

	PROGETTISTA 	COMMESSA -	UNITÀ
	LOCALITA' ALTO TIRRENO	REL-100-E-00100	
	PROGETTO FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 1 di 56	Rev. 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**EMERGENZA GAS**  
**INCREMENTO DI CAPACITÀ DI RIGASSIFICAZIONE (DL 17.05.2022, n. 50)**  
**FSRU di Vado Ligure e Collegamento alla Rete Nazionale/Regionale Gasdotti**

**RELAZIONE TECNICA DEL PROGETTO OFFSHORE – SISTEMA DI ORMEGGIO E SUBSEA FACILITIES**

(documento revisionato dove indicato in rosso)

1	Emissione	Team	A. Sola / F. Fratoni	S. Zanello	Marzo 2024
0	Emissione	L. Sciurti/P. Simantiras/R. Gargiulo/F. Depalo	A. Sola / F. Fratoni	S. Zanello	15/06/23
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 2 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

## INDICE

<b>LISTA DELLE TABELLE</b> .....	<b>4</b>
<b>LISTA DELLE FIGURE</b> .....	<b>4</b>
<b>1 INTRODUZIONE</b> .....	<b>6</b>
1.1    PREMESSA.....	6
1.2    SOLUZIONE PROPOSTA.....	6
1.3    SCOPO DEL DOCUMENTO.....	7
1.4    INFRASTRUTTURE OGGETTO DELLO STUDIO.....	7
<b>2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>8</b>
2.1    PRINCIPALI NORME TECNICHE INTERNAZIONALI DI RIFERIMENTO.....	8
2.2    DOCUMENTI DI PROGETTO.....	8
2.3    ALTRI DOCUMENTI.....	9
<b>3 DEFINIZIONI, ACRONIMI E ABBREVIAZIONI</b> .....	<b>10</b>
3.1    DEFINIZIONI.....	10
3.2    ACRONIMI E ABBREVIAZIONI.....	10
<b>4 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO E DELL'AREA</b> .....	<b>12</b>
4.1    INTRODUZIONE.....	12
4.2    UBICAZIONE.....	14
4.3    INQUADRAMENTO BATI-MORFOLOGICO.....	14
4.4    INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	16
4.5    INQUADRAMENTO SISMICO.....	19
4.6    INQUADRAMENTO GEOTECNICO.....	21
4.7    CARATTERIZZAZIONE METEO-MARINA.....	22
4.7.1    Dati di Vento.....	22
4.7.2    Dati di Onda.....	23
4.7.3    Dati di Corrente.....	25
<b>5 SISTEMA DI ORMEGGIO OFFSHORE E TRASFERIMENTO GAS</b> .....	<b>36</b>
5.1    DESCRIZIONE E CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DI ORMEGGIO (STL).....	36

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 3 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

5.2	ANCORE.....	39
5.3	SISTEMA DI INTERFACCIA TRA FSRU E <i>TURRET BUOY</i> .....	40
5.3.1	<i>Cono di accoppiamento per la turret buoy (Mating Cone)</i> .....	43
5.3.2	<i>Accessi e vie di fuga</i> .....	44
5.3.3	<i>Sistema di bloccaggio</i> .....	44
5.4	<i>TURRET BUOY</i> .....	45
5.4.1	<i>Struttura interna</i> .....	46
5.4.2	<i>Collegamenti di ormeggio</i> .....	48
5.4.3	<i>Cuscinetti</i> .....	49
5.4.4	<i>Attrezzatura per il collegamento della turret buoy alla FSRU</i> .....	49
5.4.5	<i>Protezione contro la corrosione</i> .....	50
5.5	DATI DI PROGETTO .....	50
5.6	GAS SWIVEL E SISTEMA STL.....	50
5.6.1	<i>Gas Swivel</i> .....	50
5.6.2	<i>Sistema STL</i> .....	50
5.7	TUBO DI RISALITA FLESSIBILE (RISER).....	51
5.8	STRUTTURE SOTTOMARINE .....	53
5.8.1	<i>PLEM</i> .....	53
5.8.2	<i>Valvola di Intercettazione Sottomarina</i> .....	54
5.9	POSIZIONE DI PLEM E TORRETTA .....	56
5.10	SISTEMA DI ATTUAZIONE DELLA VALVOLA DI INTERCETTAZIONE SOTTOMARINA .....	56

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 4 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

### LISTA DELLE TABELLE

Tabella 4-1: Velocità del vento annuale versus Direzione a Vado Ligure	22
Tabella 4-2: Eccedenza sopra soglia annuale e direzionale della velocità del vento a Vado Ligure	23
Tabella 4-3: Valori estremi del vento stimati al sito di progetto	23
Tabella 4-4: Distribuzione direzionale annuale della frequenza di occorrenza dell'altezza d'onda significativa a Vado Ligure	24
Tabella 4-5: Hs-Tp Distribuzione annuale a Vado Ligure	24
Tabella 4-6: Eccedenza sopra soglia annuale e direzionale dell'altezza d'onda significativa a Vado Ligure	25
Tabella 4-7: Valori estremi delle onde stimati nel sito di progetto	25
Tabella 4-8: Distribuzione direzionale annuale della velocità della corrente di superficie a Vado Ligure	26
Tabella 4-9: Distribuzione direzionale annuale della velocità di corrente a Vado Ligure - 5 m s.l.m.	27
Tabella 4-10: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure - 16 m s.l.m.	27
Tabella 4-11: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure - 29 m s.l.m.	28
Tabella 4-12: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure - 51 m s.l.m.	28
Tabella 4-13: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure - Vicino al fondo	29
Tabella 4-14: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – Superficie	29
Tabella 4-15: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 5 s.l.m.	30
Tabella 4-16: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 16 m s.l.m.	30
Tabella 4-17: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 29 m s.l.m.	31
Tabella 4-18: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 51 m s.l.m.	31
Tabella 4-19: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – vicino al fondo	32
Tabella 4-20: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – superficie	32
Tabella 4-21: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – -5m s.l.m.	33
Tabella 4-22: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – -16m s.l.m.	33
Tabella 4-23: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – -29m s.l.m.	34
Tabella 4-24: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – -51m s.l.m.	34
Tabella 4-25: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – Vicino al fondo	35
Tabella 5-1: Posizione ancore, torretta. Il raggio rappresenta la distanza orizzontale tra l'elemento in oggetto e il centro della torretta	38

### LISTA DELLE FIGURE

Figura 4-1	Area di Progetto	13
Figura 4-2	Inquadramento dell'area	14
Figura 4-3	Batimetria dell'Area di Studio (da EMODnet /21/)	16
Figura 4-4	Carta Geologica Regionale di Vado e Savona	18
Figura 4-5	Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)	19

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 5 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

Figura 4-6	Distribuzione dei Terremoti - Catalogo CPTI nell'area di studio	21
Figura 5-1	Dettaglio di una tipica <i>turret buoy</i>	37
Figura 5-2	Condizioni meteomarine estreme considerate per il dimensionamento del sistema di ormeggio	38
Figura 5-3	Schema di Ormeggio	39
Figura 5-4	Configurazione tipica di ancore a trascinamento (drag embedded anchor)	40
Figura 5-5	Esempio di struttura di interfaccia tra FSRU e <i>turret buoy</i>	40
Figura 5-6	Dettaglio tipico della struttura di accoppiamento nave-torretta	41
Figura 5-7	Sezione trasversale di una tipica struttura di interfaccia a torretta	42
Figura 5-8	Dettaglio tipico dei principali componenti della struttura di interfaccia a torretta	43
Figura 5-9	Tipico del cono di accoppiamento della torretta	44
Figura 5-10	Tipico del cono di galleggiamento della <i>turret buoy</i>	46
Figura 5-11	Tipico di struttura interna geo-stazionaria della <i>turret buoy</i>	47
Figura 5-12	Tipico della parte superiore della <i>turret buoy</i> che include il riser e la Stack Valve	48
Figura 5-13	Tipico della parte inferiore della <i>turret buoy</i>	49
Figura 5-14	Sezione tipica di riser flessibile	51
Figura 5-15	Schema (tipico) del sistema di ormeggio	53
Figura 5-16	Tipica configurazione del PLEM	54
Figura 5-17	Schematico Generale	55

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 6 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

## 1 INTRODUZIONE

### 1.1 Premessa

Nell'ambito delle iniziative legate alla realizzazione di nuove capacità di rigassificazione regolate dall'art. 5 del DL n.50 del 17/5/2022 e mirate a diversificare le fonti di approvvigionamento di gas ai fini della sicurezza energetica nazionale, Snam FSRU Italia, società controllata al 100% da Snam S.p.A ("Snam"), ha ottenuto in data 25/10/2022 l'autorizzazione unica per la realizzazione di un Terminale di Rigassificazione nel porto di Piombino, tramite l'ormeggio di un mezzo navale tipo FSRU (Floating Storage and Regasification Unit) e la realizzazione delle connesse infrastrutture per l'allacciamento alla rete di trasporto esistente (di seguito l'**"Autorizzazione Unica"**).

L'Autorizzazione Unica, al punto 10, ha prescritto di presentare, entro 45 giorni dalla pubblicazione della Ordinanza medesima sul Bollettino Regionale della Toscana, il progetto integrativo di ricollocazione della FSRU in sito off-shore, nonché il progetto relativo agli interventi necessari per la dismissione della FSRU stessa dal porto di Piombino decorso il suddetto termine di tre anni. Con successive Ordinanze di proroga, il predetto termine è stato fissato al 26 giugno 2023.

Il Progetto FSRU Alto Tirreno, di cui il presente documento è parte integrante, illustra la soluzione sviluppata dagli ingegneri e specialisti incaricati da Snam per il ricollocazione della FSRU TUNDRA per i successivi 22 anni una volta lasciato il porto di Piombino.

La revisione 1 del presente documento differisce dalla precedente per la diversa posizione del terminale, modificata ed ottimizzata a seguito dei risultati del survey batimetrico condotto, che ha rivelato la presenza di biocenosi. Pertanto, i principali cambiamenti riguardano:

- Nuove coordinate del terminale, del sistema di ancoraggio e PLEM;
- Nuova configurazione del sistema di ancoraggio, con le 6 linee disposte a coppie di due ed uniformemente distribuite a 120 gradi una coppia dall'altra.

Le modifiche apportate al testo rispetto alla revisione precedente sono indicate di rosso.

### 1.2 Soluzione Proposta

L'analisi ha escluso la possibilità di trovare un ormeggio a lungo termine della FSRU all'interno di un porto diverso da quello di Piombino, non rinvenendosi in nessun altro porto le seguenti caratteristiche peculiari di Piombino, quali: (i) una banchina idonea per geometria e capacità strutturali, (ii) un pescaggio del porto ovunque maggiore di 15 m, (iii) un punto di ingresso nella Rete nazionale Gasdotti ad una distanza ragionevole ed in grado di ricevere l'incremento di portata previsto (i.e., 5 miliardi di metri cubi/anno).

La ricerca della soluzione si è indirizzata verso possibili siti offshore verificando la sussistenza di tre requisiti essenziali: (i) il collegamento in un punto della Rete Nazionale in grado di ricevere la portata prevista, (ii) la fattibilità tecnica, urbanistica ed ambientale del tracciato della condotta a mare ed a terra, (iii) la capacità della FSRU di svolgere con

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 7 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

continuità il servizio di rigassificazione rispetto alle condizioni meteomarine attese nel sito prescelto.

I requisiti sopra richiamati hanno portato a selezionare un sito offshore a circa 2 miglia nautiche (circa 4 km) dalla costa ligure di ponente di fronte a Vado Ligure (SV) potendo evitare sia le rotte di ingresso/uscita del traffico navale che sfruttare l'approdo a terra in corrispondenza dell'area industriale di Tirreno Power.

### 1.3 Scopo del Documento

Lo scopo di questo documento è di illustrare le caratteristiche principali adottate per la realizzazione per la struttura di ormeggio della nave FSRU TUNDRA e delle facilities subsea, nell'area denominata "Charlie", sita al largo della costa di Savona, con particolare riferimento a:

- Descrizione dell'area di installazione;
- Descrizione della soluzione di ormeggio tramite Torretta;
- Valutazione delle condizioni ambientali;
- Configurazione delle linee di ormeggio.

Il presente documento è così strutturato:

- Il Capitolo 2 riporta le norme e gli standard considerati nell'ambito della progettazione, nonché la documentazione progettuale di riferimento utilizzata;
- il Capitolo 3 presenta, le definizioni, gli acronimi e le abbreviazioni considerate;
- al Capitolo 4 si riporta una descrizione generale del progetto e dell'area, inclusivo delle condizioni meteo e geologiche;
- nel Capitolo 5 sono descritti il sistema di ormeggio offshore e trasferimento del gas naturale.

### 1.4 Infrastrutture Oggetto dello Studio

Le infrastrutture oggetto del presente documento sono:

- Sistema di ormeggio a torretta esterna;
- Sistema di trasferimento del gas:
  - 1 riser flessibile di trasferimento gas dalla FSRU al PLEM;
  - Il PLEM;

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 8 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

## 2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

### 2.1 Principali Norme Tecniche Internazionali di Riferimento

- /1/ DNV-ST-N001 Marine Operations and Marine Warranty
- /2/ DNV-ST F101 Submarine pipeline systems
- /3/ DNV-RP-C205 Environmental Conditions and Environmental Loads
- /4/ DNVGL-OS-E301 Position Mooring, July 2021
- /5/ API RP 2A-WSD Recommended Practice for Planning, Designing and Constructing Fixed Offshore Platforms - 21<sup>st</sup> edition Submarine pipeline systems
- /6/ AISC Manual of Steel Construction, Allowable Stress Design, 9<sup>th</sup> Edition
- /7/ API 2SK Design and Analysis of Station-keeping Systems for Floating Structures, June 2015.
- /8/ API 17F "Specification for Subsea Production Control Systems"
- /9/ API 17J "Specification for Unbonded Flexible Pipe".
- /10/ API RP 17B "Recommended Practice for Flexible Pipe".
- /11/ ITU-T G657 "Characteristics of a bending-loss insensitive single-mode optical fibre and cable.
- /12/ PG-SDF-E-09120 Design and Analysis of Stationkeeping Systems for Floating Structures
- /13/ OCIMF

### 2.2 Documenti di Progetto

- /14/ REL-100-E-00101 Relazione Tecnica Sistema di Ormeaggio e Subsea Facilities – Method of Statement Installazione
- /15/ DWG-100-D-00120 Sistema di Ormeaggio - Planimetria Generale
- /16/ DWG-100-D-00121 Sistema di Ormeaggio - Area di Installazione
- /17/ DWG-100-D-00122 Sistema di Ormeaggio e Trasferimento - Tipici
- /18/ DWG-200-D-00220 Schematico Generale
- /19/ DWG-200-D-00221 P&ID delle Subsea Facilities

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 9 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

### 2.3 Altri Documenti

- /20/ Snam, 2023, “Relazione Geologica – PROGETTO FSRU di Vado Ligure e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti”, Doc. No. REL-300-E-12010, Rev. 0, maggio.
- /21/ EMODNet (European Marine Observation and Data Network), 2023, Bathymetry and Coastline, <https://portal.emodnet-bathymetry.eu/>
- /22/ Pagani, M., J. Garcia-Pelaez, R. Gee, K. Johnson, V. Poggi, R. Styron, G. Weatherill, M. Simionato, D. Viganò, L. Danciu e D. Monelli, 2018, Global Earthquake Model (GEM) Seismic Hazard Map (version 2018.1), DOI:10.13117/GEM-GLOBAL-SEISMIC-HAZARD-MAP-2018.1
- /23/ DISS Working Group, 2021, “Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.0.0: A Compilation of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy and Surrounding Areas”, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>
- /24/ Rovida, A., M. Locati, R. Camassi, B. Lolli, P. Gasperini e A. Antonucci, 2022, “Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0”, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>
- /25/ Snam, 2022, “Studio Meteomarino – Progetto FSRU di Vado Ligure”, Doc. No. REL-300-E-12090, Rev. 0, ottobre.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 10 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

### 3 DEFINIZIONI, ACRONIMI E ABBREVIAZIONI

#### 3.1 Definizioni

PROPONENTE	Snam FSRU Italia
PROGETTO	FSRU Alto Tirreno
SITO	Vado Ligure (SV), Liguria
TERMINALE	FSRU e relativa struttura di ormeggio offshore
NAVI METANIERE	Navi metaniere che trasportano/prelevano GNL al/dal Terminale
SHIP-TO-SHIP	Configurazione di ormeggio delle NAVI METANIERE sul fianco della FSRU, per permettere le operazioni di scarico/carico di GNL.

#### 3.2 Acronimi e Abbreviazioni

AP	Alta Pressione (Pressione massima $\leq 24$ bar - II specie e Pressione $> 24$ bar – I specie)
BOG	Boil-off Gas
D	Diametro Tubo
DCS	Distributed Control System
DISS	Database of Individual Seismic Sources
DN (ND)	Diametro Nominale (Nominal Diameter)
D.M.	Decreto Ministeriale
DP	Pressione di Progetto
ESD	Emergency Shut Down
FSRU	Unità galleggiante di stoccaggio e rigassificazione
GEM	Global Earthquake Model
GNL (LNG)	Gas Naturale Liquido (Liquified Natural Gas)
GN	Gas Naturale
H <sub>s</sub>	Altezza significativa dell'onda
HPU	Hydraulic Power Unit
ID	Diametro Interno
LOA	Length Over All
LNGC	Nave Metaniera (Liquified Natural Gas Carrier)
PGA	Peak Ground Acceleration
PLEM	Pipe Line End Manifold
RNG	Rete Nazionale Gasdotti

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 11 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

ROV	Veicolo sottomarino operato da remoto
T <sub>p</sub>	Periodo dell'onda
SMYS	Tensione Minima di Snervamento (Spec. Minimum Yield Strength)
SRG	Snam Rete Gas
TLC	Cavo di Telecontrollo
STL	Submerged Turret Loading
STS	Ship-To-Ship
UTM	Universal Transverse Mercator
WD	Water Depth (Profondità del Fondale Marino)
WGS	World Geodetic System
WT	Wall Thickness (Spessore della parete del tubo in acciaio)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 12 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

## 4 DESCRIZIONE GENERALE DEL PROGETTO E DELL'AREA

Il presente Capitolo riporta una descrizione generale del progetto, nonché la caratterizzazione del sito di progetto, con particolare riferimento agli aspetti geologici, geotecnici, batimetrici e di condizioni meteo-marine.

L'assetto geologico e geotecnico del sito di progetto è stato definito nella "Relazione Geologica", Doc. REL-300-E12010 (Rif./20/).

La caratterizzazione meteo-marina del sito di progetto è stata condotta a partire dalle informazioni contenute all'interno dello studio "Studio meteomarino" (Doc. REL-300-E12090, Rif./25/), che presenta le statistiche relative ai dati di vento, onde e corrente. Si riporta di seguito una sintesi delle principali risultanze dello studio, cui si rimanda per maggiori dettagli.

### 4.1 Introduzione

L'iniziativa è relativa al riposizionamento della FSRU TUNDRA dal porto di Piombino ad un punto di ormeggio permanente a largo delle coste di Vado Ligure, ed il suo collegamento con la Rete Nazionale Gasdotti (RNG).

Il progetto nel suo complesso include:

- Unità di rigassificazione di stoccaggio galleggiante (FSRU) TUNDRA, opportunamente modificata per l'integrazione in prua del sistema di ormeggio;
- Sistema di ormeggio a torretta esterna;
- Sistema di trasferimento del gas:
  - PLEM;
  - Riser flessibile di esportazione gas dalla FSRU al PLEM,
  - Condotta sottomarina (sealine) da DN650 (26") dal PLEM al punto di interconnessione di approdo con un nuovo gasdotto onshore fino alla rete nazionale di gasdotti (Impianto PDE),
- Cavo telecomando (TLC) in fibra ottica (dalla FSRU al PLEM e da questo al punto di giunzione all'approdo costiero con il tratto onshore del cavo).

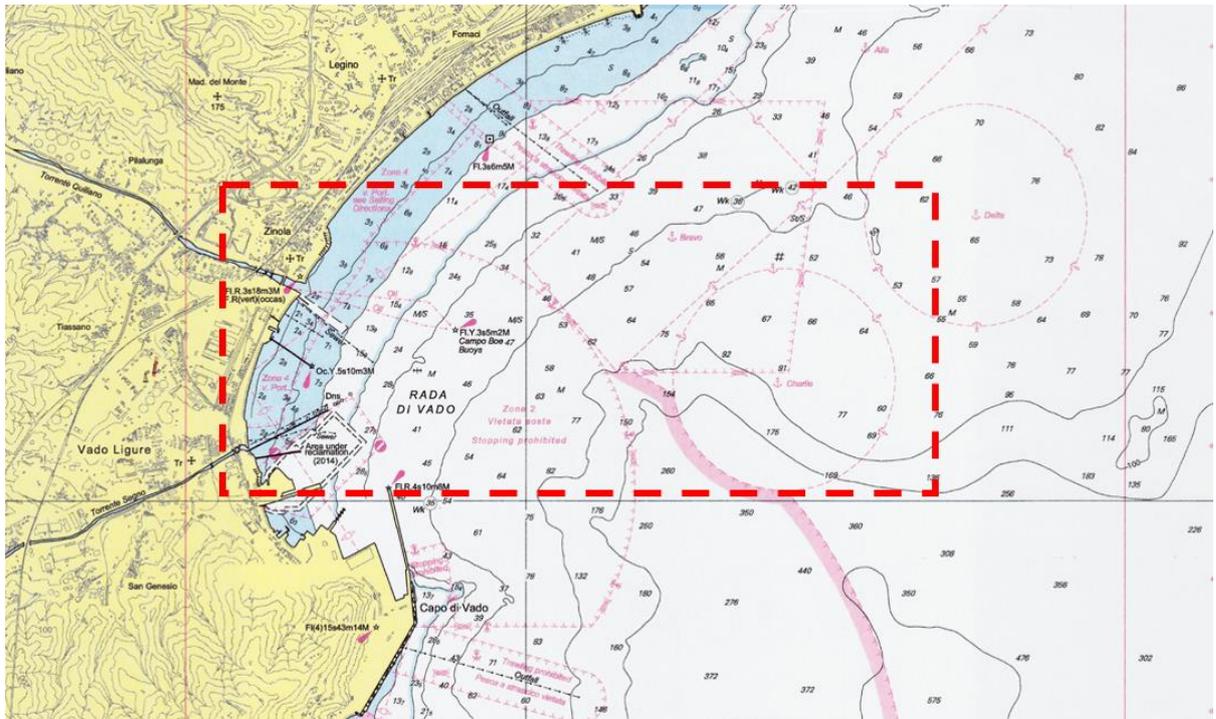
Le infrastrutture oggetto del presente documento sono:

- Sistema di ormeggio a torretta esterna;
- Sistema di trasferimento del gas:
  - PLEM;
  - Riser flessibile di trasferimento gas dalla FSRU al PLEM.

La progettazione del sistema si basa su una direzione di flusso unidirezionale, dalla FSRU TUNDRA all'impianto PDE.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 13 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 4-1 Area di Progetto**

La FSRU riceverà gas naturale liquefatto (GNL) dalle navi metaniere, che trasferiranno il prodotto in modalità STS (Ship-To-Ship). Il GNL sarà quindi rigassificato a bordo della FSRU per successivo invio, attraverso una nuova condotta fino all'impianto PDE.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 14 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

## 4.2 Ubicazione

Il sito di prevista installazione della struttura di accosto e trasferimento è ubicato all'interno dell'area di ancoraggio "Charlie", che presenta un'estensione di oltre 2 km<sup>2</sup> e una profondità compresa fra circa 60 e circa 280 m. Sulla base delle informazioni disponibili dalla Carta Nautica relativa, il fondale si presenta sostanzialmente pianeggiante per i 2/3 della superficie (nella porzione più a Nord), essendo invece caratterizzato da pendenze maggiori nella zona verso Sud.



**Figura 4-2 Inquadramento dell'area**

Le condizioni meteorologiche persistenti nell'area "Charlie" e le profondità coinvolte sono tali da consentire l'applicazione di un sistema di ormeggio "distribuito" atto a sostenere una FSRU delle dimensioni della TUNDRA.

Si sottolinea che l'ormeggio della FSRU precluderà la possibilità di accesso ed ancoraggio ad altre navi o imbarcazioni all'interno dell'intera area "Charlie", al fine di evitare interferenze con le facilities presenti.

## 4.3 Inquadramento Bati-Morfologico

Il sito di progetto è localizzato nella porzione settentrionale del Mar Tirreno al largo di Vado Ligure, alla foce dei torrenti Segno, Quiliano e Letimbro. Il sito si trova tra la fine della piattaforma continentale, il ciglio di scarpata e la scarpata continentale.

La costa Ligure si è formata morfologicamente durante il Miocene Superiore ed il Pliocene a causa dei movimenti tettonici.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 15 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

La rada di Vado Ligure è costituita da un'ampia insenatura con raggio di curvatura maggiore a levante e minore a ponente.

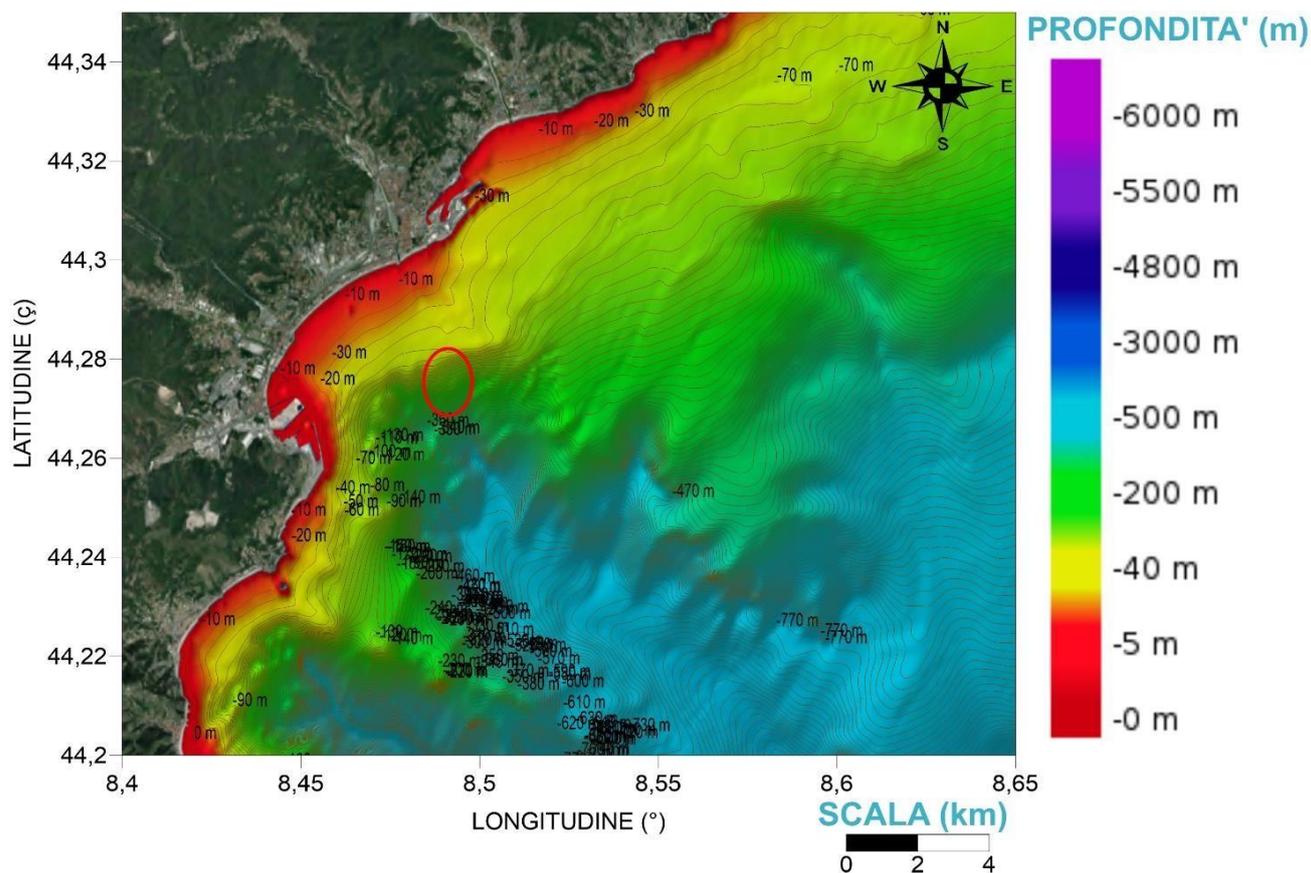
Il tratto a mare antistante l'area di Vado Ligure è caratterizzato da una morfologia complessa costituita da:

- un tratto di piattaforma continentale fino alla profondità di circa -70 m;
- un ampio canyon sottomarino la cui rottura di pendenza è localizzata intorno ai -70 m di profondità. L'incisione tende ad allargarsi all'aumentare della profondità ed è visibile fin oltre la batimetrica dei -900 m;
- un promontorio sommerso che delimita il canyon sottomarino a sud-ovest. Questo si prolunga a partire dall'isola di Bergeggi in direzione sud-est con una pendenza media del fondale di circa 2.6°;
- un promontorio sommerso che delimita il canyon sottomarino sul fianco nord-occidentale con pendenza media di circa 1°.

Dalle batimetrie disponibili (a larga scala, es. EMODnet, Rif./21/) il sito è situato a profondità tra circa -50 m e -250 m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 16 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 4-3 Batimetria dell'Area di Studio (da EMODnet /21/)**

#### 4.4 Inquadramento Geologico

Il Mar Tirreno si è formato a causa dell'apertura del Mar Ligure generato dalla rotazione antioraria della Microzolla Sardo-Corsa (o blocco sardo-corso) e all'apertura del Bacino delle Baleari, iniziato nell'Oligocene inferiore (circa 30 milioni di anni fa) e protrattasi fino al Miocene inferiore (circa 5 milioni di anni fa). Le formazioni geologiche presenti nell'area sono presentate in Figura 4-4.

Le formazioni la zona retrostante Vado Ligure appartengono tettonicamente all'Unità di Pamparato-Murialdo, comprendente la Formazione di Murialdo (costituita in prevalenza da Micascisti carboniosi scuri del Carbonifero superiore-medio), quella degli Scisti di Gorra (che comprendono numerosi litotipi, tra i quali prevalgono quarzoscisti e micascisti), la formazione degli Scisti di Viola ed i Porfiroidi del Melogno. Esse costituiscono, insieme alla Formazione di Ollano, parte del tegumento permo-carbonifero che caratterizza il savonese, sul quale poggiano in sequenza stratigrafica normale i termini triassici, qui rappresentati dalle Quarziti di Ponte di Nava e dalle Dolomie di San Pietro dei Monti (che appartengono alla copertura

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 17 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

meso-cenozoica di età anisico-ladinica). Le dolomie sono state soggette a metamorfismo che ha dolomitizzato e ricristallizzato l'originario sedimento carbonatico, mentre la tettonica ha prodotto una fitta e intensa fratturazione.

Le formazioni la zona retrostante Vado Ligure appartengono tettonicamente all'Unità di Pamparato-Murialdo, comprendente la Formazione di Murialdo (costituita in prevalenza da Micascisti carboniosi scuri del Carbonifero superiore-medio), quella degli Scisti di Gorra, la formazione degli Scisti di Viola ed i Porfiroidi del Melogno. Esse costituiscono, insieme alla Formazione di Ollano, parte del tegumento permo-carbonifero che caratterizza il savonese, sul quale poggiano in sequenza stratigrafica normale i termini triassici, qui rappresentati dalle Quarziti di Ponte di Nava e dalle Dolomie di San Pietro dei Monti. (che appartiene alla Copertura meso-cenozoica; la sua età è anisico-ladinica.

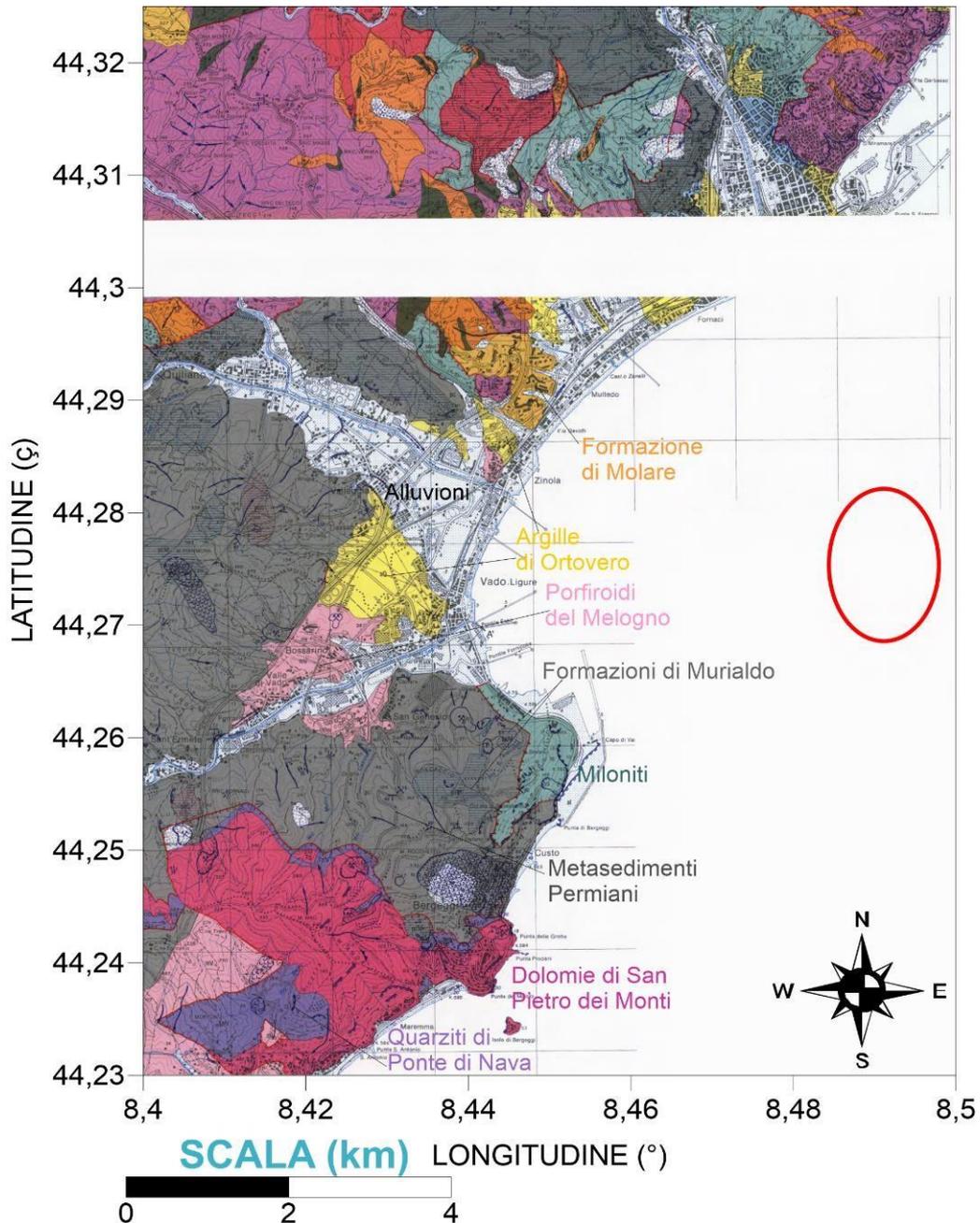
Sul promontorio di Vado affiorano anche i Graniti del Torrente Letimbro appartenenti al Basamento cristallino (Massiccio Cristallino Savonese) caratterizzati da graniti biotitico-muscovitici o muscovitico-cloritici, foliati o con tessitura occhiadina, a grana grossolana; la roccia si presenta molto fratturata e milonitizzata.

Sono inoltre presenti depositi pliocenici rappresentati dalle Argille di Ortovero, e depositi alluvionali fluviali e marini.

Rimandando alla bibliografia scientifica ed alla cartografia geologica ufficiale per l'inquadramento paleogeografico e tettonico generale delle unità affioranti all'interno del bacino, in questa sede sembra doveroso soffermarci esclusivamente sui caratteri litostratigrafici e tettonici che più sono legati agli aspetti di difesa del suolo ovvero maggiormente influenti sulle condizioni di stabilità del territorio.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 18 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 4-4 Carta Geologica Regionale di Vado e Savona**

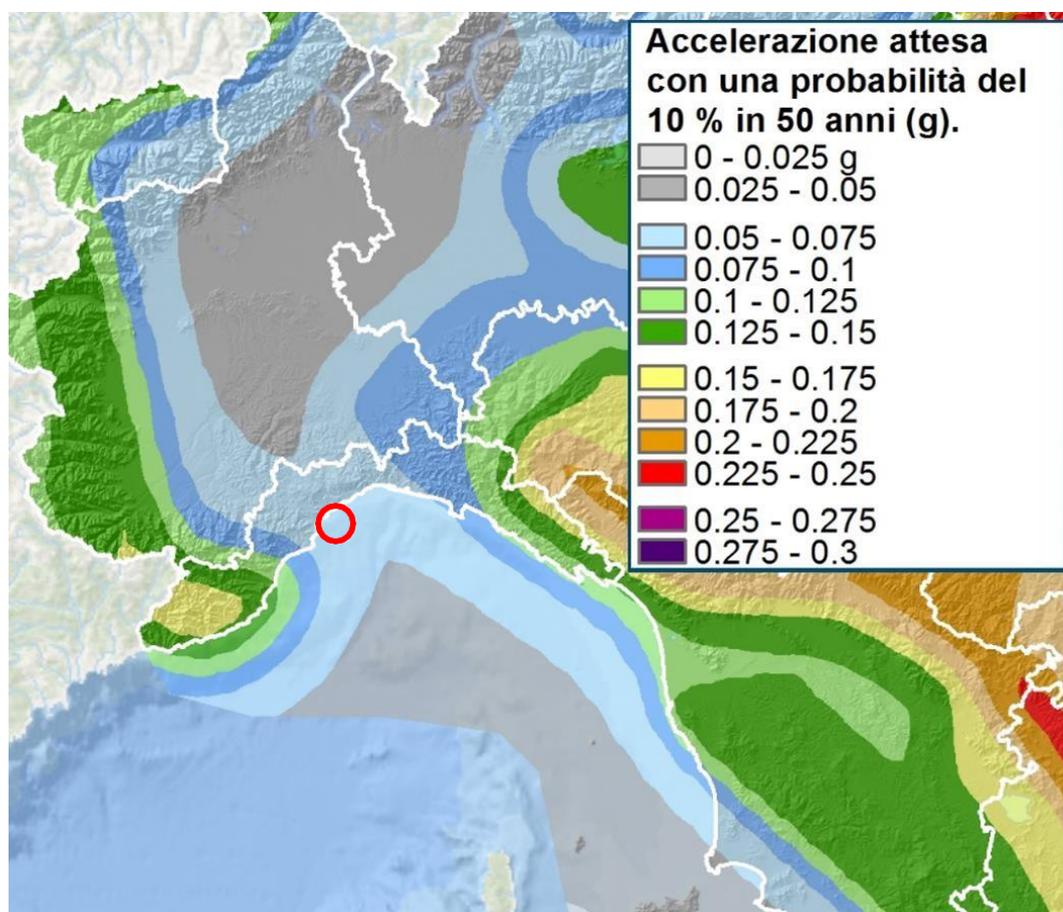
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 19 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

#### 4.5 Inquadramento Sismico

La regione Liguria è soggetta ad una sismicità di basso-media intensità, con però un moderato rischio sismico a causa dell'alta concentrazione di centri abitati.

La Figura 4-5 mostra come l'area di studio a mare ricada in una zona con range di accelerazione massima ( $a_g$ ) al suolo compresa tra 0.005 e 0.075 per un periodo di ritorno di 475 anni (probabilità del 10% in 50 anni).



**Figura 4-5** Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale (Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519, All.1b)

Per quanto riguarda la classificazione sismica del territorio italiano (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri N°3274 del 2003), l'area in prossimità di Vado Ligure ricade (nell'area a terra) in zona 3, avente accelerazione massima su suolo rigido  $> 800 \text{ m/s}^2$  ( $a_g$  compresa tra 0,05 g e 0,15 g per periodo di ritorno di 475 anni), con un livello di pericolosità sismica basso, ma comunque potenzialmente soggetta a scuotimenti modesti.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 20 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

Il progetto GEM (Global Earthquake Model, Rif. /21/) ha realizzato una mappa di PGA (Peak Ground Acceleration) con valori di accelerazione massima al suolo per un periodo di ritorno di 475 anni che per il sito proposto variano da 0.13 g a 0.35 g.

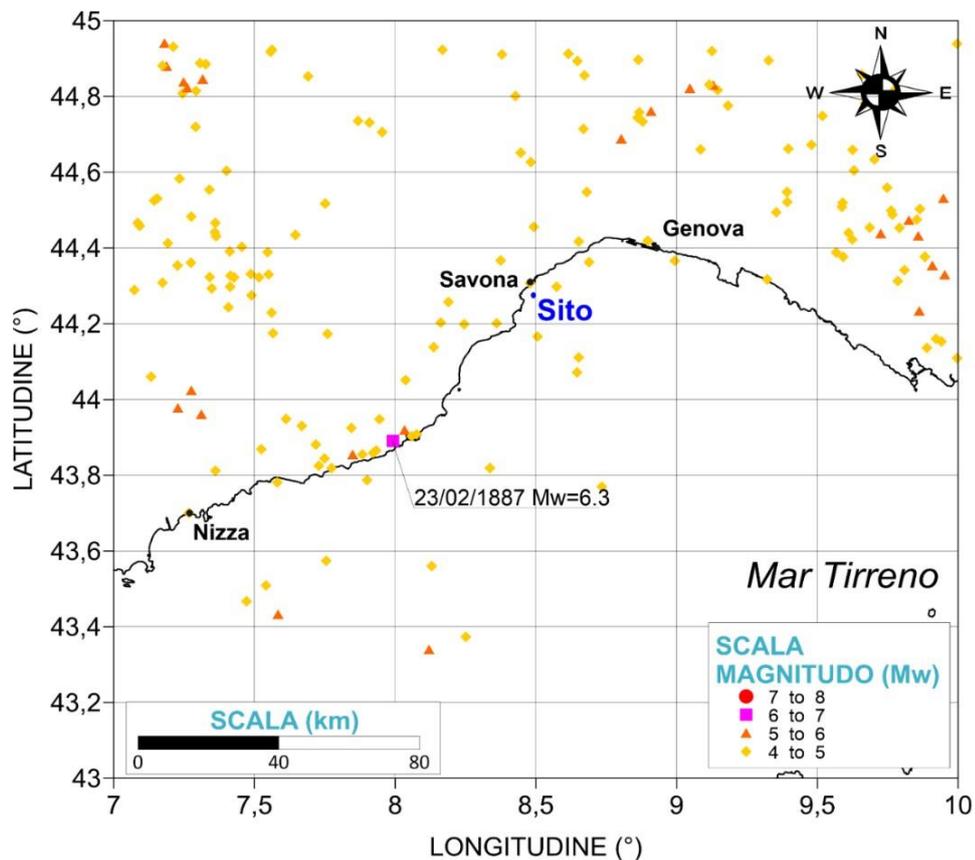
Dal punto di vista dei di potenziali modelli di sorgenti sismogenetiche, l'area di studio ricade in prossimità (10 km) delle sorgenti sismogenetiche ITCS022 e ITIS130 (Imperia Promontory) individuate dal DISS (Database of Individual Seismic Sources. Rif. /21/). Esse sono caratterizzate da strutture fragili con andamento NNE-SSW con una magnitudo massima  $M_w$  di 7.4 e una profondità degli eventi tra 2.5 km e 15 km.

Il Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (versione 4.0 del 2022) /24/, riporta dati parametrici omogenei, sia macrosismici sia strumentali, relativi ai terremoti con intensità massima ( $I_{max}$ )  $\geq 5$  o con magnitudo momento ( $M_w$ )  $\geq 4$  relativi al territorio italiano, nella finestra temporale 1000-2022.

La Figura 4-6 mostra come in un raggio di circa 10 km centrato dall'area di studio non si siano verificati eventi rilevanti ( $M_w > 4$ ). Tuttavia, alcuni eventi sismici alta magnitudo più alta si sono verificati nelle vicinanze, quali, ad esempio, il sisma avvenuto il 23 febbraio 1887 in corrispondenza delle colline Liguria Occidentale, con  $M_w$  6.3 ad una distanza di circa 60 km dal sito.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 21 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 4-6 Distribuzione dei Terremoti - Catalogo CPTI nell'area di studio**

#### 4.6 Inquadramento Geotecnico

La piattaforma continentale ligure di ponente è caratterizzata dalla presenza di sedimenti marini derivanti dal disfacimento di rocce prevalentemente cristalline. La granulometria dei sedimenti varia da sabbie grossolane a sabbie molti fini con le frazioni argillose che aumentano procedendo verso il largo.

In particolare, il fondo marino in prossimità di Vado Ligure è caratterizzato dalla presenza di sedimenti sabbio-limosi e limo-sabbiosi dall'area prospiciente la costa fino a circa -50 m mentre a profondità maggiori tendono essere presenti sedimenti più fini (suolo limoso debolmente sabbioso e argilloso).

Dai dati di bibliografia e da esperienza interna, si può dare qualche indicazione sul possibile suolo che verrà incontrato nell'area di studio. Carotaggi effettuati in corrispondenza del Porto di Vado Ligure evidenziano la presenza di argilla limosa/limo argilloso molto soffice fino a circa 2.4 m di profondità dal sottosuolo seguita da limi sabbiosi. Tali depositi recenti sono probabilmente sedimenti trasportati a mare dai torrenti Segno e Quiliano, e poggiano al di

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 22 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

sopra di ghiaie con clasti spigolosi e sub-arrotondati derivanti dallo smantellamento dei depositi eluvio – colluviali antichi. Sotto alle ghiaie è presente un substrato roccioso appartenente alla Formazione di Murialdo e dei Graniti del torrente Letimbro, che verso mare si approfondisce per la presenza di una faglia.

## 4.7 Caratterizzazione Meteo-marina

### 4.7.1 Dati di Vento

La Tabella 4-1 mostra la distribuzione direzionale annuale del vento. Dalla tabella si nota che le direzioni predominanti di provenienza del vento sono la 330°N (NNO) e la 0°N (N).

L'eccedenza annuale del vento sopra soglia, per direzione di provenienza, è riportata in Tabella 4-1. Annualmente l'intensità del vento risulta superiore ai 10 m/s nell'11% circa del tempo.

La Tabella 4-2 mostra i valori estremi del vento stimati per il sito di progetto. Dalla tabella si nota che il vento estremo orario (Ws-1h), omnidirezionale, associato al periodo di ritorno di 100 anni è pari a 24.1 m/s, corrispondente ad una raffica (Ws-3") estrema di 32.7 m/s.

Date le caratteristiche del vento, non sono attese particolari criticità per l'ormeggio e il funzionamento della FSRU. Mediamente durante l'anno si prevedono lunghi periodi con vento relativamente basso, per cui la direzione della nave potrebbe essere influenzata principalmente da altre forzanti come la corrente e il moto ondoso.

**Tabella 4-1: Velocità del vento annuale versus Direzione a Vado Ligure**

Dir (°N)	Ws(m/s)																						Total
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
0.0	0.549	1.540	2.022	2.091	2.012	1.768	1.487	1.246	0.962	0.749	0.594	0.413	0.294	0.152	0.065	0.037	0.016	0.006	0.003	0.001	0.001	0.001	16.010
30.0	0.591	1.548	1.280	0.636	0.274	0.110	0.067	0.033	0.025	0.016	0.008	0.007	0.003	0.001	0.002	0.001							4.604
60.0	0.627	1.623	1.346	0.776	0.398	0.149	0.046	0.013	0.005	0.004		0.001											4.990
90.0	0.629	1.722	1.897	1.227	0.690	0.365	0.144	0.062	0.019	0.007	0.005	0.005	0.001	0.001	0.001								6.774
120.0	0.611	1.714	2.091	1.362	0.732	0.395	0.219	0.102	0.034	0.021	0.015	0.012	0.006	0.003	0.002	0.001	0.001						7.319
150.0	0.507	1.544	1.788	1.114	0.544	0.231	0.097	0.039	0.021	0.013	0.007	0.008	0.003	0.003	0.002	0.001	0.001						5.923
180.0	0.408	1.162	1.508	1.084	0.701	0.446	0.267	0.153	0.073	0.040	0.023	0.015	0.013	0.006	0.006	0.002	0.001						5.907
210.0	0.329	0.703	0.885	0.905	0.756	0.546	0.365	0.267	0.184	0.123	0.097	0.052	0.044	0.032	0.014	0.007	0.001						5.310
240.0	0.293	0.409	0.367	0.287	0.172	0.099	0.059	0.041	0.027	0.016		0.006											1.790
270.0	0.284	0.348	0.213	0.118	0.063	0.038	0.019	0.006	0.001	0.001	0.011												1.094
300.0	0.332	0.497	0.359	0.250	0.194	0.151	0.128	0.106	0.079	0.068	0.044	0.024	0.013	0.007	0.006	0.001							2.260
330.0	0.440	1.064	1.423	1.878	2.661	3.488	4.171	4.744	4.972	4.578	3.558	2.330	1.438	0.713	0.330	0.144	0.054	0.014	0.005	0.003	0.001		38.018
Omidir	5.600	13.875	15.179	11.728	9.198	7.795	7.069	6.813	6.404	5.637	4.361	2.873	1.817	0.920	0.428	0.193	0.075	0.021	0.008	0.003	0.002	0.000	100.000

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 23 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-2: Eccedenza sopra soglia annuale e direzionale della velocità del vento a Vado Ligure**

Vado Ligure- 44.28°N 8.51°E -Dati DHI - Gen.1979 - Dic.2021					
Eccedenza Annuale - Ws (m/s) / Dir (N)					
Direzione di provenienza (°N)	Velocità del vento (m/s)				
	> 10.0	> 15.0	> 20.0	> 25.0	> 30.0
Eccedenza sopra soglie(%)					
0	1.58	0.06	0.00	0.00	0.00
30	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.07	0.00	0.00	0.00	0.00
210	0.25	0.01	0.00	0.00	0.00
240	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.10	0.00	0.00	0.00	0.00
330	8.59	0.22	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	10.70	0.30	0.00	0.00	0.00

**Tabella 4-3: Valori estremi del vento stimati al sito di progetto**

SRG - FSRU - Dati DHI - Jan. 1979 - Dec. 2021 - FSRU-Vado Ligure- 44.28°N 8.51°E																					
Estremi del Velocità del vento -10m sopra il livello medio del mare- Annuale																					
Tp	(°N)	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
		Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)	Ws-3" (m/s)	Ws-1' (m/s)	Ws-10' (m/s)	Ws-1h (m/s)
Direzione di Provenienza (°N)	0.0	22.6	20.4	18.7	17.3	26.5	23.7	21.6	20.0	30.0	26.7	24.3	22.3	33.3	29.5	26.7	24.5	36.3	32.2	29.0	26.5
	30.0	13.7	12.5	11.6	10.9	19.3	17.5	16.1	15.0	25.1	22.5	20.6	19.0	31.0	27.7	25.1	23.0	37.2	32.9	29.6	27.0
	60.0	10.4	9.6	8.9	8.4	13.8	12.6	11.7	10.9	17.1	15.5	14.3	13.4	20.4	18.5	17.0	15.8	23.8	21.4	19.6	18.1
	90.0	13.5	12.3	11.4	10.7	18.0	16.3	15.1	14.1	22.6	20.4	18.7	17.3	27.4	24.5	22.3	20.6	32.3	28.8	26.0	23.9
	120.0	14.9	13.6	12.6	11.8	20.4	18.4	16.9	15.8	26.2	23.5	21.4	19.8	32.4	28.9	26.1	24.0	39.0	34.4	30.9	28.2
	150.0	14.3	13.1	12.1	11.4	20.1	18.2	16.7	15.6	26.2	23.5	21.4	19.8	32.5	28.9	26.1	24.0	39.1	34.5	31.0	28.2
	180.0	15.9	14.5	13.4	12.6	20.3	18.3	16.8	15.7	24.4	22.0	20.1	18.6	28.5	25.4	23.1	21.3	32.4	28.8	26.1	23.9
	210.0	18.5	16.8	15.5	14.4	22.8	20.6	18.8	17.5	26.8	24.0	21.9	20.2	30.6	27.2	24.7	22.7	34.1	30.3	27.4	25.1
	240.0	13.8	12.6	11.7	11.0	18.9	17.1	15.8	14.7	23.9	21.5	19.6	18.2	28.8	25.8	23.4	21.6	33.7	30.0	27.1	24.8
	270.0	8.8	8.1	7.6	7.1	12.4	11.3	10.5	9.9	15.9	14.4	13.4	12.5	19.3	17.5	16.1	15.0	22.7	20.5	18.8	17.4
	300.0	16.8	15.3	14.1	13.2	21.7	19.6	18.0	16.7	26.2	23.5	21.5	19.8	30.6	27.3	24.7	22.7	34.8	30.8	27.8	25.5
	330.0	23.6	21.2	19.4	18.0	26.0	23.3	21.2	19.6	28.1	25.1	22.9	21.1	30.0	26.8	24.3	22.4	31.8	28.3	25.6	23.5
	Omnidir	25.4	22.8	20.8	19.3	29.2	26.1	23.7	21.8	32.7	29.1	26.3	24.1	36.1	31.9	28.8	26.3	39.3	34.6	31.1	28.3

#### 4.7.2 Dati di Onda

La Tabella 4-4 mostra la distribuzione direzionale annuale delle onde, mentre in Tabella 4-5 si riporta la distribuzione dell'altezza d'onda significativa rispetto al periodo di picco dell'onda. Dalle tabelle si nota che le onde provengono prevalentemente dal settore 120°-210°N, ossia dai settori meridionali (S). Circa il 90% delle onde ha periodi di picco minori o uguali a 8 s.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 24 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

L'eccedenza annuale delle onde sopra soglia, per direzione di provenienza, è riportata in Tabella 4-6. Dalla tabella si vede per esempio che, annualmente, l'altezza d'onda significativa risulta superiore a 1 m nell'11% circa del tempo.

La Tabella 4-7 presenta infine i valori estremi delle onde stimati per il sito di progetto; si evidenzia in particolare che l'onda significativa estrema, omnidirezionale, associata al periodo di ritorno di 100 anni, è pari a 5.41 m; il periodo di picco associato è pari a 9.76 s.

**Tabella 4-4: Distribuzione direzionale annuale della frequenza di occorrenza dell'altezza d'onda significativa a Vado Ligure**

Dir (°N)	Annuale - Hs (m) / Dir(°N) -Dati DHI - FSRU -Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Frequenza di Occorrenza(%)																			Total	
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75		5.00
0.0	0.471	4.707	2.584	0.355	0.023	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.142
30.0	0.610	3.194	3.028	0.972	0.170	0.014	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.988
60.0	0.802	1.572	1.492	0.823	0.235	0.031	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.957
90.0	0.846	1.026	0.921	0.564	0.246	0.084	0.014	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.702
120.0	4.414	3.755	2.219	1.210	0.554	0.229	0.106	0.038	0.023	0.008	0.003	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12.563
150.0	5.898	6.444	3.170	1.453	0.718	0.409	0.205	0.111	0.072	0.037	0.028	0.015	0.008	0.004	0.002	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	18.576
180.0	6.808	8.571	4.833	2.943	1.724	0.937	0.573	0.299	0.175	0.093	0.051	0.034	0.019	0.010	0.005	0.005	0.005	0.005	0.001	0.001	27.085
210.0	3.140	2.823	2.368	2.058	1.396	0.865	0.509	0.315	0.157	0.095	0.043	0.025	0.011	0.005	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	13.812
240.0	0.051	0.193	0.241	0.070	0.012	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.569
270.0	0.042	0.148	0.127	0.025	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.343
300.0	0.088	0.219	0.135	0.023	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.466
330.0	0.240	1.101	0.389	0.059	0.005	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.795
Omnidir	23.412	33.754	21.506	10.553	5.085	2.573	1.410	0.766	0.427	0.233	0.125	0.077	0.039	0.018	0.008	0.007	0.005	0.001	0.001	0.000	100.000

**Tabella 4-5: Hs-Tp Distribuzione annuale a Vado Ligure**

Tp(sec)	Annuale- Hs(m) / Tp(s) -Dati DHI- Vado Ligure- 44.28°N 8.51°E - Frequenza di Occorrenza(%)																			Total		
	0.25	0.50	0.75	1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50	3.75	4.00	4.25	4.50	4.75		5.00	
1.0	0.980	0.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
2.0	0.980	0.248	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.229
3.0	6.514	8.229	3.418	0.065	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18.227
4.0	9.565	7.145	2.758	0.894	0.065	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	20.431
5.0	3.202	9.884	3.998	1.170	0.273	0.024	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	18.552
6.0	1.415	3.147	4.794	2.352	0.788	0.257	0.057	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	12.817
7.0	0.734	1.767	1.880	2.030	1.385	0.669	0.302	0.125	0.052	0.012	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.956
8.0	0.543	1.613	2.182	1.741	0.991	0.647	0.424	0.252	0.146	0.089	0.054	0.024	0.005	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	8.713
9.0	0.307	1.101	1.522	1.375	0.873	0.516	0.287	0.163	0.112	0.062	0.036	0.029	0.017	0.010	0.003	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	6.419
10.0	0.110	0.449	0.662	0.637	0.455	0.283	0.213	0.128	0.064	0.041	0.018	0.013	0.010	0.003	0.004	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	3.093
11.0	0.028	0.129	0.211	0.213	0.178	0.103	0.089	0.067	0.038	0.024	0.010	0.005	0.003	0.002	0.001	0.003	0.001	0.001	0.001	0.000	0.000	1.109
12.0	0.007	0.034	0.064	0.055	0.059	0.058	0.026	0.020	0.009	0.006	0.004	0.002	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.349
13.0	0.000	0.006	0.015	0.022	0.018	0.009	0.010	0.003	0.002	0.001	0.002	0.003	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.090
14.0	0.002	0.000	0.000	0.000	0.002	0.001	0.001	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.009
15.0	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002
16.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001
17.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
18.0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
Total	23.410	33.754	21.506	10.553	5.085	2.573	1.410	0.766	0.427	0.233	0.125	0.077	0.039	0.018	0.008	0.007	0.005	0.001	0.001	0.000	0.000	99.998

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 25 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-6: Eccedenza sopra soglia annuale e direzionale dell'altezza d'onda significativa a Vado Ligure**

Vado Ligure- 44.28°N 8.51°E -Dati DHI -Gen.1979 - Dic.2021							
Eccedenza Annuale - Hs (m) / Dir (N)							
Direzione di provenienza (°N)	Altezza d'onda significativa (m)						
	> 1.0	> 1.5	> 2.0	> 2.5	> 3.0	> 3.5	> 4.0
Eccedenza sopra soglie(%)							
0	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.19	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.27	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.35	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.97	0.18	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00
150	1.61	0.49	0.17	0.06	0.02	0.01	0.00
180	3.93	1.27	0.40	0.13	0.05	0.02	0.01
210	3.42	1.16	0.34	0.09	0.02	0.00	0.00
240	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Total</b>	10.78	3.12	0.94	0.28	0.08	0.02	0.01

**Tabella 4-7: Valori estremi delle onde stimati nel sito di progetto**

Estremi d'altezza di onda significativo Hs-Periodo di picco associato media(Tp) e relativo intervallo di confidenza del 90%(Tp5%-Tp95%) - FSRU-Vado Ligure - Annuale																				
Direzione di Provenienza (°N)	Tp																			
	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
	Hs (m)	Tp (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	TP5% (s)	TP95% (s)	Hs (m)	Tp (s)	TP5% (s)	TP95% (s)
0	1.11	6.99	4.91	9.55	1.29	7.36	5.27	9.92	1.46	7.64	5.54	10.19	1.61	7.86	5.76	10.39	1.75	8.04	5.94	10.55
30	1.31	7.40	5.30	9.95	1.51	7.72	5.62	10.26	1.68	7.96	5.86	10.48	1.83	8.14	6.05	10.64	1.97	8.29	6.21	10.78
60	1.39	7.53	5.43	10.08	1.61	7.87	5.77	10.40	1.81	8.12	6.02	10.62	1.99	8.31	6.22	10.79	2.15	8.46	6.38	10.91
90	1.61	7.87	5.77	10.40	1.96	8.28	6.19	10.76	2.26	8.56	6.49	11.00	2.54	8.76	6.71	11.16	2.80	8.92	6.89	11.29
120	2.39	8.65	6.59	11.07	3.05	9.06	7.05	11.39	3.70	9.33	7.38	11.57	4.34	9.52	7.63	11.69	4.96	9.67	7.82	11.78
150	3.08	9.07	7.07	11.40	4.04	9.44	7.52	11.64	4.99	9.68	7.83	11.78	5.94	9.85	8.06	11.86	6.90	9.97	8.24	11.91
180	3.53	9.26	7.30	11.53	4.45	9.55	7.67	11.71	5.35	9.75	7.93	11.82	6.24	9.89	8.12	11.88	7.11	9.99	8.28	11.92
210	3.09	9.07	7.07	11.40	3.74	9.34	7.40	11.58	4.35	9.53	7.63	11.70	4.92	9.66	7.81	11.77	5.46	9.77	7.95	11.82
240	1.07	6.89	4.82	9.45	1.29	7.36	5.27	9.92	1.47	7.67	5.57	10.21	1.63	7.89	5.79	10.42	1.76	8.06	5.97	10.57
270	0.87	6.37	4.34	8.91	1.07	6.91	4.83	9.46	1.23	7.25	5.16	9.80	1.37	7.49	5.39	10.04	1.48	7.68	5.58	10.22
300	0.85	6.30	4.28	8.83	1.05	6.85	4.78	9.41	1.22	7.21	5.13	9.77	1.36	7.48	5.38	10.03	1.48	7.68	5.58	10.22
330	0.92	6.50	4.46	9.04	1.12	7.00	4.92	9.56	1.29	7.36	5.26	9.91	1.45	7.64	5.53	10.18	1.60	7.86	5.76	10.39
Omnidir	3.67	9.32	7.37	11.57	4.54	9.58	7.69	11.73	5.41	9.76	7.94	11.82	6.26	9.89	8.13	11.88	7.12	10.00	8.28	11.92

#### 4.7.3 Dati di Corrente

La distribuzione direzionale della corrente superficiale, alle profondità di -5 m, -16 m, -29 m, -51 m rispetto al livello medio del mare e al fondo, è mostrata rispettivamente in Tabella 4-8, Tabella 4-9, Tabella 4-10, Tabella 4-11, Tabella 4-11 e Tabella 4-12. Dalle tabelle si nota che annualmente la corrente è caratterizzata da velocità quasi sempre inferiori 0.2 m/s (oltre il 90% degli eventi sottosoglia). Valori massimi di 0.6 m/s e 0.5 m/s sono rispettivamente attesi in superficie e vicino al fondo. Si nota che valori massimi di corrente fino a 0.6 m/s sono attesi anche alla profondità di -51 m rispetto al livello medio del mare.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 26 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

L'eccedenza annuale della corrente sopra soglia, per direzione di propagazione e per le profondità di cui sopra, è riportata in Tabella 4-14 - Tabella 4-19.

In Tabella 4-20 - Tabella 4-25 sono mostrati i valori estremi della corrente stimati per il sito di progetto per le medesime profondità. Dalle tabelle si nota che la corrente estrema omnidirezionale, associata al periodo di ritorno di 100 anni, è pari a 0.60 m/s (in superficie), 0.53 m/s (a -5 m), 0.50 m/s (a -16 m), 0.44 m/s (a -29 m), 0.63 m/s (a -51 m) e 0.55 m/s (vicino al fondo).

**Tabella 4-8: Distribuzione direzionale annuale della velocità della corrente di superficie a Vado Ligure**

Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point - Superficie											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	4.551	0.378	0.016	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.948
30	8.026	1.187	0.062	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	9.283
60	2.976	0.370	0.026	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.375
90	1.330	0.062	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.393
120	1.098	0.022	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.121
150	1.437	0.053	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.492
180	3.149	0.528	0.040	0.006	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.722
210	15.676	8.456	1.301	0.136	0.018	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	25.589
240	20.743	10.940	1.729	0.145	0.015	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	33.572
270	6.117	1.097	0.104	0.023	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	7.342
300	3.677	0.253	0.024	0.006	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.962
330	3.366	0.153	0.012	0.002	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.533
<b>Total</b>	72.145	23.498	3.320	0.328	0.037	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	99.330

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 27 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-9: Distribuzione direzionale annuale della velocità di corrente a Vado Ligure - 5 m s.l.m.**

Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -5m s.l.m											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	3.522	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.522
30	9.436	0.592	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	10.029
60	2.074	0.092	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.166
90	0.413	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.413
120	0.265	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.265
150	0.361	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.361
180	1.155	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.159
210	18.780	10.042	0.878	0.019	0.003	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	29.722
240	28.069	12.846	1.930	0.101	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	42.959
270	4.138	0.034	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	4.172
300	2.082	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.082
330	2.086	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.086
<b>Total</b>	<b>72.380</b>	<b>23.609</b>	<b>2.810</b>	<b>0.121</b>	<b>0.015</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>98.936</b>

**Tabella 4-10: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure - 16 m s.l.m.**

Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -16m s.l.m											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	2.974	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.974
30	10.834	0.549	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.384
60	2.192	0.038	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.230
90	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.365
120	0.220	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.220
150	0.284	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.284
180	0.946	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.946
210	20.719	8.903	0.750	0.018	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	30.391
240	28.599	12.159	1.933	0.128	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	42.823
270	3.382	0.016	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.398
300	1.773	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.773
330	1.758	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.758
<b>Total</b>	<b>74.046</b>	<b>21.665</b>	<b>2.685</b>	<b>0.146</b>	<b>0.004</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>98.546</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 28 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-11: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure - 29 m s.l.m.**

Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -29m s.l.m											
Dir (°N)	Cs(m/s)										Total
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
0	1.913	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.913
30	9.527	0.365	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	9.892
60	6.432	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	6.436
90	0.727	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.727
120	0.317	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.317
150	0.337	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.337
180	1.172	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.172
210	16.675	2.942	0.122	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	19.739
240	38.335	12.193	1.118	0.058	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	51.705
270	2.592	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.604
300	1.344	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.344
330	1.264	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.264
<b>Total</b>	<b>80.636</b>	<b>15.517</b>	<b>1.239</b>	<b>0.058</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>97.450</b>

**Tabella 4-12: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure - 51 m s.l.m.**

Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point -51m s.l.m											
Dir (°N)	Cs(m/s)										Total
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	
0	1.342	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.342
30	15.042	1.024	0.056	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	16.121
60	1.854	0.046	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.900
90	0.249	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.249
120	0.123	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.123
150	0.162	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.162
180	0.751	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.751
210	37.707	15.596	2.878	0.515	0.067	0.004	0.000	0.000	0.000	0.000	56.768
240	12.762	3.815	0.838	0.135	0.026	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	17.576
270	1.165	0.015	0.001	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.182
300	0.528	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.528
330	0.565	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.565
<b>Total</b>	<b>72.251</b>	<b>20.497</b>	<b>3.773</b>	<b>0.650</b>	<b>0.093</b>	<b>0.004</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>97.268</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 29 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-13: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure - Vicino al fondo**

Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale-Cs(m/s) / Dir(°N) - Dati DHI Point - Vicino al Fondo											
Dir (°N)	Cs(m/s)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
0	1.079	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	1.087
30	17.117	0.478	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	17.594
60	3.724	0.002	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	3.726
90	0.548	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.548
120	0.272	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.272
150	0.521	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.521
180	2.064	0.036	0.012	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	2.112
210	44.624	10.730	1.428	0.169	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	56.964
240	9.800	1.775	0.204	0.009	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	11.788
270	0.733	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.733
300	0.383	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.383
330	0.409	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.409
<b>Total</b>	81.272	13.029	1.644	0.178	0.014	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	96.137

**Tabella 4-14: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – Superficie**

Vado Ligure- 44.28°N 8.51°E -Dati DHI -Gen.1987 - Maggio.2020					
Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)					
Direzione di provenienza (°N)	Velocità della Corrente(m/s) - Superficie				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
	Eccedenza sopra soglie(%)				
0	0.40	0.02	0.00	0.00	0.00
30	1.26	0.07	0.01	0.00	0.00
60	0.40	0.03	0.00	0.00	0.00
90	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.06	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.57	0.05	0.01	0.00	0.00
210	9.91	1.46	0.16	0.02	0.00
240	12.83	1.89	0.16	0.02	0.00
270	1.22	0.13	0.02	0.00	0.00
300	0.28	0.03	0.01	0.00	0.00
330	0.17	0.02	0.00	0.00	0.00
<b>Omnidir</b>	27.19	3.69	0.37	0.04	0.00

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 30 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-15: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 5 s.l.m.**

<b>Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen.1987 - Maggio.2020</b>					
<b>Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)</b>					
<b>Direzione di provenienza (°N)</b>	<b>Velocità della Corrente (m/s) 5m s.l.m.</b>				
	<b>&gt; 0.1</b>	<b>&gt; 0.2</b>	<b>&gt; 0.3</b>	<b>&gt; 0.4</b>	<b>&gt; 0.5</b>
	<b>Eccedenza sopra soglie(%)</b>				
<b>0</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>30</b>	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>60</b>	0.09	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>90</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>120</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>150</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>180</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>210</b>	10.94	0.90	0.02	0.00	0.00
<b>240</b>	14.89	2.04	0.11	0.01	0.00
<b>270</b>	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>300</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>330</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Omnidir</b>	26.56	2.95	0.14	0.02	0.00

**Tabella 4-16: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 16 m s.l.m.**

<b>Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen.1987 - Maggio.2020</b>					
<b>Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)</b>					
<b>Direzione di provenienza (°N)</b>	<b>Velocità della Corrente (m/s) 16m s.l.m.</b>				
	<b>&gt; 0.1</b>	<b>&gt; 0.2</b>	<b>&gt; 0.3</b>	<b>&gt; 0.4</b>	<b>&gt; 0.5</b>
	<b>Eccedenza sopra soglie(%)</b>				
<b>0</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>30</b>	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>60</b>	0.04	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>90</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>120</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>150</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>180</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>210</b>	9.67	0.77	0.02	0.00	0.00
<b>240</b>	14.22	2.07	0.13	0.00	0.00
<b>270</b>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>300</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>330</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Omnidir</b>	24.50	2.84	0.15	0.00	0.00

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 31 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-17: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 29 m s.l.m.**

<b>Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen.1987 - Maggio.2020</b>					
<b>Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)</b>					
<b>Direzione di provenienza (°N)</b>	<b>Velocità della Corrente (m/s) 29m s.l.m.</b>				
	<b>&gt; 0.1</b>	<b>&gt; 0.2</b>	<b>&gt; 0.3</b>	<b>&gt; 0.4</b>	<b>&gt; 0.5</b>
	<b>Eccedenza sopra soglie(%)</b>				
<b>0</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>30</b>	0.37	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>60</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>90</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>120</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>150</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>180</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>210</b>	3.06	0.12	0.00	0.00	0.00
<b>240</b>	13.37	1.18	0.06	0.00	0.00
<b>270</b>	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>300</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>330</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Omnidir</b>	16.81	1.30	0.06	0.00	0.00

**Tabella 4-18: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 51 m s.l.m.**

<b>Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen.1987 - Maggio.2020</b>					
<b>Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)</b>					
<b>Direzione di provenienza (°N)</b>	<b>Velocità della Corrente (m/s) 51m s.l.m.</b>				
	<b>&gt; 0.1</b>	<b>&gt; 0.2</b>	<b>&gt; 0.3</b>	<b>&gt; 0.4</b>	<b>&gt; 0.5</b>
	<b>Eccedenza sopra soglie(%)</b>				
<b>0</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>30</b>	1.08	0.06	0.00	0.00	0.00
<b>60</b>	0.05	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>90</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>120</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>150</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>180</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>210</b>	19.06	3.46	0.59	0.07	0.00
<b>240</b>	4.81	1.00	0.16	0.03	0.00
<b>270</b>	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>300</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>330</b>	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Omnidir</b>	25.02	4.52	0.75	0.10	0.00

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 32 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-19: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – vicino al fondo**

<b>Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Dati DHI - Gen.1987 - Maggio.2020</b>					
<b>Eccedenza Annuale - Cs (m/s) vs Dir (N)</b>					
<b>Direzione di provenienza (°N)</b>	<b>Velocità della Corrente (m/s) Vicino al Fondo</b>				
	<b>&gt; 0.1</b>	<b>&gt; 0.2</b>	<b>&gt; 0.3</b>	<b>&gt; 0.4</b>	<b>&gt; 0.5</b>
	<b>Eccedenza sopra soglie(%)</b>				
0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.48	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
90	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
120	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
150	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
180	0.05	0.01	0.00	0.00	0.00
210	12.34	1.61	0.18	0.01	0.00
240	1.99	0.21	0.01	0.00	0.00
270	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
300	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
330	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
<b>Omnidir</b>	14.87	1.84	0.19	0.01	0.00

**Tabella 4-20: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – superficie**

<b>Estremi Direzionale delle Correnti- superficie - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale</b>						
<b>Velocità della corrente - Superficie</b>						
<b>Return period</b>	<b>1 Year</b>	<b>10 Year</b>	<b>100 Year</b>	<b>1000 Year</b>	<b>10000 Year</b>	
<b>(to - °N)</b>	<b>Cs (m/s)</b>	<b>Cs (m/s)</b>	<b>Cs (m/s)</b>	<b>Cs (m/s)</b>	<b>Cs (m/s)</b>	<b>Cs (m/s)</b>
0	0.27	0.36	0.48	0.59	0.70	
30	0.30	0.40	0.51	0.63	0.75	
60	0.37	0.46	0.47	0.59	0.72	
90	0.40	0.50	0.31	0.40	0.49	
120	0.36	0.43	0.28	0.38	0.49	
150	0.33	0.39	0.38	0.53	0.70	
180	0.31	0.37	0.46	0.55	0.65	
210	0.30	0.37	0.59	0.67	0.75	
240	0.32	0.40	0.53	0.59	0.65	
270	0.33	0.41	0.50	0.60	0.69	
300	0.35	0.45	0.50	0.62	0.74	
330	0.30	0.39	0.44	0.55	0.66	
<b>Omnidir</b>	0.44	0.52	0.60	0.67	0.76	

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 33 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-21: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – -5m s.l.m.**

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- 5m s.l.m. - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - 5 m s.l.m.</i>						
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>	
<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
0	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	
30	0.18	0.22	0.25	0.28	0.31	
60	0.15	0.21	0.27	0.32	0.37	
90	0.04	0.07	0.11	0.15	0.19	
120	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17	
150	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17	
180	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	
210	0.34	0.40	0.45	0.51	0.55	
240	0.39	0.45	0.52	0.58	0.64	
270	0.12	0.17	0.22	0.26	0.31	
300	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16	
330	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16	
Omnidir	0.39	0.46	0.53	0.59	0.65	

**Tabella 4-22: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – -16m s.l.m.**

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- 16 m s.l.m. - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - 16 m s.l.m.</i>						
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>	
<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
0	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	
30	0.18	0.22	0.25	0.29	0.32	
60	0.14	0.21	0.27	0.33	0.40	
90	0.02	0.06	0.12	0.22	0.34	
120	-	-	-	-	-	
150	0.04	0.08	0.11	0.15	0.19	
180	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	
210	0.30	0.35	0.40	0.44	0.48	
240	0.37	0.44	0.49	0.55	0.60	
270	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	
300	0.05	0.08	0.11	0.14	0.17	
330	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16	
Omnidir	0.38	0.44	0.50	0.56	0.62	

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 34 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-23: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – -29m s.l.m.**

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- at 29 m s.l.m. - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E- Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - 29 m s.l.m.</i>						
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>	
<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
0	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	
30	0.15	0.19	0.22	0.25	0.27	
60	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19	
90	0.02	0.06	0.12	0.22	0.35	
120	-	-	-	-	-	
150	0.04	0.08	0.11	0.15	0.19	
180	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13	
210	0.25	0.30	0.35	0.39	0.43	
240	0.32	0.37	0.42	0.46	0.50	
270	0.10	0.15	0.21	0.26	0.32	
300	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	
330	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16	
Omnidir	0.32	0.38	0.44	0.49	0.56	

**Tabella 4-24: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – -51m s.l.m.**

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- 51 m s.l.m. - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E- Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - 51 m s.l.m.</i>						
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>	
<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
0	0.03	0.07	0.12	0.18	0.26	
30	0.21	0.26	0.31	0.35	0.40	
60	0.13	0.18	0.23	0.28	0.34	
90	-	-	-	-	-	
120	-	-	-	-	-	
150	-	-	-	-	-	
180	0.06	0.08	0.11	0.13	0.16	
210	0.46	0.54	0.62	0.70	0.77	
240	0.42	0.52	0.62	0.71	0.80	
270	0.12	0.20	0.30	0.42	0.54	
300	0.04	0.07	0.11	0.15	0.20	
330	0.01	0.05	0.13	0.25	0.43	
Omnidir	0.47	0.55	0.63	0.71	0.80	

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 35 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 4-25: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – Vicino al fondo**

<i>Estremi Direzionale delle Correnti- Vicino al Fondo - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E- Annuale</i>						
<i>Velocità della corrente - Vicino al Fondo</i>						
<i>Tp</i>	<i>1 Year</i>	<i>10 Year</i>	<i>100 Year</i>	<i>1000 Year</i>	<i>10000 Year</i>	
<i>(to - °N)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>	<i>Cs (m/s)</i>
0	0.07	0.13	0.20	0.28	0.36	
30	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29	
60	0.08	0.12	0.16	0.20	0.24	
90	-	-	-	-	-	
120	-	-	-	-	-	
150	0.03	0.07	0.12	0.18	0.26	
180	0.19	0.28	0.37	0.46	0.56	
210	0.39	0.46	0.54	0.61	0.67	
240	0.30	0.38	0.46	0.53	0.61	
270	-	-	-	-	-	
300	-	-	-	-	-	
330	-	-	-	-	-	
<b>Omnidir</b>	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 36 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

## 5 SISTEMA DI ORMEGGIO OFFSHORE E TRASFERIMENTO GAS

### 5.1 Descrizione e caratteristiche del sistema di ormeggio (STL)

Il Progetto prevede l'installazione di una struttura di ormeggio della FSRU costituita da una torretta esterna disconnettibile o STL (Submerged Turret Loading). Tale soluzione è ritenuta idonea in considerazione della profondità del sito di prevista ubicazione (circa 100 m).

Il STL è un sistema di ormeggio che consiste nell'avere la FSRU collegata in modo tale che sia libera di ruotare intorno ad un punto fisso (torretta), con e senza una nave metaniera ormeggiata sul fianco. La torretta è sua volta ancorata al fondale marino, permettendo così al mezzo navale di disporsi secondo la risultante dei carichi ambientali agenti (corrente, onde e vento).

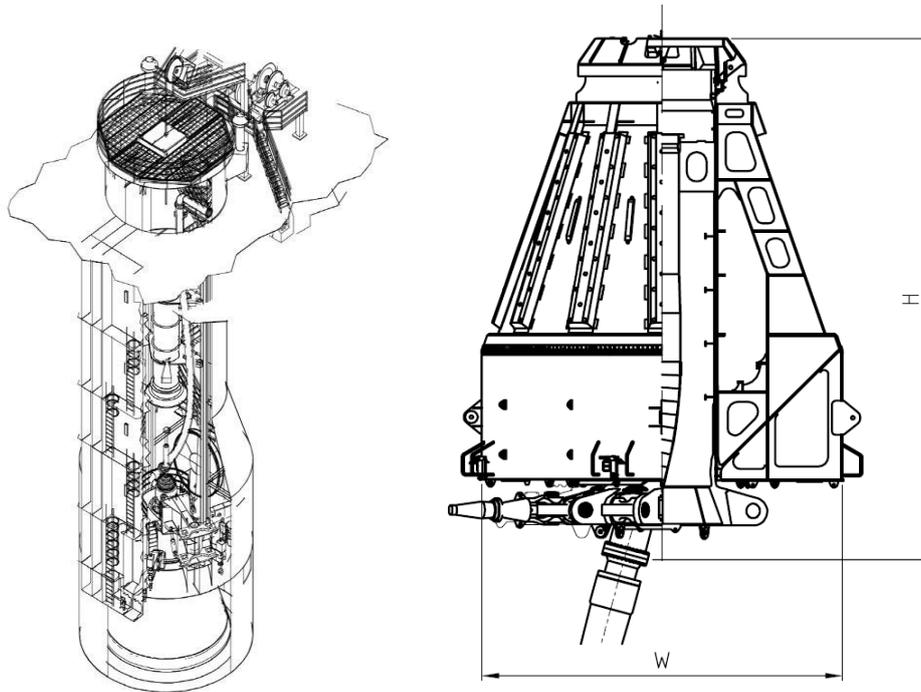
Il sistema di ormeggio STL costituisce una tecnologia consolidata e diffusa nell'ambito dell'industria Oil and Gas offshore ed è costituito dai seguenti componenti:

- Struttura di integrazione della nave, sia nella parte superiore della prua sia in quella inferiore (zona bulbo);
- Sistema a torretta montato a prua, composto da:
  - Torretta per alloggiamento della boa;
  - Struttura supporto torretta;
  - Piattaforma rotante;
  - Collegamento per il riser;
  - Struttura di accesso alla torretta;
- Modulo di galleggiamento (*turret buoy*) della piattaforma rotante;
- Sistema di ormeggio.

Il sistema STL sarà progettato in modo tale che sia possibile permettere alla FSRU di disconnettersi qualora necessario, lasciando galleggiare la *turret buoy*, rappresentata in Figura 5-1, ad una profondità adeguata al di sotto del pelo libero dell'acqua.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 37 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 5-1 Dettaglio di una tipica *turret buoy***

Il sistema di ormeggio preliminarmente scelto è composto da 6 linee di ancoraggio, **disposte a coppie di due ed uniformemente distribuite a 120 gradi una coppia dall'altra**, come rappresentato in Figura 5-3. Le linee di ormeggio sono composte dai seguenti componenti:

- Maniglione di collegamento all'ancora;
- Segmento inferiore di catena di tipo "studless" di calibro circa 110 mm;
- Collegamento tra segmento di catena e segmento di cavo in acciaio;
- Segmento superiore di cavo in acciaio di diametro circa 120 mm;
- Connettore per turret buoy.

Le linee di ormeggio e i relativi componenti proposti sono progettati nel rispetto delle normative internazionali di riferimento del settore offshore e rispetteranno i relativi fattori di sicurezza negli scenari operativi previsti da tali normative per applicazioni di questo genere.

Per ogni linea di ormeggio, la distanza orizzontale tra il punto teorico di installazione della torretta e l'ancora è riportato nella tabella seguente:

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 38 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

**Tabella 5-1: Posizione ancore, torretta. Il raggio rappresenta la distanza orizzontale tra l'elemento in oggetto e il centro della torretta**

		UTM EAST OF ANCHOR (m)	UTM NORTH OF ANCHOR (m)	
STL Center		459720	4902708.95	
MOORING LINE	UTM EAST OF ANCHOR (m)	UTM NORTH OF ANCHOR (m)	DISTANCE TURRET CENTRE - ANCHOR CENTRE (m)	WATER DEPTH AT ANCHOR LOCATION (m)
1	460064.44	4903260.18	650	55
2	460154.93	4903191.99	650	56
3	460025.15	4902135.03	650	76
4	459920.86	4902090.76	650	78
5	459070.39	4902731.63	650	88
6	459084.20	4902844.09	650	78

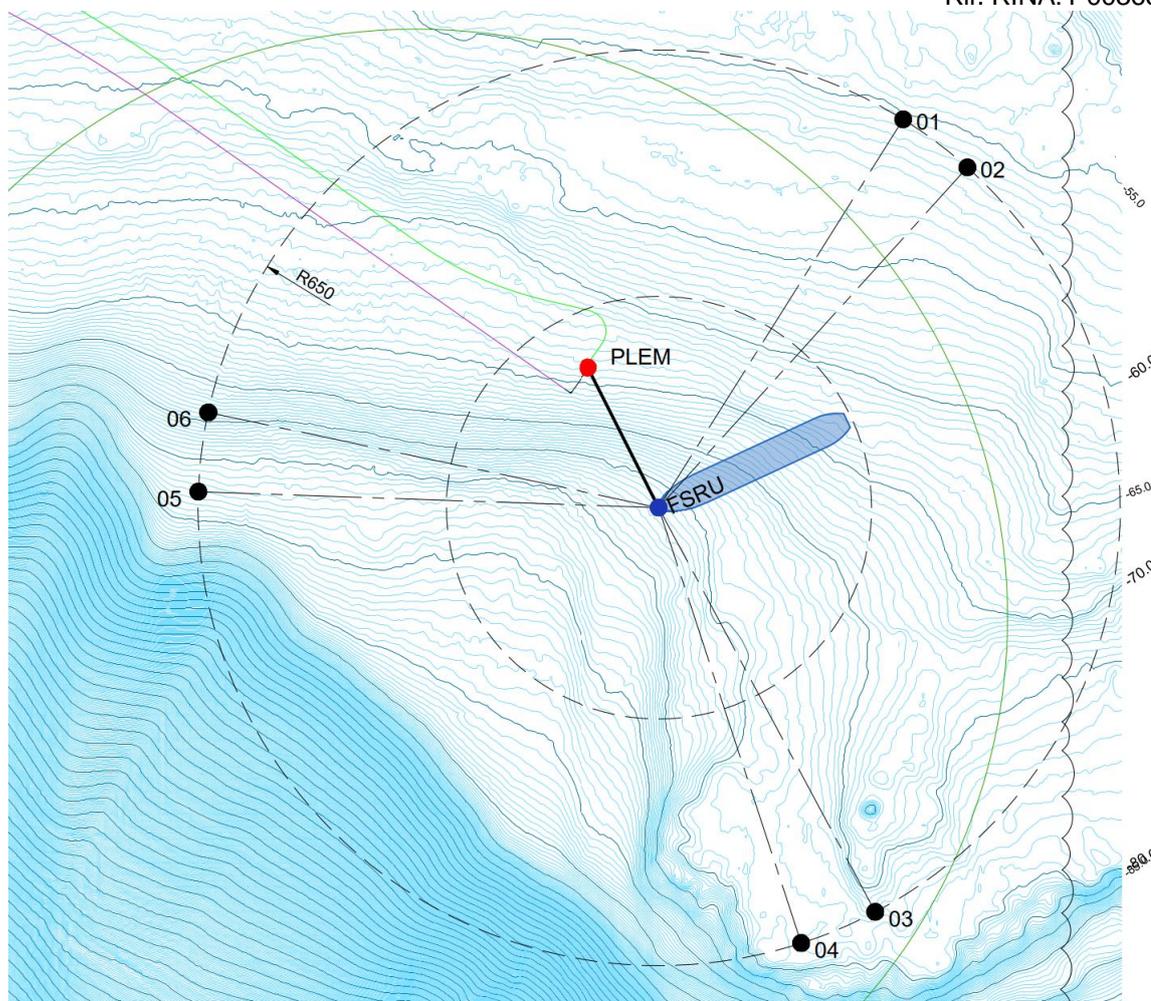
Date le condizioni meteomarine (sostanzialmente favorevoli) nell'area di interesse, il sistema di ormeggio avrà configurazione a catenaria e sarà progettato in modo tale da mantenere la FSRU in posizione anche per agenti metereologici (onda, vento e corrente) aventi periodo di ritorno pari a 100 anni. In Figura 5-2 sono riportate e riassunte le condizioni meteomarine considerate per il dimensionamento del sistema di ormeggio.

Omnidirectional	Return Period	
	10 Years	100 Years
Hs - Tp	4.54 m - 9.58 s	5.41 m - 9.76 s
Hs - Tp 5%	4.54 m - 7.69 s	5.41 m - 7.94 s
Hs - Tp 95%	4.54 m - 11.73 s	5.41 m - 11.82 s
V Wind, 1-h	21.8 m/s	24.1 m/s
V current, surface	0.52 m/s	0.6 m/s

**Figura 5-2 Condizioni meteomarine estreme considerate per il dimensionamento del sistema di ormeggio**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 39 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 5-3 Schema di Ormeggio**

## 5.2 Ancore

La scelta del sistema di ancoraggio è subordinata ad una serie di condizioni sito-specifiche, ossia le caratteristiche geotecniche e geomorfologiche e le condizioni ambientali (meteo) del sito.

La soluzione proposta prevede l'utilizzo di ancore a trascinarsi (drag embedded anchor), rappresentate in Figura 5-4.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 40 di 56	<b>Rev.</b> 1

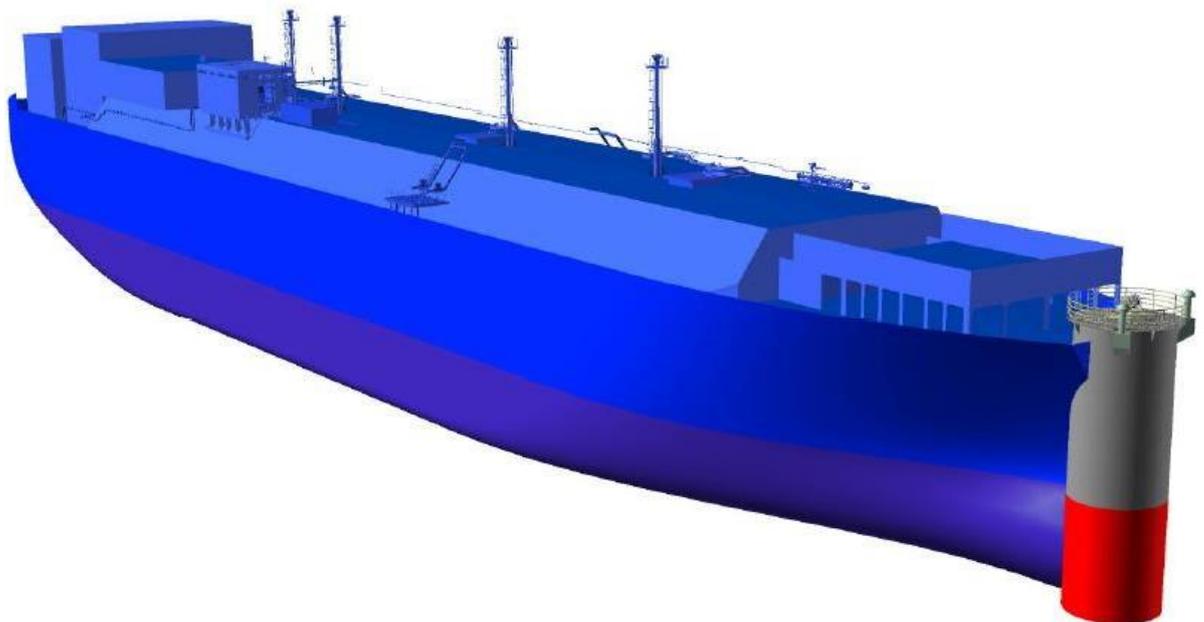
Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 5-4** Configurazione tipica di ancore a trascinamento (drag embedded anchor)

### 5.3 Sistema di interfaccia tra FSRU e *turret buoy*

La struttura di forma circolare, destinata a ricevere la *turret buoy*, sarà posizionata esternamente alla FSRU, in corrispondenza della prua, al fine di minimizzare le interferenze con la nave rigassificatrice. Tale compartimento sarà classificato come “Hazardus-area, zone 1” e pertanto dovrà soddisfare i requisiti imposti dalle normative di riferimento.

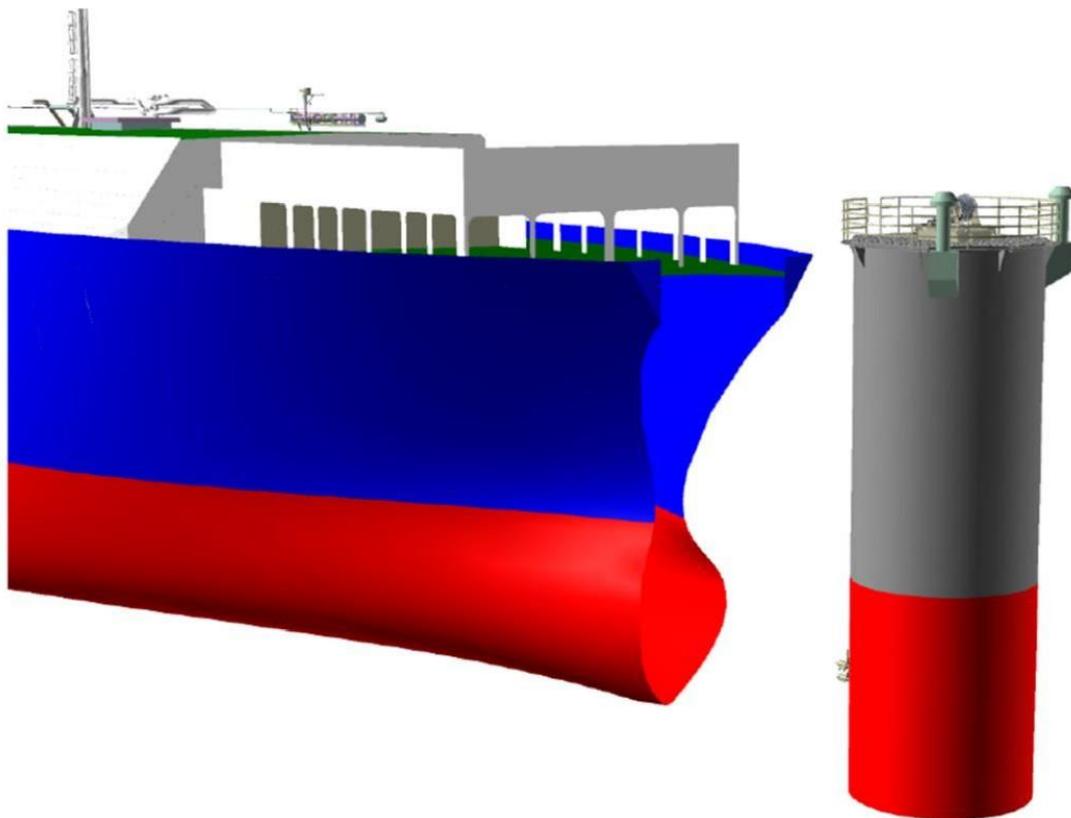


**Figura 5-5** Esempio di struttura di interfaccia tra FSRU e *turret buoy*

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 41 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

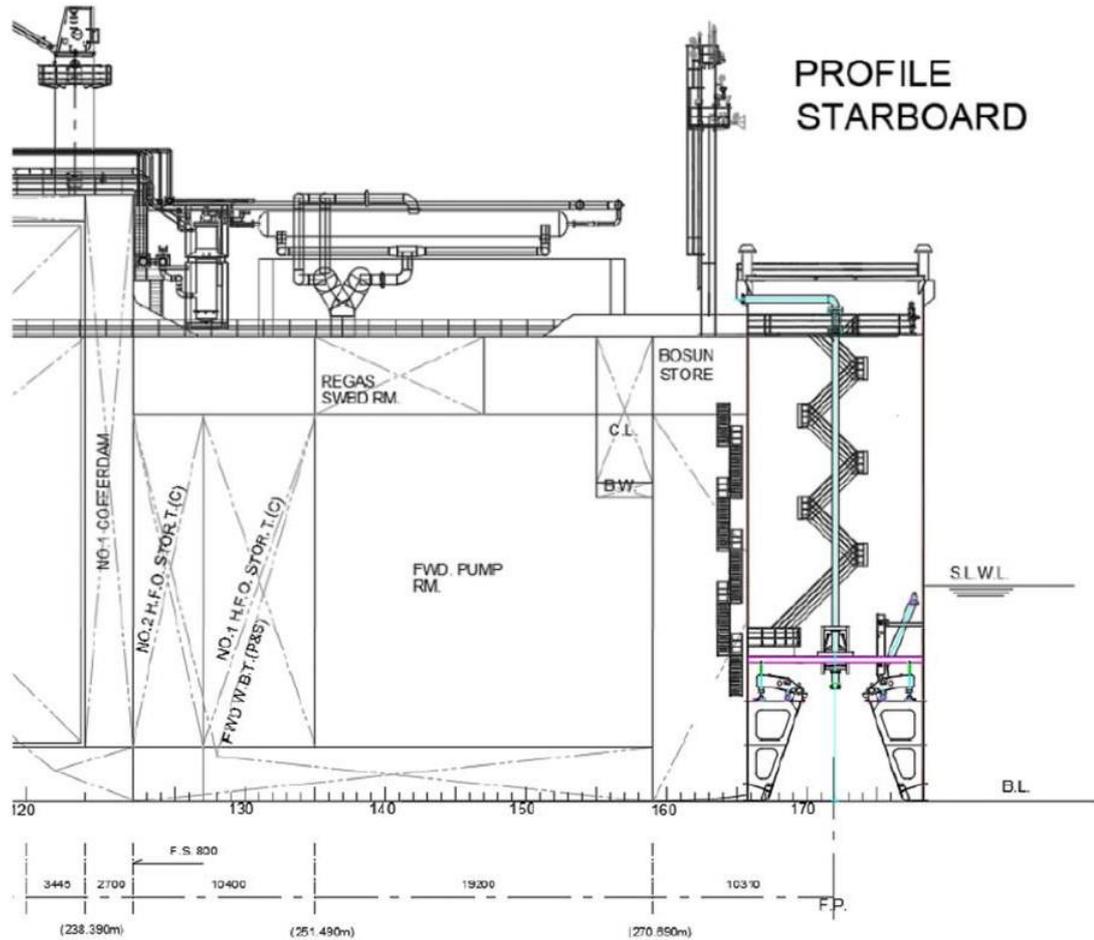
La struttura a torretta verrà prodotta su misura ed avrà un diametro di circa 10 metri, dimensioni sufficienti ad alloggiare il sistema swivel ed a ricevere la *turret buoy*. La parte superiore sarà estesa fino a circa 3 metri sopra il ponte principale. La FSRU dovrà essere opportunatamente modificata in un bacino di carenaggio, al fine di garantire la compatibilità con il sistema di ormeggio scelto. La struttura di interfaccia tra la FSRU e la *turret buoy* sostituirà la parte finale della prua della nave, come rappresentato in Figura 5-6.



**Figura 5-6** Dettaglio tipico della struttura di accoppiamento nave-torretta

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 42 di 56	<b>Rev.</b> 1

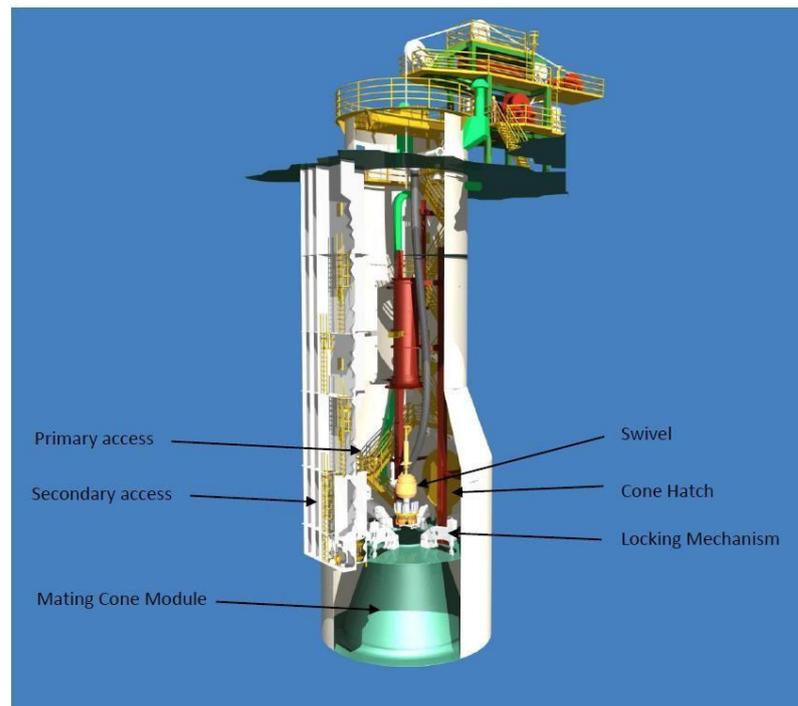
Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 5-7** Sezione trasversale di una tipica struttura di interfaccia a torretta

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 43 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 5-8** Dettaglio tipico dei principali componenti della struttura di interfaccia a torretta

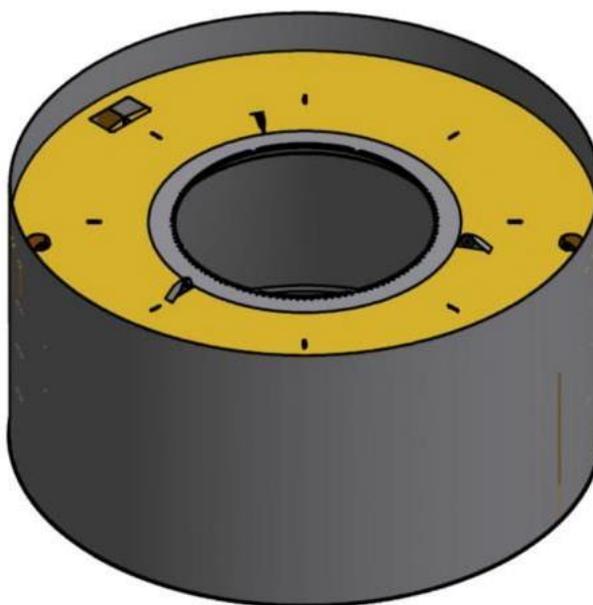
### 5.3.1 Cono di accoppiamento per la *turret buoy* (*Mating Cone*)

Il cono di accoppiamento destinato a ricevere la *turret buoy* sarà situato centralmente all'interno della struttura a torretta installata a prua della FSRU, ad un'altezza di circa cinque metri e mezzo dalla linea di chiglia.

La parte superiore del cono di accoppiamento sarà dotata di una struttura ad anello dedicata che fornisce il supporto orizzontale superiore per la *turret buoy* e fungerà da supporto e protezione alla guarnizione necessaria per isolare la *turret buoy* dalla nave. È inoltre previsto un secondo anello di accoppiamento integrato nella parte inferiore del cono ai fini di garantire un punto inferiore di contatto con la *turret buoy*. Per quanto riguarda questi anelli sono necessarie tolleranze rigorose al fine di garantire un'adeguata tenuta ed un accoppiamento opportuno tra la *turret buoy* e la struttura di interfaccia a torretta installata a prua della nave.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 44 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 5-9** Tipico del cono di accoppiamento della torretta

### 5.3.2 Accessi e vie di fuga

La struttura a torretta deve essere progettata in modo da garantire un accesso sicuro da parte del personale che effettuerà i possibili controlli e lavori di manutenzione. Il percorso principale sarà costituito da una scala circolare situata all'interno della struttura mentre quello secondario prevedrà l'accesso alla scala verticale situata in un tronco tra la torretta e il cofferdam. Entrambe le vie forniranno possibilità di fuga dal livello inferiore della struttura al ponte principale.

Saranno inoltre predisposte due porte di accesso che collegheranno la nave alla torretta installata a prua. La porta principale sarà posizionata a livello del ponte principale mentre quella secondaria sarà disposta ad un livello inferiore come rappresentato in Figura 5-8. Entrambe le porte di accesso dovranno essere a battente, oltre che a tenuta di acqua e gas.

L'accesso sarà fornito a tutte le apparecchiature del sistema per le quali si prevede la necessità di effettuare ispezioni, manutenzioni e/o riparazioni durante il ciclo di vita del progetto. L'accesso sarà fornito anche ai dispositivi di movimentazione dei materiali ed a tutte le apparecchiature necessarie alla connessione della *turret buoy* ed al corretto funzionamento del sistema.

### 5.3.3 Sistema di bloccaggio

Il sistema che assicura il fissaggio della *turret buoy* nella struttura di interfaccia della nave è costituito da diversi singoli meccanismi di bloccaggio disposti intorno alla parte superiore

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 45 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

della *turret buoy*. Ogni meccanismo esercita sulla *turret buoy* una forza diretta verso l'alto agganciandola sotto l'anello di bloccaggio.

#### 5.4 *Turret buoy*

La *turret buoy* è progettata per adattarsi al cono di accoppiamento presente nella struttura di interfaccia con la nave e presentato nel capitolo 5.3.1. Il diametro della torretta sarà di circa 2.2 m, mentre gli anelli di accoppiamento superiore e inferiore avranno diametri di 3.5 m e 7.35 m rispettivamente.

La *turret buoy* e il sistema di ormeggio avranno principalmente le seguenti funzioni:

- Permettere alla FSRU di ruotare e disporsi lungo la direzione della risultante dei carichi ambientali (onda, vento e corrente);
- Trasferire i carichi ormeggio alla FSRU;
- Fornire galleggiabilità per le linee di ormeggio e il riser;
- Collegare il riser flessibile al relativo snodo girevole (swivel).

La *turret buoy* si collegherà al cono di accoppiamento della FSRU e sarà bloccato in posizione da dispositivi di bloccaggio idraulici. La nave sarà libera di ruotare intorno alla struttura a torretta geostazionaria presente all'interno della boa (rappresentata in Figura 5-11).

La struttura esterna della *turret buoy* sarà progettata per resistere sia ai carichi d'urto previsti durante l'aggancio e la disconnessione, sia a quelli dovuti alla pressione idrostatica agente quando essa si troverà in posizione sommersa di progetto. Durante le operazioni di connessione e disconnessione, le zone di contatto con la FSRU saranno limitate agli anelli di accoppiamento inferiori e superiori, che richiederanno rigorose tolleranze di interfaccia. La *turret buoy* sarà inoltre dotata di un parabordo predisposto per assorbire l'energia d'urto prevista durante il collegamento con la FSRU.

La *turret buoy* sarà divisa in diversi compartimenti indipendenti, in modo da ridurre il rischio di perdita critica di galleggiabilità in caso di danni. La boa sarà infatti progettata per resistere alla perdita di galleggiabilità in uno dei compartimenti stagni esterni.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 46 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 5-10** Tipico del cono di galleggiamento della *turret buoy*

Quando disconnessa, la boa galleggerà a circa 30 metri al di sotto del livello del mare e si esclude quindi la possibilità di impatto con qualunque tipo di nave in transito. Per questo motivo le analisi d'impatto si limiteranno alla valutazione di un impatto accidentale tra la *turret buoy* e la FSRU durante le operazioni di connessione.

Sulla parte superiore del cono di galleggiamento si trova una robusta struttura denominata Locking Recess Ring (anello di bloccaggio ad incasso). Questo anello sarà sagomato con un incavo per i dispositivi di bloccaggio, che supporteranno la boa verticalmente. Tale struttura sarà realizzata anche come sistema di protezione per la valvola ESD montata sulla *turret buoy*, in modo da evitare possibili danni durante le operazioni di connessione e disconnessione.

#### 5.4.1 Struttura interna

La torretta integrata rappresentata in Figura 5-11 è la parte geo-stazionaria della *turret buoy* ed è costituita da una parte superiore a forma di tronco e una parte inferiore dotata di occhielli (pad-eyes) necessari per il collegamento alle linee di ormeggio. Le tensioni saranno trasferite dalle linee di ormeggio alla struttura a torretta attraverso tali occhielli (pad-eyes), che a loro volta saranno trasferiti dalla torretta alla struttura della nave attraverso un sistema di cuscinetti.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 47 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



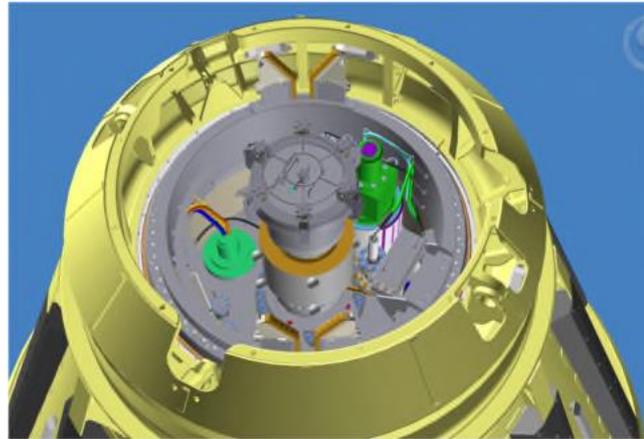
**Figura 5-11** Tipico di struttura interna geo-stazionaria della *turret buoy*

La torretta sarà dotata di un tubo guida integrato (J-tube) all'interno del quale sarà inserito il riser flessibile, fino alla piastra superiore della *turret buoy*, dove sarà sostenuto dal sistema di sospensione (hang off).

Il sistema di hang-off del riser si trova all'incirca al centro parte superiore della *turret buoy*, come rappresentato nella figura seguente, dalla quale è possibile notare anche la posizione della Stack Valve (valvola a "batteria" costituita da una serie di valvole impilate una sull'altra).

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 48 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 5-12** Tipico della parte superiore della *turret buoy* che include il riser e la Stack Valve

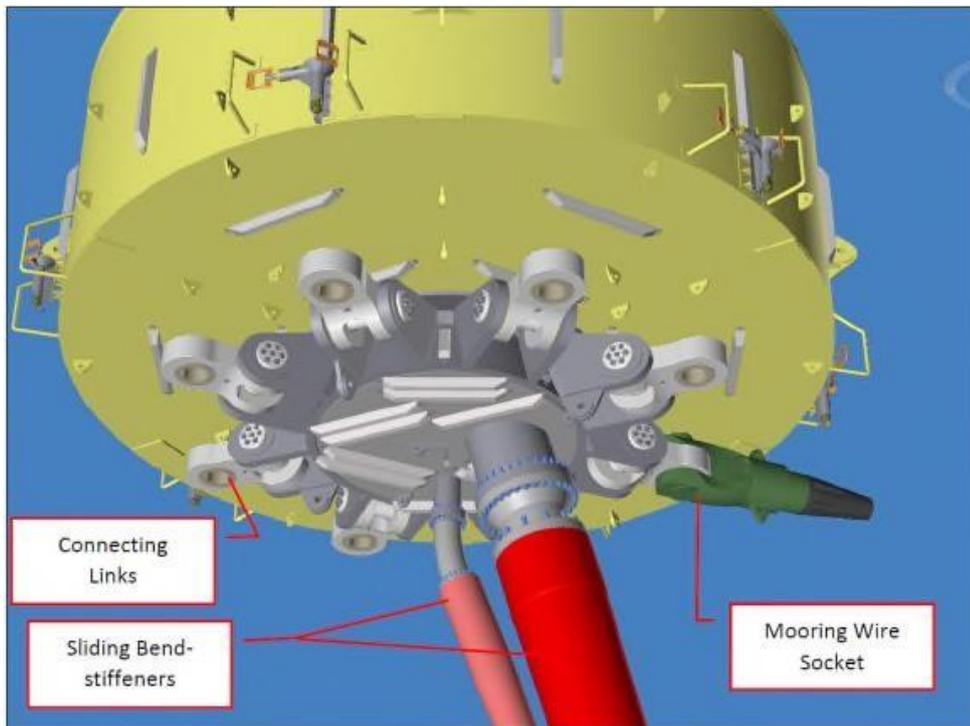
Un elemento di irrigidimento flessionale (*bend stiffener*) sarà montato sulla parte inferiore del J-tube per limitare il momento flettente e la forza di taglio agenti sul riser flessibile, mentre il carico assiale viene trasferito alla parte superiore della *turret buoy* tramite la connessione di hang off.

#### 5.4.2 Collegamenti di ormeggio

Ogni linea di ormeggio sarà collegata alla parte inferiore della *turret buoy* come indicato in Figura 5-13.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 49 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1



**Figura 5-13** Tipico della parte inferiore della *turret buoy*

#### 5.4.3 Cuscinetti

Lo scopo principale dei cuscinetti della torretta è quello garantire il trasferimento dei carichi dalla struttura interna della torretta al cono di galleggiamento e consentirne una libera rotazione. Sono previsti tre cuscinetti principali:

- assiale superiore, supporterà tutti i carichi verticali derivanti dall'ormeggio e dal riser e sarà esposto al carico continuo più elevato;
- radiale superiore;
- radiale inferiore.

Per tutti i cuscinetti non è prevista la necessità di alcuna manutenzione programmata ma sarà comunque possibile accedervi in caso di manutenzione straordinaria.

#### 5.4.4 Attrezzatura per il collegamento della *turret buoy* alla FSRU

La parte superiore della *turret buoy* sarà equipaggiata con l'attrezzatura necessaria per eseguire il collegamento della stessa alla FSRU.

I componenti principali di tale attrezzatura sono:

- briglie di sollevamento a tre gambe;

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 50 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

- cavo messaggero con boe a molla collegate per ottenere una maggiore galleggiabilità;
- boe segnaletiche.

#### 5.4.5 Protezione contro la corrosione

Tutti i componenti sottomarini saranno protetti da un sistema di verniciatura resistente in combinazione con la protezione catodica ad anodi sacrificali. Nel caso in cui ciò non fosse praticabile, i componenti saranno progettati con un margine di corrosione sufficiente per mantenere la capacità di resistenza per tutta la durata prevista del sistema.

### 5.5 Dati di Progetto

Si considerano come dati di progetto per le apparecchiature oggetto di questo studio:

- Pressione di Design: 135 bar g;
- Pressione Operativa: 75 – 100 bar g;
- Temperatura di Design (min / max): -20 / 50 °C;
- Portata Massima Scaricata: 750 MMSCFD @ 100 bar g e 20°C;
- Portata Scaricata Operativa. 500 MMSCFD @ 80 bar g e 20°C.

### 5.6 Gas Swivel e Sistema STL

Il sistema di trasporto e trasferimento del prodotto di rigassifica sarà costituito dai seguenti item principali:

#### 5.6.1 Gas Swivel

Lo swivel sarà costituito da una parte statica ed una rotante, assemblate in una unità compatta. Tre guarnizioni dinamiche indipendenti, più una raschiante aggiuntiva per una maggiore protezione, forniranno una salda tenuta con possibilità di monitoraggio di eventuali perdite. Questo snodo è una unità di processo passiva e dunque non richiede alcuna alimentazione esterna idraulica né sistemi di controllo attivi.

#### 5.6.2 Sistema STL

Il flusso di rigassifica verrà direzionato dall'interfaccia dell'impianto della nave sul ponte principale giù fino al *turret buoy*; quest'ultima comprenderà le seguenti apparecchiature:

- Valvola ESD, che sarà posizionata direttamente sul tubo di collegamento diretto alla *turret buoy* a valle del gas swivel. La valvola avrà chiusura a prova di guasto con attuatore idraulico e sarà controllata dall'HPU della *turret buoy*. La posizione della valvola (aperta / chiusa) sarà trasmessa nel compartimento del *turret buoy* tramite comunicazione wireless;

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 51 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

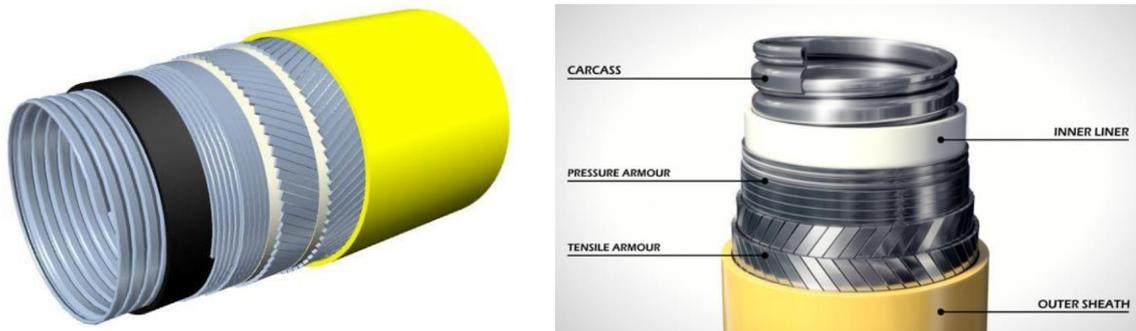
- Pompe di Scarico: nel vano del *turret buoy* sarà installata una pompa di scarico azionata elettricamente con lo scopo di svuotare il vano stesso dall'acqua. Verrà predisposta anche una pompa di scarico pneumatica più piccola per svuotare la parte superiore della boa dopo il collegamento.
- Drenaggio: la tubazione della pompa di scarico dovrà poter essere indirizzata ad uno slop tank in caso di rilevamento di inquinamento dell'acqua nel sistema di scarico del *turret buoy*;
- Illuminazione: il vano dovrà essere dotato di illuminazione sufficiente per garantire la lavorabilità in sicurezza, comprensiva di luci di emergenza per le vie di fuga;
- CCTV: si prevedono due (2) telecamere esterne al livello inferiore per monitorare la boa e lo swivel durante la fase di aggancio, con relativi monitor;
- Sistema di Controllo, che comprenderà, all'interfaccia di avviamento e controllo, il pannello di controllo con connessione remota, HPU e valve rack;

### 5.7 Tubo di risalita flessibile (riser)

Il sistema prevede un tubo flessibile di risalita (riser) con diametro di 14 pollici, che connette la torretta della FSRU con il PLEM (PipeLine End Manifold) sottomarino.

Il riser flessibile dovrà disporsi in una configurazione "ad onda" (wave configuration), che consente notevoli spostamenti orizzontali (offset) della FSRU anche in fondali con profondità di circa 100 m.

La figura seguente mostra una costruzione tipica di un riser flessibile, evidenziando come esso sia costituito da diversi strati (layers).



**Figura 5-14 Sezione tipica di riser flessibile**

In particolare, il riser può essere costituito dai seguenti strati, a partire dallo strato interno:

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 52 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

### Carcassa

La carcassa costituisce il corpo del tubo flessibile ed è essenzialmente un tubo metallico corrugato. La funzione primaria della carcassa è quella di evitare che il rivestimento interno in polimero collasi a causa di possibili pressioni esterne o rapide decompressioni.

### Guaina di pressione

Rivestimento interno altamente resistente all'idrolisi e praticamente a qualsiasi prodotto chimico utilizzato nell'industria offshore.

### Armatura di pressione

Lo strato è costituito da profili a forma di "C" o "Z".

### Armatura di trazione

Consiste in due strati incrociati di fili rettangolari in acciaio al carbonio, che garantiscono la resistenza del flessibile alle forze assiali, indotte dalla pressione di esercizio interna, dal peso del tubo flessibile e dai carichi esterni, quali p.es. i carichi di tensione durante l'installazione o i carichi dinamici.

### Guaina esterna

La sua funzione è quella di proteggere gli strati dell'armatura d'acciaio dai danni meccanici e dall'esposizione all'acqua di mare, fornendo così protezione contro la corrosione dei trefoli d'acciaio sia nell'armatura di pressione che in quella di trazione.

Ogni estremità del riser verrà dotata di una testa di terminazione (End Termination), provvista di un sistema di sfiato del gas oltre che della flangia di terminazione vera e propria. L'estremità superiore del riser sarà inoltre dotata di un irrigidimento flessionale (Bend Stiffener) per ridurre il raggio di curvatura, che verrà inserito nella parte inferiore del tubo a "J" (J-tube) della turret buoy.

Il riser flessibile dovrà essere progettato per sottostare sia alla pressione interna di progetto sia a quella idrostatica esterna in caso rimanga vuoto.

Il riser comprenderà i seguenti componenti:

- Riser flessibile avente lunghezza di circa 320 m;
- Dispositivo di sospensione (hang-off equipment) del riser alla torretta;
- Irrigidimento flessionale (bend stiffener) per limitare l'inflessione del riser in corrispondenza del collegamento con la torretta;
- Limitatore di inflessione (bend restrictor) per limitare il raggio di curvatura del riser in corrispondenza del collegamento sottomarino;
- Elementi di galleggiamento (buoyancy modules) da applicare sul riser flessibile in corrispondenza del tratto "galleggiante".

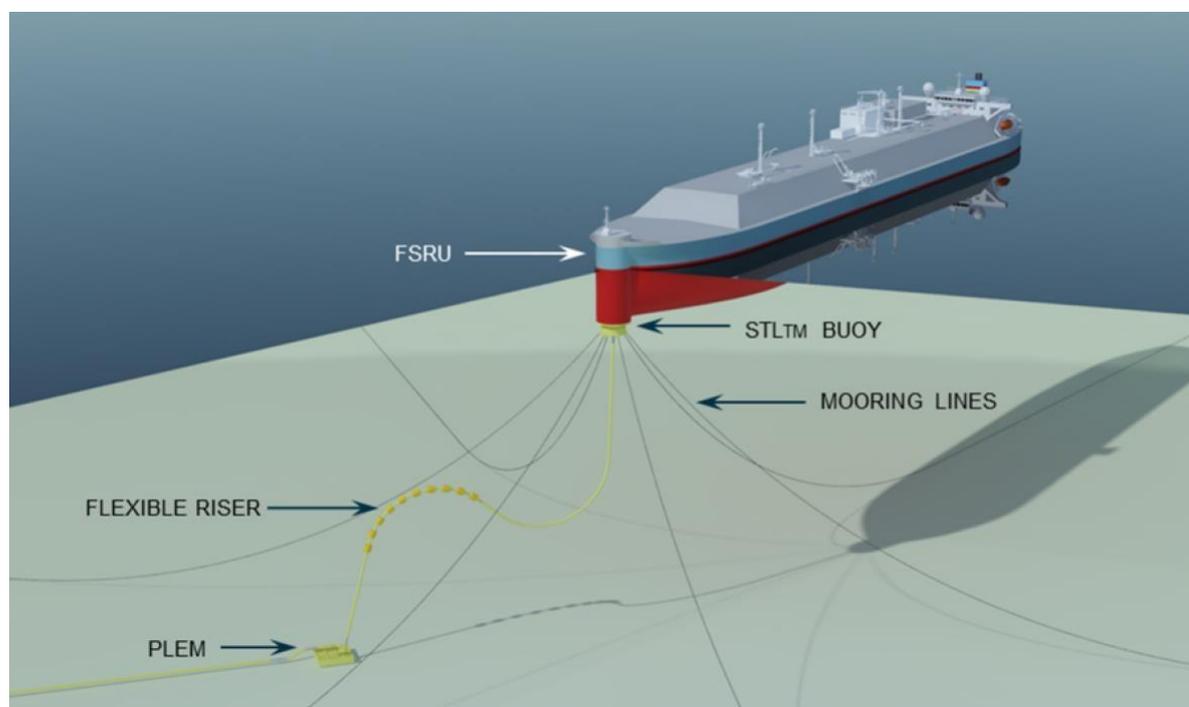
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 53 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

La configurazione ottimale del riser, la sua lunghezza e gli accessori (ancillaries) necessari, verranno definiti per mezzo di analisi dinamiche dedicate, da eseguire in una fase più avanzata di progettazione.

## 5.8 Strutture Sottomarine

Il sistema di trasferimento di gas naturale dalla torretta è costituito da un riser flessibile collegato ad un PLEM, a sua volta collegato alla condotta sottomarina per l'invio a terra del prodotto.



**Figura 5-15 Schema (tipico) del sistema di ormeggio**

### 5.8.1 PLEM

Il PLEM è una struttura sottomarina alla quale si collega la tubazione flessibile ID 14" che parte dalla Torretta della FSRU.

Le funzioni del PLEM sono:

- Collettare, tramite adeguato sistema di tubazioni e valvole (piping), il gas dalla FSRU (attraverso il riser) alla condotta sottomarina e, di lì, all'allaccio alla rete nazionale;
- Alloggiare la valvola di intercettazione sottomarina (descritta nel paragrafo 5.8.2) e gli equipment idraulici ed elettrici necessari per il sistema di attuazione della stessa;
- Sostenere e proteggere il piping.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 54 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

Il PLEM sarà costituito da:

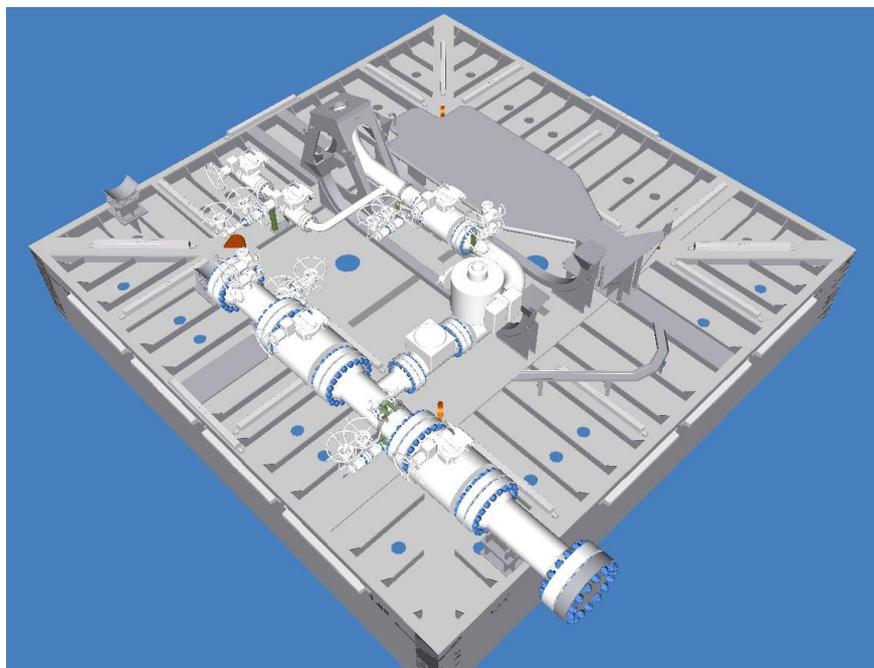
- una struttura di fondazione a gravità (skirt e mudmat) per l'interazione con il fondale marino e per sostenere il piping, la valvola di intercettazione sottomarina e relativi equipment di attuazione;
- una struttura sovrastante che assicura la protezione delle tubazioni e delle valvole e dall'eventuale impatto dovuto alla caduta di oggetti (dropped object).

Fondazione e struttura sovrastante possono essere integrate in un'unica struttura.

La soluzione finale prevista per il sistema di fondazione, nonché le dimensioni ed il peso finale del PLEM saranno definite in una fase di successiva ingegneria e sulla base delle caratteristiche geotecniche di dettaglio del fondale marino nel sito di prevista installazione.

In questa fase si può ritenere che le dimensioni del PLEM siano comunque contenute all'interno di un'area avente base massima di 20 m x 20 m.

Una configurazione tipica del PLEM è riportata nella seguente figura.



**Figura 5-16 Tipica configurazione del PLEM**

#### 5.8.2 Valvola di Intercettazione Sottomarina

Sul PLEM verrà installata una valvola di intercettazione sottomarina per creare una barriera di sicurezza nel caso in cui sia necessario interrompere la linea di flusso d'esportazione.

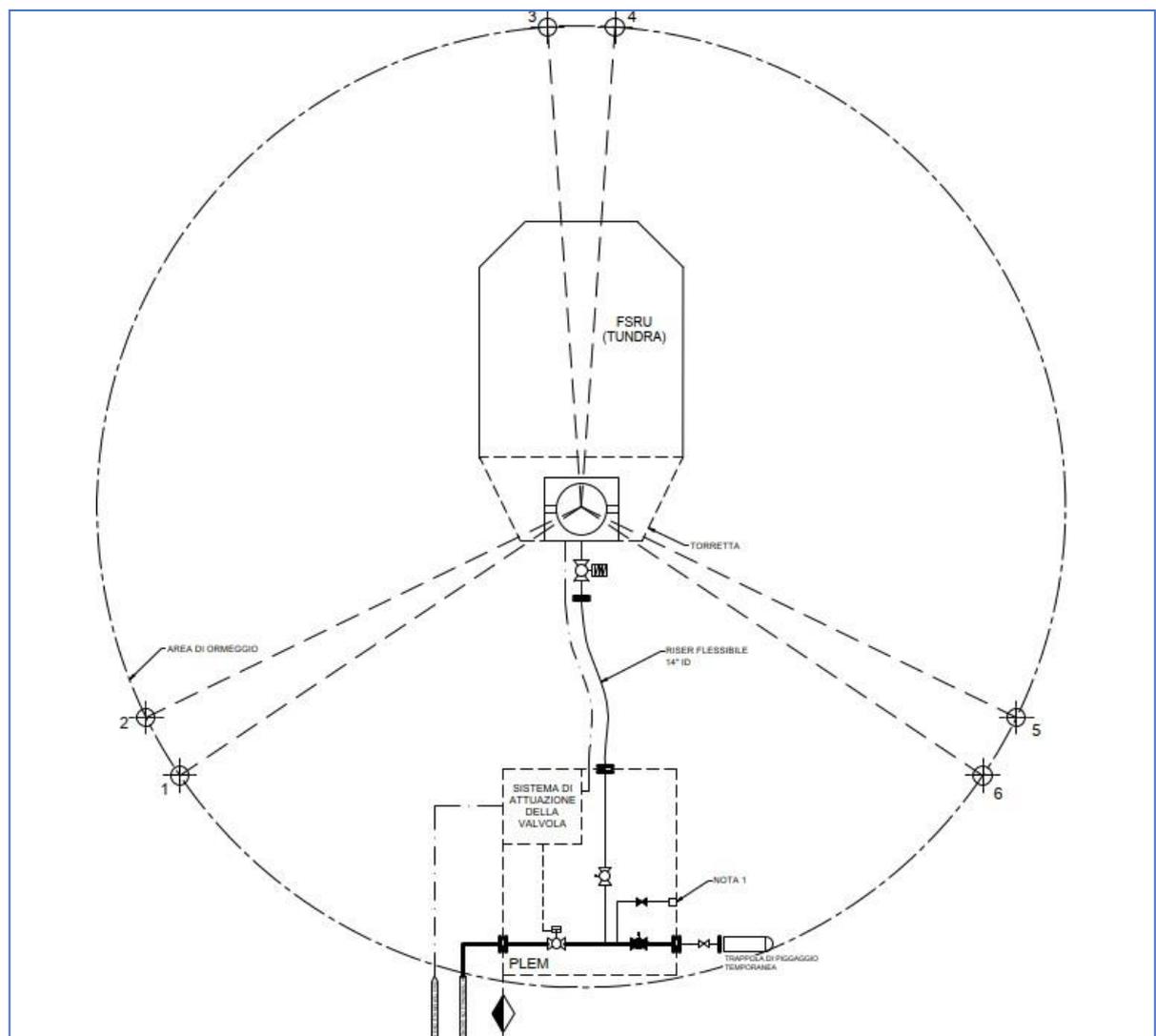
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 55 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

La valvola sarà progettata per essere a prova di guasto e si chiuderà alla perdita di un segnale attivo dal sistema di arresto di emergenza (ESD) del tipo Spring Return Type / Fail Safe Close. In questo modo, l'attuatore della valvola si porterà automaticamente in posizione di chiusura nel momento in cui venga a mancare il comando.

La valvola attuata sul PLEM sarà operabile da terra e comandata dalla nave mediante un sistema di controllo da definire **nelle** fasi di progettazione successive.

In Figura 5- si riporta lo schematico generale degli item installati.



**Figura 5-17 Schematico Generale**

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b> -	<b>UNITÀ</b>
	<b>LOCALITÀ</b> <b>ALTO TIRRENO</b>	<b>REL-100-E-00100</b>	
	<b>PROGETTO</b> FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti	Pag. 56 di 56	<b>Rev.</b> 1

Rif. RINA: P0036381-1-H1

### 5.9 Posizione di PLEM e Torretta

Nel presente studio di fattibilità si prevede di installare il PLEM all'interno dell'area "Charlie", **nella parte centrale del settore compreso tra le ancore N.01 e N.06, in un'area piuttosto pianeggiante ad una quota di fondale di circa -70m e più specificatamente alle coordinate 459620E, 4902908N. Tali coordinate sono espresse rispetto al sistema WGS 84 con proiezione UTM zona 32N.**

La torretta sarà ubicata approssimativamente a **220** metri dal PLEM.

### 5.10 Sistema di Attuazione della Valvola di Intercettazione Sottomarina

Come detto, la valvola sottomarina installata sul PLEM verrà attuata dalla FSRU tramite un sistema da definire, ma potrà comunicare ed essere comandata tramite DCS (Distributed Control System, Sistema di Controllo Distribuito) della FSRU dalla stazione di controllo costiera tramite un cavo TLC da posare in mare, il quale permetterà un collegamento diretto tra il DCS della FSRU e il DCS della stazione costiera.

L'identificazione ed il dimensionamento delle apparecchiature idrauliche ed elettriche ed il sistema di attuazione verranno eseguiti in fase di ingegneria di base e dettaglio anche alla luce di analisi HAZID e Risk Assessment.