

COMUNE DI PORTO TORRES

Provincia di Sassari



REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA  
REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA



Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sardegna

## PROGETTO DEFINITIVO

**REALIZZAZIONE NEL PORTO DI PORTO TORRES DELLO SCALO DI ALAGGIO  
E VARO DELLE IMBARCAZIONI CON GRU,  
ALL'INTERNO DEL POLO NAUTICO DEL NORD – OVEST DELLA SARDEGNA  
– CIG 775715814A**

PROGETTISTI:

dott. ing. Marco Pittori



COLLABORAZIONI:

Arch. Ana Rodriguez

Ing. Beatrice Volpetti

Ing. Giulia Zanza

Arch. Pietro Certa

Ing. Silvia Potena

<b>ELABORATO R1</b>	<b>RELAZIONE GENERALE</b>	<b>SCALA</b>		
		<b>DATA</b> Giugno 2019		
Doc.: 8541				
Rev. n°	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO DA	APPROVATO
00	Emissione	Giu. 19	ing. B. Volpetti	ing. M. Pittori
01	Revisione in risposta al rapporto iniziale di verifica del 01.08.2019	Set. 19	ing. G. Zanza	ing. M. Pittori

**INTERPROGETTI**

INTERPROGETTI S.r.l.  
Via Luigi Lilio, 62 00142 ROMA - Tel. 0686200297 fax: 0686200298  
E-mail: INFO@INTERPROGETTI.NET

Società certificata  
ISO 9001:2015  
Certificato n° 50 100  
9408/3



**REGIONE AUTÒNOMA DE SARDIGNA**  
**REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA**



**Autorità di Sistema Portuale  
del Mare di Sardegna**

**Progettazione definitiva ed esecutiva per la “realizzazione nel porto di Porto Torres dello scalo di  
alaggio e varo delle imbarcazioni con gru, all’interno del polo nautico del Nord – Ovest della  
Sardegna” – CIG 775715814A**

## ***Relazione generale***

---

**PROGETTO DEFINITIVO**

## SOMMARIO

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>STATO DEI LUOGHI .....</b>	<b>5</b>
2.1	<i>Inquadramento cartografico.....</i>	7
2.2	<i>Inquadramento Geologico .....</i>	8
2.2.1	Cenni strutturali.....	10
2.2.2	Inquadramento idrologico e idrogeologico .....	10
2.3	<i>Considerazioni archeologiche .....</i>	11
<b>3</b>	<b>FATTIBILITÀ URBANISTICA .....</b>	<b>12</b>
<b>4</b>	<b>COMPATIBILITÀ AMBIENTALE.....</b>	<b>13</b>
<b>5</b>	<b>INDAGINI GEOLOGICO-GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE.....</b>	<b>15</b>
5.1	<i>Indagini caratterizzazione geotecnica 2017 .....</i>	15
5.2	<i>Indagine geofisica 2019 .....</i>	17
<b>6</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO .....</b>	<b>18</b>
<b>7</b>	<b>MODALITÀ REALIZZATIVE .....</b>	<b>22</b>
<b>8</b>	<b>INDICAZIONI DELLE CAVE DI PRESTITO E DELLE DISCARICHE.....</b>	<b>27</b>
<b>9</b>	<b>INDIRIZZI PER LA REDAZIONE DELLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA .....</b>	<b>28</b>
<b>10</b>	<b>TEMPI PER LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA.....</b>	<b>28</b>

## Indice delle figure

Figura 1	Sovrapposizione su aerofoto .....	4
Figura 2	Stato dei luoghi 1977 .....	5
Figura 3	Stato dei luoghi 2000.....	6
Figura 4	Stato dei luoghi 2006.....	6
Figura 5	Stralcio del Foglio n°441130 –“Porto Torres” in scala 1:10000 con inquadramento dell’area	8
Figura 6	Inquadramento Geologico - Carta Geologica di base - Regione Sardegna.....	9
Figura 7	stralcio planimetria PRP vigente con indicazione area di intervento.....	12
Figura 8	stralcio nuovo PRP Porto Torres con indicazione area di intervento.....	13
Figura 9	Banchina di Riva -Ubicazione Sondaggi .....	16
Figura 10	Ubicazione indagini Masw .....	17
Figura 11	Sondaggio S2 - Spezzone calcare integro .....	18
Figura 12	planimetria di progetto .....	19
Figura 13	Vasca travel lift .....	20

Figura 14 Sezione trasversale vasca travel lift.....	21
Figura 15 Pianta di progetto.....	21
Figura 16 Sezione di dettaglio della veletta .....	22
Figura 17 Porzione sezione longitudinale .....	22
Figura 18 Trivellazione pali.....	23
Figura 19 Gabbia di armatura palo.....	23
Figura 20 Sbancamento quota +0,80 m .....	24
Figura 21 Pianta di progetto.....	25
Figura 22 casseforme in legno.....	26
Figura 23 Pianta demolizione cassoni .....	27

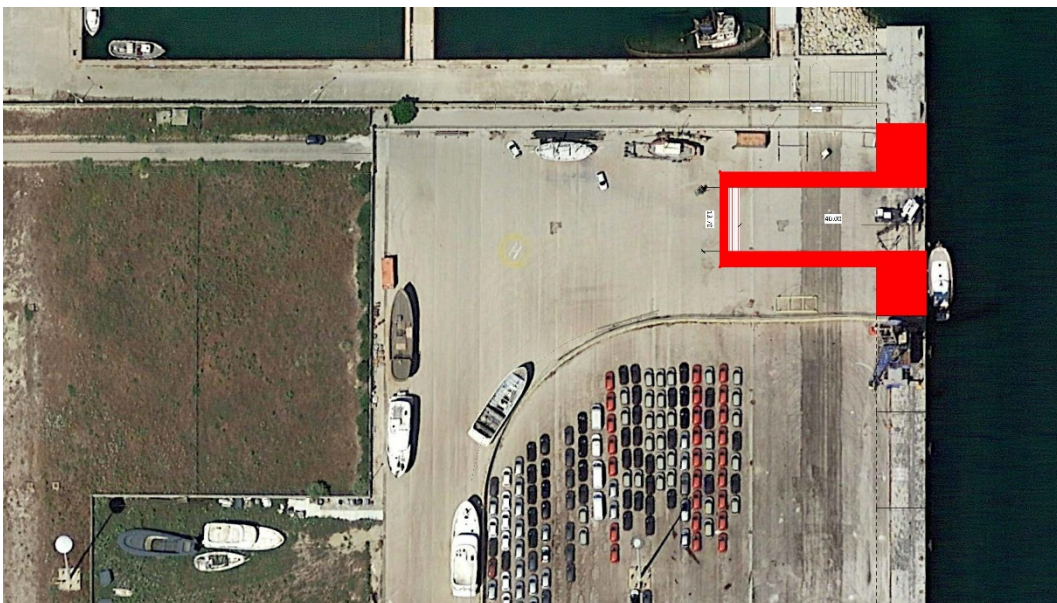
## 1 PREMESSA

Oggetto della presente relazione è l'intervento di realizzazione delle strutture di banchinamento della vasca di allaggio del porto industriale di Porto Torres. Tale intervento ha lo scopo di permettere l'utilizzo di una gru Travel Lift da 650 ton.

Il progetto preliminare posto a bando dall'Amministrazione a massi in calcestruzzo sovrapposti, è stato studiato per verificarne e migliorarne fattibilità e costi di realizzazione. Da un'analisi del progetto sono emerse alcune criticità sia sulla metodica costruttiva sia sul reale costo delle opere proposte. La soluzione proposta, descritta nella seguente relazione, risolve e semplifica la metodica costruttiva consentendo anche significative economie di realizzazione. In particolare:

- tutte le operazioni di costruzione delle opere (palificata di sostegno, vie di corsa longitudinali e collegamento trasversale) vengono operate sul piazzale in asciutto. Tutte le operazioni si svolgono senza l'ausilio di sommozzatori, il che, oltre a limitare i costi, costituisce una importante eliminazione del rischio per gli operatori subacquei che nell'assistenza al varo dei pannelli cassaforma e alla loro successiva rimozione si muoverebbero in un ambiente a scarsissima visibilità per la torbidità dell'acqua dovuta all'esecuzione dell'escavo;
- si eliminano tutte le operazioni di escavo e riempimento dell'intorno vasca, con notevole beneficio ambientale ed economico;
- il grado di compattazione dei materiali del piazzale resta uniforme non generando cedimenti differenziali nel tempo dovuti all'escavo ed al successivo riempimento.

Si riporta in Figura 1 la sovrapposizione del progetto all'esistente.



*Figura 1 Sovrapposizione su aerofoto*

## 2 STATO DEI LUOGHI

Il porto ha subito negli anni diversi interventi, tra cui la realizzazione di moli e pontili in avanzamento rispetto alla originaria linea di costa. Le foto aeree nella sequenza 1977-2000-2006 mostrano il progressivo interrimento corrispondente alle suddette realizzazioni delle banchine e degli sporgenti del porto industriale.

In particolare si nota che tutta la banchina e il piazzale sono realizzati di fronte alla sporgenza dell'antica scogliera. La zona interessata dai lavori di cui al presente progetto è evidenziata con un cerchio rosso.



*Figura 2 Stato dei luoghi 1977*





Figura 3 Stato dei luoghi 2000

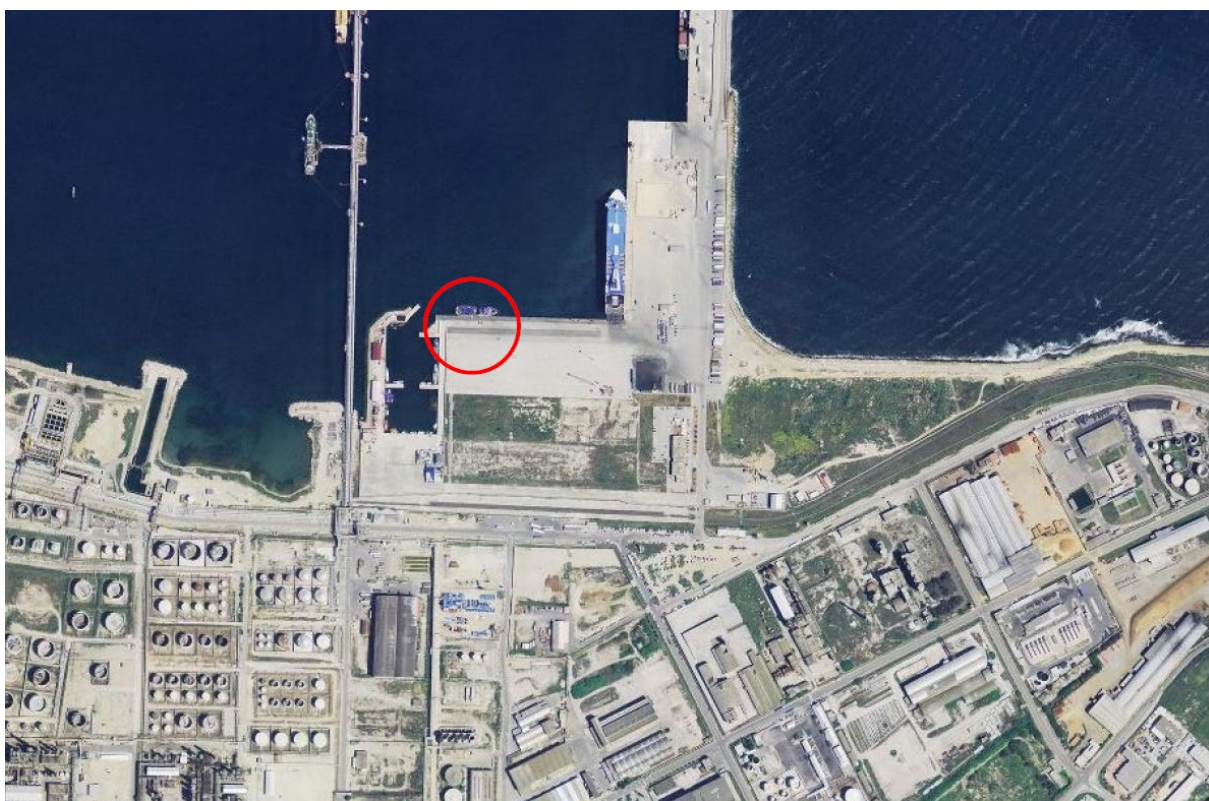


Figura 4 Stato dei luoghi 2006

Dal punto di vista idrologico, il sito in cui ricade l'opera in oggetto si trova nella sezione terminale del bacino del Rio Mannu di Porto Torres, caratterizzato da una superficie imbriferica complessiva di 671 kmq circa.

Con riferimento al Piano Tutela delle Acque della Regione Sardegna, l'area interessata ricade nell'Unità Idrografica Omogenea Mannu di Porto Torres di cui si riporta uno stralcio della cartografia facente parte del PTA. Tale area è caratterizzata da una vulnerabilità media degli acquiferi sedimentari terziari.

### **2.1 Inquadramento cartografico**

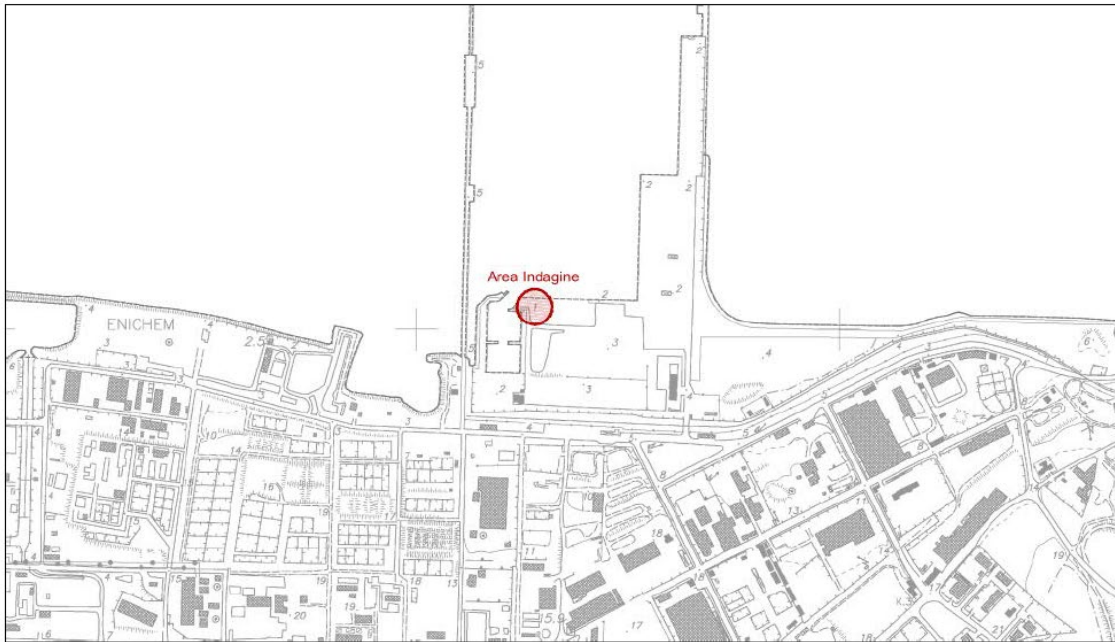
L'area interessata dal progetto per la realizzazione dello scalo di alaggio e varo delle imbarcazioni all'interno del molo di riva, ricade all'interno dei limiti amministrativi del Comune di Porto Torres (SS) ed è costituita da una zona del molo della lunghezza di circa 40 metri in direzione perpendicolare alla linea di costa per una larghezza di 14 metri. L'area complessiva della fascia così individuata è di 560 m<sup>2</sup>.

Dal punto di vista geografico, l'area in esame, che ricade nel Sito di Interesse Nazionale (SIN) di Porto Torres, appartiene al limite amministrativo comunale della città di Porto Torres (SS) ed è inquadrata e distinta come di seguito riportato.

- 1:25.000 nella tavoletta 441 Sez III – “Porto Torres”,
- 1:25.000 Carta Geologica di Base – Regione Sardegna,
- 1:10.000, Carta Tecnica Regionale, foglio 441130 – “Porto Torres”.

Nella figura l'inquadramento topografico della dell'area oggetto dell'intervento inquadrato nello stralcio della Cartografia Tecnica Regionale.





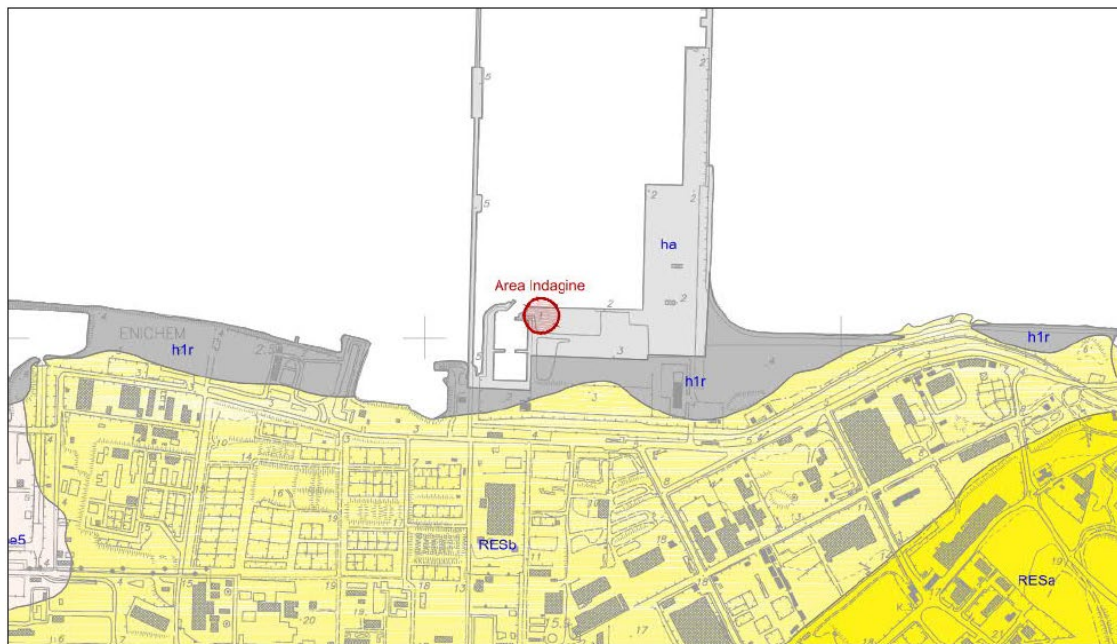
*Figura 5 Stralcio del Foglio n°441130 –“Porto Torres” in scala 1:10000 con inquadramento dell’area*

Le coordinate chilometriche di Gauss Boaga fuso ovest del baricentro dell’area in studio e la sua quota sul livello del mare, sono riportate qui di seguito:

- Coordinate chilometriche di Gauss-Boaga: 1447284 E - 4521058 N;
- Quota topografica: 3 m s.l.m..

## **2.2 Inquadramento Geologico**

Al fine di definire un inquadramento che risultasse adeguato alla scala di dettaglio del presente lavoro, è stata impiegata la Carta Geologica di Base della Sardegna in scala 1:25.000 che definisce, in maniera particolareggiata, i litotipi presenti nell’area di interesse. Tali dati bibliografici sono stati ridefiniti, raffinati e parzialmente modificati in funzione del rilevamento di campagna di dettaglio delle aree inquadrate, confortato dai dati delle prove dirette provenienti dai sondaggi effettuati proprio sulla banchina e dalle indicazioni indirette derivate dalle prove geofisiche effettuate.



*Figura 6 Inquadramento Geologico - Carta Geologica di base - Regione Sardegna*

Le litologie riportate e di seguito descritte attraverso le loro caratteristiche sia petrografiche che stratigrafiche, dai litotipi più antichi, hanno ricostruito il dettaglio litostratigrafico che ha costituito la base del modello geologico proposto.

La struttura geologica generale del territorio inquadrato è rappresentata sostanzialmente da rocce sedimentarie ascrivibili al Cenozoico, così come buona parte delle zone limitrofe. Le litofacies presenti nella zona industriale di Porto Torres e più in particolare al di sotto delle aree antropizzate di costa sono principalmente costituite da depositi sedimentari, in generale calcarei, con alternanze più o meno cementate e riferite ad ambiente litorale e rappresentate da arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati. All'interno sono presenti intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro. I termini vulcanici miocenici, presenti nell'area vasta, sono affioranti al di fuori dell'inquadramento e si rinvencono come termini più antichi della successione vulcano sedimentaria oligo-miocenica. Il basamento, in un inquadramento generale culmina con il rilievo di Monte Alvaro, ed è caratterizzato dal complesso mesozoico su cui poggiano direttamente i più recenti depositi della serie vulcanica dell'oligocene e quella marina del Serravalliano. Al top della serie, localmente, si rinvencono i depositi quaternari attuali, di genesi alluvionale, e quelli colluviali, oltre al complesso argilloso-conglomeratico plio-pleistocenico di Fiume Santo. Di seguito si riportano le formazioni presenti e gerarchizzate a partire dai depositi più antichi presenti nell'area inquadrata.

### **2.2.1 Cenni strutturali**

Da un punto di vista strutturale l'area in studio è attribuibile al cosiddetto Rift Sardo, ampia fossa tettonica che avrebbe interessato l'intera Sardegna da nord a sud, la cui apertura sarebbe associata agli eventi vulcanici più antichi manifestatisi, verosimilmente, tra l'Oligocene superiore e l'Aquitano. I sistemi di faglie associate al rift non sono facilmente rilevabili a causa della sovrapposizione di strutture tardive. Successivamente si passa a fasi evolutive tettonico sedimentarie. La prima, attuata in condizioni continentali, è testimoniata dalla presenza di depositi fluviali in parte sottostanti e in parte intercalati a depositi piroclastici, decentrati rispetto all'area di studio, testimonianza di una coesistenza, per un certo periodo, di attività vulcanica e sedimentaria. La seconda fase, maggiormente rappresentata, attua il dislocamento delle predette piroclastiti, iniziando in condizioni continentali ed evolvendosi, in continuità di sedimentazione, verso un ambiente marino epicontinentale. Queste fasi comprendono un periodo compreso tra il Miocene inferiore e quello medio.

### **2.2.2 Inquadramento idrologico e idrogeologico**

L'area inquadrata, inserita in un contesto industriale, come quello di Porto Torres, è contraddistinta da dominanti forme di tipo antropico legate all'attività industriale, all'attività estrattiva e di lavorazione e a discariche e, parzialmente anche da attività agricole. Uniche eccezioni nelle porzioni sud occidentali, sono rappresentate dalle forme arrotondate di carattere montuoso, attinenti ai rilievi mesozoici. Esaminando, in maggior dettaglio l'area interessata dal progetto, appare evidente che l'originaria morfologia costiera risulta sostanzialmente modificata dagli interventi antropici compiuti durante la realizzazione del porto industriale in generale e della banchina di riva in particolare e, attualmente, le superfici sono state rese più o meno piane da importanti interventi di scavo e di riporto che hanno interessato anche grandi aree. L'assetto idrogeologico nell'area industriale di Porto Torres è caratterizzato dalla presenza di un acquifero principale che ha sede nei terreni di copertura e, soprattutto, nelle facies calcarenitiche del Miocene. Tale acquifero appare marginalmente ricollegato a quelli che, verso nord e verso est hanno sede nelle coperture alluvionali recenti alimentati direttamente sia dagli sversamenti del sistema idrografico (con perdite di subalveo), sia dalle infiltrazioni superficiali. Quest'ultimo acquifero presenta una certa potenzialità solo nei settori dove le coperture raggiungono notevoli spessori e dove, appunto, è presumibilmente presente un'alimentazione di subalveo laterale da parte dei corsi d'acqua come il Rio Mannu o i suoi affluenti. L'acquifero di maggiore interesse per l'area in esame è comunque quello trattenuto alla base dai livelli più impermeabili delle formazioni più antiche, come le vulcaniti che rappresentano il substrato su cui scorrono i filetti liquidi delle falde che, diretti verso nord o nord est, localmente si incontrano e si

uniscono alla falda marina, incuneandosi sopra. La roccia serbatoio, la calcarenite, è a permeabilità primaria per porosità. La variabilità della composizione granulometrica dei vari strati nei quali essa si definisce, implica un'analogia variabilità del coefficiente di permeabilità. Tuttavia la mancanza di continuità laterale e verticale dei livelli a granulometria fine permette comunicazione tra i corpi idrici dei livelli più permeabili. Si può quindi dire che l'area in esame è sede di una falda freatica sostanzialmente unitaria, di scarsa potenza ma abbastanza diffusa arealmente. Il secondo acquifero è invece quello profondo, di notevole potenzialità, ed ha sede nelle sequenze calcaree mesozoiche. Rappresenta il grande serbatoio della Nurra che, in passato, ha consentito emungimenti dell'ordine di decine di metri cubi al secondo e che, ancora oggi, rappresenta una vera e propria risorsa. Tale falda, solitamente profonda, talvolta però sub affiora in corrispondenza di particolari situazioni geomorfologiche: gli antichi "bullones", presenti ad esempio nella piana verso Olmedo, erano delle pozze d'acqua di decine di l/sec originati dall'affioramento di tale falda nelle aree di fossa. Nello specifico, l'area in oggetto è totalmente costituita da strati di terreno di riporto e il substrato calcarenitico sopra descritto è presente in affioramento solo a ridosso della scogliera retrostante l'area di indagine. In corrispondenza del molo, i sedimenti e il substrato sono stati dragati durante i primi anni 2000, sino alla quota di 12 m dal l.m.m., come accertato dal confronto con le carte nautiche che riportavano, per tale punto, una batimetrica di circa 5 m dal l.m.m.. Il dato è stato poi confermato dai sondaggi realizzati. Dal punto di vista idrogeologico, nell'area interessata dalla realizzazione dell'invaso per l'alaggio e il varo delle imbarcazioni, è certa la presenza di una falda salina. All'interno dell'antico vaso di riempimento, sono stati rinvenuti gli strati di materiale di riporto, saturi, la cui "falda" è, sostanzialmente, in equilibrio con il livello del mare.

### **2.3 Considerazioni archeologiche**

Porto Torres deve le sue origini alla colonia romana denominata Turrus Libisonis fondata nel secolo a.C. nei pressi della foce del rio Mannu, dove venne realizzato il porto fluviale. Resti archeologici romani sono presenti nella zona compresa tra il rio Mannu e la stazione ferroviaria. Zona che non interessa il sito in cui verranno realizzati i lavori, non è però esclusa la possibilità di ritrovamenti archeologici risalenti anche a civiltà antecedenti a quella romana. Tuttavia l'intervento oggetto della presente relazione va sostanzialmente a modificare la banchina esistente e il piazzale retrostante, ovvero si inserisce in un contesto ampiamente manipolato in passato con opere di escavo subacqueo e colmate da riempimento. In virtù delle considerazioni espresse si ritiene non necessario l'elaborazione di una specifica relazione archeologica.



### 3 FATTIBILITÀ URBANISTICA

Il vigente Piano Regolatore Portuale è stato redatto ai sensi dell'art.5 della Legge N.84 del 28.01.1994 ed è stato approvato dal CSLPP con voto 208 del 24.05.2000 e dal Ministero dell'Ambiente e Beni Culturali con Decreto VIA n.4629 del 15.03.2000.

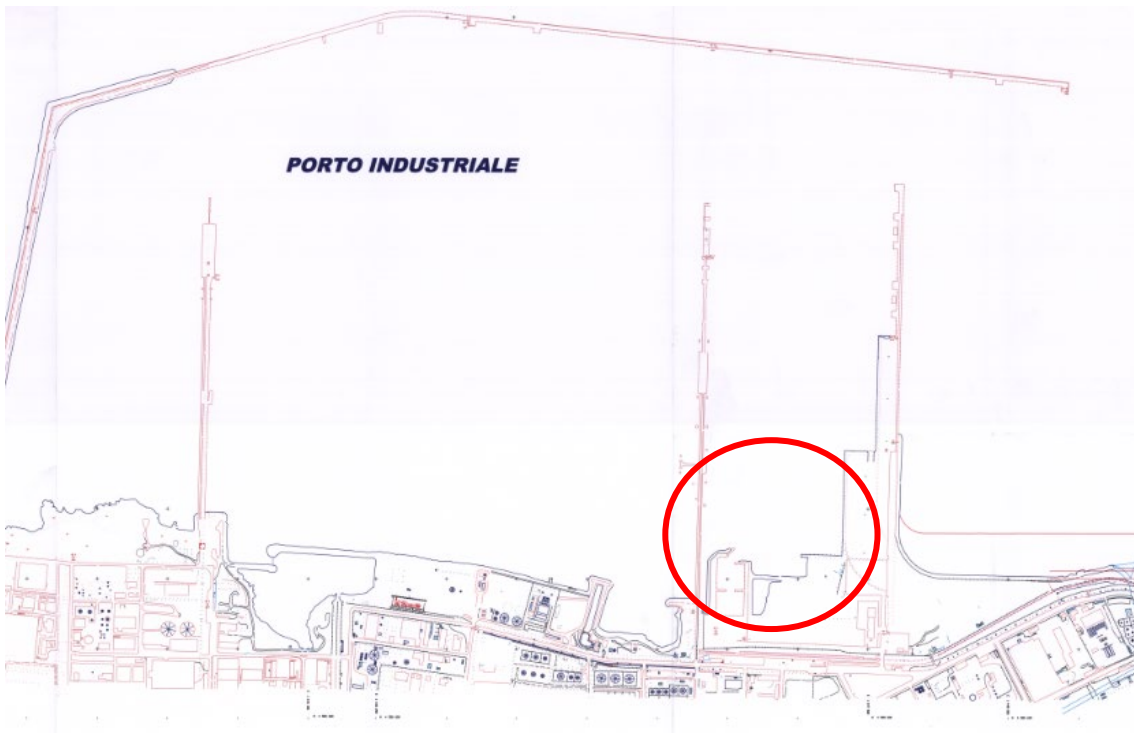


Figura 7 stralcio planimetria PRP vigente con indicazione area di intervento

Il Piano Regolatore Portuale è attualmente in fase di aggiornamento ed adeguamento. Il nuovo PRP ha avviato il suo iter ormai da anni attraverso l'elaborazione di una proposta progettuale ed un documento di linee guida per l'elaborazione del piano vero e proprio. Con deliberazione N.40 del 30/05/2012 il Consiglio Comunale di Porto Torres ha approvato l'intesa di cui all'art.5 della L84/94, quindi il PRP ha iniziato il percorso di VAS fermandosi però alla fase di scoping.

Lo strumento vigente ed il nuovo non prevedono una vasca travel nel tratto di banchina oggetto della presente. Tuttavia l'entità dell'opera, nelle valutazioni dell'AP, non configura la necessità di una variante né un Adeguamento Tecnico Funzionale.

É previsto un atto di approvazione formale da parte del Comitato Portuale nel prossimo futuro.

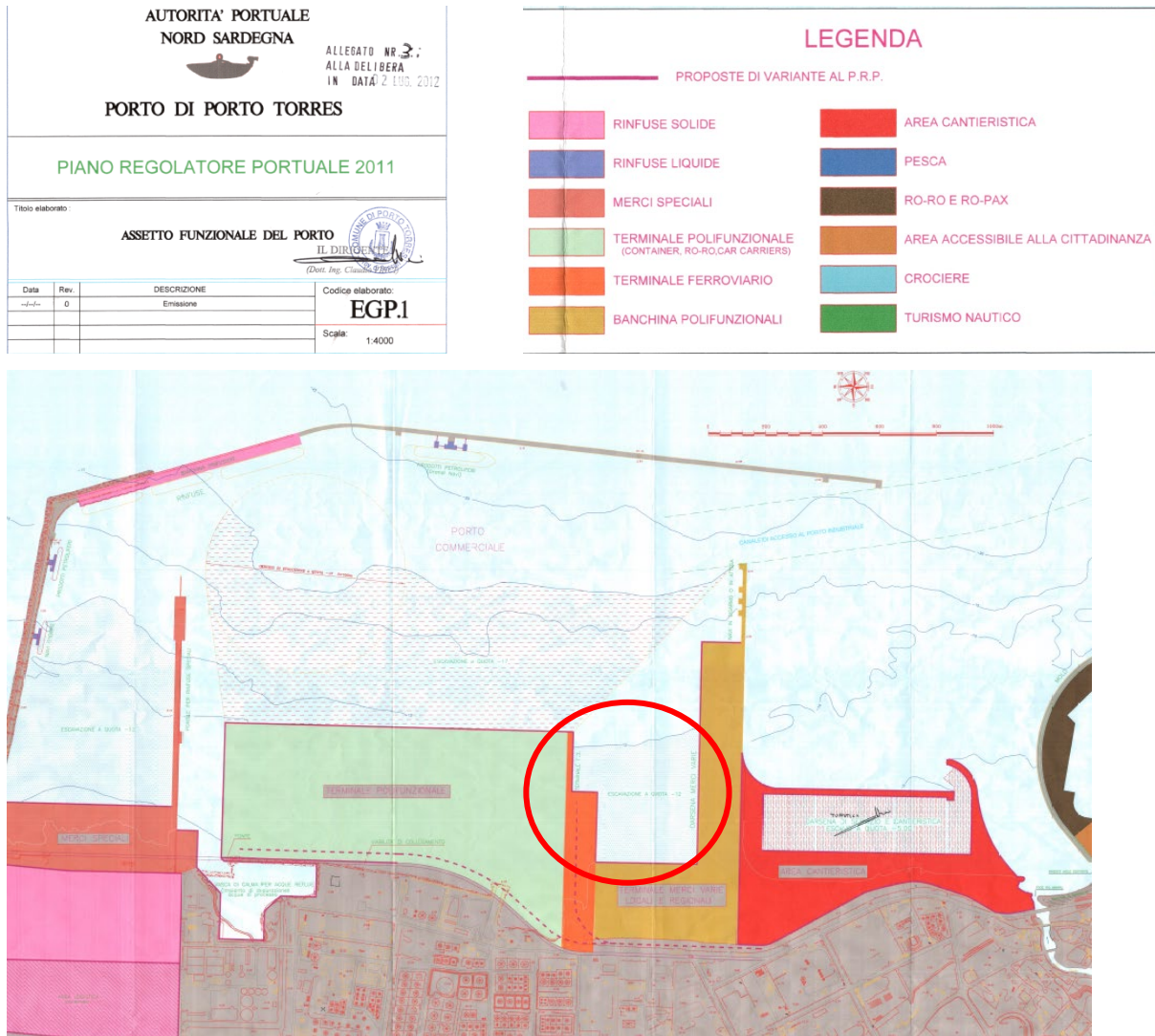


Figura 8 stralcio nuovo PRP Porto Torres con indicazione area di intervento

#### 4 COMPATIBILITÀ AMBIENTALE

L'area di intervento ricade nel Sito di Interesse Nazionale aree industriali di Porto Torres.

Il Ministero dell'Ambiente e della Salute del Territorio e del Mare - Direzione Generale per la Salvaguardia del Territorio e delle Acque, nell'ambito del procedimento per gli interventi di bonifica,

ha convocato in data 17.12.2015 una Conferenza dei Servizi istruttoria ex. art 14 Comma 1 della L. n. 241/90.

In quella sede il progetto dell'AP di realizzazione della vasca travel è stato esaminato da ISPRA (parere IS/SUO 2015/103, prot. MATTM n.15250/STA del 02.10.2015) e dalla struttura di Assistenza Tecnica della Direzione nella riunione del 07.10.2015.

Quindi il MATTM, con nota prot. 0016494/STA del 21/10/2015, si è espresso sul progetto con le seguenti condizioni:

1. ai fini della valutazione del potenziale impatto ambientale e della sicurezza degli operatori coinvolti per la possibile presenza di contaminanti volatili, si chiede l'esecuzione, preliminarmente all'avvio delle opere, di almeno n. 3 sondaggi per il campionamento del sedimento sottostante la banchina in corrispondenza della superficie oggetto della realizzazione dello scalo di alaggio, in quanto in prossimità di tale area sono state eseguite indagini ambientali che per alcuni sondaggi hanno evidenziato superamenti significativi rispetto alle CSC per i parametri BTEX, con concentrazioni di benzene particolarmente elevate (cfr. documento acquisito al prot. MATTM n. 24727/TRI del 02/08/2011);
2. i materiali di risulta provenienti dalla demolizione della banchina dovranno essere gestiti in conformità alla vigente normativa sui rifiuti;
3. dovrà essere valutata l'opportunità di eseguire di concerto con ARPAS il monitoraggio delle acque marine nell'area antistante la realizzazione dell'opera al fine di rilevare eventuali fenomeni di inquinamento.

La campagna di caratterizzazione, comprendente i 3 campioni richiesti, è stata eseguita da C.P.G. Lab Srl, su commissione di Lithos Srl, per conto del Comune di Porto Torres, secondo quanto previsto dal protocollo di validazione (n. prot. ARPAS 13554/2017).

L'ARPAS in data 02/02/2018 ha validato i risultati della caratterizzazione analitica di cui si riportano di seguito le sole conclusioni.

*“Le attività preliminari per la valutazione della possibilità e dell'opportunità di utilizzare i materiali provenienti dal dragaggio dello “Scalo di Alaggio” per il riempimento di vasche di colmata anche esterne all'area SIN, hanno evidenziato, in particolare per il fatto che le analisi ecotossicologiche siano risultate con una “Classe di pericolo ecotossicologico assente”, che tali materiali, nonostante alcuni superamenti dei livelli chimici di riferimento L1 e L2, possano avere come opzione di gestione quella definita “C” nel Decreto 15 luglio 2016, n. 173 e, più nello specifico:*

- *IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO in ambito portuale in grado di trattenere tutte le frazioni granulometriche del sedimento, incluso capping all'interno di aree portuali, con idonee misure di monitoraggio ambientale; Al più gli stessi sedimenti potrebbero avere come opzione di gestione quella definita “D” nel citato Decreto che recita:*

- *IMMERSIONE IN AMBIENTE CONTERMINATO IMPERMEABILIZZATO, con idonee misure di monitoraggio ambientale In entrambi i casi i cassoni cellulari relativi alla costruzione del prolungamento del molo di ponente del porto commerciale di Porto Torres risulterebbero idonei alla ricezione di tali materiali. Si è anche valutato che gli stessi materiali, qualora non trovassero idonea collocazione nel suddetto progetto, potrebbero essere smaltiti nella vicina discarica di rifiuti non pericolosi, anche se con costi economici e ambientali superiori.”*

Il presente progetto risulta coerente con le possibilità di riutilizzo espresse negli esiti della caratterizzazione.

## **5 INDAGINI GEOLOGICO-GEOTECNICHE A SUPPORTO DELLA PROGETTAZIONE**

L'inquadramento del contesto geologico-geotecnico, nel quale si inserisce la banchina di Riva all'interno del Porto Industriale di Porto Torres, è finalizzato alla caratterizzazione degli eventuali suoli di copertura e dei litotipi geologici presenti ed è funzionale alla successiva definizione delle caratteristiche fisico meccaniche dei terreni interessati dalla realizzazione delle lavorazioni per lo scalo di alaggio e varo. Nel 2017 sono state effettuate delle indagini invasive che hanno permesso la caratterizzazione meccanica dei terreni sottostanti alla banchina. Nel 2019 a supporto della realizzazione del progetto definitivo sono state condotte nuove indagini di tipo non invasivo (masw). Nei paragrafi successivi verranno descritte nel dettaglio le campagne indagini condotte.

### **5.1 Indagini caratterizzazione geotecnica 2017**

Nell'ambito della caratterizzazione ambientale dei sedimenti della banchina, a luglio del 2017, sono stati eseguiti due sondaggi sul molo della banchina di Riva (più uno a mare per i sedimenti del fondo). Per il campionamento delle matrici di suolo all'interno della banchina, si è proceduto con l'esecuzione dei due sondaggi denominati S2 e S3 che sono stati collocati rispettivamente a circa 10 metri dal limite dei cassoni fronte mare e dalla parte terminale della rampa, come previsto dal preliminare Piano di Indagini Operativo.



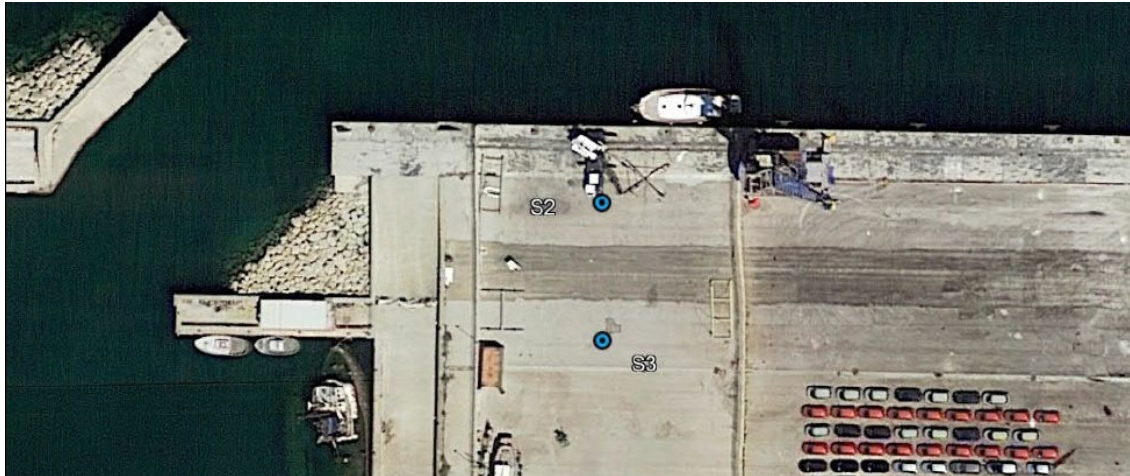


Figura 9 Banchina di Riva -Ubicazione Sondaggi

I sondaggi sono stati eseguiti con una perforazione a secco e diametro 101 mm, sino a una al raggiungimento del substrato lapideo rinvenuto a una profondità di circa 9 metri (substrato alterato) dal piano della banchina esistente.

Sondaggio	Data inizio/fine perforazione	Profondità perforazione	Campione prove di laboratorio
S2	07.07.17/07.07.17	12,50 m	S2-C1, S2-C2, S2-C3
S3	06.07.17/06.07.17	12,50 m	S3-C1, S3-C2, S3-C3

Tabella 1 riepilogativa sondaggi geognostici

Le carote sono state estratte dal carotiere mediante estrusore per spinta meccanica dall'interno del carotiere e poggiate progressivamente in canalette in PVC decontaminate. Le carote sono state poi riposte in cassette monostampo in PVC dotate di coperchio, siglate e fotografate. Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi S2 e S3 sono stati prelevati 6 campioni di materiale per la caratterizzazione chimica e granulometrica dei terreni.

Sondaggio	Campione	Grado di Qualità (AGI 77)	Quota di prelievo m dal p.c.	Prova di laboratorio	Descrizione materiale (AGI 77)	
Sondaggio S2	S2-C1	A disturbo limitato	1,50 – 2,50	Analisi Granulometrica per setacciatura via umida	Sabbia con ghiaia debolmente limo argillosa	
	S2-C2		4,30 – 5,30			
	S2-C3		8,00 – 9,00			
Sondaggio S3	S3-C1	A disturbo limitato	0,70 – 1,70		Analisi Granulometrica per setacciatura via umida	Sabbia con ghiaia debolmente limo argillosa
	S3-C2		7,50 – 9,00			
	S3-C3		9,00 – 10,00			

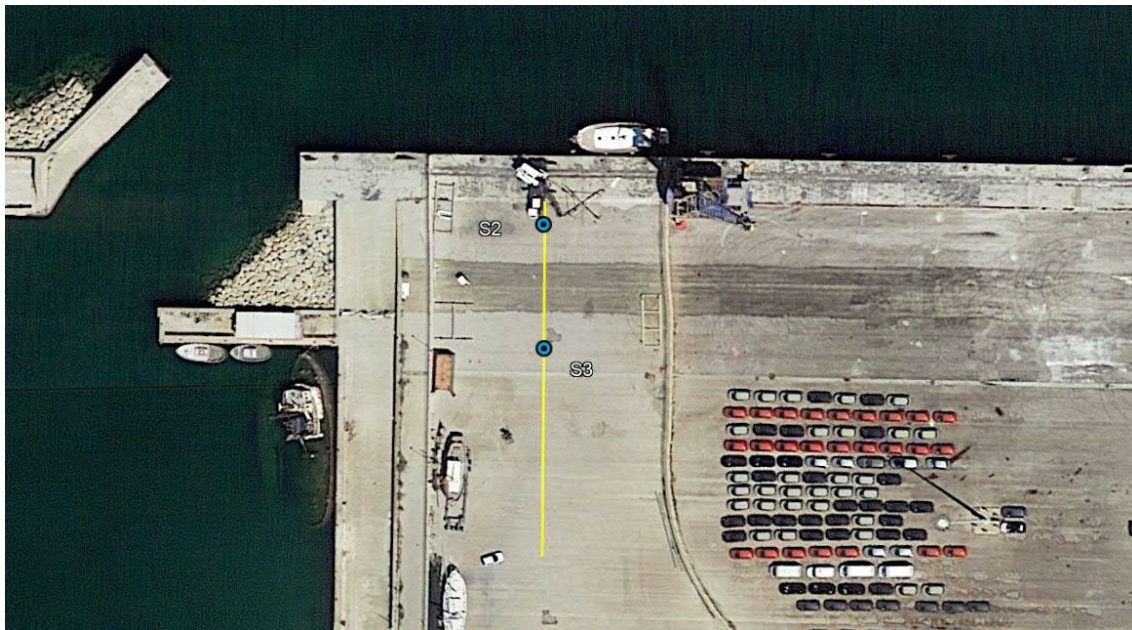
Tabella 2 riepilogativa dei campionamenti e delle prove di laboratorio

Successivamente è stata effettuata la ricostruzione stratigrafica che descrive la tipologia di terreno o litologia campionata, il grado di addensamento o consistenza, il grado di umidità, il colore, eventuale

presenza di odori o sostanze oleose e le stratigrafie corredate dalla descrizione degli orizzonti attraversati e la restituzione fotografica delle cassette catalogatrici è in allegato alla Relazione Geologica-Geotecnica.

## **5.2 Indagine geofisica 2019**

Nell’ambito del progetto per la realizzazione nel porto di Porto Torres dello scalo di alaggio e varo delle imbarcazioni con gru, all’interno del polo nautico del nord - ovest della Sardegna, nel Comune di Porto Torres (SS), è stata condotta una campagna di indagini sperimentali, a supporto della progettazione definitiva, di sismica a rifrazione in onde P e in tecnica Masw, allo scopo di ricostruire il modello sismostratigrafico del sottosuolo e di definire il valore di  $V_{s,eq}$  per la determinazione della categoria di sottosuolo, secondo quanto stabilito nelle “*Norme tecniche per le costruzioni*” del D.M. del 17 gennaio 2018.



*Figura 10 Ubicazione indagini Masw*

Dalle evidenze dirette in fase di sondaggio è stato possibile ricostruire il modello geologico del sottosuolo in riferimento all’opera in progetto. Le indicazioni delle profondità riferite al modello geologico fanno riferimento alle quote della banchina attribuite alle zone in cui sono state eseguite le prove geognostiche del 2017, poi confermate dalle indagini geofisiche del 22 maggio 2019.

- 1)  $0 \div 6,00 - 8,00$  metri: Sabbie con ghiaie debolmente limo-argillose. (Analisi granulometriche S2-C1, S2-C2 e S3-C1)

$\gamma$	=	1,90 kg/cm <sup>3</sup>
$\varphi$	=	27°
C'	=	0,01 Kg/cm <sup>2</sup> (1 kPa)

2) 6,00 – 8,00 ÷ 9,00 metri: Sabbie con ghiaie limo argillose e debolmente limo-argillose (Analisi granulometriche S2-C3 e S3-C2)

$\gamma$	=	1,85 kg/cm <sup>3</sup>
$\varphi'$	=	25°
C'	=	0,01 Kg/cm <sup>2</sup> (1 kPa)

3) 9,00 ÷ 10,00 – 11,00 metri: Alterazione del substrato lapideo calcareo (Analisi granulometrica S3-C3)

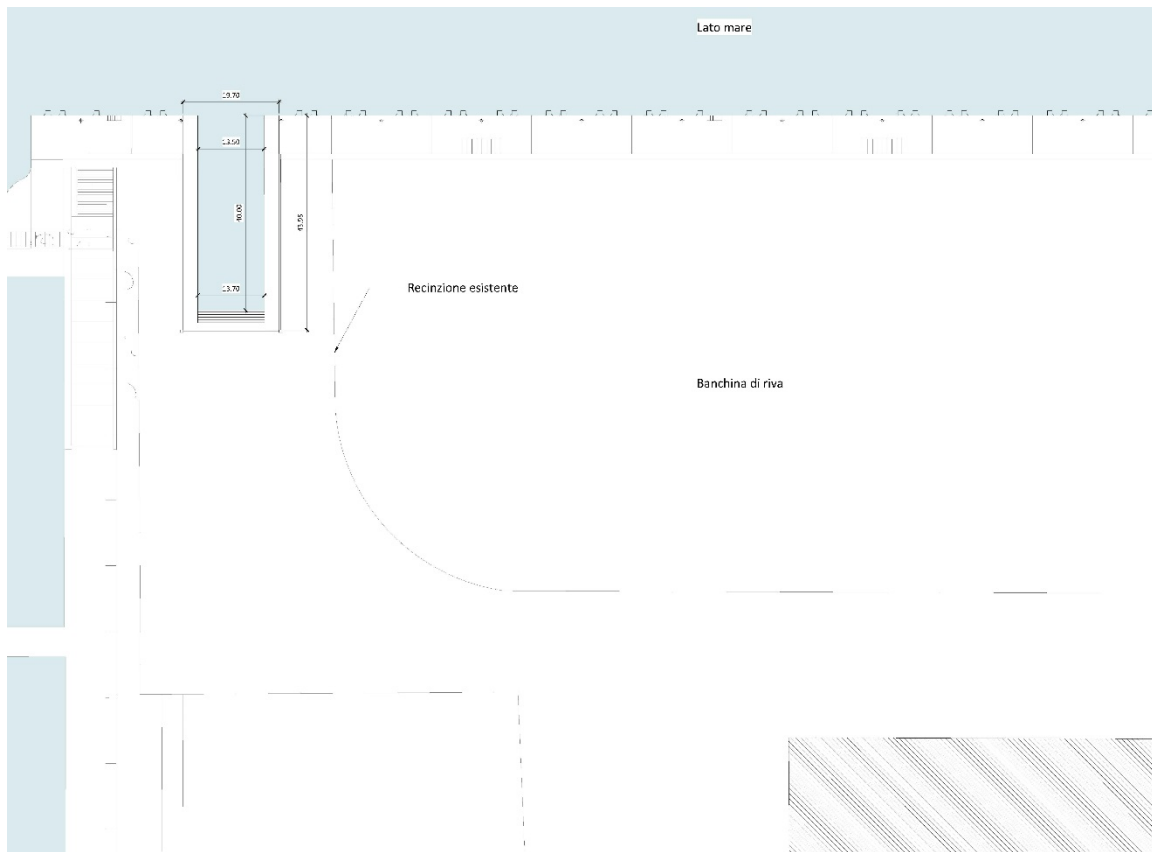
4) Oltre 10,00 – 11,00 metri: Calcarei marnosi in facies lapidea con livelli arenacei



*Figura 11 Sondaggio S2 - Spezzone calcareo integro*

## 6 DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

Il sito di realizzazione della nuova vasca travel nel Porto Industriale di Porto Torres si trova su un'area di banchina che fronteggia un battente d'acqua a -12 m sul l.m.m. La banchina, di recente realizzazione, è stata ottenuta con avanzamento da terra e banchinamento in cassoni cellulari.



*Figura 12 planimetria di progetto*

Il progetto si incentra sull'utilizzo di pali secanti che fungono come paratia di sostegno delle azioni verticali dovute al transito del travel lift e contemporaneamente assolvono le funzioni di contenimento del terreno laterale alla vasca.



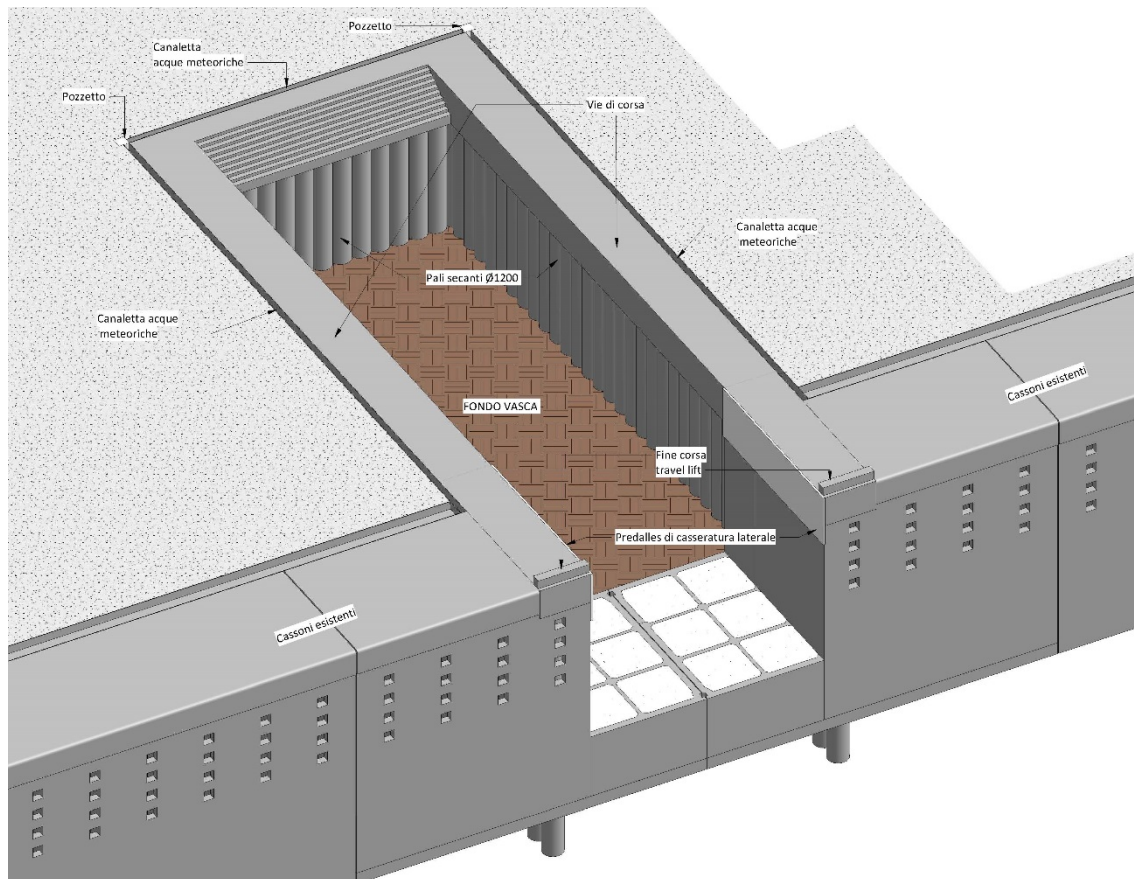
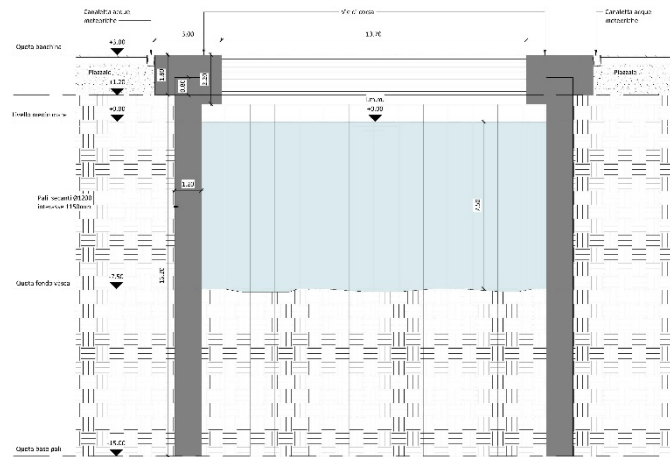


Figura 13 Vasca travel lift

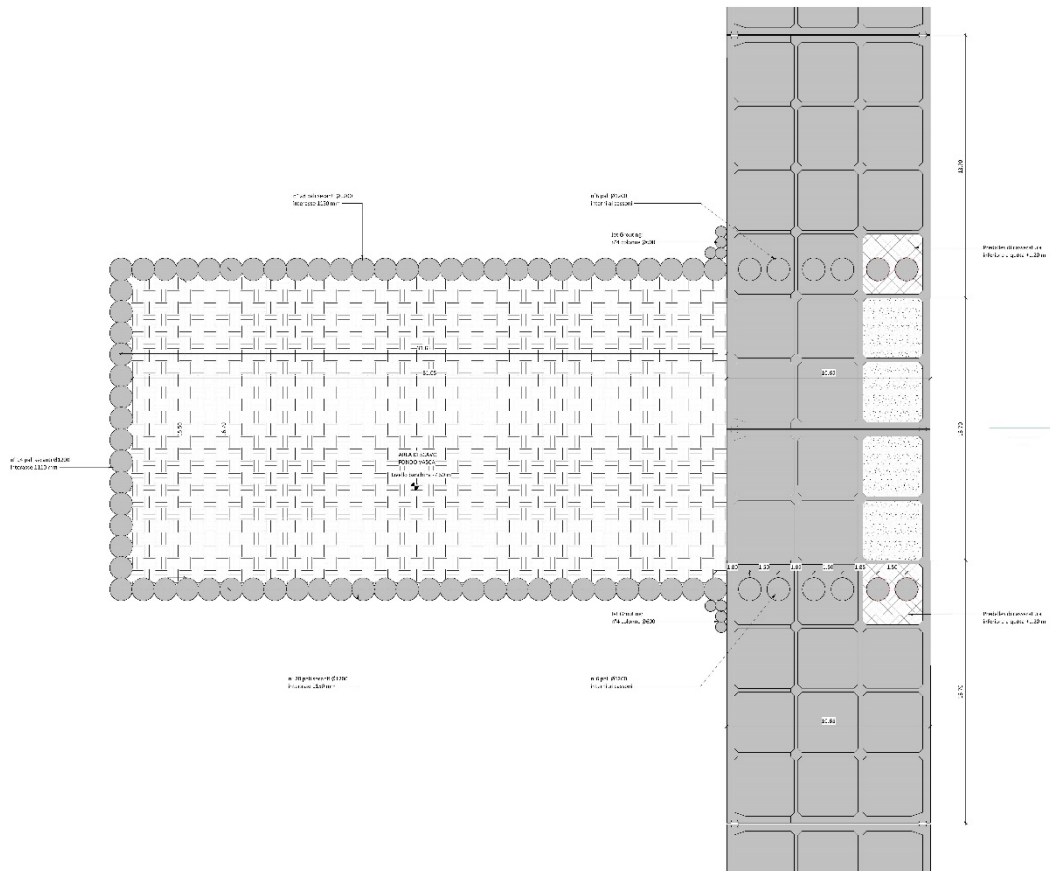
Il progetto prevede la realizzazione in asciutto, direttamente sul piazzale e previa rimozione della pavimentazione esistente, di una paratia di n 82 pali secanti di diametro  $\varnothing 1200$  mm, realizzati con tecnologia palo trivellato a rotazione. La profondità di infissione dei pali è di circa 16,20 m con l'attraversamento dei circa 10,5m di riempimento dei piazzali, il superamento del fondale sabbioso oltre ad ulteriori attraversamenti di 7,5 m del sottostante substrato calcarenitico. Nel tratto dei cassoni di bordo banchina si eseguirà una coppia di pali all'interno di ogni cella (per un totale di 12 pali fra cella di riva destra e di riva sinistra) che si intesteranno ad una quota pari a -15.00 dal l.m.m. Questo consente di salvaguardare le bitte al bordo della vasca ed anche di attribuire i carichi del carrello travel ad elementi costruttivi nuovi e idonei al carico.

In testa alla paratia di pali trivellati di diametro  $\varnothing 1200$  corre su tutta la lunghezza una via corsa ad "L", ed una trave di coronamento sulla larghezza. È prevista l'iniezione nel terreno di una miscela cementizia (jet grouting) al fine di realizzare un intasamento tra il cassone esistente e il palo ad esso tangente.



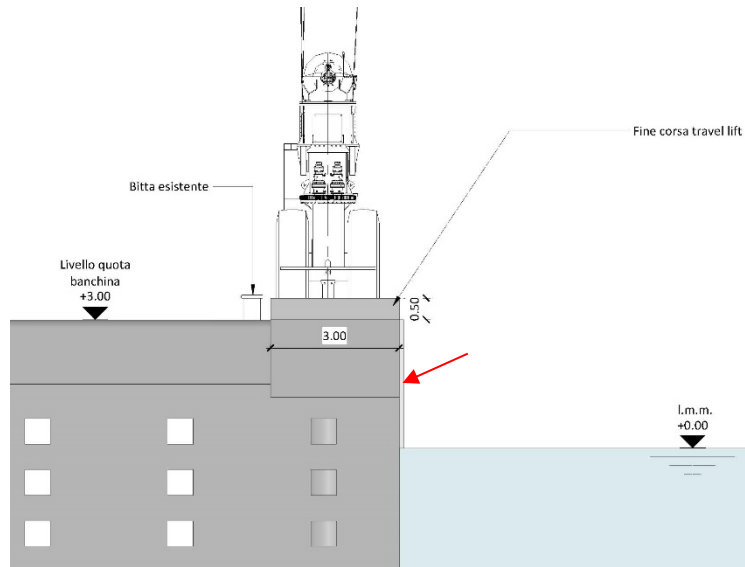
*Figura 14 Sezione trasversale vasca travel lift*

Sono previste demolizioni di parte dei cassoni lato mare, per realizzare l'ingresso al bacino. Verranno realizzati una coppia di pali entro ogni cella dei cassoni esistenti per il sostegno della via di corsa nel tratto dei cassoni.



*Figura 15 Pianta di progetto*

È prevista la posa in opera di una veletta da quota +3.00 fino al l.m.m a copertura delle pareti dei cassoni demoliti. Lo spessore della veletta sarà di 10 cm, e sarà dotata sul lato interno di tralicci in acciaio per l'ancoraggio al getto della via di corsa.

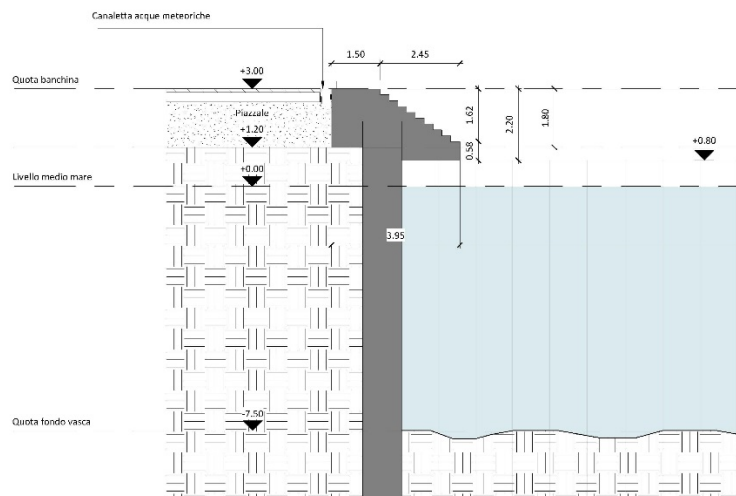


*Figura 16 Sezione di dettaglio della veletta*

## 7 MODALITÀ REALIZZATIVE

La soluzione proposta risolve e semplifica la modalità costruttiva prevista nel progetto preliminare posto a bando di gara dall'Amministrazione. La soluzione prevede dodici fasi:

1. Taglio della pavimentazione in conglomerato bituminoso esistente. In Figura 17 si riporta la sezione trasversale:



*Figura 17 Porzione sezione longitudinale*

## 2. Realizzazione pali

- Trivellazione pali di grande diametro: l'attrezzo di perforazione è costituito essenzialmente da un'asta munita alla sua estremità di un utensile adeguato di volta in volta alle esigenze del sistema di perforazione. Numero, potenza e capacità operativa delle attrezzature sono tali da consentire la realizzazione dei pali nei tempi previsti alla luce delle condizioni ambientali, litologiche e idrogeologiche dei terreni da attraversare, nonché alle dimensioni (lunghezza e diametro) dei pali da eseguire.



*Figura 18 Trivellazione pali*

- Posizionamento della gabbia di armatura



*Figura 19 Gabbia di armatura palo*

- Getto calcestruzzo attraverso il tubo-getto con autobetoniere e progressiva estrazione degli spezzoni di tubo-getto con l'innalzamento del livello di calcestruzzo, curando sempre la permanenza di almeno due metri di tubo al di sotto del livello dello stesso; per pali con scavo

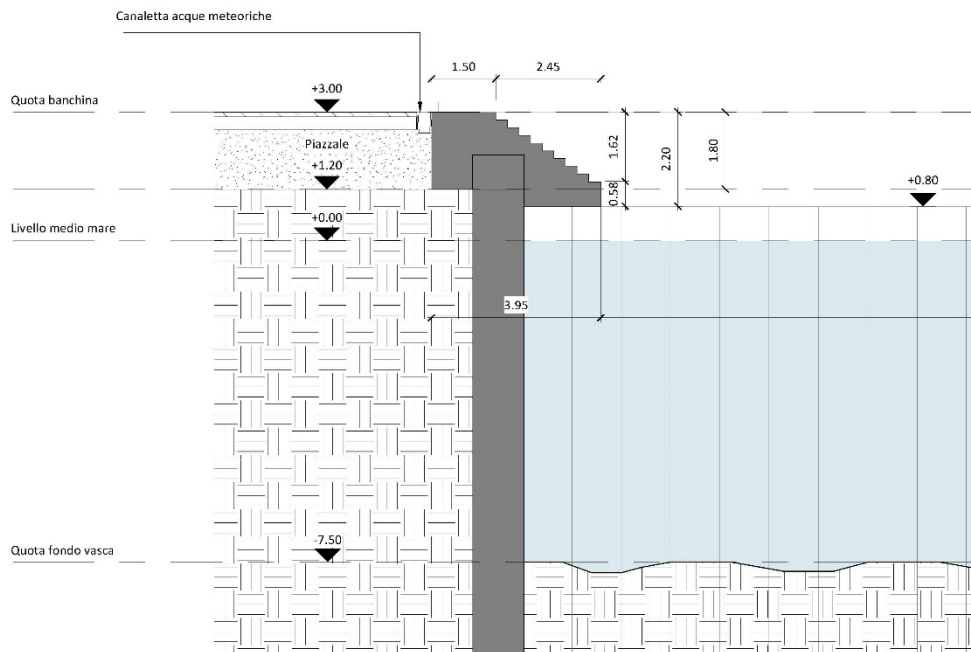


a fango, contemporaneo al recupero del fango bentonico mediante aspirazione dello scavo e ripompaggio nelle apposite vasche.

Per pali con scavo a fango si prevede la fase aggiuntiva di dissabbiamento dei fanghi bentonici recuperati dallo scavo, mediante passaggio attraverso una serie di setacci vibranti ed idrociclonici e conseguente separazione dei fanghi dai detriti e dalla sabbia. Rimessa in circolo dei fanghi depurati.

- Esecuzione dei pali jet grouting di intasamento;

3. Sbancamento fino alla quota +0,80 m;



*Figura 20 Sbancamento quota +0,80 m*

4. Demolizione della porzione dei cassoni esistenti necessaria solo per la per la realizzazione delle vie di corsa della gru travel lift;

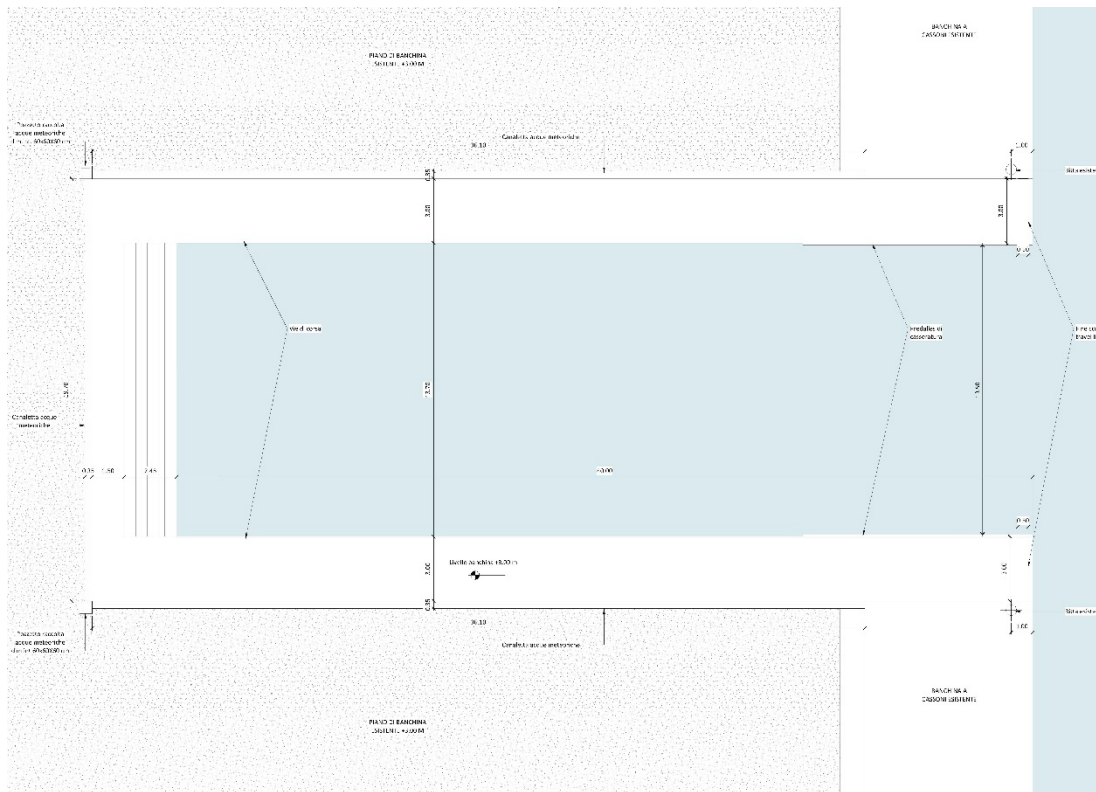


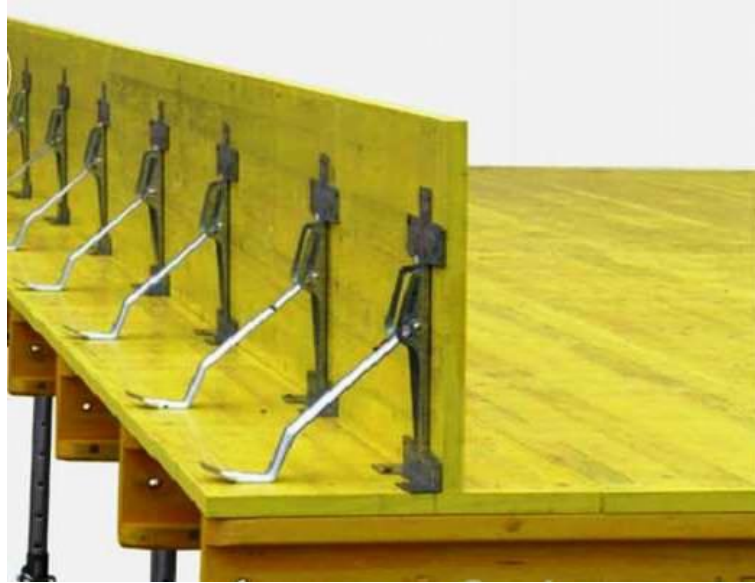
Figura 21 Pianta di progetto

5. Posa gabbia di armatura:

- via di corsa della gru
- trave di coronamento (collegamento tra le due vie di corsa)
- scala in c.a. sulla trave di coronamento

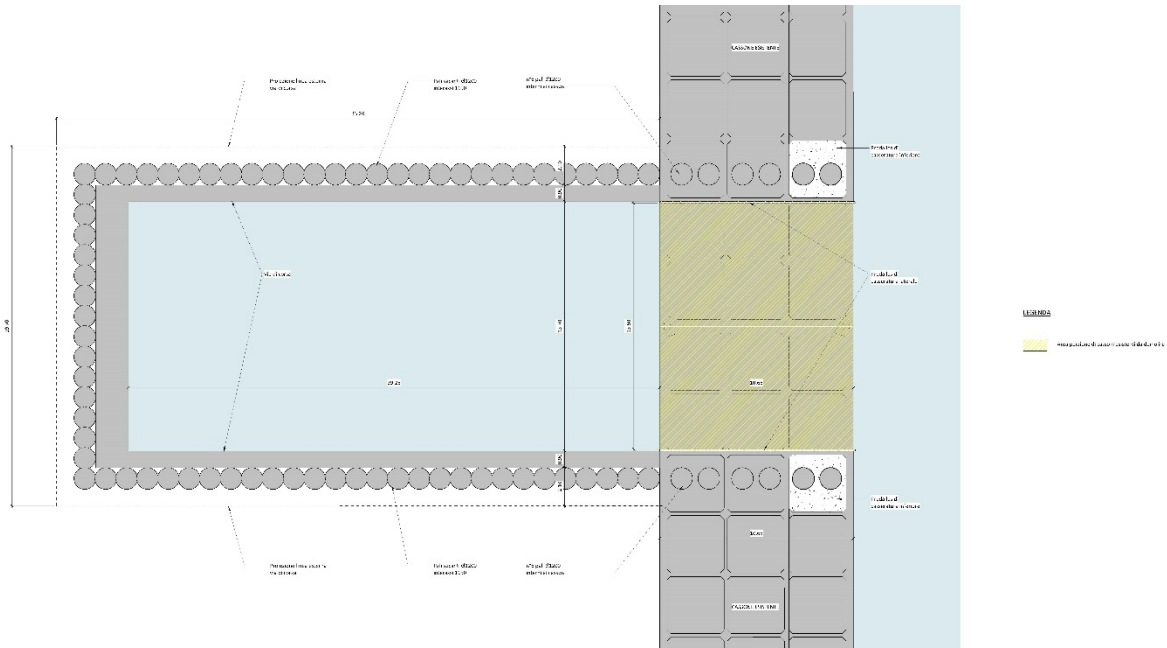
6. Posizionamento casseforme in legno per getti di calcestruzzo:

- Realizzazione della via di corsa del travel lift
- Realizzazione della trave di coronamento
- Realizzazione delle scale in c.a. sulla trave di coronamento



*Figura 22 casseforme in legno*

7. Getto del calcestruzzo per:
  - via di corsa del travel lift
  - trave di coronamento
  - scale in c.a. sulla trave di coronamento
  
8. Rimozione casseforme di cui al punto 6
  
9. Escavo fino alla quota -7,50 m dal l.m.m. di progetto, eseguita dal bordo della vasca con escavatore meccanico.
  
10. Demolizione della trave di bordo banchina e dei cassoni esistenti fino alla quota di -7.50m sul l.m.m.



*Figura 23 Pianta demolizione cassoni*

11. Salpamento dei relitti di calcestruzzo prodotti dalla demolizione dei cassoni esistenti;
12. Ripristino della pavimentazione a bordo intervento.

**8 INDICAZIONI DELLE CAVE DI PRESTITO E DELLE DISCARICHE**

Riguardo l’individuazione della destinazione dei materiali, si ritiene che, poiché i lavori di cui al presente progetto saranno appaltati tramite procedura di gara pubblica, una qualsiasi indicazione relativa a fornitori e/o impianti di smaltimento e recupero rifiuti potrebbe risultare lesiva dei principi di libera concorrenza e pertanto illegittima.

Tuttavia, anche al fine di evitare eventuali scompensi nel quadro economico in una successiva fase di approfondimento, è stata verificata l’esistenza di adeguati impianti nel territorio.

Per quanto riguarda lo smaltimento dei materiali di risulta, si segnala la presenza di 3 centri di recupero esistenti ed autorizzati, in grado di ricevere i rifiuti prodotti in cantiere:

- Monte Rosè (5 km) esclusivamente quale impianto di recupero di miscele bituminose, poiché ha terminato la disponibilità per gli inerti;
- Monte Doglia (30 km) per il conferimento di rifiuti inerti provenienti dalle demolizioni e dalla trivellazione dei pali;



- Ecologica S.r.l. (30 km) per il conferimento di rifiuti inerti provenienti dalle demolizioni e dalla trivellazione dei pali.

Per quanto riguarda l'approvvigionamento dei quantitativi di materiali indicati nella tabella 1 non si prevede l'apertura di nuove cave, bensì il ricorso a cave esistenti.

I materiali per la realizzazione delle opere in progetto saranno prevedibilmente approvvigionati presso cave attive autorizzata (ai sensi L.R. 30/89) e presenti nell'arco di pochi chilometri dal sito di progetto.

Si riportano di seguito le cave già individuate nell'intorno:

- Monte Rosè (5 km)
- Grandi escavazioni (Monte Alvaro – 9,5 km)
- Monte Nurra (16 km) CAVA TEDDE
- Cave cantieri (Cava Abba viejga – 16 km)
- Italcementi (Cava la corte SS – 20 km) ora CEMENTECH

## **9 INDIRIZZI PER LA REDAZIONE DELLA PROGETTAZIONE ESECUTIVA**

All'atto della progettazione esecutiva saranno sviluppati tutti i necessari approfondimenti e saranno recepite le indicazioni emerse nella procedura di verifica del progetto definitivo.

Il tempo previsto per la redazione del progetto esecutivo, completo di tutti gli elaborati previsti dalla normativa vigente nonché dal Disciplinare tecnico prestazionale, è disposto dall'offerta presentata in sede di gara e confermato nella convenzione rep. n. 2834 stipulata il 6 maggio 2019 ed è pari a 12 giorni naturali e consecutivi decorrenti dalla data della specifica comunicazione di avvio da parte del Responsabile Unico del Procedimento.

## **10 TEMPI PER LA REALIZZAZIONE DELL'OPERA**

Il tempo previsto per la realizzazione delle opere in progetto è complessivamente pari a 215 giorni, così come indicato nell'elaborato **R7 Cronoprogramma dei lavori**.