

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 1 di 39	<b>Rev.</b> 1

**Progetto FSRU – Vado Ligure**

**Studio Meteomarino**

		<i>CP</i>	<i>MBlni</i>	<i>Claudio Monda</i>	
0	Emissione	C. Pizzigalli	M. Badalini	C. Monda	Giugno 2023
<b>Rev.</b>	<b>Descrizione</b>	<b>Preparato</b>	<b>Verificato</b>	<b>Approvato</b>	<b>Data</b>

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 2 di 39	<b>Rev.</b> 1

## INDICE

<b>1. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
1.1 PREMESA.....	3
1.2 SOLUZIONE PROPOSTA .....	3
<b>2. SCOPO DEL DOCUMENTO.....</b>	<b>4</b>
2.1. DEFINIZIONI E ABBREVIAZIONI.....	5
2.1.1. DEFINIZIONI.....	5
2.1.2. ABBREVIAZIONI E SIMBOLI.....	5
<b>3. REFERENZE .....</b>	<b>7</b>
3.1. CODICI E STANDARDS .....	7
3.2. ALTRI DOCUMENTI.....	7
<b>4. PROGETTO.....</b>	<b>8</b>
4.1. DESCRIZIONE DEL PROGETTO .....	8
<b>5. DATI METEO MARINI DI BASE .....</b>	<b>10</b>
5.1. ONDE E VENTO .....	10
5.2. DATI IDRODINAMICI.....	10
<b>6. VENTO .....</b>	<b>12</b>
6.1. CLIMA DEL VENTO .....	12
6.2. ESTREMI DI VELOCITÀ DEL VENTO .....	13
6.3. RAFFICHE DI VENTO .....	13
<b>7. ONDA.....</b>	<b>15</b>
7.1. CLIMA DELL'ONDA ED ECCEDENZE .....	15
7.2. ASPETTI OPERATIVI .....	16
7.3. ALTEZZA DELL'ONDA E PERIODO DI PICCO SPETTRALE .....	18
7.4. SPETTRO D'ONDA.....	19
7.5. ONDA MASSIMA.....	20
7.6. ESTREMI DI ONDA.....	21
<b>8. CORRENTI MARINE .....</b>	<b>22</b>
8.1. CLIMA DELLE CORRENTI .....	22
8.2. ESTREMI DI CORRENTE.....	27
<b>9. LIVELLO DEL MARE.....</b>	<b>32</b>
<b>10. IDROLOGIA .....</b>	<b>33</b>
<b>11. BIOFOULING MARINO .....</b>	<b>37</b>
<b>12. APPENDICE A.....</b>	<b>38</b>
12.1. DATI CLIMATICI .....	38
12.2. ECCEDENZE.....	38
12.3. DATI ESTREMI.....	38
12.4. DATI IDROLOGICI.....	38

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 3 di 39	<b>Rev.</b> 1

## 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 insieme ai suoi allegati, 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. In particolare, gli allegati tecnici riportano le principali caratteristiche del Progetto, analizzano gli aspetti ambientali, paesaggistici ed urbanistici e riportano le valutazioni relative ai temi Seveso ed antincendio.

### 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 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.

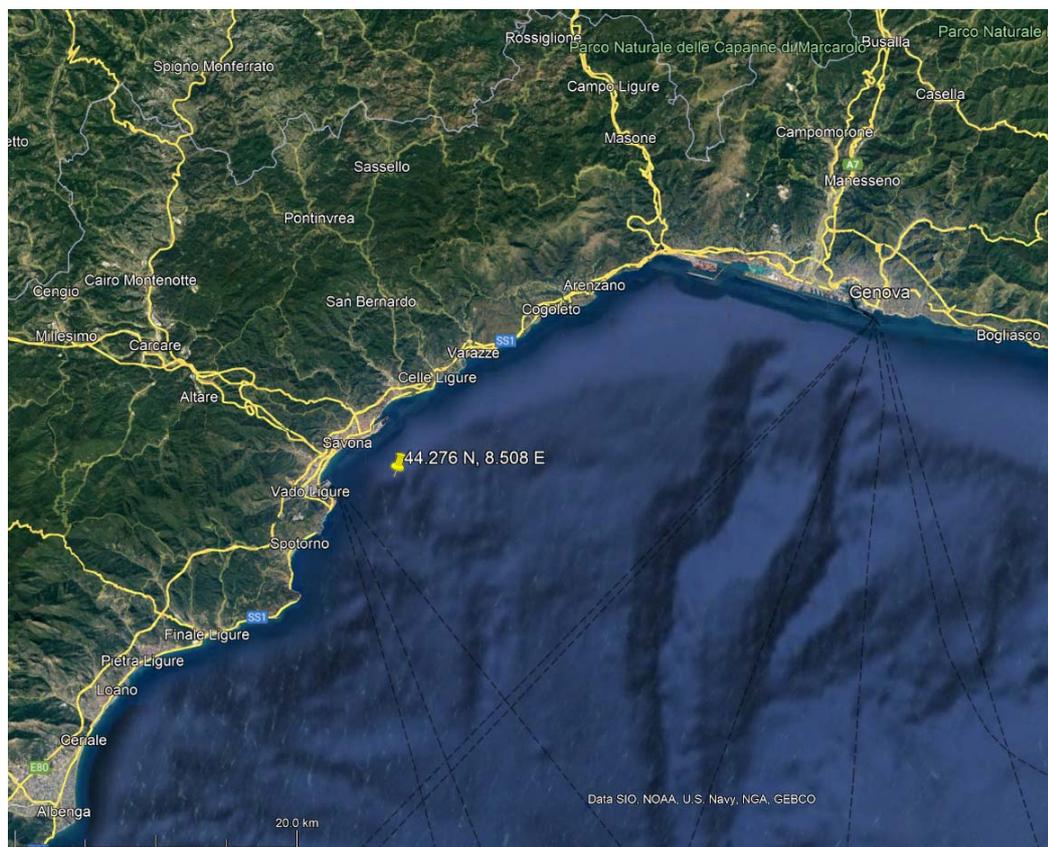
	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 4 di 39	<b>Rev.</b> 1

## 2. SCOPO DEL DOCUMENTO

Il seguente documento ha come scopo la descrizione delle caratteristiche meteomarine rilevanti per la fase di design del progetto FSRU Vado Ligure, situato nel Mar Ligure.

Il punto meteomarinico selezionato per l'area di studio ha le seguenti coordinate: 44.276N, 8.508E (vedi Figura 2-1).

In questo documento vengono riportate le condizioni climatiche di onde, vento e correnti tipiche del sito.



*Figura 2-1 Area di Studio nel mare Ligure -Vado Ligure*

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 5 di 39	<b>Rev.</b> 1

## 2.1. Definizioni e Abbreviazioni

### 2.1.1. Definizioni

PROPONENTE	Snam FSRU Italia
PROGETTO	FSRU Alto Tirreno e collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti
SITO	Mar Ligure, Liguria
TERMINALE	Include le componenti del Progetto che sono gestite dalla Società Proponente, quali: la nave FSRU, il relativo ormeggio offshore, l'impianto sottomarino PLEM e l'Impianto IW a terra.
OPERE CONNESSE	Metanodotti (a mare ed a terra) di collegamento tra FSRU e Rete Nazionale Gasdotti e l'Impianto PDE
IMPIANTP PDE	Impianto di filtraggio, regolazione e misura fiscale del gas naturale ubicato in località Gagliardi in Comune di Quiliano (SV).
IMPIANTO IW	Impianto di correzione Indice di Wobbe localizzato in adiacenza all'impianto PDE in località Gagliardi in Comune di Quiliano (SV).
PLEM	Impianto sottomarino di intercettazione del gas naturale funzionalmente connesso alla nave FSRU mediante un riser.
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.

### 2.1.2. Abbreviazioni e Simboli

Acronimo	Significato
a.s.b.	Above sea bottom (sopra fondo marino)
s.l.m	sotto il livello marino
Cs	Current Speed (m/s) (velocità di corrente)
D	Diametro totale della condotta
DHI	Danish Hydraulic Institute
Dir	Direzione di provenienza dell'onda e del vento o direzione verso cui fluiscono le correnti
FSRU	Unità galleggiante stoccaggio e rigassificazione
$\gamma$	Peak enhancement factor (fattore di picco)
KP	Punto kilometrico
ID	Diametro interno
$H_{max}$	Altezza massima dell'onda (m)
Hs	Altezza significative dell'onda (m)
LTE	Fine dell'approdo a terra

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 6 di 39	<b>Rev.</b> 1

<b>Acronimo</b>	<b>Significato</b>
NA	Non applicabile
ND	Diametro nominale
OD	Diametro esterno
PU	Poliuretano
RNG	Rete Nazionale Gasdotti
RP	Periodo di ritorno
SSIV	Valvola di isolamento di sicurezza sottomarina
SRG	Snam Rete Gas
TBC	Da confermare
Tp	Periodo di picco spettrale (s)
Tmax	Periodo dell'onda associata (s) alla massima altezza di onda (m)
3LPE	Polietilene a tre strati
WD	Profondità dell'acqua
WT	Spessore del tubo

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 7 di 39	<b>Rev.</b> 1

### 3. REFERENZE

#### 3.1. Codici e Standards

/1/ DNV-RP-C205 – Environmental Conditions and Environmental Loads.

#### 3.2. Altri documenti

- /2/ Y.Goda - Random seas and design of maritime structures – World scientific – 2000
- /3/ Lett\_369\_22.pdf - MetOcean data processing for 1 point in the Ligurian Sea
- /4/ Macrofouling Role of Mussels in Italian Seas: A Short Review. Giulio Relini and Manuela Montanari. 10th International Congress on Marine Corrosion and Fouling University of Melbourne, February 1999: Additional Papers.
- /5/ Macrofouling of an Oceanographic Buoy in the Ligurian Sea (Western Mediterranean). G. Relini, M. Montanari, P. Moschella and A. Siccardi. 10th International Congress on Marine Corrosion and Fouling University of Melbourne, February 1999: Additional Papers.
- /6/ D. L. Codiga, "Unified Tidal Analysis and Prediction Using the UTide Matlab Functions. Technical Report 2011-01," Graduate School of Oceanography, University of Rhode Island, Narragansett, RI. 59pp, 2011.
- /7/ R. Pawlowicz, B. Beardsley and S. Lentz, "Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T-TIDE," Computers & Geosciences 28, pp. 929-937, 2003.
- /8/ [20] K. E. Leffler and D. A. Jay, "Enhancing tidal harmonic analysis: Robust (hybrid L-1/L-2) solutions," Cont. Shelf Res. 29, pp. 78-88. DOI: 10.1016/j.csr.2008.1004.1011, 2009.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 8 di 39	<b>Rev.</b> 1

## 4. PROGETTO

### 4.1. Descrizione del progetto

Il Progetto FSRU Alto Tirreno e Collegamento alla Rete Nazionale Gasdotti riguarda il riposizionamento della FSRU Tundra dal porto di Piombino ad un punto di ormeggio permanente a largo delle coste di fronte Vado Ligure (SV) in Liguria ed il suo collegamento con la Rete Nazionale Gasdotti (RNG).



La FSRU riceverà gas naturale liquefatto (GNL) dalle navi cisterna di GNL che trasferiranno il prodotto in modalità STS (Ship-To-Ship). Il GNL sarà quindi rigassificato a bordo della FSRU e il gas verrà esportato a terra attraverso una nuova condotta DN 650 (26") fino all'impianto di Quiliano (SV) e da qui ai relativi collegamenti fino alla Rete Nazionale Gasdotti.

Il Progetto FSRU Vado Ligure include le seguenti opere:

#### Terminale FSRU

- La FSRU TUNDRA (Floating Storage and Regasification Unit) avente una capacità nominale di stoccaggio pari a circa 170.000 m<sup>3</sup>, una capacità massima di rigassificazione di circa 880.000 Sm<sup>3</sup>/h e dimensioni pari a circa 292,5 m (lunghezza) x 43,4 m (larghezza) e le relative opere di ormeggio offshore.
- L'impianto di correzione dell'indice di Wobbe posto in un'area adiacente all'impianto di filtraggio, regolazione e misura fiscale (PDE di Quiliano e impianto di regolazione DP 100-75 bar) ubicato in località Gagliardi (in Comune di Quiliano, Liguria).

E le seguenti Opere Connesse costituite dal metanodotto di collegamento tra il Terminale FSRU e la Rete Nazionale Gasdotti che include:

- Il tratto di condotta sottomarina (sealine) DN 650 (26") DP 100 bar di lunghezza pari a circa 4.2 km e relativo cavo telecomando;

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 9 di 39	<b>Rev.</b> 1

- I tratti di metanodotto di collegamento a terra tra l'approdo costiero e l'impianto PDE di Quiliano e relativo cavo telecomando, così denominati:
  - i. Allacciamento FSRU Alto Tirreno (tratto a terra) – FASE 1 DN 650 (26") DP 100 bar, di lunghezza pari a circa 2,120 km;
  - ii. Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti– FASE 2 DN 500 (20") DP 75 bar, di lunghezza pari a circa 2,00 km;
  
- Impianto PDE di Quiliano contenente le apparecchiature di filtraggio e misura del gas naturale, nonché la regolazione della pressione da 100 bar a 75 bar e le due stazioni di lancio/ricevimento pig per il controllo e pulizia della condotta (lato mare e lato terra).
  
- Il collegamento (con sostituzione di una parte dell'attuale condotta DN 300) tra il PDE di Quiliano e la nuova Area Trappole, interconnessione e regolazione in loc. Chinelli con relativo cavo telecomando, denominato Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 650 (26") DP 75 di lunghezza pari a circa 24.5 km che a sua volta include:
  - Due punti di Intercettazione Linea (PIL) e n. 3 Punti di Intercettazione di derivazione importante (PIDI) ubicati lungo il tracciato per intercettare e sezionare il gasdotto in base alla cadenza prescritta dal D.M. 17/04/2008;
  - Un Punto di Intercettazione di derivazione importante (PIDI) con interconnessione con il metanodotto "Cairo Montenotte -Savona DN 300 (12") e regolazione della pressione da 75 bar a 64 bar;
  - Un nuovo impianto che ospita la trappola di arrivo del nuovo metanodotto "Collegamento dall'impianto PDE alla Rete Nazionale Gasdotti DN 650 (26")", DP 75 bar", la trappola di partenza a monte del collegamento con il metanodotto "Cairo Montenotte - Savona DN 300 (12") e la interconnessione di entrambi con il metanodotto Ponti-Cosseria DN 750 (30") e regolazione della pressione da 75 bar a 64.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 10 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## 5. DATI METEO MARINI DI BASE

I dati ambientali sono stati forniti dal DHI (Rif./3/) a circa 4 km dalla costa.

I parametri di vento e onda derivano dal database MWM (Mediterranean Wind Wave) mentre i parametri idrodinamici (Livello del mare, Corrente Temperatura e Salinità) dal database Mediterranean Sea Physics Reanalysis (MEDSEA\_MULTIYEAR\_PHY\_006\_004).

### 5.1. Onde e Vento

I dati di vento e onde forniti si basano sul MWM, che è un database storico ad alta risoluzione delle condizioni di vento e onde nel Mar Mediterraneo (Rif./3/). Il database, prodotto attraverso modelli di vento e onde all'avanguardia, è il risultato di un progetto di ricerca congiunto tra il DHI e HyMOLab (Hydrodynamics and Met-Ocean Laboratory) del Dipartimento di Ingegneria e Architettura dell'Università di Trieste, (Italia), ed è costituito da dati orari che coprono 43 anni a partire dal 1979 e sono stati ottenuti da una catena modellistica di ultima generazione.

Il modello meteorologico utilizzato da MWM è il modello WRF-ARW, uno dei modelli meteorologici non idrostatici più riconosciuti e all'avanguardia. La risoluzione del modello WRF è di 0.1°, mentre i dataset globali CFSR/CFSv2 (Climate Forecast System Reanalysis/Analysis), prodotti e pubblicati dal NCEP (National Center for Environmental Predictions), forniscono le condizioni al contorno e iniziali.

MIKE 21 SW, sviluppato da DHI, viene utilizzato come modello d'onda, ad alta risoluzione che va da circa 0.10° a 0.03° e copre tutto il bacino Mediterraneo. I dati derivanti dai modelli atmosferici e di onda sono stati validati attraverso confronto con dati da satellite (sono state considerate le misure effettuate dai satelliti Envisat, ERS-2, Geosat FO, Jason-1, Jason-2, Topex-Poseidon e CryoSat). I dati di onda vicino alla costa sono stati validati con i dati disponibili da più di 20 boe.

I risultati dei modelli di vento e onda sono memorizzati su base oraria, dal 01/01/1979 al 31/12/2021, in tutto il dominio, in termini di risultati parametrici e spettrali. Per il punto di interesse, sono stati forniti i seguenti dati medi orari parametrici di vento e onde:

- Velocità del vento –  $W_s$  (m/s)
- Direzione del vento –  $W_d$  (gradi, N)
- Altezza d'onda significativa –  $H_{m0}$  (m)
- Periodo dell'onda di picco –  $T_p$  (s)
- Periodo medio dell'onda –  $T_{01}$  (s)
- Periodo dell'onda Zero-crossing–  $T_{02}$  (s)
- Direzione media dell'onda –  $MWD$  (gradi, N)
- Direzione dell'onda di picco –  $PWD$  (gradi, N)
- Deviazione standard direzionale –  $DSD$  (deg.)

### 5.2. Dati Idrodinamici

I dati idrodinamici forniti si basano sul prodotto "Mediterranean Sea Physics Reanalysis" (MEDSEA\_MULTIYEAR\_PHY\_006\_004) disponibile presso Copernicus Marine Environment Monitoring Service (CMEMS). Il servizio di monitoraggio dell'ambiente marino di Copernicus (CMEMS) fornisce informazioni regolari e sistematiche sullo stato fisico, la variabilità e la dinamica degli ecosistemi oceanici e marini per l'oceano globale e i mari regionali europei. Il prodotto MED è generato da un sistema numerico composto da un modello idrodinamico, fornito dal Nucleus

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 11 di 39	<b>Rev.</b> 1

for European Modeling of the Ocean (NEMO) e da uno schema variazionale di assimilazione dei dati (OceanVAR) per i profili verticali di temperatura e salinità e le SLA (Sea Level Anomalies) lungo le tracce satellitari. La risoluzione della griglia orizzontale del modello è di  $1/24^\circ$  (circa 4-5 km) e i livelli verticali irregolarmente distanziati sono 141. Il modello è disponibile con frequenza giornaliera fornendo le medie giornaliere dei campi di temperatura, salinità, altezza della superficie del mare e correnti. I dati orari sono disponibili per le correnti superficiali e i livelli dell'acqua.

I dati sono disponibili dal 01/01/1987 al 31/05/2020 (circa 32 anni).

Per ottenere profili di corrente oraria sull'intera colonna è stata applicata la seguente procedura (concordata con Saipem):

- per il periodo di 32 anni sono stati scaricati i dati medi di corrente in superficie sia orari che giornalieri.
- i percentili rappresentativi sono stati calcolati in termini di rapporto tra percentili corrispondenti (serie oraria vs giornaliera) contro percentili.
- la correzione desunta dalla suddetta procedura è stata applicata all'intera colonna d'acqua (si tratta di un'ipotesi conservativa, dato che allontanandosi dalla superficie le differenze tra intensità di corrente oraria e giornaliera tendono a diminuire)
- dopo aver corretto i profili giornalieri di corrente, è stata applicata un'interpolazione lineare dei valori nel tempo per ottenere i profili orari.
- inoltre, ai profili di corrente è stato aggiunto il contributo della marea astronomica (la marea non è considerata nei dati di rianalisi CMEMS) utilizzando i valori ottenuti dal modello di marea globale TPXO (TPXO è una serie di modelli di marea oceanica globale che meglio fittano, in senso dei minimi quadrati, le equazioni di marea di Laplace e i dati altimetrici)
- la suddetta procedura non è stata applicata per temperatura, salinità e direzioni di corrente.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 12 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## 6. VENTO

La velocità del vento e la direzione associata (proveniente da) relativi al sito ligure sono state analizzate e riportate di seguito in termini di:

- Eccedenza annuale direzionale e mensile sopra soglia per le classi del vento di 10, 15, 20, 25 e 30 m/s
- Distribuzione annuale e mensile della velocità del vento (Ws) rispetto alla direzione (Dir).
- Estremi della velocità del vento, annuali direzionali e mensili

### 6.1. Clima del vento

Nel sito ligure i venti soffiano prevalentemente dal settore direzionale NO. La velocità annuale del vento rispetto alla distribuzione dell'altezza significativa delle onde è riportata nella Tabella 6-1. Le informazioni mensili sono incluse nel file Excel "Regime\_Onda&Vento.xlsx" incorporato in APPENDICE A.

Le eccedenze annuali per direzione della velocità del vento sopra soglia sono riportate in Tabella 6-2.

Le informazioni direzionali mensili sono incluse nel file Excel "Eccedenza\_Onda&Vento.xlsx" incorporato in APPENDICE A.

Dir (°N)	Annuale - Ws (m/s) / Dir(°N) - Dati DHI - FSRU - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Frequenza di Occorrenza(%)																														Total		
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30			
0.0	0.549	1.540	2.022	2.091	2.032	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												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	0.006	0.004		0.001																					4.990
90.0	0.629	1.722	1.897	1.277	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	0.793	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	0.011	0.006	0.002	0.002																			1.790
270.0	0.384	0.348	0.213	0.118	0.063	0.038	0.019	0.006	0.001	0.001	0.001																						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	3.498	4.171	4.744	4.977	4.576	3.558	2.330	1.438	0.713	0.330	0.144	0.054	0.014	0.005	0.003	0.001												38.018
<b>Omnidir</b>	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	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	100.000	

Tabella 6-1: Velocità del vento annuale versus Direzione a Vado Ligure site

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 6-2: Eccedenza sopra soglia annuale e direzionale della velocità del vento nel Mare Ligure

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 13 di 39	<b>Rev.</b> 1

## 6.2. Estremi di velocità del vento

Gli estremi annuali e mensili della velocità del vento con periodi di ritorno di 1,10,100,1000 e 10000 anni sono stati calcolate attraverso una procedura di best fit e l'utilizzo della distribuzione a 3 parametri di Weibull (vedi Equazione 6-1)

Equazione 6-1 
$$F(x) = 1 - \exp\left(-\frac{x-\gamma}{\alpha}\right)^\beta$$

dove:

x = velocità del vento (m/s).

F(x) = Distribuzione cumulativa di probabilità della velocità del vento

$\alpha$  = parametro di scala (m/s).

$\beta$  = parametro di forma (-).

$\gamma$  = parametro di posizione (m/s).

## 6.3. Raffiche di vento

Gli estremi della velocità del vento mediati su diversi periodi, come la velocità delle raffiche a 3", 1', 10' e 1h, sono stati determinati applicando il modello del profilo del vento di Frøya per estremi di 1 ora a 10 m (Rif. /3/). La generica velocità del vento U (T, z) a qualsiasi altezza z e per qualsiasi periodo medio T è data da (Equazione 6-2):

Equazione 6-2 
$$U(T,z) = U_0 \cdot \left[1 + C \cdot \ln\left(\frac{z}{H}\right)\right] \cdot \left[1 - 0.41 \cdot I_u(z) \cdot \ln\frac{T}{T_0}\right]$$

dove H è l'altezza sopra il livello del mare alla quale  $U_0$  è riferito, mentre T e  $T_0$  sono rispettivamente il tempo medio di U e  $U_0$  con  $T < T_0$ . In questo caso H = 10 m e  $T_0 = 1$  h, il coefficiente C e  $I_u(z)$  sono dati da (Equazione 6-3 e Equazione 6-4):

Equazione 6-3 
$$C = 5.73 \cdot 10^{-2} \cdot (1 + 0.15 \cdot U_0)^{0.5}$$

Equazione 6-4 
$$I_u(z) = 0.06 \cdot (1 + 0.043U_0) \cdot \left(\frac{z}{H}\right)^{-0.22}$$

I venti estremi direzionali annuali a 10 m s.l.m. mediati su diversi periodi sono riportati in *Tabella 6-3*. Gli estremi mensili di vento a 10 m s.l.m. mediati su diversi periodi sono riportati in *Tabella 6-4*. Gli estremi di vento annuali e mensili a 10 m a.s.l sono anche essi inclusi nel file Excel "Estremej\_Onda&Vento.xlsx" in APPENDICE A.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 14 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

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	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
	(°N)	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'
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

Tabella 6-3: Estremi direzionali annuali di velocità di vento a Vado Ligure.

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- Mensile																				
Tp	1 anno				10 anni				100 anni				1000 anni				10000 anni			
	(°N)	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'	Ws-1h	Ws-3"	Ws-1'	Ws-10'
Gennaio	22.1	19.9	18.2	16.9	25.1	22.6	20.6	19.1	27.8	24.9	22.6	20.9	30.2	26.9	24.4	22.5	32.4	28.8	26.0	23.9
Febbraio	21.4	19.3	17.7	16.5	24.7	22.2	20.3	18.8	27.5	24.7	22.4	20.7	30.1	26.9	24.4	22.4	32.5	28.9	26.2	24.0
Marzo	21.4	19.4	17.8	16.5	25.4	22.8	20.8	19.2	28.9	25.8	23.5	21.6	32.2	28.6	25.9	23.8	35.3	31.2	28.2	25.8
Aprile	19.7	17.9	16.4	15.3	23.8	21.4	19.5	18.1	27.4	24.6	22.4	20.6	30.9	27.5	24.9	22.9	34.2	30.3	27.4	25.1
Maggio	19.6	17.7	16.3	15.2	24.4	21.9	20.0	18.6	28.9	25.9	23.5	21.6	33.3	29.6	26.8	24.5	37.6	33.2	29.9	27.3
Giugno	16.9	15.3	14.2	13.2	20.6	18.7	17.1	16.0	24.2	21.7	19.9	18.4	27.5	24.6	22.4	20.7	30.7	27.4	24.8	22.8
Luglio	16.7	15.2	14.0	13.1	20.4	18.4	16.9	15.7	23.8	21.4	19.6	18.1	27.0	24.2	22.0	20.4	30.1	26.9	24.4	22.4
Agosto	16.5	15.0	13.8	12.9	19.9	18.0	16.5	15.4	23.0	20.8	19.0	17.6	26.0	23.3	21.3	19.7	28.8	25.7	23.4	21.6
Settembre	18.3	16.6	15.3	14.3	22.0	19.8	18.2	16.9	25.2	22.7	20.7	19.2	28.3	25.3	23.0	21.2	31.2	27.8	25.2	23.1
Ottobre	20.5	18.6	17.1	15.9	23.9	21.5	19.6	18.2	26.8	24.0	21.9	20.2	29.5	26.3	23.9	22.0	32.0	28.5	25.8	23.7
Novembre	22.7	20.4	18.7	17.4	26.2	23.5	21.4	19.8	29.3	26.1	23.7	21.9	32.1	28.5	25.8	23.7	34.7	30.7	27.7	25.4
Dicembre	22.1	19.9	18.2	16.9	25.1	22.6	20.6	19.1	27.8	24.9	22.6	20.9	30.2	26.9	24.4	22.5	32.4	28.8	26.0	23.9
Annuale	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

Tabella 6-4: Estremi omnidirezionali mensili della velocità di vento a Vado Ligure.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 15 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## 7. ONDA

L'altezza significativa dell'onda e la relativa direzione (proveniente da) rispetto al sito di Vado Ligure sono state analizzate e riportate di seguito in termini di:

- Eccedenza annuale direzionale e mensile sopra-soglia per le soglie di Hs 1,0, 1,5, 2,0, 2,5, 3,0, 3,5 e 4,0 m.
- Distribuzione annuale e mensile dell'altezza d'onda significativa (Hs) rispetto al periodo di picco (Tp).
- Estremi delle onde annuali direzionali e mensili.
- Relazione tra altezza d'onda annuale e mensile e periodo di picco spettrale.
- Altezza massima annuale e mensile dell'onda e associato periodo d'onda.

### 7.1. Clima dell'Onda ed Eccedenze

A Vado Ligure le onde provengono principalmente dal settore direzionale S durante tutto l'anno, le onde dal settore direzionale O sono presenti nei mesi di luglio ed agosto. Le distribuzioni annuali di Hs vs Dir e di Hs vs Tp sono riportate, rispettivamente nella *Tabella 7-1* e nella *Tabella 7-2*. Le eccedenze annuali direzionali sopra-soglia sono riportate nella *Tabella 7-3*. Le informazioni mensili sono incluse nel file Excel "Regime\_Onda&Vento.xlsx" e "Eccedenza\_Onda&Vento.xlsx" in APPENDICE A.

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															8.142
30.0	0.610	3.194	3.028	0.972	0.170	0.014	0.001														7.988
60.0	0.802	1.572	1.492	0.823	0.235	0.031	0.002														4.957
90.0	0.846	1.026	0.921	0.564	0.246	0.084	0.014	0.003													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								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				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	0.001	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					13.812
240.0	0.051	0.193	0.241	0.070	0.012	0.002															0.569
270.0	0.042	0.148	0.127	0.025	0.002																0.343
300.0	0.088	0.219	0.135	0.023	0.001																0.466
330.0	0.240	1.101	0.389	0.059	0.005																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 7-1: Distribuzione direzionale annuale della frequenza di occorrenza dell'altezza d'onda significativa 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	0.000	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
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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	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	0.349
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	0.090
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	0.009
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	0.002
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	0.001
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
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
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	99.998

Tabella 7-2: Hs-Tp Distribuzione annuale a Vado Ligure

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 16 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

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 7-3: Eccedenze annuale sopra-soglia per direzione a Vado Ligure

## 7.2. Aspetti Operativi

Le tabelle seguenti (Tabella 7-4 - Tabella 7-7) mostrano le persistenze annuali e mensili delle onde per limiti di Hs=1.5m, Hs=2m, Hs=2.5m e Hs=3m.

Il significato delle tabelle è il seguente: se guardiamo la Tabella 7-4, a gennaio la soglia di 1.5m viene superata 3.05 volte e in media la durata di ogni evento è di 0.47 giorni.

SRG - FSRU -Dati DHI- Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Statistiche delle Condizioni Non Operative Hs >1.5m												
Mese	Eventi al Mese (n)	Dur.Media. (giorni)	Dev.St (giorni)	LIMITE SUPERIORE DELLA CLASSE (%)								
				50.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	99.00	99.90	99.99
				(giorni)								
Gennaio	3.05	0.47	0.39	0.38	0.58	0.67	0.83	1.04	1.29	2.28	2.63	2.66
Febbraio	2.39	0.48	0.40	0.42	0.63	0.67	0.83	1.15	1.38	3.06	4.58	4.73
Marzo	2.95	0.38	0.34	0.29	0.51	0.63	0.67	0.79	1.18	2.19	3.33	3.45
Aprile	2.69	0.33	0.25	0.25	0.50	0.54	0.58	0.63	0.83	1.62	2.19	2.24
Maggio	1.56	0.35	0.24	0.33	0.46	0.52	0.58	0.71	0.94	1.28	1.33	1.33
Giugno	1.17	0.29	0.22	0.25	0.39	0.46	0.54	0.58	0.77	1.66	1.93	1.96
Luglio	0.79	0.25	0.11	0.27	0.34	0.38	0.38	0.38	0.47	0.53	0.54	0.54
Agosto	0.30	0.32	0.28	0.25	0.46	0.51	0.54	1.09	1.73	2.25	2.36	2.37
Settembre	1.12	0.36	0.34	0.23	0.49	0.52	0.82	0.89	1.31	1.52	1.54	1.54
Ottobre	2.84	0.47	0.42	0.38	0.63	0.67	0.88	1.00	1.33	2.71	3.35	3.41
Novembre	3.19	0.54	0.48	0.42	0.70	0.88	1.02	1.32	1.71	2.72	3.65	3.74
Dicembre	3.21	0.63	0.58	0.42	0.98	1.08	1.17	1.38	1.74	2.79	2.79	2.79
<b>Annuale</b>	<b>24.89</b>	<b>0.46</b>	<b>0.44</b>	<b>0.33</b>	<b>0.58</b>	<b>0.67</b>	<b>0.79</b>	<b>1.04</b>	<b>1.36</b>	<b>2.29</b>	<b>3.12</b>	<b>3.24</b>

Tabella 7-4: Persistenze annuali e mensili delle onde – Soglia Hs > 1.5m

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 17 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

SRG - FSRU -Dati DHI- Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Statistiche delle Condizioni Non Operative Hs >2.0m												
Mese	Eventi al Mese (n)	Dur.Media. (giorni)	Dev.St (giorni)	LIMITE SUPERIORE DELLA CLASSE (%)								
				50.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	99.00	99.90	99.99
				(giorni)								
Gennaio	1.19	0.32	0.26	0.25	0.42	0.55	0.63	0.66	0.95	1.93	2.18	2.21
Febbraio	1.06	0.30	0.30	0.23	0.43	0.53	0.58	0.73	0.83	3.00	3.60	3.66
Marzo	1.05	0.34	0.26	0.25	0.56	0.58	0.63	0.72	0.96	1.58	1.73	1.75
Aprile	0.81	0.23	0.18	0.21	0.29	0.29	0.32	0.38	0.84	1.50	1.65	1.67
Maggio	0.51	0.25	0.13	0.25	0.39	0.42	0.42	0.45	0.53	0.61	0.62	0.62
Giugno	0.42	0.20	0.12	0.17	0.33	0.34	0.38	0.43	0.50	0.57	0.58	0.58
Luglio	0.28	0.10	0.07	0.08	0.11	0.18	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25	0.25
Agosto	0.16	0.15	0.07	0.13	0.21	0.26	0.31	0.36	0.41	0.45	0.46	0.46
Settembre	0.33	0.29	0.23	0.27	0.39	0.42	0.42	0.85	1.51	2.04	2.15	2.17
Ottobre	1.40	0.29	0.29	0.21	0.46	0.50	0.58	0.63	0.75	1.92	2.10	2.12
Novembre	1.49	0.40	0.37	0.27	0.49	0.71	0.90	1.06	1.23	2.15	2.46	2.50
Dicembre	1.66	0.43	0.34	0.38	0.63	0.67	0.83	0.94	1.22	1.96	2.26	2.29
Annuale	10.35	0.33	0.31	0.25	0.42	0.50	0.61	0.71	0.99	1.74	2.41	2.53

Tabella 7-5: Persistenze annuali e mensili delle onde – Soglia Hs > 2.0m

SRG - FSRU -Dati DHI- Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Statistiche delle Condizioni Non Operative Hs >2.5m												
Mese	Eventi al Mese (n)	Dur.Media. (giorni)	Dev.St (giorni)	LIMITE SUPERIORE DELLA CLASSE (%)								
				50.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	99.00	99.90	99.99
				(giorni)								
Gennaio	0.32	0.20	0.21	0.10	0.27	0.33	0.61	0.75	0.81	0.86	0.87	0.87
Febbraio	0.37	0.27	0.19	0.21	0.35	0.48	0.58	0.68	0.82	0.93	0.96	0.96
Marzo	0.51	0.20	0.15	0.17	0.29	0.33	0.40	0.50	0.61	0.69	0.71	0.71
Aprile	0.23	0.13	0.07	0.13	0.19	0.23	0.26	0.29	0.31	0.33	0.33	0.33
Maggio	0.16	0.19	0.06	0.21	0.25	0.27	0.28	0.30	0.32	0.33	0.33	0.33
Giugno	0.14	0.10	0.09	0.08	0.18	0.25	0.32	0.40	0.47	0.53	0.54	0.54
Luglio	0.02	0.08	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Agosto	-	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Settembre	0.12	0.14	0.11	0.08	0.27	0.36	0.45	0.53	0.62	0.69	0.71	0.71
Ottobre	0.35	0.39	0.36	0.29	0.46	0.63	1.02	1.35	1.55	1.71	1.75	1.75
Novembre	0.67	0.34	0.32	0.21	0.52	0.63	0.77	1.08	1.17	1.27	1.29	1.29
Dicembre	0.74	0.35	0.26	0.25	0.49	0.56	0.67	0.83	1.09	1.58	1.70	1.71
Annuale	3.67	0.28	0.27	0.21	0.33	0.44	0.54	0.67	0.89	1.41	1.64	1.66

Tabella 7-6: Persistenze annuali e mensili delle onde – Soglia Hs > 2.5m

SRG - FSRU -Dati DHI- Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Statistiche delle Condizioni Non Operative Hs >3.0m												
Mese	Eventi al Mese (n)	Dur.Media. (giorni)	Dev.St (giorni)	LIMITE SUPERIORE DELLA CLASSE (%)								
				50.00	75.00	80.00	85.00	90.00	95.00	99.00	99.90	99.99
				(giorni)								
Gennaio	0.07	0.30	0.17	0.25	0.58	0.65	0.72	0.78	0.85	0.90	0.92	0.92
Febbraio	0.07	0.27	0.06	0.25	0.38	0.40	0.43	0.45	0.48	0.50	0.50	0.50
Marzo	0.10	0.16	0.07	0.15	0.26	0.29	0.32	0.35	0.39	0.41	0.42	0.42
Aprile	0.05	0.13	0.00	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13	0.13
Maggio	-	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Giugno	0.02	0.04	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Luglio	-	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Agosto	-	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Settembre	0.02	0.04	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99	-99.99
Ottobre	0.17	0.37	0.29	0.25	0.71	0.79	0.88	0.96	1.04	1.11	1.12	1.12
Novembre	0.22	0.31	0.19	0.21	0.46	0.46	0.65	0.83	1.02	1.17	1.20	1.21
Dicembre	0.41	0.23	0.14	0.21	0.35	0.38	0.39	0.45	0.60	0.72	0.75	0.75
Annuale	1.16	0.27	0.20	0.21	0.39	0.44	0.46	0.58	0.79	0.96	1.00	1.00

Tabella 7-7: Persistenze annuali e mensili delle onde – Soglia Hs > 3.0m

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 18 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

### 7.3. Altezza dell'Onda e Periodo di Picco Spettrale

Uno stato di mare in generale (in questo caso la durata dello stato del mare è di 1 ora) è definito dall'altezza significativa dell'onda  $H_s$  e dal periodo di picco spettrale  $T_p$  associato. Per definire la relazione tra  $H_s$  e  $T_p$ , e quindi identificare il periodo più probabile associato ad un determinato valore di  $H_s$ , deve essere definita la funzione di densità di probabilità condizionale  $F_{H_s, T_p}(H_s, T_p)$  dell'altezza d'onda significativa  $H_s$  e del periodo di picco spettrale  $T_p$ . La funzione di densità di probabilità condizionale in forma generale può essere scritta come (Equazione 7-1):

$$\text{Equazione 7-1} \quad F_{H_s, T_p}(H_s, T_p) = F_{H_s}(H_s) \cdot F_{T_p/H_s}(T_p, H_s)$$

dove  $F_{H_s}(H_s)$  è la distribuzione di probabilità marginale dell'altezza d'onda significativa  $H_s$  e  $F_{T_p/H_s}(T_p, H_s)$  è la distribuzione di probabilità del periodo di picco spettrale  $T_p$  condizionato sull'altezza d'onda significativa  $H_s$ . Possono essere adottate diverse distribuzioni di probabilità  $F_{H_s}(H_s)$  per descrivere il clima dello stato del mare; per il caso considerato è stata scelta la distribuzione di Weibull (Equazione 6-1). Per descrivere la distribuzione del periodo di picco spettrale condizionato sull'altezza d'onda significativa  $H_s$ , viene solitamente adottata la distribuzione Log-Normale (Equazione 7-2):

$$\text{Equazione 7-2} \quad F_{T_p/H_s}(T_p, H_s) = \frac{1}{T_p \sqrt{2\pi\sigma^2}} \cdot \exp\left[-\frac{(\ln(T_p) - \theta)^2}{2\sigma^2}\right]$$

I valori dei parametri  $\theta$  e  $\sigma$  in funzione dell'altezza d'onda significativa  $H_s$ , (cioè per ogni classe  $H_s$ ) sono stati valutati mediante una funzione di interpolazione. Si è riscontrato che, per il set di dati considerato, la funzione più adatta per il parametro  $\sigma$  è la funzione empirica di potenza a 2 parametri mentre, per il parametro  $\theta$ , la funzione più adatta è l'arcotangente (Equazione 6-3):

$$\text{Equazione 7-3} \quad \sigma = bb \cdot H_s^{cc} \quad \theta = aa \cdot \arctg(bb(H_s + cc)) + dd$$

Una volta noti i parametri  $\theta$  e  $\sigma$  è possibile valutare il periodo di picco spettrale atteso  $T_p$  e relativo intervallo di confidenza (Equazione 7-4 e Equazione 7-5).

$$\text{Equazione 7-4} \quad T_p = \exp\left(\theta + \frac{\sigma^2}{2}\right)$$

$$\text{Equazione 7-5} \quad \{T_{p_{5\%}} | T_{p_{95\%}}\} = \exp(\theta \mp 1.165\sqrt{2}\sigma)$$

La relazione  $H_s$ - $T_p$  è stata determinata solo per il caso omnidirezionale. I parametri  $\theta$  e  $\sigma$  ottenuti sono riportati in Tabella 6-8.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 19 di 39	<b>Rev.</b> 1

Parametri della distribuzione Log-Normale - Vado Ligure							
Direzione di Provenienza (°N)	$\theta = aa \cdot \arctg(bb \cdot (Hs + cc)) + dd$				$\sigma = bb \cdot Hs^{\wedge} cc$		
	aa	bb	cc	dd	aa	bb	cc
Omnicidir	2.0831	3.4237	0.2048	-0.893	0.12	0.2087	-0.3239

Tabella 7-8: Parametri della distribuzione Log-Normale

#### 7.4. Spettro d'onda

La descrizione della distribuzione di frequenze dell'energia delle onde associate allo stato di mare relativa a ciascuna partizione del mare è comunemente fatta con lo spettro JONSWAP (Equazione 7-6)

Equazione 7-6 
$$S(\omega) = (1 - 0.287 \cdot \ln(\gamma)) \cdot \frac{5}{16} Hs^2 \cdot \frac{\omega_p^4}{\omega^5} \exp\left(-\frac{5}{4} \frac{\omega_p^4}{\omega^4}\right) \cdot \gamma^{\exp\left(-\frac{1}{2} \left(\frac{\omega - \omega_p}{\omega_p \sigma}\right)^2\right)}$$

dove

$$\omega_p = \frac{2\pi}{T_p} ; \omega = \frac{2\pi}{T} ; \sigma = \begin{cases} 0.07 & \omega \leq \omega_p \\ 0.09 & \omega > \omega_p \end{cases} \text{ and } A_\gamma = (1 - 0.287 \log \gamma)$$

e il fattore  $\gamma$  definito in Equazione 7-7 (Rif. /2/).

Equazione 7-7 
$$\left\{ \begin{array}{ll} \gamma = 5 & \text{for } \frac{T_p}{\sqrt{Hs}} < 3.6 \\ \gamma = \exp\left(5.75 - \frac{1.15 T_p}{\sqrt{Hs}}\right) & \text{for } 3.6 \leq \frac{T_p}{\sqrt{Hs}} < 5 \\ \gamma = 1 & \text{for } \frac{T_p}{\sqrt{Hs}} \geq 5 \end{array} \right\}$$

Tuttavia, per descrivere la distribuzione di frequenza dell'energia delle onde associata al mare totale, dovrebbe essere utilizzata la formulazione degli spettri delle onde a due picchi come lo spettro di Ochi-Hubble. Lo spettro dell'onda direzionale 2D è formalmente definito dall'Equazione 7-8, con il vincolo che la distribuzione direzionale  $D(\theta/f)$  sia definito secondo Equazione 7-9

Equazione 7-8 
$$S(f, \theta) = S(f)D(\theta/f)$$

Equazione 7-9 
$$\int_0^{2\pi} D(\theta/f) d\theta = 1$$

La distribuzione dell'energia direzionale dell'onda può essere descritta in termini di una funzione coseno (Equazione 7-10) come riportato in Rif. 2

Equazione 7-10 
$$D(\theta) = \frac{\Gamma\left(1 + \frac{n}{2}\right)}{\sqrt{\pi} \Gamma\left(\frac{1+n}{2}\right)} \cos^n(\theta - \theta_0)$$

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 20 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## 7.5. Onda Massima

Gli estremi dell'altezza massima dell'onda  $H_{max}$  associati agli stati di mare sono stati forniti in tre siti e sono stati definiti, secondo Rif. /1/, dalla seguente equazione:

$$\text{Equazione 7-11} \quad H_{max} = \frac{H_s}{2} \cdot \sqrt{(1 - \rho) \cdot \ln(N)}$$

dove il parametro  $\rho$  riflette l'effetto della larghezza di banda ( Equazione 7-12) e  $N$  è il numero di onde durante lo stato di mare (Equazione 7-13).

Equazione 7-12

$$\rho = -0.000191\gamma^3 + 0.00488\gamma^2 - 0.0525\gamma - 0.605$$

Equazione 7-13

$$N = \frac{\text{Seastate duration (s)}}{T_z(s)}; \quad T_z = T_p \cdot (0.6673 + 0.05037\gamma - 0.006230\gamma^2 + 0.000341\gamma^3)$$

dove  $\gamma$  è definito in Equazione 7-7 Il periodo di onda associato a  $H_{max}$  è stato assunto essere uguale a  $0.9 \cdot T_p$ .

Le altezze massime di onda  $H_{max}$  e i periodi d'onda associati a  $H_{max}$  sono riportati in Tabella 6-9 e Tabella 6-10 e anche nel file Excel "Estremei\_Onda&Vento.xlsx" in APPENDICE A

Estremi d'onda direzionali e omnidirezionali - FSRU-Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale										
Direzione di Provenienza (°N)	Tp=1 anno		Tp=10 anni		Tp=100 anni		Tp=1000 anni		Tp=10000 anni	
	$H_{max}$ (m)	$T_{max}$ (s)								
0	1.83	6.29	2.12	6.63	2.39	6.88	2.63	7.08	2.85	7.24
30	2.15	6.66	2.47	6.95	2.74	7.16	2.99	7.33	3.21	7.46
60	2.27	6.78	2.64	7.09	2.95	7.31	3.23	7.48	3.49	7.61
90	2.64	7.08	3.19	7.45	3.67	7.70	4.12	7.88	4.53	8.03
120	3.87	7.79	4.94	8.15	5.98	8.40	7.02	8.57	8.05	8.70
150	4.98	8.16	6.53	8.49	8.10	8.71	9.69	8.86	11.29	8.97
180	5.70	8.34	7.21	8.60	8.70	8.77	10.18	8.90	11.64	9.00
210	4.99	8.16	6.04	8.41	7.04	8.57	7.97	8.70	8.87	8.79
240	1.76	6.20	2.12	6.62	2.41	6.90	2.66	7.10	2.88	7.26
270	1.45	5.73	1.77	6.22	2.03	6.52	2.24	6.74	2.43	6.91
300	1.41	5.67	1.74	6.17	2.00	6.49	2.23	6.73	2.43	6.91
330	1.52	5.85	1.84	6.30	2.12	6.62	2.38	6.87	2.62	7.07
OMNI	5.94	8.39	7.36	8.62	8.79	8.78	10.22	8.90	11.66	9.00

Tabella 7-9:  $H_{max}$  direzionale annuale e periodo di onda associato a Vado Ligure

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 21 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Estremi d'onda -FSRU-Vado Ligure -44.28°N 8.51°E -Mensile										
Mese	Tp=1 anno		Tp=10 anni		Tp=100 anni		Tp=1000 anni		Tp=10000 anni	
	H <sub>max</sub> (m)	T <sub>max</sub> (s)								
Gennaio	4.49	8.02	5.80	8.36	7.11	8.58	8.43	8.75	9.75	8.87
Febbraio	4.39	7.98	5.73	8.34	7.08	8.58	8.45	8.75	9.82	8.87
Marzo	4.25	7.93	5.41	8.27	6.56	8.50	7.69	8.66	8.80	8.78
Aprile	3.95	7.82	5.00	8.17	6.01	8.40	7.01	8.57	7.98	8.70
Maggio	3.70	7.71	4.82	8.12	5.94	8.39	7.06	8.58	8.18	8.72
Giugno	3.50	7.62	4.65	8.07	5.81	8.36	6.99	8.57	8.19	8.72
Luglio	2.99	7.33	3.99	7.83	4.99	8.16	6.00	8.40	7.04	8.57
Agosto	2.81	7.21	3.83	7.77	4.89	8.14	5.98	8.39	7.11	8.58
Settembre	3.54	7.63	4.73	8.09	5.95	8.39	7.21	8.60	8.48	8.75
Ottobre	5.03	8.18	6.62	8.51	8.19	8.72	9.76	8.87	11.31	8.98
Novembre	5.00	8.17	6.45	8.48	7.88	8.68	9.29	8.83	10.68	8.94
Dicembre	5.29	8.24	6.83	8.54	8.35	8.74	9.84	8.87	11.32	8.98

Tabella 7-10: H<sub>max</sub> mensile e periodo di onda associato a Vado Ligure

## 7.6. Estremi di Onda

Gli estremi annuali degli stati di mare (durata 1 ora) sono stati valutati su base direzionale e omnidirezionale, mentre gli estremi mensili sono stati valutati su base omnidirezionale. Gli estremi di H<sub>s</sub> sono stati valutati adottando una funzione di distribuzione di Weibull (Equazione 6-1) sui dati di base mentre il periodo di picco spettrale atteso T<sub>p</sub> e i livelli di confidenza pari al 90% e al 5% associati alle onde estreme sono stati determinati secondo la metodologia descritta nella sezione precedente (sezione 6.3). Tabella 7-11 e Tabella 7-12 riportano gli stati di mare estremi annuali direzionali e mensili omnidirezionali.

Questi dati sono anche inclusi nel file Excel "Estremi\_Onda&Vento.xlsx" incorporato in APPENDICE A.

Estremi d'altezza di onda significativo Hs-Periodo di picco associato medio(Tp) e relativo intervallo di confidenza del 90%(Tp5%-Tp95%) - FSRU-Vado Ligure - Annuale																				
Direzione di Provenienza (°N)	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

Tabella 7-11: Estremi d'onda direzionali annuali a Vado Ligure

Estremi d'altezza di onda significativo Hs-Periodo di picco associato medio(Tp) e relativo intervallo di confidenza del 90%(Tp5%-Tp95%) - FSRU-Vado Ligure - Mensile																				
Mese	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)
Gennaio	2.77	8.91	6.88	11.28	3.59	9.29	7.33	11.55	4.39	9.54	7.65	11.70	5.19	9.72	7.88	11.80	5.98	9.85	8.07	11.86
Febbraio	2.71	8.87	6.84	11.25	3.55	9.27	7.31	11.54	4.38	9.53	7.64	11.70	5.20	9.72	7.89	11.80	6.02	9.86	8.08	11.87
Marzo	2.62	8.81	6.77	11.20	3.35	9.19	7.21	11.48	4.06	9.44	7.52	11.65	4.74	9.62	7.76	11.75	5.41	9.76	7.94	11.82
Aprile	2.43	8.69	6.63	11.10	3.09	9.07	7.07	11.40	3.72	9.33	7.39	11.58	4.33	9.52	7.62	11.69	4.92	9.66	7.81	11.77
Maggio	2.28	8.57	6.50	11.01	2.98	9.02	7.01	11.36	3.68	9.32	7.37	11.57	4.36	9.53	7.63	11.70	5.04	9.69	7.84	11.79
Giugno	2.15	8.46	6.39	10.92	2.87	8.96	6.94	11.32	3.60	9.29	7.33	11.55	4.32	9.52	7.62	11.69	5.05	9.69	7.84	11.79
Luglio	1.84	8.15	6.05	10.65	2.46	8.70	6.65	11.12	3.08	9.07	7.07	11.40	3.71	9.33	7.38	11.58	4.35	9.53	7.63	11.70
Agosto	1.72	8.02	5.92	10.53	2.36	8.63	6.57	11.06	3.02	9.04	7.03	11.37	3.70	9.33	7.38	11.57	4.39	9.54	7.65	11.70
Settembre	2.18	8.48	6.41	10.94	2.93	8.99	6.98	11.34	3.68	9.32	7.37	11.57	4.45	9.55	7.66	11.71	5.22	9.72	7.89	11.80
Ottobre	3.11	9.09	7.09	11.41	4.09	9.45	7.54	11.65	5.05	9.69	7.85	11.79	5.99	9.85	8.07	11.86	6.91	9.97	8.25	11.91
Novembre	3.10	9.08	7.08	11.40	3.99	9.42	7.50	11.63	4.86	9.65	7.79	11.77	5.71	9.81	8.01	11.84	6.54	9.93	8.18	11.90
Dicembre	3.27	9.16	7.17	11.46	4.22	9.49	7.58	11.68	5.14	9.71	7.87	11.80	6.04	9.86	8.08	11.87	6.92	9.97	8.25	11.91

Tabella 7-12: Estremi d'onda omnidirezionali mensili a Vado Ligure

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA'</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 22 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## 8. CORRENTI MARINE

La velocità delle correnti marine e relative direzioni (va verso) relativa al sito di Vado Ligure sono disponibili per diversi livelli: superficie, 5m s.l.m., 16m s.l.m., 29m s.l.m., 51m s.l.m. e vicino al fondo.

I dati relativi alle correnti marine sono stati analizzati e riportati di seguito in termini di:

- Eccedenza annuale direzionale e eccedenza mensile sopra soglia per correnti di classe di velocità di 0.1, 0.2, 0.3, 0.4 e 0,5 m/s per diversi livelli.
- Distribuzione della Velocità della corrente annuale e mensile (Cs) vs. direzione della corrente per diversi livelli.
- Estremi di velocità della corrente direzionale annuale e estremi mensili per il livello a 5m s.l.m.

### 8.1. Clima delle correnti

La distribuzione annuale della velocità di corrente direzionale per ogni livello verticale è riportata in Tabella 7 1 - Tabella 7 6.

Le eccedenze direzionali annuali sopra soglia per diversi livelli sono riportati in Tabella 7 7 - Tabella 7 12.

Le informazioni mensili sono incluse nei file Excel " Eccedenza\_Correnti.xlsx" e Regime\_Correnti.xlsx" incorporati in APPENDICE A.

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

Tabella 8-1: Distribuzione direzionale annuale della velocità della corrente di superficie a Vado Ligure

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 23 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

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 8-2: 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 -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>

Tabella 8-3: 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 -29m 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	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 8-4: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure - 29 m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 24 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

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)										
	0.1	0.2	0.3	0.4	0.5	0.6	0.7	0.8	0.9	1	Total
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>

Tabella 8-5: 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 -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>	<b>81.272</b>	<b>13.029</b>	<b>1.644</b>	<b>0.178</b>	<b>0.014</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>0.000</b>	<b>96.137</b>

Tabella 8-6: Distribuzione direzionale annua della velocità di corrente a Vado Ligure – vicino al fondo

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 25 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

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
Omnidir	27.19	3.69	0.37	0.04	0.00

Tabella 8-7: 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) 5m s.l.m.				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
Eccedenza sopra soglie(%)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.59	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.09	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	10.94	0.90	0.02	0.00	0.00
240	14.89	2.04	0.11	0.01	0.00
270	0.03	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
Omnidir	26.56	2.95	0.14	0.02	0.00

Tabella 8-8: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure –Superficie – 5 s.l.m.

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) 16m s.l.m.				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
Eccedenza sopra soglie(%)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.55	0.00	0.00	0.00	0.00
60	0.04	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	9.67	0.77	0.02	0.00	0.00
240	14.22	2.07	0.13	0.00	0.00
270	0.02	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
Omnidir	24.50	2.84	0.15	0.00	0.00

Tabella 8-9: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 16 m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 26 di 39	<b>Rev.</b> 1

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) 29m s.l.m.				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
Eccedenza sopra soglie(%)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	0.37	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	3.06	0.12	0.00	0.00	0.00
240	13.37	1.18	0.06	0.00	0.00
270	0.01	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
Omnidir	16.81	1.30	0.06	0.00	0.00

Tabella 8-10: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 29 m s.l.m.

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) 51m s.l.m.				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
Eccedenza sopra soglie(%)					
0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
30	1.08	0.06	0.00	0.00	0.00
60	0.05	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	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
210	19.06	3.46	0.59	0.07	0.00
240	4.81	1.00	0.16	0.03	0.00
270	0.02	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
Omnidir	25.02	4.52	0.75	0.10	0.00

Tabella 8-11: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – 51 m s.l.m.

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) Vicino al Fondo				
	> 0.1	> 0.2	> 0.3	> 0.4	> 0.5
Eccedenza sopra soglie(%)					
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
Omnidir	14.87	1.84	0.19	0.01	0.00

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 27 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Tabella 8-12: Eccedenza annuale direzionale sopra soglia a Vado Ligure – Vicino al fondo.

## 8.2. Estremi di corrente

Per ogni livello sono stati valutati gli estremi annuali della velocità di corrente su base direzionale e omnidirezionale, mentre gli estremi mensili sono stati valutati su base omnidirezionale. Gli estremi di velocità di corrente sono stati valutati fittando i dati di base del livello verticale specifico con la distribuzione di Weibull ( Equazione 6-1).

Le tabelle seguenti mostrano gli estremi di velocità della corrente direzionale annuale e gli estremi di velocità di corrente mensili.

Questa informazione è riportata anche nel file Excel “Estremi\_Correnti.xlsx” incorporato in APPENDICE A.

<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>
<b>0</b>	0.27	0.36	0.48	0.59	0.70	
<b>30</b>	0.30	0.40	0.51	0.63	0.75	
<b>60</b>	0.37	0.46	0.47	0.59	0.72	
<b>90</b>	0.40	0.50	0.31	0.40	0.49	
<b>120</b>	0.36	0.43	0.28	0.38	0.49	
<b>150</b>	0.33	0.39	0.38	0.53	0.70	
<b>180</b>	0.31	0.37	0.46	0.55	0.65	
<b>210</b>	0.30	0.37	0.59	0.67	0.75	
<b>240</b>	0.32	0.40	0.53	0.59	0.65	
<b>270</b>	0.33	0.41	0.50	0.60	0.69	
<b>300</b>	0.35	0.45	0.50	0.62	0.74	
<b>330</b>	0.30	0.39	0.44	0.55	0.66	
<b>Omnidir</b>	0.44	0.52	0.60	0.67	0.76	

Tabella 8-13: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure - superficie.

<b>Estremi mensile delle Correnti- superficie - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale</b>					
<b>Velocità della corrente - Superficie</b>					
<b>Tp</b>	<b>1 Year</b>	<b>10 Year</b>	<b>100 Year</b>	<b>1000 Year</b>	<b>10000 Year</b>
<b>Mese</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>Gennaio</b>	0.26	0.37	0.46	0.55	0.65
<b>Febbraio</b>	0.29	0.40	0.50	0.60	0.71
<b>Marzo</b>	0.25	0.36	0.55	0.63	0.70
<b>Aprile</b>	0.15	0.23	0.59	0.68	0.76
<b>Maggio</b>	0.12	0.19	0.50	0.56	0.62
<b>Giugno</b>	0.15	0.26	0.45	0.51	0.56
<b>Luglio</b>	0.26	0.36	0.43	0.48	0.54
<b>Agosto</b>	0.42	0.51	0.44	0.50	0.55
<b>Settembre</b>	0.39	0.46	0.47	0.53	0.60
<b>Ottobre</b>	0.31	0.41	0.48	0.55	0.61
<b>Novembre</b>	0.26	0.38	0.54	0.63	0.71
<b>Dicembre</b>	0.23	0.33	0.48	0.56	0.65
<b>Annuale</b>	0.44	0.52	0.60	0.67	0.76

Tabella 8-14: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Vado Ligure – Superficie

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 28 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

<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 8-15: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – 5m s.l.m.

<i>Estremi mensile 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>Mese</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>
Gennaio	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42	
Febbraio	0.22	0.28	0.33	0.37	0.42	
Marzo	0.32	0.41	0.49	0.57	0.65	
Aprile	0.34	0.43	0.50	0.58	0.65	
Maggio	0.32	0.39	0.44	0.50	0.55	
Giugno	0.27	0.32	0.36	0.40	0.44	
Luglio	0.29	0.35	0.41	0.46	0.51	
Agosto	0.28	0.35	0.41	0.47	0.53	
Settembre	0.31	0.38	0.45	0.51	0.57	
Ottobre	0.28	0.33	0.38	0.43	0.47	
Novembre	0.32	0.40	0.47	0.53	0.60	
Dicembre	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43	
Annuale	0.39	0.46	0.53	0.59	0.65	

Tabella 8-16: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Vado Ligure – 5m 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>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 29 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Tabella 8-17: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – 16m s.l.m.

Estremi mensile delle Correnti - 16 m s.l.m. - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale					
Velocità della corrente - 16 m s.l.m.					
Tp	1 Year	10 Year	100 Year	1000 Year	10000 Year
Mese	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)
Gennaio	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
Febbraio	0.21	0.26	0.31	0.35	0.38
Marzo	0.30	0.38	0.46	0.53	0.61
Aprile	0.33	0.40	0.47	0.54	0.61
Maggio	0.31	0.36	0.41	0.46	0.50
Giugno	0.27	0.33	0.38	0.43	0.47
Luglio	0.29	0.36	0.43	0.49	0.56
Agosto	0.30	0.37	0.45	0.52	0.58
Settembre	0.31	0.39	0.45	0.52	0.57
Ottobre	0.29	0.35	0.40	0.44	0.49
Novembre	0.30	0.37	0.43	0.49	0.54
Dicembre	0.24	0.30	0.35	0.39	0.44
Annuale	0.38	0.44	0.50	0.56	0.62

Tabella 8-18: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Vado Ligure – 16 m s.l.m.

Estremi Direzionale delle Correnti - at 29 m s.l.m. - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E - Annuale					
Velocità della corrente - 29 m s.l.m.					
Tp	1 Year	10 Year	100 Year	1000 Year	10000 Year
(to - °N)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)	Cs (m/s)
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 8-19: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – 29m s.l.m.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 30 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

<i>Estremi mensile delle Correnti- 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>Mese</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>
Gennaio	0.23	0.28	0.33	0.38	0.42
Febbraio	0.20	0.24	0.27	0.30	0.34
Marzo	0.28	0.35	0.42	0.49	0.56
Aprile	0.28	0.35	0.41	0.47	0.52
Maggio	0.24	0.29	0.34	0.38	0.42
Giugno	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35
Luglio	0.19	0.25	0.30	0.35	0.39
Agosto	0.19	0.24	0.29	0.33	0.37
Settembre	0.28	0.35	0.41	0.47	0.52
Ottobre	0.27	0.31	0.35	0.39	0.42
Novembre	0.30	0.36	0.42	0.48	0.53
Dicembre	0.24	0.30	0.35	0.39	0.44
Annuale	0.32	0.38	0.44	0.49	0.56

Tabella 8-20: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Vado Ligure – 29 m 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</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(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	

Tabella 8-21: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – 51m s.l.m.

<i>Estremi mensile 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>Mese</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>	<i>Cs</i> <i>(m/s)</i>
Gennaio	0.28	0.34	0.40	0.46	0.51
Febbraio	0.24	0.29	0.34	0.39	0.43
Marzo	0.41	0.51	0.61	0.70	0.79
Aprile	0.38	0.45	0.52	0.59	0.65
Maggio	0.31	0.39	0.46	0.52	0.59
Giugno	0.21	0.26	0.30	0.34	0.38
Luglio	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
Agosto	0.20	0.24	0.28	0.32	0.36
Settembre	0.32	0.41	0.50	0.58	0.66
Ottobre	0.44	0.53	0.62	0.70	0.78
Novembre	0.44	0.53	0.61	0.69	0.76
Dicembre	0.34	0.41	0.47	0.53	0.58
Annuale	0.47	0.55	0.63	0.71	0.80

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 31 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Tabella 8-22: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Vado Ligure – 51 m s.l.m.

Estremi Direzionale delle Correnti- Vicino al Fondo - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E- Annuale						
Velocità della corrente - Vicino al Fondo						
	1 Year	10 Year	100 Year	1000 Year	10000 Year	
Direction	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs
(to - °N)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
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	-	-	-	-	-	
Omnidir	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	

Tabella 8-23: Estremi direzionali annuali della corrente a Vado Ligure – Vicino al fondo

Estremi mensile delle Correnti- Vicino al Fondo- Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E- Annuale						
Velocità della corrente - Vicino al Fondo						
	1 Year	10 Year	100 Year	1000 Year	10000 Year	
Month	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs	Cs
(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)	(m/s)
Gennaio	0.26	0.32	0.37	0.42	0.46	
Febbraio	0.24	0.29	0.33	0.38	0.42	
Marzo	0.37	0.43	0.49	0.54	0.59	
Aprile	0.31	0.38	0.45	0.52	0.58	
Maggio	0.20	0.25	0.30	0.34	0.38	
Giugno	0.12	0.15	0.17	0.19	0.21	
Luglio	0.14	0.17	0.20	0.22	0.25	
Agosto	0.14	0.17	0.20	0.23	0.26	
Settembre	0.15	0.19	0.22	0.26	0.29	
Ottobre	0.32	0.42	0.51	0.60	0.70	
Novembre	0.35	0.43	0.52	0.60	0.67	
Dicembre	0.35	0.44	0.51	0.59	0.66	
Annuale	0.39	0.47	0.55	0.63	0.71	

Tabella 8-24: Estremi mensili omnidirezionali della corrente a Vado Ligure – Vicino al fondo

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 32 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## 9. LIVELLO DEL MARE

I livelli del mare sono stati sottoposti ad analisi armonica per separare la componente mareale da quella non di mareale (residua). L'analisi armonica è stata effettuata utilizzando il metodo U-tide come descritto in (Rif. /6/). Tale metodo è stato sviluppato da IOS (Rif. /7/ - Institute of Oceanographic Sciences) e integra gli approcci di Foreman (Rif. /8/).

I valori assoluti sono riportati rispetto al livello medio del mare (MSL).

Le elevazioni delle maree derivate dall'analisi sono fornite in termini di HAT, LAT e MSL nella tabella seguente.

LAT (m)	MSL (m)	HAT (m)
-0.22	0	0.22

Tabella 9-1: Elevazioni di marea

Gli estremi della componente residua (surge) sono forniti nella seguente tabella.

<b>Estremi della corrente residua - Vado Ligure - 44.28°N 8.51°E</b>						
<b>Tp</b>		<b>1 Anno</b>	<b>10 Anni</b>	<b>100 Anni</b>	<b>1000 Anni</b>	<b>10000 Anni</b>
<b>Surge</b>	<b>Positiva</b>	0.28	0.34	0.40	0.45	0.50
	<b>Negativa</b>	-0.15	-0.19	-0.23	-0.26	-0.29

Tabella 9-2: Estremi della corrente residua (positiva e negativa) a Vado Ligure.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 33 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

## 10. IDROLOGIA

Le seguenti tabelle riportano i valori mensili medi, massimi e minimi delle medie giornaliere, rispettivamente della temperatura (°C), salinità (psu) e densità (kg/m<sup>3</sup>).

Questa informazione è anche riportata nel file Excel "Temp&Sal&Dens.xlsx" incluso in APPENDICE A.

<i>Media della Temperatura media giornaliera (°T) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35	14.35
Febbraio	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60	13.60
Marzo	13.51	13.46	13.45	13.45	13.45	13.45
Aprile	14.41	14.24	14.09	13.99	13.85	13.72
Maggio	17.50	17.03	16.31	15.61	14.72	14.06
Giugno	21.46	20.71	19.35	17.36	15.23	14.19
Luglio	24.47	23.83	21.69	18.29	15.44	14.22
Agosto	25.27	24.99	23.14	19.09	15.69	14.29
Settembre	23.20	23.15	22.99	20.65	16.36	14.44
Ottobre	20.72	20.72	20.72	20.65	18.57	14.93
Novembre	18.15	18.16	18.16	18.17	18.10	16.22
Dicembre	15.90	15.90	15.90	15.90	15.90	15.83

Tabella 10-1: Media mensile della temperatura media giornaliera (°C) sulla colonna d'acqua.

<i>Massima della Temperatura media giornaliera (°T) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	16.21	16.21	16.21	16.21	16.21	16.20
Febbraio	14.86	14.86	14.86	14.86	14.86	14.86
Marzo	14.84	14.48	14.42	14.45	14.44	14.44
Aprile	18.16	17.71	15.79	15.62	15.25	14.98
Maggio	22.65	21.00	19.57	17.70	16.31	15.09
Giugno	26.80	25.44	23.18	20.58	17.33	15.19
Luglio	28.75	27.27	26.43	22.79	18.86	15.03
Agosto	28.58	28.23	26.13	24.24	18.05	15.11
Settembre	26.17	26.17	25.74	24.31	20.78	15.65
Ottobre	23.55	23.52	23.52	23.51	22.59	20.10
Novembre	20.67	20.66	20.66	20.66	20.42	19.77
Dicembre	18.30	18.31	18.33	18.37	18.41	18.33

Tabella 10-2: Media mensile della temperatura massima giornaliera (°C) sulla colonna d'acqua.

<i>Minima della Temperatura media giornaliera (°T) - FSRU-Vado Ligure</i>						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08	13.08
Febbraio	12.50	12.56	12.72	12.76	12.76	12.76
Marzo	12.40	12.48	12.65	12.66	12.66	12.66
Aprile	12.61	12.61	12.60	12.61	12.62	12.63
Maggio	14.19	14.16	14.10	13.95	13.45	13.00
Giugno	17.55	17.38	16.31	14.97	13.81	13.28
Luglio	21.09	20.80	17.98	15.75	14.10	13.44
Agosto	22.82	22.65	19.86	16.45	14.09	13.42
Settembre	20.66	20.66	20.66	16.75	14.37	13.45
Ottobre	17.70	17.76	17.84	17.86	14.55	13.71
Novembre	15.17	15.17	15.17	15.17	15.17	12.99
Dicembre	13.78	13.78	13.78	13.78	13.78	13.78

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 34 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

Tabella 10-3: Media mensile della temperatura minima giornaliera (°C) sulla colonna d'acqua.

Media della Salinità media giornaliera (psu) - FSRU-Vado Ligure						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	38.02	38.02	38.02	38.02	38.02	38.03
Febbraio	38.05	38.05	38.05	38.05	38.05	38.06
Marzo	38.03	38.03	38.04	38.04	38.05	38.06
Aprile	37.95	37.95	37.97	37.98	38.00	38.03
Maggio	37.82	37.83	37.85	37.90	37.96	38.02
Giugno	37.85	37.85	37.85	37.89	37.96	38.04
Luglio	38.00	37.98	37.93	37.92	37.97	38.06
Agosto	38.13	38.12	38.03	37.95	37.97	38.06
Settembre	38.10	38.11	38.10	37.99	37.95	38.05
Ottobre	38.04	38.05	38.05	38.05	37.98	38.00
Novembre	38.01	38.02	38.02	38.02	38.02	38.00
Dicembre	38.01	38.01	38.01	38.01	38.02	38.02

Tabella 10-4: Media mensile della salinità media giornaliera (psu) nella colonna d'acqua.

Massima della Salinità media giornaliera (psu) - FSRU-Vado Ligure						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	38.35	38.35	38.35	38.35	38.36	38.36
Febbraio	38.35	38.35	38.35	38.35	38.35	38.35
Marzo	38.34	38.34	38.34	38.34	38.34	38.34
Aprile	38.30	38.31	38.32	38.32	38.32	38.32
Maggio	38.17	38.17	38.18	38.21	38.24	38.26
Giugno	38.30	38.27	38.22	38.20	38.23	38.29
Luglio	38.43	38.43	38.33	38.17	38.23	38.29
Agosto	38.46	38.46	38.43	38.35	38.23	38.29
Settembre	38.45	38.45	38.45	38.38	38.22	38.27
Ottobre	38.36	38.36	38.36	38.35	38.31	38.23
Novembre	38.29	38.29	38.29	38.29	38.28	38.25
Dicembre	38.27	38.27	38.27	38.27	38.27	38.25

Tabella 10-5: Media mensile della salinità massima giornaliera (psu) nella colonna d'acqua.

Minima della Salinità media giornaliera (psu) - FSRU-Vado Ligure						
Mese	Superficie	5m s.l.m.	16m s.l.m.	29m s.l.m.	51m s.l.m.	Vicino al Fondo
Gennaio	37.74	37.77	37.77	37.77	37.77	37.79
Febbraio	37.70	37.81	37.82	37.82	37.82	37.84
Marzo	37.39	37.46	37.71	37.80	37.80	37.82
Aprile	37.16	37.31	37.52	37.63	37.78	37.81
Maggio	37.27	37.41	37.49	37.64	37.74	37.80
Giugno	37.31	37.36	37.41	37.57	37.74	37.81
Luglio	37.26	37.37	37.39	37.54	37.74	37.86
Agosto	37.28	37.71	37.67	37.68	37.75	37.86
Settembre	36.90	37.47	37.63	37.66	37.73	37.89
Ottobre	37.22	37.51	37.60	37.60	37.64	37.77
Novembre	37.05	37.32	37.55	37.67	37.67	37.74
Dicembre	37.46	37.57	37.68	37.71	37.71	37.73

Tabella 10-6: Media mensile della salinità minima giornaliera (psu) nella colonna d'acqua

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 35 di 39	<b>Rev.</b> <b>1</b>

<i>Media della Densità media giornaliera psu (kg/m<sup>3</sup>) - FSRU-Vado Ligure</i>						
<i>Mese</i>	<i>Superficie</i>	<i>5m s.l.m.</i>	<i>16m s.l.m.</i>	<i>29m s.l.m.</i>	<i>51m s.l.m.</i>	<i>Vicino al Fondo</i>
<i>Gennaio</i>	1028.45	1028.47	1028.52	1028.58	1028.68	1028.82
<i>Febbraio</i>	1028.64	1028.66	1028.71	1028.77	1028.86	1029.01
<i>Marzo</i>	1028.64	1028.67	1028.73	1028.79	1028.89	1029.04
<i>Aprile</i>	1028.38	1028.44	1028.53	1028.62	1028.77	1028.96
<i>Maggio</i>	1027.56	1027.70	1027.94	1028.20	1028.54	1028.88
<i>Giugno</i>	1026.55	1026.77	1027.18	1027.78	1028.43	1028.87
<i>Luglio</i>	1025.77	1025.97	1026.61	1027.57	1028.39	1028.88
<i>Agosto</i>	1025.63	1025.73	1026.26	1027.38	1028.33	1028.86
<i>Settembre</i>	1026.24	1026.27	1026.36	1027.00	1028.16	1028.82
<i>Ottobre</i>	1026.89	1026.92	1026.97	1027.04	1027.63	1028.68
<i>Novembre</i>	1027.55	1027.57	1027.62	1027.68	1027.79	1028.38
<i>Dicembre</i>	1028.09	1028.11	1028.16	1028.22	1028.32	1028.48

Tabella 10-7: Media mensile della densità media giornaliera (kg/m<sup>3</sup>) nella colonna d'acqua.

<i>Massima della Densità media giornaliera (kg/m<sup>3</sup>) - FSRU-Vado Ligure</i>						
<i>Mese</i>	<i>Superficie</i>	<i>5m s.l.m.</i>	<i>16m s.l.m.</i>	<i>29m s.l.m.</i>	<i>51m s.l.m.</i>	<i>Vicino al Fondo</i>
<i>Gennaio</i>	1028.98	1029.00	1029.05	1029.10	1029.21	1029.36
<i>Febbraio</i>	1029.10	1029.10	1029.12	1029.17	1029.27	1029.41
<i>Marzo</i>	1029.11	1029.11	1029.13	1029.18	1029.28	1029.43
<i>Aprile</i>	1029.04	1029.06	1029.12	1029.18	1029.27	1029.42
<i>Maggio</i>	1028.60	1028.63	1028.70	1028.81	1029.04	1029.30
<i>Giugno</i>	1027.92	1027.96	1028.23	1028.58	1028.95	1029.26
<i>Luglio</i>	1027.09	1027.19	1027.90	1028.38	1028.89	1029.23
<i>Agosto</i>	1026.62	1026.69	1027.49	1028.35	1028.89	1029.23
<i>Settembre</i>	1027.22	1027.24	1027.29	1028.30	1028.82	1029.21
<i>Ottobre</i>	1027.93	1027.93	1027.96	1028.00	1028.85	1029.12
<i>Novembre</i>	1028.48	1028.50	1028.54	1028.60	1028.69	1029.29
<i>Dicembre</i>	1028.77	1028.79	1028.84	1028.89	1028.99	1029.12

Tabella 10-8: Media mensile della densità massima giornaliera (kg/m<sup>3</sup>) nella colonna d'acqua.

<i>Minima della Densità media giornaliera psu (kg/m<sup>3</sup>) - FSRU-Vado Ligure</i>						
<i>Mese</i>	<i>Superficie</i>	<i>5m s.l.m.</i>	<i>16m s.l.m.</i>	<i>29m s.l.m.</i>	<i>51m s.l.m.</i>	<i>Vicino al Fondo</i>
<i>Gennaio</i>	1027.81	1027.85	1027.90	1027.96	1028.06	1028.22
<i>Febbraio</i>	1028.09	1028.19	1028.25	1028.31	1028.41	1028.57
<i>Marzo</i>	1027.85	1028.01	1028.26	1028.38	1028.48	1028.65
<i>Aprile</i>	1026.89	1027.14	1027.81	1027.99	1028.29	1028.52
<i>Maggio</i>	1025.76	1026.35	1026.85	1027.50	1028.01	1028.48
<i>Giugno</i>	1024.53	1025.01	1025.78	1026.69	1027.76	1028.47
<i>Luglio</i>	1023.85	1024.44	1024.77	1026.05	1027.38	1028.54
<i>Agosto</i>	1023.92	1024.38	1025.08	1025.73	1027.59	1028.53
<i>Settembre</i>	1024.42	1024.87	1025.17	1025.69	1026.86	1028.43
<i>Ottobre</i>	1025.46	1025.71	1025.82	1025.88	1026.28	1027.22
<i>Novembre</i>	1026.15	1026.38	1026.60	1026.75	1026.91	1027.28
<i>Dicembre</i>	1027.09	1027.19	1027.31	1027.38	1027.47	1027.65

Tabella 10-9: Media mensile della densità minima giornaliera (kg/m<sup>3</sup>) nella colonna d'acqua.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 36 di 39	<b>Rev.</b> 1

La persistenza (in ore) della temperatura del mare è riportata nel file Excel "Persistenza\_Temperatura.xlsx" incorporato in i APPENDICE A.

Legenda della tabella di persistenza:

- "LT" indica la persistenza al di sotto di una certa soglia T (°C).
- "ore/anno" indica le ore annue al di sopra o al di sotto di una soglia di T(°C).
- "% Ecc. (non)" indica la percentuale di eventi eccedenti (non eccedenti) la soglia T(°C).
- "Dur.Media. (ore)" indica per quanto tempo (in ore), in media, un singolo evento supera o rimane al di sotto della soglia T(°C).
- "Dev.St" indica la deviazione standard (in ore) di "Dur.Media (ore)".
- "Dur.Mass (ore)" indica la durata massima (in ore) di un singolo evento.
- "Persistenza (ore) per diversi percentili" indica le distribuzioni di probabilità della durata (ore) degli intervalli durante i quali T(°C) rimane costantemente al di sotto delle soglie selezionate.

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 37 di 39	<b>Rev.</b> 1

## 11. BIOFOULING MARINO

I dati relativi al biofouling marino sono stati estratti da vari progetti Oil&Gas e da studi accademici. Per Vado Ligure si possono assumere valori di biofouling pari a 10 cm nei primi 20 m di profondità dell'acqua e a 7 cm da 20 m a 70 m di profondità dell'acqua. La densità varia da 1300 Kg/m<sup>3</sup> a 1650 kg/m<sup>3</sup> (Rif. /4/ e Rif. /5/)

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 38 di 39	<b>Rev.</b> 1

## 12. APPENDICE A

### 12.1. Dati climatici



Regime\_Onda&Vento  
.xlsx



Regime\_Correnti.xlsx

### 12.2. Eccedenze



Eccedenza\_Onda&Ve  
nto.xlsx



Eccedenza\_Correnti.xl  
sx

### 12.3. Dati Estremi



Estremeri\_Onda&Vent  
o.xlsx



Estremeri\_Correnti.xlsx

### 12.4. Dati Idrologici



Temp&Sal&Dens.xlsx



Persistenza\_Temperat  
ura.xlsx

	<b>PROGETTISTA</b> 	<b>COMMESSA</b>	<b>UNITA</b>
	<b>LOCALITA'</b> <b>REGIONE LIGURIA</b>	<b>REL-300-E-12090</b>	
	<b>PROGETTO</b> <b>PROGETTO FSRU ALTO TIRRENO</b>	Pag. 39 di 39	<b>Rev.</b> 1