



Autorità Portuale di Augusta

**LAVORI DEL PRIMO STRALCIO E DEL SECONDO STRALCIO  
DELLA TERZA FASE DEL PORTO COMMERCIALE DI AUGUSTA  
- BANCHINE CONTAINERS -**

IMPRESE:



**Condotte** S.p.A.

Fondata il 7 aprile 1880

(MANDATARIA)



**PIACENTINI**  
COSTRUZIONI spa



**Cosedil** spa

(MANDANTI)

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**

3						
2						
1	100715	PRIMA REVISIONE	F. GIORDANO	F. GIORDANO	F. GIORDANO	
0	081114	PRIMA EMISSIONE	F. GIORDANO	F. GIORDANO	F. GIORDANO	
REV.	DATA	EMISSIONE	RED.	VER.	APPR.	
PROGETTO 1073		OPERA GE00	TIPO ELAB. C	N° ELAB. 002	REV. B	SCALA:

TITOLO ELABORATO:

**RELAZIONE GENERALE DEL PROGETTO ESECUTIVO**

PROGETTAZIONE:

**INCO**



(MANDATARIA)



**SIGMA INGEGNERIA s.r.l.**  
Via della Libertà, 201/A  
90143 PALERMO  
Tel. 091/6254742 - Fax 091/307909  
C.F. e P.IVA 02639310826  
e-mail: sigmaingsrl@gmail.com



(MANDANTE)

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:



## Sommario

<b>1</b>	<b>PREMESSA</b> .....	<b>1</b>
<b>2</b>	<b>INDAGINI PRELIMINARI ALLA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I° E II° STRALCIO</b> .....	<b>6</b>
2.1	INDAGINI PRELIMINARI .....	6
2.1.1	Piano di monitoraggio ambientale .....	6
2.1.2	Rilevi batimetrici, stratigrafici e topografici .....	13
2.1.3	Indagini di caratterizzazione ambientale .....	15
2.1.4	Indagini geognostiche e prove di laboratorio .....	26
2.1.5	Indagini archeologiche.....	38
<b>3</b>	<b>OTTIMIZZAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I° E II° STRALCIO IN RISCONTRO ALLE INDAGINI PRELIMINARI</b> .....	<b>43</b>
3.1	STUDIO GEOLOGICO .....	54
3.2	STUDIO GEOTECNICO .....	57
3.3	STUDIO IDRAULICO MARITTIMO .....	58
3.4	PROVE SU MODELLO FISICO VOLTE ALL'OTTIMIZZAZIONE DEL FUNZIONAMENTO ANTIRIFLETTENTE DELLE BANCHINE OPERATIVE .....	61
3.5	ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO.....	66
3.6	VERIFICA DI OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI VIA .....	67
<b>4</b>	<b>PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I° E II° STRALCIO</b> .....	<b>68</b>
4.1	BANCHINA OPERATIVA LATO SUD.....	68
4.2	TESTATA PROVVISORIA.....	74
4.3	BANCHINA OPERATIVA LATO NORD .....	76
4.4	LATO NORD – CONFINAMENTO VASCA DI COLMATA .....	81
4.5	LATO TERRA – CONFINAMENTO VASCA DI COLMATA .....	85
4.6	FORMAZIONE RILEVATO .....	86
4.7	PAVIMENTAZIONE .....	87
4.8	IMPIANTI .....	88
4.9	FASE COSTRUTTIVE .....	90



## 1 PREMESSA

Con delibera del Presidente dell’Autorità Portuale di Augusta n.21/10 del 14.12.2010 è stato approvato il progetto esecutivo di primo stralcio e il progetto definitivo di secondo stralcio inerenti i lavori del Porto Commerciale di Augusta Terza Fase – Banchine Containers.

L’importo totale dei lavori risultava pari a €. 58.454.794,65, di cui:

€. 56.126.520,79 per importo a base di gara per lavori;

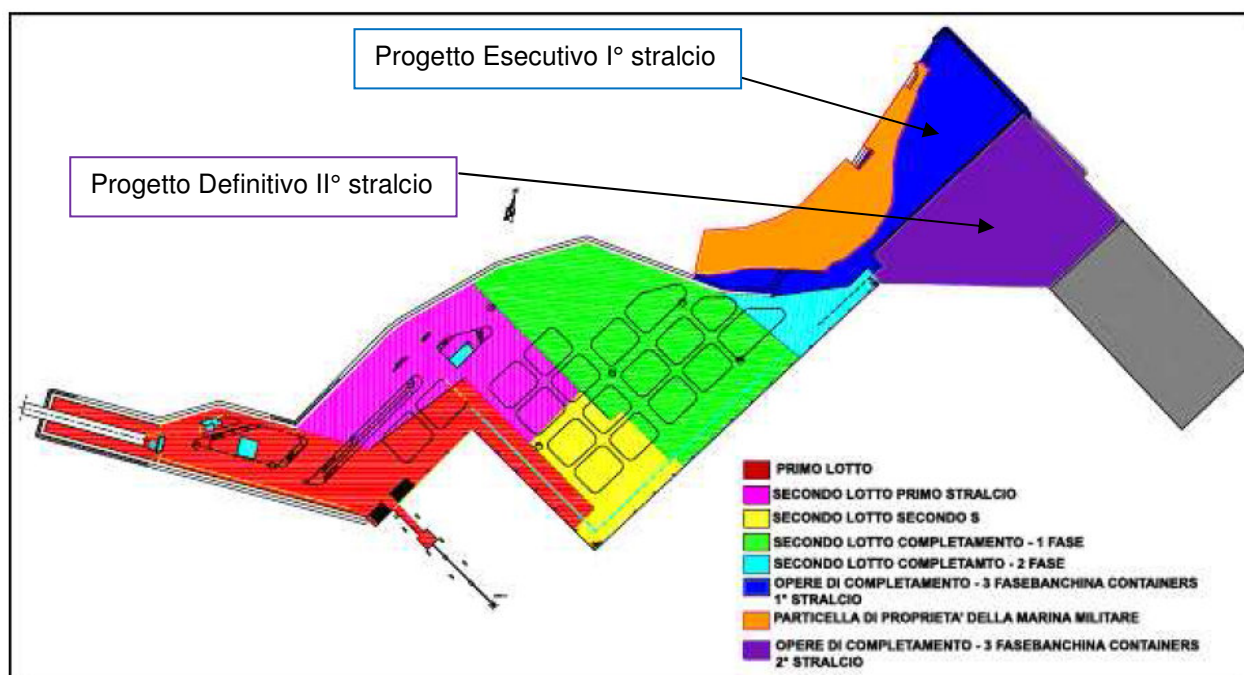
€. 1.802.970,51 per oneri relativi ai costi per la sicurezza;

€. 523.303,35 per progettazione esecutiva del secondo stralcio.

In seguito a pubblico incanto esperito dall’Autorità Portuale di Augusta, con le modalità dell’appalto integrato ai sensi della vigente normativa in materia dei lavori pubblici, i lavori sono stati aggiudicati alla R.T.I. composta da Società Italiana per Condotte d’Acqua, (mandataria), Cosedil S.p.a. (mandante cooptata), Piacentini Costruzioni (mandante), per l’importo complessivo netto di euro 41.895.209,27 per i lavori di *fusione ed integrazione del I stralcio esecutivo e del II stralcio definitivo*, di cui euro 39.567.238,76 per l’esecuzione dei lavori al netto degli oneri della sicurezza, euro 525.000,00 per la progettazione esecutiva ed euro 1.802.970,51 per oneri per la sicurezza non soggetti a ribasso.

**Il Progetto Esecutivo del I° stralcio funzionale** con esclusione delle aree della Marina Militare è stato predisposto dall’Autorità Portuale di Augusta a seguito della necessità di stralciare le aree di proprietà del Demanio dello Stato, ramo Aeronautica, per non perdere il finanziamento all’uopo stanziato.

Conseguentemente è stato predisposto il progetto esecutivo di Realizzazione banchina containers primo stralcio funzionale con esclusione delle aree della Marina Militare – Terza Fase -, le cui aree interessate sono riportate in figura **F1**.



F1. Planimetria del porto con indicazione dei lotti esecutivi e delle opere di completamento



F2. Planimetria del porto con indicazione delle opere del I stralcio esecutivo

La realizzazione dell'intervento prevede l'ampliamento dei piazzali esistenti a nord delle banchine esistenti, in un'area ubicata al di sotto della linea ferroviaria (Siracusa-Catania).

I piazzali si estendono in direzione Sud-Est formando un nuovo piazzale esteso 45.000 mq (planimetria riportata in figura F2).

Il nuovo piazzale avrà un'estensione di 90 m a Nord e di circa 10 m a Sud, è previsto il rinterro dello specchio acqueo delimitato dal pontile a giorno d'attracco preesistente.

Dal punto di vista morfologico, l'area interessata dalle opere presenta una parte pianeggiante avente estensione di circa 40.000 mq ad una quota media sul livello del mare m. 1,00. Tale area si estende dalla linea di battigia fino a ridosso del muro di contenimento che segna l'inizio della scarpata della ferrovia. Nella parte meridionale l'area del nuovo piazzale interessa una scarpata naturale in pendenza, che da una quota di circa 20 m sul livello del mare degrada fino alla battigia.

Su tale area verranno realizzati i 45.000 mq di piazzale, formati con terrapieni in tout-venant di cava e pavimentazione in conglomerato cementizio. Tale pavimentazione è prevista in lastre in cls collocate al di sopra di uno strato di misto cementato.

Il piazzale previsto nel I° stralcio esecutivo veniva delimitato con un'opera a gettata radente di presidio in scogli, di pezzatura compresa tra i 300 e 500 Kg.

Per quello che riguarda gli impianti tecnologici il progetto I° stralcio esecutivo prevede:

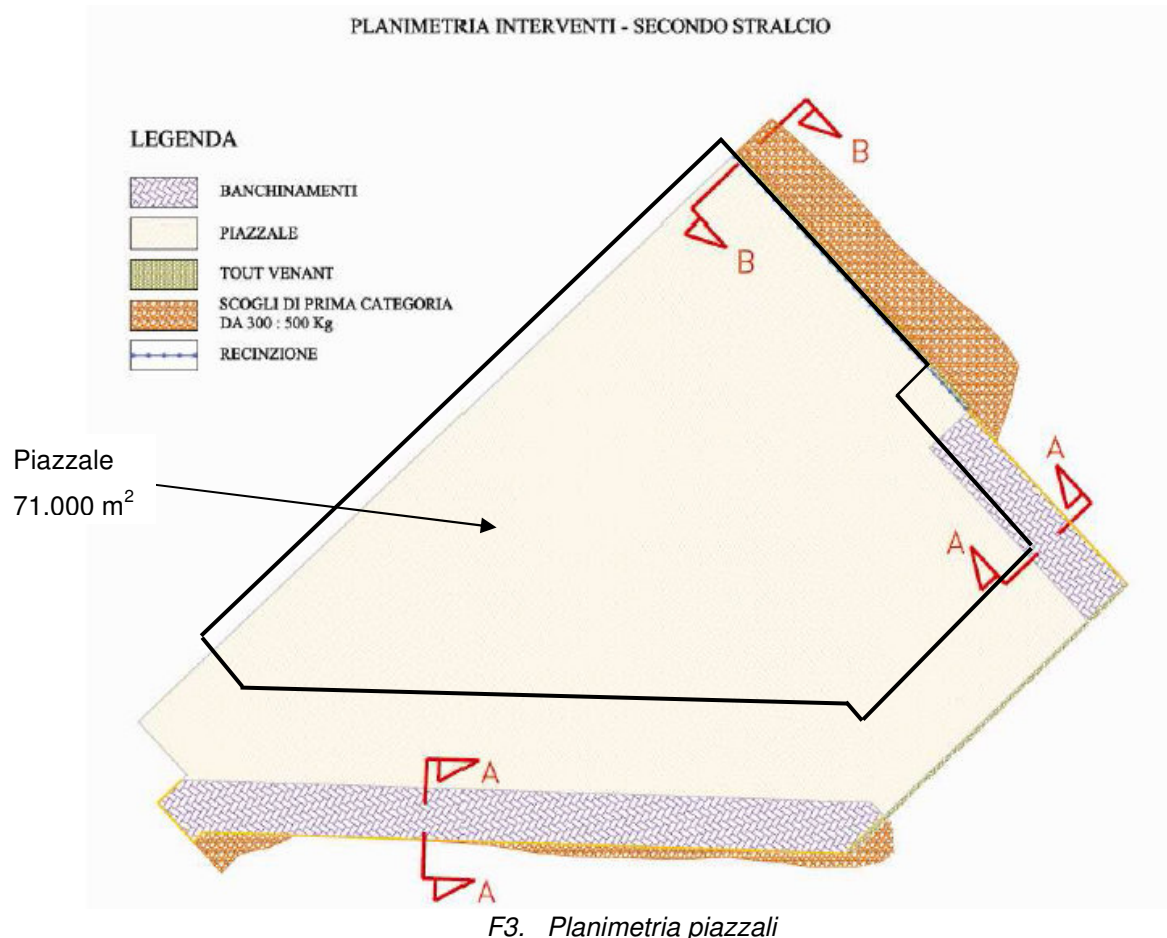
- la realizzazione di un impianto di smaltimento acque bianche realizzato con tubi in polietilene collegato ad un impianto di trattamento delle prime acque di pioggia.

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**Pag. 3 di  
99

- la realizzazione di un impianto antincendio esterno dotando l'area di idranti UNI 70 interrati con pompa di presa a mare.
- la realizzazione dell'impianto idrico per convogliare l'acqua sulla parte residua dei banchinamenti.
- la realizzazione di un impianto di illuminazione che dotava l'area di 3 nuove torri faro che si affiancavano alle 12 esistenti, e infine una quarta cabina di trasformazione che si affiancava alle tre esistenti.

**Il progetto definitivo di secondo stralcio funzionale** posto a bando di gara prevede l'ampliamento dei piazzali esistenti a quelli nel 1° Stralcio, avanzando, in direzione NO-SE verso lo specchio acqueo della Rada, per circa 260 m. In particolare con tale stralcio si prevedeva la realizzazione di circa 71.000 m<sup>2</sup> di piazzali oltre le sovrastrutture delle banchine (vedi figura **F3**). I fondali sottostanti i piazzali dovevano essere bonificati con un dragaggio dello spessore di 1,00 m.

La colmata è prevista con terrapieni in tout-venant di cava e pavimentazione in conglomerato cementizio. In particolare la colmata sarà realizzata con materiale del proveniente da cava fino a quota +0,30 m sormontato da uno strato di fondazione della pavimentazione in tout-venant, fino alla quota di +1,87 m s.l.m.; su tale strato era prevista la pavimentazione in conglomerato cementizio costituita da uno strato di sottofondazione in misto cementato avente uno spessore medio di 25 cm e lastre in cls dello spessore di 38 cm. (vedi figura **F4**).

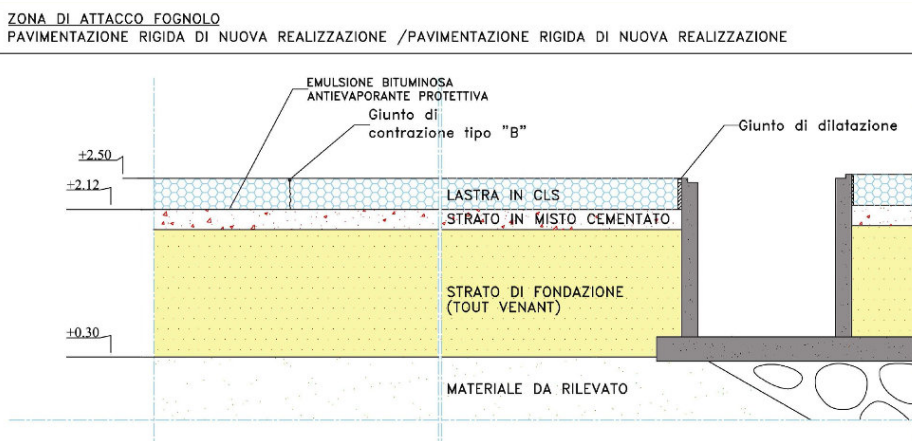




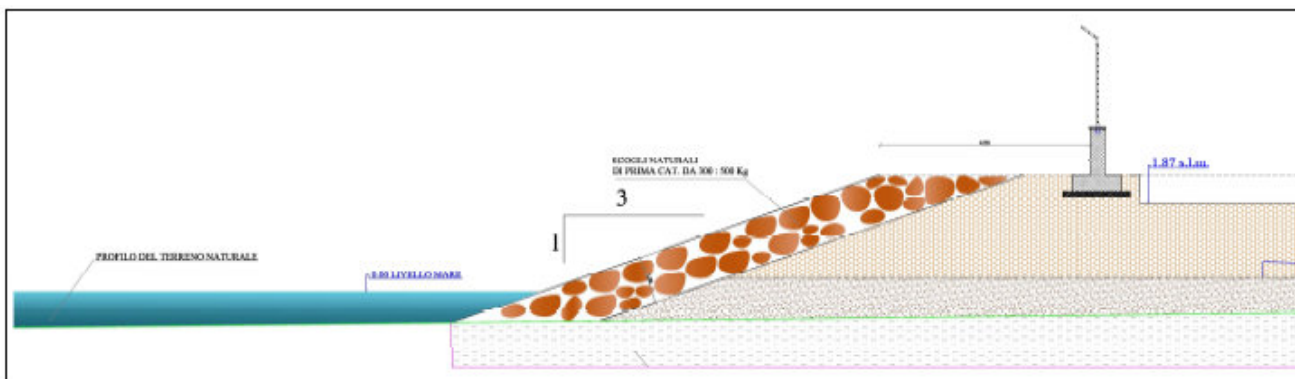
**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

Il piazzale veniva conterminato lato Nord con un'opera a gettata con scogli di pezzatura compresa tra i 300 e 500 Kg. (vedi figura **F5** Sezione B-B -Esecuzione piazzale rilevato, scogliera e recinzione).

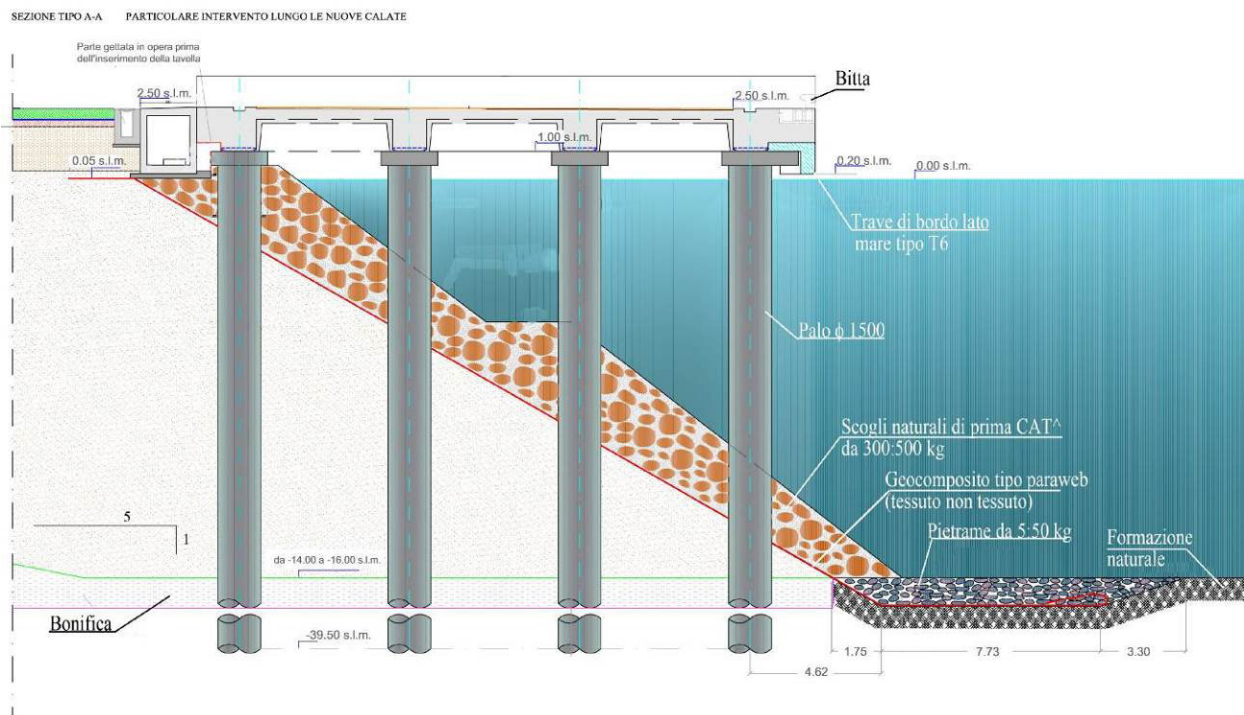
A contenimento di questo terrapieno, oltre alla scogliera sopra descritta, era prevista la realizzazione di banchinamenti in c.a. a giorno, realizzati su pali in c.a. di grande diametro (vedi Sezione A-A – figura **F6**) e sottostante scogliera antirisacca.



F4. Particolare piazzale per containers del progetto definitivo Il stralcio



F5. Sezione B-B -Esecuzione piazzale rilevato, scogliera e recinzione

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO  
Relazione generale del progetto esecutivo

F6. Sezione A-A – Banchinamenti

In particolare nel progetto definitivo l'impalcato veniva sorretto da quattro file di pali posti a maglia di 6,00 m in modo formare larghezza della sovrastruttura pari a 21,75 m. La scogliera anti risacca posta al di sotto dell'impalcato a protezione del rilevato con scogli da 300-500 kg, e poggiava su uno scanno di bonifica in pietrame da 5-50 kg in pietrame posta a quota variabile a seconda della quota del fondale esistente.

Per la realizzazione del dragaggio della bonifica per fini geotecnici dei fondali interessati dalle opere, il progetto prevedeva l'esportazione dei sedimenti marini attuando tutte le cautele necessarie a ridurre la dispersione dei sedimenti e la perdita di materiale, minimizzando gli impatti sull'ambiente circostante attuando tutte le cautele necessarie a ridurre la dispersione dei sedimenti e la perdita del materiale. L'escavo subacqueo infatti doveva essere eseguito con benna mordente a tenuta stagna idraulica o meccanica e durante tali fasi lavorative dovevano essere messi in atto tutti gli accorgimenti per la delimitazione dell'area di dragaggio, con l'impiego di panne di contenimento galleggianti ancorate fino al fondale per evitare la dispersione del materiale sospeso durante l'escavo.

Al termine dell'escavo di bonifica dell'area, prima di iniziare la realizzazione del relativo rilevato a mare, doveva essere eseguita la verifica delle caratteristiche ambientali dei fondali dragati ai sensi dell'art. 5 del DM 7 novembre 2008 dello strato superficiale e per i soli parametri che superano i valori di intervento specifici per il Sito di Bonifica di Interesse Nazionale di Priolo – Rada di Augusta individuati da ICRAM (ora ISPRA). Tale operazione doveva essere predisposta al fine di verificare le caratteristiche ambientali dei sedimenti marini del fondale dragato, controllando i valori di concentrazione misurati e verificando il non superamento dei limiti di intervento stabilite dalle normative vigenti. Conseguentemente esclusa la necessità di attivare la procedura di bonifica, si sarebbe dovuto procedere alla realizzazione del rilevato.



## 2 INDAGINI PRELIMINARI ALLA REDAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I° E II° STRALCIO

A seguito della firma del contratto di appalto, avvenuta il data 27/01/2014, il R.T.I. composta da Società Italiana per Condotte d'Acqua, (mandataria), Cosedil S.p.a. (mandante cooptata), Piacentini Costruzioni (mandante) ha dato inizio alla prescrizioni contrattuali riguardanti il concordamento del piano di monitoraggio con l'ARPA e la caratterizzazione ambientale dei fondali interessati dalle opere in progetto e le indagini preliminari occorrenti per la stesura del progetto esecutivo.

### 2.1 INDAGINI PRELIMINARI

In particolare sono state eseguite le seguenti indagini preliminari nell'area interessata dal progetto:

- 2.1.1 Piano di monitoraggio ambientale;
- 2.1.2 Rilievi morfo-stratigrafici e topografici;
- 2.1.3 Indagini di caratterizzazione ambientale, dei fondali dei terreni emersi interessati dalle opere e delle aree a terra;
- 2.1.4 Indagini geognostiche.

#### 2.1.1 Piano di monitoraggio ambientale

Il Piano di Monitoraggio Ambientale è stato redatto in osservanza delle indicazioni poste nel *Progetto di Fusione ed integrazione relativo alle opere di primo stralcio esecutivo “con esclusione dell'area della Marina Militare” e di secondo stralcio definitivo del porto commerciale di Augusta terza fase – banchine containers*; in particolare si è tenuto conto:

- degli Articoli 23b e 24b del Capitolato Speciale d'Appalto;
- del Disciplinare Tecnico di Monitoraggio Ambientale

Il *Piano di Monitoraggio Ambientale delle componenti Atmosfera, Rumore, Biologico e Ricognizione Archeologica* ed il *Piano di Caratterizzazione Ambientale e Piano di Monitoraggio delle Acque Marine* sono stati approvati dall'ARPA Sicilia U.O.C. di Siracusa con nota prot. 35365 del 05.06.2014 (**Allegato 1**).

Le indagini di monitoraggio ambientale sono state inoltre condotte nel rispetto delle procedure previste nel Protocollo Ambientale condiviso tra Ente Appaltante, Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia e ARPA Sicilia.

Il protocollo ambientale ha l'obiettivo di stabilire le procedure di comunicazione e di controllo degli effetti derivanti dalla realizzazione del nuovo terminal container di Augusta sulle componenti sensibili indicate nel decreto V.I.A. del Ministero dell'Ambiente n. 244 del 27.03.2007.

L'autorità Portuale di Augusta ha trasmesso il Protocollo Ambientale, sottoscritto dall'Ente Appaltante e dall'ARPA Siracusa, all'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia con nota prot. n. 4392 del 02.07.2014 (**Allegato 2**).

L'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia ha sottoscritto e trasmesso il Protocollo Ambientale con prot. n. 47105 del 15.10.2014 (**Allegato 3**).





Secondo il Disciplinare tecnico di integrazione al Capitolato Speciale d'Appalto, il piano è stato suddiviso nelle principali componenti ambientali coinvolte nella realizzazione dell'opera, quali:

1. Atmosfera
2. Rumore
3. Flora e fauna dell'area SIC "Saline di Augusta", vegetazione di nuovo impianto
4. Patrimonio archeologico
5. Acque marine

Per ciascuna componente ambientale sono stati individuati una serie di indicatori di qualità, che saranno oggetto delle attività di rilevamento in campo, raccolta di campioni ed analisi chimico-fisiche e di elaborazione dei dati rilevati. Il monitoraggio ha lo scopo di valutare i livelli di qualità delle componenti ambientali analizzate in tre periodi distinti:

- prima dell'inizio dei lavori (ante operam);
- nel corso della operatività del cantiere;
- per un determinato arco temporale dopo la fine dei lavori (post operam).

L'obiettivo è quello di evidenziare la qualità e l'entità degli impatti ante operam, in corso d'opera e in fase di esercizio, nonché di mantenere un adeguato livello di sorveglianza ambientale nei confronti dei rischi più consistenti.

Il monitoraggio in corso d'opera, secondo le indicazioni del Disciplinare tecnico di integrazione al Capitolato Speciale d'Appalto, dovrà essere finalizzato a:

- Controllare gli effetti temporanei in relazione alle attività di cantiere;
- Rilevare le situazioni di anormalità e di non conformità;
- Fornire le basi per la definizione di conseguenti idonee azioni correttive;
- Verificare l'idoneità delle eventuali misure di mitigazione degli impatti rilevati previste in sede progettuale.

Di seguito una breve descrizione dei monitoraggi delle componenti ambientali analizzate:

#### Componente atmosfera

La componente atmosfera risulta particolarmente interessata dall'opera nella sua fase realizzativa, principalmente sotto l'aspetto delle emissioni inquinanti e polveri, dovute alle attività di cantiere e movimentazioni che si svolgono in ambiente "aperto". E' previsto un sistema di monitoraggio delle emissioni di inquinanti atmosferici prodotti durante le attività di incantieramento ed esecuzione dei lavori, con particolare riferimento all'abitato di Augusta ed eventuali recettori sensibili, nelle seguenti fasi così definibili:

- Ante-operam, allo scopo di definire e caratterizzare lo stato della componente atmosfera prima dell'inizio dei lavori;
- in corso d'opera, allo scopo di seguire l'evoluzione qualitativa della componente atmosfera durante la realizzazione delle opere;
- post operam per il monitoraggio delle aree di interesse ambientale, ai fini di una ulteriore verifica richiesta.



I parametri utilizzati per il monitoraggio sono i seguenti:

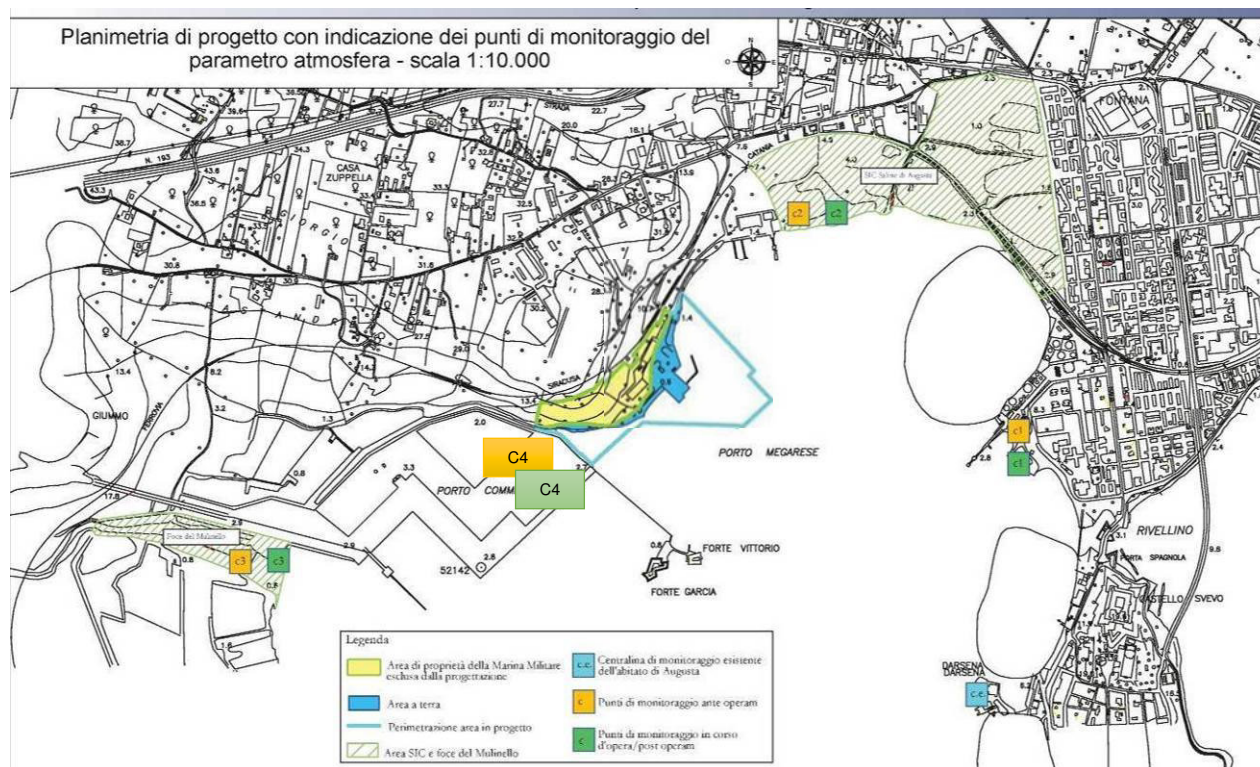
- Polveri totali sospese (PTS);
- Polveri sospese frazione respirabile (PM10);
- Fibre asbestiformi aerodisperse;
- Inquinanti legati al traffico veicolare (NOx, SO2, CO, O3, Benzene, PTS, PM<sub>10</sub>, Benzo(a)pirene);
- Amianto, Radon;
- Metalli (Alluminio, Antimonio, Argento, Arsenico, Berillio, Cadmio, Cobalto, Cromo totale, Cromo VI, Ferro, Mercurio, Nichel, Piombo, Rame, Selenio, Manganese, Tallio, Zinco).

I parametri meteo climatici utilizzati per il monitoraggio sono i seguenti:

- Velocità del vento (m/sec);
- Direzione del vento (°Nord);
- Pressione atmosferica (mBar);
- Temperatura dell'aria (°C);
- Umidità relativa (%);
- Precipitazioni (mm);

Tutte le attività strumentali di rilevamento dei dati in campo, di manipolazione e preparazione dei campioni in laboratorio, di elaborazione statistica dei dati relativi alle attività di monitoraggio sono state effettuate (per la fase ante operam) e dovranno essere effettuate secondo la pertinente normativa nazionale ed in accordo con le pertinenti norme tecniche nazionali ed internazionali.

I punti di monitoraggio ai fini dell'analisi, individuati in relazione allo stato dei luoghi; alla presenza di recettori e alla direzione del vento prevalente, sono riportati in figura **F7**.



F7. Planimetria con ubicazione dei punti di monitoraggio (atmosfera)

### Componente rumore

La finalità del monitoraggio della componente rumore è la caratterizzazione del clima acustico e la misura dell'inquinamento da rumore prodotto dal cantiere e dal traffico indotto nelle seguenti fasi successive:

- Ante-operam, allo scopo di definire e caratterizzare lo stato della componente rumore prima dell'inizio dei lavori;
- In corso d'opera, allo scopo di seguire l'evoluzione qualitativa della componente rumore durante la realizzazione delle opere.

Le attività di monitoraggio del rumore in corso d'opera previste saranno costituite da:

- Monitoraggio del rumore in prossimità dell'area di cantiere, allo scopo di determinare il livello di rumore presso ricettori sensibili localizzati nell'area di potenziale impatto del cantiere stesso;
- Monitoraggio del rumore da traffico veicolare, allo scopo di determinare il livello di rumore nelle zone attraversate da mezzi addetti al trasporto dei materiali da e verso le aree del cantiere.

E' stato previsto un piano di monitoraggio del rumore prodotto durante le attività di cantiere di esercizio, con particolare riferimento all'abitato di Augusta e di eventuali recettori sensibili.

Tutte le attività strumentali di rilevamento dei dati in campo e di elaborazione statistica dei dati relativi alle attività di monitoraggio sono state effettuate secondo la pertinente normativa nazionale ed in accordo con le pertinenti norme tecniche nazionali ed internazionali

I punti di monitoraggio, riportati in figura **F8** sono stati stabiliti in funzione della zonizzazione del territorio e dei potenziali ricettori presenti. In particolare si è tenuto conto di:

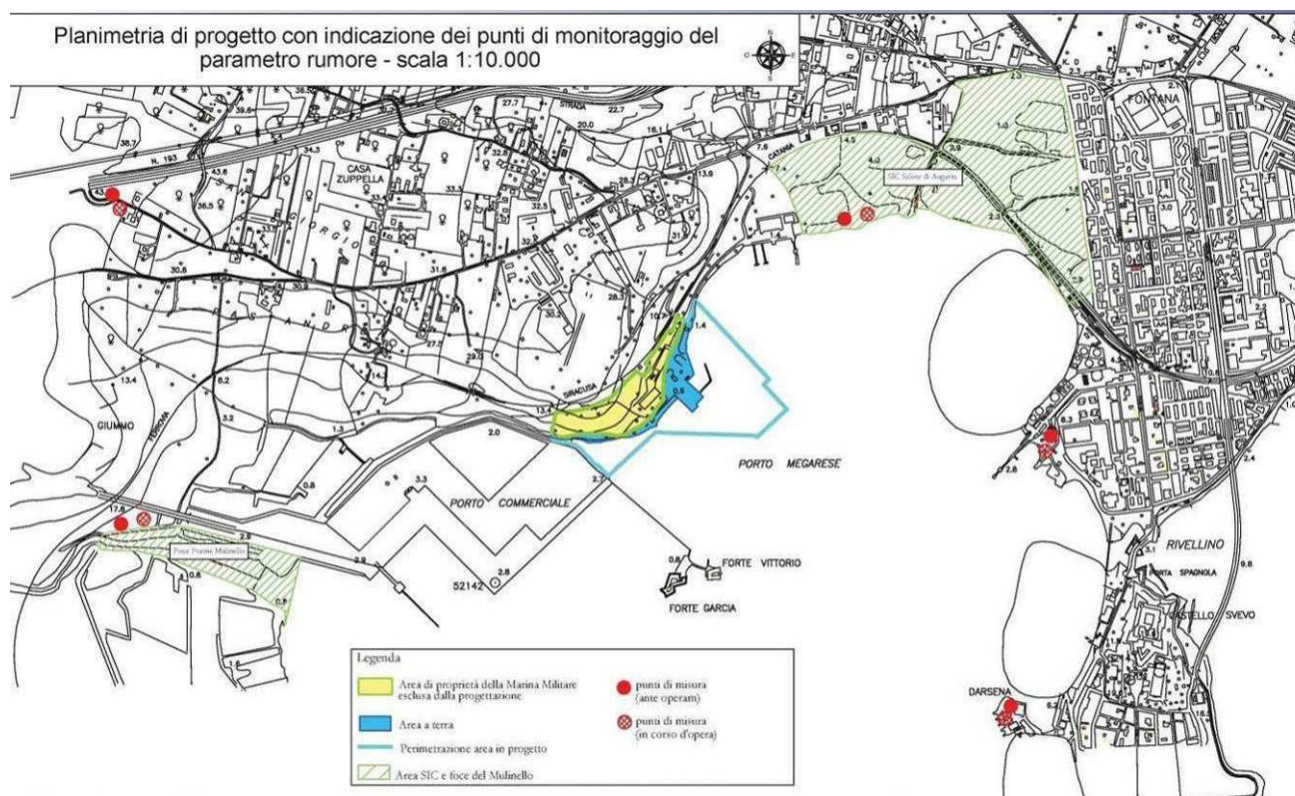
- Tipologia e densità dei ricettori;

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**Pag. 10  
di 99

- Distanza dei ricettori dall'area di cantiere e dalla viabilità ad essa collegata;
- Presenza di ricettori sensibili;
- Intensità del traffico veicolare dovuto ai mezzi di cantiere e loro apporto rispetto al traffico ordinario.

Nello specifico è prevista la localizzazione di cinque punti di misura per la valutazione:

- dell'impatto indotto dal traffico di cantiere
- dell'impatto sull'abitato di Augusta
- dell'impatto sul Sic Saline e foce del Mulinello



F8. Planimetria con ubicazione dei punti di monitoraggio (rumore)

### Componente Flora e Fauna

Il monitoraggio biologico sarà suddiviso sulla componente flora e la componente fauna. La componente flora riguarderà nel dettaglio:

- Monitoraggio vegetazionale (E' prevista l'identificazione, in fase ante-operam, delle formazioni vegetazionali di ogni area di intervento e aree limitrofe su cartografia in scala 1:1000, georeferenziata con GPS, estesa per una fascia di spessore di circa 50 m al di fuori della recinzione. Su tale cartografia saranno misurati i mosaici direttamente consumati dalle attività di cantiere.
- Monitoraggio flora (Saranno definite le fasce di interesse lungo il perimetro delle aree di cantiere che comprenderanno sia la superficie prossima alla vegetazione originaria che quella ove saranno in atto fenomeni dinamici di recupero degli stadi pionieri a seguito della asportazione della vegetazione originaria stessa).



- Analisi biometriche (Nelle fasce di interesse lungo il perimetro delle aree di cantiere larghe circa 15 m saranno individuati preliminarmente, anche con GPS, campioni rappresentativi delle tipologie arbustive autoctone).
- Monitoraggio delle comunità vegetali (Il controllo sarà effettuato con rilievi fitosociologici secondo la scuola di Braun-Blanquet nelle formazioni di qualità media e medio-alta definite nel SIA prossime alle aree di cantiere).

Il monitoraggio della componente fauna si articolerà come di seguito riportato:

- Uccelli (Definizione del quadro avifaunistico, ante operam e acquisizione informazioni sulle popolazioni di uccelli in corso d'opera, monitoraggio delle popolazioni di uccelli ampiamente distribuite sul territorio).
- Lepidotteri e Odonati (Il rilevamento di lepidotteri e odonati, adulti, avverrà nelle area di cantiere e nelle zone limitrofe nel raggio di 100 m, verranno visitati tutti gli habitat reputati idonei).
- Macroinvertebrati acquatici (Applicazione della metodologia IBE, Indice Biotico Esteso (EBI: AA.VV. 2005).
- Animali marini e pesci (Monitoraggi specifici di invertebrati marini e pesci, analizzati per gruppi con tecniche differenti).
- Mammiferi marini, chelonidi e rettili marini (Osservazione e controllo presenza di cetacei e chelonidi, survey in gommone. Esplorazioni nell'area marina racchiusa nel golfo di Augusta).
- Rettili e anfibi (ricerca di adulti e ovature e girini in ciascuna area di cantiere e nelle zone limitrofe nel raggio di 100 m).

#### Componente Archeologica

Il progetto prevede la realizzazione di una accurata campagna di rilievo archeologico di tutta l'area marina destinata a copertura con banchine e di un significativo intorno. La ricognizione avrà luogo sia in fase di ante operam che in corso di esecuzione dei lavori.

#### Componente Acque marine

Il monitoraggio delle acque marine si divide in 3 fasi:

- Caratterizzazione ante operam
- Fase di costruzione
- Verifica post operam

Tutte le attività strumentali di rilevamento dei dati in campo e di elaborazione statistica dei dati relativi alle attività di monitoraggio dovranno essere effettuate secondo la pertinente normativa nazionale ed in accordo con le pertinenti norme tecniche nazionali ed internazionali

In tutte e tre le fasi per il monitoraggio è prevista l'installazione di un ondometro/correntometro posto nelle 4 stazioni fisse individuate nel progetto (Figura) al fine di valutare:

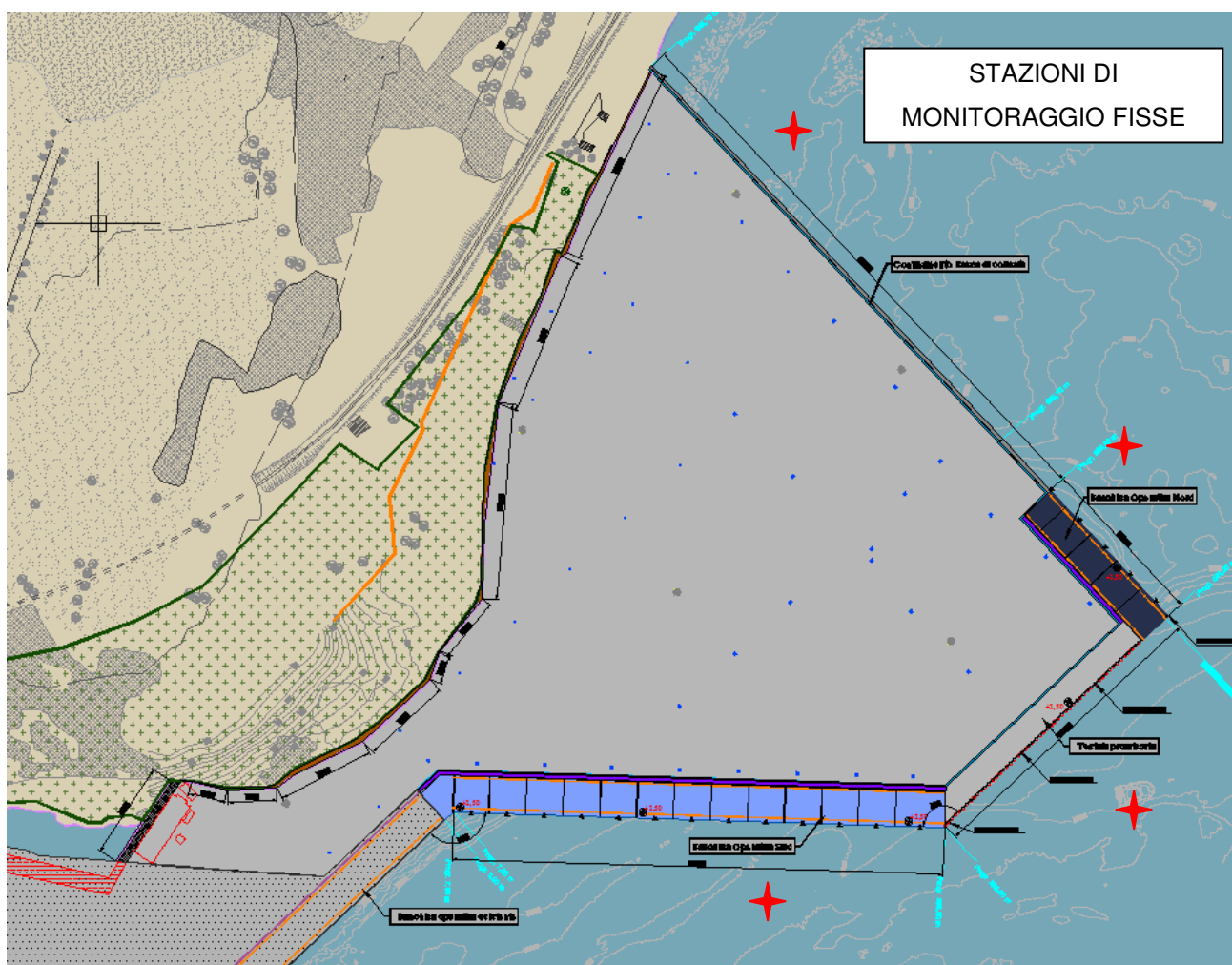
- tutti i parametri chimico-fisici dell'acqua marina antistante l'area di realizzazione delle opere a mare, mediante rilevamento con sonda multiparametrica da stazioni fisse, in particolare il rilevamento dei



profili verticali di: temperatura, pH, salinità, conducibilità, ossigeno disciolto, potenziale redox, clorofilla “A”, torbidità

- analisi chimico/fisiche su campioni superficiali e profondi (determinazione di solidi sospesi; Metalli ed elementi in tracce (As, Cd, Cr tot, Hg, Ni, Pb, Al, Fe, V, Cu, Zn), Idrocarburi Policiclici Aromatici, Idrocarburi pesanti C>12, HCB, Idrocarburi leggeri C<12 e analisi microbiologiche;
- qualità delle acque in relazione ai risultati degli analiti derivanti dal piano di caratterizzazione dei sedimenti marini.

Di seguito è riportato in figura **F9**, il numero ed il posizionamento delle stazioni di campionamento.



F9. Planimetria con ubicazione dei punti di monitoraggio (acque marine)

### Monitoraggi effettuati

I risultati conseguiti a seguito della fase di monitoraggio ante operam realizzata per le diverse componenti ambientali sono riportati nell' **Allegato 4**.

I risultati del monitoraggio della componente atmosfera hanno mostrato valori relativamente bassi dei principali analiti campionati per qualità dell'aria, l'amianto e il Radon, inferiori ai limiti di legge per gran parte dei parametri, con solo alcuni superamenti ai limiti indicati nel D. Lgs. 155/10. Considerando i valori ottenuti dai monitoraggi, sono stati proposti valori di attenzione e di intervento riportati in **Allegato 4**.



I risultati del monitoraggio della componente rumore hanno mostrato sostanzialmente un'area fortemente contaminata, dal punto di vista del clima acustico, dalle numerose attività di natura industriale, commerciale e navale.

I risultati del monitoraggio della componente flora e fauna ha riguardato una fase di acquisizione dati sul campo ed una ricerca bibliografica della documentazione inerente al sito.

I risultati del monitoraggio della componente acque marine hanno permesso di classificare lo stato ecologico del corpo idrico come “stato sufficiente” dal punto di vista della qualità biologica. Gli elementi della qualità idromorfologica, rappresentati dal regime di marea e dalle condizioni morfologiche, presentano uno stato sufficiente, in quanto le loro condizioni sono coerenti con il raggiungimento dei valori per gli elementi di qualità biologica. Per quanto concerne gli elementi di qualità chimico-fisica, sia per le condizioni generali che per gli inquinanti sintetici specifici e non sintetici specifici, si rileva uno stato sufficiente, con condizioni coerenti con il raggiungimento dei valori sopra precisati per gli elementi di qualità biologica.

### **2.1.2 Rilievi batimetrici, stratigrafici e topografici**

I rilievi batimetrici sono stati eseguiti con metodi geofisici con l'ausilio di un natante appositamente attrezzato, che ha percorso varie rotte per ricoprire in modo dettagliato i fondali interessati dalle opere in progetto

Le tecniche di rilevamento e la tipologia delle prospezioni geofisiche utilizzate sono state scelte per rilevare la morfologia del fondale, le anomalie di carattere antropico e le caratteristiche sedimentologiche dei primi metri di fondo e sottofondo marino.

La georeferenziazione dei dati acquisiti è stata effettuata utilizzando un sistema di posizionamento RTK, R6 Trimble, interfacciato con software per la navigazione PDS 2000, Reson.

Tali dati sono stati acquisiti mediante un profilatore acustico di sedimenti ad altissima risoluzione (Sub-Bottom Profiler, SBP), di un ecoscandaglio radiale multifascio (MultiBeam Echo Sounder, MBES) e di un sistema per indagini morfologiche dei fondali (Side Scan Sonar). Si tratta delle più recenti metodologie acustiche normalmente utilizzate nei rilievi geofisici di aree offshore.

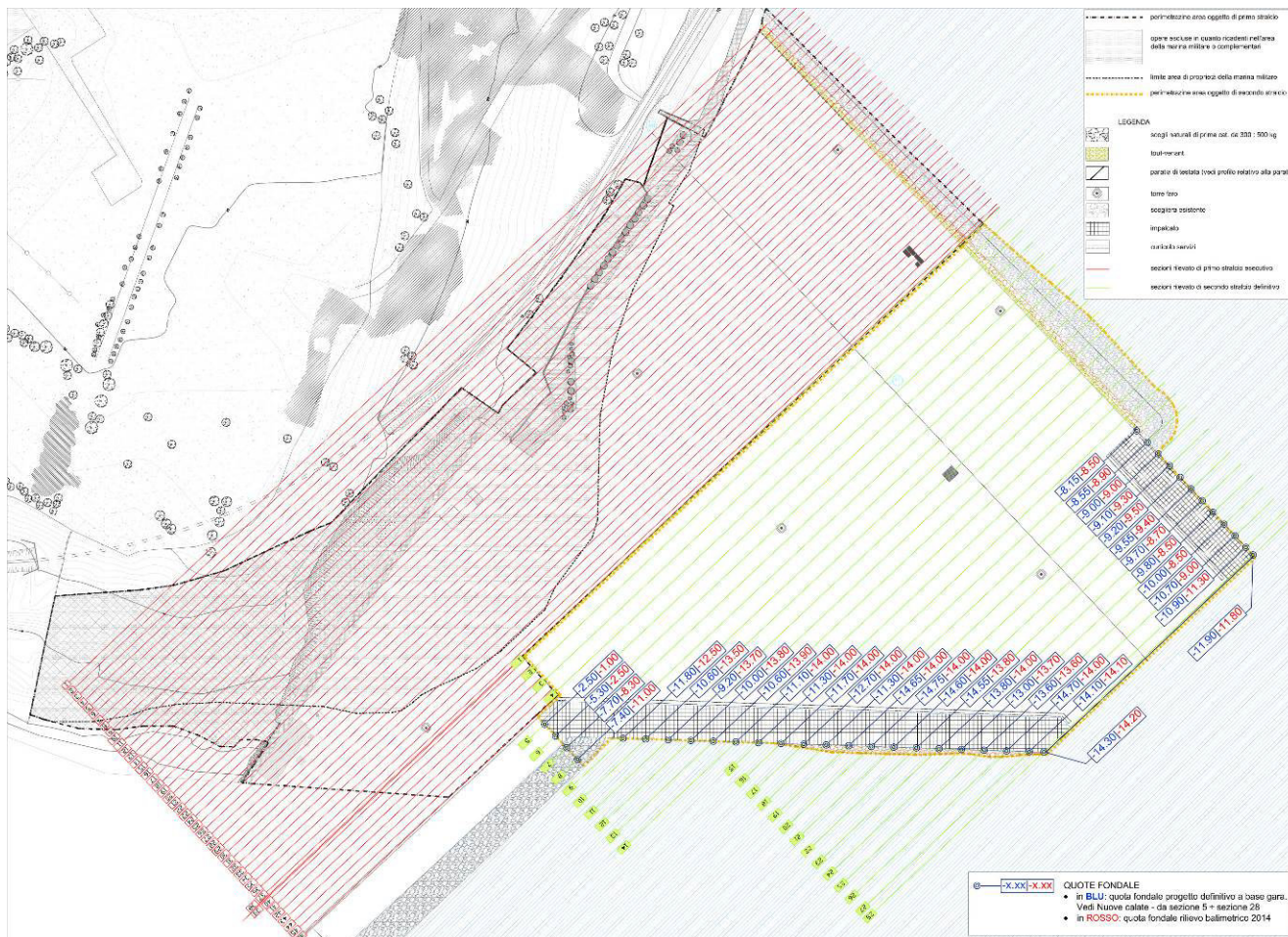
Sono inoltre stati effettuati dei rilievi topografici delle opere e delle aree interessate dai lavori, utilizzando il sistema di posizionamento RTK, R6 Trimble.

L'indagine geofisica sui fondali interessati dai lavori in progetto, con l'impiego di un sistema multibeam, ha permesso la predisposizione dei seguenti elaborati:

- Rilievo multibeam fotomosaico con batimetriche;
- Rilievo multibeam batimetriche
- Rilievo batimetrico – tratto di raccordo con banchina esistente

I risultati delle indagini multibeam effettuate hanno messo in evidenza le particolarità dell'area indagata, fornendo una batimetria di dettaglio che ha evidenziato pendenza dei fondali di non notevole entità, con andamento costante dei fondali fino alla batimetrica di circa -8,00 m, dove si registra una scarpata con pendenze più accentuate. L'indagine con il sistema multibeam ha interessato un'area di circa 33 ha.

In particolare, in corrispondenza della banchina operativa Nord, come progetto definitivo, sono stati riscontrate delle batimetriche variabili da -8,00 a -11,00 m, nella banchina operativa Sud nel primo tratto dello sviluppo di 100,00 m circa a partire dalla banchina esistente le profondità variano da -8,00 a -14,00 m.



*F10. Planimetria con indicazioni delle quote di fondale del progetto definitivo posto a base di gara e le quote del rilievo batimetrico del 2014*

L'indagine geofisica sui fondali interessati dai lavori in progetto, con l'impiego di un sistema side scan sonar, ha permesso la predisposizione di una cartografia del fondale, dal quale si evince la sedimentologia dello stesso.

L'indagine con il sistema side scan sonar ha interessato un'area di circa 30 ha.

Dall'esame del rilievo multi-beam e side scan sonar si sono riscontrati la natura sedimentaria del fondo marino, in particolare è emerso che i sedimenti superficiali sono formati da sedimenti poco consistenti.

L'indagine geofisica eseguita con il sub-bottom-profiler, ha consentito di indagare circa 75 km di profili dei fondali interessati dai lavori, che elaborati ed analizzati hanno permesso di predisporre delle stratigrafie di fondali e la simulazione del tetto delle argille (a seguito taratura dei profili stratigrafici, con i sondaggi eseguiti).

Dal punto di vista sedimentologico l'esame dei profili di sub-bottom, tarati con i sondaggi effettuati, ha permesso di ricostruire la natura geologica dei sedimenti del fondo e del sottofondo marino. In particolare è emerso che la zona di studio è caratterizzata, dall'alto verso il basso, da una successione sedimentaria formata da uno strato superficiale di alcuni metri composto da sedimenti poco consistenti (limi sabbiosi), seguito da uno strato, di





spessore variabile non sempre ben identificato, di sedimenti poco consolidati (argille giallastre alterate) e infine dal bed-rock stratigrafico, al di sotto del quale si è avuto un forte assorbimento acustico del segnale, che correlato con i sondaggi stratigrafici, è stato identificato come argille grigio-azzurre integre.

Sono inoltre stati effettuati dei rilievi topografici dei terreni interessate dai lavori che hanno permesso la predisposizione dell'elaborato di rilievo topografico.

### **2.1.3 Indagini di caratterizzazione ambientale**

Il Piano di Caratterizzazione Ambientale è stato redatto in osservanza delle indicazioni poste nel *Progetto di Fusione ed integrazione relativo alle opere di primo stralcio esecutivo “con esclusione dell’area della Marina Militare” e di secondo stralcio definitivo del porto commerciale di Augusta terza fase – banchine containers*; in particolare si è tenuto conto:

- degli Articoli 23b e 24b del Capitolato Speciale d’Appalto;
- del Disciplinare Tecnico di Monitoraggio Ambientale

Il *Piano di Monitoraggio Ambientale delle componenti Atmosfera, Rumore, Biologico e Ricognizione Archeologica* ed il *Piano di Caratterizzazione Ambientale e Piano di Monitoraggio delle Acque Marine* sono stati approvati dall'ARPA Sicilia U.O.C. di Siracusa con nota prot. 35365 del 05.06.2014.

Le attività di caratterizzazione ambientale sono state inoltre condotte nel rispetto delle procedure previste nel Protocollo Ambientale condiviso tra Ente Appaltante, Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia e ARPA Sicilia.

Il protocollo ambientale ha l'obiettivo di stabilire le procedure di comunicazione e di controllo degli effetti derivanti dalla realizzazione del nuovo terminal container di Augusta sulle componenti sensibili indicate nel decreto V.I.A. del Ministero dell'Ambiente n. 244 del 27.03.2007.

L'autorità Portuale di Augusta ha trasmesso il Protocollo Ambientale, sottoscritto dall'Ente Appaltante e dall'ARPA Siracusa, all'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia con nota prot. n. 4392 del 02.07.2014.

L'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia ha sottoscritto e trasmesso il Protocollo Ambientale con prot. n. 47105 del 15.10.2014.

Il piano di caratterizzazione ha avuto lo scopo di definire una serie di indagini analitiche per il sito in esame, sottoposto a possibile contaminazione per diffusione o trasporto di agenti contaminanti attraverso le diverse matrici ambientali. Le fasi operative per l'esecuzione della caratterizzazione del materiale vengono sinteticamente riportate di seguito:

- Attività preliminari;
- Esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo;
- Campionamento e conservazione dei campioni;
- Analisi chimico-fisiche di laboratorio.

Gli obiettivi delle indagini di caratterizzazione ambientale sono:

- in primo luogo la conferma di estraneità delle aree di intervento dalla necessità degli interventi di bonifica già previsti per altre aree della Rada di Augusta (Priolo);



- in secondo luogo la classificazione del materiale finalizzata alla gestione del materiale stesso secondo criteri ambientalmente sostenibili e nel rispetto della normativa vigente in materia.

Il Piano di caratterizzazione è stato suddiviso in due parti:

- Piano di caratterizzazione dei sedimenti marini
- Piano di caratterizzazione della aree a terra

#### **Piano di caratterizzazione – Sedimenti marini**

L'approccio utilizzato per l'esecuzione della caratterizzazione dei sedimenti marini è stata resa conforme all'Allegato A al Decreto 7 novembre 2008 (Gu 4 dicembre 2008 n. 284) che disciplina le operazioni di dragaggio nei siti di bonifica di interesse nazionale, oltre che al Progetto Preliminare di Bonifica della Rada di Augusta Bol-Pr-SI-Pr- Rada di Augusta-03.22 del Giugno 2008.

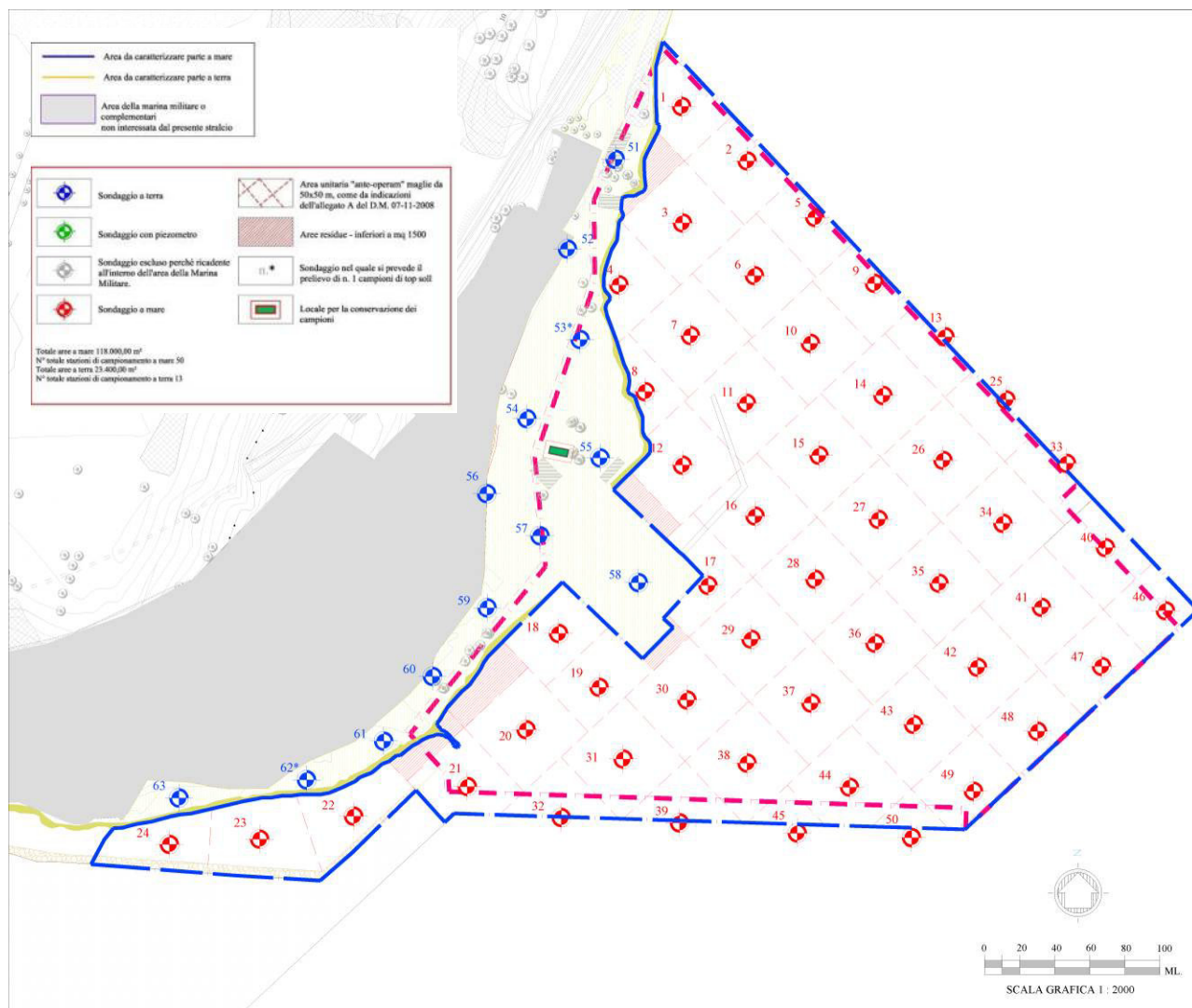
Il piano di caratterizzazione suddivide la strategia di campionamento in due distinte fasi:

- in primo luogo la caratterizzazione dei sedimenti marini ante-operam sull'area interessata dalla realizzazione delle opere a mare;
- e in seguito, finito il dragaggio, la verifica del fondale dragato ai sensi dell'art. 5 del DM 7 novembre 2008 – Questa seconda fase non sarà più attuata in quanto è stata prevista una diversa gestione dei sedimenti che non contempla attività di dragaggio.

Lo schema di campionamento è riportato in figura **F11** e prevede che la distribuzione delle stazioni di campionamento avvenga secondo maglie di: 50x50 m, in corrispondenza del sedime delle future opere a mare (ante operam).

Nella figura sono identificate le "aree unitarie" all'interno delle quali è posizionata e numerata la relativa stazione di campionamento. Per le aree residue di superficie minore a 1500.0 mq non si prevede alcun punto di campionamento.

Nelle aree dove vengono realizzati i banchinamenti si prevede la realizzazione dei pali di grande diametro. A tal fine si aggiunge, alla caratterizzazione dei primi 2 metri, la caratterizzazione dello strato di profondità da -2.0 a -10,0 m dal fondale perché dai profili stratigrafici mediamente alla profondità di -10,0 m si trova il tetto delle argille grigio-azzurre compatte che rappresentano substrato geologico naturale costitutivo dell'area, per il quale si possa escludere qualunque contaminazione antropica. Raggiunto tale substrato geologico impermeabile è sufficiente il prelievo di una sola sezione di lunghezza di 50 cm rappresentativa dell'intero strato. Le stazioni in corrispondenza dei banchinamenti su pali sono le n. 21/32/39/45/50/49/48/47/46/40/33.



F11. Planimetria delle stazioni di campionamento della caratterizzazione

Tutte le sezioni prelevate sono state sottoposte ad analisi fisiche, chimiche, microbiologiche ed ecotossicologiche.

Le indagini di caratterizzazione ambientale sono state eseguite nei mesi di luglio ed agosto 2014; i risultati delle indagini hanno permesso di individuare le zone contaminate, ed in particolare le celle corrispondenti ai campioni in cui:

- almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori ai valori di intervento ma inferiori ai valori di concentrazione limite indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06;
- almeno uno dei parametri analizzati presenta concentrazioni superiori ai valori di concentrazione limite indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06.

In conclusione, le indagini di caratterizzazione ambientale eseguite ad Agosto 2014 hanno messo in luce le seguenti evidenze:

- Per i parametri cadmio, mercurio, piombo, zinco, policlorobifenili (PCB), Antracene, Fluorantene, Para-diclorodifeniltricloroetano (DDT), composti organostannici (Sn organico Totale) ed

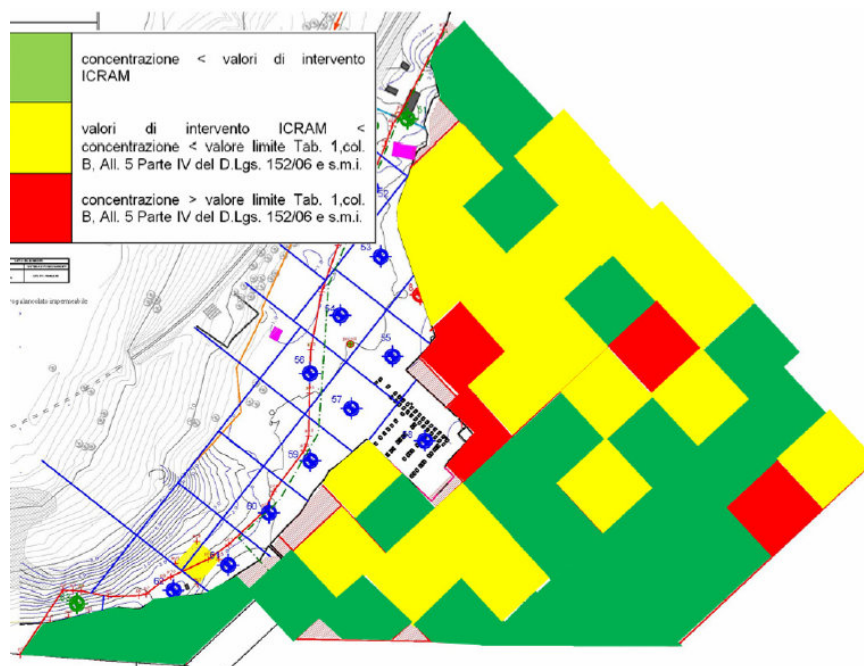


esaclorobenzene sono stati riscontrati dei superamenti dei valori limite di intervento specifici per il Sito di Interesse Nazionale di Priolo – Rada di Augusta, individuati da ICRAM (ora ISPRA) nel doc. ICRAM # CII-Pr-SI-PR-valori intervento Rada-01.01.

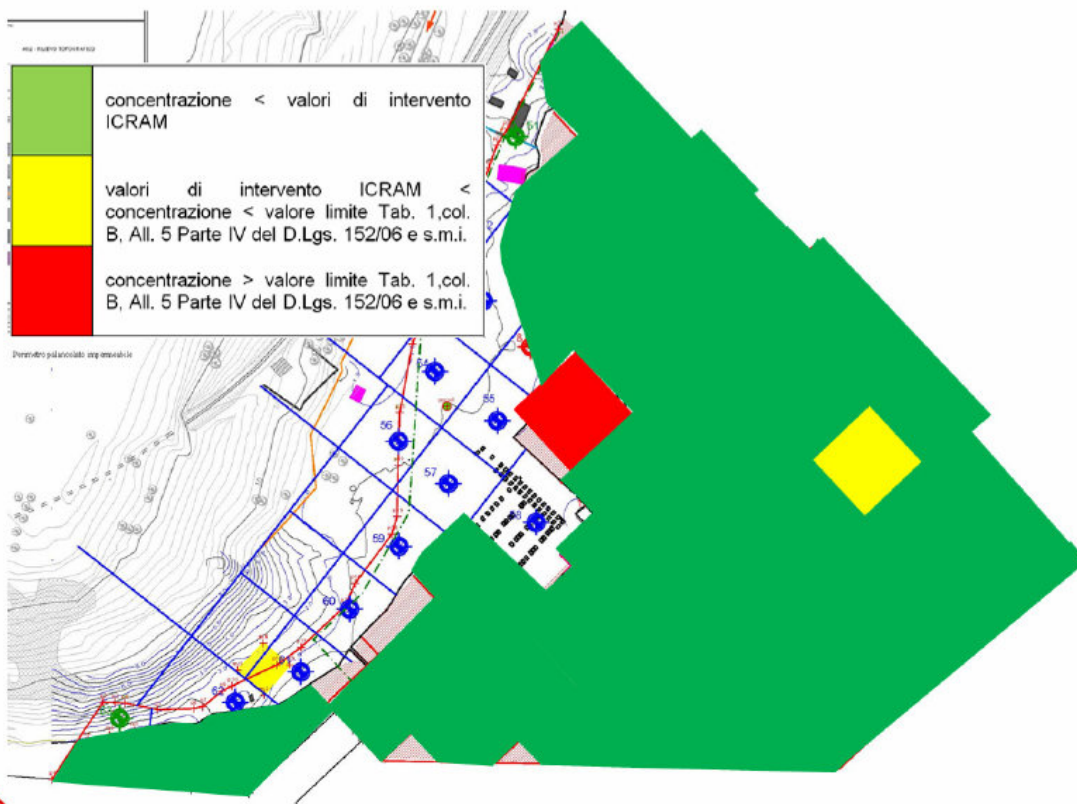
- Per gli stessi parametri sopra riportati non si sono riscontrati dei superamenti dei valori riportati in colonna B della tabella1 dell'Allegato 5 al Titolo V alla parte Quarta del D.Lgs. 152/06).
- Per il Parametro HC>12, per il quale non è presente un relativo valore limite di intervento specifico per il Sito di Interesse Nazionale di Priolo – Rada di Augusta, individuati da ICRAM (ora ISPRA) nel doc. ICRAM # CII-Pr-SI-PR-valori intervento Rada-01.01, si sono tuttavia evidenziati dei superamenti dei valori riportati in colonna B della tabella1 dell'Allegato 5 al Titolo V alla parte Quarta del D.Lgs. 152/06).

I sedimenti risultano essere contaminati da mercurio, idrocarburi pesanti e esaclorobenzene soprattutto nello strato più superficiale (fino a 1 m di profondità). In base alle indagini di caratterizzazione il mercurio e l'esaclorobenzene risultano presenti in concentrazioni superiori al rispettivo valore di intervento ICRAM, mentre la concentrazione degli idrocarburi pesanti, sebbene in sole 4 delle 50 carote, è maggiore dei valori limite definiti nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06.

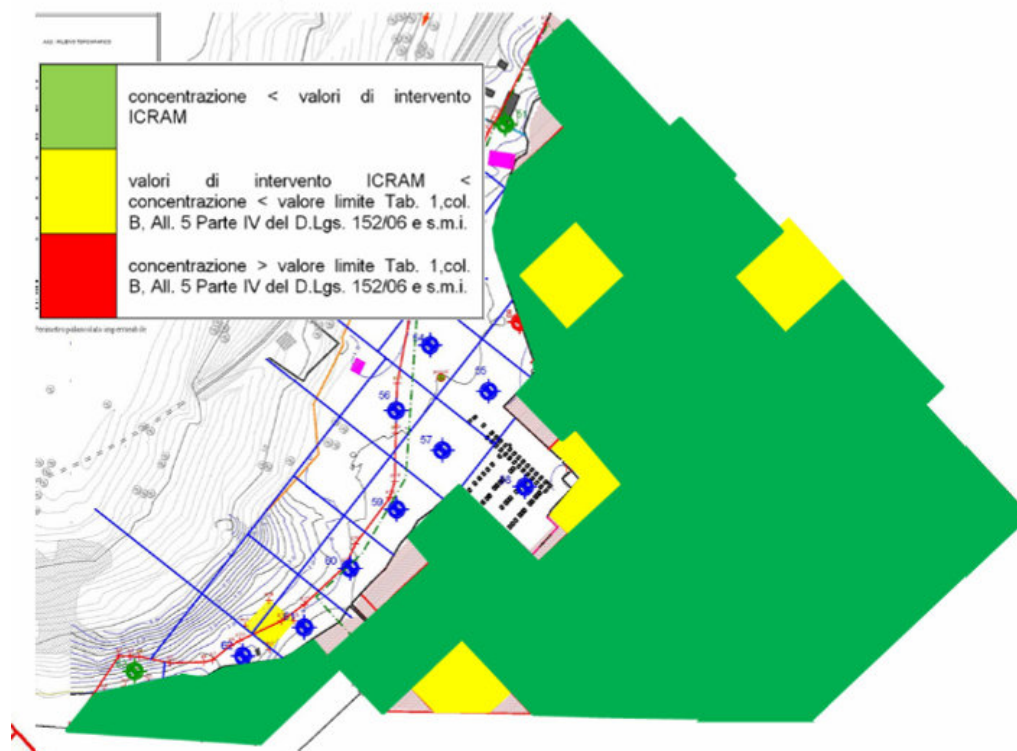
Sul totale delle 50 aree indagate, valori superiori dei parametri chimici superiori alla soglia di intervento ICRAM, ma inferiori ai limiti del indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06, sono stati rilevati in 21 aree nei sedimenti superficiali (0-50 cm), in 1 area, nello strato di sedimenti compreso tra 50 e 100 cm, in 4 aree nello strato 100-150 cm, in 1 area nello strato 250-300 cm e in 1 area nello strato 700-750 cm. Valori oltre i limiti indicati nella col. B tab. 1 del D.Lgs. 152/06 sono stati rilevati per i soli idrocarburi C>12, complessivamente in 4 aree superficiali (0-50 cm) e in 1 area nello strato di sedimenti compreso tra 50 e 100 cm (vedi da figura **F12** a figura **F16**).



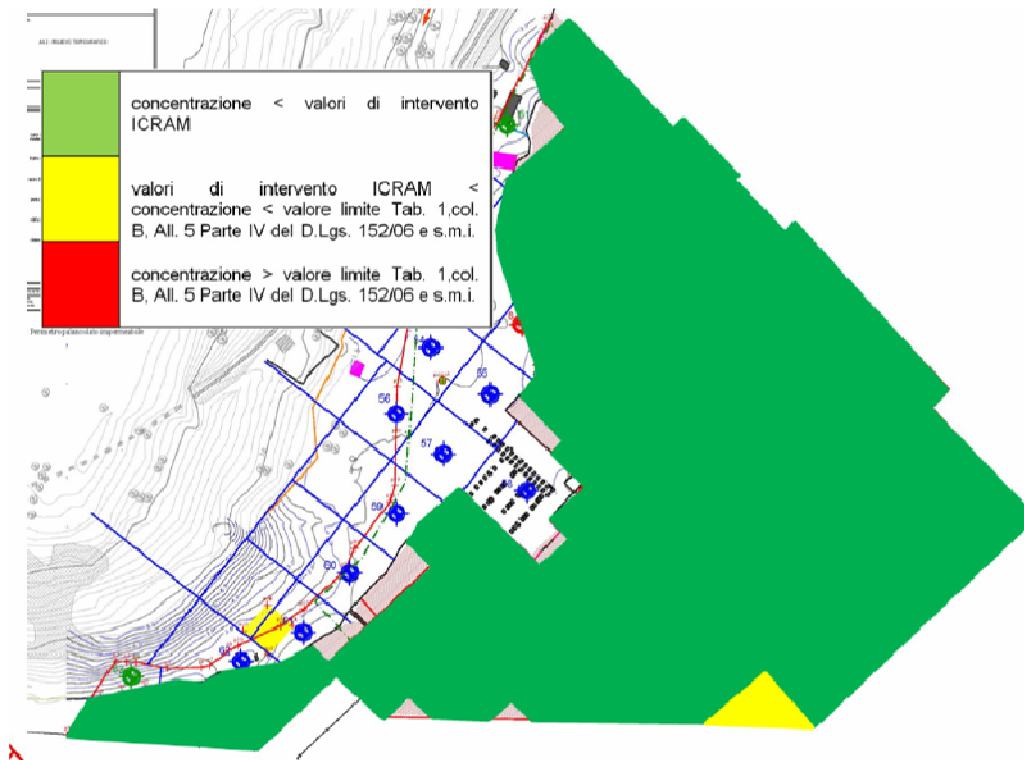
F12. Distribuzione dei contaminati nei sedimenti (livello 0-50 cm)



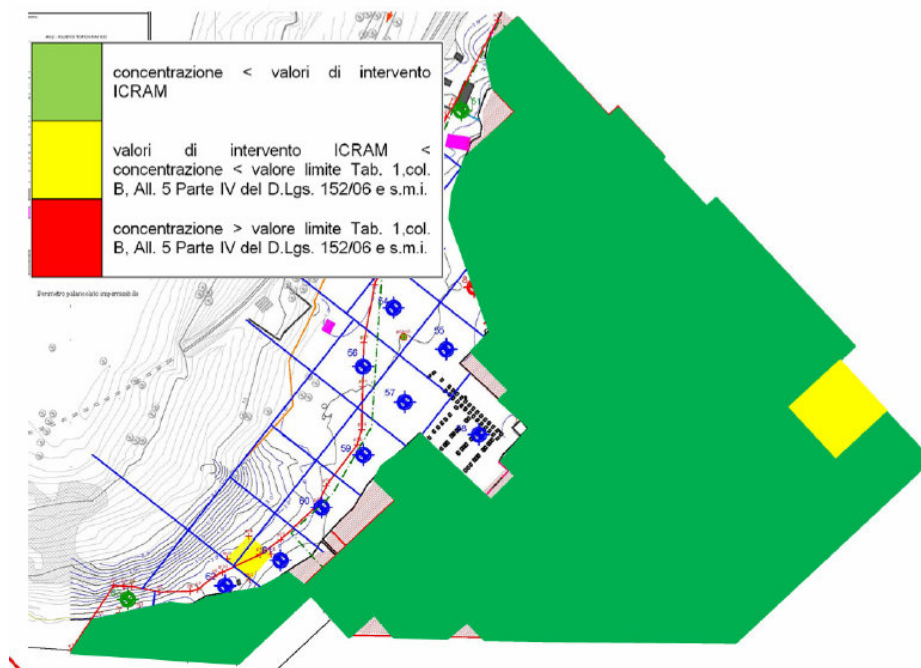
F13. Distribuzione dei contaminati nei sedimenti (livello 50-100 cm)



F14. Distribuzione dei contaminati nei sedimenti (livello 100-150 cm)



F15. Distribuzione dei contaminati nei sedimenti (livello 250-300 cm)



F16. Distribuzione dei contaminati nei sedimenti (livello 700-750 cm)



Le analisi di caratterizzazione, come precedentemente descritto, hanno messo in evidenza che il livello di contaminazione dei sedimenti dei fondali interessati dai lavori, non risulta particolarmente elevato ed è localizzato soltanto in alcune zone superficiali. Lo spessore superficiale (0-50 cm) dove è stata registrata una contaminazione dei sedimenti, ricopre un'area di circa 57.500 m<sup>2</sup>, per un volume totale di circa 28.750 m<sup>3</sup>.

#### **Piano di caratterizzazione – Aree a terra**

Come si evince in figura **F11** sono stati eseguiti 13 sondaggi per la caratterizzazione delle aree a terra. La profondità di sondaggio è risultata variabile fra circa 2,50 e 5,00 mt, e per ciascuno dei punti di sondaggio sono stati prelevati 3 campioni mediante operazioni di quartatura e omogeneizzazione delle carote poste all'interno delle cassette catalogatrici, come previsto dal Piano di Caratterizzazione.

In corrispondenza dei punti **n. 51 e 63** sono stati installati 2 piezometri fino ad attestazione completa nelle argille. A differenza di quanto previsto, l'attestazione nelle argille non ha reso necessario la perforazione fino a 12 mt, ma il fondo foro si è attestato a circa 5 mt. Questo ha comportato che anche in corrispondenza dei due piezometri i campioni prelevati sono stati 3 ciascuno, come per gli altri sondaggi.

Inoltre è stato eseguito un saggio esplorativo (con prelievo di 1 campione) in prossimità del sondaggio n.61, con scavo a mezzo miniescavatore, ai fini dell'indagine analitica di una porzione di area in rilevato (ritenuta di origine antropica), come richiesto e in contraddittorio con Arpa.

In corrispondenza dei **sondaggi n.53 e n.62** è stato eseguito il prelievo di n. 2 campioni di top soil (10% dei punti di indagine), per effettuare la ricerca analitica dei seguenti parametri: Amianto, Diossine e PCB.

Per quanto concerne le acque di falda, considerata l'esiguità dello spessore dell'acquifero, riscontrata a seguito di misure freaticometriche, è stato eseguito un solo campionamento in corrispondenza della stazione n. AU51 così come riportato da ARPA Sicilia nel Verbale prot. n. 49919 del 06.08.2014

Ogni campione è stato formato immediatamente a seguito dell'estrusione del materiale dal carotiere in quantità significative e rappresentative. Preliminarmente sono stati prodotti i campioni vials per la determinazione dei composti organici volatili.

I campioni di terreno prelevati sono stati sigillati con riempimento dall'alto. I campioni di top soil sono stati prelevati e formati come previsto dal protocollo ambientale citato.

Dai rapporti di prova sui campioni prelevati a terra, allegati al Piano di Caratterizzazione, i valori di contaminazione superano solo per alcuni parametri i limiti delle Concentrazioni Soglia di Contaminazione di cui alla colonna A Tabella 1 Allegato 5, al titolo V parte IV del D.Lgs. n.152/06 e s.m.i. (vedi tabella **T 1**), rientrando comunque all'interno della colonna B della stessa Tabella 1.

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

T 1. Valori di concentrazione soglia di contaminazione nel suolo e nel sottosuolo riferiti alla specifica destinazione d'uso dei siti da bonificare (Tabella 1 Allegato 5, al titolo V parte IV del D.Lgs. n.152/06 e s.m.i.)

		A	B
		Siti ad uso Verde pubblico, privato e residenziale (mg kg <sup>-1</sup> espressi come ss)	Siti ad uso Commerciale e industriale (mg kg <sup>-1</sup> espressi come ss)
	composti inorganici		
1	Antimonio	10	30
2	Arsenico	20	50
3	Berillio	2	10
4	Cadmio	2	15
5	Cobalto	20	250
6	Cromo totale	150	800
7	Cromo VI	2	15
8	Mercurio	1	5
9	Nichel	120	500
10	Piombo	100	1000
11	Rame	120	600
12	Selenio	3	15
13	Stagno	1	350
14	Tallio	1	10
15	Vanadio	90	250
16	Zinco	150	1500
17	Cianuri (liberi)	1	100
18	Fluoruri	100	2000
	Aromatici		
19	Benzene	0.1	2
20	Etilbenzene	0.5	50
21	Stirene	0.5	50
22	Toluene	0.5	50
23	Xilene	0.5	50



**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

24	Sommatoria organici aromatici (da 20 a 23)	1	100
	Aromatici policiclici [1]		
25	Benzo(a)antracene	0.5	10
26	Benzo(a)pirene	0.1	10
27	Benzo(b)fluorantene	0.5	10
28	Benzo(k.)fluorantene	0.5	10
29	Benzo(g. h. i.)perilene	0.1	10
30	Crisene	5	50
31	Dibenzo(a,e)pirene	0.1	10
32	Dibenzo(a,1)pirene	0.1	10
33	Dibenzo(a,i)pirene	0.1	10
34	Dibenzo(a,h)pirene.	0.1	10
35	Dibenzo(a,h)antracene	0.1	10
36	Indenopirene	0.1	5
37	Pirene	5	50
38	Sommatoria policiclici	10	100
	Alitatici clorurati cancerogeni [1]		
39	Clorometano	0.1	5
40	Diclorometano	0.1	5
41	Triclorometano	0.1	5
42	Cloruro di Vinile	0.01	0.1
43	1,2-Dicloroetano	0.2	5
44	1,1 Dicloroetilene	0.1	1
45	Tricloroetilene	1	10
46	Tetracloroetilene (PCE)	0.5	20
	Alifatici clorurati non cancerogeni [1]		
47	1,1-Dicloroetano	0.5	30
48	1,2-Dicloroetilene	0.3	15
49	1,1,1-Tricloroetano	0.5	50
50	1,2-Dicloropropano	0.3	5

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

51	1.1.2-Tricloroetano	0.5	15
52	1.2.3-Tricloropropano	1	10
53	1.1.2.2-Tetracloroetano	0.5	10
	Alifatici alogenati		
54	Tribromometano	0.5	10
55	1.2-Dibromoetano	0.01	0.1
56	Dibromoclorometano	0.5	10
57	Bromodiclorometano	0.5	10
	Nitrobenzeni		
58	Nitrobenzene	0.5	30
59	1.2-Dinitrobenzene	0.1	25
60	1.3-Dinitrobenzene	0.1	25
61	Cloronitrobenzeni	0.1	10
	Clorobenzeni [1]		
62	Monoclorobenzene	0.5	50
63	Diclorobenzeni non	1	50
64	Diclorobenzeni cancerogeni	0.1	10
65	1.2.4 -triclorobenzene	1	50
66	1.2.4.5-tetracloro-benzene	1	25
67	Pentaclorobenzene	0.1	50
68	Esaclorobenzene	0.05	5
69	Fenoli non clorurati [1]		
70	Metilfenolo (o-, m-, p-)	0.1	25
71	Fenolo	1	60
	Fenoli clorurati [1]		
72	2-clorofenolo	0.5	25
73	2.4-diclorofenolo	0.5	50
74	2.4.6 - triclorofenolo	0.01	5
75	Pentaclorofenolo	0.01	5
	Ammine Aromatiche [1]		
76	Anilina	0.05	5
77	o-Anisidina	0.1	10



**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

78	m.p-Anisidina	0.1	10
79	Difenilamina	0.1	10
80	p-Toluidina	0.1	5
81	Sommatoria Ammine	0.5	25
	Fitofarmaci		
82	Alaclor	0.01	1
83	Aldrin	0.01	0.1
84	Atrazina	0.01	1
85	alfa-esacloroetano	0.01	0.1
86	beta-esacloroetano	0.01	0.5
87	gamma -esacloroetano	0.01	0.5
88	Clordano	0.01	0.1
89	DDD, DDT, DDE	0.01	0.1
90	Dieldrin	0.01	0.1
91	Endrin	0.01	2
	Diossine e furani		
92	Sommatoria PCDD, FCDF	1x10 <sup>-5</sup>	1x10 <sup>-4</sup>
93	PCB	0.06	5
	Idrocarburi		
94	Idrocarburi Leggeri C inferiore o uguale a 12	10	250
95	Idrocarburi pesanti C superiore a 12	50	750
	Altre sostanze		
96	Amianto	1000 [*]	1000 [*]
97	Esteri dell'acido ftalico	10	60

[1] In Tabella sono selezionate, per ogni categoria chimica, alcune sostanze frequentemente rilevate nei siti contaminati. Per le sostanze non esplicitamente indicate in Tabella i valori di concentrazione limite accettabili sono ricavati adottando quelli indicati per la sostanza tossicologicamente più affine.

[\*] Corrisponde al limite di rilevabilità della tecnica analitica (diffrazione a raggi X oppure I.R.- Trasformata di Fourier)



Pertanto, i materiali di risulta provenienti dalle attività di scavo a terra possono essere confinati all'interno della vasca di colmata.

I risultati delle analisi di caratterizzazione ambientale dei sedimenti e della parte a terra, in accordo al Piano di Caratterizzazione ed al Protocollo Generale per l'esecuzione delle indagini di caratterizzazione e di collaudo degli interventi di bonifica dei siti contaminati da parte dei soggetti obbligati ai sensi del D.Lgs. 152/06 e s.m.i. e dell'accordo di programma per il sito di interesse nazionale (SIN) "Priolo", sono state validate dall'Arpa Sicilia ST Siracusa con nota prot. 816 del 09.01.2015.

#### **2.1.4 Indagini geognostiche e prove di laboratorio**

La stratigrafia dei terreni è stata ricostruita mediante l'esecuzione delle perforazioni geognostiche, delle prove in situ e delle indagini geofisiche.

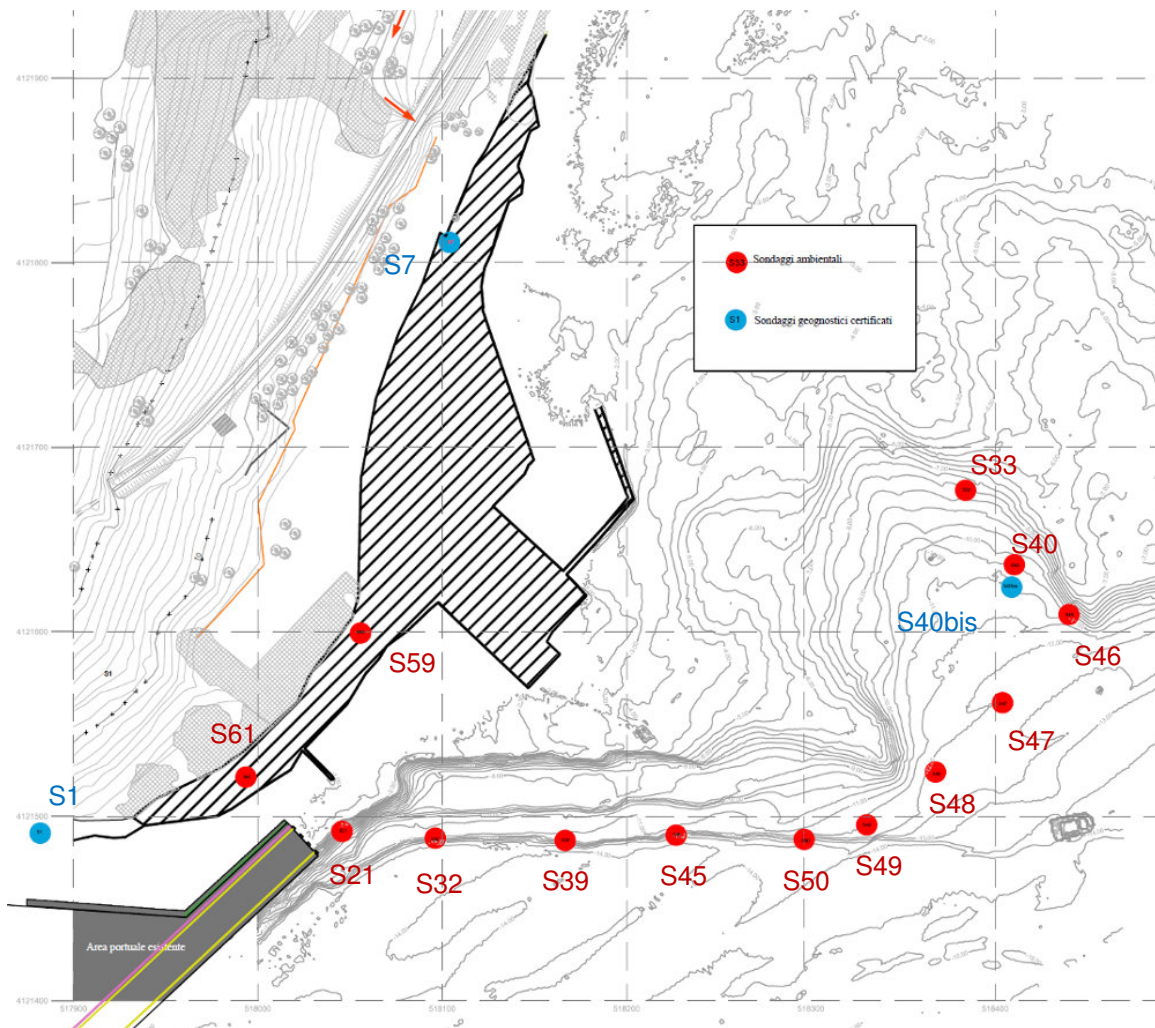
In particolare sono stati eseguiti due sondaggi a terra denominati S1 e S7 e un sondaggio a mare denominato S40 bis, oltre nell'area interessata dal progetto sono stati eseguiti n° 50 indagini di caratterizzazione ambientale e geostratigrafica spinti fino alla profondità di 10 m a partire dal fondo marino.

A partire dalla quota del boccaforo i sondaggi eseguiti sulle aree a terra ed in corrispondenza dell'attuale fronte mare, hanno individuato la presenza di materiale di riporto costituito da tout-venant di cava a composizione calcarea, sovrastante limi argillosi brunastri, sabbie grossolane e limi sabbiosi debolmente argillosi fino ad una profondità variabile fino ad un massimo di circa -3.8 m dal p.c., oltre la quale si rinviene il substrato rappresentato dalle argille grigio-azzurre di media/buona consistenza.

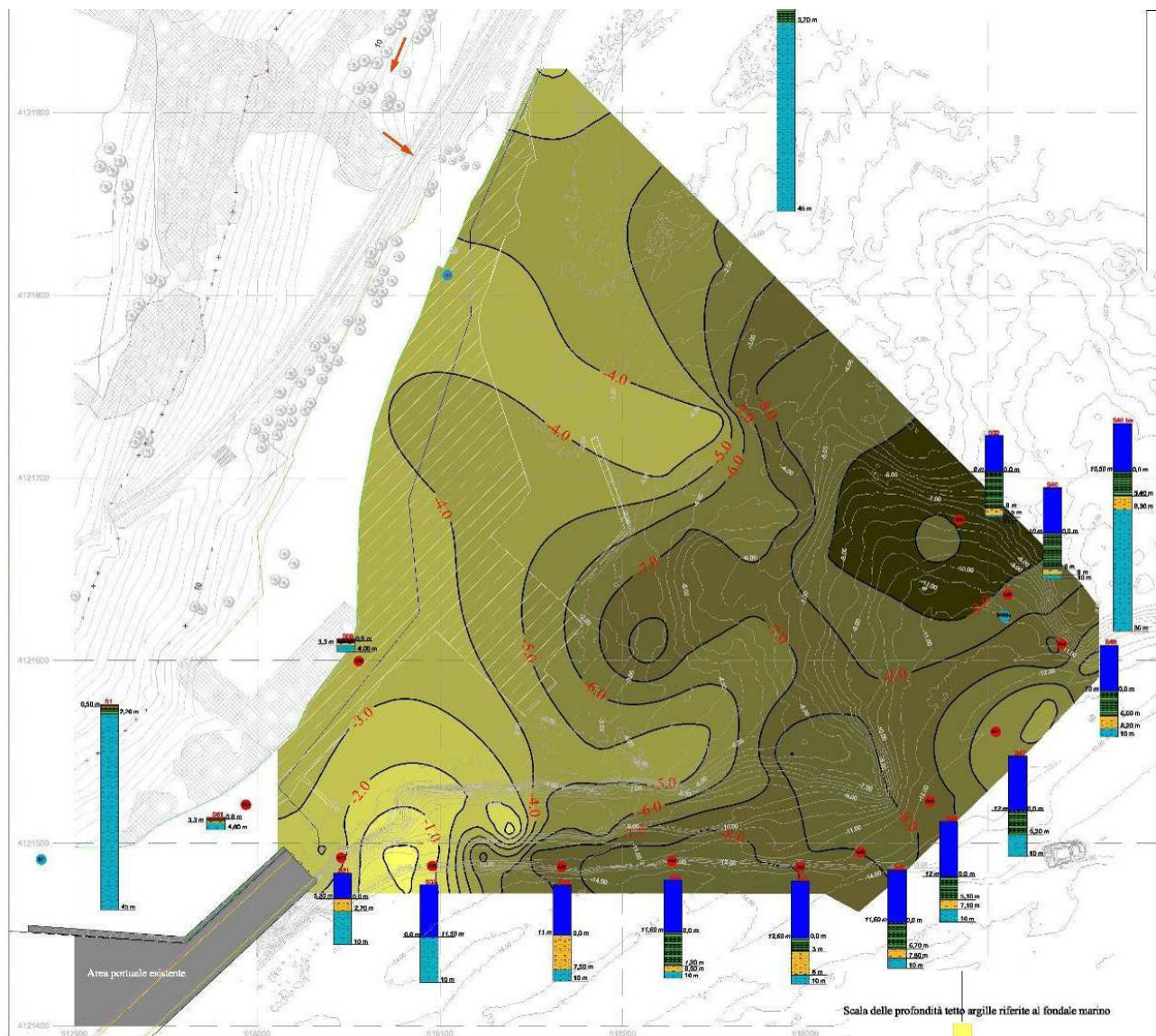
Le argille grigio-azzurre costituiscono la formazione di base e nel sondaggio S40 bis (figura **F17**) eseguito a mare sono state rinvenute a partire da una profondità di circa 8.3 m. Al di sopra del suddetto litotipo è presente uno strato di argille giallastre da alterate a leggermente alterate, che rappresenta la copertura della formazione delle argille grigio/azzurre.

In particolare la successione litostratigrafica dei luoghi in esame, ricostruita attraverso i sondaggi eseguiti e le indagini geofisiche eseguite con sub bottom profiler, hanno consentito di schematizzare la stratigrafia dei fondali e la simulazione del tetto delle argille come indicato nella figura **F18** e nella sezione stratigrafica riportata in figura **F19** e può essere così schematizzata, pur riscontrando variazioni stratigrafiche locali:


- Limi sabbiosi debolmente argillosi poco consistenti (Limi)
- Argille giallastre (Argille)
- Argille grigio azzurre (Argille)




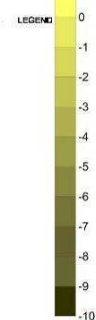
F17. \_Planimetria dei sondaggi effettuati



-  mare
-  terreno vegetale
-  limi sabbiosi
-  argille gialle
-  argille grigio-azzurre

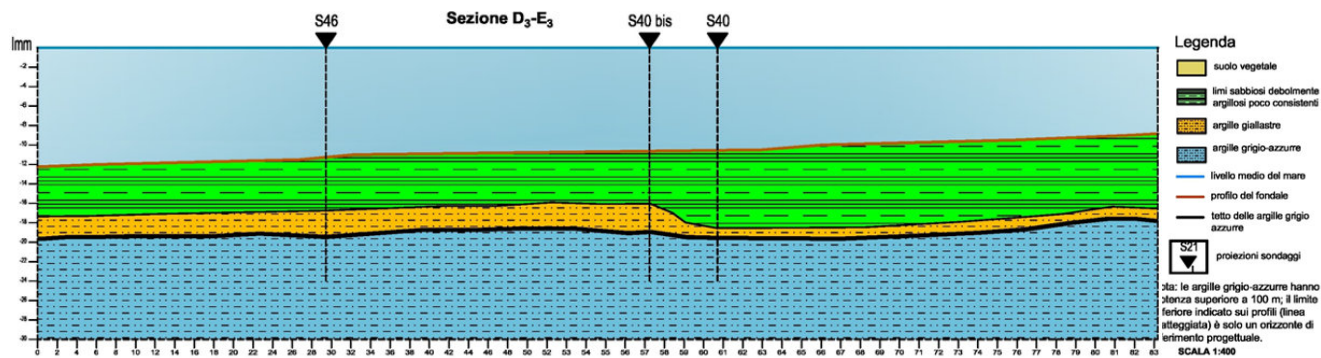
 Sondaggi ambientali eseguiti a mare (ubicati in corrispondenza del previsto palancolato impermeabile)

 Sondaggi geognostici certificati eseguiti a mare e a terre (ubicati in corrispondenza del previsto palancolato impermeabile)



DATI DI RILEVAMENTO	
<b>DATI CARTOGRAFICI</b>	<b>SISTEMA DI POSIZIONAMENTO</b>
Datam: map 94	GPS RTK TRIMBLE RB
Geometric: map 94	Software di Navigazione Posson
Proiezione: UTM 33	PROJ 3300
<b>DATI BATIMETRICI</b>	<b>PERIODO DI RILEVAMENTO</b>
	Aprile 2014
Dati riferiti al MSL	
Dati acquisiti con Ecosounding litografico multibeam "Hacon Multibeam 8125"	
 Seabed topography	 Seabed depth
 Seabed depth	 Seabed depth

F18. Carta tetto delle argille nell'area interessata dall'intervento



F19. Sezione stratigrafia longitudinale sull'area di intervento

### Limi

Si tratta di un livello di limi brunastrì sulla terraferma e di colore grigiastro al di sotto del mare debolmente argillosi con ricca presenza di trovanti calcarenitici, fibre vegetali, frammenti di bivalvi e policheti.

I terreni limo-argillosi ricoprono il fondale con spessori discontinui (da pochi metri fino a 7-8 m). Dal punto di vista geologico sono dei sedimenti attuali e rappresentano prodotti di deposizione fluviale provenienti dal vicino fiume Mulinello che ha carattere di regime torrentizio.

A causa delle condizioni di sotto consolidazione sono del tutto trascurabili in termini di capacità portante e inconsistenti dal punto di vista geotecnico.

E' possibile anche riscontrare alluvioni ghiaioso-sabbiose, prive delle frazioni limo-argillose e portate dal vicino Torrente Mulinello: hanno una potenza consistente nelle immediate vicinanze del Torrente; il banco va però rapidamente scomparendo allontanandosi dalla foce dove lascia il posto ad un banco di argille gialle.

### Argille

Al di sotto dei Limi i terreni attraversati da tutte le perforazioni sono costituiti dalle Argille di colore grigio-azzurro al taglio fresco, mediamente consolidate, talvolta con lenti discontinue di sabbie e livelletti limosi.

La porzione superficiale giallastra è invece alterata e particolarmente rimaneggiata ed ha inglobata una maggiore percentuale di sedimenti granulari limoso - sabbiosi disposti in lamine centimetriche.

Durante la sua sedimentazione si sono, a più riprese, verificati fenomeni di mobilitazione gravitativa di depositi non ancora consolidati ("correnti di torbida"), ripetutisi in tempi successivi a causa di movimenti tettonici accompagnati da sismi.

In seguito a questi rimaneggiamenti si sono formati, localmente, accumuli lenticolari di fossili ed in periodo più recente, banchi e letti di brecce di rocce vulcaniche, anch'esse rimaneggiate.

E' da sottolineare che le Argille ridepositate in ambiente sottomarino non subiscono ossidazione e conservano perciò il loro colore grigio azzurro caratteristico.

In tempi successivi, le "Argille siciliane", sono state sollevate, grazie alla tettonica recente, al di sopra del mare, presentando un andamento stratigrafico solitamente sub-orizzontale, con blande ondulazioni rilevabili solo a grande scala; arealmente affiorano diffusamente al di sotto del livello mare. Il loro spessore, accertato attraverso i sondaggi, è certamente superiore ai 35 m; da dati di letteratura e da pozzi presenti nelle vicinanze lo spessore di questa formazione risulta comunque superiore ai 100 metri.



La permeabilità di questa formazione è mediamente bassa o nulla: solo alcuni corpi detritici inclusi nell'ammasso argilloso possiedono caratteristiche di discreta permeabilità, ma il loro andamento tipicamente lenticolare impedisce un'efficiente alimentazione, per mancanza di continuità idraulica.

La giacitura generale dei litotipi rivela una lieve immersione verso Est (lato mare), mentre diviene per lo più pendente procedendo verso Sud in considerazione della prevalente frazione argilloso-limoso, con evidenti caratteri di trasgressione rispetto alla sottostante sequenza calcarenitica. L'accertamento delle loro caratteristiche meccaniche ha denotato elevati valori della resistenza meccanica.

In particolare, le caratteristiche meccaniche delle argille variano rapidamente con la profondità passando da valori modesti a valori anche elevati. Verso il basso questo orizzonte evolve in modo graduale verso un banco di argilla grigia molto compatta di notevole spessore, caratterizzato da un elevato grado di sovraconsolidazione ed ottime proprietà meccaniche.

A corredo delle stratigrafie sono state eseguite prove di laboratorio sui campioni argillosi.

Le argille costituiscono la parte integra della formazione argillosa di substrato, ritenuta la più idonea a ricevere le sollecitazioni indotte dai carichi di progetto.

Nel complesso, ribadiamo, le argille possiedono un notevole grado di sovraconsolidazione e ottime caratteristiche meccaniche.

In definitiva, le stratigrafie evidenziate e le sezioni stratigrafiche da esse derivate possono mostrare variazioni di qualità composizionale, tessiturale e di profondità, ma l'assetto geostratigrafico e strutturale dell'area di progetto, ancorché complicato da anisotropie stratigrafiche, è estremamente chiaro e mostra, in substrato, unicamente terreni argillosi mediamente consolidati.

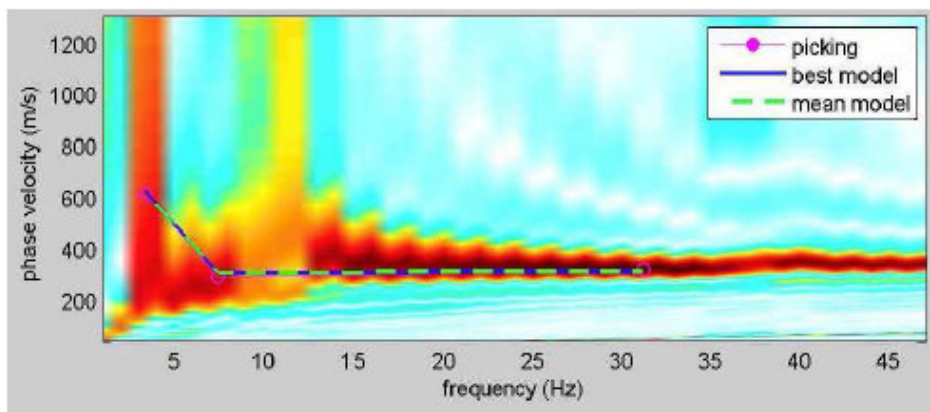
Dal punto di vista idrogeologico, i terreni del fondale marino sono costituiti da un orizzonte di limi argillosi costituenti un discreto acquifero permanente, mentre il letto è formato da terreni appartenenti a successioni argillose di permeabilità molto bassa dell'ordine di  $10^{-9}/10^{-10}$  cm/s ( $K=10^{-11}$  m/s) (come hanno accertato le prove edometriche eseguite su campioni di argille con limo debolmente sabbiose e di limi con argille sabbiose).

I rapporti tra le opere ed i terreni di fondazione possono desumersi dalle sezioni stratigrafiche e dalle sezioni geologiche riportate in progetto.

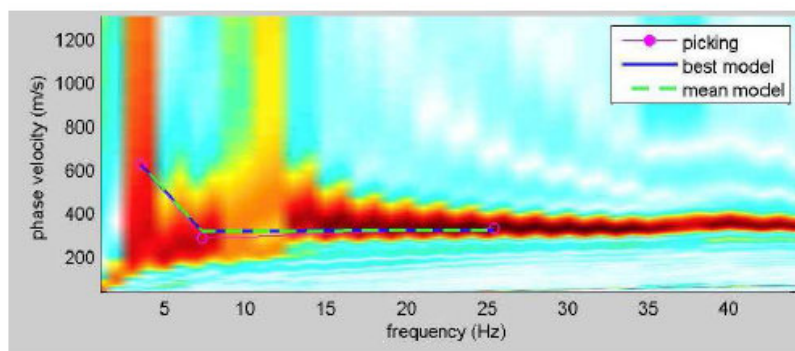
Per la determinazione della velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  nel sottosuolo ai fini della sua classificazione, sono state eseguite n.2 prove sismiche attive tipo MASW (Multichannel Analysis of Surface Wave) per la valutazione delle curve di dispersione delle onde superficiali di Rayleigh, l'analisi dei dati nel dominio F-K (frequency-wave number) e la restituzione dei profili di velocità di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  (Figure 8 e 9).

I valori ottenuti sono funzione dello spessore dei terreni e delle caratteristiche dei litotipi attraversati. Nel caso in esame, in particolare, dai profili di propagazione delle onde di taglio  $V_s$  e di compressione  $V_p$  si possono ricavare entro i primi 30, 40 metri di profondità valori rispettivamente compresi nell'ordine di  $V_s = 100, 350$  m/sec e di  $V_p = 150, 800$  m/sec.





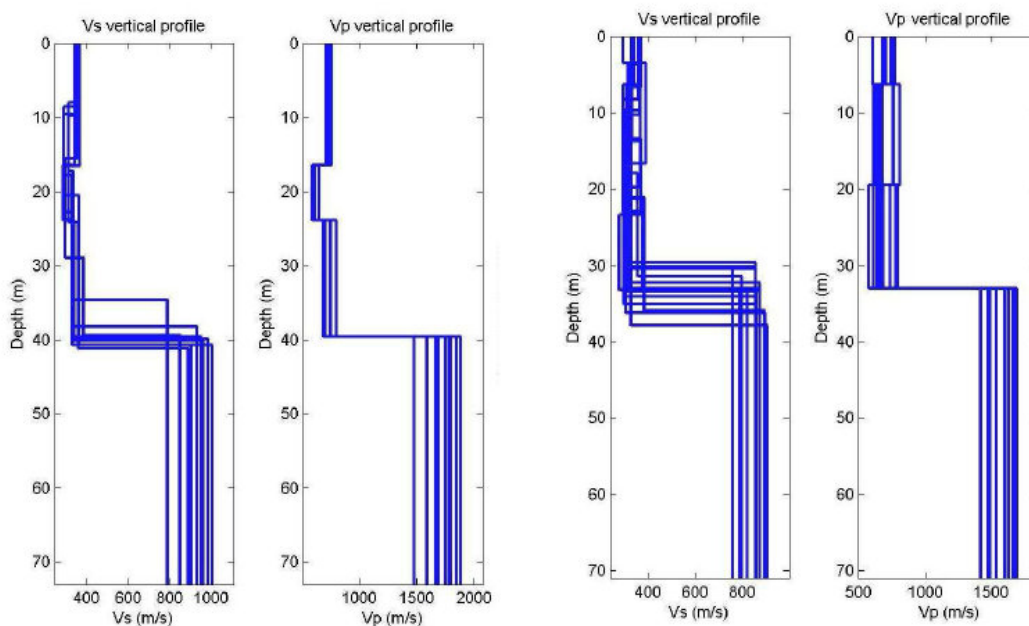
F20. Risultati prova sismica MASW1



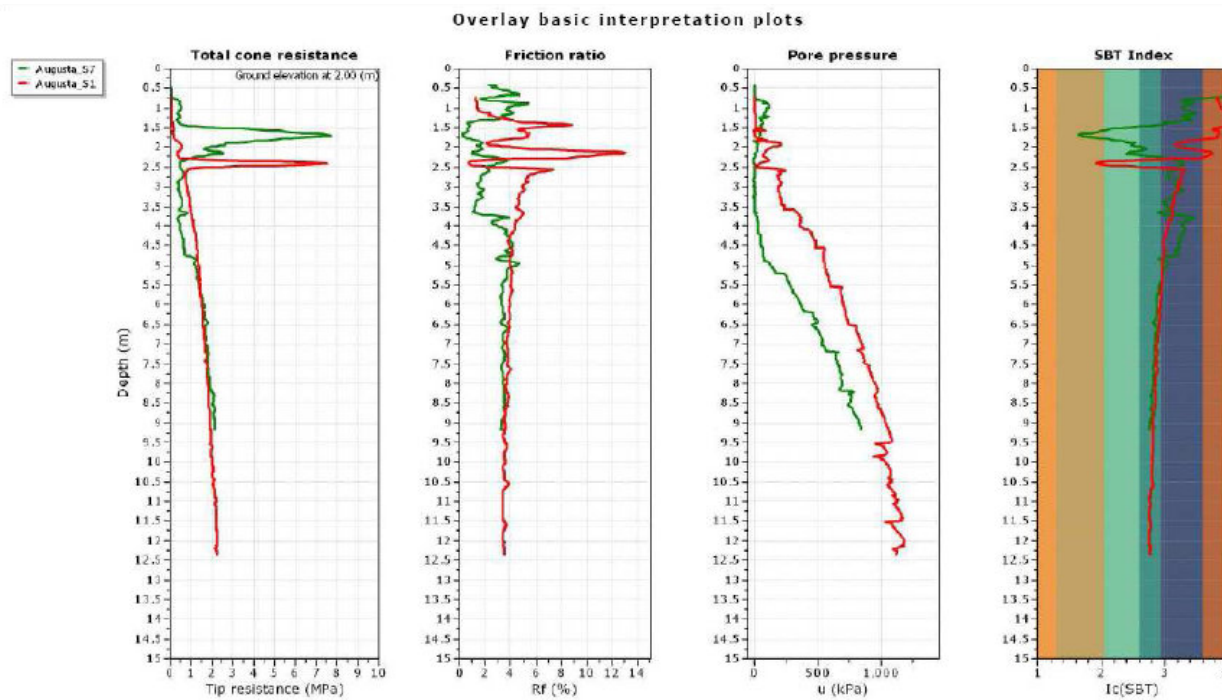
F21. Risultati prova sismica MASW2

Le evidenze sperimentali di ulteriori indagini in situ consistite nell'esecuzione di n.2 prove penetrometriche di tipo CPTU (figura **F23**), nonché di prove sismiche Down-Hole, confermano la natura dei terreni interessati dalla realizzazione delle opere previste in progetto, con riferimento sia ai valori caratteristici dei parametri geotecnici dedotti dall'interpretazione dei risultati di tali prove (resistenza non drenata, permeabilità, grado di sovraconsolidazione, modulo di elasticità, ecc.), che a quelli che ne caratterizzano il comportamento in condizioni sismiche (velocità onde di taglio  $V_s$ ).

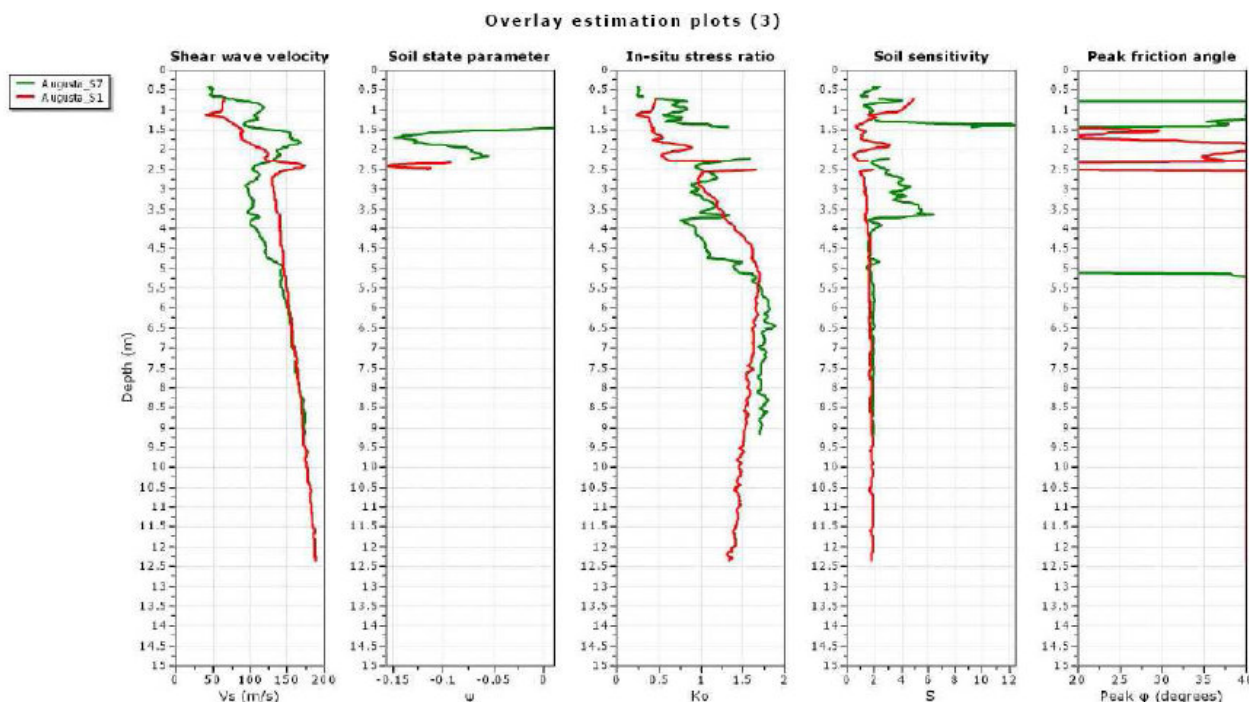
I risultati delle suddette indagini, unitamente a quelli delle prove di laboratorio, integrati con l'esperienza dello scrivente derivante da studi condotti nell'area in esame, saranno utilizzati per la definizione del modello geotecnico di sottosuolo, la cui valutazione è propedeutica al dimensionamento geotecnico ed alle verifiche di stabilità delle opere relative alla costruzione della vasca di colmata e delle banchine containers.



F22. Profili di propagazione delle onde di taglio Vs e di compressione Vp



F23. Risultati prove penetrometriche CPTU



F24. Interpretazione dei risultati prove CPTU

Nel corso dei sondaggi eseguiti sono stati prelevati alcuni campioni di terreno la cui denominazione e profondità è riportata nelle tabelle successive (tabelle T 2, T 3 e T 4). Per la valutazione delle caratteristiche geotecniche e delle proprietà meccaniche sono state eseguite prove comprendenti: analisi granulometrica, determinazione del contenuto naturale d'acqua, del peso dell'unità di volume, del peso specifico dei grani e dei limiti di consistenza. Sono inoltre state eseguite prove di compressione ad espansione laterale libera (ELL), prove triassiali di tipo non consolidato non drenato (UU) per la determinazione della resistenza non drenata dei campioni di natura argillosa e prove di taglio diretto (TD) per la valutazione dei parametri di resistenza al taglio in condizioni drenate.

Infine mediante prove di compressione edometrica sono stati valutati i parametri di deformabilità ( $E_d$ ) e permeabilità ( $k$ ) dei terreni, con specifico riferimento a quelli più direttamente interessati dal carico derivante dal riempimento della cassa di colmata e dal confinamento con le palancole metalliche impermeabili.

Nel modello geotecnico di sottosuolo i parametri geotecnici devono essere assunti sulla base dei risultati delle indagini appositamente eseguite, che per i litotipi in esame hanno fornito i valori caratteristici riportati nelle tabelle successive.

**LIVELLO 1 : limi grigiastri**

$\gamma_k = 18.3 \text{ kN/m}^3$	(peso dell'unità di volume)
$c_{uk} = 10 \div 50 \text{ kPa}$	(coesione non drenata)
$c'_k = 0 \text{ kPa}$	(coesione efficace)
$\phi'_k = 15^\circ \div 18^\circ$	(angolo di resistenza al taglio efficace)
$E = 5 \text{ MPa}$	(modulo elastico)

**LIVELLO 2 : argille giallastre**

$\gamma_k = 18.7 \text{ kN/m}^3$	(peso dell'unità di volume)
$c_{uk} = 50 \div 100 \text{ kPa}$	(coesione non drenata)
$c'_k = 30 \text{ kPa}$	(coesione efficace)
$\phi'_k = 22^\circ$	(angolo di resistenza al taglio efficace)
$E = 15 \text{ MPa}$	(modulo elastico)

**LIVELLO 3 : argille grigio-azzurre**

$\gamma_k = 19 \text{ kN/m}^3$	(peso dell'unità di volume)
$c_{uk} = 150 \div 250 \text{ kPa}$	(coesione non drenata)
$c'_k = 50 \text{ kPa}$	(coesione efficace)
$\phi'_k = 25^\circ$	(angolo di resistenza al taglio efficace)
$E = 20 \text{ MPa}$	(modulo elastico, valore crescente con la profondità)

**LIVELLO 4 : materiale di riempimento**








$\gamma_k = 22 \text{ kN/m}^3$	(peso dell'unità di volume)
$c'_k = 0 \text{ kPa}$	(coesione efficace)
$\phi'_k = 36^\circ$	(angolo di resistenza al taglio efficace)
$E = 50 \text{ MPa}$	(modulo elastico)





**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**










T 3. Sondaggio 1

Sond/Camp	Foto	DATI PRELIEVO		CARATTERISTICHE FISICHE				LIMITI DI ATTERBERG			TX UU ELL		TD		PROVA EDOMETRICA				
		Prof. [m]	Litotipo	Y [kN/m <sup>3</sup> ]	G <sub>s</sub> [kN/m <sup>3</sup> ]	w <sub>n</sub> [%]	LL	LP	IP	IC	c <sub>u</sub> [kPa]	e'	φ'	Carico [kPa]	E <sub>v</sub> [MPa]	m <sub>v</sub> [1/MPa]	C <sub>v</sub> [cm <sup>2</sup> /sec]	k [cm/sec]	
S40bis/C1		3,00 - 3,50	Limo con argilla sabbiosa	18,32	25,19	48,29	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--	--
S40bis/C2		9,00 - 9,60	Argilla con limo debolmente sabbiosa	18,66	24,75	34,92	78,88	42,60	36,29	1,21	111	32	25	100	5,35	0,187	5,41 10 <sup>-4</sup>	9,92 10 <sup>-90</sup>	
S40bis/C3		12,00 - 12,50	Limo con argilla debolmente sabbiosa	18,67	25,09	39,56	--	--	--	--	165	20	26	200	4,89	0,204	5,43 10 <sup>-4</sup>	1,09 10 <sup>-88</sup>	
S40bis/C4		18,00 - 18,50	Argilla con limo debolmente sabbiosa	19,15	24,50	32,23	85,87	32,64	53,22	1,01	185	--	--	400	6,86	0,145	5,79 10 <sup>-4</sup>	8,28 10 <sup>-89</sup>	
S40bis/C5		21,50 - 22,50	Limo con argilla sabbiosa	18,78	25,27	--	--	--	--	--	250	50	26	800	11,33	0,088	3,49 10 <sup>-4</sup>	3,02 10 <sup>-96</sup>	
S40bis/C6		25,50 - 26,00	Argilla con limo sabbiosa	19,38	25,18	--	--	--	--	295	--	--	--	1600	14,60	0,088	3,05 10 <sup>-4</sup>	2,05 10 <sup>-99</sup>	
S40bis/C7		32,00 - 32,50	Argilla con limo sabbiosa	18,65	26,58	--	--	--	--	300	--	--	--	3200	22,11	0,045	2,20 10 <sup>-4</sup>	9,76 10 <sup>-10</sup>	



**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

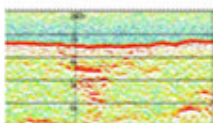
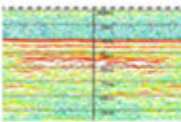
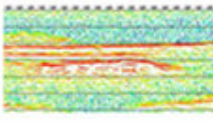
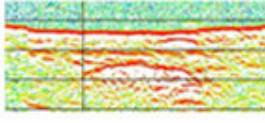
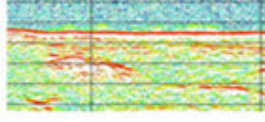
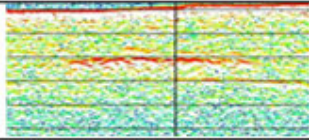
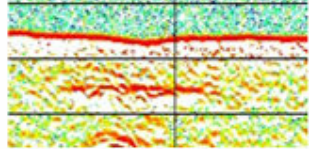
T 4. Sondaggio 7

Sond/Camp	DATI PRELIEVO		CARATTERISTICHE FISICHE				LIMITI DI ATTERBERG			TX UU ELL		TD		PROVA EDOMETRICA				
	Foto	Prof. [m]	Litotipo	Y [kN/m²]	G <sub>s</sub> [kN/m³]	w <sub>L</sub> [%]	LL	LP	IP	IC	c <sub>v</sub> [kPa]	c' [kPa]	φ [°]	Carico [kPa]	E <sub>d</sub> [MPa]	m <sub>v</sub> [1/MPa]	C <sub>c</sub> [cm²/acc]	k [cm/sec]
S7C1		4,50 - 5,00	Limo con argilla sabbiosa	1830	24,77	--	--	--	--	--	44	18	100	4,93	0,20	3,49 <sup>-04</sup>	1,05 <sup>-08</sup>	
S7C2		9,00 - 9,50	Limo con argilla	1959	25,99	32,20	71,03	38,34	1,01	--	--	--	200	10,84	0,09	5,30 <sup>-04</sup>	6,96 <sup>-09</sup>	
S7C3		13,50 - 14,00	Limo con argilla sabbiosa	1870	24,66	34,85	77,71	42,86	1,00	177	15	21	100	16,30	0,06	5,03 <sup>-04</sup>	4,55 <sup>-09</sup>	
S7C4		19,50 - 20,00	Limo con argilla sabbiosa	1877	25,08	--	--	--	--	200	--	--	100	17,28	0,05	5,05 <sup>-04</sup>	3,04 <sup>-09</sup>	
S7C5		24,50 - 25,00	Limo con argilla sabbiosa	1857	25,37	--	--	--	--	--	--	--	100	25,62	0,04	2,56 <sup>-04</sup>	1,45 <sup>-09</sup>	
S7C6		28,50 - 29,00	Argilla con limo	1848	25,35	--	--	--	--	140	--	--	100	27,63	0,03	1,53 <sup>-08</sup>	8,25 <sup>-10</sup>	
S7C7		34,50 - 35,00	Limo con argilla sabbiosa	1952	26,26	--	--	--	--	--	--	--	200	2,79	--	5,20 <sup>-04</sup>	1,83 <sup>-08</sup>	
S7C8		39,50 - 40,00	Argilla con limo	1901	23,62	--	--	--	--	--	--	--	400	2,69	--	1,32 <sup>-04</sup>	4,82 <sup>-09</sup>	
S7C9		43,00 - 43,50	Limo con argilla sabbiosa	1929	26,97	--	--	--	--	--	--	--	800	3,91	--	1,03 <sup>-04</sup>	2,59 <sup>-09</sup>	
													1600	6,91	--	1,11 <sup>-04</sup>	1,58 <sup>-09</sup>	
													3200	14,15	--	1,21 <sup>-04</sup>	8,36 <sup>-10</sup>	
													3200	30,89	--	1,24 <sup>-04</sup>	3,93 <sup>-10</sup>	



### 2.1.5 Indagini archeologiche

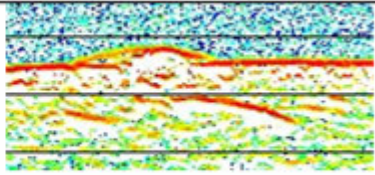
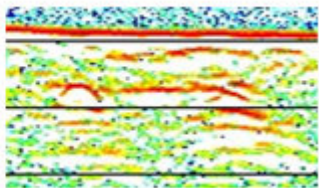
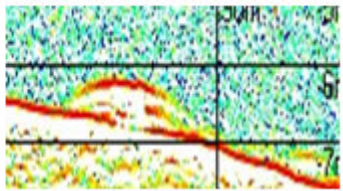
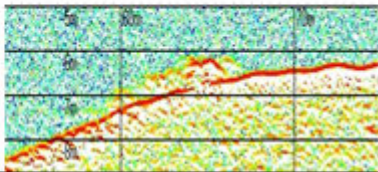
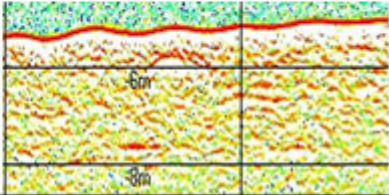
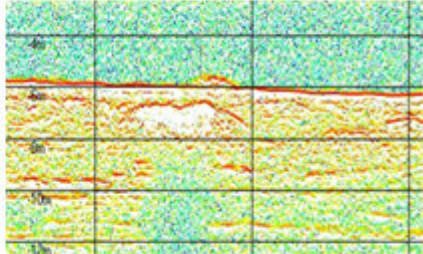
I rilievi geofisici effettuati con il sistema di Multibeam, Sub Bottom Profiler e Side Scan sonar sono stati utilizzati anche per verificare la presenza di reperti archeologici nei fondali interessati dalle opere in progetto, volte ad individuare eventuali anomalie e quindi di consentire, attraverso due differenti fasi di analisi indirette in situ (una prima generale e superficiale ed una seconda puntuale sui target), per verificarne l’effettiva presenza nei fondali.

Profilo SB	ID target	Datum wgs 84 proiezione utm 33		Profondità fondale (metri)	Profondità target dal fondale (metri)	descrizione	Rappresentazione grafica del target segnalato
		est	nord				
sb3	1	518280	4121764.2	3.20	1,0	Iperbole di diffrazione Dim. 2 x 0.50 m.	
sb7	2	518236.6	4121736.9	4.00	1,5	lente di materiale più compatto e/o sabbioso Dim. 4 x 0.60 m.	
sb7	3	518250.1	4121747.3	4.00	1,0	Iperboli di diffrazione e lente di materiale più compatto e/o sabbioso Dim. 3 x 0.60 m.	
sb7	4	518404.2	4121829.8	5.00	1,0	lente di materiale più compatto e/o sabbioso Dim. 3.5 x 0.50 m.	
sb8	5	518416.7	4121816.4	5.30	1,5	Iperboli di diffrazione e lente di materiale più compatto e/o sabbioso Dim. 3,5 x 0.70 m	
sb8	6	518366.4	4121791.3	3.90	2,2	Iperboli di diffrazione Dim. 4 x 0.20 m.	
sb10	7	518321	4121783.8	3.40	0.70	lente di materiale più compatto e/o sabbioso Dim. 4 x 0.20 m.	





**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

sb16	8	518264.8	4121690.6	0.00	sup	Presenza di iperbole di diffrazione sul fondo.	
sb17	9	518422.1	4121797.7	9.50	0,7	Iperboli di diffrazione. Alta impedenza acustica dim. 3 x 0.20	
sb46	10	518415.3	4121674.7	0.00	sup	Presenza di iperbole di diffrazione sul fondo.	
sb49	11	518413.3	4121676.9	0.00	sup	Presenza di iperbole di diffrazione sul fondo.	
sb60	12	518273.8	4121563.3	5.00	0.50	Presenza di iperbole di diffrazione	
Sb74	13	518444.2	4121805.6	5.30	0.30	Area caratterizzata da un riflettore ad alta impedenza acustica Dim. 3.5 x 1.5 m.	

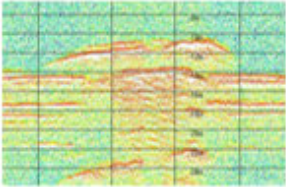
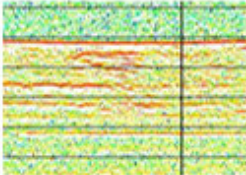
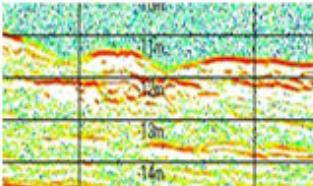
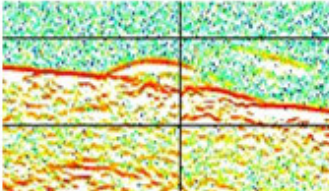
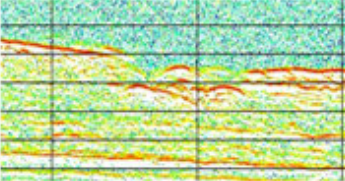
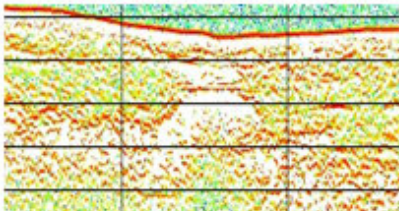
Le risultanze della campagna di indagini hanno messo in evidenza la presenza di un totale di 30 target, di cui 2 osservati dai dati multibeam, 9 dai dati di side scan sonar e 19 dai dati di sub bottom profiler.

I target si Sub Bottom Profiler sono stati ritenuti tali solo nei casi in cui il segnale è apparso caratterizzato da un alto grado di impedenza acustica ( $\rho \times c$ ); generando spesso la tipica iperbole di diffrazione che fa dedurre che si tratta di elementi caratterizzati da un alto coefficiente di rifrazione e/o geometria irregolare. Sono stati mappati anche dei target probabilmente riconducibili ad un sedimento sciolto più consolidato o caratterizzato da una

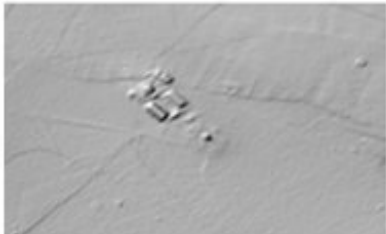
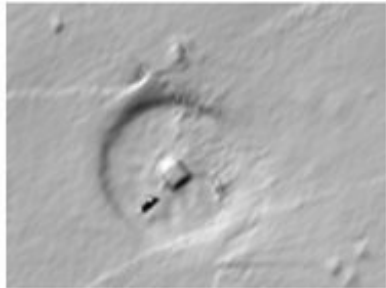
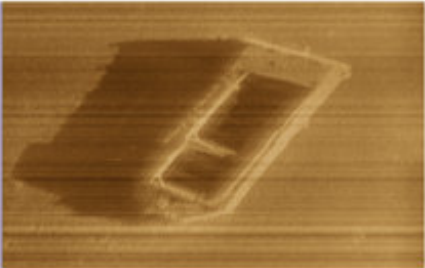

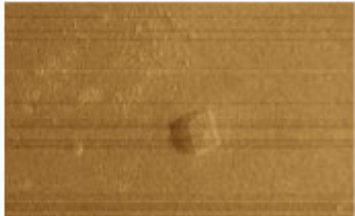


**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

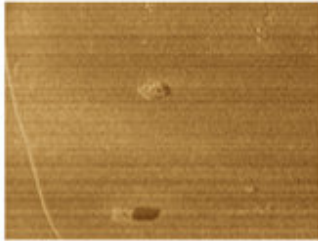
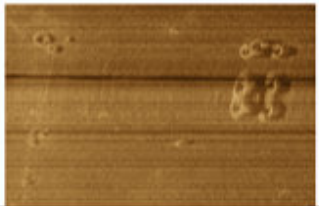
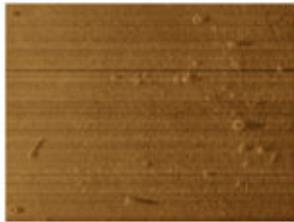


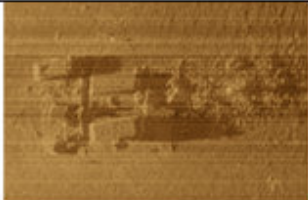
taglia maggiore del circostante. In via precauzionale queste anomalie sono indicate come possibili target e catalogate in un elenco di seguito riportato.

Sb126	14	518441.1	4121494.6	0.00	sup.	Iperbole di diffrazione. Dim. 17.0 x 4.00m (relitto).	
Sb155	15	518252.6	4121629.3	5.50	1.00	lerte di materiale più compatto Dim. 2.0 x 1.0 m.	
Sb181	16	518370.3	4121643.6	0.00	sup.	Presenza di iperbole di diffrazione.	
Sb188	17	518335.8	4121707.8	0.00	sup.	Presenza di iperbole di diffrazione Sul fondo	
Sb189	18	518371.8	4121647.8	0.00	sup.	Area caratterizzata da riflettori ad alta impedenza acustica Dim. 5.00 x 1.0 m.	
Sb199	19	518327.5	4121766.7	9.50	1.20	Area caratterizzata da riflettori ad alta impedenza acustica Dim. 3.00 x 1.2 m.	

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO  
Relazione generale del progetto esecutivo

Mb	20	518338.7	4121703.9	0.00	sup.	Oggetti di natura antropica sul fondale (blocchi rettangolari) Dim. 3.0 x 1.5 m.	
Mb	21	518366.8	4121641.5	0.00	sup.	Corpo morto sul fondo Dim. 1.50 x 1.50 m.	
Sss	22	518448.8	4121703.9	0.00	sup.	Relitto Dim. 24 x 12 m.	
Sss	23	518265.7	4121689.9	0.00	sup.	Oggetto sul fondo Dim. 1.5 x 1.5 m.	
Sss	24	518238.5	4121695.4	0.00	sup.	Oggetto sul fondo Dim. 2 x 2 m.	

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO  
Relazione generale del progetto esecutivo

Sss	25	518348.9	4121601.9	0.00	sup	Oggetto sul fondo Dim. 1 x 1 m.	
Sss	26	518242.1	4121626.4	0.00	sup	Oggetti sul fondo (Pneumatici)	
Sss	27	518419	4121729.2	0.00	sup	Oggetti sul fondo (Pneumatici)	
Sss	28	518188.8	4121586.5	0.00	sup	Blocchi rettangolari allineati Dim 3 x 1.5 m.	
Sss	29	518200.2	4121551.5	0.00	sup	Condotta rifornimento acqua	
Sss	30	518338.7	4121703.9	0.00	sup	Oggetti di natura antropica sul fondale (blocchi rettangolari) Dim 3.0 x 1.5 m.	



### **3 OTTIMIZZAZIONE DEL PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I° E II° STRALCIO IN RISCONTRO ALLE INDAGINI PRELIMINARI**

Le indagini preliminari hanno consentito di ottimizzare il progetto definitivo con particolare riguardo con i risultati dei rilievi morfo-stratigrafici e topografici, delle indagini di caratterizzazione ambientale e delle indagini geognostiche.

La struttura di banchina a giorno presentata in sede di offerta non è in grado di assicurare i requisiti prestazionali richiesti al palancoato di conterminazione, con riferimento, in particolare, alle esigenze di stabilità della parete impermeabile della cassa di colmata, come condizione prodromica fondamentale per l'impermeabilità del sistema.

Tale impossibilità è connessa al fatto che il modello geotecnico derivante dai risultati delle nuove indagini condotte e la maggiore severità dell'azione sismica derivante dall'adeguamento alla nuova normativa tecnica (NTC2008), indicano l'impossibilità di garantire la richiesta stabilità e dunque l'integrità e l'impermeabilità del palancoato, oltre che i necessari margini di sicurezza della struttura in relazione ai mutati valori dell'azione sismica di progetto.

La variazione della soluzione progettuale di offerta è derivata dalle differenti condizioni geotecniche emerse dalla campagna d'indagini condotta prima della progettazione esecutiva, oltre che dal cambiamento della normativa tecnica.

Ad ulteriore chiarimento s'intende precisare:

- 1) La campagna di indagini geognostiche e geotecniche eseguita prima dello sviluppo della progettazione esecutiva non ha modificato il modello stratigrafico previsto dal progetto a base di gara, quanto piuttosto, ha consentito una più precisa definizione del modello geotecnico.
- 2) Tale più precisa definizione del modello geotecnico è derivata dalla possibilità di eseguire una campagna d'indagini (geognostiche e geotecniche) mirata ad accertare, nelle zone più direttamente interessate dalla realizzazione delle opere a mare, le proprietà geotecniche e meccaniche dei terreni di fondazione.
- 3) Il modello geotecnico deducibile dai risultati delle indagini disponibili in fase di gara è costituito da due livelli rappresentati dai terreni limo-argillosi (Livello A), seguiti dalla formazione delle argille grigio-azzurre (Livello B) di base. In virtù dell'approfondimento d'indagine condotto in fase di progettazione esecutiva, la successione stratigrafica nell'area in studio è stata così meglio schematizzata:

- limi sabbiosi debolmente argillosi poco consistenti (limi);
- argille giallastre alterate (argille);
- argille grigio-azzurre (argille);

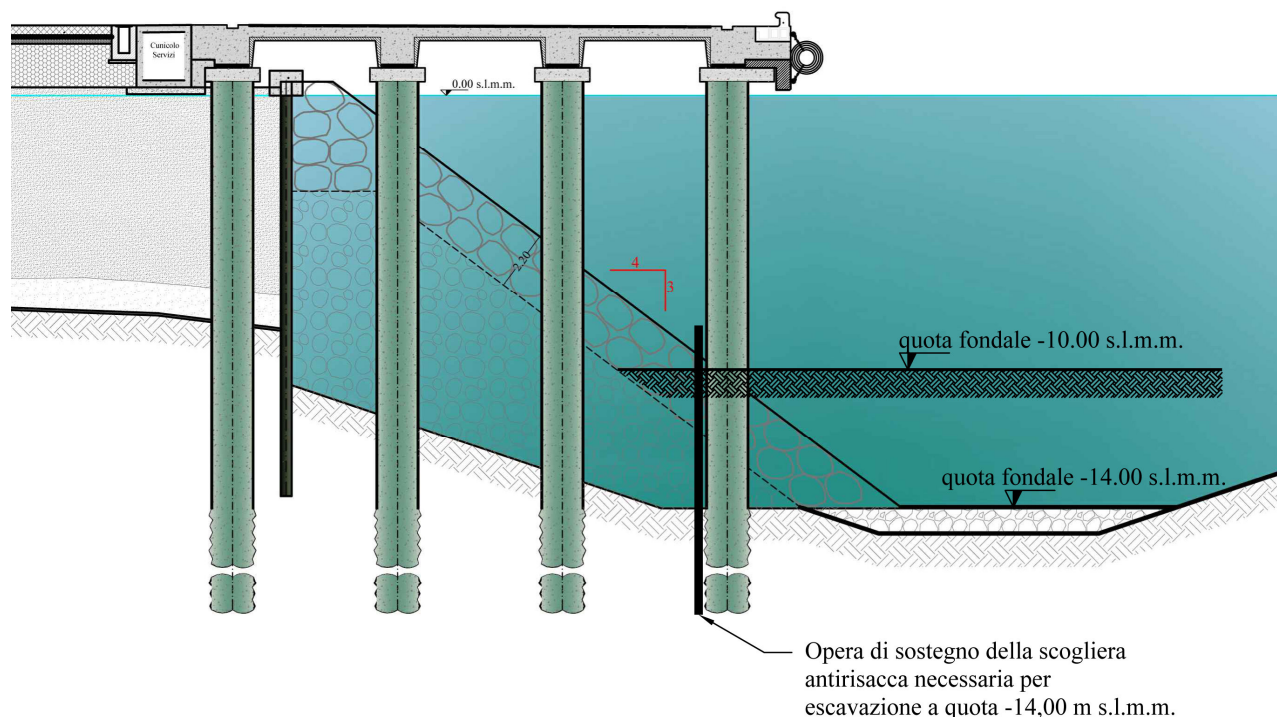
ovvero il modello geotecnico è costituito da tre livelli, di cui i primi due (limi sabbiosi debolmente argillosi poco consistenti e le argille giallastre alterate), dotati di scadenti/modeste proprietà meccaniche. L'approfondimento d'indagine ha per messo inoltre di attribuire allo strato definito "molle", che in fase di gara era stato assunto pari a circa 1.0 ÷ 2.0 m, una potenza massima pari a circa 8.0 m.



Si rimanda all'elaborato 1073-GE-00-C-016-B “Relazione geotecnica integrativa” per ogni ulteriore chiarimento in merito al confronto delle analisi e delle verifiche sia del progetto definitivo di offerta alla luce del modello geotecnico esecutivo e con i carichi statici e sismici conformi a quanto richiesto dall'NTC 2008 di cui al DM 14/01/2008.

Il progetto esecutivo è stato predisposto a seguito dell'avvenuta ultimazione delle caratterizzazioni ambientali chimico fisiche e dei relativi risultati ottenuti, nelle more della validazione degli stessi da parte di ARPA Sicilia, ed è conforme a quanto previsto dall'art. 4 del contratto d'appalto e del Capitolato Speciale d'Appalto del Titolo III “Fusione ed integrazione 1° e 2° stralcio”.

I rilievi batimetrici hanno evidenziato la difficoltà a realizzare la tipologia costruttiva, prevista nel progetto definitivo, per i primi 100 m della banchina operativa Sud e per il tratto antiriflettente della banchina operativa Nord, in quanto le profondità rilevate sono risultate notevolmente minori ai -14,00 m. Per cui la soluzione del progetto definitivo comporta la necessità di effettuare notevoli lavori di escavazione, con complicazioni all'iter approvativo del progetto esecutivo. In particolare, le batimetriche rilevate nell'area sottostante la nuova banchina a giorno (lato Nord), comporterebbero delle difficoltà tecniche di stabilità della scogliera antirisacca, appoggiata su fondali minori a -14,00 m; inoltre, una volta realizzata la stessa sugli attuali fondali, i lavori di escavo sviluppati in una fase successiva, comporterebbero la necessità di realizzare onerose opere di contenimento della scogliera antirisacca, al fine di assicurarne la stabilità, come si evince dalla figura **F25**.



F25. Variazione della quota rilevata e di progetto

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

Con particolare attenzione si sono prese in considerazione le prescrizioni del Decreto VIA del Ministero dell’Ambiente prot. DSA-DEC-2007-0000244 del 27.03.2007, cercando di minimizzare gli impatti dovuti alle fasi costruttive ed alle lavorazioni previste nel progetto definitivo.

A tal fine è stata redatta una specifica relazione (“Verifica di ottemperanza al decreto del Ministero Ambiente prot. prot. DSA-DEC-2007-0000244 del 27.03.2007”) dove sono riportate le ottemperanze del progetto esecutivo alle prescrizioni del decreto.

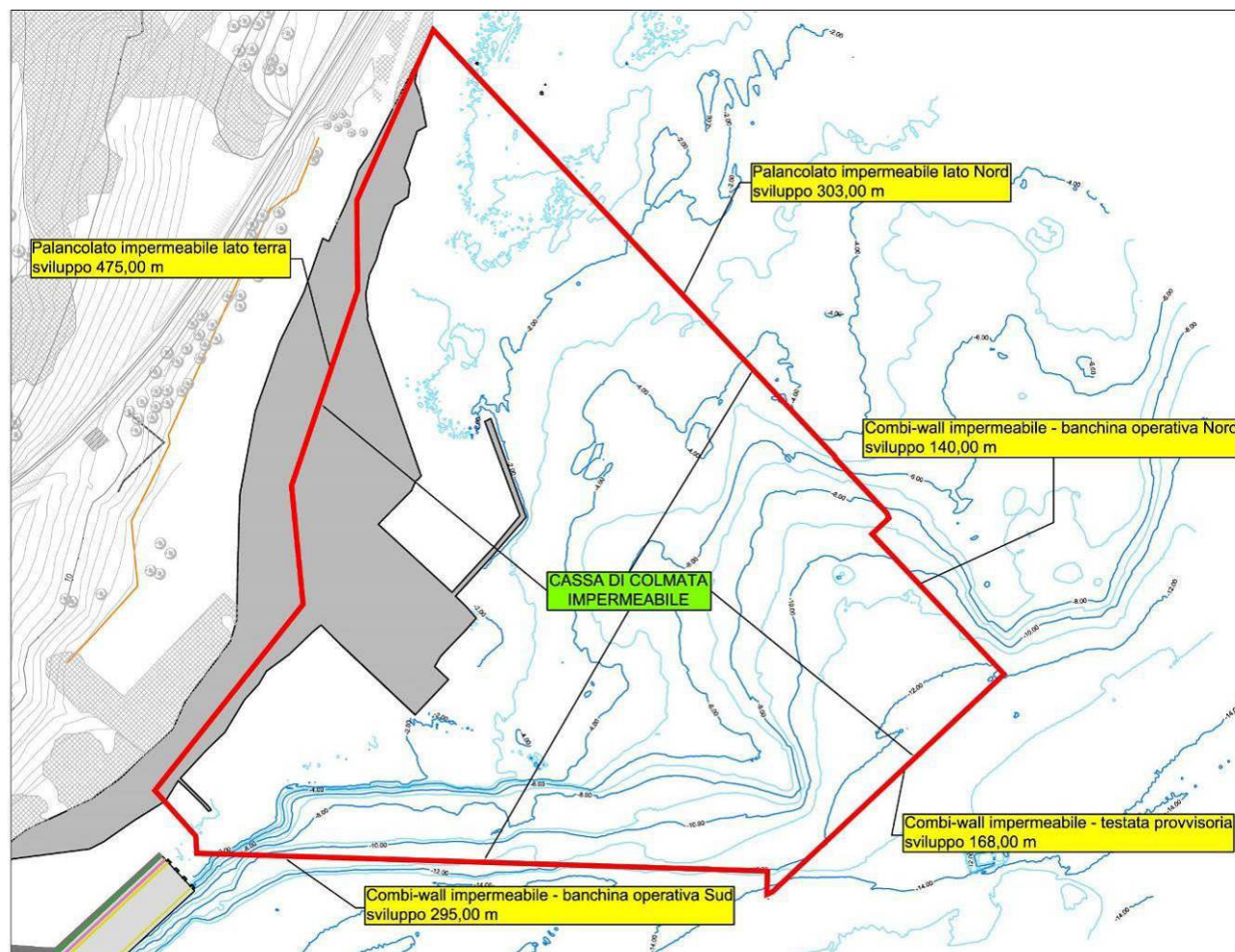
Come preliminarmente detto, è stata data attenzione alle prescrizioni del decreto VIA del Ministero dell’Ambiente, ed in particolare la prescrizione n. 14, che nello specifico ha prescritto in fase di progettazione esecutiva “(...) *un accurato studio dei fondali, esteso a tutta l’area oggetto delle operazioni di dragaggio, effettuando il prelievo e la caratterizzazione dei sedimenti marini (...)*”.

Le analisi di caratterizzazione hanno messo in evidenza che il livello di contaminazione dei sedimenti dei fondali interessati dai lavori, non risulta particolarmente elevato ed è localizzato soltanto in alcune zone superficiali.

Le indagini geognostiche hanno rilevato la presenza di un letto di argille formato da terreni con permeabilità molto bassa dell’ordine di  $10^{-9}/10^{-10}$  cm/s ( $K= 10^{-11}$  m/s).

In definitiva, le indagini preliminari hanno quindi consentito di mettere a punto una soluzione progettuale, migliorativa rispetto alla soluzione del progetto definitivo, che si adatta maggiormente allo stato dei luoghi dal punto di vista geomorfologico, ambientale, batimetrico e funzionale nel tempo. La soluzione ottimizzata prevede la realizzazione di una barriera perimetrale di cinturazione della nuova colmata, realizzata con una struttura impermeabile, in modo da conterminare sia i sedimenti costituenti il fondale sia il materiale di riempimento proveniente da cava per la formazione della colmata stessa e soprattutto, la possibilità di eseguire eventuali futuri lavori di dragaggio senza interferire con le nuove strutture.

Si è messa a punto una soluzione che prevede la realizzazione di una cassa di colmata, formata da una struttura tipo “cofferdam”, costituita da due pareti in combi-wall, di cui una impermeabile per le nuove banchine di accosto e conterminazione del perimetro del piazzale.



F26. Planimetria cassa di colmata impermeabile

Il sistema di conterminazione dei sedimenti del fondale, avrà le caratteristiche di una cassa di colmata impermeabile, ai sensi del DM 7 novembre 2008 e del D.Lgs 1 del 24 gennaio 2012 art. 48, e cioè strutture che devono presentare un sistema di impermeabilizzazione naturale o completato artificialmente al perimetro e sul fondo, in grado di assicurare requisiti di permeabilità almeno equivalenti a quelli di uno strato di materiale naturale dello spessore di cento centimetri con coefficiente di permeabilità pari a  $1,0 \times 10^{-9}$  m/s.

La nuova tipologia strutturale permette di escludere le attività di bonifica dei sedimenti, interessati dal nuovo terrapieno. Conseguentemente si esclude quindi l'attività di dragaggio a mare prevista nel progetto posto a base di gara, limitando notevolmente in tal modo l'impatto ambientale dovuto all'escavo, alla movimentazione di elevate quantità di materiali di risulta del dragaggio ed al possibile trattamento dei sedimenti di dragaggio e/o allo smaltimento degli stessi presso centri autorizzati.

Gli evidenti vantaggi ambientali della nuova soluzione, sono sostanzialmente sintetizzati di seguito:

- minori flussi veicolari di mezzi pesanti previsti in entrata ed uscita dal cantiere, dovuti al fatto che non viene più previsto il trasporto dei fanghi dragati come rifiuto a discarica o ad impianto di trattamento;
- minor impatto atmosferico ed acustico legato ai minori flussi veicolari indotti;



**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

- eliminazione della eventuale fase di trattamento dei sedimenti dragati contaminati in un apposito sistema di trattamento, con conseguente riduzione dei costi energetici e di sfruttamento di risorse naturali;
- eliminazione del fenomeno di dispersione degli inquinanti contenuti nei sedimenti a causa delle attività di escavo;
- eliminazione dei fenomeni di sifonamento del rilevato, attraverso strutture di conterminazione tradizionale (opere a gettata, pile di massi, pali accostati, etc...)
- aumento delle performance della struttura, anche in riguardo di eventuali futuri dragaggi dei fondali antistanti le banchine.

La nuova soluzione progettuale proposta inoltre permette una ottimizzazione temporale della realizzazione dell'opera, in quanto le fasi realizzative risultano più rapide, riducendo i tempi di esecuzione dell'opera.

Le pareti della cassa di colmata saranno realizzate secondo le condizioni di operatività previste sul piazzale, già designate nel progetto definitivo, suddivisa in banchina operativa Sud, testata provvisoria, banchina operativa Nord, confinamento vasca di colmata e palancole lato terra.

Per quanto concerne le banchine operative, che saranno previste nel progetto esecutivo di fusione ed integrazione del I° stralcio esecutivo e II° stralcio definitivo, saranno formate con una struttura tipo “cofferdam” formata da due pareti in combi-wall (tubi metallici e palancole), di cui quella lato terra con giunti impermeabili con sigillatura del gargame con resine idroespandenti, le cui prestazioni idrauliche vengono raggiunte con il rigonfiamento in acqua, che avviene qualche ora dopo l'infissione delle palancole stesse.

Le pareti in combi-wall saranno formate da tubi circolari aventi diametro pari a 1524 mm, infissi con interasse di 3,687 m in modo da permettere l'interposizione di numero 3 palancole tipo Larssen 716 o equivalente.

La cassa di colmata sarà resa impermeabile verso il fondo, immerstando le palancole almeno per 1 m nel substrato impermeabile costituito da una formazione di argille azzurre, aventi un coefficiente di permeabilità maggiore di  $1,0 \cdot 10^{-9}$  m/s, che evita la formazione di percorsi di migrazione lungo i lati della cassa di colmata.

I fenomeni di dispersione della contaminazione, nella parte superiore della cassa di colmata, verranno impediti dalla chiusura (capping) della stessa tramite strati di materiale di cava non contaminati usati per il riempimento della cassa di colmata.

In particolare la cassa di colmata sarà formata:

- Banchina operativa Sud per uno sviluppo di circa 295,00 m, costituita da una struttura tipo “cofferdam” composta da due pareti un combi-wall con tubi circolari e palancole tipo Larssen 716 di cui una impermeabile (lato terra);
- Testata provvisoria per uno sviluppo di 168,00 m, costituita da una parete in combi-wall impermeabile costituita da tubi circolari e palancole tipo Larssen 716;
- Banchina operativa Nord - un primo tratto, in corrispondenza della banchina operativa, dello sviluppo di circa 140,00 m, sarà costituita da un combi-wall impermeabile in tubi circolari e palancole tipo Larssen 716 – un secondo tratto, confinamento vasca di colmata, fino a riva dello sviluppo di circa 303,00 m costituito da palancole Larssen impermeabilizzate;

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

- Palancolato impermeabile lato terra, per uno sviluppo di circa 475,00 m costituito con palancole tipo Larssen impermeabilizzate.

La banchina operativa sud sarà definita con due pareti in combi-wall poste ad interasse di 12,00 m lato mare rispetto a quello impermeabilizzato e l'intersezione di due pali, in modo da formare una sezione trasversale formata da 4 pali diametro 1524 mm, posti ad interasse di 6,00 m.

La struttura tipo “cofferdam” è stata progettata per fondali alla quota prevista dal progetto definitivo pari a -14,00 m s.l.m.m.; le strutture sono state comunque verificate, per garantire coefficienti di sicurezza adeguati nei confronti della stabilità, per scalzamenti localizzati dovuti all'azione delle eliche delle navi in ormeggio o maggiori fondali puntuali fino alla profondità di -16,00 m s.l.m.m., in virtù della robustezza delle strutture.

La struttura tipo “cofferdam” sarà resa antiriflettente realizzando delle aperture ed inserendo delle celle antirisacca sul lato muro di sponda, di larghezza 2,16 m, bordo inferiore a -2,50 m s.l.m. ed intradosso dell'apertura, formato dalla trave di bordo della sovrastruttura, a quota +0,70 m s.l.m. La cella avrà una larghezza media pari a circa 12,00 m in corrispondenza delle palancole e circa 10,50 m in corrispondenza dei tubi circolari del combi-wall.

La scogliera posta all'interno della camera antirisacca sarà formata in scogli del peso di 300-500 kg posti in opera con scarpa di 3/1.

I telai trasversali portanti della sovrastruttura, formata da 4 pali, posti ad interasse di 6,00 m, sono stati predisposti in modo tale da consentire di avere uno scartamento dei binari delle gru per il sollevamento container pari a 18,00 m e saranno disposti longitudinalmente alla banchina con interasse di 7,37 m.

La banchina sarà definita con una sovrastruttura in cemento armato, che si eleva da quota +1,00 m a quota +2,50 m s.l.m, realizzata con un graticcio di travi disposte su pali.

In adiacenza alla sovrastruttura di banchina sarà realizzato un cunicolo servizi ed una canaletta per la raccolta delle acque di pioggia. La banchina avrà una pendenza rivolta verso il piazzale, in modo da evitare lo sversamento delle acque di prima pioggia a mare. Il cunicolo servizio sarà del tipo tombato, in modo da permettere alle acque di scorrere sulla sovrastruttura dello stesso senza infiltrarsi all'interno.

Particolare attenzione è stata posta alla fase costruttiva del Cofferdam. A tal fine, è stato previsto di realizzare lo stesso, cioè i due combi-wall disposti ad interasse di 12,00 m, via mare, con infissione dei tubi circolari tale da consentire il riempimento del Cofferdam con materiale di cava selezionato, e utilizzare il piano di riempimento per eseguire, in una prima fase le trivellazioni dei pali stessi, ed in seconda fase la realizzazione della sovrastruttura in c.a..

Per tale motivo il Cofferdam è stato munito di tiranti  $\Phi$  95, disposti in corrispondenza di tutti i tubi circolari, a quota -3,50 m s.l.m., e le palancole infisse almeno per 1 m nel substrato impermeabile costituito da una formazione di argille azzurre.

Entrambi i combi-wall saranno infissi a quota +1,00 m s.l.m. in modo da permettere il completo riempimento della struttura e la realizzazione da terra dei pali trivellati dalla pista interna al Cofferdam.

Realizzato il riempimento all'interno del Cofferdam, sarà possibile formare una pista provvisoria lato piazzale, in adiacenza al Cofferdam, che sarà utilizzata per realizzare la quarta fila di pali trivellati lato piazzale, mentre dalla pista provvisoria sarà realizzata anche la seconda fila di pali trivellati.

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

Una volta completati i pali, sarà posta in opera la scogliera antirisacca e realizzata la sovrastruttura in c.a. Nella stessa saranno predisposti i parabordi e le bitte secondo le previsioni del progetto.

La sovrastruttura della banchina sud sarà realizzata su 14 conci strutturali di cui: il primo di raccordo con la banchina esistente che sarà realizzato su 12 pali; i successivi avranno una lunghezza così distinta: il primo, denominato concio B, una lunghezza di 20,87, i successivi 11 conci denominati tipo C, avranno una lunghezza di 21,92 m ed il 14° concio, denominato tipo D, avrà una lunghezza di 26,69 m.

Il muro di sponda di chiusura provvisoria delle opere previste nel progetto di II stralcio, per la testata provvisoria, sarà realizzato con una parete in combi-wall formato da tubi circolari diametro 1524 mm, posti ad interasse di 2,987 m collegati con due palancole tipo AZ 18-700.

I giunti saranno impermeabilizzati con sigillatura del gargame con resine idroespandenti, le cui prestazioni idrauliche vengono raggiunte con il rigonfiamento in acqua, che avviene qualche ora dopo l'infissione delle palancole stesse.

La stabilità del combi-wall sarà assicurata dall'infissione dei tubi e delle palancole nel substrato delle argille grigio-azzurre e dalla predisposizione di una paratia di ancoraggio, disposta all'interno del riempimento della cassa di colmata a 30,00 m dall'asse del combi-wall, collegata con tiranti  $\Phi 80$  disposti per ogni tubo circolare.

Il palancolato di ancoraggio avrà una altezza di 8,00 m e sarà collocato in opera da quota -6,50 a quota +1,50 m s.l.m.

I tubi circolari del combi-wall saranno riempiti con calcestruzzo  $R_{ck} = 20$  Mpa.

La banchina lato Nord sarà definita con un ulteriore combi-wall posto ad interasse di 12,00 m lato mare rispetto a quello impermeabilizzato e l'intersezione di due pali in modo da formare una sezione trasversale formata da 4 pali diametro 1524 mm, posti ad interasse di 6,00 m. La struttura tipo "cofferdam" in questa zona è stata progettata per fondali a quota prevista dal progetto definitivo non superiore a -14,00 m s.l.m.

Il Cofferdam sarà del tipo antiriflettente con celle antirisacca aventi aperture lato muro di sponda, di larghezza 2,16 m, bordo inferiore a -2,50 m s.l.m. ed intradosso dell'apertura, formato dalla trave di bordo della sovrastruttura, a quota +0,70 m s.l.m. La cella avrà una larghezza media pari a circa 12,00 m in corrispondenza delle palancole e circa 10,50 m in corrispondenza dei tubi circolari del combi-wall. La scogliera posta all'interno della camera antirisacca, sarà formata in scogli del peso di 300-500 kg, posti in opera con scarpa di 3/1.

I telai trasversali portanti della sovrastruttura, formata da 4 pali, posti ad interasse di 6,00 m, sono stati predisposti in modo tale da consentire di avere uno scartamento dei binari delle gru per il sollevamento container pari a 18,00 m e saranno disposti longitudinalmente alla banchina con interasse di 7,37 m.

La banchina sarà definita con una sovrastruttura in cemento armato, che si eleva da quota +1,00 m a quota +2,50 m s.l.m. La sovrastruttura sarà realizzata con un traliccio di travi disposte su pali.

In adiacenza alla sovrastruttura di banchina sarà realizzato un cunicolo servizi ed una canaletta per la raccolta delle acque di pioggia. La banchina avrà una pendenza rivolta verso il piazzale, in modo da evitare lo sversamento delle acque di prima pioggia a mare. Il cunicolo servizio sarà del tipo tombato, in modo da permettere all'acqua di scorrere sulla sovrastruttura dello stesso, senza infiltrarsi all'interno.

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

La sovrastruttura della banchina sud sarà realizzata su 5 conci strutturali di cui: il primo denominato concio E di raccordo con la testata provvisoria, avrà una lunghezza di 23,27 m; i successivi 3, denominati F, avranno una lunghezza di 21,92 m; l'ultimo, denominato tipo G, avrà una lunghezza di 12,46 m.

Il lato nord di conterminazione del piazzale sarà costituito con 4 tipologie costruttive:

- Il primo sottotratto, dalla prog. 583,50 m alla prog. 625,10 m, è costituito da un combi-wall formato da tubi circolari diametro 1524 mm, posti ad interasse di 2,987 m collegati con due palancole tipo AZ 17-700. I giunti saranno impermeabilizzati con sigillatura del gargame con resine idroespandenti, le cui prestazioni idrauliche vengono raggiunte con il rigonfiamento in acqua, che avviene qualche ora dopo l'infissione delle palancole stesse. La stabilità del combi-wall sarà assicurata dall'infissione dei tubi e delle palancole nel substrato delle argille grigio-azzurre, e dalla predisposizione di una paratia di ancoraggio, disposta all'interno del riempimento della cassa di colmata a 30,00 m dall'asse del combi-wall, collegata con tiranti  $\Phi 80$  disposti per ogni tubo circolare. Il palancolato di ancoraggio avrà una altezza di 6,00 m e sarà collocato in opera da quota -4,50 a quota +1,50 m s.l.m. I tubi circolari del combi-wall saranno riempiti con calcestruzzo  $R_{ck} = 20$  Mpa. Il combi-wall sarà definito con una trave di bordo, di collegamento dei tubi delle palancole, in c.a. delle dimensioni di 2,50 x 1,70 m
- Il secondo sottotratto, dalla prog. 625,10 m alla prog. 637,00 m è costituito da palancolato metallico formato da palancole AZ 38-700. I giunti saranno impermeabilizzati con sigillatura del gargame con resine idroespandenti. La stabilità del palancolato sarà assicurata dall'infissione delle palancole nel substrato delle argille grigio-azzurre, e dalla predisposizione di una paratia di ancoraggio, disposta all'interno del riempimento della cassa di colmata a 22,00 m dall'asse del palancolato, collegata con tiranti  $\Phi 80$  disposti ad interasse di 2,80 m. Il palancolato di ancoraggio sarà formato da palancole di tipo AZ 17-700 e avrà una altezza di 6,00 m, collocato in opera da quota -4,50 a quota +1,50 m s.l.m. Il palancolato sarà definito con una trave di bordo di collegamento delle palancole, delle dimensioni di 1,60 x 2,30 m.
- Il terzo sottotratto, dalla prog. 637,00 m alla prog. 782,60 m è costituito da palancolato metallico formato da palancole AZ 28-700. I giunti saranno impermeabilizzati con sigillatura del gargame con resine idroespandenti. La stabilità del palancolato sarà assicurata dall'infissione delle palancole nel substrato delle argille grigio-azzurre, e dalla predisposizione di una paratia di ancoraggio, disposta all'interno del riempimento della cassa di colmata a 18,00 m dall'asse del palancolato, collegata con tiranti  $\Phi 70$  disposti ad interasse di 2,80 m. Il palancolato di ancoraggio sarà formato da palancole di tipo AZ 12-700 e avrà una altezza di 5,00 m, collocato in opera da quota 3,50 a quota +1,50 m s.l.m. Il palancolato sarà definito con una trave di bordo di collegamento delle palancole, delle dimensioni di 1,60 x 2,30 m.
- Il quarto sottotratto, dalla prog. 782,60 m alla prog. 928,70 m è costituito da palancolato metallico formato da palancole AZ 20-700. I giunti saranno impermeabilizzati con sigillatura del gargame con resine idroespandenti. La stabilità del palancolato sarà assicurata dall'infissione delle palancole nel substrato delle argille grigio-azzurre, e dalla predisposizione di una paratia di ancoraggio, disposta all'interno del riempimento della cassa di colmata a 15,00 m dall'asse del palancolato, collegata con tiranti  $\Phi 60$  disposti ad interasse di 2,80 m. Il palancolato di ancoraggio sarà formato da palancole di tipo

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**Pag. 51  
di 99

AZ 12-700 e avrà una altezza di 4,00 m, collocato in opera da quota -2,50 a quota +1,50 m s.l.m. Il palancolato sarà definito con una trave di bordo di collegamento delle palancole, delle dimensioni di 1,60 x 2,30 m.

La cassa di colmata è definita lato terra con un palancolato metallico, che si sviluppa per una lunghezza di 450 m, formato da palancole Larssen 720, infisse da -4,50 a +0,50 m s.l.m. I giunti saranno impermeabilizzati con sigillatura del gargame con resine idroespandenti.

La struttura tipo “cofferdam” e le banchine operative Nord e Sud sono state progettate per fondali alla quota prevista dal progetto definitivo pari a -14,00 m s.l.m.m..

Solo alcuni conci strutturali (concio D banchina Sud – concio tipo F banchina Nord) come si evince dalla Relazione Generale di calcolo Strutturale, elaborato 1073-OM01-C-001-A, e come riportato in **F27**, sono stati ulteriormente verificati per fondali di - 16 m.s.l.m.m..

Inoltre la soluzione progettuale tipo “Cofferdam” consente, rispetto alla banchina a giorno del progetto definitivo, la possibilità di eseguire successivi escavi di approfondimento dei fondali antistanti la banchina senza pregiudicarne la stabilità della stessa fino a quota -14.00 ms.l.m.m.



*F27. Planimetria dei conci strutturali (banchine operative Sud e Nord)*

I calcoli geotecnici e strutturali sono stati eseguiti secondo quanto specificato nelle NTC 2008 garantendo i seguenti vantaggi per l’Amministrazione:

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

- Maggiore durabilità dei manufatti;
- Adeguata rispondenza delle opere ai carichi statici e all'azione sismica di progetto;
- Verifica delle strutture dal punto di vista prestazionale sotto i carichi di progetto;
- Miglioramento della duttilità strutturale (verifiche ai nodi) con un notevole aumento delle armature nodali.

Il progetto esecutivo di Fusione del I e II stralcio prevede la formazione del rilevato di piazzale con materiale selezionato da cava. Il riempimento della cassa di colmata, in particolare, avverrà sversando all'interno della stessa il materiale proveniente da cava fino a quota +0,30 m s.l.m.m..

Gli sversamenti in opera del materiale di cava avverranno a seguito della realizzazione della cassa di colmata impermeabile, ed inizieranno da terra verso la testata provvisoria.

Il consolidamento del terrapieno avverrà con la tecnica della precarica itinerante. Si prevede infatti, limitatamente ad una certa porzione di area del piazzale, di sovraccaricare il rilevato con una ulteriore stesa di tout venant, dell'altezza variabile tra +2,70 e +3,70 m sul piano precedentemente realizzato a quota +0,30 m, monitorando il fenomeno di consolidazione.

Al tal fine saranno installati gli strumenti di monitoraggio geotecnico atti a seguirne il fenomeno di consolidazione e a tarare esattamente il modello geotecnico per le future stese. Saranno usati principalmente assestimetri ad anelli magnetici e celle piezometriche a trasduzione automatica delle letture. Le teste degli strumenti saranno monitorati topograficamente con livellazioni ad altissima precisione.

La garanzia di stabilità del rilevato e la successiva fruibilità in condizioni di esercizio risulteranno ulteriormente garantite grazie all'adozione di procedure di riempimento eseguite in presenza di un monitoraggio continuo delle sovrappressioni nei terreni interessati, con controllo dell'evoluzione dei fenomeni di consolidazione innescati dalla formazione del terrapieno.

Il sistema di monitoraggio proposto è costituito dalla seguente strumentazione:

- n. 6 assestimetri multibase da installare all'interno dell'area del terrapieno, immediatamente dopo ciascuna fase di sversamento; in corrispondenza del pozzetto di ciascun assestimetro verrà installato un caposaldo topografico per la misura dei cedimenti;
- n. 12 piezometri elettrici, installati in prossimità degli assestimetri, 2 per ciascun assestimetro (alle stesse profondità in cui vengono misurati i cedimenti) al fine di misurare le pressioni interstiziali e correlare l'andamento delle sovrappressioni con quello dei cedimenti;
- 25 prismi ottici per letture da stazione totale, da distribuire lungo il palancolato di confinamento al fine di monitorarne il corretto allineamento durante la realizzazione della scogliera e del rinfiacco e garantire la tenuta dei giunti impermeabili.

A seguito dei risultati del monitoraggio geotecnico sugli effetti dei fenomeni di consolidazione che avverranno in conseguenza del riempimento del terrapieno, dell'esecuzione di rilevati di precarica e dello stoccaggio dei materiali sul molo, si dovrà procedere al livellamento del piazzale in accordo con le quote di progetto.

Sarà adottato un registro giornaliero dei risultati del monitoraggio geotecnico al fine di mettere a punto un modello sulle scelte dei tempi di permanenza del rilevato di precarica.

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

I piazzali sono formati con materiale inerte proveniente da cava fino a quota +0,30 m e un successivo strato di fondazione della pavimentazione in tout-venant, fino alla quota di +1,87 m s.l.m., sul quale è stata prevista una pavimentazione costituita da uno primo strato di sottofondazione in misto cementato avente uno spessore medio di 38 cm ed un successivo strato superficiale in conglomerato cementizio dello spessore di 25 cm.

Il progetto esecutivo infine prevede la realizzazione dei seguenti impianti:

- a) cabina di trasformazione MT/BT;
- b) quadro elettrico generale di bassa tensione;
- c) distribuzione f.m.;
- d) prese per prelievo energia e prese nautiche;
- e) illuminazione ordinaria e di sicurezza;
- f) impianto di terra ed equipotenziale.
- g) Impianto antiincendio
- h) Impianto idrico
- i) Rete di raccolta e smaltimento acque bianche

**Conclusioni**

La soluzione proposta nel progetto esecutivo di fusione ed integrazione del I e II stralci ed in particolare l'uso di palancole metalliche impermeabili, che garantiscono una permeabilità complessiva inferiore a  $10^{-9}$  m/sec, permettono di evitare:

- fenomeni di dispersione del materiale inerte, occorrente per la formazione della colmata;
- fenomeni di migrazione di sedimenti lungo i lati della cassa di colmata;
- fenomeni di contaminazione ambientale dell'ambiente limitrofo la cassa di colmata;
- fenomeni di sifonamento dovuto a filtrazioni nel terrapieno della colmata;
- fenomeni di sifonamento o erosione dovute alle forzanti esercitate dalle eliche delle navi in fase di ormeggio.

Inoltre l'impermeabilità del sistema è garantita alla base dalla colmata dalla presenza dello strato delle argille grigio-azzurre e nella parte superiore del piazzale dalla pavimentazione in cls che formerà un capping della stessa.

In definitiva la realizzazione della vasca di colmata garantisce i seguenti vantaggi tecnici e ambientali:

- Mancato dragaggio e confinamento assoluto del primo strato, potenzialmente inquinato, dei sedimenti ricadenti all'interno della vasca di colmata.
- Mancata diffusione e veicolazione nel mare antistante di inquinanti sciolti nei sedimenti, sempre possibili anche in caso di utilizzo di benne impermeabili e di panne protettive, con conseguente impossibilità di intorbidare la rada di Augusta con materiali contaminati.
- Sicurezza operativa e salvaguardia dell'ambiente idrico e della biocenosi presente.
- Conferimento, all'interno della vasca di colmata, di materiali provenienti dallo scavo dei pali di grande diametro di coronamento delle banchine e di qualsiasi altro materiale movimentato in cantiere che



risultati conforme al sito di destinazione finale individuato, sulla base delle risultanze della caratterizzazione in sito.

- Drastica diminuzione degli scenari di traffico in corso d'opera ipotizzati, non essendo necessario il trasporto in discarica dei materiali depositati sul fondale nella prima fase e per la successiva fornitura dalle cave di prestito dell'equivalente quantitativo di materiale necessario per il riempimento della stessa quantità dragata.
- Drastica diminuzione degli impatti dovuti alla movimentazione, al trasporto a discarica dei materiali ed all'approvvigionamento dei materiali da riempimento (emissioni in atmosfera di CO<sub>2</sub>, rumore, polveri, contaminazione di suolo e strati attraversate).
- Riduzione del quantitativo di materiale da fornire da cava, con gli evidenti vantaggi in termini di risorse ambientali.

### 3.1 STUDIO GEOLOGICO

L'area di intervento ricade all'interno della baia naturale di Augusta (SR) che rappresenta uno dei nodi industriali più importanti del Mediterraneo. Topograficamente è ubicata nella tavoletta in scala 1:25000 "Augusta" F. 274 I SW della Carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano. Le sue coordinate geografiche sono approssimativamente 37.240404° latitudine nord e 15.204782° longitudine est.

Le opere previste in progetto si sviluppano interamente nell'ambito del territorio comunale di Augusta e riguardano il completamento del porto commerciale, interessando sia la terraferma sia lo specchio acqueo antistante.

Le quote altimetriche sulla terraferma interessate dalle opere in progetto si attestano intorno a 1-2 m circa sul livello medio del mare, mentre il rilievo batimetrico dei fondali interessati dalle opere in progetto ha messo in evidenza profondità massima dei fondali intorno a 14,50 m.

L'area oggetto di studio interessa un'area costiera, caratterizzata da una morfologia pianeggiante, strettamente connessa alla litologia e controllata da processi dinamici morfostrutturali.

In questo contesto trovano riscontro, dal punto di vista geomorfologico, le aree collinari che si smorzano procedendo verso Nord, interrotte da ampie zone peneplanate in cui affiorano i sedimenti di natura idroclastica la cui derivazione e messa in posto, come si evince dal termine stesso, è riconducibile all'azione fisiografica degli elementi che formano la primaria rete drenante di superficie (Fiume Marcellino, la cui area territoriale idrografica di appartenenza è rappresentata dai bacini dei fiumi Anapo e S. Leonardo.).

Nell'ambito della tettonica e della geodinamica del Mediterraneo centrale, la Sicilia, e quindi anche il territorio comunale di Augusta, riveste un'importanza rilevante in quanto si trova tra l'avampaese africano a Sud-Est, il bacino tirrenico a Nord e il dominio ionico a Est.

L'assetto tettonico dell'isola comprende tre domini distinti: 1) il settore Sud-Orientale in cui affiora l'avampaese ibleo, di pertinenza africana, 2) l'area centrale in cui è presente un bacino di avanfossa, messo in evidenza da una notevole anomalia gravimetrica che ne denuncia l'elevato spessore dei sedimenti ed infine 3) la porzione





settentrionale nella quale si nota un dominio di catena, con caratteristiche molto simili a quelle dell'Appennino meridionale con impilamento di falde a vergenza Sud-Est.

Dal punto di vista morfostrutturale, l'area essendo ubicata nel settore Nord-Orientale dell'Avampese Ibleo, è caratterizzata da strutture ad "Horst e Graben", formatesi nell'ambito di una tettonica distensiva manifestatasi secondo trends strutturali orientati NW-SE, leggermente immergenti verso NE. In particolare, l'area appartiene al Graben di Augusta ed è delimitata a N-NE dal pianoro di Monte Tauro, ad W dall'horst dei Monti Climiti (che delimita i confini del bacino idrogeologico in cui insiste l'area) e a S-SW dal mare.

Il sito in studio si colloca in corrispondenza di una naturale depressione costituita dal porto di Augusta; le zone strettamente a monte sono formate da horst strutturali (come l'horst di Monte Tauro) litologicamente costituiti dai terreni calcarei miocenici della F.ne M.te Climiti ricoperti in discordanza superiormente dalla successione dei terreni quaternari.

La successione litostratigrafica dei luoghi in esame, ricostruita attraverso i sondaggi eseguiti, riguarda sia i terreni di primo substrato riscontrati sulla terraferma sia quelli relativi allo specchio acqueo.

Sono esclusi dalla trattazione i livelli di suolo vegetale e riporto presenti sulla terraferma messi in posto a seguito delle opere di sistemazione, bonifica e livellamento eseguite nel corso del tempo per l'urbanizzazione anche portuale dell'area.

I terreni superficiali rilevati sulla terraferma sono costituiti prevalentemente da termini alluvionali di natura limo-argillosa permeabili per porosità primaria ( $10^{-3} < K < 10^{-5}$  cm/s).

La coltre superficiale è formata da terreni di livellamento e di riporto costituiti nel loro complesso prevalentemente da elementi lapidei grossolani a composizione calcarea in matrice ghiaiosa con presenza di inclusi eterometrici.

I terreni del fondale marino sono costituiti da un esiguo orizzonte di limi argillosi presenti nella zona a mare dotati di caratteristiche meccaniche complessivamente scadenti.

Il letto, affiorante a pochissimi metri dal piano di campagna è formato da terreni appartenenti a successioni argillose di permeabilità molto bassa dell'ordine di  $10^{-9}/10^{-11}$  cm/s.

In funzione delle caratteristiche di impermeabilità delle argille di substrato non esiste circolazione idrica superficiale o profonda, con eccezione della possibile imbibizione temporanea, in caso di piogge, della coltre superficiale rimaneggiata. La circolazione non interessa la formazione delle argille.

Il tetto delle argille grigio-azzurre con permeabilità inferiore a  $10^{-9}$  cm/s ( $K = 10^{-11}$  m/s) è stato definito incrociando i seguenti dati:

- I tre sondaggi certificati S1-S7 eseguiti a 45 m e S40 bis eseguito a 35 m di profondità a partire dal fondo del mare, nell'area in studio;
- sondaggi ambientali e geostatigrafici eseguiti nell'area interessata;
- rilievi eseguiti con sub-bottom profiler.

L'incrocio delle stratigrafie ottenute dai tre metodi ha permesso la definizione numerica e planimetrica del tetto delle argille, da cui sono state ricavate le sezioni in corrispondenza del previsto palanco lato a mare e sulla terraferma.

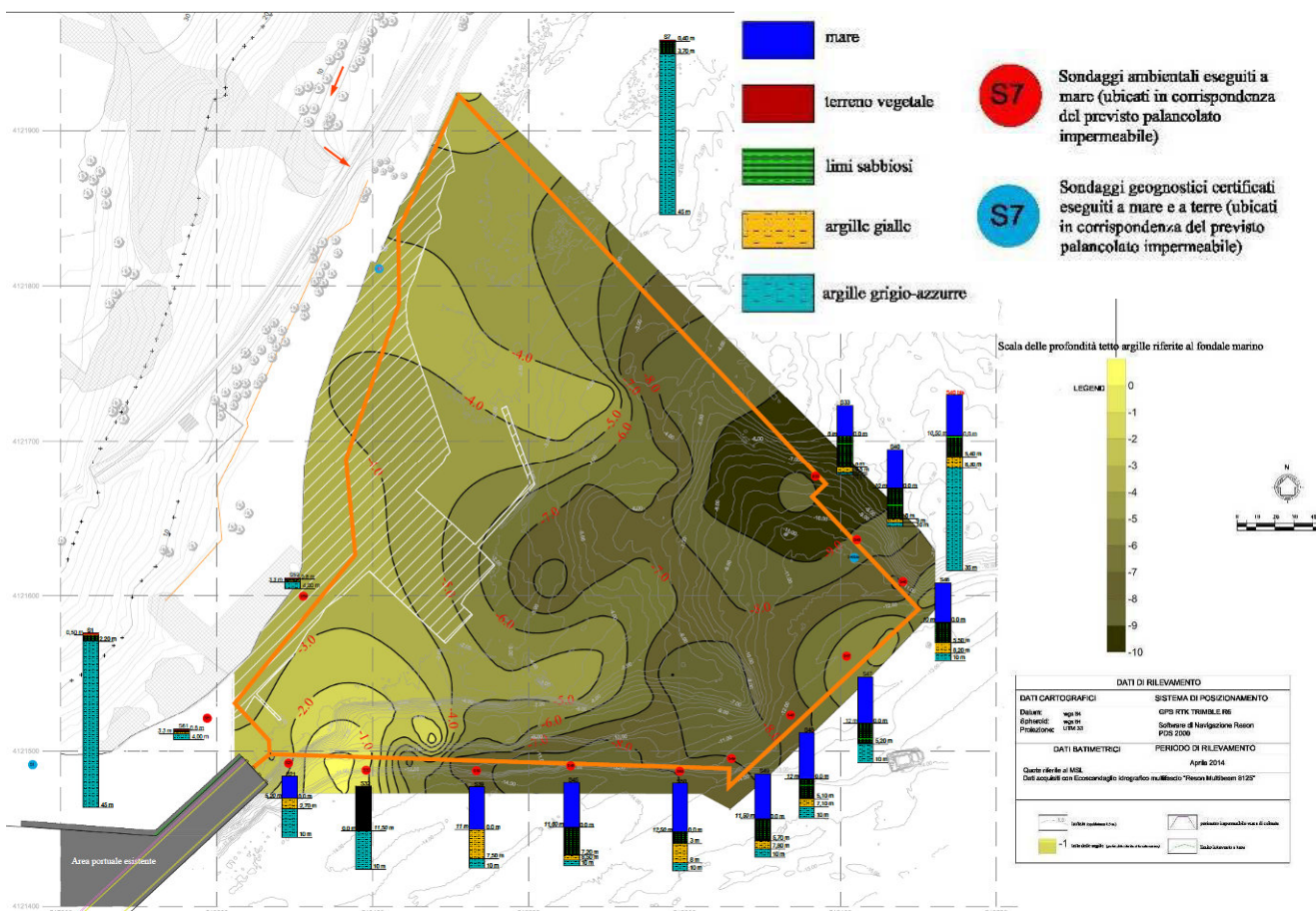


PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO  
Relazione generale del progetto esecutivo

In funzione della necessità di affondare il sistema di palancole per almeno 1 m per ottenere la prescritta impermeabilizzazione della vasca di colmata, particolare cura è stata utilizzata per la definizione del tetto delle argille grigio-azzurre e del suo andamento planimetrico.

In particolare sono state esaminate tutte le stratigrafie disponibili e, prudenzialmente, il tetto delle argille azzurre è stato considerato nel punto più basso della fascia di transizione tra argille gialle e argille grigio-azzurre ed il valore ottenuto è stato ulteriormente corretto in basso in funzione dei risultati delle sezioni ottenute con il sub-bottom profiler. Poiché il contatto tra argille grigio-azzurre e gialle non è mai netto e definito è stata eliminata tutta la fascia di transizione in modo da essere certi che il tetto delle argille grigio-azzurre venga disegnato, prudenzialmente, più in basso rispetto a quello reale in modo da supplire ad una eventuale sia pure improbabile variazione di quota. Il numero e la densità dei sondaggi ed il confronto con i profili sub bottom infatti ci danno la più ampia garanzia della esistenza del tetto alla quota disegnata.

Si riporta in figura F28 la planimetria del tetto delle argille a curva di livello e le sezioni stratigrafiche, eseguite in corrispondenza di tutti i margini della vasca di colmata, che evidenziano il tetto.



F28. Simulazione del letto delle argille grigio azzurre e sistema di impermeabilizzazione della cassa di colmata

L'esame delle stratigrafie e delle risultanze delle prove di laboratorio consente di affermare che le uniche litologie presenti nell'area portuale, al di fuori di un esiguo livello di Limi di scarsa importanza geotecnica, sono



rappresentate dalle Argille.

Escludiamo da queste considerazioni i Limi intercettati attraverso i sondaggi per spessori modesti: essi presentano caratteristiche meccaniche scadenti con valori di resistenza assolutamente modesti e ne asseriamo l'assoluta inidoneità all'utilizzo come terra di fondazione.

Si ritiene perciò corretta, dal punto di vista progettuale, la soluzione di utilizzare strutture fondazionali profonde da attestare nelle Argille. Considerata la variabilità di rinvenimento del tetto delle argille le fondazioni profonde dovranno essere attestate all'interno della formazione argillosa.

In definitiva, le stratigrafie evidenziate e le sezioni stratigrafiche da esse derivate possono mostrare variazioni di qualità composizionale, tessiturale e di profondità, ma l'assetto geostratigrafico e strutturale dell'area di progetto, ancorché complicato da anisotropie stratigrafiche, è estremamente chiaro e mostra, in substrato, unicamente terreni argillosi fortemente consolidati.

Le palificazioni previste saranno ammorsate nel corpo della formazione argillosa, molto solida e stabile, in grado di sopportare carichi anche gravosi senza apprezzabili deformazioni verticali. I calcoli relativi s fanno parte della relazione geotecnica.

Le argille grigio azzurre sono dotate di permeabilità quasi assente ( $K = 10^{-11}$ ). Il tetto delle argille azzurre è stato disegnato in una planimetria a curve di livello sotto l'orizzonte limoso e il debole strato di argille gialle che ne mostra l'andamento pressoché regolare.

Le sezioni geostratigrafiche e geostrutturali tracciate in corrispondenza dei margini della vasca di colmata in progetto definiscono con esattezza il tetto delle argille impermeabili, e la progettazione delle palancole di isolamento idraulico della vasca debbono essere infisse almeno per un metro nella formazione di argille così definita, in modo da garantire la impermeabilità del sistema vasca di colmata e l'impossibilità di trasmissione idraulica o di materiali solidi dall'una o dall'altra parte del confinamento.

In definitiva non esistono azioni morfogenetiche attive, con particolare riferimento alla zona interessata dallo specchio acqueo oggetto di intervento, i terreni di substrato garantiscono portanza e impermeabilità superiori a quelle minime di progetto.

La vasca di colmata, impermeabilizzata da idonee strutture palancole ammorsate nelle argille azzurre su tutto il perimetro della stessa e le fondazioni su pali delle banchine, profondamente ammorsati nelle argille azzurre, garantiscono l'assoluta efficienza del sistema in progetto.

### **3.2 STUDIO GEOTECNICO**

I valori caratteristici delle grandezze fisiche e meccaniche dei terreni ottenuti mediante l'interpretazione dei risultati delle misure e prove in sito, nonché di quelle di laboratorio, hanno consentito la definizione del modello geotecnico del volume significativo di sottosuolo, propedeutico alle calcolazioni per il dimensionamento delle opere previste in progetto.

Le verifiche geotecniche (GEO) e strutturali (STRU) sono state effettuate facendo riferimento al metodo semi-probabilistico agli stati limite, in cui la sicurezza strutturale e geotecnica deve essere verificata tramite il confronto tra la resistenza e l'effetto delle azioni.



Sono stati presi in considerazione sia lo stato limite ultimo associato al collasso dell'insieme struttura-terreno, sia lo stato limite di esercizio, che corrisponde a condizioni oltre le quali specifiche richieste d'uso per una struttura o per un elemento strutturale non sono più soddisfatte.

Le verifiche di sicurezza sono state condotte secondo il metodo dei coefficienti parziali. L'affidabilità viene ottenuta verificando che, in tutte le situazioni progettuali significative, gli stati limite non vengano raggiunti quando i valori di progetto delle azioni, delle proprietà del materiale e dei dati geometrici sono introdotti nei modelli progettuali.

Nel modello geotecnico di sottosuolo i parametri geotecnici devono essere assunti sulla base dei risultati delle indagini appositamente eseguite.

La verifica delle condizioni di stabilità più severa nei riguardi del dimensionamento geotecnico è quella basata sull'impiego dei valori di progetto dei parametri di resistenza al taglio del terreno, dedotti da quelli caratteristici mediante i coefficienti parziali di cui al D.M. 14.01.2008 (NTC2008).

I calcoli di verifica sono stati condotti secondo quanto prescritto dalla normativa vigente (NTC2008). Il calcolo è stato svolto tramite la creazione di un modello piano, con riferimento alle condizioni derivanti dalle fasi “transitorie” di costruzione ed a quelle “definitive” relative all'esercizio del piazzale e delle banchine containers.

Le verifiche di stabilità sono state eseguite mediante l'utilizzo di un apposito codice di calcolo, sia per la condizione statica che per quella sismica, in condizioni drenate ed in termini di pressioni efficaci. Trattandosi di strutture destinate a sopportare sollecitazioni orizzontali di una certa entità, devono essere realizzate con elementi adeguatamente ammorsati nella formazione di base.

In questo caso la profondità di infissione rappresenta la profondità necessaria per garantire l'equilibrio del sistema. In tutti i casi presi in esame la profondità d'infissione strettamente necessaria per l'equilibrio risulta minore della profondità realmente adottata, pertanto le verifiche di stabilità delle banchine risultano soddisfatte.

In conclusione lo studio geotecnico ha dimostrato la fattibilità delle opere ed il rispetto dei requisiti di sicurezza e funzionalità delle stesse.

In conclusione i calcoli geotecnici hanno permesso di analizzare le condizioni di stabilità delle opere con riferimento alle fasi intermedie della loro realizzazione ed alla condizione finale, a sovrastruttura della banchina ultimata.

Le verifiche geotecniche eseguite hanno riguardato i calcoli del coefficiente di sicurezza allo stato limite ultimo (stabilità globale) e i cedimenti allo stato limite di esercizio per le varie tipologie costruttive, mettendo in evidenza la fattibilità dell'opera ed il rispetto dei requisiti di sicurezza e funzionalità delle varie tipologie costruttive.

### **3.3 STUDIO IDRAULICO MARITTIMO**

Il progetto esecutivo delle banchine containers – terza fase, del porto commerciale di Augusta prevede la realizzazione di una cassa di colmata. Tale struttura risulta confinata da: banchine per l'accosto e lo scarico di navi portacontainer; una chiusura provvisoria della cassa, in attesa della realizzazione di un ulteriore lotto dei lavori; una chiusura non attraccabile.



Al fine di determinare l'azione del moto ondoso sulle citate strutture sia in fase di realizzazione che in fase di esercizio, è stato redatto uno studio idraulico marittimo.

In particolare, al fine di una più accurata progettazione esecutiva delle opere in oggetto, si è ritenuto opportuno analizzare il clima meteomarinario e le azioni dallo stesso esercitate. Sono stati dunque analizzati:

- il regime dei venti;
- gli eventi estremi del vento;
- le variazioni del livello medio del mare;
- le correnti;
- il clima ondoso al largo del paraggio;
- gli eventi estremi del moto ondoso al largo del paraggio in esame;
- il clima ondoso estremo in prossimità delle opere in progetto.

Il tratto di costa in cui è ubicato il Porto Commerciale di Augusta ricade lungo la costa sud-orientale della Sicilia.

Il sito in oggetto è localizzato all'interno della Rada di Augusta, area protetta dal moto ondoso da tre frangiflutti (diga centrale, diga settentrionale e diga meridionale) che creano un bacino di notevole estensione, pari a circa 8 km in direzione N-S e 4 km in direzione E-O.

L'ingresso principale alla rada è quello tra la diga settentrionale e la diga centrale, che presenta una larghezza di circa 366 m ed una profondità di circa 13 m.

È importante evidenziare come il tratto di costa sia interessato da marosi provenienti dal I e dal II quadrante. Inoltre l'estensione del Fetch interno alle opere foranee risulta superiore a 8 km in direzione Sud-Nord e pertanto all'interno della stessa rada possono generarsi onde caratterizzate da brevi periodi (4-5 s) non del tutto trascurabili in altezza.

Lo studio del regime dei venti ha particolare rilevanza nel caso in esame. Infatti, come evidenziato, la rada del Porto di Augusta risulta molto ben protetta dall'azione del moto ondoso esterno. Tuttavia essa presenta al suo interno fetch superiori a 8 km nella direzione Sud-Nord. Tale condizione causa in prossimità del sito in esame altezze d'onda non trascurabili, soprattutto in presenza di venti che spirano da Sud.

L'analisi delle variazioni del livello del mare ha mostrato come il sito in esame sia caratterizzato da modeste oscillazioni di marea, con un livello massimo di 0.45 m e un livello minimo pari a 0.40 m rispetto allo zero idrografico.

Lo studio delle correnti ha evidenziato come a largo del paraggio in esame si rilevino correnti di gradiente di modesta entità, raggiungendo solo nei mesi estivi valori di 0.5 m/s. Tali correnti appaiono caratterizzate prevalentemente da un'unica direzione di percorrenza da Nord verso Sud per tutto l'anno, dovuta alla macrocircolazione del Mar Mediterraneo.

Il regime medio del moto ondoso è caratterizzato da una predominanza dei marosi provenienti da Est sia in termini di frequenza che in termini di massima altezza d'onda, ad eccezione dei mesi estivi quando si registra una predominanza dei marosi provenienti da Nord-Est.

Al fine di valutare l'agitazione del moto ondoso in prossimità delle banchine previste nel citato progetto, è stato applicato il modello numerico CMS-Wave sviluppato dall'U.S.Army Corps of Engineers. In particolare, le



condizioni planimetriche della rada di Augusta hanno suggerito di valutare due casi distinti: il primo considerando solo l'azione del moto ondoso proveniente dall'esterno del porto; il secondo considerando solo il moto ondoso generato dai venti da Sud che spirano all'interno della rada. Infatti, le analisi degli eventi estremi del moto ondoso e dei venti hanno suggerito che le forzanti più significative ai fini dell'agitazione del moto ondoso sono quelli dovute ai marosi provenienti da Est e ai venti che spirano da Sud sul bacino protetto. Tali condizioni, tuttavia, non possono verificarsi simultaneamente.

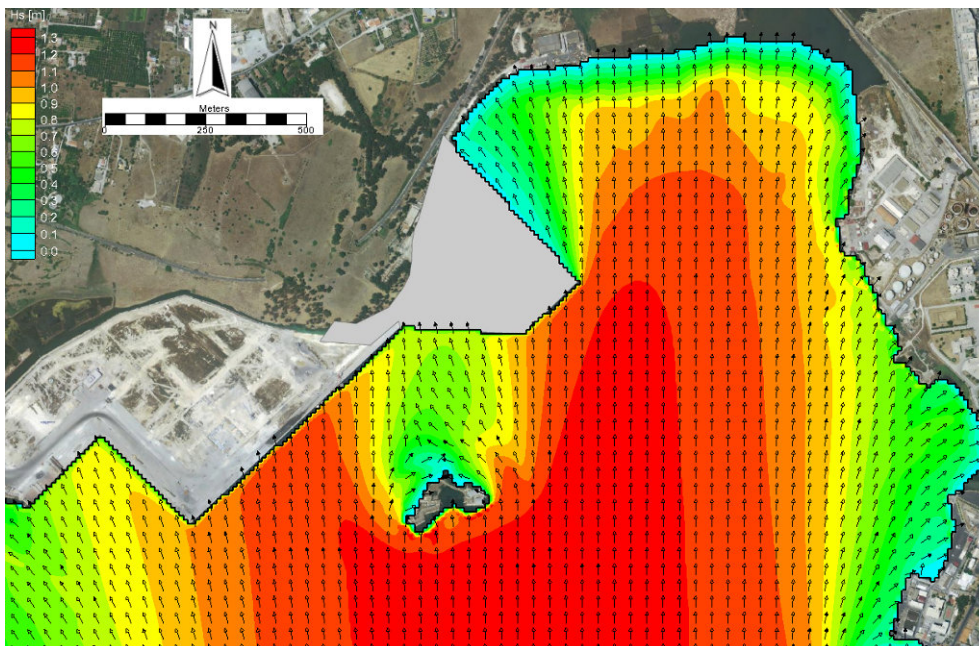
I risultati dell'applicazione del sopra citato modello hanno mostrato come il moto ondoso esterno possa essere trascurato; infatti anche in presenza di moto ondoso esterno alla rada caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 100 anni, si raggiungono valori di agitazione in prossimità delle previste banchine pari a circa 0.25 m (figura **F29**). Viceversa, è stato mostrato come i venti provenienti da Sud determinino valori di altezza d'onda in prossimità delle citate banchine più rilevanti, sinteticamente riportati in tabella **T 5**.

Per la progettazione esecutiva delle opere, ed in particolare per i calcoli di verifiche di stabilità geotecnica della struttura, sono state considerate anche le azioni relative al moto ondoso (onde frangenti), facendo riferimento:

- alla fase transitoria di costruzione (tempo di ritorno 5 anni);
- alla situazione finale (tempo di ritorno 100 anni).

T 5. Altezze d'onda calcolate in prossimità delle nuove banchine portuali previste nella terza fase del porto commerciale di Augusta.

Dir [°N]	157.5	180
Tr	Hs	
[anni]	[m]	
5	0.64	0.72
10	0.75	0.78
20	1.02	0.84
50	1.16	1.11
80	1.20	1.15
100	1.21	1.18



F29. Agitazione del moto ondoso - particolare in prossimità delle nuove banchine dell'agitazione del moto ondoso generata all'interno della Rada di Augusta da venti provenienti da 180°N e caratterizzati da un tempo di ritorno pari a 100 anni: condizioni Post-operam.

### 3.4 PROVE SU MODELLO FISICO VOLTE ALL'OTTIMIZZAZIONE DEL FUNZIONAMENTO ANTIRIFLETTENTE DELLE BANCHINE OPERATIVE

Al fine di ottimizzare dal punto di vista della riflessione, ossia del fenomeno di interazione tra onde e ostacoli riflettenti, assume notevole rilevanza lo smorzamento offerto dalla struttura nei confronti del moto ondoso incidente.

Per verificare e confrontare la riflessione tra la banchina a giorno con scogliera sottostante del progetto definitivo e la proposta di un muro di sponda della colmata, realizzato con combi-wall finestrati, altamente performante nei confronti del moto ondoso e avente efficacia, nei confronti della riflessione, sono state commissionate al Dipartimento di Ingegneria Civile e Architettura Università degli Studi di Catania delle prove su modello fisico, da effettuare in canaletta, volte all'ottimizzazione della banchina operativa prevista nell'ambito della Progettazione Esecutiva di integrazione e fusione del I stralcio esecutivo e II stralcio definitivo della terza fase del porto commerciale di Augusta Banchine Containers.

Lo studio su modello fisico è stato rivolto all'analisi della interazione tra il moto ondoso e le nuove banchine del porto commerciale di Augusta, previste nel progetto esecutivo di integrazione e fusione sopra richiamato.

Il fenomeno della riflessione assume in generale particolare rilevanza all'interno di un bacino portuale, ove la presenza di banchine, di pareti verticali, di scogliere in massi, muri di sponda, etc., provoca un moto ondoso riflesso che, sovrapponendosi a quello incidente, dà luogo ad altezze d'onda superiori a quelle del moto ondoso incidente. In taluni casi, come è noto, se l'ostacolo che intercetta il moto ondoso è totalmente riflettente, come



accade nel caso di una superficie piana e verticale, l'onda risultante è un'onda stazionaria di altezza doppia rispetto a quella dell'onda incidente.

Questo è, dunque, il motivo per cui occorre contenere il fenomeno della riflessione, specialmente all'interno di un bacino portuale, dove un'elevata agitazione può comportare sollecitazioni eccessive per le navi ormeggiate o in manovra.

La letteratura disponibile sull'argomento risulta lacunosa per quel che riguarda le banchine a parete verticale con camera assorbente e scogliera sottostante, ossia per le c.d. banchine antiriflettenti. Dette banchine sono realizzate tramite un impalcato su pali e, al di sotto dell'impalcato, presentano una scogliera su cui il moto ondoso dovrebbe dissipare la propria energia per frangimento.

In particolare, nel caso dei Lavori del primo stralcio e del secondo stralcio della terza fase del porto commerciale di Augusta Banchine Containers, è stata proposta una tipologia di banchine realizzate con cofferdam finestrati, costituiti da un sistema di due combiwall.

Nella parte sommitale lato mare del combiwall finestrato sarà formata una scogliera avente la funzione antirisacca, come si evince dalla seguente figura



F30. Prove su modello fisico – Modello fisico banchina a giorno del progetto definitivo



F31. Prove su modello fisico – Modello fisico banchina a giorno con combi-wall finestrati

Tale soluzione è stata messa a punto al fine di garantire la possibilità di dragare successivamente alla realizzazione della banchina, per poter approfondire i fondali adeguandoli alle navi che diventano, col passare del tempo, di maggior dimensioni con pescaggi maggiori. Si comprende quindi come, a fronte delle caratteristiche complesse di questo tipo di struttura, per essa non siano disponibili indicazioni progettuali sulla geometria da adottare né stime del coefficiente di riflessione del moto ondoso.

A causa di questa carenza di informazioni inerenti alla riflessione del moto ondoso generata dalle banchine in oggetto, si è reso necessario effettuare uno studio su modello fisico, al fine di fornire utili indicazioni per l'ottimizzazione del dimensionamento della geometria della banchina medesima. In particolare, lo studio è stato condotto in termini comparativi, considerando sia la riflessione indotta dalla innovativa tipologia di banchina





proposta in fase di progettazione esecutiva, sia la riflessione indotta da banchina a giorno su pali, con scogliera sottostante, inizialmente offerta in fase di progettazione definitiva.

Obiettivo dell'indagine sperimentale e quello di reperire utili informazioni sull'effetto della geometria proposta per le nuove Banchine Containers del porto commerciale di Augusta.

In particolare si sono verificate le capacità antiriflettenti delle nuove banchine messe a punto, comparandole con la configurazione scelta in fase di progettazione definitiva: banchina a giorno su pali con sottostante scogliera antirisacca.

In particolare, obiettivo specifico dell'indagine sperimentale e stimare i valori dei coefficienti di riflessione che si instaurano al variare delle condizioni idrodinamiche del moto ondoso incidente per le due configurazioni analizzate.

In ambito marittimo i modelli fisici rappresentano la riproduzione in scala ridotta di una infrastruttura sollecitata da forzanti naturali. Rispetto all'osservazione sul campo, la modellistica fisica ha il vantaggio di potere realizzare condizioni simili a quelle osservabili in Natura, potendo ripeterle o modificarle a piacimento.

Tuttavia, la modellazione fisica è affetta da alcuni limiti che possono essere ricondotti all'impossibilità di riprodurre in laboratorio le condizioni presenti in Natura in maniera esatta. È noto, infatti, che le condizioni di similitudine dinamica tra modello in scala ridotta e prototipo non possono essere, nella stragrande maggioranza dei casi, tutte contemporaneamente soddisfatte. Ciò conduce a una similitudine incompleta che può causare differenze di comportamento tra prototipo e modello, note in letteratura come effetti di scala. Nonostante tali effetti siano ineliminabili, si vedrà nel prosieguo dello studio come le prove condotte nell'ambito della presente convenzione siano state effettuate cercando di minimizzarne il più possibile gli errori indotti.

Pertanto, nonostante i sopracitati limiti, si ritiene che i risultati dello studio effettuato possano essere ritenuti ragionevolmente affidabili rispetto agli obiettivi prefissati.

Si ricorda che l'analisi del progetto definitivo, posto a base di gara di appalto, ha evidenziato alcune problematiche tecniche ed ambientali con particolare riguardo allo smaltimento dei materiali dragati e alle tipologie costruttive della banchina a giorno e dei piazzali. In particolare, poiché l'intervento previsto in progetto ricade all'interno del S.I.N. di Priolo-Gargallo, sono state messe a punto, in gara e in sede di offerta, alcune soluzioni progettuali migliorative al fine di ridurre gli impatti sull'ambiente circostante.

La zona di interesse del Porto Commerciale di Augusta è costituita dalle Banchine Containers, evidenziate in figura **F32**.



F32. Vista aerea del porto di Augusta con indicazione dell'area di intervento (fonte google.maps – settembre 2011)

Le indagini sperimentali condotte su modello fisico hanno avuto come obiettivo la verifica delle capacità antiriflettenti della nuova soluzione proposta, comparandole con la configurazione offerta in fase di gara: banchina a giorno su pali con sottostante scarpata antirisacca con pendenza 4/3. La campagna sperimentale è stata condotta nella vasca con ondogeno in dotazione al Laboratorio di Idraulica del Dipartimento Ingegneria Civile e Architettura dell'Università di Catania.

Il modello fisico è stato realizzato all'interno della vasca adottando una scala geometrica di riduzione pari a 1:45, rispettando il criterio di similitudine di Froude. Sono state riprodotte due diverse configurazioni della banchina di riva corrispondenti alle sopra citate soluzioni progettuali ossia quella posta a base di gara e quella da progetto esecutivo. Complessivamente sono state condotte 50 prove (25 per ogni configurazione).

Le due configurazioni hanno permesso di verificare l'effetto delle differenti geometrie sul fenomeno della riflessione delle onde riscontrabili nella rada di Augusta.

A questo riguardo è opportuno precisare che si è scelto di utilizzare un ampio range di condizioni ondose, al fine di ottenere dei risultati parametrici che possano risultare validi al variare di tutte le possibili condizioni ondose



effettivamente riscontrabili nella rada. E' stata inoltre monitorata la tracimabilità della banchina di riva, che è risultata assente in entrambe le configurazioni studiate. Il coefficiente di riflessione è stato valutato mediante l'applicazione del metodo delle tre sonde (Mansard e Funke, 1980 modificato da Faraci et al, 2014), consistente nell'elaborazione e acquisizione di dati forniti da tre sonde accoppiate e posizionate a circa una lunghezza d'onda dal modello fisico in grado di misurare le altezze d'onda incidente e riflessa e quindi lo stesso coefficiente di riflessione.

La struttura è stata sollecitata da onde random (con spettro Jonswap o TMA in funzione delle caratteristiche del moto ondoso); il range di altezze d'onda significativa considerato è stato: 0,18 m÷1,35 m (a scala di prototipo); il range dei periodi di picco è stato: 3,4 s÷10,1 s (a scala di prototipo). Si precisa che, sebbene non tutte le condizioni di moto ondoso adottate potranno realizzarsi nella rada con elevate probabilità, esse hanno tuttavia permesso di definire in maniera completa le caratteristiche antiriflettenti della struttura. I risultati sperimentali ottenuti hanno mostrato come entrambe le configurazioni della banchina di riva esaminate presentino, in generale, caratteristiche di antiriflessione soddisfacenti. Infatti, il valore del coefficiente di riflessione si mantiene generalmente inferiore a 0,5, tranne che per alcuni casi della Configurazione 1 (banchina su pali a giorno, offerta in sede di progetto definitivo) in presenza di onde più lunghe.

È stato possibile effettuare un confronto complessivo tra le due configurazioni testate in laboratorio, analizzando i grafici che riportano i valori del coefficiente di riflessione al variare del parametro adimensionale  $kh$ , funzione del periodo di picco

Si è osservato, in particolare, che la prima configurazione, proposta in fase di gara, assume dei coefficienti di riflessione che variano in un ampio range, ossia tra 0,21 e 0,58. I valori più elevati dei coefficienti di riflessione, maggiori di 0,5, si hanno per periodi di picco superiori a 9 s. Al contrario, per periodi minori di 5 s il coefficiente di riflessione è sempre inferiore a 0,4.

La Configurazione 2, corrispondente alla banchina su pali e palancole con sottostante camera assorbente con scogliera di pendenza 3/1, assume dei valori più uniformi del coefficiente di riflessione al variare del periodo di picco delle onde. Il massimo coefficiente di riflessione calcolato è pari a 0,44 e viene raggiunto per condizioni ondose con periodo di picco compreso tra 5,9 e 7,2 s. Tale uniformità di comportamento è da attribuirsi, verosimilmente, alla scabrezza aggiuntiva della parete introdotta dalla presenza delle palancole.

Dalla analisi comparativa dei risultati ottenuti nelle due configurazioni si è notato che in entrambi i casi il coefficiente di riflessione si aggira mediamente su un valore di poco inferiore a 0,4, con scarti sostanzialmente giustificabili anche con gli errori di misura connessi alla metodologia adottata. Ne deriva che le due soluzioni progettuali possono ragionevolmente definirsi equivalenti dal punto di vista del fenomeno della riflessione. Ciò è tanto più vero per valori del parametro adimensionale  $kh$  maggiori di 1, corrispondenti a periodi di picco minori di 1,3 s (8,7 s in scala di prototipo). Per valori maggiori del periodo di picco si ha che la configurazione n.2, corrispondente alla nuova soluzione elaborata in fase di progettazione esecutiva, è leggermente migliorativa ai fini della minimizzazione della riflessione delle onde.



### 3.5 ANALISI DI RISCHIO ECOLOGICO

Nell'ambito della redazione del progetto di fusione ed integrazione del I e II stralcio è stata elaborata un'analisi di rischio ecologico (elaborato 1073GE00E001) finalizzata alla definizione della migliore scelta progettuale in termini di sostenibilità ambientale. Lo strumento dell'Analisi del Rischio Ecologico (ARE) permette di valutare, su base scientifica, la probabilità che possa verificarsi un effetto negativo sull'ecosistema, a fronte di esposizione ad uno o più agenti stressanti.

L'analisi di rischio ha considerato tre scenari specifici per la valutazione del rischio ecologico:

- 1) Scenario Attuale. Si intende l'attuale configurazione del sito, in cui non sono in corso attività di movimentazione o asportazione dei sedimenti marini o attività di conterminazione degli stessi all'interno di una cassa di colmata. In questo scenario si assume che il sedimento contaminato sia la sorgente di contaminazione a cui gli organismi possono essere esposti attraverso differenti percorsi di esposizione.
- 2) Scenario Futuro 1. Considera la soluzione del progetto esecutivo nella fase di asportazione dei sedimenti contaminati mediante dragaggio. In questo scenario si assume che, come successivamente dettagliato, il sedimento contaminato oggetto di movimentazione possa potenzialmente diventare una sorgente di contaminazione in fase di dragaggio e trasporto.
- 3) Scenario Futuro 2. Considera la soluzione del progetto esecutivo con cassa di colmata delimitata da palancole metalliche impermeabili. In questo scenario sono esaminati due distinti momenti progettuali: (i) infissione delle palancole nel fondo marino, dove si assume che il sedimento messo in sospensione dal contatto meccanico delle palancole e degli altri elementi di costruzione possa essere una potenziale sorgente di contaminazione; (ii) la situazione a lavori completati dove si assume che il sedimento contaminato e conterminato sia la potenziale sorgente di contaminazione.

Seppur con lievi differenze, è stata rilevata una certa uniformità in merito ai risultati ecotossicologici e ai recettori tra lo stato attuale e le due soluzioni progettuali comparate (progetto definitivo, progetto con cassa di contenimento). Alcune differenze sono evidenti in merito alle sorgenti di contaminazione, che nel progetto esecutivo con cassa di contenimento risultano costituite da un numero minore di contaminanti: 2 contaminanti contro 10 contaminanti allo stato attuale e 11 contaminanti nel Progetto iniziale. Tuttavia, ciò che costituisce le maggiori differenze tra le tre situazioni messe a confronto sono soprattutto i percorsi di migrazione e le vie di esposizione. Tali percorsi presenti nello stato attuale, ma limitati ai sedimenti e alle acque immediatamente a questi sovrastanti, diventano più importanti nel progetto iniziale, **dove la movimentazione dei sedimenti e la loro asportazione e trasporto può innescare processi di migrazione/esposizione in tutta la colonna d'acqua e successivamente in atmosfera**. I fenomeni di movimentazione sono di diversa importanza se presenti nel solo strato prossimo al sedimento o nell'intera colonna d'acqua: infatti variano i tempi di ricaduta dei sedimenti e la loro densità in acqua, e di conseguenza sono diversi i livelli di lisciviazione e rilascio dei contaminanti. Nel caso di realizzazione della cassa di colmata, i soli rischi sono associati alla fase di costruzione e sono limitati allo strato inferiore delle acque, prossimo al fondo. Una volta realizzata la cassa di contenimento i percorsi di contaminazione sono considerati interrotti.

I risultati dell'analisi di rischio ecologico indicano quindi un rischio medio per l'attuale situazione in assenza di interventi; un rischio medio-alto durante le attività di dragaggio previste nell'ambito del progetto definitivo o nel



caso di un dragaggio parziale dei soli sedimenti contaminati da idrocarburi con C>12 nella fase di realizzazione della cassa di contenimento; un rischio medio nella fase di realizzazione della cassa di colmata ed un rischio improbabile ad opera realizzata.

Il progetto esecutivo che prevede la realizzazione della cassa di contenimento non solo risulta un'opzione compatibile ed indicata secondo la classificazione dei sedimenti ai sensi della metodica ICRAM-APAT, ma risulta anche l'opzione di gestione più compatibile dal punto di vista ambientale.

### **3.6 VERIFICA DI OTTEMPERANZA ALLE PRESCRIZIONI VIA**

Le problematiche ambientali inerenti il Progetto Esecutivo di Fusione ed integrazione del I e del II Stralcio in riscontro alle prescrizioni disposte dal Ministero dell'Ambiente in sede di approvazione, hanno rivestito una rilevanza notevole sulla messa a punto del progetto esecutivo.

Nella stesura del progetto esecutivo è stata inoltre posta particolare attenzione alle prescrizioni del Decreto VIA del Ministero dell'Ambiente prot. DSA-DEC-2007-0000244 del 27.03.2007, che sono state ottemperate.

È stata predisposta quindi una relazione ambientale, volta alla verifica di ottemperanza alle prescrizioni sul progetto definitivo, rilasciate con il decreto del Ministero dell'Ambiente sopra citato ed alla verifica ambientale in fase di cantiere, relativa alle nuove lavorazioni previste nel progetto esecutivo.

Per poter verificare le ottemperanze alle prescrizioni rilasciate, la relazione ambientale ha valutato nell'ordine

- I rilievi morfo-stratigrafici e topografici
- Lo studio geologico;
- Lo studio geotecnico;
- Le prove e le indagini geotecniche;
- Lo studio idraulico marittimo;
- Le prove sul modello fisico volte all'ottimizzazione del funzionamento antiriflettente della banchina operativa
- Il Piano di Monitoraggio Ambientale e il Piano di Caratterizzazione Ambientale;
- I risultati dalle analisi di caratterizzazione ambientale dei sedimenti marini e delle aree a terra;
- Le indicazioni e le analisi contenute nel progetto preliminare di bonifica della rada di Augusta inclusa nel SIN di Priolo;
- L'analisi del rischio ecologico;
- Il Progetto Esecutivo di fusione ed integrazione tra il primo ed il secondo stralcio;
- Le fasi di cantierizzazione
- Le analisi ambientali delle varie componenti coinvolte in fase di cantiere (rumore, atmosfera e regime vincolistico).

È stato possibile costruire una matrice di ottemperanza alle prescrizioni contenute nel Decreto del Ministero dell'Ambiente DSA-DEC-2007-0000244, contenuta nella relazione di “*Verifica di ottemperanza al decreto del Ministero Ambiente prot. prot. DSA-DEC-2007-0000244 del 27.03.2007*”.



## **4 PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I° E II° STRALCIO**

Il progetto esecutivo di fusione ed integrazione del I° stralcio esecutivo e II° stralcio definito prevede sinteticamente le seguenti opere:

- Formazione del nuovo piazzale con preliminare realizzazione di un sistema di conterminazione impermeabile;
- Banchina operativa Sud (sviluppo di 298,60 m);
- Testata provvisoria (sviluppo di 182,60 m);
- Banchina operativa Nord (sviluppo di 102,30 m);
- Confinamento vasca di colmata (sviluppo di 345,20 m).

Le banchine operative e le pareti di conterminazione del piazzale saranno costituiti come di seguito dettagliato.

### **4.1 BANCHINA OPERATIVA LATO SUD**

Il tratto di banchina operativa lato sud, che si sviluppa per una lunghezza di 298,60 m, si raccorda alla banchina a giorno esistente e prosegue verso Est fino alla testata provvisoria.

La banchina operativa sarà soggetta alle seguenti azioni:

- Carico permanente sovrastruttura;
- Sovraccarico di esercizio;
- Carroponte sottovento;
- Carroponte sopravento;
- Tiro bitta;
- Urto nave;
- Sisma;
- Moto ondoso;

In particolare il tiro alla bitta è stato considerato pari a 200 t.

Una notevole miglioria è stata introdotta nello sviluppo del PE di fusione con riferimento alla Nave di progetto.

Dall'analisi dell'Elaborato "AU-3-D-M-OO-31 – Relazione calcoli strutturali banchinamenti", facente parte del Progetto Definitivo posto a base di gara, si è cercato, riferendosi alle azioni orizzontali sulla banchina (tiro bitta e paraurti), di ipotizzare una nave tipo di progetto.

Le azioni della nave sulla banchina considerate in fase di progettazione definitiva sono:

a) tiro di ormeggio alla bitta:  $70/16= 4,40$  t

b) reazione di un paraurti:  $105/16= 6,56$  t

La Nave di progetto che risponde, in termini di azioni sulla banchina, ai carichi sopra esposti è la seguente:

- Tipologia: Nave Containers
- Nominal Teus: 5.600
- Loa: 270 metri
- Beam: 44 metri

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

- DWT: 75.200 t
- Profondità a pieno carico: circa 10 metri.

Il progetto esecutivo ha tenuto conto delle azioni di una nave tipo di caratteristiche superiori a quella sopra indicata, ed in particolare, come si evince dall'*elaborato* "1073-OM02-C-003-A – *Relazione di calcolo sul sistema di accosto*" del PE di fusione ed integrazione del I e II, la nave tipo di progetto ha le seguenti caratteristiche ovvero:

- Tipologia: Nave Containers
- Nominal Teus: 11.000
- Loa: 347 metri
- Beam: 45 metri
- DWT: 120.000 t
- Profondità a pieno carico: 12.50 – 13.00 metri.

La banchina operativa avrà una struttura metallica tipo Cofferdam, e sarà realizzata mediante un sistema combinato, "Combi-Wall", di palancole metalliche e tubi in acciaio di diametro 1524 mm e spessore compreso tra 12.5 e 14 mm. Tiranti in acciaio saranno posizionati in corrispondenza dei tubi. Dopo avere realizzato il Cofferdam e completato il riempimento dello stesso con idoneo materiale granulare, si completerà la banchina con 4 file di pali trivellati ad interasse pari a 6.0 m in modo da sostenere la soprastante sovrastruttura in calcestruzzo armato.

In figura F33 viene riportata una sezione tipologica della banchina operativa sud.





**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

In corrispondenza di ogni palo, a quota -3,50 m s.l.m.m., verrà posto un tirante in acciaio tipo S355 del diametro pari a 95 mm.

La parete combi-wall verrà completata con l'inserimento, tra due tubi circolari, predisposti con idonei gargami, di n. 3 palancole del tipo Larssen 716 o equivalenti in acciaio tipo S355GP.

L'infissione del Combi-Wall (pali e palancole) avverrà tramite il metodo della vibro-infissione.

In seguito alla realizzazione del cofferdam, i tubi in acciaio verranno, alternativamente, riempiti con calcestruzzo  $R_{ck} = 20$  Mpa fino a quota fondale o utilizzati come tubo camicia per la formazione dei pali trivellati in c.a. di sostegno della sovrastruttura di banchina.

Lungo la banchina operativa sud la profondità di infissione delle palancole metalliche impermeabili, lato cassa di colmata, è stata suddivisa in tre tratti, in funzione della profondità del tetto delle argille, garantendo un'infissione nel substrato delle argille grigio-azzurre di almeno 1,00 m. Il primo tratto, (A3-1, Sezione tipo 1), pari a 84,80 m, avrà una lunghezza della palanca di 13,00 m, da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota -12,00 m s.l.m.m., il secondo tratto, (1-2, Sezione tipo 2), pari a 47,90 m, avrà una lunghezza della palanca di -21,00 m, da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota -20,00 m s.l.m.m., e il terzo tratto, (2-C3, Sezione tipo 3), pari a 162,30 m, avrà una lunghezza della palanca di -23,00 m, da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota -22,00 m s.l.m.m..

Le palancole metalliche non impermeabili lato mare, per tutta la lunghezza della banchina operativa sud, avranno inizialmente una lunghezza di 23,00 m, da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota -22,00 m s.l.m.m., e successivamente verranno tagliate fino a quota -2,50 m s.l.m.m. in modo da realizzare delle finestre sul muro di sponda, di larghezza 2,16 m ed altezza 3,20 m in modo da realizzare un Cofferdam del tipo antiriflettente con celle antirisacca.

La cella antirisacca avrà una larghezza media pari a circa 12,00 m in corrispondenza delle palancole e circa 10,50 m in corrispondenza dei tubi circolari del combi-wall. Il Cofferdam sarà riempito con materiale selezionato da cava, da quota fondale esistente a quota -3,00 s.l.m.m., sul quale verrà realizzata una scogliera in scogli del peso di 300-500 kg, disposti in opera con scarpa di 3/1 fino a quota +1,00 m s.l.m.m..

Una volta realizzate le due pareti combi-wall e predisposti i tiranti, il Cofferdam verrà riempito con materiale selezionato da cava e verrà formata una pista provvisoria lato piazzale, in adiacenza al Cofferdam, che sarà utilizzata per realizzare i pali trivellati del diametro di 1500 mm posti ad un'interasse trasversale pari a 6.0 m dai Combi-Wall.

I pali verranno realizzati con cls  $R_{ck} 40$  N/mm<sup>2</sup> con testa palo a quota +1,00 m s.l.m.m. ed avranno una lunghezza tale da garantire una profondità di infissione nel fondale esistente di 20,00 m per la quarta fila e di 27,00 m per la terza e seconda fila; mentre per la prima fila di pali verrà garantita una profondità di infissione di 22,00 m dalla futura quota di dragaggio di -16,00 m s.l.m.m.. Per evitare di avere in cantiere un numero troppo elevato di gabbie d'armature si è scelto di raggruppare i pali in diversi gruppi aventi la stessa lunghezza nel rispetto della profondità minima di infissione.

Si sono ottenute le seguenti lunghezze di pali trivellati del diametro pari a 1500 mm:

- Prima fila: n. 3 da 38,00 m nel tratto di raccordo con la banchina esistente e n. 40 pali da 39,00 m lungo tutta la banchina operativa sud;

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**Pag. 72  
di 99

- Seconda fila: n. 2 pali da 32,00 m nel tratto di raccordo con la banchina esistente, n.3 da 38,00 m, n. 6 da 39,00 m, n.12 da 41,00 m e n.19 da 42,00 m lungo tutta la banchina operativa sud;
- Terza fila: n. 4 pali da 33,00 m nel tratto di raccordo con la banchina esistente, n.6 da 38,00 m, n. 18 da 39,00 m e n.16 da 40,00 m lungo tutta la banchina operativa sud;
- Quarta fila: n. 4 pali da 19,00 m nel tratto di raccordo con la banchina esistente e n. 3 da 25,00 m, n.9 da 33,00 m e n. 28 da 34,00 m lungo tutta la banchina operativa sud;

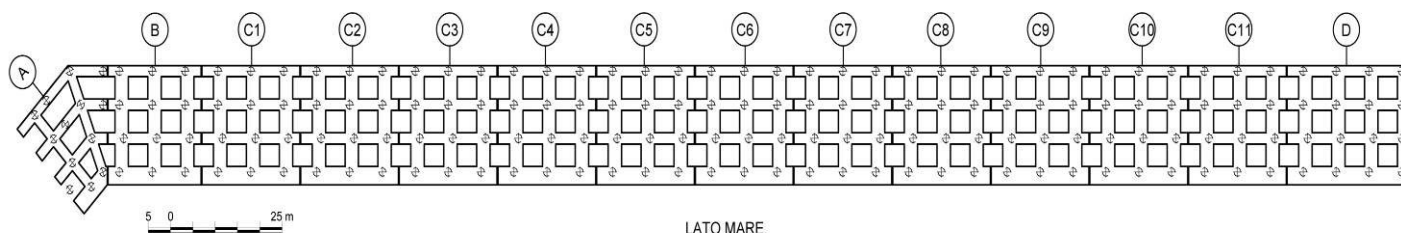
La sovrastruttura della banchina operativa sud è stata realizzata con un impalcato in c.a. gettato in opera composto da un graticcio di travi longitudinali e trasversali di collegamento dei pali in c.a., aventi larghezza variabile da un minimo di 2,00 m ad un massimo di 3,30 m ed altezza pari ad 1,35 m e completata con delle piastre di dimensioni pari a circa 4,00 m x 4,375 m e spessore di 45 cm.

I telai trasversali portanti della sovrastruttura, formata da 4 pali, sono stati predisposti in modo tale da consentire di avere uno scartamento, dei binari delle gru per il sollevamento container, pari a 18,00 m.

Essendo in ambiente fortemente aggressivo, la classe di esposizione considerata è la XS3, e quindi verrà impiegato un calcestruzzo con una resistenza caratteristica a compressione cubica pari a 45 N/mm<sup>2</sup>.

La sovrastruttura della banchina operativa sud ha una larghezza di 21,30 m ed una lunghezza di circa 291,30 m più un tratto di 7,30 m di raccordo con la banchina esistente ed è stata suddivisa in 14 concio, giuntati tra di loro e quindi strutturalmente autonomi. I 14 concio sono identificati, come si evince dalla figura **F34**, e come di seguito riportato:

- Concio A, di raccordo alla banchina esistente;
- Concio B di chiusura del tratto iniziale della banchina ed avente una lunghezza pari a 20,90 m;
- Concio tipo C, da C1 a C11, avente una lunghezza pari a circa 21,90 m;
- Concio tipo D di chiusura del tratto terminale della banchina ed avete una lunghezza pari a 26,70 m.



*F34. Banchina operativa Sud: identificazione concio*

Il concio A di raccordo alla banchina esistente avrà una larghezza di 21,30 m ed una lunghezza di 7,30, lato mare, e 24,90 m, lato piazzale e sarà realizzato su n. 12 pali in c.a.  $\Phi$  1500, di cui n°8 incamiciati con tubo in acciaio  $\Phi$  1524. La prima fila di pali avrà una lunghezza di 38,00 m, la seconda di 32,00 m, la terza di 33,00 m e la quarta di 19,00 m.

Le travi longitudinali, di collegamento della seconda, terza e quarta fila di pali, avranno una larghezza di 2,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), mentre la trave di bordo, di collegamento della prima fila di pali, avrà una larghezza totale di 3,30 m con una parte aggettante verso mare avente uno sviluppo di 1,54 m ed altezza 1,80 m, (da quota +0,70 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), ed un

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

parte interna avente larghezza di 1,76 m ed altezza 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi trasversali avranno una larghezza di 2,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.),

Le piastre di completamento della sovrastruttura avranno uno spessore di 45 cm, (da quota +1,90 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), e verranno armate con una doppia maglia di ferri  $\Phi$  20 passo 20 cm.

Il concio B di chiusura della banchina operativa sud avrà una larghezza di 21,30 m ed una lunghezza di circa 20,90 m e sarà realizzato su n. 12 pali in c.a.  $\Phi$  1500, di cui n°6 incamiciati con tubo in acciaio  $\Phi$  1524, aventi un interasse longitudinale di 7,375 m ed un interasse trasversale di 6,00 m. La prima fila di pali avrà una lunghezza di 39,00 m, la seconda di 38,00 m, la terza di 38,00 m e la quarta di 25,00 m.

Le travi longitudinali, di collegamento della seconda, terza e quarta fila di pali, avranno una larghezza di 2,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), mentre la trave di bordo, di collegamento della prima fila di pali, avrà una larghezza totale di 3,30 m con una parte aggettante verso mare avente uno sviluppo di 1,54 m ed altezza 1,80 m, (da quota +0,70 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), ed un parte interna avente larghezza di 1,76 m ed altezza 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi trasversali avranno una larghezza di 3,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.),

Le travi verranno armate con ferri principali  $\Phi$  24 e staffe  $\Phi$  12.

Le piastre di completamento della sovrastruttura avranno uno spessore di 45 cm, (da quota +1,90 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), e verranno armate con una doppia maglia di ferri  $\Phi$  20 passo 20 cm.

Il concio tipo C, (da C1 a C11), avrà una larghezza di 21,30 m ed una lunghezza di circa 21,90 m e sarà realizzato su n. 12 pali in c.a.  $\Phi$  1500, di cui n°6 incamiciati con tubo in acciaio  $\Phi$  1524, aventi un interasse longitudinale di 7,375 m ed un interasse trasversale di 6,00 m. La prima fila di pali avrà una lunghezza di 39,00 m per i conci da C1 a C11; la seconda di 39,00 m per i conci C1-C2, 40,00 m per i conci C3-C4-C5-C6, 41,00 m per i conci C7-C8-C9-C10-C11; la terza di 38,00 m per il concio C1; 39,00 m per i conci da C2 a C7, 40,00 m per i conci da C9 a C11; la quarta di 33,00 m per i conci C1-C2-C3 e 34,00 m per i conci da C4 a C11.

Le travi longitudinali, di collegamento della seconda, terza e quarta fila di pali, avranno una larghezza di 2,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), mentre la trave di bordo, di collegamento della prima fila di pali, avrà una larghezza totale di 3,30 m con una parte aggettante verso mare avente uno sviluppo di 1,54 m ed altezza 1,80 m, (da quota +0,70 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), ed un parte interna avente larghezza di 1,76 m ed altezza 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi trasversali avranno una larghezza di 3,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi verranno armate con ferri principali  $\Phi$  24 e staffe  $\Phi$  12.

Le piastre di completamento della sovrastruttura avranno uno spessore di 45 cm, (da quota +1,90 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), e verranno armate con ferri  $\Phi$  20 passo 20 cm.



Il concio D avrà una larghezza di 21,30 m ed una lunghezza di circa 26,70 m e sarà realizzato su n. 16 pali in c.a.  $\Phi$  1500, di cui n°8 incamiciati con tubo in acciaio  $\Phi$  1524, aventi un interasse longitudinale di 7,375 m ed un interasse trasversale di 6,00 m. La prima fila di pali avrà una lunghezza di 39,00 m, la seconda di 42,00 m, la terza di 40,00 m e la quarta di 34,00 m.

Le travi longitudinali, di collegamento della seconda, terza e quarta fila di pali, avranno una larghezza di 2,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), mentre la trave di bordo, di collegamento della prima fila di pali, avrà una larghezza totale di 3,30 m con una parte aggettante verso mare avente larghezza di 1,54 m ed altezza 1,80 m, (da quota +0,70 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), ed un parte interna avente larghezza di 1,76 m ed altezza 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi trasversali avranno una larghezza di 3,00, per quelle intermedie, e di 1,95 m, per quella di chiusura, ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi verranno armate con ferri principali  $\Phi$  24 e staffe  $\Phi$  12.

Le piastre di completamento della sovrastruttura avranno uno spessore di 45 cm, (da quota +1,90 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), e verranno armate con ferri  $\Phi$  20 passo 20 cm.

In adiacenza alla sovrastruttura di banchina sarà realizzato un cunicolo servizi ed una canaletta per la raccolta delle acque di pioggia. La banchina avrà una pendenza rivolta verso il piazzale, in modo da evitare lo sversamento delle acque di prima pioggia a mare. Il cunicolo servizio sarà del tipo tombato ispezionabile con dei tombini che consentono l'accesso dal piano della sovrastruttura. Il cunicolo servizi sarà tombato in modo da permettere all'acque di scorrere sulla sovrastruttura dello stesso, senza infiltrarsi all'interno.

Nella trave di bordo della sovrastruttura saranno predisposti i parabordi e le bitte (200 t) e le scalette secondo le previsioni del progetto definitivo.

## 4.2 TESTATA PROVVISORIA

Con riferimento alla banchina di testata, considerata la non fattibilità della banchina a giorno offerta a base di gara, la scelta progettuale adottata per la redazione del PE di fusione ed integrazione del I e II stralcio (a parità di importo totale offerto), ha privilegiato la maggior performance (strutturale, geotecnica, ambientale, manutentiva) delle banchine a giorno lato nord e lato sud.

Tale necessità, come sopra esposto, è sopraggiunta a seguito delle risultanze delle indagini geognostiche ed ambientali eseguite, preliminarmente alla stesura del progetto esecutivo.

Pertanto, in considerazione di quanto sopra detto e tenendo conto delle nuove previsioni del PRP portuale, la tipologia della banchina di testata è stata adeguata come di seguito descritto.

La banchina di testata provvisoria compresa tra i due tratti di banchina containers, ovvero dalla progressiva 298,60 alla progressiva 481,20 m, sarà costituita da una paratia principale in combi-wall impermeabilizzata con sistema tipo Roxan Plus avente una capacità di impermeabilità pari a  $\rho = 0,5 \times 10^{-10}$  m/s, formata da tubi circolari in acciaio  $\Phi$ 1524 spessore 14 mm (S460MH), posti ad interasse di 2,987 m, collegati con due palancole metalliche tipo AZ 18-700 (S355GP).

PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO  
Relazione generale del progetto esecutivoPag. 75  
di 99

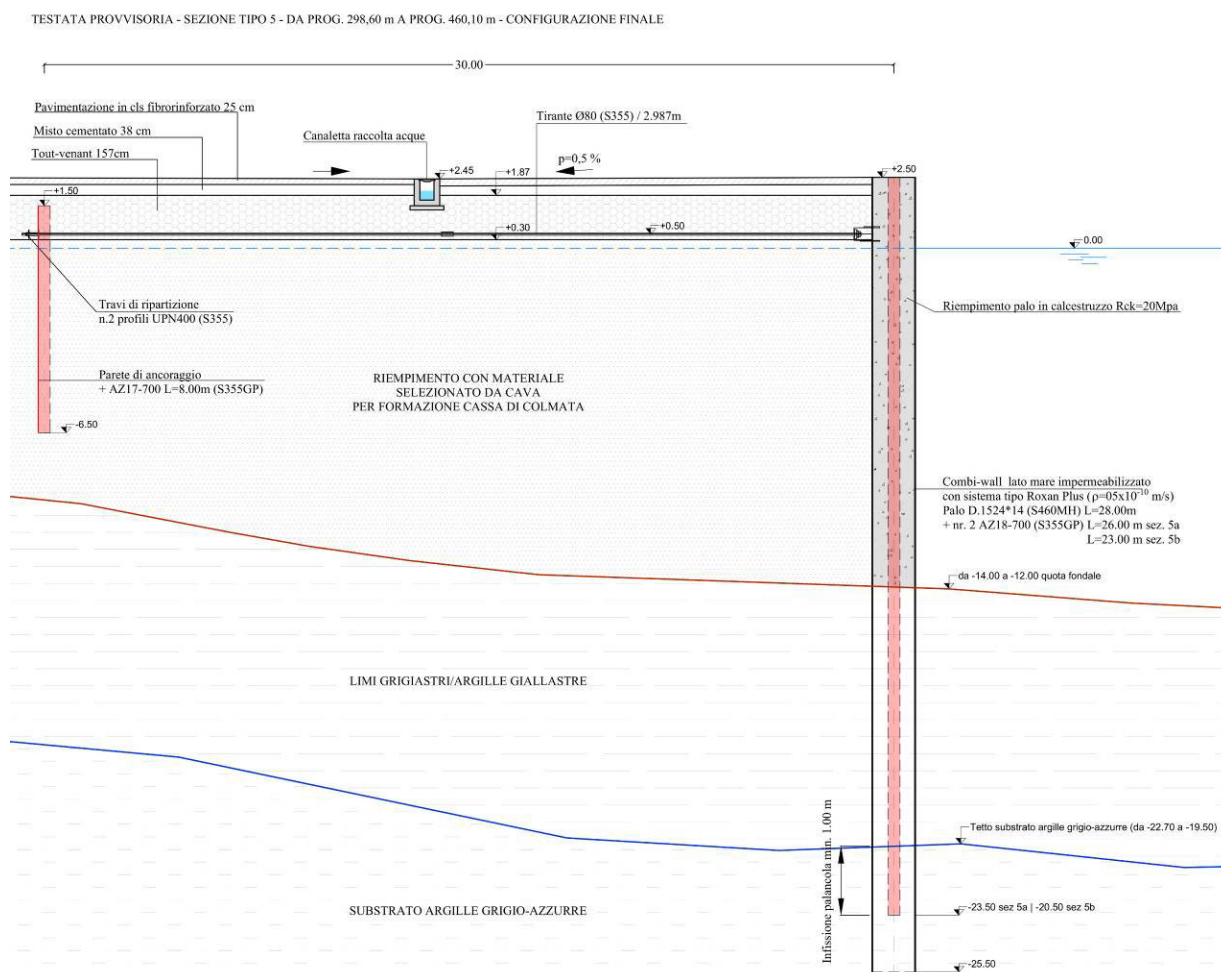
La banchina della testata provvisoria sarà soggetta alle seguenti azioni:

- Spinta del terreno;
- Spinta dell'acqua sulla parete lato mare aperto in condizione idrostatiche;
- Spinta dell'acqua sulla parete lato interno in condizione idrostatiche;
- Azioni derivanti dal moto ondoso;
- Sovraccarico;
- Sisma;

I tubi avranno una lunghezza pari a 28,00 m, (da quota +2,50 m s.l.m.m. a quota -25,50 m s.l.m.m.), mentre le palancole avranno una lunghezza di 23,00 m, (da quota +2,50 m s.l.m.m. a quota -20,50 m s.l.m.m.), per un primo tratto di circa 84,60 m (tratto C7-3 sezione tipo 5a), e di 26,00 m, (da quota +2,50 m s.l.m.m. a quota -23,50 m s.l.m.m.), per un secondo tratto di circa 82,60 m (tratto 3-D3 sezione tipo 5b).

L'infissione del tubo in acciaio e delle palancole del Cofferdam avverrà tramite il metodo della vibro-infissione. I tubi verranno riempiti con calcestruzzo  $R_{ck} = 20$  Mpa fino a quota fondale.

In figura **F35** viene riportata la sezione tipologica della testata provvisoria.



F35. Sezione tipo Testata provvisoria



Le diverse lunghezze di infissione sono state determinate in modo da garantire un'infissione minima pari a 1,00 m nel substrato di argille grigio-azzurre presenti nei fondali dell'area interessata dalle opere.

La parete in combi-wall sarà ancorata mediante tiranti  $\Phi$  80 in acciaio S355, posti a quota +0,50 m s.l.m.m in corrispondenza di ogni palo, ad una paratia di contrasto in palancole semplici tipo AZ 17-700 (S355GP), aventi una lunghezza pari a 8,00 m, da quota -6,50 a quota +1,50 m s.l.m.m.

A tergo del palanco lato impermeabile è previsto il riempimento con materiale selezionato di cava, per la formazione del piazzale.

La quota della pavimentazione della testata provvisoria sarà pari a +2,50 m s.l.m.m. con una pendenza pari a 0,5% verso l'interno in modo da convogliare le acque piovane nella canaletta di raccolta delle acque meteoriche che percorre l'intero perimetro del piazzale, evitando così lo scarico a mare delle acque di prima pioggia.

Sulla testa provvisoria sono state inserite n. 3 bitte da 20 t.

### **4.3 BANCHINA OPERATIVA LATO NORD**

Il tratto di banchina operativa lato Nord, che si sviluppa per una lunghezza di 102,30 m, è compreso tra la testata provvisoria e il confinamento della vasca di colmata lato mare.

La banchina operativa sarà soggetta alle seguenti azioni:

- Carico permanente sovrastruttura;
- Sovraccarico di esercizio;
- Carroponte sottovento;
- Carroponte sopravento;
- Tiro bitta;
- Urto nave;
- Sisma;
- Moto ondoso;

La banchina operativa Nord avrà una struttura metallica tipo Cofferdam, e sarà realizzata mediante un sistema combinato, "Combi-Wall", di palancole metalliche e tubi in acciaio di diametro 1524 mm e spessore compreso tra 12.5 e 14 mm. Tiranti in acciaio saranno posizionati in corrispondenza di ciascun tubo. Dopo avere realizzato il cofferdam e completato il riempimento dello stesso con idoneo materiale granulare, si completerà la banchina con 4 file di pali trivellati ad interasse pari a 6.0 m in modo da sostenere la soprastante sovrastruttura in calcestruzzo armato.

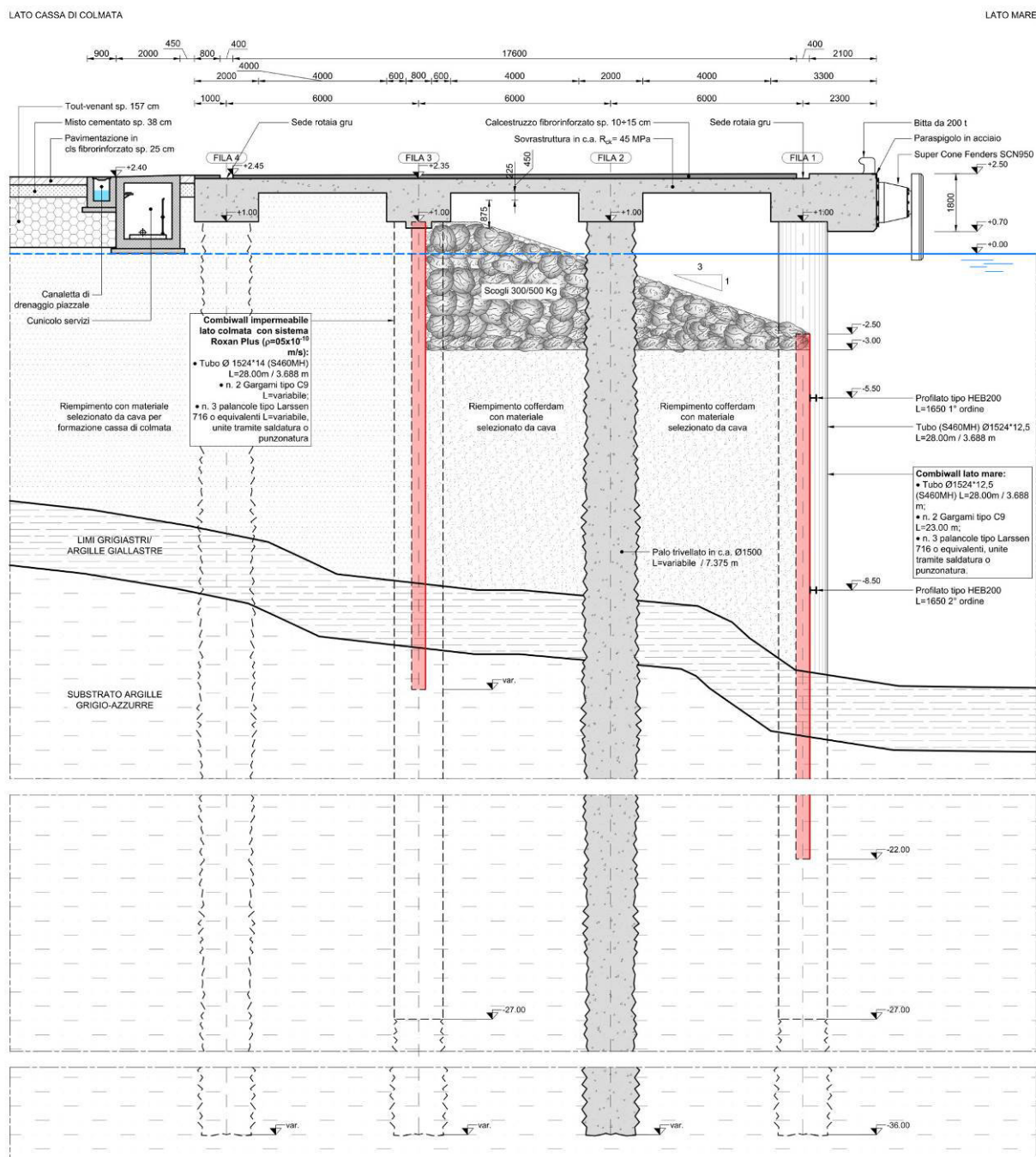
I gargami della parete in Combi-Wall lato terra saranno impermeabilizzati con sistema tipo Roxan Plus avente una capacità di impermeabilità pari a  $\rho = 0,5 \times 10^{-10}$  m/s, diversamente la parete lato mare non sarà impermeabilizzata. Le due pareti saranno realizzate con un interasse di 12,00 m.

In figura 1.1 viene riportata una sezione tipologica della banchina operativa sud.



**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

SEZIONE TIPO BANCHINA OPERATIVA NORD



F36. Sezione tipo banchina operativa lato Nord

I tubi che compongono le pareti combi-wall saranno in acciaio tipo S460MH con diametro esterno pari a 1524 mm, dello spessore pari a 14 mm, per i tubi lato terra, e di 12,5 mm, per quelli lato mare, ed avranno una lunghezza pari a 28,00 m, (da quota +1.00 m s.l.m.m. a quota -27.00 m s.l.m.m.).

In corrispondenza di ogni palo, a quota -3,50 m s.l.m.m., verrà posto un tirante in acciaio tipo S355 del diametro pari a 95 mm.

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

La parete Combi-Wall verrà completata con l'inserimento, tra due tubi circolari, predisposti con idonei gargami, di n. 3 palancole del tipo Larssen 716 o equivalenti in acciaio tipo S355GP unite tramite saldatura o punzonatura, aventi una lunghezza di 23,00 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota -22,00 m s.l.m.m.), per la parete lato mare e 22,00 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota -21,00 m s.l.m.m.), per la parete impermeabilizzata, lato cassa di colmata.

L'infissione del Combi-Wall (pali e palancole) avverrà tramite il metodo della vibro-infissione.

In seguito alla realizzazione del Cofferdam, i tubi in acciaio verranno, alternativamente, riempiti con calcestruzzo  $R_{ck}= 20$  Mpa fino a quota fondale o utilizzati come tubo camicia per la formazione dei pali trivellati in c.a. di sostegno della sovrastruttura di banchina.

Le palancole metalliche non impermeabili lato mare verranno tagliate fino a quota -2,50 m s.l.m.m. in modo da realizzare delle finestre sul muro di sponda, di larghezza 2,16 m ed altezza 3,20 m, (da quota -2,50 m s.l.m.m. a quota +0.70 m s.l.m.m.), in modo da realizzare un Cofferdam del tipo antiriflettente con celle antirisacca.

La cella antirisacca avrà una larghezza media pari a circa 12,00 m in corrispondenza delle palancole e circa 10,50 m in corrispondenza dei tubi circolari del combi-wall. Il Cofferdam sarà riempito con materiale selezionato da cava, da quota fondale esistente a quota -3,00 s.l.m.m., sul quale verrà realizzata una scogliera in scogli del peso di 300-500 kg, disposti in opera con scarpa di 3/1 fino a quota +1,00 m s.l.m.m..

Una volta realizzate le due pareti combi-wall e predisposti i tiranti, il Cofferdam verrà riempito con materiale selezionato da cava e verrà formata una pista provvisoria lato piazzale, in adiacenza al Cofferdam, che sarà utilizzata per realizzare i pali trivellati del diametro di 1500 mm posti ad un interasse trasversale pari a 6.0 m dai Combi-Wall.

I pali verranno realizzati con cls  $R_{ck}40$  N/mm<sup>2</sup> con testa palo a quota +1,00 m s.l.m.m. ed avranno una lunghezza tale da garantire una profondità di infissione nel fondale esistente di 20,00 m per la quarta fila e di 27,00 m per la terza e seconda fila; mentre per la prima fila di pali verrà garantita una profondità di infissione di 22,00 m da una possibile futura quota di dragaggio di -14,00 m s.l.m.m.. Per evitare di avere in cantiere un numero troppo elevato di gabbie d'armature si è scelto di raggruppare i pali in diversi gruppi aventi la stessa lunghezza nel rispetto della profondità minima di infissione.

Si sono ottenute le seguenti lunghezze di pali trivellati del diametro pari a 1500 mm:

- Prima fila: n. 15 da 37,00 m;
- Seconda fila: n. 4 pali da 40,00 m, n.6 da 39,00 m, e n.5 da 38,00 m;
- Terza fila: n. 4 pali da 40,00 m, n.6 da 39,00 m e n. 5 da 38,00 m;
- Quarta fila: n. 7 da 33,00 m e n. 8,00 da 32,00 m;

La sovrastruttura della banchina operativa sud sarà realizzata con un impalcato in c.a. gettato in opera composto da un graticcio di travi longitudinali e trasversali di collegamento dei pali in c.a., aventi larghezza variabile da un minimo di 2,00 m ad un massimo di 3,30 m ed altezza pari ad 1,35 m e completata con delle piastre di dimensioni pari a circa 4,00 m x 4,375 m e spessore di 45 cm.

I telai trasversali portanti della sovrastruttura, formata da 4 pali, sono stati predisposti in modo tale da consentire di avere uno scartamento, dei binari delle gru per il sollevamento container, pari a 18,00 m.

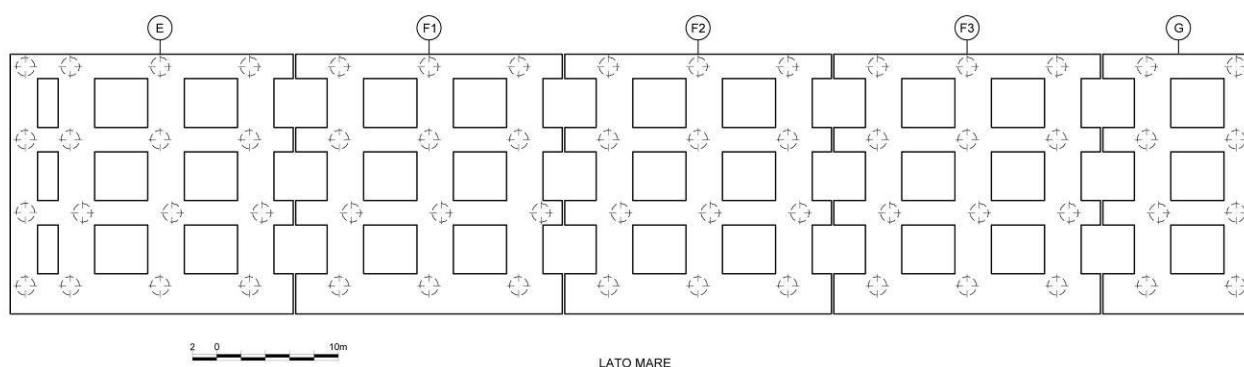


**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**Pag. 79  
di 99

Essendo in ambiente fortemente aggressivo, la classe di esposizione considerata è XS3, e quindi verrà impiegato un calcestruzzo con una resistenza caratteristica a compressione cubica pari a  $45 \text{ N/mm}^2$ .

La sovrastruttura della banchina operativa nord ha una larghezza di 21,30 m ed una lunghezza di circa 102,30 ed è stata suddivisa in 5 conci, giuntati tra di loro e quindi strutturalmente autonomi. I 5 conci sono identificati, come si evince dalla figura **F37** e come di seguito riportato:

- Concio E di chiusura della banchina ed avente una lunghezza di 23,30 m;
- Concio tipo F, da F1 a F3, avente una lunghezza pari a 21,90 m:
- Concio G di chiusura della banchina ed avete una di lunghezza pari a 11,90 m.



*F37. Banchina operativa Nord: identificazione conci*

Il concio E di chiusura della banchina operativa nord avrà una larghezza di 21,30 m ed una lunghezza di circa 23,30 m e sarà realizzato su n. 16 pali in c.a.  $\Phi 1500$ , di cui n°10 incamiciati con tubo in acciaio  $\Phi 1524$ , aventi un interasse longitudinale di 7,375 m ed un interasse trasversale di 6,00 m. La prima fila di pali avrà una lunghezza di 37,00 m, la seconda di 40,00 m, la terza di 40,00 m e la quarta di 33,00 m.

Le travi longitudinali, di collegamento della seconda, terza e quarta fila di pali, avranno una larghezza di 2,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), mentre la trave di bordo, di collegamento della prima fila di pali, avrà una larghezza totale di 3,30 m con una parte aggettante verso mare avente uno sviluppo di 1,54 m ed altezza 1,80 m, (da quota +0,70 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), ed un parte interna avente larghezza di 1,76 m ed altezza 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi trasversali avranno una larghezza di 3,00, per quelle intermedie, e di 2,25 m, per quella di chiusura, ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi verranno armate con ferri principali  $\Phi 24$  e staffe  $\Phi 12$ .

Le piastre di completamento della sovrastruttura avranno uno spessore di 45 cm, (da quota +1,90 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), e verranno armate con ferri  $\Phi 20$  passo 20 cm.

Il concio tipo F, (da F1 a F3), avrà una larghezza di 21,30 m ed una lunghezza di circa 21,90 m e sarà realizzato su n. 12 pali in c.a.  $\Phi 1500$ , di cui n°6 incamiciati con tubo in acciaio  $\Phi 1524$ , aventi un interasse longitudinale di 7,375 m ed un interasse trasversale di 6,00 m. La prima fila di pali avrà una lunghezza di 37,00

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

m per i conci da F1 a F3; la seconda di 39,00 m per i conci F1-F2, 38,00 m per il concio F3; la terza di 39,00 m per i conci F1-F2, 38,00 m per il concio F3; la quarta di 33,00 m per il concio F1, 32,00 m per i conci da F2-F3.

Le travi longitudinali, di collegamento della seconda, terza e quarta fila di pali, avranno una larghezza di 2,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), mentre la trave di bordo, di collegamento della prima fila di pali, avrà una larghezza totale di 3,30 m con una parte aggettante verso mare avente uno sviluppo di 1,54 m ed altezza 1,80 m, (da quota +0,70 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), ed un parte interna avente larghezza di 1,76 m ed altezza 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi trasversali avranno una larghezza di 3,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.),

Le travi verranno armate con ferri principali  $\Phi$  24 e staffe  $\Phi$  12.

Le piastre di completamento della sovrastruttura avranno uno spessore di 45 cm, (da quota +1,90 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), e verranno armate con ferri  $\Phi$  20 passo 20 cm.

Il concio G di chiusura della banchina operativa nord avrà una larghezza di 21,30 m ed una lunghezza di circa 11,90 m e sarà realizzato su n. 8 pali in c.a.  $\Phi$  1500, di cui n°5 incamiciati con tubo in acciaio  $\Phi$  1524, aventi un interasse longitudinale di 7,375 m ed un interasse trasversale di 6,00 m. La prima fila di pali avrà una lunghezza di 37,00 m, la seconda di 38,00 m, la terza di 38,00 m e la quarta di 32,00 m.

Le travi longitudinali, di collegamento della seconda, terza e quarta fila di pali, avranno una larghezza di 2,00 ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), mentre la trave di bordo, di collegamento della prima fila di pali, avrà una larghezza totale di 3,30 m con una parte aggettante verso mare avente uno sviluppo di 1,54 m ed altezza 1,80 m, (da quota +0,70 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), ed un parte interna avente larghezza di 1,76 m ed altezza 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi trasversali avranno una larghezza di 3,00, per quelle intermedia, e di 2,50 m, per quella di chiusura, ed un'altezza di 1,35 m, (da quota +1,00 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.).

Le travi verranno armate con ferri principali  $\Phi$  24 e staffe  $\Phi$  12.

Le piastre di completamento della sovrastruttura avranno uno spessore di 45 cm, (da quota +1,90 m s.l.m.m. a quota +2,35 m s.l.m.m.), e verranno armate con ferri  $\Phi$  20 passo 20 cm.

In adiacenza alla sovrastruttura di banchina sarà realizzato un cunicolo servizi ed una canaletta per la raccolta delle acque di pioggia. La banchina avrà una pendenza rivolta verso il piazzale, in modo da evitare lo sversamento delle acque di prima pioggia a mare. Il cunicolo servizio sarà del tipo tombato ispezionabile con dei tombini che consentono l'accesso dal piano della sovrastruttura. Il cunicolo servizi sarà tombato in modo da permettere all'acque di scorrere sulla sovrastruttura dello stesso, senza infiltrarsi all'interno.

Nella trave di bordo della sovrastruttura saranno predisposti i parabordi e le bitte (200 t) e le scalette secondo le previsioni del progetto definitivo.

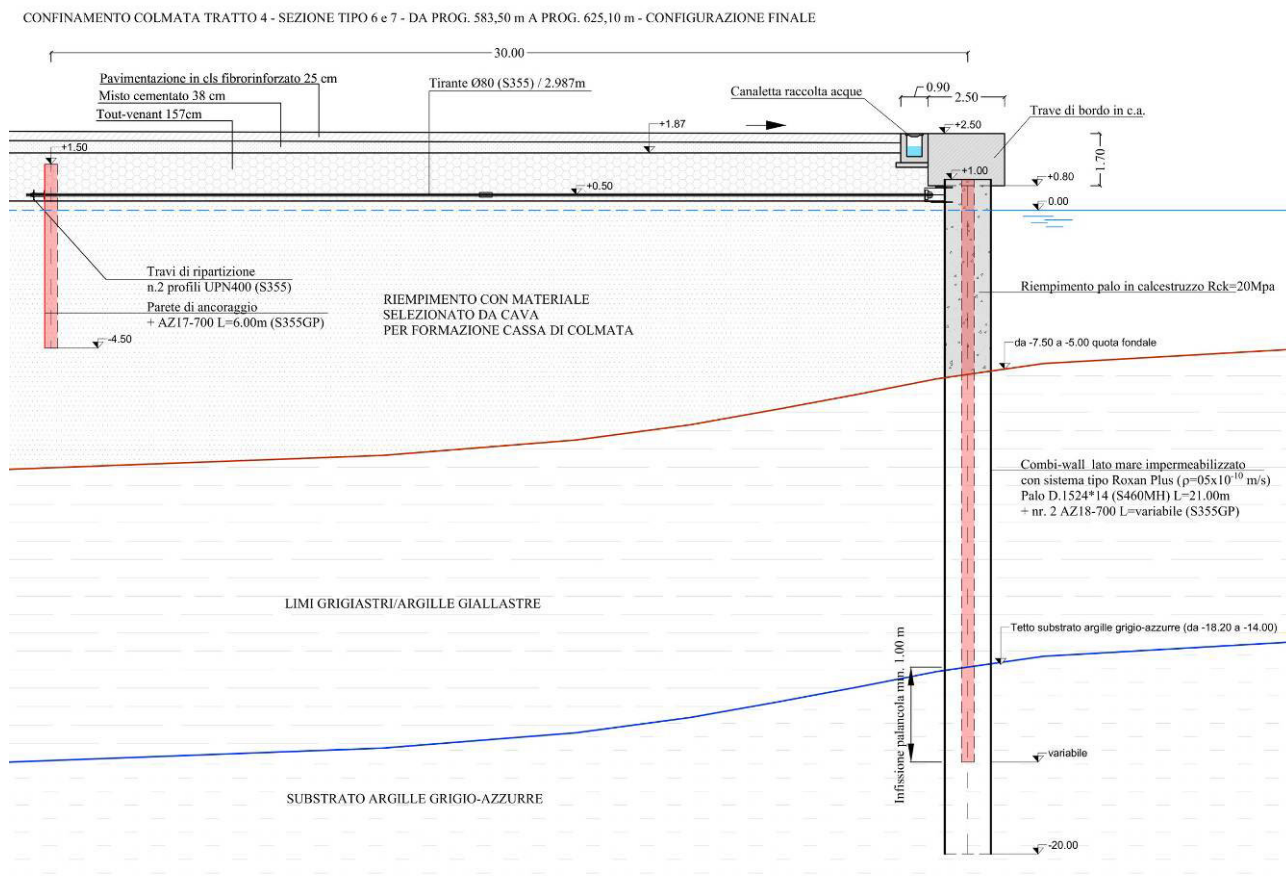
#### 4.4 LATO NORD – CONFINAMENTO VASCA DI COLMATA

Il lato nord di conterminazione del piazzale sarà costituito con 4 tipologie costruttive:

Il primo sottotratto, dalla prog. 583,50 m alla prog. 625,10 m, sarà realizzato con una parete in Combi-Wall impermeabilizzata con sistema tipo Roxan Plus avente una capacità di impermeabilità pari a  $\rho = 0,5 \times 10^{-10}$  m/s, formata da tubi circolari in acciaio (S460MH) con diametro 1524 mm, spessore pari a 14 mm posti ad interasse di 2,987 m collegati con due palancole tipo AZ 18-700 (S355GP).

L'infissione del Combi-Wall (pali e palancole) avverrà tramite il metodo di vibro-infissione. I pali verranno infissi fino alla profondità di circa -20,00 m s.l.m.m., con la quota in testa pari a +1,00 m e successivamente riempiti con calcestruzzo  $R_{ck} = 20$  Mpa, fino alla quota fondale.

In figura F38 viene riportata una sezione tipologica del primo sottotratto (tratto 4) del confinamento della vasca di colmata.



F38. Sezione tipo sottotratto 1° Confinamento Colmata

Le palancole avranno una lunghezza tale da garantire l'infissione minima di 1,00 m nel substrato argille grigio-azzurre presenti nei fondali dell'area interessata dalle opere, ovvero pari a 21,00 m, per un primo tratto di 17,70 m (E7-4, sezione tipo 6) e 19,00 m per un secondo tratto di 23,90 m (4-E6, sezione tipo 7).

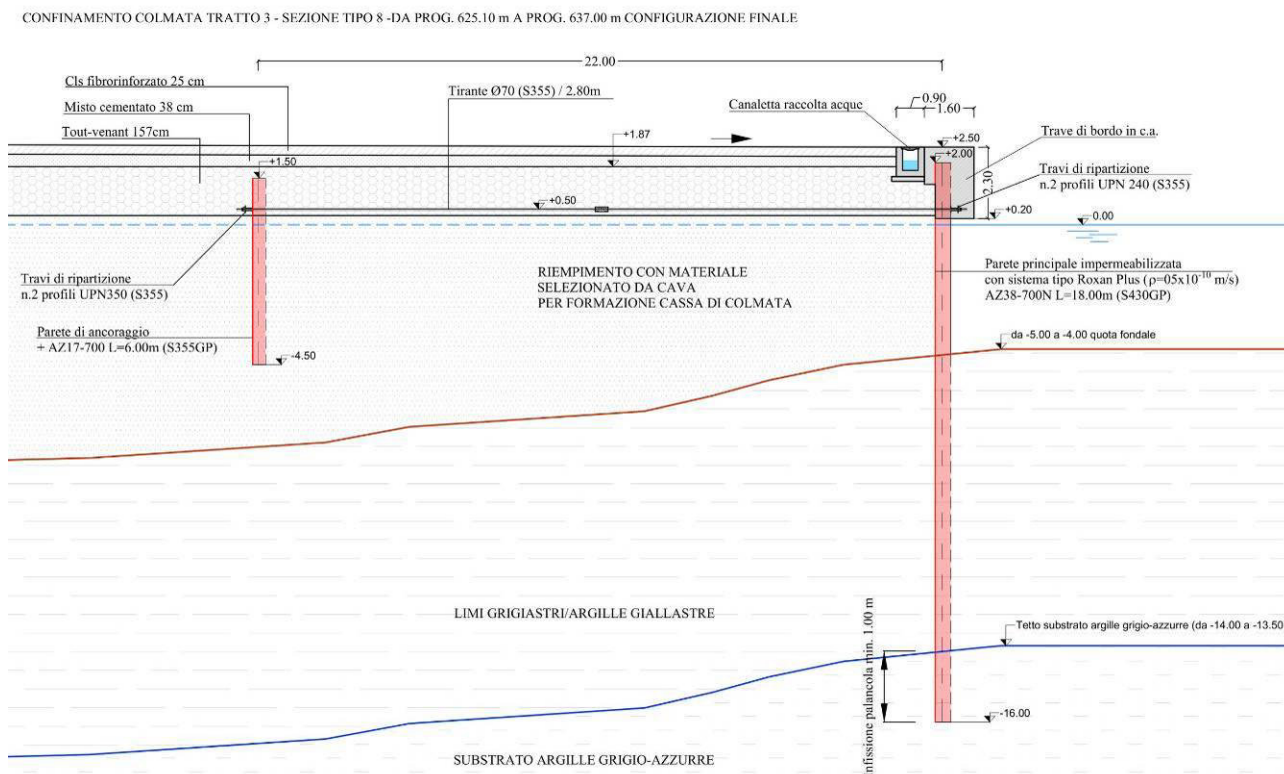
**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

La parete in Combi-Wall sarà collegata ad una parete di ancoraggio, formata in palancole AZ 17-700 (S355GP), avente una lunghezza pari a 6,00 m (da quota -4,50 a quota +1,50 m s.l.m.m.), tramite tiranti  $\Phi 80$  in acciaio S355 con passo 2,987 m in corrispondenza di ogni tubo circolare.

La parete principale in Combi-Wall verrà collegata in testa con una trave in c.a. avente dimensioni 2,50 x 1,70, e uno sviluppo di 41,60 m. La trave verrà realizzata con cls Rck 45 N/mm<sup>2</sup> ed armata con barre di acciaio  $\Phi 20$  e staffe  $\Phi 12$ . In adiacenza alla trave di coronamento sarà collocata una canaletta di raccolta delle acque per la raccolta e lo smaltimento delle acque di pioggia.

Il secondo sottotratto, dalla prog. 625,10 m alla prog. 637,00 m, sarà realizzato con un palancolato metallico formato da palancole semplici AZ 38-700N (S430GP), impermeabilizzate con sistema tipo Roxan Plus avente una capacità di impermeabilità pari a  $\rho = 0,5 \times 10^{-10}$  m/s.

In figura F39 viene riportata una sezione tipologica del secondo sottotratto (tratto 3) del confinamento della vasca di colmata.



F39. Sezione tipo sottotratto 2 Confinamento Colmata

Le palancole avranno una lunghezza tale da garantire l'infissione minima di 1,00 m nel substrato argille grigio-azzurre presenti nei fondali dell'area interessata dalle opere, ovvero pari a 18,00 m (da quota +1.0 m s.l.m.m. a quota -16.00 m s.l.m.m.). La loro stabilità sarà garantita, oltre all'infissione delle palancole fino al substrato delle argille grigio-azzurre, dalla parete di ancoraggio formata da palancole AZ17-700 (S355GP) aventi una lunghezza pari a 6,00 m (da quota -4,50 a quota +1,50 m s.l.m.m.), e collegata al palancolato principale tramite tiranti  $\Phi 70$  in acciaio S355 disposti ad un interasse pari a 2,80 m.

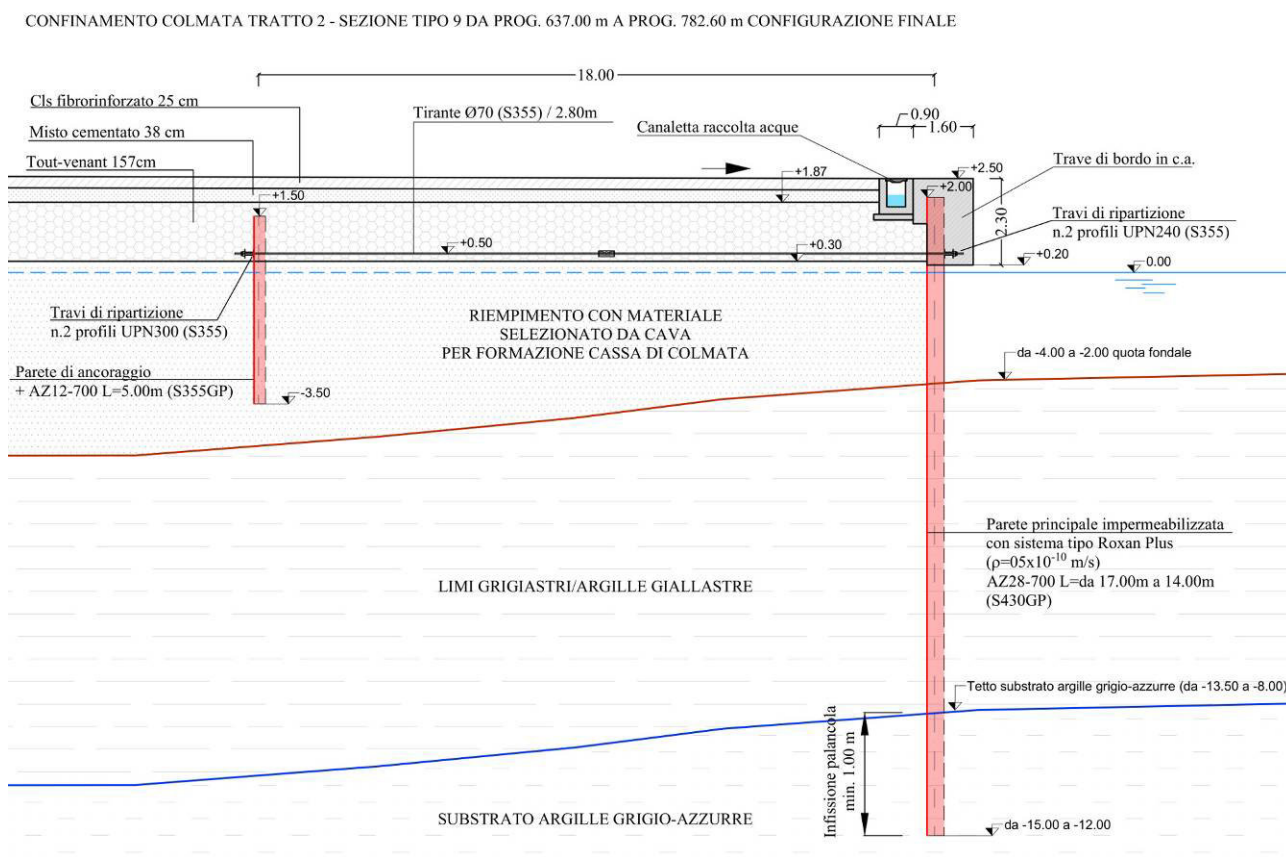
**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**Pag. 83  
di 99

La parete principale verrà collegata in testa con una trave in c.a. avente uno sviluppo di 11,90 m ed un'altezza, lato mare pari a 2,30m (da quota +0,20 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), e lato terra 1,20 m (da quota +1,30 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.). In testa la trave avrà una larghezza di 1,60 m. La trave verrà realizzata con cls Rck 45 N/mm<sup>2</sup> ed armata con barre di acciaio  $\Phi$  20 e staffe  $\Phi$  12.

In adiacenza alla trave di coronamento sarà collocata una canaletta di raccolta delle acque per la raccolta e lo smaltimento delle acque di pioggia.

Il terzo sottotratto, dalla prog. 637,00 m alla prog. 782,60 m sarà realizzato da un palancoleto metallico formato da palancole semplici AZ 28-700 (S430GP), impermeabilizzate con sistema tipo Roxan Plus avente una capacità di impermeabilità pari a  $\rho = 0,5 \times 10^{-10}$  m/s.

In figura F40 viene riportata una sezione tipologica del terzo sottotratto (tratto 2) del confinamento della vasca di colmata.



F40. Sezione tipo sottotratto 3 Confinamento Colmata

Le palancole avranno una lunghezza variabile, da 17,00 m a 14,00 m, in modo tale da garantire l'infissione minima di 1,00 m nel substrato argille grigio-azzurre presenti nei fondali dell'area interessata dalle opere, ovvero da quota -15,00 m s.l.m.m. a -12,00 m s.l.m.m.. In particolare sono stati individuati 4 tratti, un primo

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

tratto di 28,00 m in cui avremo una lunghezza delle palancole di 17,00 m, (da quota -15,00 m s.l.m.m. a quota +2,00 m s.l.m.m.); un secondo tratto di 29,40 m in cui avremo una lunghezza di 16,00 m, (da quota -14,00 m s.l.m.m. a quota +2,00 m s.l.m.m.), un terzo tratto di 32,20 m in cui avremo una lunghezza di 15,00 m, (da quota -13,00 m s.l.m.m. a quota +2,00 m s.l.m.m.), ed infine un quarto tratto di 56,00 m in cui avremo una lunghezza di 14,00 m, (da quota -12,00 m s.l.m.m. a quota +2,00 m s.l.m.m.).

La parete principale verrà collegata ad un parete di ancoraggio, formata da palancole AZ12-700 (S355GP) aventi una lunghezza pari a 5,00 m (quota -3,50 a quota +1,50 m s.l.m.m), tramite tiranti  $\Phi 70$  in acciaio S355 disposti ad un interasse pari a 2,80 m.

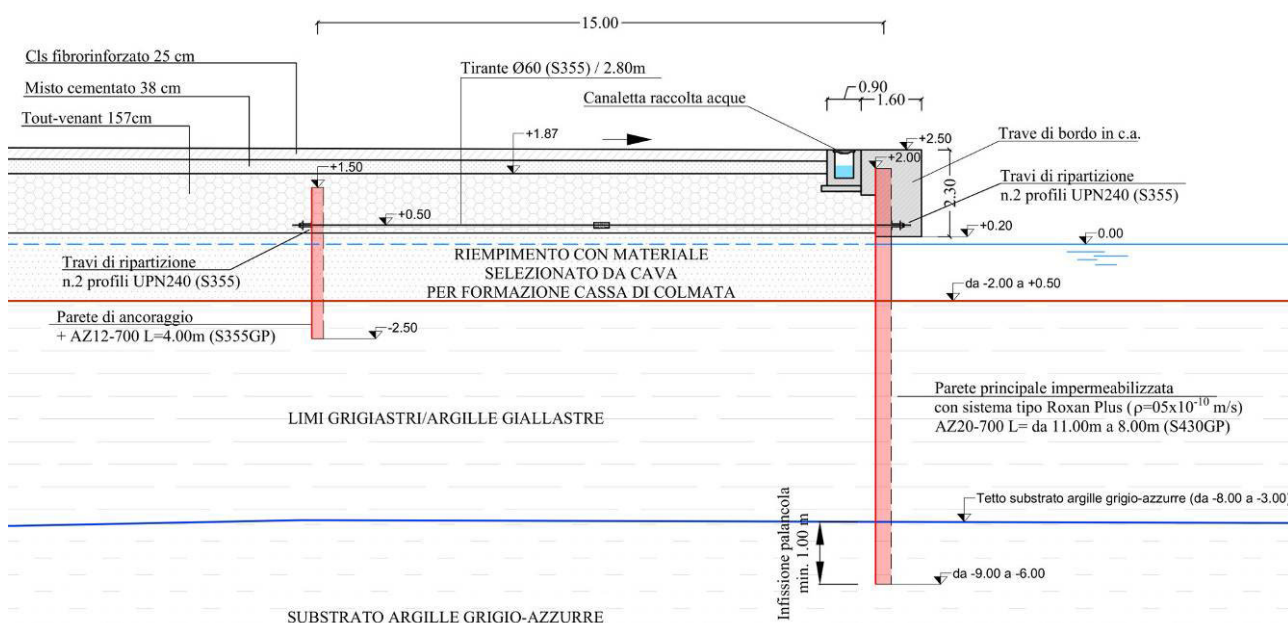
La parete principale verrà collegata in testa con una trave in c.a. avente uno sviluppo di 145,60 m ed un'altezza, lato mare pari a 2,30 m (da quota +0,20 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), e lato terra 1,20 m (da quota +1,30 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.). In testa la trave avrà una larghezza di 1,60 m. La trave verrà realizzata con cls Rck 45 N/mm<sup>2</sup> ed armata con barre di acciaio  $\Phi 20$  e staffe  $\Phi 12$ .

In adiacenza alla trave di coronamento sarà collocata una canaletta di raccolta delle acque per la raccolta e lo smaltimento delle acque di pioggia.

Il quarto sottotratto, dalla prog. 782,60 m alla prog. 928,70 m sarà realizzato con un palancoleto metallico formato da palancole semplici AZ 20-700 (S430GP), impermeabilizzate con sistema tipo Roxan Plus avente una capacità di impermeabilità pari a  $\rho = 0,5 \times 10^{-10}$  m/s.

In figura F41 viene riportata una sezione tipologica del quarto sottotratto (tratto 1) del confinamento della vasca di colmata.

CONFINAMENTO COLMATA TRATTO 1 - SEZIONE TIPO 10 - DA PROG. 782.60 m A PROG. 928.70 m - CONFIGURAZIONE FINALE



F41. Sezione tipo sottotratto 4 Confinamento Colmata



Le palancole avranno una lunghezza variabile, da 11,00 a 8,00 m, in modo da garantire l'infissione minima di 1,00 m nel substrato argille grigio-azzurre presenti nei fondali dell'area interessata dalle opere, ovvero da quota -9,00 m s.l.m.m. a -6,00 m s.l.m.m.. In particolare sono stati individuati 4 tratti, un primo tratto di 44,80 m in cui avremo una lunghezza delle palancole di 11,00 m, (da quota -9,00 m s.l.m.m. a quota +2,00 m s.l.m.m.); un secondo tratto di 39,20 m in cui avremo una lunghezza di 10,00 m, (da quota -8,00 m s.l.m.m. a quota +2,00 m s.l.m.m.), un terzo tratto di 40,60 m in cui avremo una lunghezza di 9,00 m, (da quota -7,00 m s.l.m.m. a quota +2,00 m s.l.m.m.), ed infine un quarto tratto di 20,30 m in cui avremo una lunghezza di 8,00 m, (da quota -6,00 m s.l.m.m. a quota +2,00 m s.l.m.m.).

La parete principale verrà collegata ad un parete di ancoraggio, formata da palancole AZ12-700 (S355GP) aventi una lunghezza pari a 4,00 m (quota -2,50 a quota +1,50 m s.l.m.m), tramite tiranti  $\Phi 60$  in acciaio S355 disposti ad un interasse pari a 2,80 m.

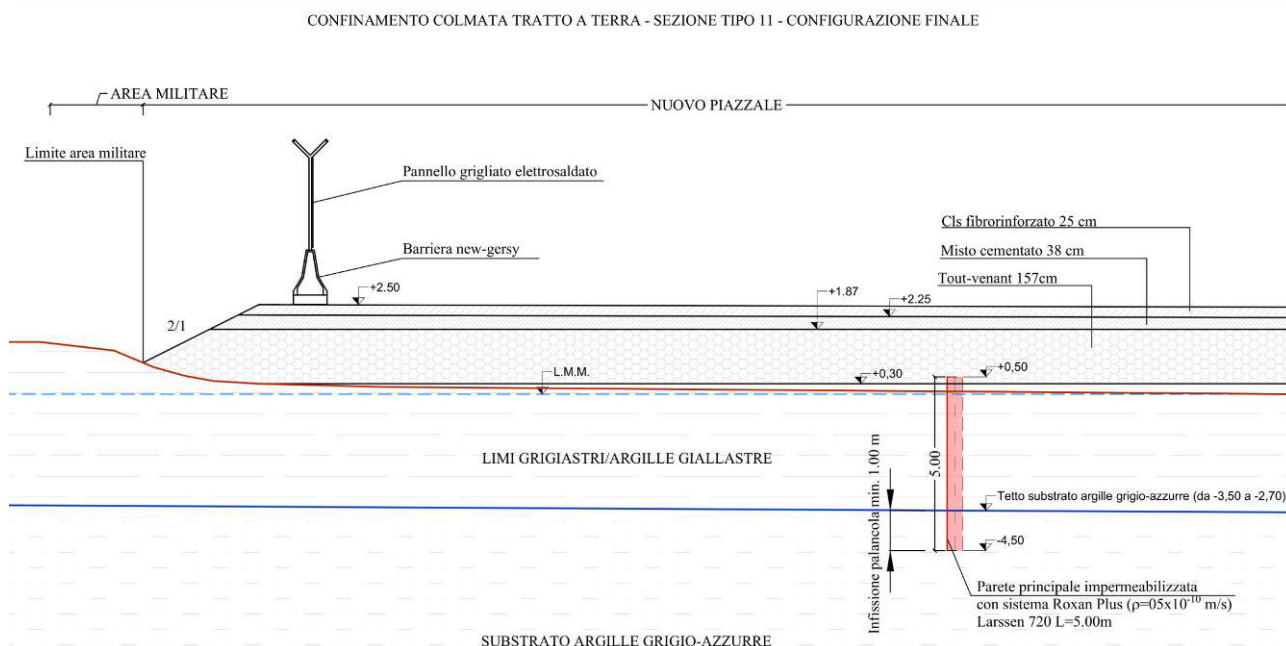
La parete principale verrà collegata in testa con una trave in c.a. avente uno sviluppo di 145,60 m ed un'altezza, lato mare pari a 2,30 m (da quota +0,20 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.), e lato terra 1,20 m (da quota +1,30 m s.l.m.m. a quota +2,50 m s.l.m.m.). In testa la trave avrà una larghezza di 1,60 m. La trave verrà realizzata con cls Rck 45 N/mm<sup>2</sup> ed armata con barre di acciaio  $\Phi 20$  e staffe  $\Phi 12$ .

In adiacenza alla trave di coronamento sarà collocata una canaletta di raccolta delle acque per la raccolta e lo smaltimento delle acque di pioggia.

#### 4.5 LATO TERRA – CONFINAMENTO VASCA DI COLMATA

Il confinamento della vasca di colmata, lato terra, è costituito da un palancolato metallico che si sviluppa per una lunghezza di 450 m.

In figura F42 viene riportata una sezione tipologica del confinamento a terra della vasca di colmata.





Il palanco lato a terra è formato da palancole tipo Larssen 720, aventi i gargami impermeabilizzati con il sistema tipo Roxan Plus con una capacità di impermeabilità pari a  $p = 0,5 \times 10^{-10}$  m/s.

Le palancole avranno una lunghezza di 5,00 m, (da quota -4,50 m s.l.m.m. a quota +0,50 m s.l.m.m.), in modo da garantire l'infissione minima di 1,00 m nel substrato argille grigio-azzurre presenti nei fondali dell'area interessata dalle opere, ovvero da quota -3,50 m s.l.m.m. a -2,70 m s.l.m.m..

Il limite dell'area dei piazzali è stabilito da barriere new-gersy con pannello grigliato elettrosaldato.

#### **4.6 FORMAZIONE RILEVATO**

Il progetto esecutivo di Fusione del I e II stralcio prevede la formazione del rilevato di piazzale, con materiale selezionato da cava. Il riempimento della cassa di colmata, in particolare, avverrà sversando all'interno della stessa il materiale proveniente da cava, fino a quota +0,30 m, per una quantità pari a circa 510.000 m<sup>3</sup>.

Gli sversamenti in opera del materiale di cava avverranno a seguito della realizzazione della cassa di colmata impermeabile, ed inizieranno da terra verso la testata provvisoria, meglio descritto nel capitolo riguardanti le fasi costruttive dell'opera.

In virtù della scelta progettuale adottata, si è proposto di formare il rilevato di piazzale attraverso la tecnica della "pre-carica itinerante", vale a dire il piazzale verrà portato, limitatamente ad una certa area, a quota +4.0 m s.l.m..

Nella prima fase di stesa saranno installati gli strumenti di monitoraggio geotecnico atti a seguirne il fenomeno di consolidazione ed a calibrare il modello geotecnico per le future stese. Saranno utilizzati prevalentemente assestimetri ad anelli magnetici e celle piezometriche a trasduzione automatica delle letture.

Le teste degli strumenti saranno monitorati topograficamente con livellazioni ad altissima pressione. La garanzia di stabilità del rilevato e la successiva fruibilità in condizioni di esercizio risulteranno ulteriormente garantite grazie all'adozione di procedure di riempimento eseguite in presenza di un monitoraggio continuo delle sovrappressioni nei terreni interessati, con controllo dell'evoluzione dei fenomeni di consolidazione innescati dalla formazione del terrapieno.

A seguito dei risultati del monitoraggio geotecnico sugli effetti dei fenomeni di consolidazione che avverranno in conseguenza del riempimento del terrapieno, dell'esecuzione dei rilevati di pre-carica e dello stoccaggio dei materiali sul molo, si dovrà procedere al livellamento del piazzale in accordo con le quote di progetto.

Il calcolo dei cedimenti di consolidazione è stato eseguito con l'ausilio della modellazione numerica mediante il codice PLAXIS, valutando i cedimenti prodotti dalle tensioni indotte dal carico applicato. Tali cedimenti avvengono in parte all'atto stesso dell'applicazione dei carichi, per deformazioni a volume costante dell'insieme scheletro solido-acqua (cedimento immediato  $w_o$ ), ed in parte gradualmente nel tempo, a seguito dell'espulsione di acqua e della conseguente dissipazione delle sovrappressioni neutre (cedimento di consolidazione  $w_c$ ).

Il cedimento al generico istante di tempo  $t$  può allora essere considerato pari a:

$$w(t) = w_o + U_m * W_c$$

con  $U_m$  = grado di consolidazione medio;





$$\begin{array}{lll} \text{per } t = 0 & U_m = 0 & W = W_o \\ \text{per } t = \infty & U_m = 1 & W = W_o + W_c = W_{tot} \end{array}$$

- $w_o$  = cedimento immediato;
- $w_c$  = cedimento di consolidazione;
- $w_{tot}$  = cedimento finale.

Il modello sviluppato con l'ausilio codice di calcolo è stato pertanto creato considerando due condizioni:

- non drenata, durante la quale non si hanno variazioni di volume per effetto della applicazione istantanea del carico, simulando in tal modo le fasi costruttive del terrapieno;
- drenata consolidata, in cui è consentito il processo di consolidazione del terreno.

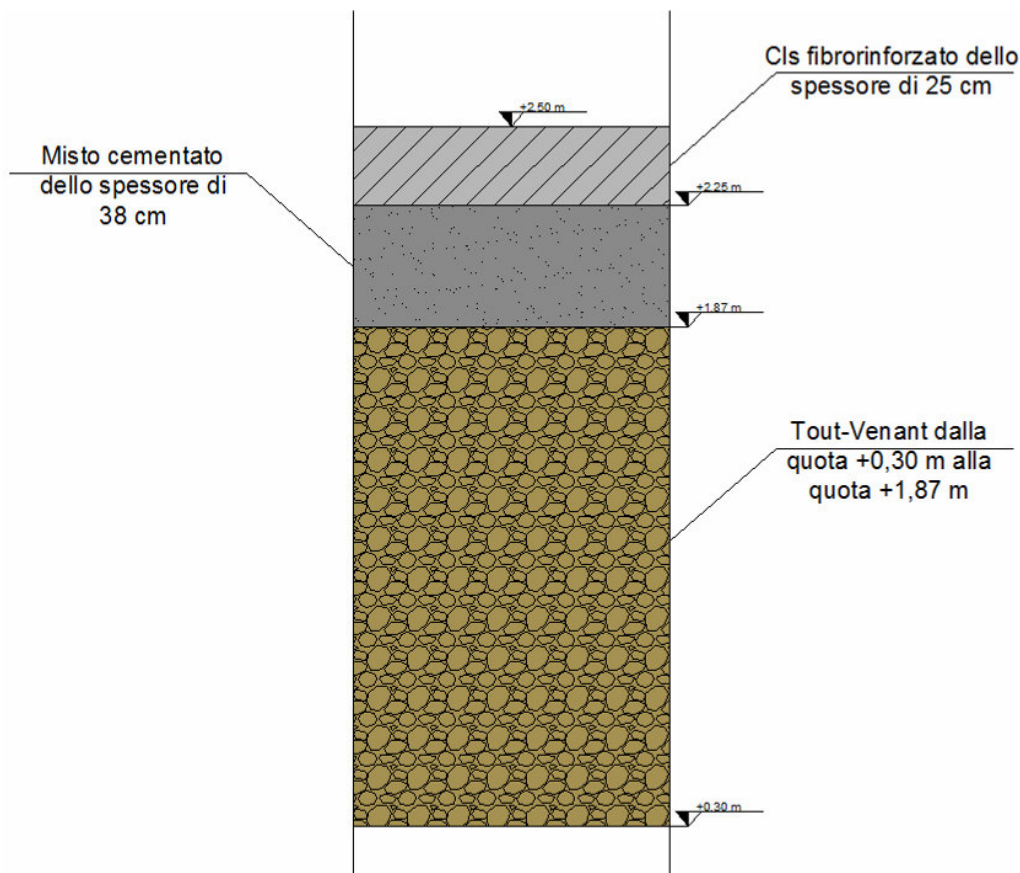
I valori dei cedimenti calcolati sono stati ottenuti applicando al terreno i valori caratteristici e considerando tutti i coefficienti di combinazione pari all'unità.

I risultati ottenuti, espressi in termini di cedimento massimo cumulato alla fine di ogni fase costruttiva e cedimento dovuto al solo processo di consolidazione, mostrano cedimenti totali di consolidazione dell'ordine di  $W_{tot} = 29$  cm a circa 180 giorni dalla realizzazione del terrapieno.

#### **4.7 PAVIMENTAZIONE**

I piazzali sono formati con materiale proveniente da cava fino a quota +0,30 m e un successivo strato di fondazione della pavimentazione in tout-venant, fino alla quota di +1,87 m s.l.m., sul quale verrà prevista uno strato di sottofondazione in misto cementato avente uno spessore medio di 38 cm e uno strato finale in calcestruzzo fibrorinforzato dello spessore di 25 cm.

La stesura dello strato di calcestruzzo fibrorinforzato dello spessore di 25 cm avverrà con macchina vibrofinitrice. Ogni campitura sarà suddivisa da 25 m<sup>2</sup> (5x5 m) a mezzo di giunti di contrazione.



F43. Sezione tipo della pavimentazione del piazzale

## 4.8 IMPIANTI

### Impianto elettrico e rete di illuminazione

La progettazione dell'impianto elettrico e della rete di illuminazione riguarda gli impianti elettrici di forza motrice e d'illuminazione a servizio delle opere in oggetto. Gli impianti avranno le stesse caratteristiche di quelli realizzati nei lotti precedenti, saranno realizzati in conformità a tutte le norme tecniche CEI alle Leggi ed ai Regolamenti in vigore.

Il progetto esecutivo prevede la realizzazione dei seguenti impianti:

- a) cabina di trasformazione MT/BT;
- b) quadro elettrico generale di bassa tensione;
- c) distribuzione f.m.;
- d) prese per prelievo energia e prese nautiche;
- e) illuminazione ordinaria e di sicurezza;
- f) impianto di terra ed equipotenziale.

La rete di illuminazione è stata progettata unitariamente tra il I° e II° Stralcio. L'impianto sarà realizzato mediante l'installazione di n. 8 torri faro delle medesime caratteristiche di quelle appartenenti all'impianto esistente; inoltre, per l'illuminazione del percorso di transito degli autoveicoli, saranno installati in prossimità del



cunicolo servizi n. 40 pali stradali distanziati tra loro 30 m. In accordo con le disposizioni nautiche vigenti, verranno anche disposte n. 5 luci ostacolo a scopo di segnalazione.

#### Impianto antincendio

L'impianto antincendio a servizio dei piazzali e banchine è stata concepita unica cioè per il I° e II° Stralcio. Pertanto l'impianto si integra perfettamente al progetto esecutivo del I° Stralcio all'interno del quale sono previste tra l'altro gli impianti (pompe, vasca antincendio, ecc) oltre che le relative reti. Quindi il progetto esecutivo riguarda i prolungamenti delle reti oltre il limite del I° Stralcio secondo lo schema approvato.

Il progetto prevede la realizzazione di un sistema idoneo alla protezione di banchine, molo, aree di stoccaggio containers con classe di riferimento 3°livello.

La rete antincendio sarà di tipo chiuso, costituita da una rete di distribuzione in pressione. Essa è dotata di un sistema di captazione dell'acqua di mare attraverso due pompe sommerse di cui una di riserva ad asse orizzontale del tipo autoadescante. Le pompe sono sufficienti ad alimentare 6 lance contemporaneamente. Il sistema è integrato da una vasca antincendio avente una capacità utile pari a 42 mc posizionata sotto la sala pompe. Tale vasca è affiancata da un'altra di pari volume per lo stoccaggio di acqua dolce proveniente dalla rete delle acque meteoriche sui piazzali.

#### Impianto idrico

La rete è stata progettata quale ampliamento della rete prevista nel I° Stralcio. Il sistema quindi fornisce acqua potabile sia alle aree di stoccaggio dei containers che sul molo e sulle banchine.

Pertanto la rete idrica integra il progetto esecutivo del I° Stralcio, in quanto si allaccia alla rete in due punti già individuati nel progetto esecutivo del I° Stralcio. Dal punto di allaccio alla rete comunale si dirama la linea principale, la condotta attraversa il serbatoio antincendio, dove è ubicata una valvola che ne consente il costante riempimento, e si collega alla restante rete.

#### Rete raccolta e smaltimento acque bianche

La rete di raccolta e smaltimento delle acque bianche è stata progettata per le acque di prima pioggia con un tempo di ritorno di 5 anni evitando lo scarico a mare della parte più inquinante proveniente dai residui della movimentazione merci e mezzi sui piazzali.

La rete è la naturale estensione di quella prevista nel I° Stralcio con le opportune modifiche così come progettate e previste dal Progetto Definitivo II° Stralcio. Infatti, la vasca di raccolta prevista risulta spostata e collocata all'interno dell'area del piazzale di cui al presente Stralcio con gli opportuni collegamenti.

Il sistema quindi prevede:

- un sistema di raccolta perimetrale rispetto alle banchine formato da una canaletta di drenaggio continua;
- un sistema di adduttori e collettori che formano la rete di ulteriore raccolta e allontanamento;
- una vasca di raccolta con sistema di pompaggio che attraverso una linea in pressione convoglia gli scarichi al sistema di trattamento previsto nel I° Stralcio;
- sistema di troppo pieno per l'allontanamento a mare delle portate eccedenti.

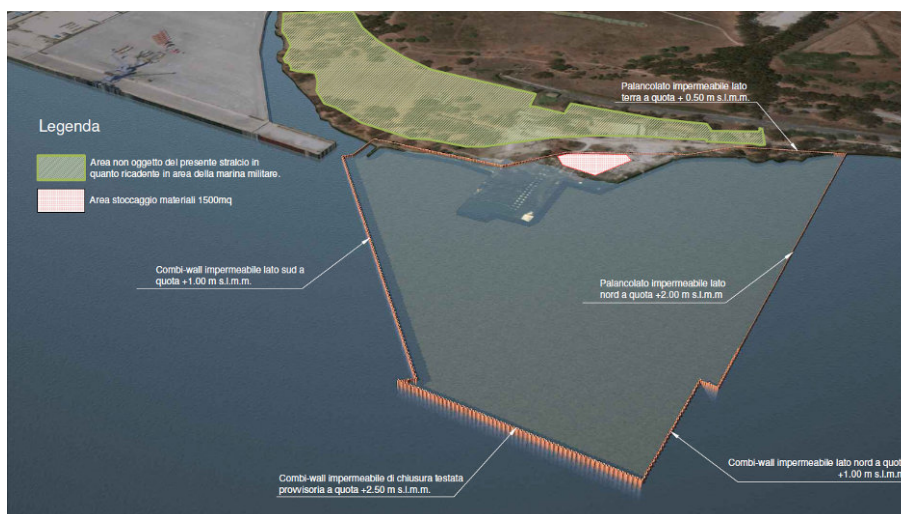


## 4.9 FASE COSTRUTTIVE

Nel progetto esecutivo proposto sono state previste 16 fasi lavorati per realizzare l'opera, in seguito sono descritte le varie fasi.

La 1° fase di realizzazione prevede:

- la predisposizione dell'area di cantiere
- la realizzazione della cassa di colmata impermeabile composta da:
  - o palancoato impermeabile lato terra per una lunghezza di 466,40 m
  - o combi-wall lato sud per una lunghezza di 281,80 m
  - o combi-wall di chiusura testata provvisoria per una lunghezza di 182,80 m
  - o combi-wall lato nord per una lunghezza di 102,30 m
  - o palancoato impermeabile lato nord tratto 1 con lunghezza di 146,10 m
  - o palancoato impermeabile lato nord tratto 2 con lunghezza di 145,60 m
  - o palancoato impermeabile lato nord tratto 3 con lunghezza di 12,60 m
  - o palancoato impermeabile lato nord tratto 4 con lunghezza di 41,60 m



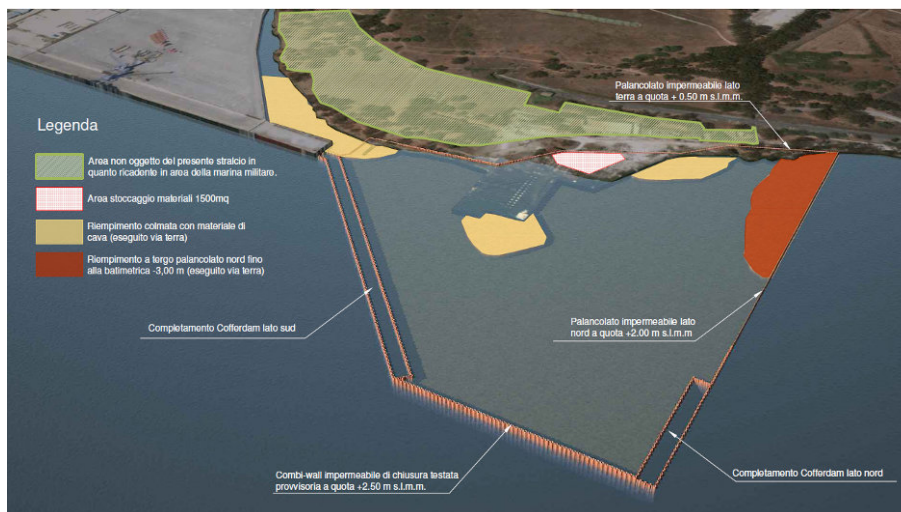
F44. 1° fase

La 2° fase di realizzazione prevede:

- completamento Cofferdam lato Sud e lato Nord
- riempimento a tergo palancoato nord fino alla batimetrica -3,00 m
- riempimento colmata con materiale di cava



**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**



F45. 2° fase

La 3° fase di realizzazione prevede:

- posa tiranti cofferdam lato sud e lato
- inizio riempimento cofferdam lato sud
- inizio riempimento a tergo cofferdam lato sud con materiale di cava



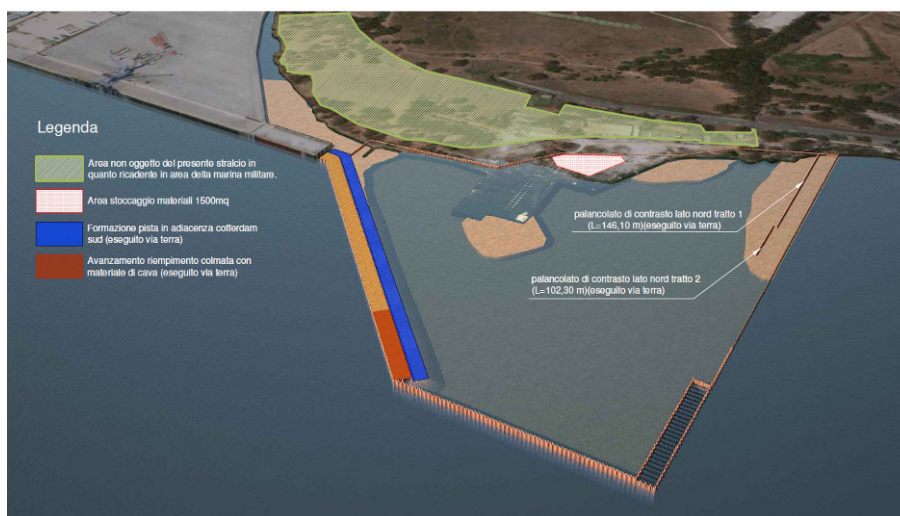
F46. 3° fase

La 4° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Infissione palancolato di contrasto lato nord tratto 1 per una lunghezza di 146,10 m
- Inizio infissione palancolato di contrasto lato nord tratto 2 per una lunghezza di 102,30 m
- Formazione pista in adiacenza al cofferdam sud
- Posa tiranti palancolato lato nord tratto 1 e 2



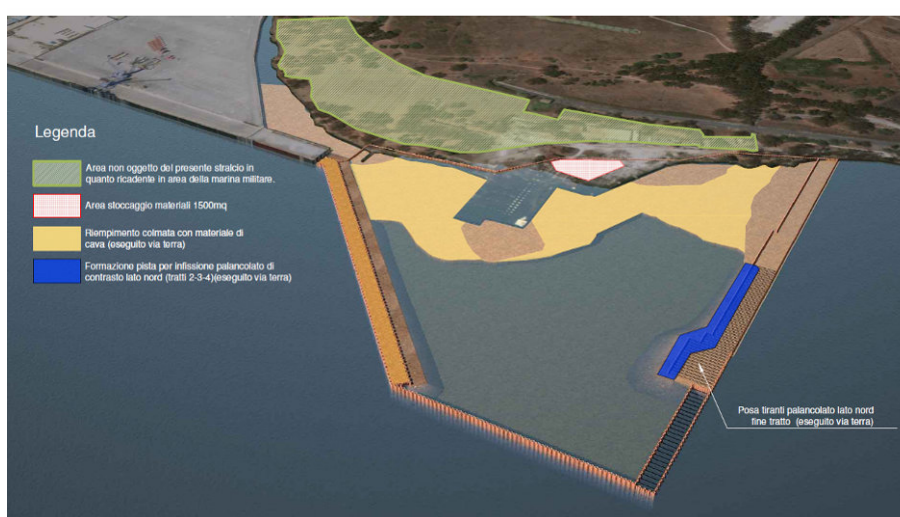
**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**



F47. 4° fase

La 5° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Formazione pista per infissione palancolato di contrasto lato nord tratti 2-3-4
- Fine infissione palancolato di contrasto lato nord tratto 2 per una lunghezza di 43,30 m
- Infissione palancolato di contrasto lato nord tratto 3 e 4
- Posa tiranti palancolato lato nord tratto 2, 3 e 4



F48. 5° fase

La 6° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Realizzazione pali trivellati Cofferdam lato sud e versamento del materiale di risulta all'interno della cassa di colmata
- Riempimento a tergo palancolato lato nord fine tratto 2,3 e 4
- Riempimento Cofferdam lato nord



**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**



F49. 6° fase

La 7° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Formazione pista palancoolato di contrasto testata provvisoria
- Formazione pista a tergo Cofferdam lato nord
- Realizzazione pali trivellati del Cofferdam lato nord e versamento del materiale di risulta all'interno della cassa di colmata
- Infissione palancoolato di contrasto testata
- Realizzazione pali trivellati banchina operativa lato sud e versamento del materiale di risulta all'interno della cassa di colmata



F50. 7° fase

La 8° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Posa in opera tiranti testata provvisoria



**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

- Realizzazione pali trivellati banchina operativa lato nord
- Formazione scavo per celle antiriflettenti lato sud fino a quota -3,00 m s.l.m.m. e versamento del materiale di risulta all'interno della colmata
- Formazione rilevato di precarica



F51. 8° fase

La 9° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Fine formazione scavo per celle antiriflettenti lato sud fino a quota -3,00 m s.l.m.m. e versamento del materiale di risulta all'interno della colmata
- Formazione scavo per celle antiriflettenti lato nord fino a quota -3,00 m s.l.m.m. e versamento del materiale di risulta all'interno della colmata
- Inizio posa in opera materiale lapideo per formazione scogliera all'interno del Cofferdam lato sud
- Formazione rilevato di precarica



F52. 9° fase

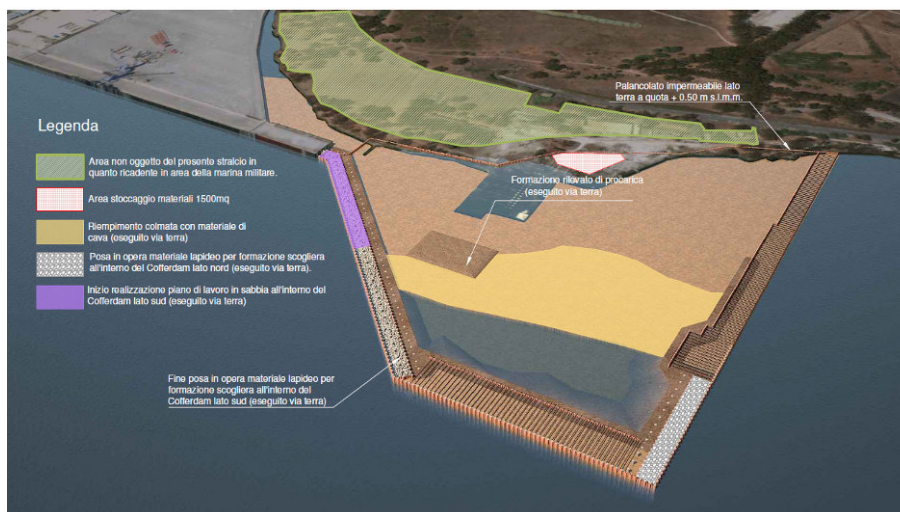




**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**

La 10° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Fine posa in opera materiale lapideo per formazione scogliera all'interno del Cofferdam lato sud
- Posa in opera materiale lapideo per formazione scogliera all'interno del Cofferdam lato nord
- Inizio realizzazione piano di lavoro in sabbia all'interno del Cofferdam lato sud
- Formazione rilevato di precarica



F53. 10° fase

La 11° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Inizio realizzazione travi per sovrastruttura banchina operativa lato sud
- Fine realizzazione piano di lavoro in sabbia all'interno del Cofferdam lato sud
- Realizzazione piano di lavoro in sabbia all'interno del Cofferdam lato nord
- Formazione rilevato di precarica



F54. 11° fase

**PROGETTO ESECUTIVO DI FUSIONE ED INTEGRAZIONE DEL I E II STRALCIO**  
**Relazione generale del progetto esecutivo**Pag. 96  
di 99

La 12° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Completamento della realizzazione travi per sovrastruttura banchina operativa lato sud
- Realizzazione travi per sovrastruttura banchina operativa lato nord
- Inizio realizzazione sovrastruttura banchina operativa lato sud
- Formazione rilevato di precarica



F55. 12° fase

La 13° fase di realizzazione prevede:

- Riempimento colmata con materiale di cava, avanzamento
- Completamento della realizzazione travi per sovrastruttura banchina operativa lato sud
- Realizzazione sovrastruttura banchina operativa lato nord
- Estrazione sabbia e sversamento nella colmata
- Inizio posa in opera tout-venant di sottodanzione
- Formazione rilevato di precarica
- Inizio esecuzione impianti

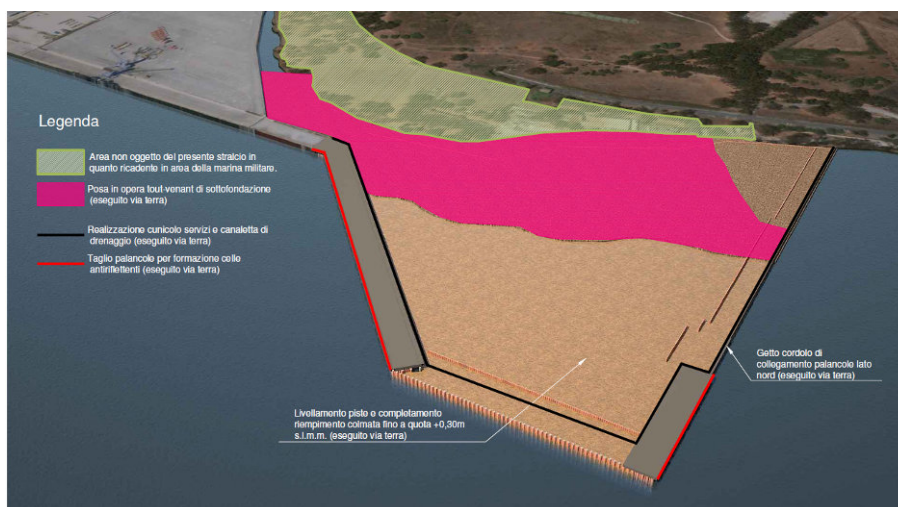


F56. 13° fase



La 14° fase di realizzazione prevede:

- Livellamento piste e completamento del riempimento colmata fino a quota +0,30 ms.l.m.m.
- Avanzamento posa in opera tout-venat di sottofondazione
- Getto cordolo di collegamento palancole lato nord
- Taglio palancole per formazione celle antiriflettenti
- Realizzazione cunicolo servizi e canaletta di drenaggio
- Completamento impianti



F57. 14° fase

La 15° fase di realizzazione prevede:

- Completamento posa tout-venat di sottofondazione
- Posa arredi
- Inizio pavimentazione in c.a.



F58. 15° fase



La 16° fase riguarda l'opera completata in tutte le sue fasi.



*F59. 16° fase*