

# COMUNE DI PARGHELIA

PROVINCIA DI VIBO VALENTIA

OGGETTO:

PROGETTO DI RIMESSIONE IN PRISTINO  
DELLO "STATO QUO ANTE" DEI LAVORI  
RELATIVI ALLA SCIA DI APRILE 2023  
– CODICE UNIVOCO CALABRIA SUAP 383 –  
DEL VILLAGGIO AURUM BAIA PARAElios  
IN LOCALITA' COSTA DEI MONACI  
DEL COMUNE DI PARGHELIA

COMMITTENTE:

AURUM BAIA S.R.L.

ELABORATO:

Relazione idraulica marittima  
con stima del run up e dimensionamento scogliera

IL TECNICO: Dott. Ing. Francesco Barbalace

ELABORATO      SCALA  
IM.01

AGGIORNAMENTI

DATA	DESCRIZIONE
07/07/2025	rev.0

VISTI:

**COMUNE DI PARGHELIA  
PROVINCIA DI VIBO VALENTIA**

**OGGETTO:**

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DELLE OPERE DI  
PROTEZIONE DEI PERCORSI PEDONALI FRONTE MARE DEL  
VILLAGGIO BAIA PARAELIOS IN LOCALITÀ COSTA DEI  
MONACI DEL COMUNE DI PARGHELIA (VV)**

**COMMITTENTE:**

**AURUM BAIA S.R.L.**

**ELABORATO:**

**RELAZIONE IDRAULICA MARITTIMA - STUDIO METEO MARINO**  
con stima del run up e dimensionamento della scogliera

**IL TECNICO: DOTT. ING. FRANCESCO BARBALACE**

**ELABORATO**

**SCALA**

**IM.01**

**AGGIORNAMENTI**

**DATA**

**DESCRIZIONE**

**07/07/2025**

**VISTI:**

## Sommario

1.	PREMESSA .....	3
1.1.	L'intervento.....	3
2.	QUADRO D'INSIEME DEL LITORALE E SPECIFICA DEL TRATTO.....	5
2.1.	Trasporto sedimentario ed erosione .....	5
3.	BATIMETRIA MORFOLOGIA E BIOCENOSI DEL TRATTO.....	7
3.1.	Strumentazione impiegata .....	8
3.2.	Risultati .....	11
4.	STUDIO IDRAULICO MARITTIMO .....	21
4.1.	Premessa .....	21
4.2.	Il clima ondoso.....	22
4.3.	Esposizione del paraggio - calcolo dei fetches .....	22
4.4.	Dati di vento e di onda .....	24
4.5.	Elaborazione statistica dei dati di vento .....	31
4.6.	Previsione del moto ondoso al largo fetches <i>efficaci</i> .....	40
4.7.	Caratteristiche dell'onda significativa al largo .....	42
4.8.	Clima del moto ondoso .....	42
4.9.	Trasposizione dei dati delle boe ondametriche .....	59
4.10.	Calcolo onde di progetto.....	67
4.11.	Confronti in merito alle valutazioni.....	68
4.12.	Studio meteomarino dati Master Plan.....	69
4.13.	Aggiornamenti dati anemologici e ondametrici.....	75
4.14.	Correnti marine .....	79
4.15.	Variazione del livello marino (maree, sovralti) .....	84
4.16.	Calcolo della profondità di chiusura.....	87
4.17.	Run -Up.....	89
4.18.	Verifiche di stabilità della scogliera.....	91

## 1. PREMESSA

La presente relazione specialistica è stata prodotta nell'ambito del PAUR istanza n° 136 VV per il Progetto: “Realizzazione delle opere di protezione dei percorsi pedonali fronte mare del Villaggio Baia Praelios, località Costa dei Monaci” in Comune di Parghelia (VV), in seguito alla comunicazione del Dipartimento Ambiente, Paesaggio e Qualità Urbana Settore 1 “Valutazioni ed Autorizzazioni Ambientali” (Prot. N. 415843 del 09/06/2025), relativa alla richiesta di integrazioni espressa dal Settore Tecnico Pareri Demaniali CZ-VV del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER LE OO. PP. SICILIA CALABRIA Ufficio 6 Tecnico e Opere Marittime per la Calabria (prot. 12769 del' 6/6/2025).

Il sito di intervento è posto a ridosso della costa del Comune di Parghelia in località Costa dei Monaci.

Lo studio è stato redatto per determinare il regime del moto ondoso nelle varie direzioni di provenienza in funzione dell'esposizione del paraggio in cui deve essere verificato l'intervento in oggetto. Sono inoltre stati reperiti e analizzate le informazioni disponibili a diversi parametri di interesse quali i regimi correntometrici e di marea, le caratteristiche morfologiche, batimetriche e biocenotiche di dettaglio nel tratto.

### 1.1. L'intervento

L'intervento, necessario a diminuire il grado di vulnerabilità dei beni e degli edifici esistenti esposti al rischio mediante una protezione dei percorsi pedonali lungomare del villaggio e per la riqualificazione estetica del paesaggio consiste nella realizzazione di una palificata in castagno affiancati ed infissi nel terreno, protetti sul versante mare da scogli in massi di natura granitica con funzione di protezione dall'azione delle onde.

A completamento dell'opera, per tutta la lunghezza del fronte, verrà steso di monte della palificata un telo di tessuto non tessuto, e realizzato il rinterro a monte della palificata. La crescita di specie vegetali naturali del sito negli interstizi dei massi con il tempo produrrà un effetto di mascheramento del manufatto e di inverdimento.



*Schema dell'intervento e ortofoto dei luoghi di intervento*





*Stato attuale del tratto e stato post intervento*

## **2. QUADRO D'INSIEME DEL LITORALE E SPECIFICA DEL TRATTO**

### **2.1. Trasporto sedimentario ed erosione**

Nel tratto costiero compreso tra il Comune di Tropea e quello di Vibo Valentia gli studi condotti hanno verificato che a nord di Capo Riace il mare di ponente spinge le sabbie verso est mentre il mare di maestrale spinge le sabbie verso ovest.

Il trasporto solido litoraneo prevalente, variabile tra 30.000 e 100.000 m<sup>3</sup>/anno è però diretto da ovest verso est, vale a dire da Punta Riace verso il Golfo di S. Eufemia.

L'apporto sedimentario dai principali corsi d'acqua presenti nel tratto (T. La Grazia, T. Croce, T. Potame, Fiumara Spadaro e Fiumara Murria) è scarso e alterno, insufficiente a tenere in equilibrio il litorale.

Inoltre, la costruzione del porto di Tropea e del porto di Vibo Marina costituiscono un ostacolo all'alimentazione sottoflutto verso est con dispersione dei sedimenti al largo dei moli di sovraflutto

Il fenomeno erosivo, è stato inizialmente lento, la dinamica litoranea si è, infatti, rifornita della spiaggia accresciuta nei decenni precedenti, per poi proseguire molto rapido una volta terminato il serbatoio naturale. Negli ultimissimi anni il litorale è arrivato al collasso ed ogni mareggiata è in grado di produrre modificazioni significative alla costa riducendo l'estensione della spiaggia e minacciando le strutture turistiche costiere.

Considerando il tratto tra la Punta della Tonnara a T. Miliò/ Cocomerara (2800 m) si osserva che da Punta Tonnara a Costa Monaci (2050 metri) sono presenti sei spiagge sabbiose (Punta Rei, Blue Paradise, Le Vele, Porto Pargos, Para Helios, Costa Monaci) contenute da pennelli artificiali. Tra il 1995 ed il 2005, a seguito dell'erosione, sono stati realizzati interventi emergenziali di difesa posizionando muri e scogliere di contenimento a protezione delle strutture turistiche retrostanti la spiaggia e pennelli trasversali che delimitano le diverse spiagge.

Il tratto successivo da Costa Monaci al T. Miliò (750 metri) è caratterizzato dalla spiaggia continua di Sabbie Bianche (o di Zambrone) attualmente poco ampia (5-15 metri) a causa di arretramenti di 30-40 metri subiti negli ultimi 20 anni e con presenza di strutture turistiche raggiunte dal mare e la conseguente necessità di difesa.

Relativamente alla **dinamica litoranea** il tratto è esposto frontalmente sia alle mareggiate di ponente che di libeccio con forte dinamica trasversale prevalente sulla dinamica longitudinale; durante le mareggiate più forti grandi quantità di sedimenti vengono portati al di fuori della linea dei frangenti (-4,5 m) senza possibilità di risalita e vanno a formare un'ampia secca sabbiosa che costituisce il fondale tra la - 4 m e la - 8 m (possibile risorsa per il ripascimento).

Il trasporto solido longitudinale è, come detto, in prevalenza diretto da ovest verso est (Punta Zambrone) e, seppur minore, ha garantito in passato l'alimentazione della spiaggia. Il molo del porto di Tropea costituisce un ostacolo al trasporto longitudinale da ovest con perdita di sedimenti al largo del molo portuale ma i numerosi torrenti presenti nel tratto successivo al porto garantiscono durante le piene una certa alimentazione.

I torrenti da ovest non alimentano più come in passato il litorale. Periodi di intense piogge hanno prodotto numerosi eventi alluvionali con diffusi danni al territorio ma anche con il ripristino del trasporto solido a mare con avanzamento delle foci anche dei piccoli corsi d'acqua di diversi metri come avveniva in passato. La sabbia è stata distribuita lungo il litorale alimentando le spiagge ed evidenziando l'importanza strategica dei piccoli torrenti. In particolare l'apporto solido del torrente La Grazia/Burmaria è di entità notevolissima e influenza il ripascimento del litorale fino a Punta Zambrone.

La spiaggia di Marina di Bordila è quella che presenta il massimo deficit erosivo con punte di arretramento anche di 40 metri. Il tratto successivo della spiaggia di Sabbie Bianche è caratterizzato da una forte erosione della spiaggia (da 30 a 40 metri di arretramento); il tratto presenta anche scogli e piattaforme sommerse davanti alle quali si conservano lembi di spiaggia maggiori funzionando a protezione al piede; l'evoluzione del degrado negli ultimi anni si è velocizzato e le mareggiate hanno scavato i terreni non difesi entrando nelle strutture turistiche; rendendo urgente un intervento per salvare la spiaggia.

### **3. BATIMETRIA MORFOLOGIA E BIOCENOSI DEL TRATTO**

Per verificare in dettaglio le caratteristiche morfo-batimetriche e sedimentologiche dei fondali in esame, nonché approfondire alcuni aspetti biologici, quali la copertura vegetale dei fondali e il tipo di popolamenti presenti nelle aree di interesse sono stati reperiti rilievi bati-morfologici, effettuati mediante multibeam e side scan sonar e le riprese video strumentali subacquee con ROV a verifica del segnale e di indagine sulle biocenosi, relative alla fascia di fondale prospiciente il sito e quelle delle aree laterali (Località punta tonnara e Costa dei Monaci).

I rilievi acustici, hanno permesso la produzione delle cartografie di dettaglio bati-morfologiche, in modo da compensare la carenza di dati di dettaglio aggiornati ed affidabili relativi al tratto costiero.

Le ispezioni visive, come detto, hanno riguardato aree significative, sia all'interno delle superfici rilevate dall'indagine acustica, per verificare le risposte dei sonogrammi e definirne le caratteristiche morfologiche e biologiche corrispondenti, sia esternamente a queste superfici, per verificare la presenza e le condizioni delle biocenosi di interesse prossime alle aree indagate anche a verifica e aggiornamento delle informazioni disponibili per l'area attraverso cartografie biocenotiche et al.. Tra queste biocenosi sono comprese aree a fondo roccioso, costiere e profonde, e praterie di fanerogame.

Le indagini hanno permesso di valutare.

- le pendenze dei fondali;
- l'ampiezza delle diverse fasce batimetriche, in particolare alle profondità di frangimento per le onde di maggiore altezza
- le caratteristiche tessiturali del sedimento;
- la presenza di coperture vegetali, emersioni rocciose, stati di infangamento del sedimento.

In allegato a questa relazione, sono fornite le cartografie batimorfologiche delle aree investigate, in formato KMZ, per la visualizzazione diretta su Hearth e copia delle registrazioni visive effettuate.

Sempre in allegato è fornita la cartografia multibeam e side scan sonar di dettaglio scala 1/2500 dell'area di fondali prospiciente il villaggio Paraelios.



### 3.1. Strumentazione impiegata



La strumentazione di rilievo e il personale tecnico sono state fornite dalla “IN.TEC Srl - Marine Equipment Support” che ha fornito anche il sistema di posizionamento primario GPS Lowrange HDS10 (Figura in basso, a Sx approntamento dei sensori a bordo scafo) e i SFW e HW di navigazione/acquisizione.



Per i rilievi morfobatimetrici si è utilizzato il sistema multibeam NORBIT – iWBMS TURNKEY MULTIBEAM SONAR SYSTEM For High Resolution Bathymetry (Fig. a Dx), sistema di mappatura batimetrica ad array curvo, compatto e ad alta risoluzione. Si tratta di un multibeam a banda larga integrata, che permette l'esecuzione di un'indagine batimetrica ad alta risoluzione, su un'ampia andana. Il sonar di fascia alta, Applanix WaveMaster II (leader mondiale) e il sistema GNSS/INS), integrato nell'unità, che garantisce una mobilitazione rapida e affidabile e un'emissione acustica della massima qualità, per i rilievi in tutte le condizioni. La serie WBMS si basa su una piattaforma sonar flessibile, che utilizza la più recente elaborazione del segnale analogico e digitale.



Il sistema è supportato da DCT (Strumento di raccolta dati) per l'acquisizione dei dati.

TECHNICAL SPECIFICATION	
SWATH COVERAGE	5-210° FLEXIBLE SECTOR (SHALLOW WATER IHO SPECIAL ORDER >155°)
RANGE RESOLUTION	<10mm ACOUSTIC w. 80kHz BANDWIDTH
NUMBER OF BEAMS	256-512 EA & ED
OPERATING FREQUENCY	NOMINAL FREQUENCY 400kHz (FREQUENCY AGILITY 200-700kHz)
DEPTH RANGE	0.2-275m (>300m WITH 0.9° X 0.9° OPTION)
PING RATE	UP TO 60Hz, ADAPTIVE
RESOLUTION (ACROSS X ALONG)	STANDARD: 0.9° X 1.9° @400kHz AND 0.5° X 1.0° @700kHz. NARROW OPTION: 0.9° X 0.9° @400kHz AND 0.5° X 0.5° @700kHz
POSITION	HOR: $\pm(8\text{mm} + 1\text{ppm} \times \text{DISTANCE FROM RTK STATION})$ VER: $\pm(15\text{mm} + 1\text{ppm} \times \text{DISTANCE FROM RTK STATION})$ (ASSUMES 1m GNSS SEPARATION)
HEADING ACCURACY	0.03° (RTK) WITH 2m ANTENNA SEPARATION
PITCH/ROLL ACCURACY	0.02° INDEPENDENT OF ANTENNA SEPARATION
HEAVE ACCURACY	2 cm OR 2% (TRUEHEAVE™), 5 cm OR 5% (REAL TIME)
WEIGHT	8.5kg (AIR) 3.5kg (WATER)
INTERFACE	ETHERNET
CABLE LENGTH	STD 8m, OPT: 2m, 25m AND 50m
POWER CONSUMPTION	60W (10-28VDC, 110-240VAC)
OPERATING TEMP.	-4° C to +40° C (TOPSIDE -20° C to +55° C)
STORAGE TEMP.	-20° C to +60° C
ENVIRONMENTAL	TOPSIDE: IP67: DUST TIGHT, PROTECTED AGAINST THE EFFECT OF IMMERSION UP TO 1m/WET-END (SONAR): 100m



Specifiche tecniche NORBIT – iWBMS



Per le ispezioni visive si è utilizzato il MINI ROV – UD 6-100-II, completo di Notebook per la gestione comandi, che è stato progettato per eseguire rapidamente e agevolmente le varie attività subacquee di base: osservazione, ispezione, esplorazione/ricerca.

Si compone di sommergibile, scatola di controllo con modem, un notebook, caricato con una suite di software di controllo, un controller manuale e un cavo tether da 100 m su bobina, con anello di sospensione. Il sistema è portatile ed economico e può essere reso operativo o implementato in pochi minuti con manipolatore, sonar, luce extra, cavo di collegamento fino a 300m, puntatori laser, sistema di posizionamento.

Le posizioni dei rilievi sono riportate in cartografia mentre nel testo sono riportate le coordinate di ogni rilievo e la posizione dell'area.



### 3.2. Risultati

#### Parghelia, Punta della Tonnara

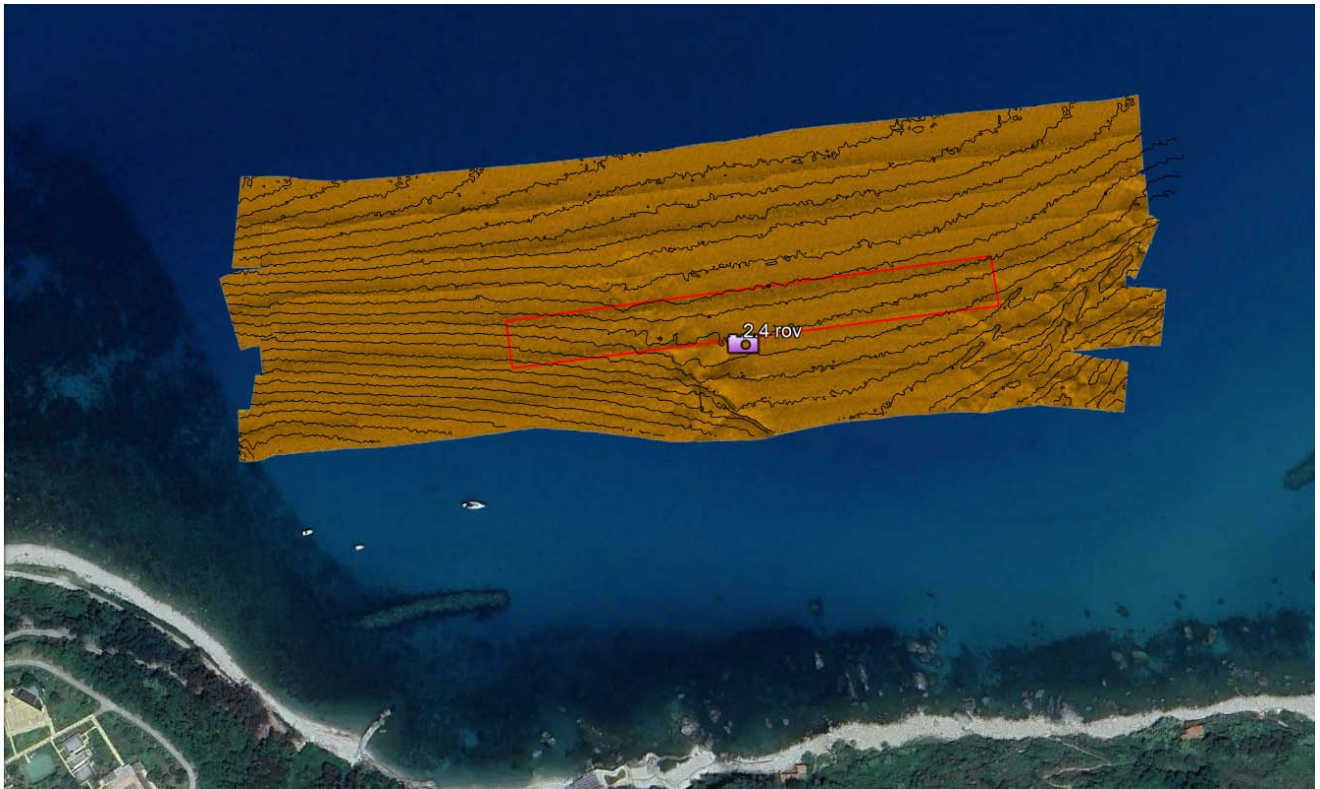
La profondità effettiva riscontrata nell'area è quasi doppia rispetto a quella attesa dalle cartografie su scala ampia disponibili (IGM- Carte nautiche) ed compresa tra 4 e 11 metri. Per questa parte della fascia costiera, nella quale risultano frequentemente distribuiti *Posidonia* e Habitat rocciosi (habitat 1120 - 1170), non è disponibile una cartografia biocenotica di dettaglio.

Le foto aree suggeriscono, oltre alla presenza di *Posidonia* su roccia e a matte sparse, nella parte costiera, anche quella di coperture vegetali su sabbia nella fascia più a largo. Tali presenze sono anche dimostrate da recenti rilievi riferiti ad aree vicine. (*Progetto. Interventi a protezione della Costa degli Dei – Rilievi propedeutici alla progettazione esecutiva e alla valutazione scientifica degli interventi, FEAMP Mis.1.40 par. 1, lett. b*). I rilievi effettuati mostrano nell'area indagata la presenza di fondali sabbiosi, di fatto uniformi, con pendenze del 2,8%, dai -4 ai -11 metri. Si rileva una affossatura dalla parte centrale dell'area verso Est. In proposito va detto che sul fondale, sabbioso anche nelle aree adiacenti, si rilevava la presenza di secche sabbiose e canali di Rip.

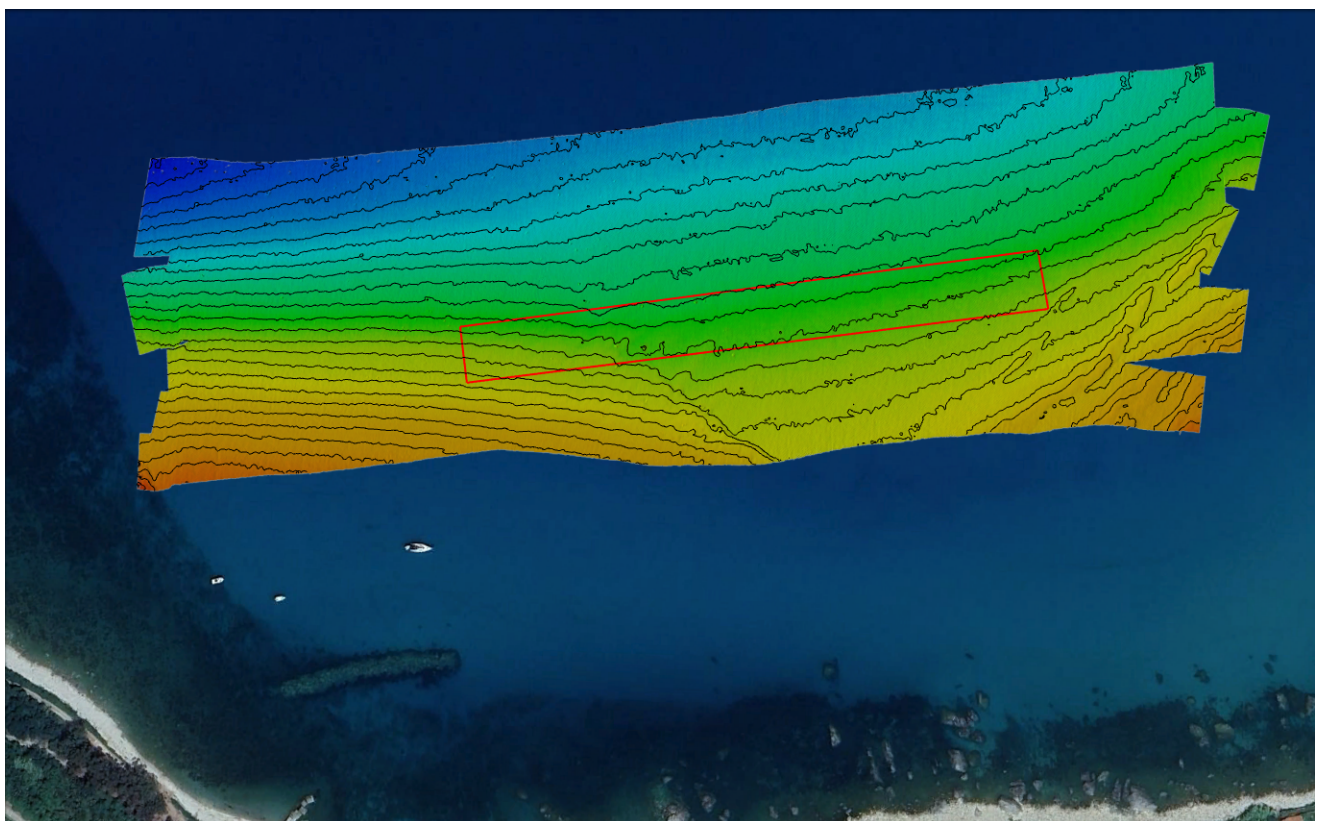


Immagine rilievo visivo

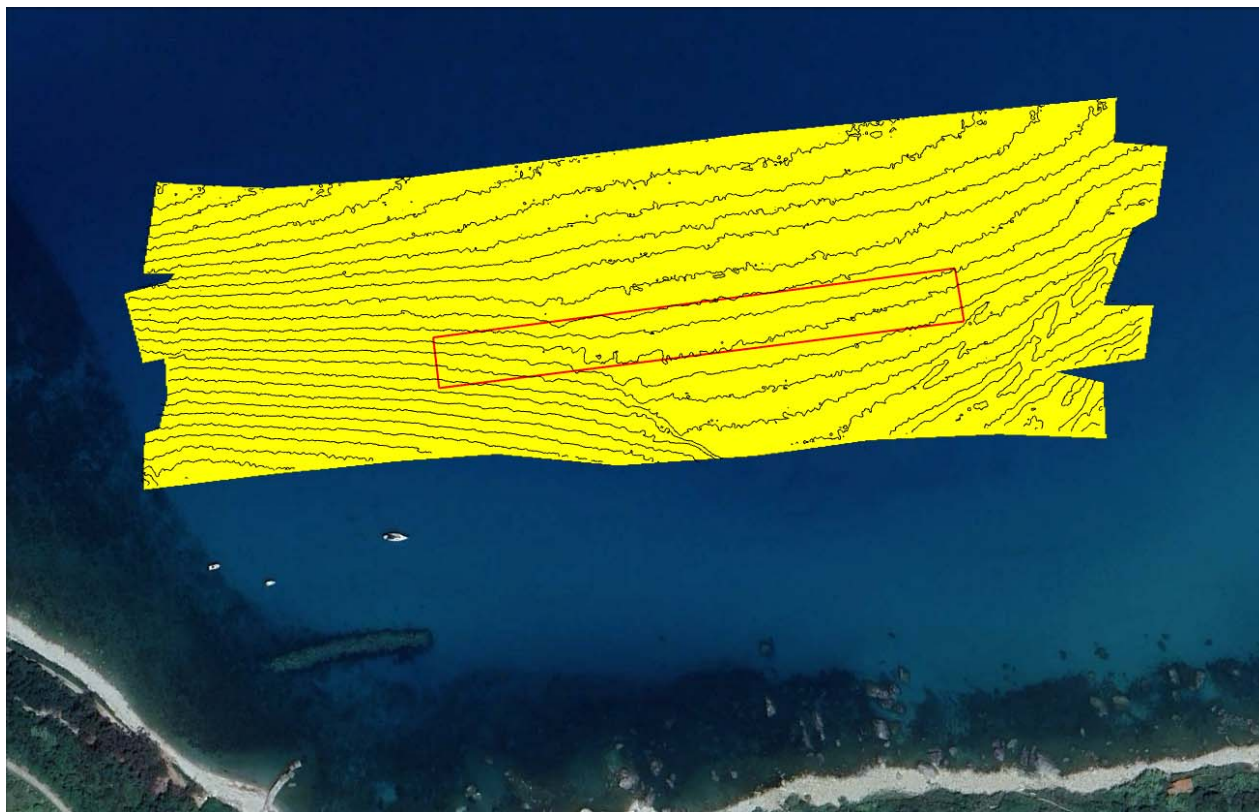




Eco raster



Batimetria 3d



Biocenosi

#### **Parghelia, Costa dei Monaci – Praelios**

L'area marina indagata si trova tra le aree altre due indagata ed è quella di maggiore interesse in quanto direttamente prospiciente il sito di intervento. La superficie indagata (vedi Cartografia allegata) va dai -7 ai -41 metri, a partire da circa 200 metri dalla riva, con una pendenza media pari al 6,4%. Da osservare la forte variazione tra le diverse fasce batimetriche 2,5% tra 0 e 10 metri, 2,64% tra 10 e 15 metri, per incrementare a 7,69% tra i 15 e 30 metri e a 16,67% tra 30 e 41 metri di profondità dove ha inizio una fascia di forte caduta verticale che appare ben visibile nella batimetria rilevata nel tratto successivo circa 450 metri a nord – est. Anche in questa area i fondali si presentano uniformemente sabbiosi.

Le coordinate dei vertici dell'area sono:

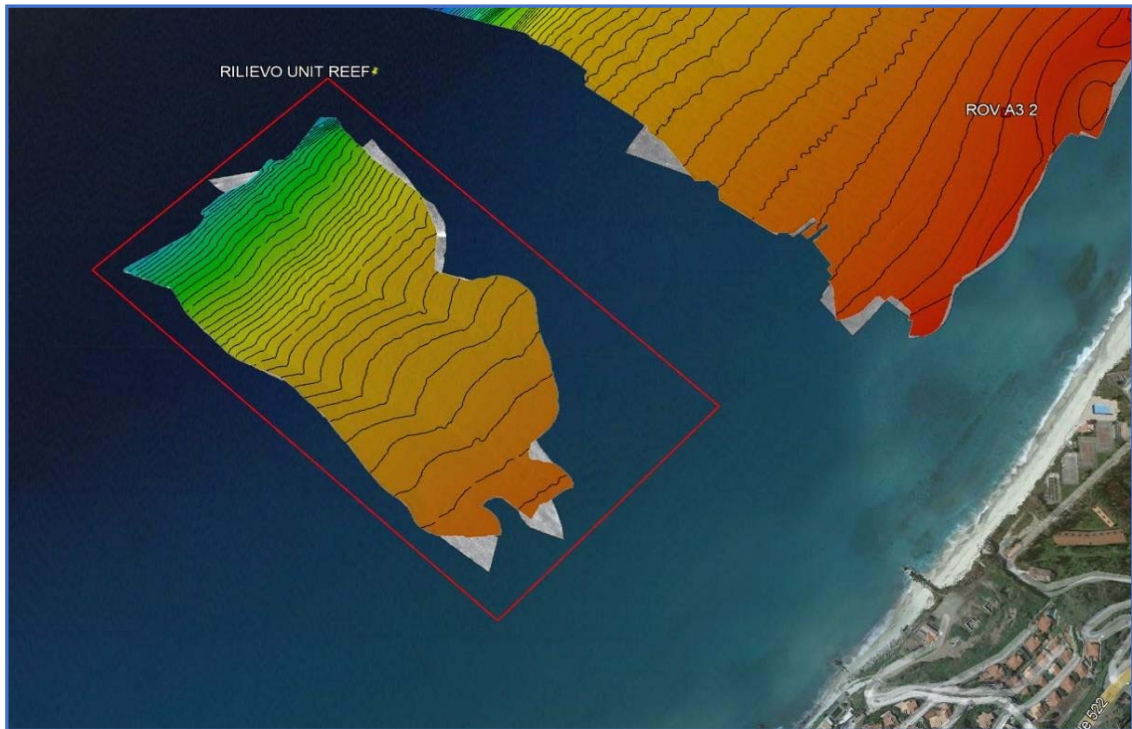
A 38° 42.243'N 15° 57.124'E

B 38° 42.007'N 15° 57.402'E

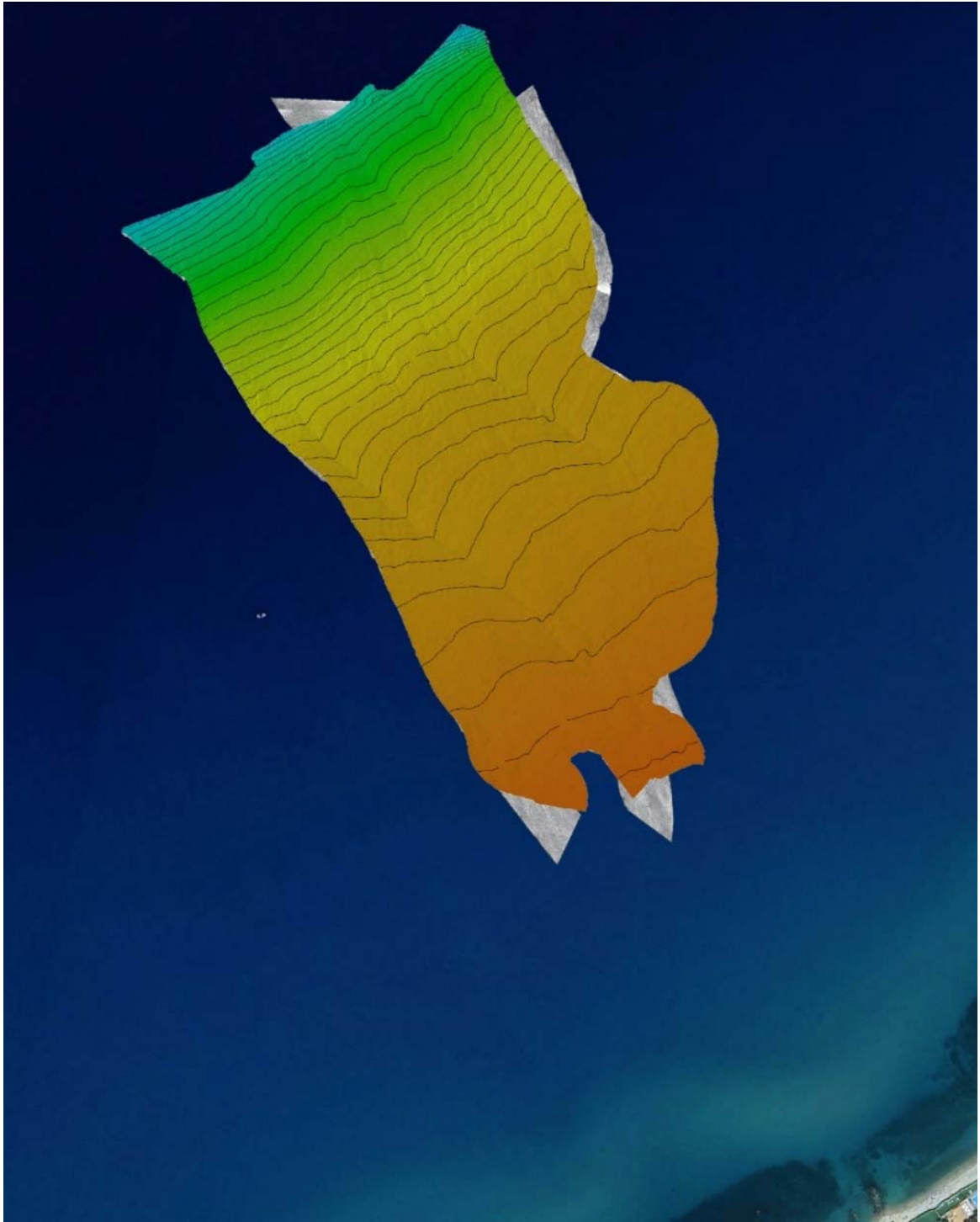
C 38° 41.891'N 15° 57.246'E

D 38° 42.120'N 15° 56.958'E.





Eco raster



Batimetria 3d

## Costa dei monaci nord del sito

Il rilievo batimorfologico è stato condotto nell'area marina antistante la spiaggia sabbiosa di Zambrone. La superficie indagata è di circa 0,65 kmq.

I vertici dell'area hanno coordinate:

A  $38^{\circ} 42.321'N$   $15^{\circ} 57.261'E$

B  $38^{\circ} 42.521'N$   $15^{\circ} 57.470'E$

C  $38^{\circ} 42.275'N$   $15^{\circ} 57.790'E$

D  $38^{\circ} 42.078'N$   $15^{\circ} 57.567'E$ .

Le batimetriche rilevate vanno tra i -4 e i -56 metri, che si raggiungono a circa 900 metri da riva, con una pendenza media del 6,6%. Le pendenze risultano particolarmente elevate, tra i 26 e i 40 metri, dove raggiungono il 45%.

In tale fascia, il sonogramma mostra un fondale sabbioso, con variazioni di livello del fondale nella fascia batimetrica superiore ai 30 metri e, nella parte più sotto costa, dove si evidenziano secche sabbiose e canali di reef.



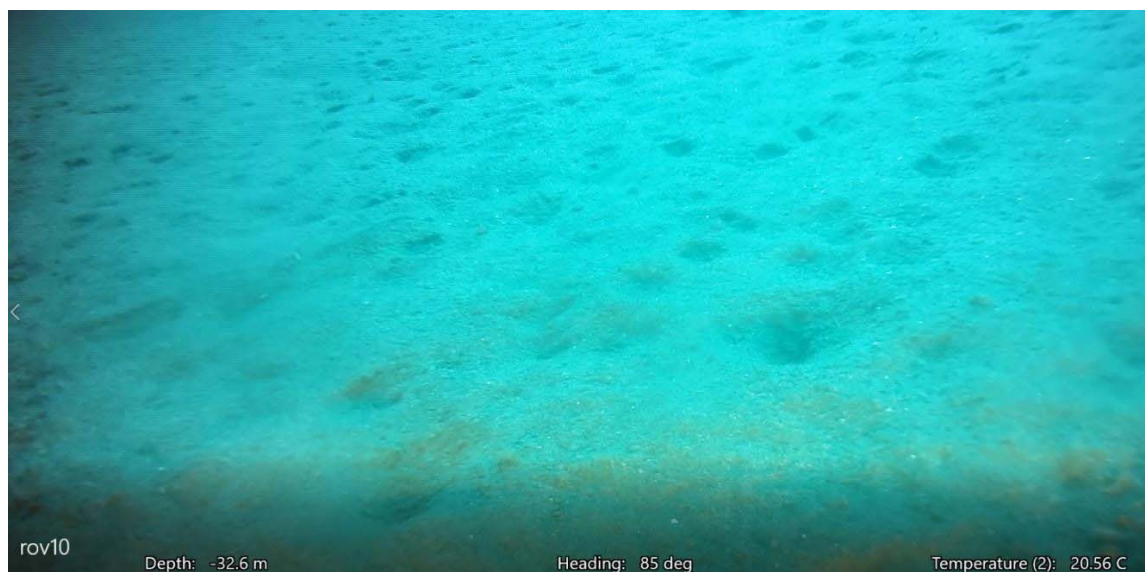


## Ispezioni ROV

Le verifiche visive hanno riguardato l'area esterna a maggiore pendenza ROV 1, quella costiera in corrispondenza di presenze rocciose e variazioni di livello (secche e correnti di ritorno) ROV 2

e due zone rocciose, la prima in corrispondenza del sito di intervento ROV 3 e i fondi duri presso la tonnara ROV4.

**ROV 1.** L'ispezione è stata condotta all'interno della superficie indagata, per la verifica del fondale sabbioso che risulta dal sonogramma, dal punto di coordinate 38° 42.386'N 15° 57.427'E, a profondità comprese tra -36 e -30 metri. Il fondale non presenta ancora significativo infangamento, evidenti bioturbazioni (indicatrici della presenza di abbondanti organismi fossori in particolare anellidi), meno evidenti ripples.



**Aspetto del fondale sabbioso con bioturbazioni**



**Particolare delle sabbie a -36 metri**

**Rov 2.** L'ispezione è stata condotta per la verifica del fondale sabbioso nella parte più costiera, dal punto di coordinate 38° 42.190'N 15° 57.641'E, da una profondità di 6 metri. La zona è prossima alle secche sabbiose rilevabili sotto costa.

Il fondale si presenta uniformemente sabbioso, con vistosi, e alti ripples da ondazione. Meno abbondanti le bioturbazioni. Appare evidente, quindi, l'intensa movimentazione del sedimento in atto in questa fascia di bassa profondità.



Il fondale sabbioso, con granulometria non fine e presenza di bioturbazioni. La frazione pelitica è molto scarsa, probabilmente rimossa dalle intense correnti. Quasi assente la copertura algale. Rilevata, in proposito, l'occasionale presenza di *Caulerpa* sulle sabbie e di alghe brune insediate su isolati massi. Nelle immagini: buca scavata dalla corrente, intorno a piccoli massi, presenze algali (*Caulerpa*), Crinoidi e Gallinelle (*Chelidonichthys lucerna*) al pascolo sul fondale.



**Rov 3** L'ispezione è stata condotta per la verifica della zona rocciosa costiera, dal punto di coordinate 38° 41.744'N 15° 57.271'E, sul fondale antistante l'area di intervento, tra i 3 e i 5 metri di profondità. Nell'area, sono presenti scogli di grandi dimensioni, che emergono dalle acque, entro 50 metri dalla spiaggia.



Il fondale si presenta ricoperto in maniera quasi continua da massi di dimensioni sub metrica e ciottoli. Abbondante la copertura algale, ad alghe fotofile, con la prevalenza di alghe brune. Tra gli organismi animali, si osservano varie specie di osteitti, molluschi, echinodermi, anemoni, etc.. Intorno ai -4 metri, la continuità del substrato a massi viene interrotta dalla presenza di aree sabbiose. Si rendono più evidenti le variazioni di livello sul fondo. L'area rocciosa termina a circa 100 metri da riva.



**Aree sabbiose che interrompono il substrato duro**



**Rov4.** L'ispezione è stata condotta per la verifica di una zona rocciosa, presso il promontorio di Marina di Bordila, dal punto di coordinate 38° 41.578'N 15° 56.306'E, esplorando tra i 4 e gli 8 metri di profondità. L'area presenta un substrato roccioso, ampiamente ricoperto da vegetazione, con la presenza di numerose specie ittiche. Gli scogli, che si elevano sulle sabbie, sono di varie e anche grandi dimensioni e offrono (per esposizione e la presenza di vari anfratti e fessure) le condizioni favorevoli, all'impianto e alla presenza ad una variegata popolazione di organismi. Sono visibili molte specie ittiche, quali sciarrani, donzelle, castagnole, occhiate, saraghi, etc.. Da rilevare la presenza di sporadici ciuffi di Posidonia fra gli scogli.

Nelle immagini aspetto degli scogli, particolare della copertura algale, ciuffi di prosidonia



## **4. STUDIO IDRAULICO MARITTIMO**

### **4.1. Premessa**

Lo studio idraulico marittimo è stato redatto per determinare il regime del moto ondoso per le varie direzioni di provenienza in funzione dell'esposizione del paraggio.

Per lo studio sono state considerate le informazioni relative a diverse fonti e sono stati utilizzati i dati di vento e di onda rilevati dal WIND AND WAVE ATLAS OF THE MEDITERRANEAN SEA, nonché quelli di onda rilevati dall'ATLANTE DELLE COSTE "Il moto ondoso a largo delle coste italiane" a cura dell'APAT Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici – Dipartimento Tutela delle Acque Interne e Marine – Servizio di Difesa delle Coste.

Un utile riferimento è stato lo studio condotto per il tratto nell'ambito del "Master Plan degli interventi di mitigazione del rischio di erosione costiera in Calabria", redatto dall'Autorità di Bacino Regionale in collaborazione con il Dipartimento Lavori Pubblici, le Province ed il Genio Civile OO.MM., i cui dati di riferimento sono stati integrati e aggiornati con i risultati di indagini successive in particolare relative al regime correntometrico e ai caratteri morfo batimetrici di dettaglio. Per la generazione e l'analisi del clima ondoso a largo a partire dai dati di vento della banca dati del Met Office, nel Master Plan è stato utilizzato, quale metodo di calcolo, il modello HINDWAVE, calibrato utilizzando i dati misurati alle boe della rete ondometrica nazionale (RON), definendo preliminarmente il bacino di generazione del moto ondoso a largo e valutando le distanze di Fetch associate al punto a largo prescelto.

Il quadro conoscitivo disponibile permette di desumere i dati relativi agli estremi massimi di moto ondoso al largo, in funzione di stabiliti tempi di ritorno, i valori massimi dei dati di vento per i vari settori di provenienza, regolarizzati con i metodi di Gumbel e di Weibull e ottenendo la velocità massima del vento in funzione del tempo di ritorno e in confronto tra i risultati ottenuti con le due distribuzioni.

Determinati i fetches geografici per le varie direzioni di provenienza del vento, si possono determinare le altezze d'onda al largo in funzione dei tempi di ritorno (con il metodo SMB).

I dati così ottenuti sono stati confrontati con i dati di onde rilevati dai citati Atlante dei venti e delle onde del Mar Mediterraneo ed Atlante delle Coste APAT.

Per i calcoli di verifica si sono assunti tempi di ritorno pari a 5, 10, 30, 50, 100 anni.

Lo studio idraulico marittimo è completato con la determinazione del moto ondoso sotto costa e quindi con lo studio del frangimento.

## 4.2. Il clima ondoso

Le fonti di dati reperibili per la zona in esame sono Wind and Wave Atlas of the Mediterranean Sea – Aprile 2004 per ogni zona del Mediterraneo. Si è considerato il punto di rilevamento individuato da 39° di latitudine Nord e 15° di longitudine Est prossimo alla zona di interesse. Sono inoltre stati presi in considerazione i dati di onda provenienti dalla stazione RON di Cetraro, individuata dalle coordinate 39°27'08.3"N e 15°55'43.14"E (dati ISPRA).



*Localizzazione della stazione RON di Cetraro del punto MEDATLAS e delle aree di progetto*

Per maggiore accuratezza delle elaborazioni è stato preso in considerazione il mareografo di Palinuro, posto alle coordinate geografiche 40°01'47.68"N e 15°16'31.05", utile per lo studio del livello medio mare e dell'andamento della pressione atmosferica.

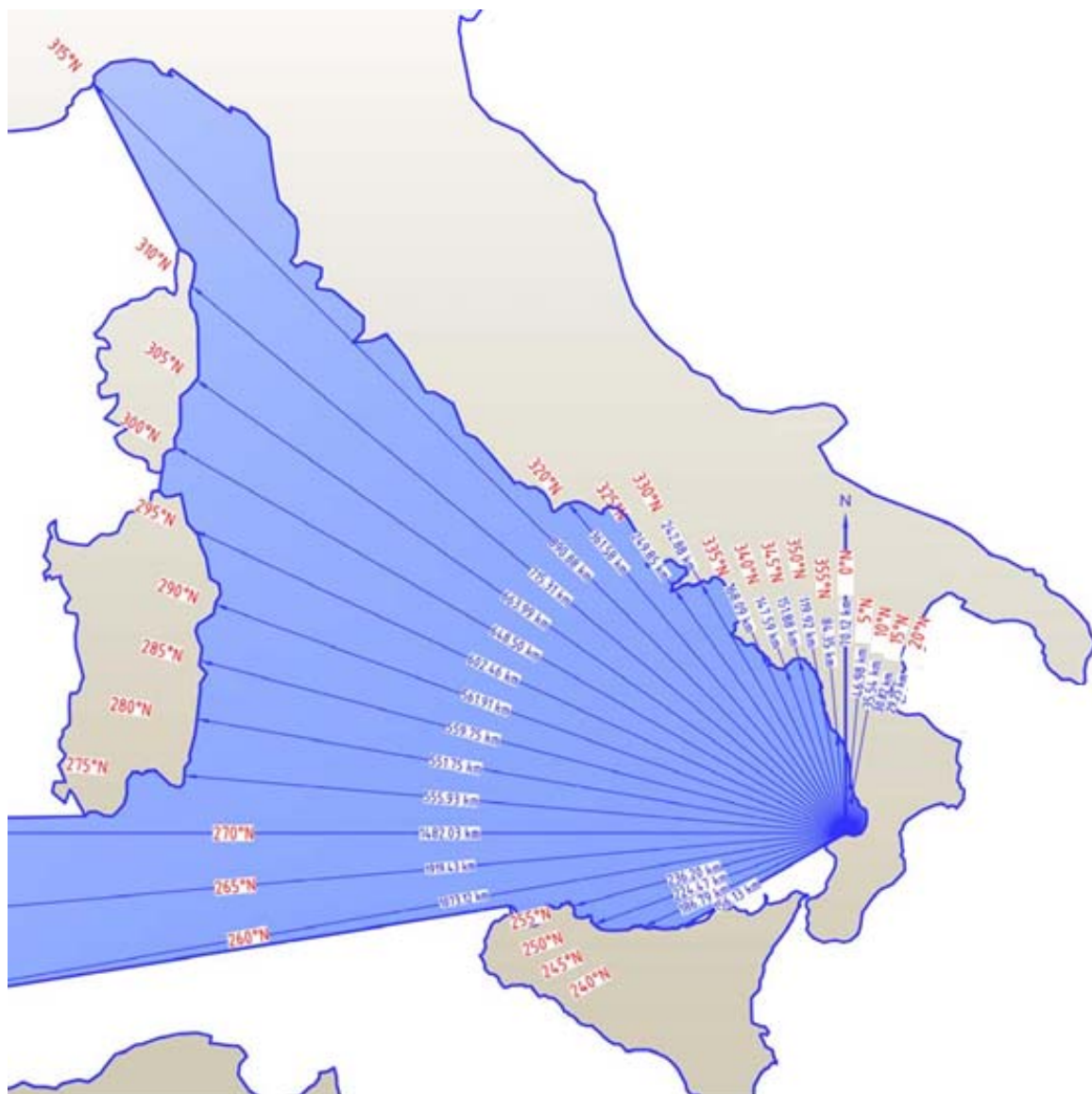
## 4.3. Esposizione del paraggio - calcolo dei fetches

Il tratto di costa oggetto dell'intervento si trova nel territorio di Parghelia alle coordinate (WGS84) lat. 38°41'43.75"N – lon. 15°57'24.29"E.

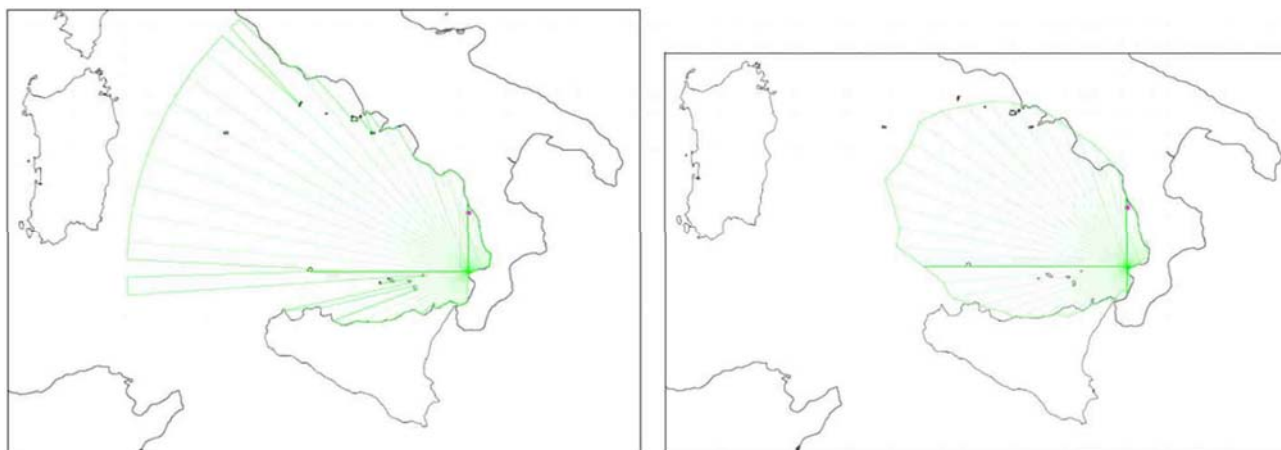
Il paraggio costiero considerato, per il tratto di costa in esame si estende da 240° N a 20° N, esposto, quindi, ai venti provenienti dal terzo e quarto quadrante con una ampiezza complessiva pari a 140°.

Il settore di traversia principale è quello di maestrale/ponente (260° – 315°), che mostra il massimo fetch geografico (superiore a 300 km) tra 270°N e 310°N. Da nord gli eventi sono fortemente limitati dal breve fetch geografico, così come quelli che provengono da una angolazione inferiore a 200°N.

Nelle figure che seguono sono riportati i fetches geografici relativi (geografici ed efficaci), determinati ad intervalli di 5° rispetto al Nord ed espressi in km.



*Fetch geografico per il paraggio di interesse*



*Fetch geografico e fetch efficace per il paraggio di interesse*

#### 4.4. Dati di vento e di onda

Lo studio per la determinazione del moto ondoso è stato eseguito per tre diverse vie.

In primo luogo si sono studiati i venti che soffiano all'interno della zona di generazione del moto ondoso.

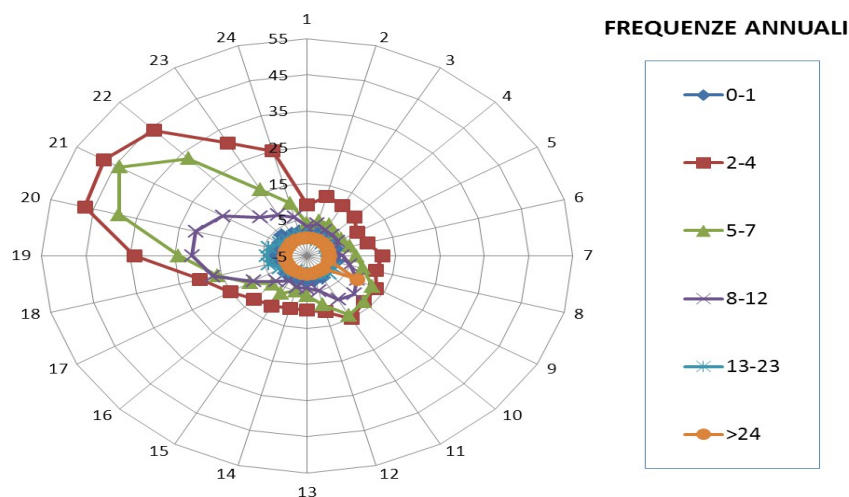
A questo scopo si sono utilizzati i dati riportati nel Wind and Wave Atlas of the Mediterranean Sea – Aprile 2004.

In particolare, corrispondenti alla stazione identificate alle coordinate (39°N, 15°E). I dati di vento relativi ad un periodo di riferimento annuale sono riportati nella tabella e grafico che seguono.

##### MEDATLAS (39°N-15°E) - DATI DI VENTO ANNUALI

ELABORAZIONE DATI METEOREOLOGICI									
Bivariate frequency table of uw and th_wind					P Rife. 39N, 15E				
Distribuzione delle frequenze <b>annuali</b>									
DIREZIONE ED INTENSITA'									
Total number of observations: 14608									
CLASSI DI VELOCITA' (m/sec)									
SET	da	a	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	>24	TOTALE
1	0°	15°	1	9	4	3	0	0	17
2	15°	30°	2	12	5	4	0	0	23
3	30°	45°	2	11	5	3	0	0	21
4	45°	60°	2	10	4	3	0	0	19
5	60°	75°	2	8	4	3	0	0	17
6	75°	90°	2	9	5	1	0	0	17
7	90°	105°	1	12	6	3	0	0	22
8	105°	120°	2	11	8	5	0	0	26
9	120°	135°	1	13	12	8	2	8	44
10	135°	150°	1	13	13	10	2	0	39
11	150°	165°	2	15	14	9	1	0	41
12	165°	180°	2	11	9	5	0	0	27
13	180°	195°	2	10	6	4	0	0	22
14	195°	210°	2	10	5	4	0	0	21
15	210°	225°	2	11	7	3	0	0	23
16	225°	240°	2	12	6	5	1	0	26
17	240°	255°	1	15	10	9	2	0	37
18	255°	270°	2	20	16	17	4	0	59
19	270°	285°	3	34	24	21	4	0	86
20	285°	300°	2	47	39	21	4	0	113
21	300°	315°	2	48	44	17	2	0	113
22	315°	330°	3	44	33	10	1	0	91
23	330°	345°	2	31	16	8	1	0	58
24	345°	360°	2	25	10	6	1	0	44
	TOTALE		45	441	305	182	25	8	1006

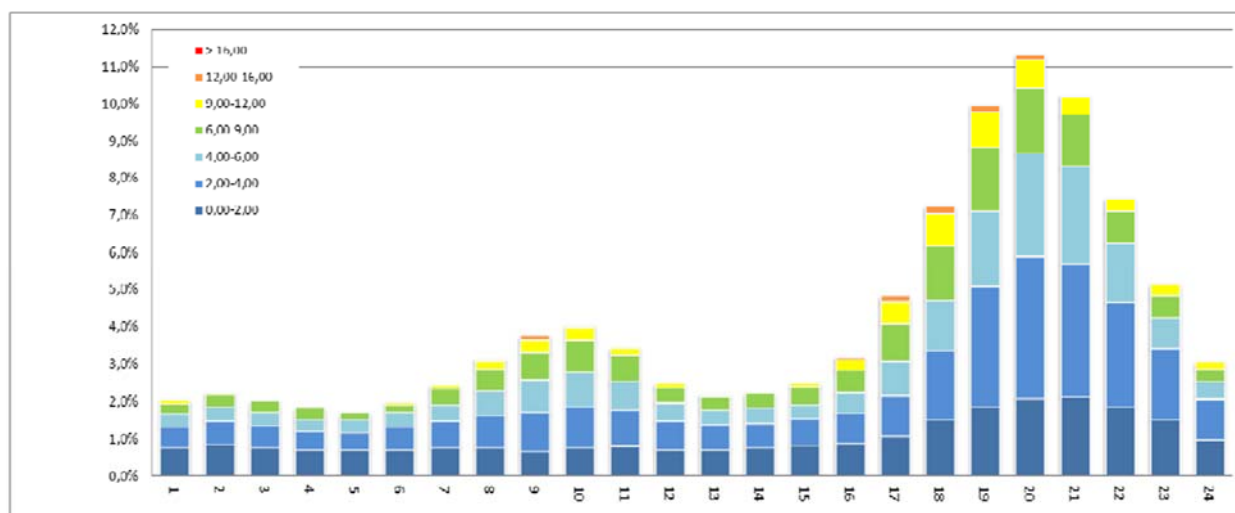




Considerando che i “**venti regnanti**” sono quelli che presentano un'alta frequenza di apparizione (> 50%), i “**venti dominanti**” sono quelli caratterizzati da alte velocità (almeno 20 m/s), le osservazioni, in m/s, sono espresse per ventiquattro direzioni di 15°. Si sono ottenute, per le direzioni fondamentali, le frequenze stagionali e annuali per le classi di velocità da 1 a 24 espresse in m/sec.

I grafici riportati, relativi alle classi di velocità per le varie direzioni indicano che i “**venti prevalenti**” quelli che presentano contemporaneamente le due caratteristiche di alta frequenza e velocità nello intero anno, nella zona provengono da W N-W ponente - maestrale mentre, per le altre direzioni, la frequenza è di molto inferiore. A tale direzione corrispondono anche i venti di maggiore intensità.

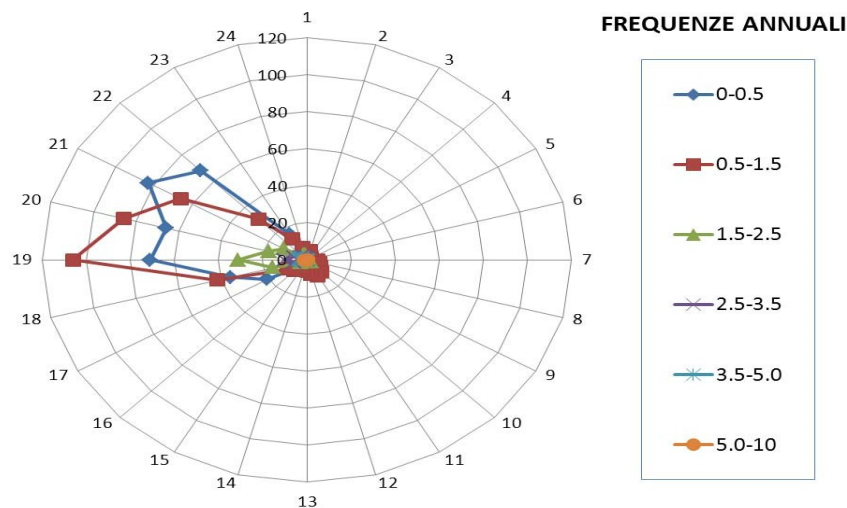
NUMERO DI APPARIZIONI DATI DI VENTO																									
DIREZIONE	7,5°	22,5°	37,5°	52,5°	67,5°	82,5°	97,5°	112,5°	127,5°	142,5°	157,5°	172,5°	187,5°	202,5°	217,5°	232,5°	247,5°	262,5°	277,5°	292,5°	307,5°	322,5°	337,5°	352,5°	
SETTORE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTALE
V = 20 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V = 18 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V = 16 m/s	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
V = 14 m/s	0	0	0	0	0	0	0	8	15	7	0	0	0	0	0	8	22	29	29	22	7	0	0	0	147
V = 12 m/s	0	0	0	0	0	0	0	15	29	22	7	0	0	0	8	22	44	59	66	51	29	29	29	14	424
V = 10 m/s	15	7	0	0	0	8	15	15	22	29	22	15	7	0	8	22	44	66	73	58	37	22	15	15	515
V = 9 m/s	8	15	7	8	7	0	15	29	29	29	22	15	15	15	15	22	44	59	59	59	44	29	22	7	574
V = 8 m/s	15	15	22	22	7	8	15	22	36	44	37	22	22	22	22	29	51	80	81	80	66	37	29	22	806
V = 7 m/s	15	15	15	15	15	22	29	36	44	52	44	22	15	22	29	36	52	80	110	117	95	58	37	22	997
V = 6 m/s	22	29	22	15	22	29	29	44	59	59	44	29	29	29	29	44	66	87	124	168	154	88	44	22	1287
V = 5 m/s	29	29	29	29	29	29	36	52	66	73	66	44	29	29	29	36	66	110	176	235	227	146	74	44	1712
V = 4 m/s	29	29	29	29	29	36	52	66	80	88	74	51	37	36	44	52	73	125	227	285	264	197	124	66	2122
V = 3 m/s	52	59	59	44	36	52	51	59	73	73	66	59	59	59	59	66	87	146	242	278	263	212	153	95	2402
V = 2 m/s	59	66	51	44	44	52	59	59	51	59	58	44	44	52	59	66	87	124	168	198	197	168	132	80	2021
V = 1 m/s	51	58	58	58	58	50	51	50	43	51	58	58	58	58	59	66	95	102	103	109	102	88	58		1601
TOTALE	295	322	292	264	247	286	352	455	547	586	498	359	315	322	361	462	702	1060	1457	1654	1492	1088	747	445	14608
PERCENTUALI DI APPARIZIONE DATI DI VENTO																									
DIREZIONE	7,5°	22,5°	37,5°	52,5°	67,5°	82,5°	97,5°	112,5°	127,5°	142,5°	157,5°	172,5°	187,5°	202,5°	217,5°	232,5°	247,5°	262,5°	277,5°	292,5°	307,5°	322,5°	337,5°	352,5°	
SETTORE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTALE
V = 20 m/s	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
V = 18 m/s	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
V = 16 m/s	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
V = 14 m/s	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,10%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,15%	0,20%	0,20%	0,15%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	1,0%
V = 12 m/s	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,10%	0,20%	0,15%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,15%	0,30%	0,40%	0,45%	0,35%	0,20%	0,20%	0,20%	0,10%	2,9%
V = 10 m/s	0,10%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,10%	0,10%	0,15%	0,20%	0,15%	0,10%	0,05%	0,00%	0,05%	0,15%	0,30%	0,45%	0,50%	0,40%	0,25%	0,15%	0,10%	0,10%	3,5%
V = 9 m/s	0,05%	0,10%	0,05%	0,05%	0,05%	0,00%	0,10%	0,20%	0,20%	0,20%	0,15%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,15%	0,30%	0,40%	0,40%	0,30%	0,20%	0,15%	0,05%		3,9%
V = 8 m/s	0,10%	0,10%	0,15%	0,15%	0,05%	0,05%	0,10%	0,15%	0,25%	0,30%	0,25%	0,15%	0,15%	0,15%	0,15%	0,20%	0,35%	0,55%	0,55%	0,55%	0,45%	0,25%	0,20%	0,15%	5,5%
V = 7 m/s	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,10%	0,15%	0,20%	0,25%	0,30%	0,36%	0,30%	0,15%	0,10%	0,15%	0,20%	0,25%	0,36%	0,55%	0,75%	0,80%	0,65%	0,40%	0,25%	0,15%	6,8%
V = 6 m/s	0,15%	0,20%	0,15%	0,10%	0,15%	0,20%	0,20%	0,30%	0,40%	0,40%	0,30%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,30%	0,45%	0,60%	0,85%	1,15%	1,05%	0,60%	0,30%	0,15%	8,8%
V = 5 m/s	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,25%	0,36%	0,45%	0,50%	0,45%	0,30%	0,20%	0,20%	0,20%	0,25%	0,45%	0,75%	1,20%	1,61%	1,55%	1,00%	0,51%	0,30%	11,7%
V = 4 m/s	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,20%	0,25%	0,36%	0,45%	0,55%	0,60%	0,51%	0,35%	0,25%	0,25%	0,30%	0,36%	0,50%	0,86%	1,55%	1,95%	1,81%	1,35%	0,85%	0,45%	14,5%
V = 3 m/s	0,36%	0,40%	0,40%	0,30%	0,25%	0,36%	0,35%	0,40%	0,50%	0,50%	0,45%	0,40%	0,40%	0,40%	0,40%	0,45%	0,60%	1,00%	1,66%	1,90%	1,80%	1,45%	1,05%	0,65%	16,4%
V = 2 m/s	0,40%	0,45%	0,35%	0,30%	0,30%	0,36%	0,40%	0,40%	0,35%	0,40%	0,40%	0,30%	0,30%	0,36%	0,40%	0,45%	0,60%	0,85%	1,15%	1,36%	1,35%	1,15%	0,90%	0,55%	13,8%
V = 1 m/s	0,35%	0,40%	0,40%	0,40%	0,40%	0,34%	0,35%	0,34%	0,29%	0,35%	0,40%	0,40%	0,40%	0,40%	0,40%	0,40%	0,45%	0,65%	0,70%	0,71%	0,75%	0,70%	0,60%	0,40%	11,0%
TOTALE	2,0%	2,2%	2,0%	1,8%	1,7%	2,0%	2,4%	3,1%	3,7%	4,0%	3,4%	2,5%	2,2%	2,2%	2,5%	3,2%	4,8%	7,3%	10,0%	11,3%	10,2%	7,4%	5,1%	3,0%	100,0%



Per il calcolo del moto ondoso al largo relativo al paraggio in esame, si è fatto riferimento ai dati di moto ondoso desunti dall'atlante MedAtlas, in riferimento a quelli relativi alle coordinate 39°N, 15°E, punto più prossimo al paraggio in esame. La direzione del moto ondoso prevalente è da W tendente a W N-W in accordo con quanto desunto dallo studio dei venti prevalenti.

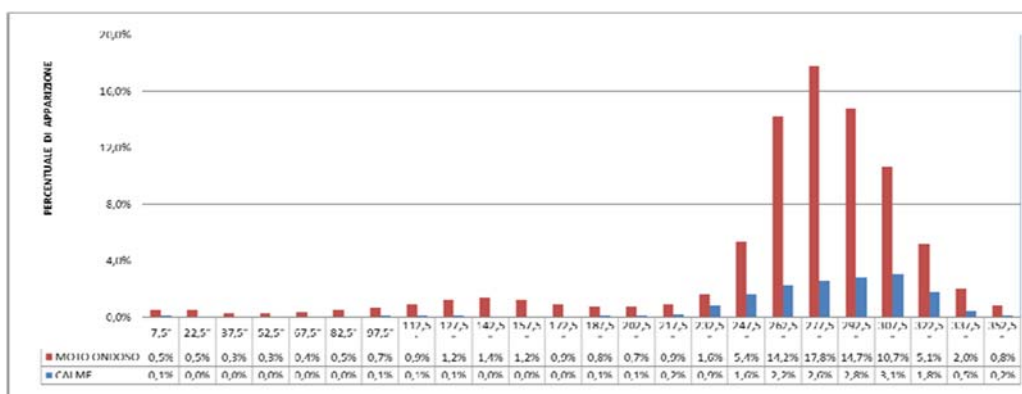
#### MEDATLAS (39°N-15°E) - DATI DI MARE ANNUALI

ELABORAZIONE DATI METEOREOLOGICI									
Bivariate frequency table of hs and th_wave				(39N, 15E)					
DIREZIONE ED ALTEZZA D'ONDA									
Total number of observations: 14608									
Distribuzione delle frequenze <b>annuali</b>									
SET	da	a	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA (ml)						TOTALE
			0-0.5	0.5-1.5	1.5-2.5	2.5-3.5	3.5-5.0	5.0-10	
1	0°	15°	2	2	0	0	0	0	4
2	15°	30°	2	5	1	0	0	0	8
3	30°	45°	1	2	0	0	0	0	3
4	45°	60°	1	2	0	0	0	0	3
5	60°	75°	1	2	0	0	0	0	3
6	75°	90°	2	2	0	0	0	0	4
7	90°	105°	2	5	0	0	0	0	7
8	105°	120°	2	6	0	0	0	0	8
9	120°	135°	3	7	2	0	0	0	12
10	135°	150°	4	9	1	0	0	0	14
11	150°	165°	3	10	1	0	0	0	14
12	165°	180°	2	8	0	0	0	0	10
13	180°	195°	3	6	0	0	0	0	9
14	195°	210°	3	5	0	0	0	0	8
15	210°	225°	3	5	0	0	0	0	8
16	225°	240°	6	8	0	0	0	0	14
17	240°	255°	21	10	3	0	0	0	34
18	255°	270°	36	42	16	6	2	0	102
19	270°	285°	71	106	31	10	3	1	222
20	285°	300°	66	86	18	6	3	0	179
21	300°	315°	83	66	12	3	2	0	166
22	315°	330°	68	31	3	2	0	0	104
23	330°	345°	16	13	3	1	0	0	33
24	345°	360°	4	7	3	1	0	0	15
	TOTALE		405	445	94	29	10	1	984

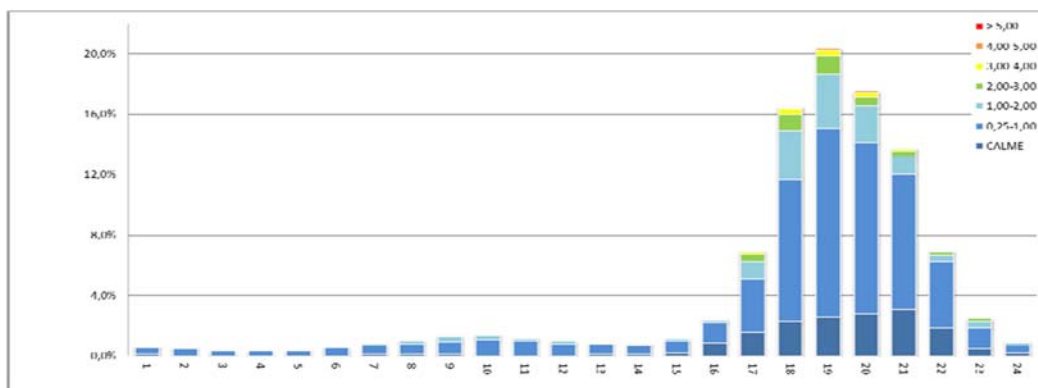


NUMERO DI APPARIZIONI DEL MOTO ONDOSO																										
DIREZIONE	7,5°	22,5°	37,5°	52,5°	67,5°	82,5°	97,5°	112,5°	127,5°	142,5°	157,5°	172,5°	187,5°	202,5°	217,5°	232,5°	247,5°	262,5°	277,5°	292,5°	307,5°	322,5°	337,5°	352,5°		
SETTORE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTALE	
H = 9,0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H = 8,5 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H = 8,0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H = 7,5 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H = 7,0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H = 6,5 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H = 6,0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H = 5,5 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	7	0	0	0	0	0	0	15
H = 5,0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
H = 4,5 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15	15	15	7	0	0	0	0	60
H = 4,0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	15	15	15	7	0	0	0	0	60
H = 3,5 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8	30	37	23	15	7	0	0	0	120
H = 3,0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23	59	60	30	15	15	15	7	7	224
H = 2,5 m	8	7	0	0	0	0	0	8	7	8	7	0	0	0	0	0	8	52	111	112	67	30	15	15	7	462
H = 2,0 m	0	0	0	0	0	0	0	8	15	7	0	0	0	0	0	0	8	67	171	178	112	52	15	15	7	655
H = 1,5 m	8	7	0	0	0	8	15	22	30	30	30	23	15	15	15	22	97	289	357	237	119	52	45	22	1458	
H = 1,0 m	30	30	15	15	15	30	45	45	52	66	67	52	37	30	45	66	193	550	712	564	357	163	75	30	3284	
H = 0,5 m	30	30	30	30	38	37	38	52	74	89	74	59	59	59	74	126	326	832	1106	1091	957	483	126	44	5864	
CALME	14	6	-1	-1	-1	7	14	14	14	14	6	-1	7	14	14	29	125	230	327	378	408	446	267	67	23	2406
TOTALE	90	80	44	44	52	82	112	149	192	206	177	141	125	118	163	355	1012	2407	2977	2562	2005	1017	358	140	14608	

PERCENTUALI DI APPARIZIONE DEL MOTO ONDOSO																									
DIREZIONE	7,5°	22,5°	37,5°	52,5°	67,5°	82,5°	97,5°	112,5°	127,5°	142,5°	157,5°	172,5°	187,5°	202,5°	217,5°	232,5°	247,5°	262,5°	277,5°	292,5°	307,5°	322,5°	337,5°	352,5°	TOTALE
SETTORE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	
H = 9,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H = 8,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H = 8,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H = 7,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H = 7,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H = 6,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H = 6,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H = 5,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,1%
H = 5,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%
H = 4,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,10%	0,10%	0,10%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,4%
H = 4,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,10%	0,10%	0,10%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,4%
H = 3,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,21%	0,25%	0,16%	0,10%	0,05%	0,00%	0,00%	0,8%
H = 3,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,16%	0,40%	0,41%	0,21%	0,10%	0,10%	0,10%	0,05%	1,5%
H = 2,5 m	0,00%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,05%	0,05%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,36%	0,76%	0,77%	0,46%	0,21%	0,10%	0,10%	0,05%	3,2%
H = 2,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,10%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,46%	1,17%	1,22%	0,77%	0,36%	0,10%	0,10%	0,05%	0,05%	4,5%
H = 1,5 m	0,05%	0,05%	0,00%	0,00%	0,00%	0,05%	0,10%	0,15%	0,21%	0,21%	0,21%	0,16%	0,10%	0,10%	0,10%	0,15%	0,66%	1,98%	2,44%	1,62%	0,81%	0,36%	0,31%	0,15%	10,0%
H = 1,0 m	0,21%	0,21%	0,10%	0,10%	0,10%	0,21%	0,31%	0,31%	0,36%	0,45%	0,46%	0,36%	0,25%	0,21%	0,31%	0,45%	1,32%	3,77%	4,87%	3,86%	2,44%	1,12%	0,51%	0,21%	22,5%
H = 0,5 m	0,21%	0,21%	0,21%	0,21%	0,26%	0,25%	0,26%	0,36%	0,51%	0,61%	0,51%	0,40%	0,40%	0,51%	0,86%	2,23%	5,70%	7,57%	7,47%	6,55%	3,31%	0,86%	0,30%	0,05%	40,1%
CALME	0,10%	0,04%	-0,01%	-0,01%	-0,01%	0,05%	0,10%	0,10%	0,10%	0,04%	-0,01%	0,05%	0,10%	0,10%	0,20%	0,86%	1,57%	2,24%	2,59%	2,79%	3,05%	1,83%	0,46%	0,16%	16,5%
TOTALE	0,6%	0,5%	0,3%	0,3%	0,4%	0,6%	0,8%	1,0%	1,3%	1,4%	1,2%	1,0%	0,9%	0,8%	1,1%	2,4%	6,9%	16,5%	20,4%	17,5%	13,7%	7,0%	2,5%	1,0%	100,0%







Infine, si riportano le tabelle relative ai valori degli eventi di moto ondoso rilevati dall'APAT Rete Ondametrica nazionale (RON) relative alla Boa di Cetraro.

### APAT – BOA RON DI CETRARO - DATI DI MARE ANNUALI

NUMERO DI APPARIZIONI DEL MOTO ONDOSO																									
DIREZIONE	7,5°	22,5°	37,5°	52,5°	67,5°	82,5°	97,5°	112,5°	127,5°	142,5°	157,5°	172,5°	187,5°	202,5°	217,5°	232,5°	247,5°	262,5°	277,5°	292,5°	307,5°	322,5°	337,5°	352,5°	
SETTORE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTALE
H = 9,0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	0	0	0	3
H = 8,5 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1
H = 8,0 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	1	0	6
H = 7,5 m	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	2	0	0	7
H = 7,0 m	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	1	0	1	1	8
H = 6,5 m	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	1	2	1	1	11
H = 6,0 m	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	2	6	2	2	2	2	1	24
H = 5,5 m	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	3	11	10	4	3	2	0	36
H = 5,0 m	0	1	1	1	0	0	0	0	1	0	0	1	2	1	2	1	2	8	11	10	6	4	3	1	56
H = 4,5 m	1	1	2	2	1	0	0	0	1	1	2	3	3	1	2	3	12	19	28	25	9	4	4	2	126
H = 4,0 m	2	1	1	1	1	1	2	0	1	1	2	3	3	2	3	6	31	63	67	38	11	5	4	3	252
H = 3,5 m	3	2	1	1	2	3	3	1	2	1	3	4	4	5	8	13	58	134	121	45	10	6	3	3	436
H = 3,0 m	4	5	4	3	4	4	5	5	2	1	5	7	6	9	21	27	99	217	188	70	17	8	5	5	721
H = 2,5 m	7	9	10	9	9	8	13	13	7	5	10	11	12	15	28	55	229	451	359	135	42	17	10	8	1472
H = 2,0 m	17	19	21	21	19	20	32	30	18	14	19	23	34	40	53	111	474	1006	853	323	97	33	20	16	3313
H = 1,5 m	49	45	57	100	100	68	77	74	56	45	54	73	127	200	213	242	859	1917	1849	855	261	85	53	49	7508
H = 1,0 m	171	188	278	511	559	353	238	199	158	138	150	223	477	751	696	635	1678	3712	3928	2138	778	286	185	163	18593
H = 0,5 m	368	441	612	997	1075	742	502	376	304	266	277	430	1016	1574	1449	1372	3074	6666	7472	4437	1865	797	432	352	36896
CALME	166	168	157	154	209	281	281	205	128	117	123	137	272	522	772	1125	2146	4171	5256	3631	1399	452	229	180	22281
TOTALE	790	880	1144	1800	1982	1480	1153	903	678	589	646	915	1956	3122	3248	3592	8663	18373	20153	11729	4508	1708	953	785	91750

PERCENTUALI DI APPARIZIONE DEL MOTO ONDOSO																									
DIREZIONE	7,5°	22,5°	37,5°	52,5°	67,5°	82,5°	97,5°	112,5°	127,5°	142,5°	157,5°	172,5°	187,5°	202,5°	217,5°	232,5°	247,5°	262,5°	277,5°	292,5°	307,5°	322,5°	337,5°	352,5°	
SETTORE	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	TOTALE
H = 9,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
H = 8,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
H = 8,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
H = 7,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
H = 7,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
H = 6,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
H = 6,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
H = 5,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,0%
H = 5,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,1%
H = 4,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,02%	0,03%	0,03%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,1%
H = 4,0 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,07%	0,07%	0,04%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,3%
H = 3,5 m	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,15%	0,13%	0,05%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,5%
H = 3,0 m	0,00%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,00%	0,00%	0,00%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,03%	0,11%	0,24%	0,20%	0,08%	0,02%	0,01%	0,01%	0,01%	0,8%
H = 2,5 m	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,01%	0,02%	0,03%	0,06%	0,25%	0,49%	0,39%	0,15%	0,05%	0,02%	0,01%	0,01%	1,6%
H = 2,0 m	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,03%	0,02%	0,02%	0,02%	0,03%	0,04%	0,04%	0,06%	0,12%	0,52%	1,10%	0,93%	0,35%	0,11%	0,04%	0,02%	0,02%	3,6%
H = 1,5 m	0,05%	0,05%	0,06%	0,11%	0,11%	0,07%	0,08%	0,08%	0,06%	0,05%	0,06%	0,08%	0,14%	0,22%	0,23%	0,26%	0,94%	2,09%	2,02%	0,93%	0,28%	0,09%	0,06%	0,05%	8,2%
H = 1,0 m	0,19%	0,20%	0,30%	0,56%	0,61%	0,38%	0,26%	0,22%	0,17%	0,15%	0,16%	0,24%	0,52%	0,82%	0,76%	0,69%	1,83%	4,05%	4,28%	2,33%	0,85%	0,31%	0,20%	0,18%	20,3%
H = 0,5 m	0,40%	0,48%	0,67%	1,09%	1,17%	0,81%	0,55%	0,41%	0,33%	0,29%	0,30%	0,47%	1,11%	1,72%	1,58%	1,50%	3,35%	7,27%	8,14%	4,84%	2,03%	0,87%	0,47%	0,38%	40,2%
CALME	0,18%	0,18%	0,17%	0,17%	0,23%	0,31%	0,31%	0,22%	0,14%	0,13%	0,13%	0,15%	0,30%	0,57%	0,84%	1,23%	2,34%	4,55%	5,73%	3,96%	1,52%	0,49%	0,25%	0,20%	24,3%
TOTALE	0,9%	1,0%	1,2%	2,0%	2,2%	1,6%	1,3%	1,0%	0,7%	0,6%	0,7%	1,0%	2,1%	3,4%	3,5%	3,9%	9,4%	20,0%	22,0%	12,8%	4,9%	1,9%	1,0%	0,9%	100,0%

In funzione dell'esposizione del paraggio, viene riportato in funzione delle varie classi di altezze d'onda e dei vari settori di provenienza il numero di apparizioni, mentre nella ultima colonna viene riportato il numero totale di apparizioni per il settore preso in esame.

L'energia specifica per le varie classi di altezza d'onda viene calcolata mediante la formula:

$$E=k \cdot H_s^{2.5}$$

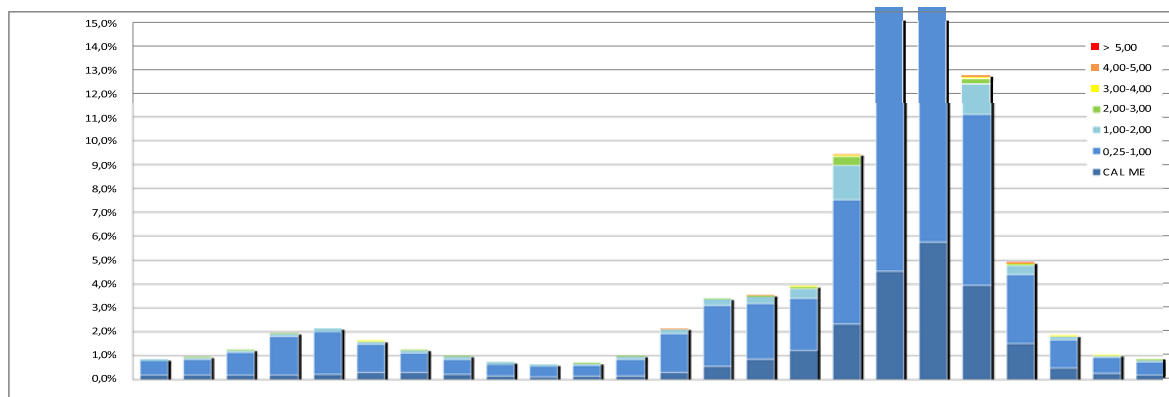
Il valore ottenuto deve essere moltiplicato per il numero di apparizioni corrispondenti all'altezza d'onda per il settore considerato. Tale operazione viene ripetuta per tutte le classi d'onda ricadenti nel settore esaminato. Le energie così calcolate vengono sommate, e la somma divisa per il numero totale di onde registrate nel settore, ottenendo così un'energia media pesata sulla frequenza per il settore. Applicando nuovamente la formula dell'energia sopra riportata è possibile calcolare, partendo dall'energia media pesata, il valore dell'altezza d'onda significativa.

L'onda così calcolata risulta dal punto di vista energetico equivalente alle varie onde provenienti dal settore in esame, e rappresenta la forzante da inserire come dato di input per il settore esaminato per il calcolo del trasporto solido.

ELABORAZIONE DATI APAT boa di Cetraro								
DIREZIONE E ALTEZZA DELL'ONDA								
N.ro Osservazioni 106233								
Distribuzione delle frequenze 1968-2006								
CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA (m)								
SET	da	a	0-1	1-4	4-7	7-9	TOTALE	Frequenza
1	0°	15°	661	87	4	0	752	0,82
2	15°	30°	747	80	3	0	830	0,90
3	30°	45°	848	81	3	0	932	1,02
4	45°	60°	1247	106	3	0	1356	1,48
5	60°	75°	2078	165	2	0	2245	2,45
6	75°	90°	1606	103	3	1	1713	1,87
7	90°	105°	1145	108	0	0	1253	1,37
8	105°	120°	900	153	0	0	1053	1,15
9	120°	135°	658	97	0	0	755	0,82
10	135°	150°	524	71	2	0	597	0,65
11	150°	165°	515	66	2	0	583	0,64
12	165°	180°	588	118	3	0	709	0,77
13	180°	195°	989	124	6	0	1119	1,22
14	195°	210°	2543	247	2	0	2792	3,04
15	210°	225°	3149	297	5	0	3451	3,76
16	225°	240°	2686	357	5	0	3048	3,32
17	240°	255°	3578	548	7	0	4133	4,50
18	255°	270°	10218	2955	24	0	13197	14,38
19	270°	285°	18880	4620	42	3	23545	25,66
20	285°	300°	14433	2252	72	2	16759	18,27
21	300°	315°	5979	682	35	5	6701	7,30
22	315°	330°	2104	192	14	5	2315	2,52
23	330°	345°	966	115	15	1	1097	1,20
24	345°	360°	728	78	9	0	815	0,89
TOTALE			77770	13702	261	17	91750	100,00

#### Clima medio annuo

Settore	Dir. Media	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA				Em (J/mq)	Hs (m)	Ts (s)	coef. trasp.Hs	coef. trasp.Ts	Hs (m)	Ts (s)	f (Hz)	Hrms (m)	T
		0.5 E (J/mq)	2.5 E (J/mq)	5.5 E (J/mq)	8 E (J/mq)										
20	292.5	3262625.82	28457979.00	6531679.51	462956.95	54605.42	4.489	8.77	1.03	1.02	4.62	8.95	18.27	3.27	9
21	307.5	1351572.08	8618268.95	3175121.98	1157392.38	12781.37	2.511	6.51	1.18	1.12	2.96	7.29	7.30	2.10	8
22	322.5	475615.93	2426257.53	1270048.79	1157392.38	1908.78	1.174	4.41	1.28	1.18	1.50	5.20	2.52	1.06	5
23	337.5	218367.39	1453227.17	1360766.56	231478.48	945.77	0.886	3.82	1.43	1.27	1.27	4.85	1.20	0.90	5
24	352.5	164566.73	985667.12	816459.94	0.00	645.24	0.761	3.53	1.82	1.49	1.38	5.26	0.89	0.98	5
1	7.5	149421.16	1096397.95	362871.08	0.00	389.96	0.622	3.18	1.86	1.51	1.16	4.80	0.82	0.82	5
2	22.5	168861.74	1010940.64	272153.31	0.00	110.02	0.375	2.45	1.99	1.58	0.75	3.88	0.90	0.53	4
3	37.5	191693.11	1023577.40	272153.31	0.00	63.17	0.300	2.19	2.07	1.62	0.62	3.55	1.02	0.44	3
4	52.5	281888.34	1339496.35	272153.31	0.00	112.99	0.379	2.47	1.87	1.51	0.71	3.73	1.48	0.50	4



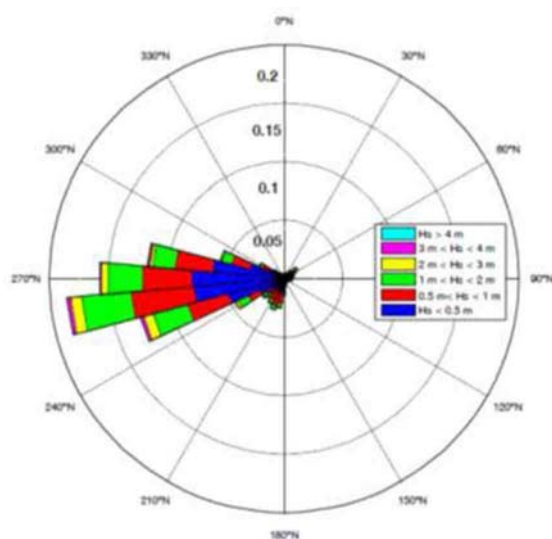
DETERMINAZIONE DELL'ANGOLO DELLA RISULTANTE ENERGETICA RISPETTO AD NORD						
Settore	Em (J/mq)	Angolo	cos(angolo)	sen(angolo)	RE	RN
20	54605,42	-67,5	-0,923879533	0,382683432	50448,83	-20896,59
21	12781,37	-52,5	-0,79335334	0,608761429	10140,14	-7780,81
22	1908,78	-37,5	-0,608761429	0,79335334	1161,99	-1514,34
23	945,77	-22,5	-0,382683432	0,923879533	361,93	-873,77
24	645,24	-7,5	-0,130526192	0,991444861	84,22	-639,72
1	389,96	7,5	0,130526192	0,991444861	-50,90	-386,62
2	110,02	22,5	0,382683432	0,923879533	-42,10	-101,65
3	63,17	37,5	0,608761429	0,79335334	-38,46	-50,12
4	112,99	52,5	0,79335334	0,608761429	-89,64	-68,78
					<b>61976,02</b>	<b>-32312,39</b>

inclinazione risultante energetica	angolo =	297,94
ONDA MORFOLOGICA(m)	Ts (s)	Persistenza
3,93	8,19	7,66 h/anno

*Determinazione delle onde energeticamente equivalenti per il paraggio*

Le misurazioni dirette di moto ondoso, (febbraio 1999 - dicembre 2014), registrate dalla boa ondometrica di Cetraro, riportano altezza d'onda significativa, periodo di picco dello spettro, periodo medio, direzione media di propagazione. L'analisi dei dati mostra un clima ondoso caratterizzato da eventi del terzo e quarto quadrante, con predominanza degli eventi da potente-maestrale.

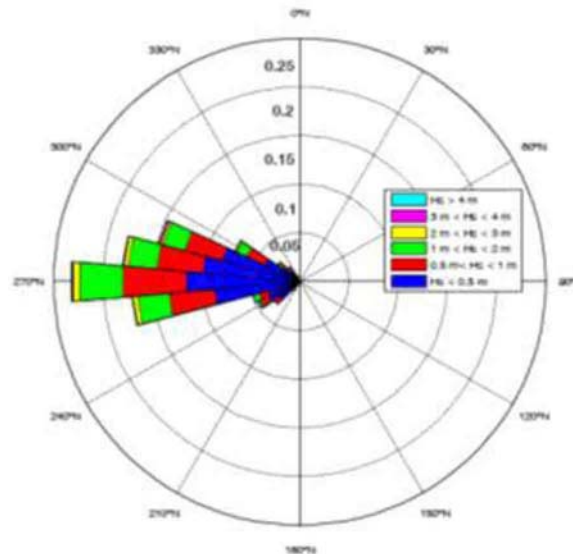
Il settore direzionale 255°-265°N rappresenta quello cui competono il maggior numero di eventi di moto ondoso e quelli più estremi, seguiti, in ordine decrescente, dai settori 265°-275°N e 245°-255°.



*Diagramma polare delle frequenze degli eventi di moto ondoso rilevati dalla boa RON di Cetraro.*

Fonte: "Studio meteo-marino" Progetto esecutivo – I stralcio funzionale "Intervento integrato per il completamento delle opere di difesa costiera e ricostruzione del litorale".

Da tali dati, considerando costante la direzione di provenienza del vento nell'area del Tirreno in cui è posta la boa, dalla correlazione tra la direzione dell'onda e quella del vento, si sono determinate le direzioni del moto ondoso nel punto di interesse rispetto al Nord Cartografico. La totalità degli eventi di moto ondoso nel settore di traversia al largo del sito è pari al 82.84% delle registrazioni della boa in mare aperto di Cetraro, che sono relative all'intero settore angolare  $0^{\circ}$ - $360^{\circ}$ N. Gli eventi totali risultano 62.539, di cui 18.290 eventi di calma ( $H_s < 0.25$  m), che rappresentano il 29.25% degli eventi totali. Il maggior numero di eventi ondosi con le maggiori intensità proviene dai settori di traversia  $250^{\circ}$ N- $280^{\circ}$ N e  $280^{\circ}$ - $300^{\circ}$ N.



*Diagramma polare delle frequenze degli eventi di moto ondoso ricostruiti a largo del paraggio*

#### 4.5. Elaborazione statistica dei dati di vento

Il vento, come tutti gli eventi meteorologici determinati da una grande serie di dati, può considerarsi un fenomeno stocastico; gli eventi si ipotizzano indipendenti e quindi elaborabili con il metodo delle probabilità. Si tratta quindi di ricavare le equazioni di probabilità la cui distribuzione statistica risulti da un numero sufficiente di osservazioni e che consente, almeno teoricamente, estrapolazioni al di là del limite stesso delle osservazioni.

I metodi applicati sono quelli della regressione statistica di Gumbel e della regressione statistica di Weibull.

Il sito ha un settore geografico di traversia che risulta compreso tra  $240^{\circ}$  N e  $20^{\circ}$  N, venti provenienti dal terzo e quarto quadrante, per cui i settori che devono essere esaminati sono quelli che vanno dal settore 17 al settore 8.

Conoscendo i dati relativi alla distribuzione delle frequenze annuali per i vari settori, si ricavano il numero degli eventi per i vari intervalli di velocità del vento e quindi la funzione distribuzione cumulata di  $x$ ,  $P(x)$ .

Se  $x$  è la variabile stocastica da associare ai valori massimi di vento, è possibile dimostrare con la teoria di Gumbel che la funzione di distribuzione cumulata di  $x$  è esprimibile con:

$$P(x) = e^{-e^{-\left(\frac{x-b}{a}\right)}} \quad (2.1)$$

dove a e b sono dei parametri. Introducendo la variabile ridotta y, tale che sia:

$$x = a \cdot y + b \quad (2.2)$$

la (2.1) si può esplicitare in funzione di y:

$$y = -\ln(-\ln(P(x))) \quad (2.3)$$

Il problema dell'adattamento della legge di *Gumbel* ai dati osservati consiste nel trovare i parametri a e b tali che la retta definita dall'equazione (2.2) interpoli al meglio le coppie di punti che hanno per ordinate le y soluzioni dell'equazione:

$$P(x) = e^{-e^{-y}} \quad (2.4)$$

Determinata la funzione di distribuzione cumulata P(x) dei massimi annuali di altezza significativa d'onda, è possibile estrapolare i valori corrispondenti a tempi di ritorno Tr superiori a quelli della serie storica disponibile utilizzando la relazione:

$$P(x) = 1 - 1/(\lambda \cdot Tr) \quad (2.5)$$

in cui  $\lambda = NT/K$  essendo NT il numero degli eventi e K la lunghezza della registrazione in anni. Facendo riferimento alla distribuzione di *Weibull* l'espressione (2.1) diventa:

$$P(x) = 1 - e^{-\left(\frac{x-b}{a}\right)^k} \quad (2.6)$$

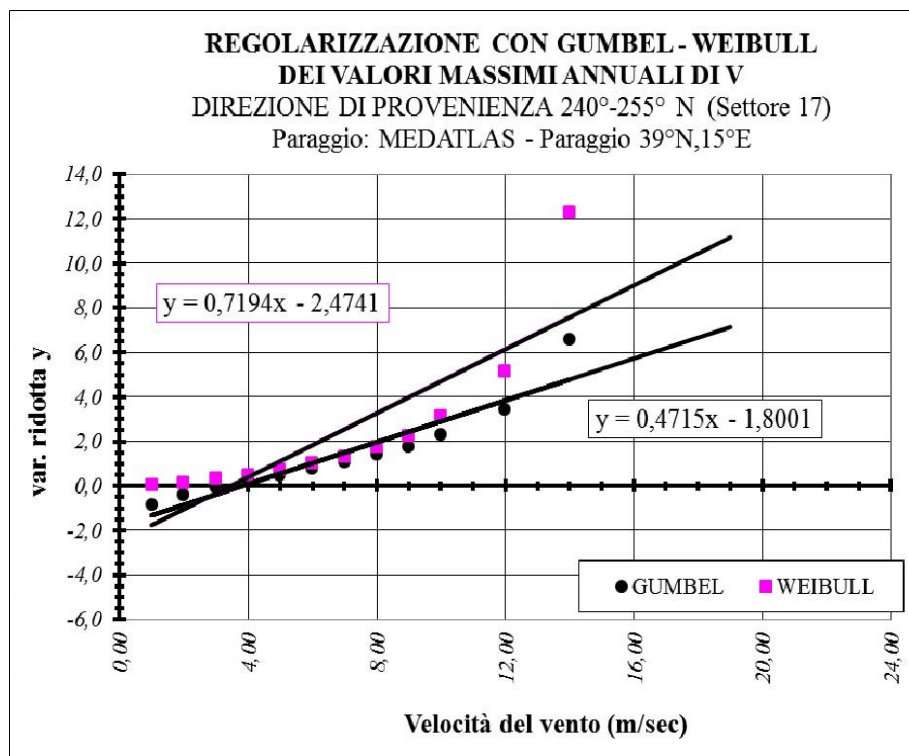
in cui k è il parametro di forma che assume i valori di 0.75, 1.00, 1.40, 2.00. La variabile ridotta è data da

$$y = [-\ln(1 - P(x))]^{(1/k)} \quad (2.7)$$

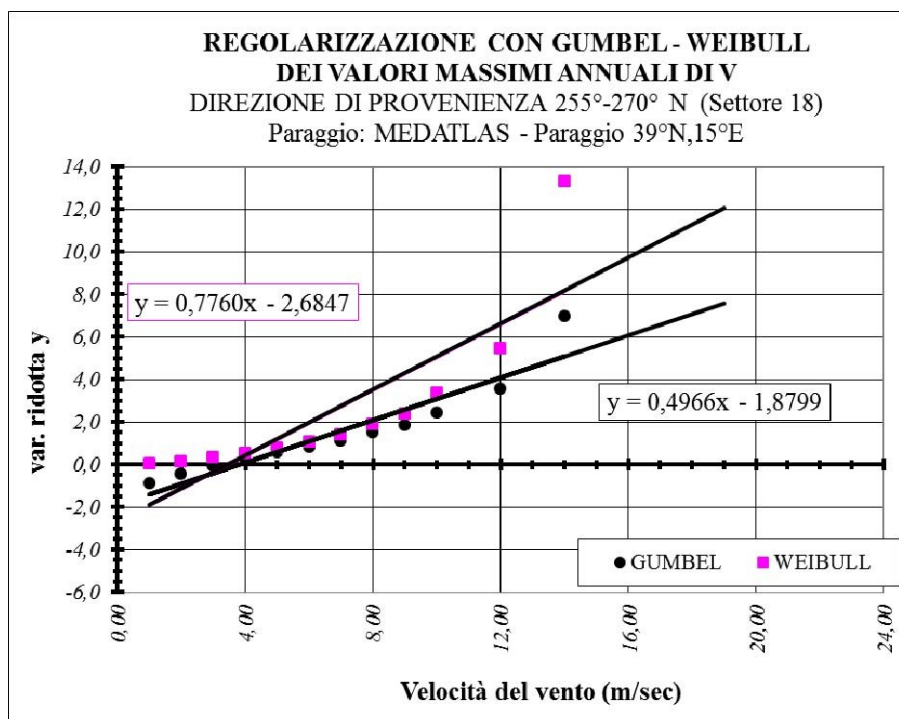
Determinati i valori a e b fissato un determinato valore di k in funzione di Tr si determina P(x) e quindi y e dalla 2.2 il valore della variabile stocastica che nel caso in esame rappresenta la velocità del vento.

In primo luogo vengono eseguite le analisi statistiche dei dati della velocità del vento per i settori in esame per cui di seguito si riportano i grafici della distribuzione di *Gumbel* e di *Weibull* per i settori che vanno da 17 a 6.

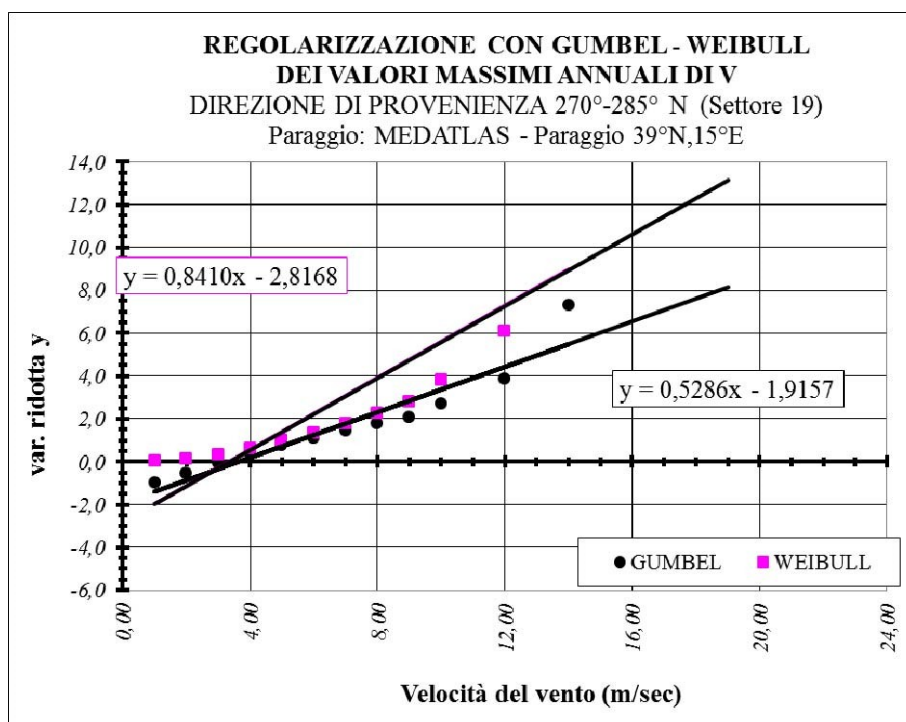
I grafici sono riportati nelle Figure seguenti.



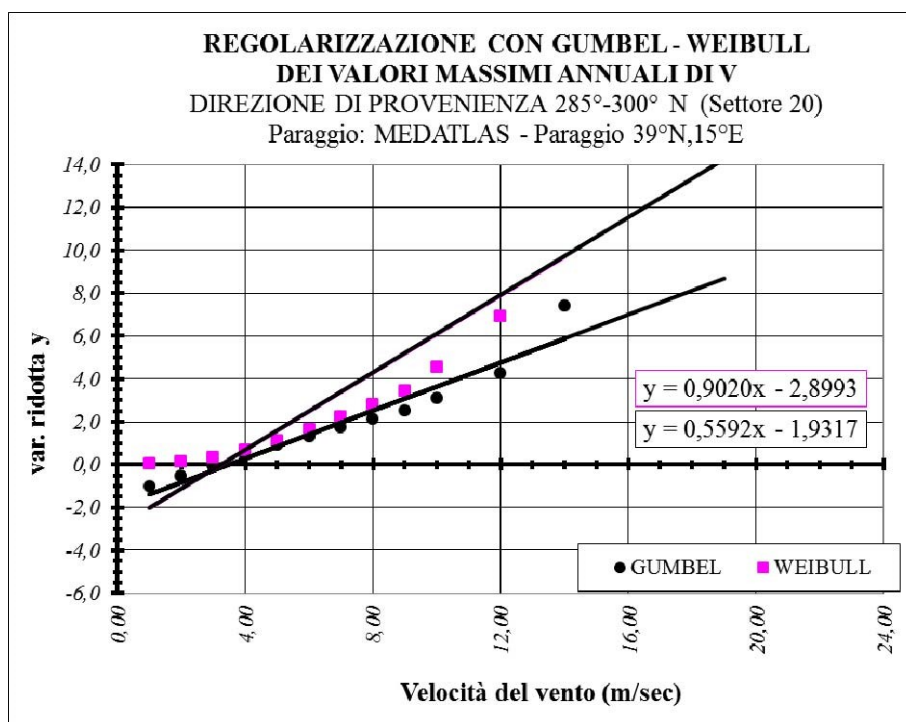
*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 17*



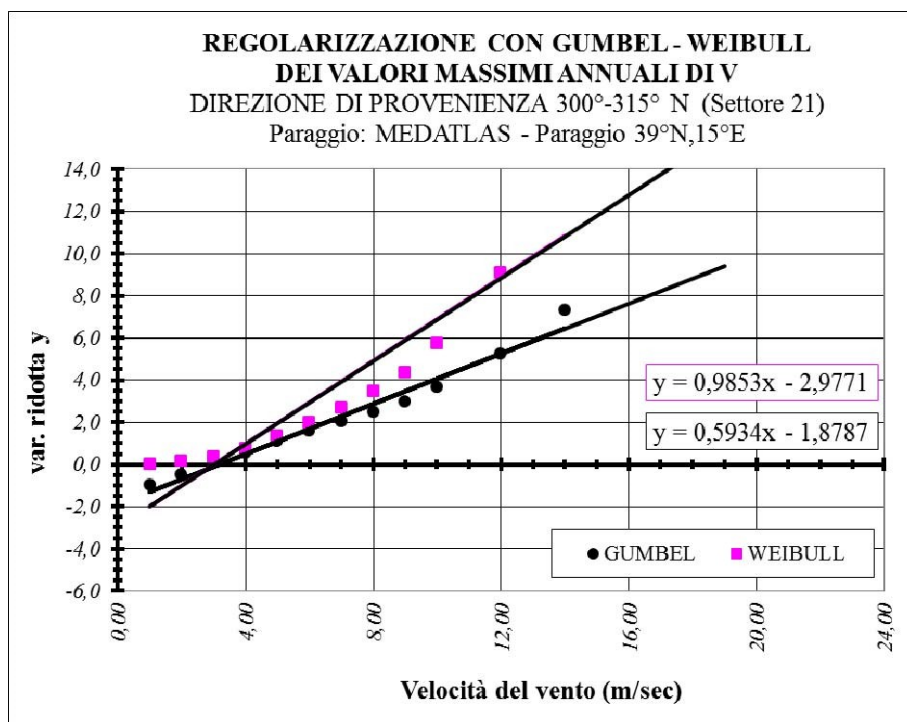
*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 18*



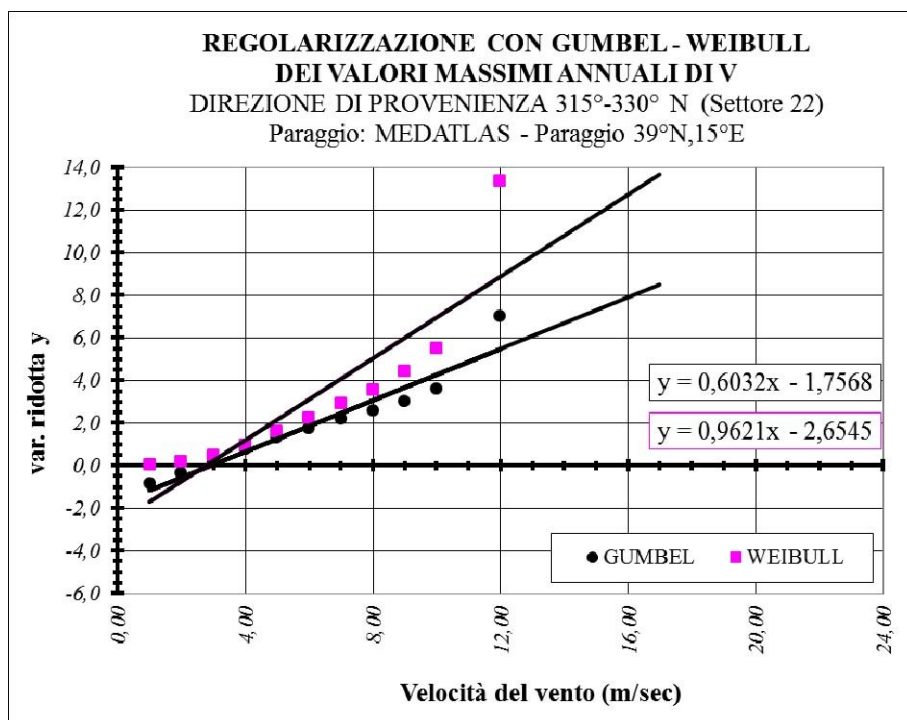
*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 19*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 20*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 21*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 22*



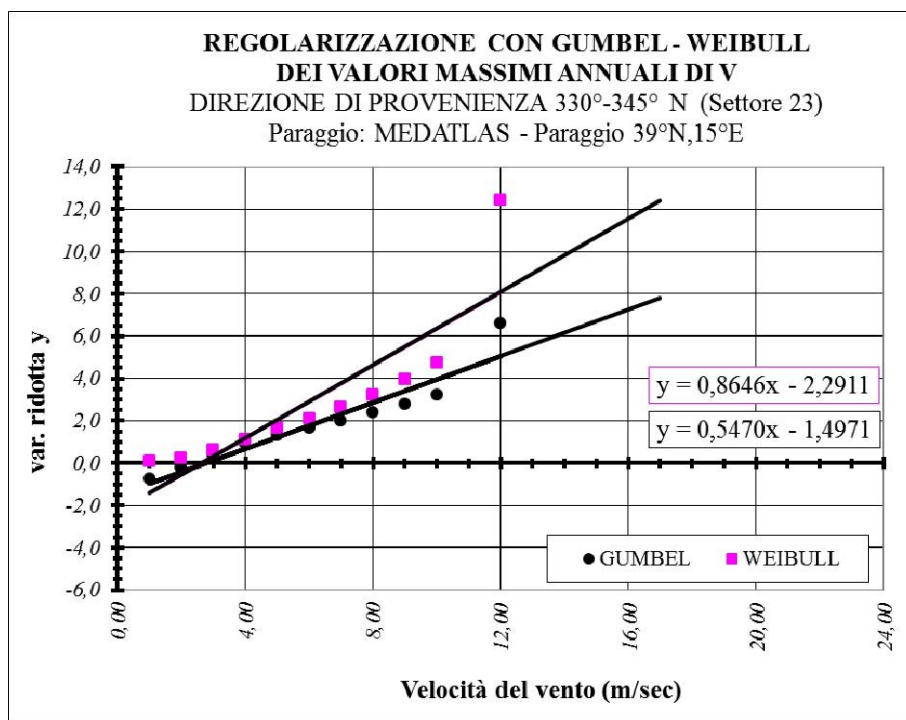


Figura 25 – Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 23

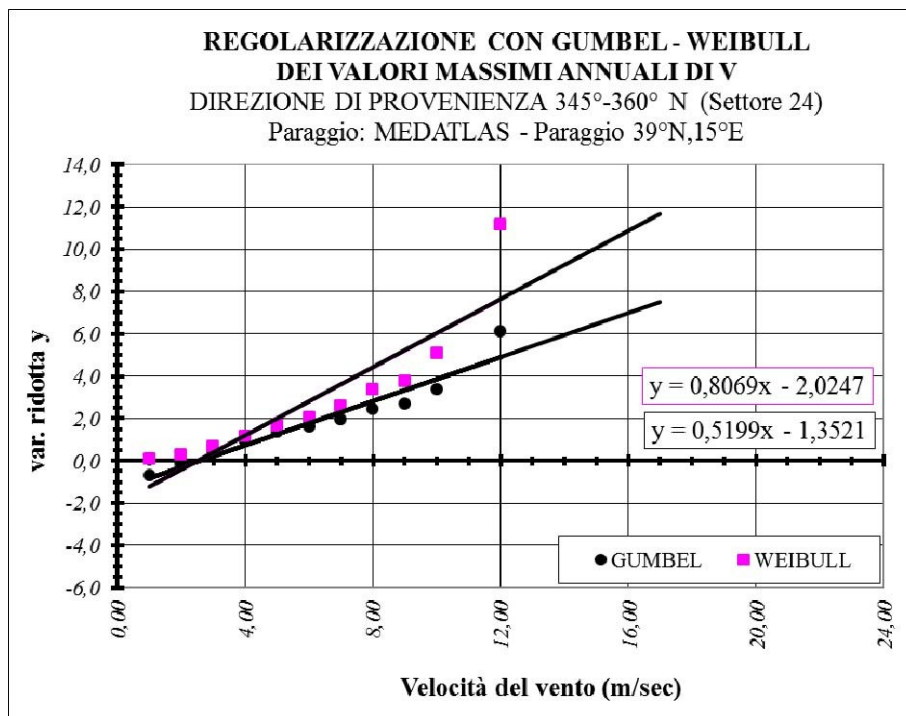
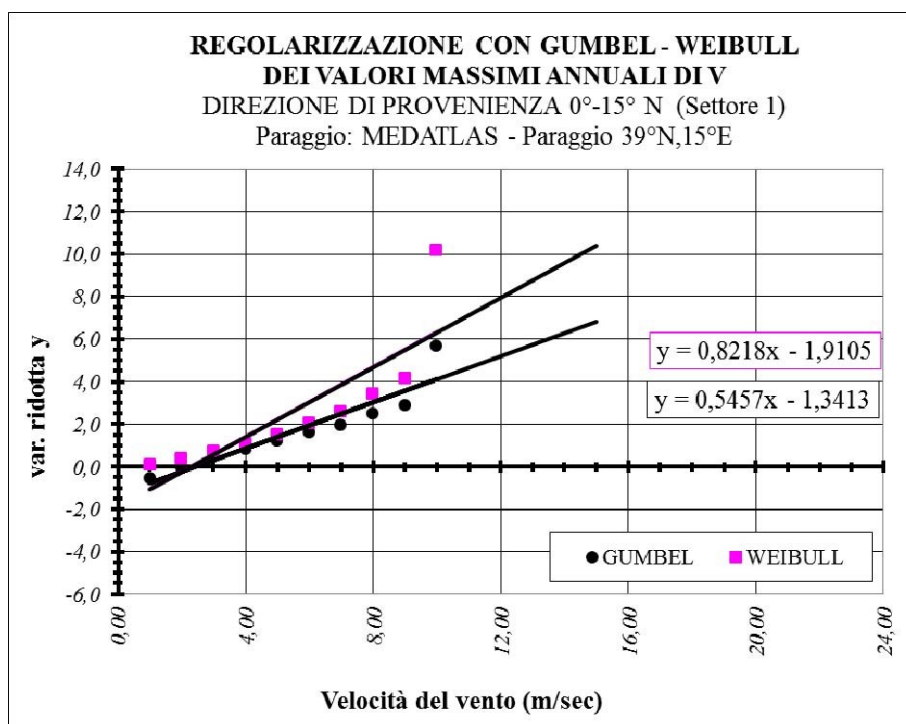
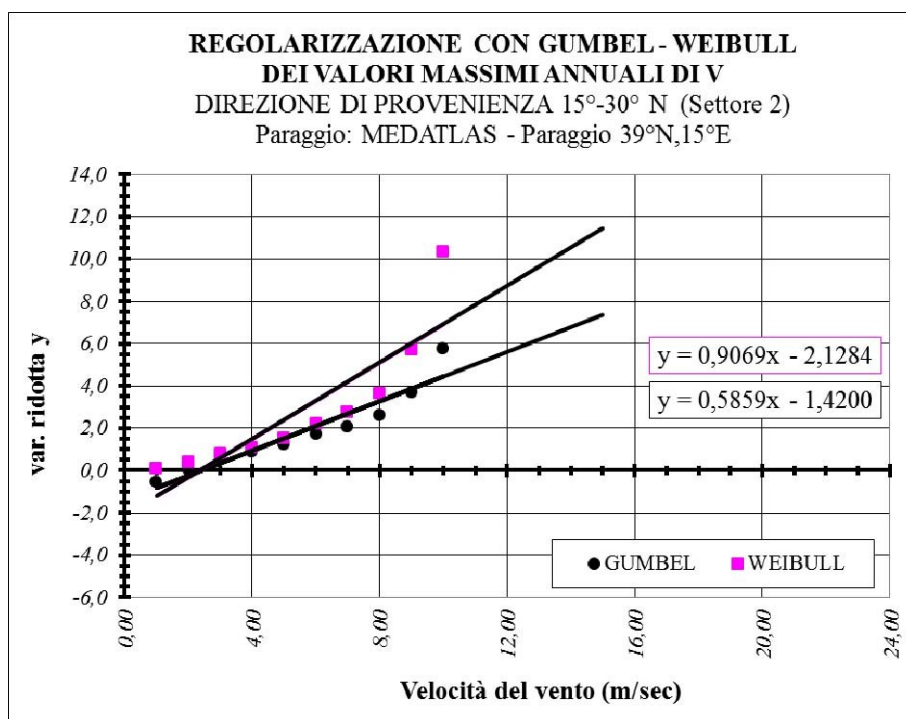


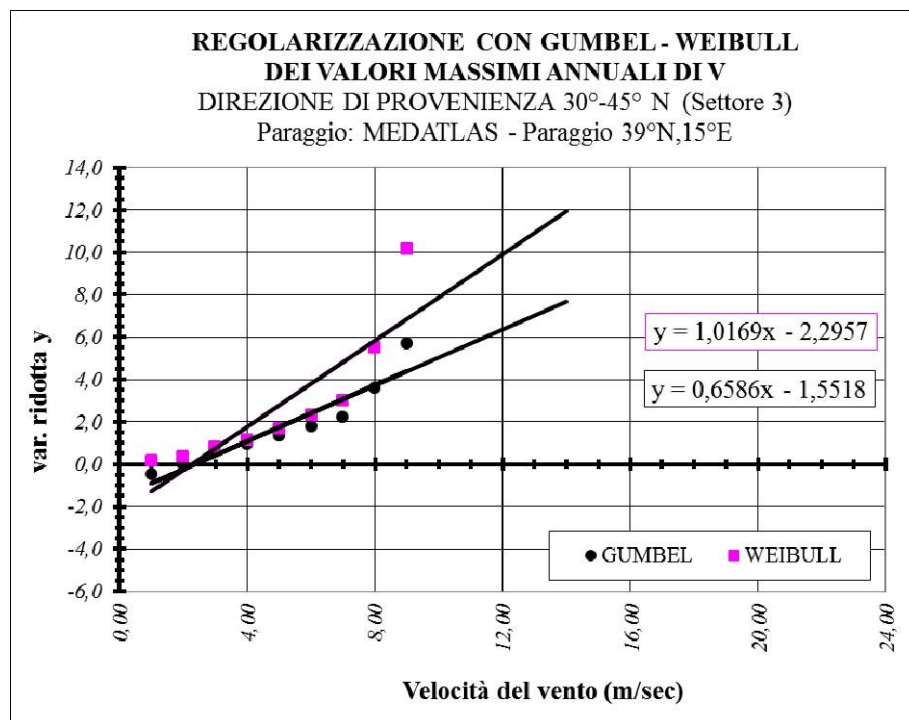
Figura 26 – Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 24



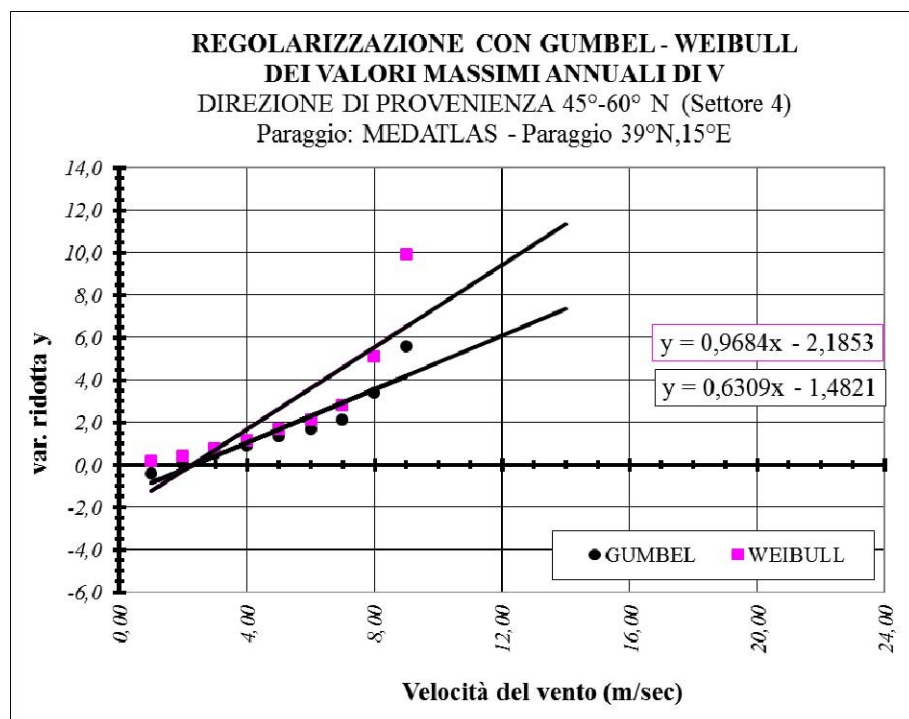
*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 1*



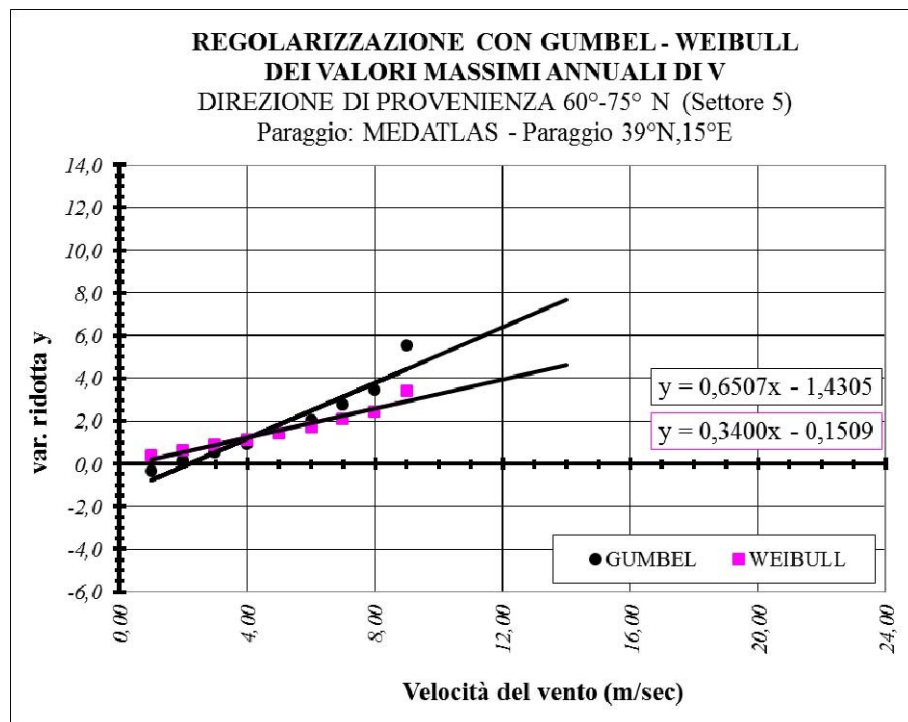
*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 2*



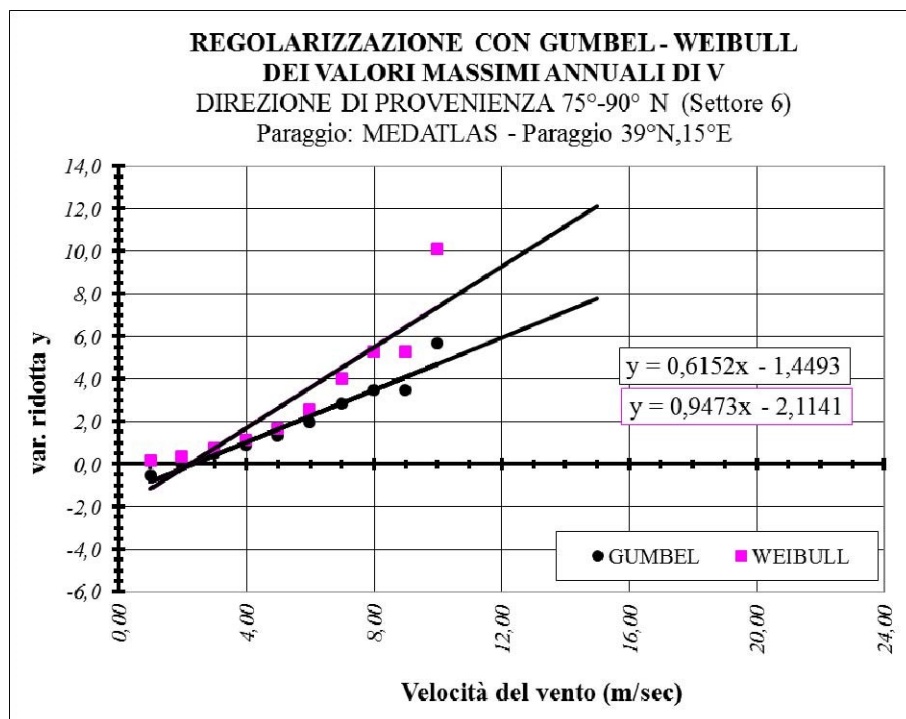
*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 3*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 4*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 5*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull settore 6*

#### 4.6. Previsione del moto ondoso al largo fetches efficaci

IL settore geografico di traversia risulta compreso nelle direzioni 240° N e 90° N.

Le onde che si muovono nell'area di generazione possono propagarsi secondo direzioni diverse da quelle cui spira il vento, non solo secondo la direzione del treno d'onde generato, ma anche secondo direzioni prossime a questa che, con quella del vento formano un angolo  $\alpha \leq 45^\circ$ .

Il moto ondoso di un determinato paraggio può dunque essere generato anche da venti esterni al settore di traversia fino ad una direzione di 45° rispetto ad uno degli estremi del settore stesso.

Per la previsione del moto ondoso è necessario quindi conoscere, oltre la frequenza del fetch secondo la direzione del vento anche quella secondo le direzioni vicine; è necessario cioè determinare il fetch effettivo, intendendo con questo quella lunghezza che tiene conto di tali apporti laterali di energia.

I dati ottenuti con il metodo SMB sono stati confrontati con i dati di onda rilevati dai citati WIND AND WAVE ATLAS OF THE MEDITERRANEAN SEA ed ATLANTE DELLE COSTE APAT, prendendo in considerazione i dati di onda provenienti dalle stazioni RON e RMN di Cetraro, situata in un'area piuttosto prossima a quella oggetto dell'intervento e idonea a descriverne con buona accuratezza la previsione di moto ondoso. I dati d'onda provenienti da entrambe le fonti citate sono stati elaborati statisticamente secondo le distribuzioni di *Gumbel* e *Weibull*.

Si è suddiviso pertanto il settore di apertura pari a  $2\alpha = 90^\circ$ , simmetrico rispetto alla direzione del vento, in parti di eguale ampiezza  $\alpha$ , compresa tra 5° e 10°.

Per la determinazione dei "fetches efficaci" si fa riferimento alla relazione:

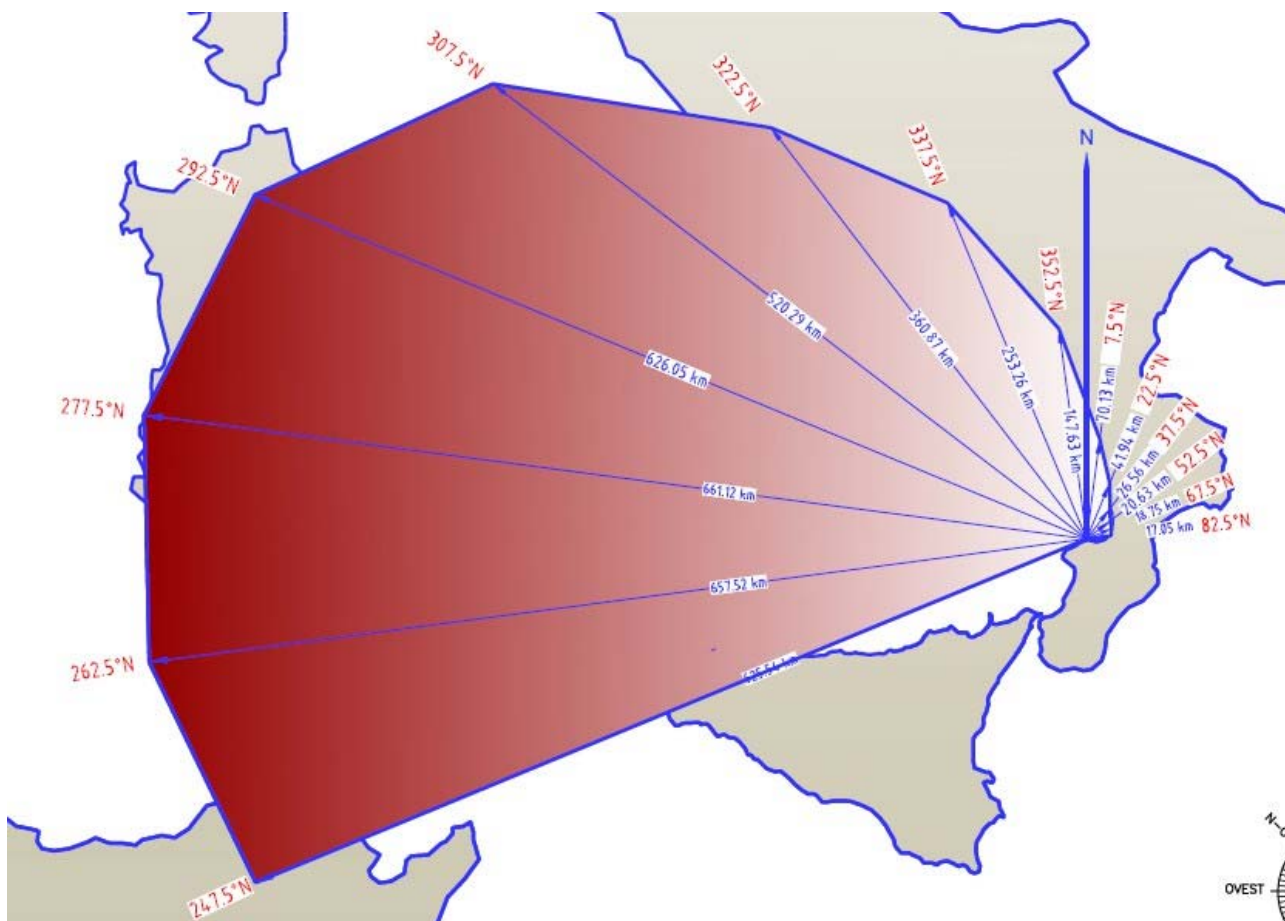
$$F_{eff}(\beta_m) = \Sigma [F_g(\beta_i) * \cos^3(\beta_i - \beta_m)] / \Sigma \cos^2(\beta_i - \beta_m) \quad (2.7)$$

con le sommatorie estese da  $\beta_m - 45^\circ$  a  $\beta_m + 45^\circ$  e con

- $\beta_m$  = direzione principale considerata rispetto al Nord;
- $\beta_i$  = generica direzione principale corrente rispetto al Nord;
- $F_g$  = fetch geografico.

Applicando l'equazione (2.7) si determinano i fetches efficaci che sono riportati per le varie direzioni nella figura 33. Si nota come la determinazione dei fetches effettivi diminuisca il valore del fetch geografico per le direzioni in cui questo risulta grande e aumenti quello nelle direzioni in cui risulti piccolo realizzando una uniformazione delle lunghezze.





*Fetches efficaci relativi al paraggio*

I valori dei fetches geografici e dei fetches efficaci sono sintetizzati nella tabella che segue:

Settore	Gradi	F.Geo. (km)	F. Eff (km)
17	247,50°	224.47	625.54
18	262,50°	1919.43	657.52
19	277,50°	551.75	661.12
20	292,50°	602.46	626.05
21	307,50°	715.31	520.29
22	322,50	249.85	360.87
23	337,50°	147.59	253.26
24	352,50°	84.35	147.63
1	7,50°	35.54	70.13
2	22,50	26.68	41.94
3	37,50	26.11	26.56
4	52,50°	21.65	20.63
5	67,50°	18.05	18.75
6	82,50°	14.23	17.05

*Tabella - Fetches geografici e fetches efficaci paraggio Tropea-Pizzo*

#### 4.7. Caratteristiche dell'onda significativa al largo

Per la previsione del moto ondoso al largo è utilizzato il metodo di *Sverdrup-Munch e Bretshneider* (SMB) con il quale è possibile ricavare l'altezza  $H_s$  e il periodo significativo  $T_s$  per ogni valore del fetch  $F$ , della velocità del vento  $V$ , della durata  $t$  in funzione del tempo di ritorno  $T_r$ .

Si sono considerate i settori compresi tra il 17 ed il 6 e per ognuno di essi si sono considerate le velocità del vento in funzione ai tempi di ritorno  $T_r = 5, 10, 30, 50, 100$  anni.

Le previsioni pervengono alla valutazione dell'altezza d'onda significativa  $H_{1/3}$  cioè al valore medio dell'altezza raggiunte dal terzo delle onde più alte che compongono il treno d'onda e al periodo significativo cioè al valore medio dei periodi di quelle onde.

Si osserva che le massime condizioni di sviluppo delle caratteristiche del moto ondoso non si presentano necessariamente in corrispondenza delle massime velocità del vento.

Al crescere della velocità del vento diminuisce infatti la sua durata ed è il più condizionante dei due parametri a limitare lo sviluppo del fenomeno.

Nella tabella seguente sono riportati, per i vari settori e per i tempi di ritorno esaminati, i valori di  $H_s$ , altezza d'onda significativa a largo, il valore di  $T_s$  periodo dell'onda e si può determinare il valore della lunghezza d'onda  $L_o$ . I dati assunti sono quelli della distribuzione di *Gumbel* che fornisce valori leggermente superiori rispetto alla distribuzione di *Weibull*.

Per il valore di  $T_s$  è stata adottata una formula analoga a quella proposta da *Bretschneider* adattata alle condizioni del moto ondoso nel Mediterraneo in base a misure sperimentali data da

$$T_s = 4.06 * H_s^{0.513} \quad (2.9)$$

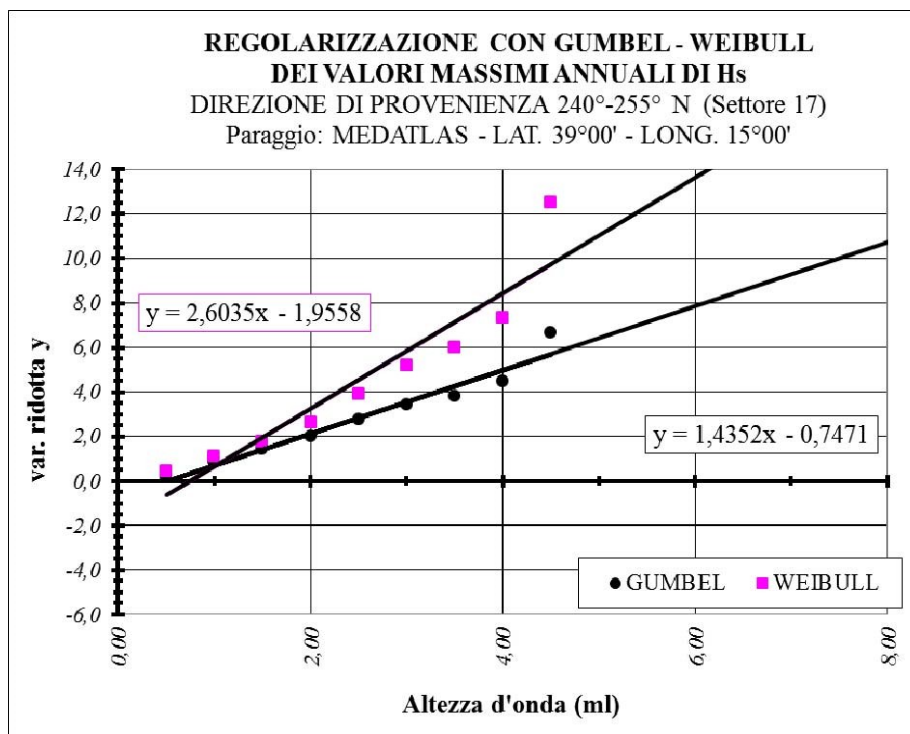
Per la lunghezza d'onda è stata adottata la seguente relazione

$$L_o = g * T^2 / (2 * \pi) \quad (2.10)$$

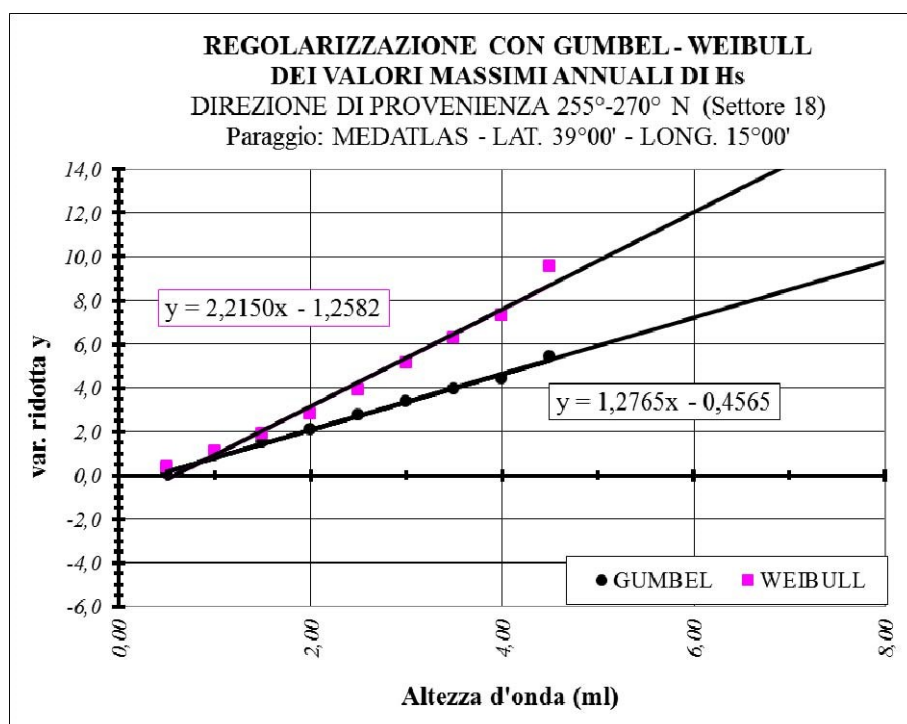
Come specificato precedentemente, tale elaborazione viene omessa in quanto è già stata effettuata da MEDATLAS nell'elaborazione dei dati di vento e di mare. Effettuando tale elaborazione si ottengono le onde di mare MEDATLAS e quindi risulta superflua tale analisi, avendo a disposizione i dati di mare.

#### 4.8. Clima del moto ondoso

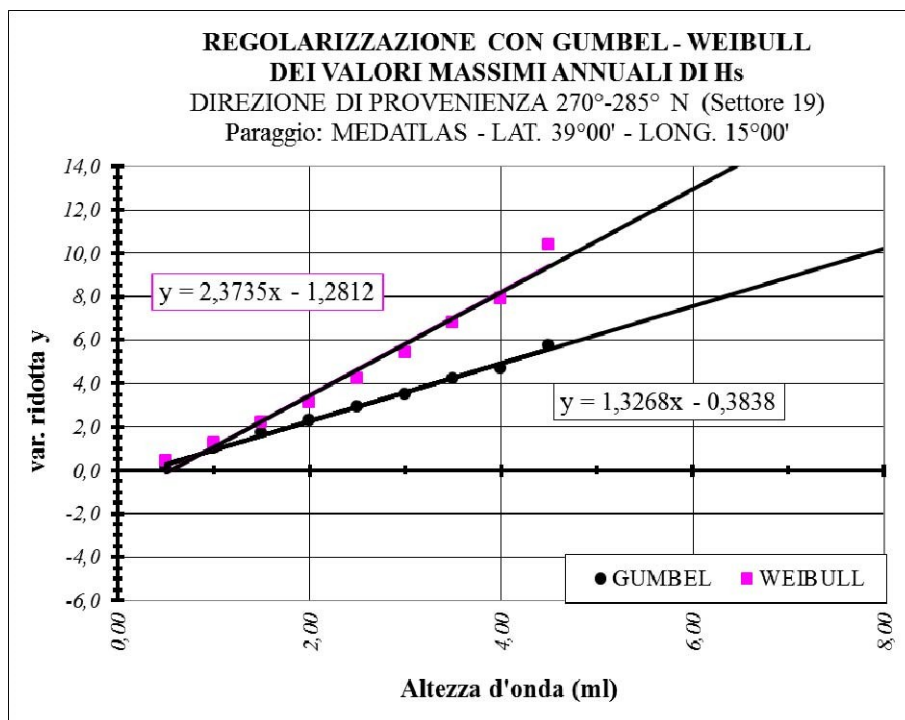
Per verificare i risultati ottenuti con le analisi statistiche sulla base dei dati di vento, e confrontarli con dati di onda rilevati, si è fatto innanzitutto riferimento ai dati riportati nel *Wind and Wave Atlas of the Mediterranean Sea* – i dati di interesse si riferiscono alla zona individuata da 39° di latitudine Nord. e 16° di longitudine Est. Si riportano di seguito i diagrammi con le curve di tendenza per le distribuzioni di *Gumbel* e *Weibull* per i settori 17, 18, 19, 20, 21, 22, 23, 24, 1, 2, 3, 4, 5, 6 relativamente alle altezze d'onda.



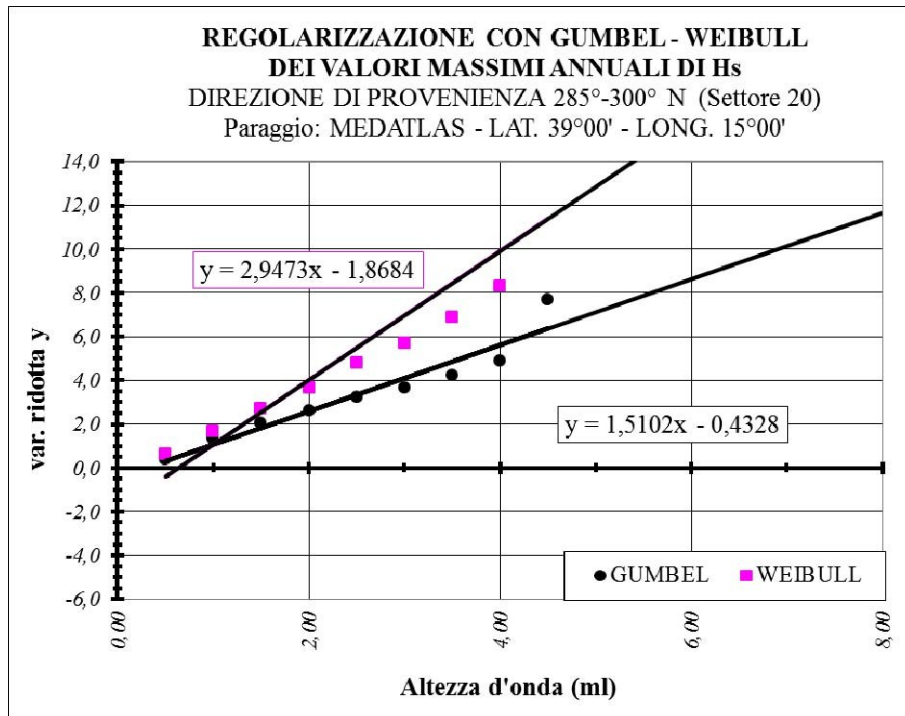
*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 17*



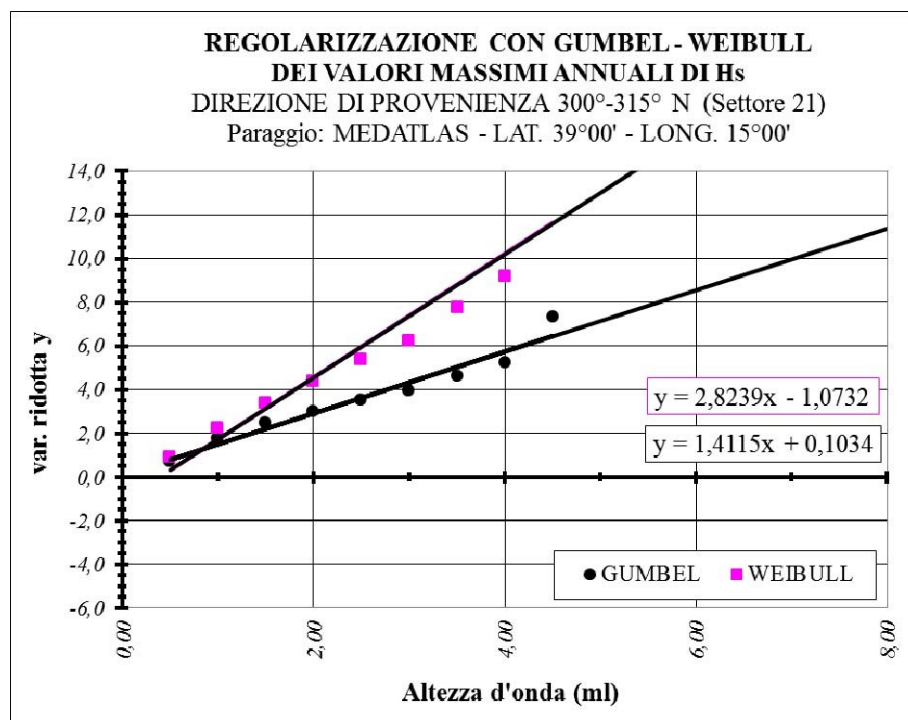
*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 18*



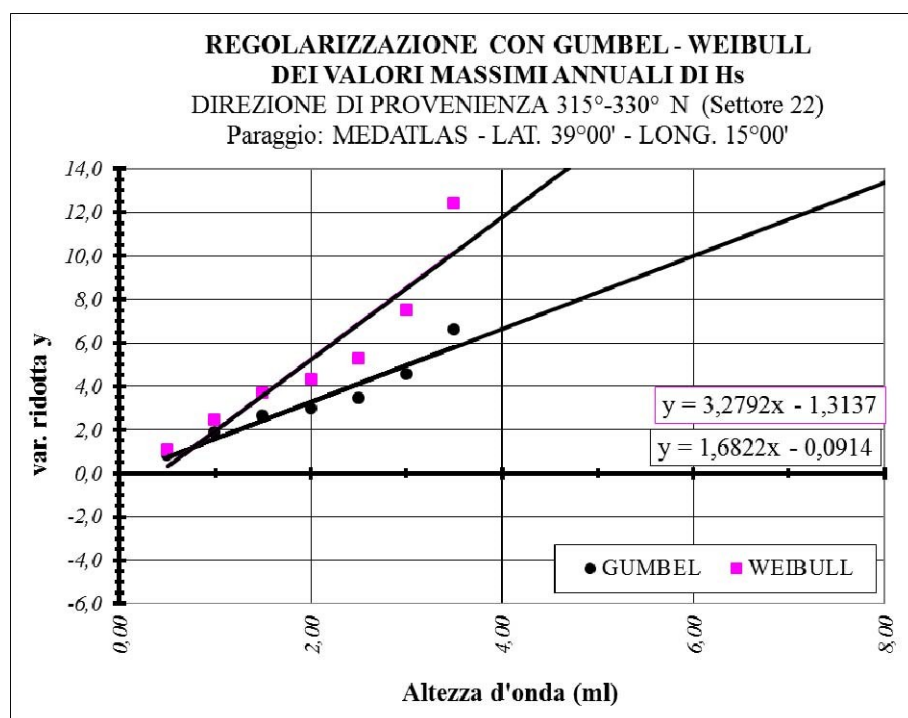
*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 19*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 20*

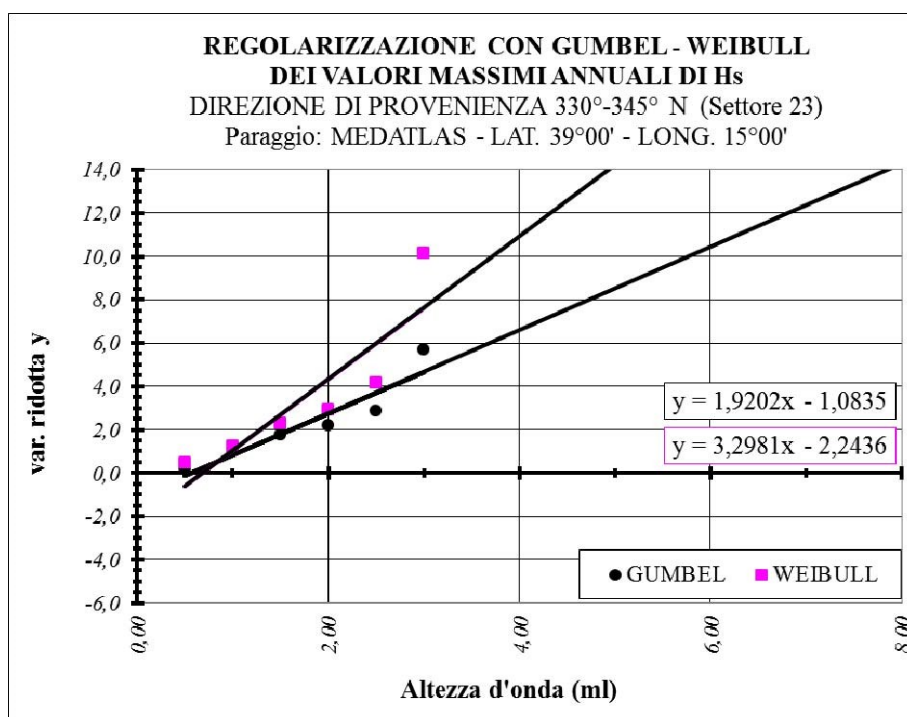


*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 21*

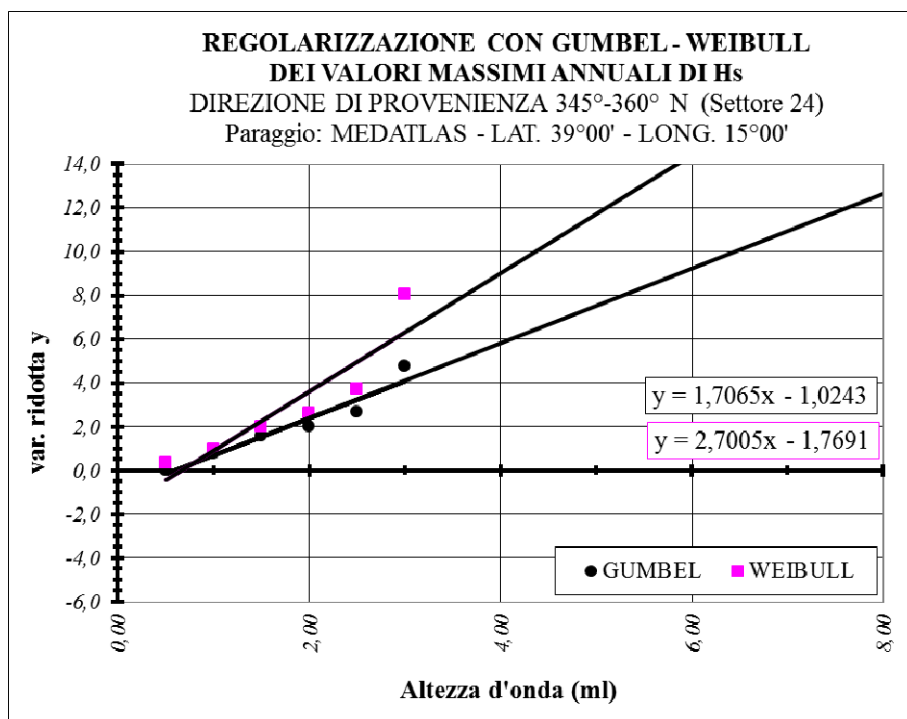


*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 22*





*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 23*

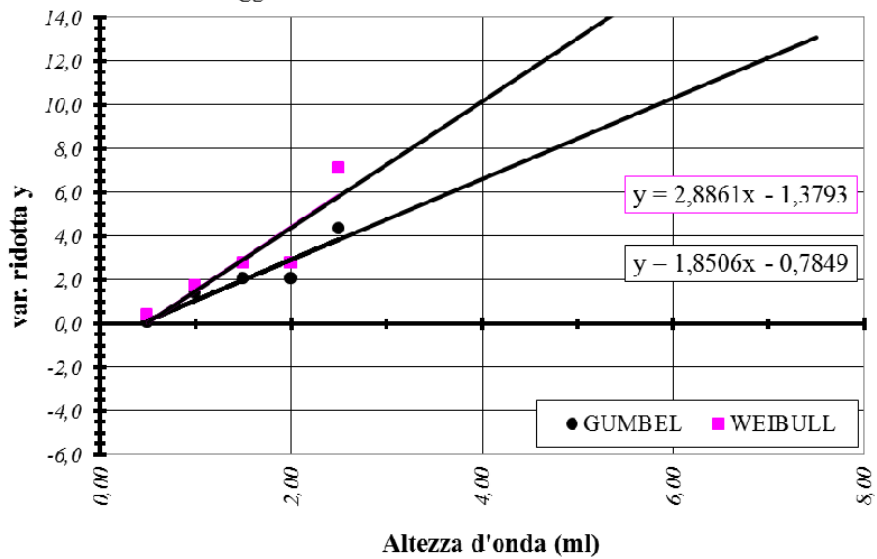


*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 24*

**REGOLARIZZAZIONE CON GUMBEL - WEIBULL  
DEI VALORI MASSIMI ANNUALI DI Hs**

DIREZIONE DI PROVENIENZA 0°-15° N (Settore 1)

Paraggio: MEDATLAS - LAT. 39°00' - LONG. 15°00'

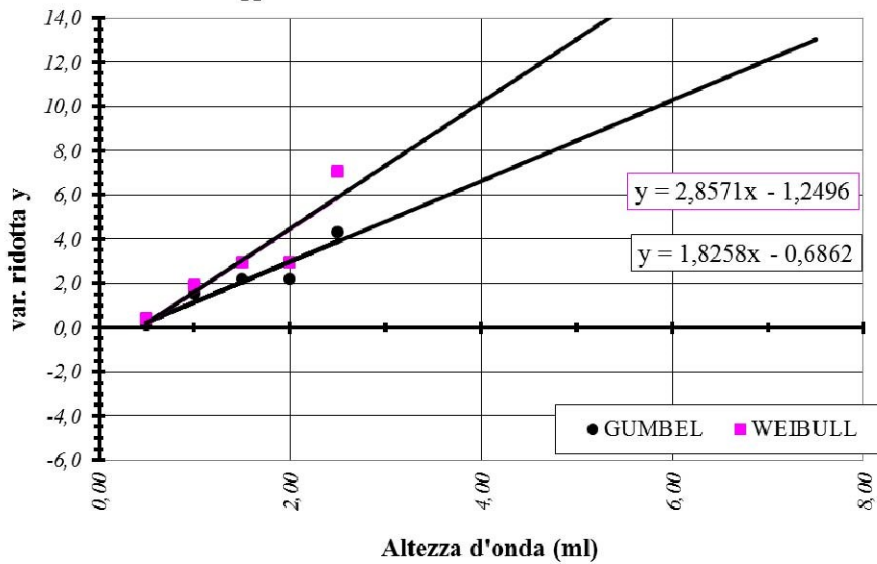


*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 1*

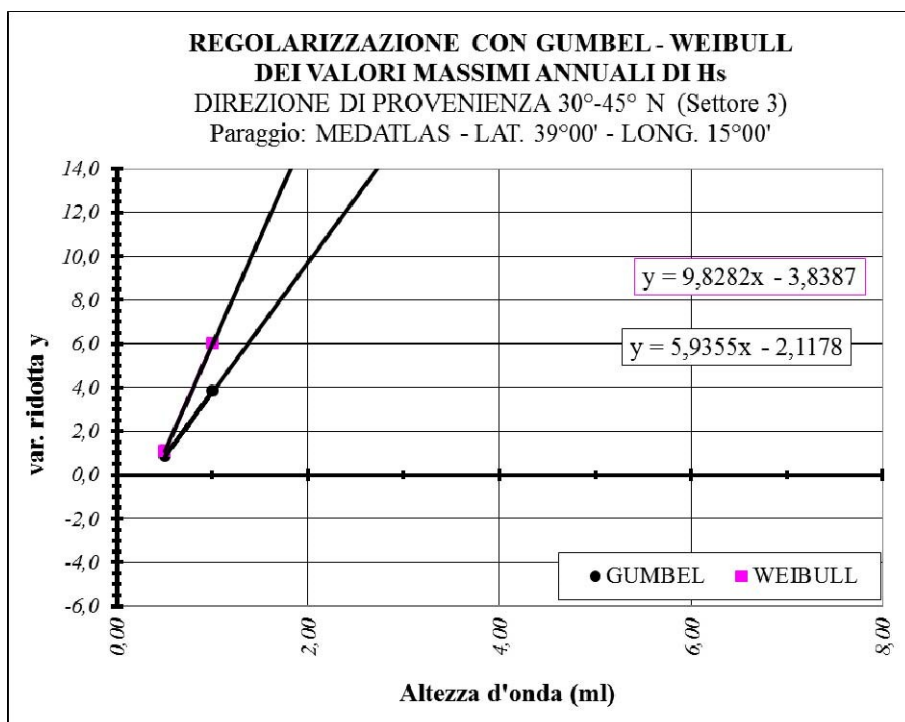
**REGOLARIZZAZIONE CON GUMBEL - WEIBULL  
DEI VALORI MASSIMI ANNUALI DI Hs**

DIREZIONE DI PROVENIENZA 15°-30° N (Settore 2)

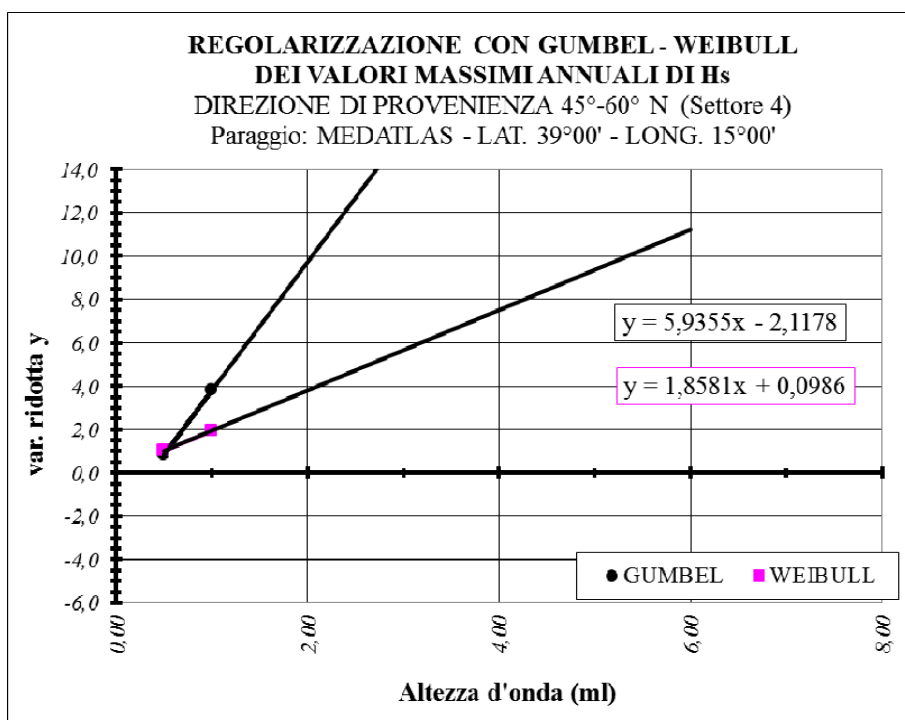
Paraggio: MEDATLAS - LAT. 39°00' - LONG. 15°00'



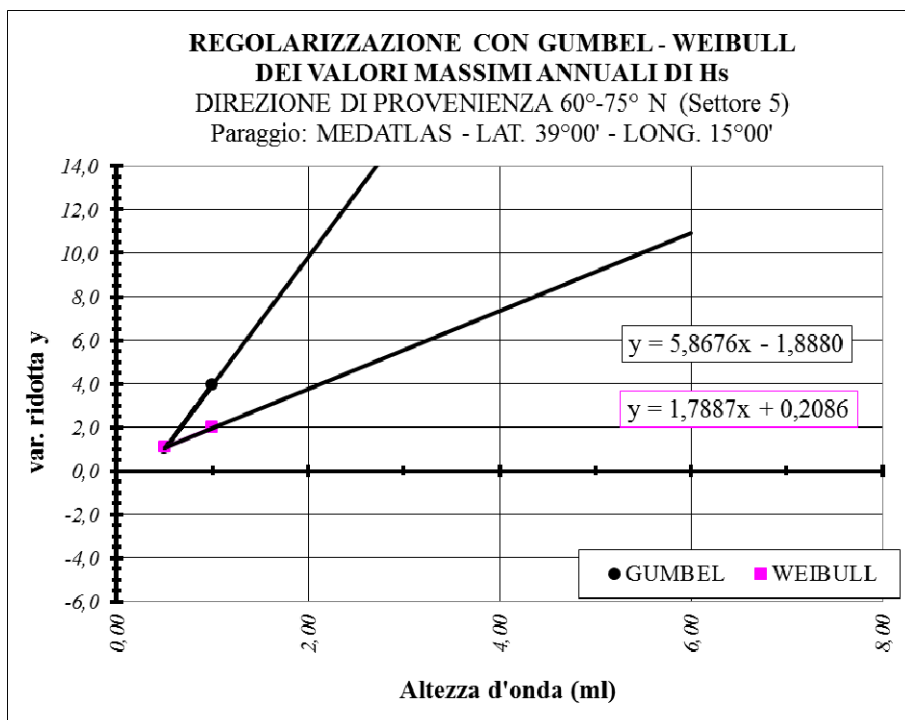
*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 2*



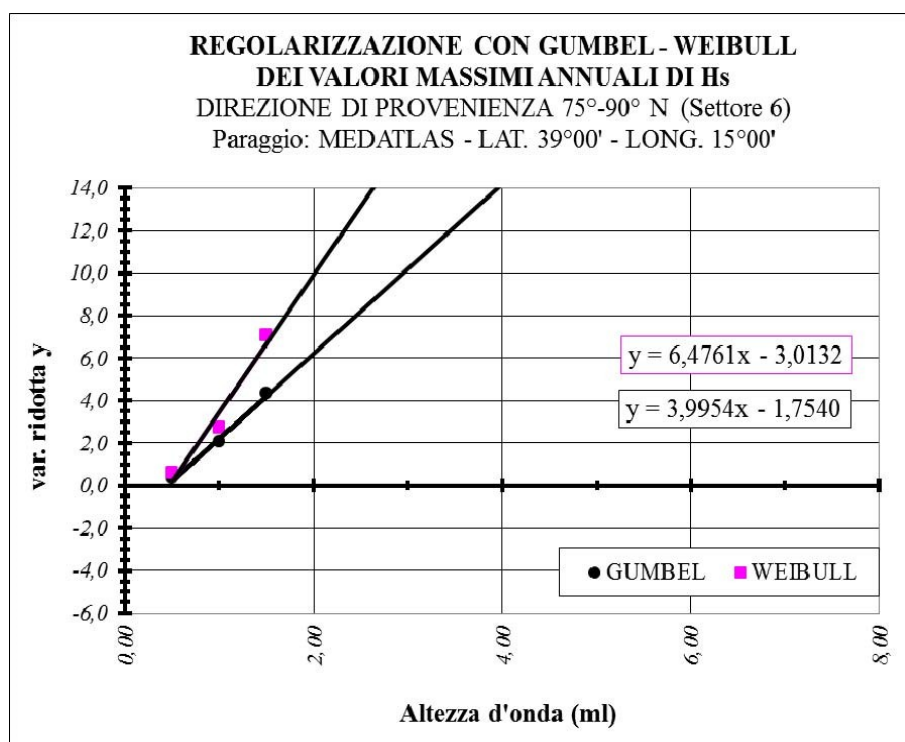
*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 3*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 4*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 5*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull – Settore 6*

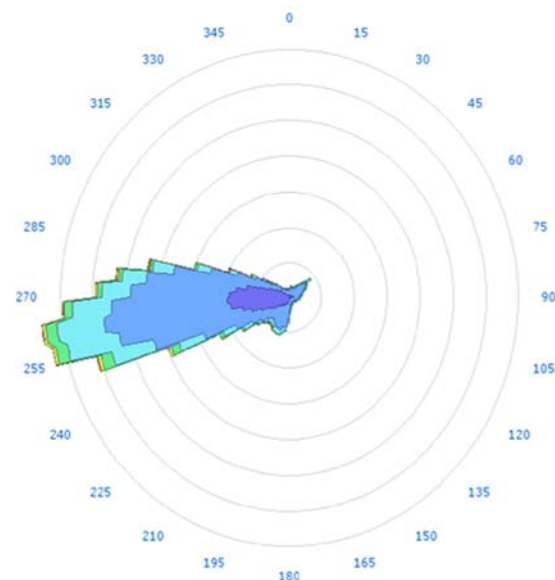
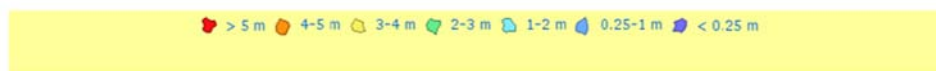
Nella Tabella seguente sono riportati i valori delle altezze d'onda  $H_s$  in funzione dei tempi di ritorno ottenuti dalla distribuzione di *Gumbel* e dalla distribuzione di *Weibull*. Per il periodo si è utilizzata l'espressione [2.9].

DETERMINAZIONE DEL REGIME ONDOSO AL LARGO - LAT. 39°00'00" LON. 15°00'00" (PUNTO MEDATLAS)											
Sett.	Fattori distrib.	DISTRIBUZIONE DI GUMBEL					DISTRIBUZIONE DI WEIBULL				
		Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100
tutti	P(x)	0,9737	0,9868	0,9956	0,9974	0,9987	0,9737	0,9868	0,9956	0,9974	0,9987
17	Hs (ml)	4,68	5,16	5,93	6,28	6,77	4,91	5,57	6,65	7,18	7,90
	Ts (sec)	8,96	9,42	10,12	10,42	10,83	9,18	9,79	10,73	11,16	11,73
18	Hs (ml)	5,80	6,34	7,20	7,60	8,15	6,55	7,36	8,69	9,33	10,22
	Ts (sec)	10,00	10,47	11,18	11,49	11,91	10,65	11,31	12,31	12,77	13,38
19	Hs (ml)	5,69	6,22	7,04	7,43	7,95	6,36	7,13	8,38	8,98	9,82
	Ts (sec)	9,91	10,37	11,05	11,36	11,76	10,49	11,12	12,08	12,52	13,10
20	Hs (ml)	4,91	5,37	6,10	6,43	6,89	5,16	5,77	6,77	7,25	7,92
	Ts (sec)	9,18	9,61	10,26	10,55	10,93	9,42	9,98	10,83	11,22	11,74
21	Hs (ml)	4,64	5,13	5,91	6,28	6,77	4,82	5,44	6,48	6,97	7,66
	Ts (sec)	8,93	9,40	10,10	10,42	10,83	9,09	9,68	10,59	10,99	11,54
22	Hs (ml)	3,58	3,99	4,64	4,95	5,36	3,67	4,19	5,05	5,47	6,04
	Ts (sec)	7,81	8,26	8,92	9,22	9,61	7,91	8,47	9,32	9,71	10,22
23	Hs (ml)	3,16	3,52	4,09	4,36	4,72	3,26	3,75	4,57	4,96	5,51
	Ts (sec)	7,32	7,74	8,36	8,64	9,00	7,44	8,00	8,85	9,23	9,75
24	Hs (ml)	2,98	3,39	4,03	4,33	4,74	3,06	3,62	4,57	5,03	5,67
	Ts (sec)	7,11	7,59	8,30	8,61	9,02	7,21	7,86	8,85	9,30	9,89
1	Hs (ml)	2,38	2,76	3,36	3,63	4,01	2,42	2,92	3,78	4,21	4,80
	Ts (sec)	6,34	6,84	7,56	7,87	8,28	6,38	7,04	8,04	8,48	9,07
2	Hs (ml)	2,35	2,73	3,33	3,61	3,99	2,38	2,89	3,76	4,18	4,78
	Ts (m/s)	6,29	6,80	7,53	7,85	8,26	6,33	7,00	8,00	8,46	9,06
3	Hs (ml)	0,88	1,00	1,18	1,27	1,39	0,85	1,00	1,24	1,36	1,53
	Ts (m/s)	3,80	4,05	4,42	4,59	4,80	3,74	4,05	4,53	4,75	5,04
4	Hs (ml)	0,88	1,00	1,18	1,27	1,39	0,85	1,00	1,24	1,36	1,53
	Ts (m/s)	3,80	4,05	4,42	4,59	4,80	3,74	4,05	4,53	4,75	5,04
5	Hs (ml)	0,88	1,00	1,19	1,27	1,39	0,85	1,00	1,24	1,36	1,52
	Ts (m/s)	3,80	4,05	4,43	4,59	4,81	3,75	4,05	4,53	4,74	5,04
6	Hs (ml)	1,34	1,52	1,79	1,92	2,10	1,32	1,55	1,93	2,12	2,38
	Ts (m/s)	4,72	5,03	5,48	5,68	5,93	4,69	5,08	5,69	5,97	6,34

*Valori di  $H_s$ ,  $T_s$  in funzione di  $T_r$  per i vari settori – Dati di mare MedAtlas*



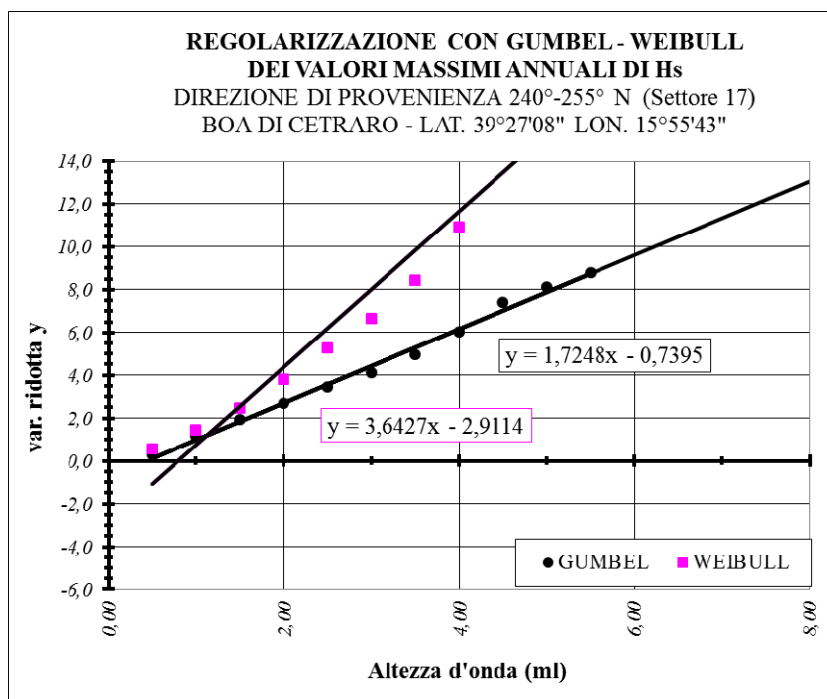
Il clima del moto ondoso ottenuto, dai metodi prima descritti, è ancora confrontato con i dati ricavati dallo studio condotto utilizzando i valori di intensità e direzione dei moti ondosi nella zona del paraggio in oggetto e raccolti dall'APAT. I dati disponibili si riferiscono ad un arco temporale molto esteso pari a circa 17 anni (01/07/1989-04/04/2008). La boa ondometrica di tipo DATA WELL DIRECTIONAL WAWEC MKI si trova ad una latitudine di  $39^{\circ}27'08.30''$  N e una longitudine di  $15^{\circ}55'43.14$  E (6 km a Sud di Cetraro a 4 km a largo di Terme Luigiane).



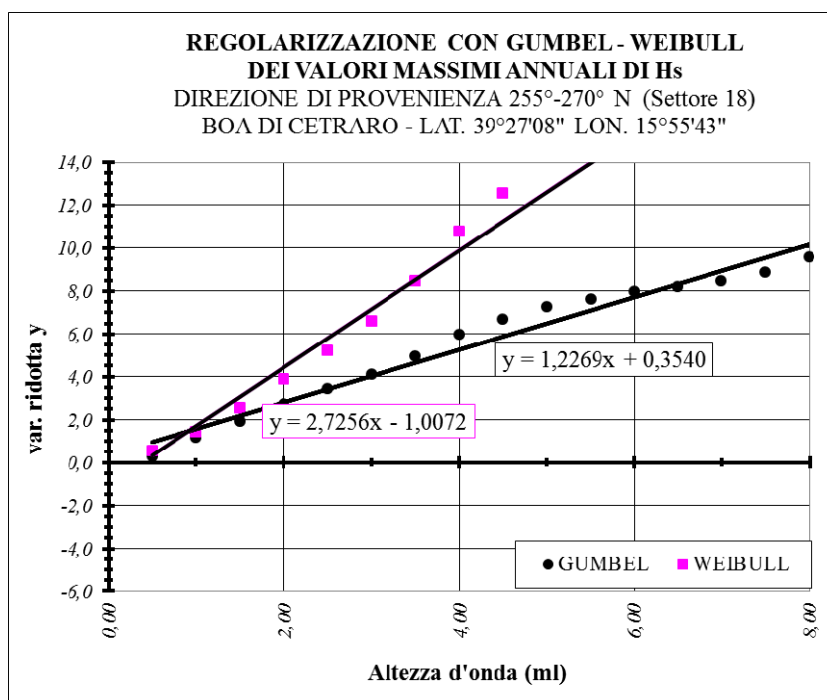
by APAT - Servizio Mareografico - [www.IDROMARE.com](http://www.IDROMARE.com)

*Foto della Boa di Cetraro e rispettivo grafico a spicchi Hs – Dir.*

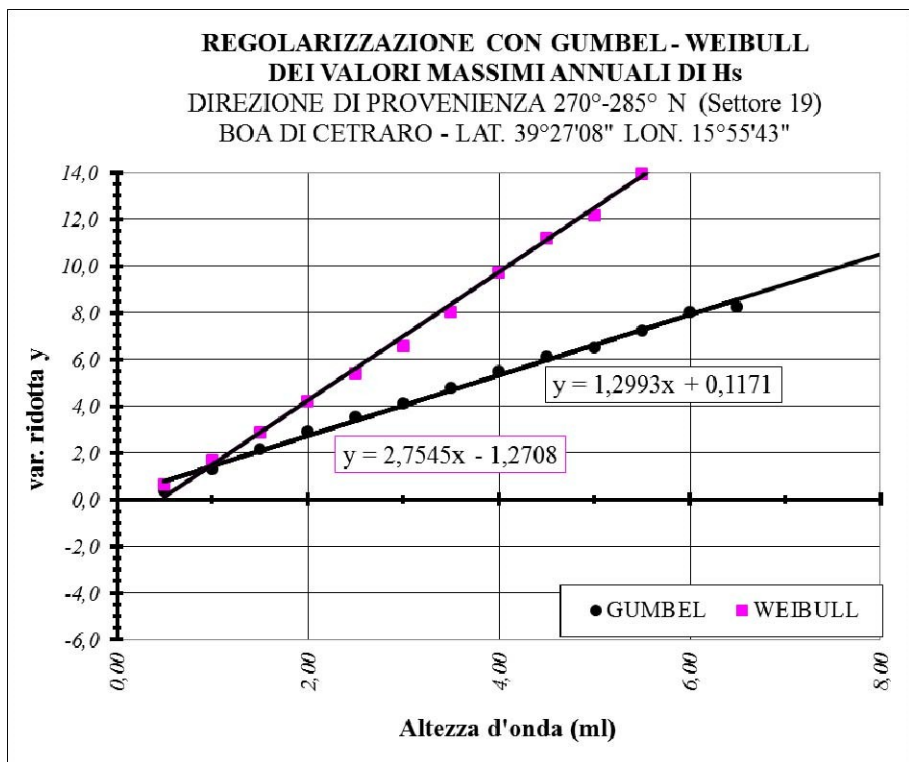
Nelle figure che seguono si riportano i diagrammi delle curve di tendenza per le distribuzioni di Gumbel dei valori del moto ondoso per i vari settori di provenienza relativamente alla boa di Cetraro .



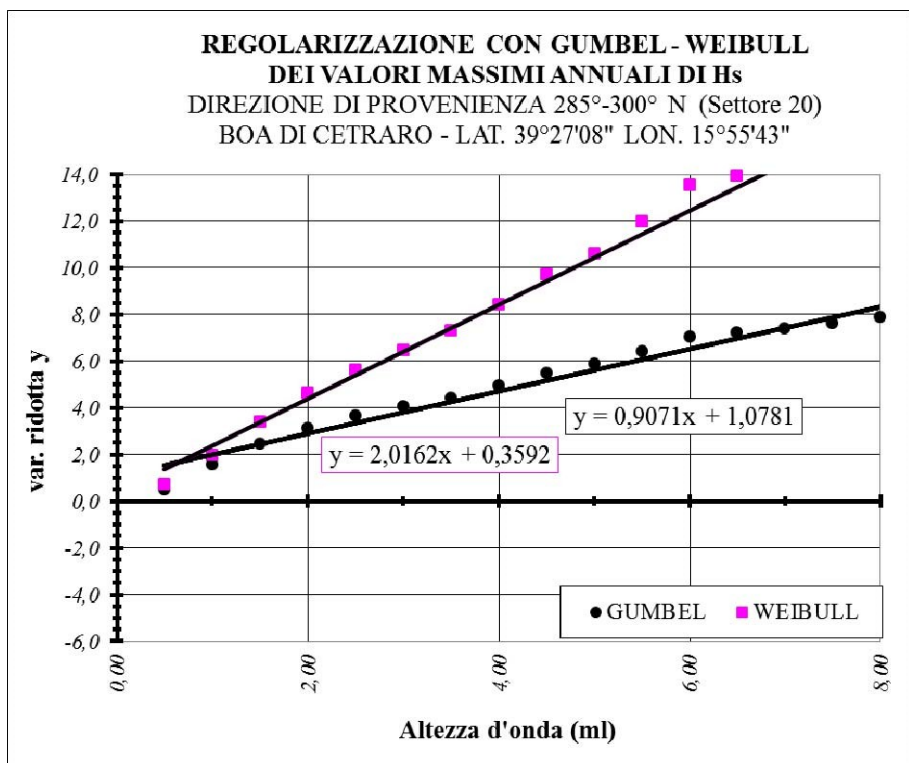
*Distribuzione di Gumbel - Weibull (Dati APAT) – Settore 17*



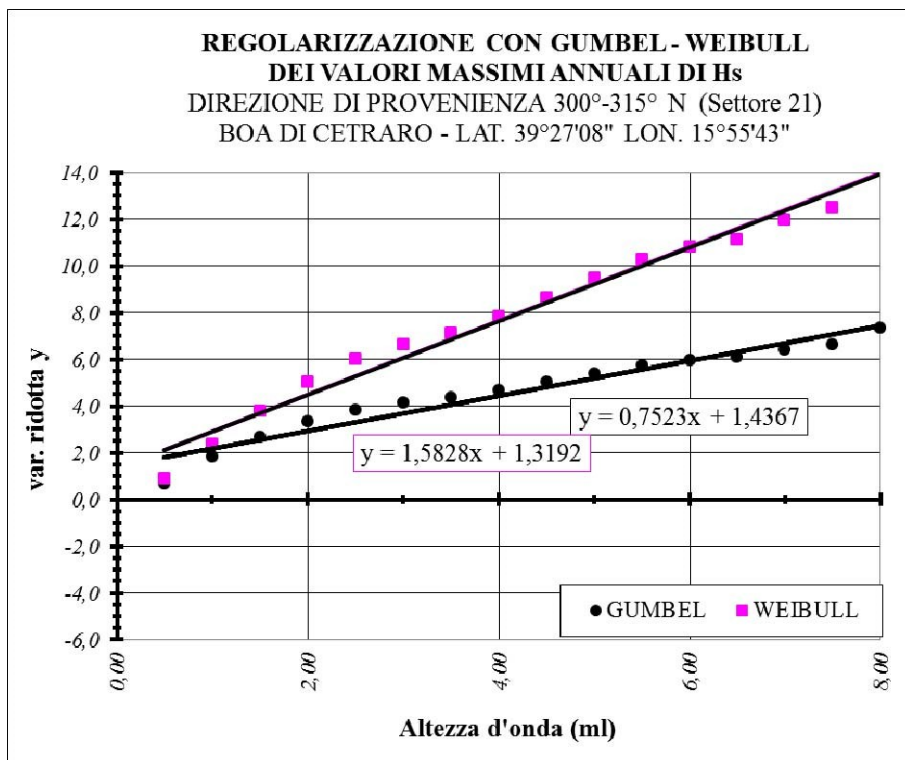
*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 18*



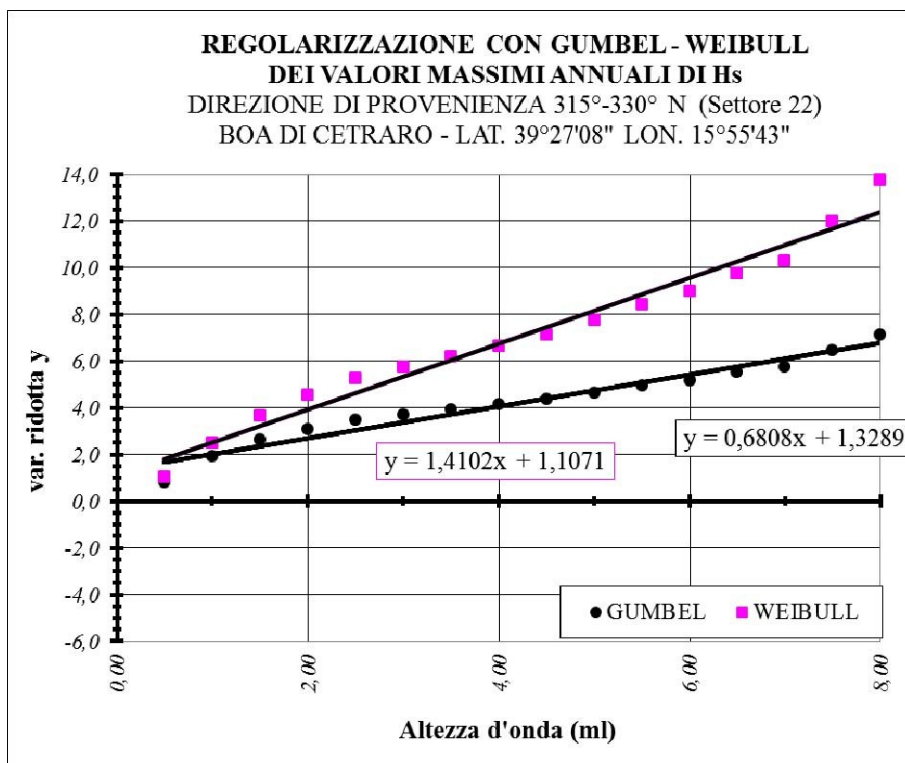
*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 19*



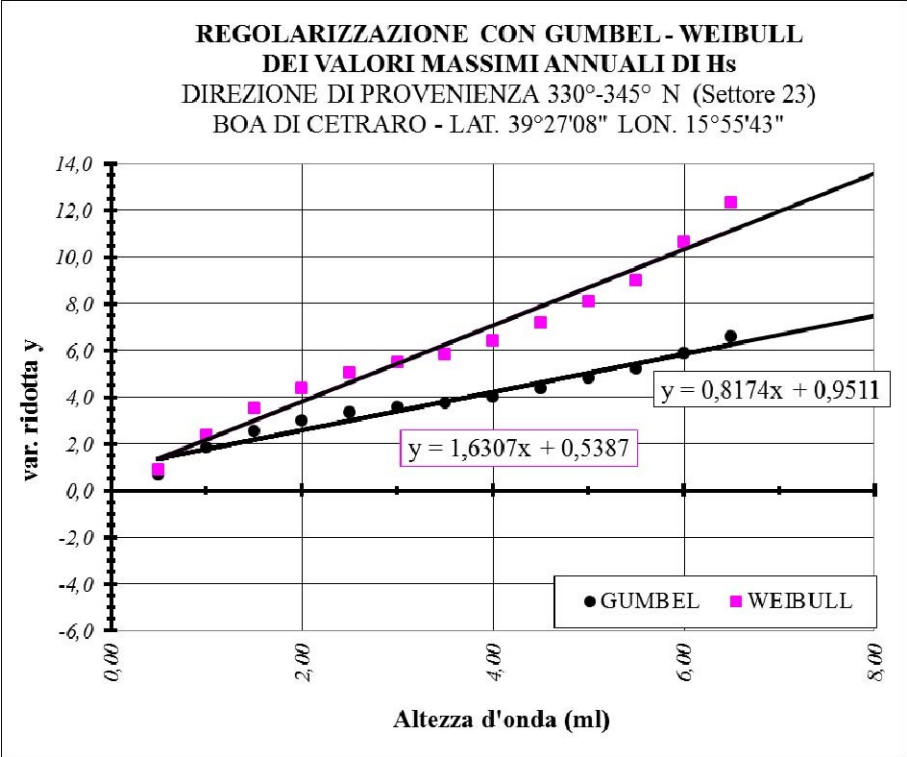
*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 20*



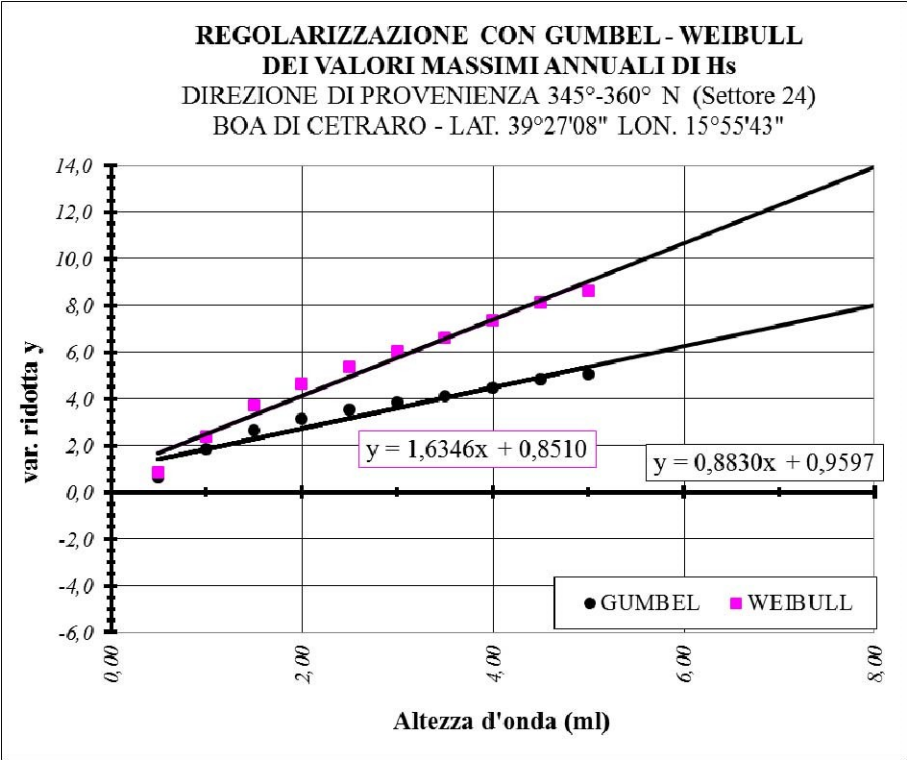
*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 21*



*Distribuzione di Gumbel -Weibull (Dati APAT) – Settore 22*

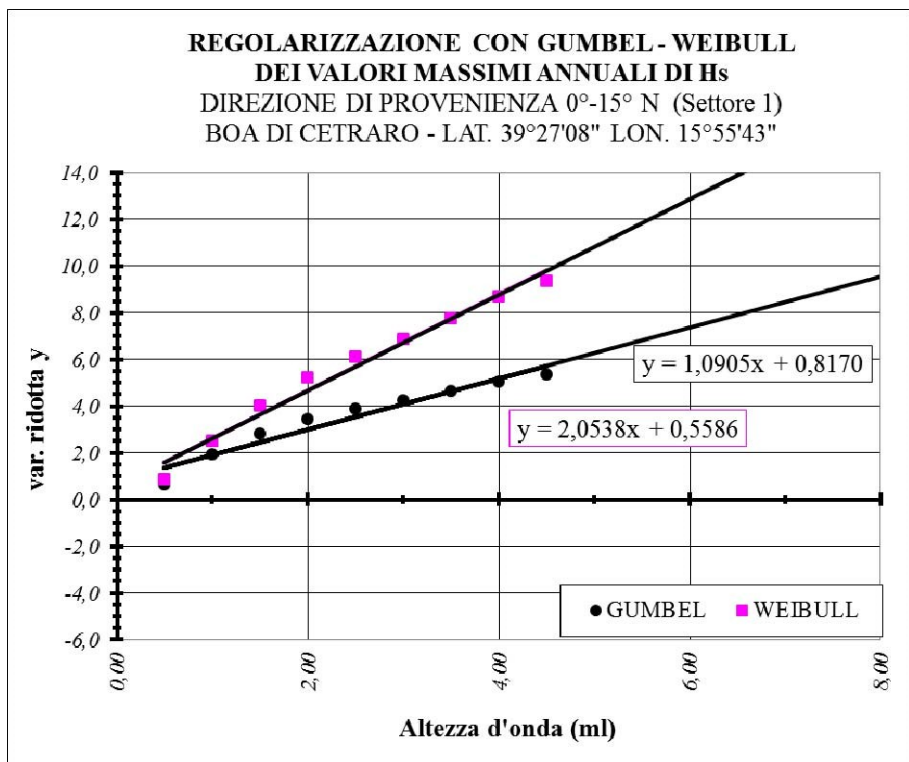


*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 23*

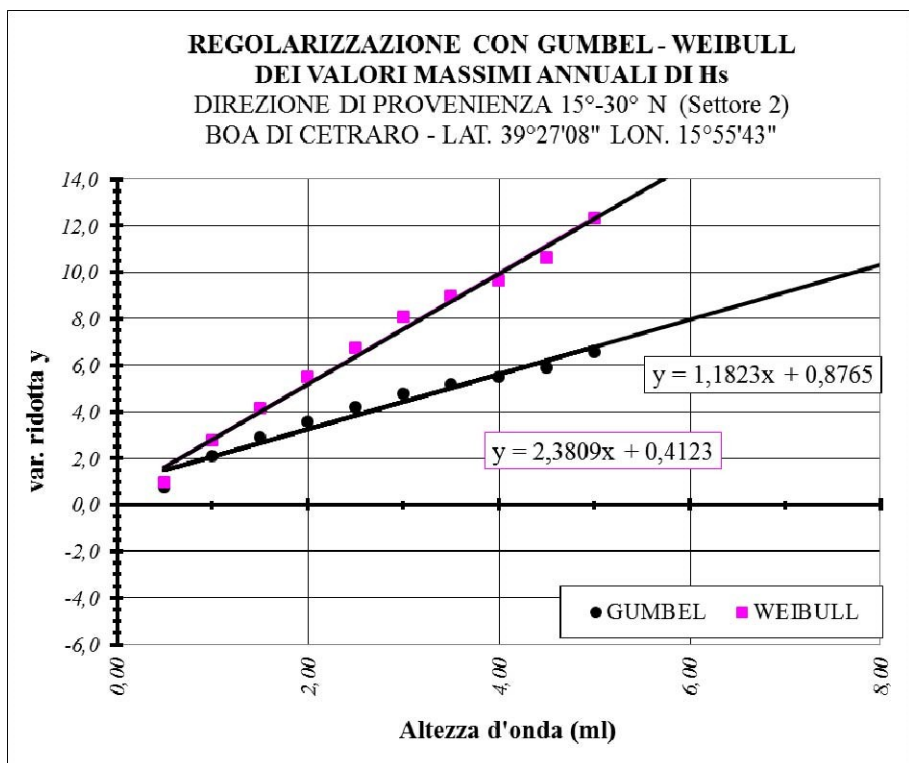


*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 24*

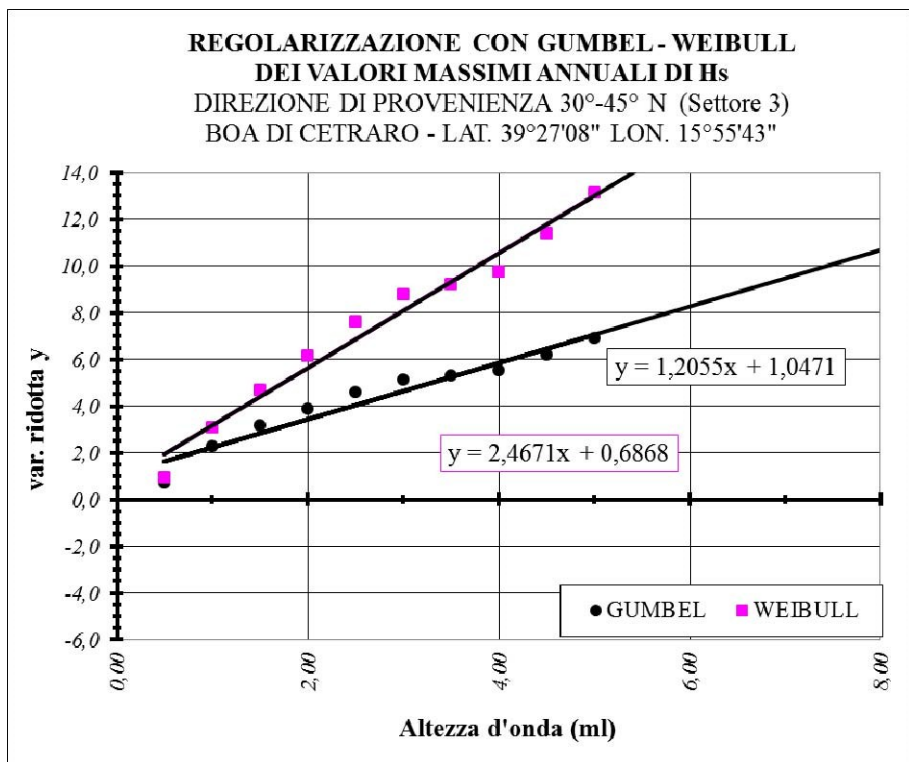




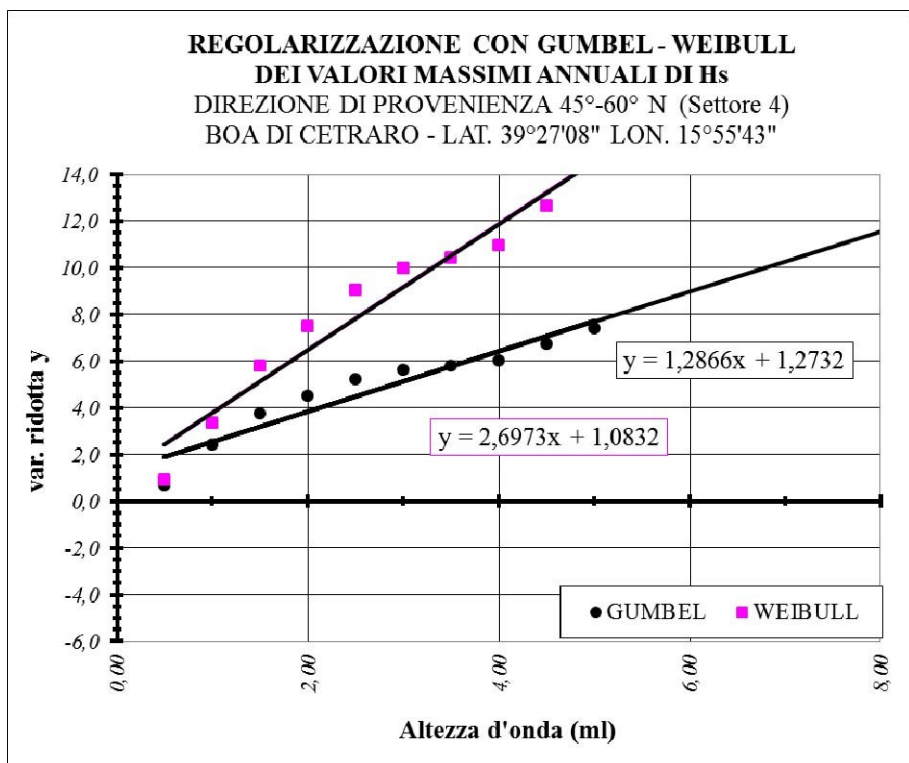
*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 1*



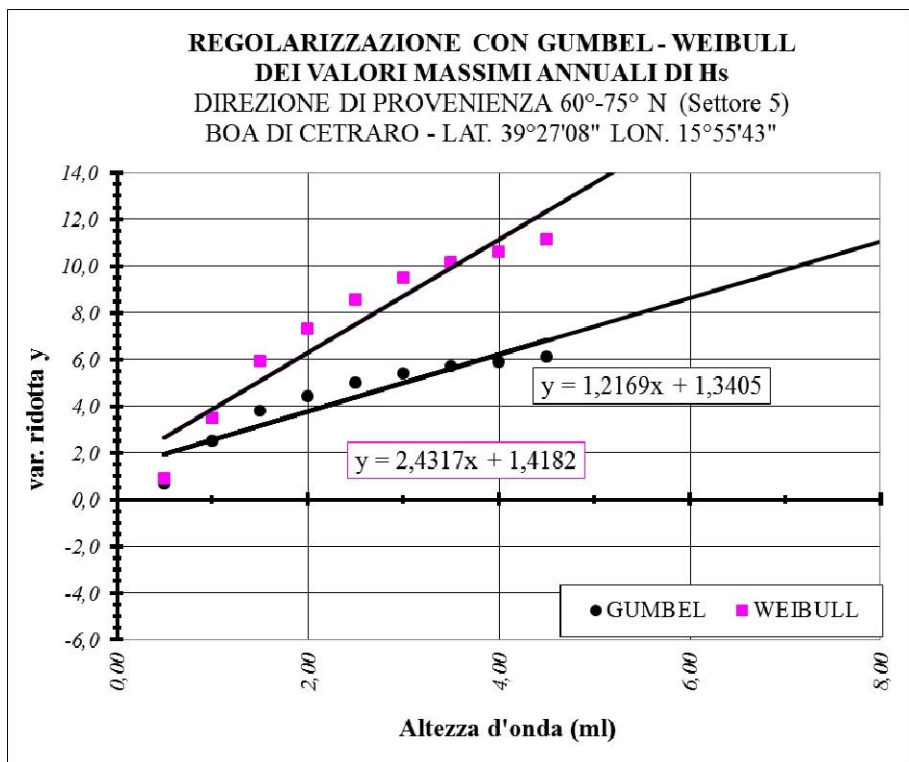
*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 2*



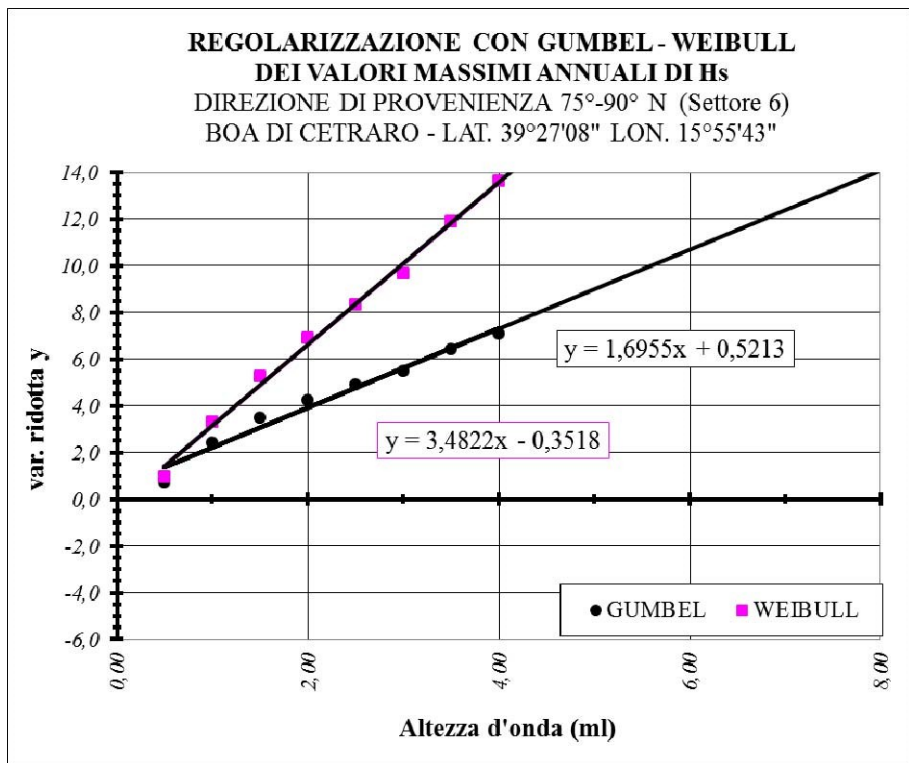
*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 3*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 4*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 5*



*Distribuzione di Gumbel – Weibull (Dati APAT) – Settore 6*

Nella tabella seguente sono riportati i valori di  $H_s$  per i vari settori ottenuti dai dati di onda APAT per i vari tempi di ritorno con la distribuzione di Gumbel e di Weibull.

DETERMINAZIONE DEL REGIME ONDOSO AL LARGO - LAT. 39°27'08" LON. 15°55'43" (BOA DI CETRARO)											
Sett.	Fattori distrib.	DISTRIBUZIONE DI GUMBEL					DISTRIBUZIONE DI WEIBULL				
		Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100
tutti	P(x)	0,8000	0,9000	0,9667	0,9800	0,9900	0,8000	0,9000	0,9667	0,9800	0,9900
17	Hs (ml)	1,30	1,73	2,39	2,69	3,10	1,27	1,85	2,62	2,93	3,32
	Ts (m/s)	4,64	5,38	6,35	6,75	7,25	4,60	5,57	6,65	7,05	7,52
18	Hs (ml)	0,93	1,55	2,47	2,89	3,46	0,77	1,64	2,78	3,24	3,83
	Ts (m/s)	3,92	5,08	6,46	7,00	7,68	3,55	5,23	6,86	7,42	8,09
19	Hs (ml)	1,06	1,64	2,51	2,91	3,45	0,96	1,74	2,76	3,17	3,70
	Ts (m/s)	4,19	5,24	6,52	7,03	7,66	3,98	5,39	6,83	7,34	7,94
20	Hs (ml)	0,47	1,29	2,54	3,11	3,88	0,07	1,25	2,80	3,43	4,23
	Ts (m/s)	2,74	4,63	6,55	7,27	8,14	1,07	4,56	6,89	7,64	8,51
21	Hs (ml)	0,08	1,08	2,59	3,28	4,21	0,00	1,08	2,83	3,54	4,44
	Ts (m/s)	1,14	4,23	6,61	7,46	8,48	0,00	4,22	6,92	7,77	8,73
22	Hs (ml)	0,25	1,35	3,02	3,78	4,80	0,00	1,33	3,23	4,01	4,99
	Ts (m/s)	2,00	4,74	7,16	8,03	9,08	0,00	4,71	7,41	8,28	9,26
23	Hs (ml)	0,67	1,59	2,98	3,61	4,46	0,49	1,65	3,17	3,79	4,57
	Ts (m/s)	3,31	5,15	7,10	7,84	8,75	2,83	5,25	7,33	8,04	8,85
24	Hs (ml)	0,61	1,46	2,75	3,33	4,12	0,58	1,58	2,88	3,41	4,08
	Ts (m/s)	3,16	4,93	6,82	7,53	8,40	3,08	5,13	6,98	7,62	8,35
1	Hs (ml)	0,63	1,31	2,35	2,83	3,47	0,60	1,42	2,49	2,93	3,48
	Ts (m/s)	3,19	4,67	6,30	6,92	7,69	3,12	4,85	6,48	7,04	7,70
2	Hs (ml)	0,53	1,16	2,12	2,56	3,15	0,42	1,23	2,29	2,72	3,27
	Ts (m/s)	2,92	4,39	5,97	6,57	7,31	2,60	4,51	6,21	6,78	7,45
3	Hs (ml)	0,38	1,00	1,94	2,37	2,95	0,24	1,05	2,11	2,54	3,08
	Ts (m/s)	2,46	4,06	5,70	6,32	7,07	1,97	4,16	5,95	6,55	7,24
4	Hs (ml)	0,18	0,76	1,64	2,04	2,59	0,03	0,80	1,82	2,24	2,76
	Ts (m/s)	1,67	3,53	5,23	5,86	6,61	0,65	3,63	5,52	6,14	6,84
5	Hs (ml)	0,13	0,75	1,68	2,10	2,68	0,06	0,84	1,86	2,28	2,80
	Ts (m/s)	1,43	3,50	5,30	5,95	6,73	0,94	3,70	5,58	6,19	6,89
6	Hs (ml)	0,58	1,02	1,69	1,99	2,41	0,50	1,07	1,83	2,14	2,52
	Ts (m/s)	3,06	4,10	5,31	5,78	6,37	2,84	4,21	5,53	5,99	6,53

Valori di  $H_s$  e  $T_s$  ottenuti da dati APAT

#### 4.9. Trasposizione dei dati delle boe ondametriche

Lo studio del moto ondoso sotto costa procede dalle caratteristiche del moto ondoso a largo mediante modelli che permettono di tenere conto dei fenomeni di shoaling e rifrazione, applicando tali modelli alla batimetria rilevata. Una volta determinato il clima ondoso sotto costa sarà possibile determinare le onde di progetto.

Il clima ondoso va definito in funzione di tempi di ritorno adeguati alle opere previste.

Ai fini dell'applicazione dei modelli per la parte più vicina alla linea di costa è utile la batimetria di dettaglio ricavata da un rilievo, mentre per la parte più a largo la batimetria è ricavata dalle carte nautiche della zona.

La modellazione, relativamente a sistemi di difesa costiera quali opere soffolte etc. che interferiscono con l'idrodinamismo locale è effettuata per lo stato di fatto e per la configurazione di progetto definitivo.

Dallo studio meteo marino, sinora condotto, si rileva che le onde che influenzano il sito in esame sono quelle provenienti dai settori dal 20 al 4.

I valori in input da assegnare al modello sono, oltre la batimetria della zona di propagazione del moto ondoso, le caratteristiche dell'onda al contorno dell'area in esame, il campo di vento nella zona in esame e il campo di corrente.

Una volta studiato il clima ondoso a largo viene ad essere “estratto” il clima ondoso sotto costa e per ogni settore si determinano le altezze d'onda massime per il tempo di ritorno di 50 anni in punti prestabiliti del modello.

In generale, per la definizione del clima di moto ondoso, la fonte di dati più completa è costituita dalla serie storica di misure registrate dagli ondometri. Tuttavia il più delle volte il sito di interesse, pur ricadendo nella stessa area geografica, è spesso decentrato rispetto al tratto di mare “sotteso” dall'ondametro. Occorre quindi “trasporre” le misure ondametriche dal punto di misura a quello di interesse. Nel caso le registrazioni effettuate nei punti di rilevamento MEDATLAS di latitudine 39° e longitudine 15° e APAT boa di Cetraro, si devono trasporre nel punto di progetto posizionato ad una latitudine di 38°41'51.21"N longitudine 15°57'28.12"E.

L'ipotesi di base del metodo della trasposizione geografica consiste nel supporre che le stesse condizioni di vento (velocità e direzione) che hanno determinato le condizioni di moto ondoso registrate dall'ondametro abbiano interessato anche l'area di generazione situata al largo del sito di interesse. Il metodo consiste nel determinare la corrispondenza tra le direzioni, le altezze ed i periodi del moto ondoso relativi ai punti di misura (MEDATLAS e APAT) e a quello di interesse (Tropea-Pizzo).

Indicando con gli apici “O” e “P” rispettivamente le grandezze relative al punto di misura ed al punto di trasposizione, e fissata una direzione geografica (direzione media da cui spira il vento) alla quale risultano associati i fetches efficaci  $F_p$  e  $F_o$ , le relazioni che consentono di ricavare l'altezza dell'onda significativa in funzione dei fetch e del periodo medio sono:

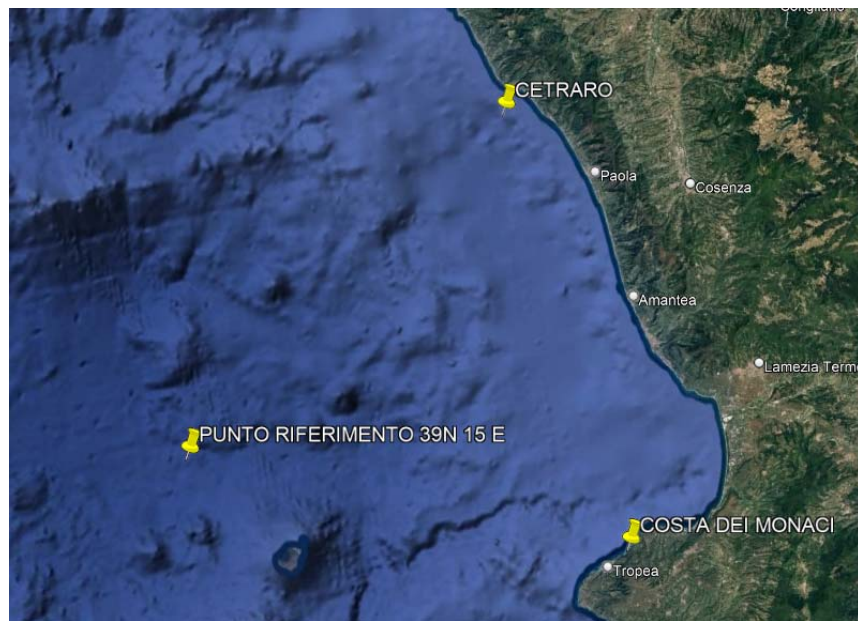
$$\frac{H_s^p}{H_s^o} = \left( \frac{F_p^o}{F_e^o} \right)^{1/2} \quad \text{dove:} \quad \left( \frac{F_p^o}{F_e^o} \right)^{1/2}$$

$$\frac{T_m^p}{T_m^o} = \left( \frac{F_p^o}{F_e^o} \right)^{1/3} \quad \left( \frac{F_p^o}{F_e^o} \right)^{1/3} = C_2, \quad \text{viene definito coefficiente di trasposizione per il periodo medio;}$$



Per ottenere le relazioni scritte sopra, si è supposto che il fattore di velocità del vento,  $u_A$  nelle relazioni del metodo SMB precedentemente descritto, sia lo stesso nei punti messi a confronto (punto MEDATLAS e Tropea-Pizzo, punto APAT e Tropea-Pizzo).

Per il calcolo dei coefficienti di trasposizione risulta necessario calcolare i fetch geografici e di conseguenza i fetch efficaci dei punti in cui vengono rilevati i dati. I punti in questione hanno coordinate geografiche  $39^\circ$  N e  $15^\circ$  E per il punto MEDATLAS e  $39^\circ 27' 08''$  N e  $15^\circ 55' 43''$  E per il punto APAT e sono indicati nell'immagine satellitare riportata in figura.

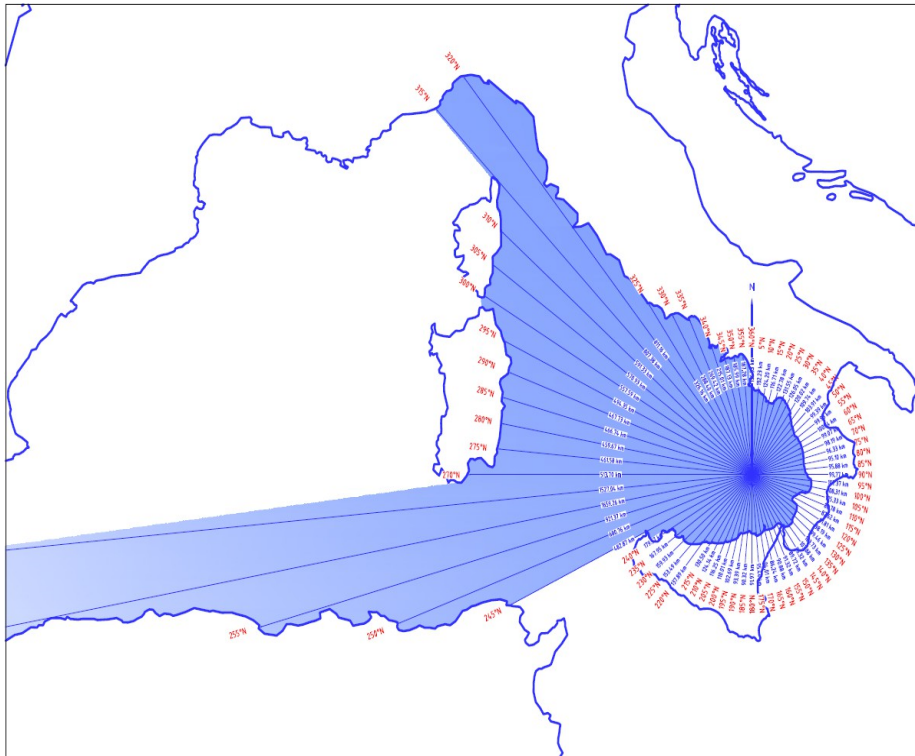


*Posizionamento delle boe ondametriche, MEDATLAS - APAT*

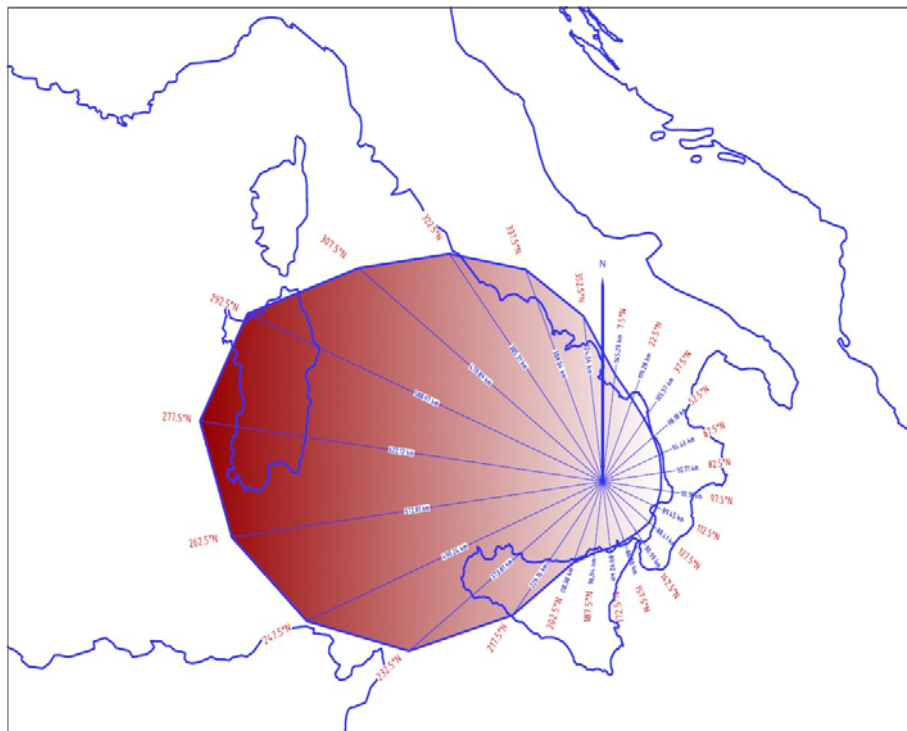
In entrambi i punti sono stati calcolati i fetch geografici e efficaci necessari per la trasposizione. Il calcolo delle distanze di mare libero è stato effettuato con ampiezze di  $5^\circ$ , mentre per il calcolo dei fetch efficaci il paraggio è stato suddiviso in 24 settori in modo tale da avere corrispondenza con i fetch calcolati per il paraggio della località Tropea Pizzo.

Nelle figure vengono riportati il fetches geografici del punto di rilevamento MEDATLAS, e per il punto di rilevamento APAT si riportano i fetch geografici per il punto in esame e quelli efficaci.

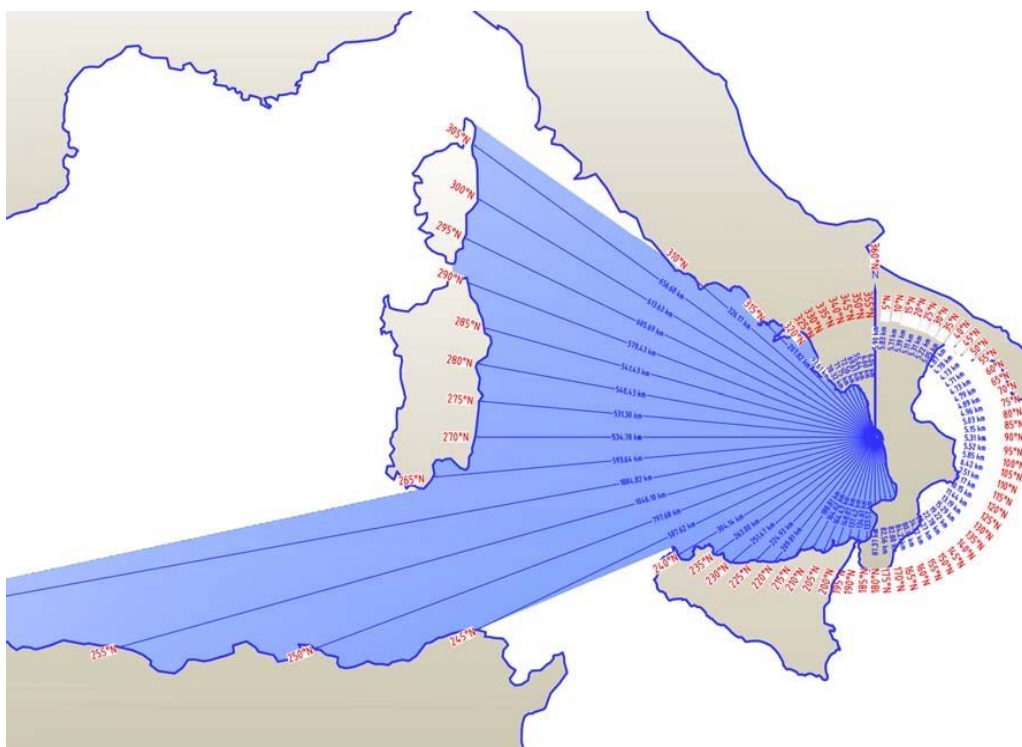
Per completezza di informazioni si riporta nella tabella il confronto tra i fetches efficaci della località e del punto di rilevamento MEDATLAS, nonché i valori dei coefficienti  $C_1$  e  $C_2$  prima descritti e le medesime informazioni tra la località Tropea-Pizzo e il punto di rilevamento APAT.



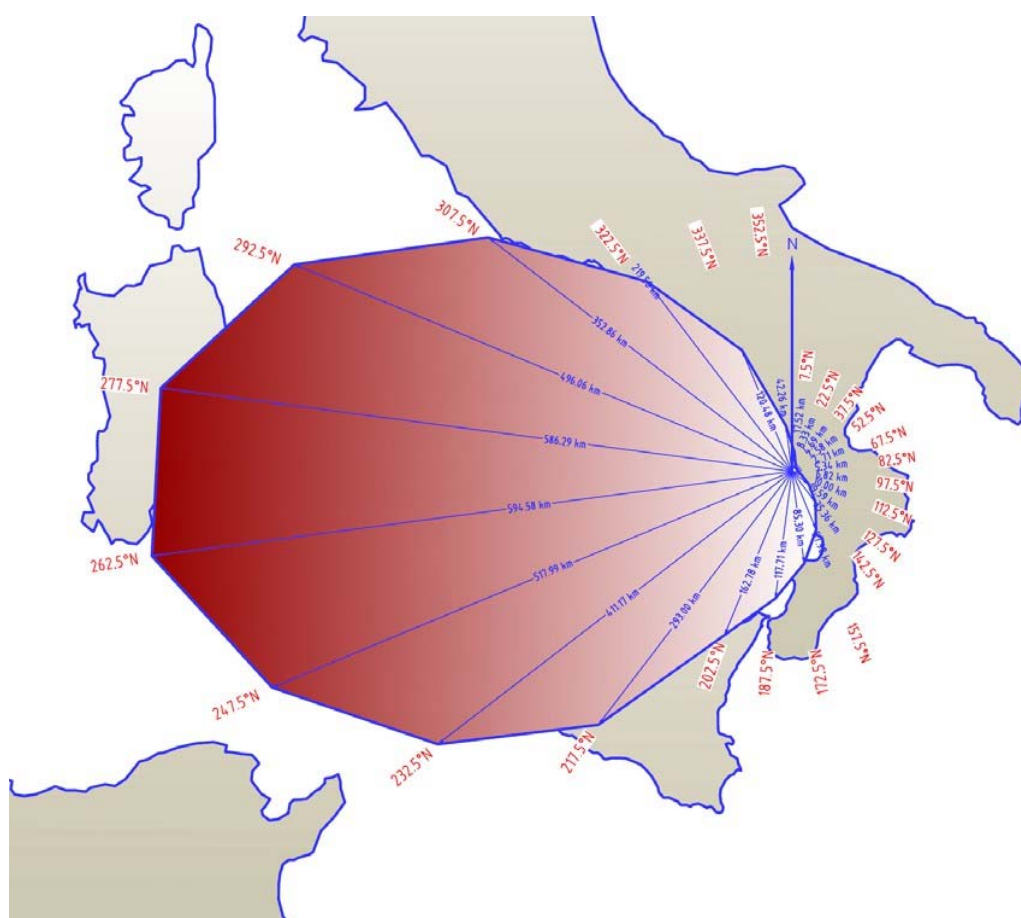
*Fetch geografico del punto di rilevamento MEDATLAS 39°N, 15°E.*



*Fetch efficace del punto di rilevamento MEDATLAS 39°N, 15° E*



*Fetch geografico del punto di rilevamento APAT 39°27'08"N, 15°55'43"E*



*Fetch efficace del punto di rilevamento APAT 39°27'08"N, 15°55'43"E*

	<b>FETCH EFFICACI PARAGGIO</b>	<b>FETCH EFFICACI MEDATLA S</b>	<b>COEF. DI TRASPOS IZIONE DELL'ONDA</b>	<b>COEFF. DI TRASPOSIZIONE DEL PERIODO</b>
<b>SETTORE</b>	km	km		
<b>17</b>	625,54	490,24	1,13	1,08
<b>18</b>	657,52	572,81	1,07	1,05
<b>19</b>	661,12	622,12	1,03	1,02
<b>20</b>	626,05	588,97	1,03	1,02
<b>21</b>	520,29	470,89	1,05	1,03
<b>22</b>	360,87	385,31	0,97	0,98
<b>23</b>	253,26	308,04	0,91	0,94
<b>24</b>	147,63	224,04	0,81	0,87
<b>1</b>	70,13	145,29	0,69	0,78
<b>2</b>	41,94	119,28	0,59	0,71
<b>3</b>	26,56	105,57	0,50	0,63
<b>4</b>	20,63	98,18	0,46	0,59
<b>5</b>	18,75	94,46	0,45	0,58
<b>6</b>	17,05	90,71	0,43	0,57

*Fetches efficaci per la località Tropea-Pizzo e punto MEDATLAS, coefficienti di trasposizione dell'onda*

	<b>FETCH EFFICACI PARAGGIO</b>	<b>FETCH EFFICACI APAT</b>	<b>COEF. DI TRASPOSIZIONE DELL'ONDA</b>	<b>COEFF. DI TRASPOSIZIONE DEL PERIODO</b>
<b>SETTORE</b>	km	km	A	
<b>17</b>	625,54	517,99	1,10	1,06
<b>18</b>	657,52	594,58	1,05	1,03
<b>19</b>	661,12	586,29	1,06	1,04
<b>20</b>	626,05	496,06	1,12	1,08
<b>21</b>	520,29	325,86	1,26	1,17
<b>22</b>	360,87	219,56	1,28	1,18
<b>23</b>	253,26	120,48	1,45	1,28
<b>24</b>	147,63	42,26	1,87	1,52
<b>1</b>	70,13	17,52	2,00	1,59
<b>2</b>	41,94	8,33	2,24	1,71
<b>3</b>	26,56	4,69	2,38	1,78
<b>4</b>	20,63	4,58	2,12	1,65
<b>5</b>	18,75	4,71	2,00	1,58
<b>6</b>	17,05	5,34	1,79	1,47

*Fetches efficaci per la località Tropea-Pizzo e punto APAT, coefficienti di trasposizione dell'onda*

Tali coefficienti vengono utilizzati, come descritto precedentemente, per il calcolo dell'altezza dell'onda e del periodo nella località. Di seguito nelle tabelle si riportano, rispettivamente per il punto MEDATLAS e per il punto APAT, i valori delle onde "trasposte" geograficamente ottenute in precedenza mediante la distribuzione di Gumbell, e Weibull.



REGIME ONDOSO TRASPOSTO ALLA LAT. 38°41'51.21"N, LONG. 15°57'28.12"E (PARAGGIO PARGHELIA)											
Sett.	Fattori distrib.	DISTRIBUZIONE DI GUMBEL					DISTRIBUZIONE DI WEIBULL				
		Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100
	P(x)	0,9737	0,9868	0,9956	0,9974	0,9987	0,9737	0,9868	0,9956	0,9974	0,9987
17	Hs (ml)	5,28	5,83	6,70	7,10	7,64	5,55	6,29	7,51	8,11	8,93
	Ts (sec)	9,72	10,22	10,97	11,31	11,74	9,96	10,62	11,64	12,10	12,72
18	Hs (ml)	6,21	6,80	7,72	8,15	8,73	7,02	7,89	9,31	10,00	10,95
	Ts (sec)	10,47	10,97	11,71	12,04	12,47	11,15	11,84	12,89	13,37	14,01
19	Hs (ml)	5,87	6,41	7,26	7,66	8,20	6,56	7,35	8,64	9,26	10,12
	Ts (sec)	10,11	10,58	11,28	11,59	12,00	10,71	11,35	12,33	12,78	13,37
20	Hs (ml)	5,06	5,53	6,28	6,63	7,11	5,32	5,95	6,98	7,48	8,17
	Ts (sec)	9,37	9,81	10,47	10,77	11,16	9,62	10,18	11,06	11,45	11,98
21	Hs (ml)	4,88	5,40	6,22	6,60	7,11	5,06	5,72	6,81	7,33	8,05
	Ts (sec)	9,23	9,72	10,45	10,77	11,19	9,40	10,01	10,94	11,37	11,93
22	Hs (ml)	3,46	3,86	4,49	4,79	5,19	3,55	4,06	4,89	5,29	5,85
	Ts (sec)	7,64	8,08	8,73	9,02	9,40	7,74	8,29	9,12	9,50	10,00
23	Hs (ml)	2,86	3,19	3,71	3,95	4,28	2,96	3,40	4,14	4,50	5,00
	Ts (sec)	6,86	7,25	7,83	8,09	8,43	6,97	7,49	8,29	8,65	9,13
24	Hs (ml)	2,42	2,75	3,27	3,52	3,85	2,48	2,94	3,71	4,08	4,61
	Ts (sec)	6,19	6,61	7,23	7,50	7,85	6,27	6,84	7,70	8,09	8,61
1	Hs (ml)	1,66	1,92	2,33	2,52	2,78	1,68	2,03	2,63	2,92	3,33
	Ts (sec)	4,97	5,36	5,93	6,17	6,49	5,01	5,52	6,30	6,65	7,12
2	Hs (ml)	1,39	1,62	1,98	2,14	2,37	1,41	1,71	2,23	2,48	2,83
	Ts (sec)	4,44	4,80	5,31	5,54	5,83	4,47	4,94	5,65	5,97	6,39
3	Hs (ml)	0,44	0,50	0,59	0,64	0,70	0,43	0,50	0,62	0,68	0,77
	Ts (sec)	2,40	2,56	2,79	2,90	3,03	2,36	2,56	2,86	3,00	3,18
4	Hs (ml)	0,40	0,46	0,54	0,58	0,64	0,39	0,46	0,57	0,62	0,70
	Ts (m/s)	2,26	2,41	2,63	2,73	2,85	2,22	2,41	2,69	2,82	3,00
5	Hs (ml)	0,39	0,44	0,53	0,57	0,62	0,38	0,44	0,55	0,60	0,68
	Ts (m/s)	2,21	2,36	2,58	2,68	2,81	2,19	2,36	2,64	2,77	2,94
6	Hs (ml)	0,58	0,66	0,78	0,83	0,91	0,57	0,67	0,84	0,92	1,03
	Ts (m/s)	2,71	2,88	3,14	3,25	3,40	2,69	2,91	3,26	3,42	3,63

*Valori dell'altezza d'onda e relativo periodo in Parghelia – dati di mare MEDATLAS*

REGIME ONDOSO TRASPOSTO ALLA LAT. 38°41'51.21"N, LONG. 15°57'28.12"E (PARAGGIO PARGHELIA)											
Sett.	Fattori distrib.	DISTRIBUZIONE DI GUMBEL					DISTRIBUZIONE DI WEIBULL				
		Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100
17	P(x)	0,8000	0,9000	0,9667	0,9800	0,9900	0,8000	0,9000	0,9667	0,9800	0,9900
	Hs (ml)	1,43	1,90	2,63	2,96	3,40	1,40	2,04	2,88	3,22	3,65
	Ts (sec)	4,94	5,73	6,76	7,18	7,72	4,89	5,94	7,08	7,51	8,01
18	Hs (ml)	0,98	1,63	2,60	3,04	3,64	0,81	1,72	2,92	3,41	4,03
	Ts (sec)	4,05	5,25	6,68	7,24	7,94	3,67	5,40	7,09	7,68	8,36
19	Hs (ml)	1,13	1,74	2,67	3,09	3,66	1,02	1,85	2,93	3,37	3,93
	Ts (sec)	4,36	5,45	6,78	7,31	7,98	4,14	5,61	7,11	7,64	8,27
20	Hs (ml)	0,52	1,45	2,86	3,50	4,36	0,08	1,41	3,15	3,86	4,75
	Ts (sec)	2,96	5,00	7,08	7,86	8,80	1,15	4,92	7,44	8,26	9,19
21	Hs (ml)	0,11	1,37	3,27	4,14	5,31	0,00	1,36	3,57	4,48	5,61
	Ts (sec)	1,33	4,94	7,73	8,72	9,91	0,00	4,93	8,09	9,08	10,20
22	Hs (ml)	0,32	1,74	3,87	4,85	6,16	0,00	1,71	4,14	5,14	6,39
	Ts (sec)	2,36	5,60	8,45	9,48	10,72	0,00	5,55	8,75	9,77	10,93
23	Hs (ml)	0,97	2,30	4,32	5,23	6,47	0,72	2,39	4,59	5,49	6,62
	Ts (sec)	4,24	6,60	9,10	10,05	11,20	3,62	6,72	9,39	10,30	11,34
24	Hs (ml)	1,14	2,73	5,13	6,23	7,71	1,09	2,94	5,38	6,37	7,63
	Ts (sec)	4,79	7,48	10,34	11,42	12,74	4,67	7,78	10,60	11,56	12,67
1	Hs (ml)	1,25	2,63	4,71	5,66	6,94	1,20	2,83	4,98	5,86	6,96
	Ts (sec)	5,07	7,42	10,00	10,99	12,20	4,96	7,71	10,29	11,19	12,22
2	Hs (ml)	1,18	2,61	4,76	5,74	7,07	0,94	2,75	5,13	6,10	7,33
	Ts (sec)	5,01	7,52	10,23	11,27	12,53	4,46	7,73	10,64	11,63	12,77
3	Hs (ml)	0,89	2,37	4,61	5,63	7,01	0,58	2,50	5,01	6,04	7,34
	Ts (sec)	4,38	7,23	10,16	11,26	12,60	3,51	7,42	10,61	11,67	12,89
4	Hs (ml)	0,37	1,61	3,48	4,34	5,49	0,06	1,70	3,86	4,75	5,86
	Ts (m/s)	2,75	5,82	8,64	9,67	10,91	1,07	5,99	9,12	10,13	11,29
5	Hs (ml)	0,26	1,49	3,35	4,20	5,34	0,12	1,67	3,71	4,54	5,59
	Ts (m/s)	2,27	5,54	8,40	9,43	10,67	1,49	5,87	8,84	9,81	10,91
6	Hs (ml)	1,03	1,82	3,02	3,56	4,30	0,89	1,92	3,27	3,82	4,51
	Ts (m/s)	4,51	6,04	7,82	8,52	9,38	4,18	6,20	8,14	8,82	9,61

*Valori dell'altezza d'onda e relativo periodo in località Parghelia – dati di mare APAT*

#### 4.10. Calcolo onde di progetto

Il dimensionamento della mantellata è stato eseguito secondo i criteri suggeriti nelle "Istruzioni tecniche per la progettazione delle dighe marittime", approvate dall'Assemblea Generale del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici con voto del 23 Settembre 1994 n. 156. In particolare si è assunta come durata di vita minima  $T_v$  per l'opera a progetto la vita minima per un'infrastruttura ad uso generale con livello di sicurezza richiesto pari a 1, ossia 25 anni.

Tipo dell'opera	Livello di sicurezza richiesto		
	1	2	3
	Vita di progetto (anni)		
Infrastrutture di uso generale	25	50	100
Infrastrutture ad uso specifico	15	25	50

Come massima probabilità di danneggiamento dell'opera è stata assunta la probabilità di danneggiamento incipiente come consigliato per strutture flessibili (le opere in esame non sono soggette a collasso strutturale immediato) con limitato rischio per la vita umana e ripercussione economica bassa (il rapporto tra i costi diretti del danneggiamento, sommati a quelli indiretti per la perdita di funzionalità delle opere protette ed il costo totale per la realizzazione dell'opera è minore di 5), ossia  $P_f$  bassa pari a 0,50.

La combinazione del tempo di vita dell'opera e della probabilità di danneggiamento determina il tempo di ritorno dell'evento di progetto  $T_{rp}$  secondo la relazione:

$$T_{rp} = T_v / [-\ln(1-P_f)]$$

Ne consegue che il tempo di ritorno in caso di ripercussione economica bassa risulta pari a 36 anni; cautelativamente per i calcoli progetto si assume tempo di ritorno pari a 50 anni.

L'altezza d'onda da utilizzare per le verifiche di stabilità risulta quindi l'onda con tempo di ritorno 50 anni, proveniente dalla direzione di massimo contenuto energetico, ossia l'onda proveniente da 220° N.

Dal confronto dei dati riportati nel capitolo precedente si evince che i dati di altezza d'onda ottenuti dalla boa di Cetraro (APAT) risultano più alti rispetto all'altezza ottenuta con i dati MEDATLAS per i settori 22, 23, 24, 1, 2, 3, 4, 5, 6; viceversa risultano maggiori per i restanti settori i valori ottenuti con i dati MEDATLAS. Pertanto come dati di progetto si assumono i dati ottenuti dai massimi delle elaborazioni dei dati APAT e MEDATLAS. Si precisa che i valori di  $T$  per i dati ottenuti dalle analisi anemometriche sono valori di  $T_p$  (periodo di picco) mentre i valori di  $T$  per le analisi ottenute dallo studio diretto del moto ondoso sono valori di  $T_s$  (periodo medio di 1/3 delle onde più alte).

RIEPILOGO ELABORAZIONI SUI DATI DI VENTO E DI MARE																
Sett.	Fattori distrib.	DATI DI ONDA MEDATLAS					DATI DI ONDA APAT					ONDE DI PROGETTO				
		Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100	Tr = 5	Tr = 10	Tr = 30	Tr = 50	Tr = 100
17	Hs (ml)	5,28	5,83	6,70	7,10	7,64	1,43	1,90	2,63	2,96	3,40	5,28	5,83	6,70	7,10	7,64
	T (s)	9,72	10,22	10,97	11,31	11,74	4,94	5,73	6,76	7,18	7,72	9,72	10,22	10,97	11,31	11,74
18	Hs (ml)	6,21	6,80	7,72	8,15	8,73	0,98	1,63	2,60	3,04	3,64	6,21	6,80	7,72	8,15	8,73
	T (s)	10,47	10,97	11,71	12,04	12,47	4,05	5,25	6,68	7,24	7,94	10,47	10,97	11,71	12,04	12,47
19	Hs (ml)	5,87	6,41	7,26	7,66	8,20	1,13	1,74	2,67	3,09	3,66	5,87	6,41	7,26	7,66	8,20
	T (s)	10,11	10,58	11,28	11,59	12,00	4,36	5,45	6,78	7,31	7,98	10,11	10,58	11,28	11,59	12,00
20	Hs (ml)	5,06	5,53	6,28	6,63	7,11	0,52	1,45	2,86	3,50	4,36	5,06	5,53	6,28	6,63	7,11
	T (s)	9,37	9,81	10,47	10,77	11,16	2,96	5,00	7,08	7,86	8,80	9,37	9,81	10,47	10,77	11,16
21	Hs (ml)	4,88	5,40	6,22	6,60	7,11	0,11	1,37	3,27	4,14	5,31	4,88	5,40	6,22	6,60	7,11
	T (s)	9,23	9,72	10,45	10,77	11,19	1,33	4,94	7,73	8,72	9,91	9,23	9,72	10,45	10,77	11,19
22	Hs (ml)	3,46	3,86	4,49	4,79	5,19	0,32	1,74	3,87	4,85	6,16	3,46	3,86	4,49	4,85	6,16
	T (s)	7,64	8,08	8,73	9,02	9,40	2,36	5,60	8,45	9,48	10,72	7,64	8,08	8,73	9,48	10,72
23	Hs (ml)	2,86	3,19	3,71	3,95	4,28	0,97	2,30	4,32	5,23	6,47	2,86	3,19	4,32	5,23	6,47
	T (s)	6,86	7,25	7,83	8,09	8,43	4,24	6,60	9,10	10,05	11,20	6,86	7,25	9,10	10,05	11,20
24	Hs (ml)	2,42	2,75	3,27	3,52	3,85	1,14	2,73	5,13	6,23	7,71	2,42	2,75	5,13	6,23	7,71
	T (s)	6,19	6,61	7,23	7,50	7,85	4,79	7,48	10,34	11,42	12,74	6,19	6,61	10,34	11,42	12,74
1	Hs (ml)	1,66	1,92	2,33	2,52	2,78	1,25	2,63	4,71	5,66	6,94	1,66	2,63	4,71	5,66	6,94
	T (s)	4,97	5,36	5,93	6,17	6,49	5,07	7,42	10,00	10,99	12,20	4,97	7,42	10,00	10,99	12,20
2	Hs (ml)	1,39	1,62	1,98	2,14	2,37	1,18	2,61	4,76	5,74	7,07	1,39	2,61	4,76	5,74	7,07
	T (s)	4,44	4,80	5,31	5,54	5,83	5,01	7,52	10,23	11,27	12,53	4,44	7,52	10,23	11,27	12,53
3	Hs (ml)	0,44	0,50	0,59	0,64	0,70	0,89	2,37	4,61	5,63	7,01	0,89	2,37	4,61	5,63	7,01
	T (s)	2,40	2,56	2,79	2,90	3,03	4,38	7,23	10,16	11,26	12,60	4,38	7,23	10,16	11,26	12,60
4	Hs (ml)	0,40	0,46	0,54	0,58	0,64	0,37	1,61	3,48	4,34	5,49	0,40	1,61	3,48	4,34	5,49
	T (s)	2,26	2,41	2,63	2,73	2,85	2,75	5,82	8,64	9,67	10,91	2,26	5,82	8,64	9,67	10,91
5	Hs (ml)	0,39	0,44	0,53	0,57	0,62	0,26	1,49	3,35	4,20	5,34	0,39	1,49	3,35	4,20	5,34
	T (s)	2,21	2,36	2,58	2,68	2,81	2,27	5,54	8,40	9,43	10,67	2,21	5,54	8,40	9,43	10,67
6	Hs (ml)	0,58	0,66	0,78	0,83	0,91	1,03	1,82	3,02	3,56	4,30	1,03	1,82	3,02	3,56	4,30
	T (s)	2,71	2,88	3,14	3,25	3,40	4,51	6,04	7,82	8,52	9,38	4,51	6,04	7,82	8,52	9,38

*Confronto dei valori di Hs e T*

#### 4.11. Confronti in merito alle valutazioni

Al fine di verificare la bontà delle valutazioni si è reso necessario paragonare i risultati ottenuti con quelli già presenti in letteratura ed utilizzati per l'esecuzione di altre opere presenti nel paraggio.

Partendo dalla relazione del MASTER PLAN DEGLI INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO DI EROSIONE COSTIERA IN CALABRIA - AREA 15 le cui risultanze derivanti risultano in linea, con quanto calcolato nello studio.

Stessi risultati si ottengono nel progetto preliminare dell'“Intervento integrato per il completamento delle opere di difesa costiera e ricostruzione del litorale (Scogli delle Formiche – litorale di Pizzo Calabro)”. Dallo stesso emerge: Per lo studio idraulico-marittimo si fa riferimento all'indagine conoscitiva sui litorali calabresi. I dati di moto ondoso sono stati elaborati dal modello European Wave Model (EWM) gestito dal centro meteorologico della Gran Bretagna (U.K. Met Office).

La copertura temporale è relativa al periodo 1991-2001 ed i dati sono stati calcolati per il punto di coordinate 38.5°N-15.5°E.

Il clima ondoso al largo di riferimento per l'analisi del moto ondoso locale è quindi quello rappresentativo per il litorale tra Punta Pezzo e Capo Suvero. Si osserva che il settore dominante è quello di W-NW con le onde provenienti dalle direzioni comprese tra 260 e 330°N e le mareggiate più severe concentrate in un settore di ampiezza ristretta compreso tra gli orientamenti 290-310°N.

Per la propagazione del moto ondoso sottocosta il calcolo è stato effettuato per una località rappresentativa dell'orientamento di questo tratto di litorale situata in corrispondenza della profondità -10 m.

Il calcolo è stato effettuato con il modello ACES (Automated Coastal Engineering System, sviluppato dal U.S. Corps of Engineers) con il quale è stato applicato il metodo di Goda per la trasformazione delle onde irregolari considerando gli effetti di rifrazione, shoaling, frangimento, sovrizzo d'onda e nell'ipotesi di propagazione delle onde su fondali caratterizzati da batimetrie semplici e con pendenza regolare.

Per le onde estreme sottocosta è stata eseguita un'analisi degli eventi estremi omnidirezionale applicata al clima al largo descritto. L'adattamento della distribuzione di  $H_s$  con la funzione di Weibull a 3 parametri ha fornito le seguenti valutazioni dei valori di  $H_s$  al largo associati a diversi periodi di ritorno che fornisce anche i valori dell'onda di progetto a meno dell'influenza del fondale:

<b>Tr (anni)</b>	<b>Hs (m)</b>	<b>Tp (s)</b>
<b>1</b>	<b>4.3</b>	<b>9.0</b>
<b>5</b>	<b>5.4</b>	<b>10.2</b>
<b>10</b>	<b>5.8</b>	<b>10.4</b>
<b>20</b>	<b>6.3</b>	<b>11.1</b>
<b>50</b>	<b>6.9</b>	<b>11.6</b>
<b>100</b>	<b>7.3</b>	<b>12.0</b>

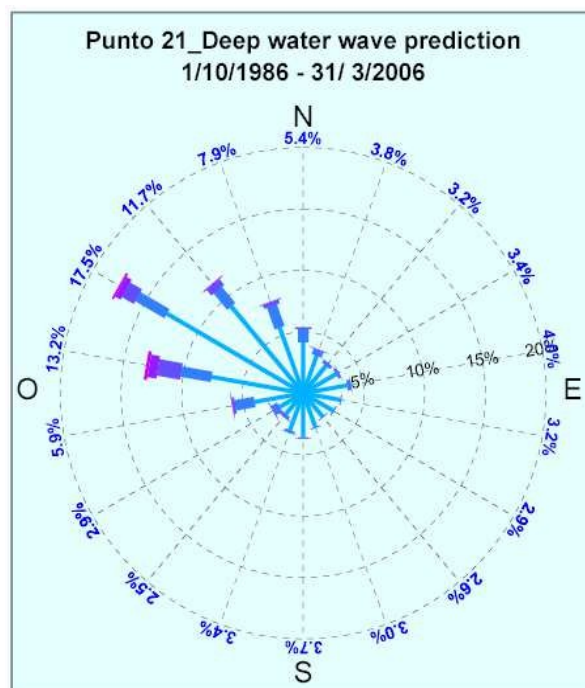
Onde estreme di progetto I risultati sono in linea con quelli ottenuti per l'areale di Parghelia.

#### **4.12. Studio meteomarinario dati Master Plan**

Per la caratterizzazione del clima ondoso nel tratto d'interesse, nello studio meteomarinario del Master Plan, le registrazioni sono state ripartite in gruppi d'altezza d'onda per ciascuna delle quali è stata definita la frequenza percentuale d'apparizione per settore.

I livelli d'altezza significativa sono raggruppati per classi di 0.5 m, l'ampiezza dei settori direzionali è stata fissata pari a  $\Delta\theta = 10^\circ$ .

Relativamente all'Area di studio 21 (Comuni di Tropea, Parghelia 1 e 2, Zambrone, Briatico, Vibo Valentia si rilevano:

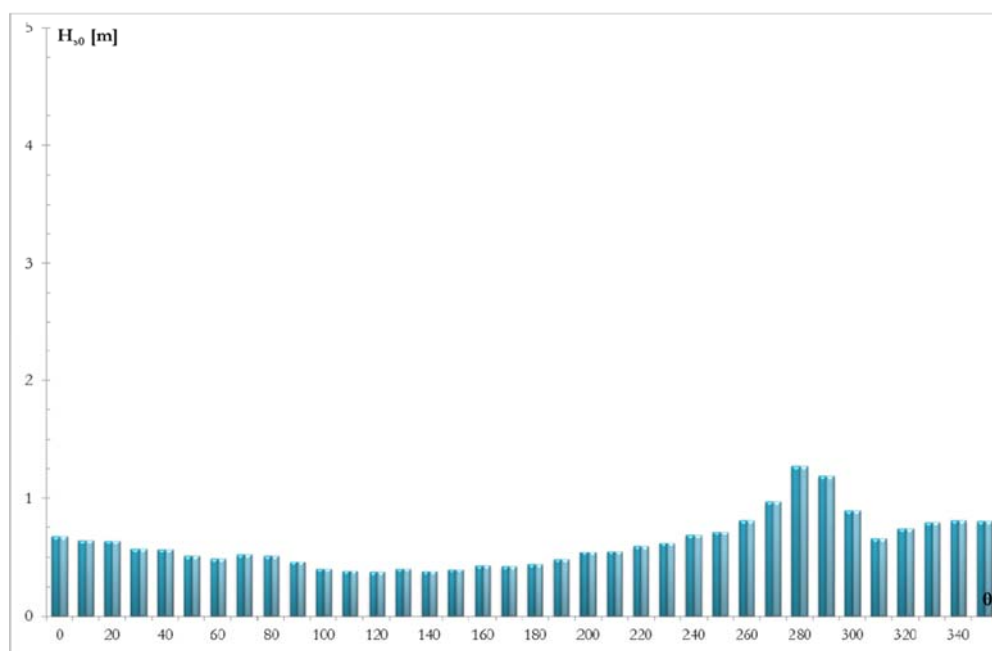


Frequenze di apparizione. Periodo 1986 - 2006

Dal grafico della distribuzione delle frequenze di apparizione si evidenzia un massimo per onde provenienti da direzione 300°N pari al 17,5%. Le onde più alte provengono grosso modo tutte da NO.

- ***Altezza significativa media per settore.***

Il calcolo dell'altezza significativa media di largo per ogni settore, effettuato in funzione della frequenza per settore di provenienza porta ad ottenere le seguenti distribuzioni  $H_{s0}/\theta$ .

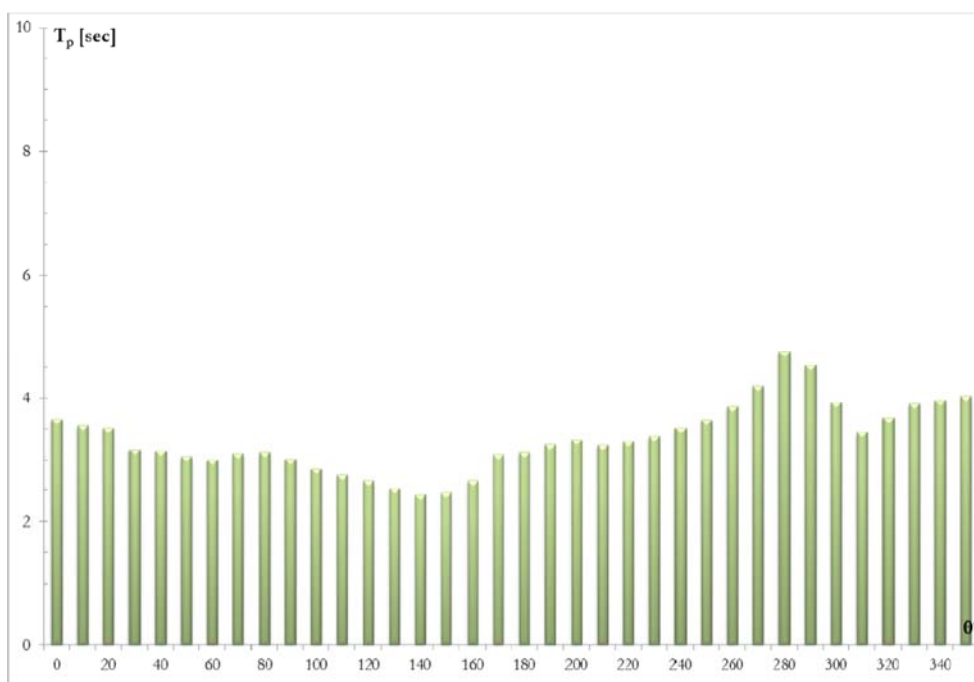


Nel tratto di interesse (AS21), i settori con altezza significativa media più rilevante sono quelli di direzione Ovest, con un picco a 280°N pari a circa 1.20m.



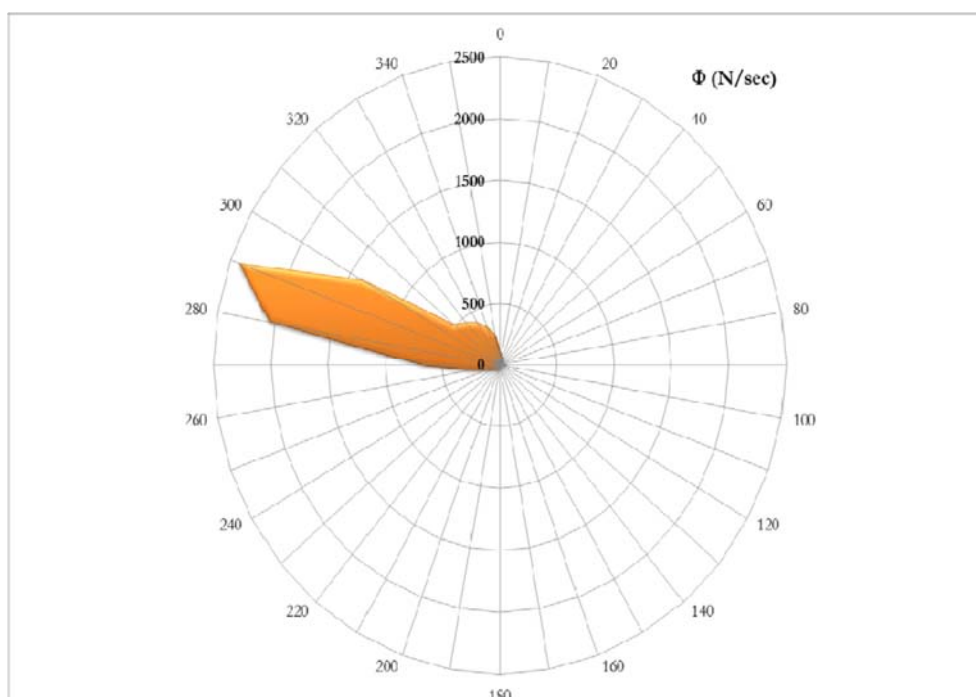
- **Periodo di picco medio per settore.**

Nota la frequenza d'apparizione di un fissato settore è possibile valutare il periodo di picco provenienza  $T_p/\theta$  ottenendo i diagrammi seguenti.



AS21. Si osservano periodi di picco medio con un massimo a  $280^\circ\text{N}$ , con un  $T_{p\max}$  pari a circa 4,7 s.

Flusso di energia – Area di studio AS21												
Settori [ $^\circ\text{N}$ ]	345-15	15-45	45-75	75-105	105-135	135-165	165-195	195-225	225-255	255-285	285-315	315-345
Flusso(N/s)	474	166	103	102	38	31	78	125	226	2965	<b>4342</b>	1222



Si è ottenuto un valore massimo del flusso di energia del moto ondoso ( $285^\circ\text{N}$ - $315^\circ\text{N}$ ) pari a 4342 N/s.

- ***Settore di traversia principale.***

E' il settore che comprende le direzioni delle agitazioni ondose più intense risulta essere per 300°N.

***Analisi statistico-deterministica.***

Avendo determinato precedentemente, per ogni direzione di provenienza del moto ondoso, le serie storiche delle mareggiate e le relative grandezze caratteristiche medie e significative (altezze d'onda e periodi), è stata di seguito eseguita un'analisi statistico - probabilistica di tali dati, tesa essenzialmente a valutare i massimi valori delle caratteristiche del moto ondoso associati a fissati periodi di ritorno.

- ***Probabilità di superamento omnidirezionale.***

La probabilità di superamento omnidirezionale è rappresentata da una legge tipo “Weibull” che dipende dai parametri  $u$  (adimensionale) e  $w$  (espressa in metri): Nel tratto risultano essere:

Parametri omnidirezionali			
AS21		AS22	
$u$	$w$ [m]	$u$	$w$ [m]
0.833	0.660	0.925	0.647

Dal punto di vista fisico  $w$  è il fattore scala e caratterizza i livelli di agitazione ondosa: aumenta con l'aumentare dell'altezza delle onde;  $u$ , invece, regola il rapporto tra le altezze significative a diversi livelli di probabilità: tale rapporto è tanto più grande quanto più  $u$  è piccolo.

- Probabilità di superamento direzionale.**

La probabilità di superamento direzionale può essere rappresentata dalla differenza di due “Weibull” (Boccotti, 1997) e fornisce lo stesso parametro  $u$  della probabilità di superamento omnidirezionale e due parametri  $w_\alpha$ ,  $w_\beta$  caratteristici del settore.

Parametri direzionali																							
AS21																							
345-15		15-45		45-75		75-105		105-135		135-165		165-195		195-225		225-255		255-285		285-315		315-345	
w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]	w <sub>α</sub> [m]	w <sub>β</sub> [m]
0.284	0.258	0.296	0.267	0.197	0.179	0.173	0.152	0.158	0.150	0.153	0.144	0.165	0.146	0.274	0.251	0.312	0.285	0.568	0.419	0.648	0.628	0.566	0.564
AS22																							
0.165	0.159	0.165	0.158	0.136	0.130	0.131	0.121	0.123	0.109	0.118	0.106	0.122	0.115	0.129	0.123	0.199	0.175	0.641	0.430	0.645	0.563	0.506	0.505

I valori massimi  $w_\alpha$  e  $w_\beta$  da considerare sono quelli evidenziati nella tabella soprastante. Il valore di  $u$  invece è lo stesso per tutti i settori ed è pari al valore ottenuto dall’analisi omnidirezionale.

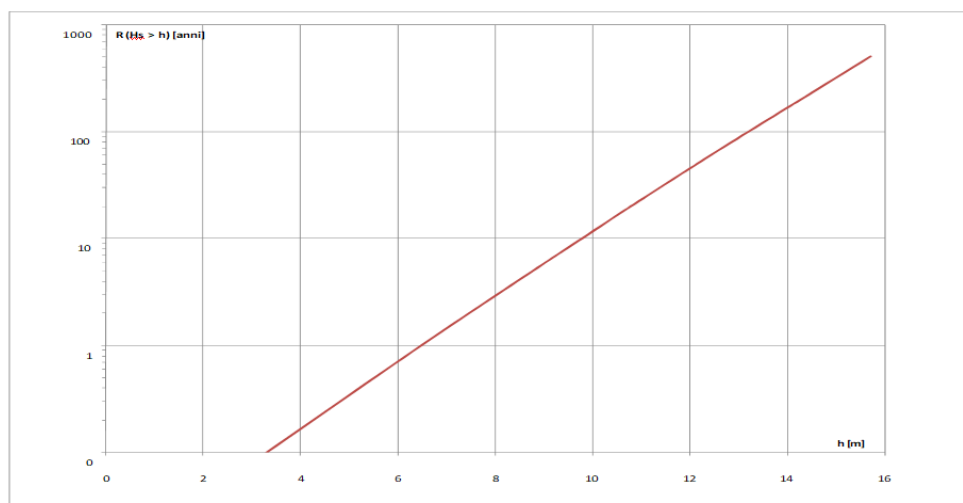
Da ricordare che il settore di traversia dal quale proviene il mare più forte, è quello caratterizzato dal valore più alto di  $w_\alpha$ , se esistono più settori con lo stesso valore di  $w_\alpha$  allora il mare più forte, è quello che presenta il valore minore di  $w_\beta$ .

- Periodo di ritorno omnidirezionale.**

Il periodo di ritorno omnidirezionale  $R$  rappresenta il periodo di ritorno di una mareggiata in cui l’altezza significativa massima supera una soglia  $h$ .

AS21 - Livelli di altezza significativa eguagliati o superati mediamente ogni R anni.									
$h$ (0.1) [m]	$h$ (1) [m]	$h$ (5) [m]	$h$ (10) [m]	$h$ (20) [m]	$h$ (50) [m]	$h$ (100) [m]	$h$ (200) [m]	$h$ (500) [m]	$\Delta$ [m]
3.3	6.48	8.76	<b>9.77</b>	<b>10.78</b>	<b>12.15</b>	13.2	14.26	15.69	12.39

Il diagramma sottostante evidenzia il legame  $R/h$  e si può osservare come per un periodo di ritorno pari a 10 anni il valore di soglia è pari a 9,77 m, mentre a un periodo di ritorno di 50 anni corrisponde una soglia di altezza d’onda pari a 12,15 metri.



- **Persistenza media.**

La persistenza media  $D$  al di sopra di una certa soglia  $h$  rappresenta la durata di tempo media in cui l'altezza significativa si mantiene al di sopra della soglia fissata.



AS21. Dal diagramma soprastante si può cogliere il fatto che all'aumentare del valore di soglia la persistenza diminuisce rapidamente: ad esempio a una soglia di altezza significativa di 8 metri corrisponde una persistenza media di circa 7,5 ore.

- **Indice caratteristico del moto ondoso.**

E' stato calcolato un indice caratteristico del moto ondoso, che tiene conto delle caratteristiche meteomarine e morfologiche quali: flusso, inclinazione settore traversia principale, pendenza etc.

Per i comuni ricadenti nell'Area si sono ottenuti i seguenti indici:

DEN.	COMUNE	I	$I \lambda$	$I \alpha$	$I \Phi$	$I h(R)$
TRO-1	TROPEA	0.62	0,05	0,11	0,32	0,35
TRO-2	TROPEA	0.62	0,05	0,11	0,32	0,35
PAR-1	PARGHELIA	0.62	0,04	0,21	0,39	0,35
PAR-2	PARGHELIA	0.65	0,04	0,33	0,47	0,36
ZAM-1	ZAMBRONE	0.73	0,03	0,42	0,56	0,37
ZAM-2	ZAMBRONE	0.72	0,03	0,39	0,56	0,37
BRI-1	BRIATICO	0.54	0,03	0,33	0,55	0,37
BRI-2	BRIATICO	0.46	0,03	0,25	0,55	0,37
VIB-1	VIBO VALENTIA	0.54	0,03	0,16	0,54	0,37
VIB-2	VIBO VALENTIA	0.62	0,03	0,11	0,53	0,37
PIZ-1	PIZZO	0.63	0,03	0,06	0,51	0,37
PIZ-2	PIZZO	0.65	0,04	0,04	0,47	0,37

### ***Sintesi dei risultati dello studio meteomarinario.***

L'area è caratterizzata da una percentuale elevata di costa alta. Presenta valori molto alti del flusso di energia, concentrati intorno ai settori provenienti da nord-ovest, caratterizzati da fetch di notevole estensione (lungo alcune direzioni superiori a mille chilometri).

Per i territori dei comuni da Tropea (VV) a Vibo Valentia - Porto di Vibo Marina (VIB-1), l'analisi probabilistica ha confermato che il settore di traversia principale proviene da nord-ovest, ma i settori adiacenti sono caratterizzati da valori dei parametri omnidirezionali di poco inferiori. Riguardo tali parametri, è possibile osservare che il valore del "fattore scala"  $w$  è rilevante e il valore del parametro  $u$  comporta variazioni elevatissime dell'altezza significativa al variare del periodo di ritorno:

in particolare per periodi di ritorno pari a 0.1 anni si ottiene un'altezza significativa di 3.3 m mentre, per periodi di ritorno di 500 anni, si ottiene un'altezza significativa di 15.69 m, con una variazione di 12.39 m. I fondali presentano modesta pendenza, inferiore a 5%.

L'indice caratteristico del moto ondoso nel tratto compreso tra Tropea (VV) e Zambrone (VV) assume valori compresi tra 0.62 e 0.73 (tra 0.46 e 0.54 tra Briatico (VV) e Vibo Valentia). Il tratto di costa è direttamente esposto al moto ondoso proveniente da nord-ovest.

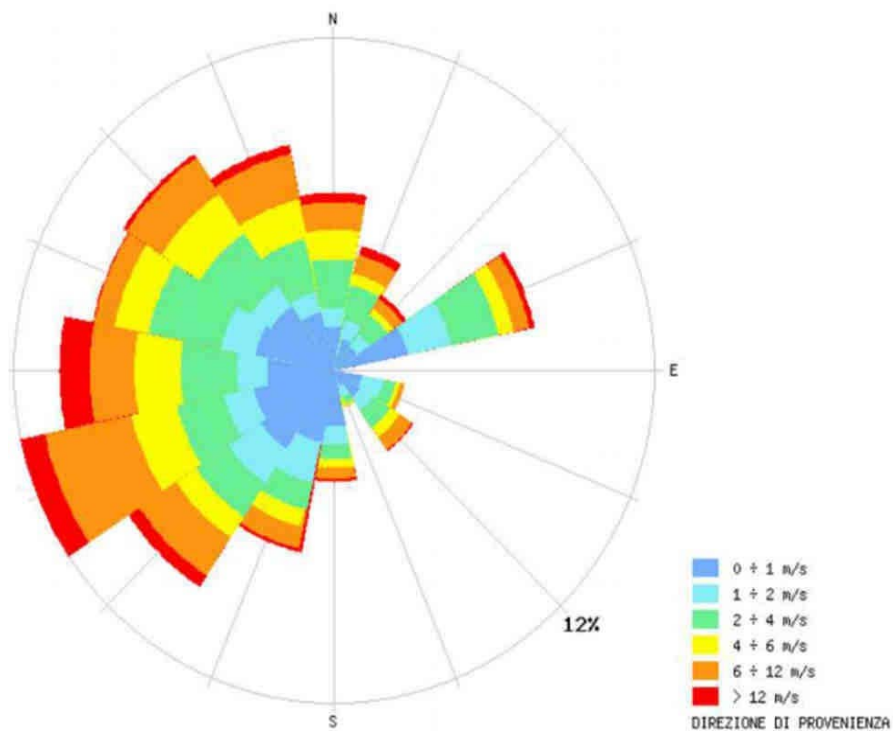
#### **4.13. Aggiornamenti dati anemologici e ondametrici**

Per la definizione delle condizioni anemologiche e ondametriche nel tratto costiero di interesse si è ampliato il set dati disponibile considerando informazioni e serie dati successive a quelle utilizzate nello studio del Master Plan (1986 – 2006), e relative alle stazioni della rete SMN, che mette a disposizione degli utenti informazioni aggiornate relative a serie storiche, osservazioni in tempo reale, previsione dei dati di marea astronomica, analisi dei dati a fini progettuali e scientifici, di Strombolicchio e Palinuro (2010 – 2021), Capo Bonifati e Cetraro 1999 – 2014) e i dati mareografici di Gioia Tauro.

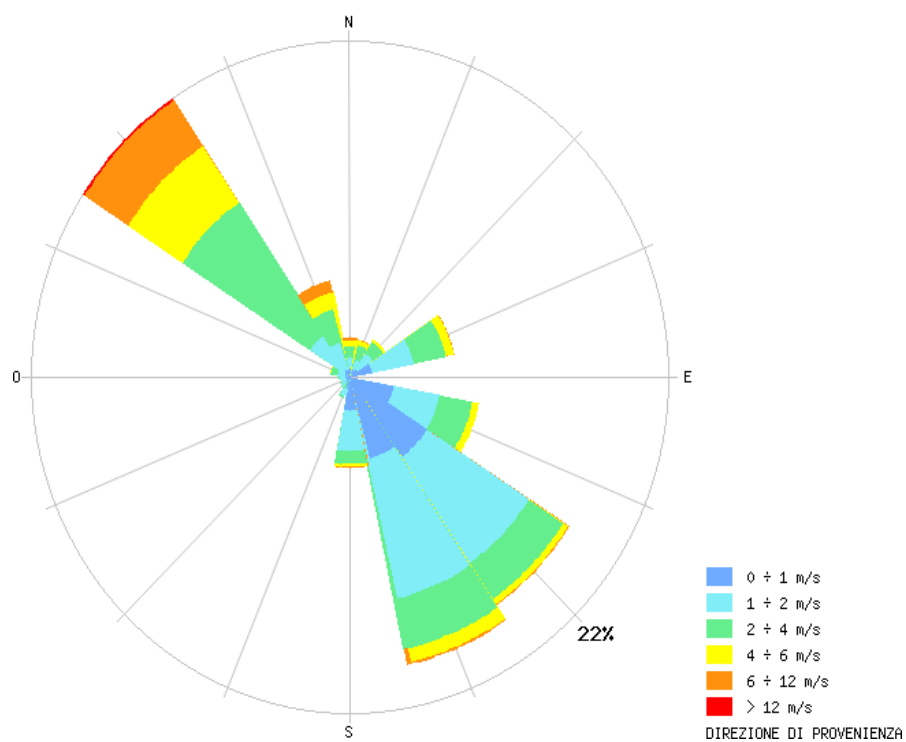
Il clima anemometrico nella stazione mareografica di Strombolicchio (circa 30 miglia a largo dall'area di intervento) è caratterizzato dagli eventi del terzo quadrante, dove il libeccio risulta essere il vento regnante e dominante.

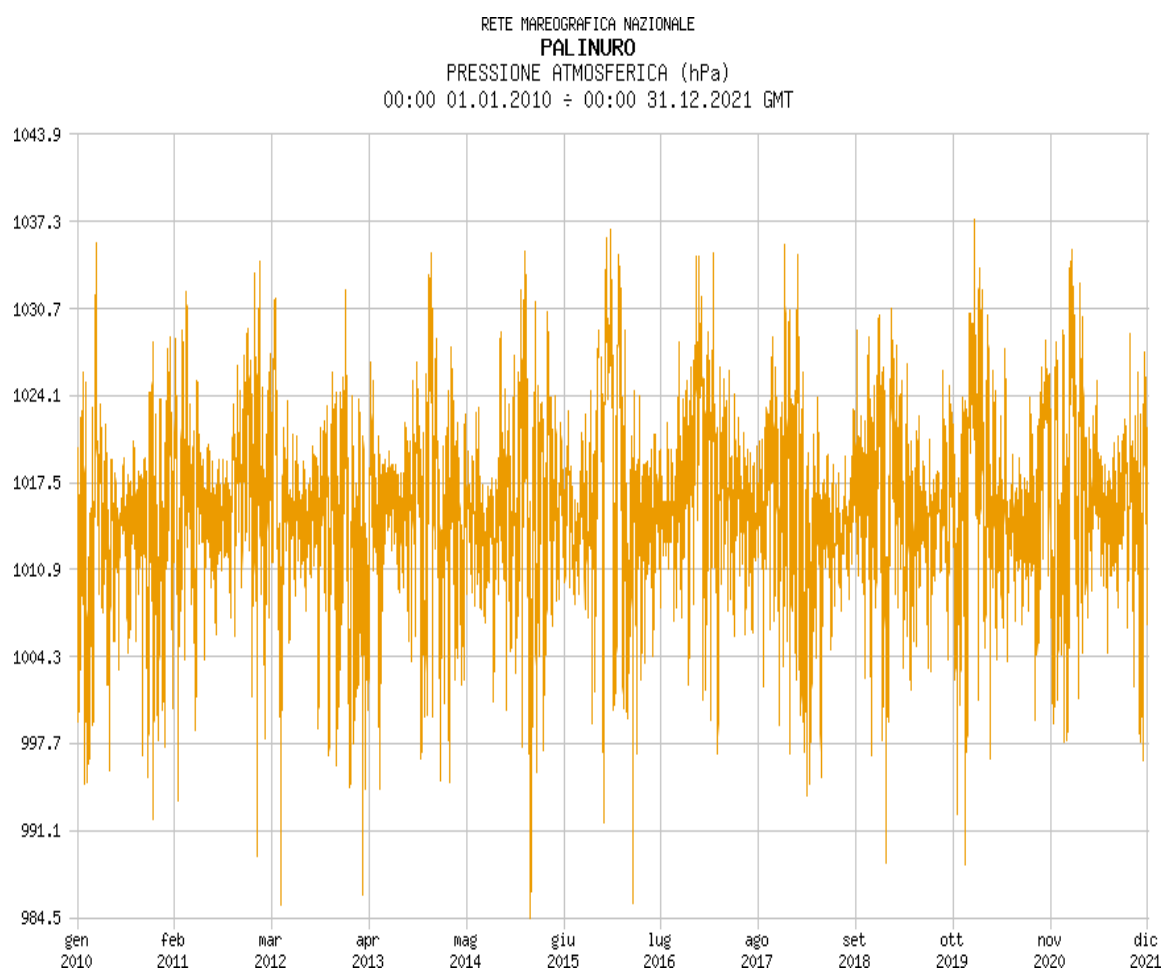
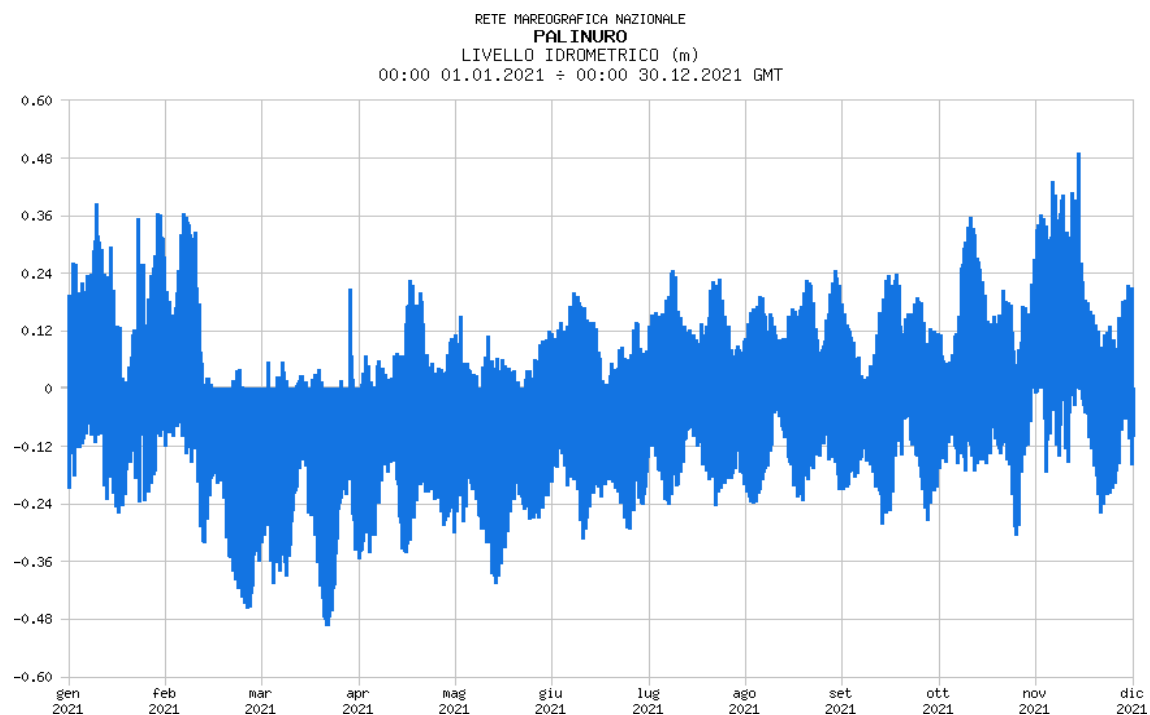


RETE MAREOGRAFICA NAZIONALE  
**STROMBOLICCHIO**  
 DIREZIONE E VELOCITA' VENTO  
 13:00 15.06.2013 ÷ 00:00 30.07.2021 GMT



RETE MAREOGRAFICA NAZIONALE  
**PALINURO**  
 DIREZIONE E VELOCITA' VENTO  
 00:00 01.01.2021 ÷ 00:00 31.12.2021 GMT





# GIOIA TAURO

ORE DEL FUSO -1

ORE E ALTEZZE DELLE ALTE E BASSE MAREE

GIORNO	ORA	ALTEZZA	ORA	ALTEZZA	ORA	ALTEZZA	ORA	ALTEZZA	GIORNO	ORA	ALTEZZA	ORA	ALTEZZA	ORA	ALTEZZA	ORA	ALTEZZA
GENNAIO									FEBBRAIO								
1	0.52	0.22	6.29	0.07	13.35	0.30	20.16	0.11	1	1.50	0.22	7.17	0.10	14.11	0.27	20.46	0.10
2	1.43	0.21	7.16	0.09	14.23	0.28	21.14	0.11	2	2.56	0.21	8.23	0.12	15.06	0.26	21.53	0.09
3	2.47	0.20	8.16	0.10	15.14	0.27	22.12	0.10	3	4.17	0.22	9.48	0.13	16.12	0.25	22.57	0.07
4	4.00	0.20	9.27	0.12	16.08	0.27	23.01	0.08	4	5.37	0.24	11.14	0.13	17.23	0.25	23.53	0.06
5	5.13	0.22	10.40	0.12	17.05	0.27	23.46	0.07	5	6.41	0.26	12.23	0.11	18.26	0.26	---	---
6	6.15	0.24	11.43	0.12	18.00	0.27	---	---	6	0.43	0.03	7.30	0.29	13.18	0.09	19.19	0.28
7	0.27	0.05	7.05	0.26	12.39	0.11	18.48	0.28	7	1.28	0.01	8.15	0.32	14.07	0.07	20.07	0.29
8	1.06	0.03	7.50	0.29	13.28	0.09	19.35	0.29	8	2.10	-0.01	8.56	0.35	14.50	0.05	20.51	0.31
9	1.44	0.01	8.32	0.32	14.15	0.08	20.19	0.29	9	2.50	-0.02	9.34	0.37	15.33	0.04	21.35	0.31
10	2.24	-0.01	9.13	0.34	15.00	0.07	21.03	0.30	10	3.31	-0.03	10.15	0.38	16.14	0.03	22.17	0.32
11	3.02	-0.02	9.52	0.36	15.44	0.06	21.46	0.30	11	4.12	-0.03	10.55	0.38	16.57	0.03	23.01	0.31
12	3.43	-0.03	10.33	0.37	16.30	0.05	22.30	0.30	12	4.54	-0.02	11.35	0.37	17.42	0.03	23.46	0.30
13	4.25	-0.02	11.16	0.37	17.17	0.05	23.17	0.29	13	5.37	0.00	12.18	0.36	18.30	0.04	---	---
14	5.09	-0.01	12.00	0.36	18.08	0.05	---	---	14	0.37	0.29	6.25	0.03	13.05	0.34	19.23	0.05
15	0.06	0.28	5.58	0.01	12.47	0.35	19.03	0.05	15	1.33	0.27	7.23	0.06	13.57	0.31	20.28	0.06
16	1.01	0.27	6.50	0.03	13.38	0.34	20.05	0.06	16	2.39	0.26	8.33	0.09	14.58	0.29	21.39	0.06
17	2.02	0.26	7.51	0.05	14.33	0.32	21.12	0.06	17	4.00	0.25	10.01	0.11	16.12	0.27	22.55	0.06
18	3.12	0.25	9.03	0.07	15.35	0.31	22.19	0.05	18	5.26	0.26	11.30	0.11	17.28	0.26	---	---
19	4.30	0.25	10.22	0.09	16.42	0.30	23.23	0.04	19	0.01	0.05	6.37	0.28	12.43	0.10	18.35	0.27
20	5.48	0.27	11.38	0.09	17.48	0.29	---	---	20	0.55	0.03	7.33	0.31	13.41	0.08	19.30	0.27
21	0.20	0.02	6.51	0.29	12.44	0.09	18.48	0.29	21	1.41	0.02	8.17	0.33	14.27	0.07	20.16	0.28
22	1.10	0.01	7.46	0.31	13.43	0.08	19.41	0.29	22	2.20	0.01	8.56	0.34	15.07	0.06	20.55	0.29
23	1.55	0.00	8.33	0.33	14.34	0.07	20.26	0.29	23	2.54	0.01	9.32	0.35	15.40	0.06	21.32	0.29
24	2.35	0.00	9.16	0.34	15.19	0.07	21.10	0.29	24	3.25	0.01	10.03	0.35	16.10	0.06	22.05	0.29
25	3.12	0.00	9.55	0.35	16.01	0.07	21.48	0.28	25	3.54	0.01	10.34	0.34	16.37	0.06	22.37	0.28
26	3.47	0.00	10.32	0.35	16.39	0.07	22.26	0.28	26	4.21	0.02	11.05	0.33	17.03	0.06	23.10	0.27
27	4.19	0.01	11.07	0.34	17.14	0.08	23.03	0.26	27	4.50	0.04	11.34	0.32	17.32	0.06	23.44	0.26
28	4.49	0.02	11.41	0.33	17.48	0.08	23.39	0.25	28	5.21	0.05	12.06	0.30	18.05	0.07	---	---
29	5.20	0.04	12.15	0.32	18.23	0.09	---	---	29	0.23	0.25	5.57	0.07	12.40	0.29	18.44	0.08
30	0.17	0.24	5.53	0.06	12.50	0.30	19.03	0.09									
31	0.59	0.23	6.30	0.08	13.27	0.29	19.50	0.10									
MARZO									APRILE								
1	1.09	0.24	6.41	0.09	13.21	0.27	19.37	0.08	1	2.58	0.25	9.07	0.13	15.02	0.23	21.26	0.08
2	2.10	0.23	7.42	0.12	14.15	0.25	20.46	0.09	2	4.25	0.26	10.49	0.12	16.37	0.23	22.51	0.07
3	3.31	0.23	9.16	0.13	15.30	0.24	22.10	0.08	3	5.38	0.29	11.58	0.09	17.53	0.25	23.55	0.05
4	5.01	0.24	10.58	0.13	16.57	0.24	23.23	0.06	4	6.36	0.32	12.50	0.06	18.51	0.28	---	---
5	6.12	0.27	12.14	0.11	18.10	0.25	---	---	5	0.47	0.02	7.23	0.34	13.33	0.03	19.39	0.30
6	0.21	0.04	7.07	0.30	13.08	0.08	19.07	0.27	6	1.33	0.00	8.05	0.36	14.13	0.01	20.23	0.33
7	1.10	0.02	7.51	0.33	13.53	0.05	19.55	0.30	7	2.16	-0.01	8.44	0.38	14.50	-0.01	21.05	0.34
8	1.54	-0.01	8.33	0.36	14.34	0.03	20.39	0.32	8	2.57	-0.01	9.24	0.38	15.27	-0.02	21.46	0.35
9	2.35	-0.02	9.11	0.38	15.14	0.01	21.21	0.33	9	3.37	-0.01	10.01	0.37	16.05	-0.02	22.28	0.35
10	3.14	-0.03	9.50	0.38	15.52	0.00	22.03	0.34	10	4.17	0.01	10.41	0.35	16.44	-0.01	23.10	0.33
11	3.54	-0.02	10.28	0.38	16.32	0.00	22.44	0.33	11	5.00	0.03	11.22	0.33	17.25	0.01	23.57	0.32
12	4.36	-0.01	11.08	0.37	17.12	0.01	23.28	0.32	12	5.49	0.06	12.06	0.30	18.10	0.03	---	---
13	5.17	0.01	11.49	0.35	17.55	0.02	---	---	13	0.49	0.30	6.46	0.09	12.56	0.26	19.05	0.06
14	0.15	0.30	6.04	0.04	12.33	0.32	18.44	0.04	14	1.51	0.28	8.08	0.11	13.58	0.23	20.17	0.08
15	1.08	0.28	6.59	0.07	13.24	0.29	19.44	0.06	15	3.08	0.27	9.55	0.12	15.23	0.22	21.46	0.09
16	2.12	0.26	8.14	0.10	14.25	0.26	21.00	0.07	16	4.33	0.27	11.23	0.11	16.55	0.22	23.05	0.08
17	3.33	0.26	9.55	0.12	15.47	0.24	22.25	0.07	17	5.44	0.28	12.23	0.09	18.07	0.23	---	---
18	5.04	0.26	11.31	0.11	17.14	0.24	23.37	0.07	18	0.05	0.07	6.36	0.30	13.07	0.07	18.57	0.25
19	6.16	0.28	12.40	0.09	18.25	0.25	---	---	19	0.51	0.06	7.17	0.31	13.41	0.05	19.39	0.27
20	0.36	0.05	7.09	0.31	13.31	0.08	19.17	0.26	20	1.28	0.05	7.53	0.32	14.08	0.04	20.14	0.28
21	1.20	0.04	7.53	0.32	14.09	0.06	20.00	0.28	21	2.00	0.05	8.24	0.33	14.33	0.03	20.46	0.29
22	1.58	0.03	8.28	0.34	14.41	0.05	20.37	0.29	22	2.29	0.04	8.53	0.33	14.57	0.03	21.17	0.30
23	2.31	0.02	9.00	0.34	15.08	0.04	21.10	0.29	23	2.58	0.04	9.23	0.32	15.21	0.02	21.48	0.31
24	3.00	0.02	9.31	0.34	15.33	0.04	21.42	0.30	24	3.28	0.05	9.51	0.31	15.47	0.02	22.21	0.31
25	3.27	0.03	9.59	0.34	15.58	0.04	22.12	0.30	25	4.00	0.06	10.22	0.30	16.17	0.02	22.57	0.31
26	3.54	0.03	10.27	0.33	16.23	0.04	22.44	0.29	26	4.37	0.07	10.55	0.29	16.51	0.02	23.39	0.30
27	4.23	0.04	10.56	0.31	16.50	0.04	23.17	0.29	27	5.19	0.08	11.33	0.27	17.30	0.03	---	---
28	4.56	0.06	11.26	0.30	17.21	0.04	23.55	0.28	28	0.26	0.29	6.11	0.10	12.21	0.25	18.21	0.05
29	5.33	0.08	12.00	0.28	18.00	0.05	---	---	29	1.24	0.28	7.23	0.11	13.23	0.23	19.26	0.06
30	0.42	0.27	6.19	0.10	12.43	0.26	18.48	0.07	30	2.33	0.28	8.58	0.11	14.43	0.22	20.51	0.07
31	1.41	0.26	7.25	0.12	13.41	0.24	19.57	0.08									

#### 4.14. Correnti marine

Per correnti marine ci si riferisce al movimento di massa d'acqua non collegato alla marea o al moto ondoso. I flussi possono interessare tutta la colonna d'acqua o determinati strati. Diversamente dalle correnti di marea non hanno un ciclo temporale ben definito, sono permanenti (stazionarie), oppure stagionali (o semipermanenti).

Si distinguono i diversi tipi in base alle cause che le creano (correnti di gradiente e correnti di deriva), alle loro caratteristiche termiche (correnti calde o fredde) o alla profondità in cui si verificano; superficiali entro i-200 m, interne al di sotto dei 200 metri o di fondo.

Le correnti di gradiente sono generalmente d'intensità modesta e dovute alla differenza di pressione su luoghi diversi della superficie del mare ed alla differenza di densità delle masse d'acqua adiacenti. Se il vento che spira verso la costa è d'intensità adeguata, notevoli masse d'acqua, non potendo rifluire verso il largo danno luogo a forti correnti che scorrono parallele alla costa.

Le correnti di deriva sono dovute all'azione di trascinamento creato dall'attrito tra aria in movimento (vento) e l'acqua superficiale del mare. Il movimento di deriva si trasmette agli strati inferiori con intensità decrescente e direzione man mano variabile. Questo movimento solo gradualmente raggiunge la velocità di regime, circa 1,5% della velocità del vento che l'ha generata, occorrono, infatti, circa sei ore per venti leggeri e ben 48 ore per il vento forte. La velocità dipende anche da altri fattori, in particolare dal fetch, esistente nella direzione di provenienza del vento.

L'analisi d'insieme (riferita alla rappresentazione grafica estratta da "Atlante Tematico d'Italia" TCI, CNR) mostra che, nel bacino del Mar Tirreno, i flussi delle correnti di gradiente superficiali (o di densità) sono contraddistinti da una circolazione d'insieme antioraria e pertanto lungo la penisola italiana sono diretti da Sud verso Nord. In corrispondenza della costa si staccano dei flussi di minore intensità che lambiscono la costa tirrenica con correnti da Nord verso Sud, e in più per effetto del golfo di S. Eufemia si vengono a creare delle instabilità locali che possono invertire il flusso. La corrente di gradiente nella zona interessata dal presente studio, il tratto tra Scogli delle Formiche e Pizzo, non lambisce le coste con correnti intermedie e di superficie, e per via del Golfo di S. Eufemia e per la sua conformazione geografica si possono venire a generare correnti che ruotano sia in senso orario che antiorario.

Le registrazioni raccolte nelle stazioni correntometriche di Vibo Marina e Capo Vaticano, mediante catene correntometriche fisse su fondali tra i 50 e i 60m, nelle quali sono stati disposti nei diversi periodi correntometri (Sensor-Data 2000 ed SD-6000) presso la superficie (-5m), a quote intermedie (25-30m), quindi, per grossa parte del funzionamento, al di sotto del picnoclino principale e presso il fondo (-50 m) mostrano;

## **a Vibo Marina**

**In superficie** una chiara dominanza delle correnti dirette verso i settori compresi tra  $0^\circ$  e  $105^\circ$  con una frequenza del 63% rispetto alla corrente diretta verso i settori compresi tra  $180^\circ$  e  $225^\circ$  (frequenza del 25.4%). Le correnti dominanti si dispongono in modo da risalire parallelamente la costa da Ovest ad Est, I brevi ritorni di corrente, in direzione Sud-Ovest, mostrano i loro picchi più frequenti intorno ai  $225^\circ$ , in direzione diametralmente opposta. L'esame statistico generale mostra un valore medio dell'intensità di corrente di 6.1 cm/sec, mentre il valore massimo registrato di 24.4 cm/sec è ottenuto per correnti di direzione di  $60^\circ$ .

**Correntometro di fondo;** a 50 m di profondità mostra sostanzialmente una buona concordanza con la struttura correntometrica superficiale. Anche in questo caso troviamo una certa predominanza delle correnti dirette verso i settori compresi tra  $0^\circ$  e  $105^\circ$  con una frequenza del 59% rispetto alla corrente diretta verso i settori opposti compresi però in un più vasto arco di direzioni e non riescono a delimitare una struttura secondaria ben delineata.

L'esame statistico generale mostra un valore medio di velocità di 3.4 cm/sec ed un valore massimo di 20.9 cm/sec registrato per direzioni di  $45^\circ$ .

**Correntometro a -30 metri,** mostra il prevalere di una corrente diretta verso i settori compresi tra  $45^\circ$  e  $105^\circ$ , con una frequenza del 40.7 % rispetto alla corrente diretta verso i settori opposti compresi però in un vasto arco di direzioni.

L'esame statistico generale mostra un valore medio di velocità di 5.5 cm/sec ed un valore massimo di 28.4 cm/sec, registrato per direzioni di  $75^\circ$ .

Nel periodo di stabilizzazione della stratificazione termica a differenza del periodo invernale, dove, anche nello strato vicino al fondo, la corrente procedeva con notevole regolarità parallela alla linea di costa, oltre all'intensificarsi delle velocità (valore medio intorno ai 5.5 cm/sec contro i 3.5 del periodo precedente) si notano frequenti inversioni della direzione e, soprattutto, la presenza di una componente persistente nella direzione perpendicolare alla costa indicativa di possibili fenomeni di convergenza e di divergenza dalla costa.

**Correntometro a -25 metri,** In primavera si ha la conferma di una grossa variabilità del flusso. Le frequenti inversioni inducono episodi di divergenza e convergenza verso la costa. Con l'estate (da giugno) il flusso diviene regolare e coerente lungo la direzione parallela alla costa, con velocità non elevate (valore medio di circa 6 cm/sec). Con l'inoltrarsi della stagione estiva le velocità calano ancora e il flusso diviene quello variabile tipico dei bassi regimi.

## **a Capo Vaticano.**

Il sito presenta la maggiore regolarità degli andamenti, con una direttrice principale parallela alla costa che la risale e con brevi inversioni che interessano un tempo di gran lunga inferiore a quello del flusso principale. Di notevole interesse la tendenza del flusso sub superficiale a divergere dalla costa nei mesi meno caldi, la cui regolarità e durata tende ad escludere il solo effetto del campo locale del vento.

### **Correntometro a -5 metri**

Nella prima parte delle registrazioni realizzate da 09/01/92 al 15/04/92, la corrente nello strato superficiale mostra una tendenza all'alternanza delle direzioni, con una prevalenza per i settori tra 270° e 360° e con frequenze più modeste (30%), verso settori 75° e 150°.

Nel rimanente 14% delle registrazioni le direzioni sono sparse e fuori dai settori principali.

Le correnti si dispongono quasi parallelamente alla linea di costa, che però gli fa assumere delle orientazioni particolari con direzioni medie privilegiate intorno O - NW, e le meno frequenti a SE.

Il valore medio dell'intensità delle correnti è abbastanza alto, 8.1 cm/sec.

Il 63% dei valori di intensità registrati sono minori di 10 cm/sec, mentre il 28.3 % sono compresi tra 10 e 20 cm/sec. I picchi di velocità con valori superiori ai 20 cm/sec sono l'8.4% del totale, sono da attribuire a fenomeni atmosferici (concordanza di direzioni tra vento e corrente superficiale marina).

Durante i cambiamenti di direzione, viene privilegiata una rotazione verso il largo dei vettori della corrente con conseguente spostamento verso il largo e non verso costa.

Dalla metà di aprile a fine giugno conferma l'alternanza delle direzioni, con una prevalenza più accentuata per i settori 270° 360° (64.7%), rispetto ai settori 105° 150° (13%). La velocità media della corrente è più elevata, 13cm/sec, i valori massimi e medi sono predominanti verso i 300°. Il 40 % dei valori sono compresi entro i 10 cm/sec, mentre il 31% è compreso tra 10 e 20 cm/sec.

### **Correntometro a -50 metri**

Nel periodo gennaio aprile si ha sul fondo una buona concordanza con la struttura correntometrica superficiale. Anche in questo caso prevalgono i settori tra 240° e 360° (56%), e 60° 150° (33%).

Le correnti dominanti si dispongono quindi parallele alla costa risalendola da Est a Ovest, contornando il promontorio e risalendo a Nord.

Le alternanze, si dispongono in direzioni diametralmente opposte alla corrente principale, rispetto a quelle rilevate in superficie si svolgono in un arco più ristretto di direzioni definendo una struttura secondaria più debole.



La velocità media è 4.03 cm/sec. Come sempre i valori di velocità rilevati sul fondo risultano mediamente inferiori a quelli registrati in superficie. Questo conferma come nella realtà la struttura correntometrica rilevata in questo periodo sia unica, e come i cambi di direzione rilevabili nelle stazioni superficiali siano dovuti ad influenze morfologiche. Si confermano le due direzioni privilegiate di scorrimento, con una minore accelerazione delle acque di fondo. Il movimento complessivo della particella d'acqua va comunque in un'unica direzione, da Sud verso Nord.

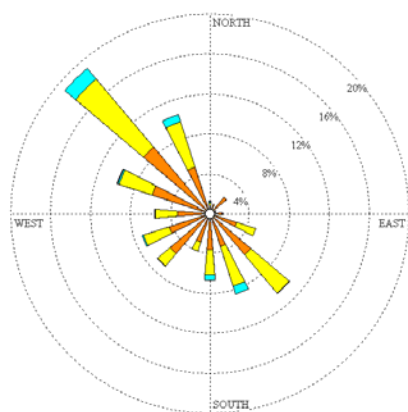
**Correntometro a -27 m;** le serie di dati relative al periodo giugno luglio conferma alle profondità intermedie lo scorrimento verso Nord Ovest ( $300^\circ - 310^\circ$ ), in questi quadranti ricadono il 60% delle registrazioni, con una velocità media di 7,26 cm/sec.

Velocità simili nel periodo settembre novembre (correntometro a -30m) nel quale la velocità media è di 6,68 cm/sec con una più accentuata prevalenza nelle direzioni  $270^\circ - 315^\circ$  (65%), mentre solo il 13% delle registrazioni ricadono tra  $105^\circ - 105^\circ$ .

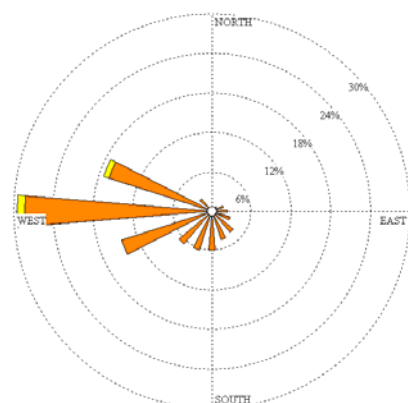
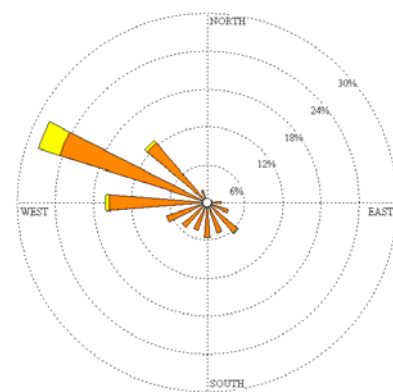
Nei mesi di novembre - gennaio, le direzioni si mantengono coerenti alla direzione lungo costa intorno ai  $300^\circ$  con velocità medie di 6.8 cm/sec in dicembre 10.2 cm/sec in gennaio. Un flusso quindi abbastanza robusto, che raggiunge massimi di 30 cm/sec per valori medi esagerati. Questo indica l'instaurarsi di veri e propri jet, probabilmente dovuti al fasarsi della forzante meteorologica con quella termoclina.

I dati dell'area concordano con quelli degli stessi periodi relativi ad altri siti della costa tirrenica calabrese quali Nocera Terinese e Maida Marina.

*Correnti superficiali*



*Correnti intermedie (8 m dalla superficie)*



*Correnti profonde (16 m dalla superficie)*

Andamento delle correnti (sulla base dei dati rilevati dal correntometro di Capo Vaticano)

## Conclusioni

Dall'analisi di serie di dati correntometri che condotte in ambito costiero le strutture correntometriche nelle coste tirreniche nei diversi siti di registrazione si presentano ben delineate ed attive soprattutto al fondo, mentre in superficie sono spesso, nelle stazioni più esposte alla azione dei venti locali, disturbate o coperte da fenomeni di deriva.

Si può identificare, una corrente principale si presenta con frequenze superiori al 50%, con flussi che corrono paralleli alla costa verso il Nord e con la tendenza a ruotare verso il largo. Una seconda struttura, meno importante e spesso inficiata da fenomeni di deriva, vede correnti sempre parallele alla costa ma dirette verso sud in maniera diametralmente opposta a quella principale. Questa seconda struttura che raggiunge frequenze del 25% è da imputare ad un sistema di controcorrenti costiere.

La corrente principale, che agisce soprattutto al fondo, con valori medi di velocità più bassi ma costanti, può essere considerata parte del sistema di correnti e controcorrenti che provenienti dal largo, rimontano la costa calabra percorrendola da Sud a Nord. La sua presenza sembra confermare i calcoli dinamici e le osservazioni dirette che, per il basso Tirreno, indicano una ricircolazione con la formazione di due grosse celle cicloniche a Sud e a Nord. Le velocità si presentano mediamente più elevate nei mesi invernali.

L'avvicendamento delle due strutture non è frequente né periodico: i periodi di transizione interessano solo il 10% del tempo.

Durante il cambiamento di direzione i flussi, in particolare nei mesi più freddi, tendono ad orientarsi verso il largo favorendo quindi il ricambio delle acque.

Per quanto riguarda invece le correnti rivolte verso la costa, la loro azione è da considerarsi debole e tale da non favorire usualmente problemi di accumulo di sostanze inquinanti.

#### **4.15. Variazione del livello marino (maree, sovralti)**

Tra i parametri di interesse per valutare la propagazione delle onde dal largo verso la costa risulta il sovralti del livello idrico, in quanto questo comporta una diversa propagazione dell'onda stessa.

Tali livelli, infatti, influenzano la propagazione delle onde e possono risultare in alcuni casi molto più gravosi rispetto alle onde riferite al l.m.m..

I livelli idrici sono in genere condizionati:

- dalla marea astronomica;
- dallo storm surge, che consiste nella combinazione di diversi effetti climatici connessi alla generazione di onde estreme, tra cui il sovralti barico, il sovralti dovuto al vento, e al moto ondoso.

Nel dettaglio i fenomeni che compongono il sovralti sono.

##### **Sovralti di marea ( $S_m$ )**

La conoscenza delle massime variazioni quasi-statiche del livello marino, è necessaria per la corretta progettazione delle quote da assegnare alle opere di progetto. In generale occorre distinguere gli effetti della marea astronomica da quelli della marea "meteorologica" (indotta essenzialmente dall'azione del vento e dalle variazioni di pressione atmosferica).

La marea astronomica nella zona ove ricade il progetto registra escursioni del livello del mare significative per la stima della componente oscillatoria della marea astronomica le ampiezze ed i tempi di marea sono prevedibili per alcuni porti principali italiani in funzione delle "Tavole di Marea" per il caso in esame si possono utilizzare i dati forniti nelle previsioni di alte e basse maree edite dall'Istituto Idrografico della Marina Militare

L'andamento temporale risultante è di tipo semidiurno (periodo 6 ore) con due alte maree e due basse maree al giorno di ampiezza diversa. Le escursioni di marea astronomica sono contraddistinte da una periodicità bisettimanale distinta nelle fasi di sizigie (luna piena e nuova) e di quadratura. Nei periodi sizigiali si verificano i massimi dislivelli positivi e negativi che raggiungono valori di circa +0.38 m e -0.03 m rispetto al livello medio marino. Si assume come sovralti di marea  $S_m = 0.38$  m.

##### **Sovralti e abbassamento barico ( $S_b$ )**

Tale fenomeno è legato al passaggio dei cicloni e degli anticicloni, e in genere, ad ogni mbar di depressione o sovrappressione rispetto al valore di riferimento (pressione atmosferica) di 760 mmHg (~1013 mb) corrisponde un innalzamento o abbassamento di circa 1 cm.

Analizzando i dati di pressione e di l.m.m. riportati dall'ISPRA per il mareografo di Palinuro negli ultimi anni, si evince che il valore minimo di pressione registrato risulta di 984.5 mbar nel 2015; a questo ne consegue un sovrizzo, relativo a una differenza di pressione di 28.5 mbar, di circa +28.5 cm. La pressione massima registrata risulta di 1037.3 mbar, a cui corrisponde un abbassamento barico, relativo a una differenza di pressione di 24.3 mbar, di circa -24 cm. Si assume come sovrizzo barico  $S_b = 0.29$  m. Il livello medio del mare riportato nelle tabelle presenti negli archivi ISPRA porta ad un innalzamento e un abbassamento del l.m.m. di  $\pm 0.5$  m. Tale valore è la somma della marea astronomica e della componente barica e quindi in accordo con i calcoli effettuati.

### **Sovralzo dovuto ai venti di mare (Sv)**

Tale valore può essere calcolato mediante la relazione implicita, che lega il sopralzo  $S$  (m) alla velocità del vento  $U$  (m/s), all'accelerazione di gravità  $g$  (m/s<sup>2</sup>), alla profondità  $d$ (m) del fondale marino, all'estensione della piattaforma continentale  $L_p$  (m) e alla profondità  $D$  (m) della piattaforma stessa. La costante  $K_p$  assume il valore di  $3 \cdot 10^{-6}$ .

$$S = \frac{K_p \cdot L_p \cdot U^2}{g(D - d - S)} \ln\left(\frac{D}{d + S}\right)$$

La profondità  $D=700$  m si trova a circa 30 Km di distanza da sito di interesse. Il valore di profondità  $d$  da inserire nella formula è 0,00 m sul l.m.m. Le velocità del vento, sono quelle relative al punto Medatlas per il settore. Immettendo i dati sopra esposti in funzione del tempo di ritorno si calcola il sovrizzo dovuto ai venti di mare esposti nella tabella.

Tr (anni)	Sv (m)
5	0,041
15	0,052
30	0,072
50	0,082
100	0,097

*Aliquota di storm surge relativa al vento di mare (Sv).*

### **Sovralzo dovuto al moto ondoso (Sw)**

Il sovrizzo del livello medio del mare, dovuto solo all'effetto del moto ondoso, che si verifica nella zona di mare compresa tra la linea dei frangenti e la linea di riva, prende il nome di wave set up. Tale sovrizzo è dovuto alla trasformazione dell'energia cinetica del moto ondoso in energia potenziale, necessaria per alimentare le correnti di ritorno delle masse d'acqua verso il largo.

Osservazioni sperimentali, in natura e in laboratorio, hanno mostrato che si verifica un abbassamento del livello medio marino (set down) in prossimità della linea dei frangenti, il cui valore, ricavato con la teoria dell'onda solitaria, è dato da:

$$S_W = - \frac{0.536 \cdot H \cdot b^{3/2}}{\sqrt{g} \cdot T}$$

Dove  $H_b$  è l'altezza dell'onda al frangimento,  $g$  l'accelerazione di gravità e  $T$  il periodo.

L'innalzamento tra la zona dei frangenti e la linea di riva risulta invece  $\Delta s = 0.15d_b$ , quindi l'intero sovrizzo tra la fascia dei frangenti e la linea di riva risulta:

$$S_W = 0.15d_b - \frac{0.536 \cdot H \cdot b^{3/2}}{\sqrt{g} \cdot T}$$

Tale valore viene calcolato direttamente dal software MIKE 21 all'interno del modulo idrodinamico. Per cui questo valore non viene inserito nel calcolo dello storm surge.

### **Sovralzo globale per cambiamenti climatici (Scc)**

Le attuali proiezioni prevedono un progressivo innalzamento del livello marino dovuto all'incremento di temperatura terrestre, stimabile in 30 cm nei prossimi 50 anni.

Alcuni studi più conservativi stimano l'incremento in 10 cm nei prossimi 100 anni, mentre secondo una ricerca condotta dall'Istituto Spagnolo di Oceanografia, il livello del Mar Mediterraneo sarebbe addirittura raddoppiato negli ultimi dieci anni". Nel corso del XX secolo il livello del mare è cresciuto di 20 cm: dal 1943 il ritmo di innalzamento è stato di 1/1,25 mm all'anno ma nell'ultimo decennio è raddoppiato, attestandosi sui 3mm all'anno.

Tale stima comporta un innalzamento di 30 cm nei prossimi 100 anni. Non è possibile effettuare una stima ben precisa dell'innalzamento, se si considererà la media tra gli innalzamenti sopra riportati e cioè di 3.3 mm/anno gli innalzamenti in funzione del tempo sono quelli esposti nella Tabella:

t	Scc (m)
0	0,000
5	0,017
15	0,050
30	0,099
50	0,165
100	0,330
150	0,495

*Aliquota di innalzamento relativa al cambiamento climatico Scc.*

### Calcolo dello storm surge (SS)

Sulla base degli innalzamenti per ogni singolo fenomeno astronomico e climatico, è possibile calcolare il massimo sovrалzo lungo riva sommando tutti i diversi contributi di oscillazione del livello marino. In questo studio si può considerare come storm surge la somma di tutti gli effetti ad eccezione del sovrалzo per cambiamenti climatici in quanto di difficile interpretazione e di valori bassi.

Calcolo Sovralzo - cambiamenti climatici a t=0 anni						
Tr (anni)	Sb (m)	Sv (m)	SS (m)	Sm (m)	Sccl (m)	Stot
5	0,29	0,041	0,33	0,38	0,00	0,71
15	0,29	0,052	0,34	0,38	0,00	0,72
30	0,29	0,072	0,36	0,38	0,00	0,74
50	0,29	0,082	0,37	0,38	0,00	0,75
100	0,29	0,097	0,39	0,38	0,00	0,77

*Aliquote componenti il sovrалzo totale – t=0 anni*

Calcolo Sovralzo - cambiamenti climatici a t=50 anni						
Tr (anni)	Sb (m)	Sv (m)	SS (m)	Sm (m)	Sccl (m)	Stot
5	0,29	0,041	0,33	0,38	0,165	0,88
15	0,29	0,052	0,34	0,38	0,165	0,89
30	0,29	0,072	0,36	0,38	0,165	0,91
50	0,29	0,082	0,37	0,38	0,165	0,92
100	0,29	0,097	0,39	0,38	0,165	0,93

*Aliquote componenti il sovrалzo totale –t=50 anni*

Per tale motivo il sovrалzo totale (storm surge) si ottiene dalla somma dei diversi contributi climatici come riportato nella tabella. In particolare, lo storm surge (SS) è dato dalla somma delle componenti climatiche pressione (Sb) e vento (Sv), mentre il sovrалzo totale, Stot è dato dalla somma dello storm surge con la componente di marea (Sm) e la componente relativa ai cambiamenti climatici (Sccl). In particolare in Tabella 5 a-b, si riporta l'aliquota del sovrалzo in funzione del tempo di ritorno Tr e in funzione del tempo t in cui si vuole effettuare la verifica in quanto tale tempo influenza il sovrалzo per cambiamenti climatici.

### 4.16. Calcolo della profondità di chiusura

La profondità di chiusura è la massima profondità del fondale in cui un'onda fa sentire i suoi effetti al fine del trasporto solido. In mancanza di rilievi batimetrici nel tempo si fa riferimento alla relazione:

$$H_c = 1.60 \cdot H_{0,12}$$

in cui: -  $H_c$  è la profondità di chiusura espressa in m,

-  $H_{0,12}$  è l'altezza d'onda a largo che compare per 12 ore l'anno nel settore di traversia considerato.

Il valore è ricavabile dall'analisi statistica effettuata sui dati d'onda disponibili.



Se si conoscono il numero di apparizioni totali d'onda relative al periodo di osservazione e se si conoscono il numero di apparizioni di un'onda di una certa altezza  $H$  in una certa direzione  $\alpha$  si può determinare la frequenza dell'onda di altezza  $H$  nella direzione  $\alpha$  con la relazione:

$$f_{H,\alpha} = n_{H,\alpha}/n_{\text{tot}} * 100$$

Il tempo di apparizione dell'onda è dato da:

$$t_{H,\alpha} = f_{H,\alpha} * T$$

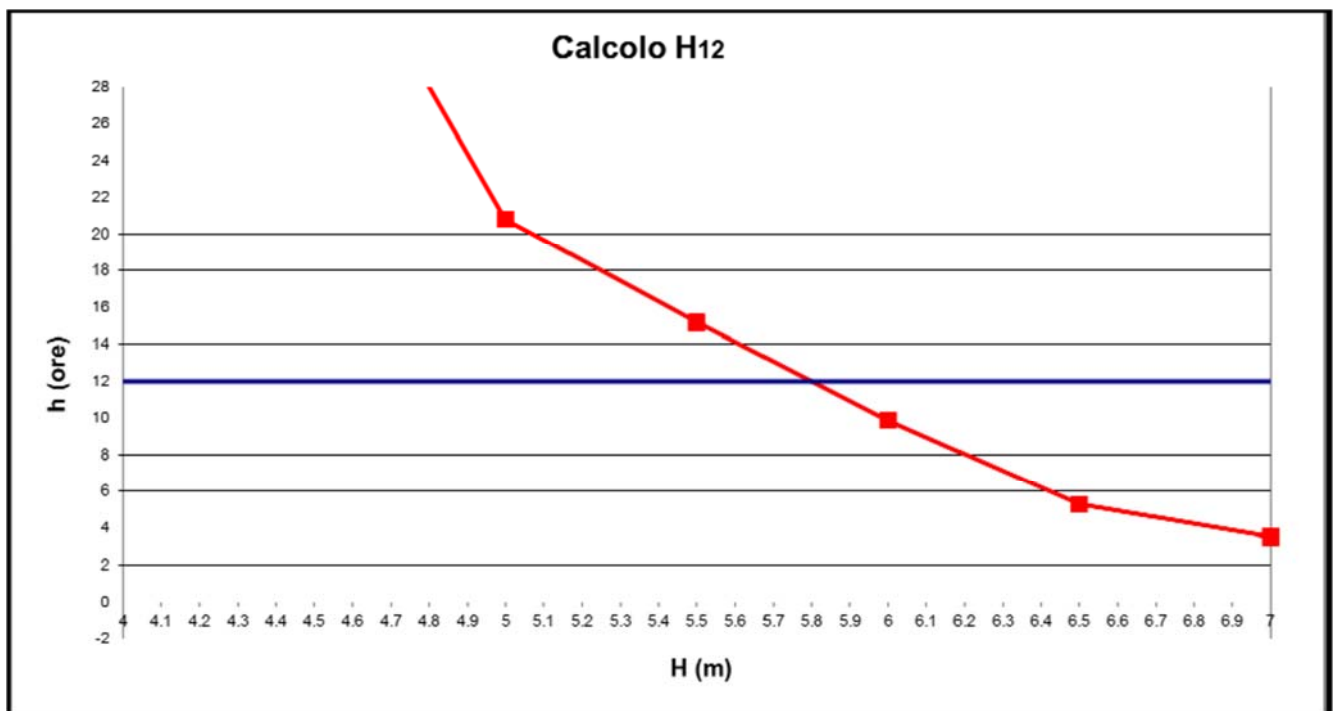
in cui  $T$  è il tempo totale dell'osservazione in ore che, se lo studio è riferito all'anno medio, vale  $T = 8760$  ore.

Il tempo di apparizione totale della singola onda per tutto il settore di traversia è dato da:

$$t_H = \sum_{\alpha=\alpha_1\alpha_2} t_{H,\alpha}$$

dove  $\alpha_1$  e  $\alpha_2$  sono le direzioni estreme del settore di traversia in esame.

Noto  $t_H$  è possibile tracciare la curva  $t_H$  funzione di  $H$  che è rappresentata nella figura seguente.



Il valore  $H_{0,12}$  è immediatamente determinato intersecando la curva di apparizione con la retta parallela all'asse delle ascisse e passante per il punto di ordinata  $t = 12$  ore.

Si determina il valore dell'altezza dell'onda che compare per 12 ore l'anno che è pari a  $H_{0,12} = 5.80$  m per cui la profondità di chiusura è pari a:

$$H_c = 1.60 * 5.80 = 9.28 \text{ m}$$

#### 4.17. Run -Up

Il "run-up" è un parametro importante per la valutazione del rischio di inondazione e per la progettazione di opere costiere.

In termini di onde costiere si riferisce alla massima altezza raggiunta dall'acqua sulla spiaggia, oltre la linea di costa, durante un'onda che si infrange.

R (Run UP corsa dell'onda sulla spiaggia) dipende dalla ripidità dell'onda incidente e dalle caratteristiche del fondale e della sponda.

Per calcolarlo, si utilizzano formule empiriche che tengono conto di diversi fattori, tra cui l'altezza dell'onda significativa al largo, l'angolo di inclinazione della spiaggia e la distanza di inondazione.

In pratica, il calcolo del run-up può essere eseguito attraverso diverse metodologie, spesso basate su modelli empirici sviluppati da ricercatori come Mase.

Questi modelli prendono in considerazione l'altezza d'onda significativa ( $H_0$ ), l'angolo di inclinazione della spiaggia ( $\phi$ ) e la distanza di inondazione ( $d$ ), fornendo una stima del run-up ( $R$ ).

Inoltre, è importante distinguere tra diversi tipi di run-up, come ad esempio:

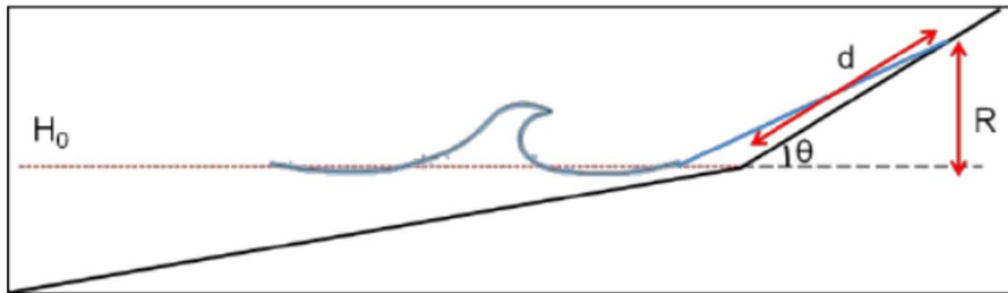
- Run-up significativo ( $R_{1/3}$ ): la media dei run-up delle onde più alte (tipicamente le prime 1/3).
- Run-up al 2% o altri percentili si riferisce al run-up raggiunto da una certa percentuale di onde (ad esempio, il 2% delle onde più alte).

Per il calcolo di  $R$  è stata utilizzata la formulazione empirica proposta da Mase per determinare il valore del *run up* rispetto al livello medio del mare, da cui si può ricavare la distanza di inondazione dalla linea di costa:

$$R = 0,88 \cdot \left( \frac{\tan \phi}{\sqrt{\frac{H_0}{L_0}}} \right)^{0,69} \cdot H_0$$

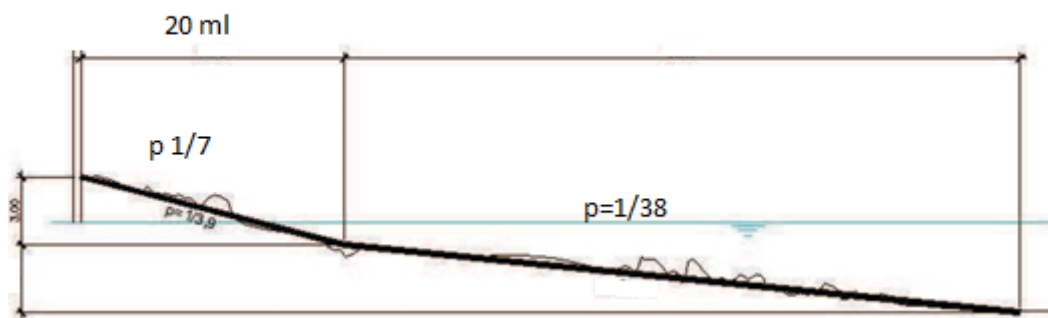
dove:

$H_0$  = altezza d'onda significativa *off-shore*;  
 $\phi$  = angolo d'inclinazione della spiaggia;  
 $L_0$  = lunghezza d'onda *off-shore*.



Procedura per il calcolo del run-up nel caso di spiagge. Parametri:  
 $d$  = distanza d' inondazione;  $R$  = corsa su ;  $\theta$  = angolo d'inclinazione della spiaggia;  
 $H_0$  = altezza d'onda significativa off-shore.

Per le valutazioni dei Run Up sono in genere prese in considerazione mareggiate con tempo di ritorno annuale e con tempo di ritorno cinquantennale, in modo da apprezzare le condizioni in funzione di mareggiate ordinarie ed estreme.



Sui fondali prospicienti il sito del Praelios a Parghelia, come ricavabile dalla batimetria di dettaglio allegata, la pendenza risulta essere di 1 ogni 40 m nella fascia batimetrica dai -10 metri (2,5%) e di 1 su 38 m (2,6%) dai dieci metri alla battigia. La scarpa emersa presenta un dislivello di 3 metri in 20 ml. A questi verrà aggiunta l'altezza della scogliera di protezione.

Tr (anni)	Hs (m)	Tp (s)
1	4.3	9.0
5	5.4	10.2
10	5.8	10.4
20	6.3	11.1
50	6.9	11.6
100	7.3	12.0

Applicato alle condizioni del sito il Run Up risulta essere di circa 18 metri per onde di 3,3 metri ( $0,78 \times H_s - Tr$  1 anno) e 38 metri per onde di 5,3 m ( $H_s$  6,9 -  $Tr$  50).

Queste valutazioni mettono in evidenza la necessità dell'intervento a protezione della struttura turistica, evidenziando quanto queste siano esposte con elevata frequenza alle mareggiate cui il tratto è soggetto.

#### 4.18. Verifiche di stabilità della scogliera

Le sopra riportate informazioni relative alle caratteristiche del moto ondoso al largo, sotto costa ed al frangimento per il paraggio indagato, sono necessarie per condurre le analisi specialistiche riguardanti le verifiche dell'opera prevista.

Il dimensionamento degli scogli per la realizzazione della barriera deriva dai calcoli riguardanti gli effetti idraulici dovuti all'azione del moto ondoso, per cui definite le altezze d'onda in corrispondenza della barriera si procede con il progetto della mantellata.

Le onde che vengono prese in esame sono relative ad un tempo di ritorno di 50 anni e per queste si ammette che il grado di danneggiamento sia limitato, inferiore al 5%. Per ogni onda si verifica che si tratti di un'onda frangente o di onda non frangente in modo da determinare il corretto coefficiente  $k_D$ .

Il calcolo della mantellata è stato condotto attraverso la formula di Hudson per condizioni di moto ondoso regolare e per la condizione di danno compreso tra 0 e 5%.

Per l'opera di difesa in esame si deve valutare la durata di vita presunta, in relazione al progetto in cui è inserita, tenuto conto delle sue caratteristiche funzionali.

Si deve valutare, inoltre, il livello di rischio o probabilità di superamento dell'onda di progetto, tenuto conto dei danni che tali onde possono arrecare all'opera e della possibilità di ripristinare la normale funzionalità di questa con operazioni di manutenzione seppure straordinaria.

A tal riguardo si è fatto riferimento a quanto indicato nelle Istruzioni Tecniche per la progettazione delle dighe frangiflutti edite dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (1996) ricavando i valori riportati nella tabella seguente.

FASE DI ESERCIZIO DELL'OPERA		
Tempo di vita utile	$T_v$	15 anni
Probabilità massima di danneggiamento	$P_f$	0.45
Tempo di ritorno di progetto	$T_{rp}$	25 anni
FASE DI COSTRUZIONE DELL'OPERA		
Tempo di vita utile	$T_v$	1 anno
Probabilità massima di danneggiamento	$P_f$	0.3 danni incipienti 0.15 distruzione totale
Tempo di ritorno di progetto	$T_{rc}$	3÷6 anni

*Definizione dei tempi di ritorno degli eventi meteomarinari di "progetto" delle opere.*

Sulla base del tempo di ritorno delle condizioni meteomarine estreme assunto pari a 50 anni si è fatto riferimento alle analisi statistiche degli eventi estremi condotte nello studio meteomarino ricavando i seguenti parametri caratteristici delle “onde di progetto” cui si farà riferimento nelle verifiche di stabilità idraulica-strutturale delle opere progettate

		Onde di progetto al largo			
Fase	Tr (anni)	Hs (m)	Tm(s)	Tp (s)	Dir (°N)
Esercizio	50	6.9	13.28	14.89	285-315

*Tabella – Onda di progetto*

Il dimensionamento delle scogliere è condizionato dall’onda incidente H.

Tale onda con tempo di ritorno di 50 anni che al largo ha un valore  $H = 6,9$  m mentre in prossimità della riva è limitata dal basso fondale e può essere determinata con formule sperimentali considerando un rapporto tra l’altezza dell’onda e il fondale è pari a:  $H = 0,78 d$  con d fondale esterno al piede dell’opera di progetto.

Il rapporto fornisce il valore massimo al quale l’onda inizia il processo di frangimento, tale condizione genera una riduzione dell’energia e una conseguente riduzione della sua altezza.

Per la scogliera in esame il fondale esterno al piede è zero.

Con un’onda incidente di tali dimensioni, per individuare il peso dei massi da utilizzare ai fini della stabilità della mantellata si può utilizzare la formula di Hudson:

$$P = \frac{\delta_c \cdot H^3}{K_D \cdot \Delta^3 \cdot \cot \alpha}$$

dove:

P = peso del singolo elemento da dimensionare

H = altezza dell’onda di progetto

$\Delta = \frac{\rho_r}{\rho_w} - 1$  dove al numeratore figura la densità specifica del materiale assunta pari a 2,6 t/mc per i massi naturali mentre al denominatore figura la densità specifica dell’acqua di mare pari a 1,033 t/mc

$\alpha$  è l’angolo formato dalla mantellata con l’orizzontale

$K_D$  è un coefficiente di stabilità dei massi, determinabile dalla tabella in figura, che varia con la forma dei massi, con il numero di strati della barriera, il tipo di onde (frangenti o non), la pendenza della scarpata e se si dimensionano i massi della testata (parte laterale) o del tronco della barriera.

Elemento	N. di strati	Posa in opera	Coeff. di forma $K_{\Delta}$ o di strato	Porosità %	Sezione corrente (1)		Testata		Pendenza $\cotg \alpha$
					$K_D$		$K_D$		
					onda frangente	onda non frangente	onda frangente	onda non frangente	
Masso naturale (a spigoli vivi)	1	alla rinfusa	—	—	— (2)	2,9	— (2)	2,3	1,5÷3
Masso naturale (a spigoli vivi)	2	alla rinfusa	1,00	37	2,0	4,0	1,9 1,6 1,3	3,2 2,8 2,3	1,5 2,0 3,0
Masso naturale (a spigoli vivi)	≥3	alla rinfusa	1,00	40	2,2	4,5	2,1	4,2	1,5÷3
Parallelepipedo	2	alla rinfusa	1,10	—	5,0	6,0	3,0	3,5	2,5÷3
Cubo modificato	2	alla rinfusa	1,10	47	6,5	7,5	—	5,0	1,5÷3
Tetrapodo	2	alla rinfusa	1,04	50	7,0	8,0	5,0 4,5 3,5	6,0 5,5 4,0	1,5 2,0 3,0
Dolos (3)	2	alla rinfusa	0,94	56	15,8(3)	31,8(2)	8,0 7,0	16,0 14,0	2,0 3,0

*Valori consigliati del coefficiente di stabilità,  $K_D$  per diversi tipi di massi (da Shore Protection Manual, 1984)*

Dalla formula di Hudson si ottiene il peso:  $P = 4.2 \text{ t}$

Sono stati previsti massi naturali di 3a categoria del peso 3-7 tons.

Il diametro nominale dei massi sarà:

$$D_n = \sqrt[3]{\frac{P}{\gamma_r}} = 1,2 \text{ m}$$