



AUTORITA' PORTUALE TARANTO

Oggetto:

VASCA DI CONTENIMENTO DEI MATERIALI DI RISULTA DEI DRAGAGGI PROGETTO DEFINITIVO



° Titolo:

STUDIO METEOMARINO

° Elaborato:

R2

° Percorso:

° Revisioni:

° Data:

° Scale:

° File:

° 1

° 26 Aprile 2006

Progettista

Ing. Marco Tartaglino

Collaboratori alla Progettazione:

Servizi di Ingegneria

MODIMAR S.r.l.

Responsabile del Procedimento:

Ing. Domenico Daraio

PORTO DI TARANTO

VASCA DI CONTENIMENTO DEI MATERIALI PROVENIENTI DAGLI SCAVI DEL PORTO DI TARANTO

PROGETTO DEFINITIVO

STUDIO METEOMARINO

INDICE

1	PREMESSE	1
2	ESPOSIZIONE DEL PARAGGIO	4
3	REGIME DEI VENTI	7
4	VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO	13
4.1	La stazione mareografica di Taranto	13
4.2	Estensione della serie storica misurata e rendimenti	14
4.3	Analisi preliminare dei dati.....	15
4.3.1	<i>Analisi delle variazioni del livello e della pressione atmosferica media mensile</i>	<i>15</i>
4.3.2	<i>Analisi armonica.....</i>	<i>16</i>
4.4	Analisi statistica dei livelli estremi.....	18
4.4.1	<i>Introduzione</i>	<i>18</i>
4.4.2	<i>Modellazione delle eccedenze.....</i>	<i>18</i>
4.4.3	<i>Definizione del campione e inferenza della Distribuzione Generalizzata di Pareto</i>	<i>18</i>
4.4.4	<i>Risultati</i>	<i>19</i>
4.5	Conclusioni.....	23
4.6	Bibliografia.....	23
5	CORRENTI	24
6	REGIME DEL MOTO ONDOSI	26
6.1	Caratteristiche del moto ondoso al largo	27
6.1.1	<i>Regime ondoso registrato dalla boa accelerometrica RON di Crotona.....</i>	<i>27</i>
6.1.2	<i>Trasposizione geografica della serie di misure ondometriche al largo di Taranto</i>	<i>35</i>
6.2	Analisi statistiche degli eventi estremi di moto ondoso	46
6.3	Analisi dei dati del K.N.M.I e MeteoMer-ClioSat.....	57
6.4	Propagazione sotto costa della serie di misure ondometriche	60
	APPENDICE.....	75
A.1	Calcolo dei “fetch efficaci” e della relazione tra direzione del vento e quella del moto ondoso – modello ENIF	75
A.2	Descrizione del modello di propagazione inversa spettrale MEROPE.....	76

1 Premesse

La presente relazione è stata redatta in riferimento al progetto definitivo di una vasca di contenimento all'interno del paraggio del porto di Taranto; tale vasca risulta protetta lato mare da una diga con una mantellata in massi naturali. Per una corretta progettazione della mantellata della sopraccitata opera sono state sviluppate alcune indagini specifiche, volte a definire il quadro conoscitivo delle caratteristiche meteomarine che contraddistinguono il paraggio in esame.

Lo studio è stato rielaborato sulla base dei considerati contenuti nel voto n°09 del 8/2/2006 del C.T.A: presso il S.I.I.T. Puglia e Basilicata. In particolare rispetto alla precedente versione dello studio è stata aggiornata la serie storica delle altezze d'onda rilevate alla boa R.O.N. di Crotone (periodo 1.7.1989/31.10.2004) ed è stato eseguito uno studio sulle variazioni del livello medio marino elaborando i dati registrati dal mareografo del porto di Taranto. Al fine di una più corretta definizione delle condizioni meteomarine al largo di Taranto (acqua profonda) l'analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso è stata eseguita per tre settori dei quali uno di traversia principale ($130^{\circ}\div 170^{\circ}\text{N}$) e gli altri due di traversia secondaria rispettivamente compresi tra le direzioni $170^{\circ}\div 245^{\circ}\text{N}$ e $245^{\circ}\div 330^{\circ}\text{N}$.

Inoltre per lo studio della propagazione del moto ondoso da largo verso riva, che nella precedente versione dello studio meteomarino era stato eseguito utilizzando un modello matematico bidimensionale di rifrazione diretta spettrale (SWAN) simulando la propagazione di due stati di mare dei quali uno proveniente dal settore di traversia principale ed uno dal settore di traversia secondario, si è preferito utilizzare un modello matematico di rifrazione inversa spettrale il quale, simulando la propagazione da largo verso riva di tutti gli stati di mare, fornisce una informazione più completa sulle condizioni del moto ondoso in corrispondenza delle opere.

I temi d'indagine principali del presente studio idraulico marittimo sono stati così articolati:

- caratteristiche geo-orografiche del paraggio (traversia del sito costiero);
- esposizione ai venti (stazioni meteorologiche A.M. e stazione semaforica dell' I.I.M.M.);
- variazione dei livelli marini;
- flusso principale delle correnti;
- esposizione al moto ondoso (stazione ondometrica di Crotone – R.O.N. - A.P.A.T.);
- trasposizione geografica del regime ondometrico al largo di Taranto
- trasferimento delle onde dal largo in prossimità delle opere in progetto.

La caratterizzazione geografica del sito in esame consente una prima valutazione delle condizioni di esposizione agli eventi meteomarini (essenzialmente vento e moto ondoso). L'analisi del regime dei venti è finalizzata principalmente ad una prima analisi qualitativa degli stati di mare generati dall'azione del vento: nella conduzione dell'analisi del regime

anemologico si è fatto riferimento alle stazioni anemometriche localizzate nei paraggi dell'area di studio e successivamente si è proceduto ad una selezione delle stesse adottando, quale criterio di filtro, quello di utilizzare stazioni aventi esposizione ai venti dominanti il più possibile simile a quella dell'area di indagine.

Nelle fasi preliminari del presente studio è stata effettuata una ricerca delle fonti di dati disponibili al fine di definire il regime del moto ondoso al largo e sottocosta. Per gli studi del moto ondoso si è fatto riferimento ad un ampio "ventaglio" di fonti di informazioni che comprende osservazioni visuali e misure dirette del vento e del moto ondoso. La serie ondometrica relativa alla stazione ondometrica direzionale posta al largo di Crotone (R.O.N.-A.P.A.T.) è stata trasposta geograficamente al largo di Taranto. Sulla serie trasposta è stata svolta una elaborazione statistica delle onde estreme in acqua profonda, al fine di determinare le caratteristiche dell'onda di progetto. Infatti l'analisi delle caratteristiche del moto ondoso al largo del sito in esame consente di definire i parametri di base per il corretto dimensionamento idraulico e strutturale delle opere di difesa.

In seguito il regime ondoso al largo di Taranto è stato trasferito sotto costa in un punto antistante le opere in progetto, mediante l'applicazione del modello di rifrazione inversa spettrale (Merope). Nella figura 1.1 è illustrata l'ubicazione delle stazioni di misura del moto ondoso e del vento prese in considerazione nei paragrafi successivi, mentre nel seguito vengono elencati i dati utilizzati per la redazione del presente studio:

Cartografia e batimetria

- Carta nautica n° 147 scala 1:40.000 "Litorale di Taranto";
- Carta nautica n° 148 scala 1:20.000 "Porto di Taranto e Mar Grande";
- Carta nautica n° 27 scala 1:100.000 "Da foce del Sinni a Torre dell'Ovo".

Dati anemometrici

Misure del vento (Aeronautica Militare) relative alle stazioni meteorologiche di:

- Taranto, tabelle di sintesi (serie sinottica 1951-1967);
- Policoro, tabelle di sintesi (serie sinottica 1953-1962);
- Marina di Ginosola, tabelle di sintesi (serie sinottica 1951-1977).

Osservazioni degli stati di vento a cura dell'I.I.M.M. (Marina Militare) relative alla stazione semaforica di:

- S. Vito Pugliese, grafici delle osservazioni (serie storica 1930-1963).

Dati ondametrici

Misure del moto ondoso relative alla stazione ondametrica direzionale posta al largo di Crotona (R.O.N.-A.P.A.T.). Serie storica di riferimento da luglio 1989 a ottobre 2004.

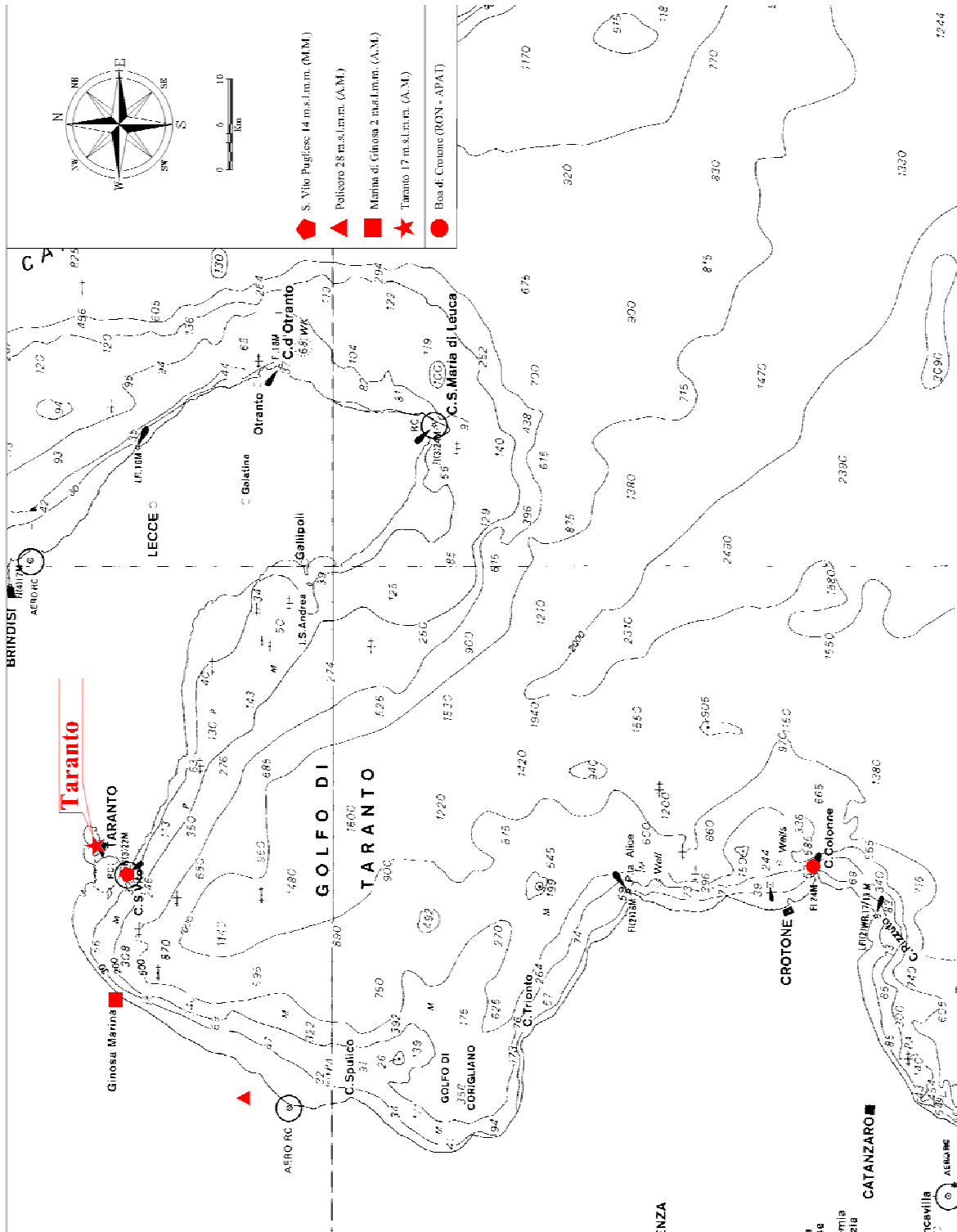


Fig. 1.1- Ubicazione delle stazioni di misura (ondametri ed anemometri) nel paraggio in oggetto

2 Esposizione del paraggio

Il litorale di Taranto è contraddistinto ad ovest da una zona estesa con secche (con presenza anche di scogli emergenti) che fronteggiano l'area del porto industriale mentre ad est si ha l'ampio specchio di mare denominato "mar grande" che abbraccia tutto l'arco costiero cittadino che si sviluppa dalla P.ta Rondinella a nord-ovest sino a Capo S. Vito a sud-est. Il sito ricade all'estremità nord-orientale dell'ampio golfo di Taranto contraddistinto da un settore di traversia geografico delimitato dalle coste ioniche della Calabria a sud, della Basilicata ad ovest e della penisola salentina ad est. Ponendosi al largo, su fondali di -100 m, il paraggio (fig. 2.1) è esposto al mare aperto per un settore di traversia compreso fra le direzioni di 130°N e 290°N.

Un limitato sottosectore (di traversia principale) si estende da 130° N (estremità meridionale della penisola salentina) sino al 177° N (P.ta Alice) e si affaccia sul Mare Mediterraneo sino alle coste della Libia e dell'Egitto (distanti oltre 1000 km); il settore più ampio, compreso tra 177°N e 290°N, è quello che si affaccia sulla costa ionica della Calabria e Basilicata (per un'estensione massima del settore di traversia di circa 110 km) ma con limiti geografici mediamente di 50 km. Per un'analisi del settore di traversia, più propriamente mirata alla valutazione delle condizioni di possibile esposizione agli stati di mare, è ormai prassi consolidata fare riferimento in luogo dei settori di traversia geografica al cosiddetto fetch efficace che rappresenta la porzione di mare costituente sotto l'azione diretta dei venti, l'area di generazione dell'evento di moto ondoso (si ricorda che per "fetch" si intende la lunghezza della porzione di mare sulla quale può avvenire la generazione del moto ondoso ad opera dell'azione esercitata direttamente dal vento).

A tal proposito si è proceduto secondo il metodo descritto in appendice che consente di valutare le porzioni di mare (fetch efficaci) effettivamente coinvolte dal fenomeno di generazione del moto ondoso. Tale metodo tiene conto del fatto che il moto ondoso viene generato non solo nella direzione lungo la quale spira il vento, ma anche in tutte le direzioni comprese in un settore di $\pm 90^\circ$ rispetto alla sua direzione media di azione: pertanto ai fini della valutazione delle caratteristiche del moto ondoso occorre tenere conto non solo della lunghezza del fetch corrispondente alla direzione principale, ma anche (in modo opportuno) delle lunghezze corrispondenti a tutte le altre direzioni comprese nel settore di traversia del paraggio in esame (fig. 2.1). Considerato che nel Mar Mediterraneo le perturbazioni cicloniche hanno estensioni massime dell'ordine dei 500 km, i fetch geografici sono stati limitati a tale dimensione utilizzando il modello ENIF per il calcolo automatico dei relativi fetch efficaci. L'applicazione del modello numerico suddetto consente inoltre di definire la legge di deviazione tra la direzione media del vento e la direzione media del moto ondoso generato (fig. 2.2). Nel grafico di fig. 2.3 vengono riportati i valori dei fetch efficaci calcolati per ciascuna direzione. Dall'analisi di quest'ultimo e della tab 2.1 si evince che nel caso in esame il fetch efficace massimo per il paraggio in oggetto è pari a circa 310 km ed è riferibile alla direzione 160°N, appartenente al settore di scirocco-mezzogiorno.

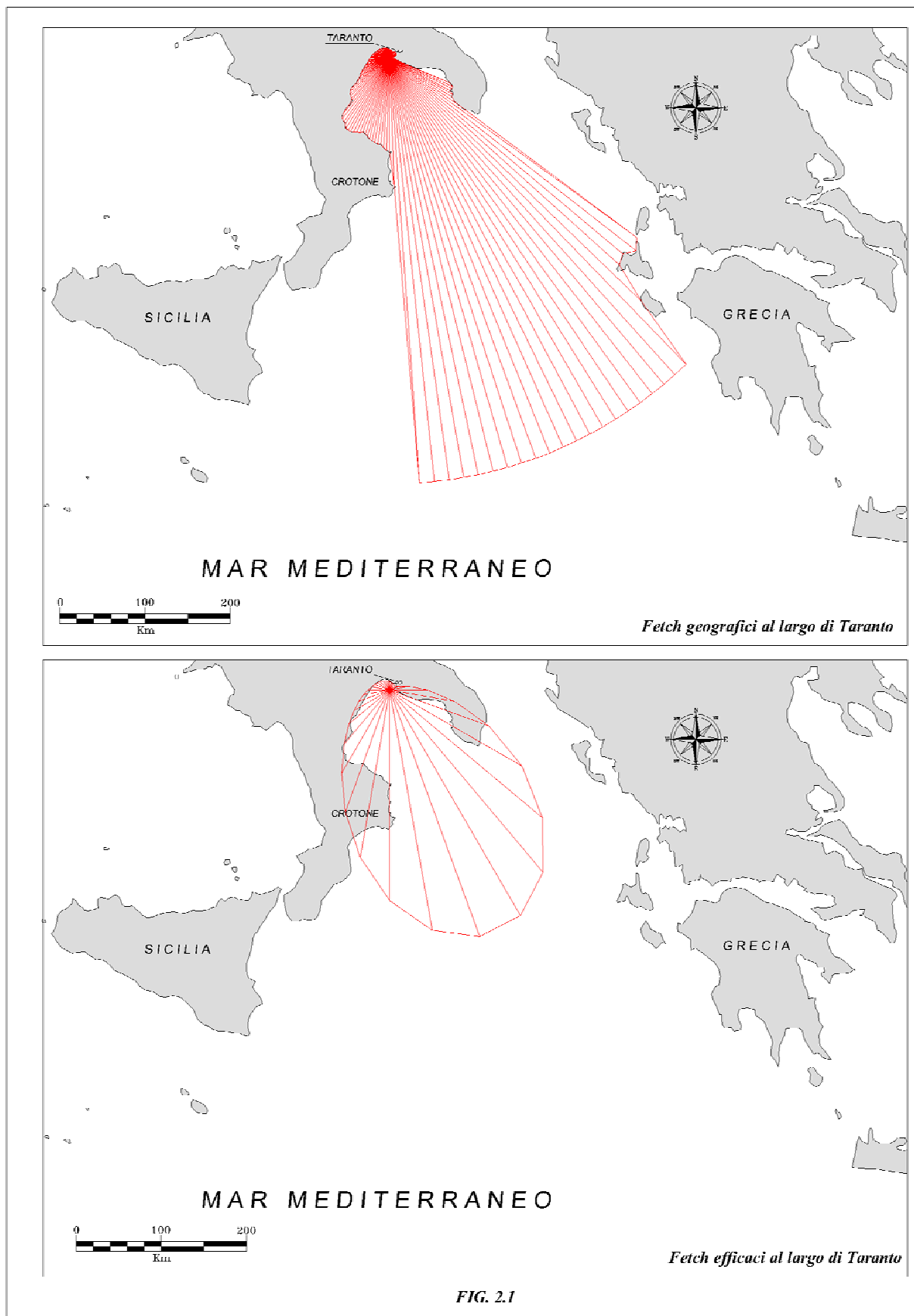
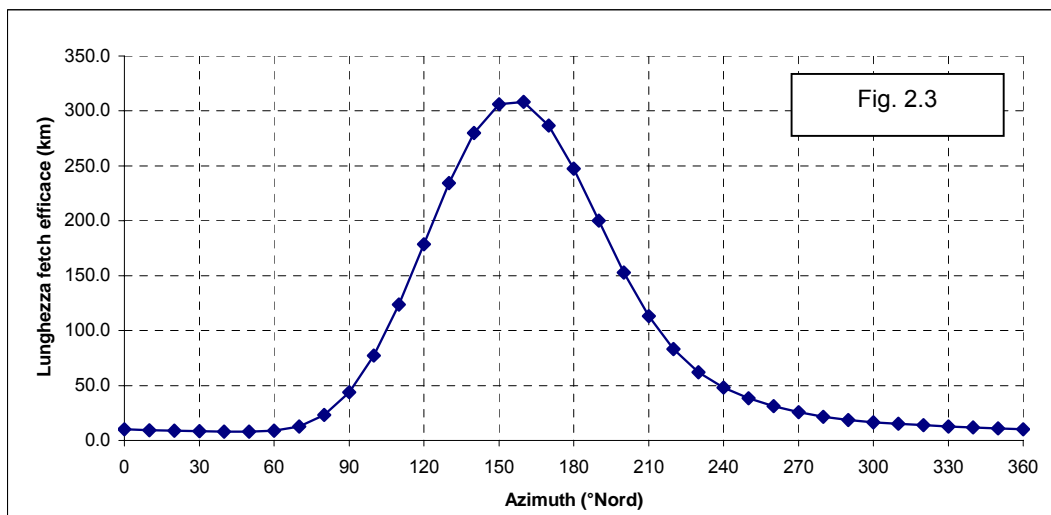
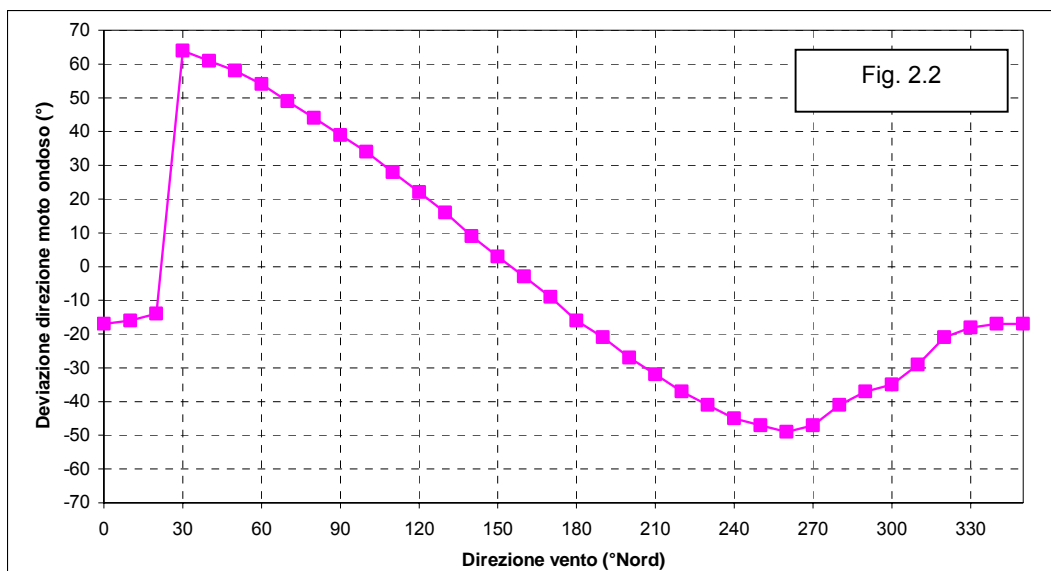


FIG. 2.1

Tab 2.1 - Fetch geografici ed efficaci al largo di Taranto (-100 m s.l.m.)

Direzione media settore di traversia (°Nord)	Fetch Geografico (km)	Fetch Efficace (km)	Deviazione direzione vento-mare (°)	Direzione media settore di traversia (°Nord)	Fetch Geografico (km)	Fetch Efficace (km)	Deviazione direzione vento-mare (°)
0	10.20	9.99	-17.0	180	150.49	247.49	-16.0
10	9.90	9.33	-16.0	190	101.34	199.92	-21.0
20	8.11	8.80	-14.0	200	93.27	153.00	-27.0
30	8.83	8.35	64.0	210	97.42	113.17	-32.0
40	9.87	7.99	61.0	220	90.16	83.09	-37.0
50	9.84	7.88	58.0	230	62.36	62.19	-41.0
60	9.43	8.83	54.0	240	41.60	48.15	-45.0
70	8.52	12.86	49.0	250	33.91	38.42	-47.0
80	4.35	23.28	44.0	260	27.38	31.19	-49.0
90	4.76	43.83	39.0	270	24.07	25.67	-47.0
100	7.50	77.29	34.0	280	21.41	21.60	-41.0
110	13.97	123.64	28.0	290	19.27	18.71	-37.0
120	79.81	178.70	22.0	300	17.59	16.65	-35.0
130	366.72	234.19	16.0	310	16.39	15.09	-29.0
140	500.00	279.74	9.0	320	15.40	13.82	-21.0
150	500.00	306.10	3.0	330	14.42	12.71	-18.0
160	500.00	308.16	-3.0	340	13.29	11.70	-17.0
170	500.00	286.61	-9.0	350	12.22	10.79	-17.0



3 Regime dei venti

L'analisi del regime dei venti è principalmente finalizzata ad una prima analisi qualitativa degli stati di mare generati dall'azione del vento: nella conduzione dell'analisi del regime anemologico si è fatto riferimento alle registrazioni delle stazioni meteorologiche costiere prossime al sito in oggetto. Per un'analisi esaustiva del regime dei venti si è fatto riferimento ai seguenti dati:

- **stazione meteorologica di Taranto (A.M. - periodo di funzionamento dal 1951 al 1977 - quota: 17 m s.l.m.):** La distribuzione delle frequenze annuali, suddivise per settori di provenienza (16 settori con ampiezza di 22.5°) e 5 classi di intensità del vento (più le calme), è stata sintetizzata nella tab. 3.1 e rappresentata graficamente nel grafico polare riportato nella fig. 3.1. I venti regnanti (più frequenti) risultano essere quelli di tramontana (frequenza cumulata pari a circa 13.3 %), di maestrale (frequenza cumulata pari a circa 12.3 %) e di libeccio (frequenza cumulata pari a circa 12.5 %), ma contributi significativi provengono anche dai settore di levante (11.4%) e mezzogiorno (10.5%). I venti dominanti (più forti) risultano essere quelli di tramontana e di maestrale.
- **stazione meteorologica di Marina di Ginosa (A.M. - periodo di funzionamento dal 1951 al 1977 - quota: 2 m s.l.m.):** La distribuzione delle frequenze annuali, suddivise per settori di provenienza (16 settori con ampiezza di 22.5°) e 5 classi di intensità del vento (più le calme), è stata sintetizzata nella tab. 3.2 e rappresentata graficamente nel grafico polare riportato nella fig. 3.2. La distribuzione spaziale delle frequenze di accadimento degli eventi risulta essere caratterizzata da un orientamento prevalente lungo la direzione Ovest-NordOvest÷Est-SudEst. Dal settore di maestrale provengono circa il 32.6% degli eventi, mentre i venti più forti risultano provenire dal settore di scirocco.
- **stazione meteorologica di Policoro (A.M. - periodo di funzionamento dal 1953 al 1962 - quota: 28 m s.l.m.):** La distribuzione delle frequenze annuali, suddivise per settori di provenienza (16 settori con ampiezza di 22.5°) e 5 classi di intensità del vento (più le calme), è stata sintetizzata nella tab. 3.3 e rappresentata graficamente nel grafico polare riportato nella fig. 3.3. Per la stazione A.M. di Policoro la distribuzione spaziale delle frequenze di accadimento degli eventi risulta essere caratterizzata da un orientamento prevalente lungo la direzione NordOvest÷SudEst. Infatti dal settore di maestrale provengono circa il 25.4% degli eventi, mentre nel settore di scirocco la frequenza di accadimento risulta pari a circa il 13.5%. I venti dominati risultano essere quelli spiranti dai settori di maestrale e tramontana.
- **stazione semaforica di S. Vito Pugliese (M.M. - periodo di funzionamento dal 1930 al 1963 - quota: 14 m s.l.m.):** Gli stati del vento della stazione di S. Vito pugliese sono stati dedotti da 3 osservazioni giornaliere. La distribuzione delle frequenze annuali dei dati I.I.M.M., suddivise per classi di provenienza (8 settori di 45° e per classi di intensità

del vento scala Beaufort), è stata sintetizzata nella tab. 3.4 e rappresentata graficamente nel grafico polare riportato nella fig. 3.4. Dai precedenti si osserva una netta prevalenza degli eventi provenienti dai settori di maestrale e di mezzogiorno, dai quali spirano anche i venti più intensi.

La distribuzione annuale dei venti per le stazioni indagate risulta essere congruente; nell'insieme, per il sito di Taranto, i venti locali regnanti sono diretti lungo l'asse Nord-NordOvest-Sud-SudEst, sono cioè orientati perpendicolarmente alla direzione media generale della costa metapontina. L'analisi dei soli venti più forti mostra una elevata percentuale relativa soprattutto dei venti da NordOvest e SudEst.

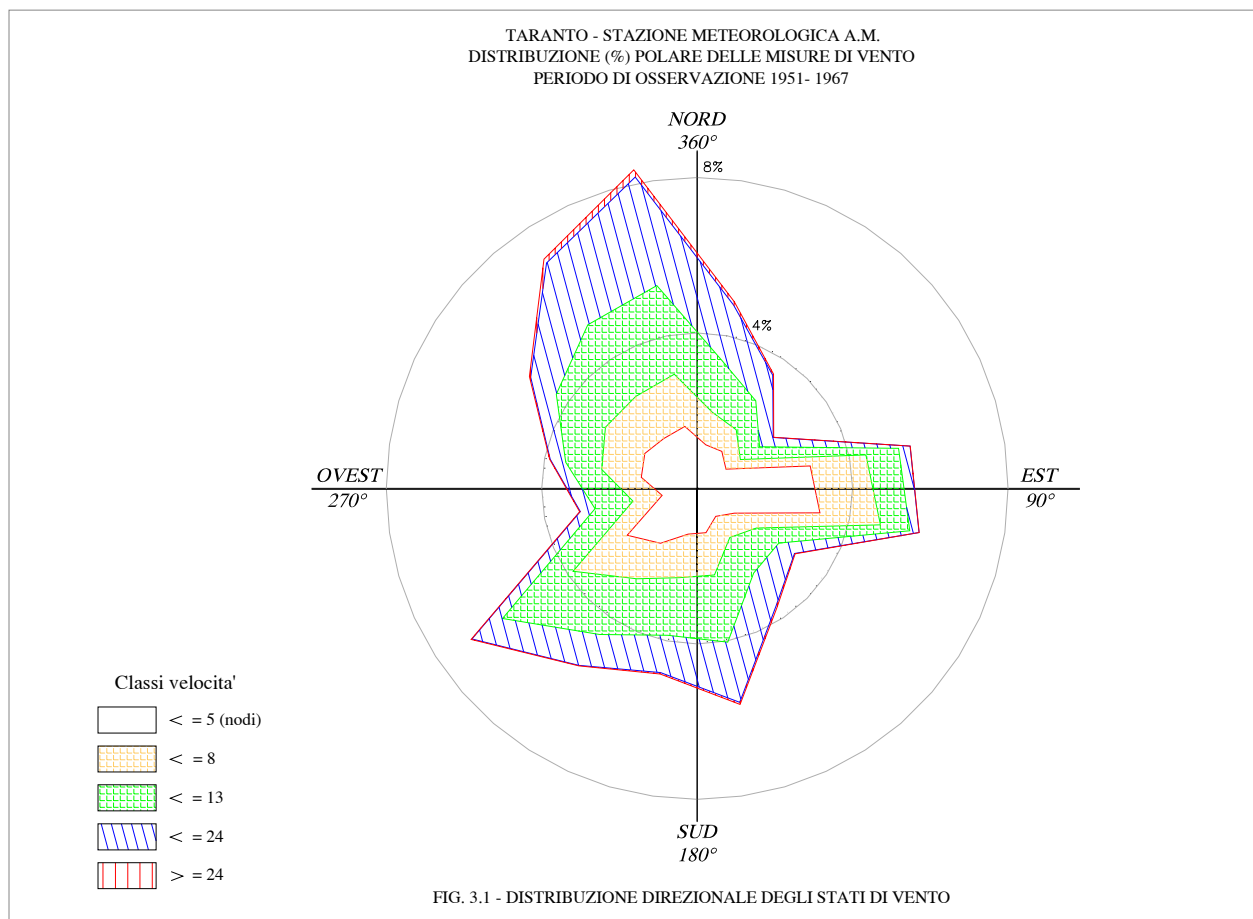
A conclusione dell'analisi per la caratterizzazione anemometrica del sito in esame si è fatto riferimento ad uno studio condotto in passato e riferito alle registrazioni anemometriche effettuate presso l'Istituto Meteorologico e Geofisico "Ferrajolo" di Taranto nel periodo 1960-1996 per velocità superiori a 20 km/h (10 nodi). I dati delle registrazioni confermano la netta prevalenza degli stati di vento più intensi da sud-est (scirocco) e sud (mezzogiorno) con una velocità massima di 63 km/h ed un'intensità media degli eventi estremi pari a circa 31 km/h.

Tab. 3.1 - STAZIONE A.M. DI TARANTO

Direzione e velocità del vento
Distribuzione delle frequenze annuali(*) (media sul periodo 1951 ÷ 1967)

DIR (°N)	Classi di velocità (nodi)						Totali
	0 ÷ 1	2 ÷ 4	5 ÷ 7	8 ÷ 12	13 ÷ 23	24 ÷ 99	
0.0 ÷ 22.5		11.43	8.58	13.38	14.75	0.83	48.97
22.5 ÷ 45.0		11.46	6.69	8.97	7.91	0.37	35.38
45.0 ÷ 67.5		8.93	4.47	5.92	4.25	0.10	23.67
67.5 ÷ 90.0		29.66	14.62	8.55	3.06	0.04	55.94
90.0 ÷ 112.5		32.23	15.88	7.68	2.43	0.04	58.26
112.5 ÷ 135.0		11.49	6.86	6.96	4.81	0.21	30.33
135.0 ÷ 157.5		8.62	6.54	11.04	10.32	0.40	36.92
157.5 ÷ 180.0		11.63	11.09	17.64	15.77	0.53	56.65
180.0 ÷ 202.5		11.98	11.42	15.16	9.75	0.37	48.68
202.5 ÷ 225.0		16.95	11.01	17.24	9.57	0.12	54.90
225.0 ÷ 247.5		21.67	16.69	21.85	9.50	0.25	69.96
247.5 ÷ 270.0		9.17	7.63	9.97	3.89	0.13	30.80
270.0 ÷ 292.5		14.66	10.34	9.47	4.06	0.17	38.70
292.5 ÷ 315.0		16.16	12.21	15.21	7.94	0.37	51.89
315.0 ÷ 337.5		15.43	13.03	22.15	19.17	1.16	70.93
337.5 ÷ 360.0		16.24	13.74	23.24	28.44	1.92	83.58
VARIABILI		0.00	0.04	0.00	0.02	0.00	0.06
0 ÷ .5 m/s	204.36						204.36
Totali	204.36	247.70	170.85	214.43	155.64	7.02	1000.00

Quota strumento (m s.l.m.) 17
 Numero totale eventi: 48575
 (*) Valori per migliaia di unità



Tab. 3.2 - STAZIONE A.M. MARINA DI GINOSA

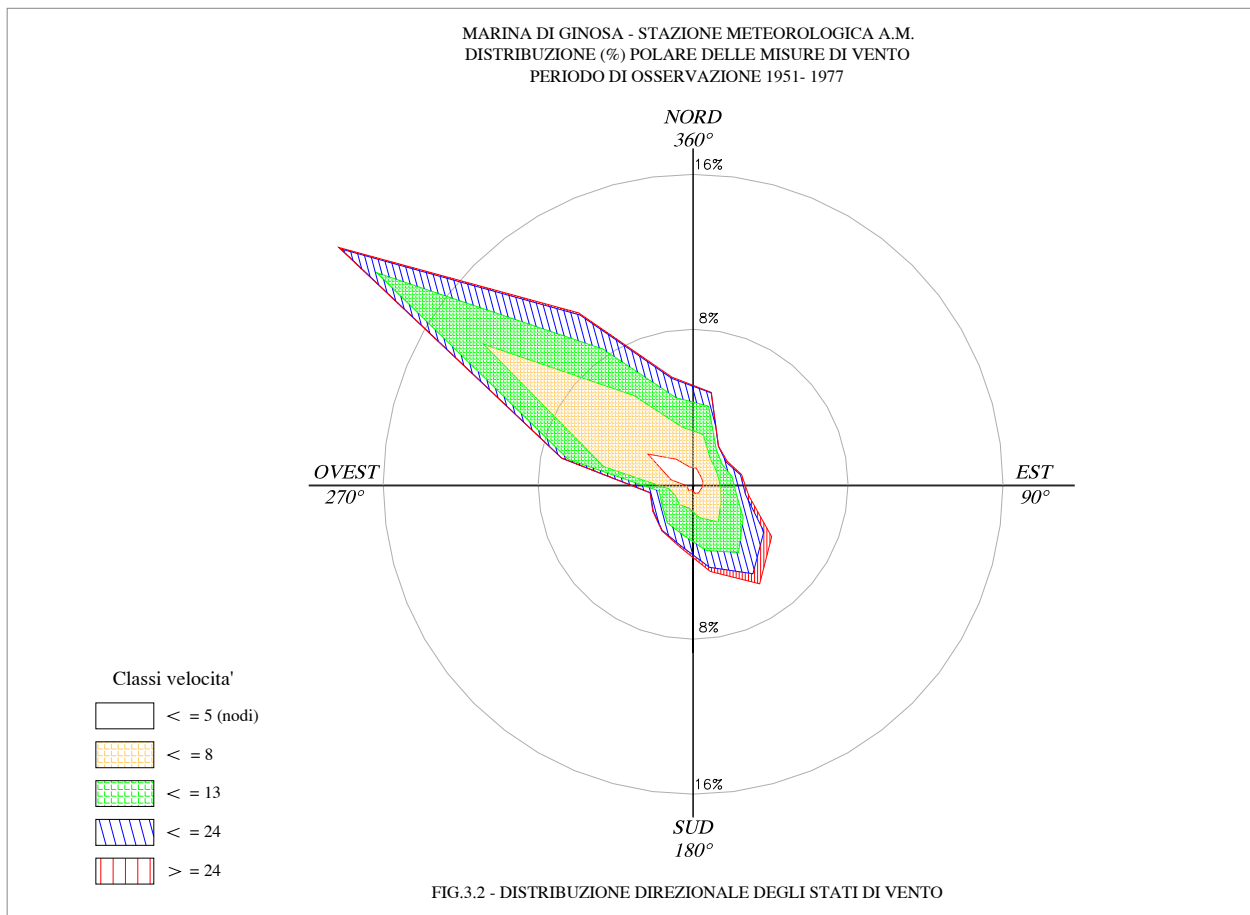
Direzione e velocità del vento
Distribuzione delle frequenze annuali(*) (media sul periodo 1951 ÷ 1977)

DIR (°N)	Classi di velocità (nodi)						Totali
	0 ÷ 1	2 ÷ 4	5 ÷ 7	8 ÷ 12	13 ÷ 23	24 ÷ 99	
0.0 ÷ 22.5		8.48	17.70	14.94	6.98	0.25	48.34
22.5 ÷ 45.0		6.10	9.89	5.57	1.94	0.11	23.62
45.0 ÷ 67.5		5.41	8.53	4.28	2.33	0.70	21.25
67.5 ÷ 90.0		5.21	8.41	6.87	4.42	0.62	25.51
90.0 ÷ 112.5		5.14	9.33	8.16	5.03	1.62	29.28
112.5 ÷ 135.0		4.73	12.57	13.77	12.91	4.80	48.78
135.0 ÷ 157.5		5.41	17.92	19.01	13.23	6.31	61.87
157.5 ÷ 180.0		4.85	12.75	17.33	8.81	2.18	45.91
180.0 ÷ 202.5		2.93	9.44	14.37	5.62	0.92	33.29
202.5 ÷ 225.0		4.01	8.62	11.31	4.74	0.27	28.95
225.0 ÷ 247.5		3.41	7.39	8.53	5.45	0.23	25.01
247.5 ÷ 270.0		3.61	8.96	5.29	4.65	0.18	22.70
270.0 ÷ 292.5		11.63	35.49	18.54	3.39	0.14	69.18
292.5 ÷ 315.0		28.17	101.89	66.47	22.12	1.47	220.11
315.0 ÷ 337.5		15.58	39.48	28.88	21.14	1.29	106.38
337.5 ÷ 360.0		9.07	21.08	15.36	10.18	0.71	56.40
VARIABILI		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0 ÷ .5 m/s	133.42						133.42
Totali	133.42	123.72	329.43	258.68	132.94	21.81	1000.00

Quota strumento (m s.l.m.) 2

Numero totale eventi: 29202

(*) Valori per migliaia di unità

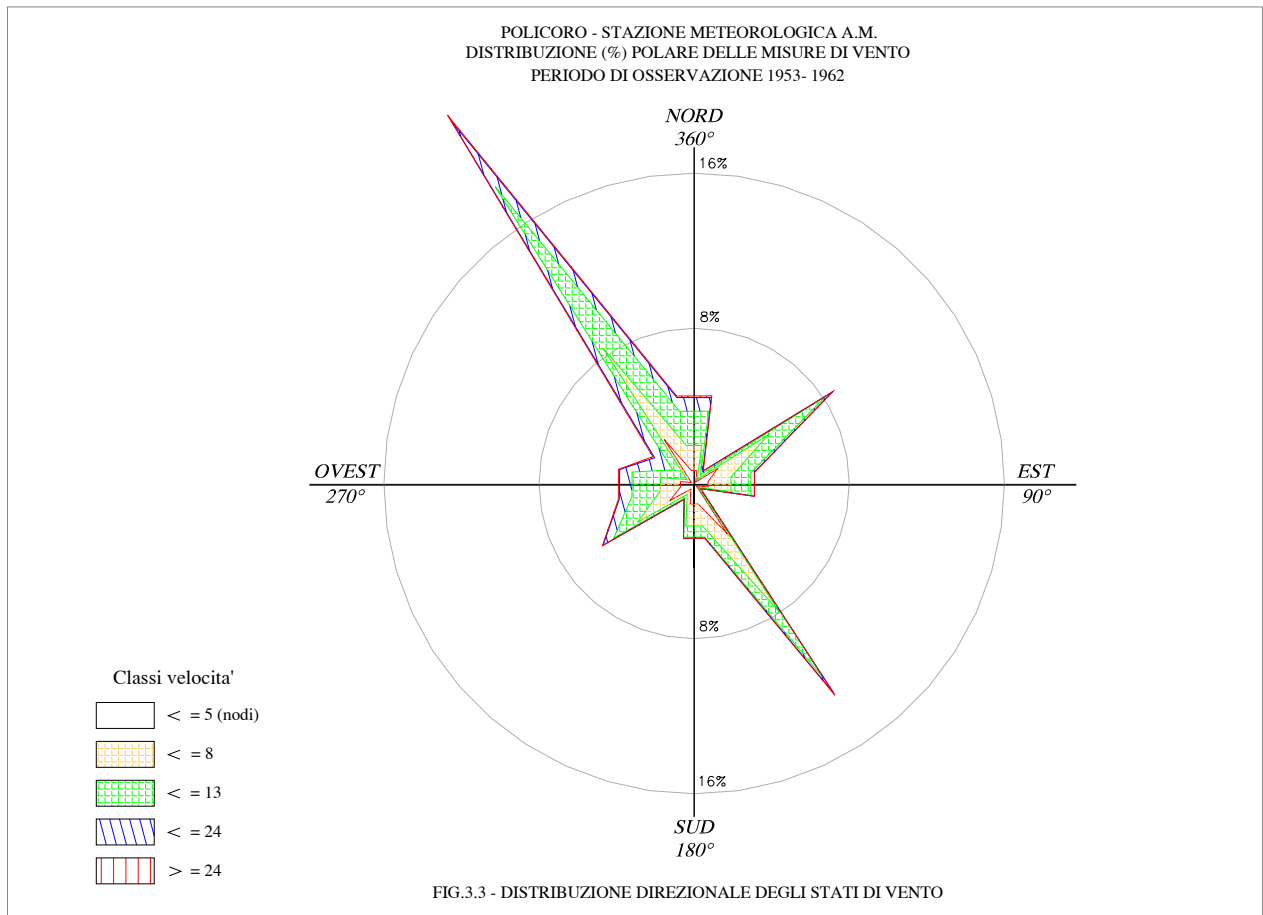


Tab. 3.3 - STAZIONE A.M. DI POLICORO

Direzione e velocità del vento
 Distribuzione delle frequenze annuali(*) (media sul periodo 1953 ÷ 1962)

DIR (°N)	Classi di velocità (nodi)						Totali
	0 ÷ 1	2 ÷ 4	5 ÷ 7	8 ÷ 12	13 ÷ 23	24 ÷ 99	
0.0 ÷ 22.5		7.35	13.12	17.94	7.23	0.86	46.50
22.5 ÷ 45.0		1.50	1.40	3.13	2.12	0.29	8.44
45.0 ÷ 67.5		14.43	31.50	35.62	4.12	0.14	85.81
67.5 ÷ 90.0		7.33	12.06	10.45	1.82	0.05	31.71
90.0 ÷ 112.5		7.29	12.11	10.45	1.82	0.05	31.71
112.5 ÷ 135.0		1.39	1.29	1.01	0.29	0.10	4.07
135.0 ÷ 157.5		30.59	48.61	41.42	9.06	1.02	130.70
157.5 ÷ 180.0		10.40	11.51	5.78	0.60	0.08	28.37
180.0 ÷ 202.5		10.44	11.54	5.78	0.60	0.05	28.40
202.5 ÷ 225.0		3.03	3.27	2.44	0.53	0.05	9.32
225.0 ÷ 247.5		14.86	20.10	14.86	6.66	0.43	56.92
247.5 ÷ 270.0		7.24	10.61	14.89	6.59	0.58	39.90
270.0 ÷ 292.5		7.19	10.57	14.84	6.59	0.58	39.77
292.5 ÷ 315.0		1.73	2.68	8.92	11.22	1.05	25.60
315.0 ÷ 337.5		27.81	56.62	100.16	40.32	4.03	228.93
337.5 ÷ 360.0		7.31	13.14	17.94	7.19	0.86	46.44
VARIABILI		0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	
0 ÷ .5 m/s	157.39						157.39
Totali	157.39	159.88	260.13	305.62	106.76	10.21	1000

Quota strumento (m s.l.m.) 28
 Numero totale eventi: 20859
 (*) Valori per migliaia di unità

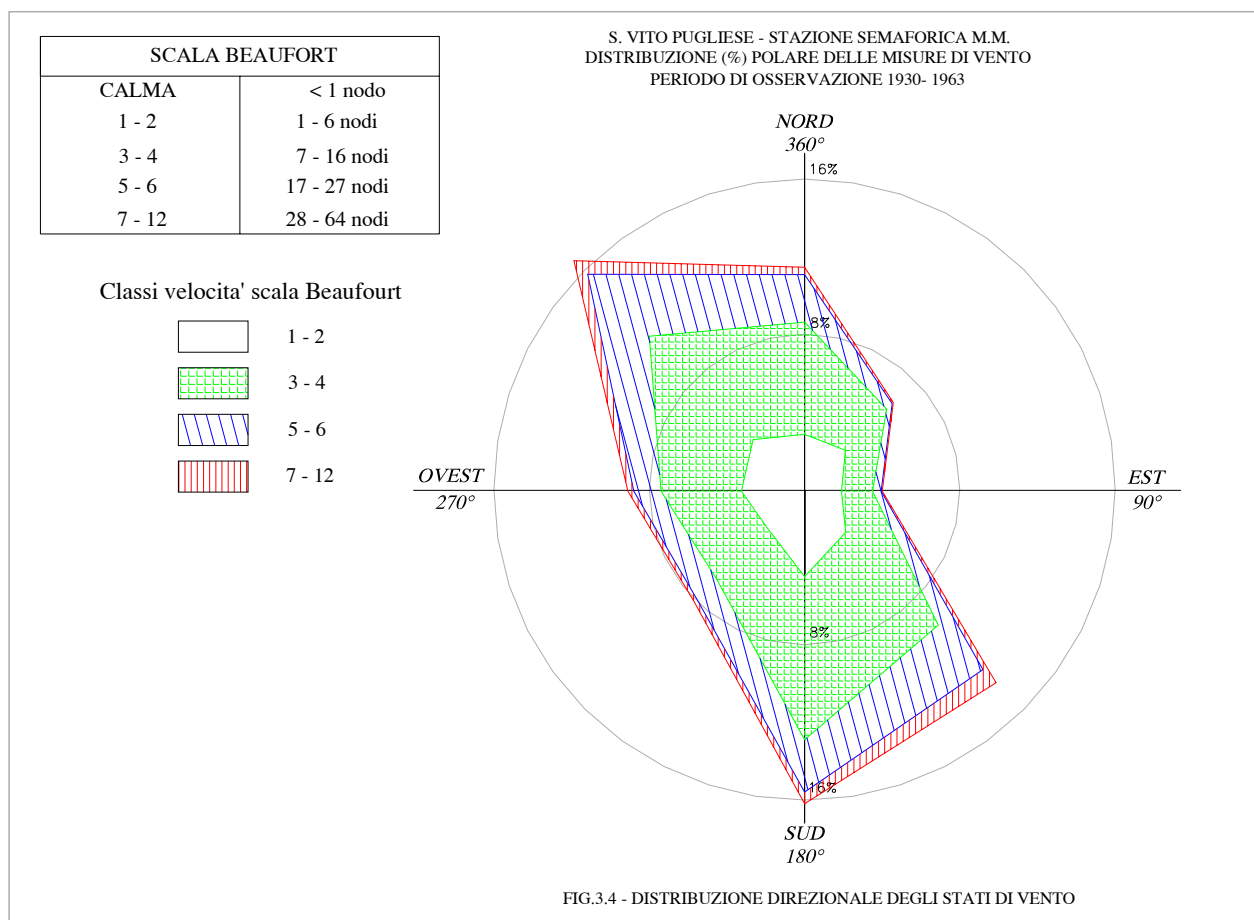


Stazione Semaforica di S.Vito Pugliese (M.M.)
 Lat. 40,25 Long. 17,12 - Alt. 14 s.m.
 Periodo di osservazione dal 1930 al 1963
 Stati del vento dedotti da 3 osservazioni giornaliere

**Tab. 3.4 - Frequenze annuali (in percentuali) delle misure anemometriche
 Suddivisione in classi di velocità e settori di provenienza**

Settori di provenienza n.	(^ Nord)	Classi di velocità (scala Beaufort)				Totale
		1-2	3-4	5-6	7-12	
1	337.5 - 22.5	2.93	5.78	2.45	0.38	11.54
2	22.5 - 67.5	2.98	3.00	0.40	0.08	6.46
3	67.5 - 112.5	1.90	1.60	0.45	0.05	4.00
4	112.5 - 157.5	3.00	6.75	3.25	0.95	13.95
5	157.5 - 202.5	4.40	8.40	2.70	0.60	16.10
6	202.5 - 247.5	2.70	3.70	1.45	0.20	8.05
7	247.5 - 292.5	3.25	4.14	1.40	0.31	9.10
8	292.5 - 337.5	3.75	7.55	4.50	1.00	16.80
Totale		24.91	40.92	16.60	3.57	86.00

Calme (%) 14.00



4 Variazioni del livello marino

La conoscenza delle massime variazioni quasi-statiche del livello marino, dovute principalmente alla marea astronomica e "meteorologica", è necessaria per la corretta progettazione delle quote da assegnare alle opere di difesa, delle profondità di dragaggio nei bacini portuali e nel caso di applicazioni alla dinamica costiera, per la determinazione dell'altezza limite di swash (quota della spiaggia emersa raggiunta dal mare). In generale per quanto riguarda le variazioni a breve termine, periodiche e non, occorre distinguere gli effetti della marea astronomica da quelli della marea "meteorologica" (indotta essenzialmente dall'azione del vento e dalle variazioni di pressione atmosferica). Nella zona del Mar Ionio ove ricade il paraggio costiero in esame le escursioni quasi statiche del livello del mare sono di fatto modeste.

Nel porto di Taranto è collocata una stazione mareografica che, dal 1956, effettua misure del livello marino e che, dal 1998, oltre al livello marino misura anche velocità del vento, direzione del vento, temperatura dell'acqua, temperatura dell'aria e pressione atmosferica.

Pertanto per la definizione delle variazioni del livello marino indotte dall'azione combinata della marea astronomica e di quella meteorologica è stata eseguita l'analisi e l'elaborazione dei dati misurati presso la suddetta stazione mareografica. Lo studio è stato sviluppato dall'ing. Gian Mario Beltrami.

4.1 La stazione mareografica di Taranto

La prima stazione mareografica di Taranto (n.14), posta in opera nel 1956 presso l'estremità dello sporgente San Cataldo (40°28'32" N -17°13'24" E), era costituita da un mareografo del tipo M450 lagunare a sensore galleggiante.

Nel 1990 la stazione è stata ricostruita presso l'estremità del molo San Egidio (40°28'31" N - 17°13'29" E) ed è stata dotata di una unità di acquisizione modello SM3810 della SIAP capace di gestire tre sensori di misura. La stazione ha funzionato da novembre 1991 a maggio 1998. Nell'ambito del processo di trasformazione e ammodernamento della Rete Mareografica Nazionale (RMN), principalmente orientato a permettere il rilevamento centralizzato e in tempo reale del dato misurato, la stazione di Taranto - analogamente alle altre stazioni della rete - è stata dotata nel giugno del 1998 di una nuova unità di acquisizione (SM3840-SIAP) in grado di gestire sei sensori di misura (livello, velocità del vento, direzione del vento, temperatura dell'acqua, temperatura dell'aria e pressione atmosferica). La stazione ha iniziato a operare alla fine del giugno 1998. In particolare, le misure di livello vengono effettuate da un sensore del tipo a ultrasuoni (ID0710- SIAP) compensato per tener conto dei gradienti di temperatura dell'aria (Lama e Corsini, 2000; AA.VV., 2000).

Inizialmente gestita dal Ministero dei Lavori Pubblici tramite l'Ufficio del Genio Civile OO.PP. di Bari e successivamente dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (SIMN), la stazione è oggi competenza del Servizio Mareografico (SM) del Dipartimento per la Tutela delle Acque Marine e Interne (DTAMI) dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (APAT).

4.2 Estensione della serie storica misurata e rendimenti

La serie storica disponibile, scaricata dal sito dedicato dell'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici (1), si estende dal gennaio 1993 al dicembre 2005 per quanto riguarda le misure orarie di livello idrometrico, mentre dal giugno 1998 al dicembre 2005 per quanto riguarda velocità del vento, direzione del vento, temperatura dell'acqua, temperatura dell'aria e pressione atmosferica.

Per quanto riguarda le misure di livello idrometrico, la stazione di Taranto registra un rendimento complessivo su 13 anni pari a 88.3%, mentre per quanto riguarda le misure di pressione il rendimento di 8 anni risulta pari al 93.6%. Nella figura 4.1 sono indicati i rendimenti annuali della stazione per quanto riguarda le citate misure.

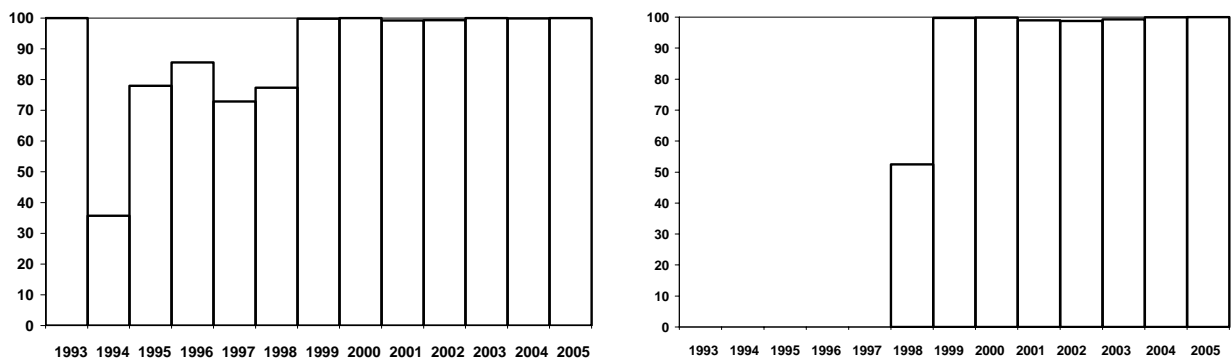


Fig. 4.1: Rendimenti annuali percentuali della stazione di Taranto in termini di misure di livello (sx) e di misure di pressione (dx).

(1) <http://www.idromare.com/>

4.3 Analisi preliminare dei dati

4.3.1 Analisi delle variazioni del livello e della pressione atmosferica media mensile

Una prima analisi condotta sulle variazioni del livello medio mensile (Fig. 4.2) rileva immediatamente come i lavori di ammodernamento della stazione effettuati nel giugno del 1998 hanno portato alla variazione dello zero dello strumento.

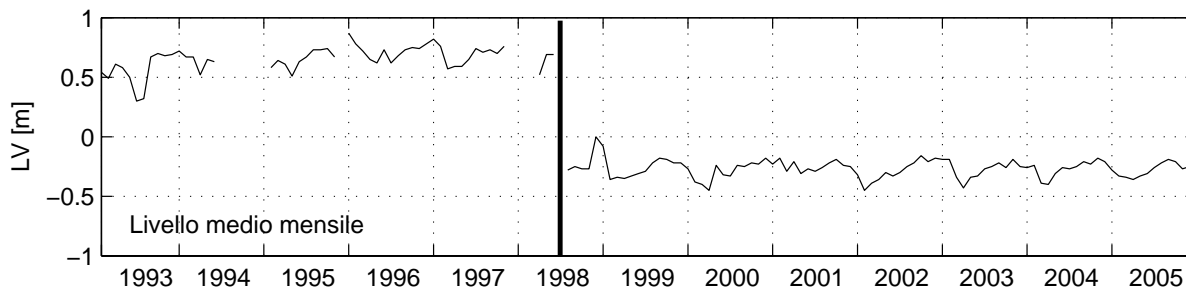


Fig. 4.2: Variazione del livello idrometrico medio mensile tra il 1993 e il 2005.

In particolare, il livello medio marino (l.m.m.), calcolato mediando la serie storica che si estende tra il gennaio del 1993 e il maggio 1998 appare posizionarsi a +0.65 m dallo zero dello strumento, mentre quello calcolato mediando la serie storica che si estende tra il giugno del 1998 e il dicembre 2005 appare posizionarsi a -0.27 m dallo stesso zero strumentale.

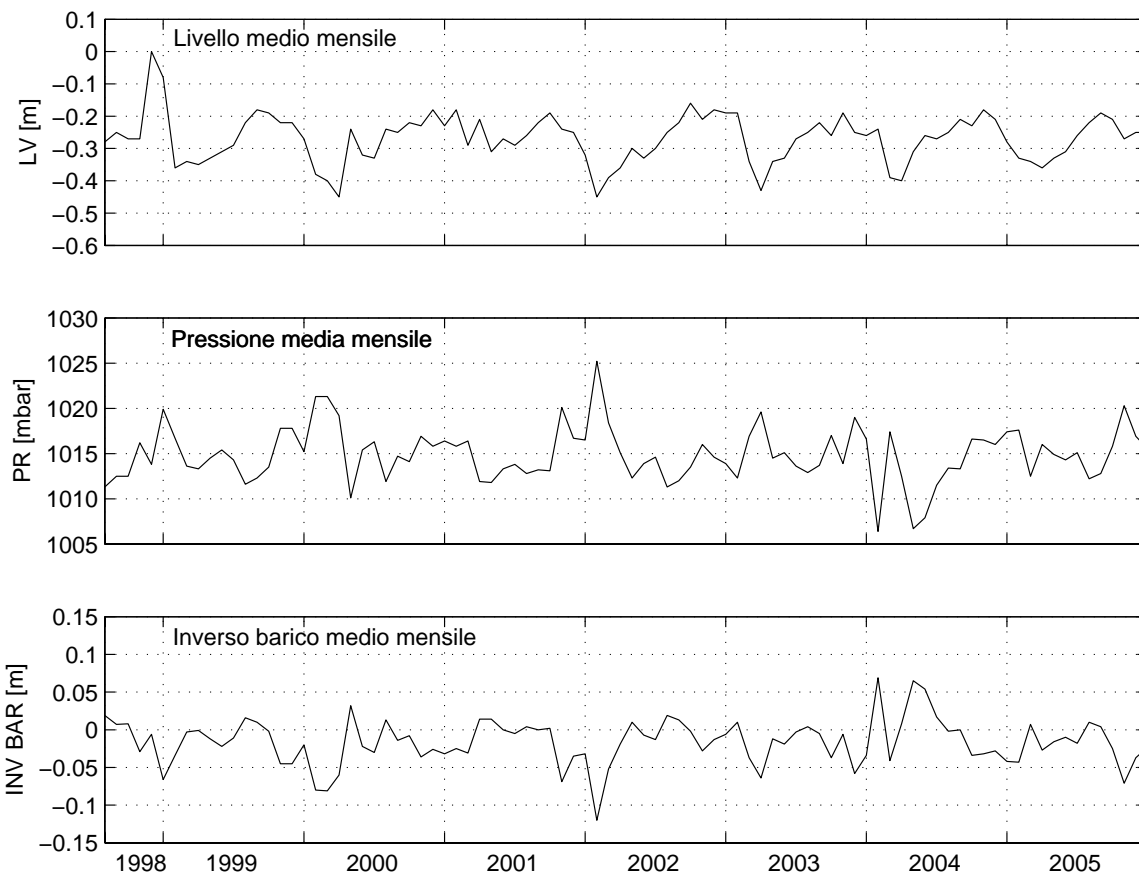


Fig. 4.3: Variazione del livello idrometrico della pressione e dell'inverso barico medio mensile tra il 1998 e il 2005.

Di particolare interesse è anche l'analisi delle variazioni del livello, della pressione atmosferica e dell'inverso barico medio mensile nel periodo 1998 – 2005. In particolare, la variazione del livello medio mensile tra un minimo pari a -0.45 m nei primi mesi dell'anno e un massimo di 0.20 m nei mesi autunnali appare solo parzialmente correlabile alle variazioni di pressione atmosferica, ovvero all'alternarsi di periodi di alta e di bassa pressione, suggerendo una qualche dipendenza da effetti locali dovuti all'azione del vento.

4.3.2 Analisi armonica

Allo scopo di uniformare la serie storica delle misure di livello, eliminando la disuniformità prodotta nel 1998 dall'ammodernamento della stazione, alle serie misurate tra il gennaio 1993 e il maggio 1998 e tra il giugno 1998 e il dicembre 2005 sono state sottratte le rispettive medie totali, rispettivamente pari a +0.65 m e -0.27 m. La serie storica a media nulla così ottenuta è stata sottoposta a tradizionale analisi armonica (Godin, 1972), ovvero demodulata nelle frequenze note del potenziale di marea (Doodson, 1921; Cartwright and Tayler, 1971) in modo da determinarne, mediante la tecnica ai minimi quadrati (Foremann, 1977), le costituenti in termini di ampiezza e di fase. Ipotizzando una risposta di tipo lineare del bacino geofisico considerato, la serie residua - derivata dalla semplice sottrazione del mareogramma ricostruito da quello osservato (Fig. 4.4) - è stata considerata rappresentativa dell'onda di marea meteorologica, ovvero della componente stocastica della variazione di livello.

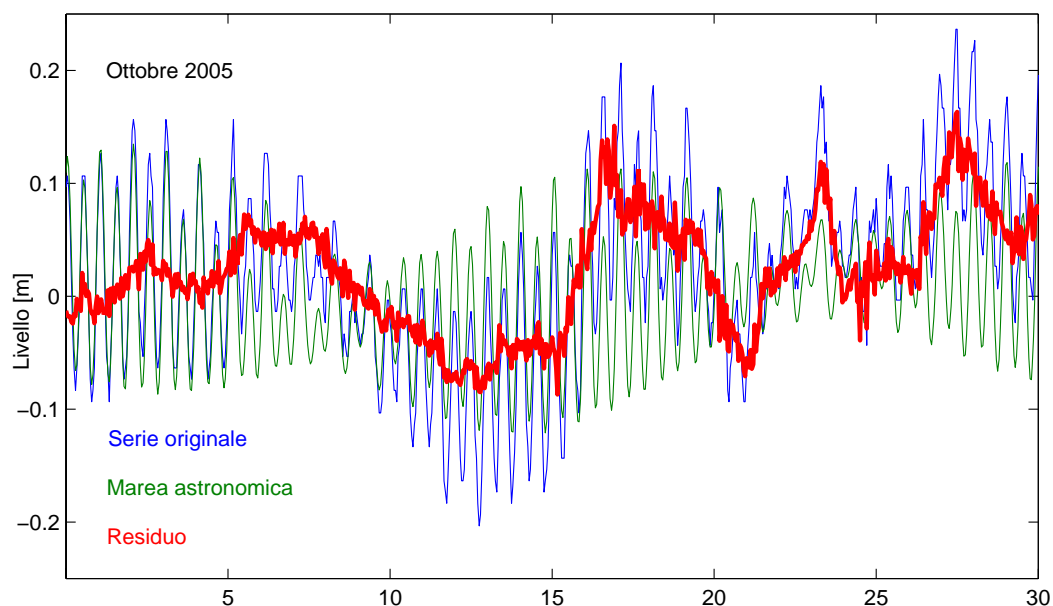


Fig. 4.4: Esempio di risultato dell'analisi armonica condotta sulla serie storica registrata.

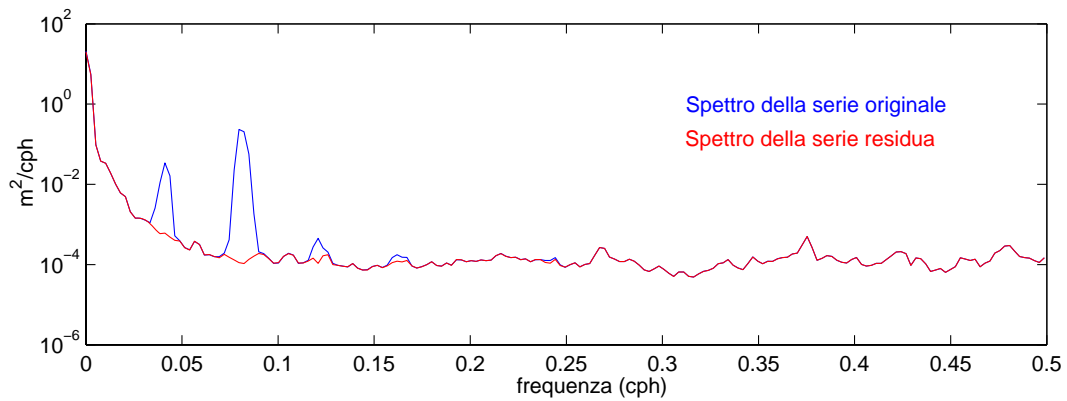


Fig. 4.5: Spettro della serie originale e spettro della serie residua.

La figura 4.5 riporta gli spettri rispettivamente della serie originale e della serie residua mostrando l'efficacia dell'analisi condotta nel rimuovere le componenti con energia sulle frequenze di marea astronomica.

Conformemente alle altre località del Mar Ionio, del Mediterraneo centrale e del Mare Adriatico, la marea astronomica a Taranto si presenta del tipo misto a dominante semidiurna. L'escursione del livello di marea ha una altezza variabile tra i 10 e i 20 cm circa. La tabella 4.1 riporta - in termini di ampiezza e fase (rispetto a Greenwich) – i valori calcolati per le principali costituenti armoniche.

	M2	S2	K1	N2	K2	O1	P1
Ampiezza (cm)	6.4	3.3	2.0	1.1	1.0	0.9	0.8
Fase (°)	67.2	71.6	36.1	66.7	68.9	26.1	22.3

Tab. 4.1: Costanti armoniche calcolate per la stazione di Taranto.

4.4 Analisi statistica dei livelli estremi

4.4.1 Introduzione

Nell'analisi statistica degli estremi di livello sono possibili due approcci (Bortot e Tawn, 1997, Hawkes e al, 2002):

- la modellazione statistica della serie storica originaria, ovvero composta dalla sovrapposizione della sua componente deterministica costituita dalla marea astronomica e della sua componente stocastica costituita dalla marea meteorologica (approccio diretto);
- la decomposizione della serie storica nelle singole componenti deterministica e stocastica, la modellazione statistica della componente stocastica e quindi della dipendenza tra le due componenti (approccio indiretto).

Per quanto l'approccio indiretto, tenendo separate la componente deterministica (per la quale non è necessaria alcuna estrapolazione in quanto esattamente predicibile) da quella stocastica, sia da preferire, esso presenta una qualche difficoltà nella modellazione della dipendenza esistente tra le due componenti. Nel caso presente si è quindi scelto di applicare principalmente il metodo diretto, ovvero di modellare i valori estremi della serie storica originale, e – parzialmente – il metodo indiretto, modellando i valori estremi della serie dei residui ed escludendo la modellazione della dipendenza tra la componente deterministica e stocastica.

4.4.2 Modellazione delle eccedenze

L'estensione limitata della serie storica disponibile - 13 anni - non permettendo la modellazione dei soli massimi annuali, ovvero dei massimi di blocchi annuali di dati orari, ha consigliato, sia per la serie storica completa che per la serie dei residui, l'applicazione della modellazione delle eccedenze, definendo quali eventi estremi indipendenti - nell'ipotesi di stazionarietà della serie storica analizzata - i massimi di blocchi di dati superiori a una soglia prefissata (peak over threshold). La modellazione è stata effettuata assumendo quale funzione di distribuzione la Distribuzione Generalizzata di Pareto (GPD – Generalized Pareto Distribution)

$$H(x) = \left[1 + \xi \left(\frac{x-u}{\sigma} \right) \right]^{-\frac{1}{\xi}} \quad \begin{cases} u = \text{soglia} \\ \xi = \text{parametro di forma} \\ \sigma = \text{parametro di scala} \end{cases}$$

risultando questa ultima (Coles, 2000) la funzione secondo la quale si distribuisce una popolazione di massimi sopra una soglia sufficientemente alta, nell'ipotesi che la corrispondente popolazione dei massimi annuali si distribuisca secondo la funzione Generalizzata dei Valori Estremi (GEV – Generalized Extreme Value).

4.4.3 Definizione del campione e inferenza della Distribuzione Generalizzata di Pareto

La costruzione del campione indipendente e omogeneo ha previsto la definizione di una opportuna soglia (threshold), la definizione di gruppi di dati sopra di essa associabili a eventi

indipendenti (clusters) e la individuazione del massimo di ciascun gruppo. In particolare, sia nell'analisi della serie storica completa che in quella dei residui, si è proceduto nel seguente modo:

- si è scelta una prima soglia pari a 0.00 m, definendo i clusters rappresentativi di eventi indipendenti nell'ipotesi che tra un evento indipendente e l'altro esista una persistenza sotto la soglia pari a circa 12 ore nel caso della serie storica completa e pari a 24-48 ore nel caso della serie dei residui. Nel primo caso si è quindi ipotizzato un intervallo tra eventi indipendenti pari all'intervallo che separa due massimi di marea astronomica, mentre nel secondo caso si è ipotizzato un intervallo tra eventi indipendenti pari all'intervallo che mediamente separa due perturbazioni meteorologiche nel Mediterraneo centrale;
- utilizzando i campioni dei massimi dei clusters così ottenuti si è tracciato il 'grafico di vita residua della media' (Mean Residual Life Plot), individuando su di esso la soglia oltre la quale la media della variabile casuale di interesse - espressa in funzione della soglia - assume andamento lineare;
- in base alle soglie così determinate, i campioni precedentemente ottenuti sono stati sottoposti a una nuova procedura di declustering;
- utilizzando i nuovi campioni di eventi indipendenti e omogenei, allo scopo di verificare la validità della scelta della soglia, si è verificata la costanza dei parametri di scala (σ) e di forma (ξ) della distribuzione generalizzata di Pareto all'aumentare della soglia stessa;
- utilizzando il metodo della massima verosimiglianza si è infine eseguita l'inferenza della Distribuzione Generalizzata di Pareto per i campioni individuati, verificando la validità della scelta del modello attraverso grafici diagnostici (Diagnostic Plots) quali il confronto tra le probabilità del modello e le frequenze empiriche (Probability Plot) tra i quantili della distribuzione considerata e empirici (Quantile Plot), nonché verificando l'andamento delle funzioni distribuzione di probabilità (Return Level Plot) e densità di probabilità (Density Plot).

4.4.4 Risultati

In figura 4.6 sono rappresentati il grafico di vita residua della media (sx) e la stima dei parametri di scala e di forma della GPD al variare della soglia (dx) per il caso di inferenza della GPD al campione ottenuto a partire dalla serie completa (metodo diretto). Il grafico di vita residua della media appare mostrare una decisa linearità a valle della soglia 10 cm, confermata dalla stabilità dei parametri di forma e di scala della GPD per soglie più alte di quella prescelta. Il campione relativo è costituito da 96 dati su un totale iniziale pari a 113952.

L'inferenza mediante metodo della massima verosimiglianza della GPD al campione così definito ha portato a stimare il parametro di forma $\xi=-0.3851$ (con limiti di confidenza $[-0.5578 - 0.2124]$) e il parametro di scala $\sigma=0.1716$ (con limiti di confidenza $[0.1282 - 0.2149]$).

In figura 4.7 sono rappresentati i grafici diagnostici di tale inferenza. Tutti i grafici appaiono corroborare le scelte operate. La tabella 4.2 illustra infine i livelli (con i limiti di confidenza) relativi a precisi tempi di ritorno.

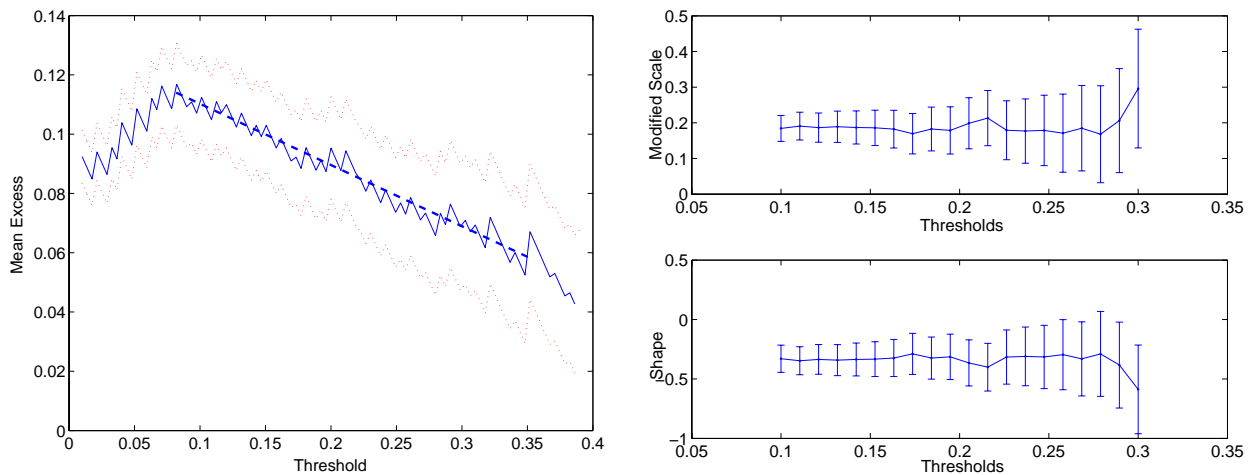


Fig. 4.6: Grafico di vita residua della media (sx) e stima dei parametri di scala e di forma della GPD al variare della soglia (dx) per il caso di inferenza della GPD al campione ottenuto a partire dalla serie completa (metodo diretto).

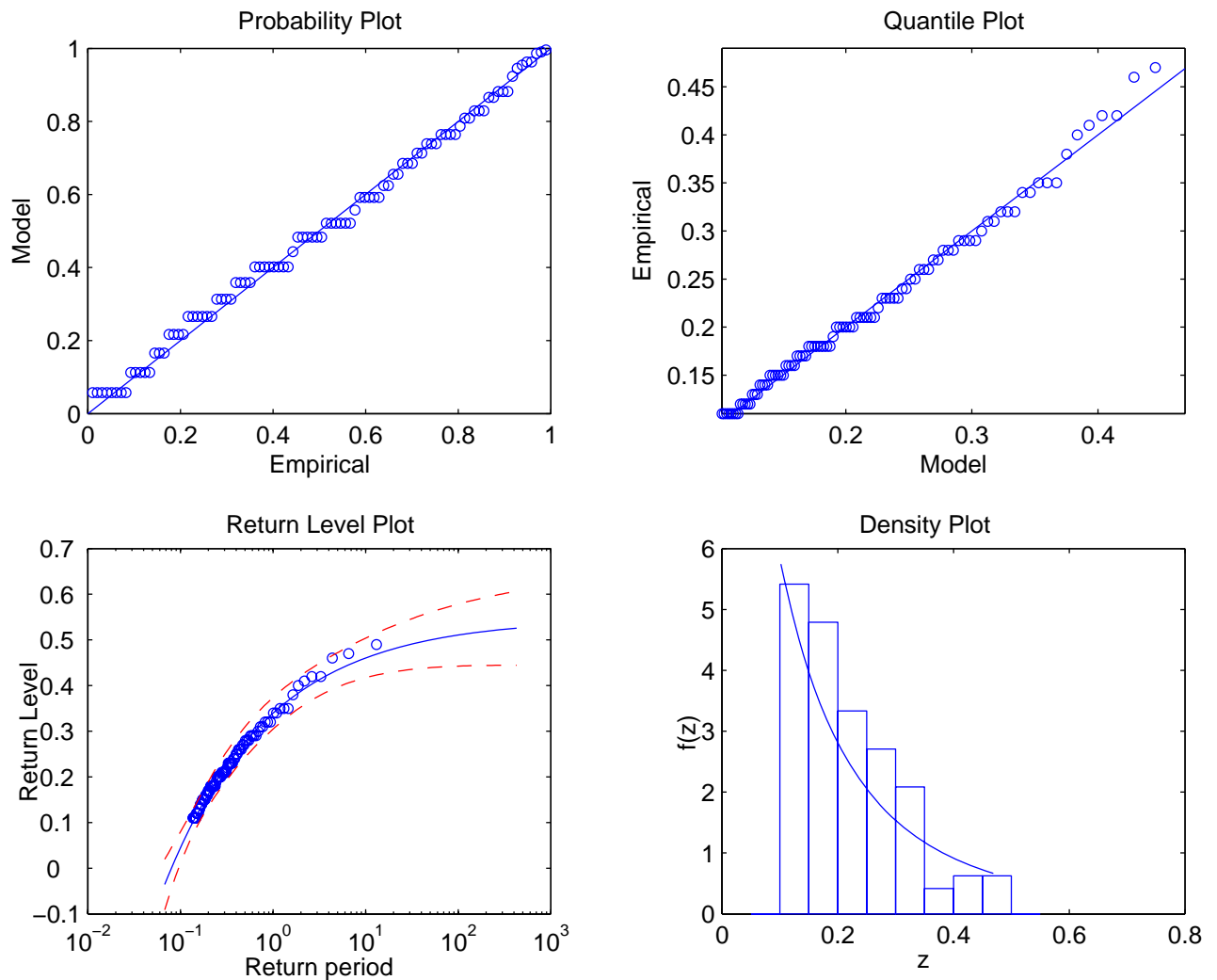


Fig. 4.7: Grafici diagnostici per il caso di inferenza della GPD al campione ottenuto a partire dalla serie completa (metodo diretto).

TR (anni)	LV (m)
2	0.39 +/- 0.035
5	0.43 +/- 0.038
10	0.46 +/- 0.043
20	0.48 +/- 0.050
50	0.50 +/- 0.061
100	0.51 +/- 0.068

Tab. 4.2: Tempi di ritorno e livelli (limiti di confidenza al 95%) per il caso di inferenza della GPD al campione ottenuto a partire dalla serie completa (metodo diretto).

In figura 4.8 sono rappresentati il grafico di vita residua della media (sx) e la stima dei parametri di scala e di forma della GPD al variare della soglia (dx) per il caso di inferenza della GPD al campione ottenuto a partire dalla serie residua (metodo indiretto). Il grafico di vita residua della media appare mostrare una decisa linearità a valle della soglia 5 cm, confermata dalla stabilità dei parametri di forma e di scala della GPD per soglie più alte di quella prescelta. Il campione relativo è costituito da 95 dati su un totale iniziale pari a 113952.

L'inferenza mediante metodo della massima verosimiglianza della GPD al campione così definito ha portato a stimare il parametro di forma $\xi = -0.2811$ (con limiti di confidenza [-0.4282 -0.1340]) e il parametro di scala $\sigma = 0.1468$ (con limiti di confidenza [0.1112 0.1824]).

In figura 4.9 sono rappresentati i grafici diagnostici di tale inferenza. Tutti i grafici appaiono corroborare le scelte operate. La tabella 4.3 illustra infine i livelli (con i limiti di confidenza) relativi a precisi tempi di ritorno.

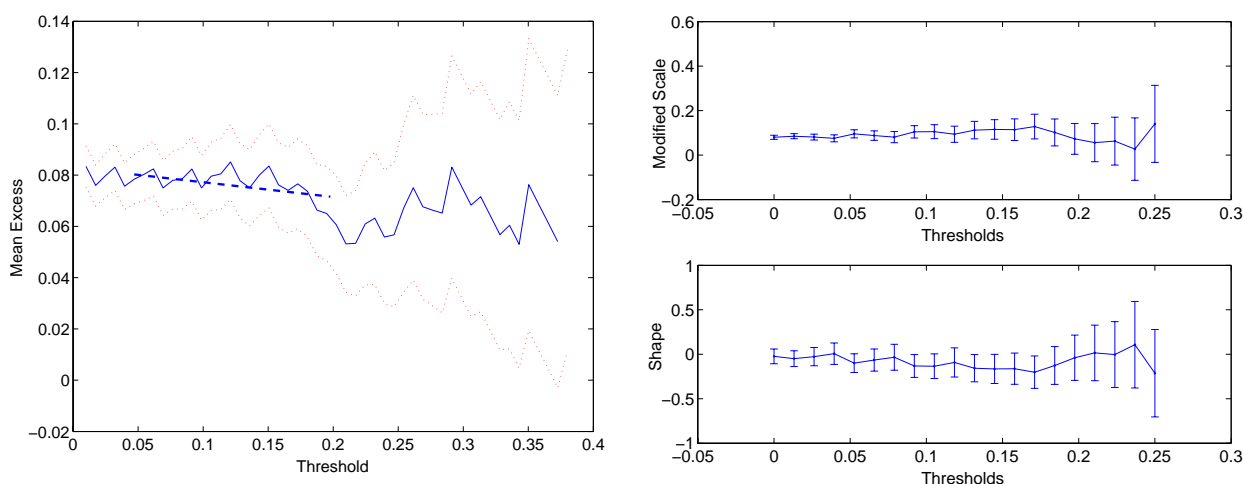


Fig. 4.8: Grafico di vita residua della media (sx) e stima dei parametri di scala e di forma della GPD al variare della soglia (dx) per il caso di inferenza della GPD al campione ottenuto a partire dalla serie residua (metodo indiretto).

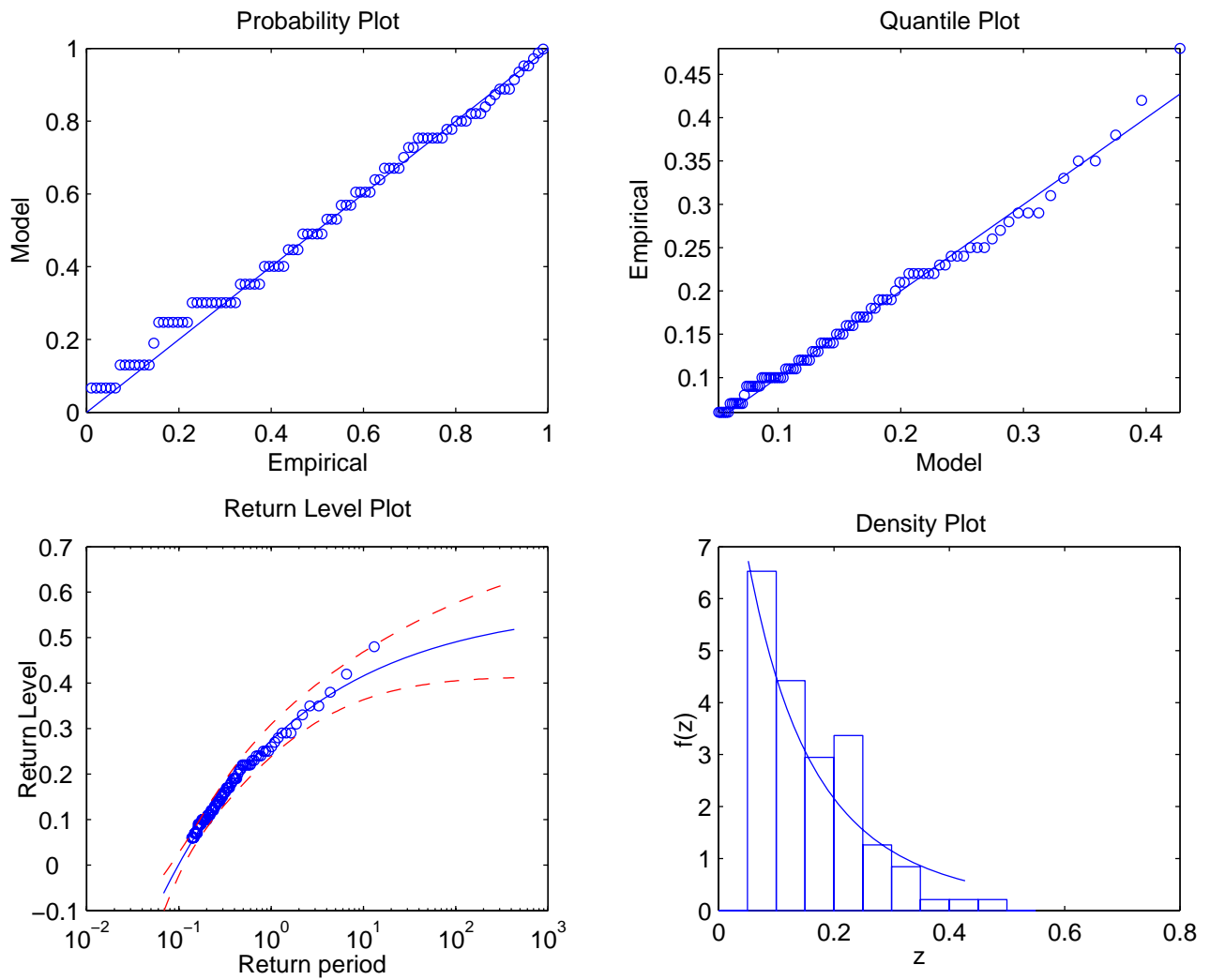


Fig. 4.9: Grafici diagnostici per il caso di inferenza della GPD al campione ottenuto a partire dalla serie residua (metodo indiretto).

TR (anni)	LV (m)
2	0.33 +/- 0.039
5	0.38 +/- 0.045
10	0.42 +/- 0.053
20	0.44 +/- 0.062
50	0.47 +/- 0.075
100	0.49 +/- 0.085

Tab. 4.3: Tempi di ritorno e livelli (limiti di confidenza al 95%) per il caso di inferenza della GPD al campione ottenuto a partire dalla serie residua (metodo indiretto).

4.5 Conclusioni

L'analisi compiuta secondo il metodo diretto porta a concludere che il sovrizzo atteso del livello medio marino a causa delle componenti deterministica e stocastica della marea possa ritenersi pari a 50 cm con un tempo di ritorno di 100 anni. Tale ordine di grandezza del sovrizzo risulta per altro confermata dall'analisi della sola componente stocastica che indica per tale tempo di ritorno un sovrizzo atteso pari a 49 cm. Una poco probabile sovrapposizione del massimo del sovrizzo dovuto alla sola componente stocastica con il massimo della componente deterministica (10 cm) porterebbe in questo caso il sovrizzo a raggiungere un massimo di circa 60 cm.

4.6 Bibliografia

- AA.VV. (2000) *Servizio Mareografico - Informazioni sulla Rete Mareografica Nazionale* (documento scaricabile dal sito <http://www.mareografico.it/info.htm>).
- Bartot, P. and Tawn, J.A. (2000): "*The joint probability of waves and water levels: Join-Sea. A rigorous but practical approach*", HR Wallingford - Report SR 537.
- 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.
- 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*.
- Lama, R., Corsini, S. (2000): "*La rete mareografica Italiana*" Istituto Poligrafico e zecca dello Stato, Roma.

5 Correnti

La conformazione batigrafica nella fascia costiera di Taranto, associata alla limitata escursione dei livelli di marea astronomica, lascia prevedere valori trascurabili delle possibili correnti di marea. Pertanto l'unico contributo significativo è apportato dalle correnti di circolazione generale, causate dai gradienti spaziali di densità, le quali hanno generalmente velocità inferiori a 1 nodo e sono dirette lungo la costa. L'analisi d'insieme (riferita alla rappresentazione grafica estratta da "Atlante Tematico d'Italia" TCI, CNR – figura 5.1) mostra che, al largo della costa in esame, i flussi delle correnti di gradiente (o di densità) sono condizionati dal fenomeno di riflusso della circolazione d'insieme antioraria del Mar Ionio. Pur non disponendo di misure correntometriche dirette si può peraltro ritenere che nel golfo di Taranto si abbia una leggera attenuazione per effetto dell'incremento della sezione disponibile.

Le correnti permanenti di circolazione generale non hanno comunque influenza sulla propagazione del moto ondoso e sulla dinamica costiera nella zona in esame. Sotto costa, invece, nella ristretta fascia compresa tra la riva e la linea dei frangenti (ubicata tipicamente su profondità di 2-3 m) è attiva durante le mareggiate la corrente litoranea diretta parallelamente alla costa nello stesso verso della componente principale del moto ondoso obliquo incidente. In definitiva il regime delle correnti marine nel paraggio costiero in esame ha effetti irrilevanti sulla navigazione e sulla dinamica dei sedimenti costieri, dominata invece dalle correnti litoranee, comprese tra la linea dei frangenti e la riva, indotte dall'azione del moto ondoso frangente.

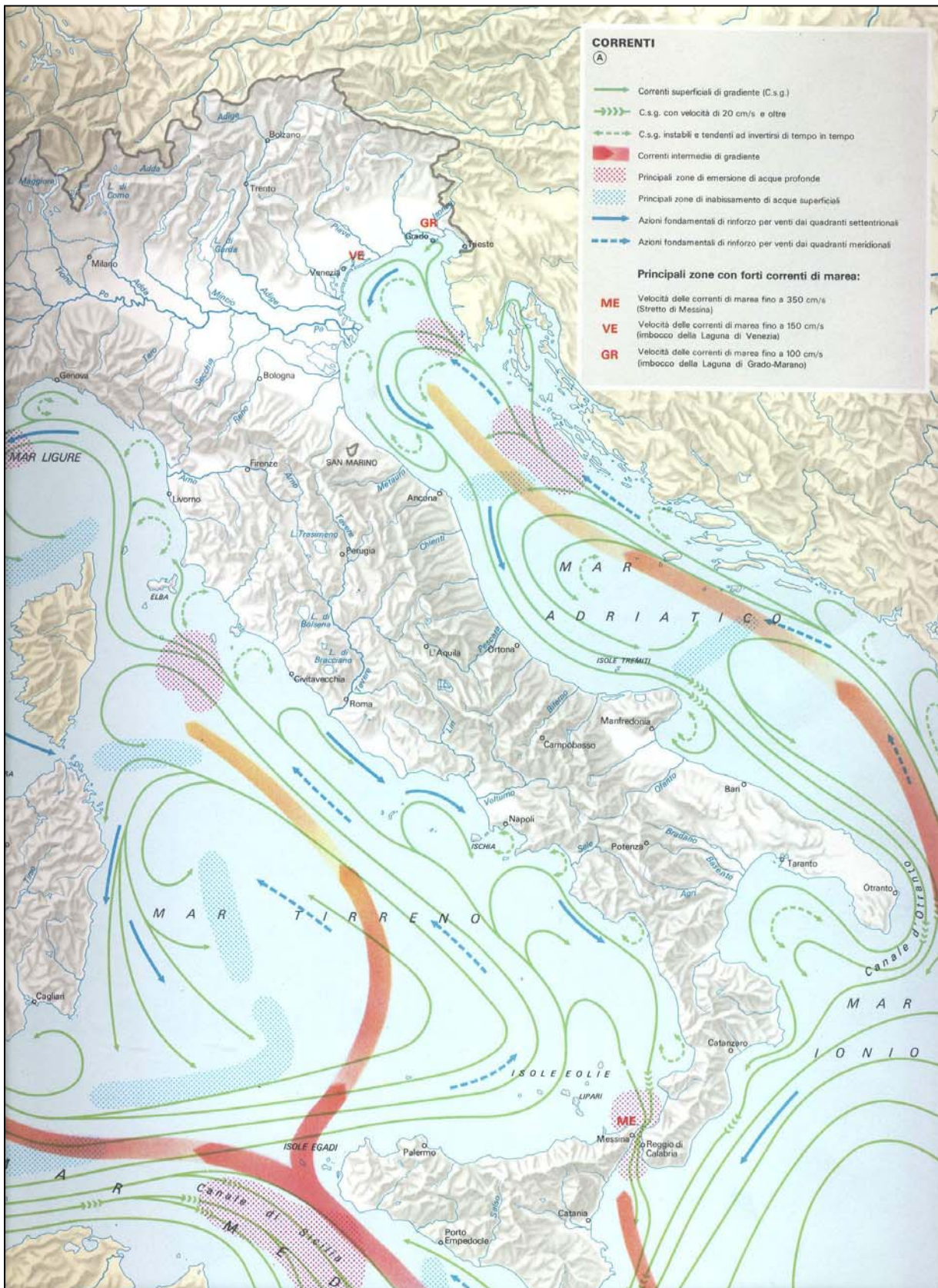


Figura 5.1 – Analisi d'insieme delle correnti al largo di Taranto (TCI-CNR)

6 Regime del moto ondoso

Elemento indispensabile per una corretta valutazione degli eventi estremi e quindi delle caratteristiche dell'onda di progetto, è il regime del moto ondoso che contraddistingue il sito in esame. La conoscenza "climatica" del moto ondoso, ovvero la definizione in termini di frequenze annuali delle grandezze che ne definiscono il regime, quali l'altezza d'onda significativa H_s , il periodo d'onda T e la direzione media di provenienza θ , è stata ricostruita utilizzando la seguente metodologia:

- 1) acquisizione di misure ondametriche condotte in aree prossime e rappresentative del sito in esame, nel caso di Taranto l'ondametro di Crotona ÷ RON;
- 2) ricostruzione del moto ondoso al largo di Taranto a partire dalla serie storica dell'ondametro di Crotona con il metodo di trasposizione geografica;
- 3) trasferimento sottocosta attraverso un modello di rifrazione inversa spettrale degli stati di mare al largo di Taranto per un punto caratteristico, localizzato alla profondità approssimativa di 7.5 m in prossimità delle opere in progetto.

Come già sottolineato, la corretta determinazione della distribuzione in frequenza delle onde consente la definizione delle probabilità di occorrenza degli eventi ondosi estremi per il dimensionamento delle opere foranee, come esposto nel dettaglio nei paragrafi seguenti. Si noti che le fonti dei dati utilizzati risultano le più attendibili e precise; tuttavia si dispone anche di altri dati (osservazioni di navi in transito e dati satellitari) l'analisi dei quali (che peraltro conferma i risultati generali trovati) viene riportata nel par 6.3.

6.1 Caratteristiche del moto ondoso al largo

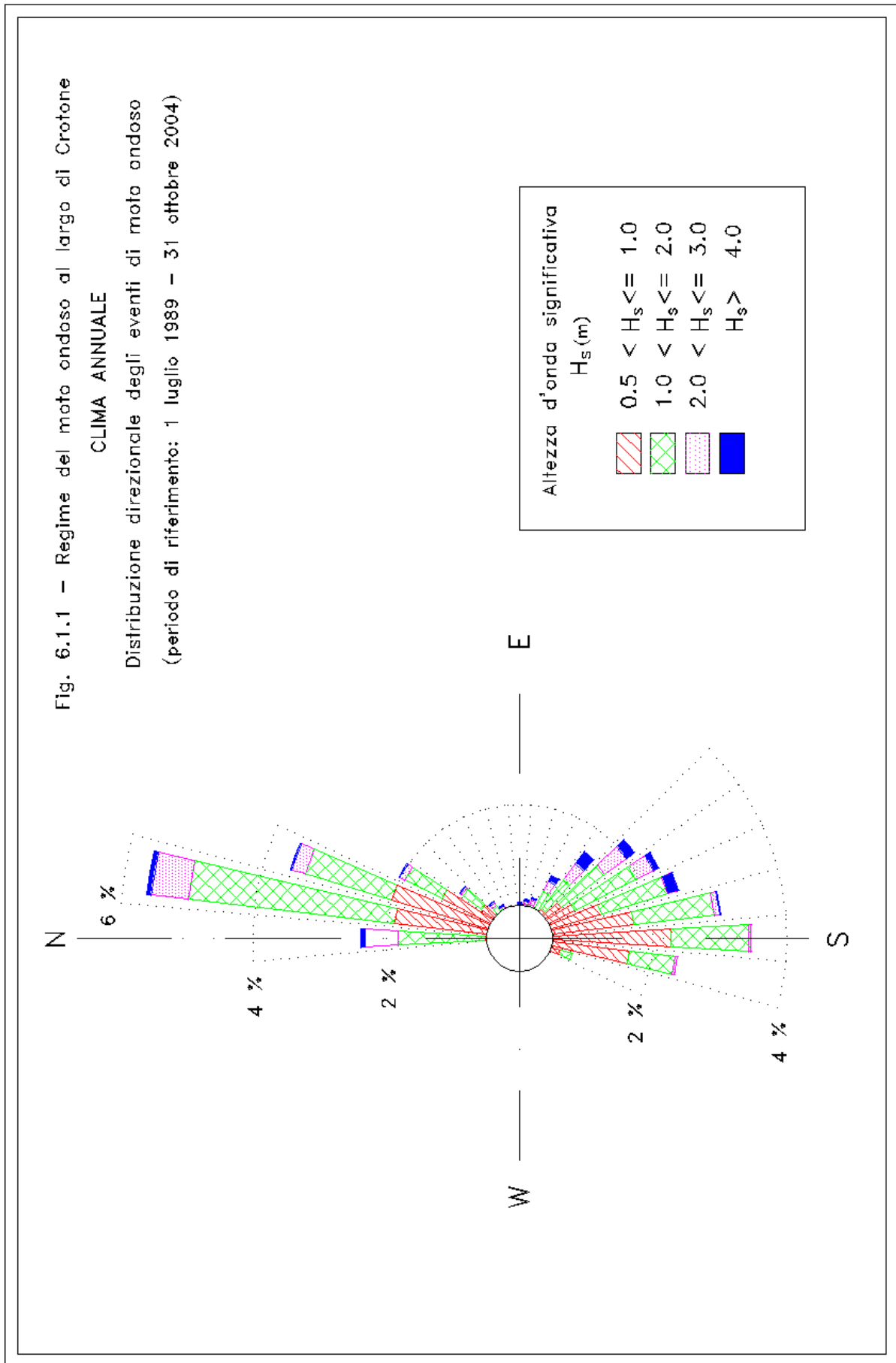
6.1.1 Regime ondoso registrato dalla boa accelerometrica RON di Crotona

Per la determinazione del moto ondoso al largo del litorale in esame si è reso necessario reperire una serie di misure ondometriche che offrissentro un quadro esaustivo dell'esposizione del sito in esame all'azione del moto ondoso. A tal scopo si è potuto fare riferimento alle misure effettuate dalla stazione ondometrica di Crotona (boa accelerometrica direzionale; coordinate: 39°01.4' N; 17°13.2' E), in esercizio dal 1 luglio 1989 ed ancorata su fondali di circa 90 m; è gestita dal Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale (attualmente dell'APAT) e ricade all'interno dell'area climatica di generazione degli stati di mare che interessano il sito in esame. Il rendimento medio della stazione è pari al 88.70 %, la durata di registrazione effettiva è di $15 \times 0.887 = 13.80$ anni (periodo 1-luglio 1989 – 31 ottobre 2004 ≈ 15 anni);

Nelle tabelle 6.1.1 ÷ 6.1.5 e nella figura 6.1.1 sono rappresentate le distribuzioni annuali del numero di eventi di moto ondoso (in forma percentuale) suddivisi per classi di altezza d'onda significativa (H_s) e direzione di provenienza ($^{\circ}N$), registrate dalla boa di Crotona; nelle tabelle 6.1.6a e 6.1.6b gli eventi sono suddivisi per classi di H_s e di periodo medio (T_m).

Dall'analisi di queste si nota che per eventi con $H_s > 0.5$ m (escluse le calme):

- la distribuzione spaziale delle frequenze di accadimento degli eventi risulta essere caratterizzata da una accentuata bidirezionalità lungo le direzioni Nord-NordEst e Sud-SudEst;
- la maggiore frequenza di accadimento si ha per i settori di mezzogiorno (160° - $200^{\circ}N$) con circa il 12.2% degli eventi e per quello di tramontana (340° - $20^{\circ}N$) con circa l'11.8%, mentre dal settore di scirocco provengono il 7.8% delle mareggiate;
- gli eventi aventi H_s superiore ai 3 m provengono principalmente da scirocco (frequenza cumulata pari a circa lo 0.57% pari a 2 gg/anno) ma anche da tramontana (frequenza cumulata pari a circa lo 0.15% pari a 0.5 gg/anno);
- dai settori di mezzogiorno e tramontana provengono gli eventi di maggiore frequenza in tutte le stagioni dell'anno.



Tab . 6.1.1 - Serie ondometrica al largo di Crotona. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)
 Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. ANNUALE

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5	>=6.5	
10	1.67	1.17	1.89	2.07	1.04	0.43	0.13	0.03	0.02	0.00	0.00					8.45
20	1.70	1.55	2.00	1.03	0.33	0.14	0.05	0.02	0.00							6.84
30	1.52	1.72	1.32	0.43	0.18	0.08	0.00	0.00	0.01	0.00	0.00					5.27
40	1.42	1.64	0.73	0.24	0.12	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00						4.19
50	1.34	1.41	0.44	0.14	0.04	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00					3.41
60	1.30	1.16	0.32	0.11	0.08	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00						3.02
70	1.16	0.84	0.24	0.12	0.07	0.03	0.01	0.01	0.00	0.00	0.00					2.48
80	1.20	0.75	0.21	0.11	0.08	0.02	0.01	0.00								2.38
90	1.16	0.60	0.26	0.15	0.08	0.03	0.01	0.00	0.01	0.00	0.00					2.29
100	1.27	0.57	0.25	0.16	0.11	0.04	0.01	0.01	0.01	0.00	0.00					2.43
110	1.22	0.59	0.28	0.18	0.07	0.05	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00			2.44
120	1.28	0.78	0.39	0.24	0.15	0.11	0.07	0.04	0.03	0.01	0.01	0.00				3.12
130	1.74	1.02	0.57	0.32	0.21	0.16	0.15	0.09	0.05	0.04	0.03	0.00	0.00			4.38
140	1.98	1.06	0.77	0.51	0.33	0.24	0.15	0.07	0.04	0.02	0.01	0.00				5.20
150	2.21	1.35	0.93	0.68	0.36	0.16	0.14	0.05	0.02	0.00	0.00					5.89
160	2.77	1.70	1.29	0.72	0.30	0.12	0.04	0.01	0.00	0.00						6.96
170	3.01	2.36	1.73	0.91	0.32	0.06	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00					8.40
180	2.90	3.03	2.27	0.90	0.27	0.03	0.00									9.40
190	1.64	2.20	1.66	0.61	0.09	0.03	0.00									6.23
200	0.56	0.91	0.63	0.17	0.01											2.29
210	0.12	0.25	0.18	0.02												0.57
220	0.05	0.04	0.04	0.01												0.13
230	0.02	0.02	0.01	0.00												0.05
240	0.01	0.01	0.00													0.03
250	0.02	0.01														0.03
260	0.02	0.01	0.00													0.04
270	0.00	0.01	0.01	0.01												0.03
280	0.01	0.00	0.00	0.00												0.02
290	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00											0.01
300	0.01	0.01														0.02
310	0.01	0.01														0.03
320	0.02	0.02	0.01													0.04
330	0.04	0.02	0.00													0.07
340	0.05	0.02	0.00	0.00	0.00											0.09
350	0.09	0.13	0.06	0.04	0.04	0.04	0.01	0.01								0.42
360	0.53	0.42	0.52	0.67	0.63	0.35	0.15	0.05	0.01	0.00						3.33
TOT.	34.07	27.39	19.04	10.55	4.91	2.21	1.01	0.42	0.21	0.09	0.09	0.02	0.01			100.00
Tot. cumul.	61.45	80.49	91.04	95.95	98.17	99.18	99.59	99.80	99.89	99.98	99.99	100.00	100.00	100.00		

Numero di eventi validi : 41124

Tab. 6.1.2 - Serie ondometrica al largo di Crotona. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)

Distribuzione percentuale degli eventi ondosì, per classi di Hs e direzione di provenienza. INVERNO

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5	>=6.5	
10	1.46	0.47	1.62	3.41	2.27	0.96	0.27	0.10	0.04	0.00	0.02					10.62
20	1.46	0.77	2.11	1.82	0.71	0.27	0.18	0.08	0.02							7.43
30	0.95	1.12	1.59	0.71	0.42	0.25	0.00	0.01	0.03	0.00	0.01					5.09
40	0.93	1.31	1.21	0.52	0.19	0.09	0.01	0.01	0.00	0.01						4.26
50	0.62	1.24	0.70	0.27	0.10	0.06	0.04	0.00	0.01	0.00	0.01					3.05
60	0.50	1.28	0.47	0.18	0.23	0.09	0.04	0.02	0.00	0.01						2.82
70	0.58	1.19	0.42	0.23	0.13	0.03	0.01	0.03	0.00	0.00	0.01					2.64
80	0.60	1.08	0.43	0.20	0.14	0.01	0.02	0.01								2.49
90	0.62	0.87	0.36	0.27	0.15	0.08	0.03	0.01	0.02	0.00						2.41
100	0.60	0.73	0.42	0.27	0.14	0.08	0.02	0.00	0.01	0.00	0.01					2.29
110	0.79	0.81	0.36	0.26	0.12	0.07	0.06	0.02	0.01	0.01	0.02	0.02	0.01			2.58
120	0.99	1.08	0.65	0.45	0.25	0.11	0.12	0.06	0.02	0.01	0.03					3.78
130	1.04	1.63	0.56	0.39	0.35	0.22	0.29	0.16	0.07	0.06	0.03					4.80
140	1.46	1.40	0.97	0.45	0.46	0.42	0.29	0.10	0.07	0.06	0.05	0.02				5.77
150	1.67	1.33	0.90	0.60	0.44	0.21	0.16	0.11	0.02	0.01	0.02					5.47
160	1.66	1.53	1.22	0.69	0.37	0.16	0.10	0.01								5.75
170	2.04	1.98	1.98	1.00	0.33	0.11	0.03									7.47
180	1.91	2.53	2.35	0.89	0.14	0.06										7.88
190	0.84	1.35	1.93	0.92	0.12	0.01										5.17
200	0.32	0.41	0.76	0.15												1.65
210	0.02	0.18	0.16	0.04												0.40
220	0.02	0.00	0.03	0.01												0.06
230	0.01	0.00	0.01	0.01												0.03
240	0.01															0.01
250	0.04	0.01														0.05
260	0.02	0.01														0.03
270																
280	0.01	0.00	0.00	0.01												0.02
290	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01											0.01
300																
310																
320	0.00	0.00	0.01													0.01
330	0.01	0.01	0.01													0.03
340	0.01	0.00	0.00	0.01	0.01											0.03
350	0.04	0.25	0.04	0.04	0.11	0.06	0.05	0.03								0.63
360	0.63	0.41	0.29	1.10	1.49	0.90	0.37	0.07	0.01							5.27
TOT.	21.86	24.99	21.55	14.88	8.71	4.26	2.10	0.85	0.34	0.18	0.22	0.04	0.01			100.00
Tot. cumul.	46.85	68.40	83.28	92.00	96.26	98.36	99.22	99.56	99.73	99.95	99.99	100.00	100.00	100.00		

Numero di eventi validi : 9708

Tab. 6.1.3 - Serie ondometrica al largo di Crotona. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)

Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. PRIMAVERA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5	>=6.5	
10	1.22	1.22	1.85	1.19	0.56	0.13	0.02									6.19
20	1.40	1.69	1.29	0.37	0.08	0.03	0.01									4.86
30	1.33	1.67	0.93	0.21	0.07											4.21
40	1.24	1.48	0.38	0.08	0.03	0.01										3.22
50	1.18	1.31	0.30	0.05	0.01	0.03	0.01	0.01								2.90
60	1.19	0.99	0.17	0.01	0.02	0.04										2.43
70	1.02	0.59	0.10	0.01	0.01	0.01										1.73
80	1.26	0.64	0.05	0.04	0.02	0.00	0.01	0.01								2.02
90	1.41	0.42	0.16	0.01	0.03	0.01	0.00									2.04
100	1.44	0.44	0.08	0.04	0.01	0.03	0.00									2.04
110	1.37	0.44	0.11	0.08	0.02	0.01										2.02
120	1.47	0.79	0.26	0.19	0.08	0.08										2.87
130	2.59	1.12	0.80	0.40	0.22	0.13	0.02	0.01								5.29
140	3.01	1.40	0.93	0.84	0.45	0.28	0.07	0.03								7.01
150	3.00	1.81	1.21	0.84	0.33	0.10	0.07	0.01								7.36
160	3.78	2.32	1.52	0.64	0.23	0.06										8.56
170	4.19	3.82	2.09	0.59	0.09	0.02	0.01									10.80
180	3.63	4.38	2.51	0.38	0.08											10.97
190	2.11	2.87	1.74	0.23	0.02	0.03										7.00
200	0.55	1.14	0.61	0.11	0.02											2.42
210	0.17	0.27	0.17													0.62
220	0.04	0.04	0.09	0.01												0.17
230	0.01	0.03	0.02													0.06
240	0.03	0.01														0.04
250	0.01	0.01														0.02
260	0.04	0.01														0.05
270	0.00	0.01														0.01
280	0.01	0.02														0.03
290	0.00	0.00	0.01													0.01
300	0.01	0.02														0.03
310	0.01															0.01
320	0.01	0.05	0.01													0.07
330	0.11	0.03														0.13
340	0.06	0.01														0.07
350	0.10	0.11	0.05	0.05	0.03	0.03	0.01									0.37
360	0.48	0.41	0.56	0.41	0.32	0.18	0.03									2.40
TOT.	39.47	31.55	18.00	6.77	2.70	1.19	0.25	0.07								100.00
Tot. cumul.	71.02	89.02	95.78	98.49	99.68	99.93	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10390

Tab. 6.1.4 - Serie ondometrica al largo di Crotona. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)

Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. ESTATE

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	<.25	.25÷.0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5	>=6.5	
10	2.34	2.52	2.84	1.64	0.30	0.03										9.67
20	2.51	3.03	2.58	0.57	0.06	0.02	0.01									8.77
30	2.77	2.91	1.17	0.18	0.01											7.04
40	2.52	2.57	0.41	0.05	0.06											5.60
50	2.58	1.98	0.20	0.01	0.01											4.77
60	2.49	1.47	0.11	0.03	0.02											4.12
70	2.14	0.87	0.10	0.10	0.03	0.04										3.28
80	2.00	0.64	0.11	0.04	0.03											2.82
90	1.59	0.42	0.05	0.03	0.02	0.00										2.10
100	1.82	0.46	0.09	0.07	0.03	0.00										2.48
110	1.68	0.41	0.18	0.06	0.04	0.02										2.38
120	1.56	0.43	0.14	0.04	0.06	0.02	0.01									2.25
130	1.71	0.46	0.15	0.06	0.02	0.02	0.05	0.02	0.02							2.49
140	1.73	0.58	0.27	0.06	0.06	0.01	0.03	0.01								2.74
150	2.23	0.93	0.36	0.10	0.03	0.02	0.02									3.69
160	2.79	1.38	0.54	0.30	0.02	0.04										5.07
170	3.52	1.92	0.72	0.33	0.06											6.55
180	3.69	3.49	1.37	0.41	0.04											9.00
190	2.47	3.08	1.37	0.27												7.19
200	0.98	1.27	0.55	0.14	0.01											2.95
210	0.27	0.29	0.15													0.70
220	0.12	0.10	0.02	0.01												0.25
230	0.05	0.04	0.01													0.09
240	0.02	0.05	0.01													0.07
250	0.04	0.01														0.05
260	0.03	0.01	0.01													0.05
270	0.00	0.02	0.01													0.03
280	0.01															0.01
290	0.00	0.00	0.01													0.01
300	0.00	0.02														0.02
310	0.03	0.04														0.06
320	0.04	0.02	0.01													0.06
330	0.03	0.03	0.01													0.06
340	0.06	0.03	0.02													0.10
350	0.14	0.12	0.11	0.05												0.42
360	0.55	0.68	0.87	0.66	0.28	0.02										3.07
TOT.	46.49	32.25	14.54	5.21	1.14	0.22	0.11	0.03	0.02							100.00
Tot. cumul.	78.74	93.28	98.49	99.62	99.84	99.95	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10828

Tab. 6.1.5 - Serie ondometrica al largo di Crotona. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)

Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. AUTUNNO

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5	>=6.5	
10	1.60	0.33	1.20	2.14	1.16	0.67	0.25	0.04	0.04							7.41
20	1.38	0.56	2.02	1.45	0.51	0.27	0.03									6.23
30	0.95	1.09	1.62	0.66	0.25	0.08	0.02									4.66
40	0.89	1.14	0.98	0.34	0.22	0.02	0.01									3.60
50	0.86	1.06	0.57	0.25	0.06	0.02	0.01	0.01								2.84
60	0.89	0.88	0.54	0.24	0.06	0.03										2.64
70	0.81	0.74	0.34	0.15	0.13	0.03	0.03									2.23
80	0.87	0.66	0.28	0.17	0.13	0.08										2.19
90	0.98	0.71	0.47	0.29	0.11	0.05	0.00	0.01	0.01	0.00	0.02					2.65
100	1.16	0.68	0.44	0.26	0.25	0.07	0.01	0.03	0.03	0.00						2.93
110	0.97	0.73	0.51	0.31	0.11	0.11	0.04	0.03	0.01							2.81
120	1.06	0.86	0.56	0.31	0.23	0.25	0.15	0.11	0.09	0.02	0.02	0.01				3.66
130	1.57	0.94	0.79	0.44	0.28	0.26	0.25	0.18	0.12	0.11	0.08	0.02	0.02			5.06
140	1.71	0.91	0.94	0.71	0.37	0.28	0.24	0.13	0.09	0.03	0.01					5.41
150	1.87	1.33	1.26	1.20	0.66	0.32	0.31	0.10	0.05	0.01						7.12
160	2.78	1.57	1.90	1.28	0.62	0.23	0.08	0.03	0.00	0.01						8.50
170	2.21	1.70	2.19	1.76	0.81	0.11	0.03	0.00	0.01	0.00	0.02					8.83
180	2.25	1.66	2.92	1.96	0.84	0.05	0.01									9.69
190	1.04	1.37	1.64	1.08	0.21	0.07	0.02									5.42
200	0.35	0.78	0.63	0.29	0.03											2.09
210	0.02	0.25	0.25	0.04												0.56
220	0.01	0.00	0.02													0.03
230	0.01	0.01	0.00	0.01												0.03
240	0.00	0.00	0.01													0.01
250																
260	0.01	0.01	0.01													0.03
270	0.00	0.02	0.04	0.03												0.09
280	0.02															0.02
290																
300	0.04	0.01														0.05
310	0.02	0.01														0.03
320	0.02	0.01														0.03
330	0.03	0.01														0.04
340	0.09	0.04	0.00	0.01												0.14
350	0.08	0.05	0.04	0.03	0.03	0.06										0.28
360	0.44	0.15	0.32	0.54	0.49	0.36	0.23	0.12	0.05	0.01						2.71
TOT.	27.00	20.26	22.49	15.95	7.54	3.41	1.70	0.77	0.49	0.19	0.15	0.03	0.02			100.00
Tot. cumul.	47.25	69.75	85.70	93.24	96.66	98.35	99.13	99.62	99.80	99.95	99.98	100.00	100.00	100.00		

Numero di eventi validi : 10198

Tab. 6.1.6a -Ripartizione del numero degli eventi di moto ondoso per classi di altezze d'onda significative e periodo medio
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

CLASSI DI PERIODO MEDIO Tm (s)								Tot
Hs (m)	Tm < 4	4 ≤ Tm < 6	6 ≤ Tm < 8	8 ≤ Tm < 10	10 ≤ Tm < 12	12 ≤ Tm < 14	Tm > 14	
0.25 <	10010	3058	229	4	7	11	392	13711
0.25 ÷ 0.75	14442	856	53				0	15351
0.75 ÷ 1.25	4754	1075	1				1	5831
1.25 ÷ 1.75	1695	916	6					2617
1.75 ÷ 2.25	542	668	6					1216
2.25 ÷ 2.75	68	482	15					565
2.75 ÷ 3.25	6	208	27					241
3.25 ÷ 3.75		88	25					113
3.75 ÷ 4.25		28	22					50
4.25 ÷ 4.75		12	26					38
4.75 ÷ 5.25		2	10					12
> 5.25			6					6
Tot.	31517	7393	426	4	7	11	393	39751

Tab.6.1.6b - Ripartizione percentuale degli eventi di moto ondoso per classi di altezze d'onda significative e periodo medio
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

CLASSI DI PERIODO MEDIO Tm (s)								Tot	Tot. cumul.
Hs (m)	Tm < 4	4 ≤ Tm < 6	6 ≤ Tm < 8	8 ≤ Tm < 10	10 ≤ Tm < 12	12 ≤ Tm < 14	Tm > 14		
0.25 <	25.18	7.69	0.58	0.01	0.02	0.03	0.99	34.49	34.49
0.25 ÷ 0.75	36.33	2.15	0.13					38.62	73.11
0.75 ÷ 1.25	11.96	2.70	0.00					14.67	87.78
1.25 ÷ 1.75	4.26	2.30	0.02					6.58	94.36
1.75 ÷ 2.25	1.36	1.68	0.02					3.06	97.42
2.25 ÷ 2.75	0.17	1.21	0.04					1.42	98.84
2.75 ÷ 3.25	0.02	0.52	0.07					0.61	99.45
3.25 ÷ 3.75		0.22	0.06					0.28	99.73
3.75 ÷ 4.25		0.07	0.06					0.13	99.86
4.25 ÷ 4.75		0.03	0.07					0.10	99.95
4.75 ÷ 5.25		0.01	0.03					0.03	99.98
>5.25			0.02					0.02	100.00
Tot.	79.29	18.60	1.07	0.01	0.02	0.03	0.99	100.00	
Tot. cumul.	79.29	97.88	98.96	100.00	100.00	100.00	100.00		

6.1.2 Trasposizione geografica della serie di misure ondametriche al largo di Taranto

Il sito in esame è ubicato a circa 150 Km dalla stazione ondametrica di Crotone; le registrazioni ondametriche in esame, pur essendo rappresentative dell'esposizione climatica del Mar Ionio, non tengono conto della distinta posizione geografica del sito di interesse. E' necessario quindi applicare una metodologia di «trasposizione geografica» del clima d'onda da Crotone al largo del litorale esame.

Il metodo di trasposizione consiste nel determinare la corrispondenza tra le direzioni, le altezze ed i periodi del moto ondoso relative al punto di misura e quelle nel punto di interesse. L'ipotesi di base della metodologia (P. Contini e P. De Girolamo, 1998) consiste nel supporre che le stesse condizioni di vento (velocità e direzione), che hanno determinato le condizioni di moto ondoso registrate dall'ondametro di Crotone, abbiano interessato anche l'area di generazione situata al largo del sito di interesse.

Inoltre si ipotizza che le aree di generazione del moto ondoso possano essere determinate per ciascun punto utilizzando il concetto di "fetch efficace" (Seymour, 1977). 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_m in funzione della lunghezza del fetch e della velocità del vento sono le seguenti (Vincent, 1984, Shore Protection Manual, 1984):

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

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

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 e al punto di trasposizione, e fissata una direzione geografica (direzione media da cui spira il vento) alla quale risultano associati i fetch efficaci F^P e F^O , le precedenti relazioni permettono di stabilire la ricercata corrispondenza tra le altezze ed i periodi delle onde relative al punto O e al punto P:

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

$$\frac{T_{mo}^P}{T_{mo}^O} = \left(\frac{F^P}{F^O} \right)^{\frac{1}{3}} \quad (4)$$

Per ottenere le precedenti relazioni si è ovviamente supposto che il fattore di velocità del vento sia lo stesso nei due punti in esame. Tale assunzione deriva dall'aver ipotizzato che le aree di

generazione dei due punti siano interessate dalla stessa perturbazione climatica e quindi dalla stessa velocità del vento.

Il metodo si completa utilizzando la legge di Leenknecht et al., 1992 (vedi anche ACES, 1992) che stabilisce il legame tra la direzione media del vento e la direzione media del moto ondoso da esso generato. L'applicazione del metodo impone la preliminare caratterizzazione dei fetch geografici ed efficaci per i due siti (punto al largo di Taranto ed ondometro di Crotona).

Nella figura 6.1.2.1 sono rappresentati i fetch geografici ed efficaci ⁽²⁾ di Crotona, necessari per la trasposizione geografica delle misure ondometriche dal punto di misura al largo del sito in esame. In figura 6.1.2.2 è riportato il grafico che esprime la deviazione della direzione del vento del vento rispetto alla generica direzione del moto ondoso. Nel grafico di fig. 6.1.2.3 vengono riportati i valori dei fetch efficaci calcolati per ciascuna direzione. Dall'analisi di quest'ultimo e della tab 6.1.2.1 si evince che il fetch efficace massimo per il paraggio in oggetto è pari a circa 420 km ed è riferibile alla direzione di scirocco-mezzogiorno (160°N).

Note le caratteristiche del moto ondoso registrate dall'ondometro, sulla base della legge di correlazione tra la direzione dell'onda e quella del vento si determina la direzione dell'onda nel punto di interesse. Nel contempo si definiscono i coefficienti correttivi H^p/H^o e T^p/T^o per il calcolo dell'altezza e del periodo dell'onda risultante nel punto di trasposizione geografica.

Nelle tabelle 6.1.2.2 ÷ 6.1.2.6 e nella figura 6.1.2.4 sono rappresentate le distribuzioni (annuali e stagionali) del numero di eventi di moto ondoso degli stati di mare trasposti (in forma percentuale) suddivisi per classi di altezza d'onda significativa (H_s) e direzione di provenienza (°N). Nella tab. 6.1.2.7a viene riportato il numero di eventi di moto ondoso suddiviso per classi di H_s e di periodo di picco (T_p), mentre nella 6.1.2.7b sono rappresentate le relative frequenze percentuali. Da queste si evidenzia che:

- il clima d'onda trasposto mantiene un accentuato carattere bimodale: il sito risulta prevalentemente esposto agli eventi di moto ondoso provenienti da tramontana-maestrale e da scirocco-mezzogiorno;
- gli stati di mare prevalenti (più frequenti) sono relativi al settore di mezzogiorno con una frequenza cumulata pari circa al 33.7% (123 giorni/anno);
- gli eventi con maggiore intensità ($H_s > 3m$) provengono prevalentemente dai settori lo scirocco e mezzogiorno con una frequenza di accadimento pari a circa lo 0.12% (4 giorni/anno).

² Le metodologie di calcolo sono riportate in appendice

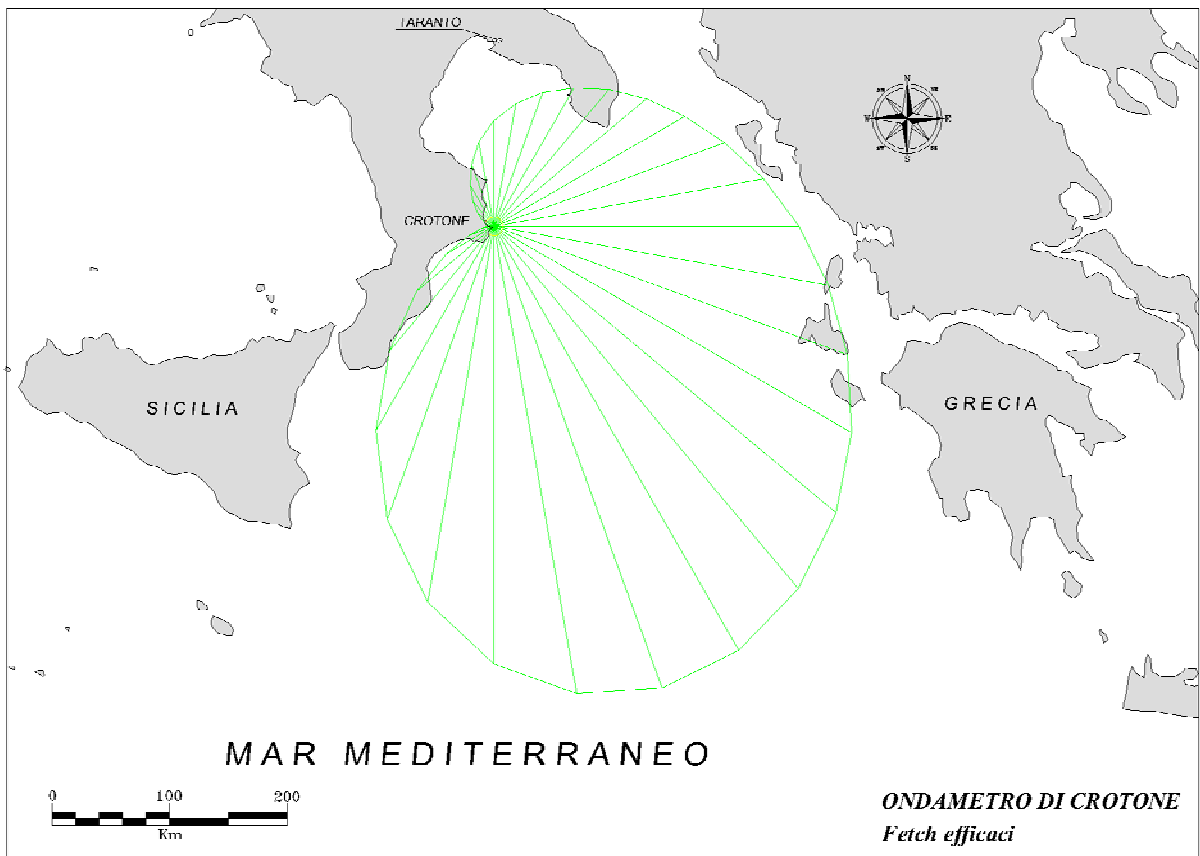
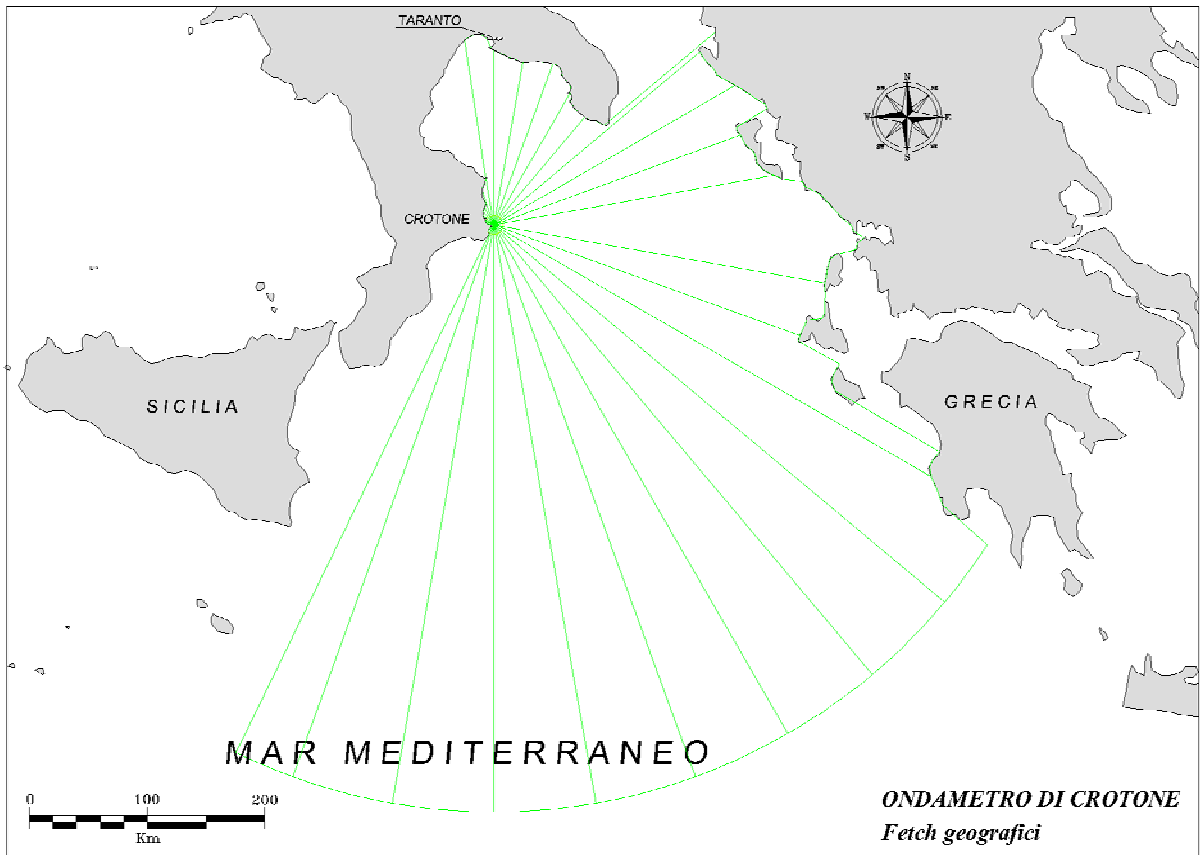


FIG. 6.1.2.1

Tab. 6.1.2.1 - Fetch geografici ed efficaci al largo di Crotona (-90 m s.l.m.)							
Direzione media settore di traversia (°Nord)	Fetch Geografico (km)	Fetch Efficace (km)	Deviazione direzione vento-mare (°)	Direzione media settore di traversia (°Nord)	Fetch Geografico (km)	Fetch Efficace (km)	Deviazione direzione vento-mare (°)
0	148.54	89.98	23.0	180	500.00	372.21	-11.0
10	140.03	106.09	22.0	190	500.00	324.61	-16.0
20	145.51	121.36	21.0	200	500.00	265.21	-21.0
30	128.81	136.35	21.0	210	9.09	200.66	-26.0
40	119.66	151.90	21.0	220	7.64	138.66	-31.0
50	228.48	168.77	21.0	230	4.85	86.11	-36.0
60	236.96	187.52	22.0	240	1.60	47.24	-41.0
70	223.22	208.63	22.0	250	1.61	22.80	-46.0
80	241.56	232.48	21.0	260	1.94	10.45	-50.0
90	303.47	259.25	20.0	270	4.25	6.18	-54.0
100	285.60	288.71	18.0	280	6.26	6.13	-58.0
110	276.69	319.88	15.0	290	7.85	8.11	48.0
120	429.19	350.93	13.0	300	8.62	11.85	44.0
130	500.00	379.44	10.0	310	12.35	18.16	40.0
140	500.00	402.48	6.0	320	14.34	27.76	36.0
150	500.00	416.60	2.0	330	16.50	40.70	32.0
160	500.00	418.09	-2.0	340	19.81	56.24	29.0
170	500.00	403.78	-7.0	350	38.91	73.09	25.0

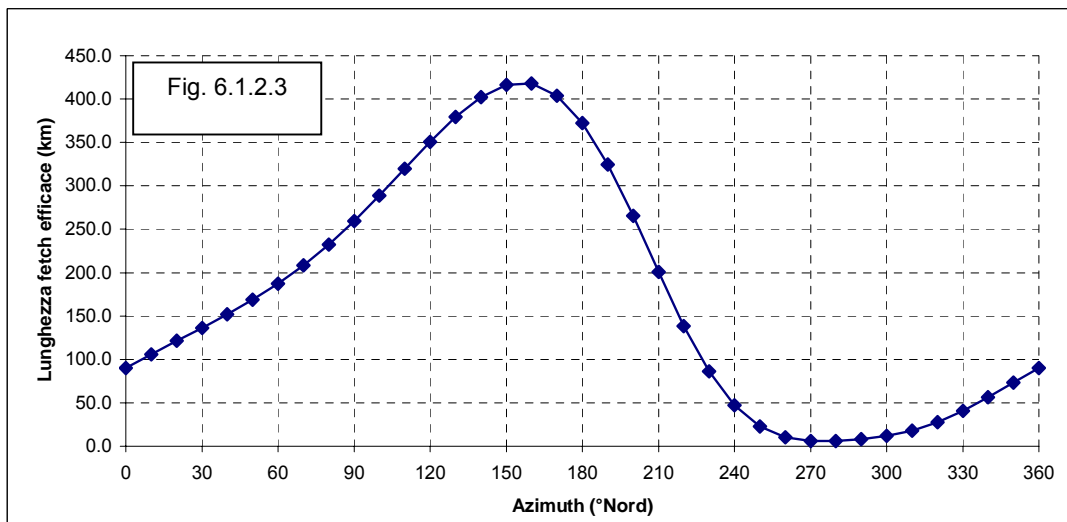
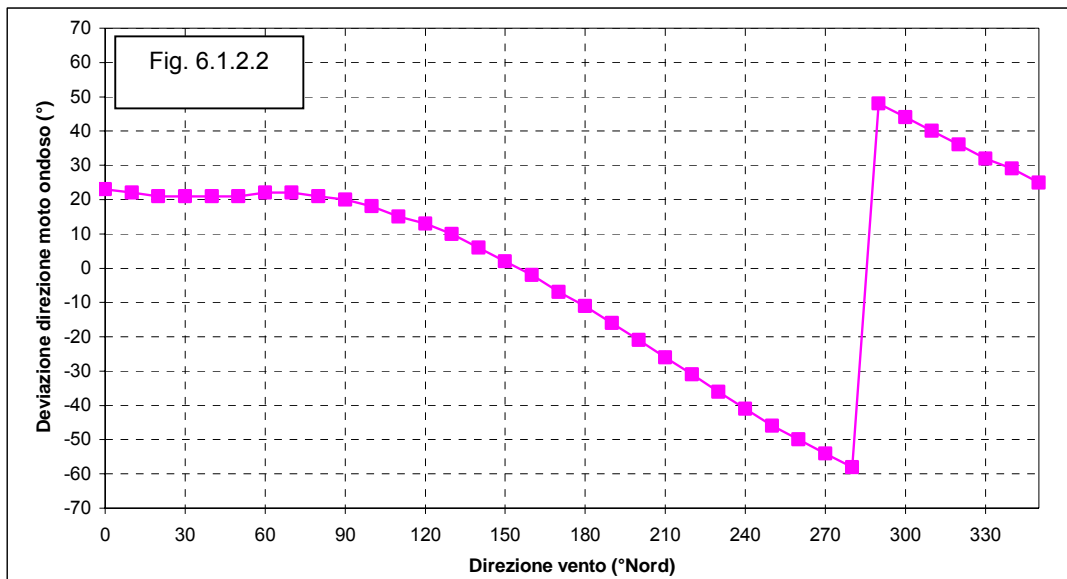
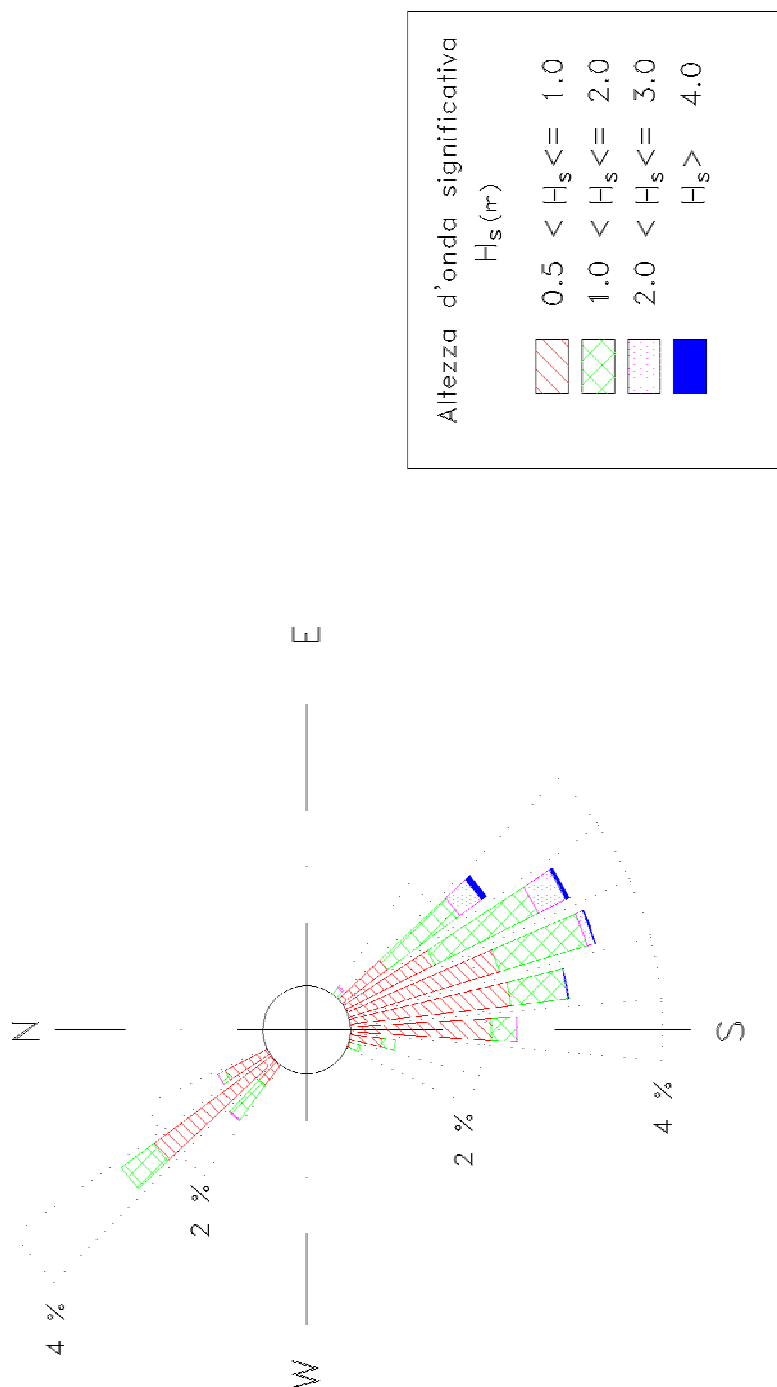


Fig. 6.1.2.4 – Regime del moto ondoso al largo di Taranto
 CLIMA ANNUALE
 Distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso
 (periodo di riferimento: 1 luglio 1989 – 31 ottobre 2004)



Tab. 6.1.2.2 - Serie ondometrica trasposta al largo di Taranto. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)
 Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. ANNUALE

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5	>=6.5	
10	0.73	0.05	0.02													0.80
20	0.32	0.03	0.00	0.00												0.35
30	0.36	0.03	0.00													0.39
40	0.34	0.01	0.01													0.36
50	0.33	0.01	0.01													0.35
60	0.33	0.02														0.35
70	0.27	0.03	0.01													0.31
80	0.31	0.01	0.00													0.32
90	0.94	0.05	0.01													0.99
100	3.51	0.22	0.05	0.01												3.79
110	3.76	0.28	0.04													4.08
120	3.36	0.33	0.09	0.02												3.80
130	3.59	0.64	0.45	0.11	0.03	0.02	0.00									4.84
140	4.35	1.40	1.13	0.60	0.42	0.20	0.10	0.05	0.01							8.27
150	4.12	1.61	1.62	0.83	0.47	0.24	0.10	0.03	0.02							9.05
160	4.63	2.23	2.27	0.79	0.24	0.08	0.01	0.00	0.00							10.25
170	5.14	2.88	2.31	0.60	0.05	0.00	0.00	0.00	0.01							10.99
180	3.20	2.41	2.08	0.27	0.03	0.00										7.99
190	1.08	1.16	0.85	0.13	0.02											3.24
200	0.27	0.35	0.52	0.10	0.01											1.26
210	0.06	0.03	0.13	0.07	0.00											0.30
220	0.02	0.01	0.04	0.04	0.01	0.01										0.12
230	0.01	0.00	0.01	0.01	0.01											0.04
240	0.01	0.01	0.01	0.01												0.04
250	0.05	0.03	0.05	0.00	0.00											0.13
260	0.13	0.11	0.06	0.03	0.01	0.00										0.34
270	0.03	0.03	0.02													0.07
280	0.02	0.03	0.02	0.02	0.01	0.00	0.01									0.10
290	0.08	0.04	0.05	0.04	0.04	0.01	0.01									0.26
300	0.18	0.09	0.12	0.17	0.06	0.01	0.00									0.64
310	0.50	0.33	0.77	0.42	0.07	0.01										2.10
320	1.69	1.48	2.15	0.39	0.06											5.77
330	2.63	1.99	1.03	0.08	0.01	0.00										5.74
340	3.04	1.26	0.32	0.03												4.64
350	3.58	0.67	0.17	0.01												4.43
360	3.07	0.36	0.06													3.50
TOT.	56.07	20.23	16.46	4.77	1.53	0.59	0.23	0.08	0.04							100.00
Tot. cumul.	76.30	92.76	97.53	99.07	99.65	99.88	99.96	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 39421

Tab 6.1.2.3 - Serie ondometrica trasposta al largo di Taranto. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)
 Distribuzione percentuale degli eventi ondosì, per classi di Hs e direzione di provenienza. INVERNO

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)														TOT.	
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5		>=6.5
10	0.63	0.14	0.03													0.80
20	0.29	0.08	0.01	0.01												0.39
30	0.35	0.07														0.42
40	0.28	0.04														0.32
50	0.29	0.03	0.02													0.34
60	0.20	0.06														0.26
70	0.16	0.06	0.02													0.25
80	0.28															0.28
90	0.82	0.10	0.02													0.95
100	3.03	0.46	0.16	0.02												3.68
110	4.05	0.49	0.07													4.62
120	3.14	0.64	0.21	0.02												4.01
130	3.40	0.94	0.82	0.19	0.04	0.06	0.01									5.46
140	3.58	2.06	1.45	0.83	0.69	0.34	0.11	0.10	0.03							9.20
150	3.28	1.61	1.48	1.00	0.68	0.33	0.20	0.04	0.06							8.68
160	3.11	2.01	2.26	0.88	0.39	0.11	0.02									8.78
170	3.61	2.55	2.66	0.53	0.13											9.47
180	1.73	1.92	2.42	0.29												6.36
190	0.61	0.79	1.07	0.15	0.01											2.64
200	0.11	0.15	0.46	0.14	0.01											0.89
210	0.01	0.00	0.06	0.07												0.14
220	0.01	0.00	0.03	0.05	0.02	0.02										0.13
230	0.01															0.01
240	0.01															0.01
250	0.07	0.00	0.02	0.00	0.01											0.10
260	0.04	0.01	0.02	0.02	0.02	0.01										0.12
270	0.01	0.04	0.01													0.06
280	0.02	0.04	0.01	0.04	0.01	0.01	0.02									0.15
290	0.14	0.03	0.03	0.07	0.07	0.04	0.02									0.41
300	0.34	0.07	0.13	0.42	0.18	0.03										1.17
310	0.48	0.16	1.29	1.02	0.21	0.01										3.17
320	1.12	1.28	4.23	0.86	0.08											7.56
330	1.77	2.35	1.92	0.21	0.03	0.01										6.29
340	2.24	2.05	0.70	0.11												5.10
350	2.61	1.19	0.44	0.04												4.28
360	2.76	0.58	0.14													3.48
TOT.	44.60	22.02	22.22	6.98	2.59	0.98	0.38	0.14	0.09							100.00
Tot. cumul.	66.62	88.84	95.82	98.40	99.38	99.76	99.91	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 9704

Tab 6.1.2.4 - Serie ondometrica trasposta al largo di Taranto. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)
 Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. PRIMAVERA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5	>=6.5	
10	0.68	0.01	0.01													0.70
20	0.26															0.26
30	0.28	0.01	0.01													0.30
40	0.26															0.26
50	0.34															0.34
60	0.31															0.31
70	0.29	0.01	0.01													0.31
80	0.27	0.01	0.01													0.29
90	0.69	0.03	0.01													0.73
100	2.95	0.07	0.02													3.04
110	2.94	0.04	0.02													3.00
120	3.06	0.10	0.01													3.16
130	3.67	0.23	0.21	0.03												4.15
140	5.71	1.74	1.39	0.64	0.18	0.04										9.71
150	5.66	2.25	2.24	1.05	0.40	0.12	0.01									11.73
160	6.40	3.09	2.66	0.59	0.10	0.03										12.87
170	6.84	3.95	2.33	0.15												13.27
180	4.52	3.39	1.59	0.07	0.03											9.59
190	1.25	1.24	0.78	0.07	0.02											3.35
200	0.27	0.50	0.52	0.07	0.01											1.36
210	0.05	0.06	0.13	0.09												0.32
220	0.01	0.03	0.04	0.07												0.15
230	0.00	0.01	0.01	0.02	0.01											0.05
240	0.01	0.00	0.01	0.02												0.04
250	0.05	0.01	0.08													0.14
260	0.23	0.08	0.07	0.01												0.39
270	0.04	0.03	0.02													0.09
280	0.01	0.02	0.01	0.01	0.01											0.06
290	0.06	0.06	0.04	0.02	0.04	0.01										0.22
300	0.10	0.08	0.15	0.07	0.01											0.40
310	0.53	0.35	0.44	0.23												1.55
320	1.45	1.45	1.09	0.13												4.12
330	2.50	1.23	0.48	0.01												4.21
340	2.75	0.50	0.07													3.32
350	3.13	0.41	0.03													3.57
360	2.53	0.12	0.01													2.66
TOT.	60.12	21.07	14.46	3.34	0.81	0.19	0.01									100.00
Tot. cumul.	81.19	95.65	98.99	99.80	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10275

Tab 6.1.2.5 - Serie ondometrica trasposta al largo di Taranto. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)
 Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. ESTATE

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)														TOT.	
	<.25	.25÷.05	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5		>=6.5
10	1.07	0.01														1.08
20	0.44	0.02														0.46
30	0.49															0.49
40	0.53															0.53
50	0.48															0.48
60	0.56															0.56
70	0.41	0.01														0.42
80	0.44	0.01														0.45
90	1.36															1.36
100	4.96	0.06														5.02
110	4.85	0.16														5.01
120	3.42	0.09	0.01													3.52
130	3.92	0.27	0.12	0.01												4.32
140	3.91	0.36	0.14	0.09	0.09	0.03	0.02									4.64
150	3.76	0.98	0.41	0.09	0.06	0.02										5.32
160	4.67	1.58	0.86	0.27	0.03	0.01										7.42
170	6.21	2.48	1.00	0.16												9.85
180	4.38	2.77	1.56	0.06												8.77
190	1.85	1.52	0.64	0.05	0.01											4.06
200	0.45	0.52	0.53	0.09	0.01											1.60
210	0.17	0.05	0.12	0.06												0.40
220	0.07	0.00	0.06	0.00	0.01											0.14
230	0.04	0.00	0.01	0.02	0.01											0.08
240	0.02	0.03	0.04													0.09
250	0.06	0.08	0.08													0.22
260	0.15	0.14	0.11	0.01												0.41
270	0.03	0.04	0.03													0.10
280	0.05	0.02	0.03													0.10
290	0.08	0.05	0.09	0.02												0.24
300	0.17	0.18	0.13	0.03												0.51
310	0.67	0.63	0.71	0.07												2.08
320	2.94	2.04	1.24	0.02												6.23
330	4.41	2.56	0.36													7.33
340	5.13	0.89	0.07													6.09
350	5.63	0.26	0.01													5.90
360	4.58	0.14														4.72
TOT.	72.38	17.92	8.35	1.05	0.22	0.06	0.02									100.00
Tot. cumul.	90.30	98.65	99.70	99.92	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10015

Tab 6.1.2.6 - Serie ondometrica trasposta al largo di Taranto. Periodo (luglio 1989 - ottobre 2004)
 Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. AUTUNNO

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)														TOT.	
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5		>=6.5
10	0.54	0.05	0.02													0.62
20	0.28	0.01														0.29
30	0.32	0.03														0.35
40	0.31	0.01	0.02													0.34
50	0.22	0.02														0.24
60	0.24	0.03														0.28
70	0.19	0.04	0.01													0.24
80	0.24	0.01														0.25
90	0.88	0.06														0.94
100	3.09	0.29	0.03													3.41
110	3.21	0.45	0.07													3.73
120	3.84	0.53	0.14	0.05												4.56
130	3.36	1.16	0.68	0.22	0.07	0.01										5.51
140	4.11	1.45	1.57	0.87	0.73	0.42	0.29	0.12	0.02							9.58
150	3.70	1.60	2.39	1.21	0.76	0.52	0.21	0.06								10.46
160	4.20	2.22	3.34	1.49	0.45	0.16	0.03	0.01	0.01							11.90
170	3.72	2.50	3.34	1.62	0.07	0.00	0.00	0.00	0.02							11.29
180	2.04	1.49	2.81	0.69	0.07	0.01										7.11
190	0.55	1.08	0.94	0.24	0.05											2.87
200	0.24	0.22	0.56	0.12	0.01											1.16
210	0.01	0.02	0.21	0.06	0.01											0.32
220	0.00	0.01	0.02	0.02	0.01											0.06
230																
240																
250	0.01	0.01	0.01	0.01												0.04
260	0.10	0.23	0.02	0.08												0.43
270	0.03	0.00	0.01													0.04
280	0.00	0.04	0.02	0.01	0.01											0.08
290	0.05	0.01	0.03	0.03	0.05											0.18
300	0.11	0.03	0.05	0.18	0.07	0.02	0.01									0.48
310	0.33	0.15	0.68	0.37	0.08	0.02										1.63
320	1.22	1.12	2.14	0.59	0.17											5.25
330	1.76	1.84	1.43	0.13												5.16
340	1.95	1.68	0.46													4.08
350	2.91	0.85	0.22													3.98
360	2.39	0.65	0.10													3.13
TOT.	46.15	19.90	21.34	8.01	2.64	1.17	0.54	0.19	0.05							100.00
Tot. cumul.	66.05	87.40	95.41	98.05	99.22	99.76	99.95	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 9427

Tab 6.1.2.7a - Ripartizione del numero degli eventi di moto ondoso per classi di altezze d'onda significative e periodo medio
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO MEDIO Tm (s)							Tot
	Tm < 4	4 ≤ Tm < 6	6 ≤ Tm < 8	8 ≤ Tm < 10	10 ≤ Tm < 12	12 ≤ Tm < 14	Tm > 14	
0.25 <	20431	1284	121	54	30	68	117	22105
0.25 ÷ 0.75	11957	175	6		2		1	12141
0.75 ÷ 1.25	3145	383	1				0	3529
1.25 ÷ 1.75	677	352					1	1030
1.75 ÷ 2.25	166	230						396
2.25 ÷ 2.75	25	114						139
2.75 ÷ 3.25		58						58
3.25 ÷ 3.75		16						16
3.75 ÷ 4.25		7						7
4.25 ÷ 4.75								
4.75 ÷ 5.25								
> 5.25								
Tot.	36401	2619	128	54	32	68	119	39421

Tab 6.1.2.7b - Ripartizione percentuale degli eventi di moto ondoso per classi di altezze d'onda significative e periodo medio
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO MEDIO Tm (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tm < 4	4 ≤ Tm < 6	6 ≤ Tm < 8	8 ≤ Tm < 10	10 ≤ Tm < 12	12 ≤ Tm < 14	Tm > 14		
0.25 <	51.83	3.26	0.31	0.14	0.08	0.17	0.30	56.07	56.07
0.25 ÷ 0.75	30.33	0.44	0.02		0.01			30.80	86.87
0.75 ÷ 1.25	7.98	0.97						8.95	95.82
1.25 ÷ 1.75	1.72	0.89						2.61	98.43
1.75 ÷ 2.25	0.42	0.58						1.00	99.43
2.25 ÷ 2.75	0.06	0.29						0.35	99.79
2.75 ÷ 3.25		0.15						0.15	99.93
3.25 ÷ 3.75		0.04						0.04	99.97
3.75 ÷ 4.25		0.02						0.02	99.99
4.25 ÷ 4.75								0.00	99.99
4.75 ÷ 5.25								0.00	99.99
>5.25								0.00	99.99
Tot.	92.34	6.64	0.32	0.14	0.08	0.17	0.30	99.992	
Tot. cumul.	92.34	98.98	99.30	100.00	100.00	100.00	100.00		

6.2 Analisi statistiche degli eventi estremi di moto ondoso

Per la determinazione della cosiddetta "onda di progetto" in acqua profonda è necessario eseguire un'elaborazione statistica delle altezze d'onda maggiori relative alle serie storiche ricostruite al largo di Taranto. Mediante regolarizzazione della serie degli eventi estremi, secondo note funzioni probabilistiche, è possibile ricavare le caratteristiche del moto ondoso (definite in termini di altezza significativa e periodo) da associare ad assegnati tempi di ritorno (o probabilità di occorrenza). Nel caso di serie di dati relativi a misure di altezza d'onda è più affidabile l'analisi statistica di serie tronche, ottenute selezionando per i diversi settori direzionali di caratteristiche omogenee tutte le altezze d'onda significative, registrate al picco di mareggiate indipendenti, superiori ad una soglia prefissata. Infatti, il metodo delle serie tronche è da preferire sia al metodo dei massimi annuali (dati in numero limitato e per alcune "annate" ben poco estremi) sia a quello dell'analisi di tutta la serie di eventi di moto ondoso (sicuramente non indipendenti e poco omogenei).

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. Similmente si ipotizza che l'evento termini quando l'altezza d'onda significativa assume per la prima volta un valore inferiore al valore di soglia. Selezionati gli "eventi di picco", l'omogeneità dei dati di solito 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. La scelta della soglia di troncamento deve essere effettuata al fine di garantire comunque una selezione di un numero di eventi estremi comparabile con il numero di anni di osservazione.

L'analisi del grafico polare degli eventi estremi di moto ondoso (fig. 6.2.1) ha consentito di individuare un settore A di traversia principale (130°÷170°N) e due settori secondari B e C rispettivamente compresi tra le direzioni 170°÷245°N e 245°÷330°N. Nel settore A sono state registrate 126 mareggiate con 37 eventi sopra la soglia di 2.50m (tab. 6.2.1 - metodo POT), nel settore B (170°÷245°N) sono risultate 16 mareggiate ciascuna delle quali presenta un valore massimo sopra la soglia di 1,00 m (tab. 6.2.2 - metodo POT), mentre nel settore C (245°÷330°N) sono state registrate 42 mareggiate sopra la soglia di 1.20 m (tab. 6.2.3 - metodo POT). Le serie tronche sono state elaborate effettuando dapprima una regolarizzazione di tipo statistico delle serie di valori riferita al periodo di misure e successivamente le serie "tronche" di dati sono state riferite alle usuali leggi di distribuzione probabilistica, al fine di determinare il valore "di progetto" con un prefissato tempo di ritorno, o la probabilità di non superamento durante la vita delle opere. Le leggi adottate di distribuzione di probabilità cumulata di non superamento (funzione di ripartizione) sono la legge di Weibull:

$$P(X \leq x) = 1 - e^{-\left[\frac{(x-B)}{A}\right]^\alpha}$$

e la legge di Gumbel (1988)

$$P(X \leq x) = \exp[-\exp[-(x-b)/a]],$$

dove X è la variabile aleatoria, x il valore di non superamento e α , A , B , a , b sono i parametri delle distribuzioni. La stima dei parametri delle distribuzioni è stata eseguita sui valori dell'altezza d'onda significativa riportati per ciascun settore rispettivamente nelle tab. 6.2.1, 6.2.2, 6.2.3. Tenendo conto che la probabilità cumulata di non superamento è legata al tempo di ritorno dell'evento dalla relazione:

$$Tr(X \leq x) = \frac{1}{[1 - P(X \leq x)]}$$

sono stati ricavati i grafici dell'altezza d'onda associata a ciascun tempo di ritorno per ciascuna serie e per ciascun settore di traversia (vedi figg. 6.2.2, 6.2.3, 6.2.4). I risultati delle elaborazioni statistiche della serie storica indicano che:

- nel settore di traversia A ($130^\circ \div 170^\circ N$) gli eventi estremi contraddistinti da un tempo di ritorno di 5 anni presentano una altezza d'onda significativa pari a circa 3.8 m, mentre il valore dell'altezza d'onda cinquantennale risulta pari a circa 4.8 m;
- nel settore di traversia B ($170^\circ \div 245^\circ N$) gli eventi estremi contraddistinti da un tempo di ritorno di 5 anni presentano una altezza d'onda significativa pari a circa 1.7 m, mentre il valore dell'altezza d'onda cinquantennale risulta pari a circa 2.4 m;
- nel settore di traversia C ($245^\circ \div 330^\circ N$) gli eventi estremi contraddistinti da un tempo di ritorno di 5 anni presentano una altezza d'onda significativa pari a circa 2.4 m, mentre il valore dell'altezza d'onda cinquantennale risulta pari a circa 3.3 m.

Infine, una analoga analisi statistica è stata condotta sull'intero settore ($130^\circ \div 330^\circ N$) significativamente esposto al moto ondoso: nel periodo considerato sono state registrate 184 mareggiate con 39 eventi sopra soglia pari a 2.50 m (tab. 4.2.4 - metodo POT). Nella fig. 6.2.5 viene riportato il grafico dell'altezza d'onda associata a ciascun tempo di ritorno relativo all'intero settore.

Dall'analisi dei risultati si osserva che valori dell'altezze d'onda significative associate ai diversi tempi di ritorno nel "settore d'insieme" ($130^\circ \div 330^\circ N$) non differiscono da quelli calcolati per il settore di traversia principale; pertanto risulta immediato dedurre che gli eventi più intensi possano provenire quasi esclusivamente da quest'ultimo settore. Nella tabella seguente sono sintetizzati i valori delle caratteristiche del moto ondoso al largo di Taranto per il settore di traversia principale con $Tr=50$ e 100 anni. La definizione del periodo associato all'altezza d'onda di progetto è stata calcolata con una formula del tipo $T = c H^{1/m}$ (vedi le espressioni Bretschneider, Grancini ed altri); in particolare si è utilizzata l'espressione: $T_p = 4.51 H_s^{0.5}$

Tr (anni)	Settore di traversia (°N)	Altezza significativa al largo Hso (m)	Periodo di picco Tp (s)
50	130°-170°N	4.80	9.90
100	130°-170°N	5.10	10.20

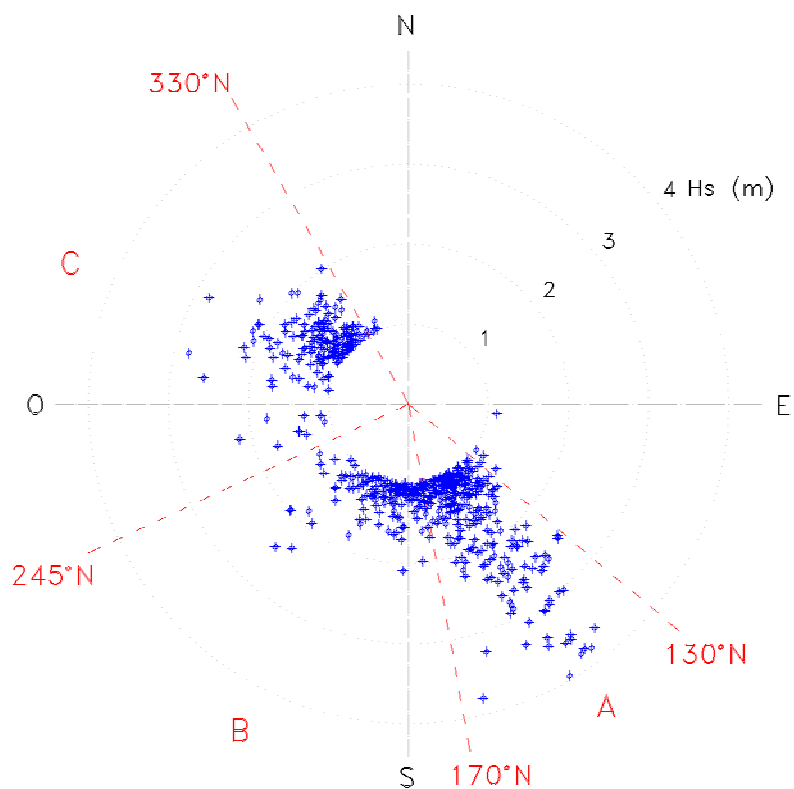


Fig. 6.2.1 – Grafico polare degli eventi di moto ondoso trasposti al largo di Taranto ed individuazione dei settori di traversia

**Tab. 6.2.1 - Statistica delle onde significative al largo di Taranto
Settore di traversia: 130-170 ° Nord**

Numero anni: 13.19
 Numero delle mareggiate: 126
 Soglia di riferimento (POT) m >2.50

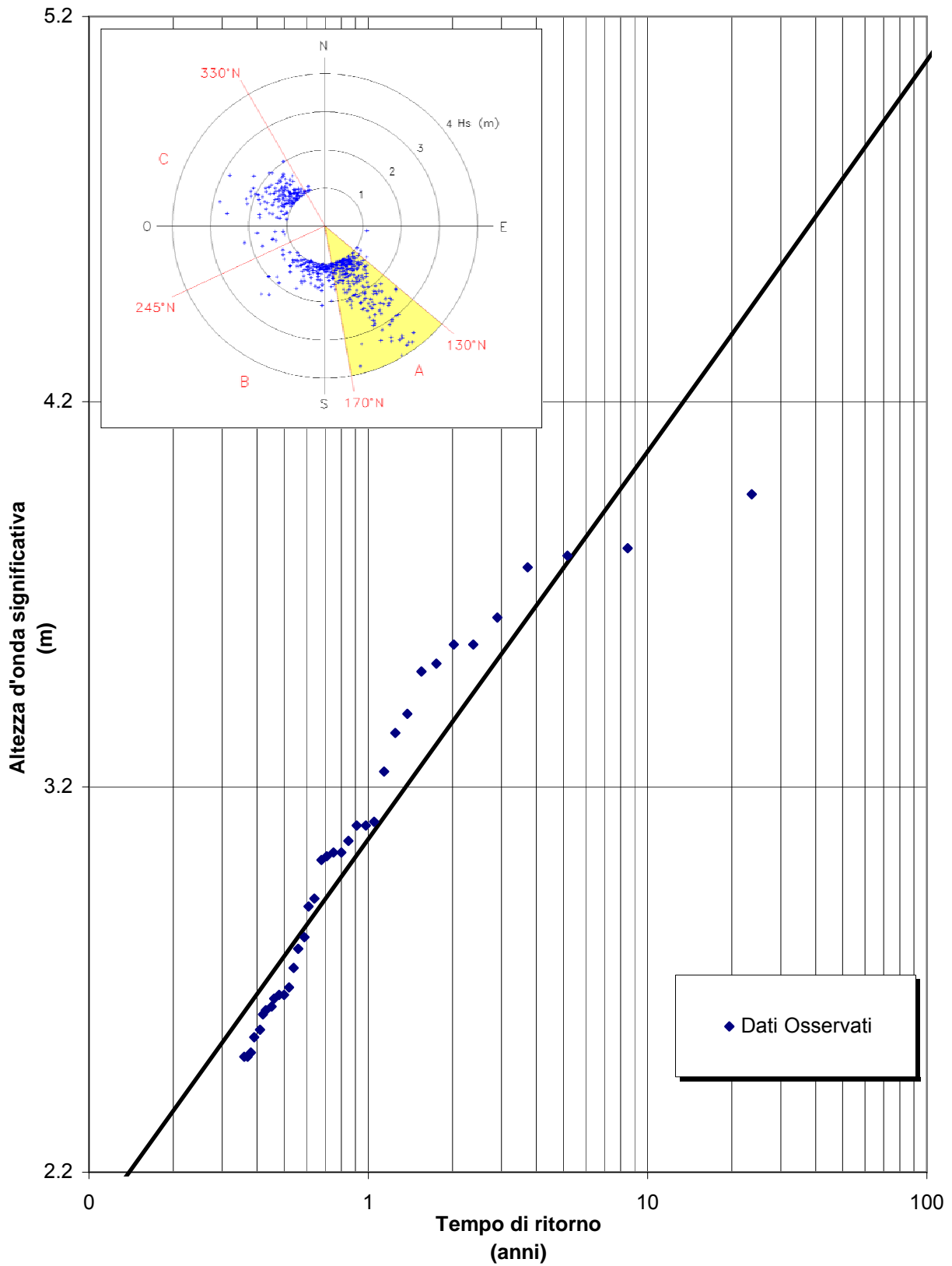
Media (m): 3.05
 Deviazione Standard (m): 0.437
 Numero di eventi sopra POT 37

Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)
3.96	23.63	3.03	0.80	2.57	0.41
3.82	8.48	3.03	0.75	2.55	0.39
3.80	5.17	3.02	0.71	2.51	0.38
3.77	3.72	3.01	0.68	2.50	0.37
3.64	2.90	2.91	0.64	2.50	0.36
3.57	2.38	2.89	0.61		
3.57	2.02	2.81	0.59		
3.52	1.75	2.78	0.56		
3.50	1.55	2.73	0.54		
3.39	1.38	2.68	0.52		
3.34	1.25	2.66	0.50		
3.24	1.14	2.66	0.48		
3.11	1.05	2.65	0.46		
3.10	0.98	2.63	0.45		
3.10	0.91	2.62	0.43		
3.06	0.85	2.61	0.42		

Tr	GUMBEL		WEI(.75)	
	Anni	Hs(m) c.i.(m)	Hs(m) c.i.(m)	
5	3.8	0.5	3.7	0.3
10	4.1	0.6	3.9	0.5
25	4.5	0.8	4.3	0.7
50	4.8	1.0	4.6	0.9
100	5.1	1.2	4.9	1.1
A	0.418		0.217	
B	2.16		2.396	
r	0.953		0.916	

Tr	WEI(1.0)		WEI(1.4)		WEI(2.0)	
	anni	Hs(m) c.i.(m)	Hs(m) c.i.(m)		Hs(m) c.i.(m)	
5	3.8	0.4	3.9	0.5	3.9	0.5
10	4.1	0.6	4.2	0.6	4.2	0.6
25	4.5	0.8	4.6	0.8	4.6	0.8
50	4.8	1.0	4.9	1.0	4.9	1.0
100	5.1	1.2	5.2	1.2	5.2	1.2
A	0.43		0.824		1.468	
B	2.096		1.621		0.911	
r	0.945		0.964		0.975	

**Fig. 6.2.2 - Statistica delle onde significative al largo di Taranto
 Legge Weibull (1.0) - Settore A (130°- 170°N)
 Nt=126 N=37 Hsoglia = 2.50 m**



**Tab. 6.2.2 - Statistica delle onde significative al largo di Taranto
Settore di traversia: 170-245 ° Nord**

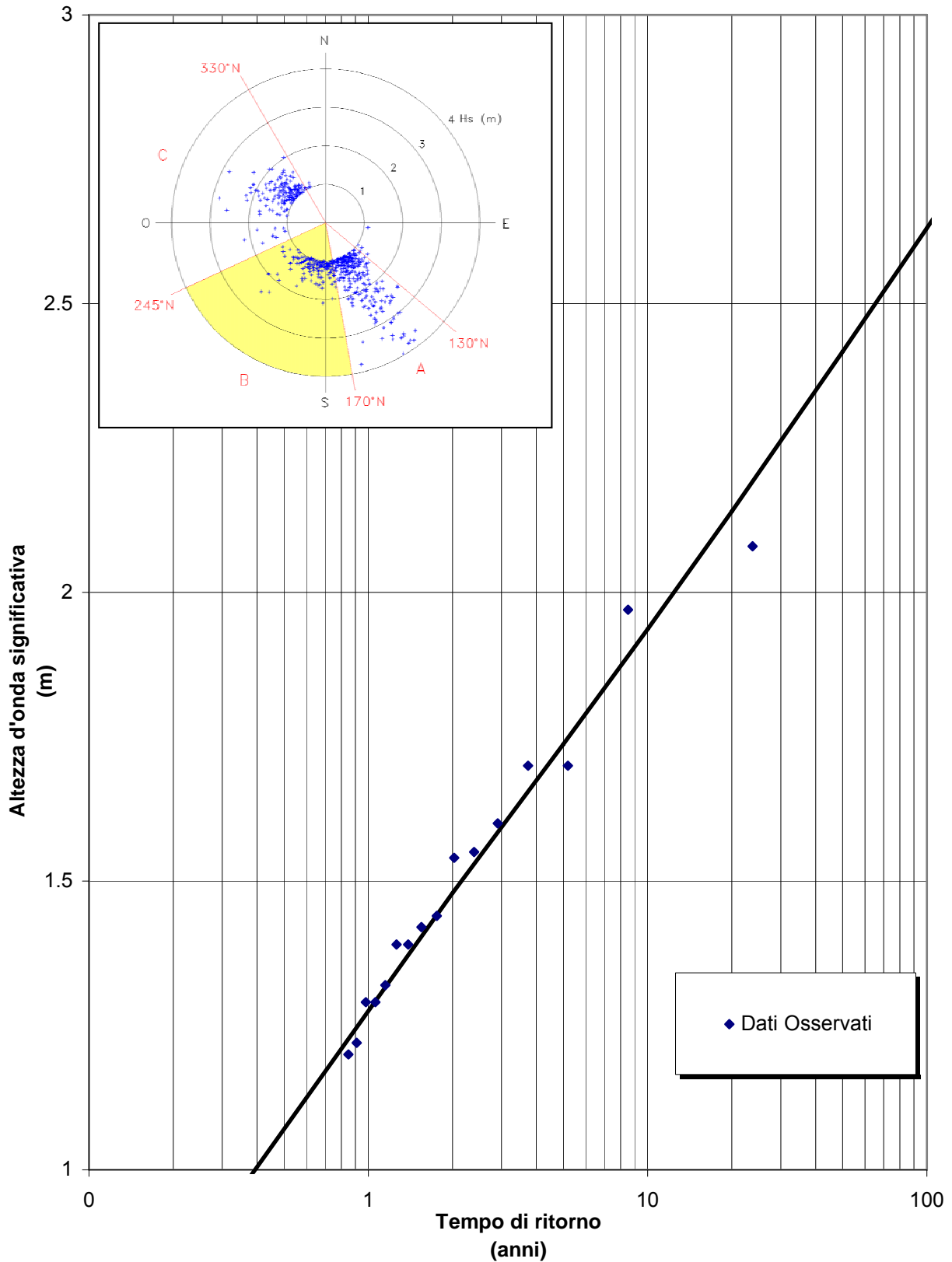
Numero anni: 13.19
 Numero delle mareggiate: 16
 Soglia di riferimento (POT) m >1.20
 Media (m): 1.506
 Deviazione Standard (m): 0.255
 Numero di eventi sopra POT 16

Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)
2.08	23.73				
1.97	8.52				
1.70	5.19				
1.70	3.73				
1.60	2.91				
1.55	2.39				
1.54	2.03				
1.44	1.76				
1.42	1.55				
1.39	1.39				
1.39	1.26				
1.32	1.15				
1.29	1.06				
1.29	0.98				
1.22	0.91				
1.20	0.85				

Tr	GUMBEL		WEI(.75)	
	Anni	Hs(m) c.i.(m)	Hs(m) c.i.(m)	
5	1.8	0.2	1.7	0.3
10	1.9	0.3	1.8	0.4
25	2.1	0.5	2.1	0.6
50	2.3	0.6	2.3	0.8
100	2.4	0.8	2.5	1.0
A		0.208		0.171
B		1.391		1.305
r		0.988		0.959

Tr	WEI(1.0)		WEI(1.4)		WEI(2.0)	
	anni	Hs(m) c.i.(m)	Hs(m) c.i.(m)	Hs(m) c.i.(m)	Hs(m) c.i.(m)	Hs(m) c.i.(m)
5	1.7	0.3	1.8	0.3	1.8	0.3
10	1.9	0.5	2.0	0.5	2.0	0.4
25	2.2	0.7	2.2	0.7	2.2	0.5
50	2.4	0.9	2.4	0.9	2.4	0.7
100	2.6	1.1	2.6	1.2	2.5	0.9
A		0.27		0.403		0.563
B		1.237		1.139		1.007
r		0.984		0.991		0.982

**Fig. 6.2.3 - Statistica delle onde significative al largo di Taranto
 Legge Weibull (1.0) - Settore B (170°- 245°N)
 Nt =16 N =16 Hsoglia = 1.20 m**



**Tab. 6.2.3 - Statistica delle onde significative al largo di Taranto
Settore di traversia: 245-330° Nord**

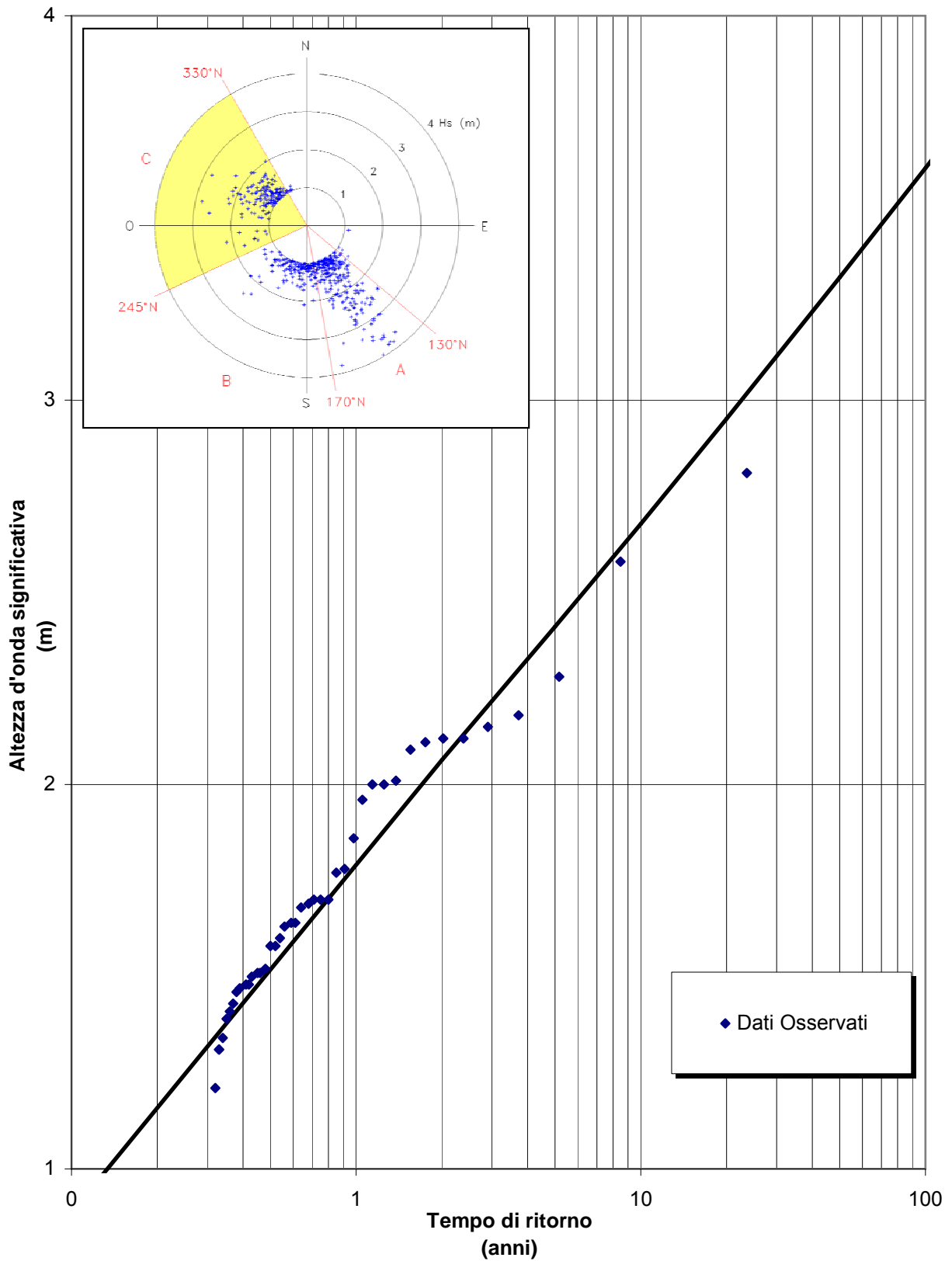
Numero anni: 13.19
 Numero delle mareggiate: 42
 Soglia di riferimento (POT) m >1.20
 Media (m): 1.745
 Deviazione Standard (m): 0.352
 Numero di eventi sopra POT 42

Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)
2.81	23.62	1.70	0.80	1.48	0.41
2.58	8.48	1.70	0.75	1.47	0.39
2.28	5.17	1.70	0.71	1.46	0.38
2.18	3.72	1.69	0.68	1.43	0.37
2.15	2.90	1.68	0.64	1.41	0.36
2.12	2.38	1.64	0.61	1.39	0.35
2.12	2.02	1.64	0.59	1.34	0.34
2.11	1.75	1.63	0.56	1.31	0.33
2.09	1.55	1.60	0.54	1.31	0.33
2.01	1.38	1.58	0.52	1.21	0.32
2.00	1.25	1.58	0.50		
2.00	1.14	1.52	0.48		
1.96	1.05	1.51	0.46		
1.86	0.98	1.51	0.45		
1.78	0.91	1.50	0.43		
1.77	0.85	1.48	0.42		

Tr Anni	GUMBEL		WEI(.75)	
	Hs(m)	c.i.(m)	Hs(m)	c.i.(m)
5	2.3	0.2	2.3	0.4
10	2.5	0.3	2.6	0.6
25	2.7	0.4	2.9	0.8
50	2.9	0.5	3.2	0.9
100	3.1	0.6	3.5	1.1
A	0.28		0.219	
B	1.586		1.485	
r	0.991		0.945	

Tr anni	WEI(1.0)		WEI(1.4)		WEI(2.0)	
	Hs(m)	c.i.(m)	Hs(m)	c.i.(m)	Hs(m)	c.i.(m)
5	2.4	0.5	2.4	0.4	2.4	0.3
10	2.7	0.6	2.6	0.5	2.6	0.4
25	3.0	0.9	2.9	0.7	2.8	0.5
50	3.3	1.1	3.1	0.9	3.0	0.6
100	3.6	1.3	3.4	1.1	3.2	0.7
A	0.36		0.542		0.763	
B	1.388		1.251		1.069	
r	0.979		0.992		0.986	

**Fig. 6.2.4 - Statistica delle onde significative al largo di Taranto
 Legge Weibull (1.0) - Settore C (245°- 330°N)
 Nt =42 N =42 Hsoglia = 1.20 m**



Tab. 6.2.4 - Statistica delle onde significative al largo di Taranto
Settore di traversia: 130-330 ° Nord

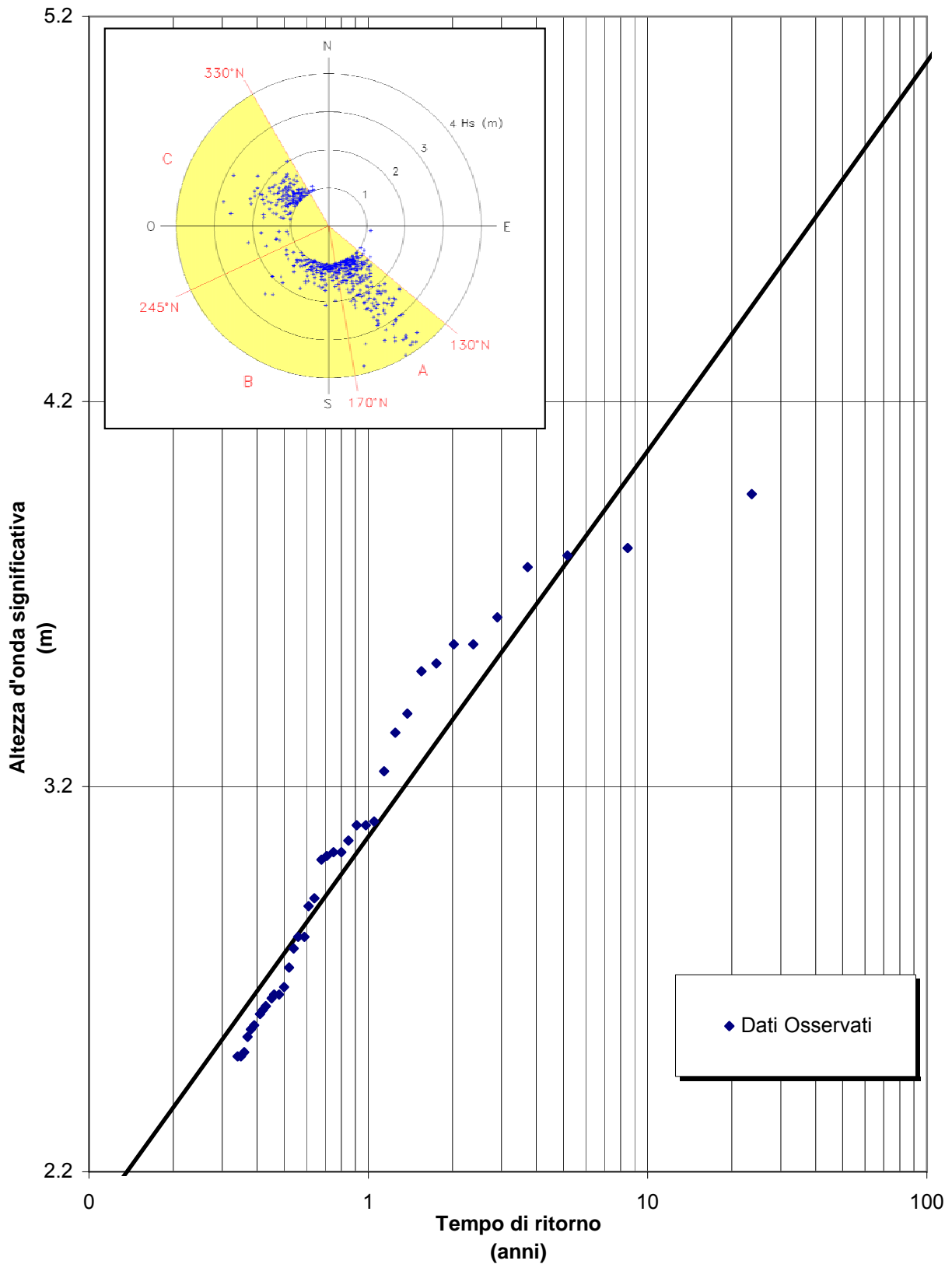
Numero anni: 13.19 Media (m): 3.032
 Numero delle mareggiate: 184 Deviazione Standard (m): 0.433
 Soglia di riferimento (POT) m >2.50 Numero di eventi sopra POT 39

Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)
3.96	23.63	3.03	0.80	2.61	0.41
3.82	8.48	3.03	0.75	2.58	0.39
3.80	5.17	3.02	0.71	2.57	0.38
3.77	3.72	3.01	0.68	2.55	0.37
3.64	2.90	2.91	0.64	2.51	0.36
3.57	2.38	2.89	0.61	2.50	0.35
3.57	2.02	2.81	0.59	2.50	0.34
3.52	1.75	2.81	0.56		
3.50	1.55	2.78	0.54		
3.39	1.38	2.73	0.52		
3.34	1.25	2.68	0.50		
3.24	1.14	2.66	0.48		
3.11	1.05	2.66	0.46		
3.10	0.98	2.65	0.45		
3.10	0.91	2.63	0.43		
3.06	0.85	2.62	0.42		

Tr Anni	GUMBEL		WEI(.75)	
	Hs(m)	c.i.(m)	Hs(m)	c.i.(m)
5	3.8	0.5	3.7	0.3
10	4.1	0.6	3.9	0.5
25	4.5	0.8	4.3	0.7
50	4.8	1.0	4.6	0.8
100	5.1	1.2	4.8	1.0
A	0.421		0.21	
B	1.988		2.282	
r	0.956		0.925	

Tr anni	WEI(1.0)		WEI(1.4)		WEI(2.0)	
	Hs(m)	c.i.(m)	Hs(m)	c.i.(m)	Hs(m)	c.i.(m)
5	3.8	0.4	3.9	0.5	3.9	0.4
10	4.1	0.6	4.2	0.6	4.2	0.6
25	4.5	0.8	4.6	0.8	4.6	0.7
50	4.8	1.0	4.9	1.0	4.9	0.9
100	5.1	1.2	5.2	1.2	5.2	1.1
A	0.43		0.848		1.552	
B	1.943		1.404		0.6	
r	0.95		0.967		0.976	

Fig. 6.2.5 - Statistica delle onde significative al largo di Taranto
Legge Weibull (1.0) - Settore tot (130°- 330°N)
Nt =184 N =39 Hsoglia = 2.50 m



6.3 Analisi dei dati del K.N.M.I e MeteoMer-ClioSat

Una classificazione dettagliata delle altezze, dei periodi e delle direzioni di provenienza delle onde stimate a vista è stata effettuata sulla base delle osservazioni trasmesse dalle navi in transito al largo del golfo di Taranto e collazionate in database dagli Uffici Meteorologici dell'Olanda (K.N.M.I.) e Gran Bretagna (MetOffice-Bracknell). La raccolta di dati si riferisce a due aree marine che interessano il Golfo di Taranto, la prima (fonte K.N.M.I.) delimitata dai seguenti paralleli e meridiani 38.5-40.3 N e 13.4-16.2 E, la seconda (fonte Bracknell) meno estesa, fra 39.0-40.0 N e 16.7-18.3 E.

I dati elaborati (tabb. 6.3.1 e 6.3.2) si riferiscono a 29.049 e 2863 osservazioni rispettivamente per la prima e seconda area effettuate durante un periodo di oltre 30 anni. Le serie di dati a disposizione sono abbastanza limitate e quindi non direttamente utilizzabili per una corretta analisi statistica, pur se i dati hanno il pregio di riferirsi anche ad onde di mare morto (swell). Va inoltre ricordato che la frequenza delle osservazioni è molto variabile nel tempo in quanto legata al passaggio, spesso caratterizzato da diverse frequenze stagionali, delle navi; lo stesso evento ondoso può inoltre essere "conteggiato" più volte da navi diverse. Restano poi le inevitabili approssimazioni legate alla soggettività ed imprecisione delle stime visuali. Peraltro, nonostante i succitati limiti di attendibilità, si è ritenuto interessante riportare la distribuzione percentuale delle frequenze di osservazione nel settore di traversia.

Si evidenzia (pur con le riserve già esposte) un'elevata frequenza sia dei mari con onde significative comprese tra 0.25 e 1.25 m (49.65%) che di quelli con onde che vanno da 1.25 a 2.25 m (13.08%). Anche le percentuali relative agli eventi ondosi di maggiore intensità, con onda massima compresa tra 2.25 m e 3.75 m non sono trascurabili (2.67%) mentre si riducono notevolmente per i mari con onde massime maggiori di 3.75 m (0.29%). Per quanto riguarda la direzione di provenienza in tutto il settore di 360° a cui si riferiscono le osservazioni delle navi in transito si può notare (tab. 6.3.1) la netta prevalenza dei mari di maestrale (N-NNO) per i quali il porto di Taranto risulta schermato geograficamente (questi stati di mare sono generati all'interno del golfo di Taranto dai venti provenienti da terra) e di quelli di mezzogiorno (SSE-SSO) che globalmente raggiungono una discreta frequenza annuale (circa il 20%) ed una direzione di propagazione che investe direttamente il sito di Taranto.

Per completezza di indagine sono stati reperiti anche i dati di moto ondoso rilevati da satellite derivati dalle elaborazioni dei dati satellitari condotte dal servizio meteorologico francese (MeteoMer-ClioSat). I dati, raccolti in classi di altezza e direzione di moto ondoso (tab. 6.3.3), sono rappresentativi degli stati di mare associati ai massimi picchi spettrali relativi ad un'area del Golfo di Taranto delimitata dai seguenti paralleli e meridiani 39.0-40.3° N e 16.3-18.3° E. Anche se il periodo di rilievo è limitato (nel complesso inferiore a due anni) i dati da satellite confermano, analogamente a quanto derivato dalle osservazioni dai natanti in transito, la prevalenza degli stati di mare da nord (frequenza superiore al 40%); questi sono associati ad altezze d'onda inferiori a 4 m ed inoltre, considerata l'esposizione geografica del sito in esame,

sono comunque ininfluenti. Comunque gli stati di mare più intensi ($H_s > 3.0$ m) provengono da scirocco e mezzogiorno anche se contraddistinti da una frequenza limitata (2.32 %).

Zona 17 – KNMI – TARANTO

N. Settori = 12

N. Osservazioni = 29049

Area 38.5-40.3N 16.3-20.0E

Perc. onde maggiori di 0.25 m = 65.69%

Perc. calme = 33.99%

Perc. confuse = 0.32%

Altezze/Dir	N	NNE	ENE	E	ESE	SSE	S	SSO	OSO	O	ONO	NNO	Totale
0,25 a 1,25	5.44	2.28	2.72	1.53	1.75	7.64	4.66	2.34	3.19	2.29	2.79	13.02	49.65
1,25 a 2,25	1.60	0.56	0.56	0.25	0.53	2.70	1.34	0.62	0.80	0.42	0.64	3.06	13.08
2,25 a 3,75	0.37	0.09	0.09	0.05	0.20	0.59	0.25	0.12	0.11	0.09	0.20	0.51	2.67
> 3,75	0.03	-	-	0.01	0.01	0.08	0.03	0.02	0.02	0.01	0.02	0.06	0.29
Totale	7.44	2.93	3.37	1.84	2.49	11.01	6.28	3.10	4.12	2.81	3.65	16.65	65.69

Tab. 6.3.1 – Osservazioni dirette di moto ondoso di navi in transito (K.N.M.I.)

Moto ondoso osservati da navi in transito nel periodo 1/1949 – 5/1988
Area 39.0-40.0 N 16.7-19.3 E

Periodo (s)	Da 0	6	8	9	11	12	14	Totale
Altezze (m)	A 5	7	9	10	12	13	15	
0,0 a 0,5	1369	36	10	0	1	1	0	1417
0,6 a 1,0	542	86	19	3	3	2	0	655
1,1 a 1,5	273	82	37	6		3	0	401
1,6 a 2,0	82	72	17	9	1	2	1	184
2,1 a 2,5	30	33	16	10	5	2	0	96
2,6 a 3,0	23	17	12	1	1	0	0	54
3,1 a 4,0	12	14	15	2	2	0	1	46
4,1 a 5,0	2	4	2		0	0	0	8
5,1 a 6,0	0	1	0	0	0	0	0	1
6,1 a 7,0	0	0	0	0	0	0	0	0
7,1 a 8,0	0	0	1	0	0	0	0	1
Totale	2333	345	129	31	13	10	2	2863

Tab. 6.3.2 – Osservazioni dirette di moto ondoso da navi in transito (Meteorological Office – Bracknell)

**Elaborazione di dati da satellite (ERS1-ERS2)
Rilevamenti da: Agosto 1991 - Maggio 1992; Marzo 1996 – Aprile 1996**

Direz. (°Nord)	0,00 1,00	1,00 2,00	2,00 3,00	3,00 4,00	4,00 5,00	5,00 6,00	> 6,00	TOT.
0-15	3.48	5.65	1.16	0.31	--	--	--	10.60
15-30	1.31	1.62	--	--	--	--	--	2.94
30-45	1.08	0.39	--	--	--	--	--	1.47
45-60	0.31	0.54	0.08	--	--	--	--	0.93
60-75	1.31	0.70	--	--	--	--	--	2.01
75-90	1.01	0.70	--	--	--	--	--	1.70
90-105	0.70	0.70	--	--	--	--	--	1.39
105-120	0.39	1.39	0.39	0.15	--	--	--	2.32
120-135	0.08	0.54	0.77	0.31	0.15	--	0.08	1.93
135-150	--	1.01	1.24	0.85	0.23	--	--	3.33
150-165	0.08	2.24	2.71	1.31	0.31	--	--	6.65
165-180	--	1.16	3.09	0.85	0.15	--	--	5.26
180-195	--	2.86	2.94	1.55	--	--	--	7.35
195-210	0.08	2.01	2.55	0.15	0.62	--	--	5.41
210-225	0.08	1.78	0.85	1.08	0.77	--	--	4.56
225-240	0.46	1.93	0.70	0.08	--	--	--	3.17
240-255	3.63	2.55	0.39	--	--	--	--	6.57
255-270	2.63	0.85	--	--	--	--	--	3.48
270-285	2.71	0.23	--	--	--	--	--	2.94
285-300	0.54	0.08	--	--	--	--	--	0.62
300-315	3.09	0.08	--	--	--	--	--	3.17
315-330	2.09	0.08	--	--	--	--	--	2.17
330-345	10.75	4.56	--	--	--	--	--	15.31
345-360	7.19	7.12	0.70	0.31	--	--	--	15.31
TOT.	43.00	40.76	17.56	6.96	2.24	--	0.08	100.00

Numero totale di eventi di moto ondoso 1293

Numero totale di misure radar-altimetriche elaborate 1430

Tab. 6.3.3 – Misure di moto ondoso da satellite

6.4 Propagazione sotto costa della serie di misure ondometriche

Per definire le condizioni di moto ondoso in prossimità dell'imboccatura portuale e delle opere foranee e per la definizione del clima ondometrico sotto costa, è stato eseguito uno studio di propagazione del moto ondoso da largo a riva. A tal fine è stato necessario in primo luogo scegliere il modello numerico più appropriato per lo studio in questione. La scelta del modello numerico viene normalmente effettuata a valle di un'analisi dei principali fenomeni fisici che condizionano l'evoluzione delle onde durante la propagazione. Tale analisi si basa fondamentalmente su una attenta lettura della conformazione batimetrica dei fondali e delle relative condizioni al contorno che per il sito in esame sono in funzione anche delle direzioni di provenienza del moto ondoso al largo.

Si può ragionevolmente ritenere che l'influenza in termini percentuali dei procedimenti generativi del moto ondoso ad opera del vento che intervengono nella propagazione largo-riva, possano essere, nel caso in esame, trascurati, poiché la zona di evoluzione del moto ondoso su bassi fondali risulta di estensione notevolmente inferiore rispetto a quella, posta in mare aperto, dove le onde vengono generate. La serie di dati ondometrici della boa di Crotona trasposta al largo del porto in esame è stata riportata sotto costa utilizzando il modello numerico di propagazione inversa spettrale MEROPE. In una seconda fase gli stati di mare ricondotti nei pressi dell'opera in progetto sono stati elaborati con il programma PEGASO per la ricostruzione del clima di moto ondoso sotto costa.

La prima fase dello studio della rifrazione richiede la digitalizzazione dei valori di profondità e la costruzione di un adeguato reticolo batimetrico che tenga conto della topografia sottomarina sui "bassi" fondali (profondità inferiori alla semi-lunghezza d'onda, cioè dell'ordine dei 100 m). I valori di profondità sono stati ricavati sia dalle carte nautiche elencate nel par.1. Al fine di ottenere un quadro completo del regime di moto ondoso sottocosta è stata condotta l'applicazione del modello MEROPE per un punto di rifrazione P posto ad una distanza di circa 1000 m dalle opere in progetto alla profondità di circa 7.5 (vedi figg. 6.4.1, 6.4.5).

Per il punto P sono stati calcolati 20 piani d'onda per altrettanti periodi compresi tra 2 e 22 secondi, tracciando una serie di raggi (ortogonali ai fronti d'onda), spazati di 0.5° , sino a coprire l'intero settore (geografico) di traversia. I risultati della rifrazione inversa-spettrale sono sintetizzati in forma tabellare e grafica (tabelle 6.4.1, 6.4.2, 6.4.3 e figure 6.4.2 e 4.4.3) per tutti gli spettri ondosi simulati (tipo JONSWAP), avendo distinto quelli di minore intensità e maggior frequenza (utili per ottenere il regime medio sottocosta) da quelli estremi. Nelle tabelle, dove sono riportati i 9 spettri più rappresentativi del clima d'onda (con T_p variabile da 4 a 12 s e con $H_s = 1$ m in quanto il modello è lineare), sono utilizzati i seguenti simboli:

H_{so} = altezza d'onda significativa al largo;

Az_{mo} = direzione di provenienza al largo;

T_{so} = periodo d'onda al largo;

K = coefficiente di rifrazione;

Az_{mr} = direzione di provenienza a riva;
 H_{sr} = altezza d'onda significativa a riva;
 T/T_o = rapporto tra il periodo d'onda al largo e a riva.

Nella figura 6.4.3 sono rappresentate in forma grafica le corrispondenze tra le direzioni del moto ondoso incidente dal largo (ascisse) ed i relativi valori di direzione calcolati a riva per i 9 spettri riportati nelle tabelle 6.4.1, 6.4.2 e 6.4.3. In particolare, esaminando il grafico in fig. 6.4.3 si osserva che:

- le onde provenienti da maestrale ($320^\circ N$) raggiungono il punto P subendo una deviazione direzionale media pari a circa 73° (direzione di provenienza nel punto a riva $247^\circ N$);
- le onde provenienti da scirocco ($150^\circ N$) subiscono mediamente una rotazione di circa 78° (direzione di provenienza nel punto a riva $228^\circ N$) durante la propagazione sottocosta;
- le onde provenienti da $170^\circ N$ (mezzogiorno) raggiungono il punto P subendo una deviazione direzionale media pari a circa 60° (direzione di provenienza nel punto a riva $230^\circ N$).

La figura 6.4.2 riporta (limitatamente ai 9 spettri presi ad esempio) la corrispondenza dell'altezza d'onda significativa sotto costa rispetto alla direzione di incidenza al largo espressa dal valore del coefficiente k ($k = k_r \cdot k_s$ con k_r coefficiente di rifrazione e k_s coefficiente di shoaling). Da tale figura e dalle tabelle di sintesi da cui esse sono state ricavate, si osserva che per il punto considerato i maggiori valori del coefficiente k si manifestano in relazione agli eventi provenienti dal settore di libeccio (220° - $250^\circ N$): per tali stati di mare l'altezza d'onda nel punto d'inversa si riduce di circa il 10% per gli eventi associati ai periodi minori (4 s); una riduzione ben più consistente pari a circa il 75% subiscono le onde lunghe di libeccio aventi un periodo pari a 12 s (a meno che intervengano fenomeni di frangimento di cui il modello matematico di rifrazione inversa impiegato non tiene conto); mediamente la riduzione dell'altezza d'onda per la direzione considerata risulta circa pari al 45%.

Per completare l'analisi del clima sotto costa la serie ondometrica determinata al largo è stata propagata a riva nel punto P precedentemente definito. I risultati dei calcoli condotti con il programma MEROPE sono sintetizzati per classi di altezza e direzione (tabelle da 6.4.4 a 6.4.8 e figura 6.4.4) al fine di fornire un'utile visione d'insieme del clima d'onda sotto costa, mentre nelle tabelle 6.4.9a e 6.4.9b gli eventi sono suddivisi per classi di H_s e di periodo di picco (T_p). Da queste si evidenzia che:

- il clima d'onda che al largo presentava un accentuato carattere bimodale (prevalentemente esposto agli eventi di moto ondoso provenienti da tramontana-maestrale e da scirocco-mezzogiorno) subisce una marcata trasformazione nel trasferimento sottocosta nel punto P (dove molti dei contributi spettrali vengono eliminati per diffrazione dalle opere di difesa antistanti il punto P) e si concentra entro il settore di libeccio (vedi fig. 6.4.5);
- tutti gli eventi provengono dal settore compreso tra le direzioni 220° - $250^\circ N$ (libeccio);
- gli eventi con maggiore intensità ($1.50 \leq H_s \text{ (m)} \leq 2.00$) provengono dal settore compreso tra le direzioni di $240^\circ N$ e $250^\circ N$ con una frequenza cumulata pari allo 0.02%;

- la stagione in cui si riscontrano valori di Hs al di sopra della soglia dei 1.5 m risulta essere l'inverno con una frequenza di accadimento complessiva pari allo 0.06%.

Pertanto relativamente alle mareggiate provenienti dai tre settori esaminati le caratteristiche del moto ondoso (onde di progetto) in corrispondenza dell'opera sono:

Settore di provenienza al largo	Tr (anni)	Condizioni al largo			Condizioni a ridosso delle opere		
		Dir. (°N)	Hs (m)	Tp (s)	Dir. (°N)	Hs (m)	Tp (s)
130°÷170°N	50	170°	4.80	9.9	236°	0.96	9.9
130°÷170°N	100	170°	5.10	10.2	237°	1.02	10.2
170°÷245°N	50	240°	3.30	8.2	243°	1.78	8.2
170°÷245°N	100	240°	3.60	8.6	244°	1.80	8.6
245°÷330°N	50	245°	2.40	6.7	242°	1.65	6.7
245°÷330°N	100	245°	2.60	7.3	243°	1.65	7.3

Pertanto ai fini del dimensionamento della diga a scogliera che delimita la vasca le caratteristiche del moto ondoso di progetto assunte sono le seguenti:

- Altezza d'onda significativa: Hs= 1.80m
- Periodo di picco: Tp= 8.6 s

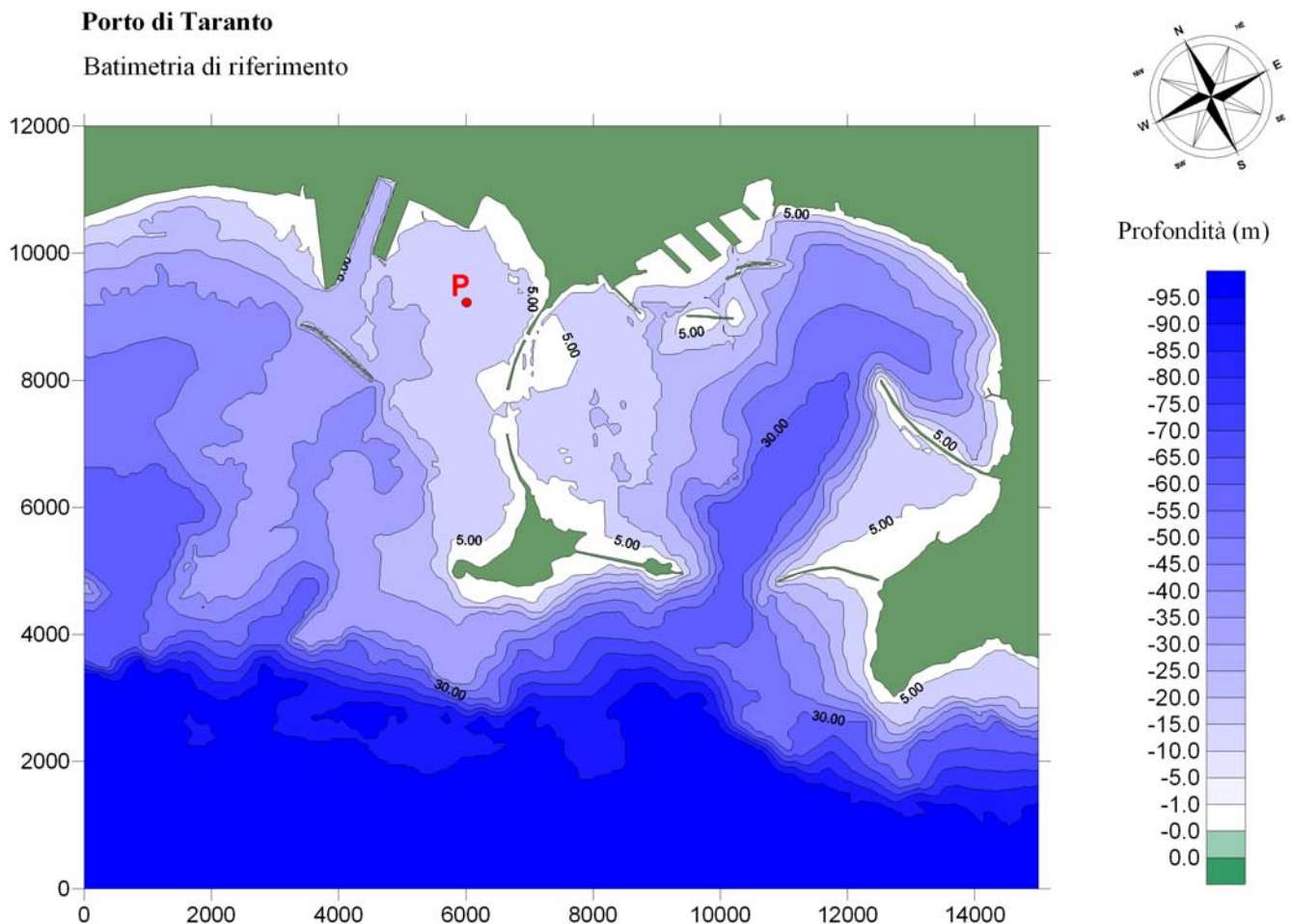


Fig. 6.4.1

	Hso	Tso	Azmo	Hsr	Tsr	Azmr	K	T/To
	m	s	°N	m	s	°N		
Spettro 1	1.00	4.00	140	0.26	3.00	218	0.258	0.75
	1.00	4.00	150	0.34	3.48	219	0.335	0.87
	1.00	4.00	160	0.42	3.48	220	0.424	0.87
	1.00	4.00	170	0.52	3.48	221	0.521	0.87
	1.00	4.00	180	0.62	3.48	222	0.622	0.87
	1.00	4.00	190	0.72	3.48	224	0.718	0.87
	1.00	4.00	200	0.80	3.48	226	0.801	0.87
	1.00	4.00	210	0.86	4.03	228	0.863	1.01
	1.00	4.00	220	0.90	4.03	231	0.901	1.01
	1.00	4.00	230	0.92	4.03	234	0.916	1.01
	1.00	4.00	240	0.91	4.03	237	0.914	1.01
	1.00	4.00	250	0.90	4.03	240	0.897	1.01
	1.00	4.00	260	0.86	4.03	242	0.863	1.01
	1.00	4.00	270	0.81	4.03	244	0.809	1.01
	1.00	4.00	280	0.73	4.03	245	0.733	1.01
	1.00	4.00	290	0.64	4.03	245	0.637	1.01
	1.00	4.00	300	0.53	4.68	246	0.529	1.17
	Spettro 2	1.00	5.00	140	0.22	3.48	219	0.221
1.00		5.00	150	0.28	3.48	220	0.279	0.70
1.00		5.00	160	0.35	3.48	222	0.350	0.70
1.00		5.00	170	0.43	3.48	224	0.432	0.70
1.00		5.00	180	0.52	4.68	226	0.523	0.94
1.00		5.00	190	0.61	4.68	228	0.613	0.94
1.00		5.00	200	0.69	4.68	230	0.693	0.94
1.00		5.00	210	0.76	4.68	232	0.756	0.94
1.00		5.00	220	0.80	4.68	235	0.801	0.94
1.00		5.00	230	0.83	4.68	237	0.827	0.94
1.00		5.00	240	0.84	4.68	239	0.837	0.94
1.00		5.00	250	0.83	4.68	241	0.830	0.94
1.00		5.00	260	0.80	4.68	243	0.804	0.94
1.00		5.00	270	0.76	4.68	244	0.756	0.94
1.00		5.00	280	0.69	4.68	245	0.685	0.94
1.00		5.00	290	0.60	4.68	245	0.595	0.94
1.00		5.00	300	0.49	4.68	246	0.495	0.94
Spettro 3		1.00	6.00	140	0.19	3.48	220	0.191
	1.00	6.00	150	0.24	3.48	223	0.238	0.58
	1.00	6.00	160	0.30	3.48	225	0.296	0.58
	1.00	6.00	170	0.36	4.68	228	0.364	0.78
	1.00	6.00	180	0.44	4.68	230	0.439	0.78
	1.00	6.00	190	0.52	4.68	232	0.515	0.78
	1.00	6.00	200	0.59	4.68	234	0.586	0.78
	1.00	6.00	210	0.65	5.43	236	0.646	0.90
	1.00	6.00	220	0.69	5.43	238	0.693	0.90
	1.00	6.00	230	0.73	5.43	240	0.726	0.90
	1.00	6.00	240	0.74	5.43	241	0.743	0.90
	1.00	6.00	250	0.74	5.43	243	0.743	0.90
	1.00	6.00	260	0.72	5.43	244	0.723	0.90
	1.00	6.00	270	0.68	5.43	244	0.682	0.90
	1.00	6.00	280	0.62	5.43	245	0.619	0.90
	1.00	6.00	290	0.54	5.43	245	0.539	0.90
	1.00	6.00	300	0.45	5.43	246	0.449	0.90
	1.00	6.00	310	0.36	4.68	246	0.359	0.78
1.00	6.00	320	0.28	4.68	246	0.278	0.78	
1.00	6.00	330	0.21	4.68	247	0.211	0.78	

Tab. 6.4.1 – Risultati della rifrazione inversa spettrale nel punto P

	Hso	Tso	Azmo	Hsr	Tsr	Azmr	K	T/To
	m	s	°N	m	s	°N		
Spettro 4	1.00	7.00	140	0.17	3.48	222	0.167	0.50
	1.00	7.00	150	0.21	4.68	225	0.207	0.67
	1.00	7.00	160	0.25	4.68	228	0.255	0.67
	1.00	7.00	170	0.31	4.68	230	0.310	0.67
	1.00	7.00	180	0.37	4.68	233	0.370	0.67
	1.00	7.00	190	0.43	5.43	235	0.435	0.78
	1.00	7.00	200	0.50	5.43	237	0.498	0.78
	1.00	7.00	210	0.55	6.29	239	0.553	0.90
	1.00	7.00	220	0.60	6.29	240	0.597	0.90
	1.00	7.00	230	0.63	6.29	241	0.627	0.90
	1.00	7.00	240	0.64	6.29	242	0.642	0.90
	1.00	7.00	250	0.64	6.29	243	0.641	0.90
	1.00	7.00	260	0.62	6.29	244	0.624	0.90
	1.00	7.00	270	0.59	6.29	244	0.589	0.90
	1.00	7.00	280	0.54	6.29	245	0.536	0.90
	1.00	7.00	290	0.47	6.29	245	0.470	0.90
	1.00	7.00	300	0.39	6.29	245	0.395	0.90
	Spettro 5	1.00	8.00	140	0.15	4.68	224	0.147
1.00		8.00	150	0.18	4.68	227	0.181	0.58
1.00		8.00	160	0.22	4.68	230	0.219	0.58
1.00		8.00	170	0.26	4.68	233	0.264	0.58
1.00		8.00	180	0.32	5.43	235	0.315	0.68
1.00		8.00	190	0.37	6.29	237	0.371	0.79
1.00		8.00	200	0.43	6.29	239	0.427	0.79
1.00		8.00	210	0.48	6.29	240	0.476	0.79
1.00		8.00	220	0.51	7.30	241	0.513	0.91
1.00		8.00	230	0.53	7.30	242	0.535	0.91
1.00		8.00	240	0.54	7.30	243	0.541	0.91
1.00		8.00	250	0.53	7.30	243	0.535	0.91
1.00		8.00	260	0.52	7.30	244	0.517	0.91
1.00		8.00	270	0.49	7.30	244	0.488	0.91
1.00		8.00	280	0.45	7.30	245	0.448	0.91
1.00		8.00	290	0.40	6.29	245	0.398	0.79
1.00		8.00	300	0.34	6.29	245	0.342	0.79
Spettro 6		1.00	9.00	140	0.13	4.68	226	0.131
	1.00	9.00	150	0.16	4.68	229	0.159	0.52
	1.00	9.00	160	0.19	4.68	232	0.192	0.52
	1.00	9.00	170	0.23	5.43	235	0.230	0.60
	1.00	9.00	180	0.27	6.29	237	0.273	0.70
	1.00	9.00	190	0.32	8.47	239	0.320	0.94
	1.00	9.00	200	0.37	8.47	240	0.365	0.94
	1.00	9.00	210	0.40	8.47	241	0.403	0.94
	1.00	9.00	220	0.43	7.30	242	0.432	0.81
	1.00	9.00	230	0.45	7.30	243	0.448	0.81
	1.00	9.00	240	0.45	7.30	243	0.451	0.81
	1.00	9.00	250	0.44	7.30	244	0.443	0.81
	1.00	9.00	260	0.43	7.30	244	0.427	0.81
	1.00	9.00	270	0.40	7.30	244	0.403	0.81
	1.00	9.00	280	0.37	7.30	245	0.372	0.81
	1.00	9.00	290	0.33	7.30	245	0.334	0.81
	1.00	9.00	300	0.29	7.30	245	0.292	0.81
	1.00	9.00	310	0.25	6.29	246	0.249	0.70
1.00	9.00	320	0.21	6.29	246	0.206	0.70	
1.00	9.00	330	0.17	5.43	247	0.167	0.60	

Tab. 6.4.2 – Risultati della rifrazione inversa spettrale nel punto P

	Hso	Tso	Azmo	Hsr	Tsr	Azmr	K	T/To
	m	s	°N	m	s	°N		
Spettro 7	1.00	10.00	140	0.12	4.68	227	0.116	0.47
	1.00	10.00	150	0.14	4.68	231	0.141	0.47
	1.00	10.00	160	0.17	5.43	234	0.170	0.54
	1.00	10.00	170	0.20	6.29	236	0.203	0.63
	1.00	10.00	180	0.24	8.47	238	0.239	0.85
	1.00	10.00	190	0.28	8.47	240	0.276	0.85
	1.00	10.00	200	0.31	8.47	241	0.312	0.85
	1.00	10.00	210	0.34	8.47	242	0.341	0.85
	1.00	10.00	220	0.36	8.47	243	0.362	0.85
	1.00	10.00	230	0.37	7.30	243	0.373	0.73
	1.00	10.00	240	0.37	7.30	243	0.374	0.73
	1.00	10.00	250	0.37	7.30	244	0.367	0.73
	1.00	10.00	260	0.35	7.30	244	0.354	0.73
	1.00	10.00	270	0.33	7.30	244	0.334	0.73
	1.00	10.00	280	0.31	7.30	244	0.310	0.73
	1.00	10.00	290	0.28	7.30	245	0.281	0.73
	1.00	10.00	300	0.25	7.30	245	0.249	0.73
	1.00	10.00	310	0.22	7.30	246	0.216	0.73
	1.00	10.00	320	0.18	6.29	246	0.183	0.63
	1.00	10.00	330	0.15	6.29	247	0.151	0.63
Spettro 8	1.00	11.00	140	0.10	4.68	229	0.104	0.43
	1.00	11.00	150	0.13	5.43	232	0.127	0.49
	1.00	11.00	160	0.15	6.29	235	0.152	0.57
	1.00	11.00	170	0.18	6.29	238	0.179	0.57
	1.00	11.00	180	0.21	8.47	239	0.209	0.77
	1.00	11.00	190	0.24	8.47	241	0.239	0.77
	1.00	11.00	200	0.27	8.47	242	0.267	0.77
	1.00	11.00	210	0.29	8.47	242	0.289	0.77
	1.00	11.00	220	0.30	8.47	243	0.304	0.77
	1.00	11.00	230	0.31	7.30	243	0.311	0.66
	1.00	11.00	240	0.31	7.30	244	0.312	0.66
	1.00	11.00	250	0.31	7.30	244	0.306	0.66
	1.00	11.00	260	0.29	7.30	244	0.295	0.66
	1.00	11.00	270	0.28	7.30	244	0.280	0.66
	1.00	11.00	280	0.26	7.30	244	0.261	0.66
	1.00	11.00	290	0.24	7.30	245	0.238	0.66
	1.00	11.00	300	0.21	7.30	245	0.214	0.66
	1.00	11.00	310	0.19	7.30	246	0.188	0.66
	1.00	11.00	320	0.16	7.30	246	0.162	0.66
	1.00	11.00	330	0.14	6.29	247	0.136	0.57
Spettro 9	1.00	12.00	140	0.09	4.68	230	0.094	0.39
	1.00	12.00	150	0.11	5.43	234	0.114	0.45
	1.00	12.00	160	0.14	6.29	236	0.136	0.52
	1.00	12.00	170	0.16	8.47	238	0.159	0.71
	1.00	12.00	180	0.18	8.47	240	0.183	0.71
	1.00	12.00	190	0.21	8.47	241	0.208	0.71
	1.00	12.00	200	0.23	8.47	242	0.229	0.71
	1.00	12.00	210	0.25	8.47	243	0.245	0.71
	1.00	12.00	220	0.26	8.47	243	0.256	0.71
	1.00	12.00	230	0.26	7.30	243	0.262	0.61
	1.00	12.00	240	0.26	7.30	244	0.262	0.61
	1.00	12.00	250	0.26	7.30	244	0.257	0.61
	1.00	12.00	260	0.25	7.30	244	0.249	0.61
	1.00	12.00	270	0.24	7.30	244	0.237	0.61
	1.00	12.00	280	0.22	7.30	244	0.222	0.61
	1.00	12.00	290	0.20	7.30	245	0.204	0.61
	1.00	12.00	300	0.18	7.30	245	0.184	0.61
	1.00	12.00	310	0.16	7.30	246	0.164	0.61
	1.00	12.00	320	0.14	7.30	246	0.143	0.61
	1.00	12.00	330	0.12	6.29	247	0.121	0.52

Tab. 6.4.3 – Risultati della rifrazione inversa spettrale nel punto P

Fig. 6.4.2 - Punto di rifrazione inversa P : Rapporto tra l'altezza d'onda al largo H_{so} e sotto costa in funzione della direzione del moto ondoso al largo

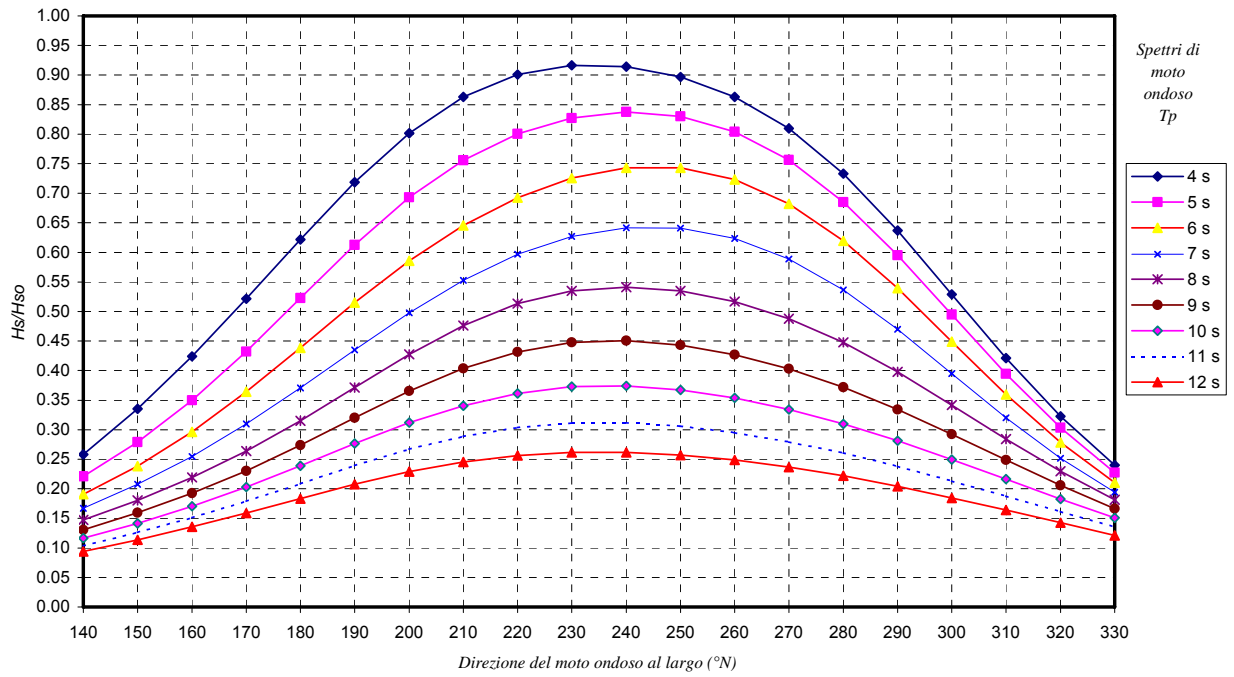
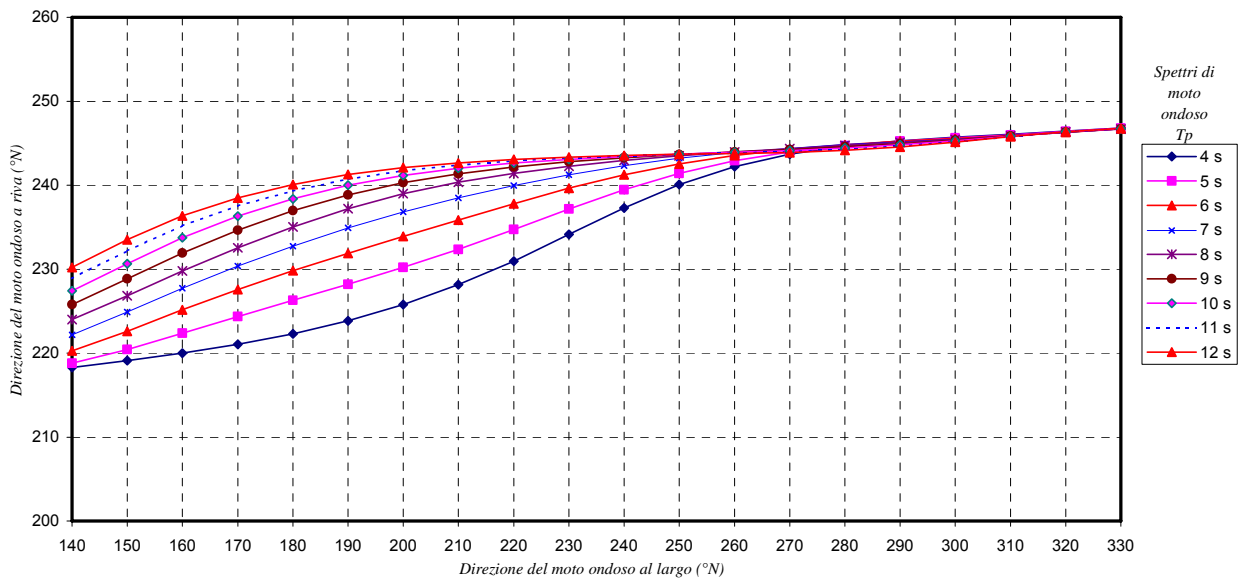
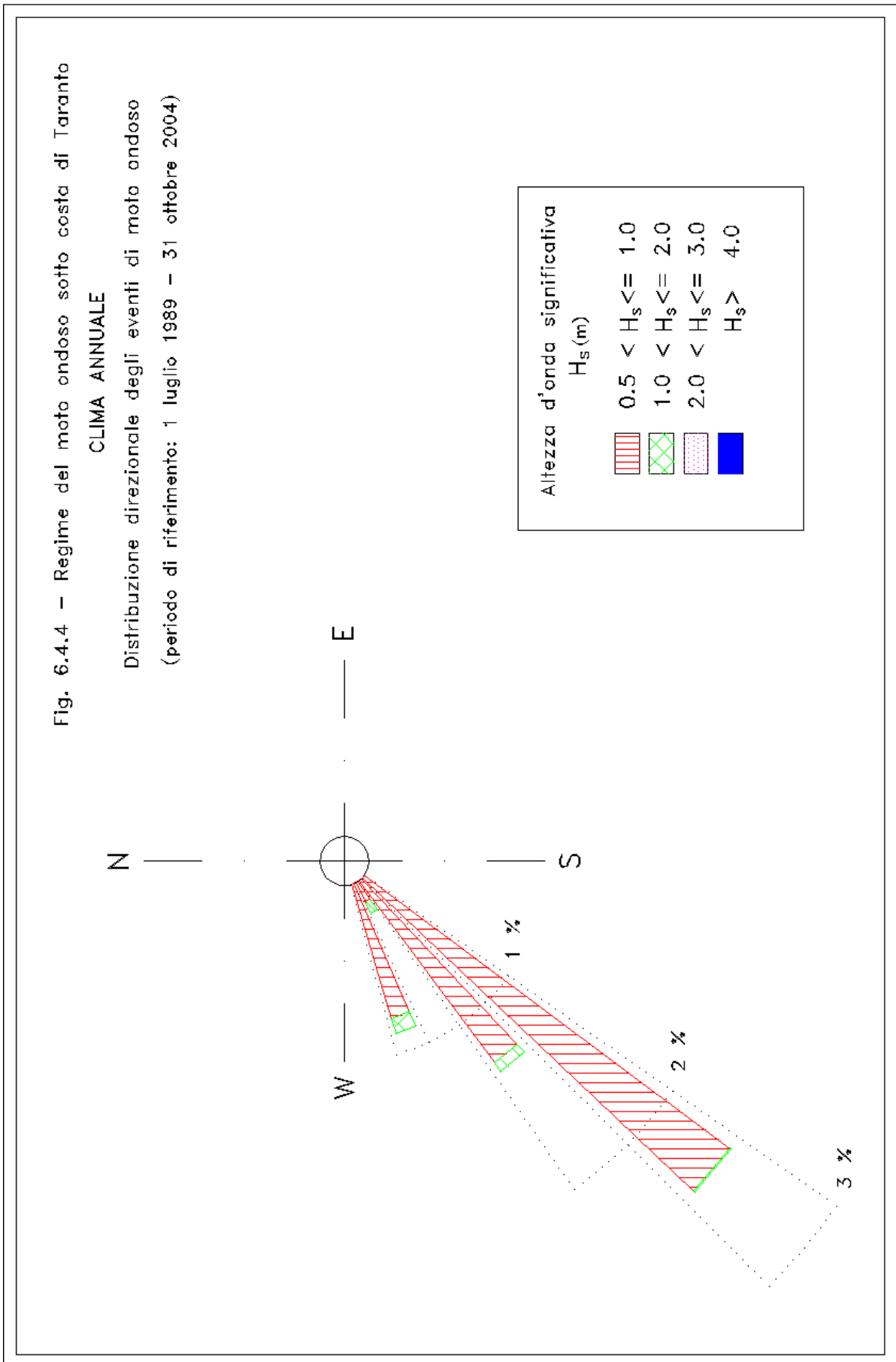
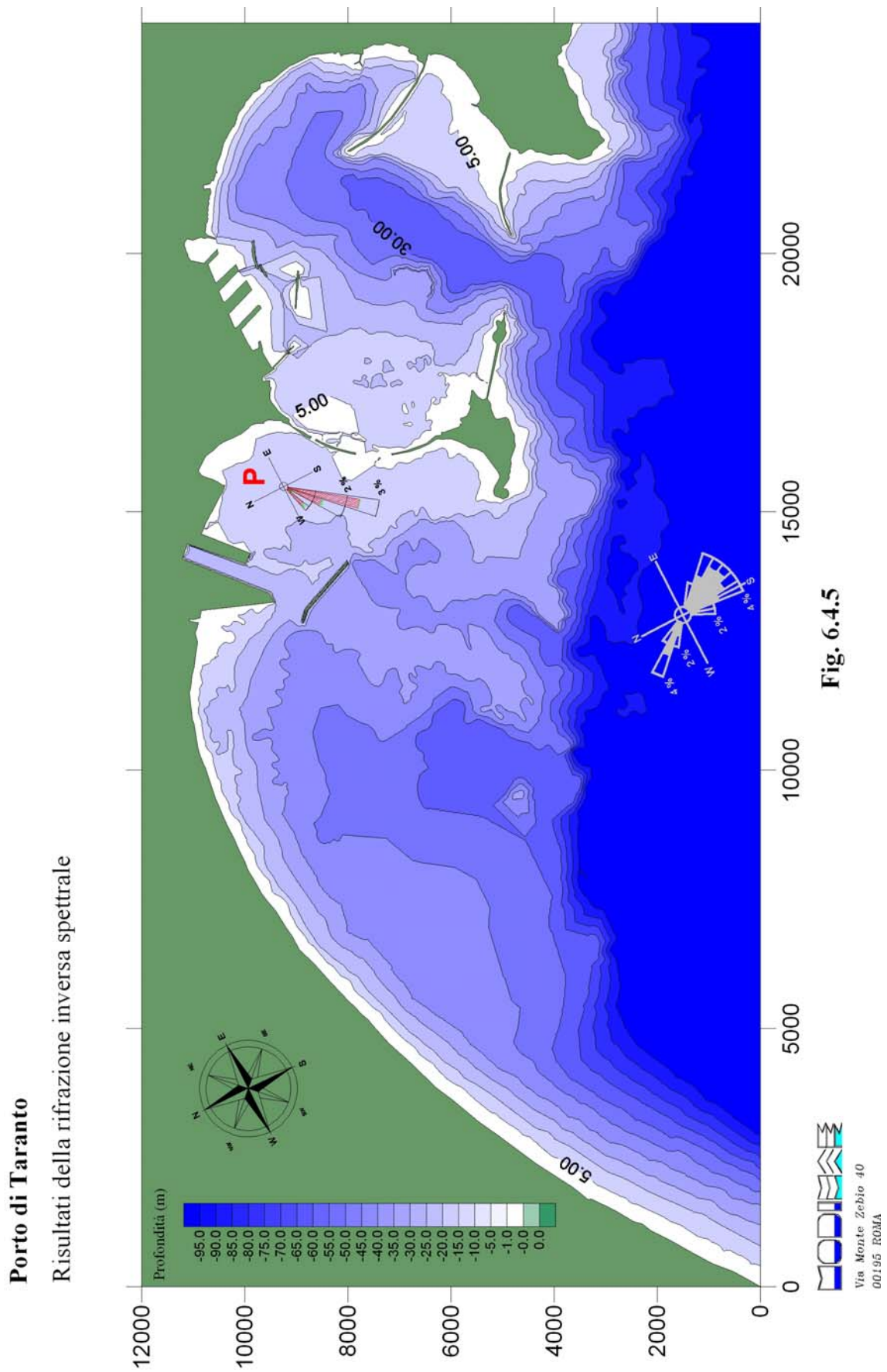


Fig. 6.4.3 - Punto di rifrazione inversa P : Corrispondenza direzioni di moto ondoso largo - riva







Tab. 6.4.4 - Serie ondometrica trasferita sotto costa di Taranto. Periodo (luglio 1989 - Ottobre 2004)

Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. ANNUALE

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5	>=6.5	
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180																
190																
200																
210																
220	47.98	14.36	2.40	0.01												64.74
230	2.49	1.51	1.26	0.06												5.31
240	0.40	0.22	0.23	0.05	0.01											0.91
250	25.35	2.78	0.82	0.07	0.00											29.03
260																
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	76.22	18.87	4.71	0.19	0.02											100.00
Tot. cumul.	95.09	99.80	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 32482

Tab. 6.4.5 -Serie ondometrica trasferita sotto costa di Taranto. Periodo (luglio 1989-Ottobre 2004)
 Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. INVERNO

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)														TOT.	
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5		>=6.5
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180																
190																
200																
210																
220	43.30	14.00	2.88													60.18
230	3.09	1.35	1.57	0.05												6.06
240	0.35	0.03	0.14	0.10	0.05											0.67
250	25.90	5.26	1.76	0.15	0.01											33.09
260																
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	72.64	20.65	6.35	0.30	0.06											100.00
Tot. cumul.	93.29	99.64	99.94	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 8647

Tab. 6.4.6 -Serie ondometrica trasferita sotto costa di Taranto. Periodo (luglio 1989-Ottobre 2004)
 Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. PRIMAVERA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)														TOT.	
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5		>=6.5
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180																
190																
200																
210																
220	58.19	15.16	1.25													74.60
230	1.76	1.08	0.71	0.10												3.65
240	0.32	0.26	0.19	0.06												0.83
250	19.05	1.46	0.36	0.04												20.91
260																
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	79.33	17.97	2.51	0.19												100.00
Tot. cumul.	97.30	99.81	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 8403

Tab. 6.4.7 -Serie ondometrica trasferita sotto costa di Taranto. Periodo (luglio 1989-Ottobre 2004)

Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. ESTATE

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)														TOT.	
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5		>=6.5
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180																
190																
200																
210																
220	47.43	9.81	1.24													58.49
230	1.23	0.66	0.77													2.66
240	0.41	0.50	0.38	0.03												1.31
250	35.85	1.57	0.12													37.54
260																
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	84.92	12.54	2.51	0.03												100.00
Tot. cumul.	97.46	99.97	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Numero di eventi validi : 7400

Tab. 6.4.8 -Serie ondometrica trasferita sotto costa di Taranto. Periodo (luglio 1989-Ottobre 2004)
 Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. AUTUNNO

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)														TOT.	
	<.25	.25÷0.5	0.5÷1.0	1.0÷1.5	1.5÷2.0	2.0÷2.5	2.5÷3.0	3.0÷3.5	3.5÷4.0	4.0÷4.5	4.5÷5.0	5.0÷5.5	5.5÷6.0	6.0÷6.5		>=6.5
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180																
190																
200																
210																
220	42.83	18.09	4.16	0.02												65.10
230	3.77	2.90	1.93	0.07												8.68
240	0.55	0.10	0.24	0.01												0.90
250	21.66	2.61	0.95	0.10												25.32
260																
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	68.81	23.71	7.27	0.21												100.00
Tot. cumul.	92.52	99.79	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00

Numero di eventi validi : 8032

Tab. 6.4.9a - Ripartizione del numero degli eventi di moto ondoso per classi di altezze d'onda significative e periodo medio
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

CLASSI DI PERIODO MEDIO Tm (s)								Tot
Hs (m)	Tm < 4	4 ≤ Tm < 6	6 ≤ Tm < 8	8 ≤ Tm < 10	10 ≤ Tm < 12	12 ≤ Tm < 14	Tm > 14	
0.25 <	24679	74	5					24758
0.25 ÷ 0.75	7441	3						7444
0.75 ÷ 1.25	249	9						258
1.25 ÷ 1.75	20	1						21
1.75 ÷ 2.25	1	0						1
2.25 ÷ 2.75								
2.75 ÷ 3.25								
3.25 ÷ 3.75								
3.75 ÷ 4.25								
4.25 ÷ 4.75								
4.75 ÷ 5.25								
> 5.25								
Tot.	32390	87	5					32482

Tab. 8.4.9b - Ripartizione percentuale degli eventi di moto ondoso per classi di altezze d'onda significative e periodo medio
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

CLASSI DI PERIODO MEDIO Tm (s)								Tot	Tot. cumul.
Hs (m)	Tm < 4	4 ≤ Tm < 6	6 ≤ Tm < 8	8 ≤ Tm < 10	10 ≤ Tm < 12	12 ≤ Tm < 14	Tm > 14		
0.25 <	75.98	0.23	0.02					76.22	76.22
0.25 ÷ 0.75	22.91	0.01						22.92	99.14
0.75 ÷ 1.25	0.77	0.03						0.79	99.93
1.25 ÷ 1.75	0.06	0.00						0.06	100.00
1.75 ÷ 2.25									100.00
2.25 ÷ 2.75									100.00
2.75 ÷ 3.25									100.00
3.25 ÷ 3.75									100.00
3.75 ÷ 4.25									100.00
4.25 ÷ 4.75									100.00
4.75 ÷ 5.25									100.00
>5.25									100.00
Tot.	99.71	0.27	0.02					99.997	
Tot. cumul.	99.71	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Appendice

A.1 Calcolo dei “fetch efficaci” e della relazione tra direzione del vento e quella del moto ondoso – modello ENIF

Per il calcolo dei fetch efficaci si fa riferimento ad una relazione, derivata dalla teoria di ricostruzione indiretta del moto ondoso nota come metodo S.M.B. (Sverdrup, Munk e Bretshneider, 1947) e successivi aggiornamenti (Saville 1954, Seymour 1977, S.P.M. 1984, Smith 1991), di seguito riportata nella sua forma più generale:

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

dove:

- ϕ_w direzione media (riferita al nord geografico) di possibile provenienza del vento responsabile del fenomeno di generazione del moto ondoso lungo la traversia;
- $\phi_i \leq \phi_w \pm \theta$ direzione i-esima (riferita al nord geografico) relativa ad un settore di 2θ considerato direzione ϕ_w . Il metodo classico di Saville prevede un valore di $\theta=45^\circ$ mentre la metodologia sviluppata da Seymour fa riferimento ad un valore di $\theta=90^\circ$.
- $F_{e,w}$ lunghezza del fetch efficace relativa alla direzione ϕ_w
- F_i lunghezza del fetch geografico relativa alla direzione i-esima ϕ_i (si fa riferimento alla lunghezza calcolata su base cartografica) eventualmente assunta come valore medio relativo ad un settore di 15° nell'intorno della direzione i-esima ϕ_i (metodo proposto dal C.E.R.C. nel software package A.C.E.S.)
- 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 $n=2$)

Per il calcolo della relazione esistente tra la direzione del vento e quella del moto ondoso generato, si fa riferimento al criterio introdotto da Donelan. Nell'ipotesi che:

- la direzione media del moto ondoso corrisponde alla direzione della componente spettrale associata al periodo di picco;
- il moto ondoso generato dal vento è ben definito e rappresentabile tramite le relazioni introdotte dalla campagna oceanografica JONSWAP (JOint North Sea WAve Project, Hasselmann 1976).

Si può affermare che la direzione media β del moto ondoso relativa alla direzione media di provenienza del vento ϕ_w è individuata come il valore che rende massima la funzione:

$$f(\phi_w) = F_{e,\phi_w}^{0.28} \cdot (\cos \phi_w)^{0.44}$$

quindi per $f'(\beta) = 0$ e $f''(\beta) < 0$.

Il programma ENIF sviluppato dalla Modimar effettua il calcolo dei fetch efficaci e della correlazione del vento e quella del moto ondoso generato.

A.2 Descrizione del modello di propagazione inversa spettrale MEROPE

Propagandosi verso "riva" su fondali via via decrescenti, le onde subiscono una serie di trasformazioni geometriche e perdite di energia che alla fine conducono al loro frangimento (ciò avviene quando l'onda, deformata, diviene molto alta rispetto alla sua lunghezza e perciò "instabile" o comunque intercetta fondali bassi «incompatibili» con la sua altezza). Prescindendo, perchè comunque trascurabili, dalle perdite di energia che (fuori dalla zona dei frangenti) sono dovute all'attrito del fondo e, per fondi permeabili, alla percolazione; nonché dagli effetti indotti dalle correnti, dal vento e dalle riflessioni del fondo, le modifiche delle caratteristiche ondose durante la propagazione verso riva sono indotte essenzialmente dai fenomeni di rifrazione e di shoaling.

Il primo fenomeno (rifrazione) consiste in una trasformazione tridimensionale dovuta a variazioni di fondale lungo i fronti d'onda che comportano variazioni planimetriche di questi e, conseguentemente, a variazioni delle altezze d'onda per effetto della conservazione del flusso di energia fra "ortogonali" vicine. Il secondo fenomeno (shoaling) è una trasformazione bidimensionale delle onde dovuta al solo effetto del fondale nella direzione di propagazione. L'effetto "fondale" modifica la celerità di gruppo e di conseguenza provoca dapprima una riduzione e poi un sostanziale aumento di altezza delle onde allorché queste avanzano su profondità di fondali decrescenti.

La simulazione di detti fenomeni può essere eseguita in modo efficace con il metodo della "rifrazione inversa spettrale". Tale metodo fornisce risultati quantitativi esattamente nel punto di interesse, al contrario del metodo classico della rifrazione diretta. Il relativo modello matematico è stato sviluppato seguendo le indicazioni di Abernety e Gilbert (1978). La differenza più appariscente rispetto al metodo tradizionale dei piani d'onda (rifrazione diretta) è rappresentata dalla costruzione dei raggi con un verso contrario a quello della propagazione delle onde. Tale impostazione fu introdotta da Dorrestein nel 1960: si costruisce un ventaglio di raggi relativi ad un dato periodo d'onda, che hanno tutti origine nel luogo della costa (o in prossimità) dove si desidera conoscere i risultati, partendo ognuno con una diversa direzione ϕ . Si ricava quindi la direzione Θ che i raggi possiedono quando raggiungono la regione di acque profonde.

Riportate in diagramma le molteplici coppie di valori Θ - ϕ trovate, si ricava per ogni Θ il gradiente $\frac{\delta\phi}{\delta\Theta}$ da introdurre nella formula che conduce poi alle altezze sotto costa:

$$K_r = \sqrt{\frac{C_0}{C} \cdot \frac{\delta\phi}{\delta\Theta}}$$

Rispetto al metodo convenzionale, si ha il vantaggio che i risultati sono ottenuti direttamente per il luogo che interessa, sulla costa, senza il problema di dover interpolare tra raggi calcolati da una parte o dall'altra del punto. Inoltre, un unico diagramma di rifrazione (per ciascun periodo) rappresenta i raggi relativi a tutte le direzioni di provenienza del moto ondoso al largo.

Dal punto di vista pratico, la costruzione inversa dei raggi non presenta problemi e si applica la stessa equazione della traiettoria del raggio del metodo convenzionale, con lievi modifiche di segni. Con la tecnica della proiezione inversa, non sarebbe necessario neppure conoscere il

percorso dei singoli raggi poiché basta avere il diagramma di rifrazione $\Theta-\phi$ definito con incrementi di frequenza e Θ sufficientemente piccoli per riassumere tutti gli effetti della topografia sull'altezza e direzione delle onde nella loro propagazione verso un punto della costa. Si nota in genere che le curve $\Theta-\phi$ dolci per valori alti delle frequenze, presentano discontinuità notevoli per le frequenze minori con conseguenti singolarità nel valore di Kr . Ciò significa che questa tecnica (così come quella convenzionale) ha il difetto che la funzione altezza d'onda diventa indeterminata proprio in un campo di frequenze e direzioni di interesse non trascurabile. In pratica questo comporta che nel percorso dei raggi compaiono singolarità (caustiche) non giustificabili fisicamente, come per i piani d'onda tradizionali. Il fatto che usando spaziature sufficientemente grandi dei raggi questi difetti non siano evidenziati, non esclude l'insufficienza del metodo.

E' stato mostrato che a queste difficoltà si può ovviare abbandonando l'ipotesi che al largo il fronte d'onda si presenti con direzione d'onda e frequenza ben precise ed uniformi (onde monocromatiche), e considerando funzioni spettrali sia per la direzione che per la frequenza. Va mantenuta invece l'ipotesi di uniformità di fase. L'importanza fondamentale dell'introduzione dello spettro d'energia bidimensionale associata a quello di proiezione inversa dei raggi, è che, a differenza del metodo tradizionale e di quello di Dorrestein, dà luogo a risultati univoci ed ovunque finiti, eliminando le singolarità già evidenziate.