Regione Molise

IV DIPARTIMENTO

Servizio Difesa del Suolo, Demanio, Opere Idrauliche e Marittime – Idrico Integrato

INTERVENTI DI DIFESA DELLA COSTA MOLISANA
CODICE RENDIS 14IR562/G1

CUP: D84H17000490001

PROGETTO ESECUTIVO.

Elaborato: **RELAZIONE METEO MARINA**	Tavola ***TAV 02***
	Scala
	Data Settembre 2020 Aggiornamento Dicembre 2021
	Rif.

Responsabile del Procedimento
Ing. Fedele CUCULO f.to

Progettazione: Servizio Difesa Suolo, Demanio, Opere Idrauliche e Marittime – Idrico Integrato

Progettisti *ing. Agostino FRANCISCHELLI* f.to	*ing. jr. Angelo QUAGLIA* f.to	*ing. jr.* Nicola Pontarelli (Coordinatore Sicurezza in fase di Progettazione) f.to

INDICE

1 Premessa 3

2 Sintesi dei risultati 4

3 Inquadramento Geografico Del Paraggio 6

3.1 Considerazioni generali 6

3.2 Il paraggio di Ortona 7

3.3 Il paraggio delle Tremiti 7

3.4 il paraggio di Termoli-Campomarino 7

3.5 Deviazione tra direzione del vento e direzione del moto ondoso 8

4 Fonti dei dati 12

4.1 Considerazioni generali 12

4.2 Dati ondametrici 12

4.2.1 Stazioni ondametriche 12

4.2.2 Metodo della trasposizione geografica 13

4.2.3 Definizione della serie ondametrica a largo di Termoli-Campomarino 14

4.3 Dati meteorologici e mareografici 16

4.4 Dati batimetrici 17

5 Analisi dei venti 18

5.1 Considerazioni generali 18

5.2 Condizioni medio climatiche dei venti 18

5.2.1 Registrazioni anemometriche di Ortona 18

5.2.1 Registrazioni anemometriche di Termoli 25

5.2.2 Esposizione del litorale di Termoli-Campomarino agli stati di vento 26

6 Analisi ondametrica al largo 29

6.1 Classificazione degli eventi di moto ondoso a largo in base all'altezza d'onda significativa e alla direzione di provenienza 29

6.2 Classificazione degli eventi di moto ondoso a largo in base all'altezza e al periodo d'onda 43

6.3 Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso al largo 45

7 Analisi ondametrica Sottocosta 49

7.1 La propagazione sottocosta 49

7.1.1 Considerazioni Generali 49

7.1.2 Griglia di calcolo *51*
7.1.3 Caratteristiche della propagazione *52*
7.2 Classificazione degli eventi di moto ondoso sottocosta in base all'altezza d'onda e alla direzione di provenienza 56
7.3 Onde di modellazione 96
7.4 Profondità di chiusura 98
7.5 Flussi energetici associati al moto ondoso litoraneo 100
8 Analisi dei livelli 102
8.1 Considerazioni generali 102
8.1.1 Premesse *102*
8.1.2 Componente astronomica *102*
8.1.3 Componente meteorologica *103*
8.2 Analisi delle misure di marea della stazione di Ortona 104
8.2.1 Componente astronomica *104*
8.2.2 Componente Meteorologica *104*
8.3 Analisi delle misure di marea della stazione di Tremiti 105
8.3.1 Componente astronomica *105*
8.3.2 Componente Meteorologica *106*
8.4 Stima dei livelli di marea a Termoli-Campomarino 106
8.4.1 Componente astronomica *106*
8.4.2 Componente meteorologica *106*
8.4.3 Livelli totali *108*
9 Riferimenti bibliografici 109

1. Premessa

Il presente studio meteomarino assume la finalità di fornire gli elementi idraulico - marittimi di base per la progettazione/verifica delle opere di difesa costiere previste nei "Lavori di difesa della costa – 1° Stralcio", che interessano la fascia costiera che si estende dal Comune di montenero di Bisaccia fino al Comune di Campomarino, in Provincia di Campobasso, affidati dalla Regione Molise, giusta Determinazione Dirigenziale n. 2161 del 31/05/2016, all'Impresa "Inmare S.r.l.", con sede a Termoli, in Provincia di Campobasso, in via De Nicola n. 16.

Lo studio meteomarino medesimo, in particolare, redatto conformemente a quanto disposto dal D.Lgs. n. 50 del 18/04/2016 e s.m.i. "Codice dei contratti pubblici" e dal D.P.R. n. 207 del 05/10/2010 e s.m.i.,.

2. Sintesi dei risultati

La progettazione di opere di ingegneria marittima e costiera come quelle contemplate dai lavori in epigrafe impone la preliminare impostazione delle condizioni di esposizione del paraggio litoraneo in esame nei confronti dei principali fattori meteomarini con particolare riferimento al clima di moto ondoso incidente sotto costa.

A tal scopo si è quindi proceduto, in funzione delle caratteristiche di esposizione geografica del paraggio, al preliminare reperimento ed analisi di misure ondametriche, anemometriche e mareografiche rappresentative, per collocazione geografica ed intervallo temporale, della zona d'interesse.

- Inquadramento geografico del paraggio di Termoli-Campomarino

  Il paraggio litoraneo di Termoli-Campomarino è delimitato a Sud-Est dal versante settentrionale del Gargano e a Nord-Ovest dal versante meridionale di Vasto. Ponendosi al largo (oltre le 6 miglia nautiche) la traversia geografica del IV quadrante si estende sino al promontorio del Conero (ad una distanza di circa 115 m.n.) mentre quella del I quadrante rimane confinata dal promontorio del Gargano. Il paraggio è quindi esposto al mare aperto per un settore di traversia compreso tra i 330° e i 100° N con un valore massimo del *fetch* efficace pari a circa 200 km per il settore di Tramontana (340°-350°N).

- Clima anemometrico

  L'analisi delle misure anemometriche disponibili relative alla stazione meteo del porto di Ortona ([1]) ha mostrato come questa sia dominata dalle brezze e dai venti locali. Pertanto, per valutare l'esposizione anemometrica del sito di interesse si è fatto ricorso ai dati forniti da " *Copernicus Marine Environment Monitoring Service*" e alla tabella climatica fornita dall'Aeronautica Militare per la Stazione di Termoli (Atlante Climatico d'Italia, periodo di osservazione 1971-2000). Gli eventi più intensi provengono dal settore di Maestrale e dal settore di Scirocco. Tuttavia, il settore di Scirocco è schermato dalla presenza del Promontorio del Gargano.

- Clima ondametrico

  L'analisi ondametrica a largo del litorale di Termoli-Campomarino ha mostrato che gli stati di mare più frequenti e caratterizzati da altezze d'onda più elevate provengono dal settore di traversia compreso nel settore 320-50°N (settore di traversia principale) e dal settore 50°N-100°N (settore di traversia secondario) che rispecchia i risultati dell'analisi anemometrica. In estrema sintesi, il moto ondoso più intenso (Hs>3.5 m) proviene prevalentemente da un limitato settore di traversia settentrionale (320-30°N); gli eventi più intensi (Hs>2.0 m) sono caratterizzati da una frequenza di accadimento contenuta (inferiore al 4%); gli stati di mare con altezze d'onda inferiori a 0.5 m sono più frequenti durante le stagioni estiva e primaverile. L'altezza d'onda significativa estrema è compresa tra 4.4 m (tempo di ritorno pari a 2 anni) e 7.2 m (tempo di ritorno pari a 100 anni) per il settore di traversia principale. Per il settore di traversia secondario si sono stimate altezze d'onda significative estreme comprese tra 3.0 m (tempo di ritorno pari a 2 anni) e 5.1 m (tempo di ritorno pari a 100 anni).

[1] Stazione gestita dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) ed appartenente alla Rete Mareografica Nazionale (RMN).

La modellazione numerica dei fenomeni di propagazione sottocosta dell'intera serie ondametrica ha mostrato che le direzioni di provenienza degli stati di mare per effetto del fenomeno di rifrazione si restringono ai settori: 330°N-30°N e 60°N-80°N.

- Onde di modellazione

  Le stime delle caratteristiche delle onde di modellazione suggeriscono che la morfodinamica del litorale del sito di interesse è fortemente legata all'esposizione del paraggio al settore di traversia principale di Maestrale. Infatti, la durata delle onde di modellazione provenienti dal settore di traversia principale è ben superiore (circa 3 volte, a largo) a quella delle onde di modellazione provenienti dal settore di traversia secondaria. Inoltre, a Sud del Porto di Termoli, si osserva come la deviazione della direzione dell'onda di modellazione provenienti dal settore di traversia principale rispetto alla normale alla linea di riva sia superiore rispetto a quella dell'onda proveniente dal settore di traversia secondario. Si osserva il contrario per il tratto di litorale a Nord del Porto. In ultimo, si nota che l'altezza delle onde morfologiche provenienti dal settore di traversia principale è superiore a quelle provenienti dal settore di traversia secondario. In estrema sintesi, l'analisi delle onde di modellazione evidenzia che la morfodinamica del litorale è fortemente legata all'esposizione del paraggio al settore di traversia principale di Maestrale.

- Profondità di chiusura

  Le analisi forniscono un valore della profondità di chiusura annuale media pari a circa 7.0 m. La profondità di chiusura pluriennale mostra un comportamento asintotico al valore pari a circa 7.5 m.

- Flussi energetici

  La componente longitudinale della risultante dei flussi energetici, proporzionale al trasporto solido potenziale, è diretta mediamente verso Sud-Est sia per il tratto di litorale a Nord del Porto di Termoli, sia per il tratto a Sud.

- Livelli marini

  L'analisi delle possibili variazioni del livello della superficie marina fornisce un sovralzo totale (componente astronomica e meteorologica) rispetto al livello medio marino compreso tra + 0.55 m (tempo di ritorno pari a 2 anni) e + 1.05 m (tempo di ritorno pari a 100 anni). Sono state analizzate anche le depressioni del livello medio, comprese tra -0.46 m (tempo di ritorno pari a 2 anni) e -0.54 m (tempo di ritorno pari a 100 anni).

3. Inquadramento Geografico Del Paraggio

3.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

L'analisi dell'esposizione geografica di un paraggio 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 ad 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. Tale assunzione risulta plausibile, poiché le dimensioni caratteristiche delle perturbazioni che normalmente interessano il Mar 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 spira mediamente il vento, ma anche in tutte le direzioni comprese in un settore di $\pm 90°$ rispetto alla direzione media di azione del vento. 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 relazione derivata dalla teoria di ricostruzione indiretta del moto ondoso nota come metodo SMB (Sverdrup et al., 1947) e successivi aggiornamenti (Saville, 1954; Seymour, 1977; S.P.M., 1984; Smith, 1991):

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

nella quale i simboli che compaiono rappresentano i seguenti parametri:

$F_{e,w}$ lunghezza del *fetch* efficace relativa alla direzione ϕ_w;

F_i lunghezza del *fetch* geografico relativa alla direzione i-esima ϕ_i;

ϕ_w direzione media (riferita al Nord geografico) di provenienza del vento responsabile del fenomeno di generazione del moto ondoso;

$\phi_w - \theta \le \phi_i \le \phi_w + \theta$ direzione i-esima (riferita al Nord geografico) relativa ad un settore di $2\cdot\theta$ considerato nell'intorno della direzione ϕ_w (il metodo di Saville prevede un valore di θ=45°, mentre quello di Seymour fa riferimento a un valore di θ=90°);

θ ampiezza del settore di possibile provenienza del moto ondoso;

n termine esponenziale definito in funzione della legge di distribuzione direzionale degli spettri di moto ondoso che caratterizzano il sito in esame (solitamente si assume n=2).

Nell'ambito di questo studio è stato necessario definire i valori dei fetch geografici, e conseguentemente quello dei fetch efficaci, in corrispondenza delle boe di Ortona e delle Tremiti e in un punto a largo di Termoli-Campomarino, poiché, come ampiamente descritto nel seguito, la serie ondametrica a largo è stata definita sulla base delle misure effettuate tramite la boa delle Tremiti appartenente alla Rete Meteomarina realizzata dalla Regione

Puglia, funzionante nel periodo 2006-2010, e tramite la boa di Ortona appartenente alla Rete Ondametrica Nazionale nel periodo 1989-2006. A tal proposito si osserva che, oltre ad essere utile per la caratterizzazione geografica del paraggio, la definizione dei fetch è necessaria per l'applicazione del metodo di trasposizione geografica delle serie ondametriche misurate, in questo caso dalla boa di Ortona e delle Tremiti, nel sito di interesse.

3.2 IL PARAGGIO DI ORTONA

La Figura 3-2 mostra i *fetch* geografici ed efficaci del paraggio di Ortona relativi al punto ove è localizzata la boa ondametrica di Ortona, gestita dall'ISPRA. I valori dei *fetch* sono sintetizzati nella Tabella 3-1 in cui sono riportate le direzioni 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. In particolare, ponendosi al largo di Ortona, in prossimità del punto ove è localizzata la boa della R.O.N, il paraggio è esposto al mare aperto per un settore di traversia compreso tra i 320° e i 110° N con i *fetch* geografici massimi individuabili secondo le direzioni che traguardano la costa veneta (circa 340°N) e la costa albanese (circa 110°N), per le quali la lunghezza del fetch geografico risulta pari a circa 400 km. Si osserva che il *fetch* efficace massimo (Tabella 3-1) risulta pari a circa 210 km ed è riferito al settore di Levante (80°-90°N).

3.3 IL PARAGGIO DELLE TREMITI

Il paraggio delle Tremiti è delimitato dall'arcipelago stesso a Sud, dalle coste della penisola slava a Est e dalla costa veneta a Nord. Nella Tabella 3-2 è possibile osservare la rappresentazione grafica dei fetch geografici ed efficaci.

In particolare, ponendosi nel punto di ormeggio della boa delle Tremiti, il paraggio è esposto al mare aperto per un settore di traversia compreso tra i 290° e i 100° N con i *fetch* geografici massimi individuabili secondo le direzioni che traguardano la costa veneta (circa 330°N) e la costa albanese (circa 100°N), per le quali la lunghezza del fetch geografico risulta pari a circa 400 km. Si osserva che il *fetch* efficace massimo (Tabella 3-2) risulta pari a circa 210 km ed è riferito al settore di Maestrale (320°-340°N).

3.4 IL PARAGGIO DI MONTENERO DI BISACCIA- TERMOLI-CAMPOMARINO

Anche la traversia di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino, in analogia con il paraggio di Ortona, è delimitata dal promontorio del Gargano a Sud-Est e da quello del Conero a Nord-Ovest. Nella Figura 3-4 è possibile osservare la rappresentazione grafica dei fetch geografici ed efficaci. Ponendosi al largo di Termoli, in prossimità del punto ove viene effettuata la trasposizione della serie ondametrica registrata dalla boa di Ortona e dalla boa delle Tremiti, il paraggio è esposto al mare aperto per un settore di traversia compreso tra i 330° e i 100° N. Nella Tabella 3-3 sono riportati i valori dei *fetch* geografici ed efficaci, calcolati attraverso la metodologia esposta nel successivo paragrafo §4.2.2. I valori più elevati della lunghezza del *fetch* geografico si hanno secondo le direzioni 330°- 340°N (Nord, Nord-Ovest), per le quali la lunghezza del *fetch* geografico raggiunge valori superiori a 400 km. Il *fetch* efficace massimo, invece, risulta pari a circa 200 km ed è riferito al settore di Tramontana (340°-350°N).

3.5 DEVIAZIONE TRA DIREZIONE DEL VENTO E DIREZIONE 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 descritto nel seguente Capitolo 4, si è fatto riferimento al criterio introdotto da Donelan (Smith, 1991). In base a tale criterio, la deviazione β tra la direzione media del moto ondoso e la direzione media ϕ_w del vento che lo ha generato è pari al valore dell'angolo cui corrisponde il massimo valore della seguente funzione:

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

dove $F_{e,w}$ è la lunghezza del fetch efficace relativa alla direzione ϕ_w del vento.

Tale legge di deviazione direzionale tra la direzione media del vento e la direzione del moto ondoso generato è stata determinata sia per il paraggio di Ortona, sia per il paraggio delle Tremiti, sia per quello di Termoli-Campomarino ed è riportata in forma grafica nella Figura 3-1. Si osserva che le deviazioni relative al largo delle Tremiti e di Termoli-Campomarino sono sostanzialmente coincidenti. La deviazione relativa al paraggio di Ortona non presenta differenze sostanziali rispetto alle precedenti. Per tutti i paraggi considerati 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 (0°-90°N) la deviazione risulta molto limitata con un valore prossimo allo zero per direzioni del vento vicine a 20°N e 90°N.

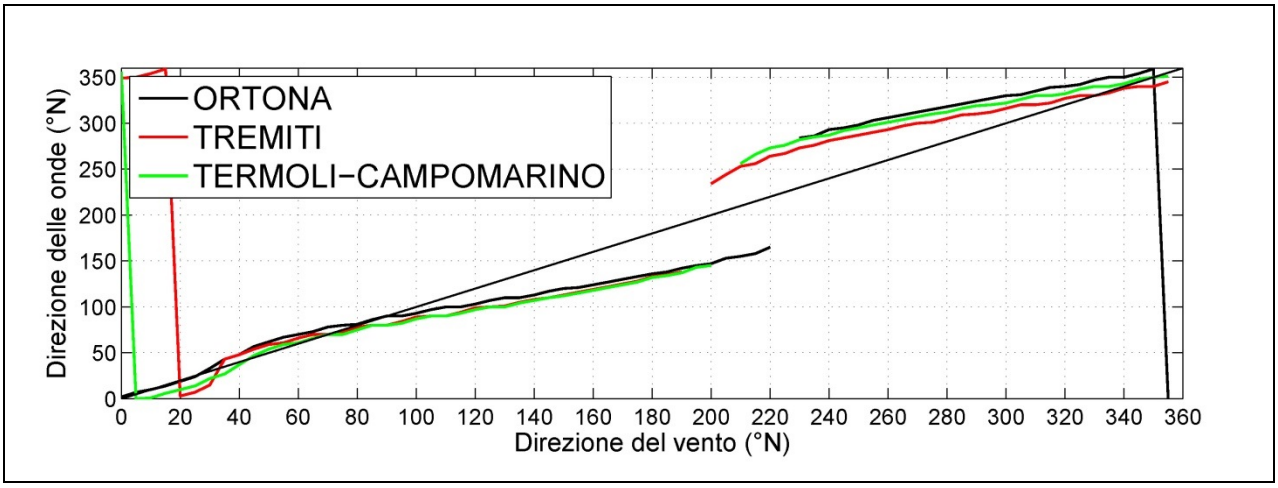


Figura 3-1: Rappresentazione grafica della deviazione della direzione dell'onda rispetto a quella del vento a largo di Ortona (in nero), alle Tremiti (in rosso) e a largo di Termoli-Campomarino (in verde). La retta nera rappresenta l'uguaglianza tra la direzione del vento e quella del moto ondoso.

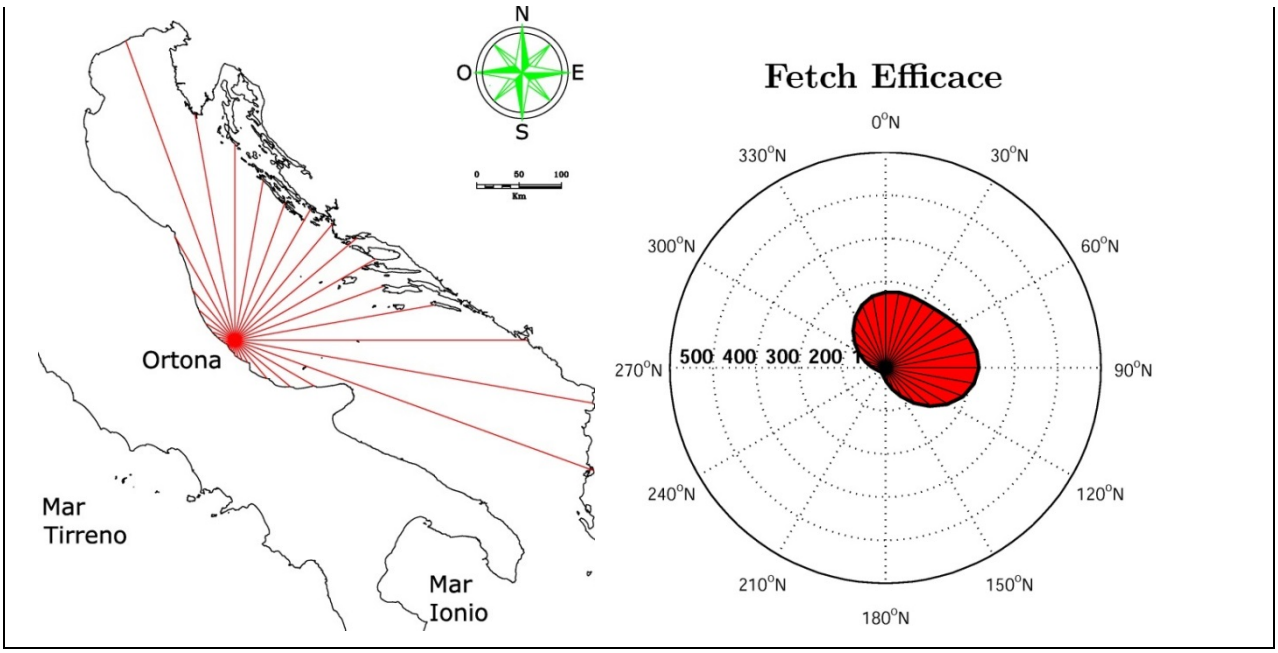


Figura 3-2: Fetch geografici (a sinistra) e fetch efficaci (a destra) a largo di Ortona.

Direzione (°N)	Fetch Geografici (km)	Fetch Efficaci (km)	Direzione (°N)	Fetch Geografici (km)	Fetch Efficaci (km)
0	231.36	172.55	180	17.92	22.55
10	191.42	174.59	190	14.12	16.73
20	171.87	173.57	200	13.04	13.69
30	177.63	172.62	210	12.13	12.02
40	178.82	174.87	220	11.12	11.25
50	187.61	181.77	230	9.95	11.23
60	191.46	192.48	240	10.52	11.98
70	185.92	204.02	250	11.61	13.71
80	238.29	212.30	260	13.56	16.93
90	344.48	213.73	270	16.61	22.80
100	428.05	206.09	280	21.22	32.58
110	449.73	188.98	290	28.57	47.04
120	108.22	163.88	300	39.87	66.02
130	84.56	133.75	310	55.55	88.29
140	59.09	102.38	320	77.84	111.73
150	30.57	73.51	330	141.28	133.84
160	25.12	49.97	340	375.87	152.26
170	20.79	33.10	350	270.50	165.36

Tabella 3-1: Valori numerici dei fetch geografici e fetch efficaci a largo di Ortona.

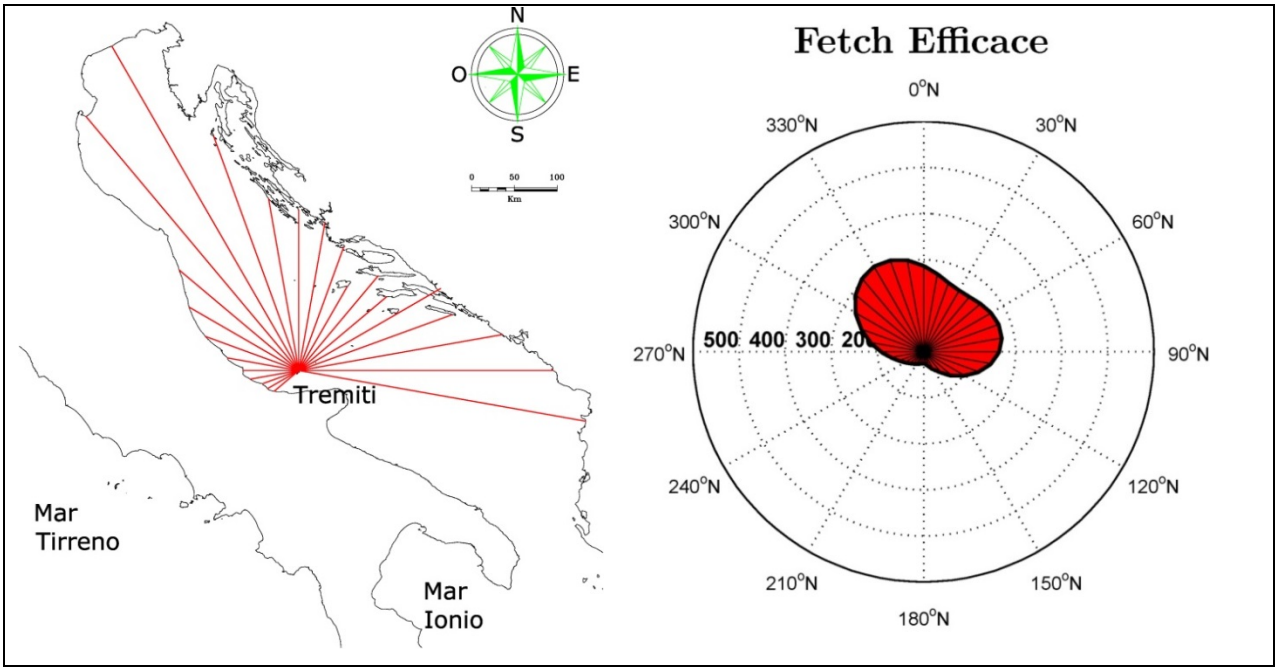


Figura 3-3: Fetch geografici (a sinistra) e fetch efficaci (a destra) a largo delle Tremiti (posizione boa).

Direzione (°N)	Fetch Geografici (km)	Fetch Efficaci (km)	Direzione (°N)	Fetch Geografici (km)	Fetch Efficaci (km)
0	169.00	183.87	180	24.00	22.78
10	161.00	168.57	190	25.00	23.36
20	152.00	156.66	200	27.00	24.90
30	141.00	151.13	210	27.00	27.29
40	133.00	152.56	220	31.00	30.74
50	154.00	158.89	230	37.00	35.62
60	170.00	166.32	240	41.00	42.54
70	225.00	170.88	250	46.00	52.70
80	268.00	169.62	260	59.00	67.48
90	344.00	161.02	270	65.00	87.55
100	350.00	145.18	280	91.00	112.25
110	46.00	123.70	290	128.00	139.51
120	38.00	99.34	300	159.00	166.21
130	32.00	75.33	310	208.00	188.89
140	28.00	54.56	320	434.00	204.50
150	24.00	38.93	330	437.00	211.16
160	23.00	29.02	340	288.00	208.67
170	23.00	24.13	350	192.00	198.55

Tabella 3-2: Valori numerici dei fetch geografici e fetch efficaci a largo delle Tremiti (posizione boa).

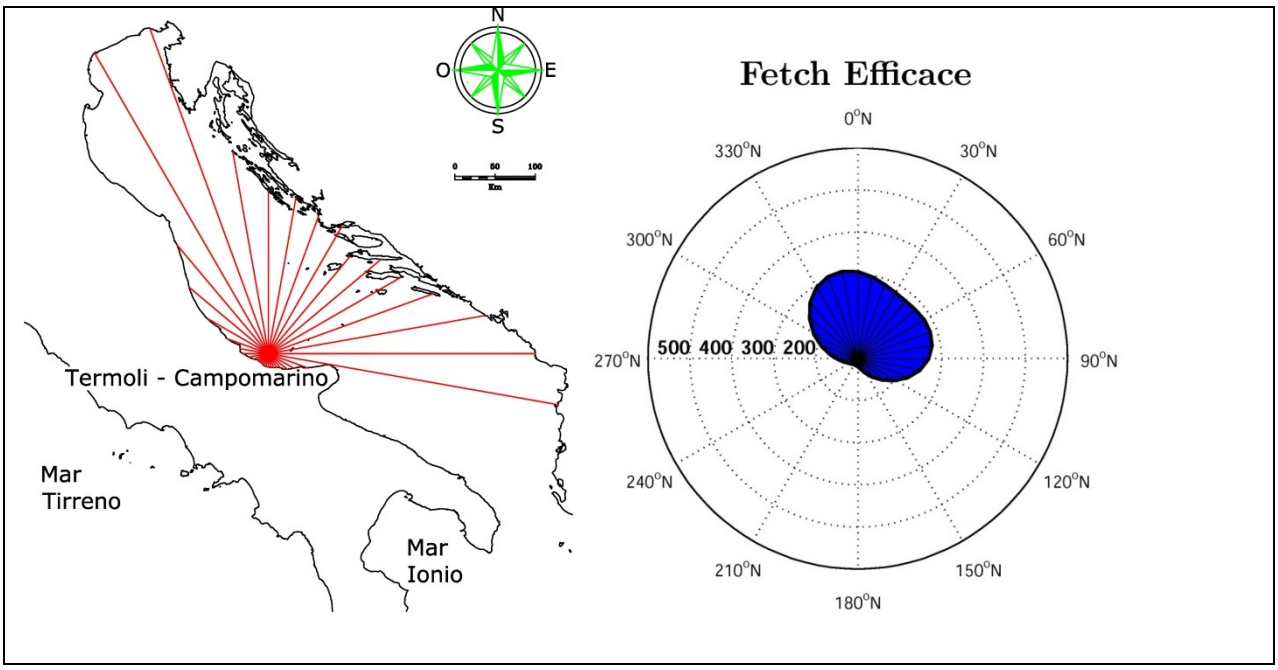


Figura 3-4: Fetch geografici (a sinistra) e fetch efficaci (a destra) a largo di Termoli-Campomarino.

Direzione (°N)	Fetch Geografici (km)	Fetch Efficaci (km)	Direzione (°N)	Fetch Geografici (km)	Fetch Efficaci (km)
0	202.31	202.66	180	16.73	15.58
10	197.05	193.85	190	16.24	14.51
20	182.40	184.20	200	15.87	14.11
30	182.67	177.31	210	14.76	14.21
40	158.06	175.04	220	14.32	14.91
50	182.76	176.85	230	14.98	16.44
60	189.91	180.10	240	15.55	19.23
70	217.84	181.11	250	19.53	24.02
80	273.24	176.82	260	24.84	32.20
90	331.91	165.71	270	31.72	45.41
100	366.26	147.89	280	35.75	64.54
110	51.54	124.90	290	54.67	89.13
120	36.28	99.35	300	87.18	117.30
130	30.12	74.29	310	129.03	146.07
140	22.95	52.48	320	176.84	171.99
150	19.93	35.73	330	432.92	191.90
160	18.61	24.60	340	431.63	203.69
170	17.53	18.40	350	255.03	206.87

Tabella 3-3: Valori numerici dei fetch geografici e fetch efficaci a largo di Termoli-Campomarino.

4. Fonti dei dati

4.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

Lo studio meteomarino, così come descritto nei capitoli seguenti, riporta le analisi statistiche di dettaglio delle misure meteorologiche (venti, livelli e pressione) e ondametriche. Nella Figura 4-1 sono riportati i nomi, la tipologia e la posizione di ogni serie storica di dati meteomarini utilizzati nel seguito. I prossimi paragrafi descrivono nel dettaglio la fonte dei dati e le caratteristiche delle serie storiche considerate.

Figura 4-1: Localizzazione dei punti di misura e di ricostruzione dei dati meteomarini.

4.2 DATI ONDAMETRICI

4.2.1 STAZIONI ONDAMETRICHE

Le serie ondametriche in base alle quali sono state effettuate le analisi descritte nel seguito di questo documento sono costituite dalle registrazioni delle boe ondametriche direzionali poste al largo di Ortona e dell'arcipelago delle Isole Tremiti.

In particolare, quella al largo di Ortona, appartenente alla 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 accelerometrico, posizionata su fondali di circa 70 m (coordinate geografiche 42°24.54' N; 14°32.2' E). La serie storica omogenea disponibile si estende dal 01/07/1989 al 30/06/2007, ottenuta dal sito di riferimento dei dati ondametrici nazionali (www.idromare.it). Il rendimento medio dell'ondametro (percentuale degli eventi misurati rispetto a quelli nominali) è pari al 78,30%. Nell'istogramma di Figura 4-2 si possono osservare i rendimenti annuali dell'ondametro di Ortona e l'andamento del rendimento globale (linea nera con simboli tondi). Si osserva come, dopo un periodo di alti rendimenti medi annui (superiori all'88%) durati sino al 1999, la boa ondametrica di Ortona ha subito un calo del rendimento che ha raggiunto il suo minimo nell'anno 2005, quando sono stati acquisiti soltanto circa il 34% dei dati nominalmente acquisibili.

La stazione delle Tremiti è costituita da una boa ondametrica direzionale accelerometrica installata nel dicembre 2006 nell'Area Marina Protetta delle Isole Tremiti (coordinate geografiche 42°08'30"N, 15°30'30" E) dalla Regione Puglia con fondi POR Puglia 2000-2006. La boa ha registrato le caratteristiche del moto ondoso con cadenza semioraria (altezza d' onda, periodo, direzione) ed è rimasta in funzione sino al settembre 2010 (per una durata totale di funzionamento di circa 4 anni). Il rendimento medio dell' ondametro è stato superiore al 97% nel periodo omogeneo compreso tra il 1/7/2007 e il 30/6/2010. Nell'istogramma di Figura 4-3 si possono osservare i rendimenti annuali dell'ondametro delle Tremiti. Tale serie è stata utilizzata per incrementare la rappresentatività statistica delle misure, integrando la serie ondametrica di Ortona trasposta a largo di Termoli-Campomarino.

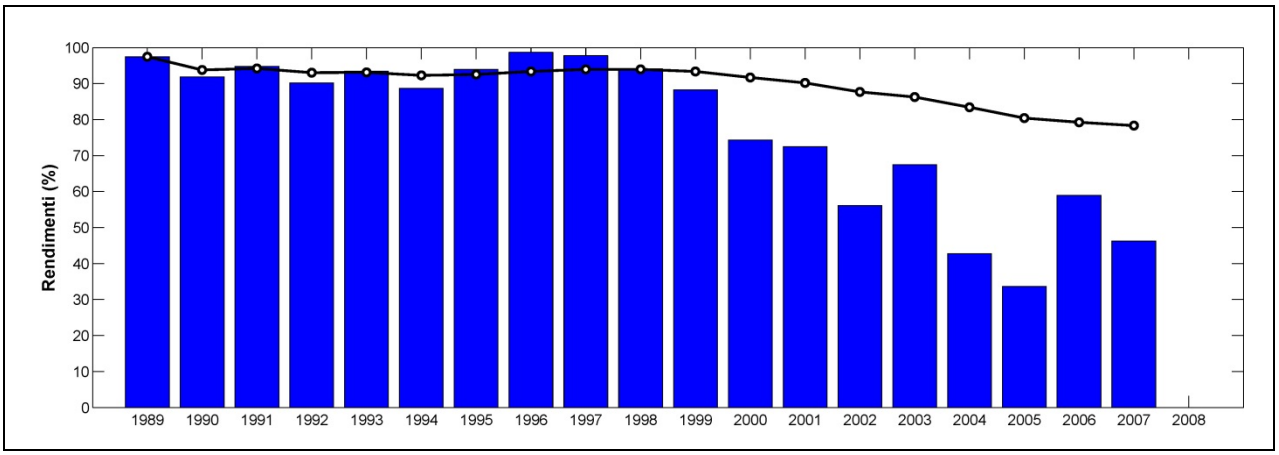


Figura 4-2: Rendimenti annuali della stazione ondametrica di Ortona

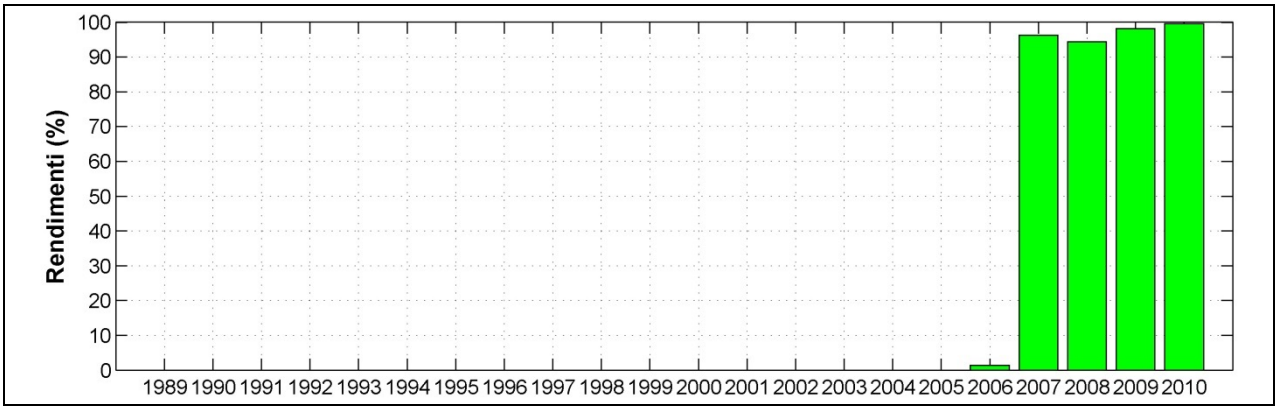


Figura 4-3: Rendimenti annuali della stazione ondametrica delle Tremiti

4.2.2 METODO DELLA TRASPOSIZIONE GEOGRAFICA

Poiché le misure ondametriche disponibili sono state acquisite in punti diversi dal punto di interesse, si rende necessaria l'applicazione del metodo di trasposizione geografica proposta da Contini e De Girolamo (1998). L'ipotesi alla base della metodologia 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. In estrema sintesi, il metodo fornisce 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, le leggi che permettono di calcolare l'altezza d'onda significativa spettrale H_{mo} e il periodo di picco spettrale T_p in funzione della lunghezza del *fetch* e della velocità del vento sono le seguenti (Shore Protection Manual, 1984):

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

$$\frac{gT_p}{U_A^2} = 2.857 \cdot 10^{-1} \left(\frac{gF}{U_A} \right)^{\frac{1}{3}}$$

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.

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^o e F^p, 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:

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

$$\frac{T_p^P}{T_p^O} = \left(\frac{F^P}{F^O} \right)^{\frac{1}{3}}$$

Per ottenere le precedenti relazioni si è supposto che il fattore di velocità del vento sia lo stesso nei due punti in esame.

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 descritto nel precedente Capitolo 3 (Paragrafo §3.5).

Il metodo di trasposizione geografica è stato applicato in due casi. Nel primo caso, per trasferire le misure ondametriche acquisite alle Tremiti in corrispondenza del paraggio di Termoli-Campomarino (circa 12 km a largo, coordinate 42° 3'10.8"N e 15° 8'44.5"E). Successivamente, il metodo della trasposizione geografica è stato applicato per trasporre geograficamente la serie acquisita a Ortona.

4.2.3 DEFINIZIONE DELLA SERIE ONDAMETRICA A LARGO DI MONTENERO DI BISACCIA - TERMOLI-CAMPOMARINO

Come anticipato, le serie ondametriche misurate a largo di Ortona e alle Tremiti sono state trasposte geograficamente in corrispondenza di una boa virtuale posta a circa 35 miglia più a Sud della boa di Ortona, nel punto "Termoli-Campomarino (onde)", riportato in Figura 4-1. In tal modo si dispone di una serie ondametrica che copre l'intervallo temporale compreso tra il 1/7/1989 e il 30/6/2010 per un totale di 21 anni.

Nella Figura 4-4 sono riportati i rapporti tra i valori dell'altezza d'onda significativa (a sinistra) e del periodo di picco (a destra) nel punto di interesse (pedice "P") e nel punto di misura di Ortona (pedice "O"). Si osserva che il rapporto delle altezze d'onda e del periodo presentano un minimo in corrispondenza della direzione 150°N, dovuto alla maggiore vicinanza del punto al Promontorio del Gargano che "scherma" in misura maggiore, rispetto al punto di misura (Ortona), gli eventi provenienti da tali direzioni. Viceversa, il punto di massimo di osserva nella direzione Nord-Ovest, a causa dell'aumento della lunghezza del *fetch* lungo la direzione di Tramontana nel punto di trasposizione.

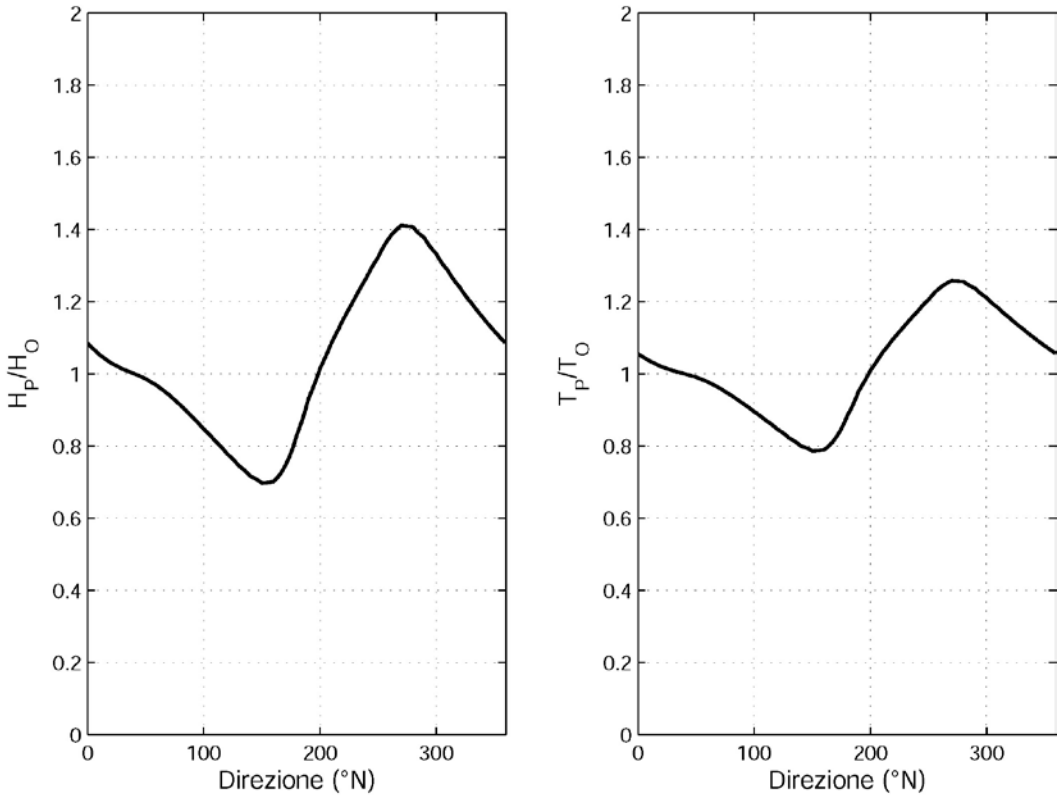


Figura 4-4: Rapporto tra altezza d'onda a largo di Ortona (H_O) e in corrispondenza del punto "Termoli-Campomarino (onde)" (H_P, grafico a sinistra) e tra periodo di picco a largo di Ortona (T_O) e in corrispondenza del punto "Termoli-Campomarino (onde)" (T_P, grafico a destra).

In maniera analoga, nella Figura 4-5 sono riportati i rapporti tra i valori dell'altezza d'onda significativa (a sinistra) e del periodo di picco (a destra) nel punto di interesse (pedice "P") e nel punto di misura delle Tremiti (pedice "O"). Si osserva che il rapporto delle altezze d'onda e del periodo presentano un valore prossimo all'unità nel settore 350°N-130°N poichè il paraggio delle Tremiti e di Termoli-Campomarino presentano valori dei *fetch* sostanzialmente simili. Al contrario, i valori minimi si osservano per il settore di provenienza 140°N-340°N in corrispondenza del quale la costa a Termoli-Campomarino "scherma" in misura maggiore, rispetto al punto di misura, gli eventi provenienti da tali direzioni.

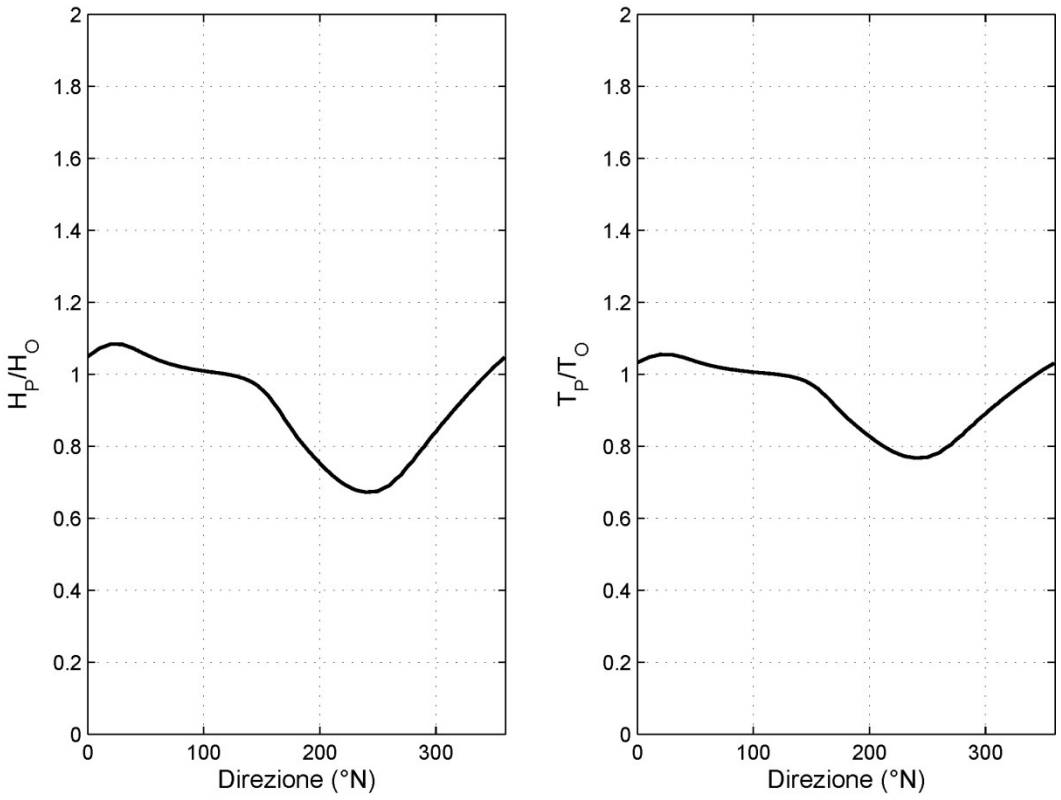


Figura 4-5: Rapporto tra altezza d'onda alle Tremiti (H_O) e in corrispondenza del punto "Termoli-Campomarino (onde)" (H_P, grafico a sinistra) e tra periodo di picco alle Tremiti (T_O) e in corrispondenza del punto "Termoli-Campomarino (onde)" (T_P, grafico a destra).

4.3 DATI METEOROLOGICI E MAREOGRAFICI

I dati meteorologici (vento e pressione atmosferica) e mareografici sono costituiti dalle osservazioni acquisite dalla stazione mareografica di Ortona, appartenente alla Rete Mareografica Nazionale gestita dall'ISPRA, punto "Ortona (livelli e vento)" riportato in Figura 4-1. La stazione di Ortona è situata all'interno del porto, presso il molo Martello. La serie mareografica e anemometrica analizzata si estende dal 1 luglio 1998 al 30 giugno 2014.

Inoltre, sono stati considerati anche i livelli e le pressioni registrati dalla stazione mareografica delle Isole Tremiti, anch'essa appartenente alla rete Mareografica Nazionale gestita dall'ISPRA, ubicata sulla parte terminale del molo di attracco del traghetto dell' Isola di S. Nicola, punto "Tremiti (livelli)" riportato in Figura 4-1. La serie analizzata si estende dal 23 ottobre 2013 al 13 Maggio 2015.

Poiché i dati di vento relativi alle stazioni mareografiche soffrono degli effetti termici tipici delle zone costiere, è stata considerata anche la serie anemometrica desunta dal database fornito da " Copernicus Marine Environment Monitoring Service", risultato dell'integrazione dei campi di vento forniti in analisi dal Centro Meteorologico Europeo (ECMWF) e delle osservazioni satellitari (scatterometri QuikSCAT e ASCAT, radiometri SSM/I). I campi di vento sono forniti, a scala globale, con una risoluzione spaziale di 0.25° a cadenza esaoraria. E' stata considerata la serie relativa al punto di coordinate 42.125°N, 12.125°E, punto "Copernicus (vento)" riportato in Figura 4-1, che si estende dal 20/03/2007 al 19/05/2015. Ad ulteriore conferma dell'esposizione anemometrica, si è fatto riferimento all'Atlante Climatico d'Italia, edito dall'Aeronautica Militare (Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia Aeronautica, CNMCA), che riporta le tabelle di occorrenza del vento misurato alla Stazione di Termoli relative al periodo 1971-

2000. La Stazione, posta a una quota pari a 44 m s.l.m., è collocata in corrispondenza del Castello Federiciano, nelle immediate vicinanze del Porto di Termoli (coordinate geografiche 42° 0.26'N, 14° 59.78E).

4.4 DATI BATIMETRICI

La batimetria del sito oggetto di studio, necessaria alle simulazioni numeriche, è stata ottenuta dal rilievo batimetrico "Etopo 1" (Amante e Eakins, 2009) disponibile con una risoluzione spaziale pari a 1' (pari a 1 miglio nautico). Tale rilievo, a causa della sua bassa risoluzione, è stato integrato con le informazioni desunte dalla Carta Nautica n° 33 " Dal Lago di Lesina a Ortona e Isole Tremiti", scala 1:100'000 opportunatamente georeferenziata in coordinate ortometriche UTM. Le linee batimetriche così ottenute sono state utilizzate per l'interpolazione della griglia di calcolo.

5. Analisi dei venti

5.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

La conoscenza del regime anemometrico locale, cioè la distribuzione in frequenza della velocità e direzione del vento, risulta rilevante per la definizione dei settori di traversia di provenienza del moto ondoso. Le analisi hanno riguardato valori medi (esposizione climatica). Al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi, gli eventi di vento contenuti nella serie anemometrica sono stati suddivisi in base al valore dell'intensità e alla direzione di provenienza. Tale suddivisione è stata eseguita sia per tutti gli eventi della serie, sia considerando separatamente gli eventi stagionali.

Come anticipato, è stata considerata la serie anemometrica acquisita dalla stazione mareografica di Ortona, localizzata nel Porto e quindi esposta ai fenomeni termici tipici delle zone costiere. Pertanto, è stata effettuata l'analisi oraria delle brezze estive al fine di valutare l'influenza dei venti termici sull'esposizione climatica. Inoltre, si mostra l'analisi climatica della serie anemometrica relativa ad un punto a largo di Termoli-Campomarino, desunto dall'archivio *Copernicus*. Data la scarsa rappresentatività della serie di Ortona e della bassa robustezza statistica della serie a largo di Termoli-Campomarino, non è stata effettuata l'analisi estremale anemometrica. Per quanto riguarda la stima del contributo del vento sulla marea meteorologica si rimanda al successivo Capitolo 8.

5.2 CONDIZIONI MEDIO CLIMATICHE DEI VENTI

5.2.1 REGISTRAZIONI ANEMOMETRICHE DI ORTONA

Nelle Figura 5-1, Figura 5-2 e Figura 5-3 sono rappresentate, rispettivamente, la rosa annuale e quelle stagionali del clima di vento misurato in corrispondenza del mareografo di Ortona. Tale suddivisione è stata eseguita sia per tutti gli eventi della serie, sia considerando separatamente gli eventi stagionali.

Dai diagrammi polari della serie anemometrica, risulta evidente che gli eventi più intensi e frequenti provengono dai settori Ovest-Sud-Ovest (Ponente) e Nord-Ovest (Maestrale). Tale distribuzione è evidentemente "contaminata" dalla presenza delle brezze. A supporto di tale affermazione, è stata effettuata l'analisi anemometrica oraria (Figura 5-4, Figura 5-5 e Figura 5-6). Si osserva come il settore di ponente sia preponderante nelle ore comprese tra le 20:00 e le 06:00, a testimonianza della classica "brezza di terra". Al contrario, durante le ore diurne, il settore di ponente è sostanzialmente assente con il verificarsi della "brezza di mare". A ciò, si aggiunge l'effetto della scarpata di Ortona, immediatamente prospiciente sul Porto.

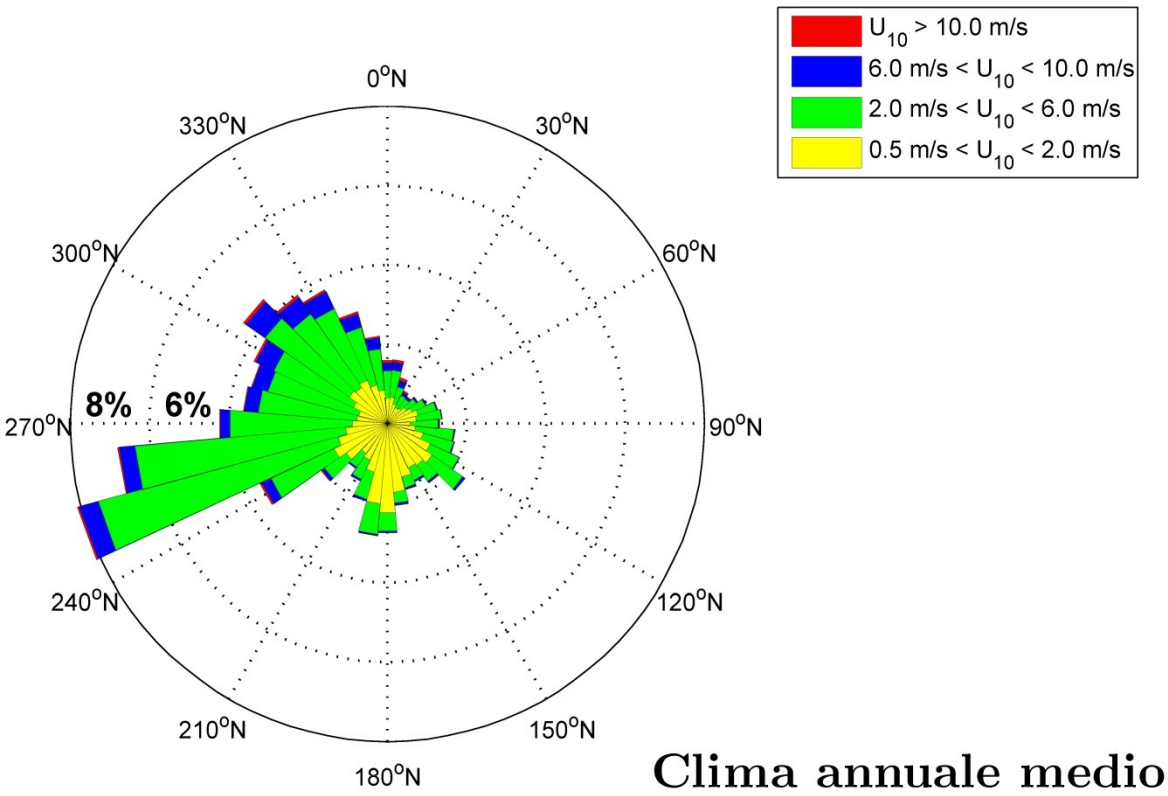
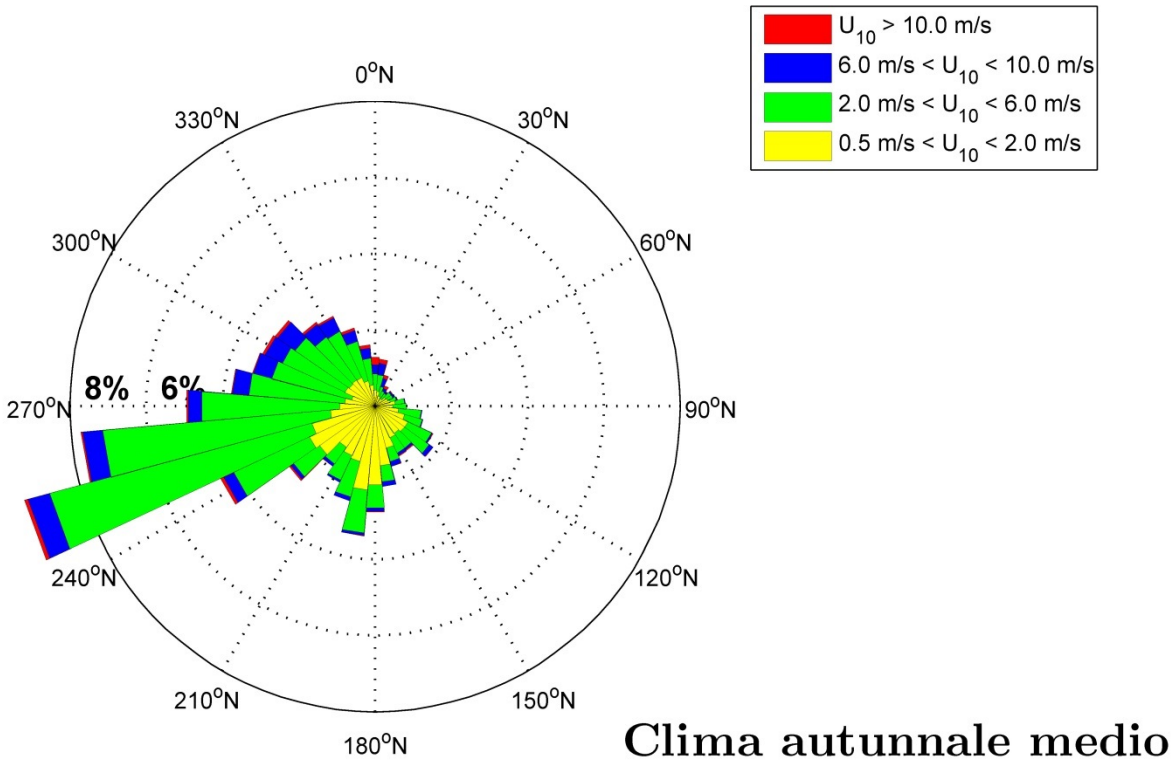


Figura 5-1: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale annuale della serie anemometrica misurata dalla stazione mareografica di Ortona.



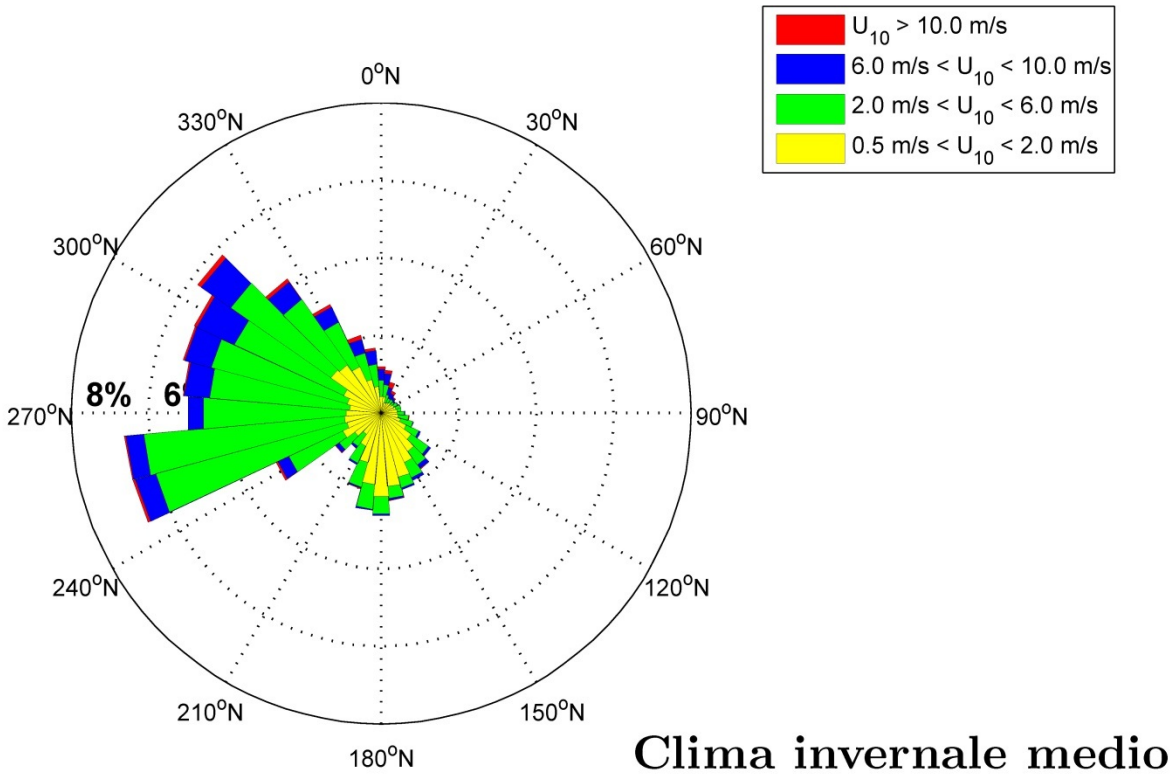


Figura 5-2: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale Autunnale e Invernale della serie anemometrica misurata dalla stazione mareografica di Ortona.

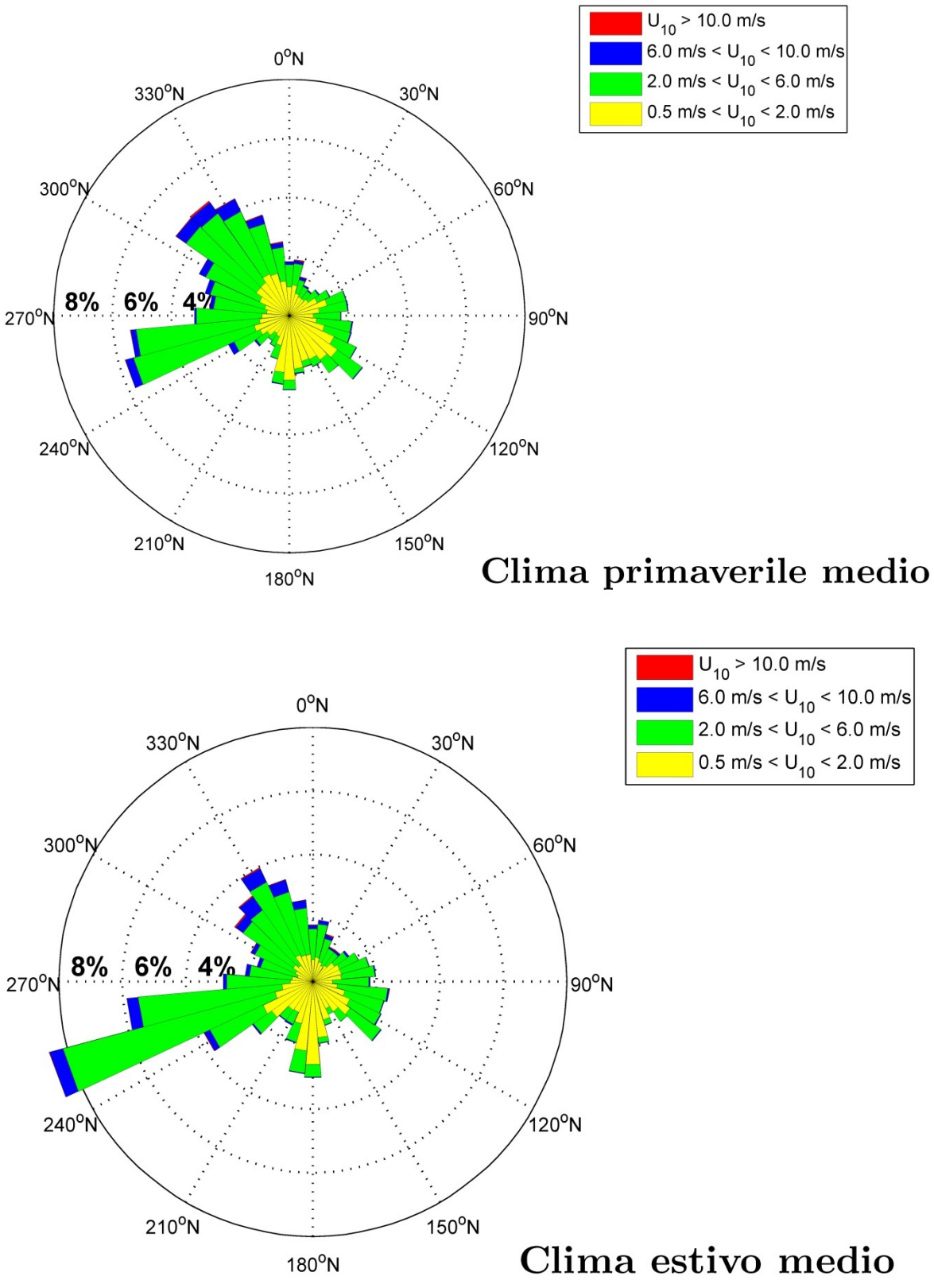


Figura 5-3: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale Primaverile e Estivo della serie anemometrica misurata dalla stazione mareografica di Ortona.

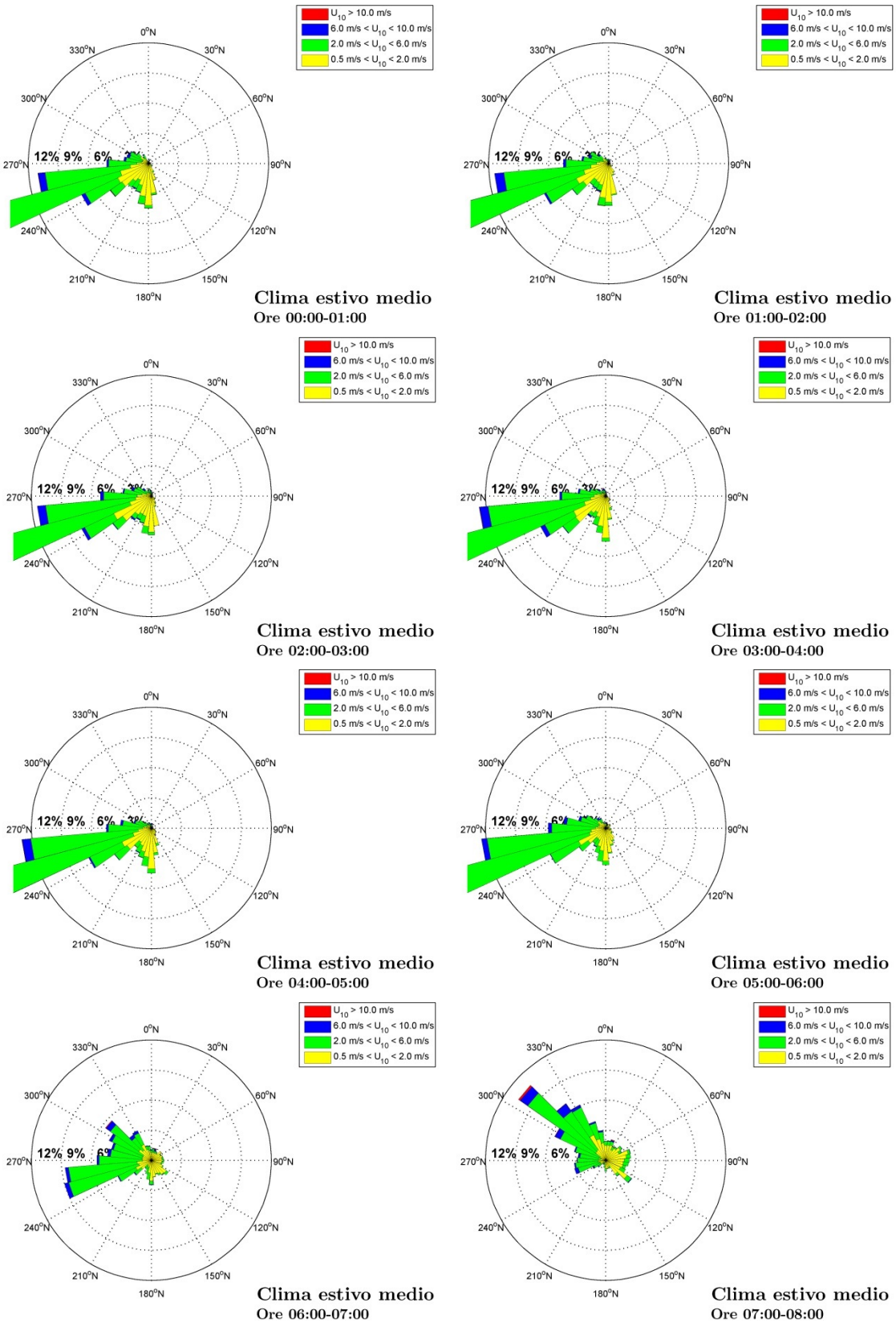


Figura 5-4: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale della serie anemometrica oraria estiva (dalle 00:00 alle 08:00) misurata dalla stazione mareografica di Ortona.

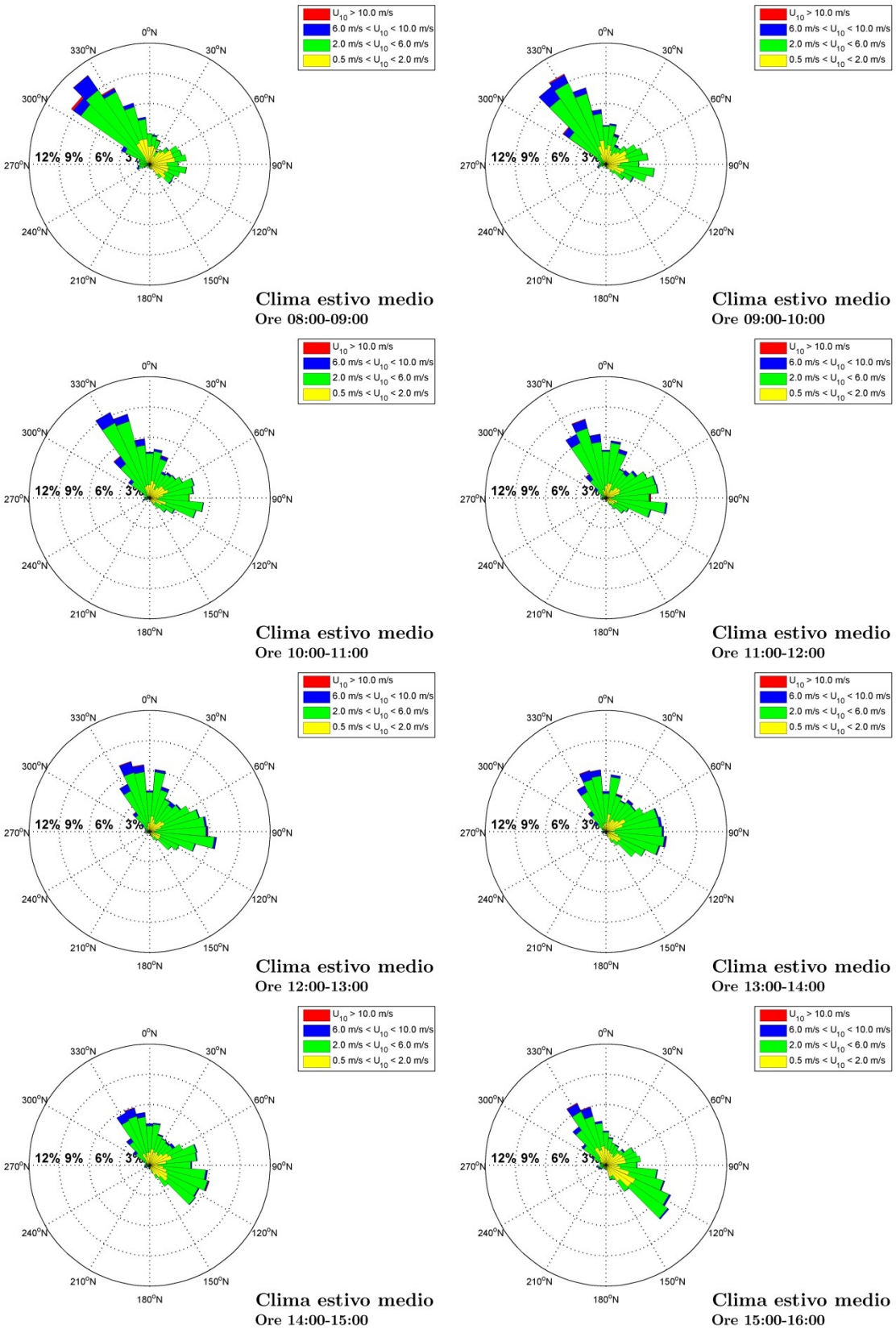


Figura 5-5: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale della serie anemometrica oraria estiva (dalle 08:00 alle 16:00) misurata dalla stazione mareografica di Ortona.

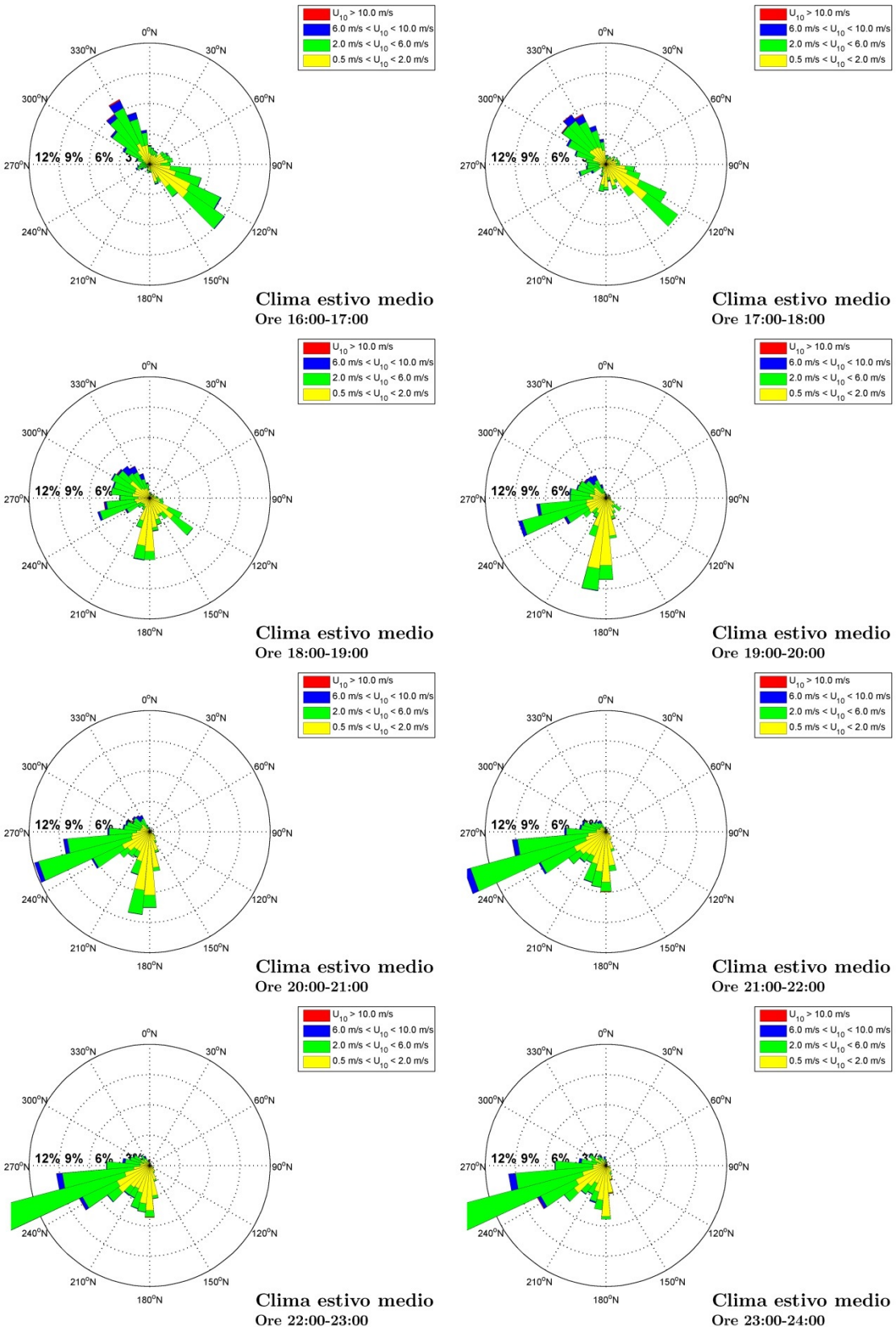


Figura 5-6: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale della serie anemometrica oraria estiva (dalle 16:00 alle 24:00) misurata dalla stazione mareografica di Ortona.

5.2.1 REGISTRAZIONI ANEMOMETRICHE DI TERMOLI

Per la caratterizzazione dell'esposizione anemometrica del paraggio in esame, si è fatto riferimento alla Stazione di Termoli dell'Aeronautica Militare. L'Atlante Climatico d'Italia riporta le tabelle climatiche relative alla Stazione per le ore sinottiche 00:00UTC, 06:00UTC, 12:00UTC e 18:00UTC. Sulla base di tali valori è stata desunta l'esposizione media riportata in Tabella 5-1. Si osserva che il vento proviene prevalentemente da settore compreso tra 250°N-20°N (circa il 45% degli eventi) con intensità più elevate (superiori a 20 nodi) dal settore 290°N-20°N. Dal settore angolare 110°N-250°N proviene circa il 24% degli eventi. In estrema sintesi, si conferma quanto già descritto a largo di Termoli-Campomarino (paragrafo precedente).

MM	Calme	N 1-10	N 11-20	N >20	NE 1-10	NE 11-20	NE >20	E 1-10	E 11-20	E >20	SE 1-10	SE 11-20	SE >20
Gen	20.94	0.47	2.32	5.51	0.34	0.42	0.42	0.84	0.39	0.23	2.49	1.85	0.20
Feb	19.55	1.53	4.78	4.97	0.52	0.52	0.40	1.13	0.65	0.06	3.22	3.12	0.28
Mar	22.18	2.15	5.73	5.70	1.34	0.62	0.28	2.29	0.87	0.03	3.75	2.79	0.34
Apr	22.82	3.61	6.00	3.26	2.03	0.78	0.21	4.09	1.61	0.06	4.41	3.16	0.27
Mag	29.56	4.74	7.06	1.42	3.07	0.59	0.08	4.97	1.26	0.00	4.16	1.65	0.11
Giu	29.06	5.75	7.50	1.52	3.58	0.90	0.06	6.19	1.80	0.00	3.57	1.63	0.09
Lug	27.56	5.41	10.93	1.40	3.69	0.48	0.00	5.33	1.23	0.00	3.29	1.28	0.00
Ago	27.12	7.16	10.68	1.09	3.92	0.84	0.03	4.25	1.18	0.00	2.41	1.03	0.00
Set	25.61	4.73	8.97	1.82	3.78	0.89	0.03	4.36	1.70	0.00	3.06	2.02	0.06
Ott	20.48	4.16	8.80	2.62	1.54	0.65	0.22	2.97	1.11	0.03	3.37	2.92	0.19
Nov	21.75	1.99	4.86	3.94	0.62	0.84	0.31	1.12	0.87	0.06	3.07	3.86	0.31
Dic	19.24	0.90	3.01	5.57	0.25	0.52	0.41	0.82	0.68	0.00	2.32	2.46	0.30
TOT	23.82	3.55	6.72	3.23	2.05	0.67	0.20	3.19	1.11	0.04	3.26	2.31	0.18
				13.50			**2.93**			**4.34**			**5.75**

MM	S 1-10	S 11-20	S >20	SW 1-10	SW 11-20	SW >20	W 1-10	W 11-20	W >20	NW 1-10	NW 11-20	NW >20
Gen	5.17	6.01	0.31	3.86	3.33	0.39	7.88	6.83	0.53	6.12	15.21	7.97
Feb	4.96	4.93	0.43	2.88	3.65	0.31	5.67	5.64	0.64	6.62	16.21	7.32
Mar	4.78	5.57	0.45	3.84	3.55	0.56	4.92	5.04	0.06	6.09	12.81	4.17
Apr	4.79	5.50	0.48	4.04	5.23	0.48	4.85	4.34	0.24	4.12	10.01	3.59
Mag	3.48	3.48	0.17	3.95	4.04	0.20	5.74	4.07	0.17	4.21	10.23	1.51
Giu	3.36	2.18	0.06	4.51	2.96	0.03	6.43	4.27	0.12	5.07	7.89	1.49
Lug	3.08	1.51	0.03	4.03	2.26	0.14	6.91	4.59	0.39	5.08	9.83	1.51
Ago	2.83	1.51	0.08	4.70	2.35	0.08	8.20	5.65	0.25	4.62	8.98	0.90
Set	4.13	4.07	0.18	5.26	3.96	0.09	6.79	5.28	0.38	3.58	7.59	1.67
Ott	5.40	7.12	0.38	4.80	4.70	0.11	6.34	7.04	0.30	4.10	8.31	2.30
Nov	5.53	8.92	0.25	4.50	4.06	0.31	6.23	6.12	0.36	4.36	10.21	5.56
Dic	5.82	6.81	0.55	3.83	5.50	0.25	6.73	7.82	0.36	5.16	13.69	6.97
TOT	4.44	4.80	0.28	4.18	3.80	0.24	6.39	5.56	0.32	4.93	10.91	3.75
			9.52			**8.22**			**12.26**			**19.59**

Tabella 5-1: Frequenze percentuali di occorrenza del vento a Termoli (da Atalante Climatico d'Italia) al variare della direzione di provenienza e dell'intensità (espressa in nodi). Le direzioni nominali del vento corrispondono ad un intervallo di 44° attorno al punto cardinale indicato.

5.2.2 ESPOSIZIONE DEL LITORALE DI TERMOLI-CAMPOMARINO AGLI STATI DI VENTO

Sulla base dei risultati esposti al paragrafo precedente, la serie anemometrica desunta dalla stazione mareografica di Ortona può essere utilizzata soltanto in via approssimativa per rappresentare l'esposizione agli stati di vento per il sito di interesse di Termoli-Campomarino. Pertanto è stata analizzata anche la serie storica disponibile a largo di Termoli-Campomarino (Database Copernicus). Nelle Figura 5-7, Figura 5-8 e Figura 5-9 sono rappresentate, rispettivamente, la rosa annuale e quelle stagionali del clima di vento a largo di Termoli-Campomarino. Tale suddivisione è stata eseguita sia per tutti gli eventi della serie, sia considerando separatamente gli eventi stagionali. Si osserva come gli eventi più intensi provengano dal settore di Maestrale e dal settore di Scirocco. Tuttavia, il settore di Scirocco è schermato dalla presenza del Promontorio del Gargano, per cui non si attendono eventi di moto ondoso provenienti dal settore meridionale. Con riferimento alla deviazione tra direzione del vento e direzione del moto ondoso (Figura 3-1) si può identificare il settore di traversia principale di provenienza del moto ondoso nel settore angolare 320°N-20°N (settore di provenienza del vento 290°N-30°N). Esiste inoltre un settore di traversia secondario di provenienza del moto ondoso che può essere identificato nel settore angolare 60°N-130°N (settore di provenienza del vento 60°N-180°N). Si sottolinea che tale identificazione è stata effettuata sulla sola analisi della deviazione tra direzione delle onde e del vento e dell'esposizione anemometrica, ulteriormente affinata nell'ambito delle analisi ondametriche descritte nel seguente Capitolo 6.

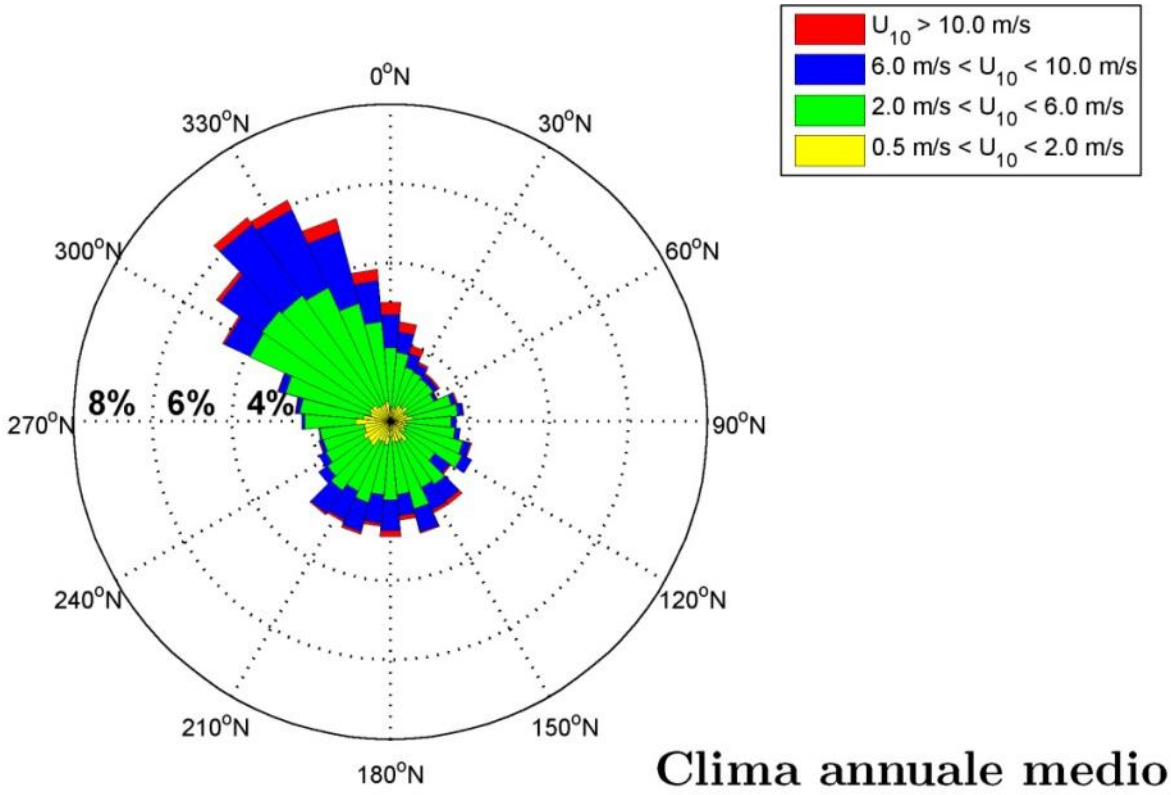
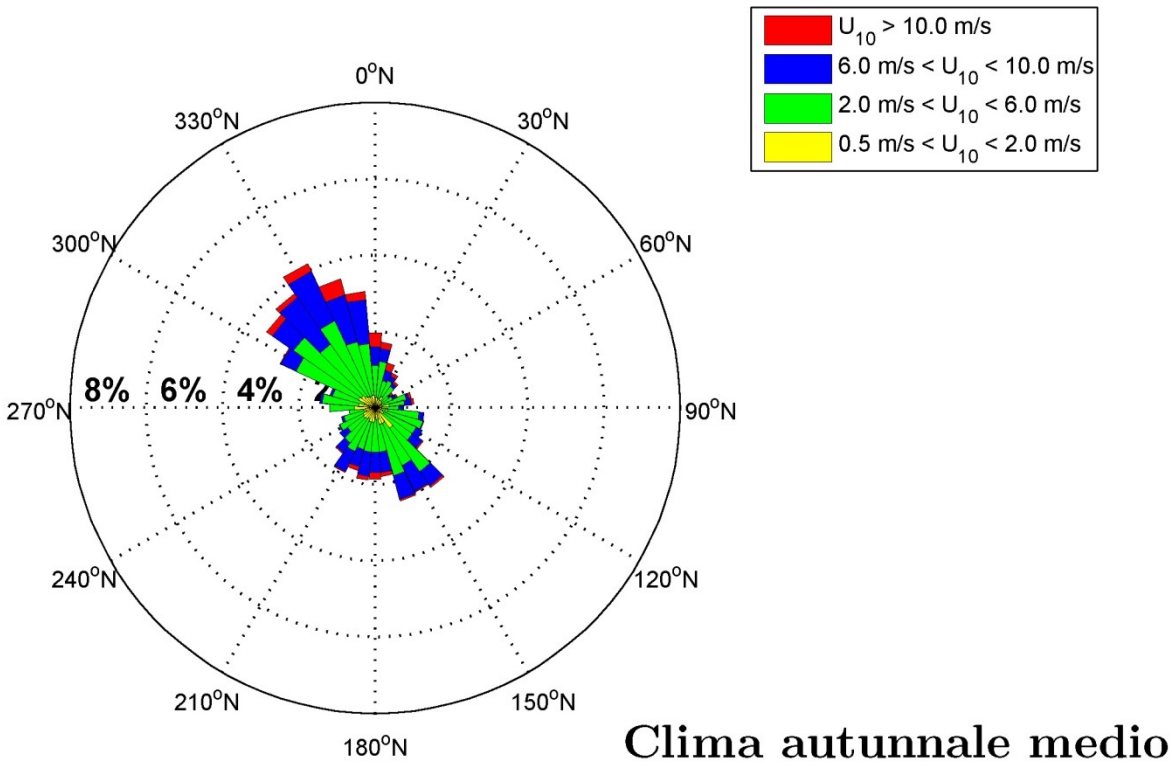


Figura 5-7: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale annuale della serie anemometrica a largo di Termoli-Campomarino *(Generated using the Copernicus Marine Service Products).*



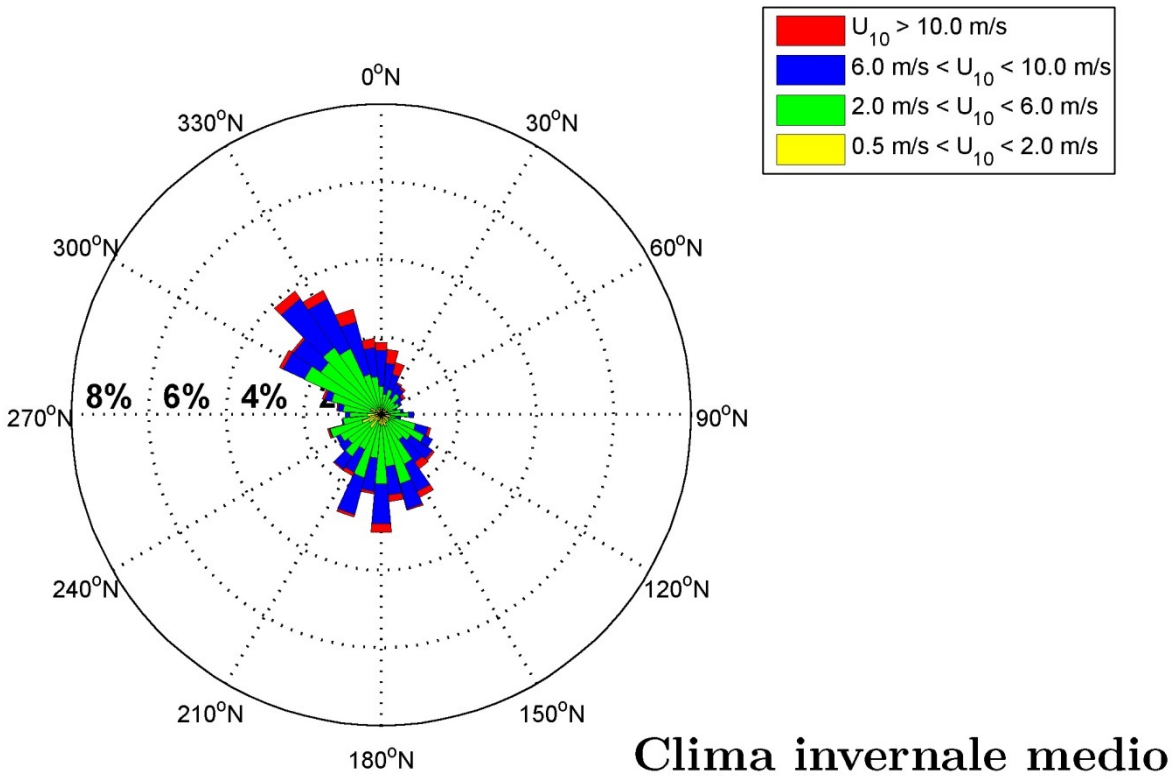
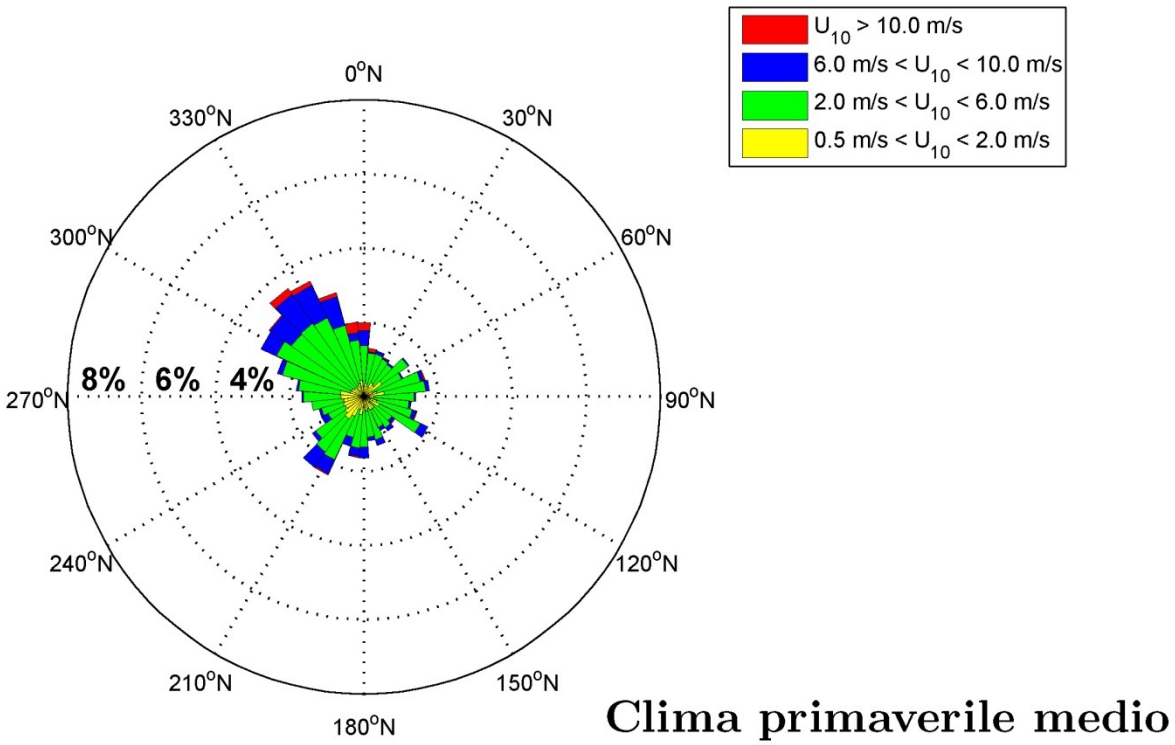


Figura 5-8: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale Autunnale e Invernale della serie anemometrica a largo di Termoli-Campomarino *(Generated using the Copernicus Marine Service Products).*



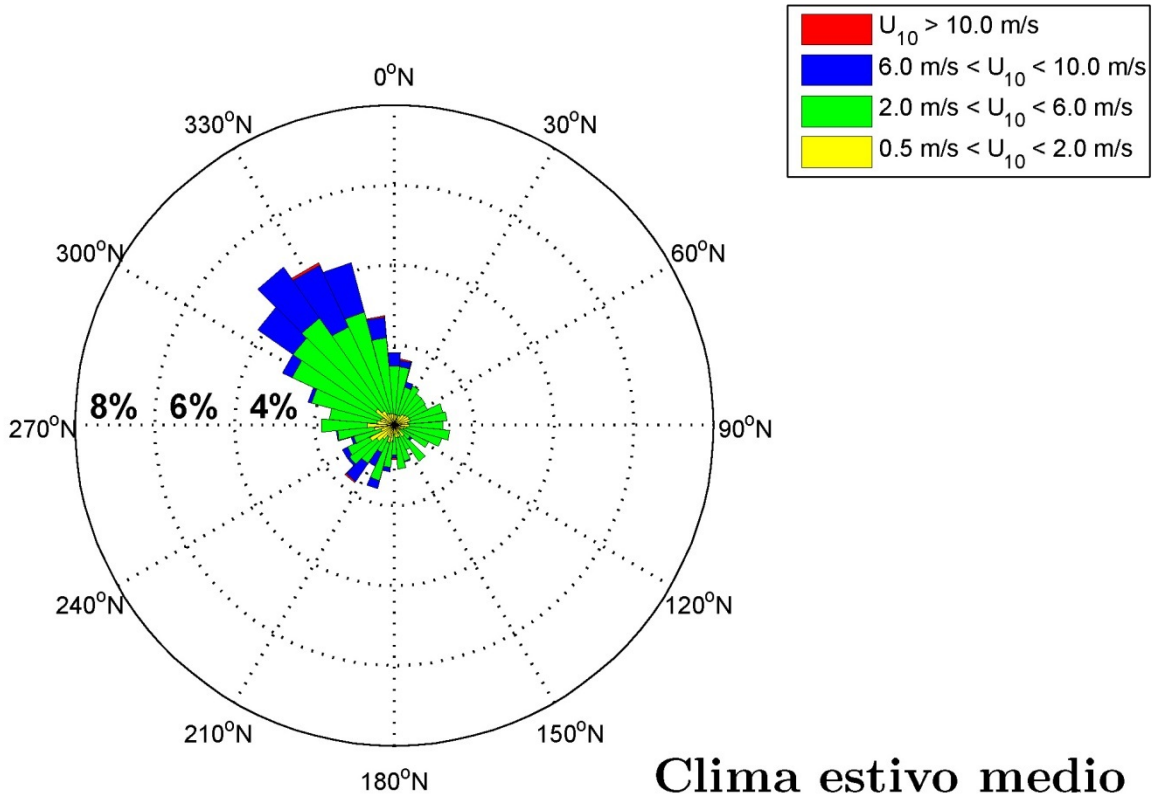


Figura 5-9: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale Primaverile e Estivo della serie anemometrica a largo di Termoli-Campomarino *(Generated using the Copernicus Marine Service Products)..*

6. Analisi ondametrica al largo

6.1 CLASSIFICAZIONE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO A LARGO IN BASE ALL'ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA E ALLA DIREZIONE DI PROVENIENZA

I dati ondametrici possono essere classificati in base al valore dell'altezza d'onda 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 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. Nel seguito vengono presentate le analisi climatiche per il punto a largo del paraggio di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino, basate sulla trasposizione geografica delle serie acquisite a Ortona e alle Tremiti.

Nella Figura 6-1, Figura 6-2 e Figura 6-3, sono riportate rispettivamente la rosa annuale e quelle stagionali del clima di moto ondoso. Dalla Tabella 6-1 alla Tabella 6-10 sono riportati gli stessi risultati in forma numerica sia in termini di frequenza assoluta, sia in termini di frequenza relativa (espressa in percentuale).

Dall'analisi dei risultati si evince che, al largo di Termoli-Campomarino, gli stati di mare più frequenti e caratterizzati da altezze d'onda più elevate provengono dal settore di traversia compreso nel settore 320-50°N che quindi può essere assunto quale settore di traversia principale (in sostanziale accordo con quanto emerso dall'analisi anemometrica). Inoltre è identificabile un settore di traversia secondario che si estende nell'intervallo angolare 50°N-100°N (anche in questo caso in sostanziale accordo con quanto emerso dall'analisi anemometrica).

In particolare, emergono le seguenti caratteristiche del clima d'onda annuale:

- la percentuale degli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda significativa inferiore a 0.5 m è pari a circa il 51.2% degli eventi misurati;
- gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m provengono per il 65.4% circa dal settore di traversia principale, per il 23.8% dal settore di traversia secondario e per il rimanente 10.7% dalle altre direzioni;
- gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m e provenienti dal settore di traversia principale hanno per circa il 88.4% altezza d'onda inferiore a 2.0 m;
- gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m e provenienti dal settore di traversia secondario hanno per circa il 98.3% altezza d'onda inferiore a 2.0 m;
- nel settore di traversia principale si sono verificate altezze d'onda significativa ricadenti nella classe 6.00 – 6.50 m, mentre nel settore di traversia secondario l'altezza d'onda significativa massima non ha superato la classe 4.00 -4.50 metri.

Per quanto riguarda la stagionalità climatica si osserva:

- gli eventi caratterizzati da altezze d'onda significativa minori di 0.5 m si verificano per circa il 19.4% in autunno, per circa il 20.8% in inverno, per circa il 29.7% in primavera e per il 30.0% durante l'estate;
- in autunno gli eventi misurati caratterizzati da un'altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m provengono per il 59.6% dal settore di traversia principale, per il 28.7% dal settore di traversia secondario e per il rimanente 11.7% dalle altre direzioni;

- in inverno gli eventi misurati caratterizzati da un'altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m provengono per il 68.5% dal settore di traversia principale, per il 29.1% dal settore di traversia secondario e per il rimanente 10.4% dalle altre direzioni;
- in primavera gli eventi misurati caratterizzati da un'altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m provengono per il 60.3% dal settore di traversia principale, per il 29.6% dal settore di traversia secondario e per il rimanente 10.1% dalle altre direzioni;
- in estate gli eventi caratterizzati da un'altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m provengono per il 75.1% dal settore di traversia principale, per il 14.4% dal settore di traversia secondario e per il rimanente 10.5% dalle altre direzioni;
- gli eventi caratterizzati da altezze d'onda significativa superiori a 2.0 m provenienti dal settore di traversia principale si verificano per circa il 35.7% in autunno, per circa il 49.4% in inverno, per circa il 8.1% in primavera e per il restante 6.8% durante il periodo estivo;
- gli eventi caratterizzati da altezze d'onda significativa superiori a 2.0 m provenienti dal settore di traversia secondario si verificano per circa il 37.5% in autunno, per circa il 52.1% in inverno, per circa il 7.3% in primavera e per il restante 3.1% durante il periodo estivo.

In conclusione si può affermare che:

- il moto ondoso più intenso (Hs>3.5 m) proviene prevalentemente da un limitato settore di traversia (320-30°N);
- gli eventi più intensi con Hs>2.0 m sono caratterizzati da una frequenza di accadimento contenuta (inferiore al 4%);
- gli stati di mare con altezze d'onda inferiori a 0.5 m sono più frequenti durante le stagioni estiva e primaverile.

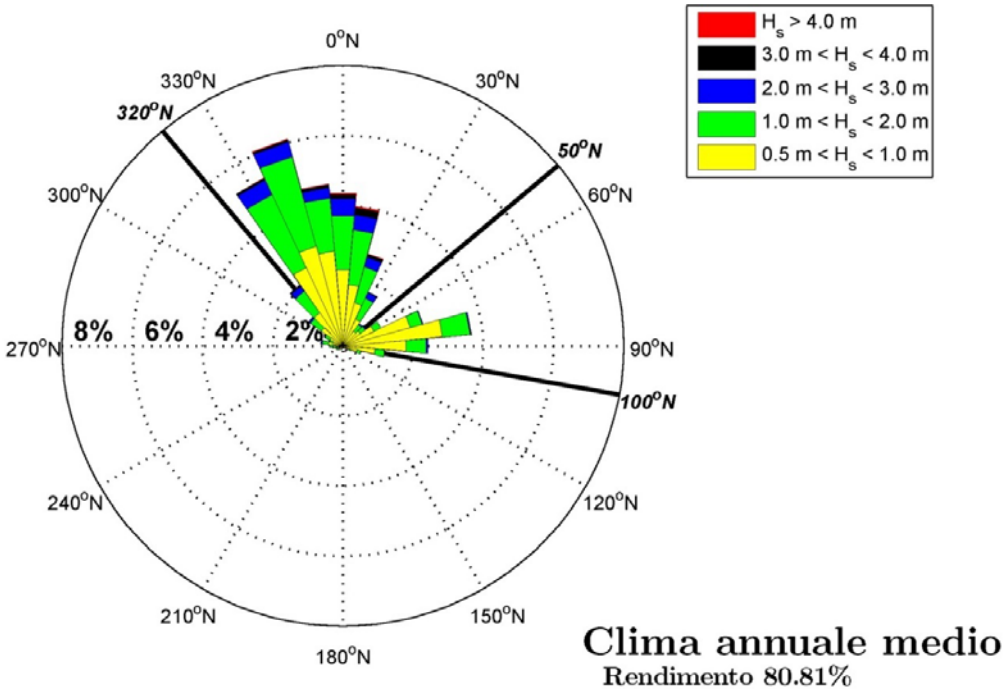
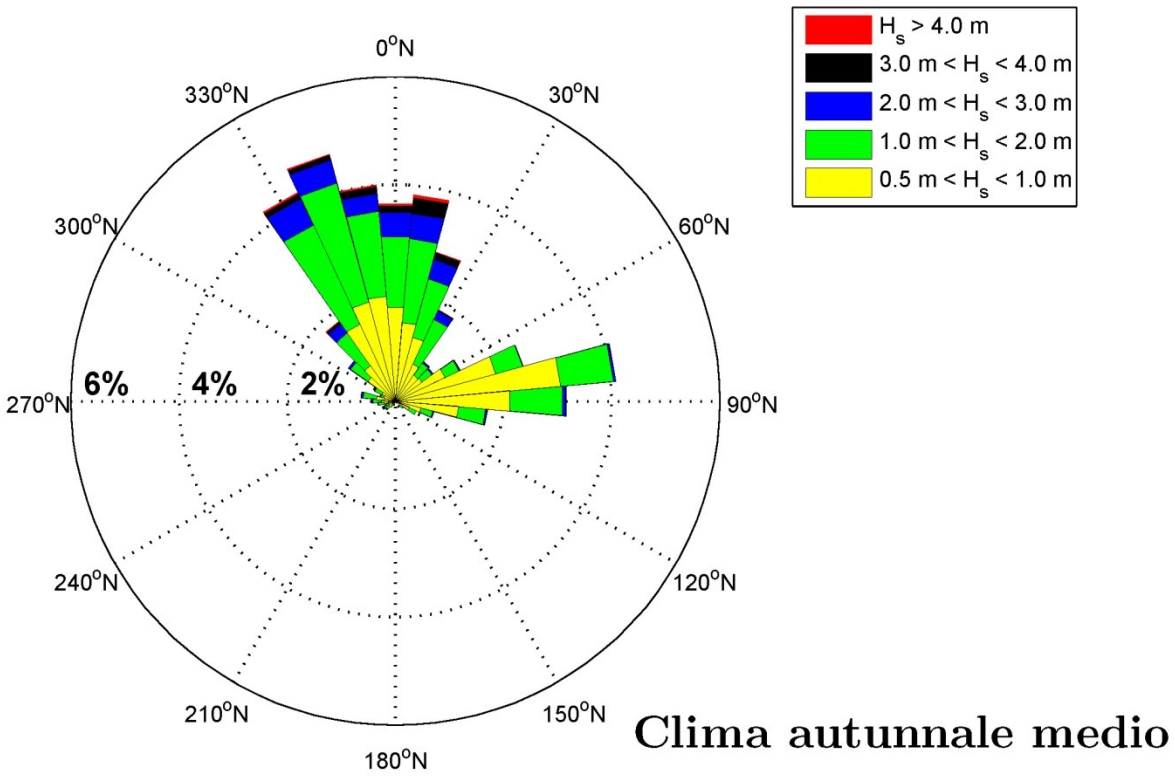


Figura 6-1: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale annuale degli eventi di moto ondoso a largo del paraggio di Termoli-Campomarino trasposti da Ortona e dalle Tremiti.



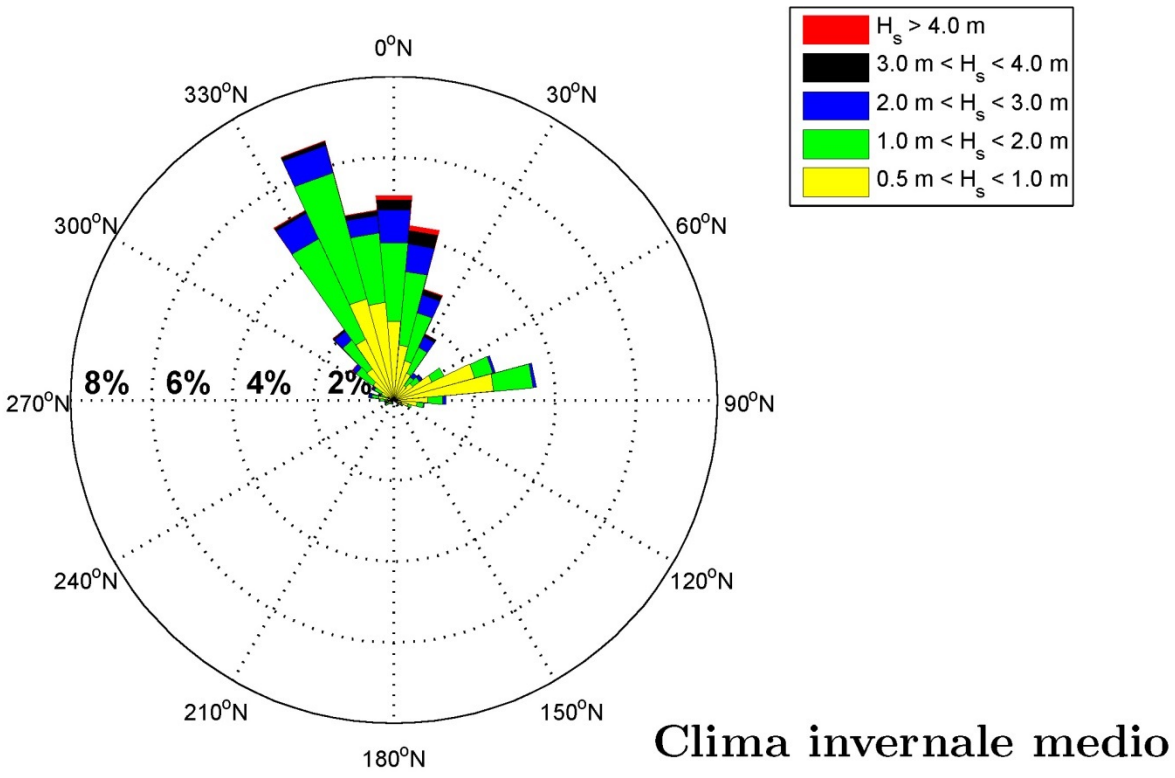
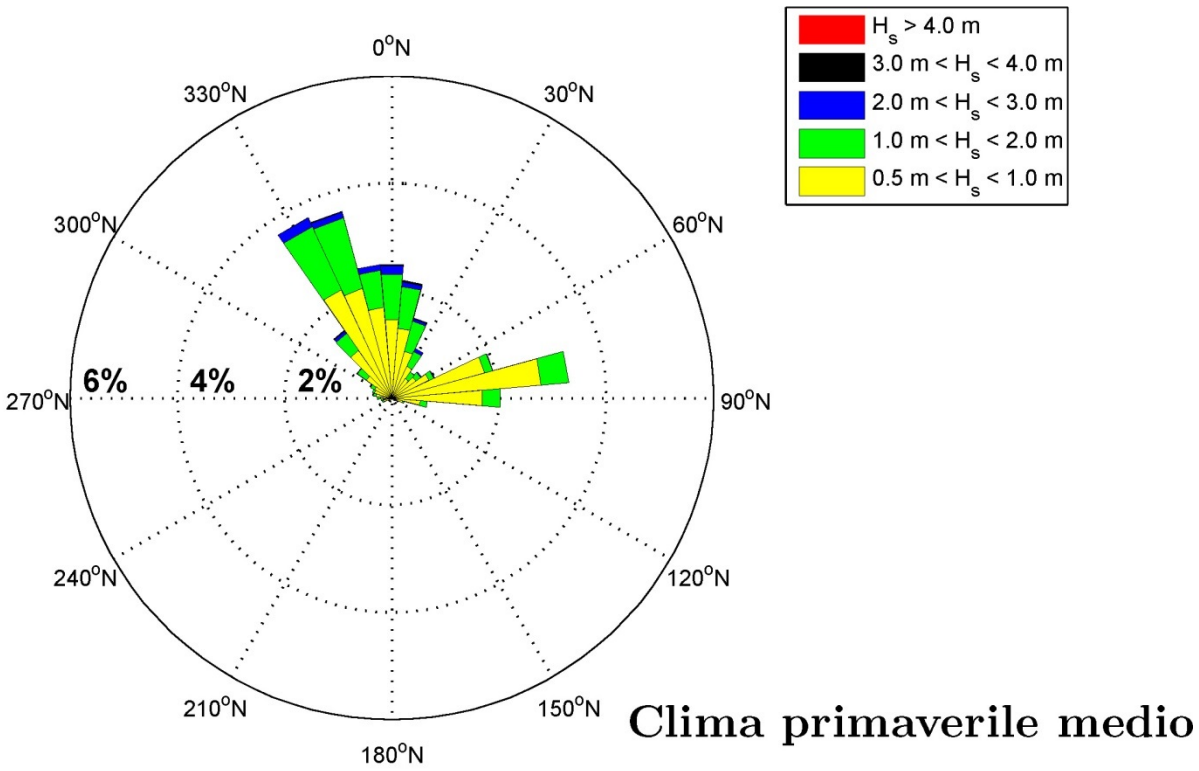


Figura 6-2: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale autunnale ed invernale degli eventi di moto ondoso largo del paraggio di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino. trasposti da Ortona e dalle Tremiti.



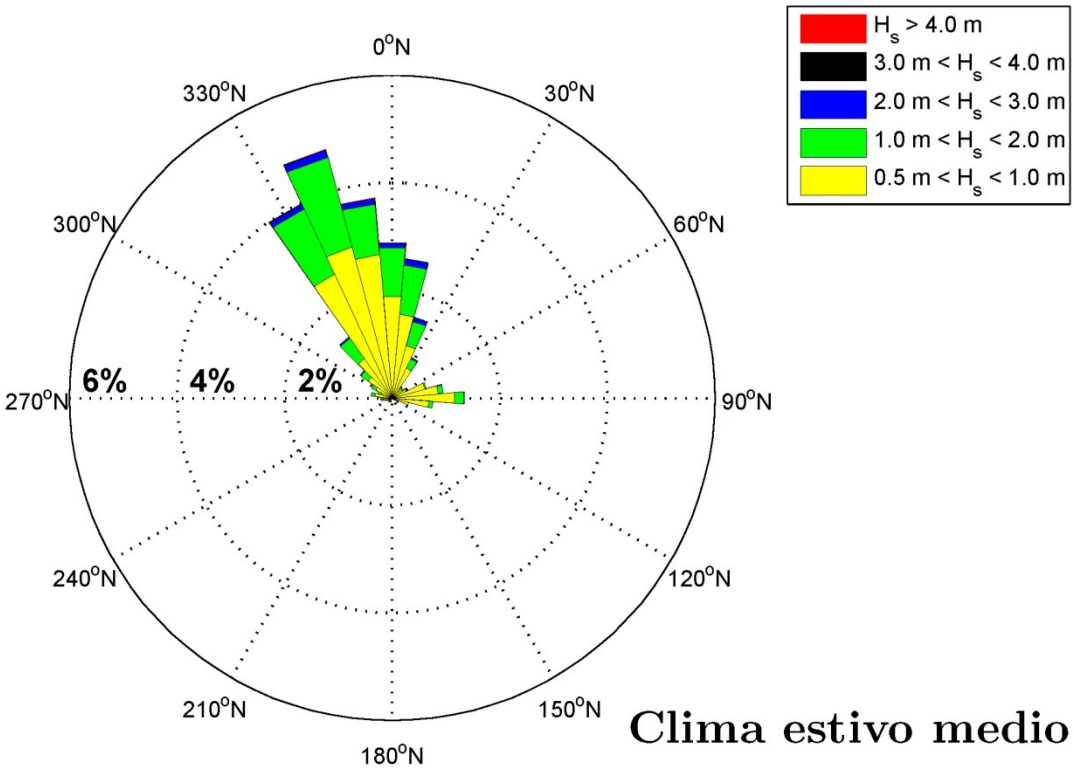


Figura 6-3: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale primaverile e estivo degli eventi di moto ondoso largo del paraggio di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino trasposti da Ortona e dalle Tremiti.

CLIMA ANNUALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	655	586	820	479	230	121	67	57	33	18	7	1				*3 074*
20	607	528	684	337	251	104	64	38	14	7	2		1			*2 637*
30	496	464	419	203	123	61	23	5	8	3						*1 805*
40	386	468	255	87	23	19	7	1	2							*1 248*
50	363	490	241	59	16	13	5	2	1	1						*1 191*
60	547	856	531	96	30	2	3	3	1							*2 069*
70	680	1 281	983	151	24	11	3									*3 133*
80	713	1 538	1 411	329	63	14	3	1								*4 072*
90	675	1 195	894	240	45	17	8	1								*3 075*
100	753	782	426	113	17	2	4	1								*2 098*
110	652	446	223	50	7	2	2									*1 382*
120	390	145	108	30	5	1	1									*680*
130	179	54	42	15	2	1	2									*295*
140	159	54	20	8	1	2										*244*
150	78	20	18	1	1	1										*119*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210	26	19	14	8		1	1	1								*70*
220	53	49	32	11	5	4		1								*155*
230	125	95	61	7	5	3	4	1			1					*302*
240	77	80	69	16	6	3	2	2								*255*
250	64	106	85	13	4	3	3				1					*279*
260	62	70	105	29	9	5	2		1							*283*
270	117	130	134	44	15	4	2		1		1					*448*
280	250	232	205	59	26	12	8	3	2							*797*
290	59	157	137	37	13	5	3	3	1		2					*417*
300	74	233	198	61	17	7	3	4	1	2						*600*
310	102	363	317	118	51	20	7	2					1			*981*
320	285	528	620	286	115	55	33	14	8	2		1				*1 947*
330	331	733	1 189	719	389	170	57	20	8	4	3	2				*3 625*
340	512	1 003	1 488	1 007	336	159	61	22	10	4	2		3			*4 607*
350	635	979	1 339	511	242	107	46	24	15	5	3	1	2			*3 909*
360	773	851	1 082	522	241	147	88	40	21	13	2	4		1		*3 785*
Tot.	*10 878*	*14 535*	*14 150*	*5 646*	*2 312*	*1 076*	*512*	*246*	*127*	*59*	*24*	*9*	*7*	*1*	*0*	49 582

Tabella 6-1:Clima medio annuale a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (dati trasposti da Ortona e Tremiti).

CLIMA ANNUALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.07	0.96	1.34	0.78	0.37	0.20	0.11	0.09	0.05	0.03	0.01					*5.01*
20	0.99	0.86	1.11	0.55	0.41	0.17	0.10	0.06	0.02	0.01						*4.30*
30	0.81	0.76	0.68	0.33	0.20	0.10	0.04	0.01	0.01							*2.94*
40	0.63	0.76	0.42	0.14	0.04	0.03	0.01									*2.03*
50	0.59	0.80	0.39	0.10	0.03	0.02	0.01									*1.94*
60	0.89	1.40	0.87	0.16	0.05											*3.37*
70	1.11	2.09	1.60	0.25	0.04	0.02										*5.11*
80	1.16	2.51	2.30	0.54	0.10	0.02										*6.64*
90	1.10	1.95	1.46	0.39	0.07	0.03	0.01									*5.01*
100	1.23	1.27	0.69	0.18	0.03		0.01									*3.42*
110	1.06	0.73	0.36	0.08	0.01											*2.25*
120	0.64	0.24	0.18	0.05	0.01											*1.11*
130	0.29	0.09	0.07	0.02												*0.48*
140	0.26	0.09	0.03	0.01												*0.40*
150	0.13	0.03	0.03													*0.19*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210	0.04	0.03	0.02	0.01												*0.11*
220	0.09	0.08	0.05	0.02	0.01	0.01										*0.25*
230	0.20	0.15	0.10	0.01	0.01		0.01									*0.49*
240	0.13	0.13	0.11	0.03	0.01											*0.42*
250	0.10	0.17	0.14	0.02	0.01											*0.45*
260	0.10	0.11	0.17	0.05	0.01	0.01										*0.46*
270	0.19	0.21	0.22	0.07	0.02	0.01										*0.73*
280	0.41	0.38	0.33	0.10	0.04	0.02	0.01									*1.30*
290	0.10	0.26	0.22	0.06	0.02	0.01										*0.68*
300	0.12	0.38	0.32	0.10	0.03	0.01		0.01								*0.98*
310	0.17	0.59	0.52	0.19	0.08	0.03	0.01									*1.60*
320	0.46	0.86	1.01	0.47	0.19	0.09	0.05	0.02	0.01							*3.17*
330	0.54	1.19	1.94	1.17	0.63	0.28	0.09	0.03	0.01	0.01						*5.91*
340	0.83	1.63	2.43	1.64	0.55	0.26	0.10	0.04	0.02	0.01						*7.51*
350	1.03	1.60	2.18	0.83	0.39	0.17	0.07	0.04	0.02	0.01						*6.37*
360	1.26	1.39	1.76	0.85	0.39	0.24	0.14	0.07	0.03	0.02		0.01				*6.17*
Tot.	*17.73*	*23.69*	*23.06*	*9.20*	*3.77*	*1.75*	*0.83*	*0.40*	*0.21*	*0.10*	*0.04*	*0.01*	*0.01*	*0.00*	*0.00*	*80.81*
Tot. Cumulato		*41.42*	*64.48*	*73.68*	*77.45*	*79.20*	*80.03*	*80.44*	*80.64*	*80.74*	*80.78*	*80.79*	*80.80*	*80.81*	*80.81*	

Tabella 6-2:Clima medio annuale a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso (dati trasposti da Ortona e Tremiti) classificati per altezza d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA AUTUNNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	120	141	205	149	69	44	22	26	14	5	3					*798*
20	85	114	208	107	89	39	25	18	6	3	2					*696*
30	90	103	117	90	51	16	10	1	2	1						*481*
40	70	121	90	33	9	3	1	1	1							*329*
50	60	83	70	22	8	2	1		1							*247*
60	92	164	180	35	14	2	1	1	1							*490*
70	129	265	297	63	16	3										*773*
80	129	305	475	125	26	3	3	1								*1 067*
90	131	296	327	129	23	6	4	1								*917*
100	170	187	171	59	12	2	3	1								*605*
110	146	147	81	36	4	2	2									*418*
120	102	55	48	19	4											*228*
130	52	21	13	8			2									*96*
140	37	16	9	4	1											*67*
150	20	5	5			1										*31*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210	3	7	6	2			1	1								*20*
220	10	12	12	7	2	1										*44*
230	20	27	24	3	4	1	2	1			1					*83*
240	13	15	22	8	4	1	2	1								*66*
250	8	12	21	4	3	1	1				1					*51*
260	17	19	34	10	5		1		1							*87*
270	34	29	41	19	4	4										*131*
280	34	62	54	21	17	5	2	1								*196*
290	6	21	32	4	4	1	1				2					*71*
300	9	44	44	17	4	1	1	2		1						*123*
310	12	49	80	36	17	5	1	1								*201*
320	34	91	139	81	42	21	11	6	2	1		1				*429*
330	40	97	232	185	116	61	21	11	4	2	2	1				*772*
340	49	147	302	249	114	46	26	11	2	1	1		2			*950*
350	89	183	301	158	84	34	18	11	10	2	2		1			*893*
360	108	176	270	134	66	36	34	11	8	5		1		1		*850*
Tot.	***1 919***	***3 014***	***3 910***	***1 817***	***812***	***341***	***196***	***107***	***52***	***21***	***14***	***3***	***3***	***1***	***0***	***12 210***

Tabella 6-3: Clima medio autunnale a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (dati trasposti da Ortona e Tremiti).

CLIMA AUTUNNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	0.78	0.91	1.33	0.96	0.45	0.28	0.14	0.17	0.09	0.03	0.02					*5.16*
20	0.55	0.74	1.35	0.69	0.58	0.25	0.16	0.12	0.04	0.02	0.01					*4.50*
30	0.58	0.67	0.76	0.58	0.33	0.10	0.06	0.01	0.01	0.01						*3.11*
40	0.45	0.78	0.58	0.21	0.06	0.02	0.01	0.01	0.01							*2.13*
50	0.39	0.54	0.45	0.14	0.05	0.01	0.01		0.01							*1.60*
60	0.60	1.06	1.16	0.23	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01							*3.17*
70	0.83	1.71	1.92	0.41	0.10	0.02										*5.00*
80	0.83	1.97	3.07	0.81	0.17	0.02	0.02	0.01								*6.90*
90	0.85	1.92	2.12	0.83	0.15	0.04	0.03	0.01								*5.93*
100	1.10	1.21	1.11	0.38	0.08	0.01	0.02	0.01								*3.91*
110	0.94	0.95	0.52	0.23	0.03	0.01	0.01									*2.70*
120	0.66	0.36	0.31	0.12	0.03											*1.48*
130	0.34	0.14	0.08	0.05			0.01									*0.62*
140	0.24	0.10	0.06	0.03	0.01											*0.43*
150	0.13	0.03	0.03			0.01										*0.20*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210	0.02	0.05	0.04	0.01			0.01	0.01								*0.13*
220	0.06	0.08	0.08	0.05	0.01	0.01										*0.28*
230	0.13	0.17	0.16	0.02	0.03	0.01	0.01	0.01			0.01					*0.54*
240	0.08	0.10	0.14	0.05	0.03	0.01	0.01	0.01								*0.43*
250	0.05	0.08	0.14	0.03	0.02	0.01	0.01				0.01					*0.33*
260	0.11	0.12	0.22	0.06	0.03		0.01		0.01							*0.56*
270	0.22	0.19	0.27	0.12	0.03	0.03										*0.85*
280	0.22	0.40	0.35	0.14	0.11	0.03	0.01	0.01								*1.27*
290	0.04	0.14	0.21	0.03	0.03	0.01	0.01				0.01					*0.46*
300	0.06	0.28	0.28	0.11	0.03	0.01	0.01	0.01		0.01						*0.80*
310	0.08	0.32	0.52	0.23	0.11	0.03	0.01	0.01								*1.30*
320	0.22	0.59	0.90	0.52	0.27	0.14	0.07	0.04	0.01	0.01		0.01				*2.78*
330	0.26	0.63	1.50	1.20	0.75	0.39	0.14	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01				*4.99*
340	0.32	0.95	1.95	1.61	0.74	0.30	0.17	0.07	0.01	0.01	0.01		0.01			*6.15*
350	0.58	1.18	1.95	1.02	0.54	0.22	0.12	0.07	0.06	0.01	0.01		0.01			*5.78*
360	0.70	1.14	1.75	0.87	0.43	0.23	0.22	0.07	0.05	0.03		0.01		0.01		*5.50*
Tot.	*12.42*	*19.50*	*25.30*	*11.76*	*5.25*	*2.21*	*1.27*	*0.69*	*0.34*	*0.14*	*0.09*	*0.02*	*0.02*	*0.01*	*0.00*	*79.00*
Tot. Cumulato		*31.92*	*57.21*	*68.97*	*74.22*	*76.43*	*77.70*	*78.39*	*78.73*	*78.86*	*78.95*	*78.97*	*78.99*	*79.00*	*79.00*	

Tabella 6-4: Clima medio autunnale a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso (dati trasposti da Ortona e Tremiti) classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA INVERNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	152	130	190	154	97	54	38	25	19	13	4	1				*877*
20	147	105	170	101	109	48	33	18	8	4			1			*744*
30	98	106	110	64	43	34	11	4	6	2						*478*
40	88	102	65	33	7	13	5		1							*314*
50	64	139	72	19	6	9	3	1		1						*314*
60	104	258	171	44	13		1	2								*593*
70	129	317	315	64	5	7	3									*840*
80	145	323	376	120	29	10										*1 003*
90	125	201	127	42	15	8	4									*522*
100	122	123	77	24	3		1									*350*
110	86	65	58	8	3											*220*
120	47	14	30	7	1	1	1									*101*
130	27	12	14	5	1	1										*60*
140	35	13	6	3		2										*59*
150	15	2	6	1	1											*25*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210	5	3	3	4												*15*
220	11	13	4	2	2	3		1								*36*
230	35	24	16	2		2	1									*80*
240	19	17	26	7	1	2		1								*73*
250	16	23	19	4	1	1	2									*66*
260	9	18	22	8	1	4	1									*63*
270	21	31	35	14	5		1		1		1					*109*
280	61	48	57	18	8	6	4	2	2							*206*
290	7	34	24	19	8	4	2	3	1							*102*
300	13	42	49	19	11	5	2	2	1	1						*145*
310	19	90	88	43	24	11	6	1					1			*283*
320	68	116	152	92	48	27	15	5	3	1						*527*
330	64	128	243	236	170	74	28	6	2	2	1	1				*955*
340	113	221	399	368	132	80	29	9	6	2	1		1			*1 361*
350	139	213	367	168	92	47	20	12	5	2	1	1	1			*1 068*
360	157	213	295	191	104	82	43	26	12	8	2	3				*1 136*
Tot.	*2 141*	*3 144*	*3 586*	*1 884*	*940*	*535*	*254*	*118*	*67*	*36*	*10*	*6*	*4*	*0*	*0*	*12 725*

Tabella 6-5: Clima medio invernale a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (dati trasposti da Ortona e Tremiti).

CLIMA INVERNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.00	0.86	1.25	1.02	0.64	0.36	0.25	0.16	0.13	0.09	0.03	0.01				*5.78*
20	0.97	0.69	1.12	0.67	0.72	0.32	0.22	0.12	0.05	0.03			0.01			*4.91*
30	0.65	0.70	0.73	0.42	0.28	0.22	0.07	0.03	0.04	0.01						*3.15*
40	0.58	0.67	0.43	0.22	0.05	0.09	0.03		0.01							*2.07*
50	0.42	0.92	0.47	0.13	0.04	0.06	0.02	0.01		0.01						*2.07*
60	0.69	1.70	1.13	0.29	0.09		0.01	0.01								*3.91*
70	0.85	2.09	2.08	0.42	0.03	0.05	0.02									*5.54*
80	0.96	2.13	2.48	0.79	0.19	0.07										*6.62*
90	0.82	1.33	0.84	0.28	0.10	0.05	0.03									*3.44*
100	0.80	0.81	0.51	0.16	0.02		0.01									*2.31*
110	0.57	0.43	0.38	0.05	0.02											*1.45*
120	0.31	0.09	0.20	0.05	0.01	0.01	0.01									*0.67*
130	0.18	0.08	0.09	0.03	0.01	0.01										*0.40*
140	0.23	0.09	0.04	0.02		0.01										*0.39*
150	0.10	0.01	0.04	0.01	0.01											*0.16*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210	0.03	0.02	0.02	0.03												*0.10*
220	0.07	0.09	0.03	0.01	0.01	0.02		0.01								*0.24*
230	0.23	0.16	0.11	0.01		0.01	0.01									*0.53*
240	0.13	0.11	0.17	0.05	0.01	0.01		0.01								*0.48*
250	0.11	0.15	0.13	0.03	0.01	0.01	0.01									*0.44*
260	0.06	0.12	0.15	0.05	0.01	0.03	0.01									*0.42*
270	0.14	0.20	0.23	0.09	0.03		0.01		0.01		0.01					*0.72*
280	0.40	0.32	0.38	0.12	0.05	0.04	0.03	0.01	0.01							*1.36*
290	0.05	0.22	0.16	0.13	0.05	0.03	0.01	0.02	0.01							*0.67*
300	0.09	0.28	0.32	0.13	0.07	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01						*0.96*
310	0.13	0.59	0.58	0.28	0.16	0.07	0.04	0.01					0.01			*1.87*
320	0.45	0.77	1.00	0.61	0.32	0.18	0.10	0.03	0.02	0.01						*3.48*
330	0.42	0.84	1.60	1.56	1.12	0.49	0.18	0.04	0.01	0.01	0.01	0.01				*6.30*
340	0.75	1.46	2.63	2.43	0.87	0.53	0.19	0.06	0.04	0.01	0.01		0.01			*8.98*
350	0.92	1.41	2.42	1.11	0.61	0.31	0.13	0.08	0.03	0.01	0.01	0.01	0.01			*7.04*
360	1.04	1.41	1.95	1.26	0.69	0.54	0.28	0.17	0.08	0.05	0.01	0.02				*7.49*
Tot.	*14.12*	*20.74*	*23.65*	*12.43*	*6.20*	*3.53*	*1.68*	*0.78*	*0.44*	*0.24*	*0.07*	*0.04*	*0.03*	*0.00*	*0.00*	*83.94*
Tot. Cumulato		*34.86*	*58.52*	*70.94*	*77.14*	*80.67*	*82.35*	*83.13*	*83.57*	*83.81*	*83.87*	*83.91*	*83.94*	*83.94*	*83.94*	

Tabella 6-6: Clima medio invernale a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso (dati trasposti da Ortona e Tremiti) classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA PRIMAVERILE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	145	134	190	86	31	9	3	5								*603*
20	194	124	146	64	27	7	2	1								*565*
30	163	132	98	27	21	7	2									*450*
40	118	111	67	17	5	1	1									*320*
50	134	157	66	13	2	2	1	1								*376*
60	206	282	133	15	3		1									*640*
70	257	445	274	20	3	1										*1 000*
80	260	580	428	72	6											*1 346*
90	213	381	259	43	7	1										*904*
100	218	215	78	19	1											*531*
110	207	90	34	5												*336*
120	109	31	10	4												*154*
130	43	8	10	1	1											*63*
140	39	11	2													*52*
150	17	5	2													*24*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210	13	3	2	1		1										*20*
220	14	11	6	1	1											*33*
230	31	23	8		1		1									*64*
240	26	29	8	1	1											*65*
250	25	46	26	3												*100*
260	21	18	25	5	1											*70*
270	32	38	33	6	3											*112*
280	72	58	45	8	1	1	1									*186*
290	17	53	49	5	1											*125*
300	25	69	55	12	1	1										*163*
310	23	90	77	22	7	1										*220*
320	64	146	177	46	16	3	6	2	3							*463*
330	86	226	331	137	58	21	7	2								*868*
340	152	281	331	164	46	17	1	1	2							*995*
350	196	249	258	82	24	14	2	1								*826*
360	218	174	224	97	32	19	7	1	1							*773*
Tot.	*3 338*	*4 220*	*3 452*	*976*	*300*	*106*	*35*	*14*	*6*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*12 447*

Tabella 6-7: Clima medio primaverile a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (dati trasposti da Ortona e Tremiti).

CLIMA PRIMAVERILE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	0.95	0.88	1.24	0.56	0.20	0.06	0.02	0.03								*3.94*
20	1.27	0.81	0.95	0.42	0.18	0.05	0.01	0.01								*3.70*
30	1.07	0.86	0.64	0.18	0.14	0.05	0.01									*2.94*
40	0.77	0.73	0.44	0.11	0.03	0.01	0.01									*2.09*
50	0.88	1.03	0.43	0.09	0.01	0.01	0.01	0.01								*2.46*
60	1.35	1.84	0.87	0.10	0.02		0.01									*4.19*
70	1.68	2.91	1.79	0.13	0.02	0.01										*6.54*
80	1.70	3.79	2.80	0.47	0.04											*8.80*
90	1.39	2.49	1.69	0.28	0.05	0.01										*5.91*
100	1.43	1.41	0.51	0.12	0.01											*3.47*
110	1.35	0.59	0.22	0.03												*2.20*
120	0.71	0.20	0.07	0.03												*1.01*
130	0.28	0.05	0.07	0.01	0.01											*0.41*
140	0.26	0.07	0.01													*0.34*
150	0.11	0.03	0.01													*0.16*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210	0.09	0.02	0.01	0.01		0.01										*0.13*
220	0.09	0.07	0.04	0.01	0.01											*0.22*
230	0.20	0.15	0.05		0.01		0.01									*0.42*
240	0.17	0.19	0.05	0.01	0.01											*0.43*
250	0.16	0.30	0.17	0.02												*0.65*
260	0.14	0.12	0.16	0.03	0.01											*0.46*
270	0.21	0.25	0.22	0.04	0.02											*0.73*
280	0.47	0.38	0.29	0.05	0.01	0.01	0.01									*1.22*
290	0.11	0.35	0.32	0.03	0.01											*0.82*
300	0.16	0.45	0.36	0.08	0.01	0.01										*1.07*
310	0.15	0.59	0.50	0.14	0.05	0.01										*1.44*
320	0.42	0.95	1.16	0.30	0.10	0.02	0.04	0.01	0.02							*3.03*
330	0.56	1.48	2.17	0.90	0.38	0.14	0.05	0.01								*5.68*
340	0.99	1.84	2.17	1.07	0.30	0.11	0.01	0.01	0.01							*6.51*
350	1.28	1.63	1.69	0.54	0.16	0.09	0.01	0.01								*5.40*
360	1.43	1.14	1.47	0.63	0.21	0.12	0.05	0.01	0.01							*5.06*
Tot.	*21.83*	*27.60*	*22.58*	*6.38*	*1.96*	*0.69*	*0.23*	*0.09*	*0.04*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*81.42*
Tot. Cumulato		*49.44*	*72.02*	*78.40*	*80.36*	*81.06*	*81.29*	*81.38*	*81.42*	*81.42*	*81.42*	*81.42*	*81.42*	*81.42*	*81.42*	

Tabella 6-8: Clima medio primaverile a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso (dati trasposti da Ortona e Tremiti) classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA ESTIVO

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	238	181	235	90	33	14	4	1								*796*
20	181	185	160	65	26	10	4	1								*632*
30	145	123	94	22	8	4										*396*
40	110	134	33	4	2	2										*285*
50	105	111	33	5												*254*
60	145	152	47	2												*346*
70	165	254	97	4												*520*
80	179	330	132	12	2	1										*656*
90	206	317	181	26		2										*732*
100	243	257	100	11	1											*612*
110	213	144	50	1												*408*
120	132	45	20													*197*
130	57	13	5	1												*76*
140	48	14	3	1												*66*
150	26	8	5													*39*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210	5	6	3	1												*15*
220	18	13	10	1												*42*
230	39	21	13	2												*75*
240	19	19	13													*51*
250	15	25	19	2		1										*62*
260	15	15	24	6	2	1										*63*
270	30	32	25	5	3		1									*96*
280	83	64	49	12			1									*209*
290	29	49	32	9												*119*
300	27	78	50	13	1											*169*
310	48	134	72	17	3	3										*277*
320	119	175	152	67	9	4	1	1								*528*
330	141	282	383	161	45	14	1	1	2							*1 030*
340	198	354	456	226	44	16	5	1		1						*1 301*
350	211	334	413	103	42	12	6			1						*1 122*
360	290	288	293	100	39	10	4	2								*1 026*
Tot.	*3 480*	*4 157*	*3 202*	*969*	*260*	*94*	*27*	*7*	*2*	*2*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*12 200*

Tabella 6-9: Clima medio estivo a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza ondoso (dati trasposti da Ortona e Tremiti).

CLIMA ESTIVO

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.54	1.17	1.52	0.58	0.21	0.09	0.03	0.01								*5.15*
20	1.17	1.20	1.04	0.42	0.17	0.06	0.03	0.01								*4.09*
30	0.94	0.80	0.61	0.14	0.05	0.03										*2.56*
40	0.71	0.87	0.21	0.03	0.01	0.01										*1.84*
50	0.68	0.72	0.21	0.03												*1.64*
60	0.94	0.98	0.30	0.01												*2.24*
70	1.07	1.64	0.63	0.03												*3.36*
80	1.16	2.14	0.85	0.08	0.01	0.01										*4.24*
90	1.33	2.05	1.17	0.17		0.01										*4.74*
100	1.57	1.66	0.65	0.07	0.01											*3.96*
110	1.38	0.93	0.32	0.01												*2.64*
120	0.85	0.29	0.13													*1.27*
130	0.37	0.08	0.03	0.01												*0.49*
140	0.31	0.09	0.02	0.01												*0.43*
150	0.17	0.05	0.03													*0.25*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210	0.03	0.04	0.02	0.01												*0.10*
220	0.12	0.08	0.06	0.01												*0.27*
230	0.25	0.14	0.08	0.01												*0.49*
240	0.12	0.12	0.08													*0.33*
250	0.10	0.16	0.12	0.01		0.01										*0.40*
260	0.10	0.10	0.16	0.04	0.01	0.01										*0.41*
270	0.19	0.21	0.16	0.03	0.02		0.01									*0.62*
280	0.54	0.41	0.32	0.08			0.01									*1.35*
290	0.19	0.32	0.21	0.06												*0.77*
300	0.17	0.50	0.32	0.08	0.01											*1.09*
310	0.31	0.87	0.47	0.11	0.02	0.02										*1.79*
320	0.77	1.13	0.98	0.43	0.06	0.03	0.01	0.01								*3.42*
330	0.91	1.82	2.48	1.04	0.29	0.09	0.01	0.01	0.01							*6.66*
340	1.28	2.29	2.95	1.46	0.28	0.10	0.03	0.01		0.01						*8.42*
350	1.37	2.16	2.67	0.67	0.27	0.08	0.04			0.01						*7.26*
360	1.88	1.86	1.90	0.65	0.25	0.06	0.03	0.01								*6.64*
Tot.	*22.52*	*26.90*	*20.72*	*6.27*	*1.68*	*0.61*	*0.17*	*0.05*	*0.01*	*0.01*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*78.93*
Tot. Cumulato		*49.41*	*70.13*	*76.40*	*78.08*	*78.69*	*78.86*	*78.91*	*78.92*	*78.93*	*78.93*	*78.93*	*78.93*	*78.93*	*78.93*	

Tabella 6-10: Clima medio estivo a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso (dati trasposti da Ortona e Tremiti) classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

6.2 CLASSIFICAZIONE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO A LARGO IN BASE ALL'ALTEZZA E 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 significativa 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 significativa e del periodo di picco. 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 stati di mare morto, laddove le onde sono meno ripide (periodi di picco maggiori a parità di altezza d'onda significativa). Viceversa, il limite inferiore può essere utilizzato per la stima del periodo di picco di stati di mare vivo, laddove la ripidità delle onde risulta maggiore se confrontata con quella di onde di mare morto.

Al fine di fornire una stima più robusta della legge di correlazione tra altezza d'onda e periodo di picco che dia lo stesso peso ai piccoli valori di periodi (più frequenti) e agli alti valori, è stata effettuata la stima dei parametri a e b utilizzando la media del periodo di picco per classi di altezza d'onda significativa (di ampiezza pari a 0.5 m). In tal modo si stimano i parametri a_1 e b_1.

La Tabella 6-11 e la Tabella 6-12 riportano le frequenze di occorrenza (assoluta e relativa) degli eventi moto ondoso classificati in base all'altezza d'onda significativa e al periodo di picco.

Nella Figura 6-4 sono riportati tutti gli eventi della serie storica diagrammati in funzione del periodo di picco e dell'altezza d'onda significativa. Nella Tabella 6-13 sono riportati i valori dei coefficienti *a* e *b*, il valore del coefficiente di correlazione e l'ampiezza di confidenza dei parametri. Nella stessa tabella sono riportati anche i coefficienti a_1 e b_1 (simboli tondi rossi nella Figura 6-4) per limitare l'importanza numerica dei periodi brevi (più numerosi).

	Classi di periodo di picco T_p (s)								
H_s (m)	**0 ÷ 2**	**2 ÷ 4**	**4 ÷ 6**	**6 ÷ 8**	**8 ÷ 10**	**10 ÷ 12**	**12 ÷ 14**		**Tot.**
0 ÷ 0.25	625	7293	2247	618	43	1			***10838***
0.25 ÷ 0.75	29	7245	6555	636	53	1			***14522***
0.75 ÷ 1.25		1763	5873	855	52	1			***8546***
1.25 ÷ 1.75		342	4111	1038	103	4			***5598***
1.75 ÷ 2.25		42	3482	1967	141	14			***5646***
2.25 ÷ 2.75			601	1624	81	5			***2312***
2.75 ÷ 3.25			66	948	58	4			***1076***
3.25 ÷ 3.75			2	404	105	1			***512***
3.75 ÷ 4.25				115	131				***246***
4.25 ÷ 4.75				26	101				***127***
4.75 ÷ 5.25				4	53	2			***59***
5.25 ÷ 5.75					20	4			***24***
5.75 ÷ 6.25					8	1			***9***
6.25 ÷ 6.75					5	2			***7***
6.75 ÷ 7.25									***0***
> 7.25									***1***
	654	***16685***	***22937***	***8235***	***941***	***37***	***0***		***49523***

Tabella 6-11: Numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e periodo di picco a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino trasposti da Ortona e dalle Tremiti.

	Classi di periodo di picco T_p (s)								
H_s (m)	0 ÷ 2	2 ÷ 4	4 ÷ 6	6 ÷ 8	8 ÷ 10	10 ÷ 12	12 ÷ 14		Tot.
0 ÷ 0.25	1.02	11.89	3.66	1.01	0.07				*17.66*
0.25 ÷ 0.75	0.05	11.81	10.68	1.04	0.09				*23.67*
0.75 ÷ 1.25		2.87	9.57	1.39	0.08	0.00			*13.93*
1.25 ÷ 1.75		0.56	6.70	1.69	0.17	0.01			*9.12*
1.75 ÷ 2.25		0.07	5.67	3.21	0.23	0.02			*9.20*
2.25 ÷ 2.75			0.98	2.65	0.13	0.01			*3.77*
2.75 ÷ 3.25			0.11	1.54	0.09	0.01			*1.75*
3.25 ÷ 3.75			0.00	0.66	0.17	0.00			*0.83*
3.75 ÷ 4.25				0.19	0.21				*0.40*
4.25 ÷ 4.75				0.04	0.16				*0.21*
4.75 ÷ 5.25				0.01	0.09	0.00			*0.10*
5.25 ÷ 5.75					0.03	0.01			*0.04*
5.75 ÷ 6.25					0.01	0.00			*0.01*
6.25 ÷ 6.75					0.01	0.00			*0.01*
6.75 ÷ 7.25									*0.00*
> 7.25									*0.00*
	1.07	*27.19*	*37.38*	*13.42*	*1.53*	*0.06*	*0.00*		*80.71*

Tabella 6-12: Distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e periodo di picco a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino trasposti da Ortona e dalle Tremiti. (le celle ombreggiate indicano le classi con una frequenza percentuale maggiore di 0.25%).

	Inverno	Primavera	Estate	Autunno	Annuale
a	5.54 ± 1.30	5.21 ± 1.51	5.03 ± 1.36	5.63 ± 1.43	5.41 ± 1.44
b	0.27 ± 0.00	0.24 ± 0.00	0.25 ± 0.00	0.27 ± 0.00	0.27 ± 0.00
R^2	0.583	0.345	0.383	0.499	0.496
a_1	5.64 ± 0.14	5.52 ± 0.19	5.37 ± 0.17	5.73 ± 0.12	5.58 0.10
b_1	0.31 ± 0.00	0.30 ± 0.01	0.31 ± 0.01	0.29 ± 0.00	0.31 0.00
R^2	0.993	0.983	0.987	0.993	0.996

Tabella 6-13: Valori numerici dei coefficienti della relazione di dipendenza del periodo di picco dall'altezza significativa a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino trasposti da Ortona e dalle Tremiti.

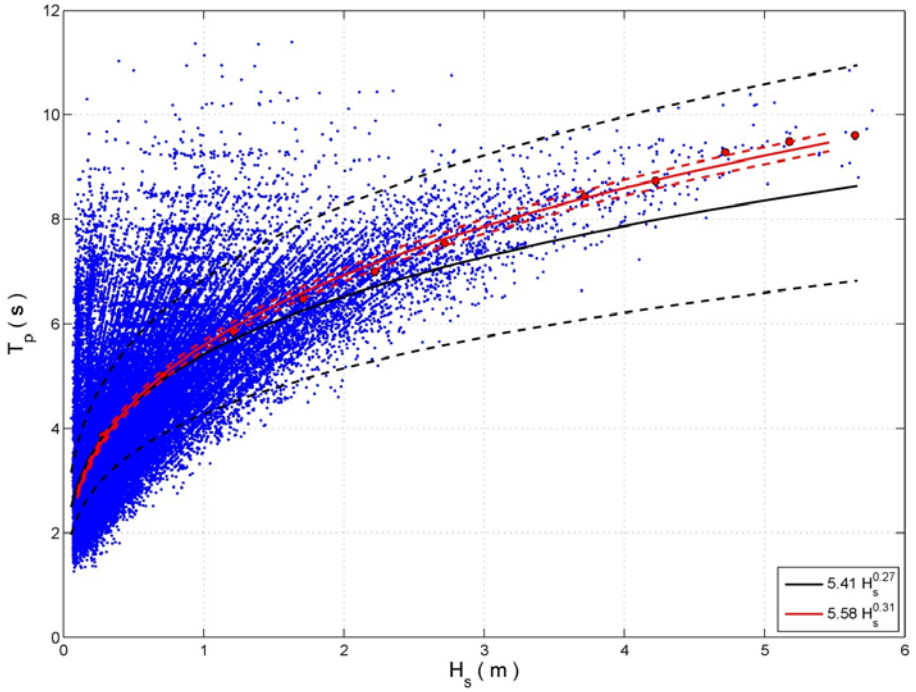


Figura 6-4: Rappresentazione cartesiana della distribuzione annuale del periodo di picco rispetto all'altezza d'onda significativa a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino trasposti da Ortona e dalle Tremiti..

6.3 ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSO AL LARGO

Ulteriore analisi è costituita dalla statistica degli estremi di altezze d'onda. A tal fine è necessario selezionare preliminarmente i campioni di dati che rispondono al doppio requisito di risultare tra loro statisticamente indipendenti ed omogenei. In questo tipo di analisi, laddove le serie ondametriche non sono molto lunghe, per assicurare l'indipendenza statistica si è soliti utilizzare il metodo POT (Peaks Over Treshold detto anche della serie di durata parziale sopra soglia), che consiste nel considerare il solo valore massimo di altezza d'onda significativa che si verifica nell'ambito di una singola mareggiata (valore al colmo della 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. I valori dell'altezza d'onda significativa al colmo delle mareggiate 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 non superamento). A tal scopo si è fatto riferimento alle classiche funzioni di ripartizione probabilistica che si utilizzano nel caso di inferenza statistica di eventi estremi nell'ambito del metodo a blocchi (massimi annuali) così come indicato da Goda (2010) e riportato nel *Coastal Engineering Manual* (2002). 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 ε, $\theta = \lambda - \varepsilon$, β, α e *b* sono i parametri delle distribuzioni.

Nella Figura 6-5 sono riportati, su diagramma polare, le altezze d'onda significativa al colmo delle mareggiate a largo del paraggio di Termoli-Campomarino, superiori ad un valore di soglia pari a 1.50 m per il settore di traversia secondario e pari a 2.75 m per il settore di traversia principale, utilizzando la metodologia descritta.

Nella Tabella 6-14 e nella Tabella 6-15 sono riportati i parametri delle distribuzioni prese in considerazione, ottenute tramite il metodo dei minimi quadrati. Inoltre, vengono riportati i risultati in forma grafica, limitatamente per la distribuzione di Gumbel e Weibull con $\beta = 1$, per il settore principale (Figura 6-6) e per quello secondario (Figura 6-7).

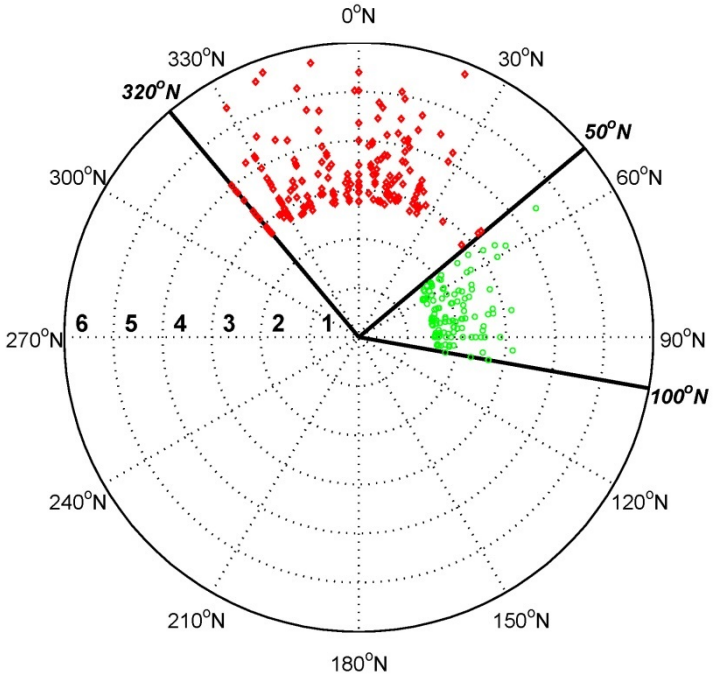


Figura 6-5: Diagramma polare delle altezze al colmo delle mareggiate superiori a 2.75 m (settore 320°N-50°N, rombi rossi nel diagramma) e a 1,50 m (settore 50°N-100°N, cerchi verdi nel diagramma), a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino trasposti da Ortona e dalle Tremiti.

Settore 320°N - 50°N

	Funzione di ripartizione				
Tempo di ritorno [anni]	Gumbel	Weibull (β = 0.75)	Weibull (β = 1)	Weibull (β = 1.4)	Weibull (β = 2.0)
2	4.4	4.4	4.4	4.4	4.4
5	5.0	5.1	5.1	5.0	4.9
10	5.5	5.7	5.6	5.4	5.3
15	5.7	6.1	5.9	5.6	5.4
20	5.9	6.4	6.1	5.8	5.6
25	6.1	6.6	6.2	5.9	5.7
50	6.5	7.3	6.7	6.3	5.9
100	7.0	8.0	7.2	6.6	6.2
150	7.2	8.4	7.5	6.8	6.3
250	7.6	8.9	7.9	7.1	6.5
500	8.0	9.7	8.4	7.4	6.8
Coeff. θ/α	0.644	0.413	0.716	1.204	1.921
Coeff. ε/β	2.610	2.687	2.380	1.903	1.203
Coeff. corr.	0.987	0.965	0.988	0.987	0.973

Tabella 6-14: Altezza significativa Hs in funzione del tempo di ritorno Tr secondo le diverse leggi di regressione considerate per il settore di provenienza principale

Settore 50°N - 100°N

	Funzione di ripartizione				
Tempo di ritorno [anni]	Gumbel	Weibull (β = 0.75)	Weibull (β = 1)	Weibull (β = 1.4)	Weibull (β = 2.0)
2	3.0	2.9	3.0	3.0	2.9
5	3.4	3.5	3.5	3.4	3.3
10	3.8	4.0	3.8	3.7	3.6
15	4.0	4.3	4.1	3.9	3.7
20	4.1	4.5	4.2	4.0	3.8
25	4.3	4.6	4.3	4.1	3.9
50	4.6	5.1	4.7	4.4	4.1
100	5.0	5.7	5.1	4.6	4.3
150	5.2	6.0	5.3	4.8	4.5
250	5.4	6.4	5.6	5.0	4.6
500	5.8	7.0	6.0	5.2	4.8
Coeff. θ/α	0.511	0.296	0.544	0.975	1.653
Coeff. ε/β	1.102	1.286	0.983	0.504	-0.207
Coeff. corr.	0.988	0.977	0.988	0.986	0.977

Tabella 6-15:: Altezza significativa Hs in funzione del tempo di ritorno Tr secondo le diverse leggi di regressione considerate per il settore di provenienza secondario

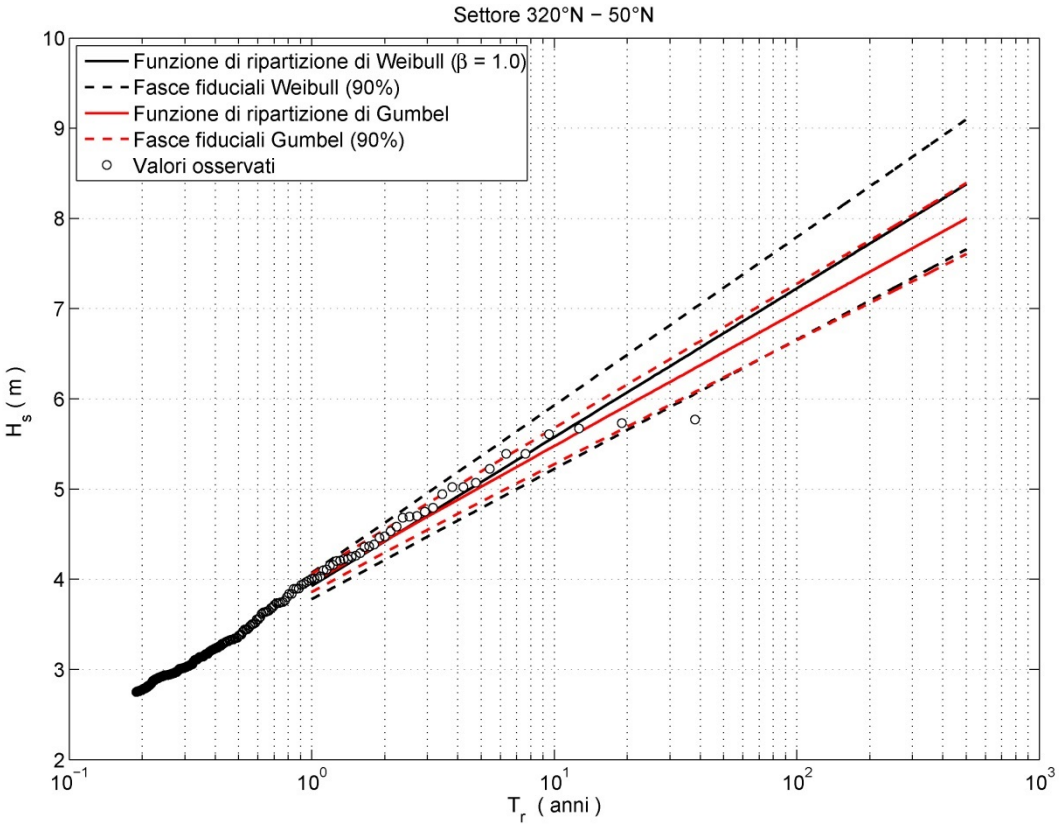


Figura 6-6: Altezza significativa Hs in funzione del tempo di ritorno Tr secondo le leggi di Gumbel e Weibull (β=1.4) per il settore di provenienza principale (320°N– 50°N) a largo di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino trasposti da Ortona e dalle Tremiti..

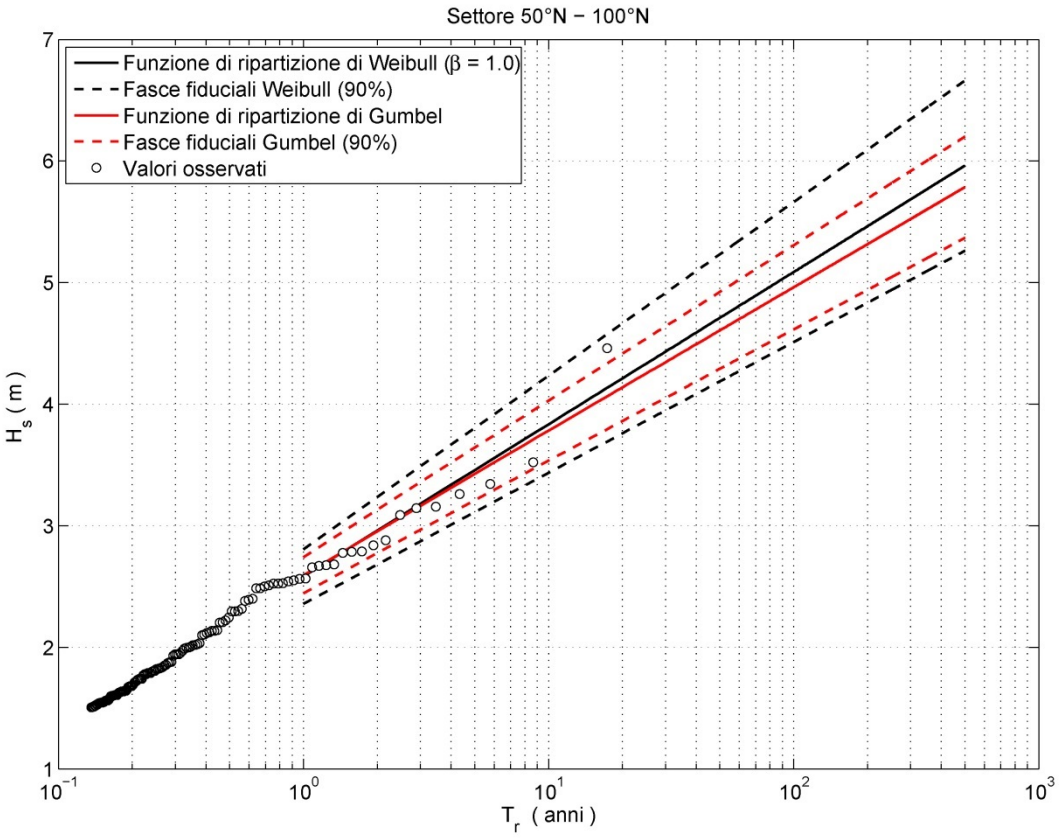


Figura 6-7: Altezza significativa Hs in funzione del tempo di ritorno Tr secondo le leggi di Gumbel e Weibull (β=1.0) per il settore di traversia secondario (50°N– 100°N) a largo di Termoli-Campomarino trasposti da Ortona e dalle Tremiti..

7. Analisi ondametrica Sottocosta

7.1 LA PROPAGAZIONE SOTTOCOSTA

7.1.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

La serie ondametrica a largo del paraggio di Termoli-Campomarino è stata propagata in corrispondenza della batimetrica sottocosta (profondità pari a circa 8 m) in tre punti posti in corrispondenza del tratto immediatamente a Nord del Porto di Termoli (punto P1, coordinate UTM zona 33T: 4651300 m N, 498800 m E), immediatamente a Sud del Porto di Termoli (punto P2, coordinate UTM zona 33T: 4649100 m N, 502100 m E) e in corrispondenza del litorale di Campomarino (punto P3, coordinate UTM zona 33T: 4647200 m N, 504900 m E), in funzione della posizione delle opere oggetto dei lavori di cui al progetto in epigrafe. La Figura 7-1 mostra la localizzazione dei punti di propagazione sottocosta. La propagazione è stata effettuata tramite l'utilizzo del modello di propagazione spettrale SWAN (*Simulating WAves Nearshore*; Booij et al., 1996).

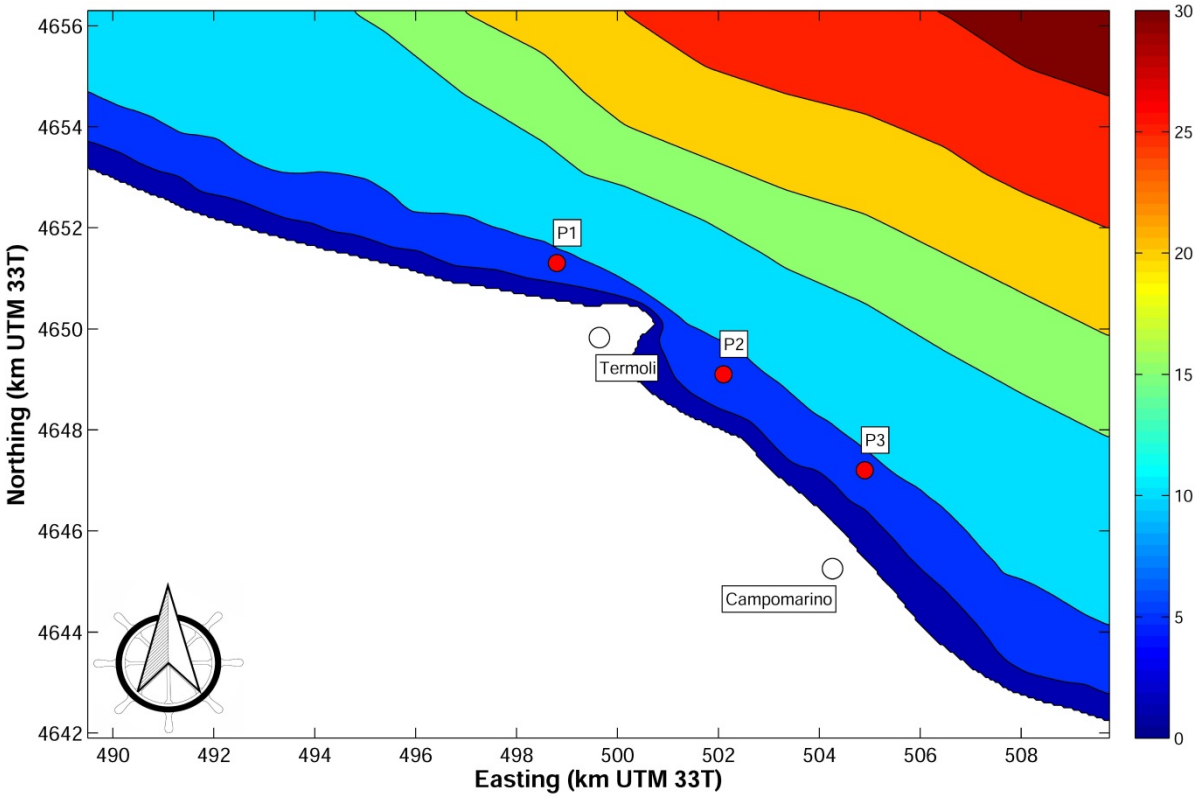


Figura 7-1: Localizzazione dei punti di propagazione (P1 , P2, P3) sottocosta.

Il modello è in grado di riprodurre la maggior parte dei fenomeni fisici di interesse e in particolare: shoaling, rifrazione, dissipazioni energetiche (frangimento in acqua profonda, frangimento in acqua bassa, attrito sul fondo) e 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, poichè le variazioni di fondale che caratterizzano il paraggio in esame inducono effetti trascurabili in tal senso.

Più in dettaglio, l'equazione fondamentale risolta dal modello numerico è quella di conservazione dell'energia per unità di frequenza angolare (*wave action density*) risolta numericamente alle differenze finite con uno schema implicito *upwind* nello spazio 5-dimensionale costituito dalle tre coordinate spaziali, dal tempo, dalla frequenza angolare e dalla direzione di propagazione.

La metodologia di applicazione del modello numerico al caso in esame, descritta nel seguito, è stata scelta al fine di raggiungere un compromesso tra l'onere di calcolo e la risoluzione dei risultati. Da una parte vi è la necessità di propagare un numero elevato di stati di mare (dell'ordine di qualche decina di migliaia) dal punto a largo del sito in esame, dall'altra quella di avere una risoluzione spaziale accettabile che permetta la valutazione degli effetti batimetrici locali in corrispondenza del sito di interesse nonostante l'ampia estensione del dominio di interesse.

Il primo problema, relativo alla propagazione dell'intera serie ondametrica di largo, è stato affrontato propagando 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 408 stati di mare selezionati sulla base dell'esposizione ondametrica del sito di interesse definita nell'ambito della caratterizzazione climatica a largo. Sulla base dei risultati numerici è stato costruito un database di propagazione largo-riva tramite il quale ogni elemento della serie ondametrica definita a largo del sito di interesse è stato propagato sul dominio di calcolo tramite una procedura di interpolazione lineare multidimensionale (nel dominio dell'altezza d'onda significativa, del periodo di picco e della direzione di propagazione).

Il problema di ottenere un'adeguata risoluzione spaziale dei risultati è stato risolto utilizzando due diverse discretizzazioni del dominio di interesse. Una prima griglia di calcolo, "a bassa risoluzione" (discretizzazione spaziale uniforme pari a 100 m), è stata utilizzata per definire le condizioni al contorno da imporre in una seconda simulazione che utilizza una seconda griglia di calcolo "ad alta risoluzione", di estensione limitata rispetto alla prima, ma con risoluzione di maggior dettaglio (discretizzazione spaziale pari a 50 m). Tale tecnica, nota con il nome di "*nesting*" (o delle griglie innestate) permette di ottenere risultati di maggior dettaglio nelle aree di interesse e di limitare gli effetti di contorno che rimangono confinati, se opportunamente scelta, nella griglia a bassa risoluzione. In sintesi, l'applicazione della metodologia appena descritta ha permesso la propagazione dell'intera serie ondametrica in corrispondenza dei nodi di una griglia con risoluzione pari a 50 m posta in corrispondenza del litorale. Pertanto vi è una corrispondenza tra le caratteristiche ondametriche a largo (altezza d'onda significativa, periodo di picco e direzione di propagazione) e i valori di tali caratteristiche in corrispondenza della griglia di calcolo posta in prossimità della costa. Tale corrispondenza è definita tramite interpolazione lineare multidimensionale basata sul database di propagazione, con onere computazionale sostanzialmente trascurabile (dell'ordine di un paio di secondi per ogni stato di mare).

In definitiva, il trasferimento a riva della serie ondametrica di largo è stato diviso in due fasi. Nella prima fase, dopo aver implementato le griglie numeriche, è stata studiata la propagazione largo-riva di una serie di stati di mare con la tecnica delle griglie innestate (408 stati di mare). I risultati ottenuti in questa prima fase hanno permesso di costruire un "*database*" per ogni punto di propagazione costituito dalla corrispondenza largo-riva delle principali caratteristiche del moto ondoso (altezza d'onda significativa, periodo di picco e direzione di provenienza delle onde). Nella seconda fase, il "*database*" è stato utilizzato per la propagazione a riva della serie ondametrica definita a largo.

7.1.2 GRIGLIA DI CALCOLO

Con riferimento alla metodologia di calcolo riportata precedentemente, nella Figura 7-2 e nella Figura 7-3 sono riportate, rispettivamente, le griglie di calcolo a bassa risoluzione (dx = 100 m) e ad alta risoluzione (dx = 50 m) utilizzate per le simulazioni numeriche di propagazione tramite l'utilizzo del modello numerico SWAN. Nella batimetria a bassa risoluzione è indicata l'area che costituisce la griglia di calcolo ad alta risoluzione (rettangolo nero). La griglia a bassa risoluzione ha un'estensione pari a circa 53 km x 34 km per un numero di nodi pari a 527 x 341 (per un totale di circa 180 000 nodi di calcolo). La griglia ad alta risoluzione ha un'estensione pari a 20.25 km x 14.40 km per un numero di nodi pari a 406 x 289 (per un totale di circa 118 000 nodi di calcolo).

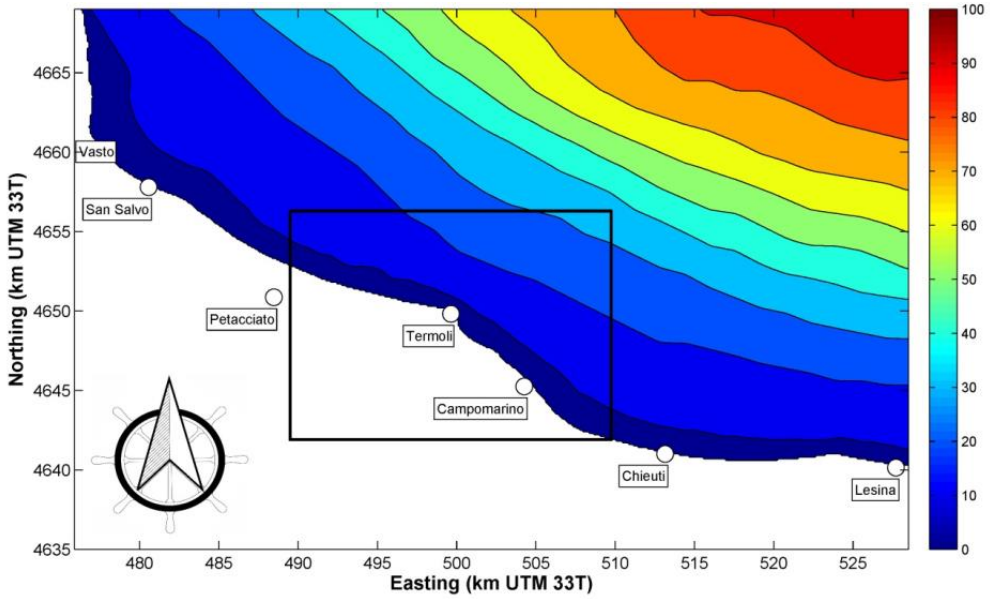


Figura 7-2: Griglia di calcolo a bassa risoluzione (gli assi coordinati riportano le coordinate UTM, zona 33T). Il rettangolo nero indica l'estensione e la posizione della griglia ad alta risoluzione.

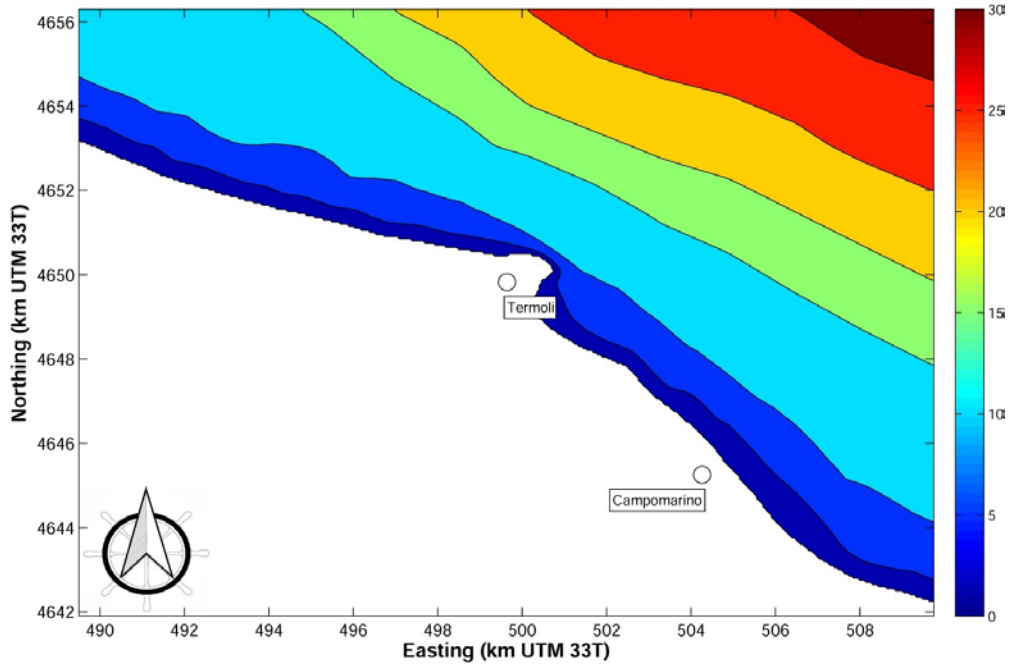


Figura 7-3: Griglia di calcolo ad alta risoluzione (gli assi coordinati riportano le coordinate UTM, zona 33T).

7.1.3 CARATTERISTICHE DELLA PROPAGAZIONE

Una volta definite le griglie sono state effettuate le simulazioni di una serie di stati di mare rappresentativi del clima nel paraggio, ed è stata studiata la propagazione largo-riva. In Figura 7-7 è riportato un esempio di tali simulazioni. I risultati delle simulazioni permettono, in prima approssimazione, di definire le funzioni di correlazione tra

- direzione di provenienza a riva (θ_p) in funzione della direzione di provenienza a largo (θ_0);
- rapporto tra altezza d'onda a riva (H_p) e a largo (H_0) in funzione della direzione di provenienza a largo (θ_0);

Nella Figura 7-4, Figura 7-5 e Figura 7-6 sono riportate le funzioni di correlazione relative alla direzione di provenienza ed al rapporto tra le altezze d'onda a largo e a riva in corrispondenza dei punti sottocosta P1, P2 e P3. Le curve sono state ottenute per un valore di altezza d'onda pari a 1.00 m e possono essere utilizzate per una stima speditiva delle caratteristiche del moto ondoso a riva, note le caratteristiche del moto ondoso a largo. Si osserva come le onde subiscano il fenomeno della rifrazione con la normale alla batimetrica circa pari a circa 25°N per il punto P1 e pari a circa 35°N per i punti P2 e P3. L'altezza d'onda significativa riflette tale comportamento, con valori massimi per direzione di provenienza circa coincidente con la normale alla batimetrica e valori inferiori laddove si verifica il fenomeno della rifrazione.

Il "*database*" ottenuto in questa prima fase preliminare, costituito dalla corrispondenza largo-riva delle principali caratteristiche del moto ondoso, ha fornito i dati di riferimento necessari alla propagazione, nei punti a riva (P1, P2 e P3), della serie ondametrica definita a largo. Nei paragrafi successivi si descrivono i risultati dell'analisi climatica in corrispondenza dei punti sottocosta P1, P2 e P3, rispettivamente.

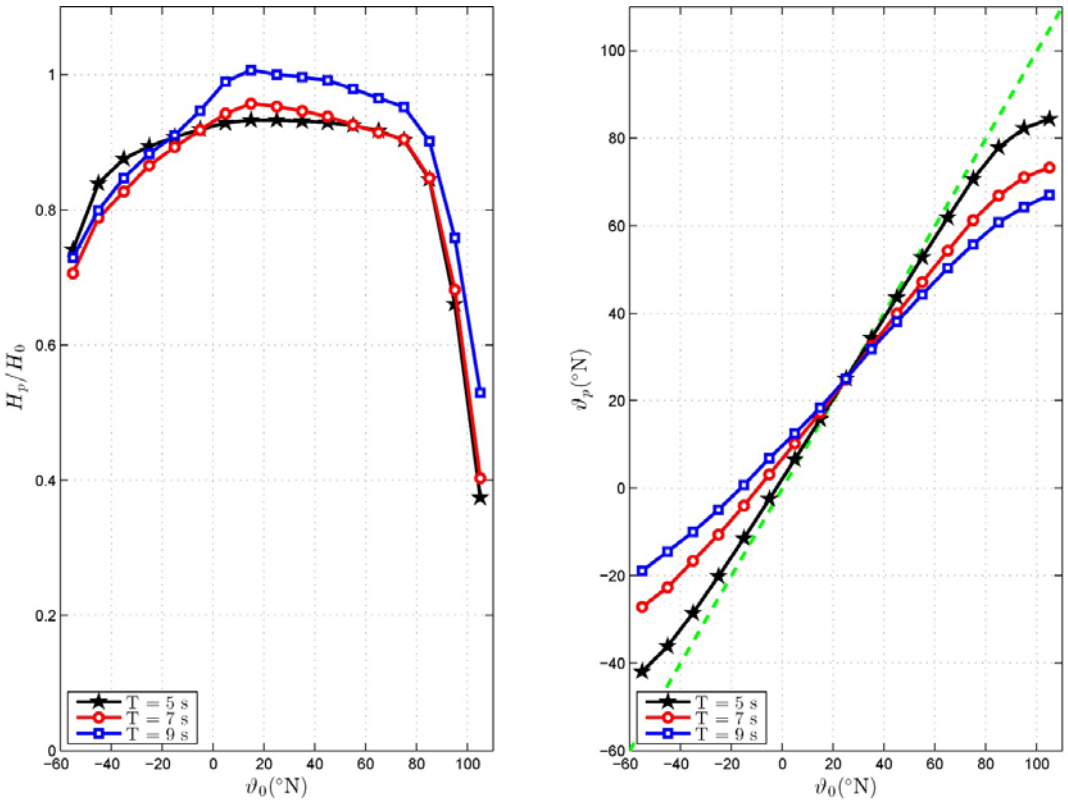


Figura 7-4: Correlazione largo-riva delle caratteristiche di moto ondoso per il punto P1: rapporto tra altezza d'onda a riva e a largo in funzione della direzione di provenienza a largo (abaco a sinistra) e direzione di provenienza a riva in funzione della direzione di provenienza a largo (abaco a destra). Nel grafico a destra, la linea tratteggiata indica l'uguaglianza tra la direzione a largo e quella sotto costa.

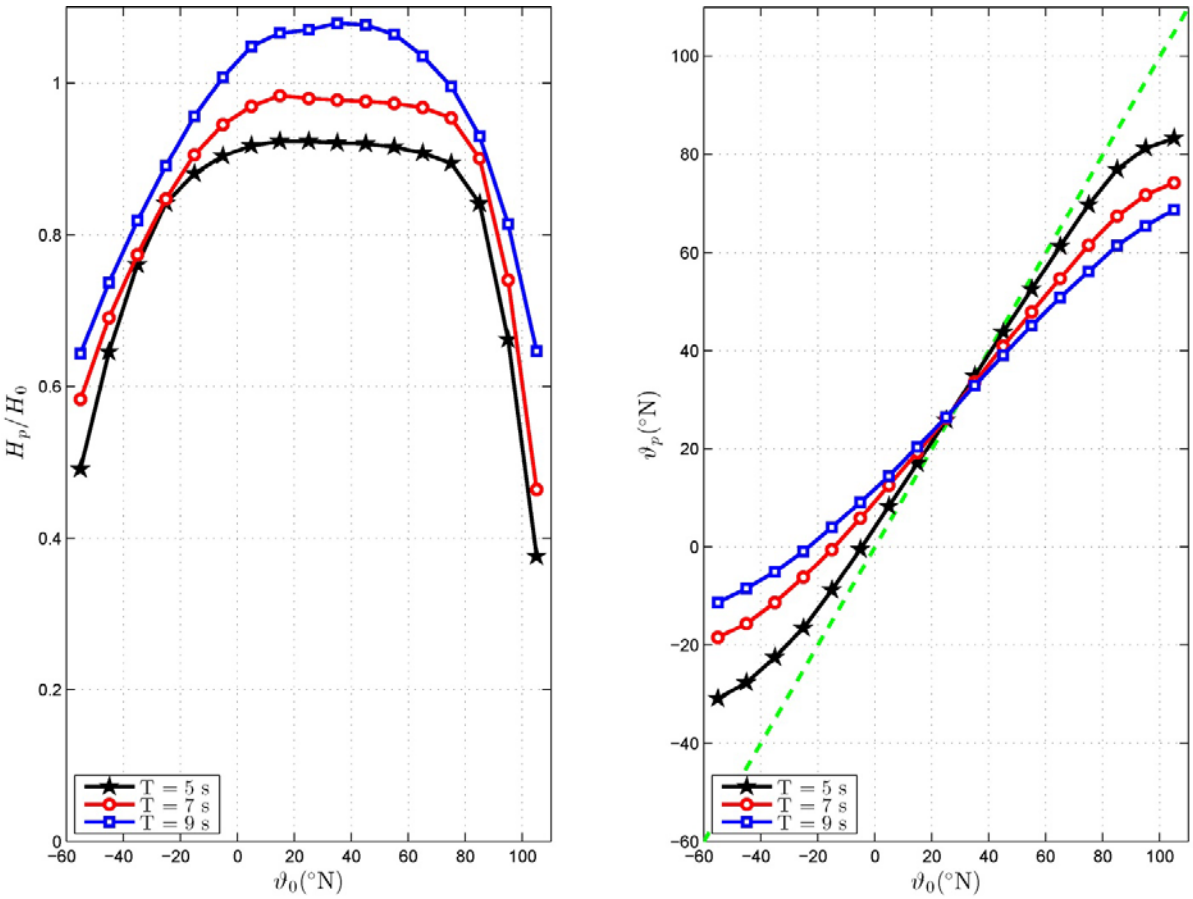


Figura 7-5: Correlazione largo-riva delle caratteristiche di moto ondoso per il punto P2: rapporto tra altezza d'onda a riva e a largo in funzione della direzione di provenienza a largo (abaco a sinistra) e direzione di provenienza a riva in funzione della direzione di provenienza a largo (abaco a destra). Nel grafico a destra, la linea tratteggiata indica l'uguaglianza tra la direzione a largo e quella sotto costa.

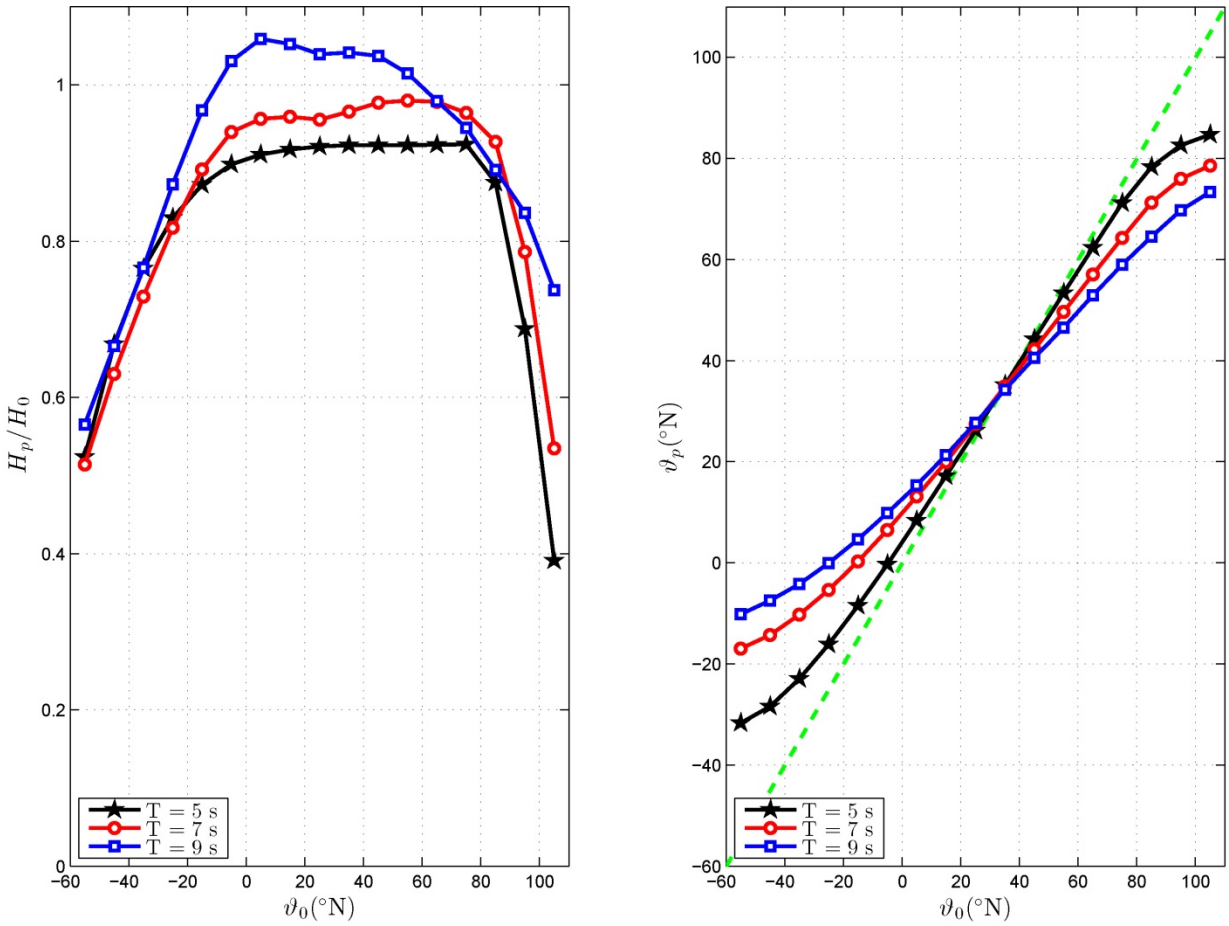


Figura 7-6: Correlazione largo-riva delle caratteristiche di moto ondoso per il punto P3: rapporto tra altezza d'onda a riva e a largo in funzione della direzione di provenienza a largo (abaco a sinistra) e direzione di provenienza a riva in funzione della direzione di provenienza a largo (abaco a destra). Nel grafico a destra, la linea tratteggiata indica l'uguaglianza tra la direzione a largo e quella sotto costa.

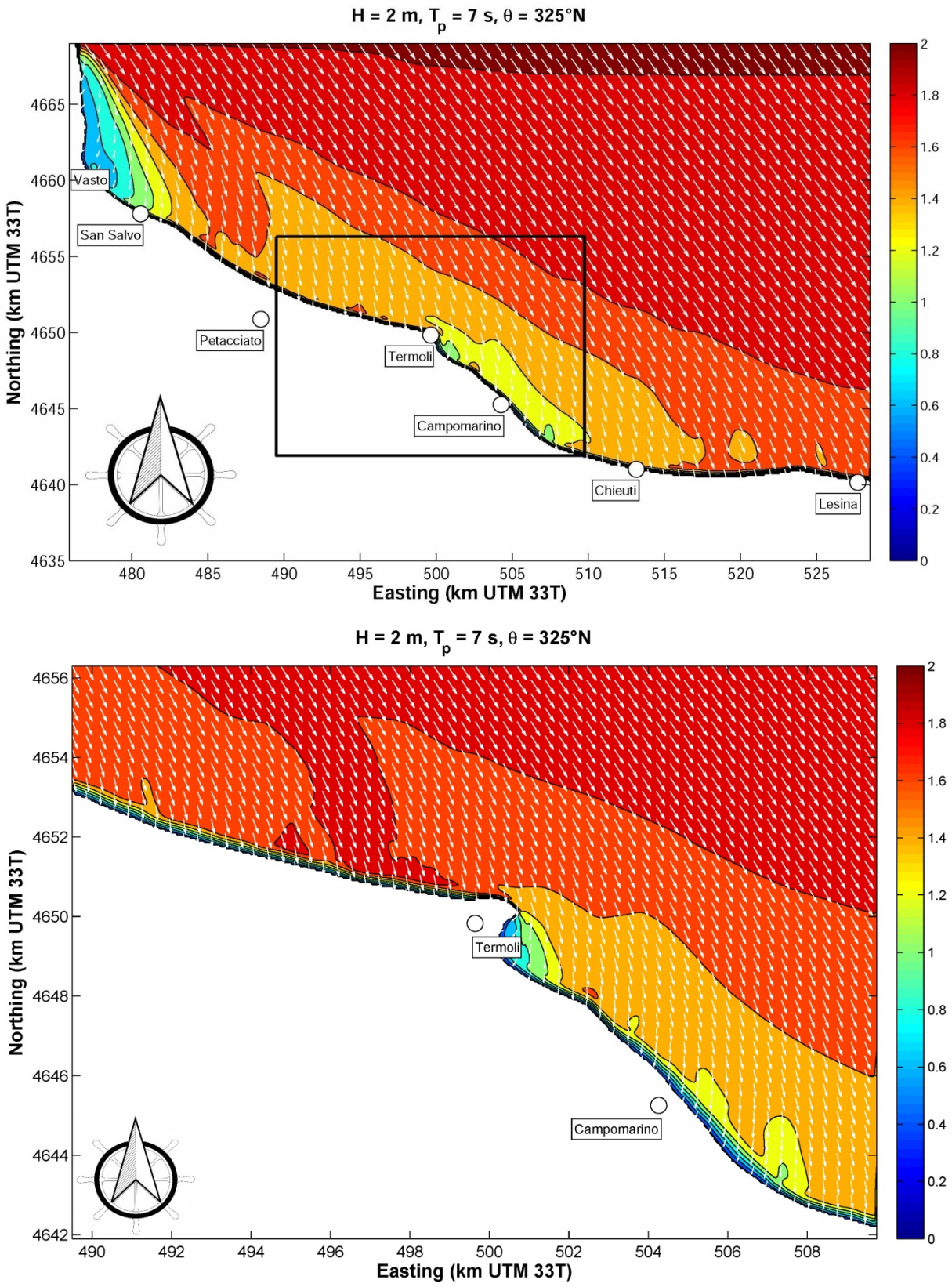


Figura 7-7: Esempio dei risultati a bassa risoluzione (in alto) e a alta risoluzione (in basso) dell'applicazione del modello numerico SWAN. La scala di colori indica il valore dell'altezza d'onda significativa, le frecce indicano la direzione di propagazione locale (per facilità di visualizzazione le frecce sono "decimate" rispetto agli effettivi nodi di calcolo).

7.2 CLASSIFICAZIONE DEGLI EVENTI DI MOTO ONDOSO SOTTOCOSTA IN BASE ALL'ALTEZZA D'ONDA E ALLA DIREZIONE DI PROVENIENZA

In completa analogia con quanto effettuato a largo, al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi, gli elementi della serie ondametrica propagata in prossimità della costa di Termoli-Campomarino, nei punti localizzati in corrispondenza di una profondità pari a circa 8 m (si veda paragrafo precedente), sono stati classificati in base al valore dell'altezza d'onda significativa ed alla direzione di provenienza. Tale suddivisione è stata eseguita sia per tutti gli eventi della serie, sia considerando separatamente gli eventi stagionali.

Nella Figura 7-8, Figura 7-9 e Figura 7-10 sono riportate, rispettivamente, la rosa annuale e quelle stagionali del clima di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P1. Dalla Tabella 7-1 alla Tabella 7-10 sono riportati gli stessi risultati in forma numerica sia in termini di frequenza assoluta, sia in termini di frequenza relativa.

Nella Figura 7-11, Figura 7-12 e Figura 7-13 sono riportate, rispettivamente, la rosa annuale e quelle stagionali del clima di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P2. Dalla Tabella 7-11 alla Tabella 7-20 sono riportati gli stessi risultati in forma numerica sia in termini di frequenza assoluta, sia in termini di frequenza relativa.

Figura 7-14, Figura 7-15 e Figura 7-16 sono riportate, rispettivamente, la rosa annuale e quelle stagionali del clima di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P3. Dalla Tabella 7-21 alla Tabella 7-30 sono riportati gli stessi risultati in forma numerica sia in termini di frequenza assoluta, sia in termini di frequenza relativa.

Dall'analisi dei risultati si evince che sia in prossimità del punto P1, sia del punto P2 e sia nel punto P3 i settori di provenienza del moto ondoso non subiscono una variazione sostanziale rispetto al largo, anche se risulta evidente la riduzione del settore angolare di provenienza. In particolare, si osserva la preponderanza del settore angolare compreso tra 330°N e 30°N, corrispondente al settore di traversia principale di largo, ed un settore meno rilevante compreso tra 60°N e 80°N, derivante dal settore di traversia secondario a largo.

In sintesi, si osserva che, per effetto del fenomeno della rifrazione in corrispondenza del punto P1, i settori di provenienza del moto ondoso sono limitati al settore angolare di provenienza 330°N-30°N in cui, tra l'altro, si riscontra la percentuale maggiore di altezze d'onda significative superiori a 0.5 m (settore di traversia principale) e al settore 50°N-70°N, in cui si verificano eventi meno significativi (settore di traversia secondario). In questo ultimo caso, il limitato settore di provenienza è da imputarsi oltre che al fenomeno della rifrazione, anche all'effetto schermo del molo nord del Porto di Termoli. Infine, sempre per effetto del fenomeno della rifrazione e per l'effetto schermo del porto di Termoli (questa volta rispetto al settore di traversia principale), in corrispondenza dei punti P2 e P3, i settori principali di provenienza del moto ondoso, risultano ancor più limitati al settore angolare 340°N-30°N, mentre il settore secondario risulta limitato al settore angolare 50°N-90°N. In questo caso, la ridotta frequenza di eventi e il limitato settore di provenienza da levante sono da imputarsi all'effetto schermo del promontorio del Gargano ereditato dal clima di largo.

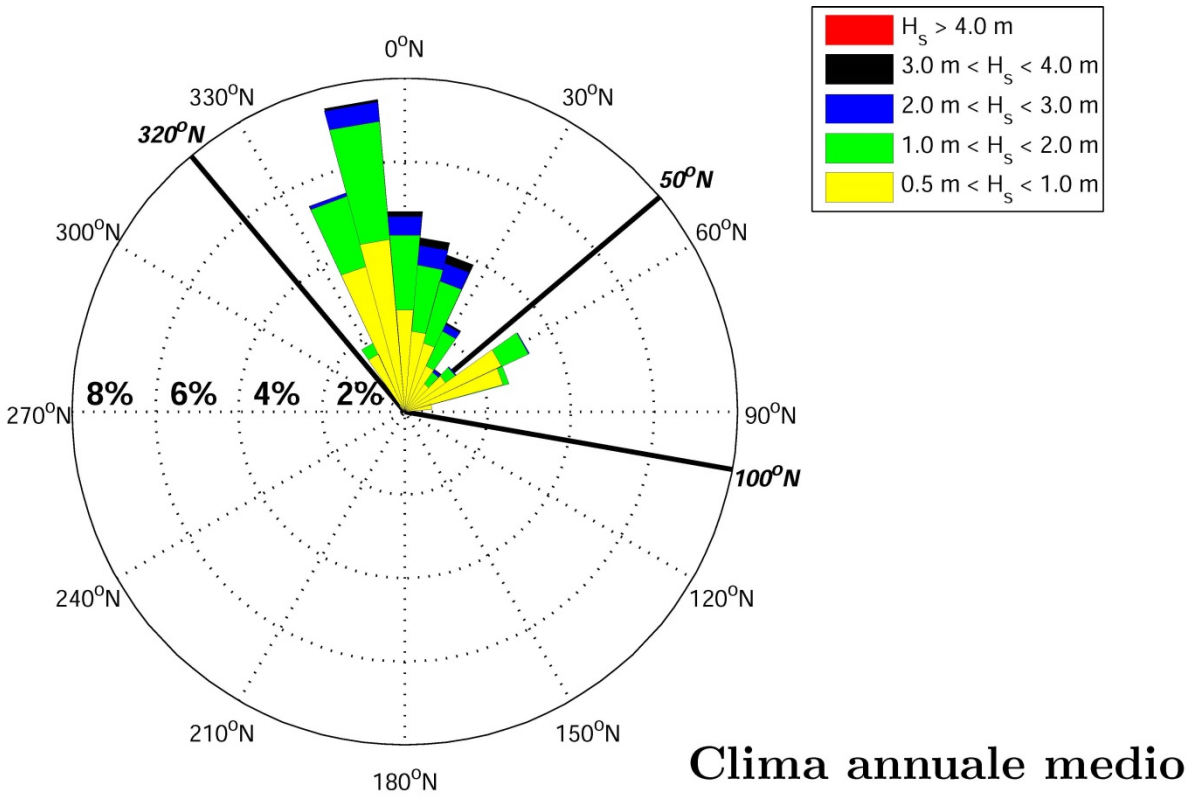
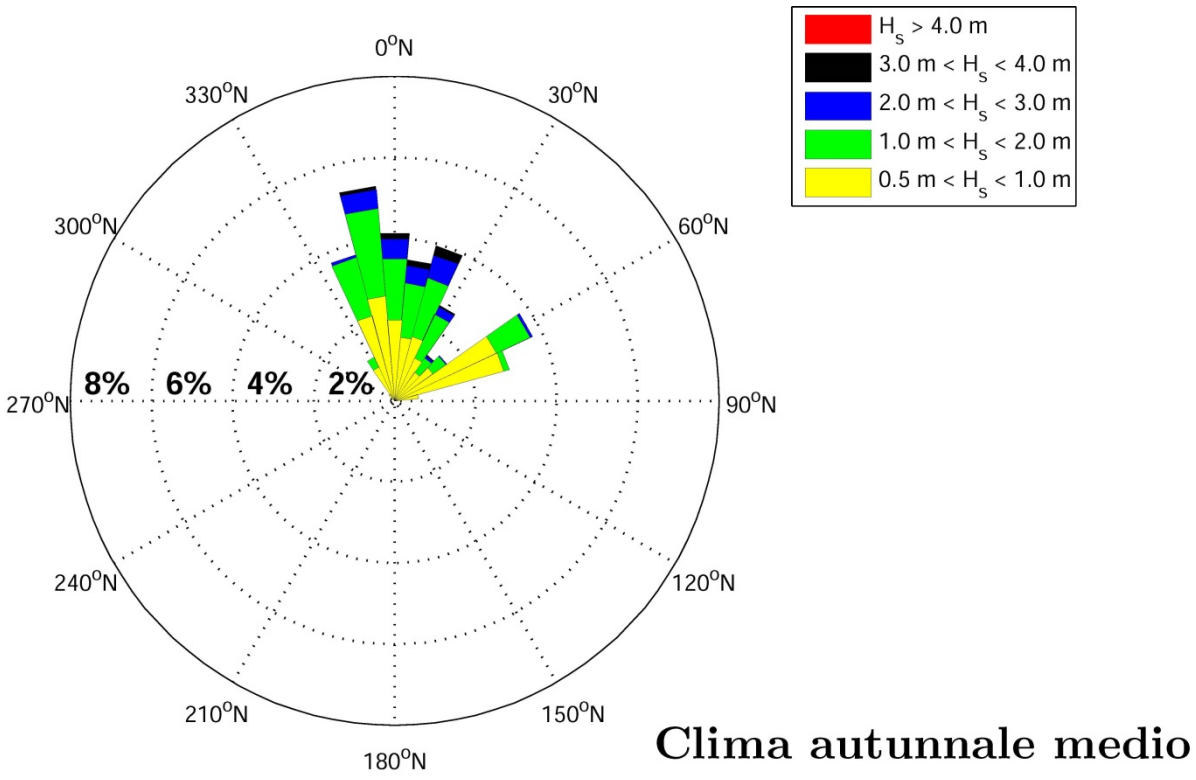


Figura 7-8: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale annuale degli eventi di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P1.



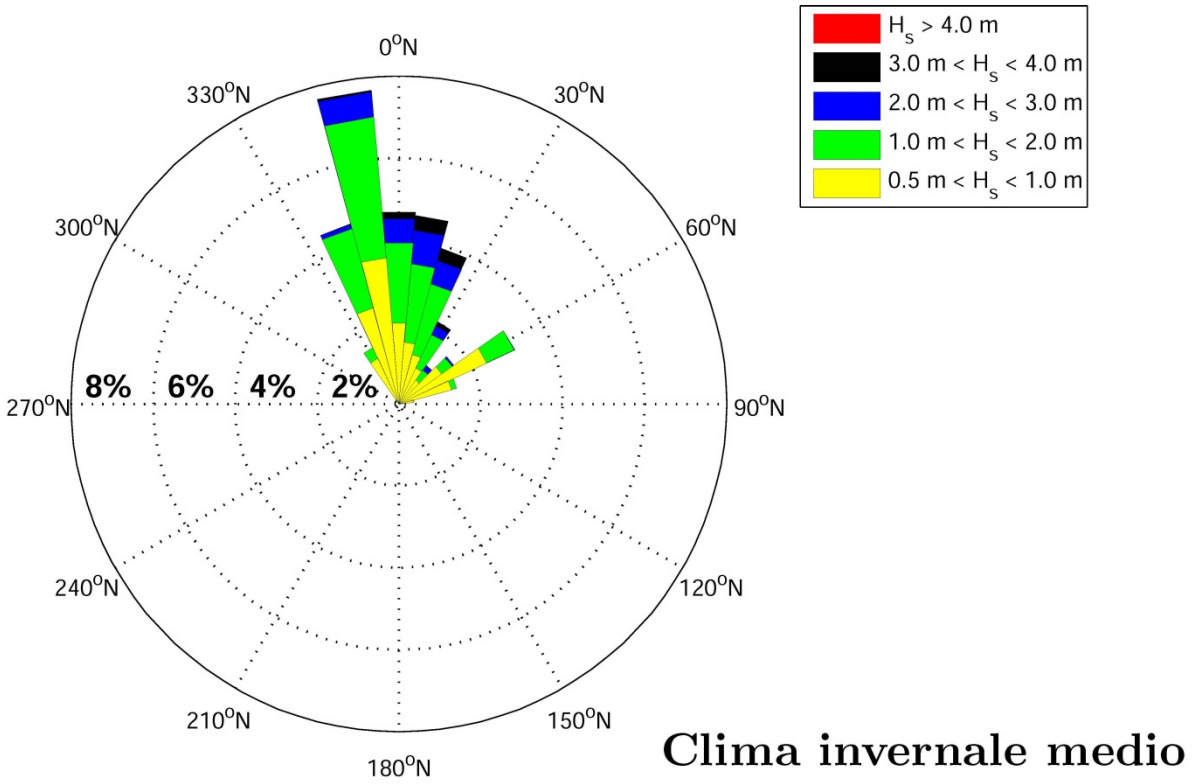


Figura 7-9: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale autunnale ed invernale degli eventi di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P1.

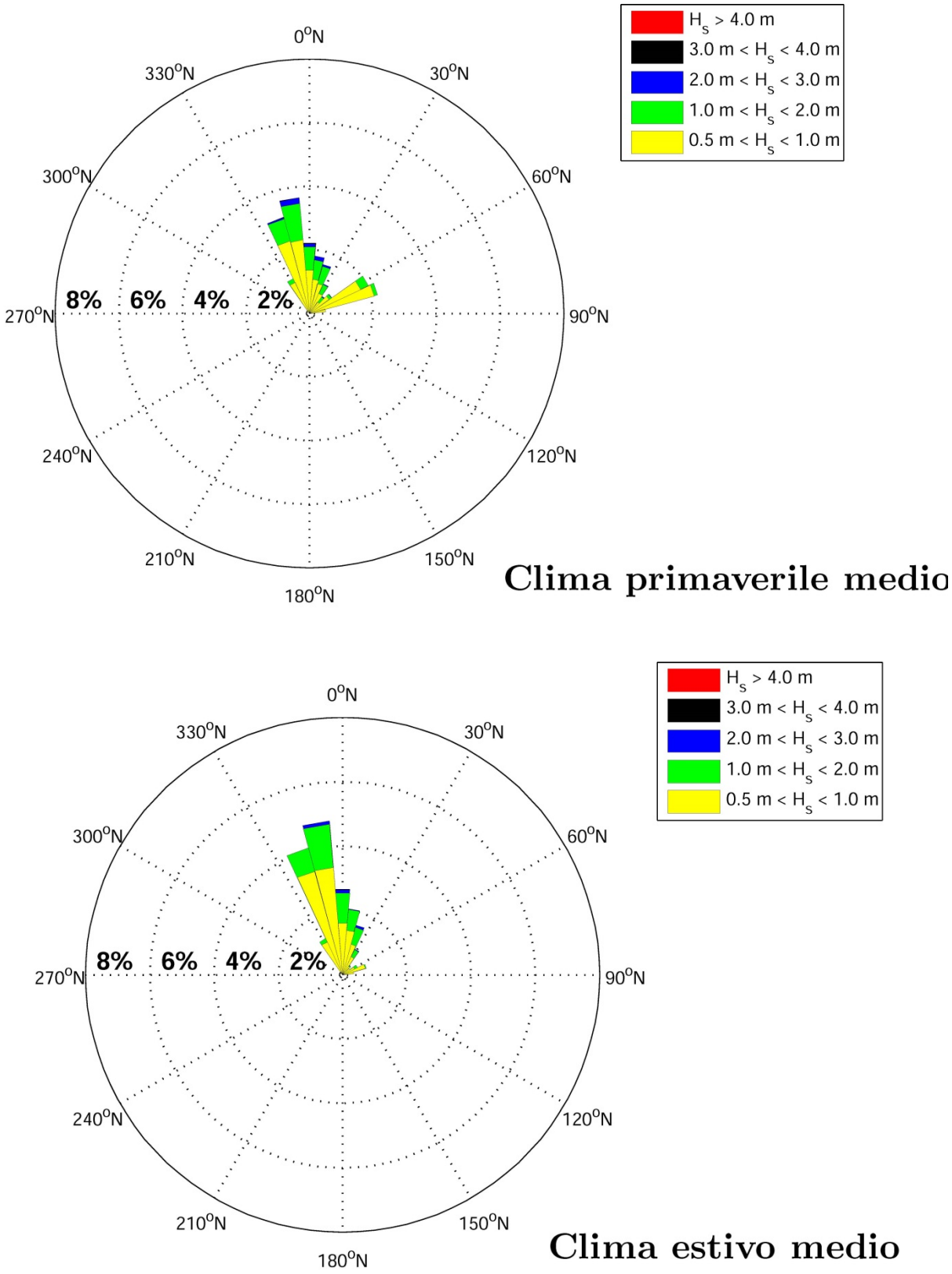


Figura 7-10: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale primaverile e estivo degli eventi di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P1.

CLIMA ANNUALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	703	809	766	429	198	110	83	46	26							*3 170*
20	548	659	671	391	216	122	59	50	27							*2 743*
30	496	635	476	253	113	57	15	12	6							*2 063*
40	427	560	319	95	40	24	6	7	1							*1 479*
50	452	649	476	93	17	11	1									*1 699*
60	870	1 276	1 014	239	42	11	1									*3 453*
70	1 339	1 610	967	52	4											*3 972*
80	2 664	1 400	255	1												*4 320*
90	1 333	8														*1 341*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	111	111	1													*223*
320	286	494	69	1												*850*
330	320	781	600	109	4											*1 814*
340	462	1 240	1 425	549	139	27	6	1	1							*3 850*
350	583	1 292	1 641	817	307	140	47	15	7							*4 849*
360	791	1 050	965	496	216	115	66	29	17							*3 745*
Tot.	*11 385*	*12 574*	*9 645*	*3 525*	*1 296*	*617*	*284*	*160*	*85*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	39 571

Tabella 7-1: Clima medio annuale sottocosta in corrispondenza del punto P1: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA ANNUALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.27	1.46	1.38	0.77	0.36	0.20	0.15	0.08	0.05							*5.71*
20	0.99	1.19	1.21	0.70	0.39	0.22	0.11	0.09	0.05							*4.94*
30	0.89	1.14	0.86	0.46	0.20	0.10	0.03	0.02	0.01							*3.72*
40	0.77	1.01	0.57	0.17	0.07	0.04	0.01	0.01								*2.66*
50	0.81	1.17	0.86	0.17	0.03	0.02										*3.06*
60	1.57	2.30	1.83	0.43	0.08	0.02										*6.22*
70	2.41	2.90	1.74	0.09	0.01											*7.15*
80	4.80	2.52	0.46													*7.78*
90	2.40	0.01														*2.42*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.20	0.20														*0.40*
320	0.52	0.89	0.12													*1.53*
330	0.58	1.41	1.08	0.20	0.01											*3.27*
340	0.83	2.23	2.57	0.99	0.25	0.05	0.01									*6.93*
350	1.05	2.33	2.96	1.47	0.55	0.25	0.08	0.03	0.01							*8.73*
360	1.42	1.89	1.74	0.89	0.39	0.21	0.12	0.05	0.03							*6.75*
Tot.	*20.51*	*22.65*	*17.37*	*6.35*	*2.33*	*1.11*	*0.51*	*0.29*	*0.15*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*71.27*
Tot. Cumulato	*43.15*	*60.53*	*66.88*	*69.21*	*70.32*	*70.83*	*71.12*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	

Tabella 7-2:Clima medio annuale sottocosta in corrispondenza del punto P3: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA AUTUNNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	108	197	219	127	61	36	24	15	5							*792*
20	80	162	229	127	81	49	33	20	13							*794*
30	69	136	162	110	55	26	5	3	1							*567*
40	70	125	119	40	21	7	1	5								*388*
50	82	147	161	44	10	3	1									*448*
60	204	272	387	113	16	8	1									*1 001*
70	246	404	390	19	1											*1 060*
80	539	371	84													*994*
90	234															*234*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	14	33														*47*
320	32	90	27													*149*
330	47	119	128	37	1											*332*
340	44	183	302	156	53	6	5									*749*
350	75	238	362	219	85	48	17	7	5							*1 056*
360	111	247	280	134	76	44	26	10	8							*936*
Tot.	*1 955*	*2 724*	*2 850*	*1 126*	*460*	*227*	*113*	*60*	*32*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*9 547*

Tabella 7-3: Clima medio autunnale sottocosta in corrispondenza del punto P1: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA AUTUNNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	0.77	1.41	1.57	0.91	0.44	0.26	0.17	0.11	0.04							*5.66*
20	0.57	1.16	1.64	0.91	0.58	0.35	0.24	0.14	0.09							*5.68*
30	0.49	0.97	1.16	0.79	0.39	0.19	0.04	0.02	0.01							*4.05*
40	0.50	0.89	0.85	0.29	0.15	0.05	0.01	0.04								*2.77*
50	0.59	1.05	1.15	0.31	0.07	0.02	0.01									*3.20*
60	1.46	1.95	2.77	0.81	0.11	0.06	0.01									*7.16*
70	1.76	2.89	2.79	0.14	0.01											*7.58*
80	3.85	2.65	0.60													*7.11*
90	1.67															*1.67*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.10	0.24														*0.34*
320	0.23	0.64	0.19													*1.07*
330	0.34	0.85	0.92	0.26	0.01											*2.37*
340	0.31	1.31	2.16	1.12	0.38	0.04	0.04									*5.36*
350	0.54	1.70	2.59	1.57	0.61	0.34	0.12	0.05	0.04							*7.55*
360	0.79	1.77	2.00	0.96	0.54	0.31	0.19	0.07	0.06							*6.69*
Tot.	*13.98*	*19.48*	*20.38*	*8.05*	*3.29*	*1.62*	*0.81*	*0.43*	*0.23*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*68.27*
Tot. Cumulato		*33.46*	*53.84*	*61.89*	*65.18*	*66.80*	*67.61*	*68.04*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	

Tabella 7-4: Clima medio autunnale sottocosta in corrispondenza del punto P1: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA INVERNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	171	183	206	168	95	60	53	30	21							*987*
20	140	131	170	144	101	59	21	30	14							*810*
30	104	154	132	87	37	24	9	9	5							*561*
40	97	138	96	27	15	15	3	1	1							*393*
50	77	189	174	39	4	7										*490*
60	202	378	324	79	22	3										*1 008*
70	327	357	182	16	1											*883*
80	500	233	50	1												*784*
90	241	3														*244*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	29	24														*53*
320	69	128	16	1												*214*
330	67	155	167	39	1											*429*
340	111	291	331	215	61	14	1		1							*1 025*
350	141	316	490	325	148	66	18	5	2							*1 511*
360	172	263	272	178	91	48	34	15	7							*1 080*
Tot.	***2 448***	***2 943***	***2 610***	***1 319***	***576***	***296***	***139***	***90***	***51***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	*10 472*

Tabella 7-5: Clima medio invernale sottocosta in corrispondenza del punto P1: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA INVERNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.25	1.33	1.50	1.22	0.69	0.44	0.39	0.22	0.15							*7.19*
20	1.02	0.95	1.24	1.05	0.74	0.43	0.15	0.22	0.10							*5.90*
30	0.76	1.12	0.96	0.63	0.27	0.17	0.07	0.07	0.04							*4.09*
40	0.71	1.01	0.70	0.20	0.11	0.11	0.02	0.01	0.01							*2.86*
50	0.56	1.38	1.27	0.28	0.03	0.05										*3.57*
60	1.47	2.76	2.36	0.58	0.16	0.02										*7.35*
70	2.38	2.60	1.33	0.12	0.01											*6.44*
80	3.64	1.70	0.36	0.01												*5.71*
90	1.76	0.02														*1.78*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.21	0.17														*0.39*
320	0.50	0.93	0.12	0.01												*1.56*
330	0.49	1.13	1.22	0.28	0.01											*3.13*
340	0.81	2.12	2.41	1.57	0.44	0.10	0.01		0.01							*7.47*
350	1.03	2.30	3.57	2.37	1.08	0.48	0.13	0.04	0.01							*11.01*
360	1.25	1.92	1.98	1.30	0.66	0.35	0.25	0.11	0.05							*7.87*
Tot.	*17.84*	*21.45*	*19.02*	*9.61*	*4.20*	*2.16*	*1.01*	*0.66*	*0.37*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*76.33*
Tot. Cumulato		*39.29*	*58.32*	*67.93*	*72.13*	*74.29*	*75.30*	*75.95*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	

Tabella 7-6: Clima medio invernale sottocosta in corrispondenza del punto P1: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA PRIMAVERILE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	167	171	148	69	16	11	5	1								*588*
20	155	168	134	58	21	5	3									*544*
30	175	174	96	29	13	5										*492*
40	143	148	61	23	4	1	2	1								*383*
50	153	203	104	10	3	1										*474*
60	278	429	245	36	2											*990*
70	468	560	293	14												*1 335*
80	899	415	71													*1 385*
90	405	4														*409*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	20	19														*39*
320	58	114	14													*186*
330	73	196	148	17	2											*436*
340	118	317	326	86	13	6		1								*867*
350	168	300	320	118	41	16	9	1								*973*
360	226	210	188	87	16	11	3	3								*744*
Tot.	***3 506***	***3 428***	***2 148***	***547***	***131***	***56***	***22***	***7***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***9 845***

Tabella 7-7: Clima medio primaverile sottocosta in corrispondenza del punto P1: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA PRIMAVERILE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.21	1.24	1.07	0.50	0.12	0.08	0.04	0.01								*4.25*
20	1.12	1.21	0.97	0.42	0.15	0.04	0.02									*3.93*
30	1.27	1.26	0.69	0.21	0.09	0.04										*3.56*
40	1.03	1.07	0.44	0.17	0.03	0.01	0.01	0.01								*2.77*
50	1.11	1.47	0.75	0.07	0.02	0.01										*3.43*
60	2.01	3.10	1.77	0.26	0.01											*7.16*
70	3.38	4.05	2.12	0.10												*9.65*
80	6.50	3.00	0.51													*10.01*
90	2.93	0.03														*2.96*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.14	0.14														*0.28*
320	0.42	0.82	0.10													*1.34*
330	0.53	1.42	1.07	0.12	0.01											*3.15*
340	0.85	2.29	2.36	0.62	0.09	0.04		0.01								*6.27*
350	1.21	2.17	2.31	0.85	0.30	0.12	0.07	0.01								*7.03*
360	1.63	1.52	1.36	0.63	0.12	0.08	0.02	0.02								*5.38*
Tot.	*25.35*	*24.78*	*15.53*	*3.95*	*0.95*	*0.40*	*0.16*	*0.05*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*71.18*
Tot. Cumulato		*50.13*	*65.66*	*69.61*	*70.56*	*70.97*	*71.12*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	

Tabella 7-8: Clima medio primaverile sottocosta in corrispondenza del punto P1: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA ESTIVO

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	257	258	193	65	26	3	1									*803*
20	173	198	138	62	13	9	2									*595*
30	148	171	86	27	8	2	1									*443*
40	117	149	43	5		1										*315*
50	140	110	37													*287*
60	186	197	58	11	2											*454*
70	298	289	102	3	2											*694*
80	726	381	50													*1 157*
90	453	1														*454*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	48	35	1													*84*
320	127	162	12													*301*
330	133	311	157	16												*617*
340	189	449	466	92	12	1										*1 209*
350	199	438	469	155	33	10	3	2								*1 309*
360	282	330	225	97	33	12	3	1	2							*985*
Tot.	*3 476*	*3 479*	*2 037*	*533*	*129*	*38*	*10*	*3*	*2*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*9 707*

Tabella 7-9: Clima medio estivo sottocosta in corrispondenza del punto P1: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA ESTIVO

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.84	1.84	1.38	0.46	0.19	0.02	0.01									*5.74*
20	1.24	1.42	0.99	0.44	0.09	0.06	0.01									*4.25*
30	1.06	1.22	0.61	0.19	0.06	0.01	0.01									*3.17*
40	0.84	1.07	0.31	0.04		0.01										*2.25*
50	1.00	0.79	0.26													*2.05*
60	1.33	1.41	0.41	0.08	0.01											*3.25*
70	2.13	2.07	0.73	0.02	0.01											*4.96*
80	5.19	2.72	0.36													*8.27*
90	3.24	0.01														*3.25*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.34	0.25	0.01													*0.60*
320	0.91	1.16	0.09													*2.15*
330	0.95	2.22	1.12	0.11												*4.41*
340	1.35	3.21	3.33	0.66	0.09	0.01										*8.65*
350	1.42	3.13	3.35	1.11	0.24	0.07	0.02	0.01								*9.36*
360	2.02	2.36	1.61	0.69	0.24	0.09	0.02	0.01	0.01							*7.04*
Tot.	*24.86*	*24.88*	*14.57*	*3.81*	*0.92*	*0.27*	*0.07*	*0.02*	*0.01*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*69.42*
Tot. Cumulato		*49.74*	*64.30*	*68.11*	*69.04*	*69.31*	*69.38*	*69.40*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	

Tabella 7-10: Clima medio estivo sottocosta in corrispondenza del punto P1: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

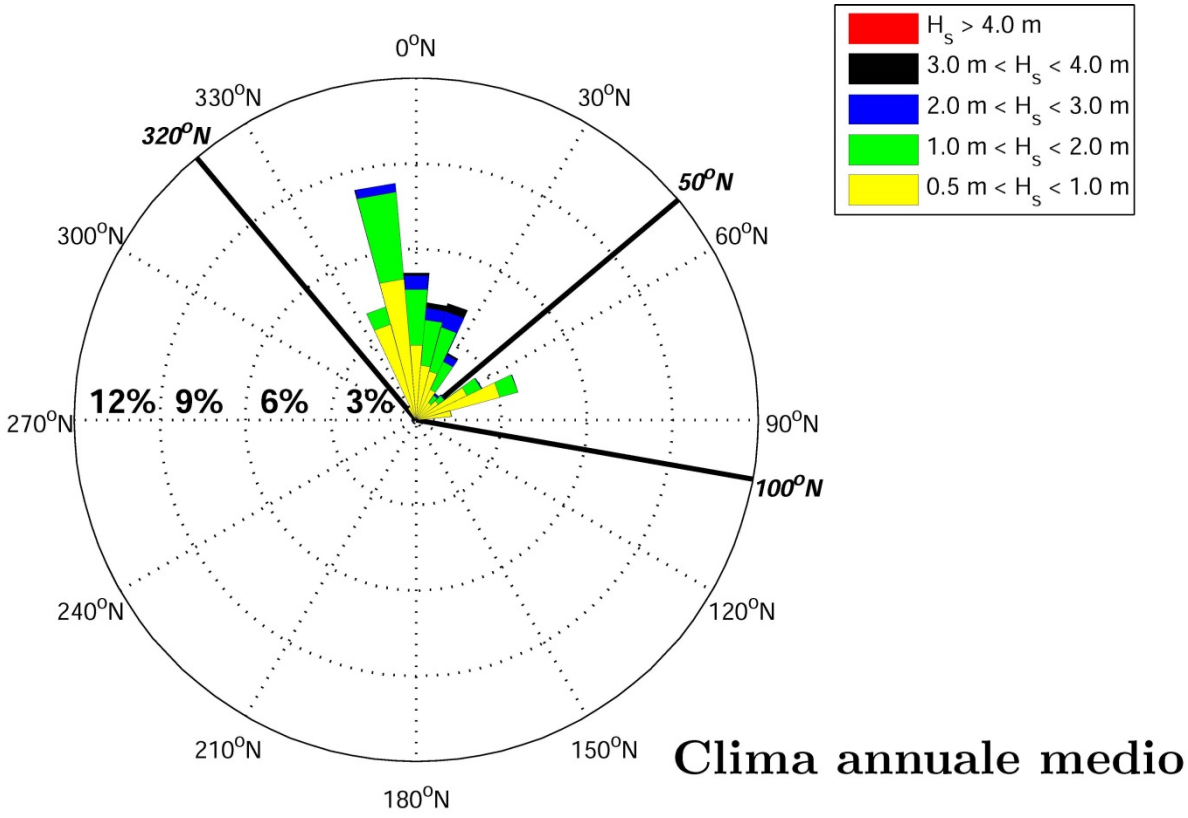
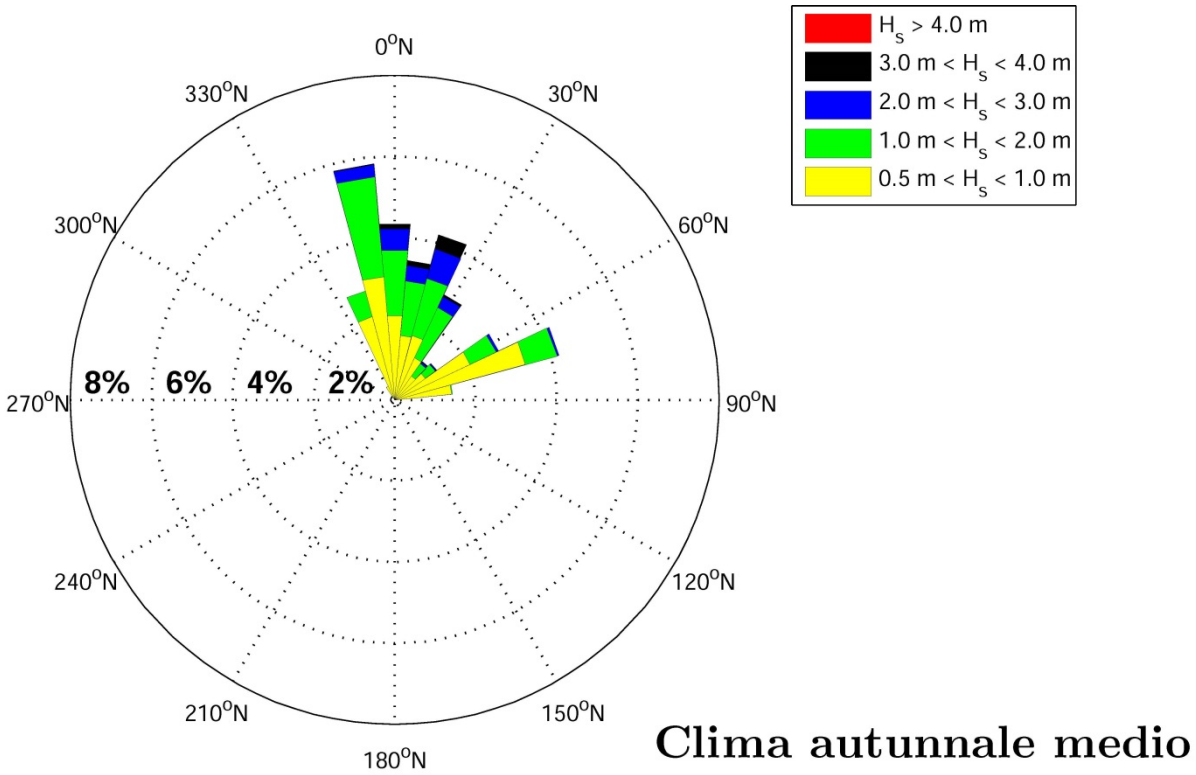


Figura 7-11: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale annuale degli eventi di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P2.



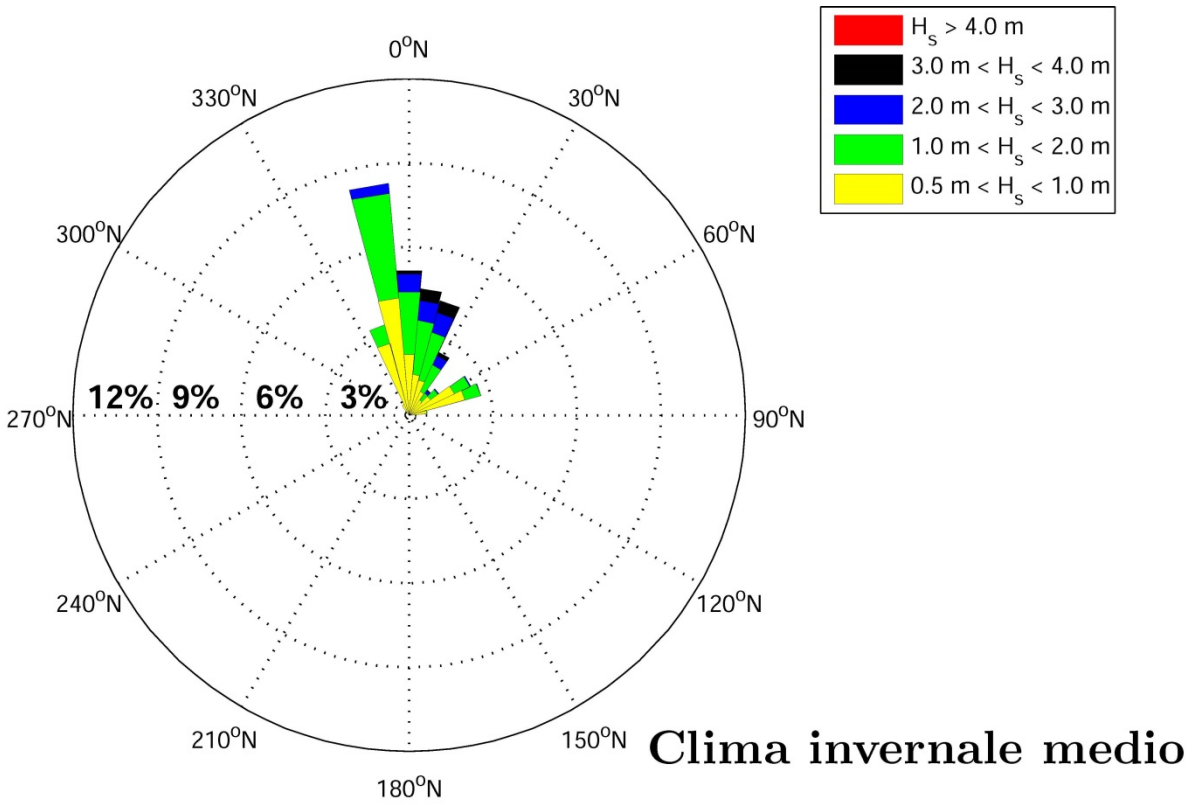


Figura 7-12: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale autunnale e invernale degli eventi di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P2

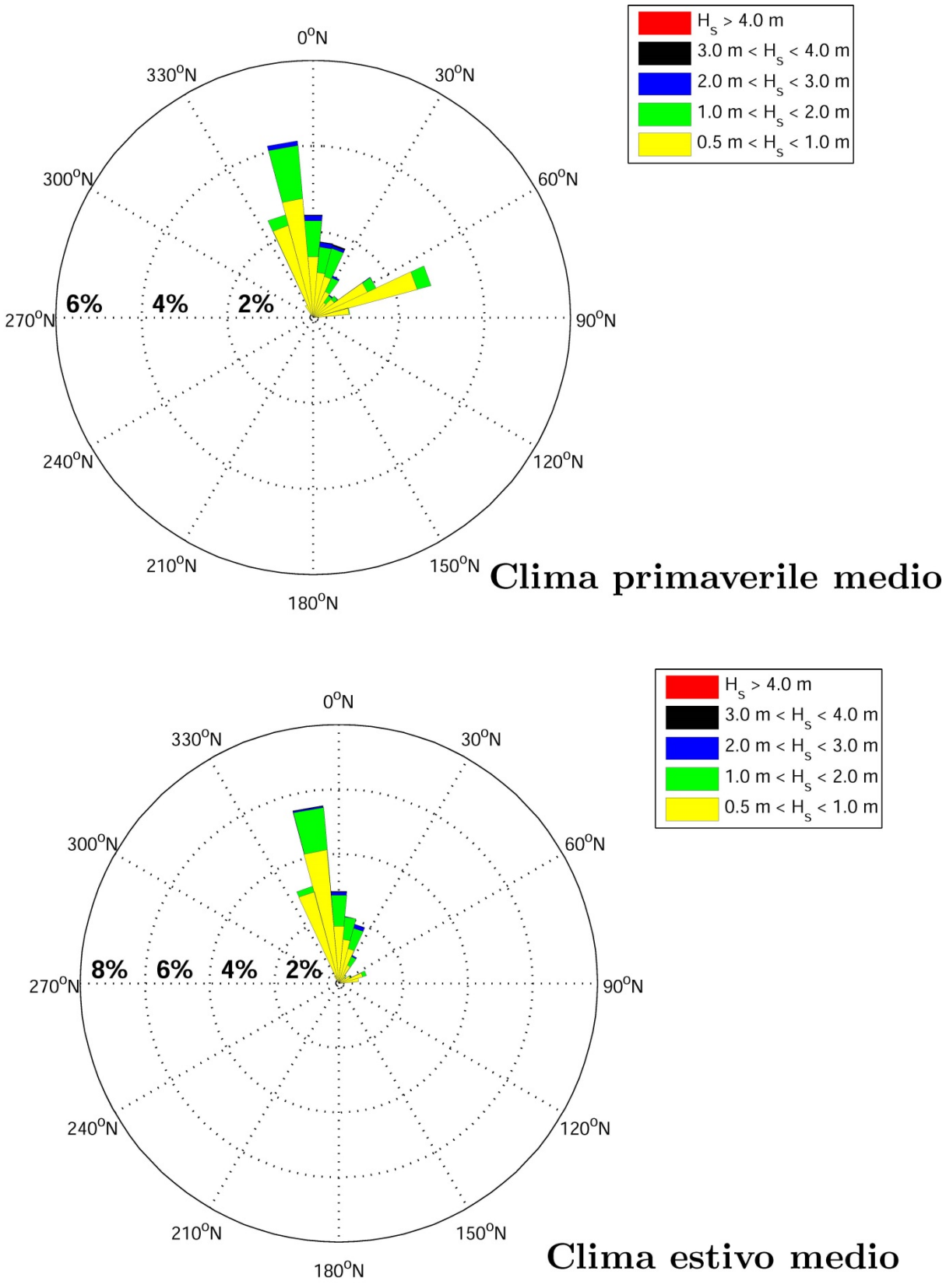


Figura 7-13: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale primaverile e estivo degli eventi di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P2.

CLIMA ANNUALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	711	812	755	446	190	98	71	56	22							*3 161*
20	526	671	698	405	226	146	85	99	18							*2 874*
30	525	655	461	291	138	80	24	25	3							*2 202*
40	405	550	286	94	33	20	8	5	1							*1 402*
50	403	589	369	79	27	7	4	2								*1 480*
60	613	1 049	776	178	41	12	3									*2 672*
70	1 387	1 654	1 205	217	38	9	1									*4 511*
80	2 569	1 692	486	8												*4 755*
90	1 513	40														*1 553*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310																*0*
320	385	68														*453*
330	616	771	188	1												*1 576*
340	500	1 451	1 374	227	21											*3 573*
350	605	1 594	1 964	920	295	95	20	5								*5 498*
360	758	1 055	1 032	537	246	127	67	31	8							*3 861*
Tot.	*11 516*	*12 651*	*9 594*	*3 403*	*1 255*	*594*	*283*	*223*	*52*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	39 571

Tabella 7-11: Clima medio annuale sottocosta in corrispondenza del punto P2: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA ANNUALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.28	1.46	**1.36**	**0.80**	**0.34**	0.18	0.13	0.10	0.04							*5.69*
20	0.95	1.21	**1.26**	**0.73**	**0.41**	**0.26**	0.15	0.18	0.03							*5.18*
30	0.95	1.18	**0.83**	**0.52**	0.25	0.14	0.04	0.05	0.01							*3.97*
40	0.73	0.99	**0.52**	0.17	0.06	0.04	0.01	0.01								*2.53*
50	0.73	1.06	**0.66**	0.14	0.05	0.01	0.01									*2.67*
60	1.10	1.89	**1.40**	**0.32**	0.07	0.02	0.01									*4.81*
70	2.50	2.98	**2.17**	**0.39**	0.07	0.02										*8.13*
80	4.63	3.05	**0.88**	0.01												*8.56*
90	2.73	0.07														*2.80*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310																*0.00*
320	0.69	0.12														*0.82*
330	1.11	1.39	**0.34**													*2.84*
340	0.90	2.61	**2.47**	**0.41**	0.04											*6.44*
350	1.09	2.87	**3.54**	**1.66**	**0.53**	0.17	0.04	0.01								*9.90*
360	1.37	1.90	**1.86**	**0.97**	**0.44**	0.23	0.12	0.06	0.01							*6.95*
Tot.	*20.74*	*22.79*	*17.28*	*6.13*	*2.26*	*1.07*	*0.51*	*0.40*	*0.09*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*71.27*
Tot. Cumulato		*43.53*	*60.81*	*66.94*	*69.20*	*70.27*	*70.78*	*71.18*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	

Tabella 7-12:Clima medio annuale sottocosta in corrispondenza del punto P2: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA AUTUNNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	109	197	222	131	58	30	23	12	5							***787***
20	73	162	229	121	83	64	40	42	9							***823***
30	76	141	159	131	60	32	10	8								***617***
40	63	124	99	34	20	5	1	3								***349***
50	66	127	127	30	13	2	2	2								***369***
60	140	204	287	80	20	7	2									***740***
70	272	400	467	98	15	6	1									***1 259***
80	485	452	197	3												***1 137***
90	289	6														***295***
100																***0***
110																***0***
120																***0***
130																***0***
140																***0***
150																***0***
160																***0***
170																***0***
180																***0***
190																***0***
200																***0***
210																***0***
220																***0***
230																***0***
240																***0***
250																***0***
260																***0***
270																***0***
280																***0***
290																***0***
300																***0***
310																***0***
320	69	24														***93***
330	83	145	51	1												***280***
340	48	207	295	82	11											***643***
350	79	292	425	254	91	38	6	3								***1 188***
360	106	252	291	146	78	45	31	12	6							***967***
Tot.	***1 958***	***2 733***	***2 849***	***1 111***	***449***	***229***	***116***	***82***	***20***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***9 547***

Tabella 7-13: Clima medio autunnale sottocosta in corrispondenza del punto P2: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA AUTUNNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	0.78	1.41	1.59	0.94	0.41	0.21	0.16	0.09	0.04							*5.63*
20	0.52	1.16	1.64	0.87	0.59	0.46	0.29	0.30	0.06							*5.89*
30	0.54	1.01	1.14	0.94	0.43	0.23	0.07	0.06								*4.41*
40	0.45	0.89	0.71	0.24	0.14	0.04	0.01	0.02								*2.50*
50	0.47	0.91	0.91	0.21	0.09	0.01	0.01	0.01								*2.64*
60	1.00	1.46	2.05	0.57	0.14	0.05	0.01									*5.29*
70	1.95	2.86	3.34	0.70	0.11	0.04	0.01									*9.00*
80	3.47	3.23	1.41	0.02												*8.13*
90	2.07	0.04														*2.11*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310																*0.00*
320	0.49	0.17														*0.67*
330	0.59	1.04	0.36	0.01												*2.00*
340	0.34	1.48	2.11	0.59	0.08											*4.60*
350	0.56	2.09	3.04	1.82	0.65	0.27	0.04	0.02								*8.50*
360	0.76	1.80	2.08	1.04	0.56	0.32	0.22	0.09	0.04							*6.92*
Tot.	*14.00*	*19.54*	*20.37*	*7.94*	*3.21*	*1.64*	*0.83*	*0.59*	*0.14*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*68.27*
Tot. Cumulato		*33.55*	*53.92*	*61.86*	*65.07*	*66.71*	*67.54*	*68.13*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	

Tabella 7-14: Clima medio autunnale sottocosta in corrispondenza del punto P2: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA INVERNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	168	185	199	171	94	55	45	41	17							*975*
20	138	136	176	143	100	64	37	52	9							*855*
30	109	154	125	96	49	38	12	17	3							*603*
40	96	127	88	31	11	13	5	1	1							*373*
50	76	172	126	38	9	4	2									*427*
60	140	310	243	68	16	4	1									*782*
70	325	416	284	63	16	3										*1 107*
80	506	284	86	3												*879*
90	267	7														*274*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310																*0*
320	92	12														*104*
330	149	172	56													*377*
340	126	312	363	87	7											*895*
350	142	397	576	375	139	41	8	1								*1 679*
360	168	265	298	194	113	59	28	15	2							*1 142*
Tot.	*2 502*	*2 949*	*2 620*	*1 269*	*554*	*281*	*138*	*127*	*32*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*10 472*

Tabella 7-15: Clima medio invernale sottocosta in corrispondenza del punto P2: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA INVERNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.22	1.35	1.45	1.25	0.69	0.40	0.33	0.30	0.12							*7.11*
20	1.01	0.99	1.28	1.04	0.73	0.47	0.27	0.38	0.07							*6.23*
30	0.79	1.12	0.91	0.70	0.36	0.28	0.09	0.12	0.02							*4.40*
40	0.70	0.93	0.64	0.23	0.08	0.09	0.04	0.01	0.01							*2.72*
50	0.55	1.25	0.92	0.28	0.07	0.03	0.01									*3.11*
60	1.02	2.26	1.77	0.50	0.12	0.03	0.01									*5.70*
70	2.37	3.03	2.07	0.46	0.12	0.02										*8.07*
80	3.69	2.07	0.63	0.02												*6.41*
90	1.95	0.05														*2.00*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310																*0.00*
320	0.67	0.09														*0.76*
330	1.09	1.25	0.41													*2.75*
340	0.92	2.27	2.65	0.63	0.05											*6.52*
350	1.03	2.89	4.20	2.73	1.01	0.30	0.06	0.01								*12.24*
360	1.22	1.93	2.17	1.41	0.82	0.43	0.20	0.11	0.01							*8.32*
Tot.	*18.24*	*21.49*	*19.10*	*9.25*	*4.04*	*2.05*	*1.01*	*0.93*	*0.23*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*76.33*
Tot. Cumulato		*39.73*	*58.83*	*68.08*	*72.11*	*74.16*	*75.17*	*76.09*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	

Tabella 7-16: Clima medio invernale sottocosta in corrispondenza del punto P2: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA PRIMAVERILE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	177	168	145	73	11	11	3	3								*591*
20	145	170	137	69	24	6	3	4								*558*
30	182	177	91	32	19	6	1									*508*
40	141	152	59	25	2	1	2	1								*383*
50	128	177	82	9	5	1										*402*
60	190	366	193	28	3	1										*781*
70	489	559	348	43	3											*1 442*
80	888	526	117	2												*1 533*
90	454	11														*465*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310																*0*
320	65	15														*80*
330	134	187	44													*365*
340	128	398	307	35	1											*869*
350	171	365	385	137	35	10	5									*1 108*
360	217	211	196	96	22	12	4	2								*760*
Tot.	*3 509*	*3 482*	*2 104*	*549*	*125*	*48*	*18*	*10*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*9 845*

Tabella 7-17: Clima medio primaverile sottocosta in corrispondenza del punto P2: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA PRIMAVERILE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.28	1.21	1.05	0.53	0.08	0.08	0.02	0.02								*4.27*
20	1.05	1.23	0.99	0.50	0.17	0.04	0.02	0.03								*4.03*
30	1.32	1.28	0.66	0.23	0.14	0.04	0.01									*3.67*
40	1.02	1.10	0.43	0.18	0.01	0.01	0.01	0.01								*2.77*
50	0.93	1.28	0.59	0.07	0.04	0.01										*2.91*
60	1.37	2.65	1.40	0.20	0.02	0.01										*5.65*
70	3.54	4.04	2.52	0.31	0.02											*10.43*
80	6.42	3.80	0.85	0.01												*11.08*
90	3.28	0.08														*3.36*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310																*0.00*
320	0.47	0.11														*0.58*
330	0.97	1.35	0.32													*2.64*
340	0.93	2.88	2.22	0.25	0.01											*6.28*
350	1.24	2.64	2.78	0.99	0.25	0.07	0.04									*8.01*
360	1.57	1.53	1.42	0.69	0.16	0.09	0.03	0.01								*5.49*
Tot.	*25.37*	*25.17*	*15.21*	*3.97*	*0.90*	*0.35*	*0.13*	*0.07*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*71.18*
Tot. Cumulato	*50.54*	*65.75*	*69.72*	*70.63*	*70.97*	*71.10*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*		

Tabella 7-18: Clima medio primaverile sottocosta in corrispondenza del punto P2: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA ESTIVO

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	257	262	189	71	27	2										*808*
20	170	203	156	72	19	12	5	1								*638*
30	158	183	86	32	10	4	1									*474*
40	105	147	40	4		1										*297*
50	133	113	34	2												*282*
60	143	169	53	2	2											*369*
70	301	279	106	13	4											*703*
80	690	430	86													*1 206*
90	503	16														*519*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310																*0*
320	159	17														*176*
330	250	267	37													*554*
340	198	534	409	23	2											*1 166*
350	213	540	578	154	30	6	1	1								*1 523*
360	267	327	247	101	33	11	4	2								*992*
Tot.	*3 547*	*3 487*	*2 021*	*474*	*127*	*36*	*11*	*4*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*9 707*

Tabella 7-19: Clima medio estivo sottocosta in corrispondenza del punto P2: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA ESTIVO

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.84	1.87	**1.35**	**0.51**	0.19	0.01										*5.78*
20	1.22	1.45	**1.12**	**0.51**	0.14	0.09	0.04	0.01								*4.56*
30	1.13	1.31	**0.61**	0.23	0.07	0.03	0.01									*3.39*
40	0.75	1.05	**0.29**	0.03		0.01										*2.12*
50	0.95	0.81	0.24	0.01												*2.02*
60	1.02	1.21	**0.38**	0.01	0.01											*2.64*
70	2.15	2.00	**0.76**	0.09	0.03											*5.03*
80	4.93	3.07	**0.61**													*8.62*
90	3.60	0.11														*3.71*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310																*0.00*
320	1.14	0.12														*1.26*
330	1.79	1.91	**0.26**													*3.96*
340	1.42	3.82	**2.92**	0.16	0.01											*8.34*
350	1.52	3.86	**4.13**	**1.10**	0.21	0.04	0.01	0.01								*10.89*
360	1.91	2.34	**1.77**	**0.72**	0.24	0.08	0.03	0.01								*7.09*
Tot.	*25.36*	*24.94*	*14.45*	*3.39*	*0.91*	*0.26*	*0.08*	*0.03*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*69.42*
Tot. Cumulato	*50.30*	*64.75*	*68.14*	*69.05*	*69.31*	*69.39*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*		

Tabella 7-20: Clima medio estivo sottocosta in corrispondenza del punto P2: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

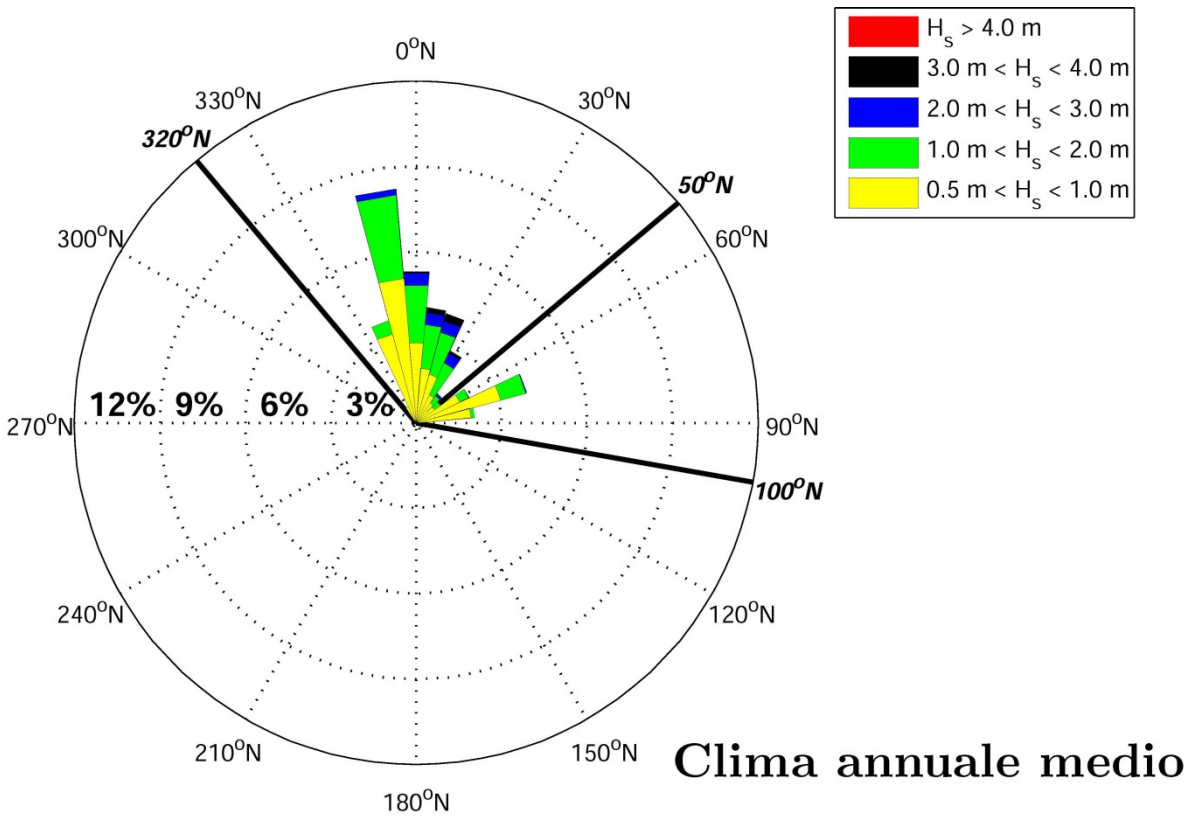
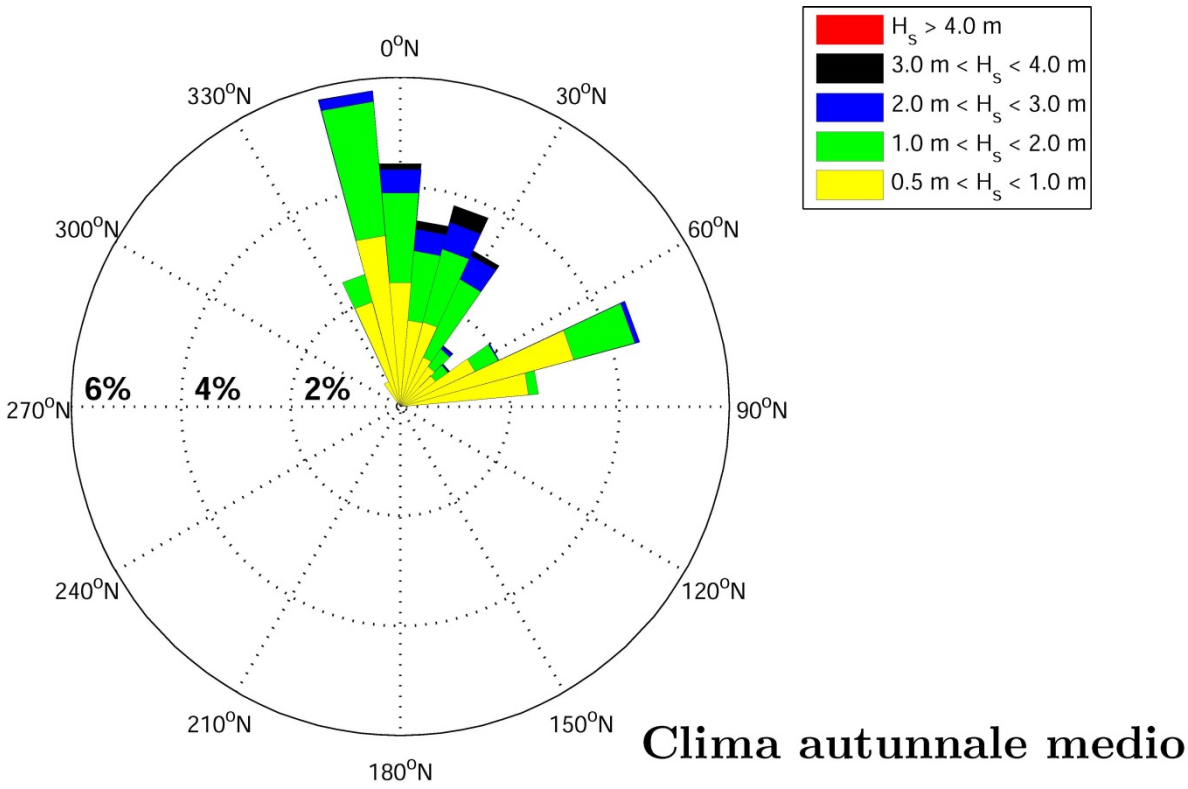


Figura 7-14: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale annuale degli eventi di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P3.



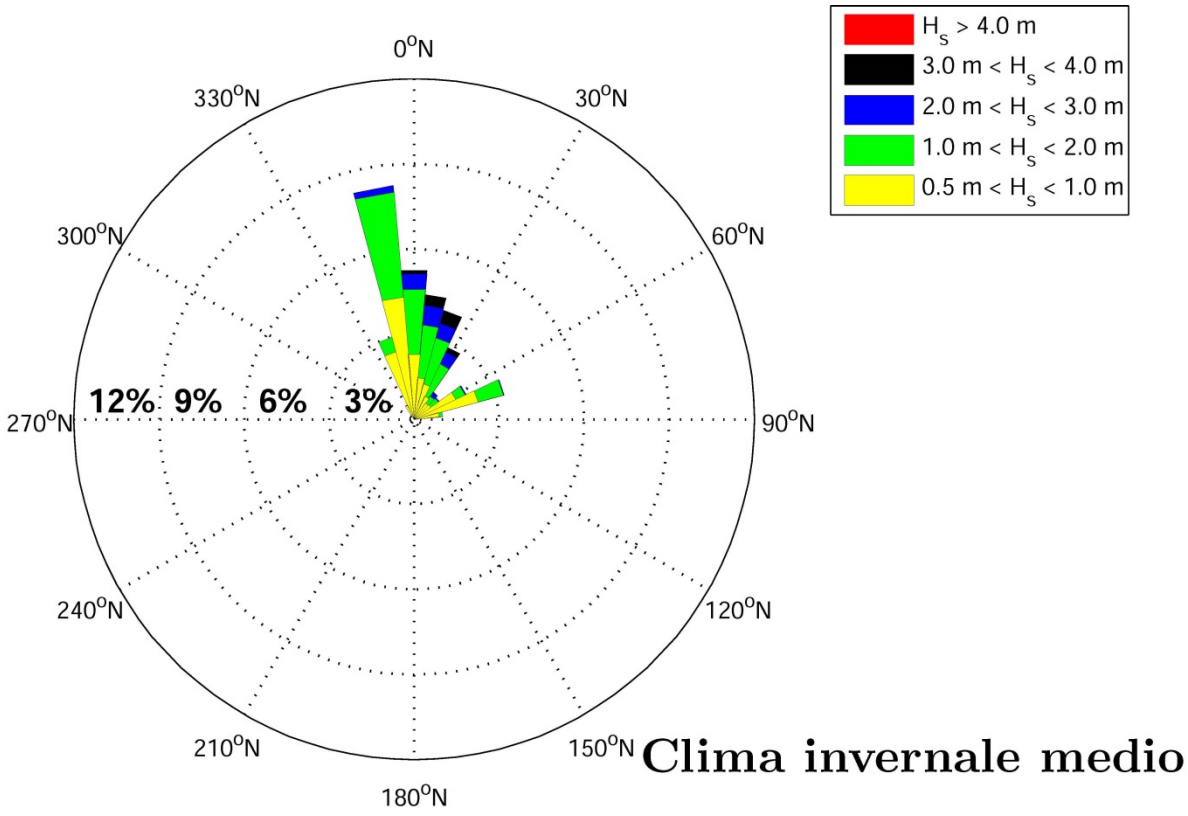
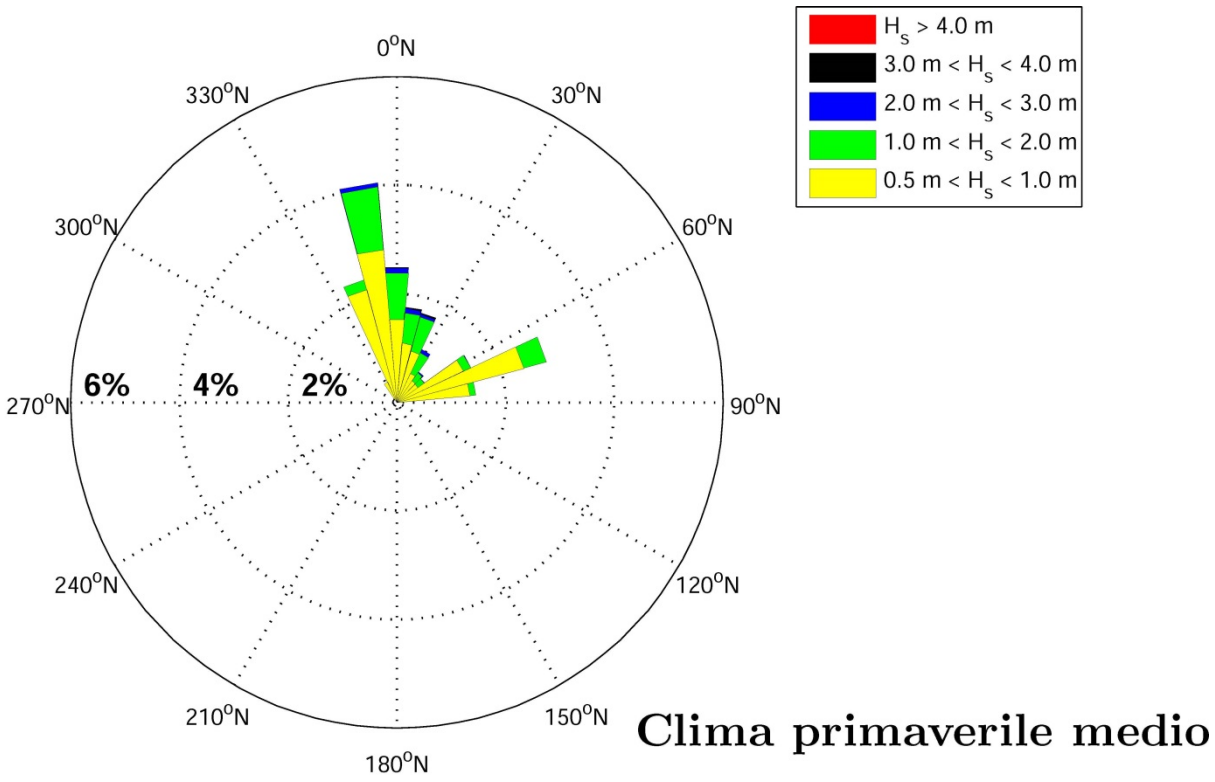


Figura 7-15: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale autunnale e invernale degli eventi di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P3.



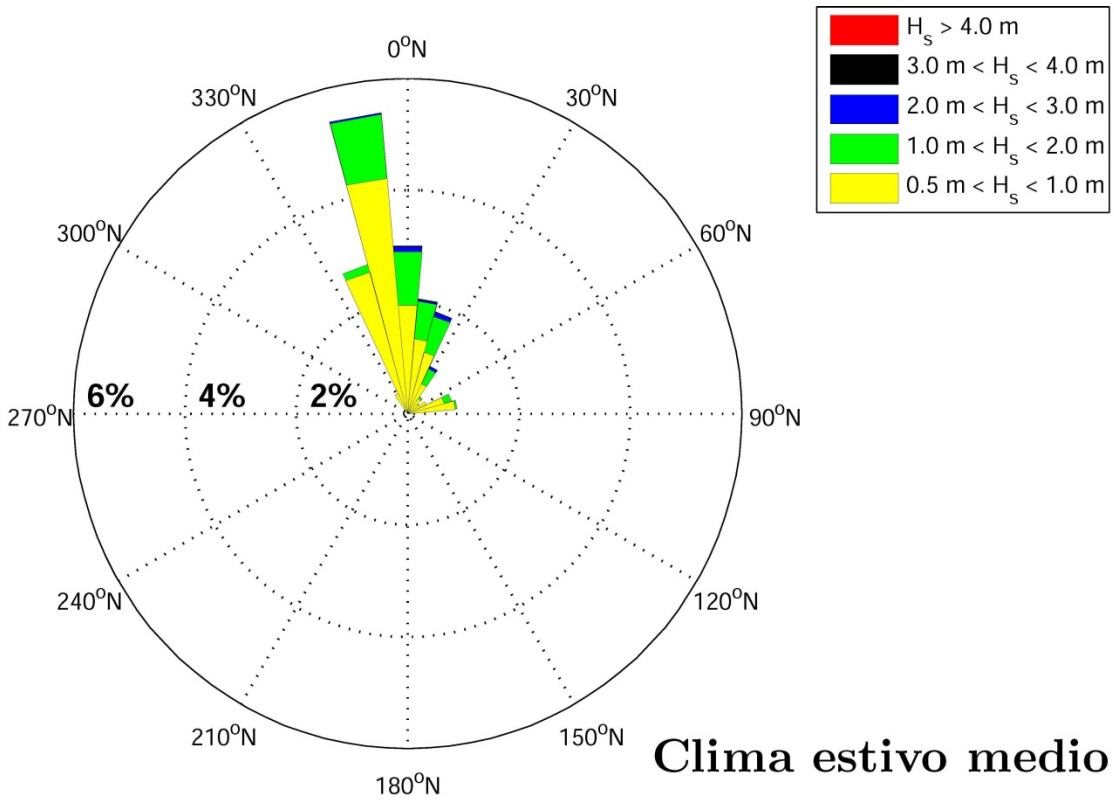


Figura 7-16: Rappresentazione polare della distribuzione direzionale primaverile e estivo degli eventi di moto ondoso sottocosta in corrispondenza del punto P3.

CLIMA ANNUALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	716	817	758	427	182	92	74	43	36							*3 145*
20	524	666	689	409	199	105	57	76	39							*2 764*
30	485	611	423	314	175	111	39	25	16							*2 199*
40	451	574	329	92	33	25	11	5	1							*1 521*
50	393	552	307	77	25	6	4	2	1							*1 367*
60	556	913	669	120	18	8	2									*2 286*
70	1 025	1 668	1 209	304	62	15	3									*4 286*
80	2 605	1 957	759	52	7	1										*5 381*
90	1 648	87														*1 735*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	40	5														*45*
320	350	309	1													*660*
330	383	820	253													*1 456*
340	475	1 354	1 276	187	3											*3 295*
350	615	1 604	2 012	902	266	62	15	1								*5 477*
360	750	1 095	1 113	556	242	119	47	24	8							*3 954*
Tot.	*11 016*	*13 032*	*9 798*	*3 440*	*1 212*	*544*	*252*	*176*	*101*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	39 571

Tabella 7-21: Clima medio annuale sottocosta in corrispondenza del punto P3: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA ANNUALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.29	1.47	**1.37**	**0.77**	**0.33**	0.17	0.13	0.08	0.06							*5.66*
20	0.94	1.20	**1.24**	**0.74**	**0.36**	0.19	0.10	0.14	0.07							*4.98*
30	0.87	1.10	**0.76**	**0.57**	**0.32**	0.20	0.07	0.05	0.03							*3.96*
40	0.81	1.03	**0.59**	0.17	0.06	0.05	0.02	0.01								*2.74*
50	0.71	0.99	**0.55**	0.14	0.05	0.01	0.01									*2.46*
60	1.00	1.64	**1.20**	0.22	0.03	0.01										*4.12*
70	1.85	3.00	**2.18**	**0.55**	0.11	0.03	0.01									*7.72*
80	4.69	3.52	**1.37**	0.09	0.01											*9.69*
90	2.97	0.16														*3.13*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.07	0.01														*0.08*
320	0.63	0.56														*1.19*
330	0.69	1.48	**0.46**													*2.62*
340	0.86	2.44	**2.30**	**0.34**	0.01											*5.93*
350	1.11	2.89	**3.62**	**1.62**	**0.48**	0.11	0.03									*9.86*
360	1.35	1.97	**2.00**	**1.00**	**0.44**	0.21	0.08	0.04	0.01							*7.12*
Tot.	*19.84*	*23.47*	*17.65*	*6.20*	*2.18*	*0.98*	*0.45*	*0.32*	*0.18*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*71.27*
Tot. Cumulato		*43.31*	*60.96*	*67.16*	*69.34*	*70.32*	*70.77*	*71.09*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	*71.27*	

Tabella 7-22:Clima medio annuale sottocosta in corrispondenza del punto P3: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA AUTUNNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	108	196	220	124	54	27	28	10	12							*779*
20	76	162	222	120	72	47	24	28	17							*768*
30	68	130	139	141	77	46	20	10	5							*636*
40	70	135	123	37	18	8	1	2	1							*395*
50	65	111	110	26	13	1	2	2								*330*
60	113	171	210	55	10	2	1									*562*
70	212	377	459	133	28	10	3									*1 222*
80	474	531	329	22	2	1										*1 359*
90	328	19														*347*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	4	3														*7*
320	50	72	1													*123*
330	50	151	69													*270*
340	48	188	275	71	2											*584*
350	78	288	437	255	87	25	3	1								*1 174*
360	106	263	316	152	78	43	18	10	5							*991*
Tot.	***1 850***	***2 797***	***2 910***	***1 136***	***441***	***210***	***100***	***63***	***40***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***0***	***9 547***

Tabella 7-23: Clima medio autunnale sottocosta in corrispondenza del punto P3: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA AUTUNNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	0.77	1.40	1.57	0.89	0.39	0.19	0.20	0.07	0.09							*5.57*
20	0.54	1.16	1.59	0.86	0.51	0.34	0.17	0.20	0.12							*5.49*
30	0.49	0.93	0.99	1.01	0.55	0.33	0.14	0.07	0.04							*4.55*
40	0.50	0.97	0.88	0.26	0.13	0.06	0.01	0.01	0.01							*2.82*
50	0.46	0.79	0.79	0.19	0.09	0.01	0.01	0.01								*2.36*
60	0.81	1.22	1.50	0.39	0.07	0.01	0.01									*4.02*
70	1.52	2.70	3.28	0.95	0.20	0.07	0.02									*8.74*
80	3.39	3.80	2.35	0.16	0.01	0.01										*9.72*
90	2.35	0.14														*2.48*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.03	0.02														*0.05*
320	0.36	0.51	0.01													*0.88*
330	0.36	1.08	0.49													*1.93*
340	0.34	1.34	1.97	0.51	0.01											*4.18*
350	0.56	2.06	3.13	1.82	0.62	0.18	0.02	0.01								*8.40*
360	0.76	1.88	2.26	1.09	0.56	0.31	0.13	0.07	0.04							*7.09*
Tot.	*13.23*	*20.00*	*20.81*	*8.12*	*3.15*	*1.50*	*0.72*	*0.45*	*0.29*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*68.27*
Tot. Cumulato		*33.23*	*54.04*	*62.16*	*65.32*	*66.82*	*67.53*	*67.98*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	*68.27*	

Tabella 7-24: Clima medio autunnale sottocosta in corrispondenza del punto P3: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA INVERNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	169	189	200	166	92	52	43	30	23							*964*
20	137	135	174	142	91	43	29	43	22							*816*
30	103	139	122	105	66	50	16	14	11							*626*
40	105	131	94	30	11	15	8	2								*396*
50	72	161	99	35	7	4	2		1							*381*
60	119	273	221	46	6	5	1									*671*
70	256	425	321	100	26	5										*1 133*
80	520	345	123	12	3											*1 003*
90	288	19														*307*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	10	1														*11*
320	78	67														*145*
330	95	188	73													*356*
340	123	292	337	73	1											*826*
350	142	394	593	379	127	27	7									*1 669*
360	168	279	314	205	110	56	22	11	3							*1 168*
Tot.	*2 385*	*3 038*	*2 671*	*1 293*	*540*	*257*	*128*	*100*	*60*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*10 472*

Tabella 7-25: Clima medio invernale sottocosta in corrispondenza del punto P3: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA INVERNALE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.23	1.38	**1.46**	**1.21**	**0.67**	**0.38**	**0.31**	0.22	0.17							*7.03*
20	1.00	0.98	**1.27**	**1.03**	**0.66**	**0.31**	0.21	**0.31**	0.16							*5.95*
30	0.75	1.01	**0.89**	**0.77**	**0.48**	**0.36**	0.12	0.10	0.08							*4.56*
40	0.77	0.95	**0.69**	0.22	0.08	0.11	0.06	0.01								*2.89*
50	0.52	1.17	**0.72**	**0.26**	0.05	0.03	0.01		0.01							*2.78*
60	0.87	1.99	**1.61**	**0.34**	0.04	0.04	0.01									*4.89*
70	1.87	3.10	**2.34**	**0.73**	0.19	0.04										*8.26*
80	3.79	2.51	**0.90**	0.09	0.02											*7.31*
90	2.10	0.14														*2.24*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.07	0.01														*0.08*
320	0.57	0.49														*1.06*
330	0.69	1.37	**0.53**													*2.59*
340	0.90	2.13	**2.46**	**0.53**	0.01											*6.02*
350	1.03	2.87	**4.32**	**2.76**	**0.93**	0.20	0.05									*12.16*
360	1.22	2.03	**2.29**	**1.49**	**0.80**	**0.41**	0.16	0.08	0.02							*8.51*
Tot.	*17.38*	*22.14*	*19.47*	*9.42*	*3.94*	*1.87*	*0.93*	*0.73*	*0.44*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*76.33*
Tot. Cumulato		*39.53*	*58.99*	*68.42*	*72.35*	*74.23*	*75.16*	*75.89*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	*76.33*	

Tabella 7-26: Clima medio invernale sottocosta in corrispondenza del punto P3: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA PRIMAVERILE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	182	169	151	66	11	10	2	3								*594*
20	144	167	135	70	20	6	1	4								*547*
30	166	166	81	36	22	8	1	1								*481*
40	156	161	67	21	3	1	2	1								*412*
50	127	163	65	14	5	1										*375*
60	191	312	187	18	2	1										*711*
70	335	587	334	56	4											*1 316*
80	925	612	187	15												*1 739*
90	483	21														*504*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	5															*5*
320	71	69														*140*
330	78	197	56													*331*
340	121	360	297	25												*803*
350	175	377	390	132	28	8	3									*1 113*
360	211	218	211	98	20	10	4	2								*774*
Tot.	*3 370*	*3 579*	*2 161*	*551*	*115*	*45*	*13*	*11*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*9 845*

Tabella 7-27: Clima medio primaverile sottocosta in corrispondenza del punto P3: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA PRIMAVERILE

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.32	1.22	1.09	0.48	0.08	0.07	0.01	0.02								*4.29*
20	1.04	1.21	0.98	0.51	0.14	0.04	0.01	0.03								*3.95*
30	1.20	1.20	0.59	0.26	0.16	0.06	0.01	0.01								*3.48*
40	1.13	1.16	0.48	0.15	0.02	0.01	0.01	0.01								*2.98*
50	0.92	1.18	0.47	0.10	0.04	0.01										*2.71*
60	1.38	2.26	1.35	0.13	0.01	0.01										*5.14*
70	2.42	4.24	2.41	0.40	0.03											*9.51*
80	6.69	4.42	1.35	0.11												*12.57*
90	3.49	0.15														*3.64*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.04															*0.04*
320	0.51	0.50														*1.01*
330	0.56	1.42	0.40													*2.39*
340	0.87	2.60	2.15	0.18												*5.81*
350	1.27	2.73	2.82	0.95	0.20	0.06	0.02									*8.05*
360	1.53	1.58	1.53	0.71	0.14	0.07	0.03	0.01								*5.60*
Tot.	*24.36*	*25.87*	*15.62*	*3.98*	*0.83*	*0.33*	*0.09*	*0.08*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*71.18*
Tot. Cumulato	*50.24*	*65.86*	*69.85*	*70.68*	*71.00*	*71.10*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*	*71.18*		

Tabella 7-28: Clima medio primaverile sottocosta in corrispondenza del punto P3: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

CLIMA ESTIVO

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	257	263	187	71	25	3	1		1							*808*
20	167	202	158	77	16	9	3	1								*633*
30	148	176	81	32	10	7	2									*456*
40	120	147	45	4	1	1										*318*
50	129	117	33	2												*281*
60	133	157	51	1												*342*
70	222	279	95	15	4											*615*
80	686	469	120	3	2											*1 280*
90	549	28														*577*
100																*0*
110																*0*
120																*0*
130																*0*
140																*0*
150																*0*
160																*0*
170																*0*
180																*0*
190																*0*
200																*0*
210																*0*
220																*0*
230																*0*
240																*0*
250																*0*
260																*0*
270																*0*
280																*0*
290																*0*
300																*0*
310	21	1														*22*
320	151	101														*252*
330	160	284	55													*499*
340	183	514	367	18												*1 082*
350	220	545	592	136	24	2	2									*1 521*
360	265	335	272	101	34	10	3	1								*1 021*
Tot.	*3 411*	*3 618*	*2 056*	*460*	*116*	*32*	*11*	*2*	*1*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*0*	*9 707*

Tabella 7-29: Clima medio estivo sottocosta in corrispondenza del punto P3: numero di eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza.

CLIMA ESTIVO

	Classi di altezza d'onda significativa H_{m0} (m)															
Dir (°N)	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	Tot.
10	1.84	1.88	**1.34**	**0.51**	0.18	0.02	0.01		0.01							*5.78*
20	1.19	1.44	**1.13**	**0.55**	0.11	0.06	0.02	0.01								*4.53*
30	1.06	1.26	**0.58**	0.23	0.07	0.05	0.01									*3.26*
40	0.86	1.05	**0.32**	0.03	0.01	0.01										*2.27*
50	0.92	0.84	0.24	0.01												*2.01*
60	0.95	1.12	**0.36**	0.01												*2.45*
70	1.59	2.00	**0.68**	0.11	0.03											*4.40*
80	4.91	3.35	**0.86**	0.02	0.01											*9.15*
90	3.93	0.20														*4.13*
100																*0.00*
110																*0.00*
120																*0.00*
130																*0.00*
140																*0.00*
150																*0.00*
160																*0.00*
170																*0.00*
180																*0.00*
190																*0.00*
200																*0.00*
210																*0.00*
220																*0.00*
230																*0.00*
240																*0.00*
250																*0.00*
260																*0.00*
270																*0.00*
280																*0.00*
290																*0.00*
300																*0.00*
310	0.15	0.01														*0.16*
320	1.08	0.72														*1.80*
330	1.14	2.03	**0.39**													*3.57*
340	1.31	3.68	**2.62**	0.13												*7.74*
350	1.57	3.90	**4.23**	**0.97**	0.17	0.01	0.01									*10.88*
360	1.90	2.40	**1.95**	**0.72**	0.24	0.07	0.02	0.01								*7.30*
Tot.	*24.39*	*25.87*	*14.70*	*3.29*	*0.83*	*0.23*	*0.08*	*0.01*	*0.01*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*0.00*	*69.42*
Tot. Cumulato	*50.26*	*64.97*	*68.26*	*69.09*	*69.31*	*69.39*	*69.41*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*	*69.42*		

Tabella 7-30: Clima medio estivo sottocosta in corrispondenza del punto P3: distribuzione percentuale degli eventi di moto ondoso classificati per altezze d'onda significativa e direzione media di provenienza (le celle ombreggiate per altezza d'onda significativa superiore a 0.5 m indicano le classi con frequenza maggiore di 0.25%)

7.3 ONDE DI MODELLAZIONE

L'onda di modellazione (indicata sovente anche con la denominazione di onda morfologica o equivalente) è definita in relazione ad un certo settore di provenienza. Essa consiste in un'onda con determinata altezza, periodo e durata tale che il suo contenuto energetico e la sua ripidità siano rappresentativi del contenuto energetico (sottocosta) e della ripidità di tutte le onde provenienti dal settore in esame. In tal modo, l'onda di modellazione induce sul litorale gli stessi effetti morfologici della serie ondametrica in base alla quale è stata calcolata. L'onda di modellazione, dipendentemente dagli eventi selezionati per il calcolo, può essere relativa all'anno statistico medio (onda di modellazione annuale) oppure relativa alle stagioni statistiche medie (onde di modellazione stagionali). Il calcolo dell'onda di modellazione può essere effettuato estraendo dalla serie ondametrica, per un certo settore di provenienza, gli *N* eventi caratterizzati da altezze d'onda superiori alla soglia pari a 0.50 m. La definizione di tale soglia è motivata dal fatto che altezze d'onda inferiori sortiscono effetti trascurabili sul litorale e, inoltre, le tecniche di misura utilizzate (basate sul galleggiamento di corpi strumentati) non posseggono precisioni adeguate per altezze d'onda inferiori. L'altezza dell'onda di modellazione (H_e) ed il relativo periodo (T_e) possono essere calcolati a partire dal seguente sistema di equazioni:

$$N(H_e^2 T_e) = \sum H_i^2 T_i$$

$$N\left(\frac{H_e}{T_e^2}\right) = \sum \frac{H_i}{T_i^2}$$

Sono state calcolate le caratteristiche delle onde di modellazione sia a largo, sia a riva considerando diversi settori angolari di provenienza. In particolare sono stati considerati sia i due settori di provenienza identificati nell'ambito dell'analisi ondametrica, sia l'intero settore di provenienza considerando settori di ampiezza pari a 10°.

La Tabella 7-31 mostra i risultati in termini di altezza, periodo, direzione di provenienza e durata delle onde di modellazione in corrispondenza di largo e dei punti sottocosta (P1, P2 e P3).

Il confronto tra le caratteristiche a largo e quelle a riva evidenzia il verificarsi della rifrazione che tende a "chiudere" la direzione delle onde di modellazione verso la normale alla linea di riva.

Si osserva come la durata delle onde di modellazione provenienti dal settore di traversia principale sia ben superiore (circa 3 volte a largo) a quella delle onde di modellazione provenienti dal settore di traversia secondaria. Inoltre, per i punti P2 e P3, si osserva come la deviazione della direzione dell'onda di modellazione provenienti dal settore di traversia principale rispetto alla normale alla linea di riva sia superiore rispetto a quella dell'onda proveniente dal settore di traversia secondario. Si osserva il contrario per il punto P1.

In ultimo, si nota che l'altezza delle onde morfologiche provenienti dal settore di traversia principale è superiore a quelle provenienti dal settore di traversia secondario.

In estrema sintesi, l'analisi delle onde di modellazione evidenzia che la morfodinamica del litorale è fortemente legata all'esposizione del paraggio al settore di traversia principale di Maestrale.

LARGO

Settore Angolare	H_e (m)	T_e (s)	Direzione (°N)	Direzione (°perp)	Durata (mesi)	Durata (giorni)
320-330	1.42	5.99	324	76	0.24	7
330-340	1.37	5.97	333	67	0.60	18
340-350	1.33	6.02	343	57	0.61	18
350-0	1.37	6.16	353	47	0.41	12
0-10	1.58	6.53	3	37	0.41	12
10-20	1.63	6.72	13	27	0.33	10
20-30	1.46	6.45	24	16	0.32	10
30-40	1.26	6.26	35	5	0.05	2
40-50	1.17	6.26	45	-5	0.09	3
320-50	**1.43**	**6.24**	**356**	**44**	**3.06**	**92**
50-60	1.06	6.34	55	-15	0.08	2
60-70	0.89	6.22	64	-24	0.16	5
70-80	0.88	6.02	74	-34	0.32	10
80-90	0.98	5.96	83	-43	0.33	10
90-100	0.95	5.31	92	-52	0.18	5
50-100	**0.94**	**5.92**	**77**	**-37**	**1.06**	**32**

SOTTOCOSTA P1

Settore Angolare	H_e (m)	T_e (s)	Direzione (°N)	Direzione (°perp)	Du (mesi)
320-330	0.75	4.78	327	43	0.07
330-340	0.92	5.44	336	34	0.29
340-350	1.19	6.20	346	24	0.62
350-0	1.32	6.62	355	15	0.51
0-10	1.47	6.96	5	5	0.39
10-20	1.62	7.36	15	-5	0.34
20-30	1.39	6.94	24	-14	0.30
30-40	1.32	7.00	34	-24	0.13
40-50	0.99	6.69	45	-35	0.11
320-50	**1.31**	**6.63**	**5**	**5**	**2.77**
50-60	0.92	6.97	56	-46	0.20
60-70	0.84	6.37	64	-54	0.30
70-80	0.68	5.30	73	-63	0.15
80-90	0.56	4.77	81	-71	0.01
90-100	=	=	=	=	=
50-100	**0.84**	**6.32**	**62**	**-52**	**0.65**

SOTTOCOSTA P2

Settore Angolare	H_e (m)	T_e (s)	Direzione (°N)	Direzione (°perp)	Durata (mesi)	Durata (giorni)
320-330	0.56	4.07	329	71	0.00	0
330-340	0.71	4.99	337	63	0.17	5
340-350	0.98	5.84	346	54	0.59	18
350-0	1.28	6.60	355	45	0.60	18
0-10	1.43	6.89	5	35	0.39	12
10-20	1.66	7.33	15	25	0.37	11
20-30	1.51	7.09	25	15	0.32	10
30-40	1.42	7.08	35	5	0.10	3
40-50	1.09	6.73	44	-4	0.11	3
320-50	**1.31**	**6.69**	**9**	**31**	**2.66**	**80**
50-60	0.93	6.80	56	-16	0.15	4
60-70	0.93	6.72	65	-25	0.32	10
70-80	0.75	5.65	74	-34	0.23	7
80-90	0.58	4.77	81	-41	0.02	1
90-100	=	=	=	=	=	=
50-100	**0.88**	**6.37**	**65**	**-25**	**0.72**	**21**

SOTTOCOSTA P3

Settore Angolare	H_e (m)	T_e (s)	Direzione (°N)	Direzione (°perp)	Du (mesi)
320-330	0.59	4.20	328	72	0.01
330-340	0.70	4.99	337	63	0.17
340-350	0.94	5.76	347	53	0.57
350-0	1.23	6.53	355	45	0.59
0-10	1.42	6.90	5	35	0.39
10-20	1.68	7.38	15	25	0.36
20-30	1.53	7.17	25	15	0.34
30-40	1.36	6.91	35	5	0.09
40-50	1.20	6.92	44	-4	0.11
320-50	**1.30**	**6.71**	**10**	**30**	**2.64**
50-60	0.91	6.63	55	-15	0.12
60-70	0.93	6.80	66	-26	0.27
70-80	0.85	6.06	74	-34	0.31
80-90	0.64	4.97	82	-42	0.06
90-100	=	=	=	=	=
50-100	**0.88**	**6.35**	**67**	**-27**	**0.76**

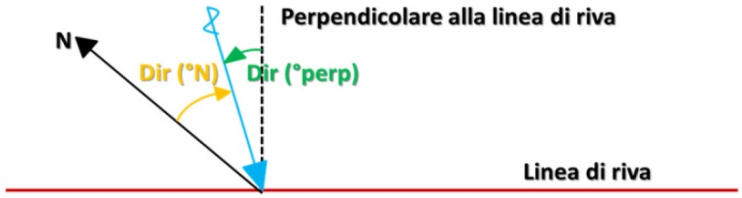


Tabella 7-31: Onde di modellazione a largo di Termoli-Campomarino (tabella a sinistra) e sottocosta (tabella a destra e tabelle in basso) e schema qualitativo della convenzione per gli angoli utilizzati (in basso).

7.4 PROFONDITÀ DI CHIUSURA

La profondità di chiusura d_c rappresenta il limite di largo della cosiddetta fascia attiva, oltre la quale l'azione del moto ondoso non ha capacità di indurre significative variazioni di profondità. Tale profondità può essere identificata con l'ausilio di informazioni morfologiche o idrodinamiche. In quest'ultimo caso è possibile utilizzare la formula di Hallermeier (1981):

$$d_c = 2.28H_s - 68.5\left(\frac{H_s^2}{gT_p^2}\right)$$

nella quale l'altezza d'onda H_s e correlato periodo di picco T_p sono relativi alla mareggiata con frequenza di superamento pari a 12 ore/anno (0.137%).

La profondità della fascia attiva, è stata determinata mediante applicazione della suddetta relazione attraverso l'analisi della serie ondametrica propagata sottocosta in corrispondenza dei punti P1, P2 e P3.

Utilizzando l'altezza d'onda significativa con frequenza di superamento pari a 12 ore annue si ottiene una profondità di chiusura media annuale pari a 7.1 m (deviazione standard pari a 0.59 m), 6.9 m (deviazione standard pari a 0.37 m) e 7.2 m (deviazione standard pari a 0.46 m) per i punti sottocosta P1, P2 e P3 rispettivamente.

Considerando le indicazioni di Nicholls et al. (1996) è possibile stimare anche il valore della profondità di chiusura pluriennale considerando l'altezza d'onda H_s e correlato periodo di picco T_p relativi alla mareggiata con frequenza di superamento pari a 12 ore/Δt, nella quale Δt è l'intervallo temporale pluriennale considerato.

La Figura 7-17 mostra i risultati delle analisi per i punti P1, P2 e P3.

Da essi si evince che, a fronte di un valor medio annuale pari a 7.1 m, 6.9 m e 7.2 m, la profondità di chiusura pluriennale mostra un comportamento asintotico al valore pari a 7.8 m, 7.3 m e 7.7 m per i punti P1, P2 e P3 rispettivamente.

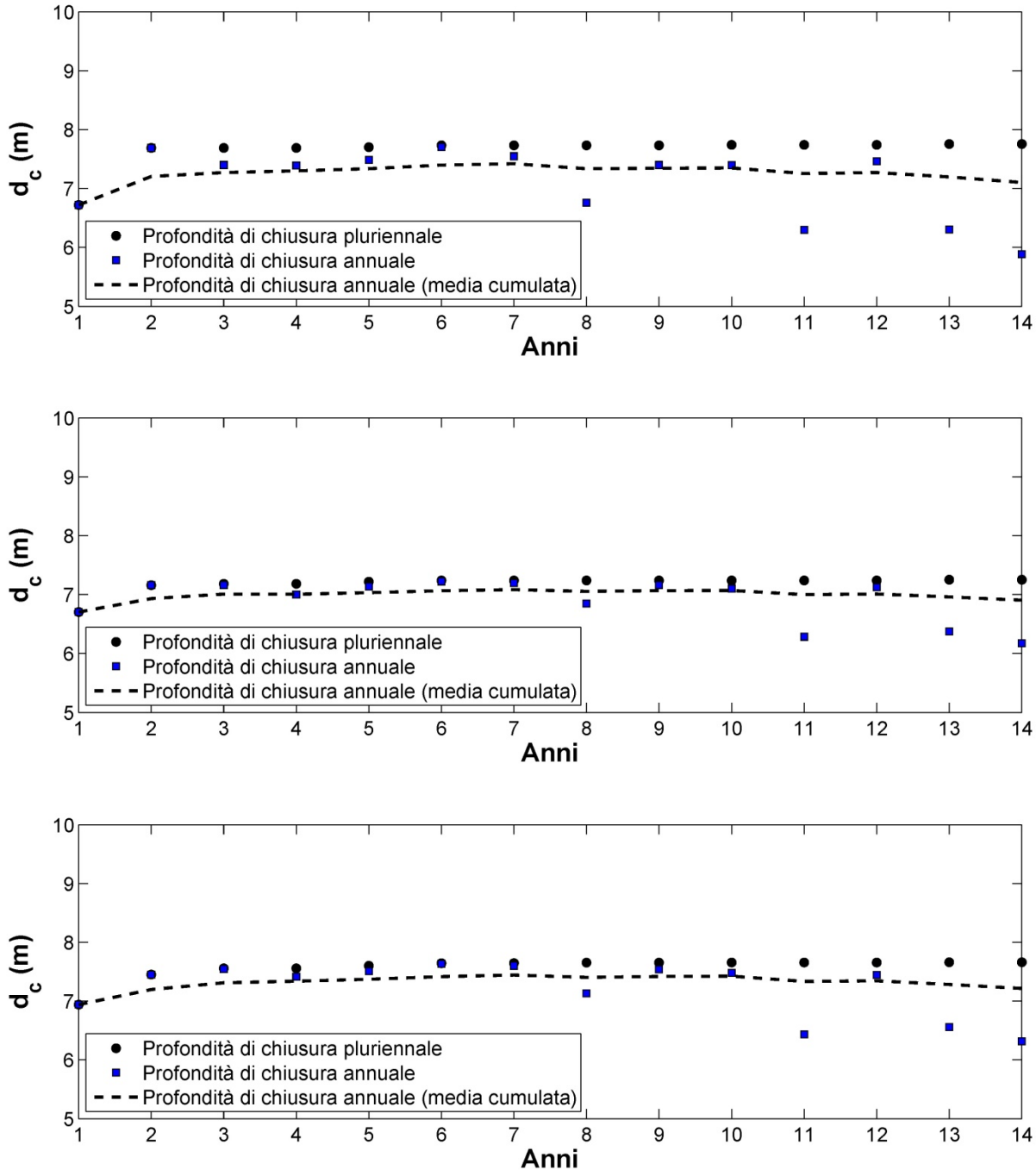


Figura 7-17: Profondità di chiusura annuali (quadrati blu), profondità di chiusura pluriennali (cerchi neri) e valor medio cumulato della profondità di chiusura annuale (linea tratteggiata) stimate per il punto P1 (grafico in alto), P2 (grafico al centro) e P3 (grafico in basso)

7.5 FLUSSI ENERGETICI ASSOCIATI AL MOTO ONDOSO LITORANEO

Il flusso energetico sottocosta è stimato mediante la formulazione ottenuta nell'ambito della teoria lineare delle onde progressive:

$$\overline{F} = \frac{1}{8}\rho g H^2 \overline{C}_g$$

$$\overline{C}_g = \frac{C}{2}\left[1 + \frac{2kh}{\sinh(kh)}\right]$$

dove $\overline{F}$ è il vettore del flusso di energia, g è l'accelerazione di gravità, ρ è la densità dell'acqua del mare, H è l'altezza d'onda, C_g è la celerità di gruppo, C è la celerità di fase, k è il numero d'onda.

Il flusso di energia è stato valutato per ogni evento che costituisce la serie ondametrica propagata sottocosta in corrispondenza di una serie di punti posti lungo la batimetrica con profondità pari a 8 m. La Figura 7-18 mostra i 56 punti a Nord e i 106 punti a Sud del Porto di Termoli, per un'estensione pari a circa 2'900 m e 6'700 m rispettivamente e una discretizzazione spaziale pari a 50 m.

L'andamento dell'intensità del flusso energetico e la direzione della risultante forniscono informazioni riguardo al trasporto solido potenziale, proporzionale, in prima approssimazione alla componente longitudinale del flusso energetico associato alle onde in condizioni di frangimento.

A tal proposito, la Figura 7-19 mostra la direzione della risultante del flusso energetico confrontata con la direzione ortogonale alla batimetrica considerata.

Se l'angolo di provenienza del flusso rispetto al nord geografico risulta inferiore rispetto a quello della normale alla costa, è possibile affermare che il trasporto solido potenziale è diretto nel verso positivo delle ascisse (cioè il trasporto è diretto verso Sud Est).

Viceversa, se l'angolo di provenienza del flusso rispetto a nord geografico risulta superiore rispetto a quello della normale alla costa, allora il trasporto solido potenziale è diretto nel verso negativo delle ascisse (cioè il trasporto è diretto verso Nord Ovest).

Laddove i due angoli coincidono esiste un punto di inversione del trasporto solido potenziale.

Dalla Figura 7-19 si evince che il trasporto solido potenziale, valutato su base idrodinamica, è diretto mediamente verso Est e Sud-Est sia per il tratto di litorale a Nord del Porto di Termoli, sia per il tratto a Sud.

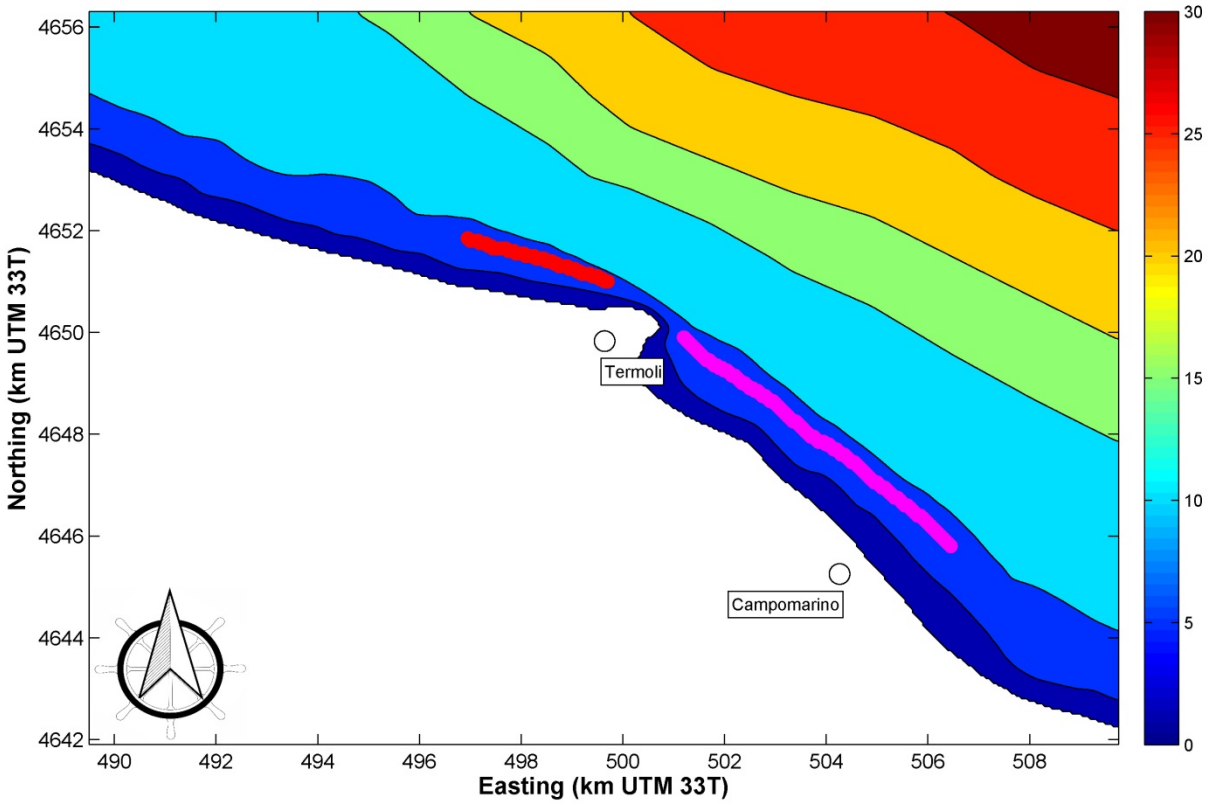


Figura 7-18: Localizzazione dei punti (in rosso quelli posti a Nord del Porto di Termoli, in viola quelli a Sud del Porto) in corrispondenza dei quali sono stati valutati i flussi energetici.

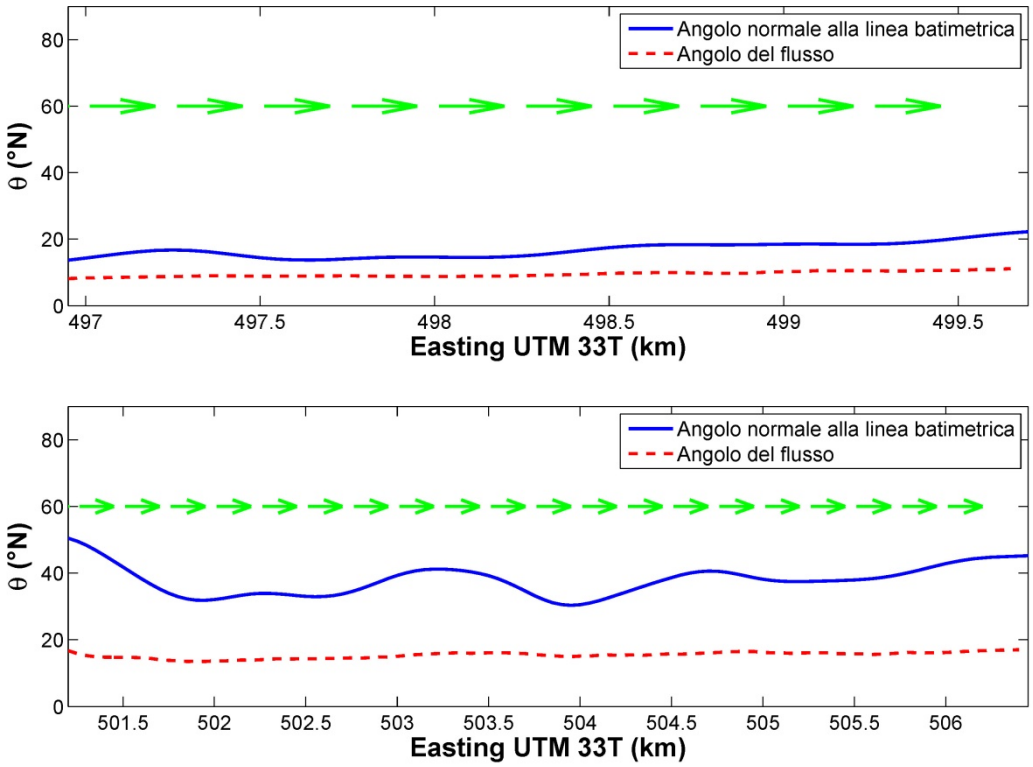


Figura 7-19: Direzione della normale alla linea batimetrica (linea continua blu), della direzione di provenienza della risultante del flusso energetico (linea tratteggiata rossa) e direzione della componente longitudinale della risultante del flusso energetico (frecce). Il grafico in alto si riferisce al litorale a Nord del Porto di Termoli, il grafico in basso al litorale a Sud.

8. Analisi dei livelli

8.1 CONSIDERAZIONI GENERALI

8.1.1 PREMESSE

Come noto, all'oscillazione del livello medio marino 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 particolare il Sole e la Luna, esercitano sulla Terra. L'origine astronomica giustifica la denominazione di marea astronomica comunemente data al fenomeno.

E' altresì noto che l'oscillazione mareale può essere disturbata da cause meteorologiche quali le variazioni bariche, l'azione tangenziale del vento e, nei pressi della costa, del frangimento delle onde, causa della cosiddetta marea meteorologica. In ogni caso, qualunque sia l'entità e la tipologia del disturbo, la regolarità del fenomeno propriamente astronomico (componente deterministica) ritorna sempre ad esplicarsi invariato allorché il disturbo meteorologico cessa la sua azione.

8.1.2 COMPONENTE ASTRONOMICA

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 un'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 occorrerebbe l'analisi di serie storiche di estensione pari a 18 anni campionate con frequenza appropriata (tipicamente pari a 1 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.

Sulla base di quanto esposto, è possibile estrarre la componente deterministica da una serie di livelli misurati (Pawlowicz et al, 2002).

8.1.3 COMPONENTE METEOROLOGICA

Di tutt'altra natura è l'oscillazione di marea indotta da cause meteorologiche, essenzialmente dovuta a gradienti di pressione, azione tangenziale del vento e, nei pressi della costa, al frangimento del moto ondoso che forza la circolazione costiera. Al contrario di quanto esposto brevemente per la componente astronomica, tale oscillazione può essere studiata solo come un fenomeno a carattere stocastico. Alcuni tipi di oscillazione rientrante in questa categoria possono essere studiati analiticamente (ad esempio le oscillazioni di sessa di un 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 dai risultati numerici di modelli meteorologici a scala globale e locale (General Circulation Model, GCM e Limited Area Model, LAM). Tuttavia, il metodo tecnicamente perseguibile e attualmente più consolidato è quello che prevede di considerare il livello di marea meteorologica pari al livello residuo, dato dalla sottrazione dei livelli ricostruiti di marea astronomica da quelli osservati. Tale definizione implica l'ipotesi di linearità del fenomeno per cui il livello totale può intendersi come sovrapposizione della componente astronomica (deterministica) e componente meteorologica (stocastica), ipotesi ampiamente accettata in letteratura.

In estrema sintesi, la marea meteorologica può essere estratta dalle serie storiche mareografiche per semplice differenza tra il livello misurato e il contributo astronomico. Il residuo così ottenuto può essere analizzato con il fine di definire i livelli massimi associati a determinati tempi di ritorno. Pertanto, in maniera del tutto analoga all'analisi estremale del moto ondoso a largo, è possibile utilizzare il metodo POT (*Peaks Over Treshold* detto anche "della serie di durata parziale sopra soglia") 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 può essere effettuata introducendo un valore di soglia 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, eliminando i valori al colmo della perturbazione che avvengono in tempi ravvicinati (cioè inferiori alla durata tipica delle usuali perturbazioni che interessano l'area, pari a circa 5-10 giorni) rispetto al precedente (se inferiore) o al successivo (se superiore). Il campione estratto è stato utilizzato per l'adattamento statistico utilizzando una funzione di ripartizione di probabilità di tipo GEV (Generalized Extreme Value).

8.2 ANALISI DELLE MISURE DI MAREA DELLA STAZIONE DI ORTONA

8.2.1 COMPONENTE ASTRONOMICA

L'intera serie mareografica acquisita a Ortona è stata utilizzata per la stima delle costanti armoniche. La Tabella 3-1 mostra i risultati delle analisi che forniscono i valori delle ampiezze e delle fasi delle prime sette componenti armoniche, comunemente utilizzate per la ricostruzione della componente deterministica dei livelli in Adriatico. La tabella mostra anche l'ampiezza dell'intervallo di confidenza (livello di confidenza pari a 0.95) delle ampiezze e delle fasi. E' piuttosto evidente che la componente astronomica così ricostruita è del tipo misto a dominante semidiurna.

Componente	Periodo (ore)	Ampiezza (cm)	Errore (cm)	Fase (°)	Errore (°)
*K1	23.9	9.27	0.1	66.59	0.63
*M2	12.4	6.8	0	62.09	0.29
*S2	12.0	4.84	0	71.32	0.41
*O1	25.8	3.14	0.1	56.09	1.86
*P1	24.1	2.85	0.1	61.12	2.05
*K2	12.0	1.55	0	65.92	1.28
*N2	12.7	1.04	0	58.56	1.91

Tabella 8-1: Costanti armoniche stimate sulla base della serie mareografica di Ortona.

Le costanti armoniche stimate sono state utilizzate per la ricostruzione della componente deterministica su tutto il periodo di osservazione. In tal modo è possibile determinare una serie di valori caratteristici dell'oscillazione astronomica. Di particolare importanza sono il valore il massimo valore raggiunto dalla componente armonica (HAT, *Highest Astronomical Tide*) e il minimo valore raggiunto dalla componente armonica(LAT, *Lowest Astronomical Tide*). Di uguale importanza per la caratterizzazione della componente armonica sono il valore medio delle alte maree sizigiali (luna piena o luna nuova, MHWS, *Mean High Water Springs*); delle basse maree sizigiali (MLWS, *Mean Low Water Springs*), delle basse maree in quadratura (primo o terzo quarto lunare, MHWN, *Mean High Water Neaps*) e delle basse maree in quadratura (MLWN, *Mean Low Water Neaps*). Tali valori caratteristici vanno interpretati insieme al valore del livello medio marino valutato sull'intera serie di livelli misurati (MSL, *Mean Sea Level*). La Tabella 8-2 mostra i valori dei livelli caratteristici a Ortona.

HAT	MHWS	MHWN	MSL (cm)	MHWN	MHWS	LAT
20.3	15.4	6.7	-5.0	-16.3	-22.7	-26.2

Tabella 8-2: Livelli caratteristici della componente armonica a Ortona.

8.2.2 COMPONENTE METEOROLOGICA

La componente meteorologica può essere determinata per differenza tra il livello misurato e la componente armonica ricostruita, come descritto nel paragrafo precedente.

L'analisi estremale, effettuata con il metodo della massima verosimiglianza, fornisce un coefficiente di forma pari a 0.60, a cui corrisponde una funzione di distribuzione di Weibull. La Figura 8-1 mostra il diagramma di adattamento statistico e la Tabella 8-3 mostra i livelli di massima marea meteorologica con associato tempo di ritorno.

Tempo di ritorno	**(anni)**	2	5	10	15	20	25	50	100
Livelli	**(cm)**	50.2	57.3	63.8	68.1	71.2	73.8	82.3	91.6

Tabella 8-3: Massimi livelli di marea meteorologica con associato tempo di ritorno a Ortona.

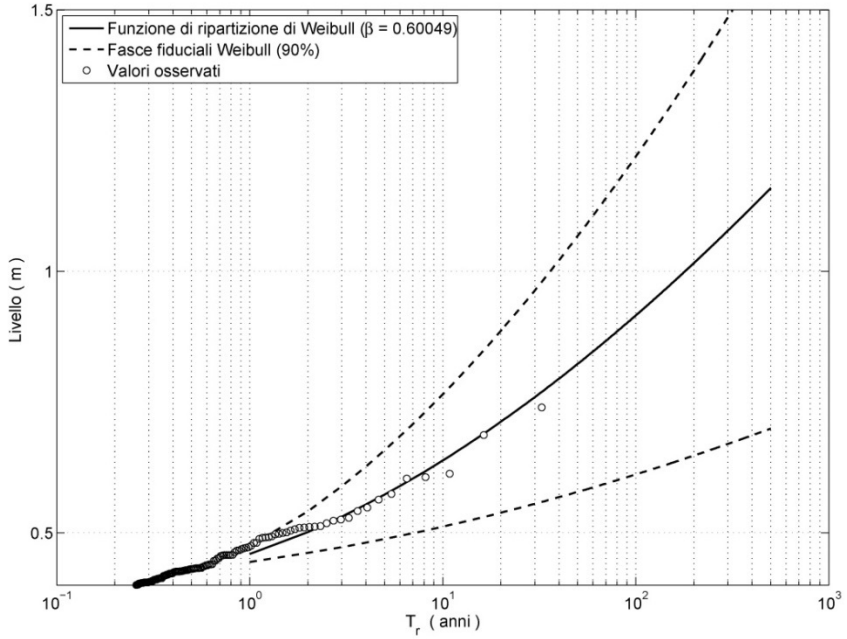


Figura 8-1: marea meteorologica in funzione del tempo di ritorno Tr secondo la legge di Weibull (β=0.6).

8.3 ANALISI DELLE MISURE DI MAREA DELLA STAZIONE DI TREMITI

8.3.1 COMPONENTE ASTRONOMICA

In analogia con quanto descritto per Ortona, l'intera serie mareografica acquisita alle Tremiti è stata utilizzata per la stima delle costanti armoniche.

La Tabella 8-4 mostra i risultati delle analisi che forniscono i valori delle ampiezze e delle fasi delle prime sette componenti armoniche, comunemente utilizzate per la ricostruzione della componente deterministica dei livelli in Adriatico.

La tabella mostra anche l'ampiezza dell'intervallo di confidenza (livello di confidenza pari a 0.95) delle ampiezze e delle fasi. E' piuttosto evidente che la componente astronomica così ricostruita è del tipo misto a dominante semidiurna.

Le costanti armoniche stimate sono state utilizzate per la ricostruzione della componente deterministica su tutto il periodo di osservazione. La Tabella 8-5 mostra i valori dei livelli caratteristici alle Tremiti.

Componente	Periodo (ore)	Ampiezza (cm)	Errore (cm)	Fase (°)	Errore (°)
*M2	12.4	8.1	0.1	69.7	0.72
*K1	23.9	6.74	0.3	63.7	2.22
*S2	12.0	5.37	0.1	78.73	1.08
*P1	24.1	2.49	0.3	61.19	6.01
*O1	25.8	2.23	0.3	62.61	6.72
*N2	12.7	1.24	0.1	64.5	4.7
*K2	12.0	1.24	0.1	64.59	4.71

Tabella 8-4: Costanti armoniche stimate sulla base della serie mareografica delle Tremiti.

HAT	MHWS	MHWN	MSL (cm)	MHWN	MHWS	LAT
19.0	14.8	5.0	-5.2	-15.0	-22.5	-25.2

Tabella 8-5: Livelli caratteristici della componente armonica alle Tremiti.

8.3.2 COMPONENTE METEOROLOGICA

Poiché la serie mareografica acquisita alle Tremiti ha una durata breve (poco più di un anno), non può essere stimata la componente meteorologica.

8.4 STIMA DEI LIVELLI DI MAREA A TERMOLI-CAMPOMARINO

8.4.1 COMPONENTE ASTRONOMICA

Sulla base delle analisi a Ortona e alle Tremiti è possibile osservare che non vi sono differenze significative riguardo alla componente deterministica. Infatti, i livelli caratteristici (in particolare i valori estremi HAT e LAT) si discostano al più di 1,3 cm. Peraltro, non sono da attendersi modificazioni sostanziali sulla componenti astronomiche quando le distanze sono limitate rispetto alla lunghezza delle onde di marea. Ne consegue che i livelli astronomici a Termoli-Campomarino sono del tutto simili a quelli stimati per i siti di Ortona e Tremiti. A favore di sintesi, la Tabella 8-6 mostra i livelli caratteristici dei livelli astronomici a Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino.

HAT	MHWS	MHWN	MSL (cm)	MHWN	MHWS	LAT
20.3	15.4	6.7	-5.0	-16.3	-22.7	-26.2

Tabella 8-6: Livelli caratteristici della componente armonica stimati per Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino.

8.4.2 COMPONENTE METEOROLOGICA

Al contrario di quanto osservato per la componente astronomica, la componente meteorologica a Ortona non può essere utilizzata a Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino poichè dipendente dalle condizioni locali. Tuttavia è possibile stimare le singole componenti della marea meteorologica analizzando il fenomeno dell'effetto barico inverso, del sovralzo indotto dal vento e dal moto ondoso frangente, così come descritto nel seguito.

8.4.2.1 SOVRALZO BARICO

Al fine di valutare la componente della marea meteorologica legato all'effetto barico inverso è possibile associare alle anomalie bariche un tempo di ritorno e applicare, in prima approssimazione, la legge lineare comunemente accettata che stima in 1 cm la variazione di livello indotta da un'anomalia barica di 1 mb rispetto alla pressione atmosferica. A tal fine, la serie storica di anomalie positive (pressione superiore a 1013 mb) e la serie storica di anomalie negative (pressione inferiore a 1013 mb) misurate a Ortona è stata oggetto di analisi estremale. Infatti, in tal caso, la dimensione tipica dei centri di pressione permette di estendere i risultati anche al sito di Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino. La Tabella 8-7 mostra i risultati delle analisi sia per quanto riguarda i sovralzi (basse pressioni), sia le depressioni (alte pressioni).

Tempo di ritorno [anni]	2	5	10	15	20	25	50	100
Livelli (cm)	-17.8	-19.5	-20.8	-21.5	-22.1	-22.5	-23.9	-25.3

Tempo di ritorno [anni]	2	5	10	15	20	25	50	100
Livelli (cm)	19.4	20.4	21.8	23.0	23.9	24.7	27.2	30.0

Tabella 8-7: Depressioni (tabella in alto) e sovralzi (tabella in alto) barici con associato tempo di ritorno a Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino.

8.4.2.2 SOVRALZO INDOTTO DAL VENTO

Il vento può contribuire alla variazione del livello marino a causa dell'azione tangenziale agente sulla superficie del mare.

Il sovralzo dovuto all'azione del vento può essere stimato con la seguente relazione implicita:

$$S_v = \left[\frac{kU^2 x_p}{g\left(D_p - d - S_V\right)}\right] ln\left(\frac{D_p}{D_p + d}\right)$$

nella quale D_p è la profondità della piattaforma continentale, x_p la sua estensione e d è la profondità alla quale si vuole calcolare il sovralzo (d=0 sulla linea di riva). Si osserva che, nel caso del mar Adriatico, non si può parlare di una vera e propria piattaforma continentale, ma è possibile definire una profondità convenzionalmente posta pari a 200 m. Poiché non sono disponibili dati di vento locale di durata sufficiente a ottenere una stima estremale affidabile, la velocità del vento relativa a vari tempi di ritorno è stata stimata tramite l'applicazione inversa del metodo SMB, già utilizzato per la trasposizione geografica.

La Tabella 8-8 mostra i risultati delle analisi.

Tempo di ritorno [anni]	2	5	10	15	20	25	50	100
Livelli (cm)	10.4	11.7	12.6	13.0	13.5	13.7	14.6	15.2

Tabella 8-8: Sovralzo indotto dal vento a Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino.

8.4.2.3SOVRALZO INDOTTO DAL MOTO ONDOSO FRANGENTE

Ulteriore fenomeno che influisce sui livelli è il frangimento del moto ondoso che, a causa della spinta associata, può indurre un sovralzo. In prima approssimazione, il sovralzo indotto dal moto ondoso frangente può essere stimato tramite la seguente relazione:

$$S_w = -\frac{H_b^2}{16} d + \frac{3\gamma^2}{8(1+3\gamma^2/8)}$$

nella quale H_b è l'altezza d'onda in condizioni di frangimento, d è la profondità e γ l'indice di frangimento. In tal modo sono stati considerati i valori delle altezze d'onda significativa a largo con assegnato tempo di ritorno. Considerando, a favore di sicurezza, una propagazione ortogonale alle linee batimetriche è stata valutata l'altezza d'onda in condizioni di frangimento tramite applicazione della teoria lineare considerando una profondità d pari a 5 m.

La Tabella 8-9 mostra i risultati ottenuti.

Tempo di ritorno [anni]	2	5	10	15	20	25	50	100
Livelli (cm)	0.0	3.2	10.5	15.0	19.4	20.9	28.3	34.2

Tabella 8-9: Sovralzo indotto dal moto ondoso frangente a Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino.

8.4.3 LIVELLI TOTALI

A favore di sintesi, la Tabella 8-10 mostra il sovralzo totale con assegnato tempo di ritorno come sovrapposizione della componente astronomica e componente meteorologica. Inoltre, vengono forniti anche i valori minimi dei livelli con associato tempo di ritorno (Tabella 8-11). Si osserva che per tempi di ritorno limitati, il moto ondoso frangente induce una depressione del livello (*wave set-down*) che, pertanto, va considerato per tutti i tempi di ritorno. Si sottolinea che i livelli sono forniti rispetto al livello medio locale stimato sulla base delle analisi mareografiche.

Tempo di ritorno (anni)	Componente astronomica (cm)	Componente barica (cm)	Sovralzo vento (cm)	Sovralzo moto ondoso (cm)	Marea meteorologica (cm)	Totale (cm)
2	25	19	10	0	30	55
5	25	20	12	3	35	61
10	25	22	13	11	45	70
15	25	23	13	15	51	76
20	25	24	13	19	57	82
25	25	25	14	21	59	85
50	25	27	15	28	70	95
100	25	30	15	34	79	105

Tabella 8-10: Sovralzi totali a Montenero di Bisaccia-Termoli-Campomarino.

Tempo di ritorno [anni]	Componente armonica (cm)	Componente barica (cm)	Moto ondoso (cm)	Totale meteorologico (cm)	Totale (cm)
2	-21	-18	-7	-25	-46
5	-21	-20	-7	-27	-48
10	-21	-21	-7	-28	-49
15	-21	-22	-7	-29	-50
20	-21	-22	-7	-29	-50
25	-21	-23	-7	-30	-51
50	-21	-24	-7	-31	-52
100	-21	-25	-7	-32	-54

Tabella 8-11: Depressioni totali a Montenero di Bisaccia- Termoli-Campomarino.

9. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA.VV. (2006): “Analisi di rischio morfologico e socio-economico della fascia costiera abruzzese”. *Abruzzo Cronache,* numero speciale 2006.

Amante, C. and B.W. Eakins, 2009. ETOPO1 1 Arc-Minute Global Relief Model: Procedures, Data Sources and Analysis. NOAA Technical Memorandum NESDIS NGDC-24. National Geophysical Data Center, NOAA. doi:10.7289/V5C8276M

Booij, N., Holthuijsen, L. H., & Ris, R. C. (1996). The" SWAN" wave model for shallow water. Coastal Engineering Proceedings, 1(25). ISO 690

Bortot, P., e Tawn, J.A. (2000): "The joint probability of waves and water levels: Join-Sea. A rigorous but practical approach ", HR Wallingford - Report SR 537.

Bretscheneider, C., L. (1952); “The generation and decays of wind waves in deep water”. Transactions A.G.U. 33(3), 381-389.

Cartwright, D.E., Tayler, R.J. (1971): “New computations of the tide-generating potential” Geophysical Journal of the Royal Astronomical Society, London.

Coles, S. (2000): "An introduction to statistical modelling of extreme values", Springer.

Consorti, V., Caputi, P., De Girolamo, P. (1999): “La gestione integrata delle aree costiere con tecnologie GIS”, Atti III Conferenza Nazionale ASITA, Napoli.

Contini, P., De Girolamo, P. (1998): ”Impatto morfologico di opere a mare: casi di studio” Convegno AIOM, Lerici.

Corsini, S., Inghilesi, R., Franco, L., Piscopia R. (2004) “ATLAS – Atlante delle onde nei mari italiani”, APAT, 2004.

De Girolamo P., Contini P., Mondini F. (1999): “Proposta di pianificazione e coordinamento dei monitoraggi delle spiagge”, Ciclo di seminari sulle opere portuali e di difesa delle coste, Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici - Sezione Italiana AIPCN-PIANC.

De Girolamo, P., Noli, A., Contini, P., Mondini, F., Beltrami, G. M., Franco, L. (2000): “Risk-Analysis in Coastal-Systems. Planning and Management”. EXCERPTA, Vol. 14, pp. 257-271, CUEN.

DELIBERA CIPE 106/99 “Gestione integrata dell’area costiera. Piano organico per il rischio delle aree vulnerabili. Fattibilità di interventi di difesa e di gestione della fascia litoranea su scala regionale”.

Doodson, A.T. (1921): “The harmonic development of the tide generating potential” Proceeding of the Royal Society, London.

Foreman, M.G.G. (1977): “Manual for tidal heights analysis and prediction” Institute of Ocean Sciences, Sydney.

Franco P., Jeftic L., Malanotte Rizzoli P., Michelato A., Orlic M. (1982): “Descriptive model of the northern Adriatic” Oceanologica Acta.

Godin, G. (1972): “The analysis of tides” University of Toronto Press, Toronto.

Hawkes, P.J., Gouldby, B.P., Tawn, J.A., Owen, M.W. (2002): "The joint probability of waves and water levels in coastal engineering design", Journal of Hydraulic Research, Vol. 40. n.3.

Nicholls, R. J., Birkemeier, W. A., & Hallermeier, R. J. (1996). Application of the depth of closure concept. Coastal Engineering Proceedings, 1(25).

Pawlowicz, R., Beardsley, B., & Lentz, S. (2002). Classical tidal harmonic analysis including error estimates in MATLAB using T_TIDE. Computers & Geosciences, 28(8), 929-937.

Saville, T., Jr. (1954): “The effect of fetch width on wave generation”. Technical Memorandum No. 70, US Army, Corps of Engineers, Beach Erosion Board, pp. 9.

Seymour, RJ (1977): “Estimating Wave Generation in Restricted fetches”, J. ASME WW2, pp251-263.

Sverdrup, H.U. e Munk, W.H. (1947): “Wind, sea and swell. Theory of relations for forecasting”. U.S. Navy Hydrographic Office, Pub. 601, pp. 44.