



# REGIONE ABRUZZO COMUNE DI ORTONA



APQ-14 INTERVENTO DT03  
Finanziamento con delibera C.I.P.E n° 84-2000

## PIANO REGOLATORE PORTUALE 2010



## CAPITANERIA DI PORTO DI ORTONA

Titolo elaborato :

### STUDIO METEOMARINO

Responsabile del Procedimento e Coordinatore Generale del P.R.P.:

Dott. Ing. Nicola PASQUINI

### MINISTERO DELLE INFRASTRUTTURE E TRASPORTI

PROVVEDITORATO INTERREGIONALE ALLE OPERE PUBBLICHE PER IL LAZIO, ABRUZZO E SARDEGNA

### UFFICIO 7 - OPERE MARITTIME

Progettisti:

Dott. Ing. Fabio RIVA  
Dott. Ing. Luigi MINENZA

Collaboratori alla progettazione:

Geom. Massimiliano RICCI  
Geom. Dario COMPAGNONE  
Geom. Pietro PRATICO'

Gruppo specialistico di supporto alla progettazione:

Coordinamento tecnico-scientifico:	Prof. Ing. Alberto NOLI
Aspetti marittimi e modellistica idraulica:	Prof. Ing. Paolo DE GIROLAMO
Aspetti urbanistici:	Urb. Ivana PEDERIVA
Aspetti ambientali:	Dott. Ing. Paolo CONTINI
Aspetti socio economici, trasportistici e finanziari:	TRT- Trasporti e Territorio - Dott. Ing. Fabio TORTA

Elaborato:

# S3

	Set. 2010	0	Emissione
--	-----------	---	-----------

Rif. Dis.	Data	Rev.	DESCRIZIONE
-----------	------	------	-------------

## Sommario

1. Premesse .....	5
2. Inquadramento del paraggio di ortona.....	6
2.1. Fetch geografici ed efficaci .....	6
2.2. Fetch geografici ed efficaci .....	7
2.2.1. Il paraggio di Ortona.....	7
2.2.2. Il paraggio di Giulianova.....	9
2.1. Deviazione tra direzione del vento e quella del moto ondoso .....	9
2.2. Regime correntometrico .....	11
3. Analisi ondametria .....	13
3.1. Dati di riferimento.....	13
3.1.1. La stazione ondametria di Ortona (RON). .....	13
3.1.2. La stazione ondametria di Giulianova (Regione Abruzzo).....	13
3.1. Definizione della serie ondametria di riferimento .....	13
3.1. Analisi ondametria a largo .....	19
3.1.1. Classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda e alla direzione di provenienza .....	19
3.1.2. Classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda ed al periodo d'onda	35
4. Analisi ondametria in corrispondenza dell'imboccatura .....	37
4.1.1. Propagazione degli eventi di moto ondoso.....	37
4.1.1. Definizione delle funzioni di correlazione largo-imboccatura .....	39
4.1.2. Classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda e alla direzione di provenienza .....	40
4.2. Analisi degli estremi .....	41
5. Analisi dei livelli.....	46
5.1.1. Analisi armonica della marea astronomica (componente deterministica) .....	46
5.1.1. Analisi della marea meteorologica (componente stocastica).....	48
6. Analisi anemometrica .....	51
6.1. Dati di riferimento.....	51
6.2. Analisi dell'esposizione anemometrica media a largo di Ortona.....	52
6.3. Analisi dell'esposizione media in corrispondenza del Porto di Ortona .....	54
6.4. Analisi degli estremi anemometrici a largo di Ortona .....	55
7. Bibliografia .....	56

## Indice delle figure

<i>Figura 1: Fetch efficaci (grafico a sinistra) e fetch geografici (grafico a destra) per il paraggio di Ortona.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2: Fetch efficaci (grafico a sinistra) e fetch geografici (grafico a destra) per il paraggio di Giulianova.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3: Deviazione tra la direzione del vento (ascissa) e direzione delle onde (ordinate) per i paraggi di Ortona e Giulianova. ....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 4: Caratteristiche correntometriche dell'Alto e Medio Adriatico (tratto da "Atlante Tematico d'Italia" TCI, CNR). ....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 5: Diagramma di riferimento per la trasposizione geografica delle misure di moto ondoso. ....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 6: Andamento del rendimento medio annuale della serie ondometrica di riferimento. ....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 7: Rappresentazione polare della distribuzione relativa media annuale delle altezze d'onda significative rispetto alla direzione di provenienza a largo di Ortona.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 8: Rappresentazione polare della distribuzione relativa media autunnale (grafico in alto) e invernale (grafico in basso) delle altezze d'onda significative rispetto alla direzione di provenienza a largo di Ortona. ....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 9: Rappresentazione polare della distribuzione relativa media primaverile (grafico in alto) e estiva (grafico in basso) delle altezze d'onda significative rispetto alla direzione di provenienza a largo di Ortona.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 10: Rappresentazione cartesiana della distribuzione del periodo di picco rispetto all'altezza significativa a largo di Ortona. ....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 11: Griglia di calcolo a bassa risoluzione ed estensione della griglia ad alta risoluzione posta sotto costa (zona ombreggiata). L'origine della griglia è posta alle coordinate UTM (fuso 33) 437 121E, 4 700 368N e l'asse delle ordinate è ruotato di 45; 07 in senso orario rispetto alla direzione del Nord geografico. ....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 12: Funzioni di correlazione largo-imboccatura in termini di altezza d'onda significativa (grafico a sinistra) e di direzione di propagazione (grafico a destra) in funzione della direzione di propagazione a largo. ....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 13: Rappresentazione polare della distribuzione relativa media annuale delle altezze d'onda significative rispetto alla direzione di provenienza in corrispondenza dell'imboccatura del Porto di Ortona. ....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 14: Rappresentazione polare degli eventi al colmo delle mareggiate identificate per il settore di traversia principale (altezza di soglia pari a 2 m) e per il settore di traversia secondario (altezza di soglia pari a 1,5 m). La direzione radiale indica il valore dell'altezza d'onda significativa.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 15: Rappresentazione grafica del test di adattamento delle funzioni di ripartizione teoriche di Gumbel e Weibull (<math>\beta=1</math>) al campione di altezze d'onda significative al colmo delle mareggiate provenienti dal settore di traversia principale.....</i>	<i>44</i>
<i>Figura 16: Rappresentazione grafica del test di adattamento delle funzioni di ripartizione teoriche di Gumbel e Weibull (<math>\beta=1</math>) al campione di altezze d'onda significative al colmo delle mareggiate provenienti dal settore di traversia secondario. ....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 17: Localizzazione della stazione di misura del vento a largo (R15 Giovanna) rispetto alla posizione della boa ondometrica di Ortona. ....</i>	<i>51</i>
<i>Figura 18: Rappresentazione polare della distribuzione relativa media annuale delle intensità di vento rispetto alla direzione di provenienza a largo di Ortona.....</i>	<i>52</i>
<i>Figura 19: Rappresentazione polare della distribuzione relativa media annuale delle intensità di vento rispetto alla direzione di provenienza a in corrispondenza del Porto di Ortona.....</i>	<i>54</i>

## Lista delle tabelle

<i>Tabella 1: valori numerici del fetch geografico, del fetch efficace e della direzione delle onde per il paraggio di Ortona.</i>	8
<i>Tabella 2: valori numerici del fetch geografico, del fetch efficace e della direzione delle onde per il paraggio di Giulianova.</i>	10
<i>Tabella 3: Valori numerici dei rendimenti medi mensili della serie ondometrica di riferimento (periodo 1989-1998).</i>	17
<i>Tabella 4: Valori numerici dei rendimenti medi mensili della serie ondometrica di riferimento (periodo 1999-2009).</i>	18
<i>Tabella 5: Distribuzione direzionale annuale: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.</i>	25
<i>Tabella 6: Clima medio annuale: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).</i>	26
<i>Tabella 7: Distribuzione direzionale autunnale: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.</i>	27
<i>Tabella 8: Clima medio autunnale: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).</i>	28
<i>Tabella 9: Distribuzione direzionale invernale: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.</i>	29
<i>Tabella 10: Clima medio invernale: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).</i>	30
<i>Tabella 11: Distribuzione direzionale primaverile: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.</i>	31
<i>Tabella 12: Clima medio primaverile: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).</i>	32
<i>Tabella 13: Distribuzione direzionale estiva: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.</i>	33
<i>Tabella 14: Clima medio estivo: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).</i>	34
<i>Tabella 15: Valori numerici dei coefficienti relativi alla relazione di dipendenza del periodo di picco dall'altezza significativa a largo di Ortona.</i>	36
<i>Tabella 16: Numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e periodo di picco a largo di Ortona.</i>	36
<i>Tabella 17: Distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e periodo di picco a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).</i>	37
<i>Tabella 18: Stima dei parametri delle distribuzioni teoriche per il settore di provenienza principale a largo di Ortona.</i>	43
<i>Tabella 19: Stima dei parametri delle distribuzioni teoriche per il settore di provenienza principale a largo di Ortona.</i>	44
<i>Tabella 20: Costanti armoniche stimate per la stazione di Ortona.</i>	48
<i>Tabella 21: Parametri di forma, scala e posizione delle diverse distribuzioni utilizzate.</i>	50
<i>Tabella 22: Livelli residui estremi in relazione a diversi tempi di ritorno.</i>	50
<i>Tabella 23: Distribuzione direzionale annuale degli eventi anemometrici: numero di eventi classificati per intensità di vento e direzione di provenienza a largo di Ortona (tabella a sinistra) e relativa distribuzione percentuale (tabella a destra). Le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25%.</i>	53
<i>Tabella 24: Stima dei parametri delle distribuzioni teoriche per l'adattamento statistico degli eventi anemometrici estremi a largo di Ortona (i valori dell'intensità del vento è espresso in m/s).</i>	55

## **1. PREMESSE**

Con riferimento a “Incarico di consulenza inerente gli aspetti marittimi” per la redazione del PRP del Porto di Ortona (OOMM/2284/A/09/FD – Comune di Ortona, prot. 3610 del 01/02/2010) conferito al Prof. Ing. Paolo De Girolamo e con riferimento al Disciplinare di Incarico Professionale (REP 26 del 21/12/2009) la presente relazione costituisce lo “Studio Meteomarino”. La presente relazione è stata redatta in collaborazione con il Dott. Ing. Marcello Di Risio.

## 2. INQUADRAMENTO DEL PARAGGIO DI ORTONA

### 2.1. Fetch geografici ed efficaci

L'analisi dell'esposizione geografica di una stazione di misura del moto ondoso o di un sito costiero si basa sulla determinazione dei fetch geografici ed efficaci. Per fetch si intende la lunghezza della porzione di mare sulla quale può avvenire la generazione del moto ondoso per opera dell'azione esercitata dal vento. In bacini semichiusi di estensione limitata, come il Mar Adriatico, l'individuazione dei fetch può essere eseguita facendo ricorso al concetto di "fetch geografico" che indica la distanza geografica tra il punto di interesse e la terra più vicina in relazione ad una prefissata direzione. L'assimilazione della dimensione caratteristica dell'area di generazione alla distanza geografica può essere accettata, poiché le dimensioni tipiche delle perturbazioni che normalmente interessano l'Adriatico sono dello stesso ordine di grandezza dei valori massimi che caratterizzano i fetch geografici (circa 400÷500 km).

Il valore del fetch efficace relativo ad una determinata direzione è funzione dei valori dei fetch geografici associati alle direzioni contigue a quella considerata. In questo modo i fetch efficaci consentono di tener conto del fatto che il moto ondoso è generato non solo nella direzione lungo la quale spirava il vento ma anche in tutte le direzioni comprese in un settore di  $\pm 90^\circ$  rispetto alla direzione media di azione del vento (Massel, 1996). Di conseguenza la lunghezza dei fetch efficaci risulta essere diversa da quella dei fetch geografici.

Il calcolo dei fetch efficaci può essere eseguito in base alla seguente relazione:

$$F_{e,w} = \frac{\sum_{\phi_i = \phi_w - \theta}^{\phi_w + \theta} F_i \cos^{n+1}(\phi_i - \phi_w)}{\sum_{\phi_i = \phi_w - \theta}^{\phi_w + \theta} \cos^n(\phi_i - \phi_w)}$$

nella quale i simboli che compaiono rappresentano i seguenti parametri:

$F_{e,w}$	lunghezza del fetch efficace relativa alla direzione $\phi_w$ ;
$F_i$	lunghezza del fetch geografico relativa alla direzione $i$ -esima $\phi_i$ ;
$\phi_w$	direzione media (riferita al nord geografico) di provenienza del vento responsabile del fenomeno di generazione del moto ondoso;

$\phi_w - \theta \leq \phi \leq \phi_w + \theta$	direzione i-esima (riferita al nord geografico) relativa ad un settore angolare di ampiezza pari a $2\theta$ considerato nell'intorno della direzione $\phi_w$ (il metodo di Saville prevede un valore di $\theta=45$ , mentre quello di Seymour fa riferimento ad un valore di $\theta=90^\circ$ );
$\theta$	ampiezza del settore angolare di provenienza del moto ondoso;
$n$	esponente definito in funzione della legge di distribuzione direzionale degli spettri di moto ondoso che caratterizzano il sito in esame (solitamente si assume $n=2$ ).

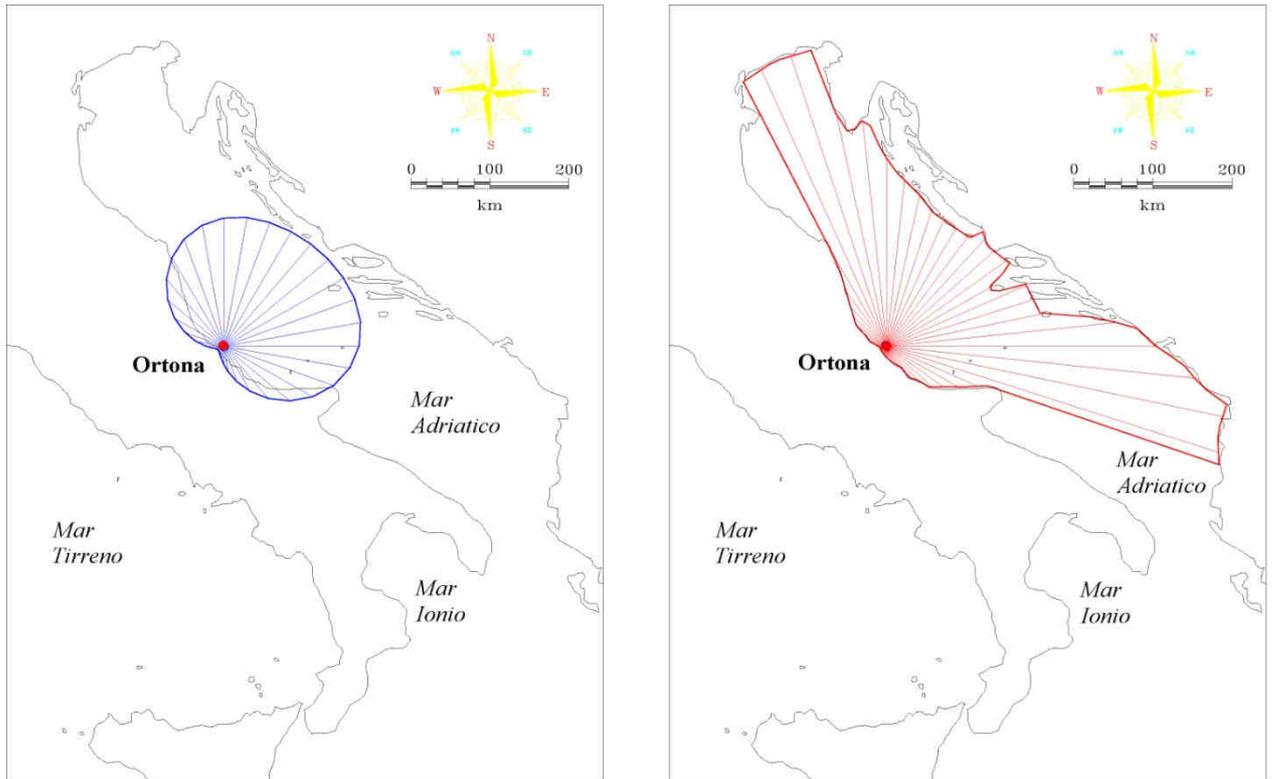
L'equazione riportata deriva dalla teoria di ricostruzione indiretta del moto ondoso nota come metodo SMB (Sverdrup, Munk e Bretshneider, 1947) e dai suoi successivi aggiornamenti (Saville 1954, Seymour 1977, Smith 1991).

Nel seguito si illustrano le caratteristiche di esposizione del sito di Ortona in termini di distribuzione direzionale dei fetch geografici e dei fetch efficaci. Viene inoltre presentata l'esposizione del sito di Giulianova necessaria, come si vedrà nel seguito, per la definizione della serie ondometrica di riferimento basata anche sulla base delle misure effettuate tramite la boa di Giulianova gestita dalla Regione Abruzzo nel periodo 2006-2009.

## **2.2.Fetch geografici ed efficaci**

### **2.2.1. Il paraggio di Ortona**

La Figura 1 mostra i fetch efficaci e geografici relativi al paraggio di Ortona, in particolare al punto ove è localizzata la boa ondometrica gestita dall'ISPRA (paragrafo 0) appartenente alla Rete Ondometrica Nazionale. Il valore dei fetch sono sintetizzati nella Tabella 1 in cui è riportata altresì la direzione del moto ondoso relativamente alla direzione media del vento (corrispondente alla direzione del fetch). Il paraggio di Ortona è caratterizzato da un settore di traversia geografico delimitato dal promontorio del Gargano a Sud-Est e da quello del Conero a Nord-Ovest.



**Figura 1:** Fetch efficaci (grafico a sinistra) e fetch geografici (grafico a destra) per il paraggio di Ortona.

Dir (°N)	FGEO (Km)	FEFF (Km)	Dir. Mare (°N)	Dir (°N)	FGEO (Km)	FEFF (Km)	Dir. Mare (°N)
0	242.1	202.0	359	180	14.5	18.5	132
10	203.9	197.3	5	190	12.1	14.0	138
20	180.4	188.2	11	200	10.6	11.4	145
30	174.9	179.8	19	210	9.7	9.8	153
40	190.8	176.6	46	220	9.0	8.9	163
50	183.7	180.9	64	230	8.3	8.7	289
60	152.6	191.6	72	240	8.0	9.1	297
70	194.7	204.9	78	250	8.0	10.3	304
80	227.2	215.4	84	260	9.2	13.0	310
90	340.2	217.8	89	270	11.6	18.1	316
100	437.9	208.8	93	280	16.6	27.6	321
110	448.4	187.8	98	290	23.9	43.5	326
120	106.9	157.3	102	300	34.3	66.8	331
130	83.1	122.4	107	310	52.0	96.3	336
140	56.6	88.6	111	320	71.8	128.8	341
150	29.2	60.2	116	330	128.4	159.5	345
160	23.5	39.6	121	340	391.4	183.7	350
170	17.7	26.3	126	350	280.1	198.1	354

**Tabella 1:** valori numerici del fetch geografico, del fetch efficace e della direzione delle onde per il paraggio di Ortona.

Ponendosi a largo, il paraggio è esposto al mare aperto per un settore di traversia compreso tra i 310°N e i 120°N. I valori più elevati della lunghezza del fetch geografico si osservano lungo le direzioni che traggono la costa veneta (310-340°N) e la costa albanese (100-110°N), per le quali la lunghezza del fetch geografico raggiunge valori di circa 400 km. Il settore che si affaccia sulle coste croate (10-80°N) è il più confinato ed è caratterizzato da lunghezze del fetch geografico di circa 200

km. Per quanto riguarda i fetch efficaci, si osserva che il fetch massimo risulta pari a circa 220 km ed è riferito al settore di levante.

### **2.2.2. Il paraggio di Giulianova**

La Figura 2 mostra i fetch efficaci e geografici relativi al paraggio di Giulianova, in particolare al punto ove la Regione Abruzzo ha posizionato una boa ondometrica direzionale (paragrafo 3.1.2). Il valore dei fetch è sintetizzato nella Tabella 2 che, inoltre, mostra la direzione del moto ondoso relativamente alla direzione media del vento (corrispondente alla direzione del fetch). Come è possibile osservare, il paraggio di Giulianova, in analogia con quello di Ortona, è caratterizzato da un settore di traversia geografico delimitato dal promontorio del Gargano a Sud-Est e da quello del Conero a Nord-Ovest. Ponendosi a largo, il paraggio è esposto al mare aperto per un settore di traversia compreso tra i 320°N e i 130°N. I valori più elevati della lunghezza del fetch geografico si osservano lungo le direzioni che traggono la costa veneta (320-340°N) e la costa albanese (110-130°N) per le quali la lunghezza del fetch geografico raggiunge valori di circa 400 km. Il settore che si affaccia sulle coste croate (10-80°N) è il più confinato ed è caratterizzato da lunghezze del fetch geografico di circa 200 km. Per quanto riguarda i fetch efficaci, si osserva che il fetch massimo risulta pari a circa 230 km ed è riferito al settore di levante.

### **2.1.Deviazione tra direzione del vento e quella del moto ondoso**

Per il calcolo della relazione esistente tra la direzione del vento e quella del moto ondoso generato, necessaria all'applicazione del metodo di trasposizione geografica (descritta e utilizzata nel successivo paragrafo 3.1), è possibile far riferimento al criterio introdotto da Donelan (Smith, 1991). In base a tale criterio, la direzione media del moto ondoso  $\theta$  generato da un vento caratterizzato da una direzione media  $\theta_w$  è pari al valore dell'angolo cui corrisponde il massimo valore della seguente funzione:

$$f(\beta) = (F_{e,w})^{0.28} (\cos\beta)^{0.44}$$

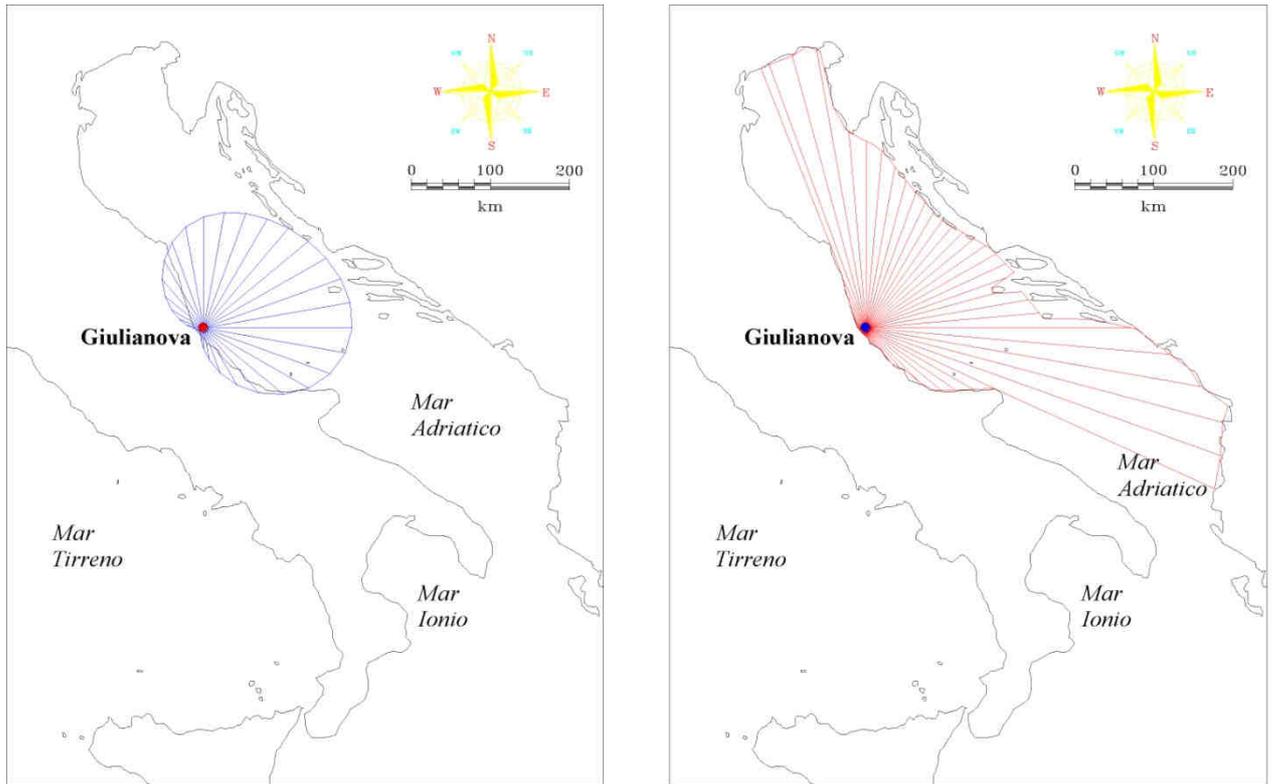
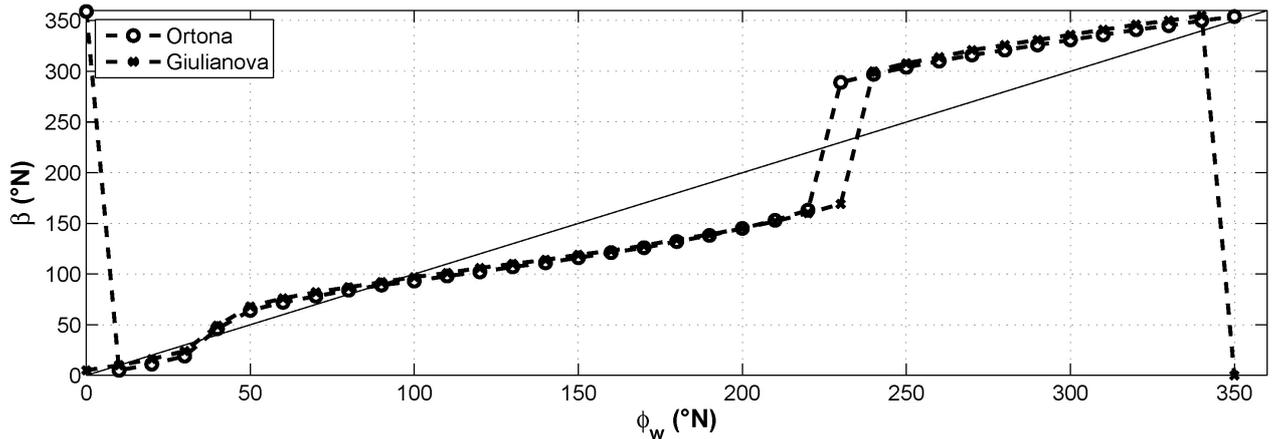


Figura 2: Fetch efficaci (grafico a sinistra) e fetch geografici (grafico a destra) per il paraggio di Giulianova.

Dir (°N)	F <sub>GEO</sub> (Km)	F <sub>EFF</sub> (Km)	Dir. Mare (°N)	Dir (°N)	F <sub>GEO</sub> (Km)	F <sub>EFF</sub> (Km)	Dir. Mare (°N)
0	239.4	178.6	5	180	10.6	18.7	134
10	208.9	182.4	10	190	9.1	12.6	139
20	183.6	179.9	16	200	8.2	9.5	145
30	171.4	175.2	24	210	7.6	8.1	152
40	169.5	173.4	49	220	7.4	7.4	160
50	177.4	178.0	68	230	7.4	7.3	169
60	189.1	190.2	76	240	7.6	7.5	300
70	187.1	207.3	82	250	8.0	8.0	308
80	207.6	224.2	87	260	8.9	8.9	314
90	341.1	234.8	92	270	10.2	10.6	321
100	428.5	233.9	97	280	11.3	14.6	326
110	476.3	218.9	101	290	12.7	23.0	331
120	158.3	190.7	106	300	15.1	37.8	336
130	124.2	153.6	110	310	19.4	59.5	341
140	66.3	114.0	114	320	28.0	87.0	346
150	27.7	77.9	119	330	48.3	116.9	350
160	21.0	49.5	123	340	360.1	144.6	355
170	13.4	30.2	128	350	362.9	166.0	0

Tabella 2: valori numerici del fetch geografico, del fetch efficace e della direzione delle onde per il paraggio di Giulianova.



**Figura 3:** Deviazione tra la direzione del vento (ascissa) e direzione delle onde (ordinate) per i paraggi di Ortona e Giulianova.

dove  $F_{e,w}$  è la lunghezza del fetch efficace relativa alla direzione  $\phi_w$  del vento. La legge di deviazione direzionale tra la direzione media del vento (spirante lungo il fetch efficace).

La legge ottenuta è riportata in forma grafica nella Figura 3, e i valori numerici dello scostamento sono riportati nelle precedenti Tabella 1 e Tabella 2. Si osserva che le deviazioni relative al largo di Ortona e di Giulianova non presentano differenze sostanziali. Per entrambi i paraggi i maggiori valori della deviazione si verificano per gli stati di mare provenienti da Sud-Sud-Ovest e Sud, mentre per quelli provenienti dal primo quadrante la deviazione risulta molto limitata con un valore prossimo allo zero per direzioni del vento vicine a  $90^\circ\text{N}$  e  $40^\circ\text{N}$ .

## 2.2.Regime correntometrico

L'analisi d'insieme (Figura 4) mostra che, a largo della costa meridionale abruzzese, i flussi delle correnti di gradiente (o di densità) sono condizionati dal fenomeno di riflusso della circolazione d'insieme antioraria del Mar Adriatico e pertanto sono diretti da Nord verso Sud. In generale, nell'Adriatico centrale la velocità media delle correnti in superficie è piuttosto modesta, circa 5 cm/s, con punte massime comunque inferiori a 50 cm/s. La conformazione batigrafica del sito in esame, associata alla limitata escursione dei livelli di marea astronomica, lascia prevedere valori trascurabili delle possibili correnti di marea. In definitiva, si può asserire che il regime delle correnti di gradiente in esame ha effetti irrilevanti sulla dinamica dei sedimenti costieri per il paraggio costiero in esame. E' da sottolineare tuttavia che in prossimità della costa si verificano correnti indotte dal moto ondoso che, in concomitanza di eventi intensi, possono raggiungere valori dell'ordine di 1 m/s.

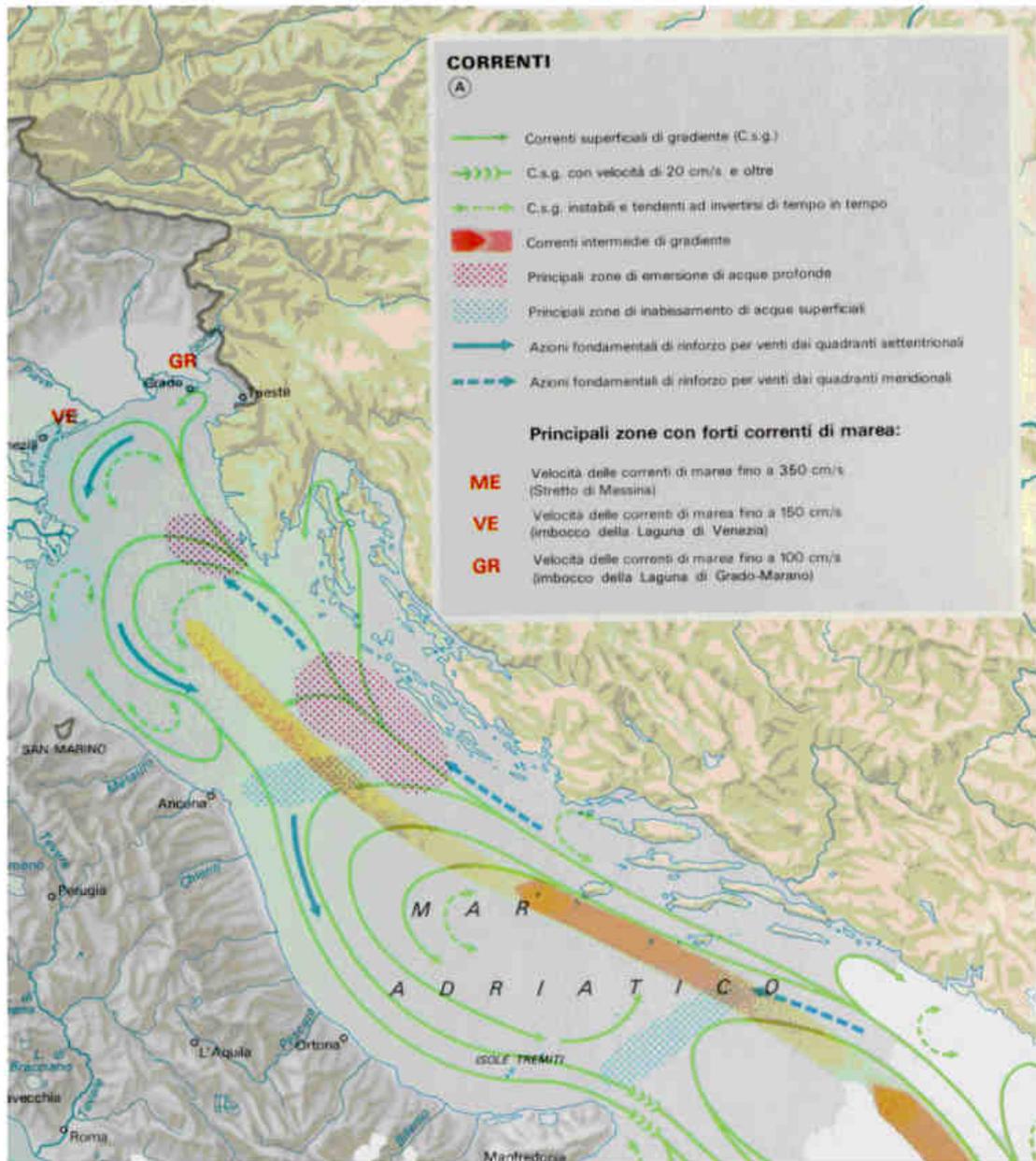


Figura 4: Caratteristiche correntometriche dell'Alto e Medio Adriatico (tratto da "Atlante Tematico d'Italia" TCI, CNR).

### **3. ANALISI ONDAMETRICA**

#### **3.1. Dati di riferimento**

Le serie ondametriche in base alle quali sono state effettuate le analisi descritte nel seguito di questo documento è costituita dalle registrazioni acquisite tramite la stazione di misura di Ortona, appartenente alla Rete Ondametrica Nazionale, e la boa ondametrica installata dalla Regione Abruzzo a largo di Giulianova nel febbraio 2006.

##### **3.1.1. La stazione ondametrica di Ortona (RON).**

La stazione ondametrica di Ortona, che fa parte della Rete Ondametrica Nazionale gestita dall'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), è costituita da una boa ondametrica direzionale (tipo Datawell Wavec MKI) di tipo accelerometrica, posizionata su fondali di circa 100 m (coordinate geografiche 42°24.4'N;14°32.2' E). La serie storica analizzata si estende dal 01/07/1989 al 23/04/2007, ottenuta dal sito di riferimento dei dati ondametrici nazionali ([www.idromare.it](http://www.idromare.it)). Il rendimento medio dell'ondametro (percentuale degli eventi misurati rispetto a quelli teorici) è pari al 78,68%.

##### **3.1.2. La stazione ondametrica di Giulianova (Regione Abruzzo)**

La boa ondametrica direzionale accelerometrica è stata installata nel febbraio 2006 a largo del Porto di Giulianova (coordinate geografiche 42°49'32"N,14°7'08" E) nell'ambito dei "Lavori di riqualificazione ambientale e di difesa e gestione delle aree della fascia litoranea di Martinsicuro, Silvi-Pineto, Montesilvano, Pescara Sud-Francavilla, Fossacesia, Casalbordino e Vasto". Le caratteristiche tecniche del sistema utilizzato permettono di avere tutti i dati relativi agli spostamenti della boa ondametrica con una frequenza di acquisizione pari a 1,28 Hz trasmessi in continuo tramite UHF alla stazione di controllo ubicata nei locali dell'Ente Porto di Giulianova. Inoltre la boa invia i dati sintetici del moto ondoso con cadenza semioraria (altezza d'onda, periodo, direzione). La boa è rimasta in funzione sino al febbraio 2009 (per una durata totale di funzionamento di 3 anni). Il rendimento medio dell'ondametro è stato superiore al 95%.

#### **3.1. Definizione della serie ondametrica di riferimento**

Al fine di massimizzare la durata della serie ondametrica di riferimento, in questo studio viene applicato il metodo di trasposizione geografica delle misure di moto ondoso proposto da Contini e De Girolamo (1998). Tale operazione si rende

necessaria per trasferire le misure ondametriche acquisite a largo di Giulianova in corrispondenza del paraggio di interesse (Ortona) ad integrazione della serie ondametrica acquisita tramite la boa della RON. L'ipotesi di base della metodologia seguita 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 al punto di misura e a quello di interesse.

Nel caso di fetch limitati e condizioni stazionarie le leggi che permettono di calcolare l'altezza d'onda significativa spettrale  $H_{mo}$  e il periodo di picco spettrale  $T_m$  in funzione della lunghezza del fetch e della velocità del vento sono le seguenti (Shore Protection Manual, 1984):

$$\frac{gH_{mo}}{U_A^2} = 1.6 \cdot 10^{-3} \left( \frac{gF}{U_A} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad \frac{gT_m}{U_A^2} = 2.857 \cdot 10^{-1} \left( \frac{gF}{U_A} \right)^{\frac{1}{3}}$$

dove  $U_A$  è il fattore di velocità del vento ("wind stress factor"), dipendente in modo non lineare dalla velocità del vento misurata alla quota +10 m s.l.m., ed  $F$  è il fetch efficace relativo ad una prefissata direzione geografica ( $g$  è l'accelerazione di gravità).

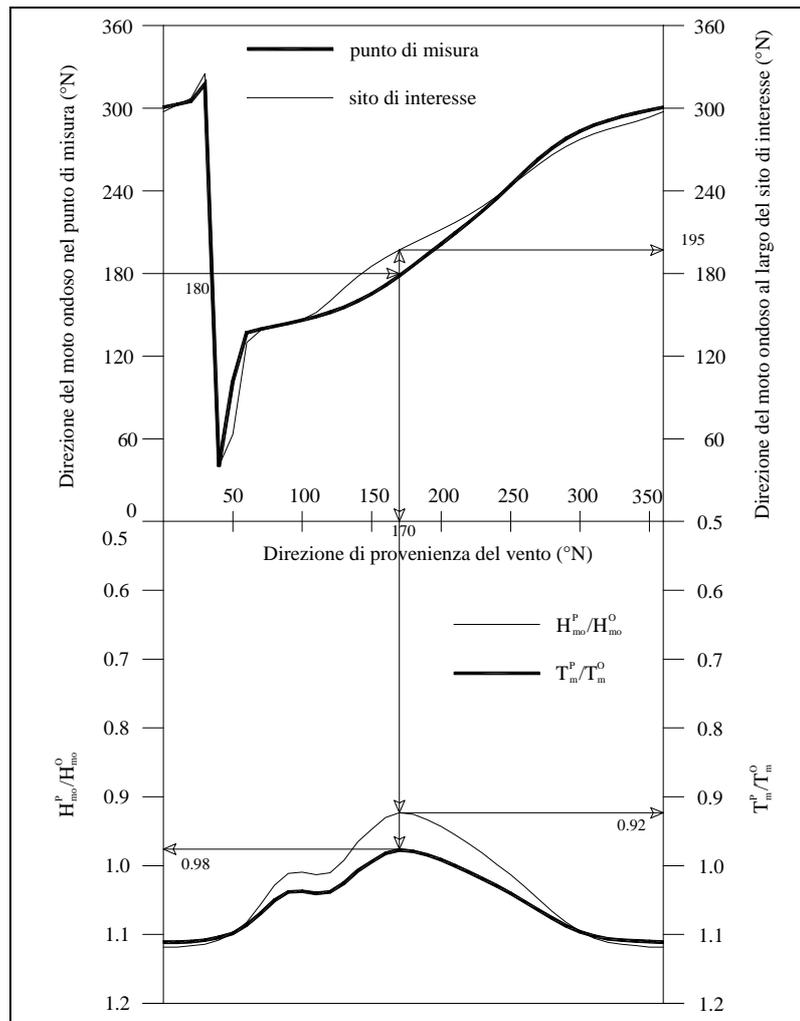


Figura 5: Diagramma di riferimento per la trasposizione geografica delle misure di moto ondoso.

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 fetch efficaci  $F^P$  e  $F^O$ , le precedenti relazioni permettono di stabilire la ricercata corrispondenza tra le altezze ed i periodi delle onde relative al punto O e al punto P:

$$\frac{H_{mo}^P}{H_{mo}^O} = \left( \frac{F^P}{F^O} \right)^{\frac{1}{2}} \qquad \frac{T_m^P}{T_m^O} = \left( \frac{F^P}{F^O} \right)^{\frac{1}{3}}$$

per ottenere le quali si è supposto che il fattore di velocità del vento sia lo stesso nei due punti in esame ( $U_A^O = U_A^P$ ). Il metodo si completa utilizzando la legge che stabilisce il legame tra la direzione media del vento e la direzione media del moto ondoso da esso generato (Figura 3).

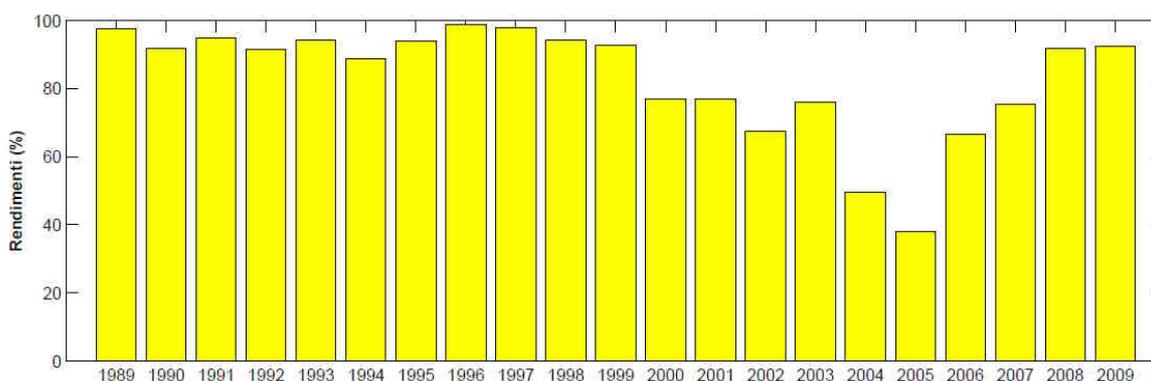
L'applicazione del metodo è riassunta nella Figura 5. Note le caratteristiche del moto ondoso registrate dall'ondametro (O), sulla base della legge di correlazione tra la direzione dell'onda e quella del vento (vedi parte superiore del grafico) si determina

la direzione dell'onda nel punto di interesse (P) in corrispondenza della quale sono definiti i rapporti  $H_{m0}^P/H_{m0}^O$  e  $H_{m0}^P/T_{m0}^O$  (parte inferiore del grafico).

Nell'ambito di questo studio, come già anticipato, il metodo di trasposizione geografica è stato applicato alla serie ondometrica di Giulianova per il trasferimento dei dati a largo di Ortona.

Pertanto, la serie storica al largo di Ortona è stata definita integrando la serie originale (trioraria) registrata dalla boa della Rete Ondometrica Nazionale con quella registrata dalla boa di Giulianova, opportunamente ridotta a trioraria e trasposta secondo la procedura precedentemente illustrata.

La durata complessiva della serie ondometrica si estende, pertanto, dal 1/7/1989 al 26/2/2009, fino al 23/4/2007 costituita dai dati rilevati direttamente in corrispondenza del paraggio tramite la boa della Rete Ondometrica Nazionale, e dal 24/4/2007 al 26/2/2009 costituita dai dati trasposti dal punto di misura a largo di Giulianova. La Figura 6 riporta l'andamento temporale dei rendimenti annuali, la Tabella 3 e la Tabella 4 mostrano i valori dei rendimenti mensili per l'intero periodo considerato. Si osserva che il rendimento medio dell'intera serie ondometrica è vicina all'80%. Tuttavia, dopo un periodo di alti rendimenti medi annui (superiori all'88%) che è durato sino al 1999, la boa ondometrica di Ortona ha subito un calo del rendimento che ha raggiunto il suo minimo nell'anno 2005, quando sono stati acquisiti soltanto circa il 38% dei dati nominalmente acquisibili. L'utilizzo della serie ondometrica acquisita dalla boa di Giulianova ha indotto un aumento del rendimento che, per l'anno 2008 ha superato il 91%. Per l'intera durata della serie ondometrica di riferimento, il rendimento medio si attesta al valore di circa 82%.



**Figura 6:** Andamento del rendimento medio annuale della serie ondometrica di riferimento.

Anno	Mese	N.ro eventi nominali	N.ro eventi misurati	Rend. [%]	Anno	Mese	N.ro eventi nominali	N.ro eventi misurati	Rend. [%]
1989	1	=	=	=	1994	1	248	228	91.94
1989	2	=	=	=	1994	2	224	209	93.30
1989	3	=	=	=	1994	3	248	215	86.69
1989	4	=	=	=	1994	4	240	233	97.08
1989	5	=	=	=	1994	5	248	198	79.84
1989	6	=	=	=	1994	6	240	227	94.58
1989	7	248	218	87.90	1994	7	248	199	80.24
1989	8	248	246	99.19	1994	8	248	239	96.37
1989	9	240	239	99.58	1994	9	240	188	78.33
1989	10	248	248	100.00	1994	10	248	169	68.15
1989	11	240	239	99.58	1994	11	240	240	100.00
1989	12	248	247	99.60	1994	12	248	247	99.60
<b>1989</b>	<b>1-12</b>	<b>1472</b>	<b>1437</b>	<b>97.62</b>	<b>1994</b>	<b>1-12</b>	<b>2920</b>	<b>2592</b>	<b>88.77</b>
1990	1	248	248	100.00	1995	1	248	247	99.60
1990	2	224	224	100.00	1995	2	224	223	99.55
1990	3	248	246	99.19	1995	3	248	246	99.19
1990	4	240	237	98.75	1995	4	240	163	67.92
1990	5	248	234	94.35	1995	5	248	247	99.60
1990	6	240	208	86.67	1995	6	240	239	99.58
1990	7	248	217	87.50	1995	7	248	242	97.58
1990	8	248	248	100.00	1995	8	248	248	100.00
1990	9	240	195	81.25	1995	9	240	218	90.83
1990	10	248	165	66.53	1995	10	248	237	95.56
1990	11	240	234	97.50	1995	11	240	238	99.17
1990	12	248	227	91.53	1995	12	248	199	80.24
<b>1990</b>	<b>1-12</b>	<b>2920</b>	<b>2683</b>	<b>91.88</b>	<b>1995</b>	<b>1-12</b>	<b>2920</b>	<b>2747</b>	<b>94.08</b>
1991	1	248	210	84.68	1996	1	248	246	99.19
1991	2	224	216	96.43	1996	2	232	232	100.00
1991	3	248	246	99.19	1996	3	248	247	99.60
1991	4	240	216	90.00	1996	4	240	240	100.00
1991	5	248	248	100.00	1996	5	248	240	96.77
1991	6	240	239	99.58	1996	6	240	237	98.75
1991	7	248	248	100.00	1996	7	248	245	98.79
1991	8	248	244	98.39	1996	8	248	243	97.98
1991	9	240	214	89.17	1996	9	240	239	99.58
1991	10	248	246	99.19	1996	10	248	247	99.60
1991	11	240	234	97.50	1996	11	240	239	99.58
1991	12	248	206	83.06	1996	12	248	241	97.18
<b>1991</b>	<b>1-12</b>	<b>2920</b>	<b>2767</b>	<b>94.76</b>	<b>1996</b>	<b>1-12</b>	<b>2928</b>	<b>2896</b>	<b>98.91</b>
1992	1	248	248	100.00	1997	1	248	247	99.60
1992	2	232	231	99.57	1997	2	224	224	100.00
1992	3	248	247	99.60	1997	3	248	247	99.60
1992	4	240	204	85.00	1997	4	240	239	99.58
1992	5	248	203	81.85	1997	5	248	247	99.60
1992	6	240	237	98.75	1997	6	240	239	99.58
1992	7	248	217	87.50	1997	7	248	245	98.79
1992	8	248	234	94.35	1997	8	248	233	93.95
1992	9	240	185	77.08	1997	9	240	239	99.58
1992	10	248	247	99.60	1997	10	248	241	97.18
1992	11	240	186	77.50	1997	11	240	229	95.42
1992	12	248	242	97.58	1997	12	248	229	92.34
<b>1992</b>	<b>1-12</b>	<b>2928</b>	<b>2681</b>	<b>91.56</b>	<b>1997</b>	<b>1-12</b>	<b>2920</b>	<b>2859</b>	<b>97.91</b>
1993	1	248	234	94.35	1998	1	248	248	100.00
1993	2	224	219	97.77	1998	2	224	223	99.55
1993	3	248	244	98.39	1998	3	248	236	95.16
1993	4	240	235	97.92	1998	4	240	240	100.00
1993	5	248	241	97.18	1998	5	248	248	100.00
1993	6	240	229	95.42	1998	6	240	239	99.58
1993	7	248	193	77.82	1998	7	248	246	99.19
1993	8	248	232	93.55	1998	8	248	213	85.89
1993	9	240	227	94.58	1998	9	240	239	99.58
1993	10	248	248	100.00	1998	10	248	248	100.00
1993	11	240	208	86.67	1998	11	240	135	56.25
1993	12	248	242	97.58	1998	12	248	238	95.97
<b>1993</b>	<b>1-12</b>	<b>2920</b>	<b>2752</b>	<b>94.25</b>	<b>1998</b>	<b>1-12</b>	<b>2920</b>	<b>2753</b>	<b>94.28</b>

Tabella 3: Valori numerici dei rendimenti medi mensili della serie ondometrica di riferimento (periodo 1989-1998).



### **3.1. Analisi ondametria a largo**

#### **3.1.1. Classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda e alla direzione di provenienza**

I dati ondametrici possono essere classificati in base al valore dell'altezza d'onda ed alla direzione di provenienza. In tal caso è possibile definire una serie di classi e la relativa frequenza di occorrenza (assoluta e relativa). La rappresentazione polare delle frequenze relative (rosa climatica), calcolata su base annuale e su base stagionale permette di trarre indicazioni sulle caratteristiche climatiche del paraggio e le relative rappresentazioni tabellari permettono un'analisi quantitativa del clima.

Al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi, gli elementi della serie ondametria definita a largo di Ortona (paragrafo 3.1) sono stati suddivisi in base al valore dell'altezza d'onda significativa e alla direzione di provenienza. Tale suddivisione è stata eseguita sia per tutti gli eventi della serie, sia considerando separatamente gli eventi stagionali.

Nella Figura 7 è riportata la rosa annuale, nella Figura 8 e Figura 9 sono riportate quelle stagionali del clima di moto ondoso. Le Tabella 5-Tabella 14 riportano gli stessi risultati in forma numerica.

Dall'analisi dei risultati si evince che, a largo di Ortona, gli stati di mare più frequenti e caratterizzati da altezze d'onda più elevate provengono dal settore di traversia compreso nel settore  $310^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{N}$ . Tale settore, quindi, può essere assunto quale settore di traversia principale. Peraltro, è identificabile un settore di traversia secondario che si estende nell'intervallo angolare  $50^{\circ}\text{N}-120^{\circ}\text{N}$ , nel quale ricadono le direzioni di provenienza delle mareggiate meno intense. In particolare, per quanto riguarda il clima annuale medio, emergono le seguenti caratteristiche:

- la percentuale degli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda inferiore a 0,5 m è pari a circa il 57%;
- gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m provengono per circa il 63% dal settore di traversia principale ( $310^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{N}$ ), per circa il 31% dal settore di traversia secondario ( $50^{\circ}\text{N}-120^{\circ}\text{N}$ ) e per il rimanente 6% dalle altre direzioni;
- gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 2,0 m provengono per circa l'81% dal settore di traversia principale ( $310^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{N}$ ), per circa il 12% dal settore di traversia secondario ( $50^{\circ}\text{N}-120^{\circ}\text{N}$ ) e per il rimanente 7% dalle altre direzioni;
- gli eventi particolarmente intensi (altezza d'onda superiore a 3,5 m) provengono per circa l'88% dal settore di traversia principale ( $310^{\circ}\text{N}-50^{\circ}\text{N}$ ),

per circa l'8% dal settore di traversia secondario (50°N-120°N) e per il 4% dalle altre direzioni;

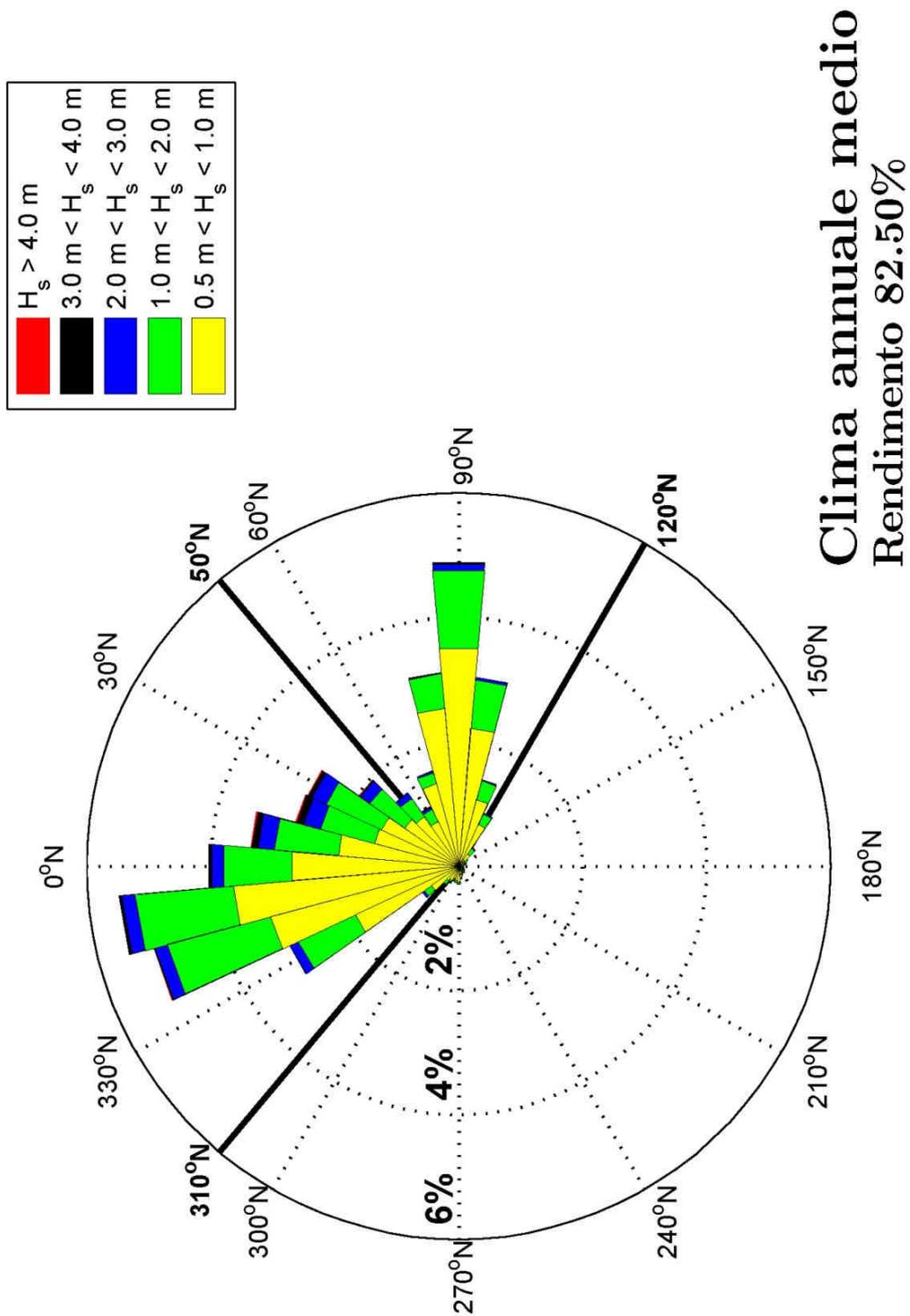
Per quanto riguarda la stagionalità climatica si osserva che:

- gli eventi caratterizzati da altezze d'onda minori di 0,5 m rappresentano circa il 44% in autunno, il 48% in inverno, il 67% in primavera ed il 68% durante l'estate;
- in autunno gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m provengono per circa il 58% dal settore di traversia principale (310°N-50°N), per circa il 37% dal settore di traversia secondario (50°N-120°N) e per il rimanente 6% dalle altre direzioni;
- in inverno gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m provengono per circa il 69% dal settore di traversia principale (310°N-50°N), per circa il 25% dal settore di traversia secondario (50°N-120°N) e per il rimanente 6% dalle altre direzioni;
- in primavera gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m provengono per circa il 57% dal settore di traversia principale (310°N-50°N), per circa il 38% dal settore di traversia secondario (50°N-120°N) e per il rimanente 5% dalle altre direzioni;
- in estate gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 0,5 m provengono per circa il 72% dal settore di traversia principale (310°N-50°N), per circa il 22% dal settore di traversia secondario (50°N-120°N) e per il rimanente 6% dalle altre direzioni;
- in autunno gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 2,0 m provengono per circa il 77% dal settore di traversia principale (310°N-50°N), per circa il 16% dal settore di traversia secondario (50°N-120°N) e per il rimanente 7% dalle altre direzioni;
- in inverno gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda superiore a 2,0 m provengono per circa il 83% dal settore di traversia principale (310°N-50°N), per il 9% dal settore di traversia secondario (50°N-120°N) e per il rimanente 8% dalle altre direzioni.

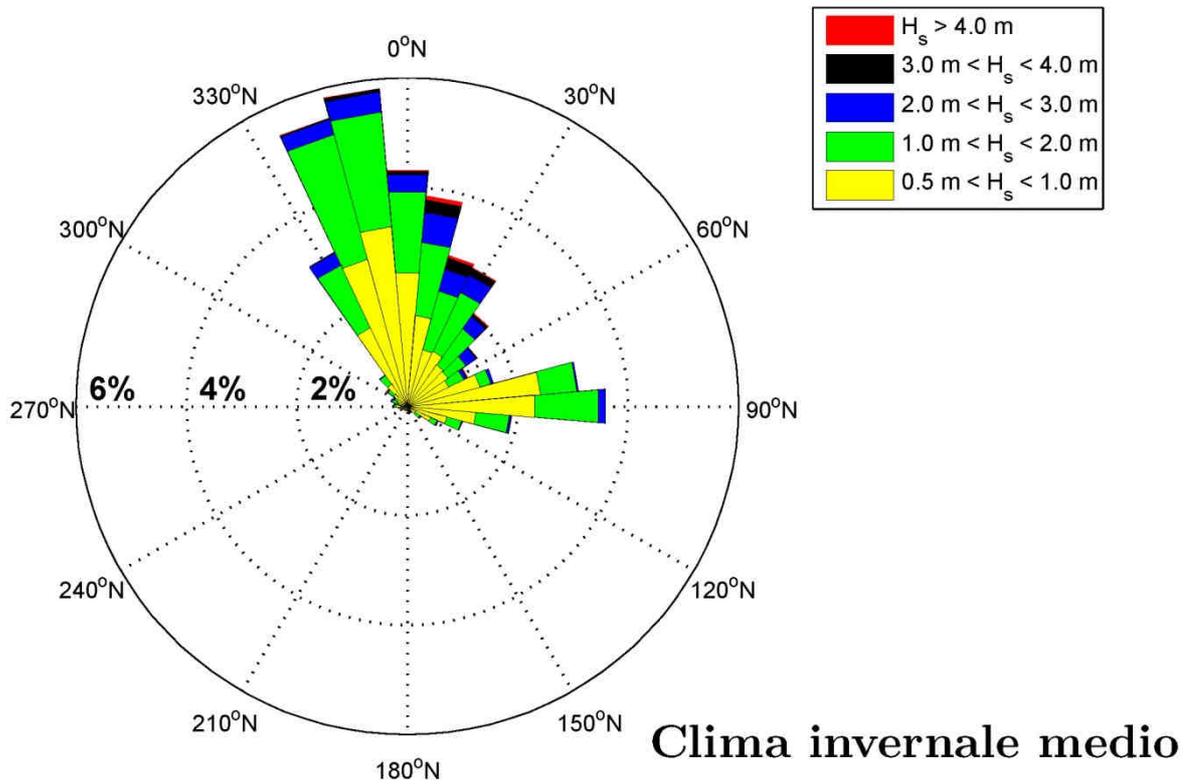
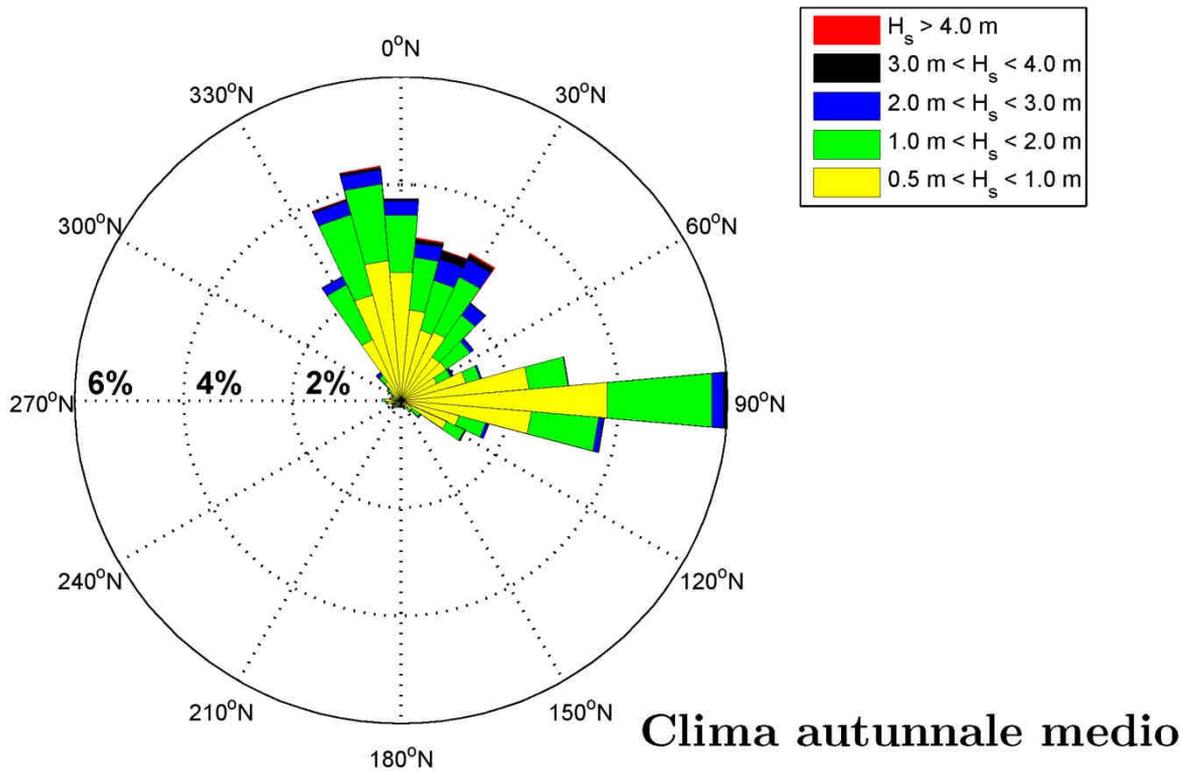
In conclusione si può affermare che:

- il moto ondoso più intenso ( $H_s > 3,50$  m) proviene prevalentemente da un limitato settore di traversia (310°N-50°N) e gli eventi estremi con  $H_s > 2,0$  m sono caratterizzati da una frequenza di accadimento contenuta (pari a circa il 3%);

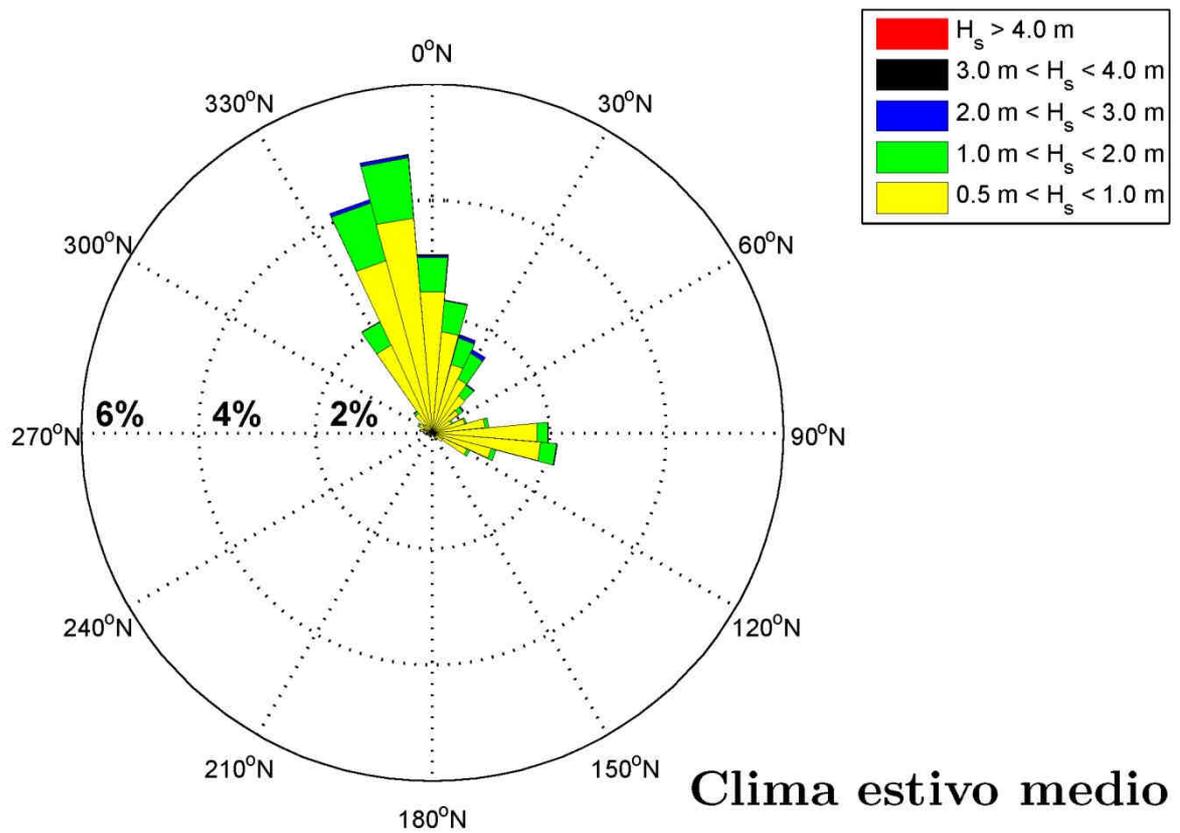
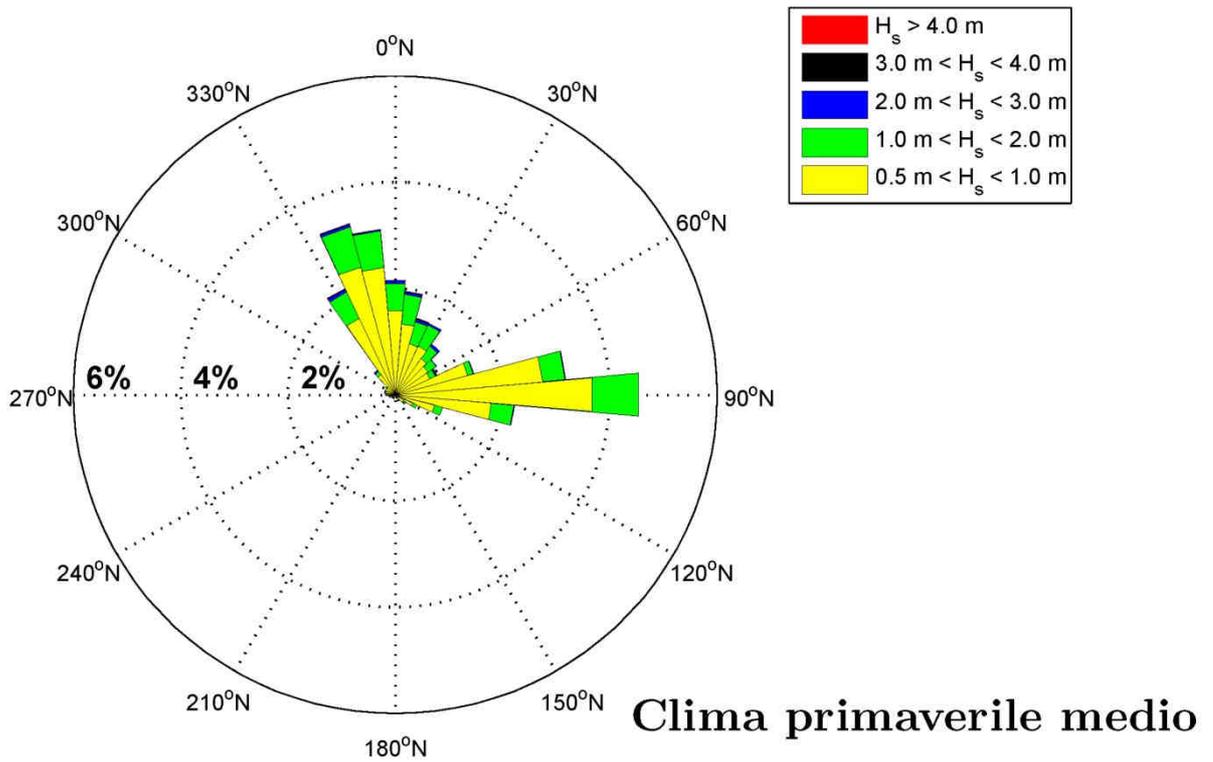
- tra gli stati di mare “significativi” (altezza d’onda maggiore di 0,5 m) quelli più frequenti sono caratterizzati da un’altezza d’onda inferiore a 2 m;
- gli stati di mare con altezze d’onda inferiori a 0,5 m sono più frequenti durante le stagioni estiva e primaverile ed hanno durata limitata durante le stagioni autunnale ed invernale;
- gli stati di mare con altezza d’onda superiore a 0,5 m provengono prevalentemente dal settore di traversia principale (310°N-50°N), particolarmente durante le stagioni autunnale ed invernale;
- gli stati di mare con altezza d’onda superiore a 2,0 provengono prevalentemente dal settore di traversia principale (310-50°N), in particolare durante il periodo invernale.



**Figura 7:** Rappresentazione polare della distribuzione relativa media annuale delle altezze d'onda significative rispetto alla direzione di provenienza a largo di Ortona.



**Figura 8:** Rappresentazione polare della distribuzione relativa media autunnale (grafico in alto) e invernale (grafico in basso) delle altezze d'onda significative rispetto alla direzione di provenienza a largo di Ortona.



**Figura 9:** Rappresentazione polare della distribuzione relativa media primaverile (grafico in alto) e estiva (grafico in basso) delle altezze d'onda significative rispetto alla direzione di provenienza a largo di Ortona.

## CLIMA ANNUALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	720	811	706	309	137	73	46	20	21	7	6					2 856
20	566	607	595	330	141	97	45	41	19	8	3					2 452
30	515	520	547	294	171	77	44	20	11	5	2		1			2 207
40	475	480	383	213	113	69	18	4	8	3						1 766
50	481	522	342	125	42	35	12	1	5							1 565
60	500	596	283	85	25	10	8	4	1		1					1 513
70	599	837	472	63	24	8	7		1							2 011
80	757	1 278	948	226	42	5	2	2								3 260
90	823	1 493	1 252	443	121	36	14	5	5							4 192
100	735	1 261	839	312	76	15	11	4	1							3 254
110	589	930	406	135	24	6	4	2								2 096
120	397	499	248	74	9	5	1	1	1							1 235
130	264	215	102	36	21	7		1	1							647
140	195	115	44	19	3	1	2	1	1							381
150	122	67	35	11		3	1									239
160	82	56	26	9	4	6	1									184
170	62	40	26	8	4	5		1								146
180	60	33	17	1	1	5	2									119
190	39	41	23	4	3	3	2									115
200	39	35	25	5	5	3										112
210	52	41	29	8	3	2	1	1								137
220	37	44	35	8	4	2	1									131
230	33	50	38	7	2	5	1		1							137
240	31	42	31	7	3	3	1									118
250	66	59	35	9	3	3			1							176
260	52	75	76	8	4	2	1									218
270	80	91	90	12	2	3		1								279
280	89	78	89	8	5	4	1									274
290	138	133	81	14	5	4	1	2								378
300	189	225	80	10	4	6	2	2								518
310	173	260	80	21	9	4	2			1						550
320	181	349	201	55	15	13	7	1		1						823
330	298	599	600	298	117	52	11	5	1							1 981
340	374	979	1 323	652	236	77	26	8	4	1	2					3 682
350	592	1 278	1 416	556	199	78	26	13	5	2	2					4 167
360	702	1 128	1 002	385	138	54	44	12	5	1		2				3 473
<b>Tot.</b>	<b>11 107</b>	<b>15 867</b>	<b>12 525</b>	<b>4 760</b>	<b>1 715</b>	<b>781</b>	<b>345</b>	<b>152</b>	<b>92</b>	<b>29</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>1</b>	<b>47 392</b>

Tabella 5: Distribuzione direzionale annuale: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.

## CLIMA ANNUALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.25	1.41	<b>1.23</b>	<b>0.54</b>	0.24	0.13	0.08	0.03	0.04	0.01	0.01					<b>4.97</b>
20	0.99	1.06	<b>1.04</b>	<b>0.57</b>	0.25	0.17	0.08	0.07	0.03	0.01	0.01					<b>4.27</b>
30	0.90	0.91	<b>0.95</b>	<b>0.51</b>	<b>0.30</b>	0.13	0.08	0.03	0.02	0.01						<b>3.84</b>
40	0.83	0.84	<b>0.67</b>	<b>0.37</b>	0.20	0.12	0.03	0.01	0.01	0.01						<b>3.07</b>
50	0.84	0.91	<b>0.60</b>	0.22	0.07	0.06	0.02		0.01							<b>2.72</b>
60	0.87	1.04	<b>0.49</b>	0.15	0.04	0.02	0.01	0.01								<b>2.63</b>
70	1.04	1.46	<b>0.82</b>	0.11	0.04	0.01	0.01									<b>3.50</b>
80	1.32	2.22	<b>1.65</b>	<b>0.39</b>	0.07	0.01										<b>5.67</b>
90	1.43	2.60	<b>2.18</b>	<b>0.77</b>	0.21	0.06	0.02	0.01	0.01							<b>7.30</b>
100	1.28	2.20	<b>1.46</b>	<b>0.54</b>	0.13	0.03	0.02	0.01								<b>5.66</b>
110	1.03	1.62	<b>0.71</b>	0.23	0.04	0.01	0.01									<b>3.65</b>
120	0.69	0.87	<b>0.43</b>	0.13	0.02	0.01										<b>2.15</b>
130	0.46	0.37	0.18	0.06	0.04	0.01										<b>1.13</b>
140	0.34	0.20	0.08	0.03	0.01											<b>0.66</b>
150	0.21	0.12	0.06	0.02		0.01										<b>0.42</b>
160	0.14	0.10	0.05	0.02	0.01	0.01										<b>0.32</b>
170	0.11	0.07	0.05	0.01	0.01	0.01										<b>0.25</b>
180	0.10	0.06	0.03			0.01										<b>0.21</b>
190	0.07	0.07	0.04	0.01	0.01	0.01										<b>0.20</b>
200	0.07	0.06	0.04	0.01	0.01	0.01										<b>0.19</b>
210	0.09	0.07	0.05	0.01	0.01											<b>0.24</b>
220	0.06	0.08	0.06	0.01	0.01											<b>0.23</b>
230	0.06	0.09	0.07	0.01		0.01										<b>0.24</b>
240	0.05	0.07	0.05	0.01	0.01	0.01										<b>0.21</b>
250	0.11	0.10	0.06	0.02	0.01	0.01										<b>0.31</b>
260	0.09	0.13	0.13	0.01	0.01											<b>0.38</b>
270	0.14	0.16	0.16	0.02		0.01										<b>0.49</b>
280	0.15	0.14	0.15	0.01	0.01	0.01										<b>0.48</b>
290	0.24	0.23	0.14	0.02	0.01	0.01										<b>0.66</b>
300	0.33	0.39	0.14	0.02	0.01	0.01										<b>0.90</b>
310	0.30	0.45	0.14	0.04	0.02	0.01										<b>0.96</b>
320	0.32	0.61	<b>0.35</b>	0.10	0.03	0.02	0.01									<b>1.43</b>
330	0.52	1.04	<b>1.04</b>	<b>0.52</b>	0.20	0.09	0.02	0.01								<b>3.45</b>
340	0.65	1.70	<b>2.30</b>	<b>1.13</b>	<b>0.41</b>	0.13	0.05	0.01	0.01							<b>6.41</b>
350	1.03	2.22	<b>2.46</b>	<b>0.97</b>	<b>0.35</b>	0.14	0.05	0.02	0.01							<b>7.25</b>
360	1.22	1.96	<b>1.74</b>	<b>0.67</b>	0.24	0.09	0.08	0.02	0.01							<b>6.05</b>
Tot.	<b>19.33</b>	<b>27.62</b>	<b>21.80</b>	<b>8.29</b>	<b>2.99</b>	<b>1.36</b>	<b>0.60</b>	<b>0.26</b>	<b>0.16</b>	<b>0.05</b>	<b>0.03</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>82.50</b>
Tot. Cumulato	<b>46.95</b>	<b>68.76</b>	<b>77.04</b>	<b>80.03</b>	<b>81.39</b>	<b>81.99</b>	<b>82.25</b>	<b>82.41</b>	<b>82.46</b>	<b>82.49</b>	<b>82.49</b>	<b>82.50</b>	<b>82.50</b>	<b>82.50</b>	<b>82.50</b>	

**Tabella 6:** Clima medio annuale: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).

## CLIMA AUTUNNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	108	184	189	85	42	22	13	4	6	2	1					656
20	92	151	180	107	51	42	22	15	9	1	2					672
30	71	114	181	97	68	31	22	8	5	3	2					602
40	80	110	120	99	40	27	11	1	3							491
50	77	134	117	52	24	8	2	1	1							416
60	66	112	91	31	14	4	2	1	1							322
70	114	154	145	26	14	4	1		1							459
80	137	266	299	84	21	1	1	1								810
90	150	345	443	195	69	19	13	5	5							1 244
100	147	303	301	157	40	10	4	2	1							965
110	117	241	135	66	15	4	4	1								583
120	79	157	96	42	7	2		1	1							385
130	64	68	39	19	13	3			1							207
140	54	31	21	10	1	1			1							119
150	27	18	5	6		1	1									58
160	19	23	7	6	2	3										60
170	13	7	8	3	2	1		1								35
180	8	10	7		1	2	1									29
190	8	10	12	2	3	2	1									38
200	5	12	10	2	4	1										34
210	5	14	9	4	3	1	1	1								38
220	5	15	17	4	2											43
230	2	15	19	5	1	2	1		1							46
240	6	14	14	5	1	2	1									43
250	7	14	14	4	1	1			1							42
260	10	24	27	4		1	1									67
270	12	31	33	5	2											83
280	15	10	27	4												56
290	23	32	17	3	1	1		2								79
300	40	47	16	3	1	3		1								111
310	17	52	23	7	2	2	1									104
320	20	79	44	20	4	7	2	1		1						178
330	39	95	141	97	45	14	5	2	1							439
340	43	149	269	179	71	28	13	3	2		2					759
350	48	227	325	151	58	32	8	5	2	2	1					859
360	100	253	287	105	50	20	20	5		1		1				842
<b>Tot.</b>	<b>1 828</b>	<b>3 521</b>	<b>3 688</b>	<b>1 689</b>	<b>673</b>	<b>302</b>	<b>151</b>	<b>61</b>	<b>42</b>	<b>10</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11 974</b>

Tabella 7: Distribuzione direzionale autunnale: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.

## CLIMA AUTUNNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	0.73	1.25	<b>1.28</b>	<b>0.58</b>	<b>0.29</b>	0.15	0.09	0.03	0.04	0.01	0.01					<b>4.46</b>
20	0.63	1.03	<b>1.22</b>	<b>0.73</b>	<b>0.35</b>	<b>0.29</b>	0.15	0.10	0.06	0.01	0.01					<b>4.57</b>
30	0.48	0.77	<b>1.23</b>	<b>0.66</b>	<b>0.46</b>	0.21	0.15	0.05	0.03	0.02	0.01					<b>4.09</b>
40	0.54	0.75	<b>0.82</b>	<b>0.67</b>	<b>0.27</b>	0.18	0.07	0.01	0.02							<b>3.34</b>
50	0.52	0.91	<b>0.79</b>	<b>0.35</b>	0.16	0.05	0.01	0.01	0.01							<b>2.83</b>
60	0.45	0.76	<b>0.62</b>	0.21	0.10	0.03	0.01	0.01	0.01							<b>2.19</b>
70	0.77	1.05	<b>0.99</b>	0.18	0.10	0.03	0.01		0.01							<b>3.12</b>
80	0.93	1.81	<b>2.03</b>	<b>0.57</b>	0.14	0.01	0.01	0.01								<b>5.50</b>
90	1.02	2.34	<b>3.01</b>	<b>1.32</b>	<b>0.47</b>	0.13	0.09	0.03	0.03							<b>8.45</b>
100	1.00	2.06	<b>2.04</b>	<b>1.07</b>	<b>0.27</b>	0.07	0.03	0.01	0.01							<b>6.56</b>
110	0.79	1.64	<b>0.92</b>	<b>0.45</b>	0.10	0.03	0.03	0.01								<b>3.96</b>
120	0.54	1.07	<b>0.65</b>	<b>0.29</b>	0.05	0.01		0.01	0.01							<b>2.62</b>
130	0.43	0.46	<b>0.26</b>	0.13	0.09	0.02			0.01							<b>1.41</b>
140	0.37	0.21	0.14	0.07	0.01	0.01			0.01							<b>0.81</b>
150	0.18	0.12	0.03	0.04		0.01	0.01									<b>0.39</b>
160	0.13	0.16	0.05	0.04	0.01	0.02										<b>0.41</b>
170	0.09	0.05	0.05	0.02	0.01	0.01		0.01								<b>0.24</b>
180	0.05	0.07	0.05		0.01	0.01	0.01									<b>0.20</b>
190	0.05	0.07	0.08	0.01	0.02	0.01	0.01									<b>0.26</b>
200	0.03	0.08	0.07	0.01	0.03	0.01										<b>0.23</b>
210	0.03	0.10	0.06	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01								<b>0.26</b>
220	0.03	0.10	0.12	0.03	0.01											<b>0.29</b>
230	0.01	0.10	0.13	0.03	0.01	0.01	0.01		0.01							<b>0.31</b>
240	0.04	0.10	0.10	0.03	0.01	0.01	0.01									<b>0.29</b>
250	0.05	0.10	0.10	0.03	0.01	0.01			0.01							<b>0.29</b>
260	0.07	0.16	0.18	0.03		0.01	0.01									<b>0.46</b>
270	0.08	0.21	0.22	0.03	0.01											<b>0.56</b>
280	0.10	0.07	0.18	0.03												<b>0.38</b>
290	0.16	0.22	0.12	0.02	0.01	0.01		0.01								<b>0.54</b>
300	0.27	0.32	0.11	0.02	0.01	0.02		0.01								<b>0.75</b>
310	0.12	0.35	0.16	0.05	0.01	0.01	0.01									<b>0.71</b>
320	0.14	0.54	<b>0.30</b>	0.14	0.03	0.05	0.01	0.01		0.01						<b>1.21</b>
330	0.26	0.65	<b>0.96</b>	<b>0.66</b>	<b>0.31</b>	0.10	0.03	0.01	0.01							<b>2.98</b>
340	0.29	1.01	<b>1.83</b>	<b>1.22</b>	<b>0.48</b>	0.19	0.09	0.02	0.01		0.01					<b>5.16</b>
350	0.33	1.54	<b>2.21</b>	<b>1.03</b>	<b>0.39</b>	0.22	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01					<b>5.84</b>
360	0.68	1.72	<b>1.95</b>	<b>0.71</b>	<b>0.34</b>	0.14	0.14	0.03		0.01		0.01				<b>5.72</b>
Tot.	<b>12.42</b>	<b>23.92</b>	<b>25.05</b>	<b>11.47</b>	<b>4.57</b>	<b>2.05</b>	<b>1.03</b>	<b>0.41</b>	<b>0.29</b>	<b>0.07</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>81.35</b>
Tot. Cumulato	<b>36.34</b>	<b>61.39</b>	<b>72.87</b>	<b>77.44</b>	<b>79.49</b>	<b>80.52</b>	<b>80.93</b>	<b>81.22</b>	<b>81.28</b>	<b>81.34</b>	<b>81.35</b>	<b>81.35</b>	<b>81.35</b>	<b>81.35</b>	<b>81.35</b>	

**Tabella 8:** Clima medio autunnale: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).

**CLIMA INVERNALE**

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	160	198	183	115	61	43	32	15	15	5	5					832
20	133	131	145	111	61	42	20	22	10	7	1					683
30	122	111	136	93	75	35	16	12	6	2			1			609
40	103	112	98	68	47	33	5	3	5	3						477
50	108	124	96	45	9	23	9		4							418
60	98	172	85	38	7	4	5	2			1					412
70	128	242	134	21	8	3	5									541
80	143	303	273	82	13	2	1	1								818
90	169	287	268	126	33	16	1									900
100	153	236	146	70	18	3	5	2								633
110	75	137	85	36	5	2		1								341
120	38	63	57	15	2	3	1									179
130	47	21	20	10	6	3		1								108
140	40	22	10	6	1		2	1								82
150	24	9	10	3		2										48
160	16	9	6	1	2		1									35
170	19	12	11	4	2	4										52
180	10	5	3	1		3	1									23
190	9	8	5	1		1	1									25
200	6	7	5	2	1	2										23
210	11	6	11	2												30
220	8	8	3	3	1	2	1									26
230	14	9	8		1	2										34
240	7	7	13	1	2	1										31
250	17	15	7	2	1	2										44
260	11	17	16	2	3	1										50
270	21	21	23	3		2		1								71
280	19	21	19	2	4	3	1									69
290	16	24	26	8	4	3	1									82
300	35	45	21	3	3	3	2	1								113
310	41	67	25	12	4	2	1			1						153
320	38	81	63	23	7	2	1									215
330	68	121	167	109	49	29	5	1								549
340	83	216	351	251	104	34	8	3	2	1						1 053
350	131	287	383	205	93	37	15	7	2		1					1 161
360	140	291	268	149	60	24	21	6	4			1				964
<b>Tot.</b>	<b>2 261</b>	<b>3 445</b>	<b>3 180</b>	<b>1 623</b>	<b>687</b>	<b>371</b>	<b>161</b>	<b>79</b>	<b>48</b>	<b>19</b>	<b>8</b>	<b>1</b>	<b>1</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>11 884</b>

**Tabella 9:** Distribuzione direzionale invernale: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.

## CLIMA INVERNALE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.13	1.40	<b>1.29</b>	<b>0.81</b>	<b>0.43</b>	<b>0.30</b>	0.23	0.11	0.11	0.04	0.04					<b>5.87</b>
20	0.94	0.92	<b>1.02</b>	<b>0.78</b>	<b>0.43</b>	<b>0.30</b>	0.14	0.16	0.07	0.05	0.01					<b>4.82</b>
30	0.86	0.78	<b>0.96</b>	<b>0.66</b>	<b>0.53</b>	0.25	0.11	0.08	0.04	0.01			0.01			<b>4.30</b>
40	0.73	0.79	<b>0.69</b>	<b>0.48</b>	<b>0.33</b>	0.23	0.04	0.02	0.04	0.02						<b>3.36</b>
50	0.76	0.87	<b>0.68</b>	<b>0.32</b>	0.06	0.16	0.06		0.03							<b>2.95</b>
60	0.69	1.21	<b>0.60</b>	<b>0.27</b>	0.05	0.03	0.04	0.01			0.01					<b>2.91</b>
70	0.90	1.71	<b>0.95</b>	0.15	0.06	0.02	0.04									<b>3.82</b>
80	1.01	2.14	<b>1.93</b>	<b>0.58</b>	0.09	0.01	0.01	0.01								<b>5.77</b>
90	1.19	2.02	<b>1.89</b>	<b>0.89</b>	0.23	0.11	0.01									<b>6.35</b>
100	1.08	1.66	<b>1.03</b>	<b>0.49</b>	0.13	0.02	0.04	0.01								<b>4.47</b>
110	0.53	0.97	<b>0.60</b>	<b>0.25</b>	0.04	0.01		0.01								<b>2.41</b>
120	0.27	0.44	<b>0.40</b>	0.11	0.01	0.02	0.01									<b>1.26</b>
130	0.33	0.15	0.14	0.07	0.04	0.02		0.01								<b>0.76</b>
140	0.28	0.16	0.07	0.04	0.01			0.01	0.01							<b>0.58</b>
150	0.17	0.06	0.07	0.02		0.01										<b>0.34</b>
160	0.11	0.06	0.04	0.01	0.01		0.01									<b>0.25</b>
170	0.13	0.08	0.08	0.03	0.01	0.03										<b>0.37</b>
180	0.07	0.04	0.02	0.01		0.02	0.01									<b>0.16</b>
190	0.06	0.06	0.04	0.01		0.01	0.01									<b>0.18</b>
200	0.04	0.05	0.04	0.01	0.01	0.01										<b>0.16</b>
210	0.08	0.04	0.08	0.01												<b>0.21</b>
220	0.06	0.06	0.02	0.02	0.01	0.01	0.01									<b>0.18</b>
230	0.10	0.06	0.06		0.01	0.01										<b>0.24</b>
240	0.05	0.05	0.09	0.01	0.01	0.01										<b>0.22</b>
250	0.12	0.11	0.05	0.01	0.01	0.01										<b>0.31</b>
260	0.08	0.12	0.11	0.01	0.02	0.01										<b>0.35</b>
270	0.15	0.15	0.16	0.02		0.01		0.01								<b>0.50</b>
280	0.13	0.15	0.13	0.01	0.03	0.02	0.01									<b>0.49</b>
290	0.11	0.17	0.18	0.06	0.03	0.02	0.01									<b>0.58</b>
300	0.25	0.32	0.15	0.02	0.02	0.02	0.01	0.01								<b>0.80</b>
310	0.29	0.47	0.18	0.08	0.03	0.01	0.01			0.01						<b>1.08</b>
320	0.27	0.57	<b>0.44</b>	0.16	0.05	0.01	0.01									<b>1.52</b>
330	0.48	0.85	<b>1.18</b>	<b>0.77</b>	<b>0.35</b>	0.20	0.04	0.01								<b>3.87</b>
340	0.59	1.52	<b>2.48</b>	<b>1.77</b>	<b>0.73</b>	0.24	0.06	0.02	0.01	0.01						<b>7.43</b>
350	0.92	2.02	<b>2.70</b>	<b>1.45</b>	<b>0.66</b>	<b>0.26</b>	0.11	0.05	0.01		0.01					<b>8.19</b>
360	0.99	2.05	<b>1.89</b>	<b>1.05</b>	<b>0.42</b>	0.17	0.15	0.04	0.03			0.01				<b>6.80</b>
Tot.	<b>15.95</b>	<b>24.30</b>	<b>22.43</b>	<b>11.45</b>	<b>4.85</b>	<b>2.62</b>	<b>1.14</b>	<b>0.56</b>	<b>0.34</b>	<b>0.13</b>	<b>0.06</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>83.83</b>
Tot. Cumulato	<b>40.25</b>	<b>62.68</b>	<b>74.13</b>	<b>78.98</b>	<b>81.60</b>	<b>82.73</b>	<b>83.29</b>	<b>83.63</b>	<b>83.76</b>	<b>83.82</b>	<b>83.82</b>	<b>83.82</b>	<b>83.83</b>	<b>83.83</b>	<b>83.83</b>	

Tabella 10: Clima medio invernale: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).

## CLIMA PRIMAVERILE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	177	150	143	60	13	6	1	1								551
20	132	137	111	49	14	6	2	3								454
30	144	125	112	48	12	4	2									447
40	153	121	84	22	17	7	1									405
50	158	121	74	20	5	1	1									380
60	179	174	68	12	4	2	1	1								441
70	192	290	137	13	2	1	1									636
80	279	446	283	51	7	2										1 068
90	297	518	364	101	16											1 296
100	212	374	192	49	11	2										840
110	203	252	82	20	3											560
120	130	120	29	11												290
130	69	59	14	5	2	1										150
140	48	24	5	1												78
150	29	18	5	1												53
160	29	14	6	1		1										51
170	14	11	2	1												28
180	25	8	3													36
190	10	6	5													21
200	13	10	5													28
210	20	10	4	2		1										37
220	12	11	5	1	1											30
230	7	16	3	1		1										28
240	11	10	2	1												24
250	28	20	8	1												57
260	14	22	17	1												54
270	23	20	20	2												65
280	26	26	17	2		1										72
290	48	35	19	2												104
300	52	58	17	1												128
310	33	52	17	2	1											105
320	36	89	47	8	3	3	2									188
330	67	159	143	46	16	9		2								442
340	101	262	290	94	28	6	2	1								784
350	181	312	271	79	16	2	2	1								864
360	210	227	168	58	12	6	2	1								684
Tot.	3 362	4 307	2 772	766	183	62	17	10	0	0	0	0	0	0	0	11 479

Tabella 11: Distribuzione direzionale primaverile: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.

## CLIMA PRIMAVERILE

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.28	1.08	<b>1.03</b>	<b>0.43</b>	0.09	0.04	0.01	0.01								<b>3.98</b>
20	0.95	0.99	<b>0.80</b>	<b>0.35</b>	0.10	0.04	0.01	0.02								<b>3.28</b>
30	1.04	0.90	<b>0.81</b>	<b>0.35</b>	0.09	0.03	0.01									<b>3.23</b>
40	1.11	0.87	<b>0.61</b>	0.16	0.12	0.05	0.01									<b>2.93</b>
50	1.14	0.87	<b>0.53</b>	0.14	0.04	0.01	0.01									<b>2.75</b>
60	1.29	1.26	<b>0.49</b>	0.09	0.03	0.01	0.01	0.01								<b>3.19</b>
70	1.39	2.10	<b>0.99</b>	0.09	0.01	0.01	0.01									<b>4.60</b>
80	2.02	3.22	<b>2.05</b>	<b>0.37</b>	0.05	0.01										<b>7.72</b>
90	2.15	3.74	<b>2.63</b>	<b>0.73</b>	0.12											<b>9.37</b>
100	1.53	2.70	<b>1.39</b>	<b>0.35</b>	0.08	0.01										<b>6.07</b>
110	1.47	1.82	<b>0.59</b>	0.14	0.02											<b>4.05</b>
120	0.94	0.87	0.21	0.08												<b>2.10</b>
130	0.50	0.43	0.10	0.04	0.01	0.01										<b>1.08</b>
140	0.35	0.17	0.04	0.01												<b>0.56</b>
150	0.21	0.13	0.04	0.01												<b>0.38</b>
160	0.21	0.10	0.04	0.01		0.01										<b>0.37</b>
170	0.10	0.08	0.01	0.01												<b>0.20</b>
180	0.18	0.06	0.02													<b>0.26</b>
190	0.07	0.04	0.04													<b>0.15</b>
200	0.09	0.07	0.04													<b>0.20</b>
210	0.14	0.07	0.03	0.01		0.01										<b>0.27</b>
220	0.09	0.08	0.04	0.01	0.01											<b>0.22</b>
230	0.05	0.12	0.02	0.01		0.01										<b>0.20</b>
240	0.08	0.07	0.01	0.01												<b>0.17</b>
250	0.20	0.14	0.06	0.01												<b>0.41</b>
260	0.10	0.16	0.12	0.01												<b>0.39</b>
270	0.17	0.14	0.14	0.01												<b>0.47</b>
280	0.19	0.19	0.12	0.01		0.01										<b>0.52</b>
290	0.35	0.25	0.14	0.01												<b>0.75</b>
300	0.38	0.42	0.12	0.01												<b>0.93</b>
310	0.24	0.38	0.12	0.01	0.01											<b>0.76</b>
320	0.26	0.64	<b>0.34</b>	0.06	0.02	0.02	0.01									<b>1.36</b>
330	0.48	1.15	<b>1.03</b>	<b>0.33</b>	0.12	0.07		0.01								<b>3.20</b>
340	0.73	1.89	<b>2.10</b>	<b>0.68</b>	0.20	0.04	0.01	0.01								<b>5.67</b>
350	1.31	2.26	<b>1.96</b>	<b>0.57</b>	0.12	0.01	0.01	0.01								<b>6.25</b>
360	1.52	1.64	<b>1.21</b>	<b>0.42</b>	0.09	0.04	0.01	0.01								<b>4.95</b>
Tot.	<b>24.31</b>	<b>31.14</b>	<b>20.04</b>	<b>5.54</b>	<b>1.32</b>	<b>0.45</b>	<b>0.12</b>	<b>0.07</b>	<b>0.00</b>	<b>82.99</b>						
Tot. Cumulato	<b>55.44</b>	<b>75.48</b>	<b>81.02</b>	<b>82.35</b>	<b>82.79</b>	<b>82.92</b>	<b>82.99</b>									

**Tabella 12:** *Clima medio primaverile: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).*

## CLIMA ESTIVO

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	275	279	191	49	21	2										817
20	209	188	159	63	15	7	1	1								643
30	178	170	118	56	16	7	4									549
40	139	137	81	24	9	2	1									393
50	138	143	55	8	4	3										351
60	157	138	39	4												338
70	165	151	56	3												375
80	198	263	93	9	1											564
90	207	343	177	21	3	1										752
100	223	348	200	36	7		2									816
110	194	300	104	13	1											612
120	150	159	66	6												381
130	84	67	29	2												182
140	53	38	8	2	1											102
150	42	22	15	1												80
160	18	10	7	1		2										38
170	16	10	5													31
180	17	10	4													31
190	12	17	1	1												31
200	15	6	5	1												27
210	16	11	5													32
220	12	10	10													32
230	10	10	8	1												29
240	7	11	2													20
250	14	10	6	2	1											33
260	17	12	16	1	1											47
270	24	19	14	2		1										60
280	29	21	26		1											77
290	51	42	19	1												113
300	62	75	26	3												166
310	82	89	15		2											188
320	87	100	47	4	1	1	2									242
330	124	224	149	46	7		1									551
340	147	352	413	128	33	9	3	1								1 086
350	232	452	437	121	32	7	1		1							1 283
360	252	357	279	73	16	4	1		1							983
<b>Tot.</b>	<b>3 656</b>	<b>4 594</b>	<b>2 885</b>	<b>682</b>	<b>172</b>	<b>46</b>	<b>16</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>12 055</b>

**Tabella 13:** Distribuzione direzionale estiva: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona.

## CLIMA ESTIVO

Dir (°N)	Classi di altezza d'onda significativa $H_{m0}$ (m)															Tot.
	0 0.25	0.25 0.50	0.50 1.00	1.00 1.50	1.50 2.00	2.00 2.50	2.50 3.00	3.00 3.50	3.50 4.00	4.00 4.50	4.50 5.00	5.00 5.50	5.50 6.00	6.00 6.50	> 6.50	
10	1.87	1.90	<b>1.30</b>	<b>0.33</b>	0.14	0.01										<b>5.55</b>
20	1.42	1.28	<b>1.08</b>	<b>0.43</b>	0.10	0.05	0.01	0.01								<b>4.37</b>
30	1.21	1.15	<b>0.80</b>	<b>0.38</b>	0.11	0.05	0.03									<b>3.73</b>
40	0.94	0.93	<b>0.55</b>	0.16	0.06	0.01	0.01									<b>2.67</b>
50	0.94	0.97	<b>0.37</b>	0.05	0.03	0.02										<b>2.38</b>
60	1.07	0.94	<b>0.26</b>	0.03												<b>2.30</b>
70	1.12	1.03	<b>0.38</b>	0.02												<b>2.55</b>
80	1.35	1.79	<b>0.63</b>	0.06	0.01											<b>3.83</b>
90	1.41	2.33	<b>1.20</b>	0.14	0.02	0.01										<b>5.11</b>
100	1.51	2.36	<b>1.36</b>	0.24	0.05		0.01									<b>5.54</b>
110	1.32	2.04	<b>0.71</b>	0.09	0.01											<b>4.16</b>
120	1.02	1.08	<b>0.45</b>	0.04												<b>2.59</b>
130	0.57	0.46	0.20	0.01												<b>1.24</b>
140	0.36	0.26	0.05	0.01	0.01											<b>0.69</b>
150	0.29	0.15	0.10	0.01												<b>0.54</b>
160	0.12	0.07	0.05	0.01		0.01										<b>0.26</b>
170	0.11	0.07	0.03													<b>0.21</b>
180	0.12	0.07	0.03													<b>0.21</b>
190	0.08	0.12	0.01	0.01												<b>0.21</b>
200	0.10	0.04	0.03	0.01												<b>0.18</b>
210	0.11	0.07	0.03													<b>0.22</b>
220	0.08	0.07	0.07													<b>0.22</b>
230	0.07	0.07	0.05	0.01												<b>0.20</b>
240	0.05	0.07	0.01													<b>0.14</b>
250	0.10	0.07	0.04	0.01	0.01											<b>0.22</b>
260	0.12	0.08	0.11	0.01	0.01											<b>0.32</b>
270	0.16	0.13	0.10	0.01		0.01										<b>0.41</b>
280	0.20	0.14	0.18		0.01											<b>0.52</b>
290	0.35	0.29	0.13	0.01												<b>0.77</b>
300	0.42	0.51	0.18	0.02												<b>1.13</b>
310	0.56	0.60	0.10		0.01											<b>1.28</b>
320	0.59	0.68	<b>0.32</b>	0.03	0.01	0.01	0.01									<b>1.64</b>
330	0.84	1.52	<b>1.01</b>	<b>0.31</b>	0.05		0.01									<b>3.74</b>
340	1.00	2.39	<b>2.81</b>	<b>0.87</b>	0.22	0.06	0.02	0.01								<b>7.38</b>
350	1.58	3.07	<b>2.97</b>	<b>0.82</b>	0.22	0.05	0.01		0.01							<b>8.72</b>
360	1.71	2.43	<b>1.90</b>	<b>0.50</b>	0.11	0.03	0.01		0.01							<b>6.68</b>
Tot.	<b>24.84</b>	<b>31.21</b>	<b>19.60</b>	<b>4.63</b>	<b>1.17</b>	<b>0.31</b>	<b>0.11</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>81.90</b>
Tot. Cumulato	<b>56.05</b>	<b>75.65</b>	<b>80.28</b>	<b>81.45</b>	<b>81.76</b>	<b>81.87</b>	<b>81.88</b>	<b>81.90</b>								

**Tabella 14:** Clima medio estivo: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).

### 3.1.2. Classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda ed al periodo d'onda

In analogia a quanto descritto nel paragrafo precedente, i dati ondametrici possono essere classificati in base al valore dell'altezza d'onda ed al periodo di picco al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi.

Allo scopo di individuare una legge di dipendenza tra il periodo di picco delle onde  $T_p$  e l'altezza d'onda significativa  $H_s$  si è fatto riferimento alla relazione:

$$T_p = a (H_s)^b$$

ove i parametri  $a$  e  $b$  sono stati ricavati mediante il metodo dei minimi quadrati sulla base delle coppie di valori osservati dell'altezza d'onda e del periodo. Data la spiccata, peraltro tipica, dispersione dei dati di periodo rispetto all'altezza significativa l'estremo superiore della fascia di confidenza dei coefficienti può essere utile per stimare il periodo di picco per le onde di mare morto, laddove le onde sono meno ripide (periodi maggiori a parità di altezza). Viceversa, il limite inferiore può essere utilizzato per la stima del periodo di onde di mare vivo, laddove la ripidità delle onde risulta maggiore se confrontata con quella di onde di mare morto.

Nella Figura 10 sono riportati tutti gli eventi della serie storica diagrammati in funzione del periodo di picco e dell'altezza d'onda significativa. Nella Tabella 15 sono riportati i valori dei coefficienti  $a$  e  $b$ , il valore del coefficiente di correlazione  $R^2$  e l'ampiezza di confidenza dei parametri. Infine la Tabella 16 riporta la frequenza di occorrenza assoluta (e la Tabella 17 quella relativa) delle altezze d'onda classificate in funzione del periodo di picco.

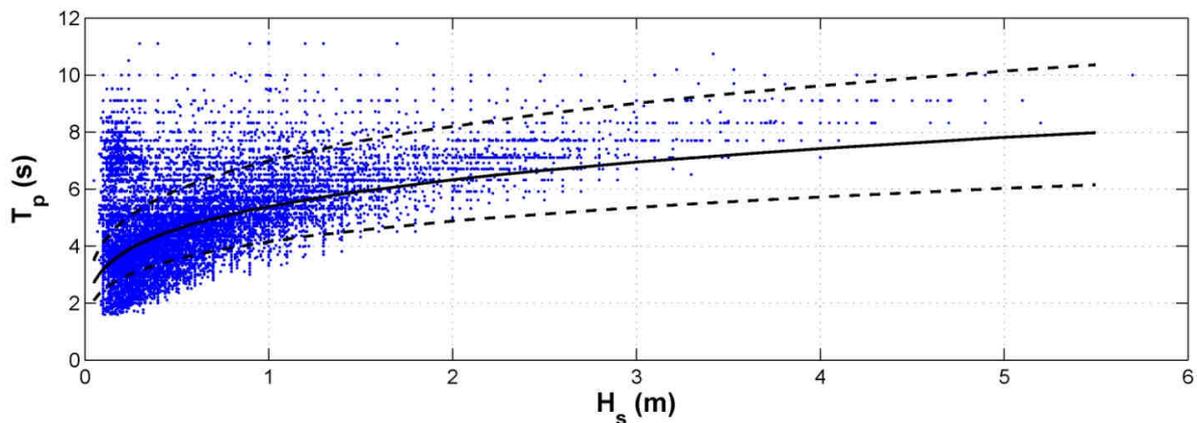


Figura 10: Rappresentazione cartesiana della distribuzione del periodo di picco rispetto all'altezza significativa a largo di Ortona.

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Annuale
<b>a</b>	5.52 ± 1.44	5.13 ± 1.67	4.86 ± 1.50	5.65 ± 1.56	5.37 ± 1.60
<b>b</b>	0.24 ± 0.00	0.19 ± 0.00	0.18 ± 0.00	0.25 ± 0.00	0.23 ± 0.00
<b>R<sup>2</sup></b>	0.455	0.184	0.167	0.397	0.343

**Tabella 15:** Valori numerici dei coefficienti relativi alla relazione di dipendenza del periodo di picco dall'altezza significativa a largo di Ortona.

H <sub>s</sub> (m)	Classi di periodo di picco T <sub>p</sub> (s)								Tot.
	0 ÷ 2	2 ÷ 4	4 ÷ 6	6 ÷ 8	8 ÷ 10	10 ÷ 12	12 ÷ 14	> 14	
0 ÷ 0.25	242	6810	2413	1280	161	7		76	<b>10989</b>
0.25 ÷ 0.75	10	6779	7686	941	98	11		227	<b>15752</b>
0.75 ÷ 1.25		1128	4723	724	64	4		50	<b>6693</b>
1.25 ÷ 1.75		278	4319	1034	112	15		16	<b>5774</b>
1.75 ÷ 2.25		35	2823	1691	193	10		3	<b>4755</b>
2.25 ÷ 2.75			482	1146	83	3		1	<b>1715</b>
2.75 ÷ 3.25			47	670	59	5			<b>781</b>
3.25 ÷ 3.75			2	278	64	1			<b>345</b>
3.75 ÷ 4.25				75	74	3			<b>152</b>
4.25 ÷ 4.75				18	72	2			<b>92</b>
4.75 ÷ 5.25				1	26	2			<b>29</b>
5.25 ÷ 5.75					13	3			<b>16</b>
5.75 ÷ 6.25					2				<b>2</b>
6.25 ÷ 6.75						1			<b>1</b>
6.75 ÷ 7.25									<b>0</b>
> 7.25									<b>0</b>
	<b>252</b>	<b>15030</b>	<b>22495</b>	<b>7858</b>	<b>1019</b>	<b>66</b>	<b>0</b>	<b>373</b>	<b>47096</b>

**Tabella 16:** Numero di eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e periodo di picco a largo di Ortona.

H <sub>s</sub> (m)	Classi di periodo di picco T <sub>p</sub> (s)								Tot.
	0 ÷ 2	2 ÷ 4	4 ÷ 6	6 ÷ 8	8 ÷ 10	10 ÷ 12	12 ÷ 14	> 14	
0 ÷ 0.25	0.42	11.85	4.20	2.23	0.28	0.01		0.13	<b>19.13</b>
0.25 ÷ 0.75	0.02	11.80	13.38	1.64	0.17	0.02		0.40	<b>27.42</b>
0.75 ÷ 1.25		1.96	8.22	1.26	0.11	0.01		0.09	<b>11.65</b>
1.25 ÷ 1.75		0.48	7.52	1.80	0.19	0.03		0.03	<b>10.05</b>
1.75 ÷ 2.25		0.06	4.91	2.94	0.34	0.02		0.01	<b>8.28</b>
2.25 ÷ 2.75			0.84	1.99	0.14	0.01		0.00	<b>2.99</b>
2.75 ÷ 3.25			0.08	1.17	0.10	0.01			<b>1.36</b>
3.25 ÷ 3.75			0.00	0.48	0.11	0.00			<b>0.60</b>
3.75 ÷ 4.25				0.13	0.13	0.01			<b>0.26</b>
4.25 ÷ 4.75				0.03	0.13	0.00			<b>0.16</b>
4.75 ÷ 5.25				0.00	0.05	0.00			<b>0.05</b>
5.25 ÷ 5.75					0.02	0.01			<b>0.03</b>
5.75 ÷ 6.25					0.00				<b>0.00</b>
6.25 ÷ 6.75						0.00			<b>0.00</b>
6.75 ÷ 7.25									<b>0.00</b>
> 7.25									<b>0.00</b>
	<b>0.44</b>	<b>26.16</b>	<b>39.16</b>	<b>13.68</b>	<b>1.77</b>	<b>0.11</b>	<b>0.00</b>	<b>0.65</b>	<b>81.98</b>

**Tabella 17:** Distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e periodo di picco a largo di Ortona (le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25% e altezza d'onda significativa superiore ai 0,50 m).

#### 4. ANALISI ONDAMETRICA IN CORRISPONDENZA DELL'IMBOCCATURA

##### 4.1.1. Propagazione degli eventi di moto ondoso

La propagazione del moto ondoso in corrispondenza dell'imboccatura portuale è stata simulata tramite l'utilizzo del modello numerico SWAN (SimulatingWAVes Nearshore). Il modello è in grado di riprodurre i fenomeni fisici rilevanti per il problema in studio. In particolare il modello numerico selezionato descrive i fenomeni legati allo shoaling, alla rifrazione, alle dissipazioni energetiche (frangimento in acqua profonda, frangimento in acqua bassa, attrito sul fondo) e al trasferimento energetico dal vento al corpo idrico. I tempi di calcolo sono dell'ordine di alcuni minuti per ogni simulazione. Tuttavia, il modello non è in grado di riprodurre rigorosamente il fenomeno della diffrazione esterna (ma soltanto tramite applicazione di metodologie empiriche), e non considera affatto la riflessione del moto ondoso. Comunque si ritiene che tali fenomeni abbiano un'influenza limitata sulla fenomenologia in studio, poiché le variazioni di fondale sino all'imboccatura portuale non scendono al di sotto di circa 14 m.

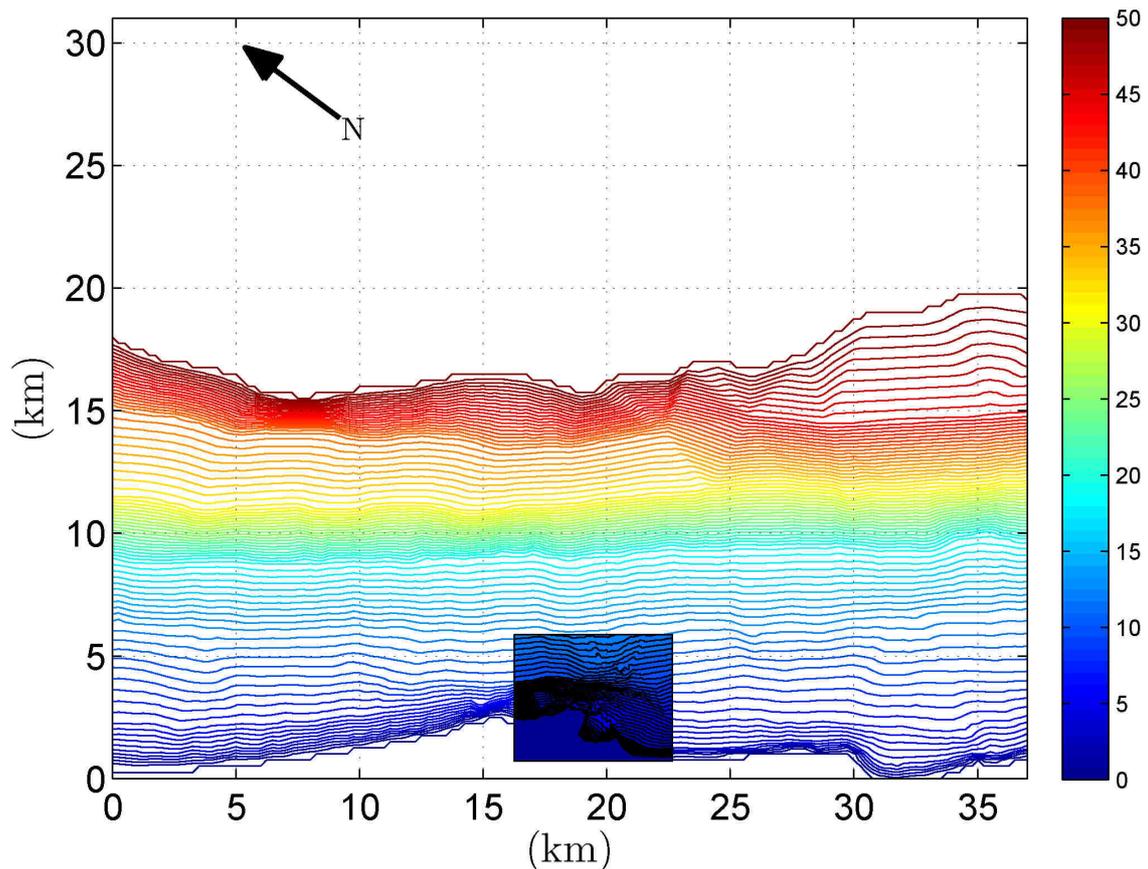
Più in dettaglio, l'equazione fondamentale risolta dal modello numerico è quella di conservazione dell'energia per unità di frequenza angolare (action density):

$$\frac{\partial N}{\partial t} + \frac{\partial C_x N}{\partial x} + \frac{\partial C_y N}{\partial y} + \frac{\partial C_\sigma N}{\partial \sigma} + \frac{\partial C_\varphi N}{\partial \varphi} = \frac{S}{\sigma}$$

Nella quale  $N(\sigma, \varphi) = E(\sigma, \varphi)/\sigma$  è l'energia specifica per unità di frequenza angolare,  $\sigma$  è la frequenza angolare,  $\varphi$  è la direzione di propagazione,  $C$  è la celerità di fase (i pedici si riferiscono alla componente di  $C$ ),  $x$  e  $y$  sono le coordinate spaziali e  $S$  rappresenta il termine sorgente utilizzato per descrivere i fenomeni di generazione, dissipazione ed interazione non lineari (wave-wave interaction). L'equazione che governa il fenomeno è risolta numericamente alle differenze finite con uno schema implicito upwind nello spazio 5-dimensionale costituito dalle coordinate spaziali, dal tempo, dalla frequenza angolare e dalla direzione di propagazione. La metodologia di applicazione del modello numerico per la propagazione della serie ondometrica in corrispondenza dell'imboccatura del Porto di Ortona è stata scelta al fine di ottenere un onere computazionale accettabile. Infatti, vi è la necessità di propagare un numero elevato di stati di mare dal punto in cui è definita la serie ondometrica sino all'imboccatura. Pertanto si è propagato un numero relativamente limitato di stati di mare rappresentativo del clima del paraggio con una distribuzione energetica a largo del tipo Jonswap. In particolare, sono stati

propagati 680 stati di mare caratterizzati da dieci (10) altezze d'onda significativa ( $H_s$ ), quattro (4) periodi di picco ( $T_p$ ) e diciassette (17) direzioni di propagazione ( $\phi$ ). In tal modo è stata definita la correlazione largo-imboccatura, sulla base della quale ogni elemento della serie ondometrica definita a largo del sito di interesse è stato propagato sul dominio di calcolo tramite una procedura di interpolazione lineare multidimensionale.

Le simulazioni numeriche sono state effettuate utilizzando la tecnica delle griglie annidate. La griglia più ampia (Figura 11) con risoluzione spaziale pari a 250 m ha un'estensione totale di circa  $1,5 \times 10^9$  km<sup>2</sup> (37 km × 31 km, 149×125 nodi di calcolo, 18.625 nodi totali), con origine posta nel punto 437121E, 4700368N (coordinate UTM, fuso 33) e asse delle ordinate ruotato di 45,07° in senso orario rispetto alla direzione del Nord geografico. La griglia di calcolo posta sotto costa ha una risoluzione di 50 m (zona ombreggiata in Figura 11) con estensione pari a  $6,7 \times 10^7$  km<sup>2</sup> (6,4 km × 5,15 km, 129×104 nodi di calcolo, 13.416 nodi totali).



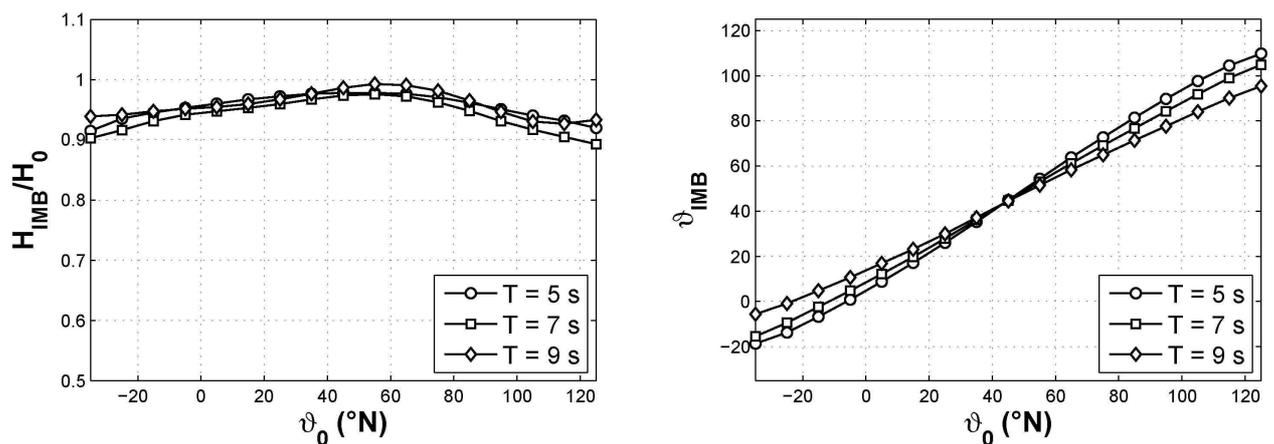
**Figura 11:** Griglia di calcolo a bassa risoluzione ed estensione della griglia ad alta risoluzione posta sotto costa (zona ombreggiata). L'origine della griglia è posta alle coordinate UTM (fuso 33) 437 121E, 4 700 368N e l'asse delle ordinate è ruotato di 45,07 in senso orario rispetto alla direzione del Nord geografico.

Sulla base dei risultati dell'analisi della serie ondometrica a largo (paragrafo 3.1) sono stati propagati 680 stati di mare con altezze d'onda significative pari a [0,5; 1,0; 1,5; 2,0; 2,5; 3,0; 3,5; 4,0; 4,5; 5,0] m, periodi di picco pari a [3,0; 5,0; 7,0; 9,0] s e

direzione di propagazione pari a [325; 335; 345; 355; 5; 15; 25; 35; 45; 55; 65; 75; 85; 95; 105; 115; 125]°N. La simulazione di tali eventi ha richiesto circa 32 ore di tempo di calcolo su un comune computer portatile. Il database di propagazione così ottenuto è stato utilizzato per la propagazione in corrispondenza della griglia di costa dell'intera serie storica. Più in particolare, è stata estratta la serie ondometrica in corrispondenza di un punto prospiciente l'imboccatura del Porto di Ortona in corrispondenza di una profondità pari a 14 m. Tale scelta è motivata dal fatto che il nuovo PRP prevede il dragaggio del canale di accesso al Porto ad una quota pari a -14 m. Si osserva che gli eventi caratterizzati da altezza d'onda significativa inferiore al valore limite pari a 0,50 m non sono state propagate, per cui il numero di eventi considerati è inferiore rispetto alla serie ondometrica definita a largo di Ortona. Il numero di eventi è ulteriormente diminuito in virtù del fatto che sono state considerate soltanto gli eventi di moto ondoso che si propagano verso la costa.

#### 4.1.1. Definizione delle funzioni di correlazione largo-imboccatura

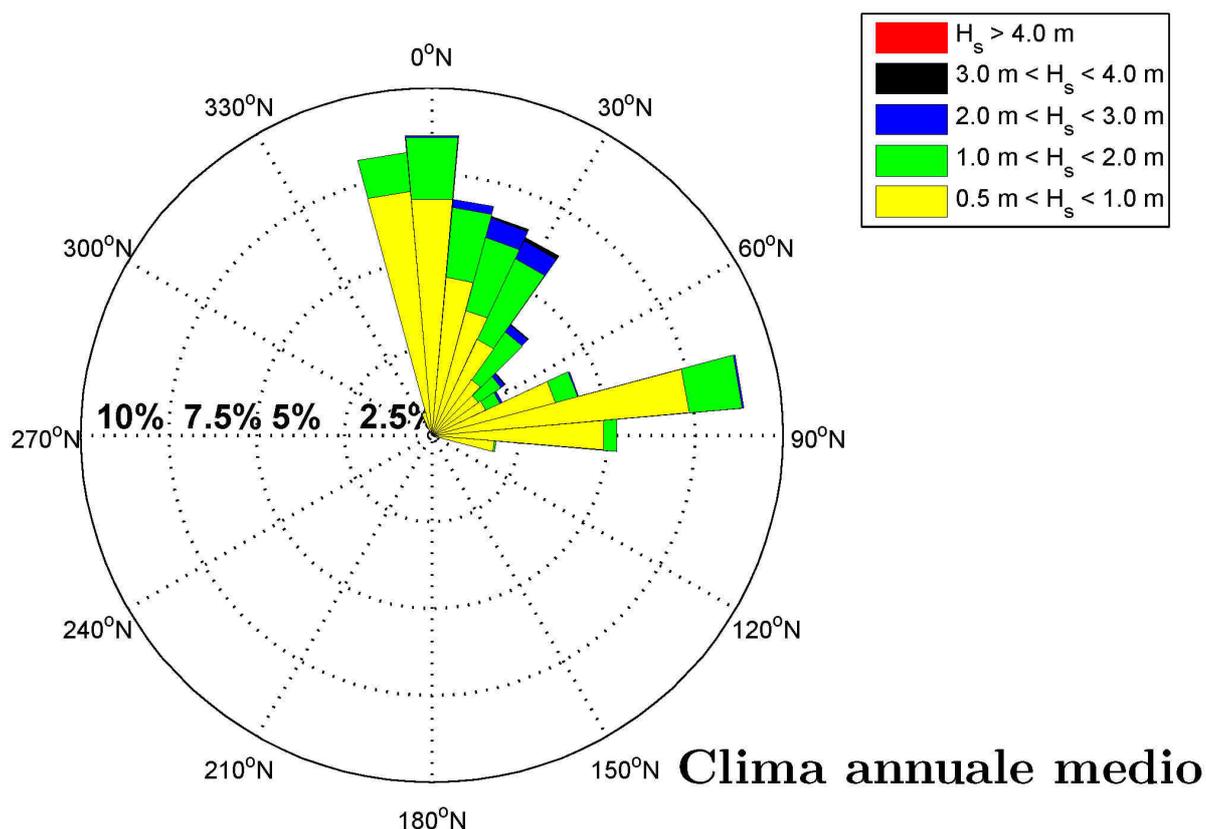
Il grafico a sinistra della Figura 12 mostra l'andamento del rapporto tra l'altezza d'onda significativa in corrispondenza dell'imboccatura ( $H_{IMB}$ ) e dell'altezza d'onda significativa a largo in funzione della direzione di propagazione a largo ( $\varphi_0$ ). Si osserva che l'altezza d'onda viene lievemente attenuata durante la propagazione in misura massima di circa il 10% e per direzioni lontane dalla normale alla giacitura media delle linee batimetriche. Tale andamento è giustificato dall'ispezione del grafico a destra della stessa Figura 12 che mostra la direzione di propagazione in corrispondenza dell'imboccatura ( $\varphi_{IMB}$ ) in funzione della direzione di propagazione a largo ( $\varphi_0$ ). La direzione



**Figura 12:** Funzioni di correlazione largo-imboccatura in termini di altezza d'onda significativa (grafico a sinistra) e di direzione di propagazione (grafico a destra) in funzione della direzione di propagazione a largo.

#### **4.1.2. Classificazione degli eventi di moto ondoso in base all'altezza d'onda e alla direzione di provenienza**

In analogia con quanto effettuato con la serie ondometrica a largo, i dati ondametrici propagati in corrispondenza dell'imboccatura portuale possono essere classificati in base al valore dell'altezza d'onda ed alla direzione di provenienza. In tal caso è possibile definire una serie di classi e la relativa frequenza di occorrenza (assoluta e relativa). La rappresentazione polare delle frequenze relative (rosa climatica), calcolata su base annuale permette di trarre indicazioni sulle caratteristiche climatiche del punto di interesse. Al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi, gli elementi della serie ondometrica definita a largo di Ortona (paragrafo 3.1) e successivamente propagata presso l'imboccatura sono stati suddivisi in base al valore dell'altezza d'onda significativa e alla direzione di provenienza. Nella Figura 13 è riportata la rosa annuale, dalla quale si nota come il settore di provenienza delle onde risulta di ampiezza ridotta rispetto a quanto osservato per l'esposizione a largo (rosa climatica annuale di Figura 7). In particolare si riconosce il settore di traversia principale compreso nel settore angolare  $350^{\circ}\text{N}$ - $50^{\circ}\text{N}$  (rappresentativo dello stesso settore di traversia a largo compreso tra  $310^{\circ}\text{N}$  e  $50^{\circ}\text{N}$ ) e il settore di traversia secondario compreso nel settore angolare  $50^{\circ}\text{N}$ - $90^{\circ}\text{N}$  (corrispondente al settore di provenienza di largo compreso tra  $50^{\circ}\text{N}$  e  $120^{\circ}\text{N}$ ).



**Figura 13:** Rappresentazione polare della distribuzione relativa media annuale delle altezze d'onda significative rispetto alla direzione di provenienza in corrispondenza dell'imboccatura del Porto di Ortona.

#### 4.2. Analisi degli estremi

Per effettuare l'analisi statistica degli estremi delle altezze d'onda significative, è necessario selezionare preliminarmente dei campioni di dati che rispondono al doppio requisito di risultare tra loro statisticamente indipendenti ed omogenei. In questo tipo di analisi, laddove le serie ondamiche non sono molto lunghe, per assicurare l'indipendenza statistica si è soliti utilizzare il metodo POT (Peaks Over Threshold detto anche della serie di durata parziale sopra soglia) che consiste nel considerare il solo valore massimo di altezza d'onda (valore di picco) che si verifica nell'ambito di una singola mareggiata. L'individuazione di ciascuna mareggiata nell'ambito della serie storica viene effettuata introducendo una soglia di altezza d'onda e considerando che il singolo evento (mareggiata) abbia inizio quando l'altezza d'onda significativa superi per la prima volta il valore della soglia prestabilito. Conseguentemente si ipotizza che l'evento termini quando l'altezza d'onda significativa assume per la prima volta un valore inferiore a quello di soglia oppure quando si verifica un forte scarto della direzione del moto ondoso. Selezionati gli eventi di picco, l'omogeneità dei dati viene assicurata raggruppando

gli stessi dati in eventi caratterizzati da una simile genesi meteorologica. Ciò normalmente si traduce nel separare i valori massimi di altezze d'onda registrati in distinti settori di provenienza degli stati di mare. Gli stati di mare caratterizzati da un'altezza d'onda significativa ( $H_s$ ) superiore alla soglia individuata sono quindi oggetto di un'elaborazione statistica al fine di ricavare, mediante adattamento degli eventi estremi secondo note funzioni probabilistiche, le caratteristiche del moto ondoso da associare ad assegnati tempi di ritorno (o probabilità di occorrenza). Nel seguito si fa riferimento alle classiche funzioni di ripartizione probabilistica che si utilizzano nel caso di inferenza statistica di eventi estremi. Pertanto si rammentano la funzione di ripartizione di Weibull:

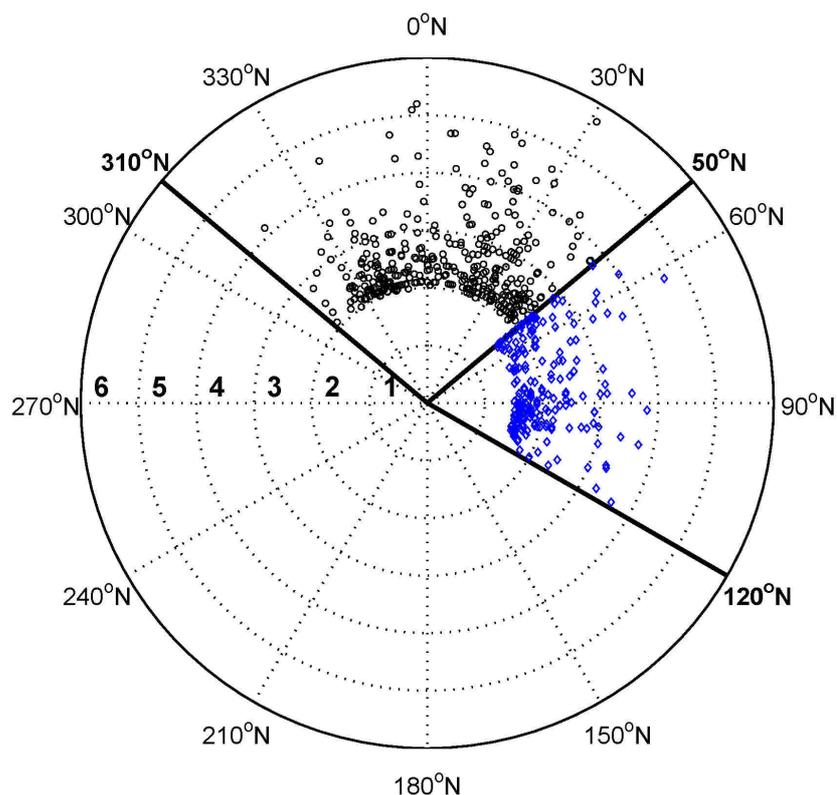
$$P_{X_{\min}}(x) = 1 - \exp\left[-\left(\frac{x - \varepsilon}{\theta}\right)^\beta\right]$$

e la funzione di ripartizione di Gumbel:

$$P_{X_{\max}}(x) = \exp\left[-e^{-\frac{(x-b)}{\alpha}}\right]$$

dove  $X$  è la variabile aleatoria,  $x$  il valore di non superamento mentre  $\varepsilon$ ,  $\theta = \lambda - \varepsilon$ ,  $\beta$ ,  $\alpha$  e  $b$  sono i parametri delle distribuzioni.

In Figura 14 sono riportati, su diagramma polare, i valori delle altezze d'onda al colmo delle mareggiate individuate a largo di Ortona per ognuno dei due settori di traversia. Nella Tabella 18 e Tabella 19 sono riportati i parametri delle distribuzioni prese in considerazione ottenute tramite il metodo dei minimi quadrati al variare del tempo di ritorno. Inoltre, limitatamente per la distribuzione di Gumbel e per quella di Weibull con  $\beta = 1$ , si riportano le rappresentazioni grafiche nella Figura 15 e nella Figura 16.



**Figura 14:** Rappresentazione polare degli eventi al colmo delle mareggiate identificate per il settore di traversia principale (altezza di soglia pari a 2 m) e per il settore di traversia secondario (altezza di soglia pari a 1,5 m). La direzione radiale indica il valore dell'altezza d'onda significativa.

#### Settore 320°N - 50°N

Tempo di ritorno [anni]	Funzione di ripartizione				
	Gumbel	Weibull (b = 0.75)	Weibull (b = 1)	Weibull (b = 1.4)	Weibull (b = 2.0)
2	4.0	4.0	4.1	4.0	4.0
5	4.6	4.8	4.7	4.5	4.4
10	5.0	5.4	5.2	4.9	4.7
15	5.3	5.8	5.5	5.1	4.9
20	5.5	6.1	5.7	5.3	5.0
25	5.6	6.3	5.8	5.4	5.1
50	6.0	7.0	6.3	5.7	5.3
100	6.5	7.7	6.8	6.0	5.6
150	6.7	8.1	7.1	6.2	5.7
250	7.0	8.7	7.4	6.5	5.9
500	7.5	9.4	7.9	6.8	6.1
Coeff. $\theta/\alpha$	0.621	0.399	0.694	1.163	1.846
Coeff. $\epsilon/\beta$	1.886	1.952	1.657	1.204	0.541
Coeff. corr.	0.985	0.974	0.991	0.981	0.961

**Tabella 18:** Stima dei parametri delle distribuzioni teoriche per il settore di provenienza principale a largo di Ortona.

Settore 50°N - 130°N					
Tempo di ritorno [anni]	Funzione di ripartizione				
	Gumbel	Weibull (b = 0.75)	Weibull (b = 1)	Weibull (b = 1.4)	Weibull (b = 2.0)
2	3.5	3.5	3.5	3.5	3.4
5	4.0	4.2	4.0	3.9	3.8
10	4.4	4.7	4.5	4.3	4.1
15	4.6	5.0	4.7	4.5	4.3
20	4.8	5.3	4.9	4.6	4.4
25	4.9	5.4	5.0	4.7	4.4
50	5.3	6.0	5.5	5.0	4.7
100	5.7	6.6	5.9	5.3	4.9
150	6.0	7.0	6.1	5.5	5.1
250	6.3	7.5	6.4	5.7	5.2
500	6.7	8.1	6.9	6.0	5.4
Coeff. $\theta/\alpha$	0.579	0.328	0.612	1.113	1.902
Coeff. $\varepsilon/\beta$	1.026	1.256	0.898	0.335	-0.501
Coeff. corr.	0.991	0.972	0.989	0.991	0.985

Tabella 19: Stima dei parametri delle distribuzioni teoriche per il settore di provenienza principale a largo di Ortona.

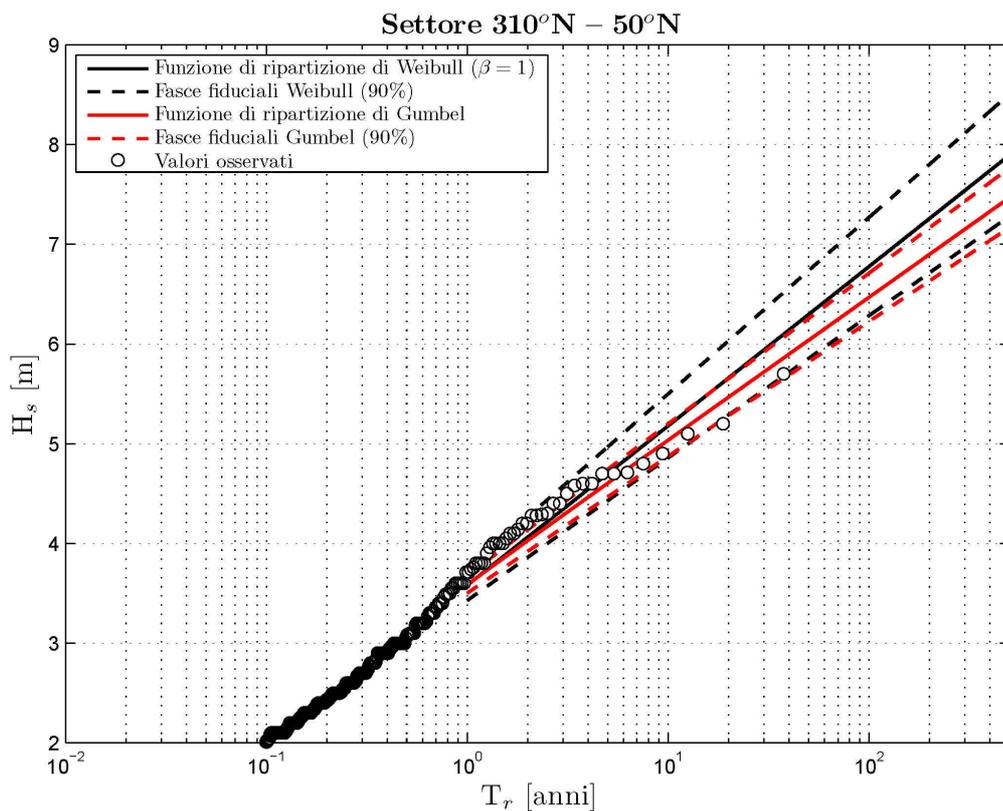
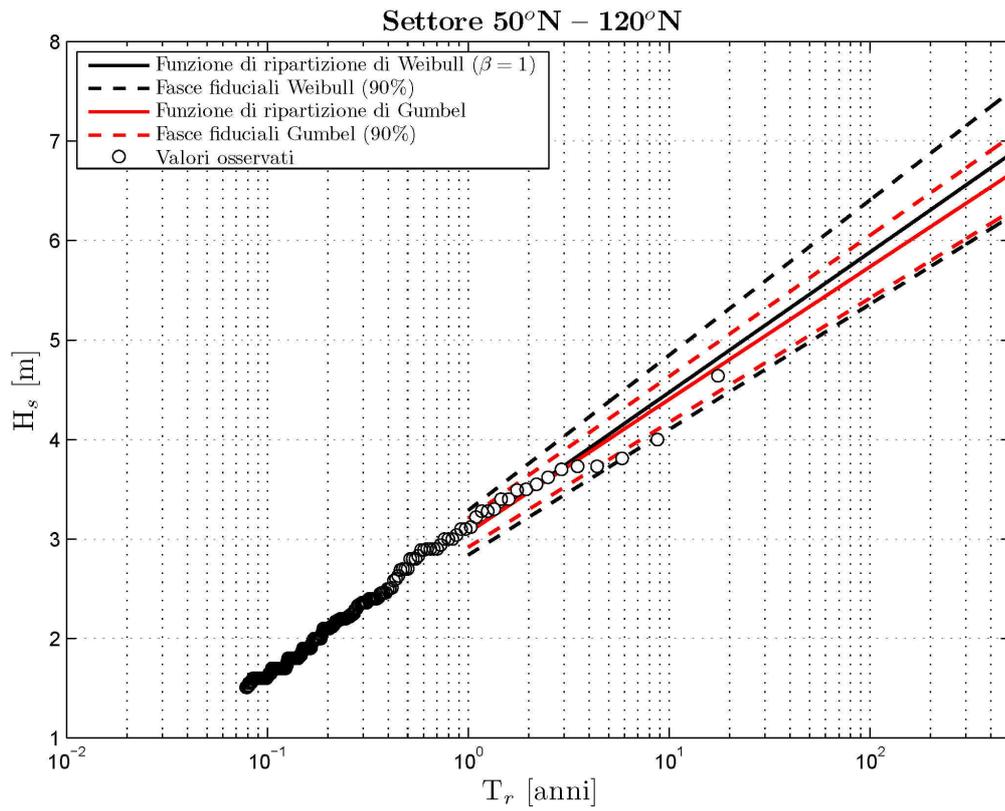


Figura 15: Rappresentazione grafica del test di adattamento delle funzioni di ripartizione teoriche di Gumbel e Weibull ( $\beta=1$ ) al campione di altezze d'onda significative al colmo delle mareggiate provenienti dal settore di traversia principale.



**Figura 16:** *Rappresentazione grafica del test di adattamento delle funzioni di ripartizione teoriche di Gumbel e Weibull ( $\beta=1$ ) al campione di altezze d'onda significative al colmo delle mareggiate provenienti dal settore di traversia secondario.*

## 5. ANALISI DEI LIVELLI

Nel contesto Abruzzese, non risultando la costa soggetta a fenomeni di subsidenza e potendosi trascurare – dati i lunghissimi periodi coinvolti – eventuali fenomeni di eustatismo, le variazioni di livello della superficie marina sono essenzialmente riconducibili alla propagazione di onde lunghe di marea di origine sia astronomica che meteorologica.

Come noto, la marea si manifesta con l'oscillazione del livello marino cui si accompagnano spostamenti orizzontali della massa marina noti come correnti di marea. Entrambi gli spostamenti, verticale ed orizzontale, rappresentano aspetti differenti dello stesso fenomeno. Se da una parte la perpetuità e la regolarità del loro manifestarsi testimonia la costante presenza delle forze che causano e governano il fenomeno, dall'altra il fatto che, lungo tutte le coste oceaniche e dei mari adiacenti, tali spostamenti siano della stessa natura, anche se differenti come estensione, testimonia la loro globalità. Da quanto precede si evince che le cause del fenomeno sono legate alla posizione che la Terra occupa nello spazio, ovvero all'azione che i corpi celesti, in particolar modo il Sole e la Luna, esercitano sulla Terra. L'origine astronomica giustifica la denominazione di marea astronomica comunemente data al fenomeno principale.

E' altresì noto che l'oscillazione mareale può essere disturbata da cause meteorologiche quali le variazioni bariche e l'azione tangenziale del vento, causa della cosiddetta marea meteorologica. In ogni caso, qualunque sia l'entità del disturbo, la regolarità del fenomeno propriamente astronomico ritorna sempre ad esplicarsi invariato allorchè il disturbo meteorologico cessa la sua azione.

### **5.1.1. Analisi armonica della marea astronomica (componente deterministica)**

La marea astronomica, essendo originata dall'azione di attrazione Newtoniana indotta da moti di rivoluzione noti della Terra con i corpi celesti che la circondano (essenzialmente Luna e Sole), ha un carattere essenzialmente deterministico. L'elevatissima precisione con la quale, a cavallo del XIX e XX secolo, sono state definite le caratteristiche dei moti della Luna attorno alla Terra e di questa attorno al Sole (Brown, 1908), ha consentito di scomporre il potenziale della marea astronomica in centinaia di costituenti armoniche (Darwin, 1886; Doodson, 1921; Cartwright e Tayler, 1961), permettendo di identificare ciclicità con periodi dell'ordine dei 18 anni (nutazione e ciclo di Saros). E' bene notare che, qualora la Terra fosse una Idrosfera, ovvero una sfera completamente ricoperta di acqua con tirante idrico costante, e qualora la risposta del fluido potesse ipotizzarsi istantanea

(mancanza di reazione inerziale), una tale precisione nella conoscenza del potenziale generatore della marea permetterebbe di derivare teoricamente, con altrettanto elevata precisione, le variazioni temporali del livello marino in ogni punto del globo. La presenza dei continenti, l'irregolarità dei fondali e delle coste, nonché l'inerzia con la quale il fluido reagisce alla forzante, non permettono tuttavia una tale derivazione teorica. Quindi, mentre i periodi delle varie costituenti della marea sono conosciuti con elevata precisione, l'ampiezza e la fase con le quali si esplicano nei vari punti del globo rimane un'incognita. Tali caratteristiche, ovvero ampiezza e fase delle varie costituenti in un punto, possono tuttavia essere calcolate per mezzo dell'analisi armonica delle misure di livello realizzate nel punto considerato (Doodson, 1928), risultando il calcolo tanto più preciso quanto più lunga risulta la serie continua analizzata. Al limite, a causa della presenza di componenti con periodi che raggiungono i 18 anni, per calcolare con precisione l'ampiezza e la fase di tutte le 368 costituenti di marea note occorrerebbero 18 anni di dati continui campionati con una frequenza di un ora. Tuttavia, per ottenere ricostruzioni o previsioni di marea dotate di buona approssimazione, sono sufficienti l'ampiezza e la fase di un numero di costituenti molto minore. Dipendentemente dal luogo di interesse infatti, possono essere sufficienti anche solo 7 costituenti per ricostruire o prevedere fino al 96%-98% dell'escursione di livello mareale. Mediamente, sono sufficienti da un minimo di 15 giorni a un massimo di un anno di dati continui per poter calcolare, con precisione crescente, da 7 fino a circa 68 costituenti di marea.

L'analisi armonica dei livelli di marea astronomica è stata effettuata tramite l'utilizzo del codice di calcolo T-Tide (Pawlowicz et al. 2002), versione aggiornata del codice SLPR2 (Caldwell, 1998) elaborato presso il JIMAR ('Joint Institute for Marine and Atmospheric Research') in collaborazione con il 'National Oceanographic Data Center' del NOAA e il 'Sea Level Center' della 'University of Hawaii'. L'ampiezza e la fase (riferita alle 00:00 del 01/01/1976) delle componenti armoniche individuate sono elencate nella Tabella 20. Dai risultati ottenuti si osserva che la componente astronomica del sovrizzo, si presenta del tipo misto a dominante semidiurna. L'altezza di oscillazione varia tra un massimo pari a circa 44 cm e un minimo pari a circa 20 cm (dipendenti dalle fasi lunari).

Numero	Nome Comp.	Freq.	Periodo	Amp.	Fase	Numero	Nome Comp.	Freq.	Periodo	Amp.	Fase
		(h <sup>-1</sup> )	(h)	(cm)	(°)			(h <sup>-1</sup> )	(h)	(cm)	(°)
1	ZO	=	=	87.76	360.00	31	M2	0.080511	12.420663	6.70	61.12
2	SSA	0.00023	4385.96	4.96	63.72	32	MKS2	0.08074	12.39	0.07	328.04
3	MSM	0.00131	763.36	1.02	7.28	33	LDA2	0.08182	12.22	0.11	38.31
4	MM	0.00151	661.38	0.67	85.26	34	L2	0.08202	12.19	0.10	62.53
5	MSF	0.00282	354.36	0.55	308.93	35	S2	0.08333	12.00	4.74	70.66
6	MF	0.00305	327.87	1.32	178.19	36	K2	0.08356	11.97	1.30	64.87
7	ALP1	0.03440	29.07	0.02	358.39	37	MSN2	0.08485	11.79	0.03	306.38
8	2Q1	0.03571	28.01	0.08	277.98	38	ETA2	0.08507	11.75	0.18	80.88
9	SIG1	0.03591	27.85	0.09	134.02	39	M03	0.11924	8.39	0.21	7.72
10	Q1	0.03722	26.87	0.43	59.15	40	M3	0.12077	8.28	0.32	336.70
11	RH01	0.03742	26.72	0.14	14.96	41	S03	0.12206	8.19	0.08	137.76
12	O1	0.03873	25.82	2.69	51.40	42	MK3	0.12229	8.18	0.08	256.35
13	TAU1	0.03896	25.67	0.33	92.63	43	SK3	0.12511	7.99	0.03	306.38
14	BET1	0.04004	24.98	0.14	33.54	44	MN4	0.15951	6.27	0.12	278.73
15	NO1	0.04027	24.83	0.15	72.40	45	M4	0.16102	6.21	0.17	334.61
16	CHI1	0.04047	24.71	0.14	138.46	46	SN4	0.16233	6.16	0.05	40.33
17	P1	0.04155	24.07	2.68	58.37	47	MS4	0.16385	6.10	0.05	29.68
18	K1	0.04178	23.93	8.82	66.48	48	MK4	0.16407	6.09	0.07	246.81
19	PHI1	0.04201	23.80	0.20	43.12	49	S4	0.16667	6.00	0.05	311.15
20	THE1	0.04309	23.21	0.30	153.62	50	SK4	0.16690	5.99	0.11	300.82
21	J1	0.04329	23.10	0.64	82.70	51	2MK5	0.20280	4.93	0.09	78.98
22	SOI	0.04460	22.42	0.54	236.99	52	2SK5	0.20845	4.80	0.02	129.56
23	OO1	0.04483	22.31	1.11	140.73	53	2MN6	0.24002	4.17	0.04	325.01
24	UPS1	0.04634	21.58	0.18	290.22	54	M6	0.24153	4.14	0.02	7.11
25	OQ2	0.07598	13.16	0.06	321.78	55	2MS6	0.24436	4.09	0.05	347.14
26	EPS2	0.07618	13.13	0.04	288.86	56	2MK6	0.24458	4.09	0.10	216.88
27	2N2	0.07749	12.91	0.13	2.97	57	2SM6	0.24718	4.05	0.04	238.55
28	MU2	0.07769	12.87	0.14	74.36	58	MSK6	0.24741	4.04	0.05	50.85
29	N2	0.07900	12.66	1.05	56.18	59	3MK7	0.28332	3.53	0.06	310.27
30	NU2	0.07920	12.63	0.33	63.86	60	MB	0.32205	3.11	0.03	150.54

Tabella 20: Costanti armoniche stimate per la stazione di Ortona.

### 5.1.1. Analisi della marea meteorologica (componente stocastica)

Di tutt'altra natura rispetto alla componente astronomica è l'oscillazione di marea indotta da cause meteorologiche, essenzialmente dovuta a gradienti di pressione e azione tangenziale del vento (storm surge). In questo caso, allo stato delle conoscenze, tale oscillazione può essere studiata solo come un fenomeno a carattere stocastico. Per quanto alcuni tipi di oscillazione rientrante in questa categoria possano essere studiati analiticamente (ad esempio le oscillazioni di sessa di una bacino, indotte da una forzante meteorologica, possono essere studiate calcolando i periodi di modo proprio del bacino stesso), ovvero complessivamente mediante l'applicazione di modelli in acqua bassa forzati dalle uscite di modelli meteorologici a scala globale e locale (GCM e LAM), il metodo locale ancora oggi più usato e più consolidato è quello che prevede di considerare il livello di marea meteorologica pari al livello residuo, dato dalla differenza tra i livelli ricostruiti di marea astronomica e quelli osservati. Occorre notare che, tale metodo parte dal presupposto che il bacino considerato risponda linearmente alle due forzanti, ipotesi peraltro ampiamente accettata nel caso specifico dell'Adriatico (Franco et al., 1982).

Per eseguire l'analisi statistica degli estremi dei livelli residui rappresentativi delle variazioni legate alla forzante meteorologica, è necessario selezionare preliminarmente campioni di dati statisticamente indipendenti e omogenei. Per quanto riguarda l'indipendenza, è possibile utilizzare il metodo della serie di durata parziale sopra soglia (Peaks Over Threshold, POT) che consiste nel prendere in esame il massimo dei valori di livello residuo che si verifica nell'ambito di un singolo evento meteorologico. L'individuazione di ciascun evento meteorologico nell'ambito della serie storica è stata effettuata introducendo un valore di soglia (5 cm) e ipotizzando che il singolo evento abbia inizio in corrispondenza del valore di livello residuo che superi per la prima volta il valore di soglia prestabilito. Conseguentemente, si ipotizza che l'evento termini quando il livello misurato assume per la prima volta un valore inferiore a quello di soglia. Per quanto concerne l'omogeneità dei dati, è stato invece adottato un criterio di tipo empirico, raggruppando insieme i dati sopra soglia estesi su un periodo corrispondente a quello delle usuali perturbazioni che interessano l'Adriatico (5-10 giorni).

L'analisi statistica ha permesso di calcolare, per ogni distribuzione teorica (Gumbel, Frechet, Weibull limitata inferiormente – L - , Weibull limitata superiormente – U – e GEV), i parametri di forma, scala e posizione che meglio approssimano i campioni (Tabella 21) e in seguito, i livelli residui estremi in relazione a diversi tempi di ritorno (Tabella 22). Si osserva che, con l'eccezione della distribuzione di Frechet, tutte le distribuzioni forniscono risultati omogenei, non solo nell'ambito di un confronto all'interno dei singoli campioni di Ortona e Pescara, ma anche nell'ambito di un confronto tra i due campioni (livello variabile tra un minimo di circa 30 cm e un massimo di 75 cm per tempi di ritorno variabili tra un minimo di 2 anni e un massimo di 100 anni).

Distribuzione	Parametro	Valore
Gumbel – EV1	$\alpha$	0,114
	b	2,062
Frechet	$\theta$	2,281
	$x_0$	0,209
Weibull (L) – EV3	$\beta$	2,876
	$\theta$	0,437
	$\varepsilon$	-0,093
	$\lambda$	0,344
Weibull (U) – EV3	$\beta$	9,000
	$\theta$	1,157
	$\varepsilon$	0,237
	$\lambda$	1,394
GEV	$\kappa$	0,005
	$\alpha$	0,114
	$\varepsilon$	0,235

**Tabella 21:** Parametri di forma, scala e posizione delle diverse distribuzioni utilizzate.

Tr (anni)	Livello di ritorno (m)				
	Gumbel	Frechet	Weibull (L)	Weibull (U)	GEV
2	0,276	0,245	0,292	0,283	0,277
5	0,405	0,403	0,424	0,414	0,406
10	0,491	0,561	0,491	0,493	0,491
20	0,573	0,769	0,547	0,562	0,572
30	0,620	0,922	0,576	0,600	0,619
50	0,679	1,157	0,610	0,644	0,677
100	0,758	1,571	0,650	0,700	0,755

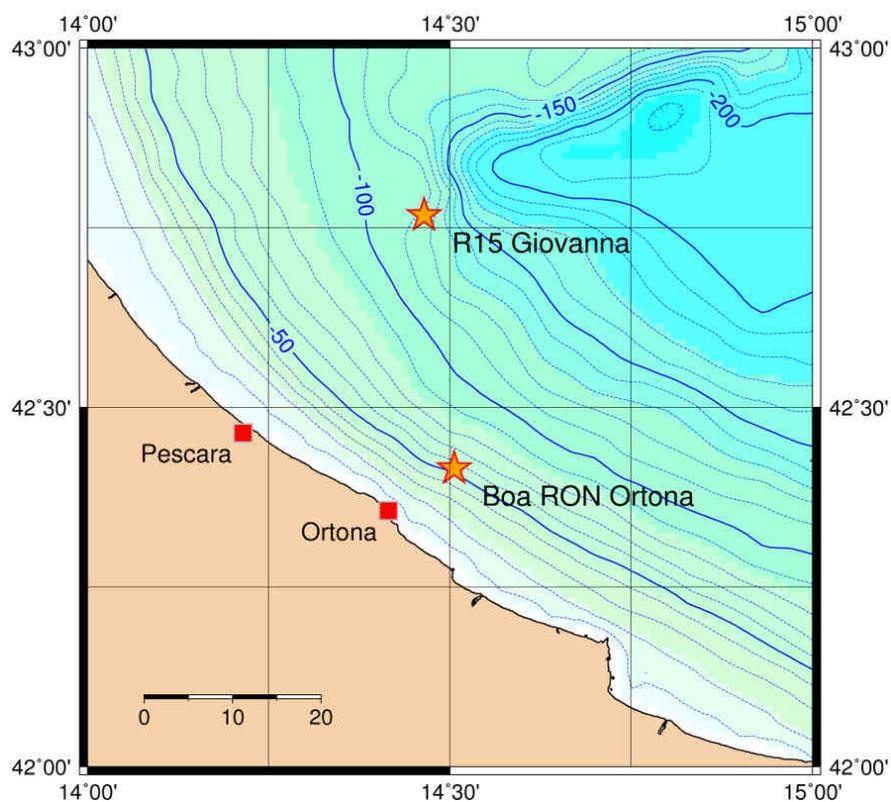
**Tabella 22:** Livelli residui estremi in relazione a diversi tempi di ritorno.

## 6. ANALISI ANEMOMETRICA

### 6.1. Dati di riferimento

Al fine di ottenere informazioni riguardo al clima anemometrico del paraggio di Ortona è stata utilizzata la serie storica dei venti (intensità di vento misurata alla quota pari a 10 m s.l.m.) misurata in corrispondenza della Stazione Agip denominata “Giovanna” (coordinate 42°46'2''N, 14°27'51''E). In tal modo si considera l'esposizione anemometrica sulla base di dati che non risentono dell'orografia costiera. La serie anemometrica presa in considerazione si estende dal 4/2/1993 al 31/12/2000 per una durata complessiva di circa 8 anni e con un rendimento medio pari a 82,79%. Per valutare l'influenza dell'orografia costiera, è stata considerata anche la serie anemometrica acquisita presso la stazione della Rete Mareografica Nazionale di Ortona (coordinate 42°21'21''N, 14°24'53''E) che si estende dal 19/6/1998 al 25/5/2010, per una durata complessiva di circa 12 anni e con un rendimento medio pari a 90,80%.

Nel seguito si mostrano, in analogia con i dati ondametrici, i risultati dell'analisi statistica dei dati anemometrici sia a largo, sia in corrispondenza del bacino del Porto di Ortona.



**Figura 17:** Localizzazione della stazione di misura del vento a largo (R15 Giovanna) rispetto alla posizione della boa ondometrica di Ortona.

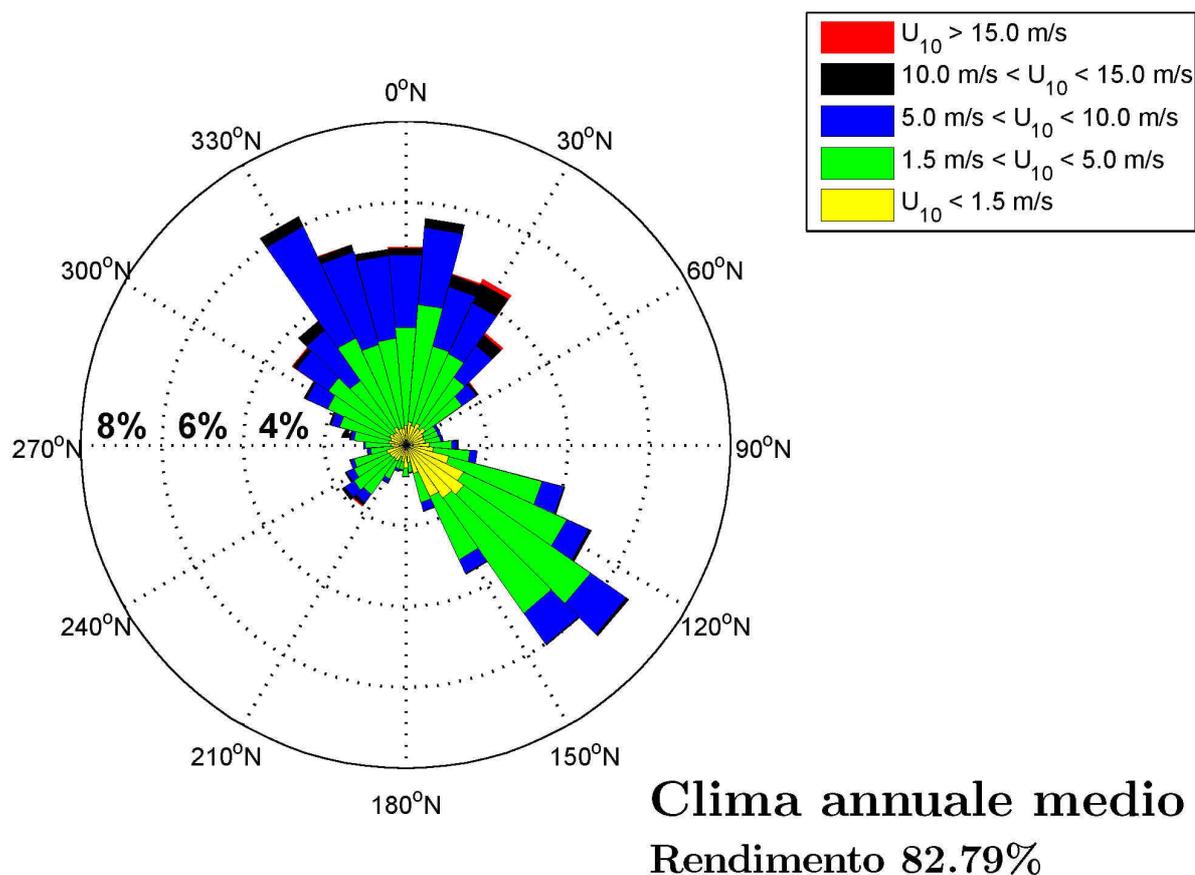
## 6.2. Analisi dell'esposizione anemometrica media a largo di Ortona

I dati anemometrici, in analogia con quelli ondometrici, possono essere classificati in base al valore dell'intensità (relativa alla quota di 10 m s.l.m.) e alla direzione di provenienza. In tal caso è possibile definire una serie di classi e la relativa frequenza di occorrenza (assoluta e relativa). La rappresentazione polare delle frequenze relative (rosa anemometrica), calcolata su base annuale, permette di trarre indicazioni sulle caratteristiche di esposizione anemometrica del paraggio.

Al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi, gli elementi della serie anemometrica definita a largo di Ortona (paragrafo 6.1) sono stati suddivisi in base al valore dell'intensità del vento e alla direzione di provenienza.

Nella Figura 18 è riportata la rosa dei venti annuale ed i relativi valori numerici sono riportati nella

Tabella 23. Si osserva che sono presenti due settori di traversia dai quali provengono i venti in grado di generare eventi di moto ondoso che si propagano verso la costa. Il settore di traversia principale è rappresentato dal settore angolare 300°N-50°N, quello secondario dal settore angolare 110°N-150°N.



**Figura 18:** Rappresentazione polare della distribuzione relativa media annuale delle intensità di vento rispetto alla direzione di provenienza a largo di Ortona.

## CLIMA ANNUALE

Dir (°N)	Classi di intensità di vento U <sub>10</sub> (m/s)					Tot.	Dir (°N)	Classi di intensità di vento U <sub>10</sub> (m/s)					Tot.
	0.00 1.50	1.50 5.00	5.00 10.00	10.00 15.00	>15.0 0			0.00 1.50	1.50 5.00	5.00 10.00	10.00 15.00	>15.0	
10	102	523	340	36		<b>1 001</b>	10	0.44	2.24	1.45	0.15		<b>4.28</b>
20	104	435	325	65	8	<b>937</b>	20	0.44	1.86	1.39	0.28	0.03	<b>4.01</b>
30	114	367	269	99	24	<b>873</b>	30	0.49	1.57	1.15	0.42	0.10	<b>3.73</b>
40	96	298	187	62	11	<b>654</b>	40	0.41	1.27	0.80	0.27	0.05	<b>2.80</b>
50	95	201	80	13	2	<b>391</b>	50	0.41	0.86	0.34	0.06	0.01	<b>1.67</b>
60	114	77	14	1		<b>206</b>	60	0.49	0.33	0.06			<b>0.88</b>
70	87	74	14			<b>175</b>	70	0.37	0.32	0.06			<b>0.75</b>
80	93	73	11	2		<b>179</b>	80	0.40	0.31	0.05	0.01		<b>0.77</b>
90	101	96	18	3		<b>218</b>	90	0.43	0.41	0.08	0.01		<b>0.93</b>
100	124	174	39	1		<b>338</b>	100	0.53	0.74	0.17			<b>1.45</b>
110	230	478	113	5		<b>826</b>	110	0.98	2.04	0.48	0.02		<b>3.53</b>
120	272	489	106	13		<b>880</b>	120	1.16	2.09	0.45	0.06		<b>3.76</b>
130	325	691	193	11		<b>1 220</b>	130	1.39	2.96	0.83	0.05		<b>5.22</b>
140	351	770	209	8		<b>1 338</b>	140	1.50	3.29	0.89	0.03		<b>5.72</b>
150	273	331	73	4		<b>681</b>	150	1.17	1.42	0.31	0.02		<b>2.91</b>
160	123	137	39	3		<b>302</b>	160	0.53	0.59	0.17	0.01		<b>1.29</b>
170	102	53	9	1		<b>165</b>	170	0.44	0.23	0.04			<b>0.71</b>
180	111	39	2	2		<b>154</b>	180	0.47	0.17	0.01	0.01		<b>0.66</b>
190	74	35	5	1		<b>115</b>	190	0.32	0.15	0.02			<b>0.49</b>
200	63	54	11	3		<b>131</b>	200	0.27	0.23	0.05	0.01		<b>0.56</b>
210	83	86	17	2		<b>188</b>	210	0.36	0.37	0.07	0.01		<b>0.80</b>
220	87	222	54	17	6	<b>386</b>	220	0.37	0.95	0.23	0.07	0.03	<b>1.65</b>
230	85	216	52	16	1	<b>370</b>	230	0.36	0.92	0.22	0.07		<b>1.58</b>
240	85	187	35	11		<b>318</b>	240	0.36	0.80	0.15	0.05		<b>1.36</b>
250	80	145	18	1		<b>244</b>	250	0.34	0.62	0.08			<b>1.04</b>
260	72	127	16	2		<b>217</b>	260	0.31	0.54	0.07	0.01		<b>0.93</b>
270	67	125	11			<b>203</b>	270	0.29	0.53	0.05			<b>0.87</b>
280	82	164	19	2		<b>267</b>	280	0.35	0.70	0.08	0.01		<b>1.14</b>
290	74	251	43	6		<b>374</b>	290	0.32	1.07	0.18	0.03		<b>1.60</b>
300	71	296	97	9		<b>473</b>	300	0.30	1.27	0.41	0.04		<b>2.02</b>
310	82	357	177	22		<b>638</b>	310	0.35	1.53	0.76	0.09		<b>2.73</b>
320	74	356	316	58	1	<b>805</b>	320	0.32	1.52	1.35	0.25		<b>3.44</b>
330	89	425	528	48	2	<b>1 092</b>	330	0.38	1.82	2.26	0.21	0.01	<b>4.67</b>
340	87	459	518	40	3	<b>1 107</b>	340	0.37	1.96	2.22	0.17	0.01	<b>4.74</b>
350	80	431	399	31		<b>941</b>	350	0.34	1.84	1.71	0.13		<b>4.03</b>
360	92	472	351	2		<b>917</b>	360	0.39	2.02	1.50	0.01		<b>3.92</b>
Tot.	4 244	9 714	4 708	600	58	19 324	Tot.	18.16	41.56	20.14	2.57	0.25	82.67
							Tot. Cumulato	59.71	79.85	82.42	82.67		

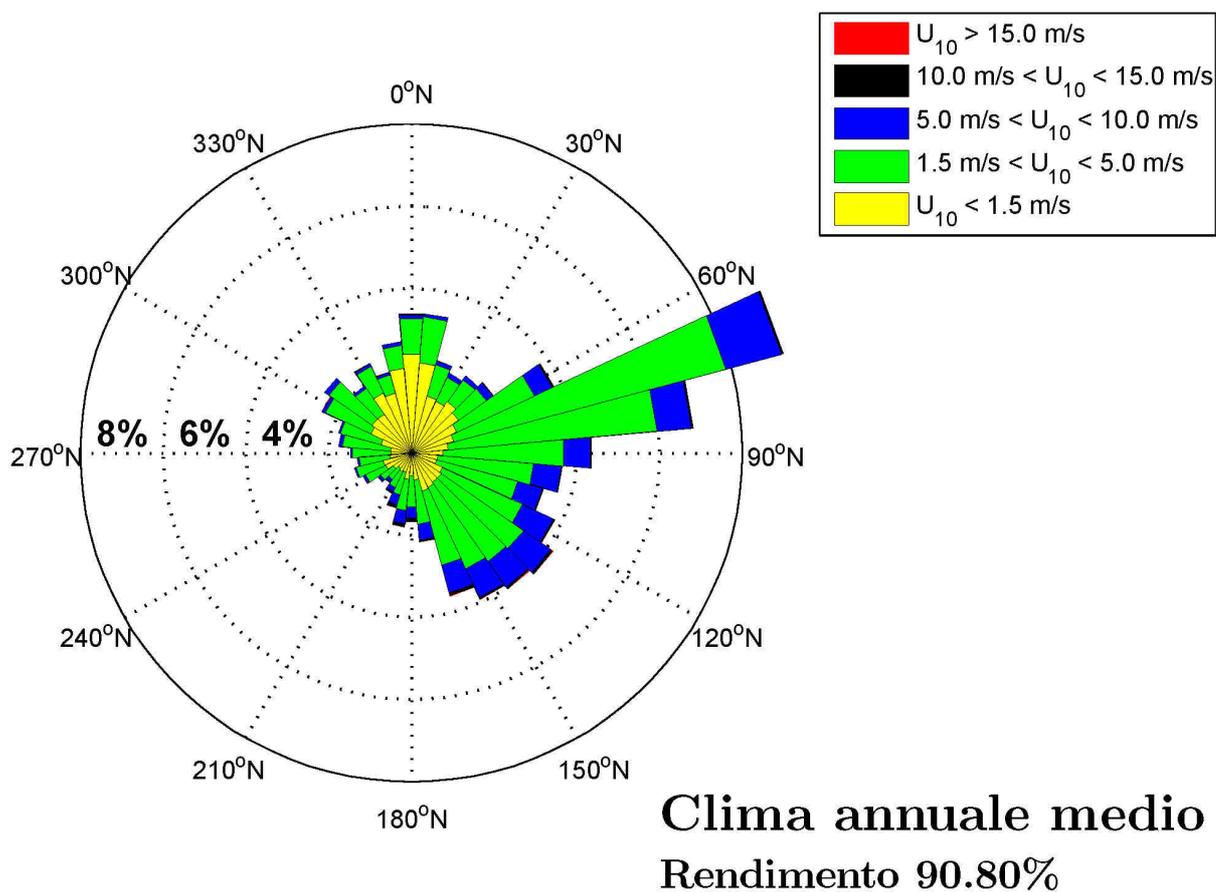
**Tabella 23:** Distribuzione direzionale annuale degli eventi anemometrici: numero di eventi classificati per intensità di vento e direzione di provenienza a largo di Ortona (tabella a sinistra) e relativa distribuzione percentuale (tabella a destra). Le celle che contengono i numeri in grassetto indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25%.

Osservando l'andamento della deviazione tra la direzione del vento e quello delle onde (Figura 3, pagina 11), si riconosce nel settore di provenienza del vento più frequente e più intenso (300°N-50°N) il settore di traversia principale di provenienza delle onde (310°N-50°N), in corrispondenza del quale la deviazione tra la direzione del vento e quella delle onde è positivo. Analogamente, si riconosce nel settore di provenienza secondario dei venti (110°N-150°N) il settore di traversia

secondario delle onde (50°N-120°N) per il quale la deviazione tra la direzione del vento e quello delle onde è negativo.

### 6.3. Analisi dell'esposizione media in corrispondenza del Porto di Ortona

In analogia con quanto effettuato a largo, nella Figura 19 è riportata la rosa annuale degli eventi anemometrici misurati in corrispondenza del Porto di Ortona. Rispetto all'esposizione a largo, si osserva che la distribuzione direzionale è notevolmente diversa rispetto a quella osservata a largo a causa degli effetti legati alla presenza della costa. Il settore di provenienza di Maestrale non è presente, il settore di traversia secondario risulta caratterizzato da frequenze di accadimento inferiori e gli eventi provengono più frequentemente dal settore angolare compreso tra 60°N e 90°N.



**Figura 19:** Rappresentazione polare della distribuzione relativa media annuale delle intensità di vento rispetto alla direzione di provenienza a in corrispondenza del Porto di Ortona.

## 6.4. Analisi degli estremi anemometrici a largo di Ortona

In perfetta analogia con l'analisi estrema effettuata per i dati ondometrici, la Tabella 24 riporta i parametri delle distribuzioni prese in considerazione per l'adattamento statistico degli eventi anemometrici estremi a largo di Ortona, ottenuti tramite il metodo dei minimi quadrati al variare del tempo di ritorno, compreso tra 2 e 25 anni. Il valore di soglia dell'intensità di vento utilizzato per la definizione degli eventi estremi è stato fissato a 11,0 m/s per il settore di traversia principale (300°N-50°N) e a 8,0 m/s per il settore secondario (110°N-150°N).

Settore 300°N - 50°N						Settore 110°N - 150°N					
Tempo di ritorno [anni]	Funzione di ripartizione					Tempo di ritorno [anni]	Funzione di ripartizione				
	Gumbel	Weibull (b = 0.75)	Weibull (b = 1)	Weibull (b = 1.4)	Weibull (b = 2.0)		Gumbel	Weibull (b = 0.75)	Weibull (b = 1)	Weibull (b = 1.4)	Weibull (b = 2.0)
2	18.9	19.2	19.1	18.8	18.5	2	13.6	14.0	13.7	13.4	13.2
5	20.7	21.8	21.1	20.4	19.8	5	14.9	15.7	15.1	14.6	14.2
10	22.1	23.9	22.7	21.6	20.7	10	15.9	17.1	16.1	15.4	14.8
15	22.9	25.1	23.6	22.2	21.2	15	16.5	17.9	16.8	15.8	15.2
20	23.5	26.0	24.2	22.7	21.6	20	16.9	18.5	17.2	16.2	15.5
25	23.9	26.7	24.7	23.0	21.8	25	17.2	19.0	17.5	16.4	15.7
Coeff. $\theta/\alpha$	2.005	1.300	2.244	3.749	5.943	Coeff. $\theta/\alpha$	1.436	0.826	1.520	2.744	4.683
Coeff. $\epsilon/\beta$	11.105	11.280	10.353	8.909	6.789	Coeff. $\epsilon/\beta$	6.782	7.346	6.472	5.088	3.029
Coeff. corr.	0.987	0.936	0.977	0.992	0.989	Coeff. corr.	0.992	0.991	0.994	0.987	0.976

**Tabella 24:** Stima dei parametri delle distribuzioni teoriche per l'adattamento statistico degli eventi anemometrici estremi a largo di Ortona (i valori dell'intensità del vento è espresso in m/s).

## 7. BIBLIOGRAFIA

1. "Freeboard allowances for waves in inland reservoirs" Journal of the Waterways and Harbours Division, Proc. ASCE, n.18 WW2 may 1962
2. Archetti R. e Franco L., "Nuove analisi di dati ondometrici nei mari italiani", Atti delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera, Ravenna, 1995.
3. Battjes J.A., "Long term wave Height distributions at seven stations around the British Isles", NIO Report n° A44, National Institute of Oceanography, U.K., 1970.
4. Borgman L.E., "Extremal statistics in Ocean Engineering", Proc. Conf. 'Civil Engineering in Ocean, III', Newark, U.S.A., 1975.
5. Brown, E.W. "Theory of the motion of the moon" Memories of the Royal Astronomical Society, London, 1908.
6. Caldwell, P. "Sea level data processing on IBM-PC Compatible Computers. Version 3.0 (year 2000 compliant)" JIMAR contribution N° 98-319.
7. Cartwright, D.E., Tayler, R.J. "New computations of the tide-generating potential" Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, Londo, 1971.
8. C.E.R.C., "Shore Protection manual", Washington, fourth edition, 1984
9. C.N.R., "STONE: statistica delle onde estrema nel Mar Tirreno", Editrice CLEUP, Padova, 1984.
10. Darwin, G.H. "Reports of the Committee for the harmonic analysis" British Essays on the advancement of Sciences, London, 1886.
11. Doodson, A.T. "The harmonic development of the tide generating potential" Proceeding of the Royal Society, London, 1921.
12. Doodson A.T. "The analysis of tidal observations" Philosophical Transaction of the Royal Society, London, 1928.
13. Draper L., "Derivation of a 'Design Wave' from instrumental records of sea waves", Proc. of the Institution of Civil Engineers, Vol. 26, Londra, 1963.
14. Franco L., "Misure strumentali di moto ondoso nei mari italiani: analisi statistiche degli eventi estremi", Atti delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera, ICCE 92, Genova, 1993.
15. Franco P., Jeftic L., Malanotte Rizzoli P., Michelato A., Orlic M. "Descriptive model of the northern Adriatic" Oceanologica Acta, 1982.
16. Franco L., Sammarco P. e Spina D., "Analisi degli eventi ondosi estremi misurati nei mari italiani", XXII Convegno di Idraulica e Costruzioni Idrauliche, Cosenza, 1990.
17. Foreman, M.G.G. "Manual for tidal heights analysis and prediction" Institute of Ocean Sciences, Sydney, 1977.
18. Galeati G. e Rossi V., "Caratteristiche del moto ondoso nella zona di mare prospiciente la centrale di Montalto di Castro. Analisi statistica della durata di eventi ondosi superiori a prefissati valori di soglia", Rapporto ENEL SI-973/90, 1990.

19. Galeati G. e Rossi V., "Caratteristiche del moto ondoso nella zona di mare prospiciente la centrale di Montalto di Castro. Analisi statistica della frequenza di apparizione e della durata degli eventi", Rapporto ENEL SI-1012/91, 1991.
20. Galeati G. e Tomasino M., "Rilievi di moto ondoso nei siti di interesse ENEL. Determinazione dell'onda massima più probabile", *l'Energia Elettrica*, n° 8, 1982.
21. Goda Y., "On the methodology of selecting design wave height", Proc. 21st Coastal Engineering Conference, Malaga, 1988.
22. Godin, G. "The analysis of tides" University of Toronto Press, Toronto, 1972.
23. Isaacson M. e MacKenzie N.G., "Long term distribution of ocean waves: a review", *ASCE Journal of Waterway, Port, Coastal and Ocean Division*, Vol. 107, n°WW2, 1981.
24. Jahns H.O. e Wheeler J.D., "Long-term wave probability based on hindcasting of severe storms", *Journal of Petroleum Technology*, Aprile 1973.
25. Kottegoda, N.T., Rosso, R. "Statistics, Probability and Reliability for Civil and Environmental Engineers". McGraw Hill, Milano 1997.
26. Lama, R., Corsini, S. "La rete mareografica Italiana" Istituto Poligrafico e zecca dello Stato, Roma, 2000.
27. Lamberti A., "Processi idrodinamici e fattori ambientali costieri", *Atti delle Giornate Italiane di Ingegneria Costiera*, ICCE 92, Genova, 1993.
28. Leenknecht D.A. et altri, 1992, "Automated Coastal Engineering System – Technical Reference", C.E.R.C. – W.E.S., Vicksburg, Version 1.06 January 1992
29. Maione, U. Moisélo, U. "Elementi di statistica per l'idrologia". La Goliardica Pavese, Pavia, 1993.
30. Mathiesen M., "Estimation of wave height duration statistics", *Coastal Engineering*, Vol. 23, 1994.
31. Mathiesen M., Goda Y., Hawkes P., Mansard E., Martin M.J., Peltier E., Thompson E. e Van Veddler G., "Recommended practice for extreme wave analysis", *Journal of Hydraulic Research*, Vol. 32. n° 6, 1994.
32. Massel, S.R., *Ocean surface waves: their physics and prediction*, Advanced Series on Ocean Engineering, Volume 11, World Scientific, Singapore
33. Mood, A.M., Graybill, F.A., Boes, D.C. "Introduzione alla statistica". McGraw Hill, Milano 1988.
34. Muir L.R. e El-Shaarawi A.H., "On the calculation of extreme wave heights: a review", *Ocean Engineering*, Vol. 13, n° 1, 1986.
35. National Environment Research Council, "Flood studies report", Vol. 1, "Hydrological studies", NERC Publ., Londra, 1975.
36. Owen M.W., 1988, "Wave prediction in reservoirs comparison of available methods", *Hydraulics Research Limited*, Wallingford – Oxfordshire, Report EX1809 October 1988
37. R. Pawlowicz, B. Beardsley, and S. Lentz, "Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T\_TIDE", *Computers and Geosciences* 28 (2002), 929-937.
38. Petruskas C. e Aagaard P.M., "Extrapolation of historical storm data for estimating design wave height", *Journal of the Society of Petroleum Engineers*, Vol. 11, 1971.
39. Saetre H.J., "On high wave conditions in the Northern North Sea", Proc. *Oceanology International*, Brighton, U.K., 1975
40. Saville T. et altri, 1962

41. Seymour R.J., 1977, “Estimating wave generation on restricted fetches”, Journal of the Waterway Port Coastal and Ocean Division, Proc. ASCE, n.103 WW2 may 1977
42. Smith, J.M. 1991, “Wind-wave generation on restricted fetches”, Miscellaneous paper CERC-91-2, US Army Engineer Waterways Experiment Station
43. Van Veddler G., Goda Y., Hawkes P., Mansard E., Martin M.J., Mathiesen M., Peltier E. e Thompson E., “Case studies of extreme wave analysis: a comparative analysis”, Proc. Conf. WAVES 93, New Orleans, U.S.A., 1993.