



**REGIONE SICILIANA**

**ASSESSORATO DELLE INFRASTRUTTURE E DELLA MOBILITA'  
DIPARTIMENTO DELLE INFRASTRUTTURE DELLA MOBILITA'  
E DEI TRASPORTI**

**Ufficio di progettazione:  
Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti  
Provveditorato Interregionale Opere Pubbliche  
Sicilia - Calabria  
Ufficio Opere Marittime per la Sicilia**

**PROGETTO PRELIMINARE**

**ISOLA DI MARETTIMO (TP)  
OPERE PER LA MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO A SUD  
DELL'ABITATO (art. 5 della legge regionale 21/98)**

Elaborato:

**R4**

**STUDIO IDRAULICO  
MARITTIMO PRELIMINARE**

Prog. N. 7 del 21 MAR. 2014 Rev.



**UFFICIO DI PROGETTAZIONE:**

**Il Dirigente:  
Dott. Ing. Pietro Viviano**

**Dott. Ing. Leonardo Tallo**

**Geom. Francesco Daidone**

**Dott. Ing. Gianluca Marvuglia**

**Il Responsabile Unico del Procedimento  
Dott. Ing. Vincenzo Falletta**

## **Indice della Relazione**

1	<i>Premesse - Caratteristiche del moto ondoso al largo</i>	1
1.1	<i>Inquadramento geografico</i>	1
1.2	<i>Settore di traversia e Fetch</i>	4
1.3	<i>Moto Ondoso al Largo</i>	8
1.4	<i>Onde Estreme al Largo</i>	14

## 1 Premesse - Caratteristiche del moto ondoso al largo

Il presente elaborato fa riferimento alle attività svolte nell’ambito dello studio idraulico - marittimo finalizzato alla progettazione preliminare delle opere di messa in sicurezza del porto di Marettimo.

In particolare l'attività svolta in questa prima fase dello studio riguarda l'individuazione del clima ondoso e degli estremi omnidirezionali al largo, la scelta delle onde di progetto in corrispondenza delle opere foranee (antemurale e prolungamento del molo) ed il dimensionamento idraulico delle stelle.

### 1.1 Inquadramento geografico

L’Arcipelago delle Isole Egadi si colloca ad ovest del versante occidentale della Sicilia, a poche miglia da Trapani, e comprende le isole di Favignana, Levanzo, Marettimo e gli isolotti di Formica e Maraone.

L’isola di Marettimo (37°58’N / 22°03’E [WGS84]) è la più occidentale delle cinque che compongono l’arcipelago delle Isole Egadi.



L’unico abitato, denominato Marettimo (comune di Favignana), è collocato sulla costa orientale dell’isola. L’isola dista circa 36 Km dalle coste della Sicilia ed ha un’estensione di 12 Km<sup>2</sup>.

Il sistema portuale dell’isola di Marettimo si compone di due piccoli porticcioli.

- Lo Scalo Vecchio, posto all’estremità nord del paese, è una cala in parte rocciosa e in parte con spiaggia, protetta a levante da un molo della lunghezza di circa 100 m, orientato a NNW e banchinato all’interno. La cala ha un fondale limitato, circa 3 m, e presenta numerosi scogli affioranti al centro e sottocosta. Lo scalo vecchio costituisce un ottimo rifugio dai venti e dal mare del secondo e del terzo quadrante ma è fruibile solo da piccole imbarcazioni;
- Lo Scalo Nuovo, a sud del paese, è, allo stato attuale, costituito da un molo lungo circa 200 m, orientato a SE e banchinato e con un ampio piazzale adiacente, anch’esso banchinato. Internamente, con carattere stagionale, è posizionato un pontile galleggiante per le imbarcazioni da diporto. Allo scalo nuovo approdano gli aliscafi e le navi traghetto che collegano l’Isola alla terraferma. Il porto è classificato di II categoria III classe con destinazione: servizio passeggeri, peschereccia, turistica e da diporto (D.P.Reg. 01/06/2004).

Oggetto dell’intervento di che trattasi è la messa in sicurezza dello Scalo Nuovo a Sud dell’abitato, infatti il porto nella configurazione attuale non è ancora in grado di assicurare un bacino sufficientemente protetto, il paraggio è completamente esposto alle agitazioni provenienti dal II° quadrante ed il tratto di molo esistente non risulta idoneo ad assicurare ridosso in occasione dei marosi proveniente dal I° quadrante

Ciò comporta notevoli difficoltà nei collegamenti, con conseguenti disagi per la popolazione.



Dispositivo Portuale dell’Isola di Marettimo - Stato attuale

Dal punto di vista geomorfologica, l'Isola di Marettimo costituisce un alto strutturale orientato parallelamente alla Catena sollevatasi nell'intervallo di tempo compreso tra l'inizio del Miocene e l'inizio del Pliocene in conseguenza di una tettonica che viene oggi attribuita alla collisione continentale. L'assetto strutturale dell'isola è assimilabile nel suo insieme ad una monoclinale alquanto regolare, immergente verso S e verso SW. La struttura risulta inoltre suddivisa da alcuni sistemi di faglie, dirette ed inverse, in un insieme di alti e bassi strutturali. Le faglie hanno direzione prevalentemente E-W e talora NNW – SSE. L'ossatura di tale unità morfostrutturale è costituita da rocce calcareodolomitiche di età mesozoica riferibili a quattro unità tettoniche (Unità Punta Bombarda, Unità Punta Troia-Marettimo, Unità Monte Falcone, Unità Punta Bassano), corrispondenti ad un ambiente di transizione che va da piattaforma a bacino; subordinatamente sono presenti in affioramento formazione

terrigeno miocenico e coperture quaternarie clastiche, unitamente a prodotti piroclastici legati all'attività tettonica infraliasica.

## 1.2 Settore di traversia e Fetch

Risulta opportuno ai fini dell'inquadramento meteo-marino del paraggio, individuare le possibili direzioni di provenienza delle onde generate dal vento. A tale scopo è essenziale tracciare il cosiddetto settore di traversia: a partire dalla zona di interesse del progetto vengono tracciate due semirette tangenti alla costa in corrispondenza dei limiti dell'Unità fisiografica, ovvero tra punta Nord e punta Sud dell'Isola di Marettimo - Figura 1.2.

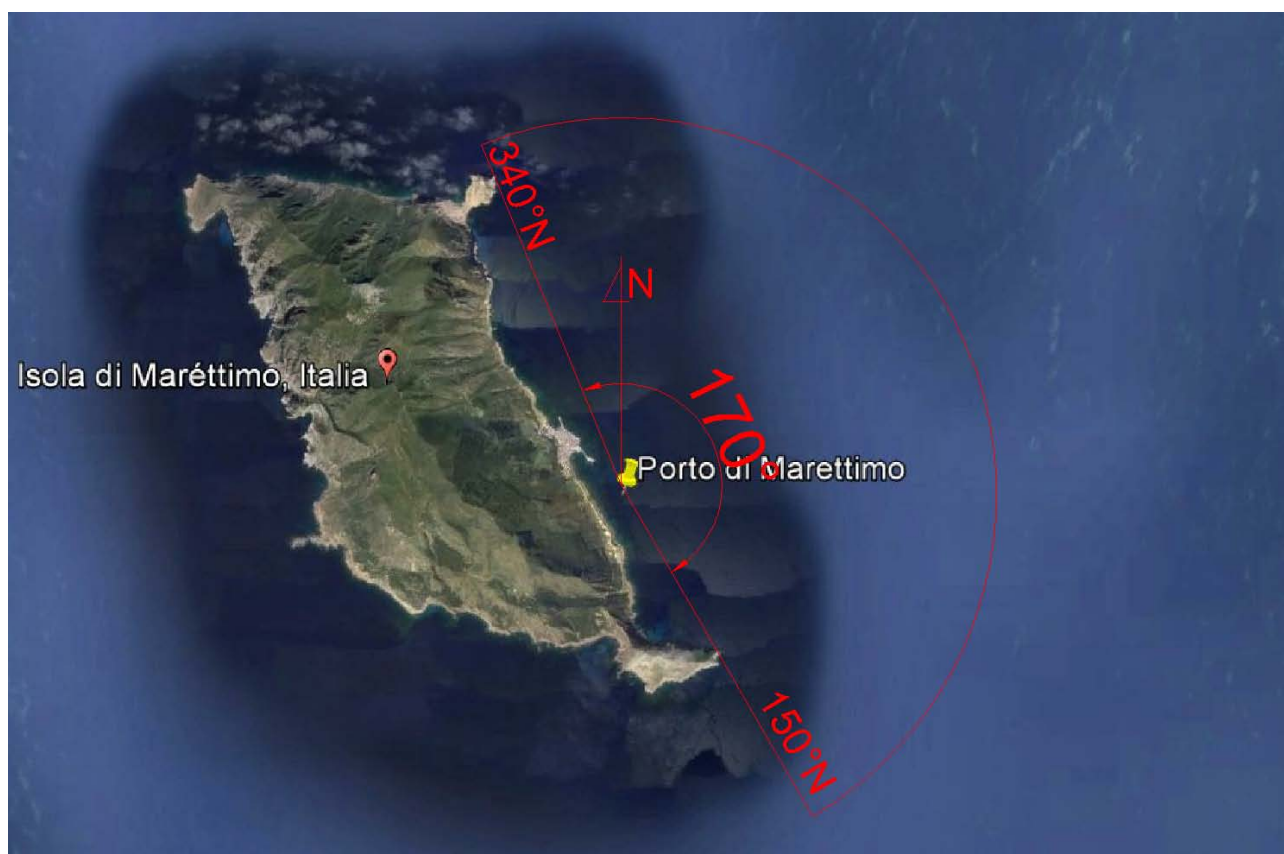


Figura 1.1 Settore di traversia del tratto di mare antistante il porto di Marsala.

Il settore così definito raggruppa le direzioni comprese tra 340 °N e 150 °N, corrispondente ad una ampiezza di 170°. Tale risultato fornisce una prima indicazione sulle direzioni estreme da cui possono arrivare i marosi; ovviamente esso deve essere messo in correlazione con i venti

presenti nella zona, sia in termini di eventi estremi che in termini di estensione della superficie di interazione vento-mare. A questo scopo sono state stimate le distanze di mare libero per le direzioni ricadenti all’interno del settore di traversia, come mostrato in Figura 1.3. Tale lunghezza, detta anche Fetch geografico, rappresenta la distanza presente tra le due sponde opposte in un tratto di mare.



Figura 1.2 Fetch geografico stimato sulla base delle distanze misurate sulla vista satellitare.

In particolare, si può notare la presenza due settori di traversia principali: il primo risulta ampio all’incirca 90°, essendo compreso tra le direzioni 340°N e 70°N, e il secondo risulta ampio 30°, essendo compreso tra le direzioni 120°N e 150°N. Un terzo settore secondario, rivolto verso la Sicilia,

risulta ampio 50° ed è compreso tra 70°N e 120°N. All’interno di detti settori, i valori maggiori di fetch geografico sono rilevabili nell’intervallo di direzione compreso tra 130° e 150° N, in cui si rilevano valori di oltre 800 km e nell’intervallo di direzione compreso tra 340° e 0° N, in cui si rilevano valori di oltre 500km.

Un passaggio di rilievo ai fini dello studio delle onde nel tratto di mare in esame è rappresentato dalla stima della reale distribuzione planimetrica del vento. Essa è legata soprattutto alla variabilità direzione del singolo evento meteorico, in altri termini ciascuna folata di vento varierà la sua direzione nel tempo e nello spazio. Un modo per tenere conto di questo effetto è calcolare, per ciascuna direzione media di provenienza del vento, il cosiddetto Fetch efficace, come mostrato nella seguente formula:

$$F_{eff} = \frac{\sum x_i \cos^3 \varphi_i}{\sum \cos^2 \varphi_i}$$

dove  $\varphi_i$  è l’angolo misurato rispetto alla direzione in cui viene calcolato il Fetch, di solito  $[-45^\circ; 45^\circ]$ ,  $x_i$  è il Fetch geografico corrispondente. Inoltre, nel Mar Mediterraneo le aree battute dal vento non hanno dimensioni molto ampie. In particolare i fronti di vento presentano un’ampiezza massima di 400 km e una dimensione su cui spira il vento pari a circa 500 km, per cui i valori dei fetch geografici  $x_i$  da inserire nel calcolo del fetch efficace risultano limitati da tale estensione massima delle aree battute dal vento.

I risultati di tale calcolo sono rappresentati nella Figura 1.4.



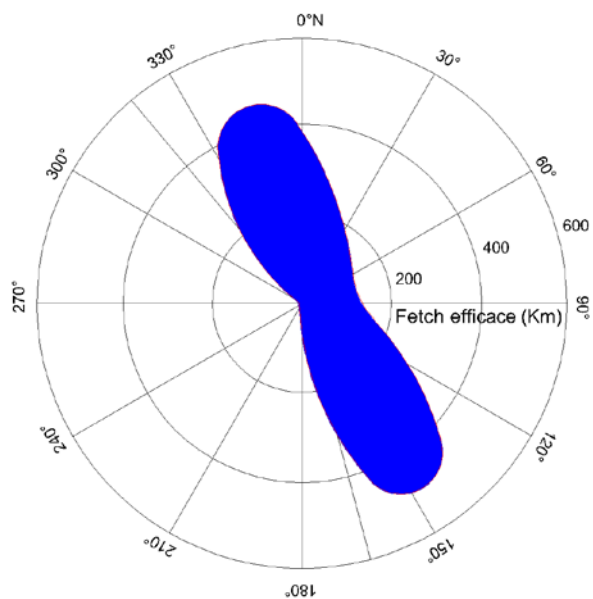


Figura 1.4 Fetch efficace in corrispondenza del paraggio in esame.

### **1.3 Moto Ondoso al Largo**

I dati meteomarini di largo sono stati estratti dal modello d’onda di larga scala approntato da quest’Ufficio con la collaborazione di DHI Italia per il settore di mare che interessa il tratto di costa della Sicilia sud-occidentale. Tale modello, realizzato a partire da dati ondametrici e anemometrici del modello globale Met-Office (UKMO) e calibrato sulle misurazioni della boa di Mazara del Vallo, rappresenta un vero e proprio database di dati ondametrici per il periodo compreso tra il 01/11/88 ed il 30/10/08.

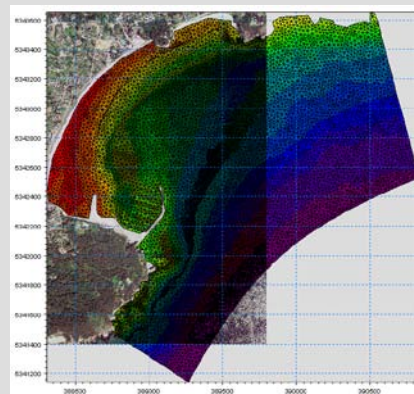
Per quanto riguarda la caratterizzazione batimetrica dell’area di studio, si è fatto riferimento al database CM-93 di C-MAP per le aree al largo. CM-93 è un database globale di cartografia nautica digitale realizzato e costantemente aggiornato dalla società norvegese C-MAP. Per la zona più prossima al porto di Marsala, i dati delle carte nautiche digitali sono stati integrati con un rilievo di dettaglio eseguito nei mesi di settembre – ottobre 2010, commissionato dall’Ufficio del Genio Civile di Trapani con finanziamento dell’Assessorato Regionale Infrastrutture e Mobilità.

Per studiare in dettaglio la trasformazione che l’onda subisce nella sua propagazione verso costa, DHI Italia ha costruito un modello numerico bidimensionale, utilizzando il modulo SW (Spectral Waves) del codice di calcolo MIKE 21 DHI (Danish Hydraulics Insitute). Un’accurata descrizione del modulo utilizzato è riportata nell’allegato A al presente elaborato.

**MIKE 21 SW** è un modello spettrale per vento ed onde di nuova generazione, basato su una griglia non strutturata. Il modello simula la trasformazione di onde generate dal vento ed onde di swell sia offshore, sia in aree costiere.

MIKE 21 SW include due differenti formulazioni: “Directional decoupled parametric” e “Fully spectral”. La prima delle due formulazioni è basata su una parametrizzazione dell’equazione di conservazione dell’energia del moto ondoso. La parametrizzazione è effettuata nel dominio della frequenza mediante l’introduzione come variabili dipendenti del momento di ordine zero e del momento di primo ordine dello spettro (Holthuijsen, 1989). La seconda formulazione è basata sulla conservazione dell’energia del moto ondoso come descritta da Komen (1994) e Young (1999). I fenomeni fisici che sono modellati con MIKE 21 SW sono i seguenti:

- Generazione dell’onda ad opera del vento;
- Interazione non lineare onda-onda;
- Dissipazione dovuta al cosiddetto “white capping”
- Dissipazione dovuta all’attrito con il fondo;
- Dissipazione dovuta al frangimento;
- Rifrazione e shoaling dovuti alle variazioni del fondale;
- Interazione onde-correnti.
- Diffrazione
- Riflessione



Tale modello, a maglia triangolare “flessibile” permette di utilizzare una risoluzione spaziale variabile, consentendo di impiegare una risoluzione elevata nelle aree per le quali si richiede un maggior dettaglio, laddove rifrazione, shoaling, attrito con il fondo ed eventualmente frangimento determinano una forte trasformazione delle caratteristiche dell’onda incidente su distanze relativamente limitate.

I dati meteomarini di largo sono stati estratti dal modello d’onda ad ampia scala realizzato per il settore di mare che interessa il tratto di costa della Sicilia sud-occidentale. Tale modello, come illustrato in premessa, è stato realizzato a partire da dati ondametrici e anemometrici del modello globale Met-Office (UKMO), caratterizzati da elevata affidabilità ed abitualmente adottati quale standard di riferimento per studi meteomarini in assenza di osservazioni dirette, e successivamente calibrato sulle misurazioni della boa di Mazara del Vallo. I risultati del modello rappresentano pertanto un prezioso database di dati meteomarini (in termini di altezza d’onda significativa  $H_s$ , di periodo  $T_p$  e di direzione di provenienza dell’onda MWD) per il periodo compreso tra il 01/11/88 ed il 30/10/08.

In Figura 1.5 è illustrata la mesh di calcolo del modello d’onda di larga scala utilizzato come fonte dei dati meteomarini al largo, unitamente alla localizzazione del punto di estrazione al largo del porto di Marettimo, di coordinate (nel sistema di riferimento UTM33) pari a 247900 E, 4203500 N, su fondali di circa -150m, s.l.m.m..

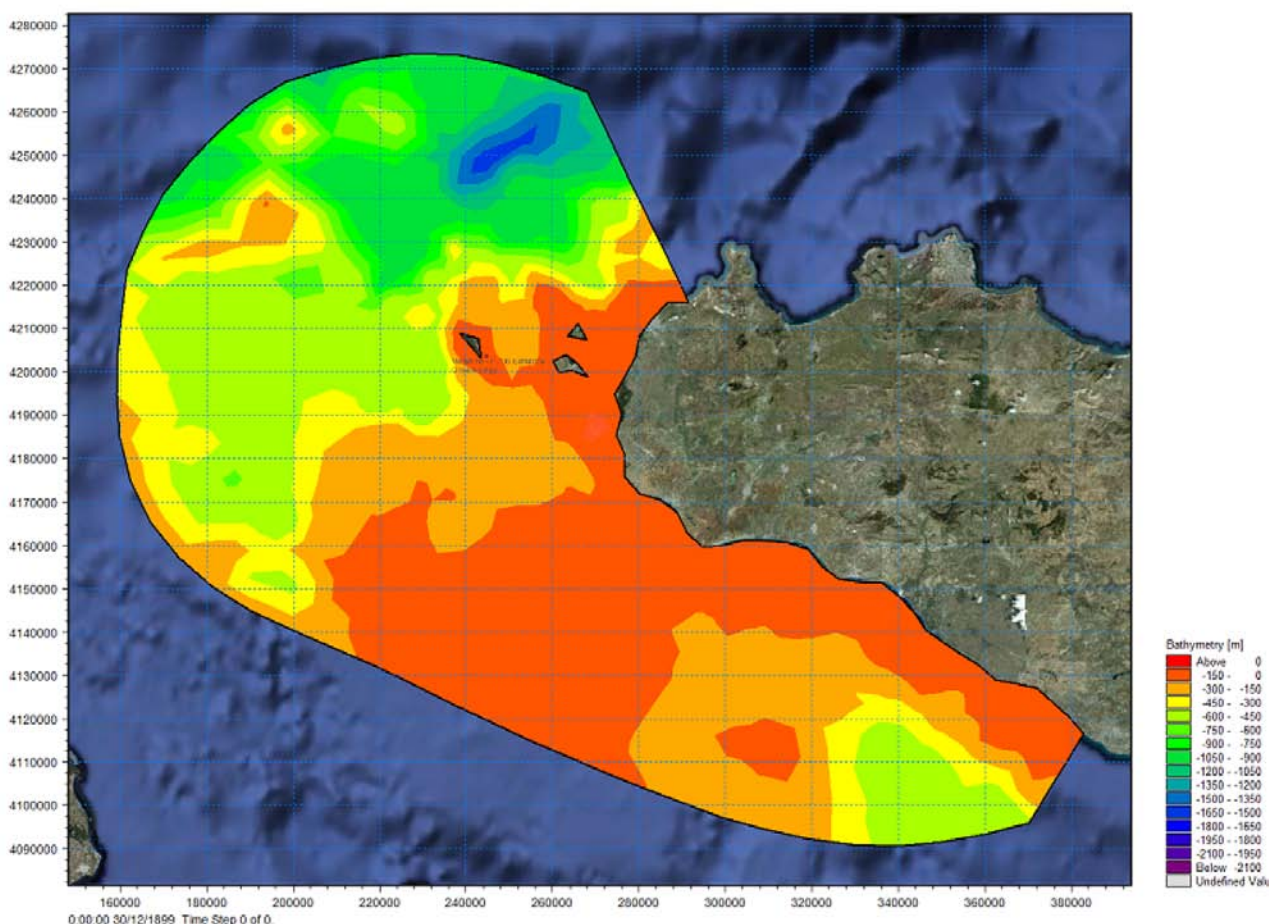


Figura 1.5 Marettimo - Punto di estrazione del clima ondoso e degli eventi estremi su profondità di 150m.

I dati triorari estratti per il punto illustrato in Figura 1.5, antistante il porto di Marettimo su fondali di circa - 150 m, s.l.m.m., in termini di altezza d’onda significativa ( $H_s$ ), periodo di picco ( $T_p$ ) e direzione media di propagazione (MWD), sono stati processati al fine di ottenere la caratterizzazione del clima ordinario e successivamente degli eventi di mareggiata, a partire dai quali è possibile effettuare una stima dei valori di altezza d’onda associati a diversi periodi di ritorno.

Con il termine “clima ondoso ordinario” viene indicata la distribuzione

media annua dell’altezza d’onda significativa in un determinato tratto di mare in relazione alla direzione di provenienza dell’onda ed alla sua frequenza di accadimento.

I dati triorari di moto ondoso sono stati raggruppati in classi di altezza d’onda e direzione media di provenienza, in modo da poter illustrare il clima ondoso di largo secondo la classica rappresentazione a rosa, in questo caso costruita per settori di 10° di ampiezza. Dalla Figura 1.6 appare evidente che, almeno al largo, le mareggiate più intense provengono dai settori di Nord-Ovest (Maestrale), e Sud-Est (Scirocco).

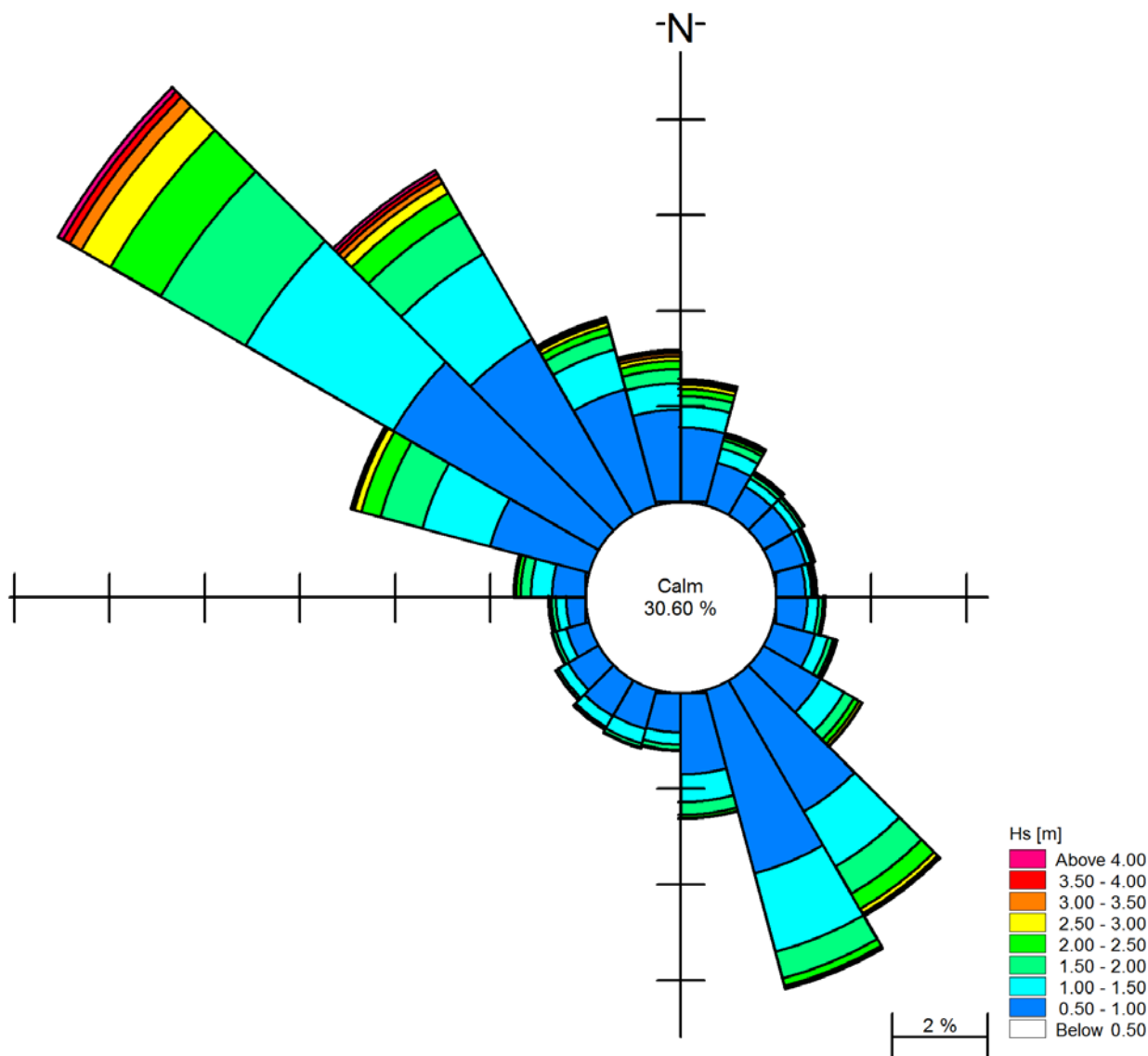


Figura 1.6 Rosa del clima ondoso medio annuo su profondità di 150m.

Hs [m] Dir [°N]	<0.5	0.5 1.0	1.0 1.5	1.5 2.0	2.0 2.5	2.5 3.0	3.0 3.5	3.5 4.0	4.0 4.5	4.5 5.0	5.0 5.5	5.5 6.0	6.0 6.5	6.5 7.0	> 7	Tot
0 - 15	1117	913	260	123	91	55	32	24	2	1	0	0	0	0	0	2618
15 - 30	671	544	183	95	42	31	9	12	1	1	2	1	0	0	1	1593
30 - 45	402	406	115	56	27	14	2	0	1	0	0	0	0	0	0	1023
45 - 60	452	420	97	47	15	5	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1037
60 - 75	319	416	68	25	19	4	0	0	1	1	0	0	0	0	0	853
75 - 90	252	362	70	34	19	10	4	4	3	0	0	0	0	0	0	758
90 - 105	302	389	133	52	23	6	5	2	0	0	0	0	0	0	0	912
105 - 120	468	538	163	67	29	16	3	0	0	0	0	0	0	0	0	1284
120 - 135	693	815	325	145	69	37	10	3	1	0	0	0	0	0	0	2098
135 - 150	1277	1849	776	386	213	66	23	9	5	0	0	0	0	0	0	4604
150 - 165	1467	2323	991	334	97	34	6	2	0	0	0	0	0	0	0	5254
165 - 180	863	988	342	158	37	6	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2396
180 - 195	408	480	150	61	8	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1115
195 - 210	432	494	181	49	8	4	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1172
210 - 225	584	506	155	30	7	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1283
225 - 240	418	434	136	36	3	4	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1032
240 - 255	237	290	129	45	11	2	1	1	0	0	0	0	0	0	0	716
255 - 270	147	243	122	58	28	9	2	1	0	0	0	0	0	0	0	610
270 - 285	202	417	259	123	55	25	5	0	0	0	0	0	0	0	0	1086
285 - 300	936	1254	859	534	251	80	36	15	2	0	0	0	0	0	0	3967
300 - 315	1722	2912	2090	1209	714	416	168	91	45	20	7	1	0	0	0	9395
315 - 330	1676	2483	1206	571	288	140	83	51	30	8	8	2	0	0	0	6546
330 - 345	1473	1472	500	199	96	54	30	17	12	3	3	0	0	0	0	3859
345 - 360	1367	1133	324	170	100	59	42	20	9	4	1	0	0	0	0	3229
<b>TOT</b>	<b>17885</b>	<b>22081</b>	<b>9634</b>	<b>4607</b>	<b>2250</b>	<b>1082</b>	<b>473</b>	<b>252</b>	<b>112</b>	<b>38</b>	<b>21</b>	<b>4</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>58440</b>

Tabella 1.I Occorrenza annua percentuale del clima ondoso medio, al variare della altezza d’onda e del settore di provenienza, su profondità di 150m.

L’intero set di dati relativi al clima ondoso ordinario è stato quindi suddiviso in opportune classi omogenee in termini di altezza d’onda, periodo e direzione di provenienza (Tabella 1.I). Ciascuna delle classi individuate, rappresentative pertanto dell’intero clima ondoso ordinario, è stata identificata con la rispettiva frequenza di accadimento.

I risultati dell’elaborazione di cui sopra, in termini di altezza d’onda significativa e direzione di provenienza, sono stati in seguito elaborati al fine di permettere una caratterizzazione statistica degli eventi estremi

attesi al largo. Gli eventi di mareggiata sono stati pertanto processati statisticamente mediante l’applicazione del cosiddetto metodo POT (Peak Over Threshold). Tale metodo, contrariamente al metodo del valore massimo annuale, permette, una volta individuata una soglia minima di altezza d’onda, di considerare nell’analisi gli eventi di mareggiata a prescindere dal fatto che essi si siano o meno verificati nello stesso anno o in anni diversi.

## 1.4 Onde Estreme al Largo

Al fine di effettuare una statistica omnidirezionale, gli eventi di mareggiata sono stati suddivisi in settori ad ampiezza variabile, in modo da ottenere per ciascun settore un numero di eventi di mareggiata utile per effettuare la regolarizzazione statistica.

La regolarizzazione statistica omnidirezionale è stata effettuata per il solo settore A ( $120^\circ - 165^\circ N$ ), mareggiate da scirocco, maggiormente significativo per le opere proposte in progetto, utilizzando il modulo EVA – Extreme Values Analysis del DHI. I risultati delle elaborazioni sono riportati di seguito in forma grafica (Figura 1.7) e tabellare (Tabella 1.II). La distribuzione di probabilità che ha approssimato meglio i dati è la distribuzione “Weibull”.

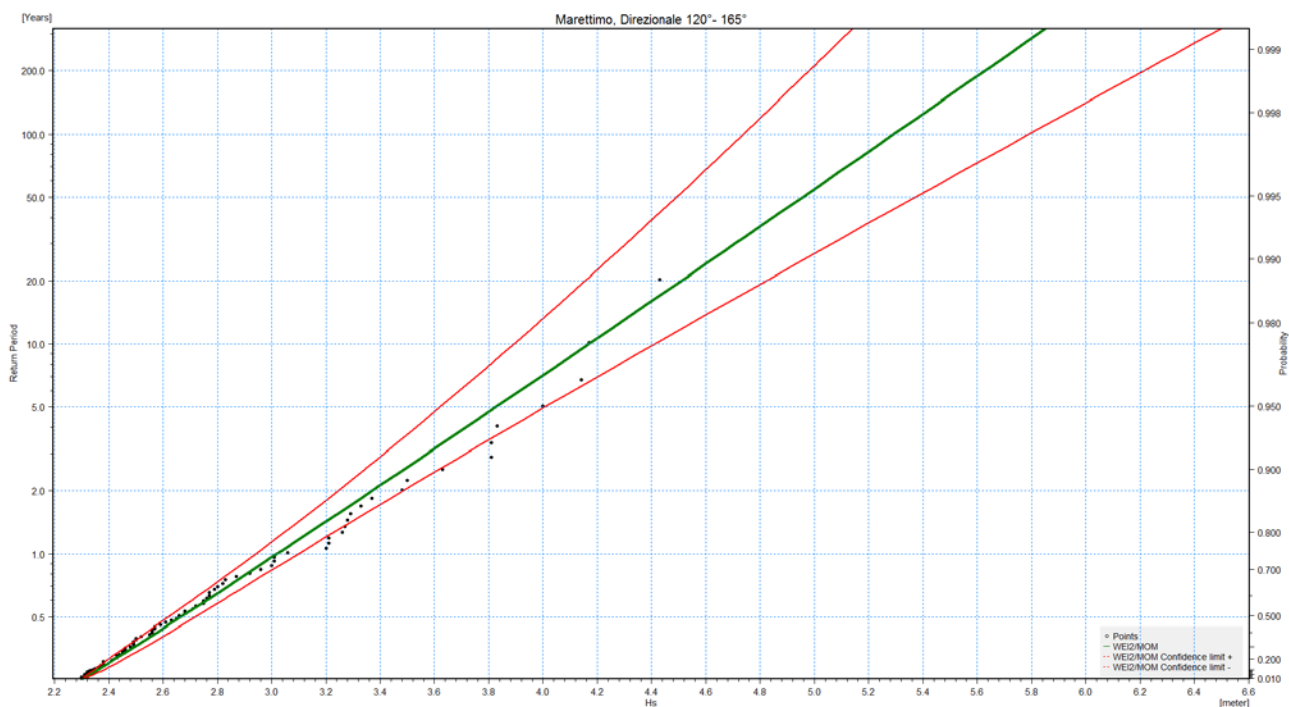


Figura 1.7 Analisi statistica degli eventi estremi al largo per il settore A ( $120-165^\circ N$ ).



<b>T</b> <b>[anni]</b>	<b>Hs Weibull</b> <b>[m]</b>	<b>Dev.st Weibull</b> <b>[m]</b>
<b>1</b>	3.0	0.1
<b>2</b>	3.4	0.1
<b>5</b>	3.8	0.2
<b>10</b>	4.2	0.3
<b>20</b>	4.5	0.3
<b>50</b>	5.0	0.4
<b>100</b>	5.3	0.5
<b>200</b>	5.6	0.6

Tabella 1.II Livelli di altezza significativa, su profondità di 150m, eguagliati o superati ogni Tr anni, settore di provenienza delle onde 120° - 165°N.

L’analisi statistica effettuata rivela che la deviazione standard, per onde caratterizzate da tempi di ritorno superiori ai 50 anni, presenta valori elevati. Tale aspetto risulta verosimilmente dovuto alla presenza di un numero ridotto di eventi di mareggiata aventi direzioni di provenienza compresa nei settori direzionali sopra citati.

La variabilità nella stima dell’altezza d’onda ad elevato tempo di ritorno induce una necessaria cautela nel trattare tali stime, soprattutto in considerazione del fatto che il database di origine a nostra disposizione fornisce una serie temporale di dati relativa a circa 20 anni e che l’extrapolazione della tendenza di una serie è un procedimento sempre delicato.