



## PROGETTO ESECUTIVO

CUP: G65F20001560006

CIG: C.A.: A03B6D251B

### PORTO DI NAPOLI - PROLUNGAMENTO E RAFFORZAMENTO DELLA DIGA FORANEA DUCA D'AOSTA LOTTO A: PROLUNGAMENTO I E II STRALCIO

ELAB. N°	TITOLO ELABORATO	SCALA
0101	<b>WBS 0 - GENERALE</b> Elaborati Generali Relazione Generale	-

COD. PROG	AMBITO	OPERA	DISCIPLINA	FASE	ELAB.N°	REV.	NOME FILE
2311NA	GE	N	D	PE	0101	C0	2311NA-GE-N-D-PE-0101-C0

REVISIONE	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	CONTROLLATO	APPROVATO
C0	23/05/2024	Emissione per approvazione	M. Schembri	M. Migliorino	G. Migliorino

Responsabile Unico del Procedimento:

Ing. Rosa Palmisano

Impresa Appaltatrice: R.T.I.



**FINCOSIT**



Progettista Indicato:



Responsabile dell'integrazione delle prestazioni specialistiche:

Ing. Guglielmo Migliorino

## INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	INSERIMENTO DELL'INTERVENTO SUL TERRITORIO .....	9
2.1	Aspetti paesaggistici .....	12
2.2	Aspetti della morfodinamica costiera.....	13
2.3	Aspetti ambientali .....	18
3	DESCRIZIONE SINTETICA DELLE INFRASTRUTTURE DI DIFESA ESISTENTI 18	
4	PRESCRIZIONI AMBIENTALI – VERIFICHE DI OTTEMPERANZA .....	21
5	ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI.....	24
5.1	Modello geologico di riferimento.....	24
5.2	Indagini disponibili.....	25
5.3	Caratterizzazione geotecnica.....	27
5.4	Caratterizzazione dei sedimenti sui fondali dell'area di intervento.....	30
6	ASPETTI TECNICI.....	31
6.1	Ricognizione di ordigni bellici .....	31
6.2	Aspetti meteomarini .....	32
6.2.1	Inquadramento geografico del paraggio.....	34
6.2.2	Definizione del clima di moto ondoso al largo del Porto di Napoli.....	35
6.2.3	Propagazione sotto costa della serie di dati ondometrici.....	36
6.2.4	Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso .....	37
6.2.5	Analisi del regime dei livelli e analisi degli estremi congiunti moto ondoso-livelli ..	39
6.3	Tracimazione e aspetti di durabilità e sicurezza .....	40
6.4	Aspetti sismici.....	42
6.5	Impianti .....	43
6.6	Rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM).....	43
7	DESCRIZIONE DELLE OPERE NEL PROGETTO DEFINITIVO .....	45
7.1	Descrizione sintetica degli obiettivi e delle opere del PD.....	45
8	DESCRIZIONE DELLE OPERE NEL PROGETTO ESECUTIVO.....	50
8.1	Verifiche di capacità portante dei cassoni, di stabilità delle opere ed entità dei cedimenti	56
8.1.1	Verifiche di stabilità dei cassoni .....	60
8.1.2	Verifiche di stabilità globale.....	60
8.1.3	Verifica a carico limite .....	61
8.1.4	Analisi dei cedimenti .....	61
8.2	Monitoraggi geotecnici .....	63
9	BILANCIO DELLE MATERIE .....	64
10	SEGNALAMENTI MARITTIMI.....	65
10.1	Fanale rosso.....	66
10.2	Segnalamenti luminosi temporanei .....	66
10.2.1	Boe luminose di colore giallo .....	67
10.2.2	Boe luminose di colore rosso/verde .....	68
10.2.3	Sistemi di ormeggio delle boe Jumper .....	69
11	ORGANIZZAZIONE DELL'AREA DI CANTIERE .....	69
11.1.1	Area logistica di cantiere.....	69
11.1.2	Area di cantiere in banchina di levante.....	71
11.1.3	Area di cantiere in testata alla diga esistente .....	71
11.1.4	Specchio acqueo per stoccaggio provvisorio del cassone in galleggiamento .....	72
11.2	Area di prefabbricazione dei cassoni cellulari presso il Porto di Bari .....	72
11.3	Censimento e progetto di risoluzione delle interferenze .....	75
11.4	Cave e discariche .....	75
11.5	Fasizzazione.....	77
11.5.1	Fasi realizzative di imbasamento dei cassoni.....	78



11.5.2	Fasi realizzative di posa in opera dei cassoni e realizzazione della sovrastruttura	80
11.6	Modalità di gestione dei rifiuti prodotti in fase di cantiere.....	84
11.7	Mezzi d'opera .....	86
11.7.1	Mezzi d'opera terrestri .....	86
11.7.2	Mezzi d'opera marittimi .....	87
12	CRONOPROGRAMMA.....	88
13	PREZZI UNITARI E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO.....	89
14	COSTO E DURATA DELLE OPERE .....	89

## **INDICE FIGURE**

Figura 1-1 - Porto di Napoli – Inquadramento – Lavori di prolungamento LOTTO A.....	4
Figura 2-1 - Stralcio del vigente Piano regolatore del Porto di Napoli (1958) .....	9
Figura 2-2 - Stralcio del Masterplan 2018 (soppresso) del Porto di Napoli che prevedeva la colmata ed il prolungamento della diga foranea di 900 m .....	11
Figura 2-3 - Stralcio pianificazione aree portuali porto di Napoli estratto dal DPSS approvato nel 2022.....	12
Figura 2-4 - Vista d'insieme del tratto di litorale oggetto di studio, margine sud-orientale del comune di Napoli (quartiere di San Giovanni a Teduccio), ricompreso per gli aspetti geomorfologici nell' U. F. di Torre del Greco.....	15
Figura 2-5 - Aerofoto Bing Maps 2017 dell'area di interesse con digitalizzazione delle linee di riva storiche (1988-2017) su piattaforma QGIS per l'analisi diacronica delle linee di riva .....	16
Figura 3-1 – Porto di Napoli.....	19
Figura 3-2 - Sezione tipologica antemurale Thaon de Revel .....	19
Figura 3-3 - Sezioni tipologiche diga Duca d'Aosta.....	20
Figura 4-1 – Condizione Ambientale n. 1.....	22
Figura 4-2 – Condizione Ambientale n. 2.....	23
Figura 4-3 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100000, foglio n°184 .....	24
Figura 4-4 - Sezione geologica.....	25
Figura 4-5 - Profilo stratigrafico tracciato sulla proiezione del prolungamento ad Est della Diga Duca D'Aosta .....	28
Figura 4-6 - Composizione delle colonne stratigrafiche, con indicazioni relative a campioni indisturbati e SPT.....	28
Figura 6-1 – Planimetria bonifica ordigni bellici.....	32
Figura 6-2 – Inquadramento geografico Baia di Napoli.....	34
Figura 6-3 – Fetch geografici e fetch efficaci .....	35
Figura 6-4 – Rosa ondometrica annuale.....	36
Figura 6-5 – Punto sotto costa P0 – Distribuzione degli eventi di moto ondoso con altezza d'onda superiore a 0,5 m. ....	37
Figura 6-6 – Valori al colmo delle mareggiate – settore di traversia principale e secondario ....	38
Figura 6-7 – Elaborazioni statistiche per il settore di traversia principale e secondario.....	38
Figura 7-1 – Prolungamento della diga foranea Duca d'Aosta I° e II° stralcio - Vista assonometria .....	46
Figura 7-2 – Planimetria delle opere.....	46
Figura 7-3 – Sezione tipologica .....	47
Figura 7-4 – Sezione di testata.....	48
Figura 8-1 – Diga a parete verticale.....	52
Figura 8-2 – Sezione tipologica del cassone di tipo A.....	53
Figura 8-3 – Sezione del cassone di testata – Cassone di tipo B .....	54
Figura 8-4 – Particolare costruttivo dentellatura.....	55
Figura 8-5 – Particolare dei giunti.....	55
Figura 8-6 – Particolare delle chiavi di taglio .....	56

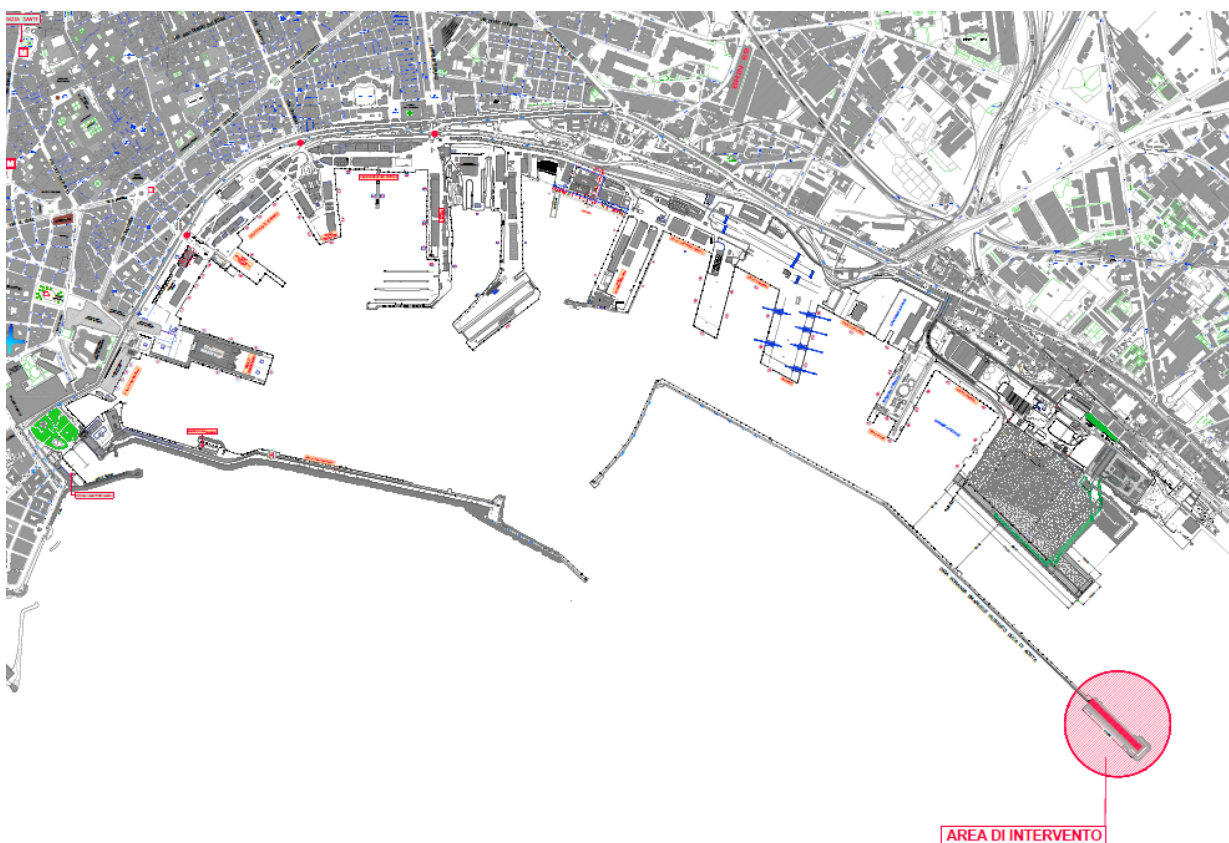
Figura 11-1 – Planimetria di ubicazione dell'area logistica di cantiere .....	70
Figura 11-2 – Area logistica di cantiere .....	70
Figura 11-3 – Area di cantiere in banchina di levante .....	71
Figura 11-4 – Area di cantiere in testata alla diga esistente a servizio dell'area operativa .....	72
Figura 11-5 – Inquadramento generale area di prefabbricazione cassoni e ormeggio bacino galleggiante Delfino .....	73
Figura 11-6 – Area di prefabbricazione cassoni cellulari e ormeggio bacino galleggiante Delfino nel Porto di Bari.....	74
Figura 11-7 - Piano Regionale Attività Estrattive (PRAE Campania) - Tavola 7 "Litotipi estraibili" .....	76
Figura 11-8 – Planimetria delle cave .....	77
Figura 11-9 – Fase 1 - Salpamento da progressiva 0,00 a progressiva 60,00 della porzione di scogliera esistente.....	78
Figura 11-10 – Fase 2 – Posa geotessuto e realizzazione strato di pietrame 50-150 mm con spessore 50 cm.....	79
Figura 11-11 – Fase 3 – Formazione scanno di imbasamento fino a quota – 15,00 m.s.l.m.m. con pietrame 100-500 kg e disposizione massi naturali 1 – 3 t.....	79
Figura 11-12 – Fase 4.1 - Affondamento in opera dei cassoni cellulari prefabbricati in c.a. a quota -15,00 m.s.l.m.m. mediante l'immissione di acqua.....	81
Figura 11-13 – Fase 4.2 - Stabilizzazione con zavorra solida.....	82
Figura 11-14 – Fase 4.3 - Realizzazione sovrastruttura a quota + 3,00 m s.l.m.m. e muro paraonde con quota di sommità +7,30 m s.l.m.m. ....	83
Figura 11-15 – Fase 5 - Posa in opera dei massi guardiani prefabbricati in c.a. ....	83
Figura 11-16 – Fase 6 - Formazione scogliera di rivestimento dello scanno di imbasamento (lato porto doppio strato di massi 3-7 t; lato mare doppio strato di massi 7-10 t su uno strato di transizione di massi naturali in triplice strato 1-3 t) .....	84
Figura 12-1 - Stralcio cronoprogramma di progetto .....	88

## **INDICE TABELLE**

Tabella 4-1 – Terreni in sito – Parametri geotecnici caratteristici di riferimento.....	29
Tabella 4-2 – Materiali da costruzione – Parametri geotecnici caratteristici di riferimento.....	30
Tabella 6-1 – altezza d'onda in funzione del tempo di ritorno – settore di traversia principale e secondario – condizioni a largo e condizioni a riva .....	39
Tabella 6-2 - valori di sovrizzo di tempesta e marea meteorologica.....	39
Tabella 6-3 - Portate di tracimazione .....	41
Tabella 6-4 - Porto di Napoli – Valutazione dell'azione sismica – Valori di riferimento per verifica delle opere .....	43
Tabella 8-1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni secondo la §Tab. 6.2.I del DM 17/01/2018.....	57
Tabella 8-2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno secondo la § Tab. 6.2.II del DM 17/01/2018.....	57
Tabella 8-3 – Valori dei coefficienti di combinazione delle azioni secondo la Tabella 2.5.I delle NTC2018.....	60
Tabella 9-1 – Tabella riepilogativa dei materiali di approvvigionamento .....	65

## 1 **PREMESSA**

La presente relazione illustra il Progetto Esecutivo relativo agli interventi di “*Prolungamento e rafforzamento della diga Duca d'Aosta – Lotto A: Prolungamento – I e II stralcio*” nel porto di Napoli. Il progetto prevede il prolungamento a levante, per una lunghezza complessiva di 270,70 m, della diga foranea Duca d'Aosta del Porto di Napoli con cassoni cellulari modulari, a protezione del canale di accesso di levante, finanziato all'Autorità di Sistema del Mar Tirreno Centrale (AdSP, nel prosieguo) nell'ambito delle opere complementari del PNRR incluse nel DM 330/2021.



*Figura 1-1 - Porto di Napoli – Inquadramento – Lavori di prolungamento LOTTO A*

L'intervento finanziato a valere sulle risorse del Piano Complementare del PNRR – Piano Nazionale Ripresa e Resilienza di cui all'art.1, comma 2 lett c) del DL 6/5/2021 n. 59 convertito con modificazioni dalla legge n. 101 del 1/7/20 per complessivi 150 milioni di euro contempla il “Prolungamento ed il rafforzamento della Diga Foranea Duca D'Aosta” (cod G65F20001560006) che è stato suddiviso in due lotti funzionalmente indipendenti e collocati in aree diverse:

- Lotto A – Prolungamento a levante della diga a cassoni cellulari;
- Lotto B – Rafforzamento della diga con opere a gettata;



Oggetto del presente intervento sono esclusivamente le opere del LOTTO A. Detto intervento era stata originariamente programmato in due distinti stralci funzionali che, come meglio rappresentato nel prosieguo, sono stati sottoposti al Ministero dell'Ambiente per la verifica di compatibilità ambientale. Successivamente i due stralci funzionali, di cui vi è memoria negli elaborati grafici, sono stati unificati in un unico lotto.

Il vigente Piano Regolatore Portuale (PRP) del Porto di Napoli venne approvato con D.M. n. 2478 del 22.04.1958 e le successive modifiche furono approvate con D.M. n. 4816 del 2.02.1976, D.M. n. 2388 del 4.06.1976, D.M. n. 1643 del 21.06.1979 e D.M. n. 3409 del 8.11.1982.

La Diga foranea Duca d'Aosta, nella sua attuale configurazione, misura una lunghezza complessiva – da ponente a levante - di 2.332,8 m e si compone di due segmenti rispettivamente della lunghezza di 987,3 m e 1.345,48 m; il Piano Regolatore Portuale (PRP) vigente contempla un prolungamento dell'attuale diga di ulteriori 1.308,7 m unitamente alla possibilità di eseguire nuovi moli a pettine a ridosso del litorale di San Giovanni a Teduccio.

Il gruppo di progettazione del Progetto Definitivo, su richiesta dell'AdSP, ha investigato tutte le condizioni di impatto sullo specchio acqueo del canale di accesso, sulla banchina della darsena di levante e sulla linea di costa in relazione ai possibili allungamenti della attuale diga foranea, valutando gli effetti per ogni tratto (step di prolungamento) di 100 m fino alla lunghezza complessiva di 900 m. Da tale analisi è emerso che, considerando cassoni modulari di sezione equivalente alla diga esistente (22,20 m) e di lunghezza 27,50 m, il numero di cassoni necessari a garantire la piena fruibilità del canale di accesso e delle infrastrutture retrostanti senza apportare modifiche alla linea di costa di San Giovanni a Teduccio corrisponde a quella di 9 cassoni allineati ed uno posto in posizione trasversale (testata) per una lunghezza complessiva al pelo libero (livello medio mare) di 270,70 m

Pertanto, il prolungamento di 270,70 m a levante dell'attuale Diga, che comporta un incremento di lunghezza complessiva di circa il 12%, è quello ritenuto più efficace per garantire la sicurezza della navigazione del canale di accesso di levante del Porto di Napoli nonché per la stabilità e la sicurezza dell'ormeggio delle navi in accosto alla banchina del costruendo terminal contenitori della darsena di levante.

Per quanto si riferirà nel prosieguo, l'AdSP, anche a seguito di tali studi, ha recentemente definito una pianificazione di sviluppo delle infrastrutture e, a seguito di valutazioni congiunte con il Comune di Napoli, la Città Metropolitana, la Regione Campania ed il MIBAC – Soprintendenza BAPSAE, ha rinunciato alla realizzazione delle colmate previste a ridosso del litorale di San Giovanni

a Teduccio e, conseguentemente, al prolungamento della diga foranea di 900 m (il limite del PRP resta fissato a circa 1,3 km); tuttavia, dovendo garantire la sicurezza dello specchio acqueo e delle banchine, si rende necessario prolungare la diga foranea della dimensione strettamente necessaria (270,70 m).

Per tale opera l'AdSP ha avviato le verifiche di compatibilità ambientale con il Ministero dell'Ambiente (MATTM oggi MITE), con il MIBAC e le verifiche tecnico-amministrative con il Ministero delle Infrastrutture – Provveditorato OO.PP. della Campania, ancor prima delle modifiche e delle semplificazioni introdotte dalla Legge n. 108 del 29/7/2021 di conversione, con modificazioni, del decreto-legge 31 maggio 2021, n. 77, recante “*Governance del Piano nazionale di ripresa e resilienza e prime misure di rafforzamento delle strutture amministrative e di accelerazione e snellimento delle procedure*”.

In particolare, sul progetto di prolungamento della Diga di 105 m (Lotto A - I stralcio funzionale) sono stati acquisiti dall'AdSP:

- a) il parere n. 11 del 21.05.2020 del C.T.A. del Provveditorato interregionale alle OO.PP. della Campania, Molise, Puglia e Basilicata, che ha approvato il progetto in argomento con prescrizioni, osservazioni e raccomandazioni;
- b) il Decreto Direttoriale n. 11 del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare del 11/1/2021, di esclusione dalla procedura di valutazione di impatto ambientale il progetto “Porto di Napoli. Prolungamento Diga Duca D'Aosta a protezione del nuovo Terminal Contenitori di Levante - I Stralcio” subordinata al rispetto delle condizioni ambientali riportate nel parere della Commissione tecnica di verifica dell'impatto ambientale VIA/VAS n. 106 del 30.11.2020 (comunicazione assunta a prot. AdSP n. 590 del 12.01.2021);
- c) il Decreto n. 56 del 28.04.2021 del Ministero della Transazione Ecologica di chiusura della Conferenza di Servizi decisoria e conseguente approvazione definitiva del documento “Piano di Caratterizzazione ambientale relativo al progetto di prolungamento della diga foranea duca d'Aosta approvato dalla Conferenza di Servizi decisoria del 23.06.2015 - Integrazioni relative al parere ISPRA del 02.12.2019”;
- d) la nota assunta a prot. AdSP n. 27277 del 1.12.2021 con cui il Ministero della Transazione Ecologica ha trasmesso i pareri di ARPA Campania (prot. n. 69071 del 15.11.2021) e di ISPRA (prot. n. 61088 del 18.11.2021), da cui si evince che, le prescrizioni riportate nel Decreto del MITE n. 56/2021, sono state ottemperate.

Il Progetto Definitivo di I stralcio funzionale, modificato per recepire le prescrizioni e le indicazioni contenute nei pareri di sopra richiamati, è stato validato dal Responsabile del Procedimento, ai sensi dell'art. 26 del D.Lgs. n. 50/16 e s.m.i., sulla scorta del Rapporto Conclusivo di Verifica datato 17.02.2021 della società di verifica INARCHECK S.p.A.

Appare utile evidenziare che le analisi ambientali e geotecniche sottoposte alla valutazione degli Enti sopra richiamati riguardano l'intera lunghezza del prolungamento (270,7 m) e non già la parte di opera di I stralcio eseguibile sulla base della disponibilità dei finanziamenti del POR FESR 2014-2020.

Avendo l'AdSP chiesto alla Regione Campania di riprogrammare i finanziamenti del POR FESR 2014-2020 sul nuovo ciclo di programmazione 2021-2027, l'intero intervento del Lotto A trova copertura con i fondi complementari di cui al DM 330/2021.

Pertanto, anche a seguito dei contenuti del DM 330/2021 che impone un calendario serratissimo per l'esecuzione delle opere finanziate con i fondi complementari del PNRR, l'AdSP ha chiesto al gruppo di progettazione del progetto definitivo di rielaborare il progetto del LOTTO A prolungando la diga fino a 270,70 m.

- il **primo stralcio funzionale**, riferibile alla costruzione di n. 4 cassoni cellulari per una lunghezza di 110,4 m, ha acquisito dal MITE /MATTM il Decreto Direttoriale di non assoggettabilità a VIA n.11 del 11/01/2021 - CUP: I61H12000220006 - ID fascicolo: 15A21;
- il **secondo stralcio funzionale**, riferibile alla costruzione di ulteriori n. 6 cassoni cellulari per una lunghezza aggiuntiva di 160,30 m, ha acquisito il parere favorevole del MITE/MIBAC in relazione ad una diversa procedura ex Dlgs 152/06 avviata con separata istanza - CUP: G65F20001560006 e conclusasi positivamente con Decreto di non assoggettabilità a VIA n.319 del 08/11/2022 – ID fascicolo n.8737.

Nel progetto Esecutivo si ingegnerizzano tutte le attività previste dal Progetto Definitivo mantenendo invariati gli ingombri plano-altimetrici e le tipologie strutturali. Per quanto riguarda i cassoni è stata effettuata una rimodulazione dettata da ragioni costruttive di prefabbricazione, più nel dettaglio la sezione corrente della diga è composta da n. 12 cassoni (di lunghezza pari 20,60 m) invece che da 9 cassoni di lunghezza pari a 27,50 m, mentre il cassone di testata ha le stesse dimensioni dell'analogo del Progetto Definitivo.



Come precisato nei capitoli seguenti l'intervento per ubicazione, tipologia e destinazione d'uso, oltre a non contemplare opere di abbellimento artistico o di valorizzazione architettonica non riguarda tematiche progettuali inerenti il superamento delle barriere architettoniche e/o specifiche verifiche di interferenze o idoneità con le reti di servizi (aree e/o sotterranee) fatta eccezione per quelle proprie della stessa diga interessata dai lavori.

## 2 INSERIMENTO DELL'INTERVENTO SUL TERRITORIO

Nel presente paragrafo si tratterà dell'evoluzione della pianificazione portuale e della compatibilità delle opere di progetto.

Il vigente Piano Regolatore Portuale (PRP) del Porto di Napoli venne approvato con D.M. n. 2478 del 22.04.1958 e le successive modifiche furono approvate con D.M. n. 4816 del 2.02.1976, D.M. n. 2388 del 4.06.1976, D.M. n. 1643 del 21.06.1979 e D.M. n. 3409 del 8.11.1982.

A norma dell'art.5 della L.84/94, non essendo intervenute nel frattempo ulteriori definitive approvazioni di un nuovo PRP, il Piano Regolatore Portuale del 1958, con le modifiche introdotte da decreti ministeriali sopra richiamati, dall'Accordo di programma del dicembre 2000 e dai successivi Adeguamento Tecnico Funzionali approvati (Prolungamento molo Bausan, prolungamento molo Flavio Gioia, Prolungamento molo Immacolatella Vecchia, Tombamento ex Alveo Pollena, Adeguamento bacini di Carenaggio, costruzione nuova Stazione Marittima al molo Beverello), è tutt'ora vigente.

La Diga foranea Duca d'Aosta, nella sua attuale configurazione, misura un'estensione di oltre 2,23 km ed il PRP vigente prevede un prolungamento dell'attuale diga di 1.308,7 m e nuovi moli a pettine a ridosso del litorale di San Giovanni a Teduccio.

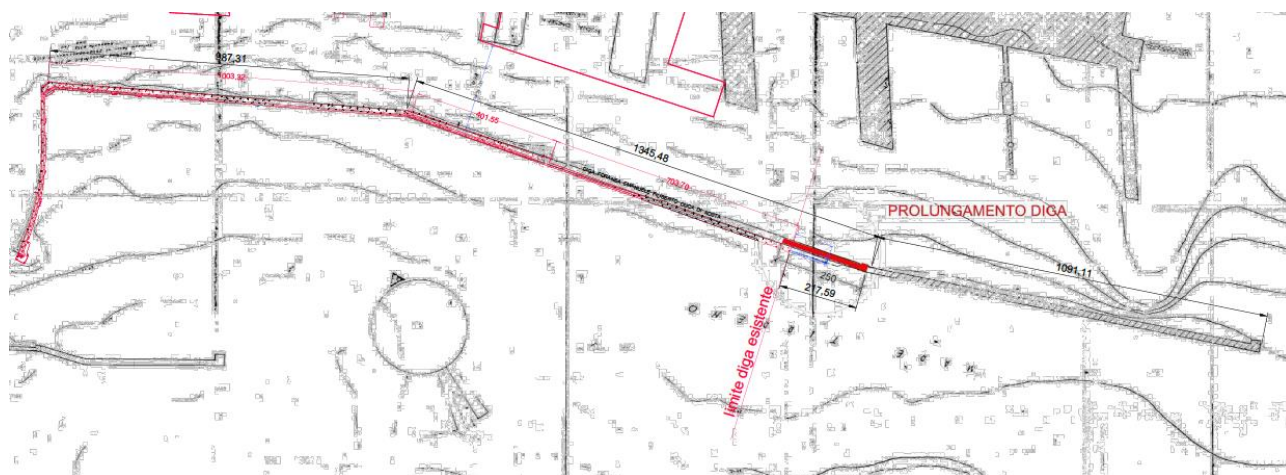


Figura 2-1 - Stralcio del vigente Piano regolatore del Porto di Napoli (1958)

Con l'Accordo di programma sottoscritto in data 23 dicembre 2000 ex art 34 del TU 267 del 18/08/2000 tra Regione Campania, Comune di Napoli, Autorità Portuale di Napoli, Capitaneria di Porto di Napoli, Università Federico II di Napoli, Ministero dei Trasporti e Ministero dei Lavori Pubblici venne modificato il vigente PRP del porto di Napoli con la previsione di una cassa di colmata nella parte orientale del Porto di Napoli tra il molo Progresso ed il Molo di Levante da destinare a terminal contenitori, nonché con l'asservimento di alcune aree del demanio marittimo (originariamente in concessione alla CIRIO), alla Tirreno Power e ad altre società. Inoltre,

l'Accordo di Programma ha definito a levante del porto di Napoli, a ridosso della nuova colmata, la perimetrazione di uno specchio acqueo da destinare a porto turistico.

Il suddetto Accordo di Programma è stato preceduto da una Conferenza dei servizi convocata con note 3282 del 29/11/2000 e 5616 del 7/12/2000 e nelle due sedute del 15/12/2000 e 20/12/2000 gli Enti convocati (Regione, Comune, Autorità Portuale di Napoli, Capitaneria di Porto, Soprintendenza BAA, Ministeri dei Trasporti e LL.PP.) hanno definito all'unanimità che sussistevano tutte le condizioni per poter procedere alla definizione di un accordo di programma ex art 34 del TU 267 del 18/08/2000.

Con Decreto del Presidente della Giunta Regionale della Campania del 1 marzo 2001, n. 325 l'Accordo di Programma del 23/12/2000 è stato definitivamente approvato e successivamente con decreto del Presidente della Giunta regionale della Campania n. 323 dell'11 giugno 2004 è stata approvata la "Variante al piano regolatore generale centro storico, zona orientale, zona nord-occidentale" del Comune di Napoli che recepisce i contenuti del suddetto Accordo di Programma (Cfr. art 29 e 34 delle Norme Tecniche di Attuazione).

Sulla base di tale programmazione l'Autorità Portuale di Napoli, oggi Autorità di Sistema Portuale del Mar Tirreno Centrale, ha sviluppato notevoli investimenti con risorse pubbliche per circa 200 milioni di euro, per realizzare la colmata di levante da destinare a Terminal Contenitori.

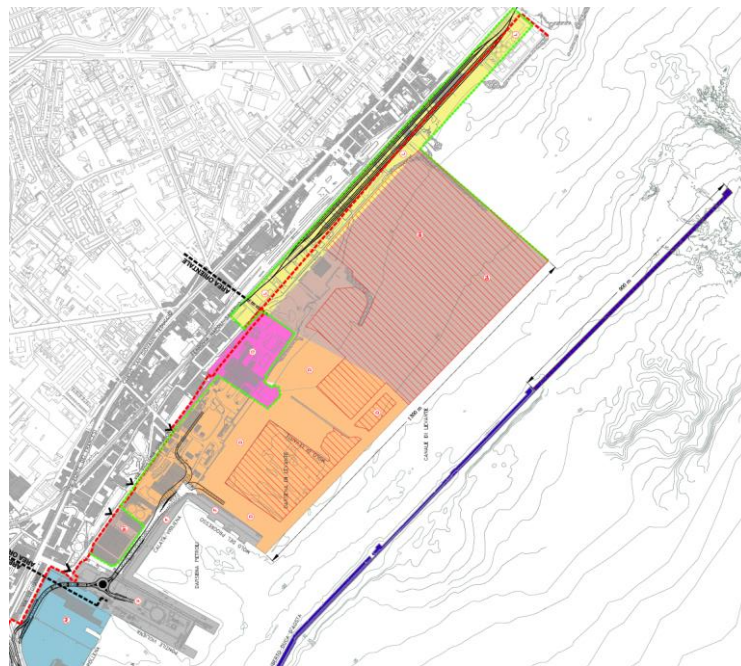
Tale colmata ha acquisto i seguenti pareri da Enti terzi di cui si richiamano i più significativi:

- Voto Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 155 del 17/11/2005 – approvazione progetto definitivo della darsena di levante;
- Decreto interministeriale Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM) di concerto con Ministero della Salute e Ministero delle Attività Produttive del 21/12/2005;
- Decreto VIA n. 5 del 9/1/2008 del MATTM di concerto con il MIBAC – decreto compatibilità ambientale per costruzione cassa di colmata darsena di levante;
- Decreto Ministeriale MATTM del 2/7/2008 di concerto con MISE per approvazione piano bonifica;
- Decreto Ministeriale MATTM del 31/12/2010 per approvazione variante piano bonifica;
- Voto Consiglio Superiore dei LL.PP. n. 82014 del 11/4/2014 – riempimento cassa colmata con materiali provenienti dal dragaggio dei fondali portuali;



- Decreto VIA prot. n. 5376/TRI/DI/B del 16/10/2014 del MATTM - decreto compatibilità ambientale per esecuzione dragaggi e riempimento cassa colmata darsena di levante con materiali provenienti dai dragaggi.

Con delibera di comitato di gestione n. 7 del 19/02/2018 venne approvato il “**Masterplan del porto di Napoli**” che prevedeva un prolungamento verso levante di 900 m della diga foranea nella prospettiva di proteggere lo specchio acqueo a ridosso dell’area di San Giovanni (ex Corradini) ove era prevista una nuova grande colmata.



*Figura 2-2 - Stralcio del Masterplan 2018 (soppresso) del Porto di Napoli che prevedeva la colmata ed il prolungamento della diga foranea di 900 m*

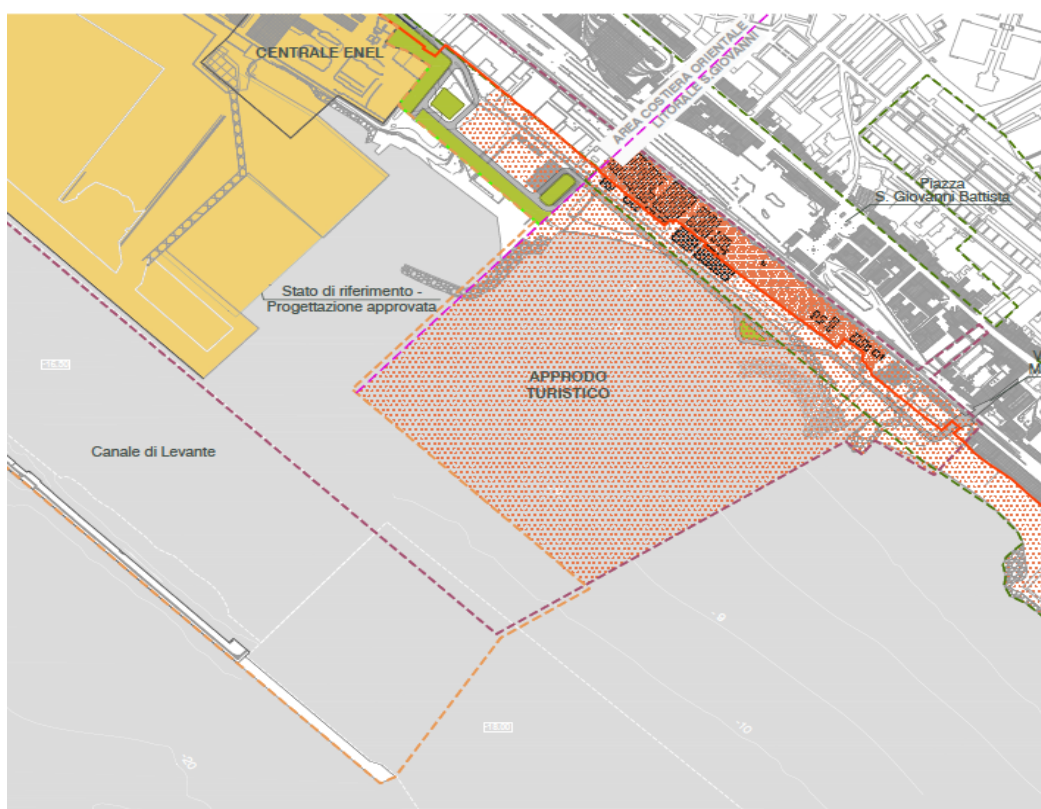
In fase successiva l’AdSP, dopo aver registrato la contrarietà del Comune di Napoli e della Soprintendenza BAPSAE ad una nuova colmata a ridosso di San Giovanni a Teduccio, ha avviato la definizione del **Documento di Pianificazione Strategica di Sistema (DPSS)** dei porti di propria competenza (Napoli, Salerno e Castellammare di Stabia) di cui al Dlgs 169/2016 e smi che si è concluso con l’approvazione da parte del Ministro dei Trasporti, sentito il parere della Conferenza unificata delle Autorità di Sistema, il parere di condivisione del Presidente della Giunta Regionale della Campania, nonché il parere del comitato di gestione dell’AdSP che si è espresso con delibera n. 80 del 26/10/2021.

Nella nuova programmazione il DPSS, per il porto di Napoli, prevede “il potenziamento delle opere di difesa del porto di Napoli consiste nel prolungamento della Diga Duca degli Abruzzi, in direzione est-ovest, di circa 380 m, e della Diga Duca d’Aosta, anch’essa in direzione est - ovest,



di circa 250 m. Tali prolungamenti, da tempo programmati, rispondono all'esigenza di abbattere l'agitazione ondosa interna, rispettivamente, del Canale di Ponente e di quello di Levante, incrementando la sicurezza della navigazione delle unità navali in ingresso/uscita dal porto e la sicurezza del loro stazionamento lungo le banchine che affacciano sui Canali stessi". A levante del porto il DPSS, quindi, esclude la formazione di ulteriori colmate e del prolungamento della diga di 900 m, conferma la realizzazione di un nuovo porto turistico in località San Giovanni a Teduccio ed esclude anche la formazione di un nuovo deposito di GNL.

Il DPSS rinvia per un maggior dettaglio ai contenuti del nuovo PRP in corso di elaborazione; i prolungamenti previsti sono evidentemente indicativi e dovranno essere dettagliati in ragione di adeguati studi.



*Figura 2-3 - Stralcio pianificazione aree portuali porto di Napoli estratto dal DPSS approvato nel 2022*

## 2.1 Aspetti paesaggistici

All'interno della Relazione Paesaggistica (cfr. elaborato 2311NA-GE-N-E-PE-0201) è stata svolta una analisi paesaggistica votata ad individuare le potenziali interferenze del progetto con il contesto paesaggistico entro cui si colloca.



La disamina sul regime di tutela paesaggistica dell'area ha evidenziato, in primo luogo, che il progetto di prolungamento della diga Duca d'Aosta non interessa né direttamente né indirettamente aree naturali protette (aree EUAP) ed ambiti vincolati in materia di beni culturali ed ambientali. Il progetto riguarda il prolungamento della diga già esistente che risulta compresa nelle aree di cui alla lettera a) dell'art. 142 del D.lgs 42/2004 relativo ai "territori costieri compresi in una fascia di profondità di 300 metri".

La scarsa qualità paesaggistica, ambientale e architettonica e l'assenza di beni ed elementi di particolare pregio in corrispondenza dell'area portuale entro cui si colloca il progetto, fa sì che l'opera non determini impatti sulla componente paesistica. Inoltre, in ragione della limitata estensione degli interventi, consistenti nel prolungamento per un breve tratto della diga foranea Duca d'Aosta esistente, adottando, altresì, tipologie costruttive analoghe alla struttura esistente, non si determinano modifiche e non si introducono nuovi segni all'interno del contesto paesaggistico preesistente.

Anche dal punto di vista percettivo, è possibile evidenziare come la limitatezza dimensionale dell'opera, che si estende per 270 metri in continuità visiva con la diga foranea esistente, di fatto, non determina una alterazione significativa dei rapporti percettivi preesistenti.

Tali opere, infatti, sono costituite da elementi non invasivi nello specchio acqueo di cui occupano una esigua superficie e, non presentando un significativo sviluppo in altezza ma trovandosi pressoché alla quota del livello del mare, anche dal punto di vista percettivo non ne modificano le condizioni di visibilità, sia in posizione lontana, che ravvicinata.

## 2.2 Aspetti della morfodinamica costiera

Al fine di verificare, anche alla luce della recente evoluzione storica (1988-2016), le possibili interferenze imputabili alla diga Duca d'Aosta ed al suo proposto prolungamento sulla morfologia e morfodinamica della fascia litoranea compresa tra il porto di Napoli, a Nord-Ovest, ed il porto del Granatello, a Sud-Est in località Portici, per una estensione complessiva di circa 3.600 m, sono state condotte le seguenti attività di studio:

- inquadramento geomorfologico del litorale in esame con analisi qualitativa dei morfotipi caratteristici e dei relativi parametri morfometrici;
- acquisizione delle ortofoto dal Geoportale Cartografico Nazionale del MATTM e da Bing Maps; georeferenziazione ed omogeneizzazione (su piattaforma QGIS) con successiva digitalizzazione delle polilinee rappresentative del margine della "linea di riva" e delle numerose opere antropiche interferenti (scogliere frangiflutti distaccate e radenti) come desumibile dalle immagini aeree;

- estrapolazione dalla piattaforma QGIS delle linee di riva “storiche” associate alle immagini aeree reperite relativamente al periodo 1988-2017 e relativa analisi diacronica sulla base delle quali ipotizzare il livello di interferenza associato alla realizzazione del prolungamento della diga Duca D’Aosta;
- analisi conclusiva degli elementi morfologici e morfodinamici del litorale in esame e della possibile interferenza della diga Duca d’Aosta.

Le risultanze dello Studio, descritte in dettaglio nella relazione di progetto *2311NA-GE-N-M-PE-0301-Studio morfologico morfodinamico*, sono sintetizzate di seguito.

La fascia litoranea oggetto di studio si colloca sul versante nord-orientale del Golfo di Napoli, subito a Sud-Est del porto di Napoli e ricade all'interno dell'Unità Fisiografica (UF) fortemente antropizzata e geomorfologicamente strutturata denominata *Torre del Greco*, che si estende dal Molo Sud della Darsena di Levante del porto di Napoli fino al Molo sopraflutto del porto di Torre Annunziata. La risultante medio-climatica del moto ondoso rilevante per l'UF presenta un orientamento medio attorno a  $210^{\circ} \div 225^{\circ}$  Nord. La diga Duca di Aosta si colloca su fondali ben superiori alle profondità di chiusura che limita la “fascia attiva” del litorale in esame (leggi zona del trasporto solido, potenziale nella fattispecie): conseguentemente la diga Duca di Aosta non interferisce *direttamente* con i processi di morfodinamica litoranea.

Il tratto di litorale in esame, rappresentato in Figura 2-4, è fortemente antropizzato con la presenza senza soluzione di continuità di opere di difesa costiera, radenti e distaccate, che anche negli ultimi anni hanno subito continui rimaneggiamenti. Attualmente la massiccia presenza di queste opere a gettata, disposte in maniera alquanto caotica e disorganica per la protezione delle infrastrutture e delle opere esistenti lungo il tratto di litorale, ha determinato la completa “ossificazione” del litorale stesso come testimoniato dagli sporadici tratti di spiagge “relitte” che presentano estensioni alquanto limitate (al massimo dell'ordine di 200 m).



*Figura 2-4 - Vista d'insieme del tratto di litorale oggetto di studio, margine sud-orientale del comune di Napoli (quartiere di San Giovanni a Teduccio), ricompreso per gli aspetti geomorfologici nell' U. F. di Torre del Greco*

L'analisi qualitativa della variazione della fascia litoranea negli ultimi 30 anni rilevata da immagini aerofotogrammetriche opportunamente digitalizzate e georeferenziate utilizzando il software Quantum GIS è stata effettuata sulla base delle foto aeree acquisite dal Portale Cartografico Nazionale, per gli anni 1988, 1997, 1998, 2003, 2006 e 2012 e da Bing Maps per l'anno 2017. L'analisi comparativa di queste aerofoto ha evidenziato e confermato che il tratto di litorale in esame di fatto presenta solo piccoli tratti di spiagge relitte la cui conformazione planimetrica è condizionata dalla presenza e dalle scogliere radenti e distaccate e dagli interventi di riqualificazione e sistemazione attuati per alcune di queste opere. L'analisi diacronica delle linee di riva del litorale georeferenziate e digitalizzate è raffigurata nell'immagine seguente dove è data evidenza delle Sub-aree 1, 2 e 3 di approfondimento.



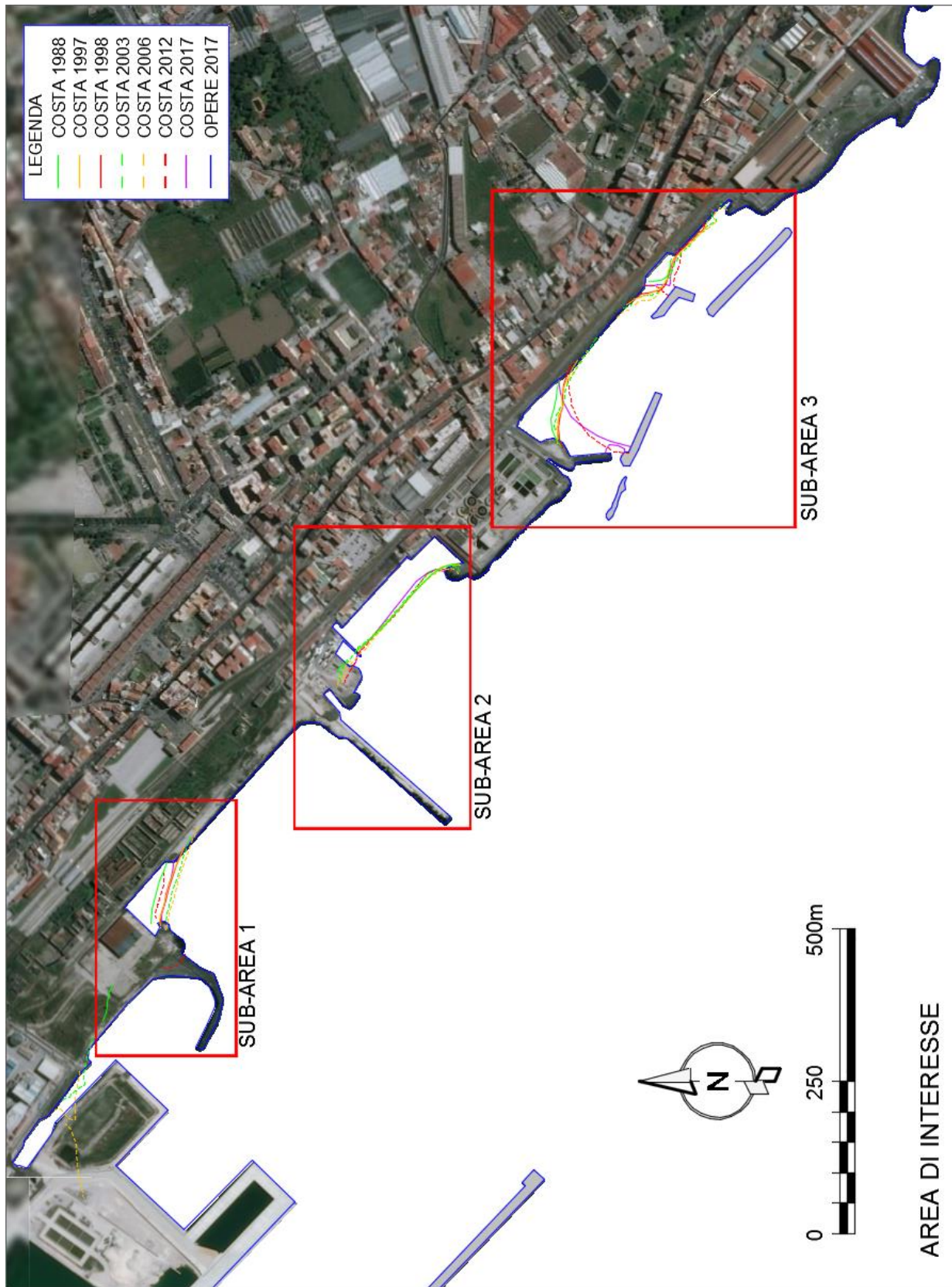


Figura 2-5 - Aerofoto Bing Maps 2017 dell'area di interesse con digitalizzazione delle linee di riva storiche (1988-2017) su piattaforma QGIS per l'analisi diacronica delle linee di riva

Le maggiori variazioni diacroniche delle linee di riva si hanno per la Sub-Area 1 e la Sub-Area 3 anche se sono strettamente correlate alla realizzazione e/o riqualificazione delle limitrofe opere di difesa. Le variazioni più significative si riscontrano per la spiaggia posta nella Sub-Area 3, immediatamente a levante della foce armata dell'alveo del Volla. La realizzazione di una nuova scogliera frangiflutti con pennello di radicamento a terra, in prolungamento lato levante di una preesistente scogliera frangiflutti di fronte alla foce del Volla, ha di fatto determinato una drastica rotazione della spiaggia assumendo una conformazione arcuata con asse mediano trasversale praticamente parallelo al retrostante lungomare.

Invece la spiaggia della Sub-Area 1, posta a ponente del molo Sud del porto di Napoli e ridossata sul moletto dell'ex approdo di Vigliena, presenta un andamento medio con asse trasversale orientato a  $190^{\circ}$ N il che indica un contributo seppure minimo dell'effetto di ridosso esercitato dalla attuale testata della diga Duca d'Aosta sulla risultante del moto ondoso medio climatico.

La spiaggia della Sub-Area 2 compresa tra il molo Sud-Est del porto di Napoli e la "penisola" dell'ex impianto di depurazione ha registrato variazioni minime nell'ordine mediamente di pochi metri. Tale spiaggia presenta un andamento medio con asse trasversale orientato a  $210^{\circ}$  N, il che dimostra oggettivamente che non si risente dell'effetto "schermo" della diga Duca d'Aosta.

Il calcolo dei "ratei annui" di variazione delle linee di riva ha confermato che, anche per gli aspetti di evoluzione morfodinamica, queste spiagge di fatto sono stabilizzate dalle opere di difesa. Non essendo "alimentate" da apporti solidi terrigeni, nel lungo termine sono destinate a depauperarsi a causa della naturale e continua selezione della frazione più fina dei sedimenti messi in sospensione e dispersi verso il largo dall'azione delle onde frangenti e delle correnti litoranee soprattutto in occasione delle mareggiate estreme.

Il diverso orientamento d'insieme delle linee di riva tra queste tre sub-aree, indica che la morfodinamica evolutiva è strettamente correlata alla presenza e conformazione planimetrica delle limitrofe opere di difesa litoranea (scogliere radenti e distaccate).

Questa peculiarità dell'evoluzione morfodinamica delle spiagge relitte del lungomare di San Giovanni a Teduccio è molto più evidente proprio per le Sub-aree 1 e 3 dove negli ultimi anni sono stati eseguiti interventi di rafforzamento delle opere di difesa litoranea modificandone anche l'assetto planimetrico e causando la conseguente variazione dell'orientamento medio della linea di riva.

In conclusione, per quanto sopra sintetizzato, si deduce che gli interventi previsti dal Progetto Esecutivo per il prolungamento di 270,70 m della diga Duca d'Aosta non influenzano in maniera sostanziale la morfologia e la morfodinamica delle spiagge relitte presenti lungo il litorale oggetto di studio posto a levante del porto di Napoli.



## 2.3 Aspetti ambientali

Per la natura stessa del progetto, il quale riguarda un'opera a mare, nonché per l'assenza di azioni di progetto nella parte terrestre afferente alla zona portuale, si evidenzia come non si instaurano rapporti di interferenza tra il progetto e l'ecosistema terrestre il quale non viene interessato da alcuna attività progettuale. In tal senso, sono da considerarsi nulli gli impatti del progetto con le componenti relative all'ambiente idrico superficiale e sotterraneo, al suolo e sottosuolo, alla vegetazione, flora, fauna ed ecosistemi terrestri.

La disamina fatta in merito alla presenza di aree naturali protette e/o tutelate dalla Rete Natura 2000, ha evidenziato l'assenza di tali condizionamenti ambientali sia a mare sia nell'intorno dell'area di intervento.

Le emissioni atmosferiche ed acustiche derivanti dai traffici di cantiere per l'approvvigionamento dei materiali saranno di esigua entità, in ragione della estensione dell'opera da realizzare e, comunque, limitati nel tempo, in quanto legati alla sola fase realizzativa. È comunque da tener presente che si opererà sempre a distanze rilevanti rispetto all'abitato e alle attività antropiche.

Durante la fase di realizzazione dell'opera, gli effetti del progetto sull'ecosistema marino, in termini di possibili modificazioni dello stato qualitativo delle acque, dei sedimenti e delle comunità bentoniche, risulta poco significativo. In considerazione delle caratteristiche dei sedimenti marini presenti nell'area di progetto, che per loro natura non hanno la tendenza al sollevamento bensì al deposito sul fondo, e delle azioni previste durante le attività di cantiere che, attraverso la posa direttamente sul fondale sabbioso di geotessuto e materiale di cava, limitano il fenomeno, si ritiene che la potenziale movimentazione dei sedimenti marini e il conseguente intorbidamento delle acque sia limitato.

Inoltre, vista l'assenza di praterie di Posidonia oceanica nel bacino portuale, si possono escludere interferenze connesse al prolungamento del molo in progetto.

In fase di esercizio, si può escludere qualsiasi impatto negativo per la natura dell'opera stessa che è stata concepita come opera a protezione dei nuovi accosti del nuovo Terminal contenitori di Levante (I° e II° Stralcio) e, pertanto, costituisce un elemento di miglioramento della configurazione portuale attuale che potrà consentire l'ingresso e la manovra di evoluzione nel bacino portuale alle navi di grandi dimensioni, aumentando le condizioni di sicurezza e di fruibilità del porto anche in funzione del moto ondoso.

## 3 DESCRIZIONE SINTETICA DELLE INFRASTRUTTURE DI DIFESA ESISTENTI

Il sistema di opere di difesa dall'azione del moto ondoso, dello specchio acqueo interno al porto di Napoli, è costituito dalle seguenti strutture (vedi Figura 3-1):



- il Molo S. Vincenzo e, in prosecuzione dello stesso, la Diga Duca degli Abruzzi;
- l'Antemurale Thaon de Revel, diga distaccata dalla linea di costa e ubicata all'imboccatura principale del porto a cui è radicata, all'estremità di NE, la Diga Foranea Emanuele Filiberto Duca d'Aosta che si estende per circa 2,1 Km dall'imboccatura principale del porto fino all'imboccatura di levante, parallelamente alla linea di costa.

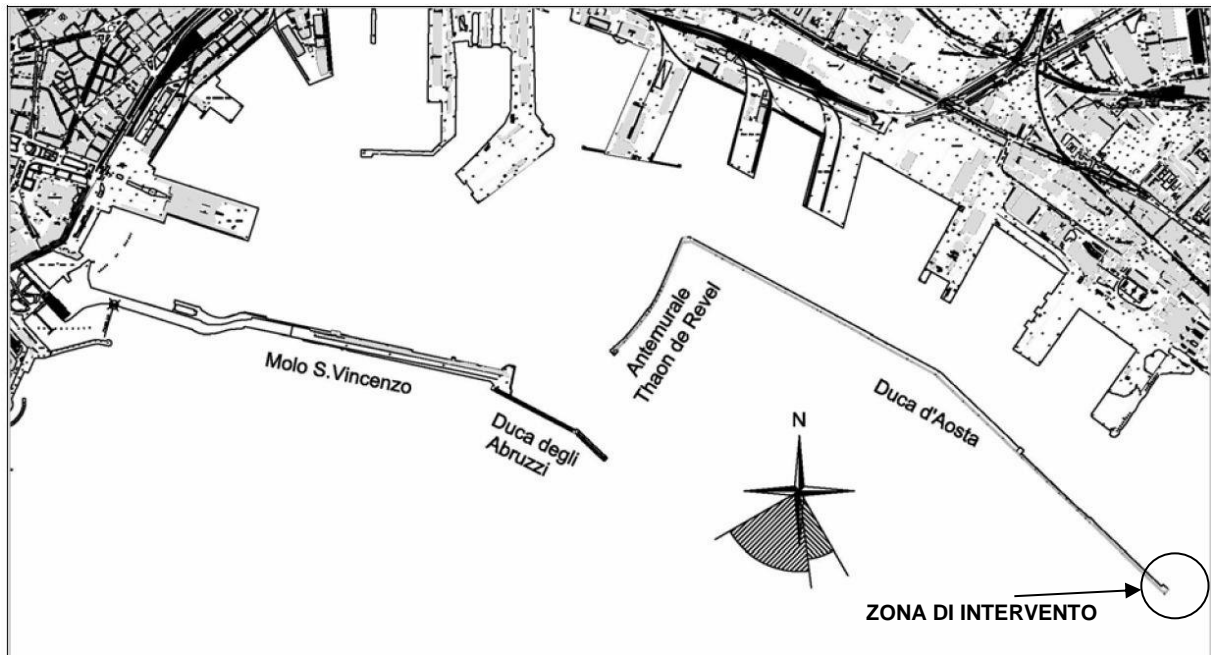


Figura 3-1 – Porto di Napoli

Relativamente alla tipologia costruttiva, il Molo S. Vincenzo e il primo tratto della Diga Duca degli Abruzzi sono del tipo a gettata (o a scogliera); il secondo tratto della Diga Duca degli Abruzzi, l'Antemurale Thaon de Revel e la Diga d'Aosta sono del tipo a parete verticale.

Di seguito si riporta nel dettaglio le caratteristiche costruttive dell'antemurale Thaon de Revel e della Diga Duca d'Aosta oggetto dell'intervento in argomento.

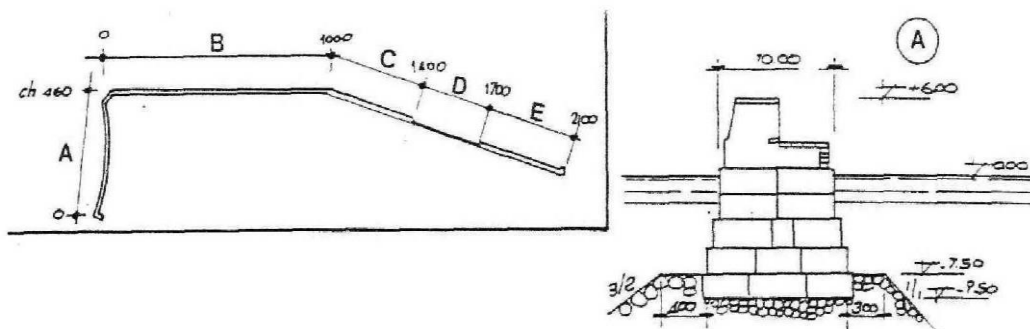


Figura 3-2 - Sezione tipologica antemurale Thaon de Revel

L'antemurale Thaon de Revel (A) è una diga curvilinea distaccata dalla linea di costa posta a NE della imboccatura principale del porto di Napoli a difesa dai mari provenienti dalla traversia secondaria (scirocco).

La struttura della diga Thaon de Revel (tratto A) presenta di lunghezza pari a circa 500 m la struttura a parete verticale è costituita da massi artificiali (del peso di circa 50 t) di dimensioni 5,00 x 2,50 x 2,00 m e 4,00 x 2,50 x 2,00, disposti a strati orizzontali e a giunti sfalsati, che poggia su un imbasamento a scogliera spianato a quota -9,50 m.

La sovrastruttura è costituita da massiccio di sovraccarico murario completato sul lato esterno da un muro paraonde con sommità a quota +6,0 m s.l.m.m.

La diga Duca d'Aosta, di rilevante estensione pari a circa 2,3 km, è orientata in direzione N.O. - S.E. a difesa della zona di levante del Porto di Napoli dai mari provenienti dalla traversia principale.

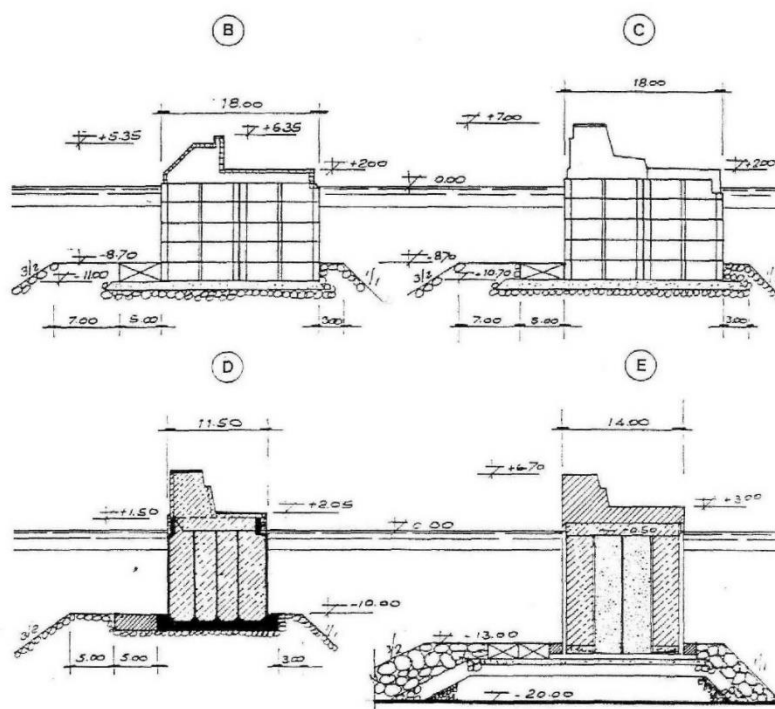


Figura 3-3 - Sezioni tipologiche diga Duca d'Aosta

La struttura della diga Duca d'Aosta presenta le seguenti caratteristiche:

- nei tratti B e C di lunghezza pari a circa 1.400 m è costituita da un doppio ordine di pile affiancate di massi cavi cellulari senza fondo di dimensioni 9,00 x 5,00 x 2,30 m, sovrapposti e riempiti con cls idraulico, imbasati su una scogliera in massi naturali rasata a quota di circa -10,50 m. s.l.m.m.;
- nel tratto D di lunghezza pari a circa 300 m la struttura è costituita da cassoni delle dimensioni in pianta 11,50 x 6,7 m, imbasati su una scogliera con sommità a quota -10,00 m.

- nel tratto E di lunghezza pari a circa 400 m la struttura è costituita da cassoni di larghezza maggiore, pari a 14,00 m, imbasati su una scogliera con sommità a quota -13,00 m.

La sovrastruttura è costituita da massiccio di sovraccarico e muro paraonde inclinato nel tratto B e verticale nei tratti C, D, E con sommità variabile da 5,35 a 7,00 m.

#### **4 PRESCRIZIONI AMBIENTALI – VERIFICHE DI OTTEMPERANZA**

Il Progetto Esecutivo ha recepito le prescrizioni ambientali del PD che vengono illustrate di seguito.

Il Progetto Definitivo ha acquisito i seguenti giudizi di Compatibilità Ambientali contenenti specifiche prescrizioni di carattere tecnico ed operativo che dovranno essere recepite nella fase di esecuzione dei lavori:

- Decreto Direttoriale MITE/MIBAC di non assoggettabilità a VIA n.11 del 11/01/2021 - CUP: I61H12000220006 - ID fascicolo: 15A21 relativo alle opere di costruzione di n. 4 cassoni cellulari per una lunghezza di 110,4 m;
- Decreto Direttoriale MITE/MIBAC di non assoggettabilità a VIA n.319 del 08/11/2022 - CUP: G65F20001560006 - ID fascicolo n.8737 relativo alle opere di costruzione di ulteriori n. 6 cassoni cellulari per una lunghezza di 160,3 m, per un complessivo di n.10 cassoni e per un prolungamento complessivo di 270,20 m.

Come previsto dai suddetti decreti devono essere ottemperate le n.2 Condizioni ambientali di cui al parere della Commissione Tecnica di verifica di Impatto ambientale VIA - VAS Sottocommissione VIA, n. 106 del 30 novembre 2020 di seguito riportati.





<b>Condizione ambientale n.1</b>	
<b>Macrofase</b>	<b>Ante operam, Corso d'opera, Post operam</b>
<b>Fase</b>	
<b>Ambito di applicazione</b>	<b>Monitoraggio ambientale</b>
Oggetto della prescrizione	<p>Il Proponente dovrà predisporre, in accordo con ARPA Campania e secondo le linee guida nazionali:</p> <ol style="list-style-type: none"> <li><b>Pianificazione:</b> una accurata relazione di cantierizzazione, riguardante tutte le fasi dei lavori, tutte le zone operative, tutti i macchinari e tutte le opere da realizzare, anche temporanee, con la descrizione degli accorgimenti da mettere in atto al fine di garantire la minimizzazione di ogni impatto e la prevenzione da ogni tipologia di inquinamento/impatto accidentale. La relazione dovrà anche includere la parte relativa all'inquinamento atmosferico legato alla fase di riempimento dei cassoni e dal transito degli automezzi sulla viabilità e dell'impatto che tale traffico produce in termini di NOx, CO, O3, Particolato primario ed eventualmente secondario effettuando una valutazione modellistica che abbia come ambito di ricaduta i recettori più vicini.</li> <li><b>Monitoraggio ambientale:</b> deve essere previsto un monitoraggio intensivo su tutte le componenti di interesse: colonna d'acqua, benthos e sedimenti (inclusi livelli di contaminanti previsti per piano caratterizzazione L. 152/2006 parte IV e Titolo V ed ai sensi del DM172). Il monitoraggio dovrà essere avviato prima dell'inizio dei lavori, proseguire per la durata di attività dell'opera e terminare 12 mesi dopo il termine dei lavori.</li> <li>Il monitoraggio ambientale dovrà anche, durante la fase di cantiere, prevedere misure in continuo per misure di torbidità e ossigeno, operando con tecnica di <i>feedback monitoring</i> che prevede la sospensione delle attività quando i livelli di ossigeno disciolto scendono sotto i 2 mgO<sub>2</sub> L<sup>-1</sup> o livelli critici di trasparenza (le cui soglie saranno definite nel piano di monitoraggio predisposto con l'ARPA Campania). I dati acquisiti durante tutte le attività di cantiere dovranno essere archiviati e messi a disposizione alle autorità di controllo, unitamente a un verbale delle attività svolte e delle eventuali sospensioni dei lavori.</li> <li><b>Habitat e biocenosi marine:</b> il monitoraggio dovrà essere effettuato da biologi marini esperti secondo l'approccio BACI (<i>Before After Control Impact</i>), seguendo scrupolosamente le linee guida ISPRA e le metodologie standard previste dalla MSFD; dovrà essere condotta una caratterizzazione Video HD in tutta l'area di interesse fino a un raggio di 100 m dal limite dell'area interessata dai lavori.</li> <li><b>Rumore:</b> il Proponente dovrà realizzare un piano di minimizzazione dell'impatto acustico durante i lavori di Cantiere. Tale piano dovrà anche prevedere tutte le e mitigazioni del caso e dell'eventuale piano di contenimento acustico.</li> <li><b>Qualità dell'aria:</b> il Proponente dovrà realizzare un piano di monitoraggio della qualità dell'aria, sotto il controllo e secondo le modalità determinate da ARPA Campania, che preveda tutte le e mitigazioni del caso e rilevamenti in continuo durante i lavori del cantiere.</li> <li>I risultati del monitoraggio ex ante e la relazione di cantierizzazione dovranno essere inviati al MATTM per la verifica di ottemperanza, prima dell'inizio dei lavori, al termine dei lavori e al completamento dei 12 mesi di monitoraggio.</li> <li>Eventuali modifiche/integrazioni delle suddette relazioni, che dovessero rendersi necessarie durante l'effettuazione dei lavori, nonché gli esiti delle prove e dei monitoraggi in corso d'opera dovranno essere controllati e approvati da ARPA Campania.</li> </ol>

Figura 4-1 – Condizione Ambientale n. 1





Condizione ambientale n. 2	
Macrofase	
Fase	
Ambito di applicazione	Mitigazioni e compensazioni
Oggetto della prescrizione	<p>a) <u>Minimizzazione emissioni CO2 e degli impatti esterni all'area di cantiere:</u> il materiale di cava, di opportuna qualità, usato per il prolungamento della diga dovrà essere reperito in aree prossime all'area di cantiere per minimizzare l'impatto legato al trasporto, incluso l'utilizzo di mezzi (autoarticolati, autocami, autobetoniere) conformi alla normativa "Euro 5" o superiore, e sottoposti a regolare manutenzione durante tutto il periodo di utilizzo.</p> <p>b) Per limitare la dispersione delle polveri nell'atmosfera, durante le operazioni di trasporto del materiale da costruzione devono essere adottati degli accorgimenti di mitigazione, quali ad esempio la bagnatura delle piste di cantiere, (<i>wet suppression</i>) il lavaggio delle gomme degli automezzi e la copertura a mezzo di teli dei camion che trasportano materiale fine, nonché la copertura di eventuali cumuli.</p> <p>c) <u>Minimizzazione degli impatti sull'ecosistema marino:</u> non prevedere il salpamento e riutilizzo dei massi e delle rocce già presenti in mare per la diga, ma prevedere la loro eventuale dislocazione in aree limitrofe non interessate dall'opera per preservarne le biocenosi associate.</p> <p>d) <u>Mitigazione:</u> dovranno essere messe in essere tutte le misure di mitigazione utili a minimizzare l'impatto sugli ambienti e biocenosi marine circostanti o limitrofe, incluse barriere per impedire la diffusione di materiale in sospensione che possa alterare i livelli di ossigeno disciolto, torbidità o dispersione di matrici contaminate.</p> <p>e) <u>Traslocazione:</u> nel caso in cui, dopo adeguate verifiche condotte con le tecnologie più appropriate, sia rilevata la presenza di biocenosi di pregio e/o habitat che rientrano nelle linee guida di Natura 2000, si dovrà prevedere un piano di traslocazione, ovvero spostamento delle biocenosi di interesse in aree con condizioni ambientali confrontabili a quelle di origine, ma non interessate dai lavori di Prolungamento Diga Duca D'Aosta.</p> <p>f) <u>Compensazione:</u> nel caso di danni determinati dalla traslocazione di biocenosi o di impatti residui su habitat di interesse, dovranno essere messe in essere misure di compensazione atte a ripopolare l'area rispetto alle perdite causate dall'impatto, per ricostituire le condizioni ex ante per come determinato dal monitoraggio.</p>
Termine avvio Verifica Ottemperanza	Alla conclusione dei lavori
Ente vigilante	MATTM
Enti coinvolti	ARPA Campania

Figura 4-2 – Condizione Ambientale n. 2

Per l'ottemperanza alla Condizione Ambientale n. 1 si rimanda agli elaborati del Progetto Esecutivo di seguito elencati:

- "2311NA-GE-N-E-PE-0401 Revisione esecutiva del Piano di monitoraggio ambientale allegato al Progetto Definitivo";
- "2311NA-GE-N-P-PE-0101 Relazione sulla cantierizzazione;

Per l'ottemperanza alla Condizione Ambientale n. 2 si rimanda alla fase di esecuzione dei lavori.

## 5 ASPETTI GEOLOGICI E GEOTECNICI

### 5.1 Modello geologico di riferimento

La città di Napoli ricade nel Foglio 184 (Napoli) della Carta Geologica d'Italia. La città è compresa nella Piana Campana che rappresenta un profondo *graben carbonatico*, colmato da depositi piroclastici e alluvionali associati a frequenti depositi marini e palustri.

Per i dettagli dell'inquadramento geologico si rimanda all'elaborato n. 2311NA-GE-N-G-PE-0101-*Relazione geologica e sismica*.

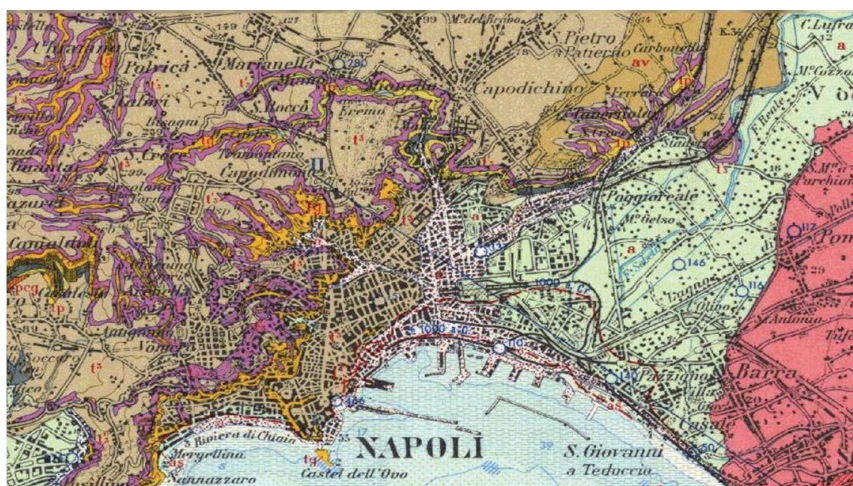


Figura 4-3 - Stralcio della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100000, foglio n°184

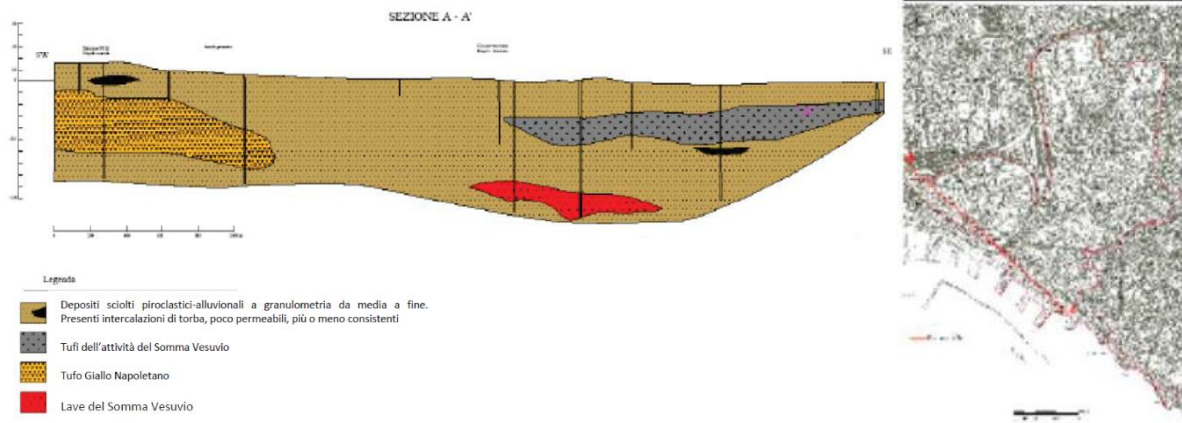
Tutti i terreni che colmano il graben sono costituiti nella parte basale dai prodotti di Roccamonfina e della prima attività dei Campi Flegrei. Successivamente si sono depositati i prodotti vulcanici dei Campi Flegrei e del Somma-Vesuvio.

Il sistema fluviale o, meglio, torrentizio, è costituito da piccoli impluvi e incisioni, costituenti un reticolo idrografico che è stato stravolto dall'antropizzazione dell'area.

Questa area è denominata Depressione di Volla ed è caratterizzata da una successione piroclastico-alluvionale con intercalazione di sedimenti marini e di transizione.

In particolare, sulla base dei dati provenienti da vari studi ed indagini realizzati nel corso del tempo, si riconoscono i seguenti strati (vedi Figura 4-4):

1. Terreni di riporto di natura antropica dovuti a opere di colmata e al generale innalzamento della superficie topografica. Spessori medi intorno a 1-2 m con spessori massimi che raggiungono i 5-6 m;
2. Depositi piroclastico-alluvionali: piroclastiti flegree e vesuviane sia in deposizione primaria che rimaneggiate in ambiente fluviale, palustre e costiero, i depositi sono intercalati a paleosuoli e livelli di torba. Costituiscono l'acquifero principale dell'area con spessori generalmente superiori i 20 m fino al centinaio di metri in alcune verticali.



*Figura 4-4 - Sezione geologica*

Nell'ambito della successione dei depositi piroclastico-alluvionali, sono presenti livelli più o meno continui delle seguenti formazioni:

- Lave del Vesuvio di epoca storica, solo nel settore sudorientale. Hanno spessori dell'ordine dei 10 m con permeabilità elevata e caratterizzati da un alto grado di fratturazione;
- Tufi dell'attività del Soma Vesuvio messi in posto a causa di eventi esplosivi di età inferiore ai 17000 anni fa. Si riscontrano nel settore centrale e orientale dell'area in esame con spessori che raggiungono massimo i 43 metri;
- Tufo Giallo Napoletano rinvenuto, sia in facies litoide che incoerente, solo nell'area occidentale della Depressione di Volla. Gli spessori medi sono di circa 30 m, con minimi di 10 e massimi di 50;
- Lave del Somma rinvenibili nel settore orientale della Depressione di Volla. Sono presenti dai 40-50 metri di profondità, con spessori che raggiungono i 30 m.

## 5.2 Indagini disponibili

Si riporta di seguito una sintesi delle indagini eseguite utili alla definizione del modello geotecnico.

La zona portuale e le aree adiacenti sono state oggetto nel passato di numerose e diffuse campagne di indagini finalizzate alla realizzazione di varie opere; tali indagini hanno consentito una affidabile ricostruzione della stratigrafia del sottosuolo, nonché la sua caratterizzazione geotecnica. In particolare, nell'ambito della ricognizione effettuata, si ritengono significative le seguenti:

- le indagini riportate nella Carta geologico-tecnica della città di Napoli redatta dai proff. P. Nicotera e P. Lucini, e nella Caratterizzazione geotecnica del territorio urbano, eseguita dai proff. A. Croce ed A. Pellegrino, contenute ne *Il sottosuolo di Napoli*, 3° volume degli atti dell'VIII Convegno Nazionale di Geotecnica di Cagliari, 1967;



- le indagini geotecniche effettuate nel 1968 dal Prof. A. Croce, per conto della CASMEZ, per lo studio dei terreni di posa delle opere per la realizzazione dello “Svincolo Via Marittima - Porto - Autostrade”;
- le indagini geognostiche e geotecniche eseguite nel febbraio 1986 dal Prof. D. Stanzione per i lavori di sistemazione delle aree da acquisire nell’ambito portuale e spostamento del fascio di binari;
- le indagini geognostiche eseguite dalla SISPI nell’ambito della progettazione definitiva degli adeguamenti funzionali dei Moli Bausan, Flavio Gioia, Immacolatella Vecchia e del tombamento dell’ex Alveo Pollena (2000);
- le indagini eseguite nell’ambito del progetto di costruzione della nuova darsena di Levante (2003-2004).

Oltre all’inquadramento complessivo che si desume dall’insieme delle indagini disponibili (e di cui nel paragrafo precedente sono stati riassunti gli elementi maggiormente significativi), nell’ambito della Progettazione Definitiva e dell’attuale Progettazione Esecutiva le analisi sono state basate su:

- I risultati delle indagini geotecniche eseguite nel 2017 a cura della stazione appaltante ed eseguite dalla Tecno-In;
- I risultati delle indagini complementari eseguite nel periodo maggio-giugno 2019 a cura dei progettisti.

In particolare, la campagna d'indagini del 2017 ha visto l'esecuzione di:

- n° 6 sondaggi stratigrafici, di cui n.1 a terra e n.5 a mare, comprendenti:
  - n° 23 prove SPT;
  - il prelievo di n° 22 campioni indisturbati;
- n° 1 prova simica in foro del tipo Down-Hole, eseguita in corrispondenza del tratto finale della spalla di SE della diga foranea Duca d'Aosta.

Nel 2019 il gruppo di progettazione del PD ha integrato le indagini disponibili con un rilievo batimetrico, eseguito con tecnica multi-beam.

Inoltre, è stato eseguito in proiezione all’esistente diga (lato levante), sull’area di impronta del prolungamento di progetto, un profilo di rilievo con side scan sonar per circa 1000 m di sviluppo lineare, con una larghezza dell’area investigata pari a circa 50 m.



Infine, a seguito di ordinanza della Capitaneria di Porto n.62/2019, nel giugno 2019 sono state seguite ulteriori prospezioni geotecniche con l'ausilio di Moto Pontone, sull'asse del prolungamento della diga foranea, al fine di identificare la quota superiore del tetto di tufo.

### 5.3 Caratterizzazione geotecnica

La caratterizzazione geotecnica del sito di intervento è stata effettuata sulla scorta di una ampia ricognizione delle indagini geotecniche eseguite nel porto di Napoli negli ultimi venti anni, nonché dei risultati della campagna geognostica eseguita nel mese di agosto del 2017 dalla società Tecno In S.p.A (su incarico della Autorità di Sistema Portuale del Tirreno Centrale), i cui risultati sono stati integrati con ulteriori indagini eseguite dal RTI nel periodo maggio - giugno 2019.

La successione stratigrafica naturale risulta costituita, a partire dal fondale, da sabbie da fini a medie con frammenti di gusci, per uno spessore variabile dai 0,5 ai 2,7 m. Tali terreni si rinven- gono costituiti da materiali sciolti di differente granulometria, indicati come sabbie superiori; i ter- reni sono costituiti da alternanze di livelli quasi sempre di origine vulcanica, con granulometria generalmente variabile dal limo sabbioso a sabbia, mediamente addensati. In esse sono presenti, in forma differenziata, materiali organici quali alghe e residui di gusci. I livelli a differente granu- lometria non sono stratigraficamente correlabili fra loro perché sembrano alternarsi in maniera irregolare in orizzontale ed in verticale.

Sottostante rispetto alle sabbie di fondale è stato rinvenuto uno strato di tufo vesuviano di colore oca-giallastro, recuperato a frammenti pluricentrici, in alcuni casi affiorante (come rilevabile dal rilievo side scan sonar), le cui quote variano alla sommità da -16,30 a -21 m s.l.m. e alla base da -18 a -23 m s.l.m., con spessori variabili da 0,5 a 2,3 m circa. Tale deposito è risultato talvolta intercalato da sottili livelli di ceneri a granulometria grossa, non litoidi o semi litoidi, con inclusi frammenti tufacei grigio-nerastro centimetrici.

Al di sotto, dopo un modesto strato di cinerite fine di colore verde chiaro-avana di spessore va- riabile tra 0,20 e 3,5 m circa, è presente un livello di piroclastite vesuviana parzialmente zeolitiz- zata, caratterizzato da tufo friabile e dalla presenza di cristalli di leucite analcimizzata.

Le quote del tetto di tale strato risultano variabili tra -21 e -26 m s.l.m., mentre la quota di base, invece, varia da -29,50 a -37,50 m s.l.m., approfondendosi dalla testata della diga foranea verso sud est, ovvero lungo l'allineamento indagato.

Al di sotto, sino alla profondità massima di indagine, la stratigrafia è caratterizzata da sabbia da media a grossolana di natura piroclastica, a tratti intercalata da orizzonti cineritici. I terreni di natura piroclastica sono generalmente privi di residui organici.

Nelle figure seguenti vengono riportate la sezione stratigrafica di riferimento e le colonne stratigrafiche dei sondaggi analizzati; per maggiori dettagli si rimanda all'elaborato n. 2411NA-GE-N-G-PE-0302 – *Indagini geognostiche - Planimetria e Sezione geologica – stratigrafica.*

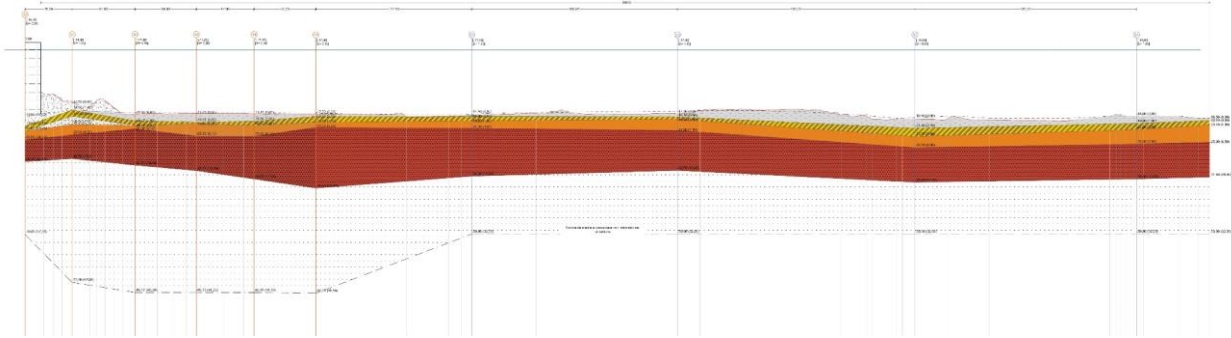
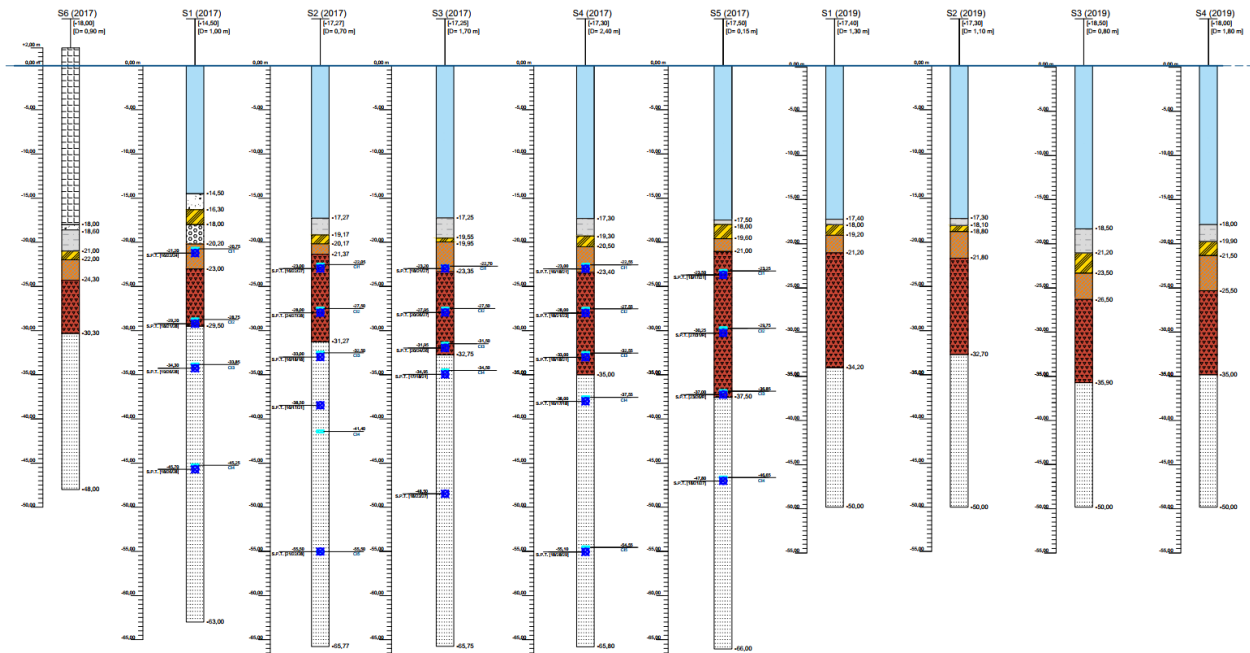


Figura 4-5 - Profilo stratigrafico tracciato sulla proiezione del prolungamento ad Est della Diga Duca D'Aosta



LEGENDA SEZIONE			
<ul style="list-style-type: none"> <li><span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">SX</span> Sondaggi anno 2017</li> <li><span style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 2px;">SX</span> Sondaggi anno 2019</li> <li>--- Rilievo 2019</li> <li>— Rilievo 2024</li> <li>□ Campione indisturbato</li> <li>⊗ Prova SPT</li> </ul>	<p><b>UNITÀ MODELLO GEOTECNICO</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>[S] Sabbie di fondale</li> <li>[TVG] Tufo vesuviano giallastro</li> <li>[P_sup] Sabbie superiori</li> <li>[P_inf] Sabbie inferiori</li> </ul>	<p><b>UNITÀ GEOLOGICHE</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>[Pattern] Sabbie di fondale</li> <li>[Pattern] Tufo vesuviano giallastro</li> <li>[Pattern] Cinerite a granulometria sabbia grossolana ghiaiosa, ricca di frammenti di tufo grigio-nerastro</li> <li>[Pattern] Cinerite fine</li> <li>[Pattern] Piroclastite vesuviana a tratti parzialmente zeolizzata (tufo tenero)</li> <li>[Pattern] Sabbie da media e grossolane con intercalazioni cineritiche</li> </ul>	<p><b>RIPORTI ANTROPOCI</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>[Pattern] Diga foranea</li> <li>[Pattern] Riporto: trovati lavici</li> </ul>

Figura 4-6 - Composizione delle colonne stratigrafiche, con indicazioni relative a campioni indisturbati e SPT

Sulla base delle indagini geognostiche eseguite e del modello geologico appena definito, sono stati riconosciuti i seguenti complessi litologici:

- Sabbie di fondale da fini a medie con frammenti di gusci dello spessore compreso tra 0,50 e 2,70 m (S);
- Tufo vesuviano giallastro, con interposti livelli di ceneri a granulometria grossa, con spessore variabile da 0,50 a 2,30 m (TVG);
- Piroclastite vesuviana, a tratti parzialmente zeolizzata, con un modesto strato di cinerite fine di colore verde chiaro-avana, con spessore di 8,00÷18,00 m (P<sub>sup</sub>);
- Sabbia da media a grossolana di natura piroclastica, a tratti intercalata da orizzonti cineritici (P<sub>inf</sub>).

I campionamenti effettuati dalla società Tecno In S.p.A sono relativi soltanto alla piroclastite vesuviana e allo strato di sabbia grossolana (“P<sub>sup</sub>” e “P<sub>inf</sub>”).

Pertanto, al fine di caratterizzare dal punto di vista della resistenza meccanica e della deformabilità gli stati più superficiali del fondale (sabbie superiori “S” e di tufo “TVG”) per i parametri di resistenza meccanica ( $c'$  e  $f'$ ) si è fatto riferimento ai dati desumibili delle indagini geognostiche eseguite nel Porto di Napoli, la cui accurata ricognizione è riportata nella relazione geologica, con particolare riferimento al modello geotecnico ricostruito nell’ambito del progetto “*Escavo dei fondali dell’area portuale di Napoli con deposito dei materiali dragati in cassa di colmata della Darsena di Levante (Progetto Esecutivo – Primo Stralcio, “Relazione geotecnica di calcolo”).*”

Discorso analogo per quanto riguarda la valutazione del modulo di rigidezza a compressione  $E$  degli strati di sabbia “S” e tufo “TVG”, per i quali si è fatto riferimento a valori medi tipici per questi litotipi ricavati dalle indagini pregresse e dalla letteratura.

Pertanto, a valle di tali considerazioni, con riferimento alle indagini pregresse, ai valori ricavati dalla letteratura ed alle analisi precedentemente riportate, è stato dedotto il modello geotecnico con i conseguenti parametri di riferimento riportati in tabella:

Unità Geotecnica	Profondità tetto	$\gamma$	$\varphi'$	$c'$	$E'$	$k$
	[m s.l.m.m.]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[kPa]	[MPa]	[m/s]
Sabbie di fondale	14,50 - 17,50	16 ÷ 18	28 ÷ 32	0	15	1,00E-06
Tufo vesuviano giallastro	16,30 - 19,50	17 ÷ 18	30 ÷ 32	220 ÷ 250	1.200 ÷ 2.100	1,00E-09
Piroclastite vesuviana	19,50 - 22,00	15 ÷ 18	32 ÷ 40	0	30 ÷ 40	1,00E-06
Sabbia da media a grossolana di natura piroclastica	> 29,50	16 ÷ 20	30 ÷ 35	0	25 ÷ 35	1,00E-06

*Tabella 4-1 – Terreni in sito – Parametri geotecnici caratteristici di riferimento*

Si riporta di seguito una sintesi dei parametri geotecnici di riferimento per i materiali da costruzione:

Materiali da costruzione	$\gamma_d$	$\gamma_{sat}$	$\varphi'$	$\nu$	$E'$	$k$
	[kN/m <sup>3</sup> ]	[kN/m <sup>3</sup> ]	[°]	[-]	[kPa]	[m/s]
Materiali di scanno per imbasamento cassoni (massi 100-500 kg)		20	40	0,3	2.500 ÷ 10.000	1,00E-03
Pietrame (50-150 mm)	18,5	22	40	0,3	10.000	1,00E-03
Massi mantellata esterna [1 ÷ 3 t (II Categoria); 3 ÷ 7 t (III Categoria); > 7 t (IV Categoria)]	18,5	22	45	0,3	25.000	1,00E-03
Cls masso guardiano	24	24	-	0,2	30.000	1,00E-03

*Tabella 4-2 – Materiali da costruzione – Parametri geotecnici caratteristici di riferimento*

#### 5.4 Caratterizzazione dei sedimenti sui fondali dell'area di intervento

Nel caso in esame, non essendo previsto il dragaggio dei fondali per la realizzazione dello scanno d'imbasamento dei cassoni e tenuto conto della qualità dei sedimenti (cfr. 2311NA-GE-N-E-PE-0301- "Caratterizzazione dei sedimenti" e cfr. 2311NA-GE-N-E-PE-0302 - "Caratterizzazione dei sedimenti - Allegato"), si è prevista la realizzazione di un miglioramento dello stato dei fondali in situ, finalizzato a isolare il materiale più superficiale rispetto alle matrici ambientali circostanti, rimanendo nel medesimo ambiente marino. L'intervento consiste:

- nella posa sul fondale naturale di uno strato di geotessile per il "miglioramento statico" e la "tenuta ambientale" su tutta la superficie d'impronta relativa alla nuova opera;
- nel posizionamento, al disopra del geotessuto, di uno strato di pietrame di pezzatura 50 – 150 mm e spessore di 0,50 m con funzione di zavorramento del geotessile.

L'intervento è tale da non risentire del passaggio dei natanti o di altre attività di movimentazione. Durante la sua realizzazione il materiale inerte dovrà essere posto in opera solo meccanicamente, con draghe o benne, procedendo lentamente e in maniera uniforme per assicurare la corretta stratificazione ed evitare la messa in sospensione, la dispersione ed il mescolamento dei sedimenti naturali sottostanti il geotessuto.

Durante l'esecuzione dei lavori è prevista un'attività di monitoraggio con stazione di controllo per l'acquisizione in continuo di profili verticali di corrente e la misura della torbidità. Il sistema di monitoraggio, di proprietà della stazione appaltante, è costituito da una boa galleggiante cilindrica in materiale plastico colore giallo, completa di sensori meteorologici, di lettura della torbidità e di profilatore per misure di corrente ADCP e di modulo di gestione e controllo da remoto (datalogger), incluso adeguato corpo morto e catenaria di ancoraggio.

In generale tutte le attività devono essere tali da minimizzare la ri-sospensione dei sedimenti, l'incremento della torbidità e non devono causare danno alla flora e fauna locale.



## 6 **ASPETTI TECNICI**

### 6.1 **Ricognizione di ordigni bellici**

Il Porto di Napoli, come noto, è stato oggetto di intensi bombardamenti nel corso della II Guerra Mondiale e pertanto non può escludersi il rischio di rinvenimento di ordigni bellici inesplosi.

Preliminarmente all'inizio dei lavori, le aree di intervento devono essere sottoposte a ricognizione bellica superficiale per l'individuazione e rimozione di eventuali ordigni inesplosi che potrebbero ritrovarsi nei fondali interessati dalle nuove opere.

Per l'esecuzione delle attività previste nella fase in oggetto, è prevista la preliminare delimitazione delle zone di intervento e la predisposizione di attrezzature e servizi necessari allo svolgimento, in sicurezza, delle mansioni. Le operazioni di bonifica da ordigni bellici devono inoltre prevedere la segnalazione delle aree di intervento, sia diurne che notturne. Nel caso di lavorazioni a mare, in ore caratterizzate da scarsa visibilità, predisporre le segnalazioni imposte dalle Autorità Marittime Competenti. In ogni caso tutti i lavoratori devono essere edotti circa le operazioni da svolgersi e possedere la formazione specifica prevista dalla norma per la conduzione ed uso delle attrezzature di lavoro, anche se impiegati a bordo di mezzi marittimi.

Le operazioni possono essere eseguite esclusivamente da ditte abilitate allo svolgimento dei tali attività, iscritte nell'apposito Albo delle ditte specializzate (istituito con D.M. 11 maggio 2015, n. 82), e dotate delle certificazioni e requisiti previsti dalla norma. Prima di procedere con le successive attività comportanti versamento di materiale sul fondo, escavi e salpamenti, l'Appaltatore dovrà produrre alla DL la certificazione rilasciata dalla Ditta specializzata e dalla competente Autorità Militare, attestante l'avvenuta bonifica e lo svincolo delle aree interessate.

Nel caso in progetto l'attività interessa esclusivamente le aree a mare nell'impronta della scogliera di imbasamento dei cassoni cellulari. Pertanto, le operazioni di bonifica previste sono di tipo *subacquea*, nelle quali la ricerca degli ordigni residuati bellici viene effettuata da sommozzatori-rastrellatori con l'ausilio di apparati rilevatori ed il supporto di mezzi nautici.

Tale bonifica avverrà in maniera *superficiale*, consistente in un'esplorazione dell'area soggetta a bonifica con apparati cercamine per la ricerca e localizzazione di masse ferrose fino alla profondità di almeno 1 m dal piano di campagna o dal fondale marino.

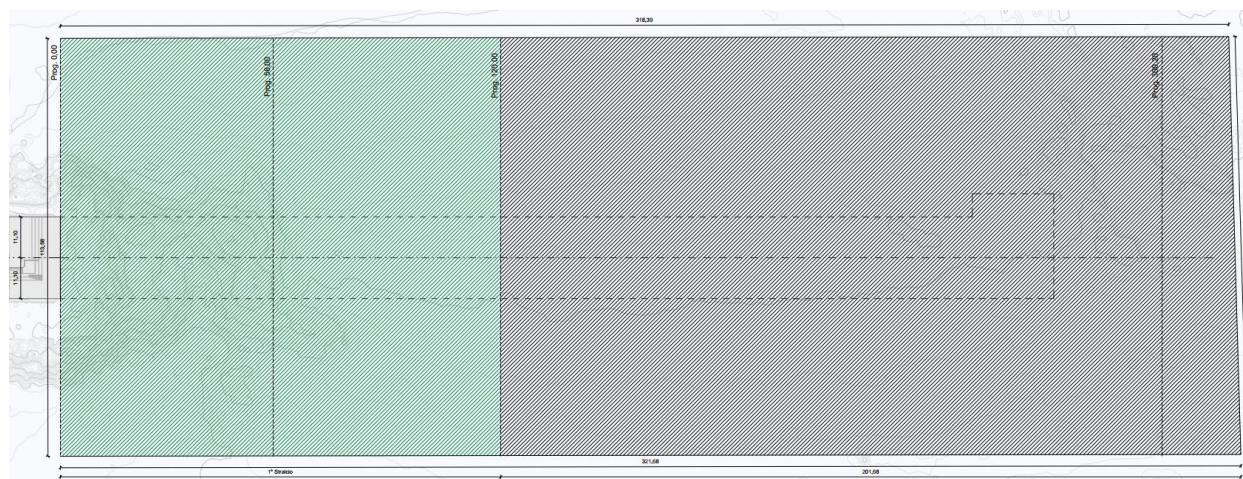
La Bonifica Sistemica Subacquea (BSS) riguarda l'insieme delle attività di ricerca, individuazione e scoprimento di ordigni esplosivi residuati bellici, condotte sotto la superficie di mari, laghi, fiumi o altri corpi d'acqua, la cui profondità comporta la necessità di impiegare apparecchiature per l'immersione e/o particolari attrezzature subacquee, finalizzate all'eliminazione di detti ordigni che rappresentano un rischio potenziale per la pubblica incolumità, per l'utilizzo in sicurezza del

sito, nonché per eventuali opere da realizzare, ovvero per la sicurezza delle maestranze impiegate in tutte le attività condotte sui fondali.

Nel caso specifico la bonifica si articolerà in:

- bonifica superficiale del I stralcio per una superficie pari a 13.626,87 m<sup>2</sup>;
- bonifica superficiale del II stralcio per una superficie pari a 22.715,18 m<sup>2</sup>.

L'area complessiva interessata da interventi di bonifica bellica superficiale è quindi pari a 36.342,05 m<sup>2</sup>.



*Figura 6-1 – Planimetria bonifica ordigni bellici*

Per i dettagli grafici di tale bonifica bellica si rimanda all'elaborato n. 2311NA-GE-N-P-PE-0501-*Planimetria Bonifica Ordigni Bellici*.

## 6.2 Aspetti meteomarini

Lo studio meteomarino allegato al Progetto Esecutivo aggiorna ed integra l'analogo studio specialistico meteomarino già condotto nell'ambito del Progetto Definitivo inerente i lavori del "Prolungamento Diga Duca D'Aosta a protezione del nuovo Terminal contenitori di Levante - I Stralcio", al fine di revisionare ed impostare i parametri meteomarini di progetto cui fare riferimento per i calcoli di stabilità idraulica e strutturale delle opere inerenti anche il II stralcio per un prolungamento complessivo di 270 m a levante.

In particolare, l'aggiornamento è stato condotto estendendo le serie storiche del moto ondoso, del vento e dei livelli di marea di ulteriori tre anni rispetto ai precedenti studi, i quali coprivano dal 1979 al 2018, fino a comprendere quindi integralmente l'anno 2021. In tal modo si è analizzata anche la mareggiata eccezionale verificatasi nel dicembre del 2020 che ha causato ingenti danni alla porzione di diga di più remota realizzazione.

In particolare, l'obiettivo dello studio è la definizione:



- (i) delle forzanti meteomarine (moto ondoso) necessarie per effettuare le verifiche idraulico-strutturali delle opere in progetto;
- (ii) delle onde di modellazione per le considerazioni in merito all'evoluzione dei fondali e della spiaggia di Vigliena;
- (iii) del regime dei venti;
- (iv) delle variazioni dei livelli (marea astronomica e metereologica).

Lo studio ha pertanto riguardato i seguenti aspetti:

- inquadramento geografico del paraggio e definizione del settore di traversia che lo contraddistingue;
- determinazione dell'area di generazione efficace per il moto ondoso;
- definizione delle caratteristiche di moto ondoso, a largo e in prossimità del sito in esame per mezzo di idonea modellistica numerica per l'analisi quantitativa del regime di moto ondoso;
- valutazione, su base statistica, della legge di distribuzione dei valori estremi di moto ondoso al largo in modo da poter definire l'evento di progetto associato ad un determinato tempo di ritorno;
- definizione del clima anemometrico al largo ed in costa;
- definizione del regime dei livelli ed analisi degli estremi congiunti moto ondoso-livelli.

Per la definizione delle condizioni di moto ondoso al largo del porto di Napoli sono state prese in esame le fonti di dati maggiormente attendibili e attualmente disponibili:

- dati di moto ondoso ricostruiti in ri-analisi (hindcasting) tra il 1979 e il 2021 per l'intero bacino del mediterraneo dal MetOcean Group del Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica e Ambientale dell'Università di Genova ("dati del DICCA" nel prosieguo) con il modello di generazione e propagazione del moto ondoso WaveWatch III, con una risoluzione spaziale pari a 0.1° ed una risoluzione temporale pari a 1 ora; tale database, allo stato attuale, è unico nel suo genere data la grande accuratezza spaziale delle serie storiche di moto ondoso ricostruite e l'arco temporale delle stesse serie storiche che risulta essere pari a 42 anni;
- registrazioni ondometriche direzionali (da luglio 1989 a giugno 2005) effettuate dalla boa posta al largo di Ponza con cadenza trioraria appartenente alla Rete Ondometrica Nazionale gestita dall' Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale ("ISPRA" nel prosieguo, già A.P.A.T.).

Per la valutazione del regime di moto ondoso al largo di Porto di Napoli si è ritenuto più rappresentativo il clima di moto ondoso ricostruito al largo del paraggio in base alla serie storica del DICCA nel punto di coordinate 40.71°N - 14.2187°E, poiché consente di disporre di una serie di



dati di moto ondoso avente 39 anni di durata con un rendimento sostanzialmente costante e non affetto dalle metodiche di trasposizione, che seppur consolidate non possono preferirsi ai dati “locali”.

Si è quindi proceduto alla valutazione del regime di moto ondoso al largo del Porto di Napoli ed alla valutazione della legge di distribuzione dei valori estremi di moto ondoso sulla base dell'analisi statistica delle altezze d'onda al colmo delle mareggiate estratte dalla serie storica del DICCA, in funzione dei settori di traversia che caratterizzano il paraggio, applicando la metodologia proposta da Goda (1988).

Lo studio meteomarinario è quindi articolato in:

1. Inquadramento geografico del paraggio;
2. Definizione del clima di moto ondoso al largo del Porto di Napoli;
3. Propagazione sotto costa della serie dei dati ondametrici;
4. Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso;
5. Analisi del regime dei livelli e analisi degli estremi congiunti moto ondoso-livelli.

### 6.2.1 Inquadramento geografico del paraggio

Il Porto di Napoli è ubicato nell'omonima baia (vedi Figura 6-2). Compreso tra il monte di Procida e la penisola sorrentina, risulta geograficamente esposto agli eventi meteomarini (moto ondoso e vento) provenienti dal II° e III° quadrante.

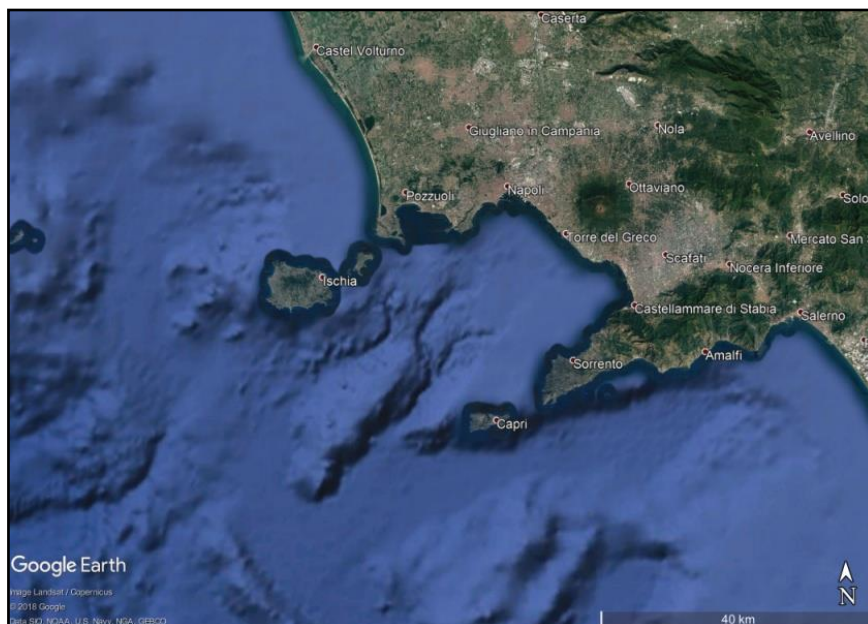


Figura 6-2 – Inquadramento geografico Baia di Napoli





I fetch efficaci, che rappresentano la porzione di mare sulla quale si esplica “effettivamente” l’azione del vento responsabile della generazione del moto ondoso, sono ottenuti utilizzando il modello di calcolo ENIF, ed evidenziati nella Figura 6-3.

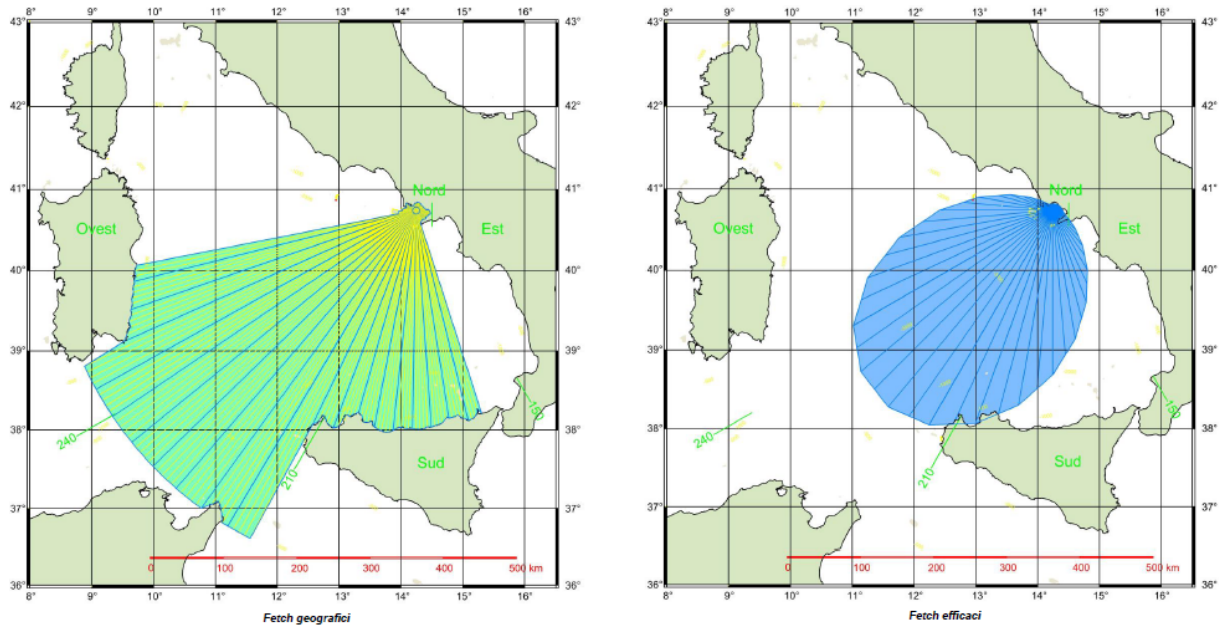


Figura 6-3 – Fetch geografici e fetch efficaci

### 6.2.2 Definizione del clima di moto ondoso al largo del Porto di Napoli

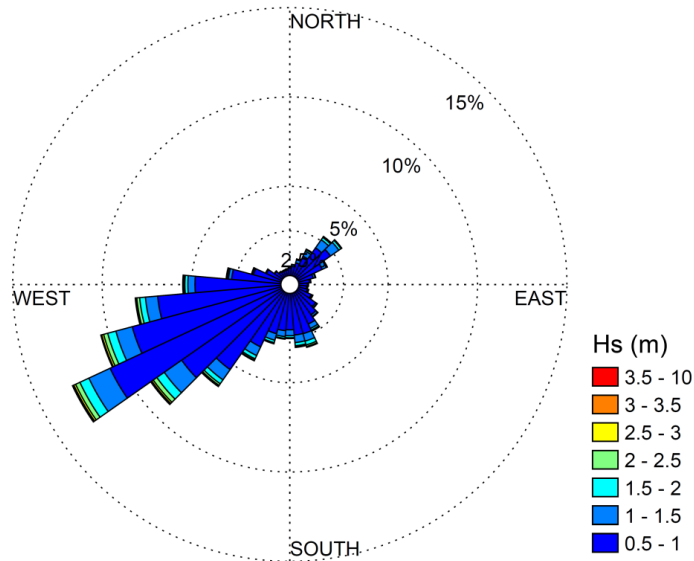
Per la definizione del clima di moto ondoso al largo del Porto di Napoli si è ritenuto più rappresentativo il clima di moto ondoso ricostruito al largo del paraggio dal DICCA nel punto di coordinate 40.71°N - 14.2187°E, che consente di disporre di una serie di dati di moto ondoso avente 39 anni di durata con un rendimento sostanzialmente costante.

Il risultato dello studio mostra la presenza di due settori di traversia, rispettivamente:

- Settore principale compreso tra 195°N e 285°N
- Settore secondario compreso tra 150°N e 195°N

In Figura 6-4 è mostrata la rosa ondometrica annuale. Gli stati di mare più frequenti presentano generalmente altezza d’onda compresa tra 0,5 <math>H\_s</math> <math>1,5</math> m. Le calme (stati di mare di altezza significativa  $H_s$  inferiore a 0,5 m) si verificano in media il 53% del tempo, circa 193 giorni/anno.

**Regime ondametrico annuale (P<sub>003561</sub> hindcasting dal 1979 al 2018)**



*Figura 6-4 – Rosa ondametrica annuale.*

La suddivisione degli eventi per classi di altezza significativa e direzione e le conseguenti frequenze di accadimento delle classi rivelano che gli stati di moto ondoso più significativi ( $H_s$  maggiore di 0,5 m) si presentano da Libeccio (57,22%) e da Scirocco (12,58%) con una frequenza di accadimento complessiva pari al 69,8%. Dal settore di Libeccio si presentano inoltre gli eventi con altezza d'onda significativa più elevata. Molto meno frequenti risultano gli stati di mare da Grecale e da Maestrale, con valori di  $H_s$  generalmente inferiori a 2,5 – 3,0 m. Durante il corso dell'anno il regime di moto ondoso presenta poca variabilità.

Gli stati di mare caratterizzati da altezza superiore a 2 m si verificano in media 238 ore/anno. La persistenza degli stati di mare con  $H_s > 3,0$  m si riduce a 34 ore/anno e circa 7 ore/anno altezze d'onda superiori a  $H_s > 4,0$  m.

### 6.2.3 Propagazione sotto costa della serie di dati ondametrici

Il clima di moto ondoso, in corrispondenza del prolungamento della diga Duca D'Aosta, è stato ricostruito a partire dagli stati di mare della serie ondametrica definita al largo del porto di Napoli e propagati da largo verso riva, con un modello numerico di rifrazione inversa spettrale (MEROPE sviluppato dalla Modimar Srl) che tiene conto delle informazioni batimetriche desunte dalla carta nautica del paraggio (C.N. 11).

Il diagramma polare di Figura 6-5 sintetizza il clima di moto ondoso, ottenuto in corrispondenza del prolungamento della diga Duca D'Aosta.

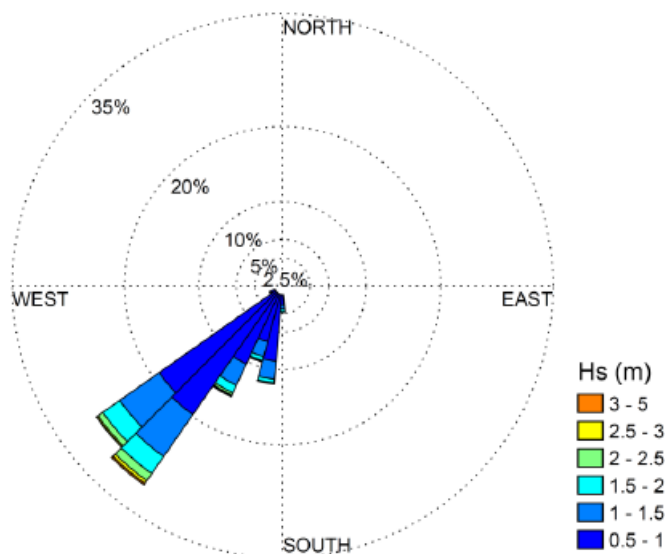


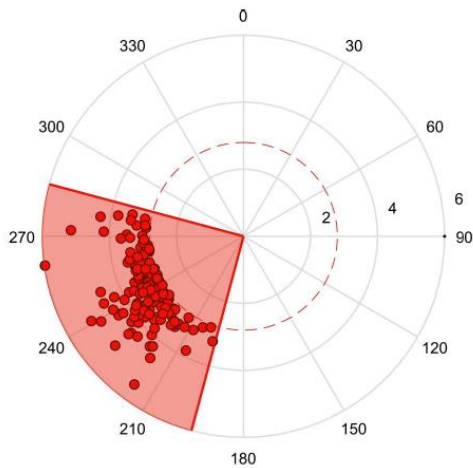
Figura 6-5 – Punto sotto costa P0 – Distribuzione degli eventi di moto ondoso con altezza d'onda superiore a 0,5 m.

Dal confronto tra il regime ondometrico annuale a largo e a riva (in prossimità della diga Duca d'Aosta) si nota come gli eventi, durante il processo di propagazione largo/riva, subiscono una rotazione verso la direzione 210 – 220 °N.

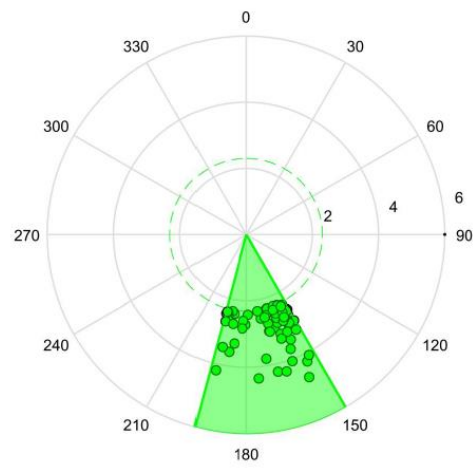
#### 6.2.4 Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso

L'analisi statistica degli eventi estremi (mareggiate) è stata eseguita utilizzando il metodo POT (Peaks Over Threshold detto anche “della serie di durata parziale sopra soglia”), che a differenza del metodo dei massimi annuali, consente di selezionare un numero maggiore di dati garantendo intervalli di confidenza minori per la stima dei valori estremi. L'analisi statistica (vedi Figura 6-6) è stata eseguita per:

1. il settore di traversia principale (settore A - direzioni da 195°N a 285°N), caratterizzato dalle massime altezze d'onda significative;
2. il settore di traversia secondario (settore B - direzioni da 150°N a 195°N).



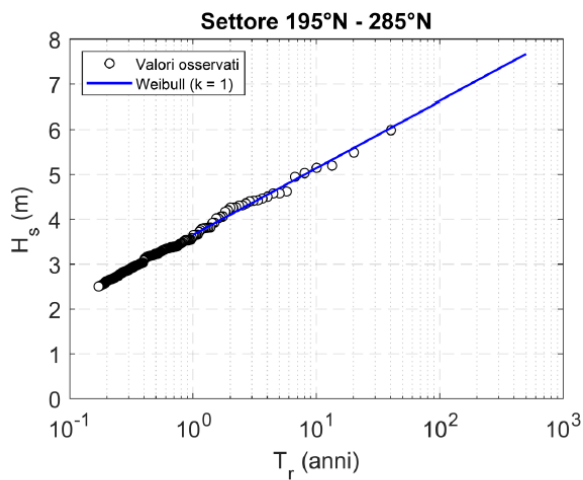
Valori al colmo delle mareggiate al largo di Napoli nel periodo 1979–2018 ricostruite dal DICCA per il settore di traversia principale (195- 285°N).



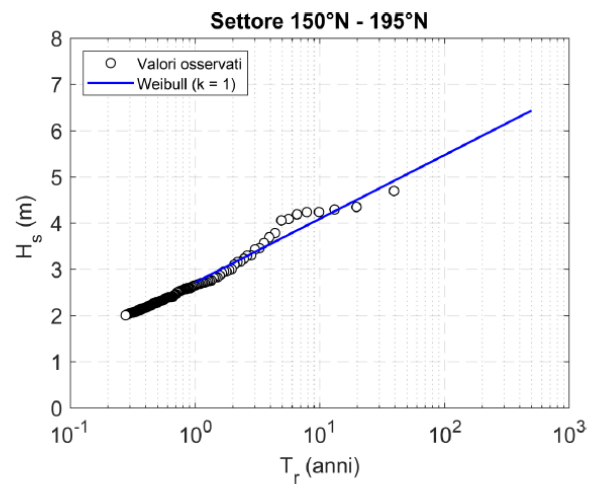
Valori al colmo delle mareggiate al largo di Napoli nel periodo 1979–2018 ricostruite dal DICCA per il settore di traversia secondario (150-195°N).

**Figura 6-6 – Valori al colmo delle mareggiate – settore di traversia principale e secondario**

Nella figura seguente sono riportate le elaborazioni statistiche per i 2 settori di provenienza, ottenute con le curve di regolarizzazione statistica di Weibull con  $k = 1,0$ .



Settore di traversia 195-285°N. Adattamento alla legge di distribuzione tipo Weibull 1.0 dei valori al colmo delle mareggiate estratte dalla serie storica del DICCA tra il 1979-2018.



Settore di traversia 150-195°N. Adattamento alla legge di distribuzione tipo Weibull 1.0 dei valori al colmo delle mareggiate estratte dalla serie storica del DICCA tra il 1979-2018.

**Figura 6-7 – Elaborazioni statistiche per il settore di traversia principale e secondario**

Nella tabella seguente sono state sintetizzate le condizioni meteomarine sia al largo che in corrispondenza delle nuove opere.





SETTORE DI TRAVERSIA PRINCIPALE CONDIZIONI LARGO		
$T_r$ (anni)	$H_{s0}$ (m)	$T_{p0}$ (s)
2	4.1	9.6
5	4.7	10.1
10	5.2	10.5
20	5.7	10.9
50	6.3	11.3
100	6.7	11.5
250	7.4	11.9

SETTORE DI TRAVERSIA PRINCIPALE CONDIZIONI RIVA		
$T_r$ (anni)	$H_{sr}$ (m)	$H_{sr}/H_{s0}$
2	3.6	0.8743
5	4.1	0.8746
10	4.5	0.8746
20	5.0	0.8746
50	5.5	0.8746
100	5.9	0.8749
250	6.5	0.8759

SETTORE DI TRAVERSIA SECONDARIO CONDIZIONI LARGO		
$T_r$ (anni)	$H_{s0}$ (m)	$T_{p0}$ (s)
2	3.1	8.7
5	3.7	9.3
10	4.2	9.7
20	4.6	10.1
50	5.2	10.5
100	5.7	10.9
250	6.3	11.3

SETTORE DI TRAVERSIA SECONDARIO CONDIZIONI RIVA		
$T_r$ (anni)	$H_{sr}$ (m)	$H_{sr}/H_{s0}$
2	2.7	0.8791
5	3.2	0.8762
10	3.7	0.8752
20	4.0	0.8746
50	4.5	0.8746
100	5.0	0.8746
250	5.5	0.8746

Tabella 6-1 – altezza d'onda in funzione del tempo di ritorno – settore di traversia principale e secondario – condizioni a largo e condizioni a riva

### 6.2.5 Analisi del regime dei livelli e analisi degli estremi congiunti moto ondosivo-livelli

Lo studio meteomarinario ha inoltre analizzato le variazioni del livello idrico del mare nel porto di Napoli, esaminando sia la componente probabilistica del sovrizzo di tempesta che la componente deterministica della marea astronomica riassunti nella seguente tabella.

$T_r$ (anni)	Sovralzo (m)
1	0.29
2	0.33
5	0.39
10	0.44
15	0.46
20	0.48
25	0.50
30	0.51
50	0.54
100	0.59
250	0.65

Highest Astronomical Tide	HAT	0.20	m
Mean High Water Spring	MHWS	0.12	m
Mean Higher High Water	MHHW	0.06	m
Mean Sea Level	MSL	0.00	m
Mean Lower Low Water	MLLW	-0.16	m
Mean Low Water Spring	MLWS	-0.23	m
Lowest Astronomical Tide	LAT	-0.30	m

Livelli di marea presso la stazione di Napoli.

Valori relativi al sovrizzo di tempesta in relazione al tempo di ritorno per il porto di Napoli.

Tabella 6-2 - valori di sovrizzo di tempesta e marea meteorologica

### 6.3 Tracimazione e aspetti di durabilità e sicurezza

Il Progetto Esecutivo recepisce quanto previsto nel Progetto Definitivo, dove sono stati analizzati i fenomeni di tracimazione del moto ondoso sulla porzione di prolungamento della diga Duca D'Aosta. Lo studio svolto non ha avuto lo scopo di ridefinire la quota di sommità dell'opera, che rimane invariata in ottemperanza a quanto indicato nel progetto a base di gara, ma piuttosto di fornire uno strumento di previsione e di analisi di quelli che possono essere i valori delle portate di tracimazione che si possono ottenere sia in occasione di eventi di moto ondoso estremi sia non. I risultati e l'analisi delle portate di tracimazione sono risultati essere uno strumento utile dapprima per individuare le problematiche legate alla tracimazione e successivamente per indicare le soluzioni, sia tecniche sia non, per aumentare il grado di durabilità e sicurezza dell'opera progettata.

Per valutare i fenomeni di tracimazione si è fatto riferimento alle indicazioni e agli strumenti di calcolo contenuti nel manuale EuroTop II (2018). Sono state prese in considerazione mareggiate associate a tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20 e 50 anni, provenienti dal settore di traversia principale, considerando un angolo di attacco del moto ondoso ortogonale alla diga. Sulla base delle condizioni di moto ondoso ottenute in prossimità del Porto di Napoli nell'ambito dello studio meteomarinario sono state definite le condizioni di moto ondoso al piede dell'opera caratterizzate da valori di altezza d'onda compresi tra  $3,60 \leq H_s \leq 5,50$  m al crescere del tempo di ritorno e del sovralzo del livello marino, assunto per tre differenti condizioni: (i) sovralzo nullo, (ii) sovralzo di tempesta in funzione del tempo di ritorno, (iii) sovralzo di tempesta + massima marea astronomica.

L'applicazione della rete neurale artificiale ANN-Overtopping ha permesso di stimare le portate medie di tracimazione  $q_m$  del corpo diga per la configurazione di progetto. I valori di portata di tracimazione ottenuti sono sintetizzati nella seguente tabella al variare del tempo di ritorno e del livello del sovralzo idrico del mare.



<b>Tempo di ritorno</b>	<b>Sovralzo</b>	<b>Moto ondoso</b>		<b>Portata media di tracimazione</b>
		<b>SWL (m)</b>	<b><math>H_{mo}</math> (m)</b>	
<b>Tr (anni)</b>				<b><math>q_m</math>(l/s/m)</b>
2	0.0	3.60	8.8	0.41
2	+0.35	3.60	8.8	0.53
2	+0.55	3.60	8.8	0.62
5	0.0	4.10	9.2	1.08
5	+0.40	4.10	9.2	1.51
5	+0.60	4.10	9.2	1.81
10	0.0	4.50	9.5	2.19
10	+0.45	4.50	9.5	3.24
10	+0.65	4.50	9.5	3.89
20	0.0	5.00	9.9	4.83
20	+0.50	5.00	9.9	7.38
20	+0.70	5.00	9.9	8.80
50	0.0	5.50	10.3	9.52
50	+0.55	5.50	10.3	14.90
50	+0.75	5.50	10.3	17.50

Tabella 6-3 - Portate di tracimazione

Seguendo le indicazioni del manuale EuroTop II sui valori limite delle portate di tracimazione “tollerabili” associate a fenomeni di tracimazione (*overtopping*) generati da differenti altezze d'onda significative e data la funzione dell'opera progettata, è stato scelto come valore di portata media limite di tracimazione il valore di 1 l/s/m.

I risultati ottenuti a seguito dello studio hanno evidenziato come i valori medi delle portate di tracimazione risultino essere superiori al limite imposto di 1 l/s/m sia per eventi estremi (tempo di ritorno 10, 20 e 50 anni) che ordinari (tempo di ritorno 5 anni) ad eccezione degli eventi di moto ondoso con tempo di ritorno di 2 anni. Dato che la quota di sommità dell'opera non può essere aumentata per ridurre la tracimazione, lo studio ha portato a definire una serie di soluzioni, sia tecniche sia non, in grado di aumentare il grado di durabilità e sicurezza dell'opera:

- l'accosto è previsto solo occasionalmente per le imbarcazioni di servizio del personale addetto alla manutenzione del faro e solo in occasione di condizioni meteo mare calme o comunque riconducibili a valori di altezza d'onda inferiori ad un tempo di ritorno di 2 anni e comunque per un periodo di tempo breve;

- il personale di servizio, per motivi di sicurezza, non potrà operare in occasione di eventi che prevedano tracimazione, sia per l'assenza di visuale libera del mare e sia visto il dislivello tra la quota del paraonde e il camminamento (altezza di 4,30 m);
- visto il superamento della portata limite di 1 l/s/m anche in occasione di eventi non estremi, per dare maggiore durabilità all'opera dall'azione di dilavamento della portata di tracimazione sulla struttura, l'estradosso della sovrastruttura sarà trattato con prodotto indurente antiusura.

#### 6.4 Aspetti sismici

Il territorio di Napoli è classificato in zona sismica 2 indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002.

I parametri sismici utilizzati nelle verifiche delle strutture sono stati ricavati dalla normativa vigente a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. La pericolosità sismica nazionale è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>, e riportati in allegato al DM 14/1/2008, in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento con passo di 0.05°. In corrispondenza di ogni nodo del reticolo di riferimento, per ciascuna delle probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) sono assegnati i valori dei seguenti parametri:

- $a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La vita nominale dell'opera ( $V_N$ ) e la classe d'uso sono le stesse del Progetto Definitivo e in accordo con la Stazione Appaltante.

La Vita nominale è pari a 50 anni. La classe d'uso dell'opera in rapporto alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche è stata assunta pari a II (*"Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti."*).

A tal riguardo si evidenzia che l'eventuale collasso dell'opera non comporterebbe conseguenze rilevanti. È infatti plausibile affermare che l'eventuale collasso comporterebbe solo dei disagi all'operatività delle banchine immediatamente retrostanti.

Le probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ), cui riferirsi per individuare l'azione sismica, sono definite in relazione al tipo di stato limite sismico considerato, così come



indicato nella tabella 3.2.I delle NTC2018. Nel caso specifico è stato preso in esame lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), al quale corrisponde una probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) pari al 10%. Pertanto, il relativo periodo di ritorno dell'azione sismica ( $T_R = -V_R/\ln[1-P_{VR}]$ ) è pari a 475 anni.

Per l'area di intervento i valori dei parametri sismici utilizzati per la definizione dell'azione sismica di progetto, in relazione al periodo di ritorno considerato, sono riportati in Tabella 6-4 e sono stati calcolati attraverso il software "Spettri-NTC" edito dal C.S.LL.PP.

$V_N$	$C_U$	$V_R$	Stato limite	$T_R$	$F_0$	$T^*c$	$a_g$
(anni)		(anni)	(-)	(anni)	(-)	(s)	(g)
50	1	50	SLV	475	2,376	0,339	0,166

*Tabella 6-4 - Porto di Napoli – Valutazione dell'azione sismica – Valori di riferimento per verifica delle opere*

## 6.5 Impianti

Dal punto di vista impiantistico il presente progetto non prevede impianti e/o collegamenti con le reti servizi esistenti; sono previste solo delle predisposizioni realizzate con cavidotti all'interno della sovrastruttura dei cassoni. Il nuovo faro di segnalazione a luce rossa è previsto con alimentazione fotovoltaica con batterie collegate a pannelli solari integrate nella struttura del faro. Le caratteristiche tecniche e i requisiti prestazionali sia di illuminazione che di gestione e manutenzione del nuovo faro rosso di segnalazione dovranno essere verificati prima dell'installazione da Marifari quanto ente gestore.

## 6.6 Rispetto dei Criteri Ambientali Minimi (CAM)

Il presente paragrafo riporta sinteticamente l'elenco delle voci di risposta ai requisiti ambientali richiesti nel rispetto delle indicazioni contenute nell'Allegato del D.M. 11 ottobre 2017 (G.U. n. 23 del 28 gennaio 2017) "Criteri ambientali minimi per l'affidamento dei servizi di progettazione e lavori per la nuova costruzione, ristrutturazione e manutenzione di edifici pubblici".

I CAM sono criteri ambientali (e sociali) veri e propri che consistono in "considerazioni ambientali" propriamente dette, il cui inserimento all'interno delle fasi progettuali sono rese necessarie per qualificare in senso ambientale l'intero ciclo di vita dell'opera. Di seguito si riporta un elenco delle voci che ha permesso di soddisfare alla richiesta di criteri ambientali durante le fasi di progettazione dell'opera.

### Mix dei calcestruzzi

I calcestruzzi previsti all'interno del presente Progetto Esecutivo avranno un contenuto minimo di materiale riciclato (secco) di almeno il 5% sul peso del prodotto (inteso come somma delle singole componenti) secondo quanto richiesto al cap. 2.4.2.1 dell'Allegato del D.M. 11/10/2017 e s.m.

### Approvvigionamento dei materiali

Nelle fasi di progettazione è stato svolto un censimento di tutte le cave e degli impianti presenti all'interno di un raggio di 150 km dall'area di intervento (cfr. 2311NA-GE-N-P-PE-0401 - Relazione sulla gestione delle materie), dove poter fruire sia del calcestruzzo necessario per la realizzazione dei cassoni e del riempimento delle celle sia dei materiali lapidei necessari per la realizzazione dello scanno di imbasamento, lo strato zavorramento del geotessuto, le scogliere di protezione e il riempimento delle celle dei cassoni e sia del geotessuto da impiegare per la realizzazione del ricoprimento del fondale sabbioso interessato dalle opere in progetto. Le suddette forniture rappresentano più del 60% della totalità dei materiali da impiegare per la realizzazione dell'intervento in oggetto (riferimento cap. 2.6.5 dell'Allegato del D.M. 11/10/2017 e s.m.).

### Capacità tecnica dei progettisti

I progettisti che hanno partecipato alla redazione del presente Progetto Esecutivo sono in regola con il mantenimento dei crediti professionali come richiesto dalla normativa vigente e come indicato nel cap. 2.6.1 dell'Allegato del D.M. 11/10/2017 e s.m.i..

### Ghisa, ferro, acciaio

Gli elementi metallici previsti all'interno del presente progetto Esecutivo da approvvigionare (barre di armatura, bitte, anelloni, scalette alla marinara, etc.) saranno realizzati con acciaio prodotto con contenuto minimo di materiale riciclato ( $\geq 70\%$  per acciaio da forno elettrico e  $\geq 10\%$  per acciaio da ciclo integrale) secondo quanto richiesto al cap. 2.4.2.5 dell'Allegato del D.M. 11/10/2017 e s.m.

### Tubazioni in PVC

Secondo quanto richiesto dal DM n. 256/2022 (e relativo Allegato), le tubazioni in PVC e polipropilene utilizzate, dovranno essere prodotte con un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti di almeno il 20% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni. La percentuale indicata si intende come somma dei contributi dati dalle singole frazioni utilizzate.

### Materiale naturale

Riguardo al materiale naturale per la formazione e la protezione dello scanno di imbasamento, si fa presente che si cercherà di massimizzare il pietrame ottenuto dagli sfridi di lavorazione della

cava, (rispetto del criterio ambientale di economia circolare). Infine, si fa presente che sono stati assunti tutti gli accorgimenti e misure mitigative per contenere la dispersione di materiali durante la posa in opera dei massi naturali.

### Prescrizioni ambientali per il cantiere

In questa fase di Progettazione Esecutiva si indicano le prescrizioni ambientali che il futuro cantiere dei lavori dovrà garantire in ottemperanza a quanto indicato nell'Allegato del D.M. 11/10/2017 e s.m. tra cui le specifiche tecniche del cantiere (cap. 2.5 dell'Allegato del D.M. 11/10/2017 e s.m.), l'impiego di oli lubrificanti per le macchine operatrici del cantiere (cap. 2.7.5 dell'Allegato del D.M. 11/10/2017 e s.m.), materiali edilizi da impiegare per la realizzazione del cantiere e dei lavori di progetto (cap. 2.4 dell'Allegato del D.M. 11/10/2017 e s.m.).

## **7 DESCRIZIONE DELLE OPERE NEL PROGETTO DEFINITIVO**

### **7.1 Descrizione sintetica degli obiettivi e delle opere del PD**

Il prolungamento della diga foranea recepisce le esigenze di espansione verso levante indicate nel P.R.P. di Napoli ed è strettamente correlata ai lavori di adeguamento della Darsena di Levante a Terminal contenitori. L'intervento realizzerà il miglioramento della protezione dal moto ondoso e delle condizioni di sicurezza e di fruibilità del porto e, in particolare, dell'ingresso e della manovra di evoluzione nel bacino portuale alle navi di grandi dimensioni.

Nell'ambito del Progetto Definitivo lo scenario di intervento prospettato dal PP è stato verificato ed ottimizzato sulla base di dati oggettivi avvalendosi dei risultati di specifiche indagini di campo (rilievo topografico, batimetrico, side scan sonar) e di studi specialistici (studio Meteomarina, Penetrazione moto ondoso ed agitazione interna; Studio delle azioni del moto ondoso sui cassoni e tracimazione).

L'opera in progetto è una diga marittima a gravità di tipo composto verticale a cassoni cellulari su imbasamento di pietrame, analoga alla struttura già esistente. Si tratta di una tipologia molto utilizzata in Italia, sviluppata dai Romani sin dalla sua prima applicazione militare ai tempi di Giulio Cesare a Brindisi e poi da Erode a Cesarea. Risulta molto vantaggiosa per la costruzione di dighe profonde e distaccate da terra (foranee) in mari microtidali, quale appunto il caso della storica Diga Duca D'Aosta, che rappresenta in sé una interessante testimonianza della evoluzione tecnologica delle dighe a parete per oltre un secolo (Franco 1994<sup>1</sup>). La diga Duca d'Aosta è stata

<sup>1</sup>Franco L. Vertical Breakwaters: the Italian experience, Coastal Eng. 1994

oggetto di studi e ricerche ad opera dei soci della Modimar, che ne conoscono bene le peculiarità e la storia degli ultimi trentacinque anni<sup>2</sup>.

L'estensione del prolungamento della Diga Duca D'Aosta prevista dal Progetto Definitivo è di 270,70 m, comprendente 9 cassoni allineati secondo l'asse della diga di testata più 1 cassone di testata disposto ortogonalmente al suddetto asse. Vista assonometrica e planimetria delle opere sono riportate nelle illustrative Figura 7-1 e Figura 7-2 riportate di seguito.

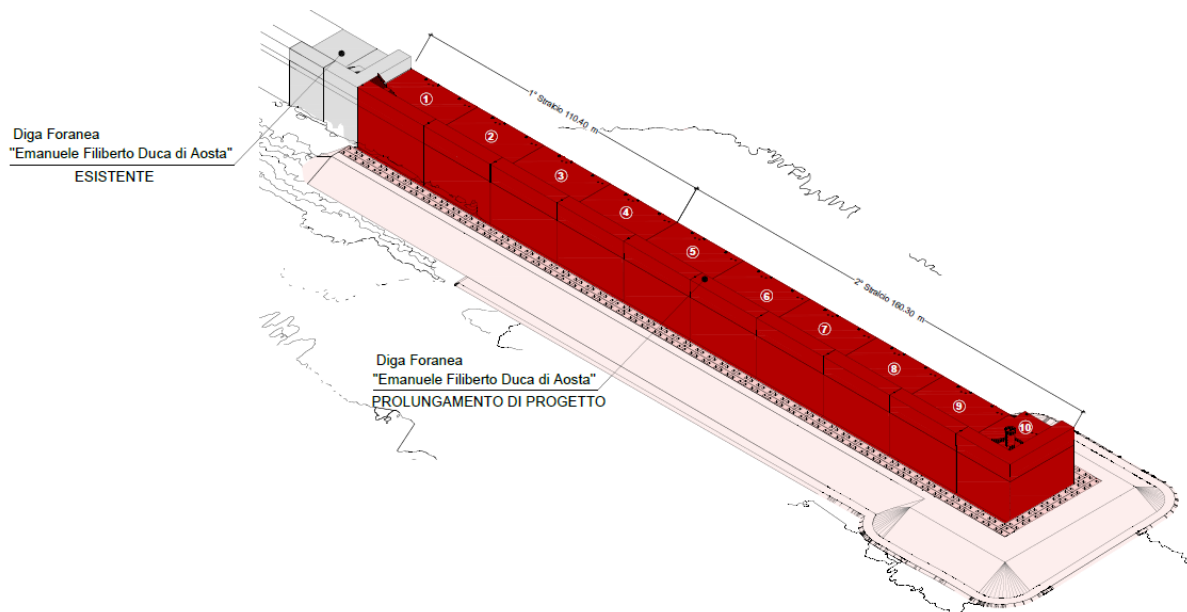


Figura 7-1 – Prolungamento della diga foranea Duca d'Aosta I° e II° stralcio - Vista assonometrica

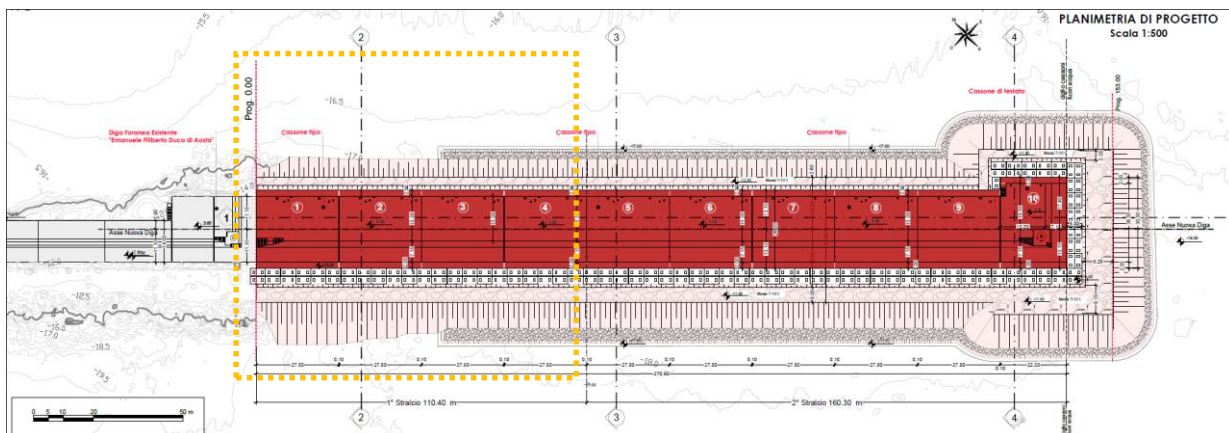


Figura 7-2 – Planimetria delle opere

<sup>2</sup> Franco L., Passoni G., The failure of the caisson breakwater Duca D'Aosta in Naples harbour during the storm of 11 January 1987, Proc. 2nd Workshop of MAST G6-S-Project 2, Plymouth, February, University of Hannover, 1992.





Il prolungamento della diga è operativamente suddiviso in n.2 stralci funzionali ed in particolare:

- un primo stralcio funzionale, riferibile alla prima parte dell'opera (n. 4 cassoni cellulari – per L=110,4 m) assoggettata alle procedure approvative del MITE /MATTM con decreto di non assoggettabilità a VIA del 11/01/2021;
- un secondo stralcio funzionale (n. 6 cassoni per 160,30 m assoggettata alle procedure approvative del MITE /MATTM con decreto di non assoggettabilità a VIA n.319 del 08/11/2022.

I cassoni, analogamente a quelli del tratto terminale della diga esistente, saranno imbasati a quota -15,00 rispetto al l.m.m, su apposito scanno di pietrame, e saranno sormontati da una sovrastruttura fuori acqua realizzata in calcestruzzo, costituita da massiccio di sovraccarico di spessore pari a 2,00 m e muro paraonde, quest'ultimo con sommità a quota +7,30 m dal l.m.m. e larghezza variabile da 5,00 m a 7,15 m (vedi Figura 7-3). Le dimensioni complessive in pianta del fusto del cassone tipo sono 22,20m x 27,50m, mentre quelle del cassone di testata (vedi Figura 7-4) sono 26,50 m x 22,20 m. L'altezza, comprensiva del fusto del cassone compreso di fondazione, esclusa la sovrastruttura, sarà pari a 16,00 m.

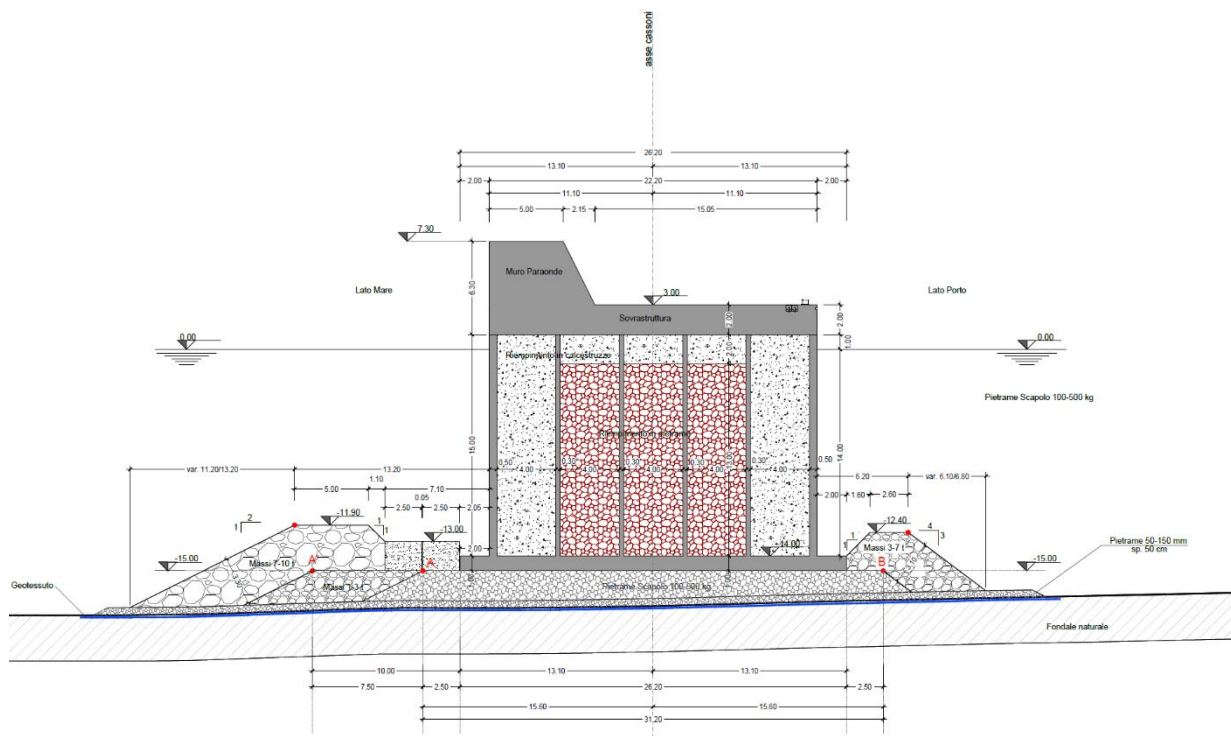
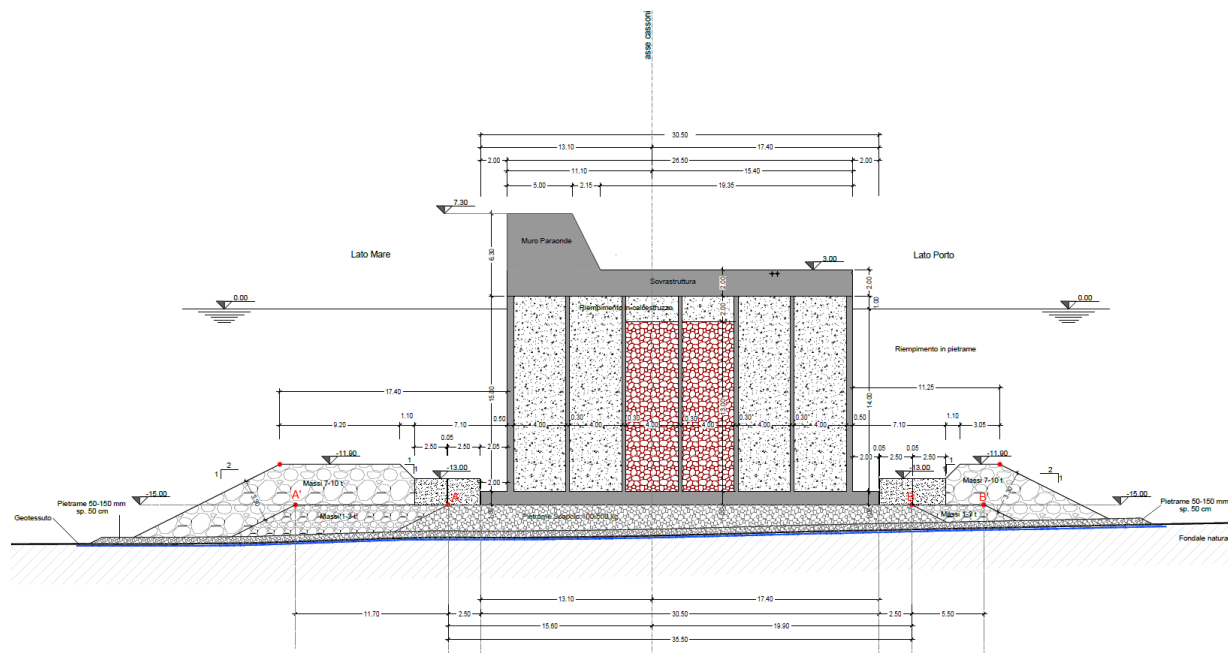


Figura 7-3 – Sezione tipologica



*Figura 7-4 – Sezione di testata*

Per i primi 50 m circa, a partire dall'attuale cassone di testata, lo scanno d'imbasamento sarà costituito prevalentemente dal materiale della scogliera esistente realizzata a protezione della testata della diga, che dalle indagini eseguite risulta pervenire fino al tetto del substrato geologico naturale costitutivo dell'area (tufo). La porzione di scogliera esistente eccedente, al di sopra della quota -15,0 m s.l.m.m., verrà salpata e dislocata in area limitrofa non interessate dall'opera per preservarne le biocenosi associate. Per la restante porzione del prolungamento contraddistinta dalla presenza di sedimenti sul fondo, lo scanno d'imbasamento dei cassoni sarà realizzato su uno strato di pietrame 50-150 mm di nuova fornitura con spessore costante di 50 cm che insieme ad un geotessuto posto a contatto del fondale naturale costituisce un intervento di miglioramento. L'intervento si estende oltre la superficie di impronta dello scanno su entrambi i lati così da aumentare la protezione del fondale naturale anche contro indesiderati fenomeni di erosione provocati dal passaggio delle navi e/o dall'azione del moto ondoso oltre l'impronta dello scanno. A questa soluzione, che prevede la realizzazione dello scanno d'imbasamento dei cassoni direttamente sul fondale attuale senza asportazione di sedimenti, si è giunti a seguito di approfondimenti progettuali che, in virtù della limitata potenza delle sabbie superficiali compresa tra 0,0 e circa 2,0 m, sovrastante lo strato della formazione tufacea, non hanno evidenziato alcun problema sia nei confronti della stabilità sia dei cedimenti dell'opera in progetto.

Lo scanno d'imbasamento dei cassoni sarà realizzato con pietrame 100÷500 kg, vibro compattato con piastra vibrante, rivestito lato porto da una scogliera in doppio strato di massi 3÷7 t, lato mare da una scogliera in doppio strato di massi 7 ÷ 10 t su uno strato di transizione di massi naturali in



doppio strato 1÷ 3 t. Le dimensioni geometriche complessive della sezione trasversale tipo (cfr. Figura 7-3) sono pari a 41,60 m in sommità, con pendenza della scarpa pari a 2/1 verso largo e 4/3 verso terra. La sezione di testata prevede (cfr. Figura 7-4) un ampliamento della mantellata di massi di IV cat a protezione di tutto il perimetro esposto.

## **8 DESCRIZIONE DELLE OPERE NEL PROGETTO ESECUTIVO**

Nel progetto Esecutivo si ingegnerizzano tutte le attività previste dal Progetto Definitivo mantenendo invariati gli ingombri piano-altimetrici e le tipologie strutturali. Per quanto riguarda i cassoni è stata effettuata una rimodulazione dettata da ragioni costruttive di prefabbricazione, più nel dettaglio la sezione corrente della diga è composta da n. 12 cassoni (di lunghezza pari 20,60 m) invece che da 9 cassoni di lunghezza pari a 27,50 m, mentre il cassone di testata ha le stesse dimensioni dell'analogo del Progetto Definitivo.

Il prolungamento della diga Duca D'Aosta è previsto con la posa in opera di cassoni cellulari in c.a. imbasati a quota -15.00 m s.l.m.m. su uno scanno in pietrame scapolo di pezzatura 100-500 kg. Il cassone cellulare tipologico (cassone di tipo A) è previsto a 5 file di 4 celle con dimensioni complessive del fusto pari ad una larghezza di 26,20 m, una lunghezza di 20,60 m ed una altezza di 15,0 m. Le celle hanno dimensioni interne di circa 4x4 m, i setti interni sono di spessore pari a 25 cm mentre le pareti esterne sono di 50 cm di spessore. La soletta del cassone è prevista di spessore 1,0 m con dimensioni planimetriche di 20,60 x 26,20 m. Superiormente l'opera di difesa è completata da una sovrastruttura in c.a. che dalla quota dell'estradosso del fusto del cassone posto alla +1,00 m s.m. perviene fino a quota +3,00 m s.m. sul lato interno (lato canale di Levante) ed è dotato di muro paraonde posto sul lato esterno (lato mare) con quota di sommità +7,30 m s.m. Il riempimento delle celle è previsto con calcestruzzo e scogli di massa 400-800 kg per le file esterne mentre per le file interne di celle è previsto il riempimento con materiale arido di cava dal fondo della cella fino a quota +0,50 m s.l.m.m. e da quota +0,50 m s.l.m.m. fino a quota +1,00 m s.l.m.m. con calcestruzzo. L'imbasamento del cassone è previsto protetto sul versante lato esterno (lato mare) da una doppia fila di massi di 7-10 t poggianti su uno strato filtro di massi di 1-3 t previsti in triplice strato. Entrambi gli strati di protezione sono previsti con pendenza 2/1.

La parte immediatamente sottostante i cassoni è costituita da elementi di pietrame con pezzatura da 20 a 180 mm per uno spessore di circa 50 cm.

Sul lato interno (lato canale) del cassone, l'imbasamento è previsto protetto da una doppia fila di massi da 3-7 t posti con pendenza 4/3. A protezione del piede del cassone è prevista la posa di una doppia fila di massi guardiani in calcestruzzo con dimensioni 2,50 x 5,00 m e altezza 1,50 m. Per conferire maggiore stabilità al tratto di prolungamento di diga è prevista la realizzazione di chiavi di collegamento tra cassoni contigui.

La testata è prevista con la posa in opera di un cassone cellulare in c.a. disposto ortogonalmente all'asse longitudinale della diga, imbasato a quota -15,00 m s.l.m.m. su uno scanno in pietrame scapolo di pezzatura 100-500 kg. Il cassone cellulare (di tipo B) è previsto a 6 file di 5 celle con dimensioni complessive del fusto pari ad una larghezza di 26,50 m, una lunghezza di 22,20 m ed una altezza di 15,0 m. Le celle hanno dimensioni interne variabili, i setti delle pareti interne sono



di spessori 25 cm mentre le pareti esterne sono di 50 cm di spessore. Il solettone di base del cassone è previsto di spessore 1,0 m con dimensioni planimetriche di 30,50 x 22,20 m. Superiormente l'opera di difesa è completata da una sovrastruttura in c.a. che dalla quota dell'estradosso del fusto del cassone posto alla +1,00 m s.l.m.m. perviene fino a quota +3,00 m s.l.m.m. sul lato interno (lato canale di Levante) ed è dotato di muro paraonde posto sul lato esterno (lato mare) con quota di sommità +7,30 m s.l.m.m.. Il riempimento delle celle del cassone è previsto con calcestruzzo ciclopico per due file più esterne su ambo i lati (in tutto 4 file di celle) mentre per le due file interne di celle è previsto il riempimento con materiale arido di cava dal fondo della cella fino a quota + 0,50 m s.l.m.m. e da quota +0,50 m s.l.m.m. fino a quota +1,00 m s.m. con calcestruzzo. L'imbasamento del cassone è previsto protetto sul versante lato esterno (lato mare) da una doppia fila di massi di 7-10 t poggianti su uno strato filtro di massi di 1-3 t. Entrambi gli strati di protezione sono previsti con pendenza 2/1. Sul lato interno (lato canale) del cassone, l'imbasamento è previsto protetto da una doppia fila di massi da 7-10 t posti con pendenza 4/3. A protezione del piede del cassone è prevista la posa di una doppia fila di massi guardiani in calcestruzzo con dimensioni 2,50 x 5,00 m e altezza 1,50 m.

Al fine di aumentare la sicurezza nei confronti dello scorrimento tra la soletta di fondazione dei cassoni e il loro scanno d'imbasamento, si prevede l'utilizzo di una dentellatura, che permette di ottenere un maggiore coefficiente di attrito all'interfaccia struttura – imbasamento dovuto all'incremento dell'ingranamento col materiale previsto per la realizzazione dello scanno d'imbasamento, con conseguente aumento della sicurezza nei confronti dei fenomeni di scorrimento.

L'utilizzo di solo calcestruzzo è legato a possibili fenomeni di corrosione (dell'armatura) dovuti all'attacco da cloruri; tali attacchi potrebbero generarsi a causa di possibili lesioni che la dentellatura potrebbe subire durante le fasi di posa e di ingranamento del cassone.

In corrispondenza dei giunti tra cassoni adiacenti sono previste delle chiavi in calcestruzzo, che garantiscono la sigillatura dei giunti e la solidarizzazione dei cassoni nei confronti dello scorrimento (Vedi Figura 8-5).

Si prevede che i primi due cassoni cellulari vengano posati nello stesso periodo e a seguire vengono riempiti e solidarizzati. Per quanto riguarda la solidarizzazione (nella condizione definitiva) tra le singole unità costituite dall'insieme cassone-sovrastruttura-muro paraonde, in fase definitiva verrà realizzata una chiave armata sia nella sovrastruttura che nel muro paraonde, da quota +1,00 a quota +7,30 m (Vedi Figura 8-6).



Le caratteristiche della sezione sono riportate nelle figure seguenti e negli elaborati grafici di dettaglio allegati al presente progetto.

L'opera in progetto, come già detto al par. § 6.4 ha:

- Vita Nominale di 50 anni (Tabella 2.4.1 delle NTC2018 – “Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari”);
- Classe d'Uso è pari a II (*Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.*).

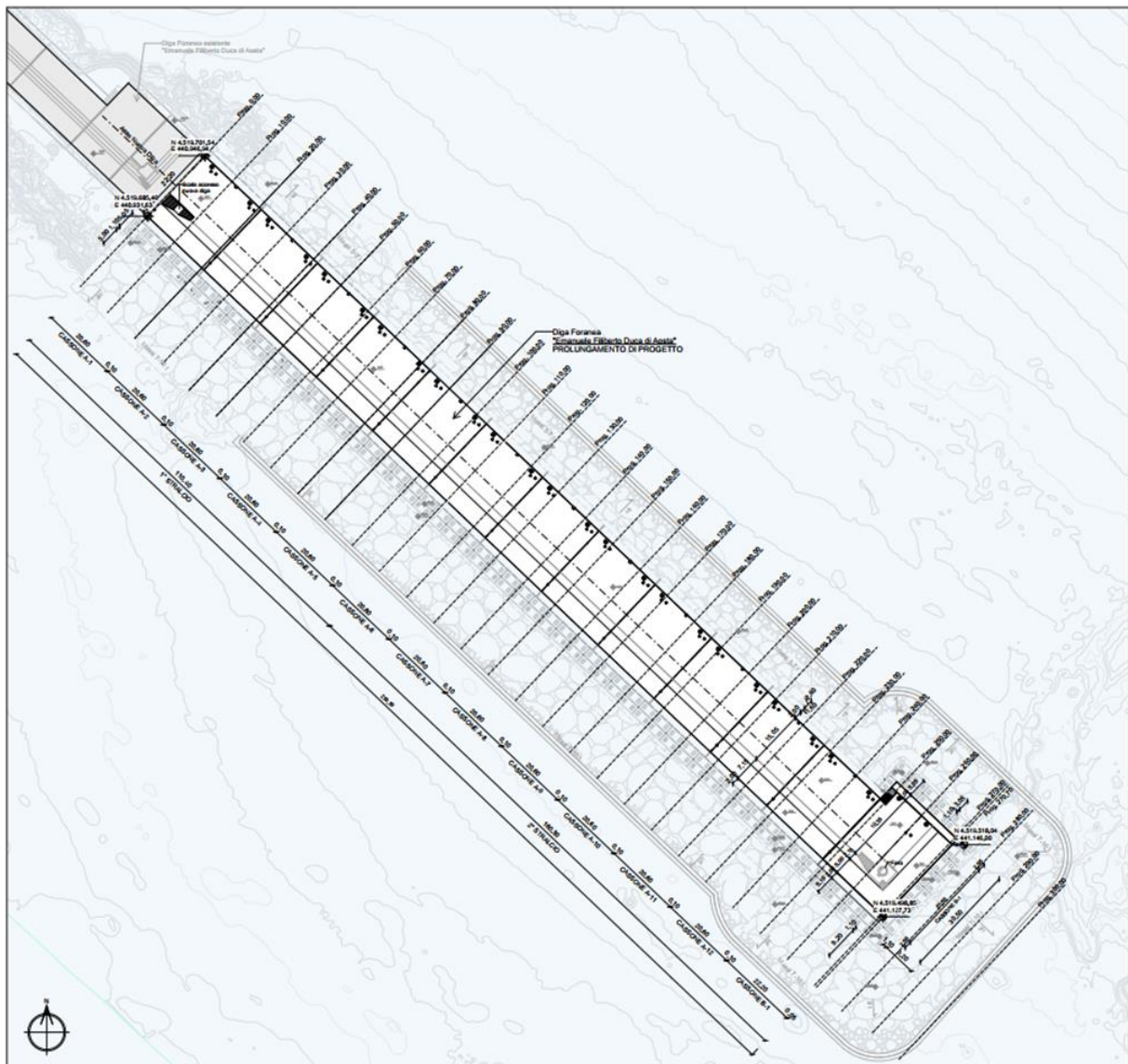


Figura 8-1 – Diga a parete verticale

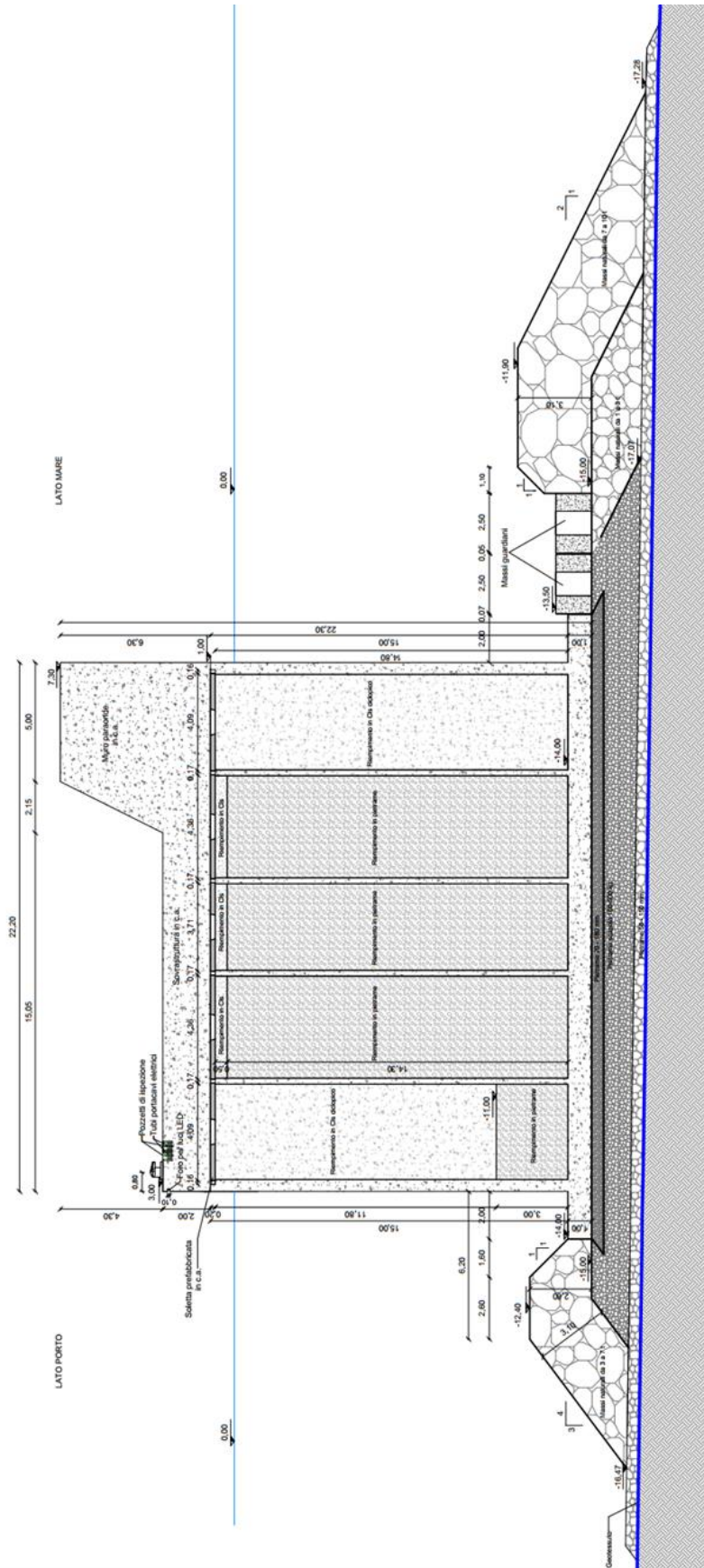


Figura 8-2 – Sezione tipologica del cassone di tipo A



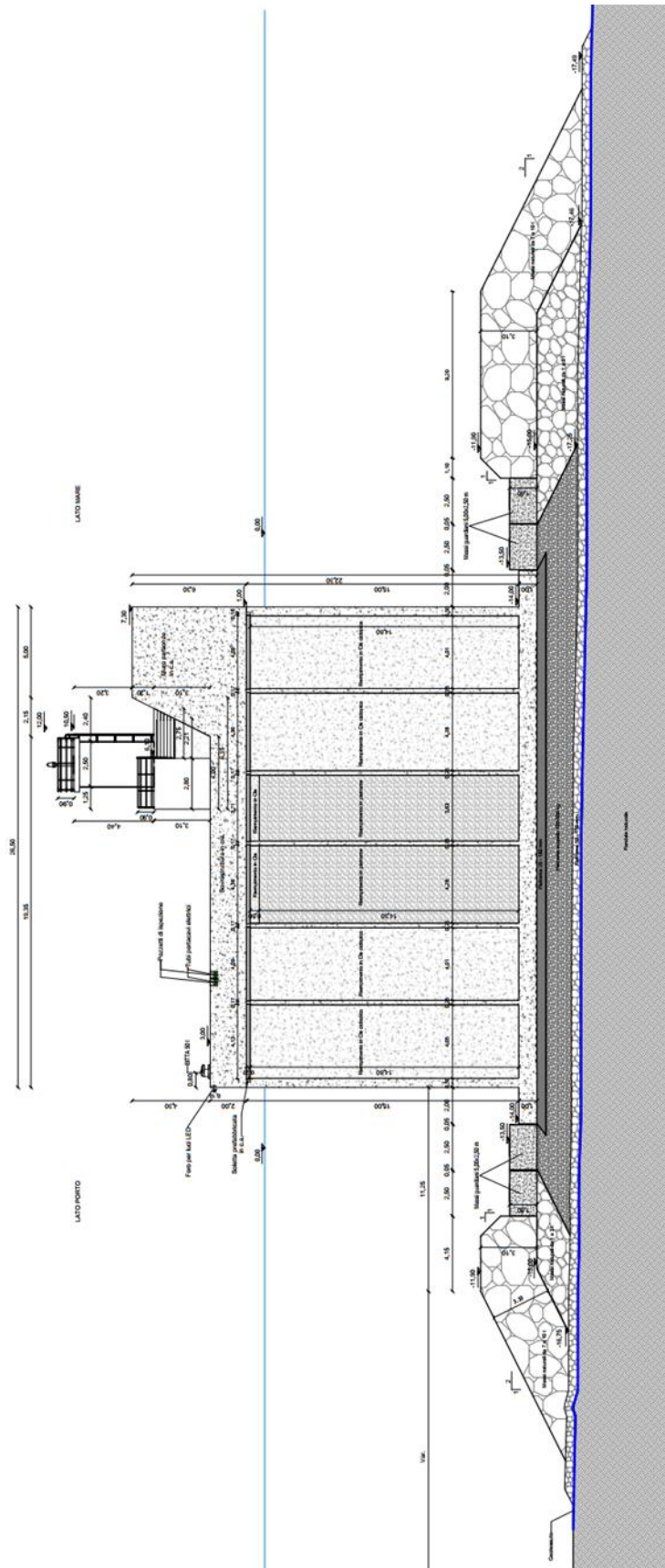


Figura 8-3 – Sezione del cassone di testata – Cassone di tipo B



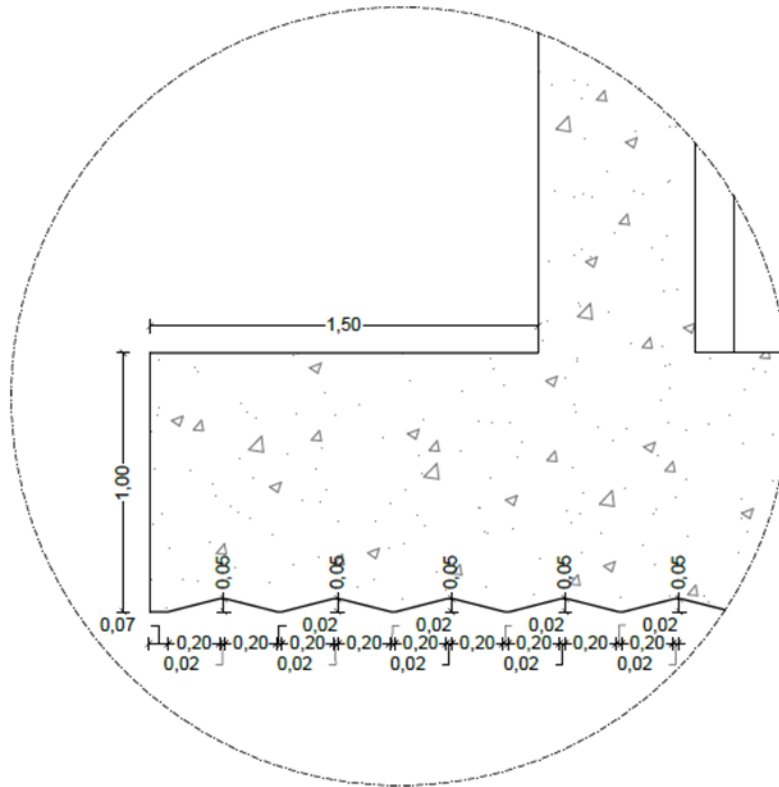


Figura 8-4 – Particolare costruttivo dentellatura

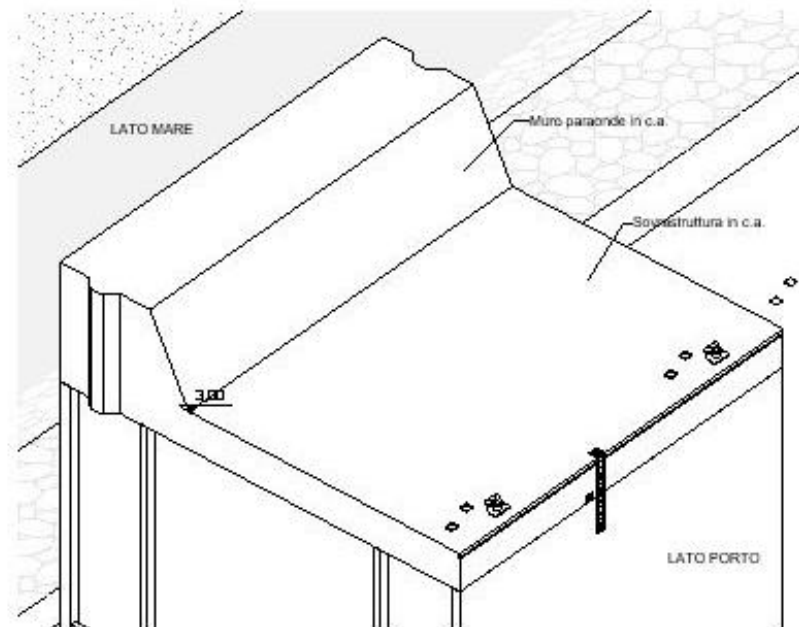


Figura 8-5 – Particolare dei giunti

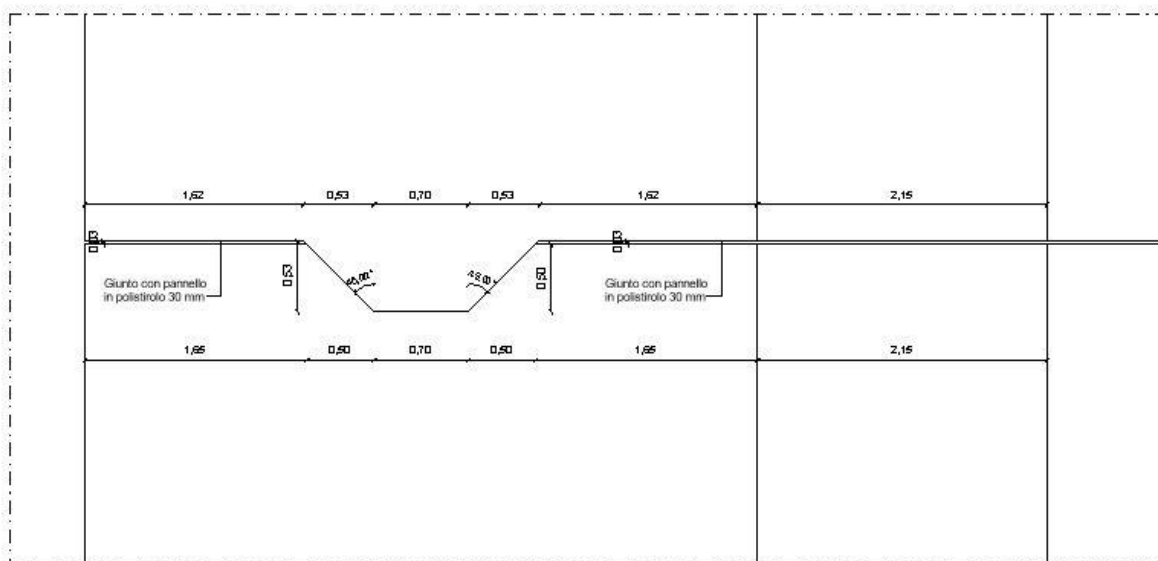


Figura 8-6 – Particolare delle chiavi di taglio

## 8.1 Verifiche di capacità portante dei cassoni, di stabilità delle opere ed entità dei cedimenti

Nella *Relazione Geotecnica (2311NA-GE-N-G-PE-0301)* vengono riportate la verifica a carico limite, la verifica a stabilità globale e l'analisi dei cedimenti della diga a parete verticale realizzata mediante cassoni, con riferimento ad una sezione tipologica del tratto corrente della diga e alla sezione in corrispondenza della testata. Si rimanda alla *Relazione Tecnica di Verifica di stabilità dei Cassoni Cellulari (2311NA-OP-N-S-PE-0101)* e alla *Relazione di Calcolo delle Strutture dei Cassoni Cellulari (2311NA-OP-N-S-PE-0201)* per le verifiche di stabilità e strutturali della diga.

Le verifiche sopracitate sono state effettuate impiegando diverse combinazioni di gruppi di coefficienti parziali, rispettivamente definiti per le azioni (A1 e A2), per i parametri geotecnici (M1 e M2) e per le resistenze (R1, R2 e R3). I diversi gruppi di coefficienti di sicurezza parziali sono scelti nell'ambito di due approcci progettuali distinti e alternativi. Nel primo approccio progettuale (Approccio 1) sono previste due diverse combinazioni di gruppi di coefficienti (A1+M1+R1 e A2+M2+R2): la prima combinazione è generalmente più severa nei confronti del dimensionamento strutturale delle opere a contatto con il terreno, mentre la seconda combinazione è generalmente più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico. Nel secondo approccio progettuale (Approccio 2) è prevista un'unica combinazione di gruppi di Coefficienti (A1+M1+R3), da adottare sia nelle verifiche strutturali sia in quelle geotecniche.

Nelle tabelle seguenti si riportano i coefficienti parziali relativi alle azioni per verifiche secondo le NTC 2018.

	Effetto	Coefficiente Parziale $\gamma_F$ (o $\gamma_E$ )	EQU	(A1)	(A2)
Carichi permanenti $G_1$	Favorevole	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti $G_2^{(1)}$	Favorevole	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevole	$\gamma_{Q1}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

*Tabella 8-1 - Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni secondo la §Tab. 6.2.I del DM 17/01/2018*

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	Coefficiente parziale $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \varphi'_k$	$\gamma_{\varphi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_{c'}$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma_\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

*Tabella 8-2 - Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno secondo la § Tab. 6.2.II del DM 17/01/2018*

Il comportamento in condizioni sismiche dei fronti di scavo e dei rilevati può essere analizzato con gli stessi metodi impiegati per i pendii naturali; specificamente mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi avanzati di analisi dinamica.

Nei metodi pseudostatici l'azione sismica è rappresentata da un'azione statica equivalente, costante nello spazio e nel tempo, proporzionale al peso  $W$  del volume di terreno potenzialmente instabile. Le componenti orizzontale e verticale di tale forza devono essere ricavate in funzione delle proprietà del moto atteso nel volume di terreno potenzialmente instabile e della capacità di tale volume di subire spostamenti senza significative riduzioni di resistenza. In mancanza di studi specifici, le componenti orizzontale e verticale della forza statica equivalente possono esprimersi come  $F_h = k_h W$  ed  $F_v = k_v W$ , con  $k_h$  e  $k_v$  rispettivamente pari ai coefficienti sismici orizzontale e verticale definiti nel § 7.11.3.5.2.

Il calcolo dei coefficienti sismici orizzontale e verticale ( $k_h$  e  $k_v$ ) è stato condotto secondo quanto riportato dal D.M. 17 Gennaio 2018 "Norme Tecniche per le Costruzioni".

Pertanto, i valori dei coefficienti sismici orizzontale e verticale sono dati dalle seguenti espressioni:

$$k_h = \beta_s \frac{a_{max}}{g}$$

$$k_v = \pm 0,5 k_h$$

Dove i valori del coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per rilevati e fronti di scavo (§7.11.4), è pari a:

- $\beta_s = 0,38$  nelle verifiche dello stato limite ultimo (SLV);
- $\beta_s = 0,47$  nelle verifiche dello stato limite di esercizio (SLD).

Nelle verifiche di sicurezza si deve controllare che la resistenza del sistema sia maggiore delle azioni impiegando lo stesso approccio di cui al § 6.8.2 per le opere di materiali sciolti e fronti di scavo, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici e impiegando le resistenze di progetto calcolate con un coefficiente parziale pari a  $\gamma_R = 1,20$ .

Sulla base delle indicazioni di cui al par. §2.5.1.3 delle NTC2018, le azioni considerate ai fini della progettazione delle opere marittime in esame possono essere assegnate alle seguenti famiglie di carico:

- $G_1$  = carichi permanenti: peso proprio di tutti gli elementi strutturali; peso proprio del terreno; forze indotte dal terreno (esclusi gli effetti di carichi variabili applicati al terreno);
- $G_2$  = carichi permanenti: peso proprio di tutti gli elementi non strutturali;
- $Q$  = carichi variabili;
- $E$  = carichi sismici: azioni derivanti dai terremoti (in termini di spinte dei terreni e idrodinamica).

Ai fini delle verifiche degli Stati Limite precedentemente definiti, sono state prese in esame le seguenti combinazioni delle azioni di progetto, esplicitate nei successivi paragrafi di verifica:

Combinazioni per le verifiche allo SLU e SLV:

- Combinazione Fondamentale (SLU):

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \psi_{02} \gamma_{Q2} Q_{k2} + \psi_{03} \gamma_{Q3} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Sismica (SLV)

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots$$

per le verifiche di tipo strutturale e geotecnico.

Combinazioni per verifiche allo SLE e SLD:

- Combinazione Caratteristica o Rara (SLE-RARA):

$$G_1 + G_2 + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Frequente (SLE-FREQUENTE):

$$G_1 + G_2 + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione Quasi Permanente (SLE-QUASI PERMANENTE):

$$G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

per le verifiche di limitazione delle tensioni negli elementi strutturali (SLE-RARA E QUASI PERMANENTE).

- Combinazione Sismica (SLD)

$$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots$$

per le verifiche di compatibilità degli spostamenti in condizioni sismiche,  
dove:

- $Q_{k1}$  = azione variabile dominante;
- $Q_{kj}$  = azioni variabili concomitanti con quella dominante;
- E = azione sismica di progetto;
- $\gamma_{Qi}$  = coefficiente parziale delle azioni variabili;
- $\gamma_{G1}$  = coefficiente parziale dei carichi permanenti strutturali;
- $\gamma_{G2}$  = coefficiente parziale dei carichi permanenti non strutturali;
- $\psi_{0j}, \psi_{1j}, \psi_{2j}$  = coefficienti di combinazione delle azioni.

Nelle espressioni sopra riportate il simbolo + sta per “combinato con”, secondo i coefficienti di combinazione di normativa riportati in Tabella 8-3.

In particolare, vengono considerati i coefficienti di combinazione con riferimento alla categoria “Vento” per le azioni di moto ondoso.

Di seguito sono presentate le combinazioni adoperate per le verifiche delle opere:

#### **COMBINAZIONI DI CARICO SLU**

*Combinazione-1 (STR)* Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda

*Combinazione-2 (STR)* Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda

*Combinazione-3 (SLV)* Peso proprio cassone in opera + Sisma

#### **COMBINAZIONI DI CARICO SLE**

*Combinazione-4 (SLE - RARA)* Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda

*Combinazione-5 (SLE - RARA)* Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda

*Combinazione-6 (SLE - FREQ)* Peso proprio cassone in opera + Cresta d'Onda

*Combinazione-7 (SLE - FREQ)* Peso proprio cassone in opera + Cavo d'Onda





**Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E – Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse , parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

*Tabella 8-3 – Valori dei coefficienti di combinazione delle azioni secondo la Tabella 2.5.I delle  
NTC2018*

### 8.1.1 Verifiche di stabilità dei cassoni

Le verifiche eseguite hanno riguardato:

- verifiche di stabilità al ribaltamento e alla traslazione sul piano di posa (eseguite secondo quanto previsto dal D.M. 17 Gennaio 2018 “Norme tecniche sulle costruzioni” ed alla normativa riportata al Capitolo 2);
- verifiche a schiacciamento dell'imbasamento.

Le verifiche di cui sopra sono state eseguite in accordo con le Istruzioni Tecniche (ITP) ovvero considerando le azioni indotte dal moto ondoso con un tempo di ritorno pari a 250 anni.

Per maggiori dettagli circa tali verifiche si rimanda all'elaborato 2311NA-OP-N-S-PE-0101 - *Relazione Tecnica di Verifica di stabilità dei Cassoni Cellulari*.

### 8.1.2 Verifiche di stabilità globale

Le verifiche di stabilità globale sono eseguite anche secondo la Combinazione 2 dell'Approccio 1 (A2+M2+R2). Per le condizioni sismiche le verifiche sono condotte secondo quanto specificato al paragrafo §7.11.6.3 delle NTC2018 e della relativa circolare, ponendo pari all'unità i coefficienti parziali sulle azioni e sui parametri geotecnici

Le verifiche di stabilità globale sono condotte mediante il metodo “c- $\varphi$  reduction” implementato all'interno del codice di calcolo agli elementi finiti PLAXIS 2D, che prevede la progressiva

riduzione delle caratteristiche di resistenza terreno ( $c'$  e  $\tan\varphi'$ ) fino allo sviluppo completo di un meccanismo di rottura.

Il coefficiente di sicurezza è definito come segue:

$$F_s = \frac{\text{resistenza disponibile}}{\text{resistenza a rottura}}$$

Le verifiche risultano soddisfatte se i coefficienti di sicurezza ottenuti sono superiori a  $\gamma_R = 1,10$  in condizioni statiche e  $\gamma_R = 1,20$  in condizioni sismiche, dove  $\gamma_R$  è il coefficiente parziale per la verifica di stabilità globale.

Il coefficiente di sicurezza risulta in tutti i casi superiore a quello minimo ( $FS \geq FS_{\min}$ ), dunque tutte le verifiche di stabilità globale risultano soddisfatte, sia per il cassone tipo che per il cassone di testata.

### 8.1.3 Verifica a carico limite

Le verifiche della capacità portante del sistema terreno-fondazione sono state eseguite con riferimento alla combinazione A1+M1+R3 secondo l'Approccio 2.

Il calcolo della resistenza di progetto  $R_d$  è stato eseguito con la nota formula di Brinch Hansen (1970) utilizzando i parametri geotecnici caratteristici di progetto (M1). I cassoni sono stati assimilati ad un'opera di sostegno considerando valori del coefficiente riduttivo globale  $\gamma_R$  pari ad 1,4 (Combinazione A1+M1+R3).

Le verifiche sono state condotte sia per il cassone "tipo" che per il cassone di testata, nelle seguenti combinazioni di carico:

Combinazione-1a (STR)	Peso proprio cassone in opera (con effetto favorevole) + Cresta d'Onda
Combinazione-1b (STR)	Peso proprio cassone in opera (con effetto sfavorevole) + Cresta d'Onda
Combinazione-2a (STR)	Peso proprio cassone in opera (con effetto favorevole) + Cavo d'Onda
Combinazione-2b (STR)	Peso proprio cassone in opera (con effetto sfavorevole) + Cavo d'Onda
Combinazione-3 (SLV)	Peso proprio cassone in opera + Sisma

Le verifiche risultano sempre soddisfatte, sia per il cassone tipo che per il cassone di testata.

### 8.1.4 Analisi dei cedimenti

Con riferimento ai cedimenti, i terreni di fondazione analizzati sono risultati prevalentemente di tipo granulare ed incoerente, con comportamento di tipo drenato; in essi, pertanto, i cedimenti attesi sono di tipo immediato.

In linea generale i cedimenti attesi derivano da diversi fattori, spesso interagenti tra di loro e di non semplice modellazione.

Le modalità di costruzione, collocazione in opera e messa in esercizio dell'opera consentono di dare diverso significato pratico ed applicativo ai cedimenti ai quali saranno sottoposti i cassoni nelle diverse fasi.

Per quanto riguarda l'aliquota di cedimenti che deriverà dalla collocazione e permanenza in opera dello scanno di imbasamento, va considerato che il materiale che costituisce lo scanno di imbasamento anche se costituito da materiali di buone caratteristiche risulta, nella fase iniziale, sicuramente poco addensato e pertanto sensibile alle prime sollecitazioni alle quali viene sottoposto. A questo effetto c'è da aggiungere anche l'aliquota di cedimenti dovuti alla compressibilità dei terreni naturali che costituiscono il fondale.

Inoltre, una volta collocato in opera, ciascun cassone sarà sottoposto all'azione del moto ondoso il cui effetto sarà quello di indurre variazioni cicliche nella entità e nella distribuzione delle tensioni sul piano di appoggio dei cassoni stessi, ciò per effetto dell'azione alternata, di ampiezza e di durata variabili del moto ondoso sulle pareti dei cassoni e di variazioni del regime delle pressioni interstiziali in fondazione. L'effetto di tale azione sarà quello di indurre un continuo progressivo addensamento del terreno di fondazione, e quindi dei cedimenti.

Considerazioni analoghe possono essere condotte nei confronti dei cedimenti dovuti alla realizzazione della sovrastruttura, il cui piano finale potrà essere opportunamente regolarizzato, e del muro paraonde.

A tali condizioni d'altra parte potrebbero essere associati, in fase costruttiva, ulteriori cedimenti, intesi come assestamenti dei cassoni associati al moto ondoso e alle mareggiate. Per certi versi l'effetto delle mareggiate è da considerarsi come un'estensione, sia pure in condizioni estreme, dell'azione del moto ondoso.

Importanti mareggiate, infatti, possono indurre l'insorgere di improvvisi sovraccarichi in fondazione. Le mareggiate indurranno cedimenti repentini la cui entità è legata non solo all'intensità ed ai caratteri dell'evento ma anche alle caratteristiche di uniformità del materiale di imbasamento ed al suo stato di addensamento.

In questo ambito un'altra considerazione da fare riguarda il momento in cui la mareggiata si verifica rispetto alla vita dell'opera.

L'effetto, in termini di cedimenti indotti, prodotto da una mareggiata di notevole intensità può infatti fortemente dipendere dal fatto che essa sia stata preceduta da un'altra mareggiata, sia pure di minore entità. Ciò può essere verosimilmente ricondotto all'effetto di "precycling" indotto nei terreni granulari dal primo evento. L'azione di un carico ciclico, sia pure di moderata intensità, seguita dalla dissipazione delle pressioni interstiziali, può infatti alterare l'assetto strutturale del terreno e ridurre significativamente l'entità delle pressioni interstiziali indotte da successivi ulteriori carichi ciclici. Il fenomeno di precycling può avvenire anche durante piccole mareggiate che

precedono la mareggiata significativa, oppure, in certe condizioni, nella fase iniziale della stessa mareggiata.

Dall'analisi dei cedimenti previsti, con riferimento all'aliquota di cedimento dovuta alla collocazione e permanenza dello scanno di imbasamento e alla collocazione in opera dei cassoni, risulta necessario prevedere una "rialzo" del piano di imbasamento.

Come detto pocanzi, infatti, si prevede un'aliquota di cedimenti che deriverà dalla collocazione e permanenza in opera dello scanno di imbasamento, per effetto della sensibilità del materiale alle prime sollecitazioni alle quali viene sottoposto e alla compressibilità dei terreni naturali che costituiscono il fondale, e un'aliquota di cedimenti dovuto alla collocazione in opera del cassone, per effetto della sua esposizione all'azione alternata del moto ondoso, che produrrà una variazione dell'entità e della distribuzione delle tensioni sul piano di appoggio dei cassoni, e per effetto della variazioni del regime delle pressioni interstiziali in fondazione, che indurrà un progressivo addensamento del terreno di fondazione.

Definito ciò, in considerazione:

- dei risultati ottenuti dall'analisi dei cedimenti;
- della cautelatività del modello geotecnico nella definizione dello spessore degli strati, con particolare riferimento allo strato di sabbie di fondale superficiale con più basse caratteristiche meccaniche, al quale è stato attribuito il massimo spessore riscontrato nelle indagini (2 metri) e della cautelatività nella definizione dei parametri geotecnici di calcolo;

si prevede un "rialzo" di circa 35 cm alla quota di -15 m s.l.m.m. in pietrame scapolo 100-500 kg per l'intera estensione dell'opera, al fine di compensare i cedimenti dello scanno di imbasamento ed i futuri cedimenti dovuti alla posa e alle fasi di esercizio del cassone.

## 8.2 Monitoraggi geotecnici

Uno specifico carattere del progetto riguarda la previsione dei cedimenti che subiranno i cassoni nella fase di collocazione in opera e, successivamente, per effetto dei sovraccarichi. Trattandosi di cassoni impostati su terreni sabbiosi i cedimenti saranno prevalentemente di tipo immediato e si svolgeranno in maniera pressoché contestualmente all'applicazione dei carichi.

Al fine di monitorare cedimenti e rotazioni dei cassoni costituenti le opere in progetto, pertanto, si prevede un piano di monitoraggio geotecnico delle opere.

Il monitoraggio consiste nella tempestiva individuazione del comportamento e delle eventuali anomalie delle opere geotecniche e strutturali, sia durante le loro realizzazione, sia durante la vita utile dell'opera e ricoprono l'importante funzione di identificazione di anomalie sulle opere esistenti.



È di fondamentale importanza l'applicazione di un Metodo Osservazionale, tramite la raccolta e l'interpretazione di dati di monitoraggio che dovranno seguire l'intera fase di costruzione, al fine di verificare la corrispondenza tra le previsioni progettuali ed i comportamenti osservati in fase di realizzazione delle opere. L'attività di monitoraggio in corso d'opera verrà assicurata dall'Appaltatore nel tempo con regolarità e verrà garantita fin dalle prime fasi della costruzione, per permettere di raccogliere un sufficiente numero di dati al fine di ricostruire l'andamento dei cedimenti nel tempo e l'evolvere dei processi di consolidazione dei terreni di fondazione.

Il *monitoraggio in fase esecutiva e di esercizio* prevede l'installazione, in corrispondenza dei cassoni, di:

- n.52 mire topografiche, n.4 per ogni cassone, a +1,00 m s.l.m.m., da spostare in fase di esecuzione dell'opera al di sopra della sovrastruttura a +3,00 m s.l.m.m., per la misurazione degli spostamenti orizzontali e verticali in fase esecutiva e di esercizio;
- n.13 sistemi ad inclinometro, n.1 per ogni cassone, posti in corrispondenza del muro paraonde, al fine di verificare le rotazioni dei cassoni e del muro paraonde anche in fase di esercizio.

I cassoni da monitorare sono n.13. Le n.52 mire topografiche poste a cassone affondato (+1,00 m s.l.m.m.) verranno spostate, nella fase di completamento della sovrastruttura, in corrispondenza del piano finito dell'opera (+3,00 m s.l.m.m.).

Per i dettagli di tale piano di monitoraggio si rimanda all'elaborato n. *2311NA-OP-N-S-PE-0501-Relazione del monitoraggio geotecnico dei cassoni*.

## **9 BILANCIO DELLE MATERIE**

L'obiettivo prioritario della *Relazione sulla gestione delle materie* è quella di definire il bilancio dei materiali del cantiere tenendo conto della tipologia e dei quantitativi sia dei materiali occorrenti per la formazione delle opere di progetto sia di quelli eventualmente prodotti dalle lavorazioni di cantiere: nel caso specifico non sono previsti materiali di risulta e ne consegue che il bilancio dei materiali si ridurrà ad una analisi del fabbisogno e dei quantitativi di approvvigionamento necessari.

Nel caso in esame i materiali occorrenti per la formazione delle opere sono:

- Inerti naturali:
  - massi lapidei per scogliera;
  - sabbia da impiegare nelle malte e nei calcestruzzi;
- Altri materiali:
  - cemento;

- tout venant (misto di cava) per riempimenti dei cassoni e realizzazione dello strato di imbasamento dei cassoni;
- acqua per i conglomerati cementizi armati e per calcestruzzi.

Non sono previste escavazioni e/o demolizioni, o attività di dragaggio, bensì le sole attività di salpamento per un volume pari a circa 2.234,29 m<sup>3</sup> e posizionamento dei cassoni prefabbricati.

Il materiale sarà salpato e dislocato a ridosso dell'area di intervento.

I volumi dei materiali necessari alla realizzazione delle opere in progetto, per i quali è necessario l'approvvigionamento, sono indicati nella tabella seguente suddivisi in base alla tipologia (materiali lapidei, calcestruzzi o materiali per la protezione dei fondali).

APPROVVIGIONAMENTI				
TIPOLOGIA		QUANTITA' (m <sup>3</sup> )		
		V vvp	% pieno	V totale
<b>MATERIALI LAPIDEI</b>	Massi 1-3 t	6.695,70	0,75	5.021,78
	Massi 3-7 t	5.353,94	0,7	3.747,76
	Massi 7-10 t	18.684,11	0,6	11.210,47
	Nucleo in pietrame scapolo 100 - 500 kg	15.019,14	0,8	12.015,31
	Cedimenti pietrame scapolo 100 - 500 kg	9.458,78	0,8	7.567,02
	Pietrame 50 - 150 mm	8.131,17	1	8.131,17
	Materiale arido riempimento cassoni	-	-	45.602,00
	<b>TOTALE MATERIALI LAPIDEI</b>		<b>93.295,51</b>	
<b>CALCESTRUZZI</b>	Massi guardiani	-	-	2.265,38
	Calcestruzzo per getto in tubi PVC nei giunti	-	-	112,05
	Calcestruzzo riempimento giunti cassoni	-	-	1.135,48
	Calcestruzzo tappi cassoni	-	-	1.393,98
	Calcestruzzo ciclopico per riempimento celle cassoni	-	-	27.836,11
	Calcestruzzo sovrastruttura	-	-	12.152,28
	Calcestruzzo muro paraonde	-	-	7.599,19
	Calcestruzzo scala e basamento fanale	-	-	140,26
	<b>TOTALE CALCESTRUZZI</b>		<b>52.634,73</b>	
<b>GEOTESSUTO</b>	<b>19.939,07</b>	<b>m<sup>2</sup></b>		

*Tabella 9-1 – Tabella riepilogativa dei materiali di approvvigionamento*

Complessivamente il materiale occorrente per la realizzazione del progetto di prolungamento ammonta a 93.295,51 m<sup>3</sup> di materiale lapideo e 52.634,73 m<sup>3</sup> di calcestruzzo.

L'approvvigionamento del materiale potrà avvenire tramite mezzi terrestri che potranno scaricare direttamente nell'area di intervento.

## 10 SEGNALAMENTI MARITTIMI

## 10.1 Fanale rosso

È prevista la collocazione in opera, alla nuova testata della Diga, di un fanale di segnalamento rosso Fanale a LED modello Tideland MLED con Maxi-Halo 60 II con pannelli solari di alimentazione.

Sia il candelabro che le caratteristiche dei fanali dovranno essere conformi alle prescrizioni di MARIFARI. Il nuovo segnalamento sarà costituito da un candelabro da segnalamento marittimo di colorazione rossa RAL 3020 secondo prescrizione IALA dotato di riservetta, guardiauomo e torretta con piano di calpestio.

Tutte le parti metalliche, compresi i meccanismi meccanici (maniglia e serrature) e la bulloneria sono in acciaio inox AISI 316L sabbiato e verniciato secondo le normative IALA.

Il candelabro dovrà essere dotato di una riservetta di base atta ad ospitare tutti i componenti di rispetto e manutenzione dello stesso. Al di sopra della stessa è fissato un palo che supporta il guardiauomo e la torretta sovrastante con sponde salvavita.

La sovrastruttura dovrà essere facilmente accessibile grazie ad una scaletta removibile.

Nella parte superiore del candelabro dovrà essere fissata la torretta e dovrà poter ospitare fino a due tecnici per la manutenzione ordinaria e straordinaria del fanale e dell'impianto elettrico.

Il candelabro dovrà essere fissato ad un dado in c.a. attraverso una fascia d'acciaio che percorre tutta la circonferenza alla base della riservetta nella quale sono posizionati dei fori in grado di ospitare i perni di fissaggio che saranno annegati nel dado in c.a.

L'impianto di alimentazione dovrà essere composto da:

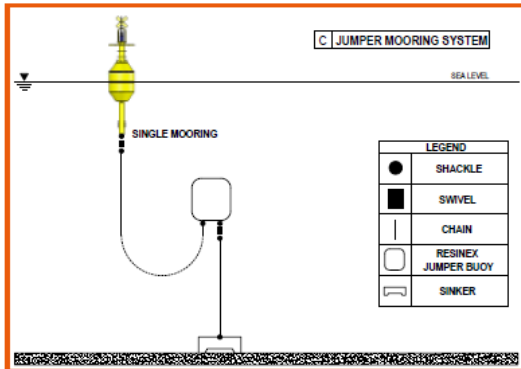
- n.1 batteria ricaricabile tipo 12V-110Ah;
- n.1 pannello solare tipo 12V – 150W;
- n. 1 regolatore di carica.

## 10.2 Segnalamenti luminosi temporanei

Lo specchio acqueo interessato dai lavori dovrà essere confinato da segnalamenti marittimi luminosi temporanei allo scopo sia di segnalare le aree interdette alla navigazione, sia di segnalare provvisoriamente il canale di accesso al porto che dovrà restare sempre attivo.

Il progetto esecutivo dovrà indicare la quantità e l'esatta posizione di tali presidi che dovranno acquisire il preventivo parere della Capitaneria di Porto e, eventualmente, di Marifari.

Si prevede l'utilizzo di due tipologie di segnalamenti: le Boe luminose di colore giallo (per segnalare gli specchi acquei interdetti) e le Boe luminose di colore rosso e verde (per segnalare il canale di accesso).



Nei costi per la sicurezza si prevede l'utilizzo di n. 4 boe gialle, n. 1 di colore rosso e n. 1 di colore verde.

### 10.2.1 Boe luminose di colore giallo

La boa è costituita da un corpo galleggiante con due moduli, uno di forma conica e uno di forma cilindrica stampati in polietilene rotazionale, lineare, pigmentato in massa nel colore GIALLO RAL 1016. Il polietilene utilizzato sarà idoneo all'utilizzo marino, completamente riciclabile e ad alta resistenza ai raggi UV. La boa è riempita con poliuretano espanso a celle chiuse atto a resistere alla pressione idrostatica per uso in superficie o massimo a 5 m di profondità per immersione. Il poliuretano espanso garantisce, anche in caso di piccoli danneggiamenti del guscio esterno in polietilene, che la boa non assorba acqua garantendo momentanea inaffondabilità alla stessa. Parte metallica centrale, sulla quale sono installati i galleggianti del corpo boa, è completa nella parte inferiore da un occhione di ormeggio e da un contrappeso esterno o ballast interno per garantirne la stabilità e anodi sacrificali in lega di zinco per mitigare la corrosione. Sono inclusi, inoltre, due o più occhioni di sollevamento per facilitare la movimentazione della boa. Ad installazione ultimata, il piano focale si troverà ad un'altezza dal livello del mare di circa 2500.

Questo segnalamento sarà dotato di un fanale marino autoalimentato completo di lanterna self-contained, autoalimentata con LED a luce lampeggiante gialla con una portata luminosa di 3-4 nM (miglia nautiche) munita di dispositivo programmabile per la gestione dell'accensione, crepuscolare ed intermittente e conforme alle normative AISM – IALA.



Il sistema d'ormeggio prevede l'ancoraggio della boa mediante catene a corpi morti in calcestruzzo appositamente dimensionati.

Le boe saranno di colore giallo con miraglio radarabile a "Croce di Sant'Andrea" e segnalamento notturno a lampi gialli.

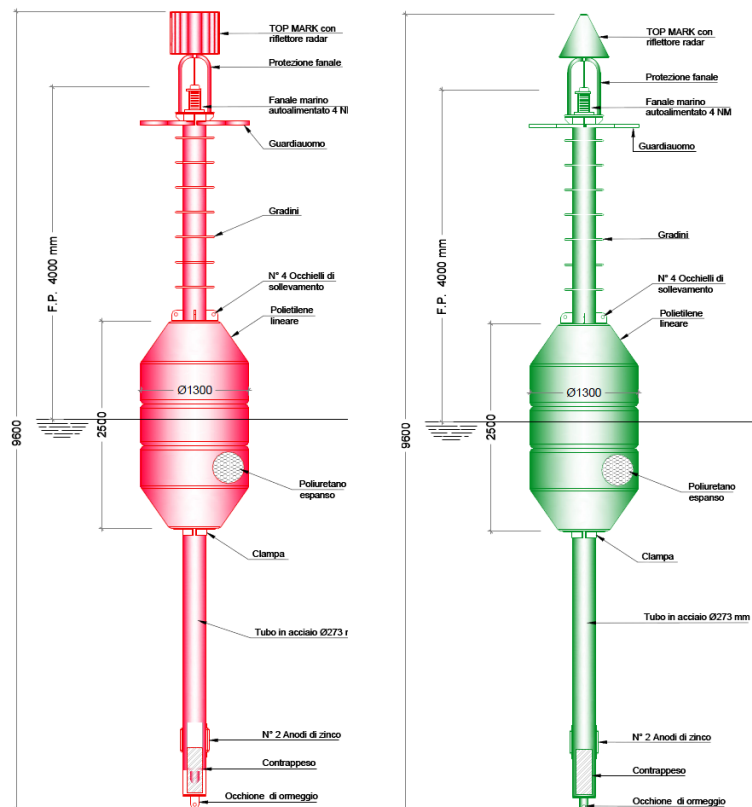
Un numero identificativo stampigliato sulla parte emergente del galleggiante caratterizzerà le singole boe.



### 10.2.2 Boe luminose di colore rosso/verde

Le boe rossa/verde sono composte da un galleggiante troncoconico in guscio di polietilene lineare con riempimento in schiuma poliuretanic rigida a garanzia di inaffondabilità. Le parti superiore ed inferiore sono costituite da tubi in acciaio imbullonati fra loro atti a formare una struttura per il montaggio dei moduli galleggianti e per il sostegno delle parti segnaletiche diurne e notturne. Tutte le parti metalliche sono sabbiare e zincate a caldo, ovvero zincate secondo specifiche Metco (sabbatura e copertura per metallizzazione) e verniciate con vernice poliuretanic adatta per l'uso marino: rosso/verde - con colore RAL 3020 per il rosso e 6024 per il verde, secondo prescrizioni IALA.

Il polietilene utilizzato sarà idoneo all'utilizzo marino, completamente riciclabile e ad alta resistenza ai raggi UV. La boa è riempita con poliuretano espanso a celle chiuse atto a resistere alla pressione idrostatica per uso in superficie o massimo a 5 m di profondità per immersione. Il poliuretano espanso garantisce, anche in caso di piccoli danneggiamenti del guscio esterno in polietilene, che la boa non assorba acqua garantendo momentanea inaffondabilità alla stessa. La boa è completa nella parte inferiore da un occhio di ormeggio e da un contrappeso esterno o ballast interno per garantirne la stabilità e anodi sacrificali in lega di zinco per mitigare la corrosione. Sono inclusi, inoltre, quattro occhi di sollevamento per facilitare la movimentazione della boa. Ad installazione ultimata, il piano focale si troverà ad un'altezza dal livello del mare di circa 4000 mm.



La boa è completa nella parte inferiore da un occhio di ormeggio e da un contrappeso esterno o ballast interno per garantirne la stabilità e anodi sacrificali in lega di zinco per mitigare la corrosione. Sono inclusi, inoltre, quattro occhi di sollevamento per facilitare la movimentazione della boa. Ad installazione ultimata, il piano focale si troverà ad un'altezza dal livello del mare di circa 4000 mm.

### 10.2.3 Sistemi di ormeggio delle boe Jumper

Il sistema d'ormeggio prevede l'installazione della boa "jumper", ovvero di una boa di profondità posta ad idonea quota sotto la superficie del mare che pretensiona un cavo d'acciaio collegato alla zavorra.

Il jumper, è collegato tramite uno spezzone di catena alla boa di superficie. Tale sistema, detto "a fondo virtuale", garantisce che la catenaria di ormeggio non possa arare il fondo, a differenza di ciò che accade con i sistemi tradizionali realizzati esclusivamente con catena. In tal modo si assicura una maggiore vita utile al sistema di ormeggio ed un ridotto cerchio di evoluzione del segnalamento intorno al punto di installazione del corpo morto, nonché una maggiore precisione nel posizionamento.



## 11 ORGANIZZAZIONE DELL'AREA DI CANTIERE

Nel Porto di Napoli saranno presenti le seguenti aree di cantiere:

- Area logistica di cantiere;
- Area di cantiere in banchina di levante
- Area di cantiere in testata alla diga esistente;
- Specchio acqueo per stoccaggio provvisorio dal cassone in galleggiamento.

### 11.1.1 Area logistica di cantiere

L'area logistica, ubicata nel Porto di Napoli, sarà delimitata da una recinzione in pannelli metallici con elemento fonoassorbente e fonoisolante (tipo "Acustiko") su new jersey. All'interno dell'area di cantiere sono presenti n.1 guardiania, n.1 area uffici e spogliatoi, n.1 area stoccaggio materiali minuti, n.1 parcheggio auto e n.1 pesa.

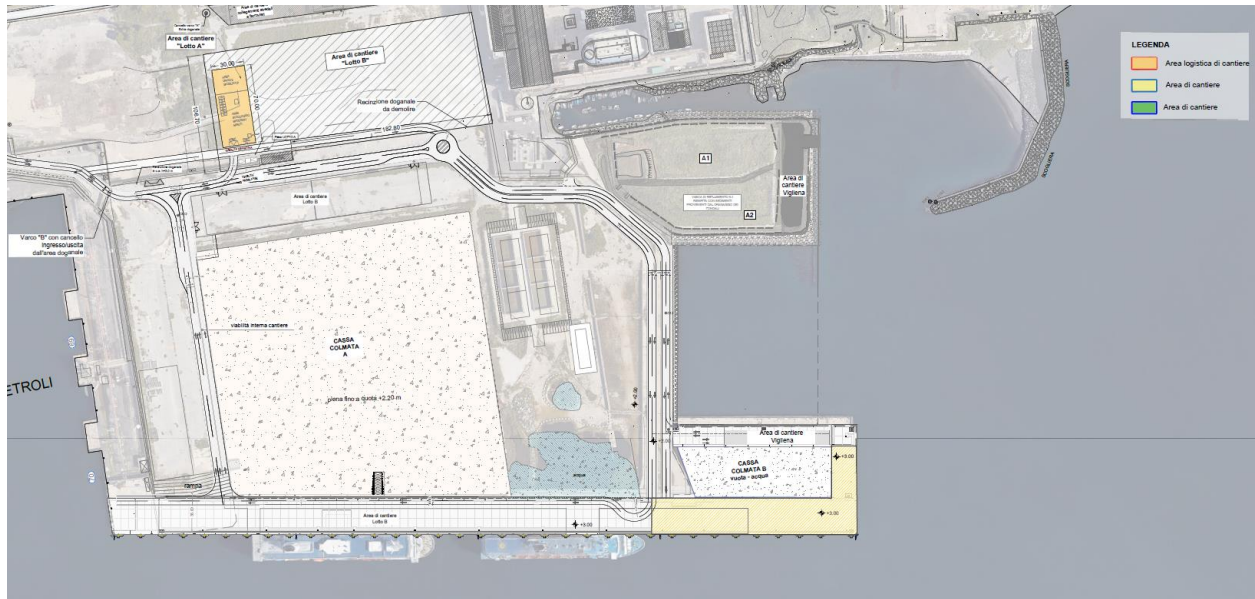


Figura 11-1 – Planimetria di ubicazione dell'area logistica di cantiere

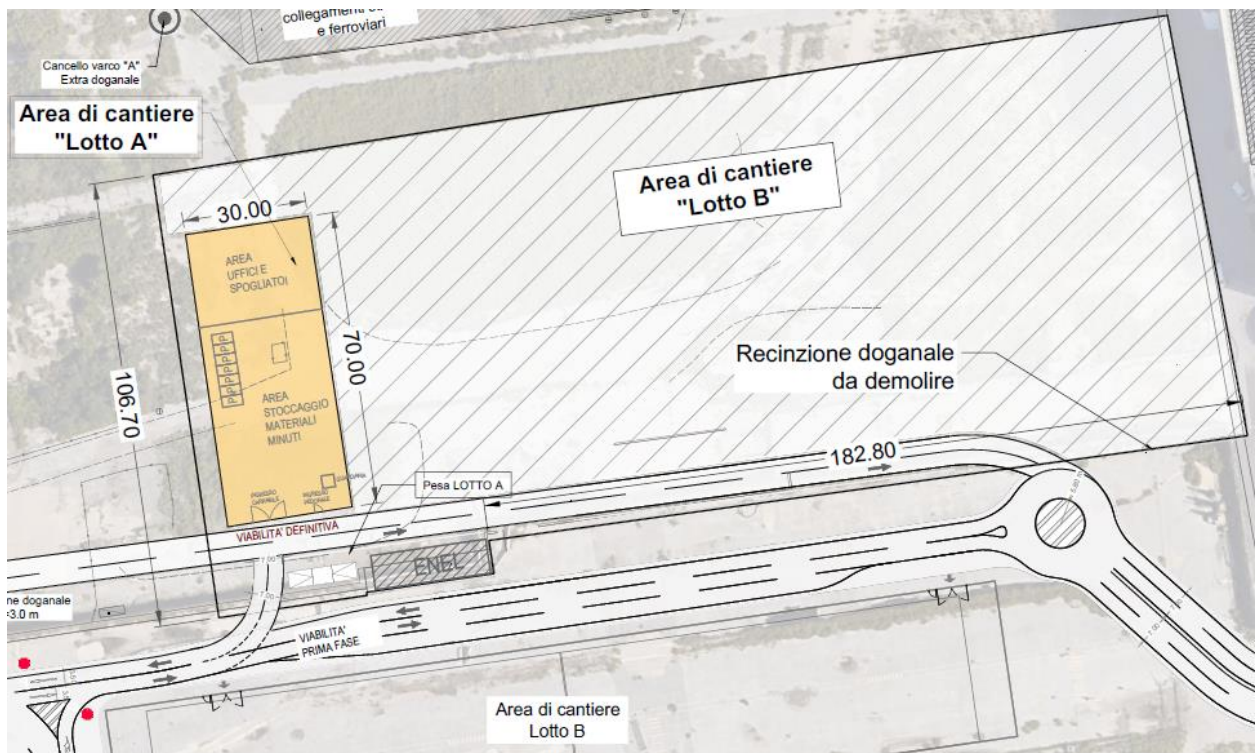


Figura 11-2 – Area logistica di cantiere



### 11.1.2 Area di cantiere in banchina di levante

L'area di cantiere in banchina, ubicata in corrispondenza della cassa di colmata B nella darsena di levante, sarà destinata alle lavorazioni e allo stoccaggio temporaneo del materiale di riempimento dei cassoni cellulari in c.a.. Tale area sarà delimitata da una recinzione in pannelli metallici su new jersey. Inoltre, nella banchina di levante è ubicato il punto di carico e scarico dei materiali che verranno trasportati via mare fino all'area operativa a mare attraverso l'ausilio di mezzi marittimi.

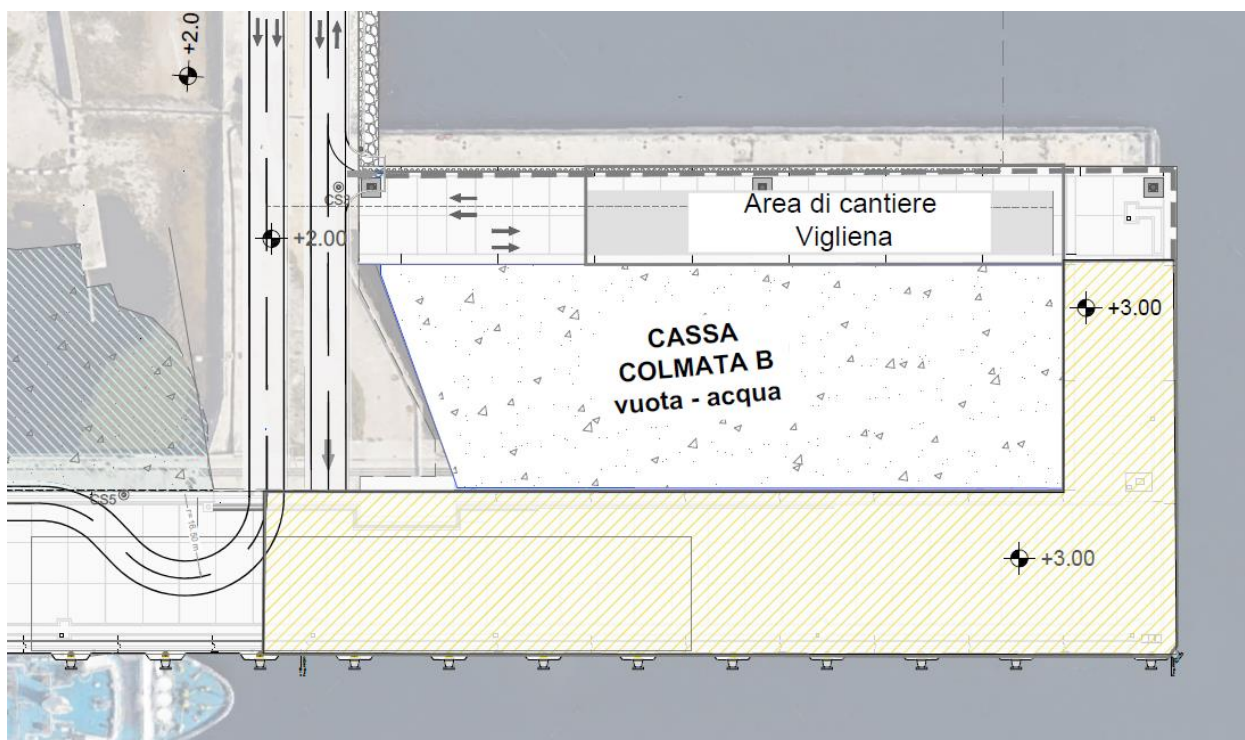


Figura 11-3 – Area di cantiere in banchina di levante

### 11.1.3 Area di cantiere in testata alla diga esistente

A servizio dell'area operativa a mare sarà prevista un'area di cantiere ubicata alla testata della diga foranea Emanuele Filiberto Duca di Aosta. L'area sarà delimitata da una recinzione in pannelli metallici con elemento fonoassorbente e fonoisolante (tipo "Acustiko") su new jersey.

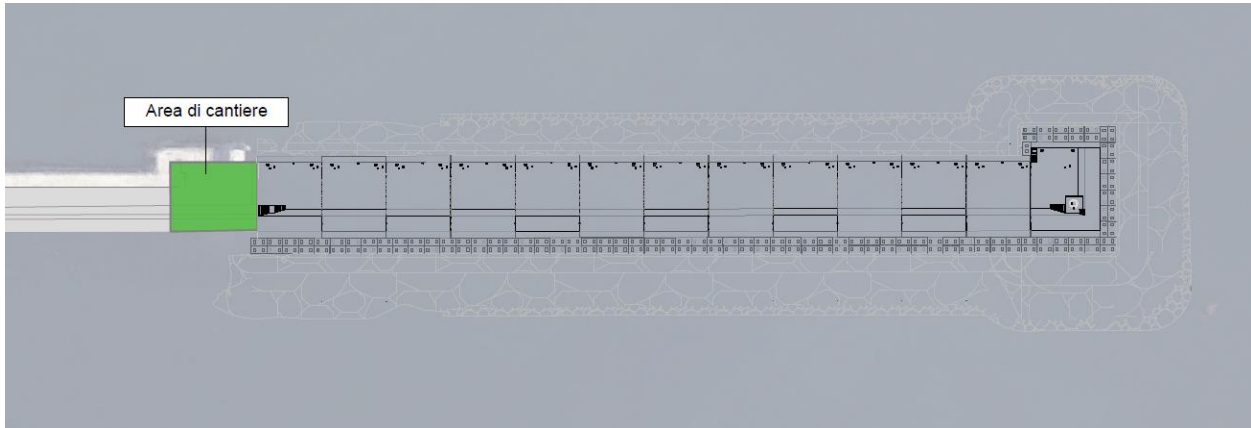


Figura 11-4 – Area di cantiere in testata alla diga esistente a servizio dell'area operativa

#### 11.1.4 Specchio acqueo per stoccaggio provvisorio del cassone in galleggiamento

Oltre alle aree di cantiere, dovrà essere prevista un'area da concordare con l'Autorità di Sistema Portuale e con l'Autorità Marittima che servirà ad ospitare provvisoriamente il cassone, trasportato via mare dal Porto di Bari, per lo sgancio al traino, l'allestimento alla posa e che abbia un tirante di acqua idoneo.

#### 11.2 Area di prefabbricazione dei cassoni cellulari presso il Porto di Bari

Al fine di ridurre le interferenze con le attività portuali esistenti, il bacino galleggiante di prefabbricazione Delfino verrà ubicato, all'esterno del Porto di Napoli, presso l'area di cantiere Marisabella presente nel porto di Bari (distante dal porto di Napoli circa 500 NM). L'area è caratterizzata da n.1 ufficio Direzione Lavori, n.1 ufficio di cantiere, n.1 spogliatoio, n.1 mensa, n.2 wc, n.1 area di stoccaggio materiali, n.1 magazzino ed n.1 gru a torre per la movimentazione dei carichi.

La scelta di prefabbricare i cassoni all'esterno delle aree di intervento del porto di Napoli consente di:

- ridurre le aree di cantiere in banchina;
- ridurre le interferenze all'interno del bacino portuale;
- eseguire più lavorazioni contemporaneamente;
- ridurre gli impatti ambientali all'interno del bacino portuale di Napoli.





Figura 11-5 – Inquadramento generale area di prefabbricazione cassoni e ormeggio bacino galleggiante  
Delfino



Figura 11-6 – Area di prefabbricazione cassoni cellulari e ormeggio bacino galleggiante Delfino nel Porto di Bari

Il Bacino Delfino, ormeggiato nel Porto di Bari, è composto da uno scafo in acciaio avente dimensioni 36,50x24,00x3,20 m su cui sono saldate 4 torri in acciaio delle dimensioni di 6,50x3,00x17,20 m. Il telaio di sospensione casseforme sorretto da 4 bighi (uno per torre) serve anche di supporto al sistema di distribuzione del calcestruzzo realizzato con nastri scorrevoli e canale in grado di distribuire il calcestruzzo in corrispondenza di tutta la piattaforma. La superficie utile in coperta è di 36,5x24 m e la portata è pari a 1500 ton. L'impianto di zavorra è stato dimensionato per garantire la max immersione a -16,00 m. Il bacino è provvisto di gruppi elettrogeni al fine di poter operare in piena autonomia senza i servizi di terra. La centrale di controllo è ubicata nella torre 1.

### 11.3 Censimento e progetto di risoluzione delle interferenze

Il prolungamento della diga Duca d'Aosta I° e II° stralcio non presenta interferenze sia di tipo strutturale che di tipo impiantistico nei riguardi dell'opera esistente. In particolare, dal punto di vista strutturale essendo una prosecuzione di un'opera composta dalla medesima tipologia strutturale dell'esistente (cassoni cellulari) di routine per le opere marittime, non si rilevano interferenze. Inoltre, a seguito di un censimento operato da:

- Informativa AdSP;
- Rete GIS;
- Banche dati specialistiche (es. Navionics);

e della campagna di indagini batimetriche del maggio 2019 non sono state rilevate ulteriori interferenze con reti e servizi esistenti sia aeree che subacquee. Dal punto di vista impiantistico, il presente progetto non presenta impianti bensì solo delle predisposizioni realizzate con cavidotti all'interno della sovrastruttura dei cassoni.

Le interferenze che si sono rilevate sono da un punto di vista di aspetti sulla sicurezza della navigazione, sia in condizioni di “opera finita” che di “opera in fase di realizzazione”. In fase di “opera finita” si rileva come unica interferenza l'indicazione luminosa che indica l'ingresso al porto (faro rosso) risolvibile con la sostituzione del precedente faro con un nuovo faro a luce rossa in corrispondenza dell'estremità del prolungamento della diga prevista in progetto. In fase di “opera in fase di realizzazione” si rileva l'interferenza della segnalazione dell'area a mare del cantiere e del transito dei mezzi d'opera marittimi con le imbarcazioni che fruiscono del porto risolvibile mediante una serie di accorgimenti, ampiamente descritti nell'elaborato “2311NA-GE-N-D-PE-301-Relazione sul Censimento e risoluzione delle interferenze” a cui si rimanda per maggiori dettagli, che consistono sostanzialmente nella conterminazione dell'area di cantiere con boe di segnalazione ad alta visibilità e con un preventivo coordinamento, prima di ogni lavorazione, dell'Impresa esecutrice con l'Autorità Marittima.

### 11.4 Cave e discariche

Per la realizzazione delle opere in oggetto saranno necessari materiali lapidei di natura calcarea che potranno essere prelevati dai siti censiti nel Piano delle Attività Estrattive della Regione Campania (P.R.A.E.) riportati nella seguente figura.

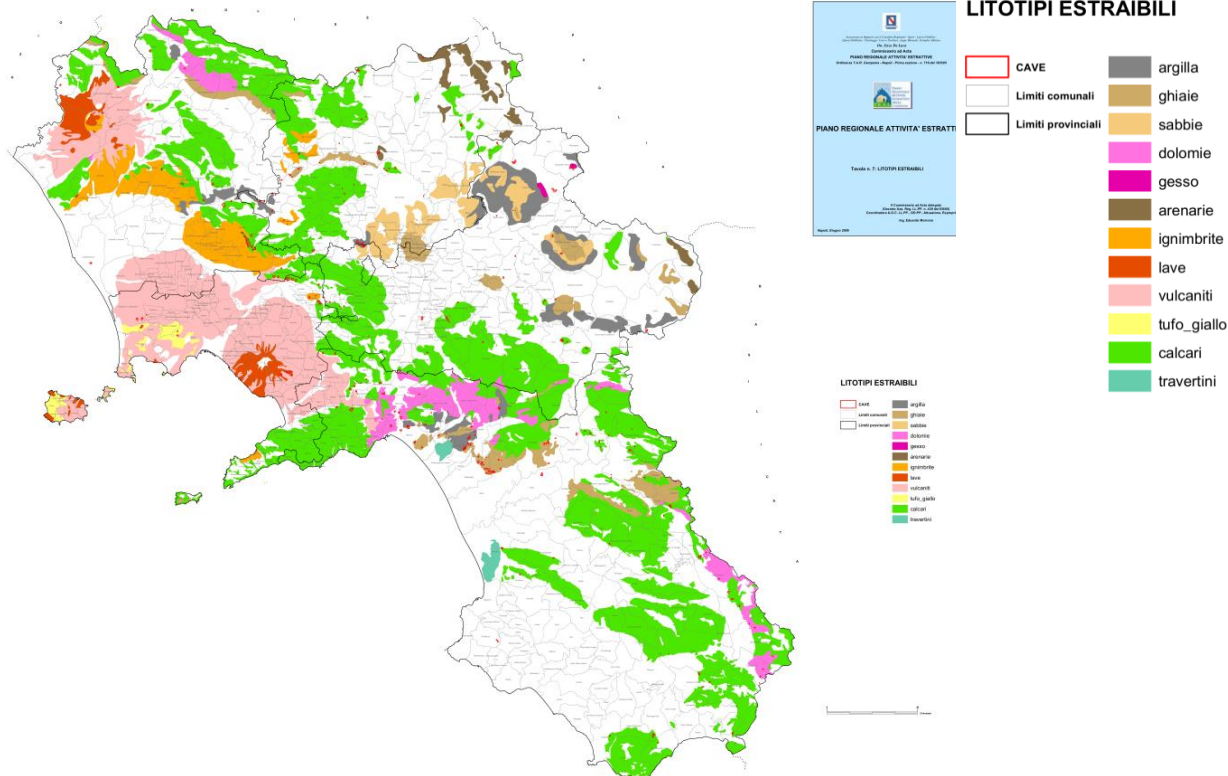


Figura 11-7 - Piano Regionale Attività Estrattive (PRAE Campania) - Tavola 7 "Litotipi estraibili"

Si evidenzia che il materiale lapideo idoneo per la realizzazione delle opere in progetto (da selezionare comunque in funzione delle caratteristiche qualitative del materiale e per le dimensioni dei singoli elementi) potrà essere reperito a distanze accettabili dai luoghi di esecuzione, essendo le zone estrattive censite localizzate nella Città Metropolitana di Napoli. Da questa tavola si evince che la Città Metropolitana di Napoli, in ragione della sua vicinanza al Vesuvio, è contraddistinta dalla presenza di cave estrattive di materiale in prevalenza vulcaniti, mentre l'area a confine con le province di Caserta, Benevento e Avellino si caratterizza per le cave di materiale in prevalenza di natura calcarea.

I materiali inerti necessari alla realizzazione delle opere verranno approvvigionati dalla cava IMI Srl-Industria Materiali Inerti sita nel comune di Roccarainola (NA) messa a disposizione dalla IMI Srl, distante dal porto di Napoli circa 31,4 km (su SS162 dir.).





*Figura 11-8 – Planimetria delle cave*

Le opere in appalto non prevedono la produzione di materiali da conferire a discarica a meno di trascurabili quantità di rifiuti provenienti da residui di lavorazioni secondarie.

In caso di eventuale produzione di materiale da risulta da conferire in discarica, per il deposito temporaneo delle varie tipologie di rifiuti, all'interno delle aree di cantiere dovranno essere organizzate opportune aree di stoccaggio collocate in modo da ottimizzare le operazioni di deposito e prelievo per il trasporto al giusto recapito finale.

In particolare, verranno previsti in cantiere cassoni scarrabili di idonea dimensione atti al recepimento di rifiuti. Per ogni cassone sarà indicato il codice CER del rifiuto che dovrà contenere e una volta riempito sarà ritirato dal centro di smaltimento autorizzato e sostituito con uno vuoto.

## 11.5 Fasizzazione

Nei seguenti paragrafi, si riporta una sintesi delle fasi operative di costruzione dell'opera. In coerenza con gli elaborati grafici, si riportano le fasi realizzative suddivise nelle seguenti macro-fasi:

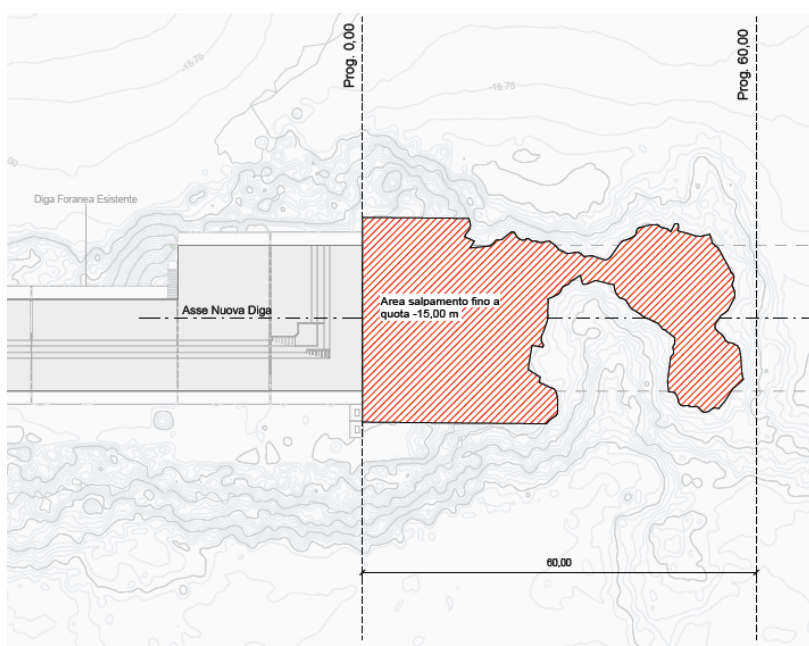
- preparazione del sottofondo di imbasamento dei cassoni;
- posa in opera del cassone e completamento dell'opera.



Per ulteriori dettagli si rimanda agli elaborati grafici “2311NA-GE-N-P-PE-0901 - Fasi Realizzative Imbasamento dei cassoni” ed “2311NA-GE-N-P-PE-0902 - Fasi Realizzative cassoni e sovrastrutture”.

### 11.5.1 Fasi realizzative di imbasamento dei cassoni

Per i primi 60 m di sviluppo della nuova diga, a partire dalla diga esistente, lo scanno d'imbasamento sarà costituito prevalentemente dal materiale della scogliera esistente fino a quota -15 m s.l.m.m.. La porzione di scogliera eccedente tale quota, verrà salpata e dislocata in area limitrofa non interessata dai lavori.



*Figura 11-9 – Fase 1 - Salpamento da progressiva 0,00 a progressiva 60,00 della porzione di scogliera esistente*

Per la restante porzione del prolungamento, lo scanno d'imbasamento dei cassoni sarà realizzato al di sopra di uno strato di pietrame 50-150 mm di nuova fornitura con spessore costante di 50 cm posto su di un geotessuto collocato direttamente a contatto del fondale naturale.

Durante la sua realizzazione il materiale inerte dovrà essere posto in opera solo meccanicamente, con draghe a benne, procedendo lentamente e in maniera uniforme per assicurare la corretta stratificazione ed evitare la messa in sospensione, la dispersione ed il mescolamento dei sedimenti naturali sottostanti il geotessuto.

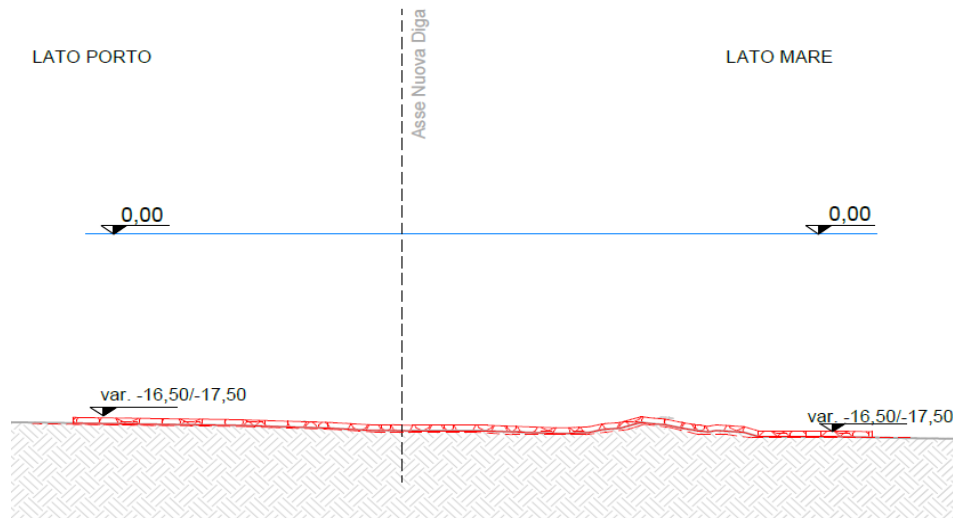


Figura 11-10 – Fase 2 – Posa geotessuto e realizzazione strato di pietrame 50-150 mm con spessore 50 cm.

Lo scanno di imbasamento verrà realizzato con pietrame scapolo 100-500 kg con spessore variabile lungo lo sviluppo dell'opera.

La parte immediatamente sottostante i cassoni è costituita da elementi di pietrame con pezzatura da 20 a 180 mm per uno spessore di circa 50 cm.

La scogliera di massi naturali costituenti lo scanno di imbasamento dei cassoni avrà pendenza della scarpata pari a 2/1 lato mare e 4/3 lato porto.

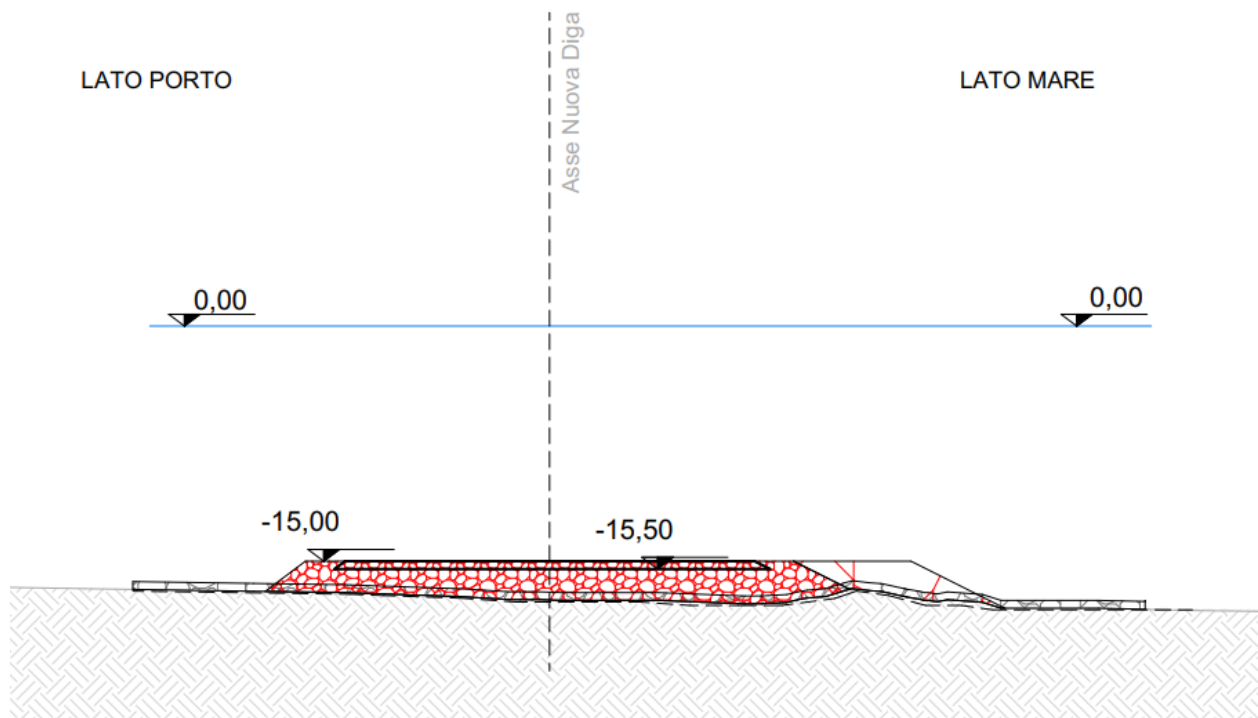


Figura 11-11 – Fase 3 – Formazione scanno di imbasamento fino a quota - 15,00 m.s.l.m. con pietrame 100-500 kg e disposizione massi naturali 1 – 3 t

In generale tutte le attività inerenti in particolare la realizzazione dello scanno d'imbasamento della diga deve essere tale da minimizzare la risospensione dei sedimenti, l'incremento della torbidità e non devono causare danno alla flora e fauna locale.

#### *11.5.2 Fasi realizzative di posa in opera dei cassoni e realizzazione della sovrastruttura*

Una volta completato lo scanno di imbasamento, i cassoni, realizzati in un bacino galleggiante e trasportati in condizioni di galleggiamento fino al luogo d'impiego, possono essere affondati nella posizione finale.

La costruzione del cassone consiste, in una prima fase, nella costruzione delle pareti perimetrali e quelle interne costituenti le celle del cassone che deve essere effettuata mediante una cassaforma riempita con il calcestruzzo, trasportato da apposite autobetoniere. Il riempimento deve essere realizzato secondo un preciso schema che prevede il getto per strati, iniziando dalle pareti perimetrali per finire con quelle interne. Il calcestruzzo viene successivamente vibrato per mezzo di dispositivi elettrici ad ago vibrante immersi nel getto, mentre la rifinitura verrà eseguita con attrezzi manuali. Solamente quando è tutta piena la cassaforma inizia a sollevarsi sulle aste, facendo fuoriuscire inferiormente la parte gettata. Quando le pareti del fusto sono ultimate, la cassaforma viene appesa alla struttura di sommità dell'impianto (tetto) liberando così il cassone finito. Si procede quindi all'abbassamento della piattaforma finché il cassone galleggia.

A questo punto con l'utilizzo di un rimorchiatore, il cassone viene estratto dall'impianto (varo) ed è pronto per il trasporto al sito di stoccaggio o di posa in opera. Nei giorni immediatamente precedenti la posa in opera, il cassone dovrà essere preparato con l'esecuzione dei seguenti lavori:

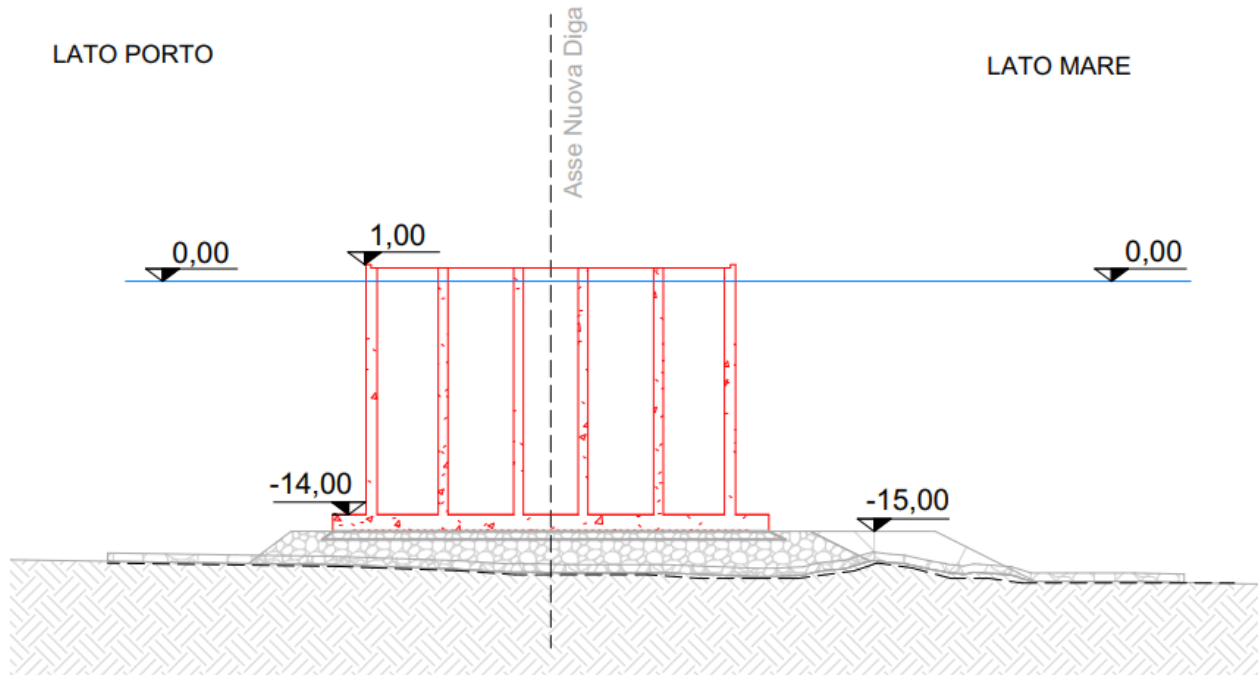
- salpamento dalla zona di stoccaggio, se resasi necessaria;
- completamento della zavorra solida necessaria alla stabilità a galleggiamento;
- predisposizione dei pianali di servizio e di tutta l'attrezzatura necessaria (pompe, gruppo elettrogeno, tirfort, cavi, etc.).

Accertato che le condizioni meteomarine siano favorevoli, il cassone viene trainato da idoneo rimorchiatore dalla zona di stoccaggio fino al sito di posa.

Giunto nella zona di posa il cassone viene ormeggiato alle boe collocate per tempo intorno alla posizione di affondamento.

Agendo per mezzo di tirfort, il cassone viene spostato fino all'esatto punto di collocazione e quindi si dà inizio all'operazione di posa, immettendo acqua nelle celle per mezzo di pompe di idonea portata. La posizione di affondamento del cassone viene stabilita mediante l'uso di strumenti topografici, onde poter seguire costantemente la plano-altimetrica e la complanarità durante l'affondamento.

L'operazione di affondamento procede intervallando l'immissione d'acqua nelle celle per correggere la complanarità e agendo con i tirfort su cavi di ormeggio per modificare l'allineamento. L'opera di posa viene poi ultimata riempiendo completamente le celle con acqua, sgombrando la sommità del cassone dai pianali, dalle pompe, e dalle altre attrezzature e facendo il rilievo degli assestamenti del cassone.



*Figura 11-12 – Fase 4.1 - Affondamento in opera dei cassoni cellulari prefabbricati in c.a. a quota -15,00 m s.l.m.m. mediante l'immissione di acqua*

Successivamente, i cassoni saranno zavorrati in opera mediante il riempimento delle celle con materiale inerte. Per le celle interne del cassone si prevede il riempimento in pietrame da -14,00 a +0,30 m s.l.m.m., per le celle esterne lato mare il riempimento mediante calcestruzzo ciclopico da -14,00 a +0,80 m s.l.m.m. e per le celle esterne lato porto il riempimento mediante pietrame da -14,00 a -11,00 m s.l.m.m. e con calcestruzzo ciclopico da -11,00 a +0,80 m s.l.m.m..



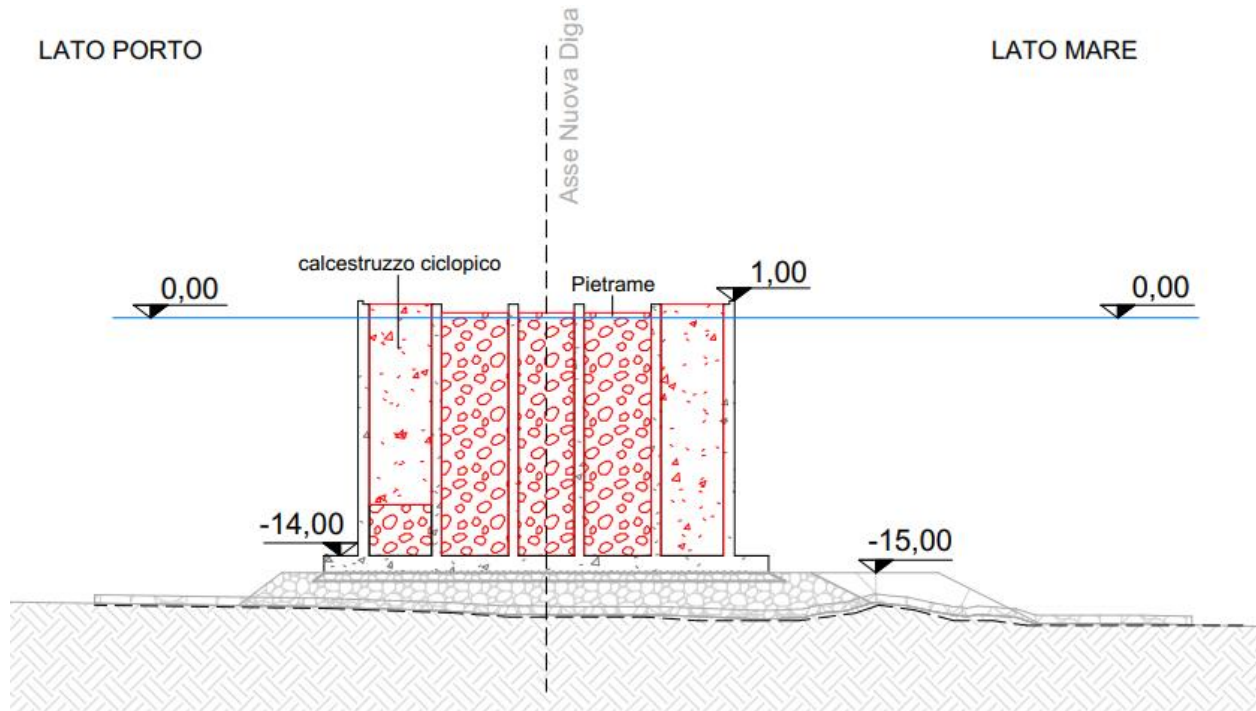


Figura 11-13 – Fase 4.2 - Stabilizzazione con zavorra solida

Avvenuti i cedimenti di assestamento della scogliera d'imbasamento e del terreno di fondazione (fondale), verranno realizzati dei tappi in calcestruzzo nelle celle interne da +0,30 a +0,80 m s.l.m.m. e successivamente su tutto il cassone verranno posizionate delle solette prefabbricate in cls dalla quota di +0,80 a 1,00 m s.l.m.m.. A questo punto verranno realizzati i giunti chiave tra cassoni contigui in materiale granulare e calcestruzzo, la sovrastruttura fino a +3,00 in calcestruzzo ed il muro paraonde fino a +7,30.

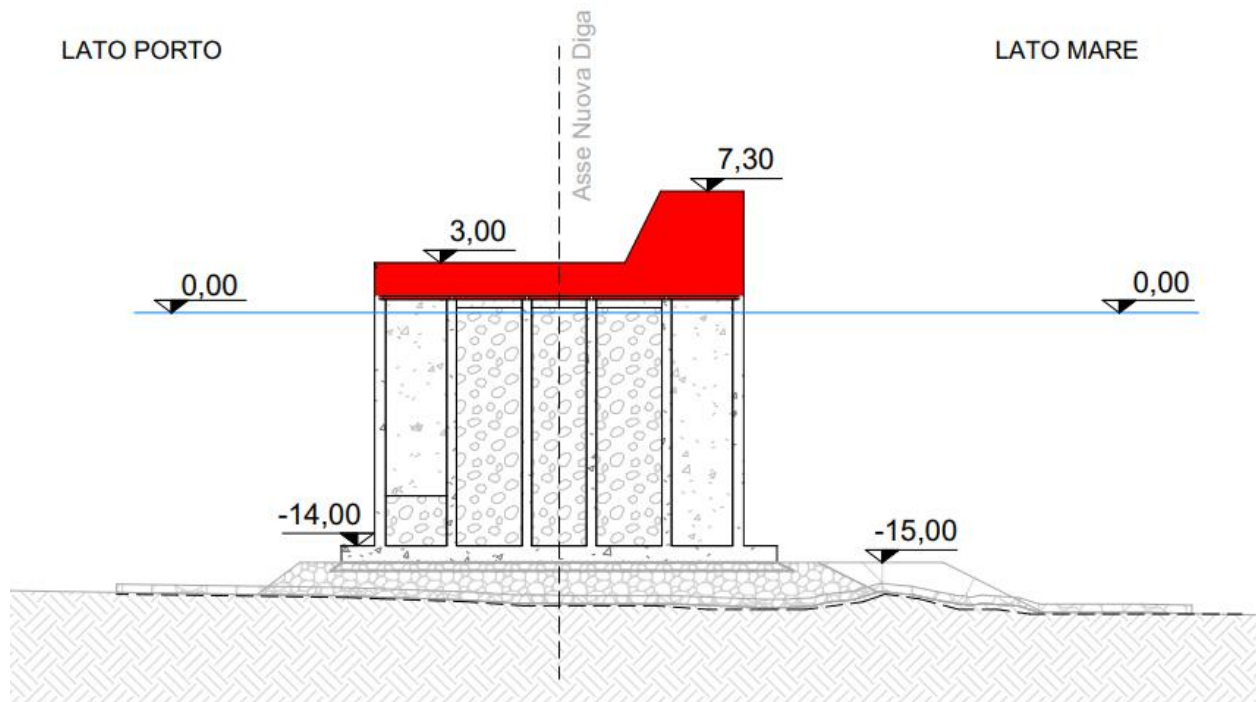


Figura 11-14 – Fase 4.3 - Realizzazione sovrastruttura a quota + 3,00 m s.l.m.m. e muro paraonde con quota di sommità +7,30 m s.l.m.m.

L'opera sarà protetta al piede, per tutta la sua lunghezza, da una doppia fila di massi guardiani in calcestruzzo di forma parallelepipedica 2,50 x 5,00 ed altezza 1,50 m. La funzione del masso guardiano è quella di comportarsi sia come filtro e sia come elemento stabilizzante del materiale dello scanno, grazie all'azione esercitata dal suo peso sul materiale stesso che ne contrasta l'azione di sollevamento e trascinamento.

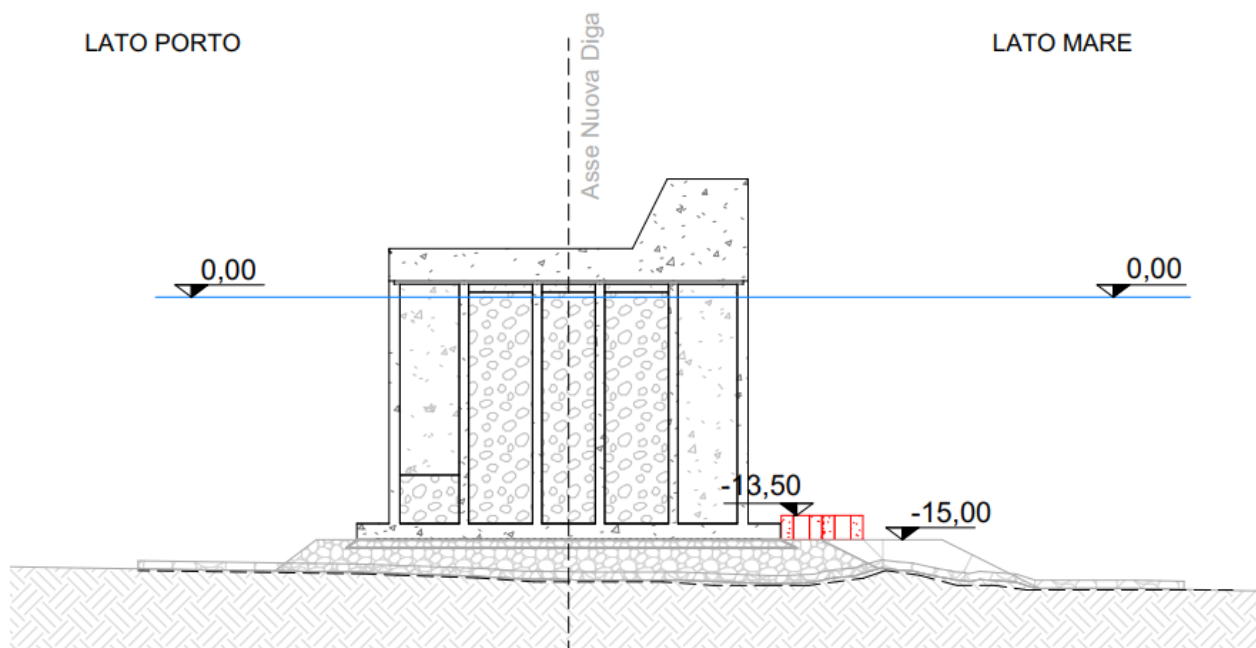
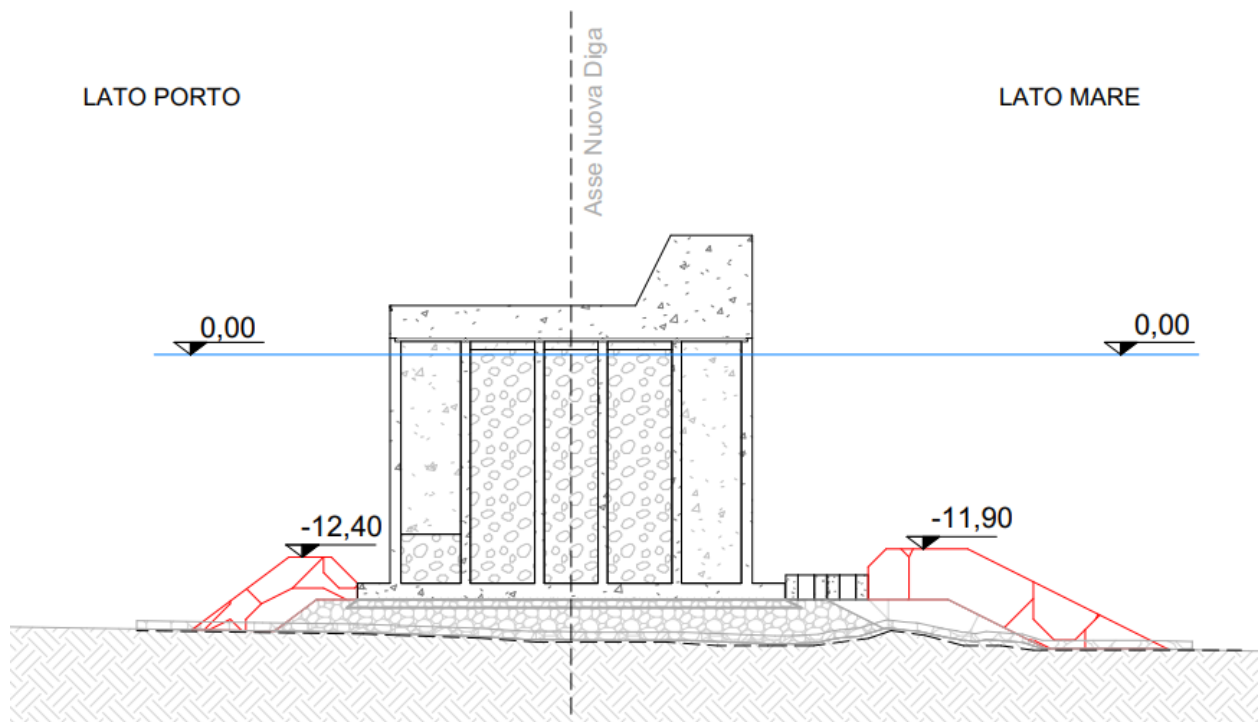


Figura 11-15 – Fase 5 - Posa in opera dei massi guardiani prefabbricati in c.a.

L'opera viene completata, infine, tramite la formazione della scogliera di rivestimento dello scanno di imbasamento con un doppio strato di massi 3-7 t (lato porto) con pendenza 4/3 e un doppio strato di massi 7-10 t (lato mare) su uno strato di transizione di massi naturali in triplice strato 1-3 t, entrambi con pendenza 2/1.



*Figura 11-16 – Fase 6 - Formazione scogliera di rivestimento dello scanno di imbasamento (lato porto doppio strato di massi 3-7 t; lato mare doppio strato di massi 7-10 t su uno strato di transizione di massi naturali in triplice strato 1-3 t)*

### 11.6 Modalità di gestione dei rifiuti prodotti in fase di cantiere

In tutte le attività che producono rifiuti, e soprattutto nei cantieri per la realizzazione di opere civili, ciò che è necessario realizzare nel luogo di produzione dei rifiuti è il raggruppamento degli stessi. La normativa definisce la fase di raggruppamento dei rifiuti Deposito Temporaneo.

Il deposito temporaneo deve essere effettuato per categorie omogenee di rifiuti e quindi per categorie di rifiuti così come individuate dai codici CER e distinte per stato fisico (solido, liquido, aeriforme).

A seconda si tratti di rifiuti pericolosi o non pericolosi, sono previste regole di deposito temporaneo diverse.

I **rifiuti non pericolosi** in deposito temporaneo devono essere raccolti ed avviati alle operazioni di recupero o di smaltimento secondo le seguenti modalità a scelta del produttore:

- con cadenza almeno trimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito;

oppure:

- al raggiungimento dei 20 metri cubi.

Se il quantitativo di rifiuti non pericolosi non supera i 20 metri cubi l'anno, il deposito temporaneo può avere durata massima di un anno.

I **rifiuti pericolosi** devono essere raccolti ed avviati alle operazioni di recupero o di smaltimento secondo le seguenti modalità a scelta del produttore:

- con cadenza almeno bimestrale, indipendentemente dalle quantità in deposito;

oppure:

- al raggiungimento dei 10 metri cubi.

Se il quantitativo di rifiuti pericolosi non supera i 10 metri cubi l'anno, il deposito temporaneo può avere durata massima di un anno.

Ciò detto e premesso che i rifiuti devono essere convenientemente gestiti in maniera differenziata fin dall'origine della loro produzione, di seguito si elencano le modalità di deposito temporaneo per specifiche tipologie di rifiuti che debbono essere attuate durante le fasi lavorative di cantiere.

**Rifiuti inerti:** costituiti da scorie di cemento, calcestruzzi da demolizioni, così come anche le terre, tutti in forma solida sciolta o quantomeno palabile, dovranno essere stoccati sia in cumuli sia in cassoni di tipo scarrabile. Se lo stoccaggio avverrà in cumuli, questi dovranno essere realizzati su superfici in grado di evitare la contaminazione del terreno sottostante ove i rifiuti siano capaci di rilasciare sostanza inquinanti.

È opportuno che tali rifiuti siano cautelativamente protetti dall'azione eolica del vento al fine di prevenire la diffusione di polveri.

**Rifiuti in Legno:** nei cantieri i rifiuti legnosi sono costituiti essenzialmente da imballaggi (pallets e cassette) e tavole. Sarà quindi opportuno separare gli imballaggi (pallets e cassette), per i quali è consentito il conferimento gratuito in piattaforme convenzionate.

**Rifiuti da Imballaggi:** i rifiuti da imballaggio dovranno essere stoccati separatamente per tipologia, collocandoli in contenitori di adeguate dimensioni a seconda dei quantitativi stimati, non esposti alle intemperie considerando sempre la destinazione verso il recupero.

**Rifiuti in Plastica:** diversi dagli imballaggi, possono essere gestiti con le stesse modalità di cui sopra.

**Rifiuti di metalli ferrosi e non ferrosi:** I rifiuti metallici si suddividono in metalli ferrosi, che comprendono ferro e acciaio, e metalli non ferrosi, che comprendono il rame e le sue leghe e i metalli "grigi" (piombo, rame, stagno, alluminio). I metalli ferrosi e non ferrosi potranno essere raccolti insieme, poiché la separazione tra queste due categorie di materiali metallici può essere effettuata facilmente grazie alle proprietà magnetiche dei primi, attraverso un separatore magnetico; per essere in seguito sottoposte a differenti processi di recupero.

**Rifiuti in Vetro:** Questo materiale dovrà esser raccolto in modo separato al fine di destinarlo facilmente ad idonei impianti di riciclo.

**Rifiuti prodotti dalla manutenzione degli automezzi in cantiere:** In tutti i cantieri dove avvengono lavorazioni di lunga durata e che utilizzano mezzi d'opera in maniera continua nasce il problema della gestione dei rifiuti prodotti dalla manutenzione degli automezzi.

Inoltre tali rifiuti sono classificati come speciali non pericolosi oppure pericolosi. Trattasi principalmente di rifiuti pericolosi quali oli, batterie e filtri dell'olio e rifiuti non pericolosi quali filtri dell'aria. Le batterie e l'olio esausto potranno essere conferiti rispettivamente al Consorzio Batterie Esauste (COBAT) e al Consorzio Oli Esausti (COOU) che si fanno carico gratuitamente del trasporto e dello smaltimento.

Le opere in appalto non prevedono la produzione di materiali da conferire a discarica a meno di trascurabili quantità di rifiuti provenienti da residui di lavorazioni secondarie.

In caso di eventuale produzione di materiale da risulta da conferire in discarica, per il deposito temporaneo delle tipologie di rifiuti sopra elencate, all'interno delle aree di cantiere dovranno essere organizzate opportune aree di stoccaggio collocate in modo da ottimizzare le operazioni di deposito e prelievo per il trasporto al giusto recapito finale.

### 11.7 Mezzi d'opera

Per la realizzazione di tale intervento si prevede la seguente dotazione minima di mezzi d'opera terrestri e marittimi:

#### 11.7.1 Mezzi d'opera terrestri

Di seguito si riporta l'elenco dei mezzi d'opera terrestri:

- n. 2 gru gommate a braccio telescopico a servizio del cantiere avente portata di punta da 60 t;
- n. 1 escavatore a braccio rovescio per movimentazione materiale arido da caricare su M/pontone;
- n. 8 autobetoniere per la circuitazione del carico in continuo del bacino galleggiante operativo almeno per ore 12 su 24;
- n. 2 autocarri a tre assi con cassone da 20 m<sup>3</sup> per trasporto inerti;
- n. 2 autopompe per cls operative in contemporanea per alimentazione bacino galleggiante;
- n. 1 dumper per trasporti nell'ambito del cantiere;
- n. 2 piegaferri per sagomatura armatura cassoni e armature piattaforma in c.a. sopra ai cassoni.





### 11.7.2 Mezzi d'opera marittimi

Di seguito si riporta l'elenco dei mezzi d'opera marittimi:

- n. 1 Bacino galleggiante autoaffondante di dimensioni in pianta non inferiori a 30 x 30 m e portata min superiore alla stazza min dei cassoni da costruire, dotato di gruppi di pompaggio e di sollevamento dei casseri rampanti, certificazione RINA o equivalente e certificato di idoneità alla navigazione;
- n. 1 M/Pontone ovvero di n.1 Rimorchiatore con n. 1 Pontone avente una portata utile in coperta non inferiore a 500 t (al netto del peso della gru) e dotato di gru con portata utile di punta non inferiore a 30 t con un braccio di lunghezza adeguata a coprire una distanza pari a 10 m misurata sul piano orizzontale dal bordo pontone (e non dal centro di rotazione della gru). Tale pontone sarà asservito alle attività di trasporto e trasbordo di materiale arido nei cassoni, di trasporto e trasbordo autobetoniere, casseri, acciaio per c.a., attrezzature di servizio e quanto necessario per garantire le lavorazioni sulle aree di cantiere. Tale mezzo d'opera sarà anche utilizzato per la formazione dello scavo di imbassamento, per le strutture a gettata di protezione al piede dei cassoni e per la posa dei massi in c.a.;
- n. 2 rimorchiatori di adeguata potenza necessari per il trasporto dei cassoni dal sito di produzione al sito di varo e l'assistenza all'affondamento con l'ausilio di idonee m/pompe sommerse aventi portata non inferiore a 50 l/sec;
- n. 2 motobarche di servizio iscritte ai registri Navi Minori e Galleggianti adibite al trasporto di personale operativo e direttivo dal cantiere alle aree di intervento.

Note:

- 1) nel caso in cui l'impresa appaltatrice optasse per eseguire cassoni di maggiore lunghezza il bacino di carenaggio dovrà avere stazza e dimensioni adeguate alla proposta formulata in sede di offerta;
- 2) nel caso in cui l'impresa appaltatrice optasse per eseguire i cassoni in bacini galleggianti posti in altri porti diversi da quello di Napoli ovvero optasse per la costruzione a secco in bacini di carenaggio, il progetto esecutivo dovrà indicare le modalità di messa in sicurezza e di trasporto.

## 12 CRONOPROGRAMMA

La durata dei lavori è pari a 594 giorni naturali e consecutivi. Si riporta di seguito il cronoprogramma dei lavori previsti per gli interventi in oggetto.

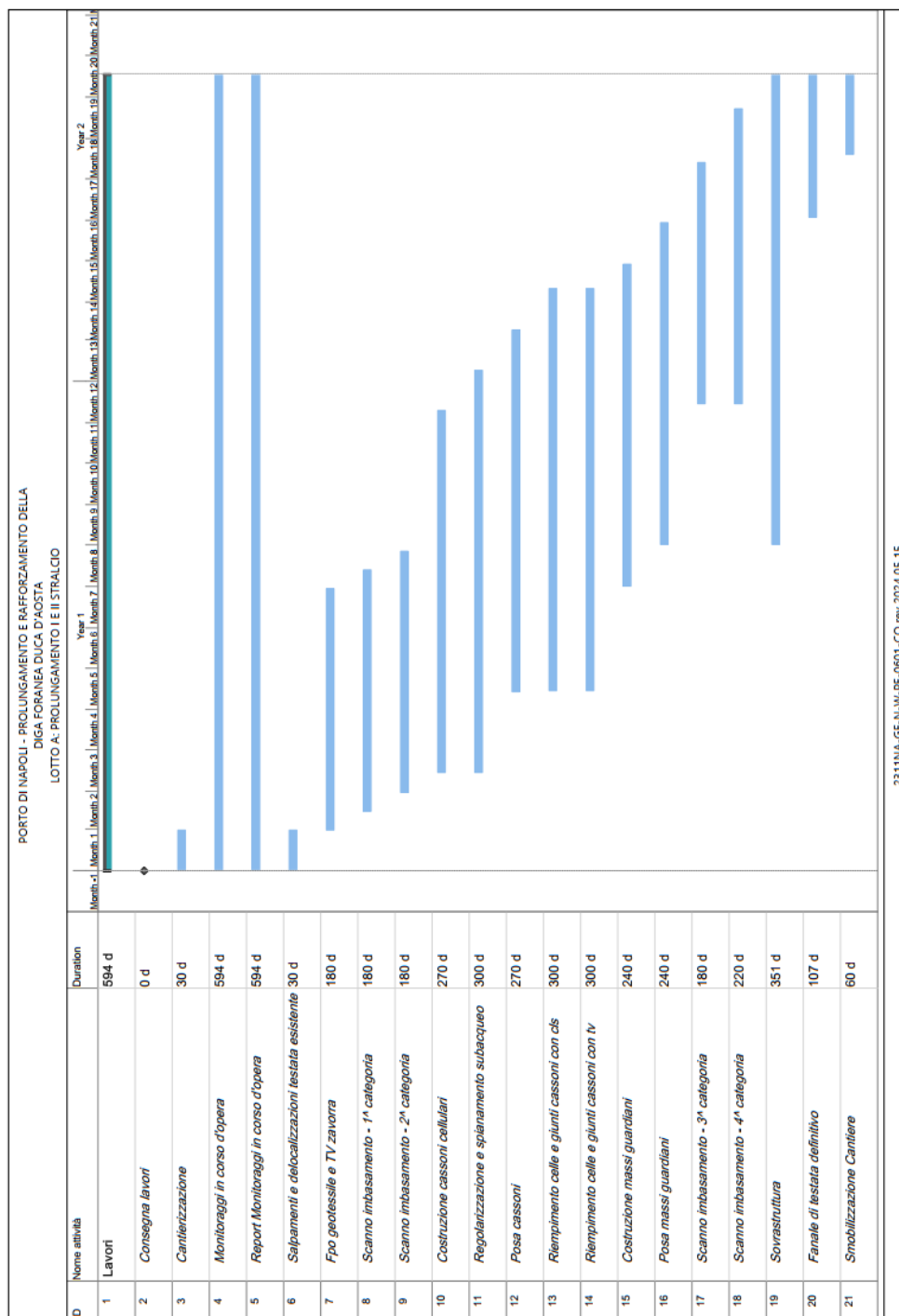


Figura 12-1 - Stralcio cronoprogramma di progetto

### **13 PREZZI UNITARI E COMPUTO METRICO ESTIMATIVO**

I prezzi unitari sono riferiti al Prezzario Regionale dei Lavori Pubblici anno 2023 della Regione Campania approvato con Delibera di G.R. n. 50 del 08.02.2023 pubblicata sul BURC n. 13 del 13/02/2023.

Relativamente ai nuovi prezzi, le relative analisi sono state elaborate sulla base:

- a) dei costi elementari dei materiali/forniture e della manodopera desunti dalle analisi prezzi del Prezzario anno 2023 della Regione Campania;
- b) in subordine al punto a), da analisi di mercato aggiornate a febbraio 2023 per materiali e forniture;

I computi metrici estimativi delle opere previste nel presente progetto sono stati eseguiti utilizzando metodi diretti propri della modellazione BIM combinati con gli usuali metodi (ad. es. metodo delle sezioni ragguagliate). Relativamente alle modalità di valutazione dei lavori è stato previsto che l'intervento venga compensato a corpo e a misura.

### **14 COSTO E DURATA DELLE OPERE**

Il costo totale delle opere previste nel presente progetto è di € 49.761.058,22 (inclusa sicurezza), di cui € 49.094.196,64 di lavori (di cui € 41.832.917,79 a corpo e € 7.261.278,85 a misura) e € 666.861,58 di costi per la sicurezza non soggetti a ribasso.

L'importo complessivo per l'esecuzione del piano di monitoraggio è stimato in € 1.017.519,85 di cui € 836.987,46 per l'esecuzione del monitoraggio ante e in corso d'opera ed € 180.532,39 per l'esecuzione del monitoraggio post operam.

I tempi previsti per l'esecuzione dell'opera sono pari a 594 giorni.