

## Porto Di Taranto

# REALIZZAZIONE DELLA NUOVA DIGA FORANEA DI PROTEZIONE DEL PORTO FUORI RADA DI TARANTO

## LOTTO II: TRATTO DI LEVANTE



**PROGETTO DI FATTIBILITA'  
TECNICO ECONOMICA RAFFORZATO**

Progettazione:



Responsabile Integrazioni Prestazioni Specialistiche:  
**Ing. M. DI STEFANO**

Autorità Di Sistema Portuale Del Mar Ionio:

Responsabile Unico del Procedimento:  
**Ing. Gaetano Interno**

Direttore dell'Esecuzione del Contratto:  
**Ing. Vincenzo Elia**

Codice commessa:  
2202.DTA.PFTE

Titolo Elaborato:

**Studio di impatto ambientale :  
Quadro di riferimento progettuale**

Codice elaborato:

**REL 18**

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
A	Marzo 2023	Prima emissione		A. Longo	M. Di Stefano

## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>STATO ATTUALE DELL'AREA PORTUALE DI TARANTO</b> .....	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>CRITERI E MOTIVAZIONI DEL PROGETTO</b> .....	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>ALTERNATIVE DI PROGETTO</b> .....	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI</b> .....	<b>10</b>
5.1	<b>RICOGNIZIONE PER BONIFICA DA ORDIGNI BELLCI</b> .....	<b>15</b>
5.2	<b>DRAGAGGIO DEI FONDALI</b> .....	<b>16</b>
5.2.1	<i>Dragaggio ambientale</i> .....	16
5.2.2	<i>Depositi temporanei</i> .....	17
5.3	<b>INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DEI DEPOSITI DI FONDALE</b> .....	<b>19</b>
5.3.1	<i>Intervento di vibrosostituzione con metodo bottom-feed</i> .....	20
5.3.2	<i>Intervento di vibroflottazione con metodo top-feed</i> .....	22
5.3.3	<i>Caratteristiche meccaniche dei terreni consolidati</i> .....	23
5.3.4	<i>Campo prova</i> .....	27
5.4	<b>SALPAMENTO DEL CONOIDE DI TESTATA</b> .....	<b>28</b>
5.5	<b>REALIZZAZIONE DELL'OPERA A GETTATA</b> .....	<b>28</b>
<b>6</b>	<b>BILANCIO DELLE MATERIE</b> .....	<b>29</b>
<b>7</b>	<b>MEZZI D'OPERA DI CANTIERE</b> .....	<b>31</b>
<b>8</b>	<b>CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ</b> .....	<b>33</b>
<b>9</b>	<b>MONITORAGGIO AMBIENTALE</b> .....	<b>33</b>

## 1 PREMESSA

L'opera "NUOVA DIGA FORANEA DI PROTEZIONE DEL PORTO FUORI RADA DI TARANTO – TRATTO DI LEVANTE" è inserita nel programma di interventi infrastrutturali in ambito portuale sinergici e complementari al PNRR approvato con D.M. n. 330 del 18/08/2021 ed ammesso a finanziamento, come previsto dall'Accordo Procedimentale sottoscritto tra MIMS e AdSP MI.

L'intervento originario (successivamente suddiviso in due lotti funzionali – I lotto - tratto Ponente e Il Lotto - tratto Levante) rientra anche tra le opere previste dal Piano Regolatore del Porto di Taranto.

L'opera consiste nella costruzione di una nuova diga foranea di 1.300 m di lunghezza, nel porto fuori rada di Taranto, inclinata di circa 45° rispetto al nord e parallela all'ultimo tratto dell'opera esistente con la quale definisce un secondo canale di accesso al porto commerciale di Taranto.

Tale opera riveste notevole importanza non solo per la protezione degli accosti che si andranno a realizzare nell'ambito dell'ampliamento del V Sporgente ma, nella logica di rilancio del porto mercantile, fornisce una maggiore protezione per la banchina di accosto del Molo Polisettoriale in grado di ridurre le percentuali di inefficienza del terminal connesse ad avverse condizioni meteomarine. La diminuzione dell'agitazione interna residua, infatti, si riflette sull'operatività del Terminal, aumentandone la produttività, a tutto vantaggio delle operazioni portuali. La nuova diga foranea, nella sua configurazione ad opera finita, è ubicata su fondali aventi profondità comprese tra gli 8 e gli 11 m rispetto al livello medio mare ed è caratterizzata da uno sviluppo planimetrico rettilineo esteso per 1.200 m fuori acqua (1.300 m al piede della diga), lungo la direttrice Nord Ovest – Sud Est. L'ubicazione della diga è il frutto di numerose analisi e simulazioni per mezzo di modelli matematici e dettata, oltre che dalla primaria esigenza di garantire la necessaria protezione all'ampliamento del V Sporgente, anche dalla necessità di non interessare, con le fondazioni, l'area in cui si sviluppa la marcata incisione morfologica del fondale, identificata come il paleoalveo del Fiume Tara colmato da terreni fini molto compressibili. L'opera, nel suo complesso, è stata oggetto di progettazione preliminare nell'Ottobre del 2012 e successivamente suddivisa in due lotti funzionali:

- I LOTTO - Tratto di Ponente
- Il LOTTO - Tratto di Levante (oggetto del presente progetto)

Il progetto esecutivo del I lotto - tratto di Ponente è stato oggetto di giudizio di compatibilità ambientale di cui al DM MATTM n.92 del 19/05/2015 avente validità di cinque anni. Con nota n. 5872 del 20/05/2020, acquisita al prot. 36877/MATTM del 21/05/2020, l'Autorità di Sistema Portuale ha presentato al Ministero dell'Ambiente istanza di proroga della validità temporale del suddetto decreto VIA a cui ha fatto seguito la nota n. 100068/MATTM del 20/09/2021 che, per mero errore materiale, non veniva recapitata alla AdSP. Con la suddetta nota il MATTM comunicava l'accoglimento dell'istanza, subordinando la validità della stessa ad una serie di adempimenti, al cui esito avrebbe espresso parere favorevole di procedibilità Effettuati gli adempimenti richiesti il MATTM, all'esito delle verifiche di ottemperanza, ha validato la proroga al decreto 92/2015 ed il progetto esecutivo delle opere di I stralcio è stato recentemente validato dal RUP.

Il presente progetto è relativo alla realizzazione del II lotto - tratto di levante della diga foranea e ne prevede pertanto il completamento in conformità a quanto previsto dal progetto preliminare originario del 2012 e del Piano Regolatore Portuale del Porto di Taranto a meno della realizzazione dell'ampliamento della testata di ponente stralciata dal progetto su indicazione dell'ADSP MI.

L'AdSP, disponendo delle risorse finanziarie per l'esecuzione del I stralcio funzionale e di quelle a valere sui fondi complementari del PNRR relativamente al II stralcio funzionale, sta valutando - in riferimento alla modalità di affidamento delle opere - l'opportunità di avviare una procedura di Accordo Quadro che, nell'ambito di un più ampio programma operativo, consenta l'affidamento ad un unico operatore economico di una molteplicità di contratti attuativi in ragione delle effettive risorse disponibili e dei pareri / autorizzazioni acquisiti, tempo per tempo, da Enti terzi. Nella fattispecie il ricorso alla procedura di Accordo

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

Quadro, ove ritenuta più conveniente per la Stazione Appaltante, consentirebbe di affidare, con un primo contratto attuativo, le opere di I stralcio funzionale già dotato di validazione e giudizio di compatibilità ambientale; successivamente, dopo aver acquisito l'omologo giudizio di compatibilità ambientale, l'AdSP potrebbe affidare di un ulteriore contratto applicativo per la progettazione definitiva/esecutiva e realizzazione delle opere di II stralcio funzionale oggetto del presente PFTE. Le opere di II stralcio, per effetto di limitate risorse finanziarie, potrebbe a sua volta essere eseguito in sub-stralci funzionali fino al completamento.

Inoltre, al fine di velocizzare le procedure di validazione del PFTE, tale strumento operativo consentirebbe l'affidamento al medesimo operatore economico delle ulteriori indagini ambientali e geotecniche in sito, anticipando anche l'esecuzione del campo delle prove sperimentali di cui si riferisce nel prosieguo. In ragione di quanto sopra richiamato, il presente PFTE, come richiesto dalla Stazione Appaltante, contempla l'esecuzione dei lavori del II stralcio funzionale considerando l'avvenuta esecuzione delle opere di I stralcio funzionale.

Il progetto conferma la configurazione geometrica della diga per la parte emersa e fuori acqua della rev. A, in totale continuità con la sagoma dell'opera a gettata delle opere di I stralcio, ma prevede un differente trattamento - ai fini geotecnici - dei depositi limo-sabbiosi presenti nell'area di impronta della diga rispetto alla soluzione adottata nelle opere di I stralcio.

In particolare, in ragione delle risultanze delle caratterizzazioni ambientali disponibili:

- a) viene confermato il dragaggio meccanico cd "ambientale" con asportazione di tutto il sedimento contaminato non pericoloso ex DM 172/2016 e quello cd "tecnico" fino alla quota di imbasamento (-10.0 m dal l.m.m.), i cui volumi sono da conferire in cassa di colmata;
- b) viene proposto, in sostituzione del dragaggio dei sedimenti ritenuti non idonei alla stabilità dell'opera sotto il profilo geotecnico, un trattamento in sito mediante formazione di colonne vibroflottate senza asportazione di sedimento e con apporto di materiale arido come più dettagliatamente si riferirà nei paragrafi dedicati.

La soluzione adottata nella presente revisione progettuale consente invece di ridurre la movimentazione di materiale di escavo di circa 142.800 m<sup>3</sup>, raggiungendo un valore complessivo di 115.000 m<sup>3</sup> comunque inferiore al volume delle opere del I lotto che hanno già acquisito un giudizio di compatibilità ambientale ex Dlgs 152/06.

Ai fini dell'impatto ambientale, inoltre, si prevede che le opere del II lotto siano poste in sequenza a quelle del I lotto. La realizzazione del tratto di levante della diga può dunque considerarsi il naturale completamento del tratto di ponente in piena conformità a quanto previsto dal PRP del Porto di Taranto, pur con differenti soluzioni progettuali sotto il profilo geotecnico ed ambientale.

Studi specialistici ed ipotesi progettuali risultano i medesimi del progetto esecutivo del Lotto di Ponente (Lotto I) già validato.

## 2 STATO ATTUALE DELL'AREA PORTUALE DI TARANTO

L'hub di Taranto si sviluppa a Nord dell'omonimo golfo. Le attività portuali che in un primo tempo impegnavano le aree all'interno del bacino naturale, si sono poi estese oltrepassando il limite naturale di Punta Rondinella. Allo stato attuale si distinguono:

- Bacino del Mar Piccolo suddiviso in Primo Seno, ad occidente, e Secondo Seno, a oriente, che non rientrano nella perimetrazione del Piano Regolatore Portuale;
- Bacino del Mar Grande, in cui si sviluppa il porto in rada, compreso tra il Molo Sant'Eligio (ad Est) e Punta Rondinella (ad Ovest);
- Porto fuori rada che insiste sul tratto di costa compreso tra Punta Rondinella, ad Est, e la foce del fiume Tara, a Ovest, limite dell'area disciplinata dal Piano Regolatore Portuale.

La riva sinistra della foce del Fiume Tara costituisce il limite delle aree interessate dal Piano sia dal punto di vista geografico sia amministrativo.

La rada di Mar Grande è difesa a Ponente dall'aggetto di Punta Rondinella e da due tratti di scogliera artificiale: il primo tratto discontinuo, in prosecuzione alla Punta, si sviluppa con andamento curvilineo fino all'Isola di S. Pietro, il secondo tratto rettilineo tra l'isola di S. Pietro e quella di S. Paolo; quest'ultima delimita a Ponente l'imboccatura portuale. A Levante dell'imboccatura la protezione alla rada è assicurata da un tratto di scogliera artificiale radicato a Punta S. Vito. Lo sviluppo complessivo delle scogliere è di circa 7 km con una quota d'imbasamento media di circa 5 m. L'accesso alla rada presenta un'ampiezza di circa 1.500 m con rotta di accesso da Sud-Ovest.

Le strutture portuali fuori rada sono protette da una diga foranea in cassoni cellulari in c.a.. L'opera di difesa artificiale si articola, da Ponente verso Levante, in tre tratti con diverso orientamento. Il primo tratto di circa 250 m in direzione 135° Nord, ed il secondo tratto di circa 1.050 m con orientamento 160° Nord sono stati realizzati nel periodo 1975-76. Il terzo tratto della diga foranea, realizzata nel periodo 2002-2004, si sviluppa per 120 m in direzione 135° Nord.

I fondali naturali in Mar Grande digradano dalla costa Nord (circa 14 m) all'imboccatura (oltre 30 m al centro). All'interno della rada, in direzione 160° Nord, è ricavato un canale navigabile con fondale utile di 25 m che garantisce l'accessibilità alla banchina di Levante del 4° Sporgente. L'accessibilità alle strutture operative del Porto fuori Rada è assicurata da un canale di accesso, dragato a -14 m, che consente la manovra di ingresso delle navi con rotta a Ponente della diga foranea.



Figura 1 Stato attuale del porto di Taranto

L'opera in studio ricade nell'ambito territoriale del cosiddetto porto fuori Rada.

Le opere portuali, ubicate a Ponente di Punta Rondinella, comprendono il Quinto Sporgente, la Calata 5 ed il Molo Polisettoriale. Al settore appartengono anche le ampie colmate comprese tra Punta Rondinella e la radice del Quinto Sporgente, che ricadono nella perimetrazione del Piano, pur non essendo specificamente destinate all'attività portuale.

### Il Quinto Sporgente

Il Quinto Sporgente, la cui realizzazione risale alla fine degli anni '70, è situato a circa 2,5 km a Ovest di Punta Rondinella. Il molo è banchinato solo sul fronte di Ponente, mentre la testata e il lato di levante sono a scogliera. La banchina, di lunghezza pari a 1.200 m orientata a Sud-Ovest, è stata realizzata in cassoni cellulari imbasati a -12,5 m. Il terrapieno, profondo circa 250 m, dispone di una superficie operativa pari a circa 600.000 m<sup>2</sup>. Le banchine e le aree retrostanti sono assentite in Concessione a ILVA S.p.A. che le utilizza attualmente per l'imbarco di prodotti siderurgici. Sul fronte di accosto operano 6 scaricatori elettrici a braccio retrattile su rotaia con portata variabile da 10 a 22 t. La banchina è inoltre servita da un fascio di binari raccordati direttamente allo stabilimento siderurgico.

### Calata 5

La Calata 5 si sviluppa per circa 350 m, tra il Quinto Sporgente e il molo polisettoriale, con un fondale utile di -14. La banchina è stata realizzata con cassoni cellulari in calcestruzzo.

All'estremità di Levante della banchina è collocato l'impianto per la prefabbricazione dei cassoni cellulari in calcestruzzo, di proprietà G.L. FINCOSIT S.p.A.

L'impianto, realizzato nel 1976, è stato integralmente ristrutturato nel 2001 e consente la realizzazione ed il varo di cassoni cellulari di dimensioni massime di m 31.8x18.2x20.2.

Il tratto di Ponente di Calata 5 e il primo tratto in radice della banchina di Levante del molo polisettoriale (per

un totale di 500 m con fondale utile di -14 m) è assentita in Concessione al Consorzio Terminal Rinfuse Taranto che opera nel settore della movimentazione e lavorazione di merci alla rinfusa. Alle spalle delle banchine, che consentono l'ormeggio di navi fino a 100.000 DWT, il terminale dispone, in ambito portuale, di circa 50.000 m<sup>2</sup> di aree operative utilizzate per lo stoccaggio dei materiali (loppa d'altoforno, carbone fossile, coke, clinker e pietra calcarea). Oltre ai mezzi e agli impianti per la messa a parco, il Consorzio dispone di due gru gommate, da 120 e 160 tonnellate rispettivamente, che consentono di movimentare giornalmente circa 30.000 tonnellate.

### Il Molo Polisettoriale

Il Molo Polisettoriale di Taranto, il cui progetto risale al 1977, è stato realizzato in fasi successive. Le opere di contenimento del terrapieno risalgono agli anni 1978-83. Nel periodo 1990-96 furono appaltati ed eseguiti i lavori di sistemazione dei piazzali, la realizzazione degli impianti, la costruzione delle dieci palazzine destinate ad ospitare gli uffici e i servizi portuali, il ponte per l'accesso al Molo e la deviazione del fiume Tara. Nel 1998, a seguito della destinazione dell'opera alla funzione di terminale per contenitori, furono appaltati ed avviati ulteriori lavori di ammodernamento e adeguamento funzionale degli impianti, delle opere di accosto e delle aree di stoccaggio.

Questi ultimi interventi, completati nel 2002, comprendono, tra l'altro, la realizzazione del raccordo ferroviario del Terminal alla rete nazionale.

Il Molo Polisettoriale dispone di un fronte di banchina, a Levante, di circa 1.800 m. La banchina è stata realizzata con cassoni cellulari in calcestruzzo. Il terrapieno retrostante ha una superficie di 1.000.000 m<sup>2</sup>. Negli anni 2004 e 2005 è stato eseguito un intervento di ripristino del fondale per una lunghezza di 700 m dalla testata. Tale ripristino ha portato ad un aumento del fondale utile di circa 1 m (dai precedenti -14 m agli attuali -15 m) con un valore complessivo di materiale movimentato di circa 90.000 m<sup>3</sup>.

Dalla metà del 2001 il Terminal Container di Taranto è operativo con la gestione della T.C.T. S.p.A.

Nell'ambito della società detenuta dal gruppo Evergreen è entrata a far parte nel gennaio 2009 la Hutchinson Wampoa che ha acquisito circa il 50% delle quote azionarie.

Nell'ambito del terminal vengono svolte operazioni di sbarco/imbarco contenitori da nave, groupage, manutenzione contenitori e stoccaggio reefer.

Per l'ormeggio delle navi porta container, il terminale dispone, attualmente, di un fronte operativo di banchina pari a 1.500 m, con una superficie dei parchi di 250.000 m<sup>2</sup>, corrispondente ad una capacità di stoccaggio di 35.000 TEU (dati Giugno 2003). I mezzi di banchina in esercizio comprendono:

- No. 2 portainers Ultra Post Panamax con portata di 65 t al gancio e 55 t allo spreader;
- No. 10 portainers Super Post Panamax con portata di 55 t al gancio e 45 t allo spreader;
- No. 1 gru semovente da banchina con portata 100 t.

Il parco dei mezzi di banchina in esercizio comprende:

- No. 22 transtainers su rotaia, portata 40 t, su 11 file/5+1 tiri;
- No. 3 sollevatori frontali con portata 40 t;
- No. 5 sollevatori laterali da 10 t.

Il Terminal Container è inoltre servito da un fascio ferroviario di 5 binari (lunghezza 1 km) attrezzato con 2 carri ponte con spreader, di portata pari a 40 t, per la movimentazione dei contenitori e di un fascio di 3 binari per la presa/consegna dei convogli ferroviari.

Completano le dotazioni del Terminal, oltre alle volumetrie di servizio un parco per lo stoccaggio reefer dotato di 900 prese da 380 V.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

Le principali attività del porto sono le seguenti:

- Militari nel Mar Piccolo e nel Mar Grande, incluse le attività produttive e cantieristiche dell'Arsenale Militare di Taranto;
- Commerciali ed industriali nel Mar Grande e nel porto fuori rada (industria cementizia, siderurgica, petrolifera, etc.);
- Turistiche con modesti attracchi nel porto fuori rada;
- Peschereccia, in particolare nel I Seno del Mar Piccolo.

Altre attività storicamente presenti sia nel Mar Piccolo sia nel Mar Grande, sono la mitilicoltura e la pesca.

Il porto è accessibile attraverso due varchi: il Varco Est e quello Nord, aperto di recente, che consentono al traffico veicolare in ingresso e uscita al/dal porto di allontanarsi rapidamente dall'area urbana.

I principali collegamenti stradali sono: la SS 106 "Jonica" tra Taranto e Reggio Calabria, la SS 7 "Appia" in direzione Grottaglie – Brindisi e in direzione Massafra, principale collegamento con l'autostrada Adriatica A14 Taranto – Bari – Bologna e, infine, la SS 172 "dei Trulli" verso la zona a Sud di Bari.

L'autostrada adriatica A14 Taranto-Bari-Bologna rappresenta per il Porto di Taranto il collegamento stradale strategico per il trasporto su lunga distanza, garantendo un rapido inoltro terrestre verso i mercati dell'Italia settentrionale e del Centro Europa.

Dal punto di vista del trasporto ferroviario, il porto è collegato alla dorsale adriatica Bari - Bologna e alle direttrici per Potenza - Napoli, Brindisi- Lecce e Reggio Calabria. Il Terminal contenitori, nello specifico, è servito da un collegamento diretto con la rete nazionale, con convogli verso gli interporti di Nola, Bologna e Ancona.

Gli aeroporti più vicini allo scalo portuale sono quelli di Bari e Brindisi, rispettivamente a 90 e 75 km, con voli quotidiani da/verso i principali scali italiani ed europei.

La configurazione del porto di Taranto deriva dal vigente Piano Regolatore Portuale (1980) e successivi adeguamenti tecnici funzionali.

Il nuovo Piano Regolatore del Porto prevede da un lato, di incrementare le aree destinate alle attività mercantili per consentire l'acquisizione di nuovi traffici e dall'altro, di migliorare la relazione con la città aprendo ad essa nuove aree dell'ambito portuale.

In relazione alle prospettive di sviluppo emerse dagli studi settoriali del Piano, sono stati individuati alcuni settori d'intervento:

- un nuovo Terminal Contenitori da realizzare al 5° Sporgente, opportunamente ampliato, che potrebbe operare per il trasbordo del traffico di nuove Compagnie, per servire flussi locali o in collegamento con nuove attività produttive;
- incentivare il traffico ro-ro / ro-pax sulle banchine libere situate nella parte vecchia del porto;
- incrementare i collegamenti ferroviari su tutte le aree e banchine del porto, sia quelle esistenti sia quelle programmate. In particolare si procederà alla realizzazione di specifici raccordi per la zona est del porto;
- un Centro Servizi Polivalente alla banchina di Levante del Molo S. Cataldo da destinare in modo flessibile a funzione di stazione marittima per un possibile traffico passeggeri ed alla fruizione cittadina per motivi culturali/sociali.

Inoltre, viene prevista la possibilità di trasformazione dell'area compresa tra Punta Rondinella ed il Quinto Sporgente in area operativa, destinata in parte ad attività produttive che possano trarre vantaggio da una localizzazione a filo banchina.

Tra le opere previste dal nuovo PRP vi è, tra le altre, specificatamente nel porto fuori rada, una nuova diga

foranea, a gettata, integrativa di quella esistente a paramento verticale. A tale diga, congiuntamente al completamento del muro paraonde e della testata dell'esistente diga (parte di levante) è assegnata anche la funzione di migliorare ulteriormente la protezione alle banchine del molo Polisettoriale ove è in esercizio un terminal container.

### 3 CRITERI E MOTIVAZIONI DEL PROGETTO

Nell'ambito del progetto di rilancio delle attività portuali, in particolare di quelle relative alle merci containerizzate, sono stati programmati e si stanno portando a termine, interventi di ammodernamento del Terminal Container, di approfondimento dei fondali per rendere il porto accessibile a navi portacontainer da 14.000 TEU e di ampliamento del Quinto Sporgente.

Tale previsione comporta un notevole incremento del traffico navale in arrivo e partenza, in termini quantitativi, e una diversificazione della tipologia di vettore marittimo.

In previsione di un auspicabile incremento dei traffici, è necessario però rendere più efficienti e sicuri gli accosti del porto fuori rada, potenziando le opere di difesa artificiali che attualmente consistono in una diga artificiale e a paramento verticale di circa 1.450 metri, realizzata a partire dagli anni '80.

L'analisi delle mappe di agitazione ondosa relative al sistema di protezione della rada esterna ha evidenziato che, dal punto di vista idraulico-marittimo, la migliore configurazione delle opere foranee è costituita dal prolungamento della diga esistente per una lunghezza di circa 1.300 m; con tale assetto, infatti, tutte le opere di accosto della rada esterna risultano al riparo dall'azione del moto ondoso incidente sia nel caso di mareggiate da Sud che da SSE.

Tale soluzione, tuttavia, non permetterebbe un adeguato sfruttamento delle nuove colmate previste nel Piano Regolatore Portuale in quanto tutto il traffico navale portuale sarebbe gestito attraverso l'unico accesso alle aree portuali costituito dall'attuale varco di ingresso tra la testata del molo polisettoriale e la diga foranea esistente.

Infatti, una sommaria analisi della movimentazione delle navi in arrivo o partenza ha mostrato come il volume complessivo del traffico, a regime, aumenta considerevolmente rispetto al volume attuale, potendo determinare contemporaneità di arrivi e partenze: navi porta contenitori per gli ormeggi del Molo Polisettoriale e del nuovo terminal lato Est del Quinto Sporgente, navi cellulari e speciali per prodotti siderurgici al lato Ovest del Quinto Sporgente, navi al servizio delle industrie in insediamento al Sesto Sporgente. Per tali ragioni funzionali tale configurazione, sebbene tecnicamente valida, è stata valutata non rispondente alle esigenze di sicurezza delle manovre e di "fluidità" dei flussi.

Si è quindi deciso di scartare tale configurazione e prevedere invece un doppio ingresso al porto fuori rada: l'attuale a Nord-Ovest, principalmente al servizio del Molo Polisettoriale e dell'accosto Ovest del Quinto Sporgente, ed un nuovo accesso a Sud-Est, principalmente al servizio dell'accosto Est del Quinto Sporgente e del Sesto Sporgente. La separazione dei due flussi garantisce la sicurezza delle manovre di atterraggio e di partenza allo stesso livello dell'attuale.

A partire da queste considerazioni è stato progettato il nuovo assetto con una nuova diga e sfruttando le batimetrie che nella direzione 250/260° indicano l'esistenza di un canale naturale utilizzabile come canale d'accesso.

## 4 ALTERNATIVE DI PROGETTO

Nel PRP adottato la proposta di realizzazione di nuove opere portuali (ampliamento del Quinto Sporgente e realizzazione del Sesto sporgente) ha imposto lo studio di opere di protezione allo scopo di verificare la possibilità di ormeggio in sicurezza delle navi.

Con tale finalità sono state studiate alcune configurazioni di protezione, analizzandone le implicazioni dal punto di vista idraulico, dal punto di vista funzionale e dal punto di vista economico-finanziario.

### Prolungamento diga esistente

Una prima configurazione analizzata è stata quella del prolungamento dell'attuale diga in cassoni, con estensione in lunghezza differente (400 m, 800 m e 1.200 m). Tale soluzione non permetterebbe un adeguato sfruttamento delle nuove colmate previste dal nuovo PRP in quanto tutto il traffico navale portuale sarebbe gestito attraverso l'unico accesso alle aree portuali costituito dall'attuale varco di ingresso tra la testata del molo polisettoriale e la diga foranea esistente.

### Unica diga arretrata

Stante l'insicurezza delle manovre e la fluidità dei flussi si è indirizzata la scelta verso una configurazione che consentisse un doppio accesso al porto fuori rada.

La necessità di prevedere un secondo canale di accesso alle aree portuali è confluita nella configurazione con unica diga posizionata verso terra rispetto all'attuale diga in cassoni. Dallo studio del moto ondoso è emerso che tale configurazione non assicurerebbe un'adeguata protezione della testata del Molo Polisettoriale in quanto, a causa dell'esposizione dell'entrata e a causa del dragaggio previsto nel nuovo canale di accesso, si attuerebbe comunque una notevole propagazione del moto ondoso all'interno dell'area protetta.

### Sdoppiamento in due dighe

Sono state di conseguenza ipotizzate configurazioni con sdoppiamento della nuova diga in due dighe separate di lunghezza minore disposte ad est e ovest della diga in cassoni.

Tale soluzione è stata ritenuta dal CSLPP con voto n. 48/2010 non percorribile in merito alle problematiche geotecniche del tratto occidentale della diga più al largo in quanto si colloca sulla stessa depressione del Paleo alveo del Fiume Tara. Inoltre tale disposizione planimetrica potrebbe provocare difficoltà di accesso alle grandi navi poco manovriere, specie in condizioni meteo marine avverse. Infatti, una volta superata la testata della diga più esterna, la nave viene a trovarsi in un campo di onde diffratte e riflesse e di fronte alla testata della diga più interna.

### Soluzione adottata dal nuovo PRP

La terza e seconda sezione del Consiglio Superiore dei LLPP nella seduta del 23.7.08 con voto n. 322/07 hanno espresso il parere sul nuovo PRP con prescrizioni e raccomandazioni richiedendo, altresì, la rielaborazione, sotto gli aspetti geotecnici e di idraulica marittima, della pianificazione delle opere foranee allocate nel porto fuori la rada esterna.

Successivamente nella seduta del 22.7.09 con voto 96/09 il citato consesso ha ribadito la necessità di rielaborare il Piano per la parte relativa alle opere foranee allocate nel porto fuori rada confermando le prescrizioni contenute nel precedente voto 322/07.

La soluzione contenuta nel nuovo PRP è costituita da un'opera a gettata caratterizzata da uno sviluppo planimetrico rettilineo esteso per 1300 m, lungo la direttrice NO-SE. L'ubicazione della diga è dettata oltre che dalla primaria esigenza di garantire la necessaria protezione all'ampliamento del Quinto e del Sesto Sporgente, oltre al Molo Polisettoriale, alla necessità di non interessare con le fondazioni l'area in cui si sviluppa la marcata incisione morfologica del fondale, identificata come paleo alveo del Fiume Tara.

La disposizione planimetrica è tale da lasciare un canale di accesso largo circa 300 m. La testata Nord-Ovest della diga però va ad interessare un'area dove lo strato dei terreni compressibili raggiunge potenze importanti. Per tale tratto si dovrà prevedere di estendere la bonifica più in profondità e sostituire il terreno scadente con tout-venant di cava.

#### Soluzione del progetto definitivo (Lotto I)

Sulla base delle considerazioni di cui al Parere n. 48/2010, nell'elaborazione del progetto definitivo è stata predisposta una dettagliata campagna geotecnica integrativa, le cui risultanze hanno permesso di ricostruire il quadro di riferimento geologico - geotecnico necessario per le verifiche di stabilità globale del complesso opera-fondazione e dell'integrità dell'opera rispetto ai cedimenti attesi.

Tale campagna integrativa, caratterizzata da un'alta numerosità dei punti di indagine, ha consentito, in conformità ai dettati del Parere, un'esaustiva conoscenza degli spessori del terreno di copertura, incoerente, lungo l'asse diga, consentendo la definizione dello strato di sedimento da rimuovere per mezzo di idoneo dragaggio e sostituire con tout-venant di cava. .

Nell'ambito dell'Accordo per il rilancio dei traffici nel porto di Taranto", siglato il 20 giugno 2012 presso la Presidenza del Consiglio dei Ministri, si è fatto riferimento ad un primo lotto funzionale della diga, necessario a garantire, per il Terminal Container del Molo Polisettoriale, un'adeguata protezione all'accosto con conseguente diminuzione del downtime della banchina di ormeggio. Attraverso il ricorso a sofisticati modelli matematici si è quindi proceduto con l'individuazione della configurazione provvisoria della diga che garantisse il più alto grado di protezione per il Polisettoriale, pur nei limiti delle somme disponibili.

I dati geotecnici ricavati dalle indagini integrative condotte, unitamente alle reiterate simulazioni per mezzo del modello matematico, hanno permesso che questo processo di convergenza fornisse risultati in grado di soddisfare entrambi i criteri decisionali, ovvero:

- fattibilità tecnica nel rispetto delle somme stanziare;
- massimizzazione degli effetti sull'accosto del terminal container.

Il risultato di questo lungo processo si è concretizzato **nella soluzione di un primo lotto funzionale denominato "tratto di ponente" di lunghezza pari a circa 500 m**, la cui testata nord-ovest, ovvero quella più vicina all'esistente paleo alveo, è stata posizionata a circa 170 m dalla testata prevista per la configurazione finale, ad una distanza di circa 470 m dall'esistente diga foranea in cassoni cellulari.

Tale soluzione, nel pieno rispetto dei due criteri sopra richiamati, ha permesso l'ottenimento dei migliori risultati possibili che, nello specifico, si concretizzano in una diminuzione sensibile del coefficiente di disturbo all'interno del bacino della darsena polisettoriale, nonché nel contenimento dei costi di costruzione che, diversamente, avrebbero visto un aumento sensibile per effetto della necessaria asportazione del materiale incoerente posizionato in corrispondenza del paleo alveo.

#### Completamento della diga lato levante (Lotto II)

Il progetto di fattibilità tecnico economica, relativo alla realizzazione del II lotto - **tratto di levante** della diga foranea, prevede il completamento della stessa in conformità a quanto previsto dal progetto preliminare originario del 2012 e del Piano Regolatore Portuale del Porto di Taranto a meno della realizzazione dell'ampliamento della testata di ponente stralciata dal progetto su richiesta dell'ADSP MI.

Tale progetto prevede di eseguire il completamento della diga lato levante in naturale prosecuzione del tratto di ponente senza necessità di prevedere un conoide di testata intermedio come attualmente previsto dal progetto di I lotto validato. È stato pertanto elaborato prevedendo lo stralcio del conoide intermedio e posizionando la progressiva iniziale del tratto di levante in corrispondenza della prima sezione utile del tronco della diga del tratto di ponente individuata alla progressiva +130.00 m.

I lavori saranno portati a termine in sub-lotti successivi, in funzione della disponibilità di risorse economiche, delle reali esigenze dello scalo ionico e della possibilità di risolvere le problematiche connesse alla gestione dei fanghi di dragaggio.

## 5 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI PREVISTI

L'opera di difesa oggetto della presente costituisce il prolungamento di circa 560.00 m in direzione SE della nuova diga foranea di protezione del porto fuori rada di Taranto prevista dall'intervento del Lotto I - "Nuova diga foranea di protezione del porto fuori rada di Taranto - Tratto di Ponente", già oggetto di progettazione esecutiva. Pertanto, il presente progetto di fattibilità tecnico economica riprende, nella definizione delle caratteristiche geometriche e costruttive dell'opera, quanto previsto dal progetto esecutivo del Lotto I, redatto dall'RTI S.J.S. Engineering srl - E&G srl - Dott. Geol. Teodoro Battaglia. L'opera di difesa è costituita da una diga a scogliera a sezione trapezoidale, costituita da un nucleo in toutvenant di cava protetto da una mantellata in tetrapodi da 16 t e in massi naturali di IV categoria rispettivamente lato mare e lato interno porto, disposti in doppio strato con pendenza 3/2 (base su altezza) e poggianti su una berma di protezione al piede realizzata in massi naturali di II categoria.

Tra il nucleo in tout venant e la mantellata è previsto uno strato filtro realizzato in massi naturali di I e II categoria disposti su due strati, avente la funzione di impedire l'asportazione del tout-venant di cava attraverso le cavità della mantellata ad opera del moto ondoso.

A protezione del nucleo, al fine di contenere la dispersione del materiale a granulometria più fine, è prevista la posa in opera di una membrana geotessile all'interfaccia nucleo-filtro.

Il tratto di levante della nuova diga presenterà le seguenti caratteristiche geometriche:

- sviluppo longitudinale complessivo a l.m.m.: 675 m;
- direzione asse: NO-SE (circa 132° N);
- massima larghezza al piede nel tratto corrente: 58.20 m;
- massima larghezza al piede nel tratto di testata: 84.90 m;
- massima larghezza in cresta nel tratto corrente: 13.6 m;
- massima larghezza in cresta nel tratto di testata: 35 m;
- quota massima rispetto l.m.m.: +4.70 m

Il presente progetto del tratto di levante della nuova diga si raccorda all'opera prevista dal progetto esecutivo del Lotto I in corrispondenza dell'inizio del tratto di testata a S-E (parte d'opera stralciata dagli interventi di Lotto I) ed il prolungamento per circa 690 m in direzione S-E. La sezione di raccordo tra i lotti I e II è stata fissata in corrispondenza della prog. +130.00 m del progetto del Lotto I, corrispondente alla prog. +0.00 del PFTE del Lotto II

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE**



Figura 2 Inquadramento generale dell'area di intervento

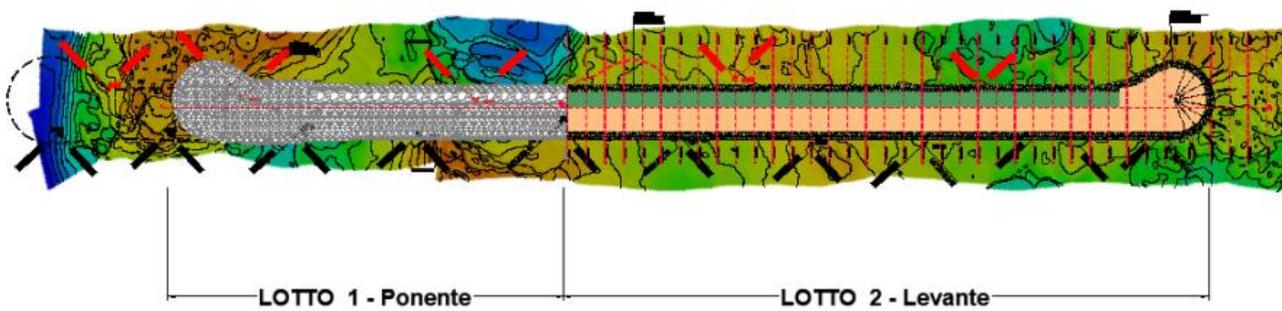


Figura 2 Suddivisione lotto I e lotto II

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

Il progetto prevede la realizzazione di uno scanno di imbasamento in pietrame scapolo 5-50 kg (100-500 kg lungo il contorno esterno della diga) fino a quota -8.00 m s.l.m.m.. Lo spessore dello strato di imbasamento del fondale è variabile tra 2.00 e 3.00 m, in ragione delle profondità di escavo del fondale variabili tra -10.00 e -11.00 m s.l.m.m. e -11.00 m s lungo lo sviluppo longitudinale della diga. Come richiesto dalla stazione appaltante, al fine di ridurre al minimo i volumi di escavo il presente progetto di fattibilità tecnica prevede infatti l'approfondimento del fondale mediante dragaggio tecnico solo fino alla quota di -10.00 m s.l.m.m. ed il consolidamento mediante interventi di vibroflottazione con apporto di materiale arido della restante parte del banco di sedimenti comprimibili (Litotipo A). Le scarpate di transizione tra il fondale dragato a quote diverse avranno pendenza 3/1 (base su altezza), così come le scarpate di raccordo tra il fondo di dragaggio e il fondale naturale. Nella configurazione prevista dal presente progetto di fattibilità tecnico economica la diga si compone di due sezioni tipologiche di riferimento: - una sezione tipologica per il tratto corrente (da prog. +0.00 m a prog. +593.20); - una sezione tipologica per la testata SE (da prog. +593.20 m a prog. 650.79 m, più il conoide di testata).

Il TRATTO CORRENTE si compone dei seguenti strati dal basso verso l'alto:

- Scanno d'imbasamento: pietrame scapolo da 100÷500 kg per il contorno esterno e da 5÷50 kg per la parte interna, per uno spessore variabile dal fondo dragato fino a -8.00 m s.l.m.m. (quota estradosso scanno).
- Nucleo: tout-venant da 5÷100 kg (circa 20% di vuoti), posto in opera con scarpa 3/2, protetto da un geotessuto lungo la superficie di interfaccia con il filtro;
- Strato Filtro
  - lato terra: massi naturali di I categoria (circa 23% di vuoti), per uno spessore di 1,20 m, posti in opera con scarpa 3/2;
  - lato mare: massi naturali di II categoria (circa 23% di vuoti), per uno spessore di 2 m, posti in opera con scarpa 3/2;
- Mantellata
  - lato terra: massi naturali di IV categoria (circa 23% di vuoti), per uno spessore di circa 3,0 m, posti in opera con scarpa 3/2 e berma stabilizzante al piede, in massi naturali di II categoria (circa 23% di vuoti), di larghezza in testa pari a 3 m ed altezza pari a 2 m;
  - lato mare: n. 2 strati di tetrapodi da 16 t (circa 50 % di vuoti), per uno spessore di 3,90 m, posti in opera con scarpa 3/2 e berma stabilizzante al piede, in massi naturali di II categoria (circa 23% di vuoti), di larghezza in testa pari a 6 m ed altezza pari a 2 m.

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE**

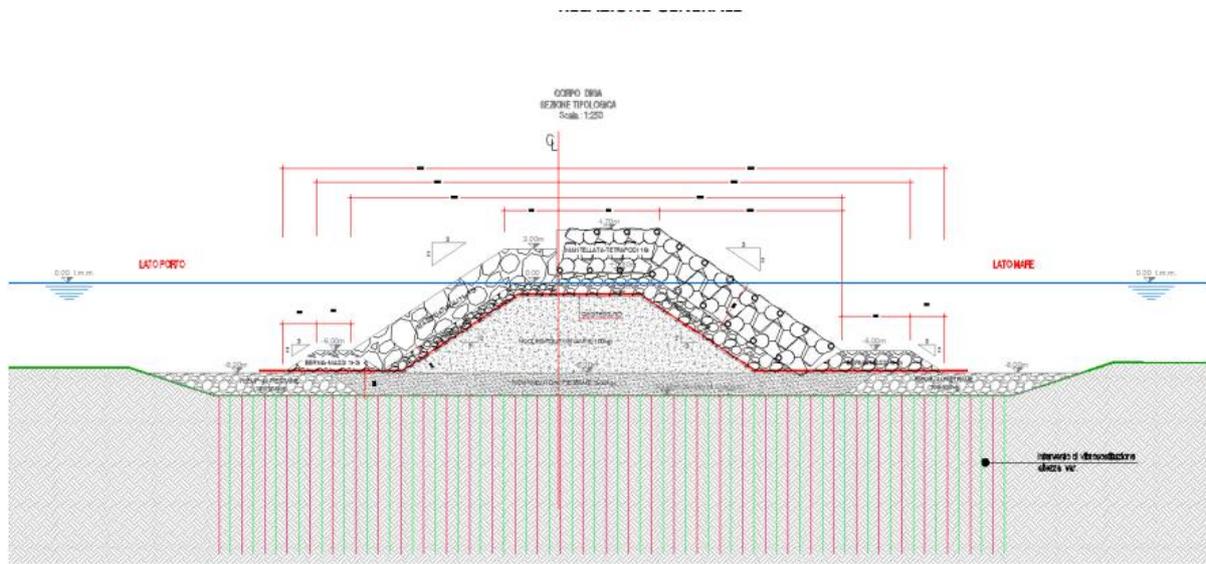


Figura 3 Sezione tipologica del corpo diga

Il CONOIDE DI TESTATA si compone dei seguenti strati dal basso verso l'alto:

- Scanno d'imbasamento: pietrame scapolo da 100÷500 kg per il contorno esterno e da 5÷50 kg per la parte interna, per uno spessore variabile dal fondo dragato fino a -8.00 m s.l.m.m. (quota estradosso scanno).
- Nucleo: tout-venant da 5÷100 kg (circa 20% di vuoti), posto in opera con scarpa 3/2, protetto da un geotessuto lungo la superficie di interfaccia con il filtro;
- Strato Filtro
  - lato terra: massi naturali di I categoria (circa 23% di vuoti), per uno spessore di 1,20 m, posti in opera con scarpa 3/2;
  - lato mare: massi naturali di II categoria (circa 23% di vuoti), per uno spessore di 2 m, posti in opera con scarpa 3/2;
- Mantellata o n. 2 strati di tetrapodi da 16 t (circa 50 % di vuoti), per uno spessore di 3,90 m, posti in opera con scarpa 3/2 e berma stabilizzante al piede, in massi naturali di II categoria (circa 23% di vuoti), di larghezza in testa pari a 6 m ed altezza pari a 2 m.

**STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE**

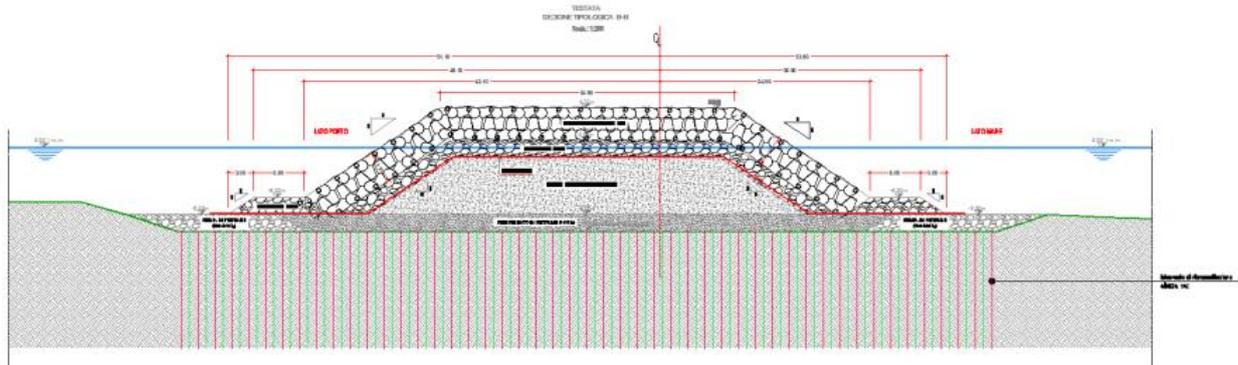


Figura 4 Sezione tipologica della testata di levante

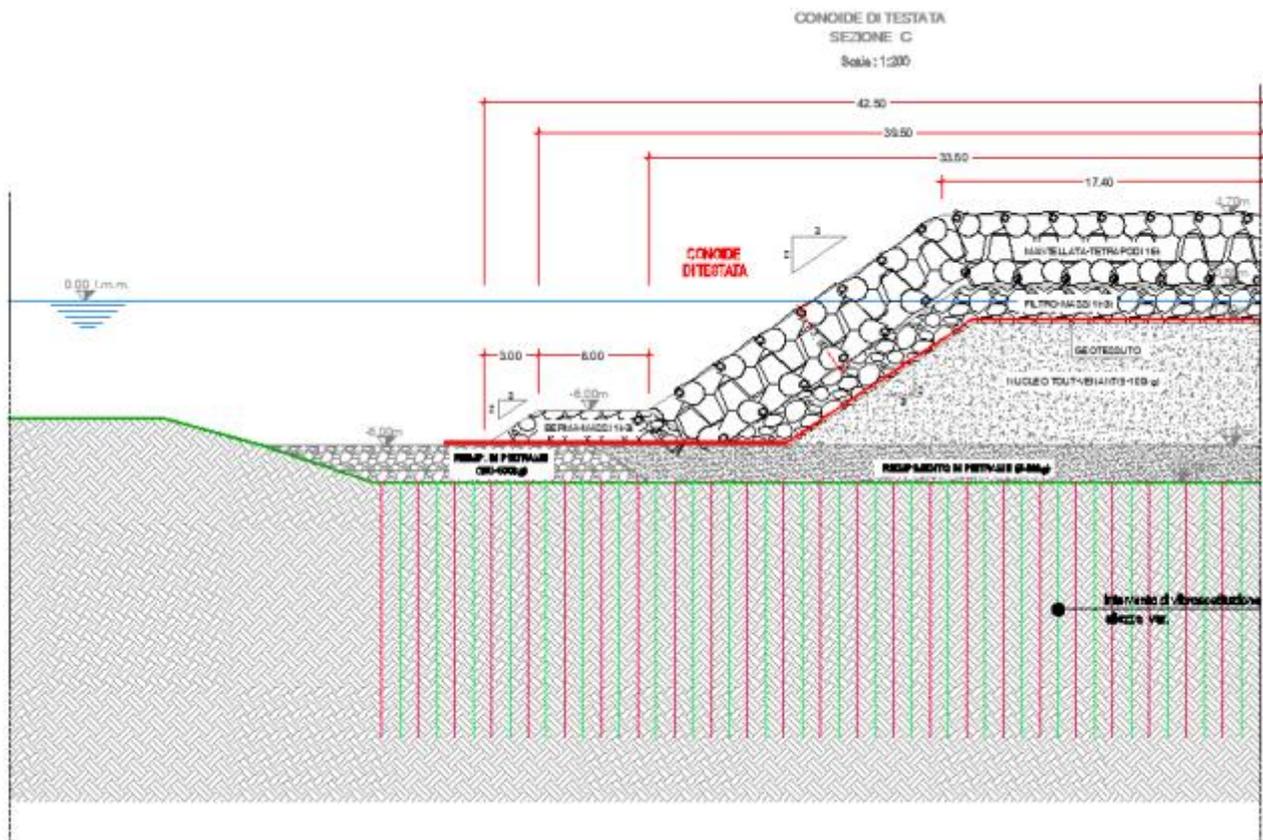


Figura 5 Sezione tipologica del conoide di testata

Infine, sulla testata di levante della diga foranea si prevede l'installazione di sistema di segnalazione con luce lampeggiante gialla, costituita da:

- Boa con galleggiante in polietilene rotazionale riempito con poliuretano espanso mm 1300x1000, colore giallo, struttura metallica interna sabbiata, zincata e verniciata, antivegetativa per la parte immersa, completa di miraglio radiabile ad "X", altezza focale mt. 3 sul l.m.m.;
- Fanale autoalimentato a led a luce gialla lampeggiante, portata nominale 3 miglia.

## 5.1 RICOGNIZIONE PER BONIFICA DA ORDIGNI BELLICI

Prima dell'inizio dei lavori, si dovrà procedere con la ricognizione specialistica dei fondali per la localizzazione di eventuali ordigni bellici inesplosi, da condursi sotto l'esatta osservanza di tutte le condizioni e norme esposte dalla competente Autorità Militare, nella cui giurisdizione ricade la bonifica.

Si dovrà procedere secondo tutte le prescrizioni e disposizioni che l'Autorità Marittima riterrà opportuno impartire circa l'esecuzione dei lavori di bonifica.

Al termine dei lavori di ricognizione, ovvero all'esito dell'eventuale sminamento a cura del Genio Militare, dovrà essere rilasciata una dichiarazione di garanzia in bollo relativa alla zona bonificata con la quale l'Impresa si assumerà ogni responsabilità per i danni di qualsiasi natura derivanti dall'eventuale presenza nel terreno di ordigni bellici, limitatamente alla sola area ispezionata e per la profondità stabilita.

La "valutazione del rischio inerente la presenza di ordigni bellici inesplosi" è prevista dall'art.28, del d.lgs. n. 81/2008, le cui opere sono rientranti nel campo di applicazione del titolo IV del citato decreto.

Le attività di ricognizione dovranno essere eseguite da società autorizzate ad effettuare tali attività in quanto iscritte nell'albo delle imprese specializzate in bonifica bellica sistematica (tento presso il Ministero della Difesa – Segreteria Generale della Difesa Nazionale Armamenti – Direzione dei Lavori del Demanio, ed istituito ai sensi della L.177 del 1/10/2012 – regolamento con D. Interm. 11/5/2015 n. 82) Dal 26 giugno 2016, con l'entrata in vigore di tutte le modifiche al testo unico sulla sicurezza, introdotte con la citata Legge 177, i principali riferimenti normativi sono i seguenti articoli dell'81/08:

- art. 28 comma 1 (Oggetto della valutazione dei rischi);
- art. 91 (Obblighi del coordinatore per la progettazione);
- art. 100 comma1 (Piano di Sicurezza e Coordinamento)
- art. 104 - (Modalità attuative di particolari obblighi)
- allegato XI (Elenco dei lavori comportanti rischi particolari per i lavoratori)
- allegato XV 2.2.3 (Contenuti del piano di sicurezza e coordinamento)

Le modifiche a tali articoli riguardano sostanzialmente le seguenti novità:

- a) Obbligo diretto a carico del CSP (Coordinatore per la Sicurezza in fase di Progettazione) di eseguire la valutazione del rischio di rinvenimento di ordigni bellici inesplosi e valutazione del rischio di esplosione derivante dall'innescio accidentale di un ordigno bellico inesplosivo rinvenuto durante le attività di scavo;
- b) Definizione da parte del Ministero della Difesa di direttive tecniche;
- c) Predisposizione da parte del Ministero Difesa di un nuovo sistema di qualificazione per imprese specializzate nella bonifica bellica (in sostituzione dell'ex Albo A. F. A., soppresso in precedenza.).

A tali riferimenti bisogna affiancare, per la bonifica delle aree, le direttive GEN-BST-001 e GEN-BSS 001 Ed. 2017 della Direzione dei Lavori e del Demanio, in cui sono definiti i procedimenti tecnico-amministrativi

inerenti "il rilascio del parere vincolante, la sorveglianza, la verifica di conformità relativi al servizio di bonifica bellica sistematica terrestre e subacquea da ordigni esplosivi residuati bellici eseguita, a scopo precauzionale, da soggetti interessati a norma dell'art. 22 del D.Lgs. 15 marzo 2010 n.66 – come modificato dal D.Lgs. 24 febbraio 2012 n.20".

Per l'identificazione e la qualificazione delle imprese specializzate in bonifiche da ordigni bellici deve farsi riferimento al D.M. 11 maggio 2015, n.82 – "Regolamento per la definizione dei criteri per l'accertamento dell'idoneità delle imprese ai fini dell'iscrizione all'albo delle imprese specializzate in bonifiche da ordigni inesplosivi residuati bellici, ai sensi dell'art.1 c.2 della legge 177/2011" ed ai contenuti della risposta all'interpello n. 14 del MLPS del 29 dicembre 2015 che ha per oggetto la "risposta al quesito in merito alla bonifica preventiva degli ordigni bellici".

Nel progetto in argomento sono previste le seguenti attività di ricognizione e bonifica:

- rilievo dei fondali con multibeam e side scan sonar
- individuazione ed asportazione di materiali ferrosi in superficie
- bonifica superficiale dell'intera area di impronta della diga foranea
- bonifica con prospezioni profonde ad interasse 2.60 m per le aree che saranno interessate da interventi di vibrocostipazione dei fondali.

## 5.2 DRAGAGGIO DEI FONDALI

In considerazione dei risultati della caratterizzazione ambientale e geotecnica dell'area di interesse, è emersa la necessità progettuale di provvedere alla rimozione dei sedimenti del fondale contaminati non pericolosi. Inoltre, per la realizzazione dello scanno di imbasamento dell'opera, si prevede la rimozione (dragaggio tecnico) fino alla profondità di -10.00 m s.l.m.m. dello strato di materiali comprimibili "Litotipo A" su cui è prevista la formazione dello scanno di imbasamento (h=2.0 m) costituito da tout-venant di cava.

Pertanto, il dragaggio dei fondali avverrà in due distinte fasi esecutive:

- in una prima fase si procederà con il dragaggio ambientale, in cui verranno rimossi i sedimenti contaminati non pericolosi da riporre in vasca di colmata del V sporgente;
- successivamente si procederà con il dragaggio tecnico fino a raggiungere la quota di -10.0 m dal Imm nelle aree ove tale quota non sia stata raggiunta per effetto del dragaggio ambientale.

### 5.2.1 Dragaggio ambientale

I sedimenti non pericolosi avranno come destinazione finale la vasca di contenimento in corso di realizzazione sulla sponda sud del V Sporgente.

Si dovranno utilizzare uno o più mezzi marittimi muniti di escavatore con benna a tenuta stagna e bettoline con fondo a tenuta stagna oppure una o più motobette con stive di carico a tenuta stagna, dotate di sistemi di ormeggio con pali semoventi per permettere un rapido spostamento dei mezzi dalla zona di lavoro. Per il dragaggio dei sedimenti non pericolosi dovranno essere adottati i moderni sistemi di controllo e di escavo, quali:

- schermature delle aree sottoposte a dragaggio mediante panne che limitano la circolazione del materiale in sospensione;
- utilizzo di benne a tenuta stagna sia per il dragaggio dei sedimenti che per il loro scarico a terra;
- impiego per il trasporto dei materiali di risulta dei dragaggi di mezzi marittimi e/o terrestri (se utilizzati) con cassoni a tenuta stagna lasciando sempre un franco abbondante tra la superficie del fango e il bordo superiore del volume di carico.

Tutte le lavorazioni inerenti alla movimentazione dei sedimenti marini dovranno avvenire nel rispetto del DM 24/01/1996, del D.Lgs. 152/2006, del DM 07/11/2008, del DM 172/2016 e DM 173/2016 nonché secondo le linee guida del Ministero dell'Ambiente, dell'APAT e dell'ICRAM relative alla salvaguardia ambientale nelle attività di dragaggio e nel rispetto del Piano di Monitoraggio Ambientale.

**Nelle attività di dragaggio ambientale saranno movimentati complessivamente 64.155.15 m<sup>3</sup> di terreno circa.**

Per quanto riguarda le aree ed i profili di scavo, si rimanda all'elaborato 2202.DTA.PFTE.PRG.04.D Planimetria e sezioni delle aree di dragaggio ambientale, di cui di seguito se ne riporta uno stralcio.

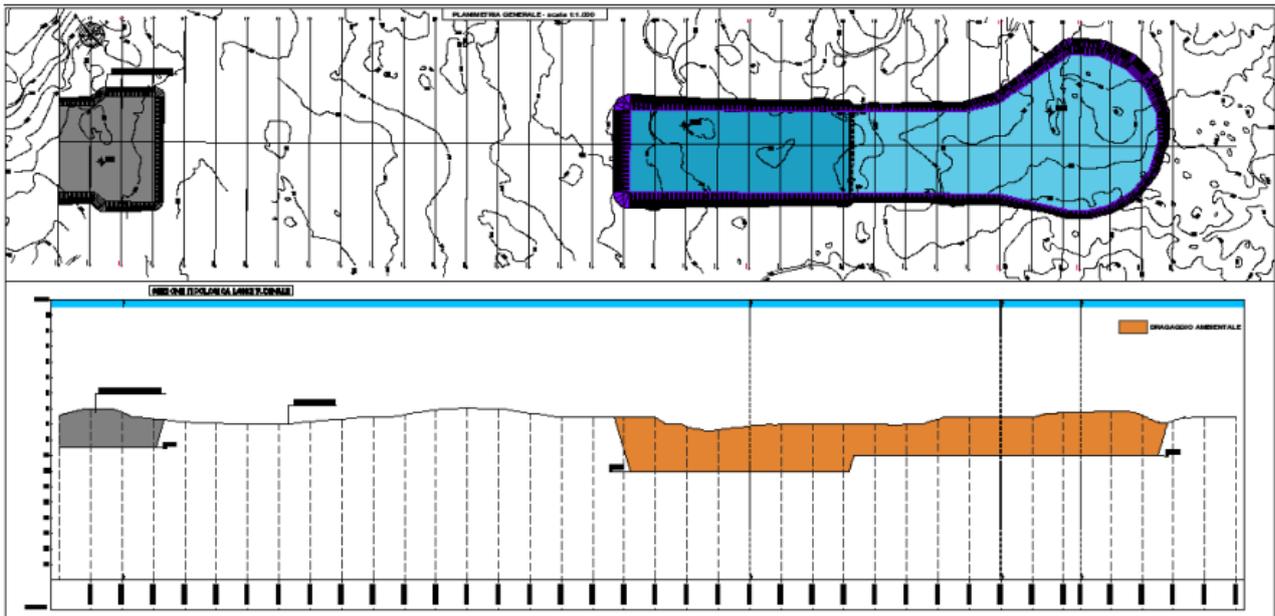


Figura 6 Planimetria e profilo longitudinale dei dragaggi ambientali

Per i sedimenti dragati si prevede il conferimento direttamente nella vasca di contenimento prevista a fianco della sponda sud del V Sporgente in corso di realizzazione nell'ambito di altro appalto, analogamente a quanto previsto per i dragaggi effettuati nell'intervento del Lotto I.

### 5.2.2 Depositi temporanei

Come riferito, i sedimenti provenienti dal dragaggio ambientale e dal dragaggio tecnico, fermi i risultati delle caratterizzazioni in corso d'opera, sono destinati alla cassa di colmata del V Sporgente desinata ad ospitare anche i volumi di dragaggio provenienti dalle opere del I lotto della diga, dei dragaggi dei fondali nella parte antistante lo sporgente e da altri dragaggi previsti nel porto di Taranto.

Tale struttura è stata recentemente completata e sono in corso le attività di verifica e collaudo; tale cassa potrà dunque essere attivata, in ragione dei provvedimenti autorizzativi del MATTM, solo dopo che verranno attestati valori di permeabilità pari a  $k=1 \times 10^{-7} \text{ m/s}$ .

Pertanto, nel caso in cui la cassa di colmata dovesse acquisire il collaudo tecnico in ritardo rispetto alle esigenze del programma di cantiere, si dovrà provvedere al deposito temporaneo ex art.183 del Dlgs 152/06 dei materiali in vasche a tenuta, per le quali è possibile ipotizzarne la collocazione in area portuale presso i

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

depositi ex Yard Belleli; successivamente tali materiali dovranno essere trasferiti in cassa di colmata.

Il deposito temporaneo potrà avere una durata massima di trenta mesi.

Il PFTE prevede che tali oneri, attualmente non prevedibili, siano allocati tra le somme a disposizione della stazione appaltante.

Le vasche dovranno avere una capacità idonea a contenere i volumi di escavo derivanti dalle attività di dragaggio ambientale e di dragaggio tecnico, ovvero pari a circa 115 000 m<sup>3</sup>.

Pertanto, **ipotizzando uno abbanco di altezza massima pari a 2.50 m, le vasche interesseranno un'area pari a circa 46 000 m<sup>2</sup>**, al netto delle scarpate di raccordo, aventi pendenza di 5 a 1 (base su altezza), e delle rampe di accesso.

Le vasche saranno realizzate mediante la posa in opera di elementi prefabbricati modulari in c.a.v. mutuamente affiancati e saranno conformi alle norme UNI EN 15258 per le opere di sostegno.

La quota di imbasamento delle strutture di confinamento è pari alla quota di banchina.

L'altezza della sottofondazione (H=10 cm) e della fondazione (H=25 cm) comporta che l'estradosso della fondazione delle strutture di confinamento sono a quota +3.35 m sul Imm.

L'altezza delle strutture perimetrali di confinamento, al netto delle fondazioni, sono pari a 1.50 m e pertanto la quota sommitale di dette opere è posta a +4.85 m dal Imm. Alla quota banchina (+3.0 m su Imm) è sovrapposto un pacchetto di impermeabilizzazione composto dal basso verso l'alto dai seguenti elementi:

- geotessile non tessuto
- argilla per uno spessore non inferiore a 50 cm
- geocomposito bentonitico
- HDPE
- geotessile non tessuto

Il pacchetto di impermeabilizzazione, così composto, presenta uno spessore complessivo pari a 50 cm ed un coefficiente di permeabilità complessivo pari al più basso dei valori di permeabilità dei singoli strati (argilla), ovvero pari a  $k=1 \times 10^{-9}$  m/sec.

Per le vasche di deposito temporaneo si prevede inoltre la posa in opera di uno strato di protezione continua in misto stabilizzato dello spessore medio di cm 20, per una quota di estradosso a +3.70 m dal Imm.

Di seguito si riporta una sezione tipologica della vasca di deposito temporaneo



Figura 7 Schema tipologica vasche a tenuta di deposito temporaneo

La costruzione di dette vasche di accumulo temporaneo già è contemplata nell'ambito degli interventi del I LOTTO e pertanto, ove non fosse ancora disponibile il collaudo della cassa di colmata del V Sporgente, si prevede il riallestimento delle suddette vasche, verificandone l'impermeabilità, per l'utilizzo sopra rappresentato. Tale ipotesi risulta comunque residuale a quella di effettivo utilizzo della cassa di colmata recentemente completata.

### 5.3 INTERVENTO DI CONSOLIDAMENTO DEI DEPOSITI DI FONDALE

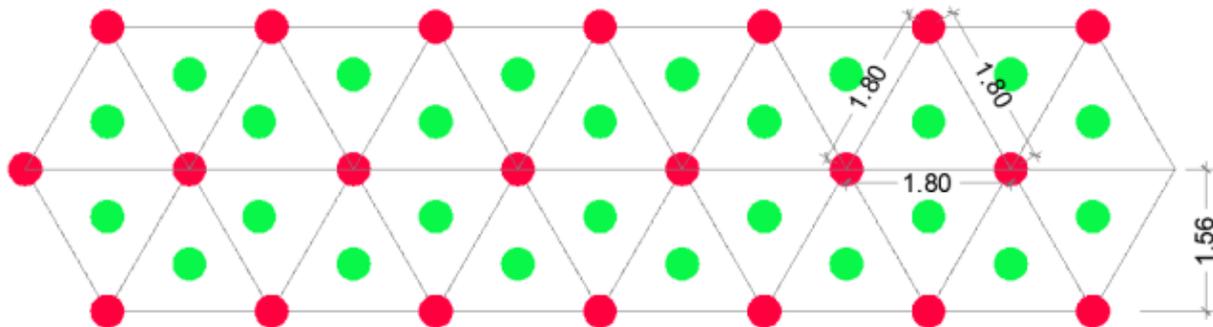
Le aree di sedime dell'opera foranea sono caratterizzate dalla presenza di sedimenti limo-argilloso-sabbiosi con scadenti caratteristiche meccaniche (Litotipo A) ed elevata compressibilità, con spessori variabili tra 1.5 m e 6.0 m al disotto della quota di imbasamento dell'opera a gettata (-10.0 m dal lmm).

Il progetto esecutivo del primo lotto funzionale della diga prevede la rimozione totale dei sedimenti del Litotipo A fino al raggiungimento del tetto delle argille compatte sottostanti (Litotipo B) e la loro sostituzione mediante materiale arido da cava (tout venant) per volume di circa 120.500 m<sup>3</sup>.

Il profilo geotecnico che interessa le opere di II stralcio (Lotto 2) presentano formazioni del litotipo A con potenze ben superiori a quelle rilevabili sui fondali delle opere adiacenti. Pertanto, come richiesto dalla stazione appaltante, al fine di ridurre al minimo i volumi di escavo il presente progetto di fattibilità tecnica prevede l'approfondimento del fondale mediante dragaggio solo fino alla quota di -10.00 m s.l.m.m. al fine di consentire la realizzazione di uno scanno di imbasamento in pietra scapolo per uno spessore minimo pari 2.00 m (fino a -8.00 m s.l.m.m., quota di imbasamento della scogliera), ed il consolidamento mediante interventi di vibroflottazione con apporto di materiale arido della restante parte del banco di sedimenti comprimibili (Litotipo A). Tale attività si rende necessaria per esigenze di carattere geotecnico, al fine di garantire caratteristiche meccaniche dei terreni di fondazione compatibili con la stabilità dell'opera.

In particolare, considerato il quadro stratigrafico e geotecnico, il consolidamento dei terreni del litotipo A verrà conseguito mediante la combinazione di due interventi distinti:

- in una prima fase si procederà con interventi di vibrosostituzione profonda, ovvero trattamenti colonnari eseguiti con la tecnica bottom-feed, basata sulla integrazione dei sedimenti scarsamente consistenti di fondale con colonne con apporto di ghiaia di diametro reso d:900 mm disposte a quinconce ad interasse pari a 1.80 m; con tale tecnica l'apporto di materiale arido avviene dal basso verso l'alto ed è previsto nella misura del 40% del volume della colonna trattata;
- in una seconda fase si prevede un intervento colonnare di vibroflottazione dei terreni mediante tecnica Top-feed, con la formazione di colonne vibroflottate di diametro reso d:900 mm posizionate al centro della maglia triangolare definita dall'intervento bottom-feed realizzato in precedenza; con tale tecnica l'apporto di materiale arido avviene dall'alto verso il basso ed è previsto nella misura del 20% del volume della colonna trattata.



- colonne in ghiaia - metodo BOTTOM FEED
- colonne in ghiaia - metodo TOP FEED

Figura 8 Schema disposizione in pianta colonne bottom-feed e top-feed

L'intervento riguarderà l'intera impronta dell'opera a gettata e sarà esteso a profondità variabili fino al raggiungimento del tetto delle argille compatte costituenti il Litotipo B. Alla maglia di trattamento assunta in progetto compete un' "Area di Sostituzione" "as" ("Rapporto di Volume"), definita come il volume effettivo di colonna trattata diviso per il volume di terreno naturale afferente alla singola colonna, pari a circa il 68%. Il trattamento di consolidamento riguarderà circa 114 500 m<sup>3</sup> di sedimenti del fondale; pertanto, il materiale complessivamente trattato sarà pari a circa 78 000 m<sup>3</sup>. Complessivamente, si stima un apporto di materiale arido da cava complessivo pari a circa 21 100 m.

### 5.3.1 Intervento di vibrosostituzione con metodo bottom-feed

La vibrosostituzione colonnare consiste nella realizzazione, all'interno del terreno da trattare, di colonne in materiale granulare mediante una sonda vibrante (o vibroinfissore o vibroflot), ovvero un vibratore a fondo foro collegato ad un sistema di aste capace di densificare il terreno forzandolo radialmente verso il terreno circostante, equipaggiato con attrezzatura che permette l'immissione della ghiaia in prossimità della punta vibrante tramite una camera di alimentazione ed un sistema di aste forate collegate ad una tramoggia posizionata in sommità all'utensile.

Nella figura che segue si riporta lo schema di trattamento colonnare previsto in progetto.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

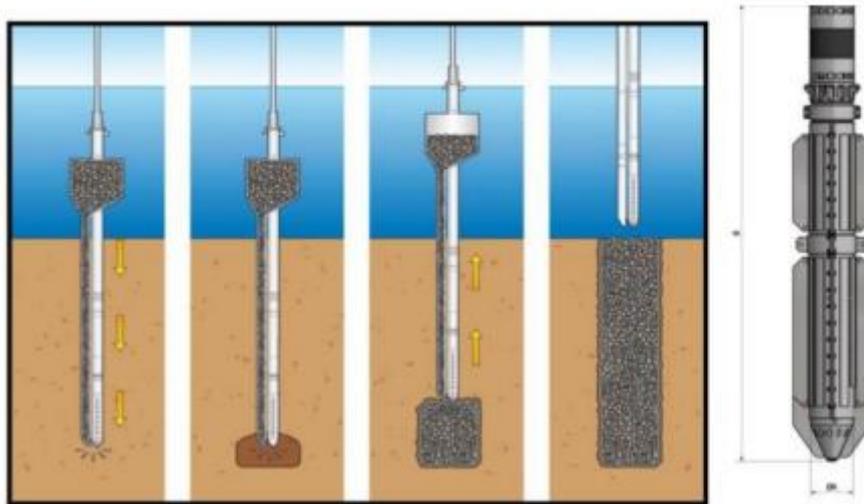


Figura 9 Schema di trattamento colonnare con metodo bottom-feed

Nel caso in esame si prevede l'esecuzione di n. 9554 colonne di diametro reso d:900 mm di lunghezza variabile disposte a quinconce ad interasse pari a 1.80 m. In termini di apporto di materiale arido, si stima un apporto pari a circa il 40% del volume della colonna di terreno trattato. Il riepilogo delle quantità derivanti dal trattamento colonnare tipo bottom-feed previsto da progetto è riportato nella tabella seguente:

TABELLA 1 RIEPILOGO QUANTITÀ TRATTAMENTO BOTTOM-FEED

TRATTAMENTO COLONNARE VIBROFLOT BOTTOM FEED - BASE TRIANGOLARE - l=1,80 m									
DA PROG	A PROG	DISTANZA TRA PROG	LARGHEZZA IMPRONTA	AREA IMPRONTA	N. COLONNE (n. 1 per 2,80m <sup>2</sup> )	LUNGHEZZA	DIAM colonna	VOL COLONNA	VOL MAT ARIDO (40% COLONNE)
(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(#)	(m)	(mm)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
100,00	120,00	20,00	70,15	1403	501	4,00	900	2,54	510,0
120,00	140,00	20,00	70,15	1403	501	5,00	900	3,18	637,5
140,00	160,00	20,00	70,15	1403	501	6,00	900	3,82	765,0
160,00	180,00	20,00	70,15	1403	501	6,00	900	3,82	765,0
180,00	200,00	20,00	70,15	1403	501	6,00	900	3,82	765,0
200,00	220,00	20,00	70,15	1403	501	6,00	900	3,82	765,0
220,00	240,00	20,00	70,15	1403	501	6,00	900	3,82	765,0
240,00	260,00	20,00	70,15	1403	501	6,00	900	3,82	765,0
260,00	280,00	20,00	70,15	1403	501	6,00	900	3,82	765,0
280,00	300,00	20,00	70,15	1403	501	5,00	900	3,18	637,5
300,00	320,00	20,00	70,15	1403	501	4,00	900	2,54	510,0
320,00	340,00	20,00	70,15	1403	501	3,00	900	1,91	382,5
340,00	360,00	20,00	70,15	1403	501	2,00	900	1,27	255,0
600,00	620,00	20,00	var	1687	603	1,00	900	0,64	153,3
620,00	640,00	20,00	var	1882	672	2,50	900	1,59	427,6
640,00	690,00	50,00	var	4502	1608	3,50	900	2,23	1432,0
690,00	700,00	10,00	var	441	158	2,50	900	6,36	400,8
					<b>9554</b>				<b>10701,38</b>

### 5.3.2 Intervento di vibroflottazione con metodo top-feed

L'intervento di trattamento colonnare di vibroflottazione dei terreni mediante tecnica Top-feed consiste nella formazione di colonne vibroflottate ottenute stendendo uno strato di materiale arido di compenetrazione sul fondale da trattare.

Successivamente si procede con la perforazione mediante ago vibrante (vibroflot) del fondale fino alla profondità di progetto; in fase di perforazione il materiale arido precedentemente steso precipita per gravità all'interno del foro.

La colonna viene dunque formata dall'azione di vibrazione della ghiaia sia verso il basso che lateralmente, addensando e modificando il fuso granulometrico del terreno circostante, ottenendo in questo modo elementi colonnari contribuiscono al miglioramento della capacità portante delle stratificazioni consolidate.

Nella figura che segue si riporta lo schema di trattamento colonnare previsto in progetto.

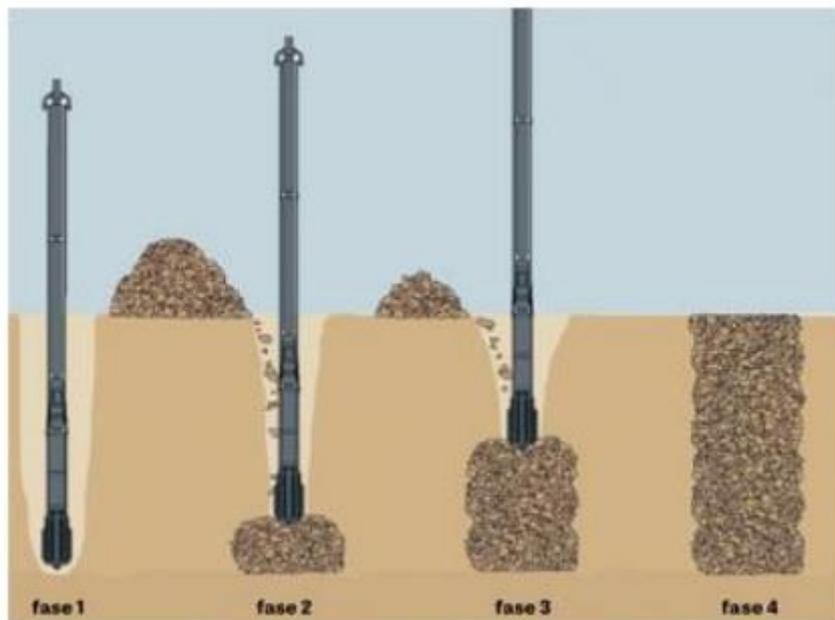


Figura 10 Schema di trattamento colonnare con metodo top-feed

Il presente progetto prevede la formazione di colonne vibroflottate con tecnica top-feed posizionate al centro della maglia triangolare definita dall'intervento bottom-feed realizzato in precedenza di lunghezza variabile e pari allo spessore del banco da trattare.

**Nel caso in esame si prevede l'esecuzione di n. 19108 colonne di diametro reso d:900 mm.**

In termini di apporto di materiale arido, con tale tecnica l'apporto di materiale arido avviene dall'alto verso il basso ed è previsto nella misura del 20% del volume della colonna trattata. Il riepilogo delle quantità derivanti dal trattamento colonnare tipo top-feed previsto da progetto è riportato nella tabella seguente.

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

TABELLA 2 RIEPILOGO QUANTITÀ TRATTAMENTO TOP-FEE

TRATTAMENTO COLONNARE VIBROFLOT TOP FEED - AL CENTRO COLONNE BOTTOM FEED									
DA PROG	A PROG	DISTANZA TRA PROG	LARGHEZZA IMPRONTA	AREA IMPRONTA	N. COLONNE (n. 1 per 1,4m <sup>2</sup> )	LUNGHEZZA	DIAM colonna	VOL COLONNA	VOL MAT ARIDO (20% COLONNE)
(m)	(m)	(m)	(m)	(m <sup>2</sup> )	(#)	(m)	(mm)	(m <sup>3</sup> )	(m <sup>3</sup> )
100,00	120,00	20,00	70,15	1403	1002	4,00	900	2,54	510,0
120,00	140,00	20,00	70,15	1403	1002	5,00	900	3,18	637,5
140,00	160,00	20,00	70,15	1403	1002	6,00	900	3,82	765,0
160,00	180,00	20,00	70,15	1403	1002	6,00	900	3,82	765,0
180,00	200,00	20,00	70,15	1403	1002	6,00	900	3,82	765,0
200,00	220,00	20,00	70,15	1403	1002	6,00	900	3,82	765,0
220,00	240,00	20,00	70,15	1403	1002	6,00	900	3,82	765,0
240,00	260,00	20,00	70,15	1403	1002	6,00	900	3,82	765,0
260,00	280,00	20,00	70,15	1403	1002	6,00	900	3,82	765,0
280,00	300,00	20,00	70,15	1403	1002	5,00	900	3,18	637,5
300,00	320,00	20,00	70,15	1403	1002	4,00	900	2,54	510,0
320,00	340,00	20,00	70,15	1403	1002	3,00	900	1,91	382,5
340,00	360,00	20,00	70,15	1403	1002	2,00	900	1,27	255,0
600,00	620,00	20,00	var	1687	1205	1,00	900	0,64	153,3
620,00	640,00	20,00	var	1882	1344	2,50	900	1,59	427,6
640,00	690,00	50,00	var	4502	3216	3,50	900	2,23	1432,0
690,00	700,00	10,00	var	441	315	2,50	900	1,59	100,2
					<b>19108</b>				<b>10400,80</b>

### 5.3.3 Caratteristiche meccaniche dei terreni consolidati

Gli effetti del consolidamento mediante vibrosostituzione/vibroflottazione colonnare dipendono dalle caratteristiche dei terreni trattati, oltre che ovviamente dall'energia e dalla quantità di materiale granulare utilizzato. In particolare, l'effetto di addensamento è molto significativo per terreni granulari e non coesivi, come nel caso in esame; per terreni a grana più fine, l'effetto di addensamento si riduce in funzione della ridotta mobilità intergranulare – e quindi della plasticità del materiale trattato – arrivando all'estremo ad un meccanismo di sola sostituzione del terreno originale con un terreno granulare di migliori proprietà meccaniche e, soprattutto, drenante. L'effettivo miglioramento dello stato di addensamento e delle caratteristiche meccaniche dei terreni a seguito del trattamento colonnare non possono essere stimati in via diretta, per cui l'efficacia dell'intervento dovrà essere necessariamente testato in idoneo campo prova preliminare. In via preliminare, il miglioramento delle caratteristiche meccaniche del terreno trattato può essere stimato attraverso il metodo di Priebe (1995), basato su risultati di numerose prove di carico su terreni oggetto di vibrosostituzione colonnare.

Il metodo si basa su diverse ipotesi:

- terreno da trattare con estensione in pianta illimitata
- sistema di colonne omogeneo e illimitatamente esteso
- colonne attestate su substrato rigido
- colonne di materiale incompressibile.

Con il tempo sono stati introdotti fattori correttivi al metodo base, che hanno consentito di superare alcune di queste ipotesi. Il metodo consente, nella sua versione originale, di determinare un fattore di miglioramento  $n_0$ :

$$n_0 = 1 + \frac{A_c}{A} \cdot \left[ \frac{1/2 + f\left(v_s, \frac{A_c}{A}\right)}{K_{ac} \cdot f\left(v_s, \frac{A_c}{A}\right)} - 1 \right]$$

$$K_{ac} = \tan^2\left(45^\circ - \frac{\varphi_c}{2}\right)$$

$$f\left(v_s, \frac{A_c}{A}\right) = \frac{(1 - v_s) \cdot \left(1 - \frac{A_c}{A}\right)}{1 - 2v_s + \frac{A_c}{A}}$$

Dove:

- $A_c$  area della sezione della colonna
- $A$  area di influenza della colonna
- $v_s$  coefficiente di Poisson del terreno circostante la colonna (in genere pari a 1/3)
- $K_{ac}$  coefficiente di spinta attiva del materiale costituente la colonna

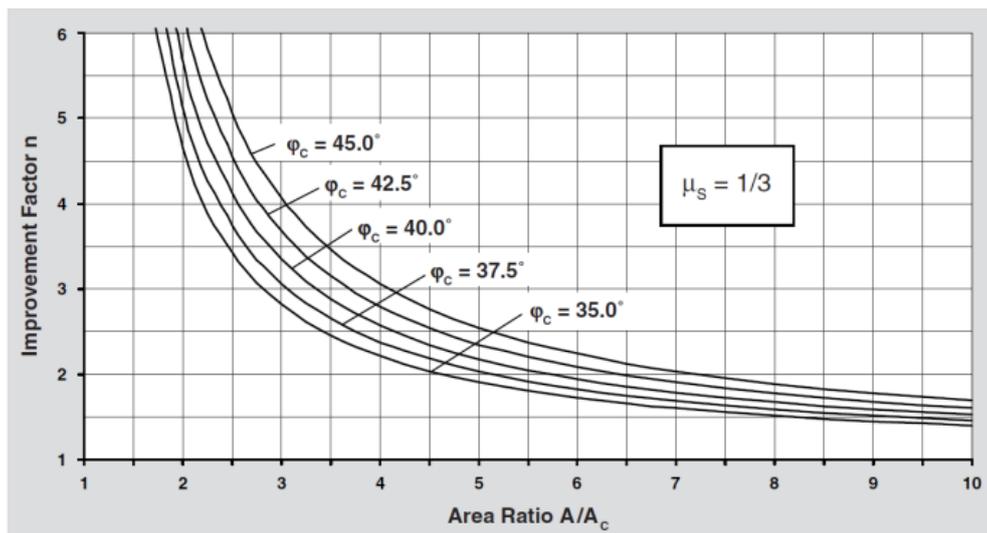


Figura 11 Variazione del fattore di miglioramento  $n_0$

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

Considerando la compressibilità della colonna si ottiene un nuovo fattore di miglioramento  $n_1$ :

$$\left(\frac{A_c}{A}\right)_1 = -\frac{4 \cdot K_{ac} \cdot (n_0 - 2) + 5}{2 \cdot (4 \cdot K_{ac} - 1)} \pm \frac{1}{2} \cdot \sqrt{\left[\frac{4 \cdot K_{ac} \cdot (n_0 - 2) + 5}{4 \cdot K_{ac} - 1}\right]^2 + \frac{16 \cdot K_{ac} \cdot (n_0 - 1)}{4 \cdot K_{ac} - 1}}$$

$$\Delta(A_c/A)_1 = \frac{1}{(A_c/A)_1} - 1$$

$$\overline{A_c/A} = \frac{1}{\frac{A}{A_c} + \Delta(A/A_c)}$$

$$n_1 = 1 + \frac{\overline{A_c}}{A} \cdot \left[ \frac{1/2 + f(v_s, \overline{A_c/A})}{K_{ac} \cdot f(v_s, A_c/A)} - 1 \right]$$

Determinato il fattore di miglioramento, risulta possibile valutare il comportamento del mezzo omogeneizzato composto da colonne in ghiaia e terreno in posto tramite il coefficiente  $m'$ :

$$m' = \frac{n - 1}{n}$$

$$\tan \bar{\varphi} = m' \cdot \tan \varphi_c + (1 - m') \cdot \tan \varphi_s$$

$$c' = (1 - m') \cdot c_s$$

Per quanto riguarda la rigidità del terreno trattato, si può assumere che il modulo di deformabilità sia pari a:

$$\bar{E} = \frac{\overline{A_c/A} \cdot E_{c,c} (1 - \overline{A_c/A}) \cdot E_{s,s}}{A}$$

Come precedentemente riferito, il progetto prevede un doppio trattamento colonnare in serie:

- **in una prima fase si procederà con interventi di vibrosostituzione profonda, ovvero trattamenti colonnari eseguiti con la tecnica bottom-feed**, basata sulla integrazione dei sedimenti scarsamente consistenti di fondale con colonne con apporto di ghiaia di diametro reso d:900 mm disposte a quinconce ad interasse pari a 1.80 m;
- **in una seconda fase si prevede un intervento colonnare di vibroflottazione dei terreni mediante tecnica Top-feed, con la formazione di colonne vibroflottate di diametro reso d:900 mm**

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

posizionate al centro della maglia triangolare definita dall'intervento bottom-feed realizzato in precedenza

Al termine dell'intervento complessivo, ad ogni colonna di diametro  $d:900$  mm afferrirà un'area di influenza triangolare pari a circa  $0.93 \text{ m}^2$ , considerando un rapporto tra l'area di impronta interessata dagli interventi ed il numero complessivo di colonne:

$$A = \frac{A_{tot}}{n_{colonne}} = 26\,807 \frac{\text{m}^2}{28722} = 0.93 \text{ m}^2$$

L'area della colonna di terreno trattato è invece pari a  $A_c = 0.64 \text{ m}^2$ . Considerando pertanto l'area di sostituzione "as" effettivamente ottenuta, questa risulta essere pari a circa il 68%.

Nel caso in esame inoltre sono state considerate le seguenti caratteristiche meccaniche dei terreni di litotipo A

$$\varphi_s = 25^\circ \qquad c'_s = 0 \qquad E_s = 7 \text{ MPa}$$

Per il materiale arido di apporto costituenti le colonne trattate sono state invece considerate le seguenti caratteristiche meccaniche minime

$$\varphi_c = 38^\circ \qquad c'_c = 0 \qquad E_c = 60 \text{ MPa}$$

Pertanto, applicando al caso in esame il metodo di Priebe sopra descritto, per il terreno trattato con le colonne vibroflottate in ghiaia realizzate con tecnica sia bottom-feed che top-feed secondo la maglia prevista da progetto, si ottengono i seguenti parametri per il terreno omogeneizzato:

$$\bar{\varphi} = 37.8^\circ \qquad c' = 0 \qquad \bar{E} = 56.9 \text{ MPa}$$

Le caratteristiche meccaniche così stimate risultano idonee a garantire la stabilità dell'opera a gettata prevista da progetto.

Tuttavia, si precisa che, anche in considerazione delle notevoli semplificazioni introdotte dal metodo utilizzato, tale stima delle caratteristiche meccaniche dei terreni post-intervento di trattamento colonnare non può che essere considerata una valutazione preliminare di massima.

Si evidenzia pertanto che la corretta e puntuale valutazione delle caratteristiche dei terreni trattati non può prescindere da valutazioni di carattere empirico eseguite sulla base di risultanze di campi prova che dovranno necessariamente essere eseguiti prima dell'inizio dei lavori e di cui si riferisce nel paragrafo seguente.

### 5.3.4 Campo prova

La tecnologia di trattamento prevista dal presente PFTE è infatti fortemente influenzata non solo dalle caratteristiche locali dei terreni oggetto di intervento di vibroflottazione, ma anche dalle modalità e attrezzature utilizzate in fase di esecuzione. In considerazione dell'importanza della prestazione che si intende conseguire con il trattamento colonnare di cui ai paragrafi precedenti, nonché della complessità e dell'incertezza della stima dei parametri caratteristici del terreno post-intervento, si dovrà necessariamente impiegare in fase di esecuzione dell'opera il Metodo Osservazionale, così come prescritto dal D.M. 17 gennaio 2018. Pertanto, si rende necessario testare in via preliminare le tecnologie di consolidamento dei terreni di sedime previste dal presente PFTE al fine di rilevare, attraverso prove geotecniche in campo, l'efficacia dell'intervento. Prima dell'inizio dei lavori dovrà dunque essere provato l'effettivo raggiungimento degli obiettivi di progetto mediante la realizzazione di specifici campi prova che consentano il confronto delle condizioni ante e post-intervento mediante prove geotecniche fisiche e meccaniche su volumi significativi di terreni eseguite prima e dopo il trattamento.

Il Campo Prova dovrà essere realizzato ad una quota del fondale variabile tra -8.00 e -11.00 s.l.m.m., in una zona con condizioni stratigrafiche e geotecniche analoghe a quelle di progetto. Esso potrà essere realizzato lungo l'impronta dell'intervento o al di fuori della stessa. La posizione di tale attività, come anche il programma di lavorazioni e controllo, verranno proposti dall'Appaltatore all'approvazione della Direzione Lavori. L'area dovrà comprendere un gruppo di almeno 100 colonne per ciascuna modalità di intervento. Si adotteranno le stesse modalità previste per l'esecuzione e il controllo in corso d'opera, utilizzando diametri e schemi di progetto. Pertanto, si prevede l'esecuzione di un minimo di n. 100 colonne di tipo bottom-feed di diametro reso  $d:900$  mm disposte a quinconce con interasse pari a 1.80 m, ovvero di n.162 colonne di tipo top-feed di diametro reso della colonna trattata pari a  $d:900$  mm disposte in corrispondenza dei baricentri della maglia triangolare formata mediante le colonne bottom-feed.

La profondità dei trattamenti colonnari dipenderà dall'area di esecuzione del campo prova e dovrà necessariamente interessare l'intero spessore del banco di terreno comprimibile (litotipo A), ovvero fino al raggiungimento del tetto del substrato di argille compatte.

#### Le prove di controllo dovranno consentire:

- determinare l'effettivo valore dell'"Area di sostituzione" ovvero del Rapporto di volume;
- determinare l'apporto di materiale arido per ogni singola colonna, verificando che sia non inferiore al 40% del diametro teorico della colonna nel caso di trattamenti bottom-feed, non inferiore al 20% nel caso di trattamenti top-feed;
- verificare la continuità, l'omogeneità e la profondità di trattamento raggiunta mediante sondaggi in asse alle colonne con una frequenza non inferiore a n.1 prova ogni n.30 colonne;
- verificare la rispondenza del materiale ai requisiti richiesti dal progetto mediante analisi granulometriche effettuate su almeno tre campioni, e prove CPTU all'interno della fascia compresa tra le colonne prova realizzate, prima del campo prova e successivamente alla loro esecuzione, a tempi prefissati di 7 e 30 gg dall'ultimazione del trattamento per valutare l'effetto delle stesse sul terreno naturale.
- verificare l'eventuale cedimento/ sollevamento del fondale attraverso rilievi multibeam eseguiti in sequenza, così da permettere un confronto tra condizioni iniziali e post-consolidamenti.
- misurare i parametri di intervento (profondità, tempo e assorbimento di energia), definendo una correlazione empirica tra diametro ottenuto, grado di addensamento della colonna e assorbimento di energia.

Tale correlazione dovrà poi essere utilizzata nei controlli di routine.

Sulla base delle informazioni ottenuta dal campo prova, saranno definiti i parametri operativi del trattamento al fine di ottenere la corrispondenza tra prestazioni previste dal PFTE e prestazioni raggiunte.

## 5.4 SALPAMENTO DEL CONOIDE DI TESTATA

Il progetto delle opere di II stralcio contempla il salpamento del conoide di testata di levante delle opere di I stralcio fino alla progressiva 130,0 m (cfr. progetto I stralcio) che costituisce la progr. 0.00 della sezione corrente dell'opera a gettata. Si prevede di salpare la mantellata interna al bacino e ricollocarla temporaneamente a rifiorimento della mantellata adiacente del I stralcio; analogamente si prevede di salpare la mantellata esterna in tetrapodi, pure da ricollocarsi temporaneamente a ridosso delle sezioni adiacenti delle opere di I stralcio. In fase successiva lo strato filtro in massi naturali (II cat.) ed il nucleo verranno salpati per essere collocati, opportunamente riconfigurati in sagoma, nel corpo della diga di progetto. Tutto il materiale proveniente dal salpamento, compreso tra le progr. 0.00 e 130.0 di progetto, sarà ricollocato in opera secondo la sagoma di progetto.

TABELLA 3 RIEPILOGO QUANTITÀ SALPAMENTI CONOIDE TESTATA DI I STRALCIO

RIEPILOGO SALPAMENTI CONOIDE TESTATA		
CATEGORIA	u.m.	Quantità
NUCLEO IN TOUT VENANT 5 - 100 KG	t	33 246.80
FILTRO IN MASSI NATURALI 0,1 - 1 t	t	389.03
FILTRO IN MASSI NATURALI 1 - 3 t	t	13 571.52
MANTELLATA IN MASSI NATURALI 7 - 10 t	t	1 117.91
BERMA IN MASSI NATURALI 1 - 3 t	t	7 039.23
MANTELLATA IN TETRAPODI 16 t	m3	10 709.54

Non si prevede, tra le prog 0.00 e 130.00 m, alcun intervento sul sottofondo che, come noto, risulta essere già interessato da interventi di dragaggio tecnico ed ambientale nelle opere del Lotto I (ovvero di I stralcio funzionale).

## 5.5 REALIZZAZIONE DELL'OPERA A GETTATA

Terminate le attività di dragaggio dei sedimenti comprimibili, si procederà con una regolarizzazione dello strato di fondazione, mediante la realizzazione di uno strato di imbonimento di spessore variabile con quota di estradosso costante pari a -8.00 m s.l.m..

L'imbonimento del fondale avverrà mediante posa in opera di pietrame scapolo da 100÷500 kg per il contorno esterno e da 5÷50 kg per la parte interna.

Successivamente si procederà con la costruzione dell'opera a gettata che dovrà essere eseguita a tutta sagoma procedendo per tratte successive che dovranno essere rapidamente completate secondo la sagoma di progetto, ponendo ogni cura per realizzare una perfetta continuità tra le varie tratte. La realizzazione delle varie parti della scogliera avverrà dal basso verso l'alto e dall'interno verso l'esterno.

Ogni tratta in cui verrà suddivisa la realizzazione dell'opera prevederà le seguenti fasi esecutive:

- Formazione dello scanno di imbasamento
- realizzazione del nucleo in tout venant da 5-100 kg;
- posa in opera del geotessuto a protezione della componente fine del nucleo;
- realizzazione delle berme al piede in massi naturali di II categoria;
- realizzazione degli strati filtro con massi di I e II categoria (rispettivamente lato porto e lato mare);

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

- posa in opera della mantellata in massi naturali di IV categoria; - posa in opera della mantellata in massi artificiali in tetrapodi da 16 t.

TABELLA 4 RIEPILOGO QUANTITÀ DELL'OPERA A GETTATA

LOTTO 2 - NUOVA DIGA	VOLUME TOTALE (m <sup>3</sup> )	PESO SPECIFICO (t/m <sup>3</sup> )	COEFFICIENTE PIENO	TOTALE (t)	a detrarre quantità salpata I LOTTO (t)	TOTALE FORNITURE (t)
IMBONIMENTO IN PIETRAMME 100 - 500 KG	36 676,09	2,60	77%	73 425,53		73 425,53
IMBONIMENTO IN PIETRAMME 5 - 50 KG	63 077,81	2,60	80%	131 201,85		131 201,85
NUCLEO IN TOUT VENANT 5 - 100 KG	102 626,89	2,60	80%	213 463,93	-33 246,80	180 217,13
FILTRO IN MASSI NATURALI 0,1 - 1 t	11 819,59	2,60	77%	23 662,81	-389,03	23 273,78
FILTRO IN MASSI NATURALI 1 - 3 t	35 721,94	2,60	77%	71 515,32	-13 571,52	57 943,80
MANTELLATA IN MASSI NATURALI 7 - 10 t	34 553,91	2,60	77%	69 176,94	-1 117,91	68 059,03
BERMA IN MASSI NATURALI 1 - 3 t	23 211,68	2,60	77%	46 469,79	-7 039,23	39 430,56
<b>LOTTO 2 - NUOVA DIGA</b>	<b>VOLUME TOTALE (m<sup>3</sup>)</b>	<b>PESO SPECIFICO (t/m<sup>3</sup>)</b>	<b>COEFFICIENTE PIENO</b>	<b>TOTALE (m<sup>3</sup>)</b>	<b>a detrarre quantità salpata I LOTTO (m<sup>3</sup>)</b>	<b>TOTALE FORNITURE (m<sup>3</sup>)</b>
MANTELLATA IN TETRAPODI 16 t	84 835,21	-	50%	42 417,61	-10 709,54	31 708,07

## 6 BILANCIO DELLE MATERIE

Nell'ambito delle attività di dragaggio, verranno movimentati complessivamente 115 036.15 metri cubi di sedimenti del fondale, di cui 64 155.15 m<sup>3</sup> di dragaggio ambientale per la rimozione dei sedimenti contaminati non pericolosi e 50 881 m<sup>3</sup> di dragaggio tecnico per la rimozione dei sedimenti comprimibili limo - sabbiosi per la realizzazione dello scanno di imbasamento a quota -10.00 m s.l.m.m.

Le materie che verranno impiegate per la realizzazione dell'opera in progetto fanno riferimento principalmente alle seguenti categorie:

- sabbia da impiegare nei calcestruzzi per la realizzazione dei tetrapodi - ghiaie e pietrischi da impiegare nei calcestruzzi;
- inerti naturali e di frantumazione per calcestruzzi;
- acqua per i calcestruzzi;
- calci aeree ed idrauliche;
- cemento;
- tout venant (misto di cava) per riempimenti la realizzazione dell'imbonimento dei fondali e del nucleo della scogliera - materiale arido per la realizzazione degli interventi di trattamento colonnare dei fondali;
- pietre naturali e da taglio;
- massi naturali di I, II e IV categoria per scogliera;
- geotessile per la protezione del nucleo.

La tabella seguente mostra i fabbisogni di materie stimati per la realizzazione dell'opera, suddivisi tra il tratto corrente (tronco della diga) e tratto di testata. I fabbisogni netti tengono in considerazione i volumi del

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

conoide di testata di levante delle opere di I stralcio salpato e successivamente ricollocati in opera secondo la sagoma di progetto del corpo della diga di II stralcio.

TABELLA 5 TABELLA RIEPILOGATIVA DEI QUANTITATIVI DEI MATERIALI COMPLESSIVI DA APPROVVIGIONARE

DRAGAGGI	VOLUMI (m <sup>3</sup> )
DRAGAGGIO AMBIENTALE	64 155,15
DRAGAGGIO TECNICO	50 881,00

**TOTALE DRAGAGGIO 115 036,15**

TABELLA 6 TABELLA RIEPILOGATIVA BILANCIO DELLE MATERIE

FORNITURE	TOTALE (t)
PIETRAMME 100 - 500 KG	73 425,53
PIETRAMME 5 - 50 KG	131 201,85
TOUT VENANT 5 - 100 KG	180 217,13
MASSI NATURALI 0,1 - 1 t	23 273,78
MASSI NATURALI 1 - 3 t	97 374,36
MASSI NATURALI 7 - 10 t	68 059,03
PIETRAMME PER VIBROFLOT	21 102,17
CALCESTRUZZI	VOLUME (m <sup>3</sup> )
CLS PER TETRAPODI 16 t	31 708,07

ALTRO	TOTALE (m <sup>2</sup> )
GEOTESSILE	47 130,75

## 7 MEZZI D'OPERA DI CANTIERE

Nella tabella che segue si propone per ciascuna fase lavorativa l'impegno dei mezzi d'opera, marittimi e terrestri, al fine della valutazione dell'impatto ambientale del cantiere nella fase di esecuzione. Per ciascuna fase operativa è indicato il numero di giorni operativi delle lavorazioni. Il programma lavori prevede un tempo di esecuzione dell'appalto di 950 giorni naturali e consecutivi, di cui n. 715 giorni naturali e consecutivi dedicati alle lavorazioni, n. 145 giorni naturali e consecutivi per le attività preliminari (indagini complementari, bonifica da ordigni bellici, campi prova, allestimento cantiere, impermeabilizzazione vasche deposito temporaneo, progettazione esecutiva e validazione), e n. 90 giorni per attività di smobilitazione cantiere ed attività di collaudo. In generale per l'intero programma operativo di 715 giorni si prevede un impegno continuativo di:

- n. 2 M/pontoni e/o M/navi aventi una capacità di carico in coperta non inferiore a 800 t e dotati di gru a bordo con portata al gancio non inferiore a 60 t
  - n. 2 escavatori a bordo pontone durante le attività di vibroflottaggio con sistema bottom feed
  - n. 2 escavatori a terra per la movimentazione ed il carico di sedimenti
  - n. 2 escavatori a servizio delle vasche di deposito temporaneo.
  - n. 3 autocarri per la movimentazione interna dei sedimenti dalle banchine alle aree di scarico nei depositi temporanei e successivo carico
  - n. 5 autocarri a rotazione per l'approvvigionamento a bordo banchina del materiale inerte per l'opera a gettata
  - n. 2 gru gommate di servizio a braccio telescopico con portata fino a 60 t per movimentazione casseri tetrapodi
  - n. 5 autobetoniere, a rotazione, per getto dei tetrapodi di 16 ton, utilizzate solo nella fase di costruzione dei massi artificiali

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE: QUADRO DI RIFERIMENTO PROGETTUALE

TABELLA 7 RIEPILOGO MEZZI D'OPERA

	VOLUMI		TON o NUMERO		LUNGH o SUPERF		DATI PER PRODUZIONE						
	u.m.	quantità	u.m.	quantità	u.m.	quantità	um	prod giornaliera	giorni operativi	giorni naturali consecutivi	MEZZI MARITTIMI	MEZZI TERRESTRI	
DRAGAGGIO AMBIENTALE	m3	64 155,15					mc/die	3 000,00	22	30	2 viaggi x 2 bette da 500 m	2 escavatori	3 autocarri - n.4 viaggi carico/scarico x ora
DRAGAGGIO TECNICO	m3	50 881,00					mc/die	3 000,00	17	24	2 viaggi x 2 bette da 500 m	2 escavatori	3 autocarri - n.4 viaggi carico/scarico x ora
BOTTOM FEED	m3	10 701,38	n	9 554,00	m	40 873,00	m/die	800,00	52	73	2 pontone con n. 2 vibroflot	1 escavatore	1 autocarro - carico 100 mc/die - 5 viaggi /die
TOP FEED	m3	10 400,80	n	19 108,00	m	81 747,00	m/die	960,00	86	121	2 pontone con n. 2 vibroflot	1 escavatore	1 autocarro - carico 60 mc/die - 3 viaggi / die
SALPAMENTI MASSI NATURALI MANTELLATA E RICOLLOCAZIONE TEMPORANEA			t	8 157,14			t/die	500,00	17	24	1 M/pontone		
SALPAMENTI MASSI ARTIFICIALI E RICOLLOCAZIONE TEMPORANEA			n	1 606,43			n/die	60,00	27	38	1 M/pontone		
IMBONIMENTO IN PIETRAMME 100 - 500 KG	m3	31 250,64	t	73 425,53			t/die	4 800,00	16	20	2 pontoni da 800 t x 3 viaggi cad/die	1 escavatore	5 autocarri - n.2 viaggi carico/scarico x ora
IMBONIMENTO IN PIETRAMME 5 - 50 KG	m3	63 077,81	t	131 201,85			t/die	4 800,00	28	40	2 pontoni da 800 t x 3 viaggi cad/die	1 escavatore	5 autocarri - n.2 viaggi carico/scarico x ora
SALPAMENTI FILTRO E NUCLEO E RIUTILIZZO			t	47 207,35			t/die	3 000,00	16	23	2 pontoni da 800 t	1 escavatore	
NUCLEO IN TOUT VENANT 5 - 100 KG	m3	102 626,89	t	213 463,93			t/die	3 200,00	67	94	2 pontoni da 800 t x 2 viaggi cad/die	1 escavatore	3 autocarri - n.2 viaggi carico/scarico x ora
GEOTESSILE					m2	47 130,75	mq/die	3 600,00	14	20	2 pontoni posa nastri n. 10 x 5 x 100 m	1 escavatore	
FILTRO IN MASSI NATURALI 0,1 - 1 t	m3	11 819,59	t	23 662,81			t/die	1 600,00	15	21	2 pontoni da 800 t x 1 viaggio cad/die	1 escavatore	2 autocarri - n.2 viaggi carico/scarico x ora
FILTRO IN MASSI NATURALI 1 - 3 t	m3	35 721,94	t	71 515,32			t/die	1 600,00	45	63	2 pontoni da 800 t x 1 viaggio cad/die	1 escavatore	2 autocarri - n.2 viaggi carico/scarico x ora
MANTELLATA IN MASSI NATURALI 7 - 10 t	m3	34 553,91	t	69 176,94			t/die	1 600,00	44	62	2 pontoni da 800 t x 1 viaggio cad/die	1 escavatore	2 autocarri - n.2 viaggi carico/scarico x ora
BERMA IN MASSI NATURALI 1 - 3 t	m3	20 502,64	t	46 469,79			t/die	1 800,00	26	37	2 pontoni da 800 t x 1 viaggio cad/die	1 escavatore	2 autocarri - n.2 viaggi carico/scarico x ora
MANTELLATA IN TETRAPODI 16 t	m3	84 835,21	t	42 417,61	n.	2 651,10	n/die	80,00	34	48	2 pontoni da 800 t x 1 viaggio cad/die	2 gru da 60 t	n. 2 autocarri con pianale carico

## 8 CRONOPROGRAMMA DELLE ATTIVITÀ

Il cronoprogramma dei lavori prevede un tempo di esecuzione dell'appalto di 950 giorni naturali e consecutivi, di cui:

- i primi 145 giorni sono destinati attività preliminari, ovvero indagini complementari, bonifica da ordigni bellici, esecuzione dei campi prova, progettazione esecutiva, validazione del progetto;
- i successivi 715 giorni sono destinati alla realizzazione dell'opera;
- i restanti 90 giorni sono destinati alla demobilizzazione del cantiere ed alle attività di collaudo dell'opera.

Nella stima dei tempi di esecuzione delle opere, si è ipotizzato una produzione minima giornaliera stimata sulla base dei mezzi d'opera operanti in continuo durante l'esecuzione dei lavori.

Si evidenzia che il cronoprogramma delle attività allegato al presente progetto di fattibilità tecnica ed economica dovrà necessariamente essere oggetto di aggiornamento ed integrazione da parte dell'Appaltatore nel corso delle successive fasi di progettazione.

Il Cronoprogramma dei lavori è riportato all'elaborato di progetto 2202.DTA.PFTE. REL16.D "Cronoprogramma".

## 9 MONITORAGGIO AMBIENTALE

In sede di esame del progetto di I LOTTO il Ministero dell'Ambiente ha prescritto un articolato piano di monitoraggio che prevede anche una fase ante operam di 12 mesi prima del materiale avvio dei lavori, oltre al monitoraggio in corso d'opera e post operam, quest'ultimo per una durata di cinque dopo la fine dei lavori, come da tabella riepilogativa. Il PFTE propone, in apposita relazione, in linea con le prescrizioni del Ministero, un piano di monitoraggio in corso e post operam, tenendo conto che quello ante operam verrà assorbito dai lavori del I Lotto. Ne consegue che il monitoraggio ante operam, benché previsto, non è oggetto di valutazione economica nell'ambito del PFTE.

TABELLA 8 PROGRAMMA PIANO DI MONITORAGGIO AMBIENTALE

COMPONENTE	DURATA		
	ANTE OPERAM (ESECUZIONE PREVISTA NEL LOTTO I)	CORSO D'OPERA	POST OPERAM
ATMOSFERA	30 gg	24 mesi	-
RUMORE	7 gg	24 mesi	-
ACQUE ED ECOSISTEMA MARINO	1 anno	24 mesi	4 anni
SUOLO	1 volta prima dei lavori	24 mesi	3 anni
FLORA E FAUNA	1 volta prima dei lavori	24 mesi	5 anni
ACQUE DI ESUBERO	-	24 mesi	-