





|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 1 di 37                      | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

## TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE

### Relazione Tecnico Illustrativa - civile



|             |                    |                  |                   |                                  |                |
|-------------|--------------------|------------------|-------------------|----------------------------------|----------------|
|             |                    |                  |                   |                                  |                |
|             |                    |                  |                   |                                  |                |
| 00          | Emissione per Enti | F.Capozzi        | L.Nardi           | P. Russo<br>S. Scandale          | Agosto<br>2024 |
| <b>Rev.</b> | <b>Descrizione</b> | <b>Elaborato</b> | <b>Verificato</b> | <b>Approvato<br/>Autorizzato</b> | <b>Data</b>    |

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 2 di 37                      | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

## INDICE

|          |  |           |
|----------|--|-----------|
| <b>1</b> | <b>GENERALITÀ</b>  | <b>3</b>  |
|          | 1.1 Inquadramento Generale   | 3         |
|          | 1.2 Il Soggetto Proponente   | 8         |
| <b>2</b> | <b>PREMESSA</b>  | <b>10</b> |
| <b>3</b> | <b>DESCRIZIONE DEL CONTESTO</b>  | <b>12</b> |
|          | 3.1 Ubicazione del Terminale di Porto Torres                                   | 12        |
|          | 3.2 Descrizione dell'area portuale di Porto Torres                             | 12        |
|          | 3.3 Caratteristiche e Profondità all'Interno del Porto                         | 13        |
| <b>4</b> | <b>DATI DI RIFERIMENTO</b>   | <b>15</b> |
|          | 4.2 Dati Geotecnici  | 22        |
|          | 4.3 Dati Sismici   | 24        |
| <b>5</b> | <b>DESCRIZIONE DELLE OPERE DI BANCHINA</b>                                     | <b>28</b> |
|          | 5.1 Descrizione dell'intervento in progetto                                    | 28        |
|          | 5.2 Cassoni prefabbricati  | 30        |
|          | 5.3 Impalcati  | 31        |
|          | 5.4 Sistemazione del piazzale di banchina, predisposizioni, finiture ed arredi | 33        |
| <b>6</b> | <b>FASI COSTRUTTIVE</b>  | <b>34</b> |
|          | 6.1 Fasi di realizzazione delle opere  | 34        |
|          | 6.2 Aree di cantiere   | 36        |
| <b>7</b> | <b>CRONOPROGRAMMA</b>  | <b>37</b> |

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 3 di 37                      | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

## 1 GENERALITÀ



### 1.1 Inquadramento Generale

La Società Snam Rete Gas (“SRG”), soggetta all’attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A. (“Snam”), una delle principali società di infrastrutture energetiche e principale TSO (Transport System Operator - gestore del sistema di trasporto gas) in ambito europeo, intende allestire nel porto industriale di Porto Torres (SS) un terminale di rigassificazione su un mezzo navale permanentemente ormeggiato (“Terminale”) per consentire lo stoccaggio e la vaporizzazione di gas naturale liquefatto (GNL) per il suo trasferimento nella rete di trasporto di gas naturale a terra che sarà realizzata da Enura S.p.A., società soggetta anch’essa all’attività di direzione e coordinamento di Snam. Il Terminale è anche predisposto per svolgere servizi di Small Scale LNG attraverso il rifornimento di apposite navi metaniere “bunkering vessels”.

Il Terminale sarà costituito da una unità navale di stoccaggio e rigassificazione flottante (Floating Storage Regasification Unit o “FSRU”) con una capacità indicativa di stoccaggio di circa 140.000 m<sup>3</sup> di GNL e una capacità di rigassificazione nominale di circa 330.000 Sm<sup>3</sup>/h. La FSRU sarà ormeggiata a lungo termine (25 anni).

Il Progetto, inizialmente presentato da Snam (Rif. Prot. No. 245 del 29 Novembre 2022), prevedeva l’accosto della FSRU in corrispondenza della banchina carbonile in stretta adiacenza al molo di ormeggio in concessione a EP FiumeSanto. Le numerose interlocuzioni intercorse con le Autorità tecniche portuali nonché con gli organi del Comitato Tecnico Regionale (CTR), hanno fatto emergere l’opportunità di spostare la posizione del Terminale lungo la parte terminale del molo foraneo settentrionale realizzando una nuova struttura d’accosto permanente in cassoni che resterà a servizio del Porto.

Il progetto è parte integrante del più ampio progetto di “Collegamento Virtuale” (o “Virtual Pipeline”) per l’approvvigionamento di gas naturale alla Sardegna, che Snam intende realizzare, anche attraverso le sue controllate e partecipate come Snam Rete Gas ed Enura, in coerenza a quanto disciplinato dall’art. 2 comma 4 e comma 5 del Decreto del Presidente del Consiglio dei ministri del 29 marzo 2022, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale numero 125 del 30 maggio 2022, avente ad oggetto “*Individuazione delle opere e delle infrastrutture necessarie al phase out dell’utilizzo del carbone in Sardegna e alla decarbonizzazione dei settori industriali dell’Isola*” (c.d. DPCM Sardegna”).

|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 4 di 37                             | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001



Come indicato nell'art. 1 comma 1 del suddetto DPCM Sardegna, il progetto Virtual Pipeline si inserisce nell'ambito delle iniziative mirate a sostenere il rilancio delle attività produttive nella regione Sardegna, la decarbonizzazione dei settori industriali, la transizione energetica delle attività produttive e il phase-out del carbone garantendo sia l'approvvigionamento di energia all'Isola a prezzi in linea con quelli del resto d'Italia che, assicurando l'attuazione degli obiettivi del PNIEC (Piano Nazionale Integrato per l'Energia e il Clima).

Il progetto Virtual Pipeline include lo sviluppo delle infrastrutture di trasporto e di rigassificazione di GNL necessarie a garantire la fornitura di gas naturale in Sardegna mediante l'utilizzo di navi spola (metaniere di piccola taglia o c.d. "shuttle carrier") tra i terminali di rigassificazione italiani regolati ed i futuri terminali di rigassificazione da realizzare in Sardegna. Lo spostamento di volumi fisici di GNL mediante navi spola sarà effettuato con modalità equiparate, anche ai fini tariffari, a quelle del trasporto di gas, che comunemente avviene attraverso un qualsiasi metanodotto del sistema nazionale di trasporto.

In tale contesto, gli shipper operanti nel sistema di trasporto gas nazionale potranno rendere disponibili volumi di gas in un qualsiasi punto di ingresso del sistema o al c.d. Punto di Scambio Virtuale (PSV), richiedendone a Snam Rete Gas la riconsegna in un punto di uscita in Sardegna. In questo modo, volumi di GNL immessi nel sistema presso i terminali di stoccaggio in continente, potranno essere intercambiabili, attraverso opportuni meccanismi di "swap", con equivalenti volumi di gas per i quali sia stata richiesta una riconsegna in Sardegna.

La disponibilità di gas naturale in Sardegna consentirà di avviare il processo di conversione a gas naturale di utenze civili e industriali, oggi ancora approvvigionate principalmente a carbone, olio combustibile, gasolio, GPL o aria propanata, con riduzione degli effetti sull'ambiente, dato che il gas naturale è un combustibile con basse emissioni inquinanti (annullamento sia di particolato (PM10) che di ossidi di zolfo (SOx), ed una considerevole riduzione degli ossidi di azoto (NOx) e, a titolo di esempio, circa -15% di CO2 rispetto al gasolio).

Il Terminale di rigassificazione di Porto Torres (art. 2 comma 4, del DPCM Sardegna) sarà il principale punto di approvvigionamento di gas naturale dei bacini di consumo della Città Metropolitana di Sassari nonché del segmento industriale, ed eventualmente termoelettrico, del Nord dell'Isola.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 5 di 37                      | Rev.<br>0            |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

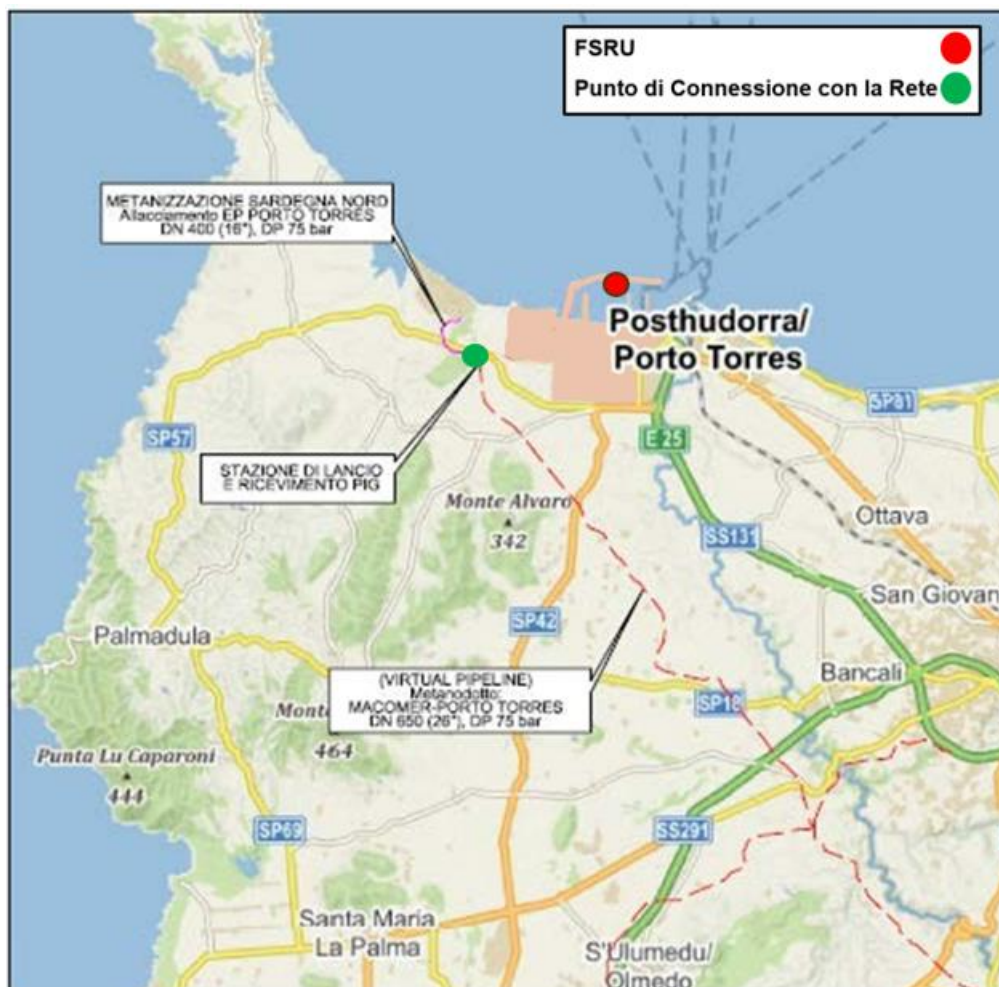




Figura 1-1 - Corografia con Rete Energetica Sardegna Tratto Nord e ubicazione della FSRU.

### 1.1.1 Terminale di Porto Torres

Il progetto ("Terminale di Porto Torres") prevede la realizzazione di un terminale di ricezione, stoccaggio e rigassificazione di Gas Naturale Liquefatto (GNL) del tipo flottante (Floating Storage Regasification Unit o "FSRU") all'interno del porto industriale di Porto Torres in Provincia di Sassari e relative opere connesse per la realizzazione del collegamento a terra con lo scopo di raggiungere la futura Dorsale Nord già autorizzata con Decreto VIA n. 373 del 05.12.2022.

Nella seguente figura si riporta un inquadramento dell'area con indicate le opere in progetto:

|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 6 di 37                             | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001



- Terminale FSRU;
- banchina di ormeggio;
- condotta sottomarina e relativo approdo;
- cavo elettrico a Media Tensione (MT).



Figura 1-2 - Stralcio ortofoto con ubicazione del progetto in area portuale.

Il progetto del Terminale di Porto Torres, oggetto del presente Studio di Impatto Ambientale (SIA) sarà composto da:

- Una FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) avente una capacità indicativa di stoccaggio pari a circa 140.000 m<sup>3</sup>, una capacità di rigassificazione di circa 330.000 Sm<sup>3</sup>/h e dimensioni pari a circa 290 m (lunghezza) x 48 m (larghezza)
- Una nuova banchina costituita da:
  - N.28 cassoni cellulari prefabbricati in c.a. zavorrati con materiale arido;
  - Coronamento dei cassoni in cemento armato gettato in opera;



|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 7 di 37                             | <b>Rev.</b><br>0            |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

- Impalcati di collegamento tra i cassoni con travi in c.a.p. e getti in opera di completamento;
  - Scanno di imbasamento dei cassoni in pietrame protetto da una mantellata in massi naturali;
- Gli impianti e le attrezzature da realizzarsi sulla nuova banchina est esistente costituiti da:
    - Sistema di scarico del gas vaporizzato dalla FSRU costituito da N. 2 bracci di scarico ed una condotta in acciaio che corre interrata fino al punto di intercettazione linea (PIL) anch'esso in banchina;
    - Sistema di ormeggio della FSRU;
    - Sistema antincendio costituito da un sistema di pompaggio, un anello di distribuzione ed una serie di monitori e cortine d'acqua;
    - Sistema di controllo ed emergenza per gli impianti di processo sulla nuova banchina;
    - Sistema di blowdown e sfiato di emergenza.
  - Un tratto di condotta sottomarina di lunghezza complessiva pari a circa 1670 m di cui 1300 m saranno all'interno di un microtunnel da realizzare come approdo costiero. La condotta a mare funge da collegamento tra il sistema di scarico del gas dalla FSRU e il punto di interfaccia con il tratto a terra della condotta. La condotta proseguirà a terra fino al Punto d'Intercetto, che identifica il punto di ingresso nella rete di trasporto del gas naturale a terra (Rete Energetica tratto nord, si veda la Figura 1.3), che non è oggetto del presente documento;
  - Un cavo elettrico di media tensione (MT) per l'alimentazione della banchina di ormeggio della FSRU;
  - Un cavo telecomando per collegamento con il dispacciamento a terra di SRG con tracciato in parallelo alla condotta sottomarina.

### 1.1.2 Opere Connesse

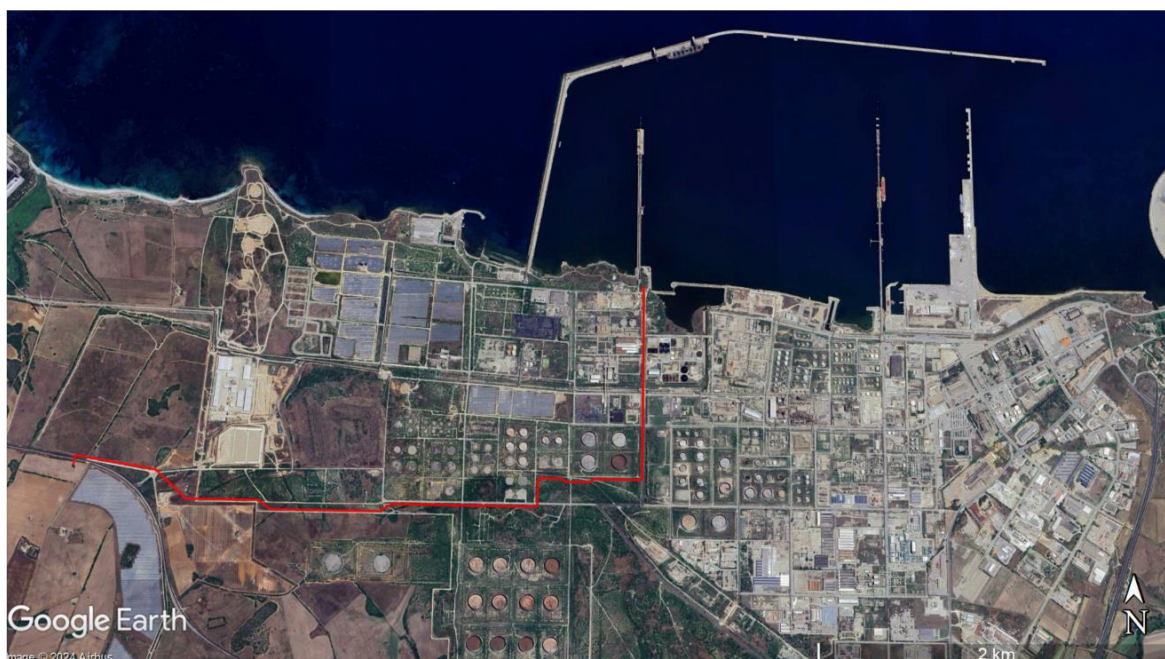
Si considerano opere connesse e oggetto della presente procedura di Valutazione di Impatto Ambientale, la Rete Energetica di Porto Torres di proprietà di Enura S.p.A. La Rete energetica consentirà il collegamento del Terminale di Porto Torres. Quest'ultima a sua volta sarà connessa alle reti di distribuzione locali dei bacini di utenza della Città

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 8 di 37                      | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

Metropolitana di Sassari, le principali utenze industriali del Nord dell'Isola ed eventualmente alle utenze termoelettriche.

La Valutazione di Impatto Ambientale della Rete Energetica di Porto Torres è riportata nel documento Doc. No. REL-SIA-E-13010 "Studio di Impatto Ambientale del Progetto Virtual Pipeline Sardegna – Rete Energetica tratto Nord – Metanodotto Collegamento FSRU di Porto Torres DN 500 (20"), DP 100 bar" Proponente: Enura S.p.A.



**Figura 1-3 - Stralcio ortofoto con Metanodotto Collegamento FSRU di Porto Torres - DN 500 (20") DP 100 bar.**



L'opera, denominata "Virtual Pipeline Sardegna – Rete Energetica Tratto Nord - Collegamento FSRU di Porto Torres DN 500 (20")", DP 100 bar, di lunghezza pari a 4,689 km proposta da Enura ha come obiettivo quello di consentire il collegamento tra il Terminale di Porto Torres e la Rete energetica della Sardegna (progetto Metanizzazione Sardegna – tratto Nord, per il quale Enura ha già ottenuto il decreto di compatibilità ambientale (VIA) con provvedimento n. 373 del 05 Dicembre 2022).

## 1.2 Il Soggetto Proponente

Il Proponente del Progetto è la Società Snam Rete Gas ("SRG"), società soggetta all'attività di direzione e coordinamento di Snam S.p.A ("Snam").

Grazie a una rete sostenibile e tecnologicamente avanzata, Snam garantisce la sicurezza degli approvvigionamenti e gioca un ruolo di abilitatore nella transizione





|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 9 di 37                             | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

energetica. Oltre che in Italia, Snam è attiva, attraverso consociate internazionali, in Albania (AGSCo), Austria (TAG, GCA), Cina (Snam Gas & Energy Services), Francia (Teréga), Grecia (DESFA), Emirati Arabi Uniti (ADNOC Gas Pipelines) e Regno Unito (Interconnector UK).

Prima in Europa per estensione della rete di trasmissione (ca. 41.000 km) e capacità di stoccaggio (ca. 20 bcm) di gas naturale, è anche tra i principali operatori nella rigassificazione attraverso i terminali di Panigaglia (GNL Italia) e di Piombino (FSRU Italia), di cui è interamente proprietaria, e le partecipazioni nei rigassificatori italiani di Livorno (OLT) e Rovigo (Adriatic LNG), oltre che nel terminale di Revithoussa (DESFA) in Grecia.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 10 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

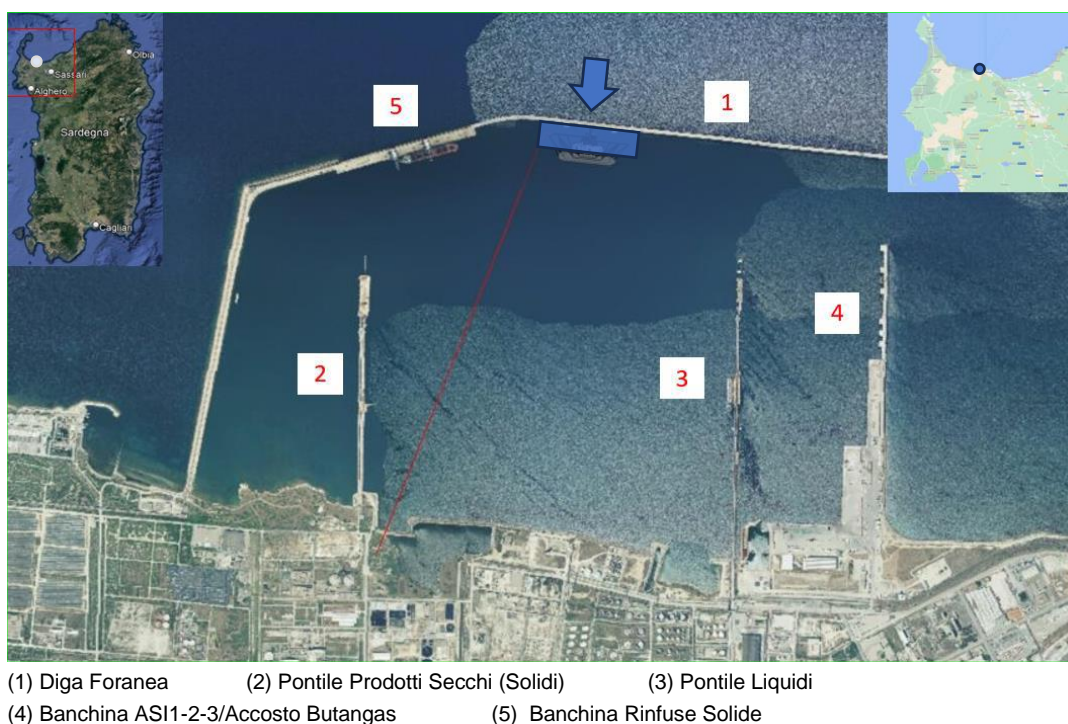
## 2 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione tecnico illustrativa per i lavori di realizzazione delle opere civili relative alla nuova banchina per l'ormeggio di una FSRU, ubicata lungo la diga foranea di sopraflutto del porto industriale di Porto Torres (SS).

Il documento è stato redatto al fine di fornire i principali elementi tecnici di riferimento per la progettazione geotecnico-strutturale delle opere di banchina.

La zona dove è previsto l'ormeggio della FSRU (avente coordinate 4522540 mN, 1446565 mE GB fuso ovest) (Rif. Figura 2-1) è localizzata a ridosso della diga di sopraflutto a Ovest dell'imboccatura del porto industriale di Porto Torres.

La zona di ormeggio è prospiciente lo specchio acqueo portuale compreso tra il "pontile solidi" ed il "pontile liquidi". Le quote del fondale nell'area interessata dall'intervento sono mediamente di circa -21 m s.l.m.m (MSL).



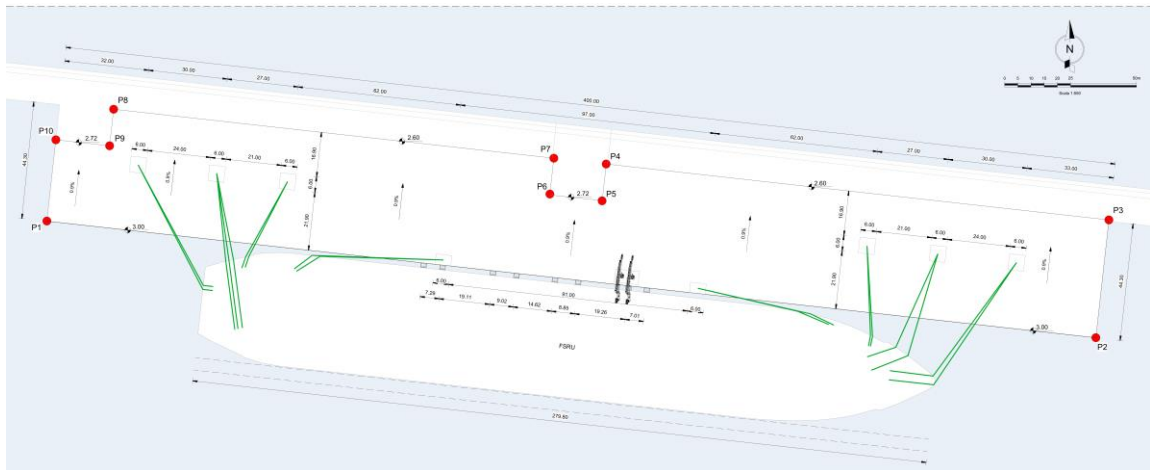
**Figura 2-1 - Inquadramento geografico della FSRU di Porto Torres.**

Nella seguente Figura 2-2, viene mostrata la configurazione planimetrica generale dell'intervento con la nuova opera posta in continuità con l'attuale coronamento carrabile della diga, che realizza per l'ormeggio della nave FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) una banchina di 400 m e retrostante piazzale operativo di larghezza 44.3 m misurata dal limite interno del coronamento della diga esistente.



|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br><b>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE</b>                     | Fg. 11 di 37                            | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

La funzione principale della nuova banchina sarà quella di garantire l'ormeggio e l'installazione delle attrezzature necessarie all'esercizio in sicurezza della FSRU.



**Figura 2-2 - Planimetria generale della banchina d'ormeggio in progetto**

|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 12 di 37                            | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

### 3 DESCRIZIONE DEL CONTESTO

#### 3.1 Ubicazione del Terminale di Porto Torres

Il porto industriale di Porto Torres è situato lungo la costa settentrionale della Sardegna a circa 3 km dal centro dell'abitato, 20 km da Sassari e 30 km da Alghero.

Il sito industriale è delimitato a Nord dalla linea di costa, che si affaccia sul Golfo dell'Asinara, a Est dal Rio Mannu e a Ovest dallo stagno di Pilo.

La FSRU sarà ormeggiata all'interno del Porto Industriale di Porto Torres, presso una nuova struttura di accosto dedicata (avente coordinate 4522499 mN, 1446567 mE) e posta a ridosso della diga foranea.

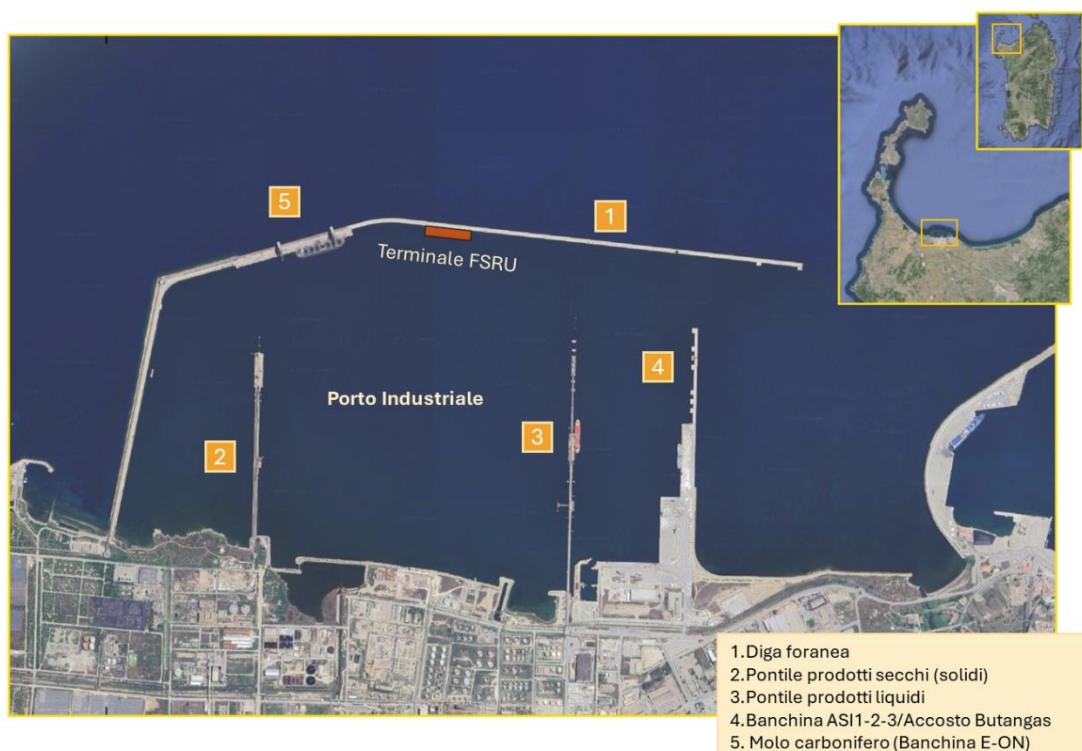


Figura 3-1 – Inquadramento del Porto Industriale e del nuovo Terminale FSRU.

#### 3.2 Descrizione dell'area portuale di Porto Torres

Il porto è classificato come II categoria, I classe (porto, o specifiche aree portuali, di rilevanza economica internazionale) rientrante nell'Autorità di Sistema Portuale del Mare di Sardegna, secondo il Riordino della Legislazione in materia portuale della Legge N.84 del 28 gennaio 1994 (con la Legge di Bilancio 2018-art.1, comma 577, L.27 dicembre 2017, n. 205, a decorrere dal 1° gennaio 2018).

L'ambito portuale è delimitato, per la parte mare, dai seguenti punti:

- Fanale rosso E.F. 1449 (molo di levante del bacino industriale) Lat. 40°50'.54" N – Long. 008° 22'.45" E;
- Fanale verde E.F. 1439 (diga foranea del bacino industriale) Lat.40°51'.00" N – Long. 008° 23'.5" E.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 13 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

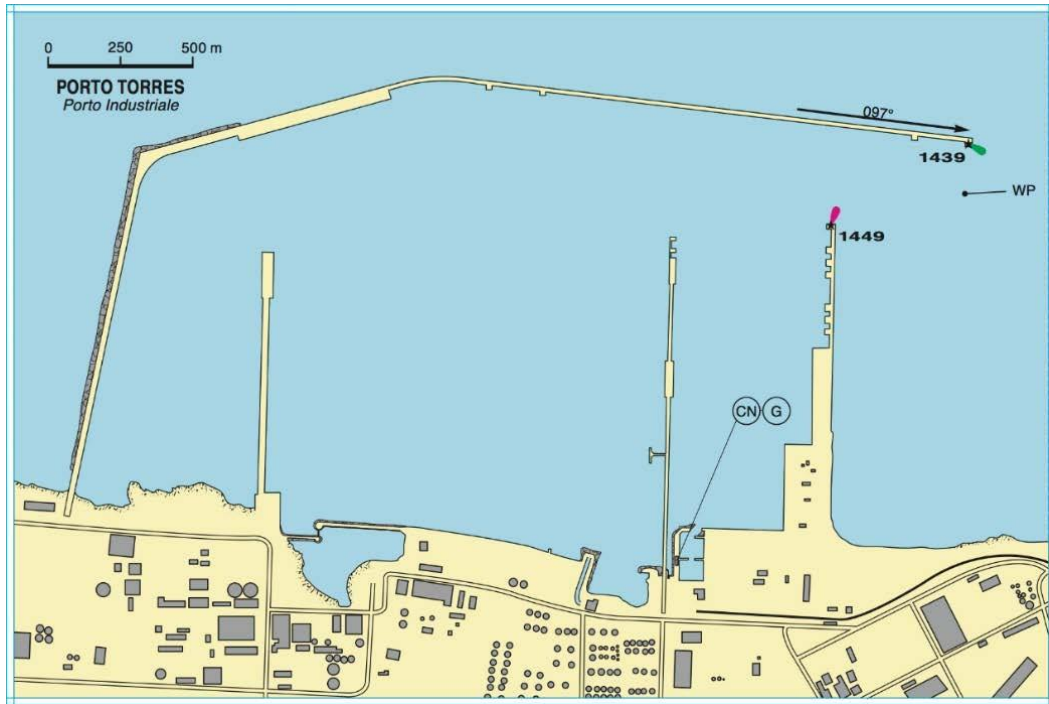


Figura 3-2 – Porto industriale di Porto Torres.



### 3.3 Caratteristiche e Profondità all'Interno del Porto

#### 3.3.1 Profondità del Fondale

Attualmente il porto presenta una profondità massima di circa 21.5 m all'imboccatura mentre il nuovo accosto identificato per l'ormeggio della FSRU ha una profondità compresa tra i 18 m e i 20 m, come riportato nella figura sottostante.





Figura 3-3 – Dettaglio della batimetria (Rif. Database CM-93/3, DHI, "MIKE C-MAP, Extraction of the World Wide Bathymetry Data and Tidal Information, Scientific Documentation" MIKE by DHI, Horsholm 2021).

|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 14 di 37                            | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

### 3.3.2 Stabilità del Fondale

In questa fase di progettazione non sono disponibili studi o informazioni circa la stabilità del fondale all'interno del porto di Porto Torres, si assume pertanto che esso risulti stabile.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 15 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

## 4 DATI DI RIFERIMENTO

### 4.1 Caratterizzazione meteomarina dell'area

È stato condotto uno studio finalizzato alla caratterizzazione meteomarina dell'area di progetto, necessaria per la progettazione delle opere e per la valutazione delle condizioni all'ormeggio della nave FSRU. In questa sede si riporta una sintesi delle analisi condotte e dei risultati ottenuti, si rimando allo studio per ulteriori approfondimenti e maggiori dettagli.

Le analisi condotte hanno consentito di definire:



- le caratteristiche dei principali fattori ambientali di interesse (precipitazioni, temperatura e umidità relativa dell'aria, temperatura e densità dell'acqua di mare, radiazione solare);
- Il clima anemometrico e i valori estremi di vento per prefissati tempi di ritorno;
- il clima ondometrico e i valori estremi di moto ondoso al largo di Porto Torres per prefissati tempi di ritorno;
- i valori estremi di moto ondoso (onde corte, o di breve periodo) a ridosso della diga foranea, in prossimità dell'imboccatura portuale, ottenuti a seguito della propagazione sottocosta con un modello numerico;
- il grado di agitazione ondosa all'interno dello specchio acqueo portuale in corrispondenza dell'ormeggio della nave FSRU dovuta a condizioni di moto ondoso estreme (onde corte, o di breve periodo), valutato a seguito della propagazione del moto ondoso con un modello numerico di diffrazione - riflessione;
- una stima delle caratteristiche delle onde lunghe generate dall'interazione non lineare tra le componenti spettrali del moto ondoso (bound long waves) in prossimità dell'imboccatura portuale effettuata applicando un modello numerico;
- le variazioni del livello medio marino indotte sia dalla marea astronomica che dalla marea meteorologica;

Lo studio si è posto inoltre l'obiettivo di fornire una valutazione della possibile tracimazione della diga foranea esistente.

È stata effettuata inoltre una valutazione degli effetti dei cambiamenti climatici, con particolare riferimento all'innalzamento atteso del livello del mare.

Per la redazione dello studio si è fatto riferimento ai più recenti dati di vento e moto ondoso ricostruiti in rianalisi dal Centro Meteorologico Europeo (ECMWF) nell'ambito del progetto Copernicus ERA5 che hanno permesso di effettuare analisi statistiche su un campione di dati molto esteso (1940-2022).

Si è fatto riferimento alle misure di livello del mare, temperatura dell'aria, umidità relativa, pressione atmosferica eseguite dalla stazione mareografica situata nel Porto

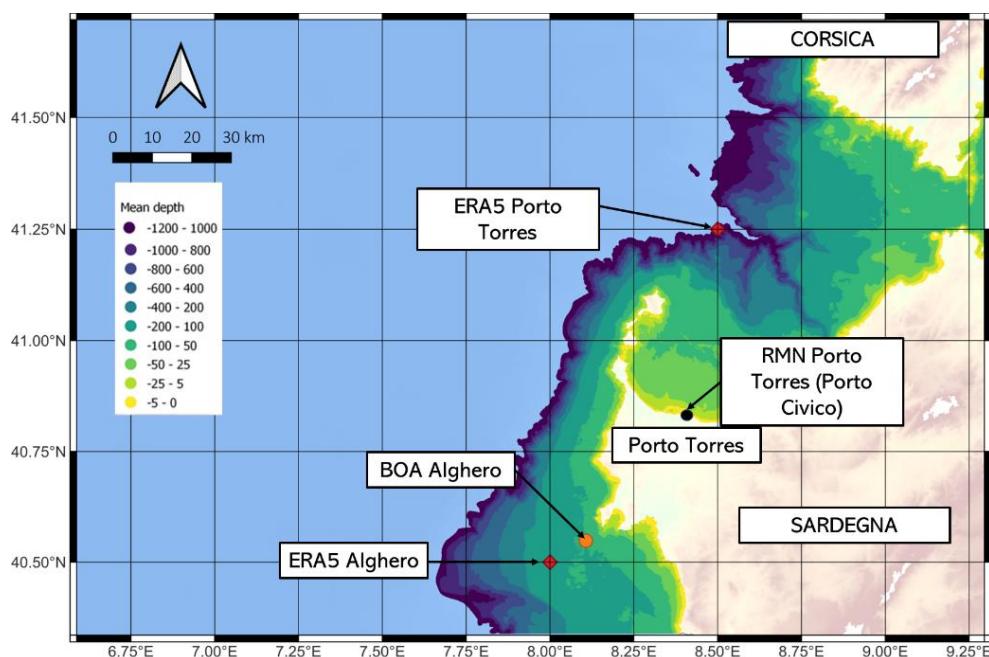
|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 16 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

Torres facente parte della Rete Mareografica Nazionale (RMN) attualmente gestita dall'ISPRA.

È stata inoltre acquisita la serie storica delle misure di moto ondoso effettuate dalla boa ondometrica direzionale di Alghero facente parte della Rete Ondometrica Nazionale (RON) attualmente gestita dall'ISPRA. I dati di moto ondoso misurati a largo di Alghero sono stati utilizzati per calibrare le onde estreme a largo del sito in esame secondo quanto descritto nel seguito.

La posizione dei punti di ricostruzione e/o misurazione dei diversi dati di riferimento è riportata nella carta di **Figura 4-1**.



**Figura 4-1 - Localizzazione geografica dei punti di ricostruzione di vento e moto ondoso ERA5 e delle stazioni di misura RON di Alghero e RMN Porto Torrese presi a riferimento per lo studio.**



#### 4.1.1 Vento

Nella **Figura 4-2 (a)** è riportata la rosa direzionale che rappresenta il regime dei venti nel punto ERA5 posizionato al largo di Porto Torres, fuori dello schermo offerto dall'Asinara, quasi in posizione centrale rispetto alle Bocche di Bonifacio. Il regime anemometrico è di tipo bimodale con prevalenza di venti occidentali i quali, oltre ad essere i più frequenti, sono anche caratterizzati da maggiore intensità rispetto a quelli orientali.

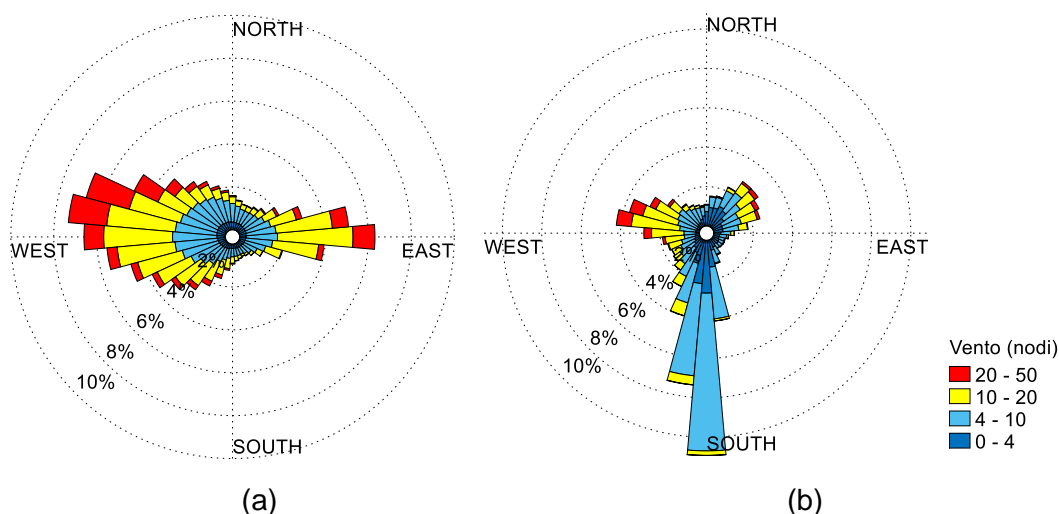
Si osserva che la presenza dei rilievi della Corsica e della Sardegna tende ad incanalare ed accelerare il vento proveniente da occidente lungo l'asse delle bocche di Bonifacio, rendendo la zona una delle più ventose di Italia.

Rispetto al clima anemometrico a largo, in costa **Figura 4-2 (b)** diventano molto frequenti le brezze di terra da mezzogiorno, di minore intensità rispetto alle componenti anemometriche occidentali e orientali.



|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 17 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001



**Figura 4-2. (a) Distribuzione direzionale dei venti ricostruiti nel punto ERA5 al largo di Porto Torres (periodo 1940-2022). (b) Distribuzione direzionale dei venti misurati dalla stazione mareografica RMN di Porto Torres (periodo 2010-2024).**

L'analisi statistica dei valori estremi di vento ha permesso di definire le velocità del vento associate a predefiniti tempi di ritorno, sia nel punto ERA5 al largo di Porto Torres che sottocosta, basandosi sulle misure della stazione mareografica.



La seguente tabella presenta i valori di velocità  $V_{10}$  ottenuti per tempo di ritorno di 100 anni, i valori sono riferiti ad una quota di +10 m sul l.m.m. e sono mediati su 10 min.

| Tempo di ritorno           | ERA5 al largo | Stazione mareografica RMN di Porto Torres |
|----------------------------|---------------|---|
| 100 anni (omnidirezionale) | 23.67 m/s     | 20.30 m/s                                 |

#### 4.1.2 Moto ondoso

In Figura 4-3 è mostrato il regime di moto ondoso nel punto di ricostruzione ERA5 al largo di Porto Torres. Il diagramma mostra gli stati di mare più frequenti provengono da due settori di traversia, il primo ricadente nel IV quadrante (settore Nord-Ovest) e il secondo tra il I e il II quadrante (settore Est).

Gli stati di mare provenienti dal IV quadrante risultano sia di maggiore intensità, sia di maggiore frequenza rispetto a quelli provenienti dal I/II quadrante e pertanto il settore Nord-Ovest può essere considerato il settore di traversia principale.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 18 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

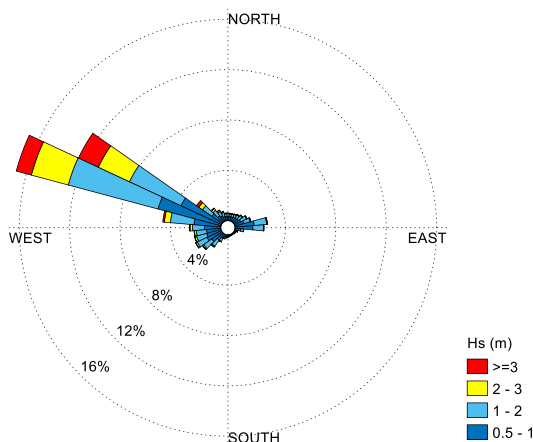


Figura 4-3 - Distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso con  $H_s > 0.5$  m nel punto ERA5 Porto Torres di coordinate  $41.25^\circ N$ ,  $8.50^\circ E$ .

L'analisi dei valori estremi di moto ondoso al largo, opportunamente calibrati sulla base del confronto con le misure effettuate dalla boa ondometrica RON di Alghero, è riportata nella seguente Tabella 4-1.



Tabella 4-1. Valori estremi di  $H_s$  e  $T_p$  relativi ai tempi di ritorno compresi tra 2 anni, 500 anni per il Settore I, Settore II e Settore III.

| Settore I |        |        | Settore II |        |        | Settore III |        |        |
|-----------|--------|--------|------------|--------|--------|-------------|--------|--------|
| Tr (anni) | Hs (m) | Tp (s) | Tr (anni)  | Hs (m) | Tp (s) | Tr (anni)   | Hs (m) | Tp (s) |
| 2         | 7.20   | 10.75  | 2          | 4.05   | 9.87   | 2           | 3.19   | 6.49   |
| 5         | 7.89   | 11.06  | 5          | 4.77   | 10.44  | 5           | 3.63   | 6.76   |
| 10        | 8.42   | 11.29  | 10         | 5.32   | 10.84  | 10          | 3.96   | 6.95   |
| 15        | 8.73   | 11.41  | 15         | 5.64   | 11.06  | 15          | 4.15   | 7.06   |
| 20        | 8.95   | 11.50  | 20         | 5.87   | 11.21  | 20          | 4.29   | 7.14   |
| 25        | 9.11   | 11.57  | 25         | 6.04   | 11.33  | 25          | 4.40   | 7.19   |
| 50        | 9.64   | 11.77  | 50         | 6.59   | 11.67  | 50          | 4.73   | 7.36   |
| 100       | 10.17  | 11.97  | 100        | 7.13   | 12.00  | 100         | 5.06   | 7.53   |
| 150       | 10.48  | 12.08  | 150        | 7.45   | 12.18  | 150         | 5.25   | 7.62   |
| 250       | 10.86  | 12.22  | 250        | 7.86   | 12.40  | 250         | 5.50   | 7.73   |
| 500       | 11.39  | 12.40  | 500        | 8.40   | 12.69  | 500         | 5.83   | 7.88   |

Sottocosta il moto ondoso proveniente dal IV quadrante risulta schermato dall'isola dell'Asinara pertanto le condizioni più gravose di moto ondoso si presentano dal I quadrante. A seguito dell'applicazione di un modello numerico di propagazione sono state definite le condizioni di moto ondoso di progetto sintetizzate in

Tabella 4-2 Eventi estremi sottocosta definiti all'esterno del porto industriale di Porto Torres.

| Tr (anni) | Settore I (230 – 320°N) |       |          | Settore II (320 – 20°N) |       |          | Settore III (20-105°N) |       |          |
|-----------|-------------------------|-------|----------|-------------------------|-------|----------|------------------------|-------|----------|
|           | Hs(m)                   | Tp(s) | Dir (°N) | Hs(m)                   | Tp(s) | Dir (°N) | Hs(m)                  | Tp(s) | Dir (°N) |
| 2         | 2.1                     | 11.4  | 6        | 2.2                     | 11.4  | 13       | 1.8                    | 7.3   | 15       |
| 10        | 2.5                     | 11.4  | 6        | 2.9                     | 11.4  | 13       | 2.2                    | 7.3   | 15       |
| 50        | 3.0                     | 11.4  | 7        | 3.5                     | 11.4  | 12       | 2.7                    | 7.3   | 15       |
| 100       | 3.15                    | 14.2  | 7        | 3.8                     | 11.4  | 12       | 2.8                    | 7.3   | 15       |

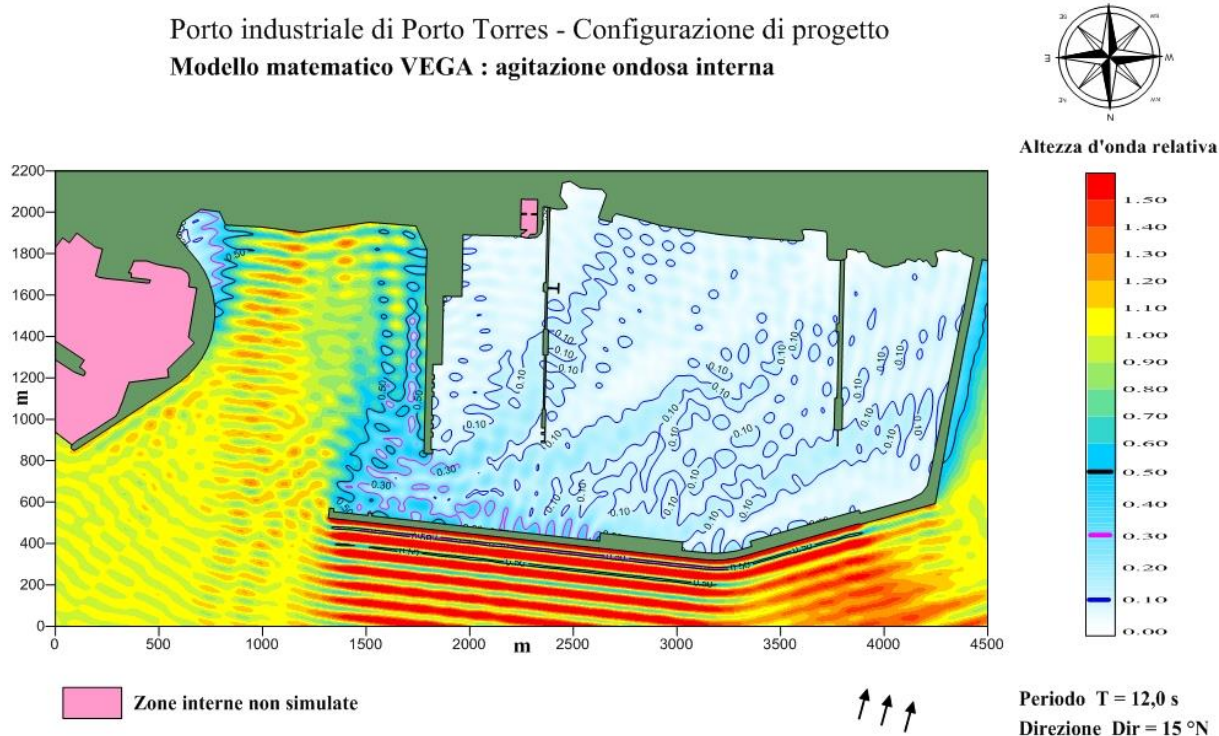
|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 19 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

Le condizioni di moto ondoso all'interno dello specchio acqueo portuale, in prossimità del punto di ormeggio, sono state definite a seguito dell'applicazione di un modello numerico di diffrazione/riflessione.

Le simulazioni sono state condotte prendendo a riferimento, per ogni settore di traversia, gli stati di mare più significativi ai fini dell'agitazione ondosa all'interno dello specchio acqueo portuale, caratterizzati da tempi di ritorno rispettivamente di 2, 10, 50 e 100 anni.

A titolo di esempio in **Figura 4-4** è riportato il risultato della simulazione dello stato di mare con direzione di provenienza 15°N e periodo di 12 s, rappresentativo di stati di mare caratterizzati da tempi di ritorno di 50-100 anni.





**Figura 4-4.** Campo di altezza d'onda relativa ottenuto per lo stato di mare da 15°N e periodo 12 s.

I risultati delle simulazioni sono sintetizzati nella seguente **Tabella 4-3**.

Per stati di mare provenienti da ponente (270-320°N), che sottocosta si presentano da Nord, i valori di altezza d'onda attesi all'ormeggio sono compresi tra un minimo di 0.3 m (Tr 2 anni) e un massimo di 0.4 m (Tr 100 anni).

Per stati di mare provenienti da maestrale (320 – 20°N), che si presentano in prossimità del porto con direzione 15°N, i valori di altezza d'onda attesi all'ormeggio sono compresi tra un minimo di 0.4 m (Tr 2 anni) e un massimo di 0.6 m (Tr 100 anni).

Infine per stati mare provenienti da grecale-levante, caratterizzati da periodo inferiore a 7 secondi, i valori attesi di altezza d'onda risultano compresi tra un minimo di 0.2 m e un massimo di 0.3 m sempre in relazione ai diversi tempi di ritorno presi in esame.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 20 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001



**Tabella 4-3. Caratteristiche del moto ondoso in corrispondenza dell'ormeggio della FSRU per stati di mare caratterizzati da tempi di ritorno di 2, 10, 50 e 100 anni.**

| Settore di provenienza del moto ondoso al largo | Moto ondoso sottocosta all'esterno del porto |            | Altezza d'onda relativa (coeff. di diffrazione) | Tempo di ritorno | Altezza d'onda all'imboccatura | Altezza d'onda zona di ormeggio |
|---|--|------------|---|------------------|--------------------------------|---------------------------------|
|   | Dir  | Periodo Tp |   |                  |                                |                                 |
|   | °N   | (s)        | -   | (anni)           | (m)                            | (m)                             |
| I [270-320°N]                                   | 0  | 10-12      | 0.13  | 2                | 2.1                            | 0.3                             |
| II [320 - 20°N]                                 | 15   | 10-12      | 0.165   | 2                | 2.2                            | 0.4                             |
| III [20 - 105°N]                                | 30   | 7          | 0.12  | 2                | 1.8                            | 0.2                             |
| I [270-320°N]                                   | 0  | 10-12      | 0.13  | 10               | 2.5                            | 0.3                             |
| II [320 - 20°N]                                 | 15   | 10-12      | 0.165   | 10               | 2.8                            | 0.5                             |
| III [20 - 105°N]                                | 30   | 7          | 0.12  | 10               | 2.2                            | 0.3                             |
| I [270-320°N]                                   | 0  | 10-12      | 0.13  | 50               | 3.0                            | 0.4                             |
| II [320 - 20°N]                                 | 15   | 10-12      | 0.165   | 50               | 3.5                            | 0.6                             |
| III [20 - 105°N]                                | 30   | 7          | 0.12  | 50               | 2.6                            | 0.3                             |
| I [270-320°N]                                   | 0  | 12         | 0.13  | 100              | 3.2                            | 0.4                             |
| II [320 - 20°N]                                 | 15   | 10-12      | 0.165   | 100              | 3.8                            | 0.6                             |
| III [20 - 105°N]                                | 30   | 7          | 0.12  | 100              | 2.8                            | 0.3                             |

Nell'ambito del presente studio è stata inoltre effettuata una stima preliminare delle onde di lungo periodo (Bound-long waves, BLW) "legate" agli stati di mare estremi di breve periodo generati dal vento, che sono risultate di modesta entità e pertanto poco rilevanti per la nave all'ormeggio. Nelle successive fasi di progettazione questo aspetto verrà comunque ulteriormente approfondito.

#### 4.1.3 Variazioni del livello marino

Analizzando le misure di livello effettuate dalla stazione mareografica RMN di Porto Torres sono stati definiti i livelli caratteristici di marea astronomica e i valori estremi del sovrizzo meteorologico in relazione a predefiniti tempi di ritorno riportati nella seguente **Tabella 4-4**.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 21 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

**Tabella 4-4. Livelli caratteristici della marea astronomica e valori estremi del sovrizzo meteorologico per la stazione mareografica RMN di Porto Torres.**

|      | Zero -<br>Idrometrico<br>(m) | L.M.M.<br>(m) | Tr<br>(anni) | Livello<br>(m) |
|------|------------------------------|---------------|--------------|----------------|
| HAT  | 0.41                         | 0.22          | 2            | 0.54           |
| MHWS | 0.32                         | 0.13          | 5            | 0.59           |
| MHWN | 0.28                         | 0.09          | 10           | 0.62           |
| MSL  | 0.19                         | 0.00          | 15           | 0.64           |
| MLWN | 0.11                         | -0.08         | 20           | 0.66           |
| MLWS | 0.05                         | -0.14         | 25           | 0.67           |
| LAT  | -0.05                        | -0.24         | 50           | 0.70           |
|      |                              |               | 100          | 0.74           |
|      |                              |               | 250          | 0.78           |

Le previsioni della variazione del livello marino (sea level rise) che potrebbe registrarsi per il sito di Porto Torres entro la fine di questo secolo (2100) fornita dall'IPCC nel 2021 (AR6) è molto ampia essendo compresa tra un minimo di circa 38 cm (4.1 mm/anno) ad un massimo di circa 77 cm (7.2 ÷ 12.1 mm/anno).

Prendendo a riferimento lo scenario intermedio (SSP2-4.5) si può ipotizzare per il 2100 un incremento massimo del livello marino pari a poco più di mezzo metro. Per una previsione a breve termine (25 anni), è possibile ipotizzare un innalzamento del livello medio di 0.15 m.

#### 4.1.4 Valutazione della tracimazione

Il nuovo terminale prevede la realizzazione di una nuova banchina di ormeggio per la nave FSRU ubicata a ridosso della diga foranea di sopraflutto del porto industriale di Porto Torres.

La diga foranea esistente protegge efficacemente la zona di ormeggio dal moto ondoso prevalente proveniente dal I° ma può essere soggetta a fenomeni di tracimazione in occasione di stati di mare estremi.



La diga foranea a parete verticale è costituita da cassoni cellulari con coronamento di calcestruzzo sul quale è presente un muro paraonde che presenta una quota sommitale di +7.35 m sul l.m.m..

Per valutare le portate e i volumi di tracimazione si è fatto riferimento alle procedure di calcolo per opere a parete verticale contenute nel manuale EuroTop 2018.

Per mareggiate aventi un tempo di ritorno di 2 anni, la tracimazione della diga foranea è risulta praticamente nulla.

Per stati di mare con tempo di ritorno 10 anni si è ottenuta una portata di tracimazione di media entità, pari a circa 0.15 l/s/m con un volume massimo di tracimazione di circa 400 litri per metro, tali valori sono al limite per la sicurezza delle persone presenti a tergo del muro.

Per stati di mare estremi con Tr 50 anni la tracimazione è più significativa, con portate comprese tra circa  $5 < q_m < 6$  l/s/m). In tali circostanze è stato stimato un volume massimo di tracimazione, associato ad una singola onda, pari a circa 13.800 litri per

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 22 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

metro. La tracimazione si riduce in modo esponenziale dietro al muro paraonde, già a 10 m risulta ridotta del 95% e a 20 metri è praticamente nulla.

## 4.2 Dati Geotecnici

Dati geotecnici specifici saranno disponibili solo a valle delle indagini previste.

Attualmente esistono dati geologici e geotecnici per l'area portuale di Porto Torres, che provengono dai documenti di riferimento di seguito elencati:

- Report sulla campagna geognostica eseguita nei mesi di Novembre e Dicembre 2022 dalla società CDS Marine S.r.l. & CDS (CDS Marine S.r.l. & CDS "Porto industriale di Porto Torres (SS) \_ progetto di approvvigionamento di gas naturale attraverso una unità di stoccaggio e rigassificazione di gas naturale liquefatto, molo carbonifero \_ banchina E-ON / Indagine Geognostica e prove di laboratorio" Rev.2) (dettagli in Sezione 3.5.1);
- Relazione di Collaudo Pontile Solidi (per dettagli consultare Sezione 3.5.2);
- Dal profilo geognostico eseguito nel 1971 lungo il Pontile solidi (per dettagli consultare Sezione 3.5.3);





Figura 4-5 – Porto Industriale e Porto Turistico Commerciale di Porto Torres.

I dati di dettaglio disponibili fanno riferimento ad indagini e campionamenti svolti all'interno del porto ma non nell'area precisa di interesse per il progetto.

Pertanto l'individuazione delle soluzioni più idonee per le facilities a mare oggetto di questa relazione e l'ottimizzazione delle stesse, sono subordinate a scelte progettuali, ma anche a caratteristiche geomorfologiche e ambientali della zona interessata dal progetto.

Per queste ragioni, studi più approfonditi dovranno essere eseguiti sulla base dei risultati ottenuti da apposite campagne di indagine, tra le quali quelle geotecniche, geofisiche e ambientali.

Le stratigrafie riportate nelle sezioni successive sono da intendersi come non esaustive in quanto non permettono l'esecuzione di analisi di dettaglio.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 23 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

Tutte le sezioni stratigrafiche attualmente disponibili mettono in luce un aspetto che deve essere meglio analizzato nelle successive fasi di progetto, ovvero la presenza, ad una decina di metri al di sotto del fondale marino, di strati di calcarenite caratterizzati da resistenza variabile. Indagini in-situ e campionamenti ad hoc sono dunque consigliati al fine di individuare soluzioni efficaci e ridurre incertezze progettuali.

#### 4.2.1 Dati Geologici tratti dalla Relazione sulla campagna geognostica eseguita nel 2022

Le perforazioni eseguite hanno riscontrato, al di sotto di un esiguo spessore di depositi granulari recenti ed attuali ad alto contenuto algale (Unità A), la presenza di termini calcarenitici alterati (Unità B) e litoidi (Unità F) alternati a livelli sabbiosi più o meno cementati (Unità C - E) e a uno strato di limi sabbiosi grigi (Unità D).

Come si può osservare dalle sezioni allegate al documento (CDS Marine S.r.l. & CDS "Porto industriale di Porto Torres (SS) \_ progetto di approvvigionamento di gas naturale attraverso una unità di stoccaggio e rigassificazione di gas naturale liquefatto, molo carbonifero \_ banchina E-ON / Indagine Geognostica e prove di laboratorio" Rev.2), la giacitura degli strati tende a mantenersi in linea generale sub-orizzontale, ad eccezion fatta per l'unità C, il cui letto mostra una lieve immersione.



#### 4.2.2 Dati Geologici tratti dalla Relazione di collaudo Pontile Solidi

Il profilo stratigrafico presentato in Tabella 3-3 è stato ricostruito durante i lavori di ampliamento della banchina n. 2 del porto industriale. In particolare, la profondità d'acqua in tale area è stata considerata pari a 13.6 m e si è evidenziata la presenza di calcareniti al di sotto di uno strato superficiale di sabbie fini, dallo spessore caratteristico di 10.6 m

| Profondità (m bsf*) |      | Descrizione |
|---------------------|------|-------------|
| Da                  | A    |             |
| 0.0                 | 10.6 | Sabbie fini |
| 10.6                | NI** | Calcarenite |

Nota: \*bsf= "below seafloor", ovvero profondità rispetto al fondale marino

\*\* NI = Non Identificato, ovvero non è stato definito lo spessore dello strato di calcarenite incontrato durante la campagna geognostica.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 24 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

#### 4.2.3 Dati Geologici Tratti dal Profilo Geognostico

Un profilo geognostico del 1971 conservato presso la Capitaneria di Porto di Porto Torres riporta la stratigrafia con precisione decimetrica in corrispondenza di ogni fila di pali del pontile Solidi per tutta la sua lunghezza.



Figura 4-6 – Profilo geognostico Pontile Solidi.

Dal profilo geognostico si evince la presenza di:

- Un primo strato di argilla con profondità variabile da 10 m a 26 m;
- strati di arenaria di varia durezza o argille con lenti di sabbia fine, con spessore fino a 12 m;
- strato di calcare a litotamni poroso o arenaria dura.



#### 4.3 Dati Sismici

La sismicità della Regione Sardegna è assai bassa. Tali evidenze sono messe in rilievo da molti indicatori, quali l'evoluzione cinematica del Mediterraneo centrale, che secondo qualsiasi ricostruzione, ci dice che l'intero blocco sardo-corso è rimasto stabile negli ultimi 7 milioni di anni. Il catalogo storico dei terremoti riporta, infatti, solo 2 eventi nel Nord della Sardegna, entrambi di magnitudo inferiore a 5 (nel 1924 e nel 1948); il catalogo strumentale (sismicità degli ultimi 25 anni registrata dalla rete nazionale) riporta solo alcuni eventi nel Tirreno e pochissimi eventi a Sud della Sardegna (come gli ultimi eventi del marzo 2006), tutti eventi di magnitudo inferiore a 5.

L'evento sismico più forte in Sardegna è stato registrato nel 1948 nella zona tra Castelsardo e Tempio Pausania; fu un terremoto che provocò solo qualche lieve danno. Nel 2006 alcune scosse avvennero nel Golfo di Cagliari, spaventando la popolazione senza danni. Nella zona del Sulcis la situazione è analoga: non è impossibile che si verifichi qualche scossa leggera ma la probabilità è molto bassa.

Si tratta, insomma, di eventi di bassa energia, rari, che possono avvenire un po' ovunque; in particolare i terremoti localizzati in mare nel Tirreno Orientale,



|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 25 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

risultano piuttosto superficiali (profondità inferiori a 20 km). Dal punto di vista della pericolosità sismica, vale a dire della probabilità di occorrenza di questi eventi, il livello è così basso che non si riesce a valutare in maniera adeguata e affidabile. Lo strumento di difesa principale per la salvaguardia dai terremoti è attualmente la normativa sismica, con la quale sono stati predisposti i requisiti antisismici adeguati per le nuove costruzioni in determinate zone del Paese e gli adeguamenti necessari al patrimonio edilizio già esistente.

#### 4.3.1 Caratterizzazione sismica di base

Nei paragrafi seguenti sono riportati la vita nominale, la classe d'uso delle nuove opere e il periodo di riferimento per la determinazione delle azioni sismiche.

#### 4.3.2 Vita nominale di progetto

La vita nominale ( $V_N$ ) di un'opera, intesa come il numero di anni nel quale è previsto che l'opera, purché soggetta alla necessaria manutenzione, mantenga specifici livelli prestazionali, è posta per le strutture marittime con livelli prestazionali ordinari risulta pari a 50 anni (Tab. 2.4.1 delle NTC-2018).

#### 4.3.3 Classe d'uso

La classe d'uso dell'opera, in rapporto alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, è stata assunta pari a IV in quanto trattandosi di un'opera definita in ottemperanza al verbale conclusivo della CdS "con funzioni pubbliche o strategiche importanti", in particolare di "strutture connesse con il trasporto e la distribuzione di materiali combustibili (quali oleodotti, gasdotti, ecc.)", (v. 2.4.2. "CLASSI D'USO" delle Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M. 17/1/2018, C2.4.2. "CLASSI D'USO" della CIRCOLARE 21/1/2019, n. 7 C.S.LL.PP., e l'elenco A.2. del Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21/10/2003).

#### 4.3.4 Periodo di riferimento per l'azione sismica

Il periodo di riferimento ( $V_R$ ), in relazione al quale sono valutate le azioni sismiche sulla struttura, è ottenuto moltiplicando la vita nominale ( $V_N = 50$  anni) per il coefficiente d'uso associato alla relativa classe d'uso ( $C_U = 2.00$ ):



$$V_R = V_N \cdot C_U = 100 \text{ anni}$$

**Tab. 2.4.II** – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$

|                                      |     |     |     |     |
|--------------------------------------|-----|-----|-----|-----|
| <b>CLASSE D'USO</b>                  | I   | II  | III | IV  |
| <b>COEFFICIENTE <math>C_U</math></b> | 0,7 | 1,0 | 1,5 | 2,0 |

#### 4.3.5 Classificazione sismica

Vengono riportate le caratteristiche sismiche del sito a terra ricompreso nella mappatura nazionale limitrofo all'area d'intervento.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 26 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

I parametri sismici sono stati ricavati dalla normativa vigente a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. La pericolosità sismica nazionale è fornita in corrispondenza dei nodi di un reticolo di riferimento con passo di 0.05°. In corrispondenza di ogni nodo del reticolo di riferimento, per ciascuna delle probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) sono assegnati i valori dei seguenti parametri:

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

Le probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ), cui riferirsi per individuare l'azione sismica, sono definite in relazione al tipo di stato limite sismico considerato, così come indicato nella tabella 3.2.I delle NTC2018.

Nel caso specifico è stato preso in esame lo stato limite ultimo di salvaguardia della vita (SLV), al quale corrisponde una probabilità di superamento ( $P_{VR}$ ) nel periodo di riferimento ( $V_R$ ) pari al 10%.

Per l'area di intervento i valori dei parametri sismici da utilizzare per la definizione dell'azione sismica di progetto, in relazione al periodo di ritorno considerato, sono riportati nella tabella seguente e sono stati calcolati attraverso il software “Spettri-NTC” edito dal C.S.LL.PP.

NTC - Norme Tecniche per le Costruzioni

Dati NTC

Latitudine:     Longitudine:     Porto Torres (SS)  
 40° 50' 16,8" N    8° 24' 10,8" E   

Vita nominale (anni):     Classe d'uso:     Cu:

Stato Limite:     Cat. Sottosuolo:     Cat. topografica:

$a_g$  (g):    

$F_0$ :

$T^*_c$ :

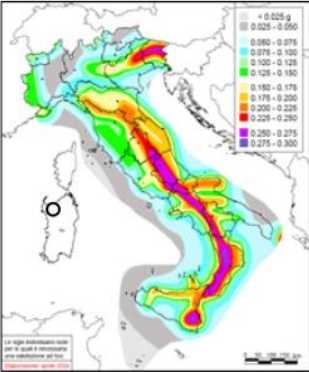
$S_s$ :

$S_t$ :



$C_c$ :

$a_{max}$ :

Sardegna



posizione indicativa (mappa INGV)

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 27 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

Sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e topografiche proprie del sito, si calcola infine il valore massimo dell'accelerazione  $a_{max}$  da considerare nelle analisi di progetto. Tale valore deriva dall'accelerazione massima in condizione di sito di riferimento pianeggiante su suolo rigido, adeguatamente amplificata per tener conto dell'effetto delle specifiche condizioni stratigrafiche e topografiche.

Tale amplificazione locale viene introdotta utilizzando i due coefficiente seguenti:

- $S_S$  : coefficiente di amplificazione stratigrafica calcolato secondo la Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/18, variabile per ogni stato limite di riferimento;
- $S_T$  : coefficiente di amplificazione topografico calcolato considerando le condizioni topografiche del sito secondo Tabella 3.2.V del D.M. 17/01/18.

L'accelerazione massima di riferimento, tenendo conto delle amplificazioni, è calcolata quindi con la seguente relazione:



$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g = 0.0898 \text{ g}$$

Per quanto riguarda le condizioni stratigrafiche, è plausibile ipotizzare che a seguito del trattamento una categoria di sottosuolo di tipo C che corrisponde ad un coefficiente amplificativo

$$S_S = 1.5$$

A riguardo delle condizioni topografiche, tutte le aree interessate dalle opere di progetto sono caratterizzate da un fondale o piano campagna lievemente inclinati; per tale motivo, le analisi di stabilità in corrispondenza delle opere sono state eseguite tenendo conto di una categoria topografica T1, che secondo Tabella 3.2.III e Tabella 3.2.V della Normativa di riferimento corrisponde ad un coefficiente amplificativo

$$S_T = 1.0.$$

|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 28 di 37                            | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

## 5 DESCRIZIONE DELLE OPERE DI BANCHINA

### 5.1 Descrizione dell'intervento in progetto

La nuova banchina prevede la realizzazione di un impalcato in c.a. realizzato a ridosso dell'esistente diga foranea fondato su cassoni cellulari isolati a loro volta imbasati su di uno scanno in pietrame.

L'opera si presenta planimetricamente di forma rettangolare di dimensioni 400.0 m x 44.3 m aggettante dall'attuale bordo interno lato nord della diga foranea.

Gli elementi che la compongono possono essere distinti in:

- Cassoni cellulari prefabbricati in c.a. zavorrati con materiale arido;
- Coronamento dei cassoni in cemento armato gettato in opera;
- Impalcato di collegamento tra i cassoni con travi in c.a.p. e getti in opera di completamento;
- Scanno di imbasamento dei cassoni in pietrame protetto da una mantellata in massi naturali;

L'opera è costituita da n. 28 cassoni cellulari in c.a. che saranno realizzati in opportuni bacini di prefabbricazione, trasportati in galleggiamento e affondati in opera, mediante l'immissione di acqua e materiale granulare di zavorra, sullo scanno di imbasamento precedentemente realizzato.



In particolare, si distinguono i seguenti manufatti prefabbricati principali:

- n. 13 cassoni cellulari tipo C1 con le seguenti dimensioni complessive - pianta del fusto 17,60m x 13,60m; celle tipo 4,00m x 4,00m (netto interno); spessore pareti esterne 0,50m; spessore pareti interne 0,30m; altezza del fusto 14,80m; soletta di fondazione 17,90m x 15,60m con sp. 1,00m;
- n. 15 cassoni cellulari tipo C2 con le seguenti dimensioni complessive - pianta del fusto 17,90m x 17,90m; celle tipo 4,00m x 4,00m (netto interno); spessore pareti esterne 0,50m; spessore pareti interne 0,30m; altezza del fusto 14,50m; soletta di fondazione 17,90m x 19,90m con sp. 1,00m;

Tutti i cassoni saranno allestiti con bitte e golfari idonei per la fase di trasporto e installazione degli stessi dal sito di prefabbricazione alla posizione di progetto oltre che da piastre di copertura delle celle in c.a. prefabbricate di sp. 0,25m con botola centrale 1m x 1m, necessari alla fase di trasporto

L'altezza dei manufatti, comprensiva della platea di fondazione e piastre prefabbricate di copertura delle celle, esclusa la sovrastruttura da realizzare in opera, sarà pari a rispettivamente: per i cassoni tipo C1 16.05m ; per i cassoni tipo C2 15.75 m.

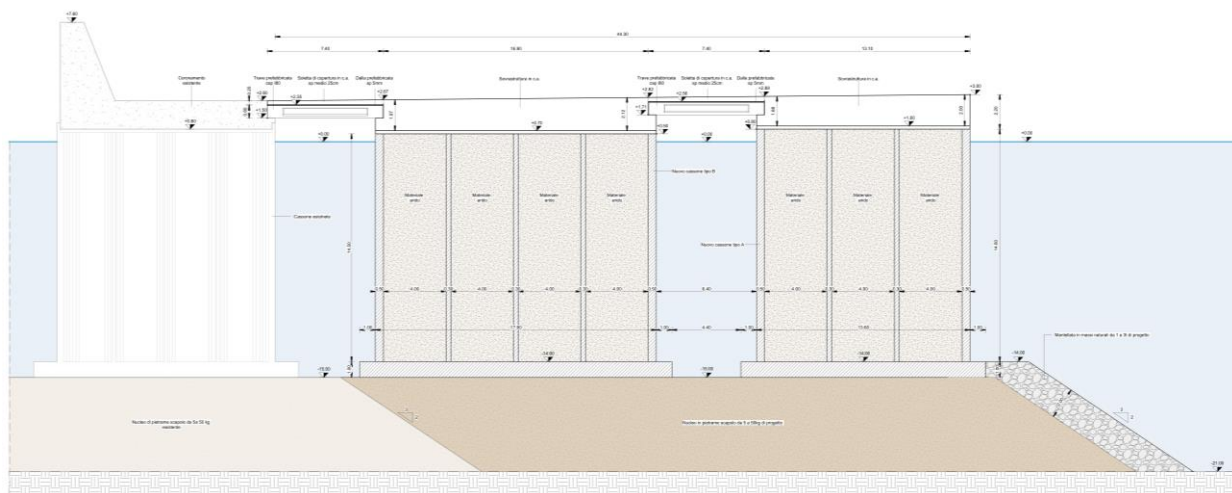
Lo scanno di imbasamento dell'opera verrà fondato alla profondità variabile da -18,80 m a -21,20 m sul livello medio marino (l.m.m.). Esso sarà costituito da un nucleo di pietrame scapolo da 5 a 50 kg realizzato fino al raggiungimento di quota -15,00 m

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 29 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

l.m.m. e protetto da una mantellata in massi naturali da 1 a 3 t di spessore 2,00 m per il tratto inclinato ed 1 metro per quello in orizzontale.

Le dimensioni geometriche complessive della sezione trasversale tipo al piede sono pari a circa 58 m, con pendenza delle scarpate pari a 3/2.



**Figura 5-1 - Sezione tipo della nuova banchina per l'ormeggio della nave FSRU.**



Superiormente l'opera è completata da una sovrastruttura in c.a. che dalla quota dell'estradosso del fusto del cassone posto alla +0.80 m s.l.m. perviene fino a quota variabile di +3.00 m s.l.m. del nuovo fronte di banchina e +2.60 m s.l.m. coerentemente con la quota delle pavimentazioni delle adiacenti opere esistenti.

In particolare, si distinguono i seguenti manufatti prefabbricati d'impalcato:

- travi in cemento armato precompresso tipo I140, di altezza 1,40 m, larghezza 0,60 m e lunghezza di 11,00 m per la realizzazione degli impalcati principali di collegamento tra i cassoni;
- travi in cemento armato precompresso tipo I80, di altezza 0,80 m, larghezza 0,60m e lunghezza pari a 6,40 m per la realizzazione degli impalcati secondari di collegamento tra gli impalcati principali;
- predalles prefabbricate poggiate sulle travi di impalcato per la realizzazione della soletta gettata in opera di spessore minimo 25 cm al netto della predalle.

Lungo il paramento di banchina (lato Sud) sono previsti dispositivi di accosto (parabordi) ed ormeggio (bitte) funzionali all'ormeggio della FSRU.

Gli arredi di banchina includono scalette reali ed alla marinara di emergenza.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 30 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

## 5.2 Cassoni prefabbricati

Per la realizzazione della nuova banchina di accosto, come indicato nel paragrafo precedente, si utilizzeranno due tipologie differenti di cassoni prefabbricati.

Entrambe le tipologie di cassoni presentano la medesima quota di imbasamento posta a -15,00m l.m.m. con spessore della soletta di fondazione di 1,00 m.

Cautelativamente sono state condotte le verifiche di stabilità allo scorrimento e al ribaltamento del cassone prefabbricato indicato come C1, in quanto risulta essere caratterizzato da un minor numero di celle e un'altezza del fusto maggiore rispetto al cassone tipo C2.

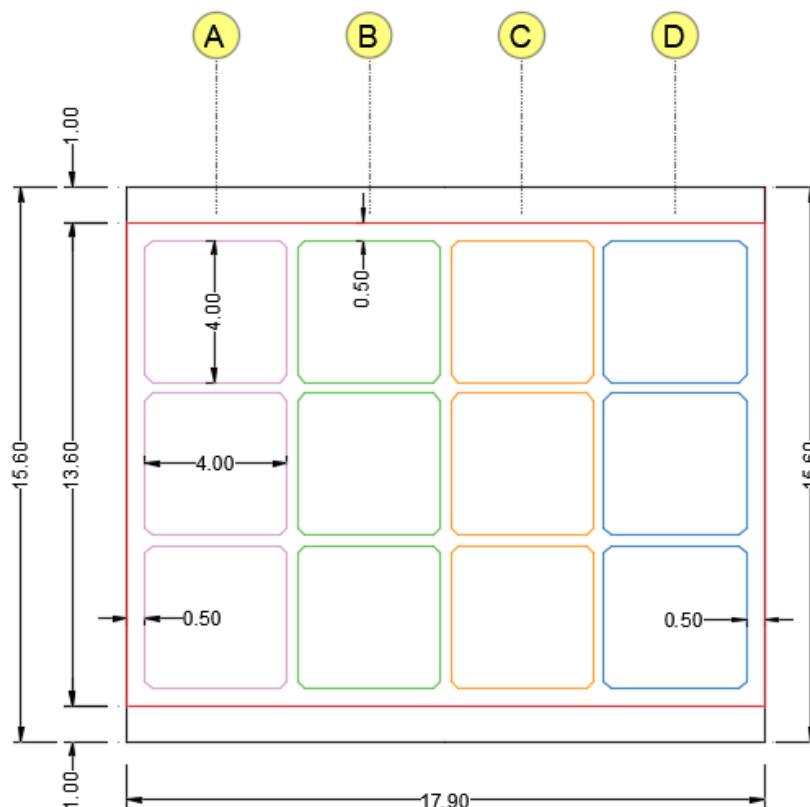




Figura 5-2 – Sezione orizzontale del cassone tipo C1.

Per il cassone preso in esame si riportano nel seguito i pesi propri degli elementi strutturali in calcestruzzo:

| CASSONE               | V              | $\gamma$          | Gk             |
|-----------------------|----------------|-------------------|----------------|
| SOVRASTRUTTURA        | m <sup>3</sup> | kN/m <sup>3</sup> | kN             |
| Soletta di fondazione | 279,24         | 25,00             | 6981,0         |
| Fusto                 | 775,5          | 25,00             | 19388,0        |
| Sovrastruttura        | 535,6          | 25,00             | 13389,2        |
| <b>TOTALE</b>         |                |                   | <b>39758,2</b> |

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 31 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

Per il riempimento delle celle si è considerato come zavorra solida solamente materiale arido da cava, di volume complessivo pari a 2827,40 m<sup>3</sup> e peso specifico pari a 20 kN/m<sup>3</sup>.

Nel momento in cui l'opera è terminata e il cassone si trova in fase di esercizio, oltre al suo peso proprio, esso è soggetto alla spinta di galleggiamento ed al tiro della bitta di ormeggio da 300 t posta a quota in testa alla sovrastruttura di coronamento del cassone.

Come riportato nella "001-CI-E-10025 - Relazione descrittiva e di calcolo", i cassoni risultano ampiamente verificati alla stabilità allo scorrimento e al ribaltamento nei confronti delle azioni dovute alle forze di ormeggio come indicate nel layout di ormeggio.

### 5.3 Impalcati

I cassoni sono collegati da impalcati realizzati con travi in cemento armato precompresso, sulle quali poggiano le predelle prefabbricate che ripartiscono sulla struttura portante i carichi che gravano sulla soletta in c.a. gettata in opera.

Le travi presentano due altezze differenti, per impalcati di luce 11,00 m è previsto l'utilizzo di travi di altezza pari a 140 cm mentre per gli impalcati di luce minore, si prevede l'utilizzo di travi di altezza pari a 80 cm.

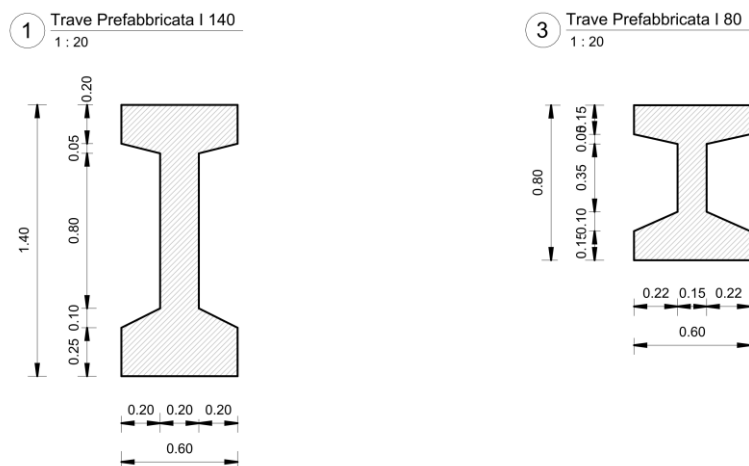


Figura 5-3 – Sezioni delle travi in c.a.p. I140 e I80.

Le travi risultano semplicemente appoggiate sulle selle ricavate all'interno della sovrastruttura in c.a. dei cassoni come rappresentato nella figura seguente.

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 32 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

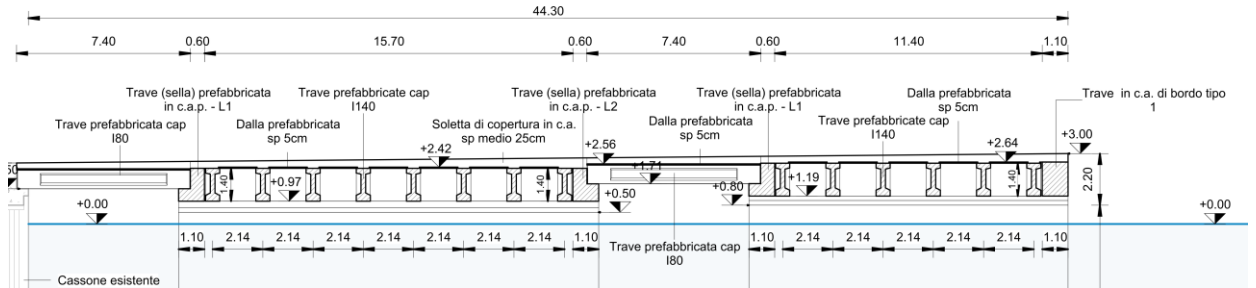


Figura 5-4 – Schema di appoggio delle travi di impalcatò.

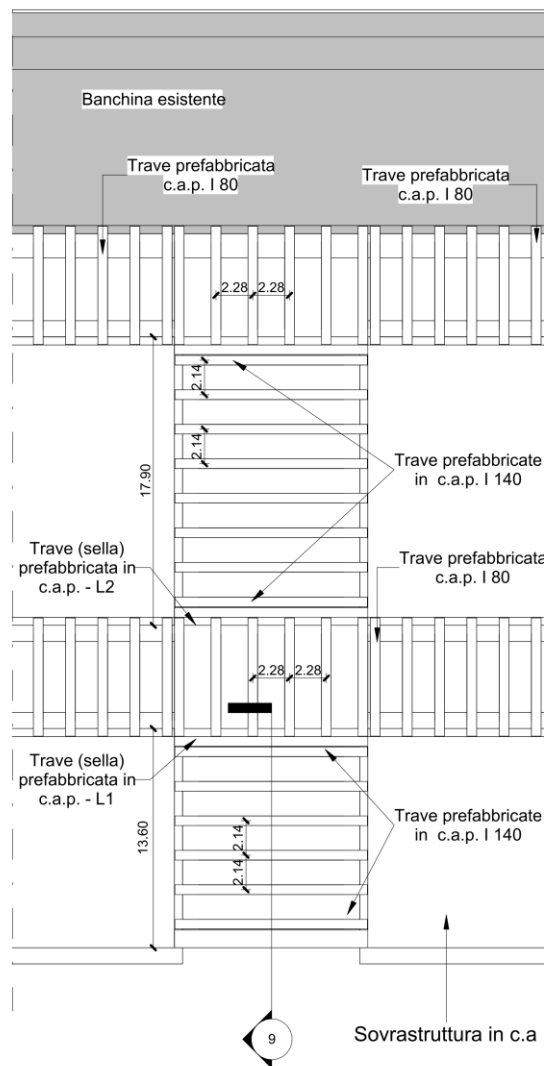




Figura 5-5 – Schema di orditura delle travi costituenti gli impalcati.



|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 33 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

I calcoli per il dimensionamento strutturale delle travi, con la valutazione della pretensione da dare ai trefoli, sono stati svolti ragionando per aree di influenza e considerando come carichi agenti i pesi propri dei vari elementi in calcestruzzo armato e il sovraccarico di banchina posto pari a 40 kN/m<sup>2</sup>.

Per dettagli si rimanda alla "001-CI-E-10025 - Relazione descrittiva e di calcolo".

#### 5.4 Sistemazione del piazzale di banchina, predisposizioni, finiture ed arredi

La pavimentazione in calcestruzzo del piazzale di banchina presenta una pendenza dell'1% sufficiente a garantire una corretta gestione del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche previsto. A partire da q.ta +3.00m slm in corrispondenza del fronte di accosto la pavimentazione in calcestruzzo si raccorda in circa 44m a +2.60m slm del coronamento delle diga foranea. Un sistema di caditoie consente la raccolta delle acque di superficie che vengono a loro volta convogliate tramite tubazioni a 5 impianti di trattamento prima della loro immissione in mare.



Sotto la superficie del pavimento di banchina, contenuti nello spessore dell'impalcato, sono collocati i cavidotti per la tubazione gas, idrico-antincendio ed elettrico. I cavidotti principali, completamente ispezionabili, sono chiusi da beole carrabili in c.a.. Il cavidotto per la tubazione gas misura in sezione 1.25m x 1.50m mentre quello della condotta antincendio 1.25m x 0.80m.

Sul lato nord, opposto al fronte di banchina in adiacenza della diga foranea, l'impalcato presenta dei fori chiusi da grigliati metallici carrabili che consentono il rapido allontanamento, direttamente in mare, degli eventuali volumi d'acqua di tracimazione in occasione degli eventi meteomarinari estremi. Per le successive fasi di progettazione risulta necessario realizzare un modello fisico delle opere in progetto per acquisire dati riguardo la tracimazione. A seguito dell'acquisizione dei risultati sperimentali la posizione, il numero e le dimensioni dei fori potranno subire variazioni.

Gli arredi di banchina si compongono di:

- n. 5 bitte con doppio gancio a scocco rapido da 300t
- n. 1 bitta con triplo gancio a scocco rapido da 450t
- n. 8 parabordi tipo Supercone fender SCN 1300 con piastra frontale
- n. 8 scalette alla marinara in acciaio inox AISI316L

Per i dettagli si rimanda ai relativi elaborati di progetto.

|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 34 di 37                            | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

## 6 FASI COSTRUTTIVE

### 6.1 Fasi di realizzazione delle opere

Con riferimento all'elaborato: "001-ZX-E-09804 – Cronoprogramma dei lavori", le fasi costruttive possono essere distinte in:

- fasi costruttive a terra, strettamente necessarie alle attività di prefabbricazione (cassoni cellulari e travi in c.a.p.), allo stoccaggio e movimentazione del materiale da costruzione ed alla logistica dei lavori;
- fasi costruttive a mare con l'ausilio di mezzi marittimi.

#### 6.1.1 Fasi costruttive a mare

Le fasi costruttive a mare sono sinteticamente distinte in:

- a) formazione dello scanno di imbasamento dei cassoni con materiale inerte proveniente da cava 0,5 – 1 t;
- b) installazione e stabilizzazione dei cassoni previo spianamento del piano di posa;
- c) realizzazione della sovrastruttura comprensiva delle selle d'appoggio delle travi prefabbricate d'impalcato;
- d) formazione delle scogliere di protezione dello scanno di imbasamento con massi naturali 1 - 3 t;
- e) posa delle travi prefabbricate e completamento della sovrastruttura d'impalcato; quest'ultima lavorazione può essere svolta anche con il supporto di mezzi terrestri dalla via d'accesso al sito di costruzione lungo la diga foranea.

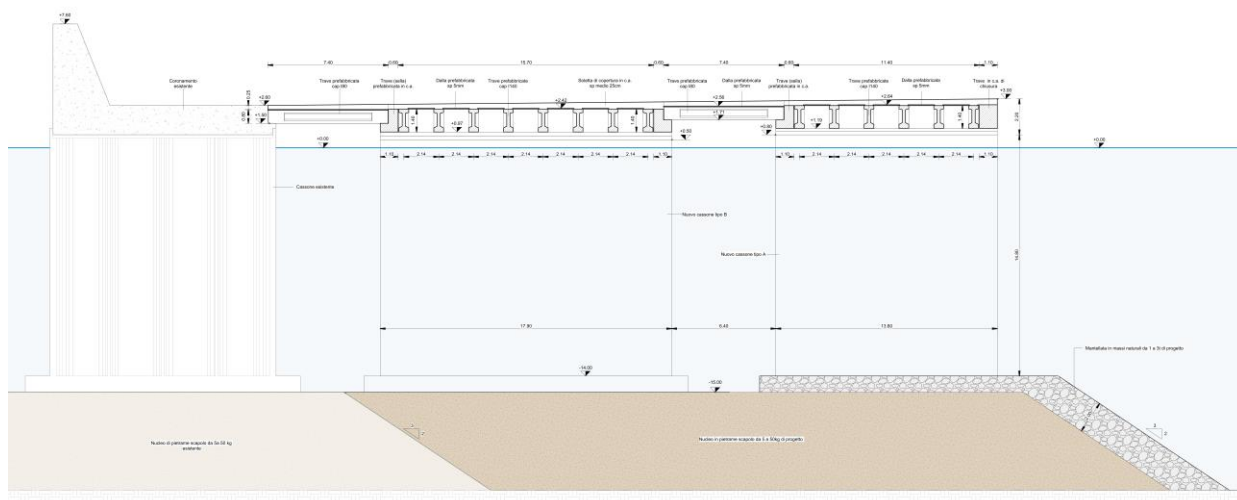




Figura 6-1 Sezione tipo.

|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 35 di 37                            | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

Le attività saranno precedute dall'allestimento di un campo boe di delimitazione dello specchio acque di cantiere che sarà smobilitato al termine dei lavori.

Si descrivono nel seguito le singole fasi costruttive.

Formazione dello scanno di imbasamento 0,50-1t e delle scogliere laterali di protezione 1-3t da q.ta -21m slm a -15m slm

Lo scanno di imbasamento dovrà essere realizzato con l'ausilio di pontoni allestiti con gru a benna in modo tale da garantire un materiale in opera omogeneo. Per questa ragione si dovranno utilizzare speciali accorgimenti per escludere la possibilità che si verifichi la segregazione del materiale qualora questo venisse semplicemente versato direttamente dalla superficie del mare. La segregazione del materiale è dovuta alle diverse velocità di sedimentazione del materiale che costituisce fuso granulometrico.

Una volta realizzato lo scanno di imbasamento secondo le geometrie di progetto per consentire l'installazione dei cassoni questo andrà livellato con materiale granulare fino alla quota di progetto con l'ausilio di pontoni e sommozzatori.





Figura 6-2 Esempi di pontoni per le attività di lavoro marittime.

Installazione e stabilizzazione dei cassoni

I cassoni verranno trasportati in galleggiamento con idonei rimorchiatori e posizionati topograficamente allo scopo di garantire la geometria di progetto dell'opera (rif. Tav. 001-CB-D-10031 Planimetria delle strutture di banchina)

Una volta posizionato il cassone, questo verrà affondato mediante l'immissione di acqua nelle sue celle regolata da un sistema di pompe idrauliche allestite sul pontone di supporto alle operazioni di installazione. L'immissione di acqua nelle celle dovrà essere effettuata in modo tale da garantire in tutte le celle lo stesso tirante idrico per evitare che possa avvenire uno sbandamento (rotazione) del cassone durante il suo affondamento e quindi si possa di conseguenza provocare un suo erroneo posizionamento. Per favorire un affondamento uniforme del cassone, le celle dovranno essere dotate di bocchette di collegamento idraulico tra di esse. Le bocchette dovranno

|   |   |                                  |                      |
|---|---|----------------------------------|----------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br>NQ/R21300/L01 | <b>UNITA'</b><br>001 |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>            |                      |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 36 di 37                     | <b>Rev.</b><br>0     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

essere a loro volta dotate di saracinesche di apertura e chiusura delle stesse bocchette manovrabili dall'alto.

Una volta affondato con acqua, il cassone dovrà essere velocemente stabilizzato mediante l'immissione nelle celle, tramite pontone con benna, del materiale granulare secondo quanto previsto negli elaborati specifici di progetto. Eventuali variazioni della natura o distribuzione del materiale di zavorramento dovranno garantire le medesime prestazioni di sicurezza alla stabilità della struttura definite in progetto. La stabilizzazione del cassone deve essere effettuata senza soluzione di continuità con il suo posizionamento, perché la stabilità del cassone zavorrato con la sola acqua non è garantita in presenza di moto ondoso. Pertanto, la posa in opera del cassone dovrà essere effettuata con condizioni meteo favorevoli aventi una durata tale da poter completare le operazioni di affondamento e stabilizzazione del cassone in una unica fase.

#### Completamento della protezione dello scanno

A seguito della stabilizzazione del cassone si potrà procedere con pontoni muniti di gru a grappo al completamento a sezione finita delle scogliere di protezione dello scanno di imbasamento con massi 1-3 t.

#### Realizzazione della sovrastruttura

Si procederà quindi alla realizzazione della sovrastruttura dei cassoni fino a raggiungere la quota finale del coronamento.

Ai lati del cassone la sovrastruttura sarà sagomata in modo tale da consentire la successiva collocazione delle travi prefabbricate di collegamento tra cassoni adiacenti.

#### Realizzazione dell'impalcato in c.a.p.



Per la realizzazione dell'impalcato si procederà alla posa delle travi prefabbricate in stabilimento con mezzi marittimi dotati di gru a fune in grado di installare travi di peso fino a 40t. A seguito della posa degli elementi prefabbricati si procederà al montaggio delle armature e getti in opera per il completamento degli impalcati.

#### Installazione degli arredi di banchina

Al completamento delle opere strutturali saranno installate le bitte, gli anelloni, i parabordi e le scalette alla marinara.

## 6.2 Aree di cantiere

L'intervento in oggetto prevede un'area di **cantiere a mare**, area in cui verrà realizzata la banchina, e un'**area di cantiere a terra** dove è prevista l'area logistica di cantiere,

|   |   |   |                             |
|---|---|---|-----------------------------|
|  | <b>PROGETTISTA</b>  | <b>COMMESSA</b><br><b>NQ/R21300/L01</b> | <b>UNITA'</b><br><b>001</b> |
|   | <b>LOCALITÀ</b> PORTO TORRES (SS)   | <b>001-ZA-E-10029</b>                   |                             |
|   | <b>PROGETTO / IMPIANTO</b><br>TERMINALE DI PORTO TORRES E OPERE CONNESSE                            | Fg. 37 di 37                            | <b>Rev.</b><br><b>0</b>     |

Rif. T.EN Italy Solutions: 217871C-060-RT-1800-001

il deposito e la movimentazione degli elementi prefabbricati e dei materiali da costruzione, etc.

Le aree di cantiere a terra ipotizzate nella zona prospiciente la radice dalla diga foranea, prevedono gli apprestamenti logistici per il personale impiegato nelle lavorazioni (uffici, wc; locale spogliatoio, mensa, ecc.) mediamente per un numero di 25 persone/giorno (al netto degli equipaggi imbarcati sui mezzi marittimi), aree di stoccaggio temporaneo dei materiali (ferri d'armatura, casseri, bitte, parabordi, ecc), aree di stoccaggio temporaneo degli elementi prefabbricati (travi c.a.p., predalles, ecc.) ed aree di sosta dei mezzi necessari alla loro movimentazione e montaggio in opera.

## 7 CRONOPROGRAMMA

Il cronoprogramma prevede una durata dei lavori di 5462 gg pari a circa 78 settimane (19 mesi) e nei tempi di esecuzione delle opere tiene conto di eventuali interferenze meteomarine e di gestione degli specchi acquei prospicienti le aree di cantiere nell'ottica di mantenere inalterata l'operatività dei concessionari e al contempo limitando le interferenze esistenti con il traffico portuale.