARU, presenta alcuni lievi accorgimenti atti a garantire, appunto, la stabilità sul lungo termine.

Nello specifico, in riferimento all'intera estensione (pari a circa 1,4 km, comprensiva della “Microcella Nord” e della “Macrocella ex Colmata”), nella zona immediatamente a Sud del molo centrale attualmente presente, sussiste per circa 180 m una sostanziale coincidenza con la linea PRARU mentre alle estremità – in relazione all'orientamento della linea c.d. linea di “zero trasporto netto”, che corrisponde ad una rotazione di circa 6° in senso antiorario della linea PRARU – si prevede un lieve avanzamento nel tratto a nord e un corrispondente arretramento nel tratto a sud (entrambi dell'ordine di circa 30 m).

Si evidenzia che la configurazione di progetto della linea di riva garantisce una superficie di spiaggia emersa complessiva pari a 263.000 mq (= 26 ha), superiore ai 21,3 ha di cui alle previsioni PRARU (cfr. §2.1).

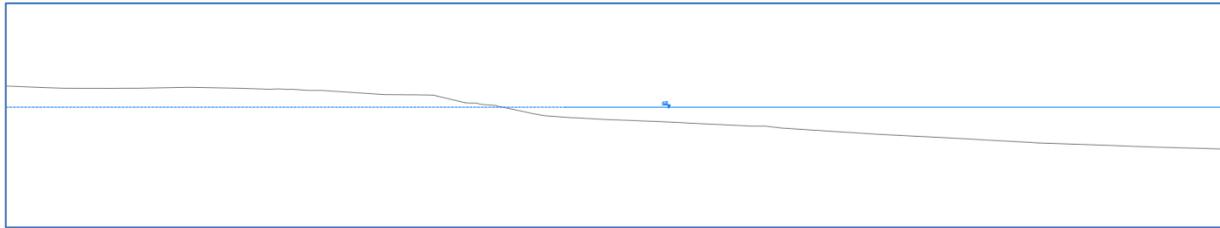
3.3 PROGETTAZIONE CONCETTUALE DELLA SEZIONE TIPOLOGICA DEL RIPASCIMENTO

Dal punto di vista della progettazione concettuale in sezione trasversale della spiaggia (*ferma restando la posizione della linea di riva come identificata, sezione per sezione, al precedente §3.2*), si è provveduto a sviluppare una procedura tale da ottenere una spiaggia che funga anche da ricoprimento in sicurezza degli arenili (emersi e sommersi) originari, al fine di scongiurare qualsiasi rischio per gli utenti e garantire la balneabilità in piena sicurezza della cittadinanza.

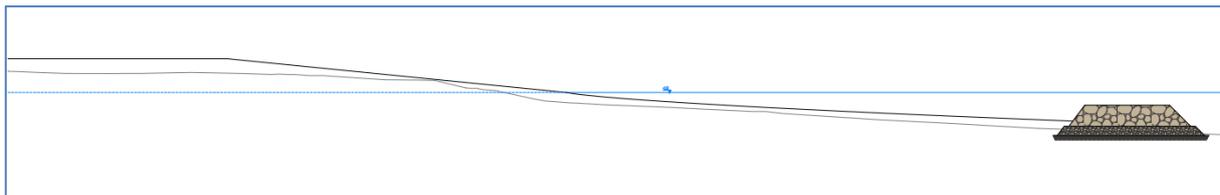
Nel dettaglio, sezione per sezione, la procedura si sviluppa secondo i seguenti step:

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

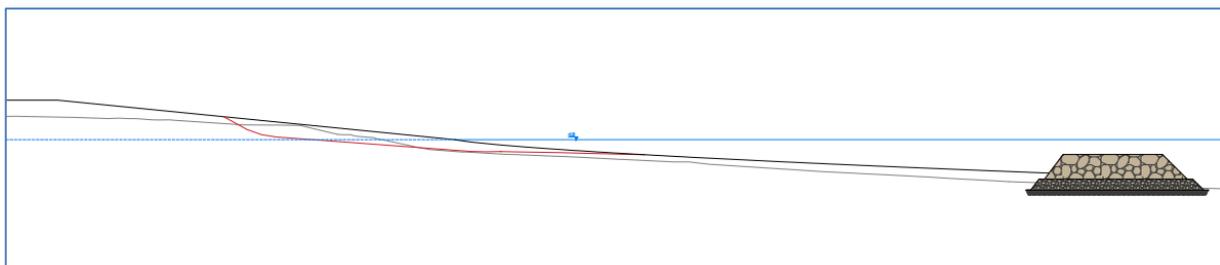
Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023



1. La superficie iniziale per la corretta sequenza concettuale di progettazione del ripascimento coincide con lo stato di fatto degli arenili emersi e sommersi, a valle dei salpamenti di tutte le scogliere esistenti nonché della totale rimozione della colmata (parte saturata e parte insaturata).



2. Viene quindi riportata la scogliera sommersa e la posizione della nuova linea di riva tratta dal layout-plan di progetto; la parte sommersa del ripascimento è definita dal profilo di DEAN (connesso con un D_{50} progettuale pari a 0,40 mm); la parte emersa è definita da una pendenza pari a 1:20 fino al raggiungimento della quota berma pari a +4,00 m s.l.m.m. (area nord colmata) e + 3,50 m s.l.m.m. (area sud colmata), che rimane costante verso monte.



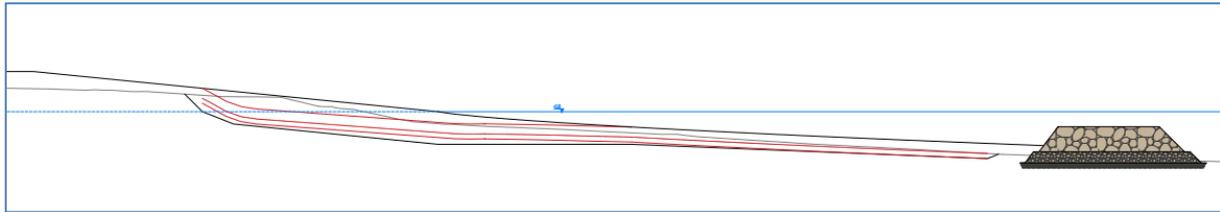
3. Attraverso l'applicazione di apposita modellistica numerica monodimensionale [cfr. elaborato 2021E022INV-01-D-00-GE-RS-REL-11-00] è stata valutata la modifica del profilo trasversale di sabbia, principalmente per effetto del trasporto *cross-shore*, in diverse condizioni di mareggiata e di livello del mare. In particolare, si è fatto riferimento a mareggiate relative a tempi di ritorno pari a 1, 5, 10, 50 e 100 anni, anche tra loro combinate, e a condizioni di livello variabili, comprese tra il livello minimo di marea astronomica ed il livello estremo, incrementato del sovrizzo previsto a causa dei cambiamenti climatici. Tale applicazione modellistica ha consentito di definire l'involuppo dei massimi scavi, garantendo così l'individuazione del **Comparto Dinamico**, ovvero di quella parte del volume di spiaggia emersa e sommersa che può essere movimentato nelle condizioni più gravose durante la vita utile dell'intervento.



4. In ossequio all'analisi di rischio condotta, si verifica se e dove (lungo l'intero sviluppo della sezione trasversale, e per ogni sezione dell'area di intervento) l'off-set di 100 cm della linea degli involuppi intercetta il fondale originario (sedimenti nativi, cfr. punto 1); nei tratti in cui la linea degli involuppi presenta sempre una potenza non inferiore a 100 cm sono garantite adeguate condizioni di sicurezza; nei tratti in cui ciò non avviene sarà necessario prevedere il dragaggio dei sedimenti nativi fino a ottenere le richieste condizioni di sicurezza;

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023



5. Nelle suddette aree in cui risulta necessario provvedere al dragaggio si provvede ad un ulteriore off-set di 50 cm per garantire il risultato tenendo altresì conto del c.d. "over-dredging", e la superficie così ottenuta viene infine regolarizzata e semplificata in pianta (avendo cura di contenere comunque le superfici sopra individuate sempre all'interno dei volumi da bonificare) al fine di fornire una superficie di dragaggio tecnicamente regolare ed eseguibile.

Il suddetto approccio integrato ha consentito di definire il progetto di dragaggio ed escavo dei sedimenti originari sommersi ed emersi in maniera tale che il successivo ripascimento presenterà, in ogni punto e in ogni momento della propria vita utile, uno spessore (potenza dello strato di sabbia di prestito priva di contaminanti) tale da garantire i fruitori del nuovo litorale nei confronti dei rischi connessi alle caratteristiche di contaminazione dei sedimenti originari.

Al fine di garantire comunque la separazione fisica (a prescindere dalla definizione del comparto dinamico sopra descritto) fra i sedimenti originari e quelli di prestito si provvederà alla stesa di geotessile tessuto non tessuto all'interfaccia fra il fondale e le aree emerse di versamento e il ripascimento, per tutta l'estensione dello stesso.

La progettazione concettuale della sezione tipologica dell'insieme spiaggia-barriera sommersa è stata concepita al fine di ottenere un effetto "spiaggia sospesa" ("perched beach"), imponendo la differenza altimetrica fra la sommergenza della berma orizzontale della scogliera sommersa e la quota del punto di appoggio del ripascimento sul paramento interno della stessa scogliera in maniera tale da non innescare alcun "effetto vasca", garantendo quindi adeguato ricambio idrico a tergo dell'opera di stabilizzazione longitudinale.

Definita la procedura concettuale come sopra illustrato, è quindi possibile illustrare la sequenza costruttiva dell'intervento, a partire dalla condizione iniziale ante-dragaggio (*stato di fatto degli arenili emersi e sommersi, a valle dei salpamenti di tutte le scogliere esistenti nonché della totale rimozione della colmata*), cui seguono appunto le operazioni di rimozione dei sedimenti, la realizzazione della scogliera sommersa e il ripascimento, secondo le fasi esecutive di seguito illustrate.

A fronte della evidente semplicità della sequenza costruttiva, si è visto come l'ottenimento di tale configurazione abbia per contro richiesto un certo sforzo concettuale al fine di individuare una procedura di progettazione alquanto innovativa, ma scientificamente rigorosa e il cui processo di formazione risulta perfettamente ripercorribile, che consentirà la realizzazione di una spiaggia sicura, stabile e duratura.

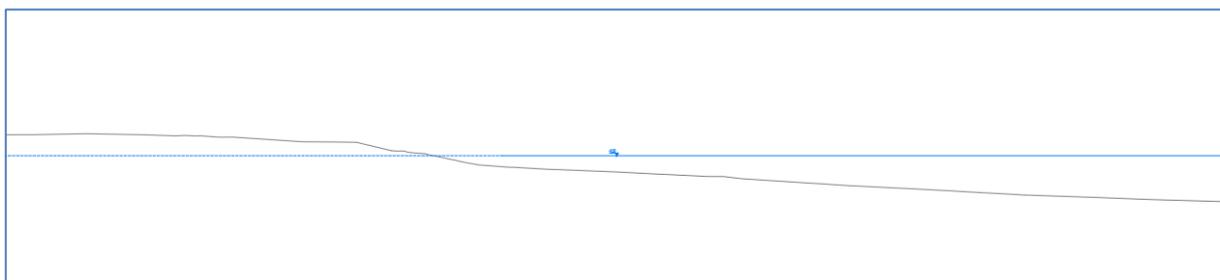


Figura 3.4: Condizione iniziale per intervento di dragaggio e ripascimento (arenili pre-esistenti a valle dei salpamenti e della rimozione della colmata)

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

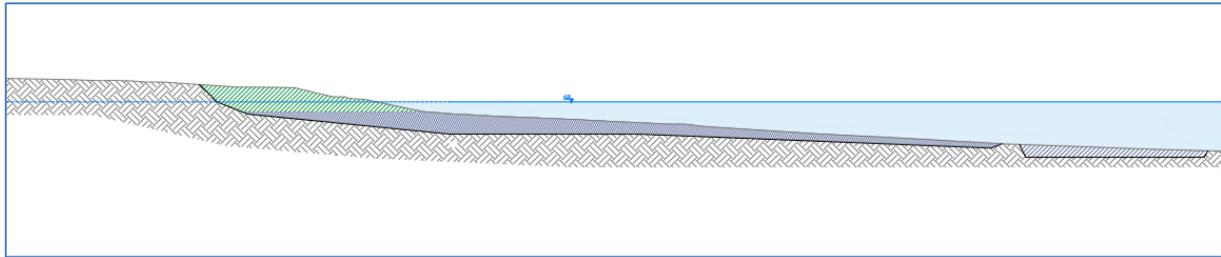


Figura 3.5: Definizione delle superfici da raggiungere mediante escavo/dragaggio (comparto dinamico e scanno di imbasamento scogliera sommersa) e relativi volumi

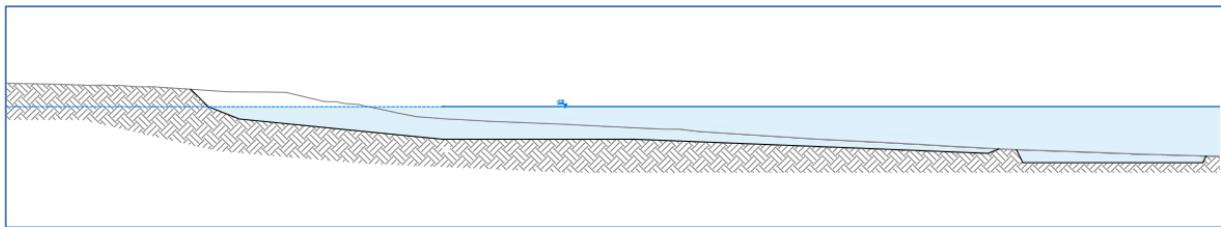


Figura 3.6: Sezione trasversale di spiaggia a seguito dell'intervento di escavo/dragaggio (comparto dinamico e scanno di imbasamento)

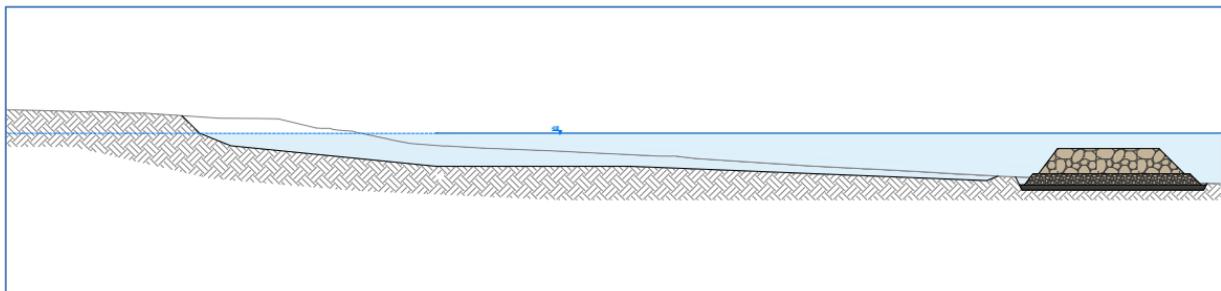


Figura 3.7: Realizzazione della scogliera sommersa parallela a riva e stesa di geotessile tessuto non tessuto all'interfaccia fra il fondale di versamento e il ripascimento per tutta l'estensione dello stesso

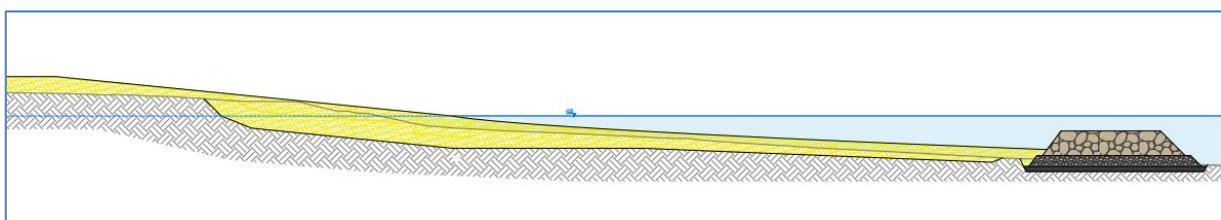


Figura 3.8: Realizzazione del ripascimento: sezione trasversale tipologica di progetto

Per quanto concerne gli aspetti progettuali degli interventi di dragaggio ed escavo, si rinvia all'apposito elaborato specialistico "Relazione tecnico-descrittiva dragaggi".

3.4 CONSIDERAZIONI SULLE FONTI DI PRESTITO DEL MATERIALE DA RIPASCIMENTO

Il materiale di prestito per la realizzazione sia della nuova linea di riva (*area di ripascimento propriamente detto, ricompresa fra i due pennelli di chiusura – Microcella Nord e Macrocella "Ex Colmata", cfr. §3.1.7*) che per la ricostruzione del litorale con mantenimento dell'attuale giacitura della linea di riva (*area "Litorale Sud", cfr. §3.1.7*) dovrà soddisfare le seguenti caratteristiche.

Dal punto di vista granulometrico, si prevede un $D_{50} = 0,40$ mm (sabbia media) e comunque non inferiore a detto

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

valore, da garantirsi quantomeno nella nel "Comparto Dinamico" (cfr. §3.3) e nella zona della spiaggia attiva per tutto lo spessore del ripascimento. La scelta di tale valore deriva dalla necessità di temperare esigenze di stabilità della spiaggia con una adeguata fruibilità della stessa, avendo a mente anche le caratteristiche delle potenziali fonti di prestito.

Dal punto di vista analitico, per quanto concerne i limiti di accettazione (che corrisponderanno anche ai limiti del successivo collaudo) del materiale per il ripascimento, la sabbia dovrà rispettare i limiti di Tab. 1 Colonna "A" del D.Lgs. 152/06 (limiti per "Siti ad uso verde pubblico, privato e residenziale"), e, per alcuni parametri (Arsenico, Berillio, Cobalto, Piombo, Organostannici, Vanadio e Zinco), i Valori di Fondo definiti per il Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Bagnoli, come da tabella allegata in Appendice "A". Per quanto concerne i parametri ecotossicologici previsti dal DM 173/2016 (e non dal D.Lgs 152/06) si prescriverà al futuro appaltatore l'esecuzione di specifiche analisi sulle fonti di approvvigionamento effettivamente selezionate.

In relazione alle potenziali fonti di prestito, dovendo assicurare il rispetto dei parametri ambientali sopra descritti, si rileva la necessità che in qualunque caso la fonte di prestito effettiva dovrà essere dotata di caratterizzazioni complete e coordinate con gli Enti preposti (ISPRA e ARPAC in primis).

In relazione all'attuale livello di progettazione e cognizione delle fonti (sia sottomarine che terrestri) e delle relative caratteristiche del materiale, è stato necessario prevedere una fonte primaria di origine terrestre, che coincide con la cava di prestito delle sabbie utilizzate durante la pregressa fase dei test sul *capping*, pertanto già autorizzata (cava "FMP" – C.da Santa Lucia s.n.c., Apice, BN – distanza dal sito di versamento Km 98,6) e certamente utilizzabile, che ha garantito la disponibilità di circa 1 milione di metri cubi approvvigionabili nell'arco di 2 anni (produzione giornaliera di circa 1.950 mc/gg). Al fine di non limitare ad un'unica fonte le valutazioni progettuali sviluppate nella presente fase, si è altresì provveduto ad effettuare apposita indagine di mercato onde individuare potenziali ulteriori cave terrestri.

Delle ulteriori diverse cave interpellate, al momento della stesura del presente documento si rileva il riscontro positivo della ditta Maiellaro (con sede sociale in via Luigi Pirandello, 29 – 84085 Mercato san Severino, Salerno e stabilimento in via S.P. di Nola – loc. Signorina di Polvica 80030 – Roccarainola, Napoli – distanza dal sito di versamento Km 40 circa), potenzialmente utilizzabile, che ha comunicato la possibilità di fornire circa 1.000 mc al giorno di sabbia lavata (e pertanto con una potenziale durata dei lavori di costruzione della spiaggia di circa 4 anni nell'ipotesi formale di utilizzo esclusivo di detta fonte di prestito).

In relazione sia ai costi che alle refluenze logistiche e ambientali connesse con l'utilizzo di cave terrestri, si è altresì indagata la possibilità di attingere a fonti di prestito sottomarine, con i conseguenti vantaggi economici e logistico-ambientali. Tale valutazione ha portato alla individuazione delle seguenti ulteriori potenziali fonti di prestito:

- cava sottomarina sita nei fondali antistanti la località di Termini Imerese (Palermo) su un fondale variabile da circa -80 m s.l.m.m. a circa -100 m s.l.m.m., posta a 368 Km (pari a circa 200 MN di navigazione) dal sito di versamento (Bagnoli), avente disponibilità volumetrica nell'ordine di decine di milioni di mc con caratteristiche granulometriche adeguate e analisi ambientali effettuate nel passato che necessiterebbero di un aggiornamento e integrazione sotto il coordinamento degli Enti preposti (ISPRA e ARPAC); si rileva che nel caso di adozione di una siffatta fonte di prestito, il ciclo di dragaggio, trasporto e versamento operato con una draga TSHD con capacità di 18.000 mc sarebbe di circa 31 settimane (quindi circa 8 mesi) per dare in sagoma la totalità dei sedimenti necessari – pari a circa 1,4 milioni di mc – con una produzione giornaliera equivalente di circa 6.450 mc/giorno, notevolmente superiore a quanto attuabile con fonti terrestri (vedi sopra), e con tutti i conseguenziali vantaggi che si possono ben immaginare. A titolo esemplificativo si riporta in Appendice "B" l'analisi prezzo relativa all'utilizzo di tale fonte di prestito, elaborata in applicazione delle Linee Guida internazionali CIRIA C684 "Cost Standards for Dredging Equipment" (2009, agg.to 2023).

Considerato quanto sopra esposto in termini di formale previsione delle fonti di prestito da adottarsi in sede progettuale (CME), si ritiene di particolare importanza evidenziare le variazioni in termini di costi che si concretizzerebbero nel caso di utilizzo di fonti sottomarine. In particolare, sulla base dell'AP allegata in Appendice "B", è stato sviluppato il costo del ripascimento nell'ipotesi in cui si potesse fornire il 100% del materiale di prestito dalla cava sottomarina di Termini Imerese; da un semplice calcolo si evince quanto segue:

- **cava terrestre** (FMP, utilizzata quale fonte primaria nel CME di progetto, nell'ipotesi di unica fonte di prestito):
[prezzo unitario = 51,02 €/mc] x [volume totale = 1.468.000 mc] = costo totale = 74.897.360,00 €
- **cava sottomarina** (Termini Imerese, nell'ipotesi unica fonte di prestito):
[prezzo unitario = 33,13 €/mc] x [volume totale = 1.468.000 mc] = costo totale = 48.634.840,00 €

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

○ **DIFFERENZA DI COSTO RIPASCIMENTO CON CAVA SOTTOMARINA = 26.262.520,00 €**

Si evince pertanto immediatamente quali siano i vantaggi anche economici (oltre che ovviamente logistici e prioritariamente ambientali) connessi con l'adozione di fonti di prestito sottomarine: **a fronte della necessità di esecuzione di indagini volte alla adeguata caratterizzazione di tali materiali, stimabili dell'ordine di grandezza delle decine di migliaia di euro, in termini di lavori si otterrebbero risparmi per diverse decine di milioni di euro.**

- cava sottomarina sita nei fondali antistanti la località di Torvaianica, al largo di Capo d'Anzio, su un fondale inferiore ai 100 m, posta a 150 Km (pari a circa 80 MN di navigazione) dal sito di versamento (Bagnoli), avente disponibilità volumetrica da ridefinire a seguito degli interventi già eseguiti, ma con caratteristiche granulometriche adeguate a lle necessità; anche in questo caso, la caratterizzazione ambientale è da attuarsi ex novo, sotto coordinamento degli Enti preposti (ISPRA e ARPAC); rispetto alla cava di Termini Imerese, i vantaggi della cava sottomarina sarebbero ancora maggiori, sia in termini di tempi di esecuzione che di impatto ambientale oltre che ovviamente in termini di costi (vedi sopra);
- altre cave sottomarine: in base a pregresse attività di indagine, prevalentemente realizzate dalla Regione Lazio, sono state individuate molte cave marine di caratteristiche affini a quelle di Torvaianica, anche nella zona di Baia Domizia e Mondragone; è assai probabile che ulteriori indagini in tali aree possano individuare cave di prestito più prossime all'area di intervento e quindi più convenienti sia in termini economici che ambientali. Si ribadisce che per poter assicurare l'utilizzo delle suddette fonti si renderà necessario integrare e/o effettuare ex novo adeguate campagne di caratterizzazione da coordinarsi con gli Enti competenti (in primis ISPRA e ARPAC, vedi sopra). A fronte dell'onerosità di tali indagini di campo e di laboratorio, si ritiene che i vantaggi economici (in termini di riduzione del costo per unità di volume di materiale collocato in sagoma), temporali (in termini di durata delle operazioni) e soprattutto ambientali (in termini di riduzione degli impatti connessi con la necessità di conferimento del materiale proveniente da fonti terrestri tramite autocarri su gomma con conseguente inquinamento e incremento del traffico sulla viabilità locale) siano tali da suggerire quantomeno un approfondimento di tale possibilità nelle sedi opportune.

Si ribadisce che per poter assicurare l'utilizzo delle suddette fonti si renderà necessario integrare e/o effettuare ex novo adeguate campagne di caratterizzazione da coordinarsi con gli Enti competenti (in primis ISPRA e ARPAC, vedi sopra). A fronte dell'onerosità di tali indagini di campo e di laboratorio, si ritiene che i vantaggi economici (in termini di riduzione del costo per unità di volume di materiale collocato in sagoma), temporali (in termini di durata delle operazioni) e soprattutto ambientali (in termini di riduzione degli impatti connessi con la necessità di conferimento del materiale proveniente da fonti terrestri tramite autocarri su gomma con conseguente inquinamento e incremento del traffico sulla viabilità locale) siano tali da suggerire quantomeno un approfondimento di tale possibilità nelle sedi opportune.

3.5 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI STABILIZZAZIONE

Rinviando per maggiori dettagli tecnici e di dimensionamento agli elaborati grafici e alla relativa Relazione Tecnica, si riportano di seguito sinteticamente le caratteristiche costruttive delle opere di stabilizzazione.

3.5.1 Pennello di Chiusura "Nord"

La soluzione progettuale prevede la realizzazione di un pennello di chiusura a nord dell'area di intervento con la funzione di intercettare il trasporto solido per tutta la lunghezza degli stessi e fino alla barriera sommersa. Il pennello sarà costituito da:

- Un doppio strato di massi naturali di terza categoria (3-7 tonnellate), spessore minimo pari a 2.50 m;
- Uno strato filtro in massi naturali di prima categoria (50-1500kg), spessore minimo 1.10 m;
- Uno scanno di imbasamento di 50cm di tout venant al fine di evitare la risalita del terreno di fondazione nella mantellata.
- Uno strato di geocomposito al fine di evitare la risalita del terreno di fondazione nello stato di filtro di tout venant. Le caratteristiche di tale strato saranno le seguenti:
 - resistenza a trazione longitudinale trasversale EN ISO 10319 > 50 KN/m
 - apertura maglia ai fini della filtrazione: 0.1 mm;
 - Peso: 270 gr/mq

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

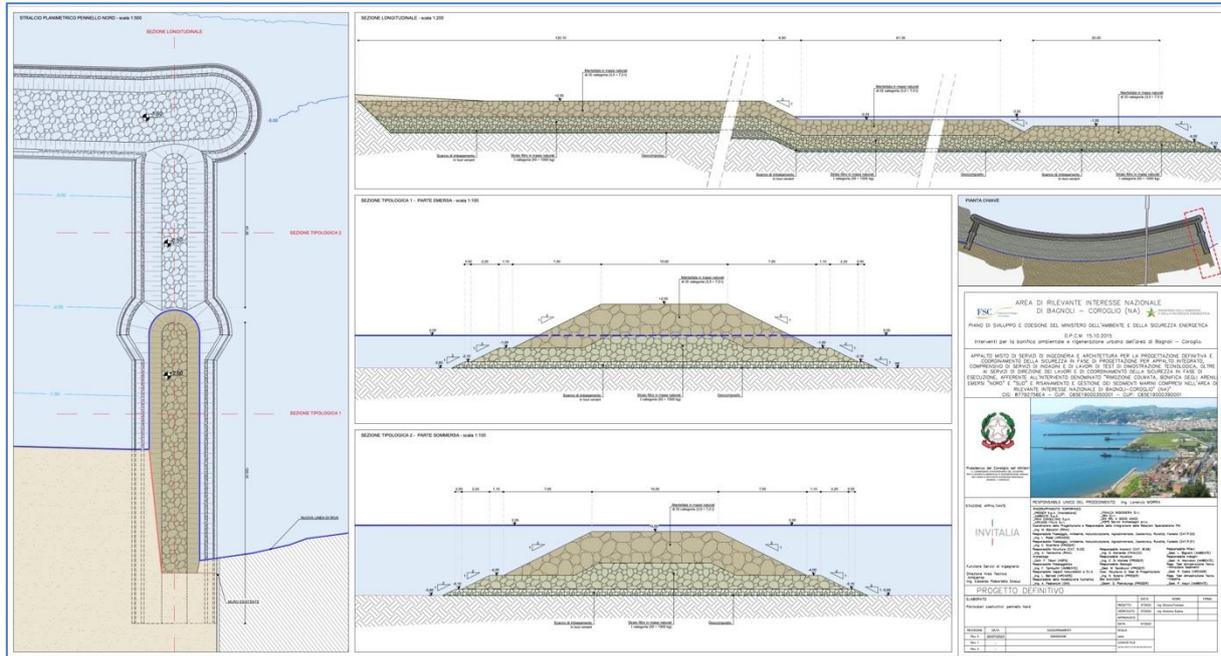


Figura 3.9: Particolari costruttivi Pennello di Chiusura “Nord”

3.5.2 Setto “Intermedio”

Come già accennato sopra (cfr. §3.1.7), il setto intermedio assume anche funzione di elemento isolante per il sedime presente in corrispondenza del pontile Nord che verrà mantenuto. Rimandando all’elaborato specialistico dedicato, il setto intermedio è costituito da una coppia di diaframmi realizzati mediante paratie in c.a. nel tratto di ricadenza in seno alla colmata e da palancolato nel tratto a mare antistante la colmata; quest’ultima tipologia si estende fino a qualche metro oltre il piede della scogliera sommersa, in modo da svincolare la realizzazione delle opere costiere (scogliera, ripascimento) dalla presenza del sedime di infissione dei pali del Pontile “Nord”.

3.5.3 Pennello di Chiusura “Sud”

La soluzione progettuale prevede la realizzazione di un pennello di chiusura a sud dell’area di intervento radicato in corrispondenza della testata settentrionale della storica “scogliera a mosaico”, assume la medesima funzione di conterminazione del pennello di chiusura “Nord”, garantendo adeguate condizioni di stabilità al ripascimento e il necessario isolamento rispetto alle aree esterne; esso coincide quindi con la delimitazione laterale fisica meridionale dell’area di realizzazione della nuova linea di riva..

Con riferimento alle sezioni tipologiche il pennello sarà costituito da:

- Un doppio strato di massi naturali di terza categoria (3-7 tonnellate), spessore minimo pari a 2.50 m;
- Uno strato filtro in massi naturali di prima categoria (50-1500kg), spessore minimo 1.10 m;
- Uno scanno di imbasamento di 50cm di tout venant al fine di evitare la risalita del terreno di fondazione nella mantellata.
- Uno strato di geocomposito al fine di evitare la risalita del terreno di fondazione nello stato di filtro di tout venant. Le caratteristiche di tale strato saranno le seguenti:
 - resistenza a trazione longitudinale trasversale EN ISO 10319 > 50 KN/m
 - apertura maglia ai fini della filtrazione: 0.1 mm;
 - Peso: 270 gr/mq

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

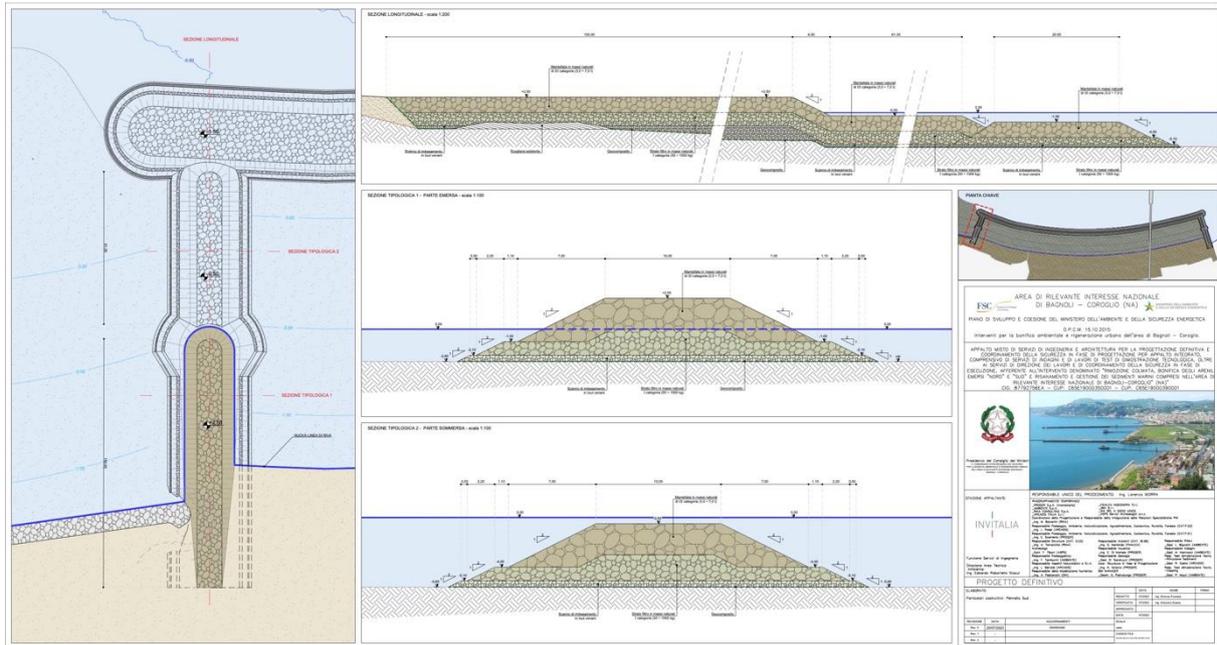


Figura 3.10: Particolari costruttivi Pennello di Chiusura “Sud”

3.5.4 Scogliera Sommersa

La soluzione progettuale prevede la realizzazione di una scogliera sommersa che analogamente a quanto illustrato sopra in relazione ai pennelli trasversali di chiusura, garantisce una adeguata conterminazione della zona di realizzazione della nuova spiaggia (sommersa) dalle aree esterne adiacenti verso il largo; essa creerà una “perched beach” (spiaggia “sospesa”) in quanto il piede del ripascimento non intercetta il fondale attuale ma si appoggia al paramento interno della stessa soglia.

Con riferimento alle sezioni tipologiche la barriera sarà costituita da:

- Un doppio strato di massi naturali di terza categoria (3-7 tonnellate), spessore minimo pari a 2.50 m;
- Uno strato filtro in massi naturali di prima categoria (50-1500kg), spessore minimo 1.10 m;
- Uno scanno di imbasamento di 50cm di tout venant al fine di evitare la risalita del terreno di fondazione nella mantellata.
- Uno strato di geocomposito al fine di evitare la risalita del terreno di fondazione nello stato di filtro di tout venant. Le caratteristiche di tale strato saranno le seguenti:
 - resistenza a trazione longitudinale trasversale EN ISO 10319 > 50 KN/m
 - apertura maglia ai fini della filtrazione: 0.1 mm;
 - Peso: 270 gr/mq

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

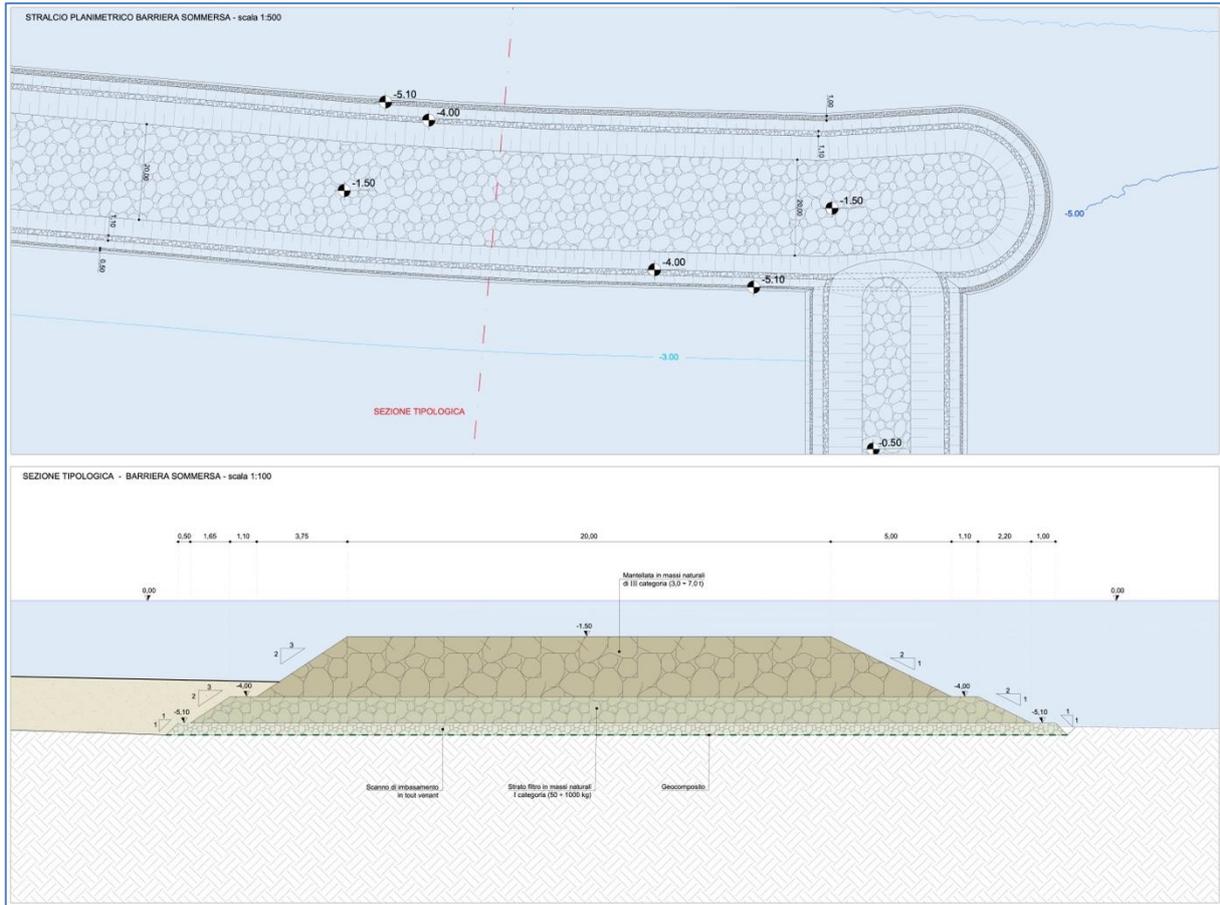


Figura 3.11: Particolari costruttivi Scogliera Sommersa

Appendice A

Limiti di accettazione del materiale da ripascimento

**Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-
REL-01-01 – Agosto 2023**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-REL-01-01 – Agosto 2023

Parametro	udm	D.Lgs. 152/2006 Tab. 1 All. 5 Parte Quarta Col A - Siti ad uso verde pubblico, privato, residenziale o Limiti ISS + Valori di fondo naturale ARIN Bagnoli
IDROCARBURI C<12 (6<C<12)	mg/Kg	10
IDROCARBURI C>12 (C12-C40)	mg/Kg	50
ANTIMONIO	mg/Kg	10
ARSENICO	mg/Kg	29
BARIO	mg/Kg	150
BERILLIO	mg/Kg	9
CADMIO	mg/Kg	2
COBALTO	mg/Kg	120
CROMO TOTALE	mg/Kg	150
CROMO ESAVALENTE	mg/Kg	2
MERCURIO	mg/Kg	1
NICHEL	mg/Kg	120
PIOMBO	mg/Kg	103
RAME	mg/Kg	120
SELENIO	mg/Kg	3
STAGNO	mg/Kg	14
COMPOSTI ORGANOSTANNICI	mg/Kg	14
TALLIO	mg/Kg	1
VANADIO	mg/Kg	100
ZINCO	mg/Kg	158
CIANURI	mg/Kg	1
FLUORURI	mg/Kg	100
BENZO(a)ANTRACENE	mg/Kg	0,5
BENZO(a)PIRENE	mg/Kg	0,1
BENZO(b)FLUORANTENE	mg/Kg	0,5
BENZO(j)FLUORANTENE	mg/Kg	0,5
BENZO(g,h,i)PERILENE	mg/Kg	0,1
BENZO(k)FLUORANTENE	mg/Kg	0,5
CRISENE	mg/Kg	5
DIBENZO(a,e)PIRENE	mg/Kg	0,1
DIBENZO(a,h)ANTRACENE	mg/Kg	0,1
DIBENZO(a,h)PIRENE	mg/Kg	0,1
DIBENZO(a,i)PIRENE	mg/Kg	0,1
DIBENZO(a,l)PIRENE	mg/Kg	0,1
INDENO(1,2,3-CD)PIRENE	mg/Kg	0,1
PIRENE	mg/Kg	5
SOMMATORIA IPA	mg/Kg	10
NAFTALENE	mg/Kg	5
ACENAFTILENE	mg/Kg	5
ACENAFTENE	mg/Kg	5
FLUORENE	mg/Kg	5
FENANTRENE	mg/Kg	5
ANTRACENE	mg/Kg	5
FLUORANTENE	mg/Kg	5
SOMMATORIA PCB	mg/Kg	0,06
BENZENE	mg/Kg	0,1
ETILBENZENE	mg/Kg	0,5
XILENE	mg/Kg	0,5
STIRENE	mg/Kg	0,5
TOLUENE	mg/Kg	0,5
SOMMATORIA SOLVENTI ORGANICI AROMATICI	mg/Kg	1
SOMMATORIA PCDD, PCDF	ng-I-TEQ/kg	10

Appendice B

Analisi Prezzo – materiale di prestito ripascimento da cava sottomarina di Termini Imerese

**Codice Elaborato 2021E014INV-01-D-02-RI-RS-
REL-01-01 – Agosto 2023**

RELAZIONE ILLUSTRATIVA – Intervento di Ripascimento e relative Opere di Stabilizzazione

Appendice B

ANALISI PREZZI					
		Articolo:		AP.01	
DESCRIZIONE		Unità di misura	Quantità	Prezzo Elementare	Importo
Fornitura e posa in opera di sabbia proveniente da Cava marina relitta di Termini Imerese autorizzata dalle autorità competenti. Il ripascimento artificiale sarà composto da sabbia del diametro medio dei granuli compreso tra 0.4 e 0.5 mm, inalterabile all'acqua e al gelo, fornito in opera entro e fuori acqua a qualsiasi profondità dal l.m.m, compreso trasporto, collocamento in opera e messa in sagoma secondo elaborati progettuali.					
• MATERIALI A PIE' D'OPERA					
Costo della sabbia franco cava Arenaria		mc	1	€ 4,00	€ 4,00
• NOLO CONVOGLIO					
Costo draga (TSHD 18000 mc) settimanale compreso di ammortamento,grandi riparazioni assicurazione personale e carburante		€/week	1	€ 841.235,60	
Costo settimanale stand by draga		€/week	1	€ 655.626,24	
• COSTO CICLO DRAGAGGIO					
Costo attrezzature per quantitativo dato (durata intervento 22,65 week)		€	1	€ 19.053.986,34	
Costo Stand-by (5,66 week)		€	1	€ 3.710.844,52	
Costo Mob/demob (2 week)		€	1	€ 1.682.471,20	
Costo complessivo al mc		mc	1	€ 17,46	€ 17,46
Costo della movimentazione delle sabbie dalla draga alla spiaggia. Tubazione di refluitamento dalla batimetrica -15 s.l.m.m alla LDR (Distanza circa 600m)		mc	1	€ 3,00	€ 3,00
CAM23_AT.E.01.009C - Pala meccanica gommata o cingolata: potenza fino a 60 kW		h	0,0583	€ 29,55	€ 1,72
• SPESE GENERALI (15%)					
					€ 3,93
• UTILE DELL'IMPRESA (10%)					
					€ 3,01
Importo totale dell'analisi					€ 33,13
Prezzo di applicazione (Euro/mc)					€ 33,13

