



Regione Toscana
Comune di Orbetello (GR)



**PIANO REGOLATORE PORTUALE
 DI TALAMONE**
 Art.86 L.R. 65/2014

Committente

Comune di Orbetello

Dirigente:

Arch. Massimo Sabatino

Responsabile del procedimento:

Arch. Francesca Olivi



Progettazione

**ACQUA
 TECNO**

Acquatecno S.r.l.

Arch. Vittoria Biego



Titolo elaborato

STUDIO METEOMARINO

Elaborato

A.2185 | PRP | R

SS1

Scala

Data
 Luglio 2017

Elaborato
 Arch. Vittoria Biego
 Dott.ssa Sara Scrimieri

Controllato
 Ing. Renato Marconi

Approvato
 Arch. Vittoria Biego

Revisione	Data
01	Marzo 2018
02	Novembre 2018

PIANO REGOLATORE PORTUALE DI TALAMONE

Studio meteomarinario di largo

1. PREMESSA 1

1. PREMESSA

Per la redazione del Piano Regolatore Portuale di Talamone è stato utilizzato, quale studio meteomarino di largo quello effettuato nel 1999 nell'ambito dei lavori di completamento del molo di sopraflutto per conto dell'Ufficio del Genio Civile OOMM di Roma a cura della Modimar srl (Ing. M. Marini).

Lo studio si compone di due relazioni: R1-Relazione meteomarina e R2-Relazione conclusiva.

La prima relazione riporta lo studio delle condizioni ondose di largo mentre la seconda integra la prima con lo studio degli eventi ondosi provenienti dal settore di traversia secondaria.

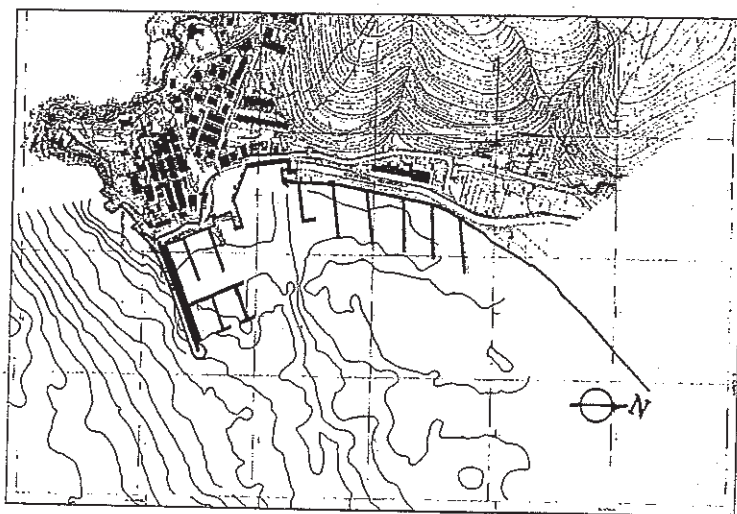
Per lo studio della propagazione del moto ondoso sotto costa e della penetrazione ondosa all'interno del bacino portuale sono state redatte due relazioni ad hoc alle quali si rimanda.

COMUNE DI ORBETELLO

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
UFFICIO DEL GENIO CIVILE PER LE
OPERE MARITTIME—ROMA

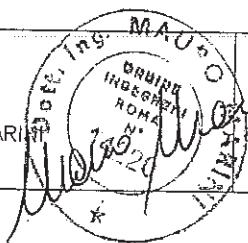
PORTO DI TALAMONE

Lavori di completamento del molo di sopraflutto
Rilievo topografico e batimetrico, studio meteomarinò, modello
matematico per definire l'orientamento del prolungamento del molo
correlato all'attenuazione dell'agitazione del bacino portuale



REDATTORE:

Dott. Ing. MAURO MARINI



SERVIZI PER L'INGEGNERIA:

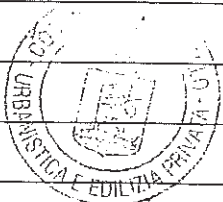
MODISSE s.r.l.

Via Monte Zebio 40 00195 ROMA

RELAZIONE TECNICA GENERALE

IL DIRETTORE DEL SETTORE

SMC



Elab.

R1

DATA

NOVEMBRE 1999

1. PREMESSE

Il presente lavoro commissionato dal Genio Civile Opere Marittime di Roma allo scrivente Dott.Ing.Mauro Marini è costituito da due parti. La prima (costituita dall'appendice 1 e dalle tre tavole allegate) riguarda i rilievi di tutto il tratto di costa adiacente il porto di Talamone, il porto di Talamone con tutte le opere che lo costituiscono, (dighe foranee, banchine e pontili di ormeggio) e i fondali antistanti.

La seconda parte del lavoro insieme alla tav.4 individua tutti i parametri meteomarini necessari per la progettazione e il dimensionamento del prolungamento del molo di sopraflutto finalizzato alla riduzione dei moti ondosi incidenti all'interno delle darsene di ormeggio portuali.

Lo studio svolto dallo scrivente si è avvalso della collaborazione dell'ing. Giancarlo Milana per quel che riguarda gli studi meteo-marini, dell'ing. Davide Saltari per le simulazioni con il modello di agitazione ondosa SIRIUS e del geom. Primo Ceci per i rilievi topo-batimetrici.

La società MODIMAR s.r.l. di Roma è la società proprietaria dei software utilizzati per la redazione di questo studio.

2. FINALITÀ' DEL LAVORO E DATI UTILIZZATI

2.1. Finalità del lavoro

Lo studio descritto nel seguente rapporto riguarda la determinazione dei parametri meteomarini necessari per il dimensionamento delle opere relative al prolungamento della diga di sopraflutto del porto di Talamone.

A tal fine sono state sviluppate le seguenti attività:

- rilievo topo-batimetrico dell'area indagata
- individuazione dei dati disponibili;
- inquadramento geografico del paraggio;
- analisi del clima anemologico del paraggio;
- analisi delle variazioni del livello medio marino.
- definizione delle condizioni di moto ondoso in acqua profonda;
- propagazione del moto ondoso da largo a riva;
- definizione delle condizioni di moto ondoso in corrispondenza delle opere foranee;
- studio della penetrazione del moto ondoso all'interno dello specchio d'acqua portuale;
- verifica e dimensionamento della nuova scogliera frangiflutti prevista per ridurre l'agitazione ondosa interna.

Nell'appendice 1 è riportato il rapporto riguardante la campagna di rilievi topo-batimetrici eseguita in concomitanza con la redazione di questo studio.

In figura 2.1 è riportata la situazione rilevata nel corso della suddetta campagna.

2.2. Dati

I dati che sono stati utilizzati per la redazione del presente lavoro sono di seguito elencati:

- Cartografie e batimetrie di riferimento
 - Carte nautiche n. 6 scala 1/100.000 e n 122 (scala 1/50.0000) edite dall'Istituto Idrografico della Marina;
 - Rilievi batimetrici di dettaglio di tutta l'area eseguiti su commissione del Genio Civile delle Opere Marittime di Roma insieme al presente studio;
 - Aerofotogrammetria del 18 aprile 1987 aggiornata al 1989

- Dati anemologici
 - Dati dell'Istituto Idrografico della Marina relativi all'isola del Giglio
 - Dati ITAV (aeronautica Militare) relativi a Pianosa (serie storica 1968-78).

- Dati ondametrici

Serie storica di misure dirette di moto ondoso registrata dalla boa accelerometrica direzionale gestita dall'ENEL (Ente Nazionale Energia Elettrica) al largo di Civitavecchia (periodo di misure disponibile 1994-1999).

- Dati mareografici
 - Tavole di marea edite dall'Istituto Idrografico della Marina.

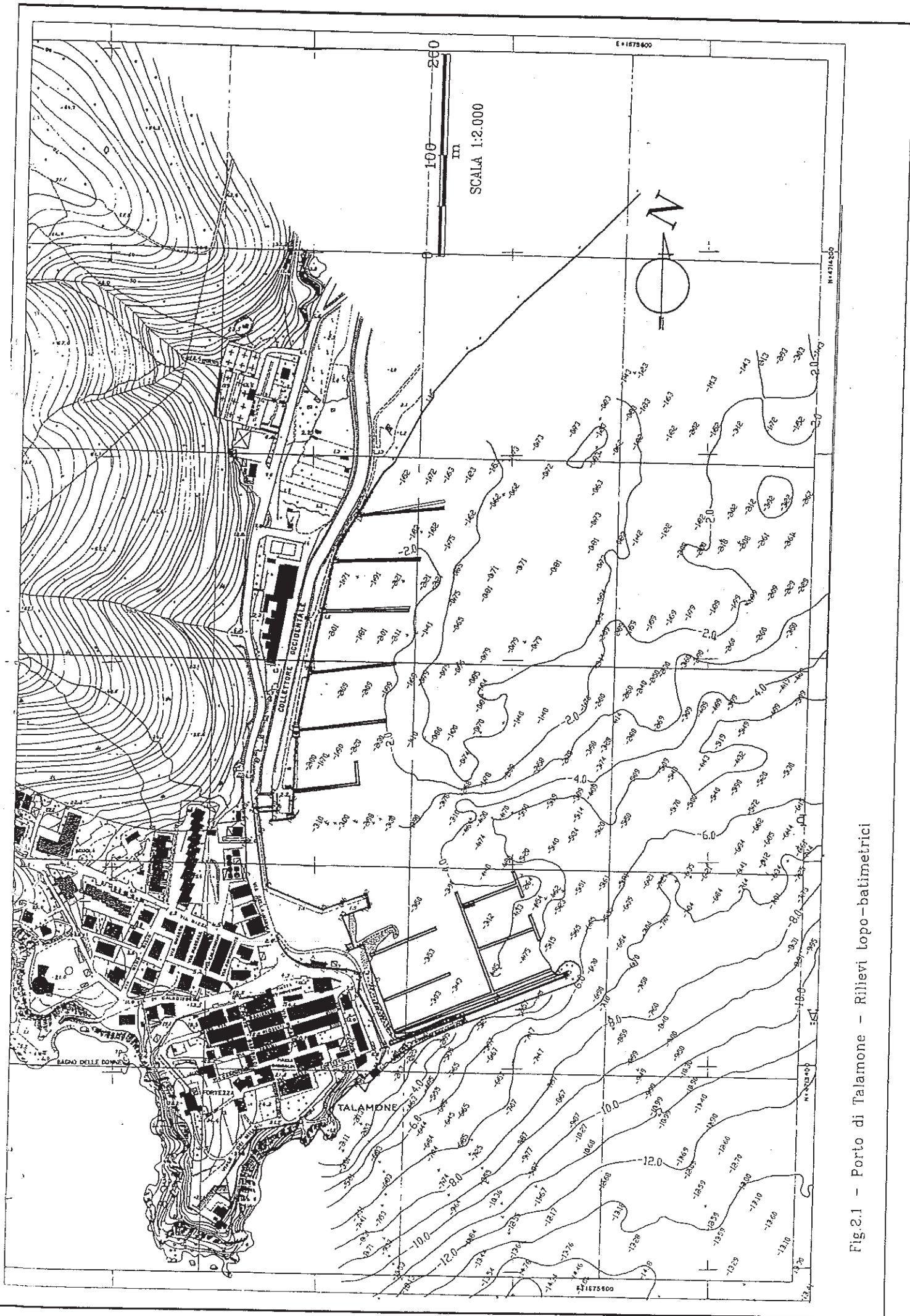


Fig.2.1 - Porto di Talamone - Rilievi Lopo-batimetrici

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO

Il porto di Talamone presenta indubbiamente caratteristiche naturali molto favorevoli che difficilmente si riscontrano in altri paraggi toscani. L' Argentario e l'isola del Giglio proteggono infatti Talamone da tutte le mareggiate provenienti da scirocco, mezzogiorno e parte del libeccio. A nord di Talamone l'isola d'Elba limita enormemente le estensioni di fetches sulle quali spira il maestrale così come la Corsica per i venti occidentali.

Per caratterizzare da un punto di vista quantitativo l'esposizione del sito in esame al moto ondoso incidente, sono stati preliminarmente studiati i fetch geografici ed efficaci (aree di generazione del moto ondoso ad opera del vento).

3.1 Fetch geografici ed efficaci al largo di Talamone

L'individuazione dell'esposizione geografica del sito in esame è stata eseguita facendo riferimento al punto indicato nella fig. 3.1 localizzato poco all'esterno della costa su una profondità di circa 30 m. Come verrà descritto con maggior dettaglio nel seguito, la posizione di tale punto è stata scelta sia al fine di individuare l'esposizione geografica del porto di Talamone sia per definire in corrispondenza di esso le caratteristiche del moto ondoso in acqua profonda.

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 dal vento. In bacini semichiusi di estensione limitata, quale risulta essere il Tirreno, si accetta che l'individuazione dei fetch possa essere eseguita facendo ricorso al concetto di "fetch geografico" che indica la distanza geografica tra il punto di interesse e la terra più vicina in relazione ad una prefissata direzione. Tale assunzione risulta plausibile a causa delle dimensioni caratteristiche delle perturbazioni che normalmente interessano il Tirreno le cui estensioni massime sono dello stesso ordine di grandezza dei valori massimi che caratterizzano i fetch geografici (circa 400÷500 km).

Nel diagramma polare di fig. 3.2 sono indicati graficamente i valori dei fetch geografici relativi al punto di analisi (ricavati secondo una discretizzazione con passo radiale di 10°). La tabella 3.1 riporta gli stessi valori in forma numerica. I valori massimi dei fetch geografici si verificano per il settore direzionale compreso tra 190°N e 240°N (libeccio).

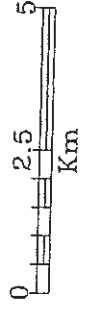
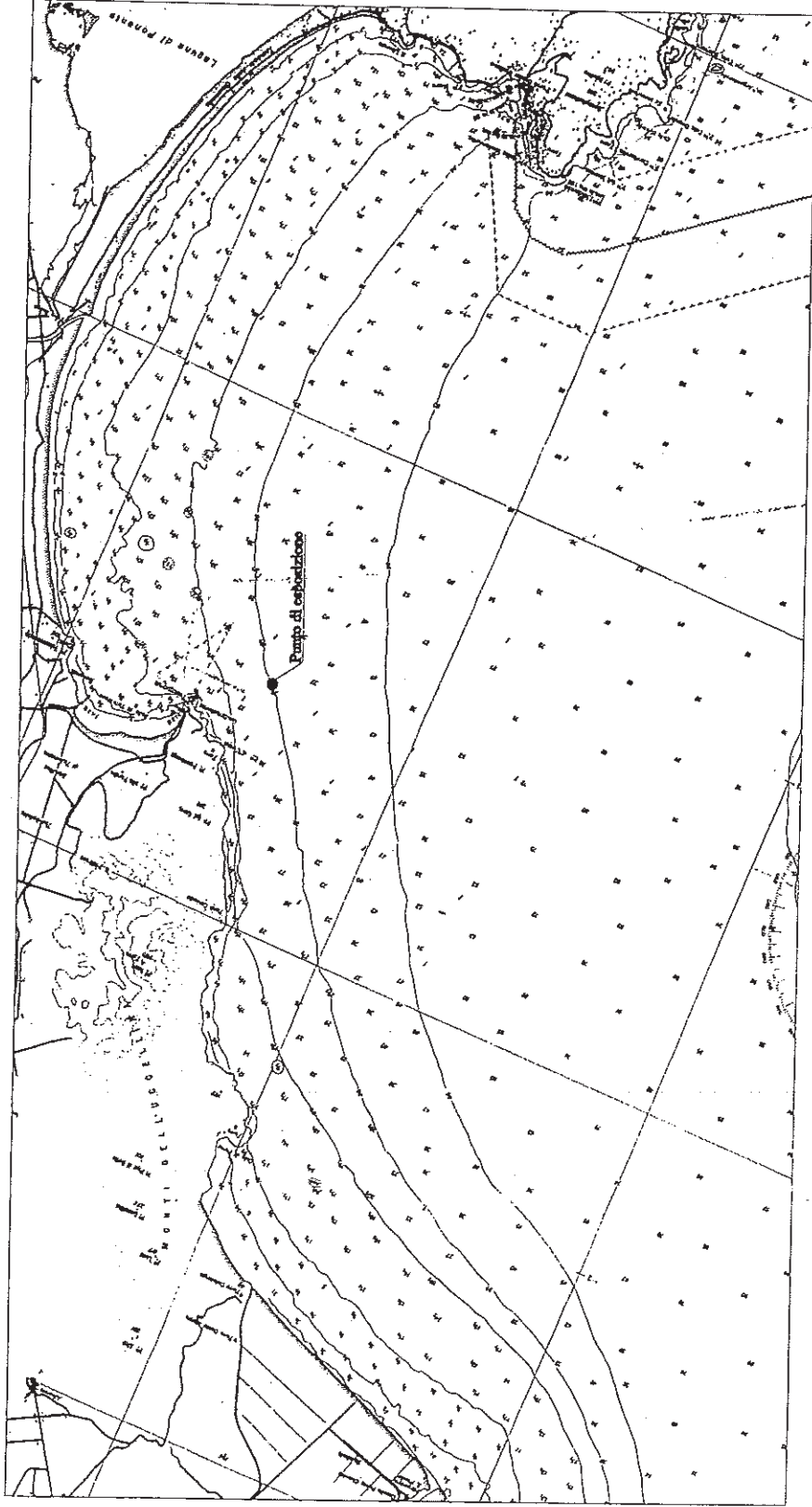


Fig. 3.1- Corografia del sito

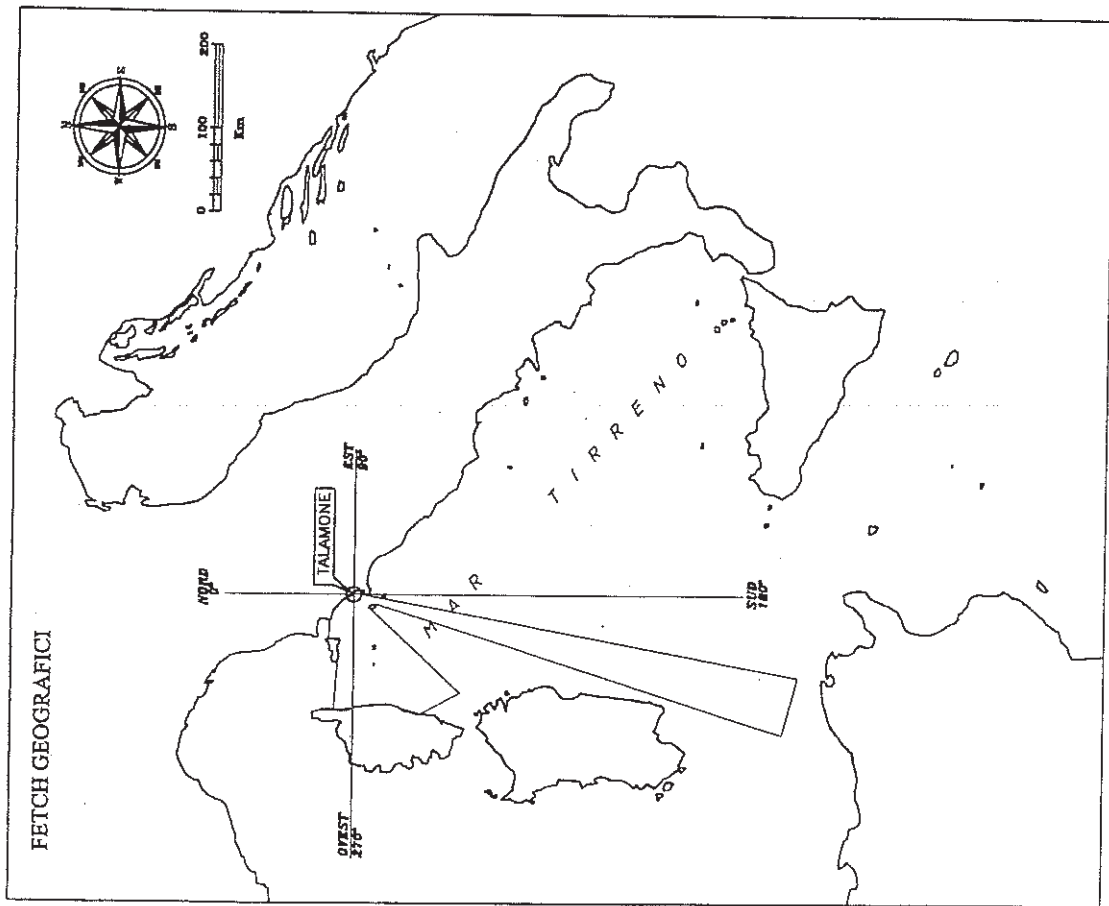


Fig.3.2 - Fetch geografici al largo di Talamone

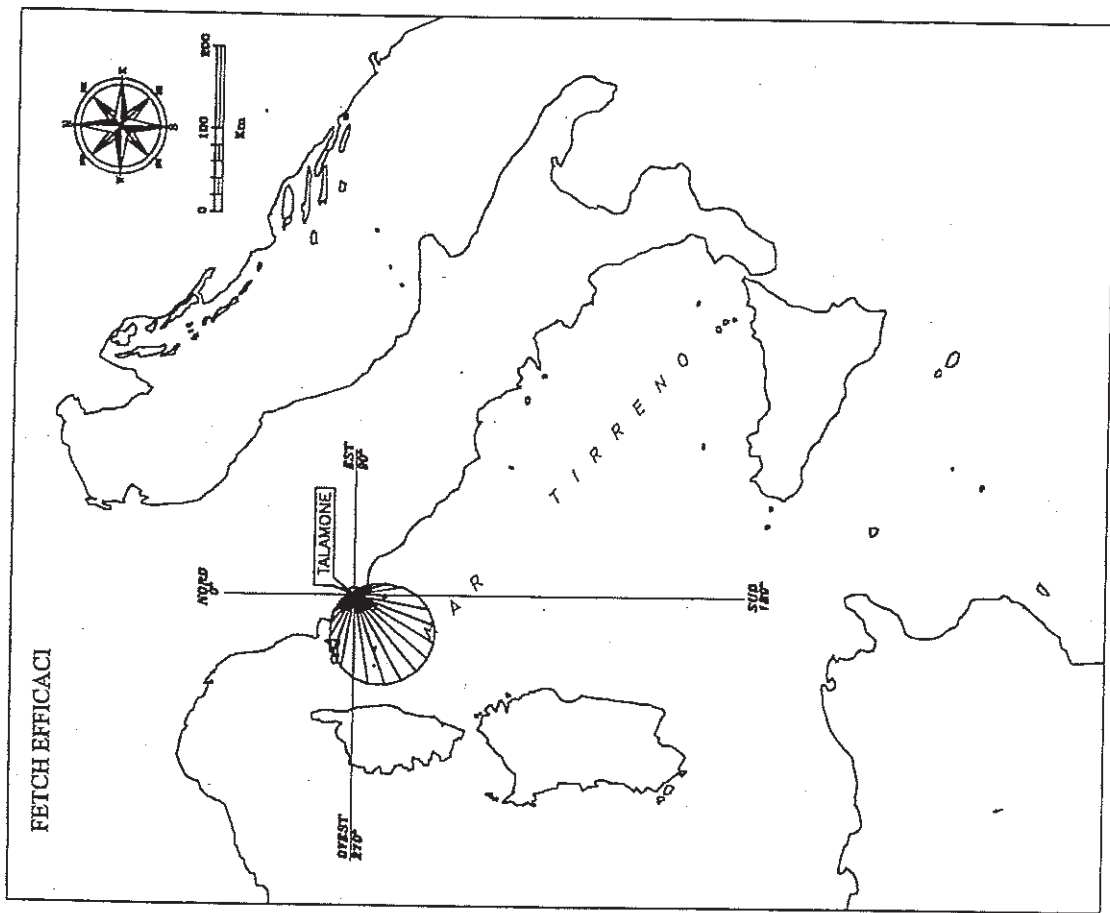
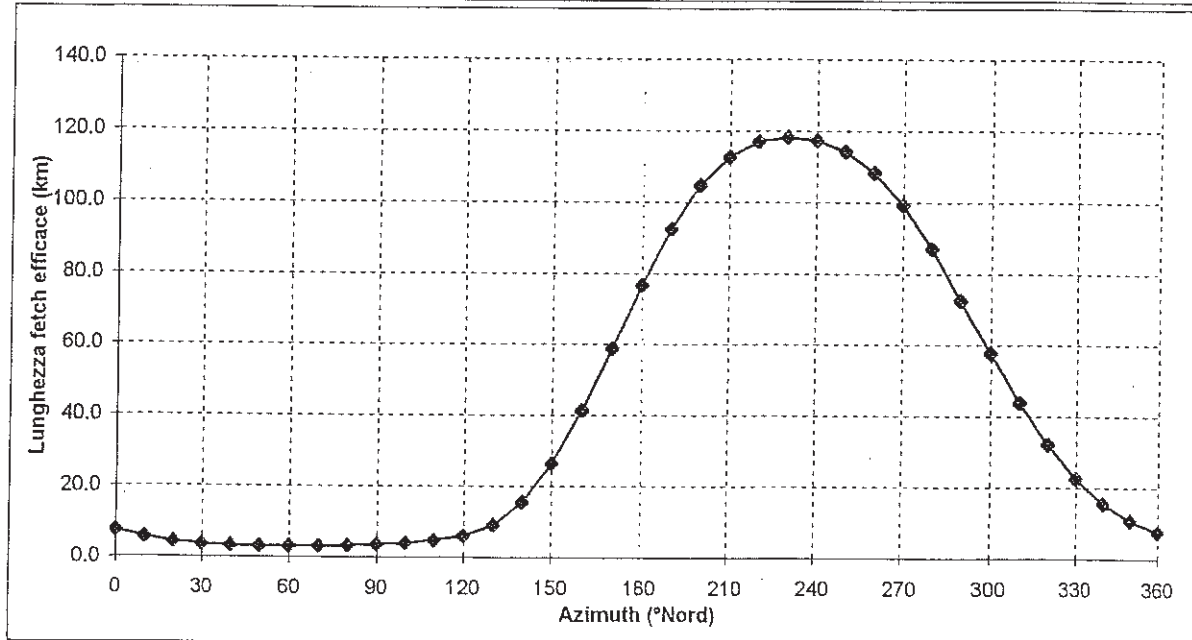
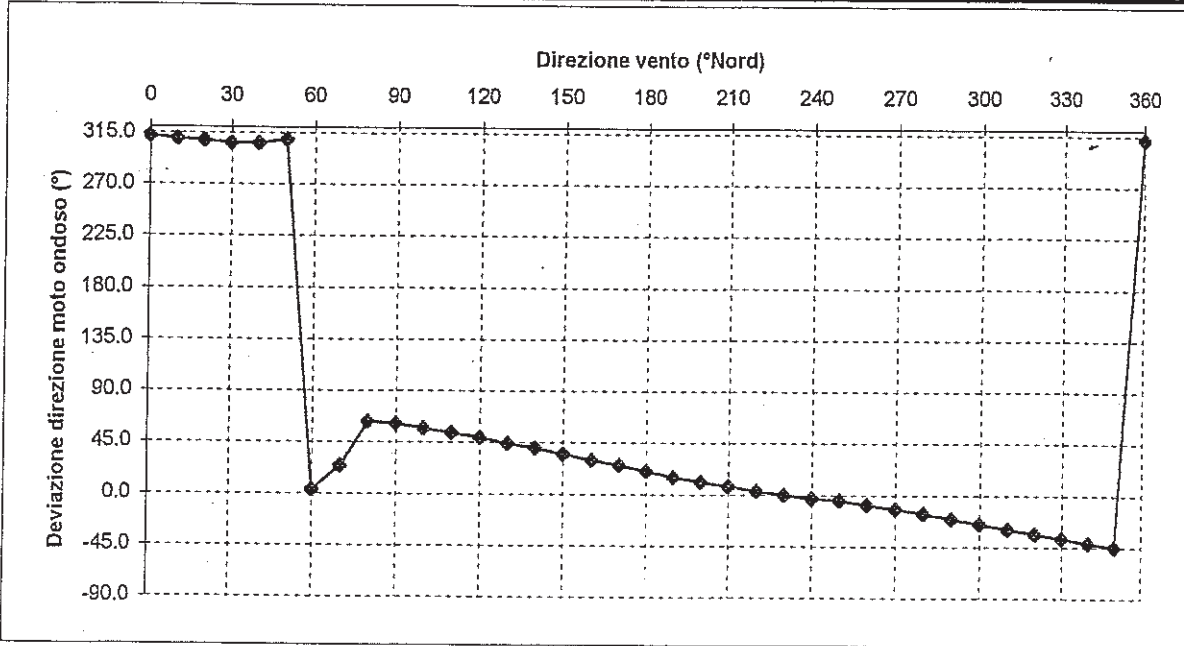


Fig.3.3 - Fetch efficaci al largo di Talamone

Tab.3.1 - Fetch geografici ed efficaci a Talamone

Direzione media settore di traversia ($^{\circ}$ Nord)	Fetch Geografico (km)	Fetch Efficace (km)	Deviazione direzione vento-mare ($^{\circ}$)	Direzione media settore di traversia ($^{\circ}$ Nord)	Fetch Geografico (km)	Fetch Efficace (km)	Deviazione direzione vento-mare ($^{\circ}$)
0	5.49	7.58	312.0	180	13.14	76.63	20.0
10	4.41	5.59	310.0	190	560.80	92.42	15.0
20	3.78	4.39	308.0	200	64.19	104.58	11.0
30	3.40	3.68	306.0	210	25.58	112.58	7.0
40	3.18	3.28	306.0	220	23.65	116.84	3.0
50	3.07	3.07	309.0	230	169.35	118.19	0.0
60	3.06	3.01	3.0	240	165.48	117.26	-3.0
70	3.14	3.07	24.0	250	141.17	114.13	-5.0
80	3.34	3.26	63.0	260	135.25	108.32	-9.0
90	3.58	3.59	61.0	270	136.72	99.28	-12.0
100	3.90	4.06	57.0	280	140.95	87.01	-16.0
110	4.42	4.72	53.0	290	56.29	72.57	-21.0
120	5.30	5.97	49.0	300	61.44	57.70	-25.0
130	6.87	9.06	44.0	310	44.66	43.88	-30.0
140	8.13	15.56	40.0	320	34.61	32.03	-34.0
150	10.35	26.42	35.0	330	4.15	22.59	-38.0
160	11.36	41.35	30.0	340	12.80	15.60	-42.0
170	13.03	58.84	25.0	350	7.56	10.76	-45.0



4. ANALISI DEL CLIMA ANEMOLOGICO DEL PARAGGIO

La conoscenza del "clima anemologico" locale, cioè della distribuzione di frequenza della velocità e direzione del vento, è di grande importanza in quanto influenza in maniera determinante la scelta della ubicazione e configurazione planimetrica del porto, con particolare riguardo all'orientamento della diga frangiflutti, dell'imboccatura e dei pontili di ormeggio.

E' noto infatti che le imbarcazioni rispondono molto meglio alle azioni di venti longitudinali (paralleli all'asse longitudinale della barca) piuttosto che trasversali, specie durante le delicate manovre negli spazi ristretti del bacino portuale ed in fase di stazionamento.

Inoltre la conoscenza della forza del vento è necessaria per il dimensionamento dei pontili di accosto ed altre strutture emergenti e per il calcolo degli effetti sulle variazioni del livello marino sottocosta.

Nel caso in esame si è fatto riferimento ai dati:

- Analisi di osservazioni eseguite nella stazione semaforica della Marina Militare negli anni 1930÷42 e 1947÷60 ubicata nell'isola del Giglio (quota +411 m s.l.m.).
- Serie storica di velocità e direzione di provenienza raccolti dal Centro meteorologico dell'Aeronautica Militare nella stazione meteo di Pianosa (A.M. 200: periodo da gennaio 1968 a dicembre 1978 – quota +27 m s.l.m.)

4.1. Dati della Marina Militare (IIM)

Le analisi della Marina Militare provengono da osservazioni eseguite tre volte al giorno dalla ex stazione semaforica del Giglio per un periodo di circa 20 anni. Esse riguardano le rose annuali dei venti. Questa rosa riportata nella fig.4.1 rappresenta le frequenze medie percentuali distribuite nelle otto direzioni principali di provenienza del vento e suddivise in quattro classi di velocità (più le calme) espresse con i gradi della scala Beaufort (vedi tab.4.1). Nella fig. 4.2 è rappresentata la distribuzione mensile globale delle quattro classi di intensità, indipendentemente dalla direzione.

Le rose mostrano che i venti più frequenti (venti regnanti) sono orientati lungo l'asse NE-SW con prevalenza complessiva del grecale (NE). Il mezzogiorno insieme al grecale e al libeccio sono anche i venti dominanti (di maggiore intensità), come evidenziato dalla fig. 4.3 che riporta la distribuzione direzionale percentuale dei soli venti di intensità non inferiore a forza 7 (velocità del vento maggiore di 28 nodi – burrasche di vento). Trasformando le percentuali

di frequenza in giorni/anno si ha che nei 15 giorni all'anno in cui si verificano le burrasche di vento, ben 4,5 (30%) provengono da S, il 13% da SW (libeccio) e il 18% da NE (grecale). Va comunque sottolineato che il grecale, anche nelle condizioni piú estreme, pur generando uno stato di agitazione ondosa dello specchio della rada di Talamone alquanto fastidioso per la navigazione e per le imbarcazioni ormeggiate, non è in grado di generare onde di altezza significativa elevata, a causa dell'estensione estremamente limitata dell'area di generazione del moto ondoso (fetch).

4.2. Dati della Aeronautica Militare (stazione ITAV di Pianosa)

La distribuzione delle frequenze annuali, per classi di provenienza (36 direzioni di 10°) e classi di intensità del vento (nodi), è stata sintetizzata nella tab.4.2 (annuale) e 4.3 (stagionali) e rappresentata graficamente nella fig. 4.4. Appare chiaro che i venti locali regnanti sono diretti lungo l'asse sud (libeccio ÷ scirocco) e nord-ovest e (maestrale) e nord-est (grecale).

L'analisi dei soli venti piú forti (intensità superiore a 24 nodi oltre il 6° grado della scala Beaufort) mostra una elevata percentuale relativa soprattutto dei venti dal settore 130÷180°N (scirocco-mezzogiorno) e 310÷350°N (tramontana-maestrale).

FREQUENZE MEDIE IN PERCENTUALI
 DEDOTTE DA 3 OSSER.GIORNALIERE

ANNO

LEGENDA
 FORZA VENTO IN SCALA BEAUFORT

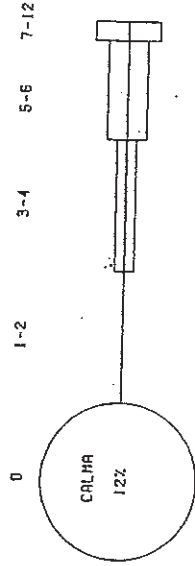
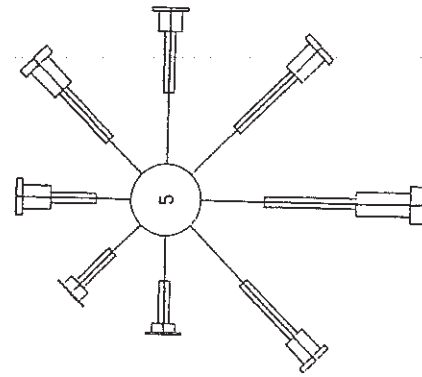
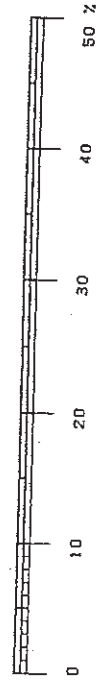


Fig. 4.1 - Rosa annuale dei venti nell'isola del Giglio



Tab.4.1 – Intensità del vento e stato del mare

a) - Intensità del vento

Forza Beaufort	Velocità equivalente in		
	nodl	km/h	m/s
0	< 1	< 1	0 - 0.2
1	1 - 3	1 - 5	0.3 - 1.5
2	4 - 6	6 - 11	1.6 - 3.3
3	7 - 10	12 - 19	3.4 - 5.4
4	11 - 16	20 - 28	5.5 - 7.9
5	17 - 21	29 - 38	8.0 - 10.7
6	22 - 27	39 - 49	10.8 - 13.8
7	28 - 33	50 - 61	13.9 - 17.1
8	34 - 40	62 - 74	17.2 - 20.7
9	41 - 47	75 - 88	20.8 - 24.4
10	48 - 55	89 - 102	24.5 - 28.4
11	56 - 63	103 - 117	28.5 - 32.6
12	64 ed oltre	118 ed oltre	32.7 ed oltre

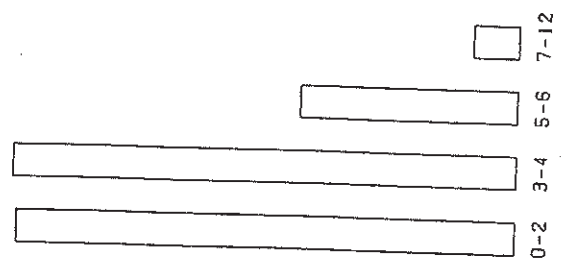
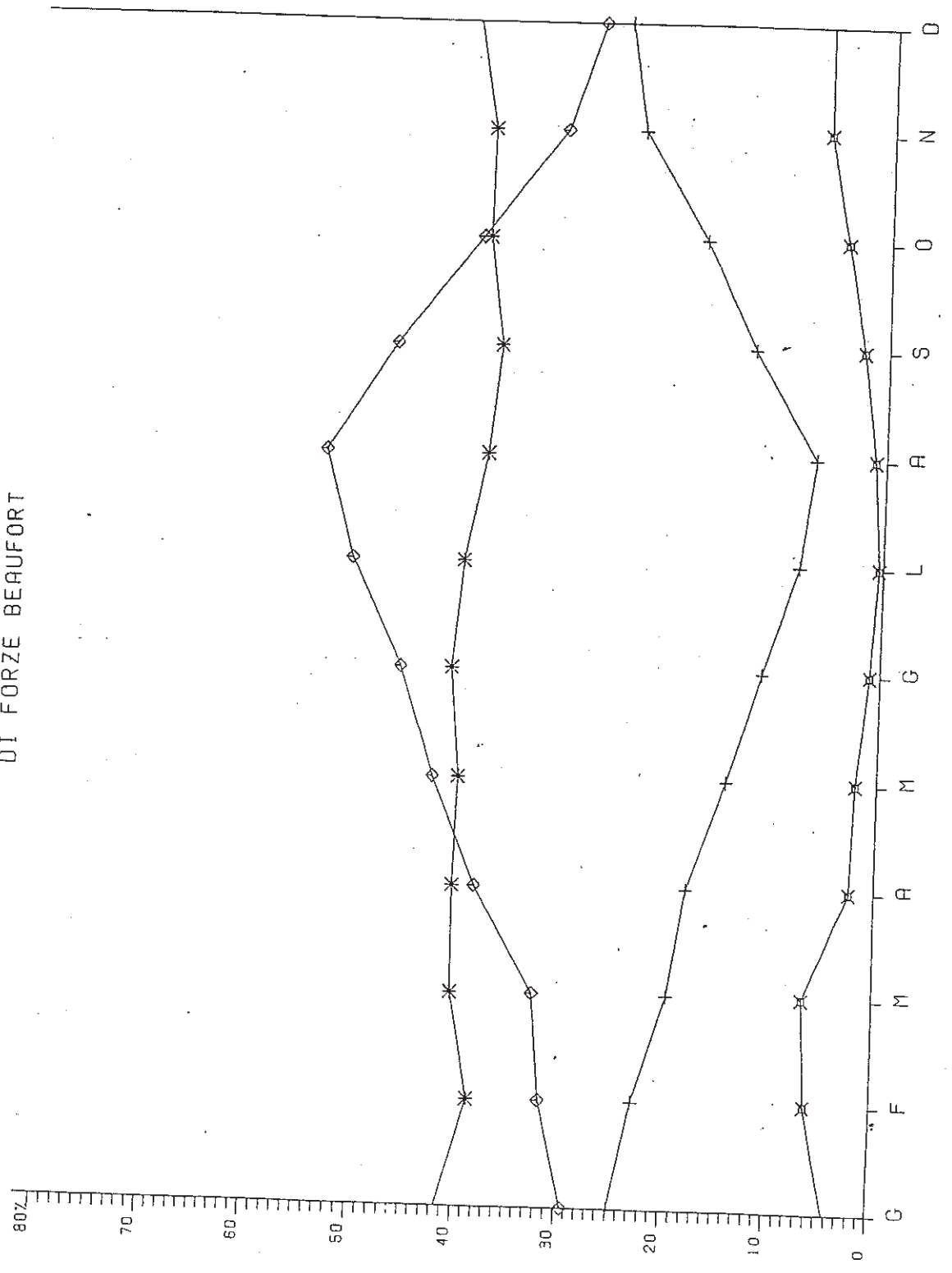
b) - Stato del mare

Cifra	Altezza media delle onde più grosse e ben formate
0	metri 0
1	metri 0 - 0.10
2	metri 0.10 - 0.50
3	metri 0.50 - 1.25
4	metri 1.25 - 2.50
5	metri 2.50 - 4
6	metri 4 - 6
7	metri 6 - 9
8	metri 9 - 14
9	oltre 14 metri

Fig. 4.2 FREQUENZE PERCENTUALI MEDIE DEL VENTO PER VARI INTERVALLI DI FORZE BEAUFORT

0-2
3-4
5-6
7-12

MEDIE ANNUALI
FORZE BEAUFORT



DIREZIONE DI PROVENIENZA DELLE BURRASCHE DI VENTO
(forza 7-12)

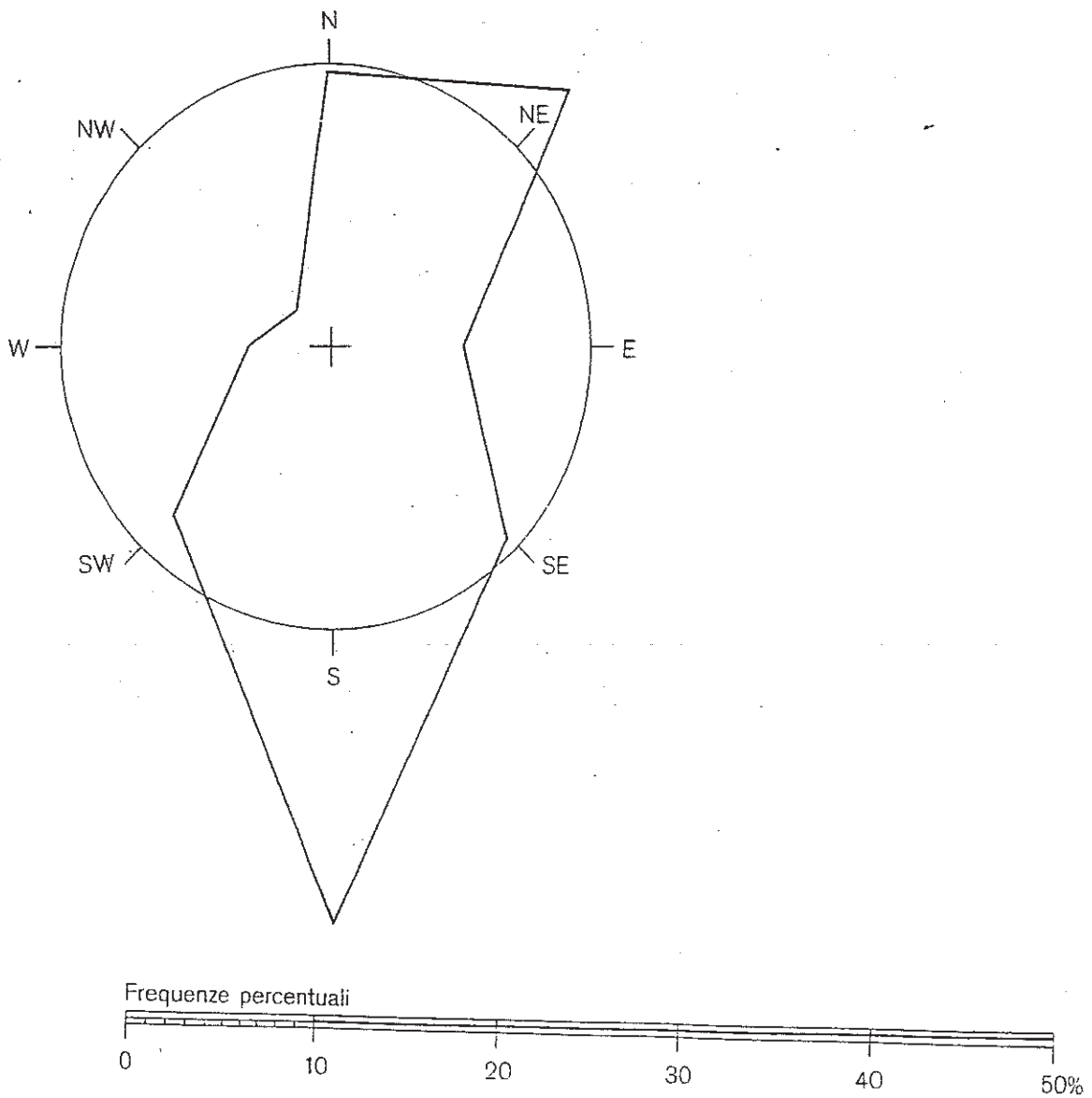


Fig. 4.3

PIANOSA - STAZIONE METEOROLOGICA A.M. - ENEL
 DISTRIBUZIONE (%) POLARE DELLE MISURE DI VENTO
 PERIODO DI OSSERVAZIONE 1968- 1978

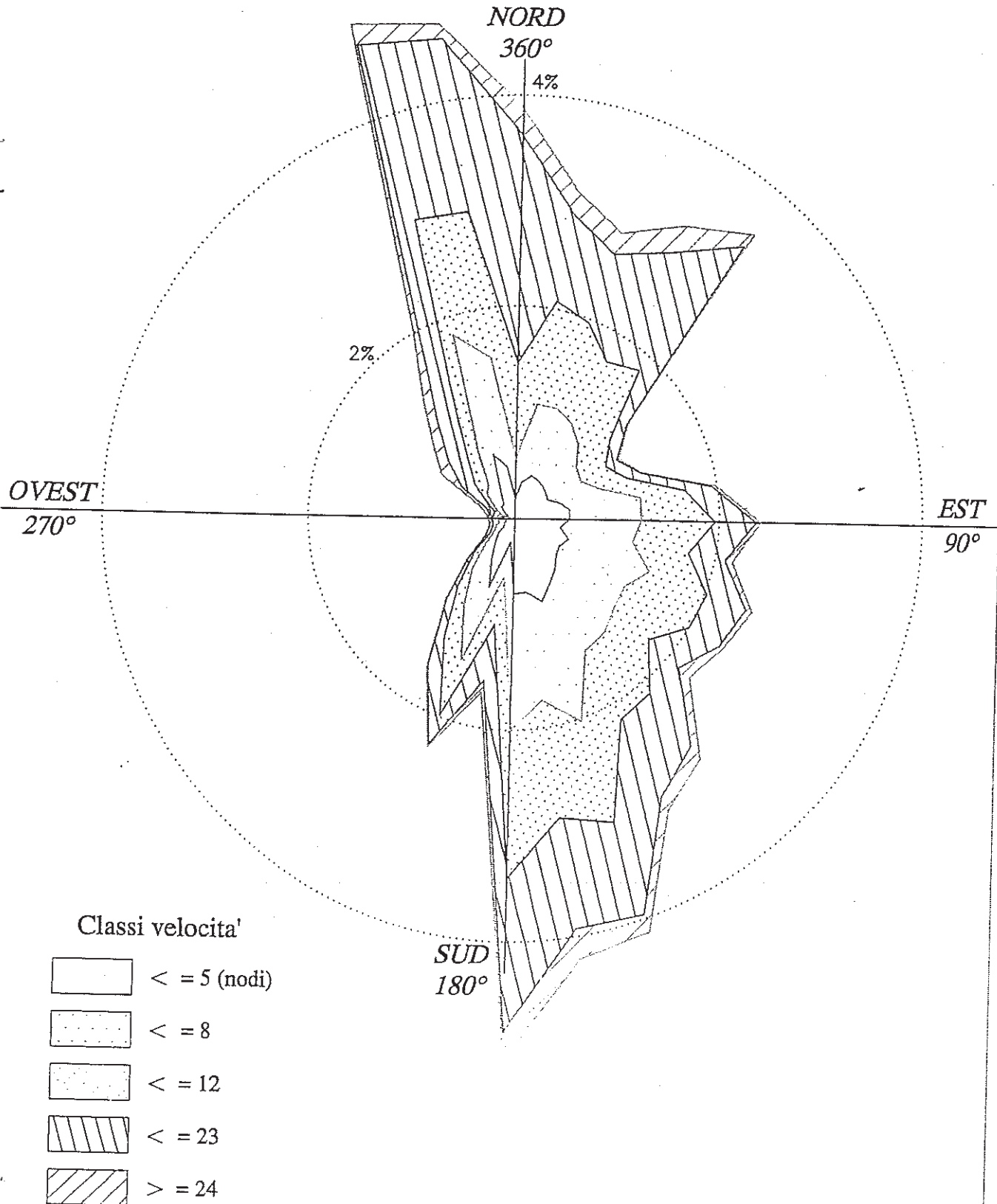


Fig. 4.4 - DISTRIBUZIONE DIREZIONALE DEGLI STATI DI VENTO

Tab.4.2 : Distribuzione annuale in forma percentuale degli eventi anemometrici, per classi di Vv e direzione di provenienza
Località: Pianosa - periodo: dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA VELOCITA' DEL VENTO Vv (Forza Beaufort)												TOT.	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
10		0.35	0.75	0.98	0.65	0.19	0.12	0.08	0.02	0.00				3.14
20		0.43	0.68	0.86	0.49	0.20	0.16	0.05	0.01					2.88
30		0.43	0.63	0.67	0.74	0.46	0.22	0.07	0.01					3.22
40		0.41	0.52	0.91	1.11	0.44	0.12	0.02	0.01					3.54
50		0.38	0.38	0.42	0.18	0.03	0.00	0.01						1.41
60		0.36	0.36	0.28	0.10	0.02	0.03							1.16
70		0.46	0.41	0.29	0.11	0.04	0.00	0.00						1.31
80		0.53	0.71	0.45	0.20	0.06	0.04							1.99
90		0.52	0.71	0.72	0.32	0.08	0.04	0.01						2.40
100		0.45	0.73	0.56	0.30	0.06	0.06		0.01					2.17
110		0.55	0.86	0.61	0.32	0.08	0.06	0.01						2.48
120		0.50	0.75	0.75	0.25	0.09	0.04	0.00						2.38
130		0.53	0.75	0.46	0.26	0.14	0.10	0.03	0.01					2.28
140		0.62	0.77	0.73	0.46	0.18	0.10	0.04	0.01					2.91
150		0.70	0.72	0.74	0.57	0.26	0.11	0.02	0.00					3.14
160		0.83	1.19	1.01	0.63	0.30	0.12	0.05	0.00					4.13
170		0.70	1.03	1.12	0.73	0.33	0.20	0.07	0.02					4.21
180		0.71	1.28	1.40	1.04	0.41	0.19	0.08	0.00					5.12
190		0.22	0.34	0.46	0.33	0.20	0.10	0.01						1.66
200		0.69	0.74	0.55	0.22	0.07	0.03	0.01						2.30
210		0.43	0.51	0.35	0.25	0.05	0.03							1.63
220		0.28	0.34	0.19	0.13	0.03	0.00	0.00						0.99
230		0.20	0.16	0.14	0.05	0.02	0.00							0.58
240		0.11	0.11	0.06	0.04	0.00	0.00							0.33
250		0.11	0.09	0.04	0.03	0.02								0.27
260		0.09	0.06	0.06	0.03	0.00	0.00							0.25
270		0.09	0.08	0.05	0.04	0.00								0.27
280		0.13	0.04	0.03	0.04	0.00	0.03				0.00			0.28
290		0.07	0.07	0.07	0.05	0.04	0.05	0.02	0.01					0.37
300		0.11	0.12	0.09	0.12	0.15	0.16	0.04	0.02					0.82
310		0.17	0.18	0.15	0.17	0.15	0.11	0.06	0.01	0.00				1.02
320		0.17	0.24	0.30	0.31	0.16	0.14	0.06	0.01					1.39
330		0.27	0.46	0.43	0.45	0.23	0.14	0.04	0.00	0.00				2.03
340		0.64	1.20	1.15	1.26	0.50	0.16	0.02	0.02	0.01	0.00			4.95
350		0.50	1.04	1.40	1.33	0.34	0.09	0.03	0.02					4.75
360		0.19	0.37	0.91	1.62	0.54	0.19	0.04	0.02					3.88
Calmi	22.40													22.40
TOT.	22.40	13.94	19.38	19.41	14.94	5.89	2.94	0.86	0.22	0.02	0.01			100.00
Tot. cumul.		36.34	55.72	75.13	90.07	95.96	98.90	99.75	99.97	99.99	100.00	100.00	100.00	

Tab.4.3a : Distribuzione invernale in forma percentuale degli eventi anemometrici, per classi di Vv e direzione di provenienza

Località: Pianosa - periodo: dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA VELOCITA' DEL VENTO Vv (Forza Beaufort)												TOT.		
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12	
10		0.32	0.71	0.64	0.64	0.19	0.14	0.11	0.01	0.01					2.78
20		0.40	0.56	0.76	0.54	0.26	0.33	0.10	0.01						2.97
30		0.31	0.54	0.65	1.28	0.83	0.49	0.15	0.03						4.28
40		0.54	0.69	1.46	1.75	0.63	0.08	0.01	0.03						5.20
50		0.43	0.47	0.46	0.32	0.04	0.01	0.01							1.75
60		0.44	0.43	0.50	0.22	0.03	0.06								1.68
70		0.47	0.47	0.46	0.15	0.07									1.63
80		0.43	0.76	0.56	0.31	0.15	0.08								2.29
90		0.58	0.61	0.81	0.57	0.21	0.08	0.03							2.86
100		0.46	0.78	0.83	0.35	0.11	0.14								2.67
110		0.46	0.90	0.61	0.46	0.15	0.08	0.01							2.68
120		0.58	0.75	0.79	0.33	0.11	0.08	0.01							2.67
130		0.33	0.74	0.46	0.36	0.21	0.10	0.03							2.22
140		0.44	0.64	0.61	0.50	0.38	0.21	0.03							2.81
150		0.46	0.63	0.82	0.92	0.42	0.31	0.04							3.59
160		0.46	0.78	0.90	0.90	0.57	0.17	0.14	0.01						3.93
170		0.40	0.68	0.92	1.10	0.60	0.35	0.18	0.04						4.27
180		0.40	0.79	1.17	1.47	0.51	0.35	0.17							4.86
190		0.21	0.19	0.51	0.58	0.46	0.17	0.01							2.14
200		0.69	0.61	0.61	0.43	0.14	0.03	0.03							2.54
210		0.38	0.50	0.44	0.39	0.13	0.01								1.85
220		0.24	0.35	0.26	0.15	0.04	0.01								1.08
230		0.13	0.21	0.21	0.03	0.03	0.01								0.61
240		0.15	0.19	0.14	0.01										0.50
250		0.17	0.06	0.06	0.01	0.04									0.33
260		0.08	0.13	0.10	0.06										0.36
270		0.07	0.10	0.04	0.04										0.25
280		0.10	0.04	0.06	0.06	0.01	0.01								0.29
290		0.06	0.04	0.10	0.07	0.11	0.06	0.04	0.01						0.49
300		0.11	0.15	0.13	0.21	0.26	0.24	0.06	0.03						1.18
310		0.11	0.21	0.18	0.18	0.17	0.18	0.15		0.01					1.20
320		0.08	0.14	0.19	0.36	0.25	0.25	0.15							1.43
330		0.25	0.25	0.33	0.33	0.28	0.26	0.04	0.01	0.01					1.78
340		0.36	0.67	0.67	0.86	0.43	0.19	0.01	0.04	0.04	0.01				3.29
350		0.36	0.72	0.97	1.08	0.29	0.11	0.07	0.08						3.70
360		0.11	0.29	0.50	1.18	0.65	0.24	0.07	0.04						3.09
Calma	18.76														18.76
TOT.	18.76	11.59	16.79	18.92	18.22	8.77	4.81	1.67	0.36	0.08	0.03				100.00
Tot. cumul.		30.35	47.14	66.06	84.28	93.05	97.86	99.53	99.89	99.97	100.00	100.00	100.00		

Tab.4.3b : Distribuzione primaverile in forma percentuale degli eventi anemometrici, per classi di Vv e direzione di provenienza
Località: Pianosa - periodo: dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA VELOCITA' DEL VENTO Vv (Forza Beaufort)												TOT.	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
10		0.33	0.63	1.01	0.70	0.14	0.04		0.01					2.87
20		0.53	0.70	0.83	0.43	0.06	0.03							2.57
30		0.39	0.63	0.47	0.23	0.16	0.04							1.91
40		0.39	0.47	0.73	0.63	0.23	0.04							2.48
50		0.31	0.33	0.21	0.07									0.93
60		0.31	0.24	0.16	0.01	0.01								0.74
70		0.47	0.33	0.21	0.09	0.01								1.11
80		0.50	0.64	0.31	0.11		0.03							1.60
90		0.59	0.70	0.73	0.21	0.04								2.27
100		0.56	0.64	0.43	0.23		0.01		0.01					1.88
110		0.69	0.91	0.71	0.20	0.06								2.57
120		0.54	0.89	0.90	0.24	0.06								2.63
130		0.80	0.99	0.54	0.13	0.06	0.03							2.54
140		0.99	1.00	0.89	0.49	0.07	0.01							3.24
150		0.77	0.94	0.77	0.34	0.17								3.00
160		1.31	1.60	1.08	0.40	0.11	0.03							4.54
170		0.94	1.28	1.27	0.47	0.14	0.10	0.01	0.01					4.24
180		0.81	1.51	1.56	0.57	0.24	0.10	0.06	0.01					4.87
190		0.30	0.40	0.51	0.14	0.07	0.04							1.47
200		0.77	0.87	0.63	0.13	0.04	0.01							2.46
210		0.47	0.33	0.37	0.24	0.01	0.01							1.44
220		0.31	0.37	0.19	0.19	0.01								1.07
230		0.23	0.13	0.16	0.06	0.03								0.60
240		0.09	0.11	0.01	0.07		0.01							0.30
250		0.10	0.13	0.04	0.07	0.01								0.36
260		0.04	0.04	0.04		0.01								0.14
270		0.09	0.09	0.07	0.04									0.29
280		0.16	0.04	0.01										0.21
290		0.06	0.11	0.05	0.06	0.01		0.01						0.31
300		0.13	0.13	0.04	0.09	0.13	0.04	0.01						0.57
310		0.31	0.33	0.13	0.16	0.16		0.03						1.11
320		0.31	0.31	0.41	0.33	0.09	0.11	0.03						1.60
330		0.21	0.70	0.51	0.51	0.23	0.14	0.06						2.37
340		0.79	1.54	1.53	1.83	0.67	0.07	0.01	0.01					6.45
350		0.67	1.06	1.58	1.40	0.19	0.01							4.91
360		0.23	0.41	0.94	1.87	0.37	0.11	0.03						3.97
Calme	24.37													24.37
TOT.	24.37	16.49	21.54	19.87	12.73	3.61	1.06	0.26	0.07					100.00
Tot cumul.		40.86	62.40	82.27	95.00	98.62	99.67	99.93	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Tab.4.3c : Distribuzione estiva in forma percentuale degli eventi anemometrici, per classi di Vv e direzione di provenienza
Località: Pianosa - periodo: dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA VELOCITA' DEL VENTO Vv (Forza Beaufort)												TOT.	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
10		0.42	1.13	1.64	0.69	0.20	0.08	0.03						4.21
20		0.46	0.85	1.10	0.41	0.10	0.07							2.98
30		0.80	0.66	0.54	0.41	0.19	0.03							2.62
40		0.27	0.46	0.42	0.61	0.15								1.91
50		0.41	0.27	0.25	0.05									0.98
60		0.25	0.30	0.14										0.69
70		0.42	0.41	0.14	0.03									1.00
80		0.61	0.68	0.22	0.02									1.52
90		0.44	0.90	0.64	0.08									2.06
100		0.30	0.58	0.46	0.17	0.02	0.02							1.54
110		0.54	0.95	0.56	0.14	0.02								2.20
120		0.46	0.71	0.52	0.12	0.07								1.88
130		0.49	0.52	0.41	0.22	0.08	0.02							1.74
140		0.80	0.88	0.93	0.52	0.07								3.20
150		0.95	0.83	0.81	0.47	0.10	0.02							3.18
160		0.95	1.71	1.25	0.41	0.12	0.03							4.47
170		0.83	1.46	1.37	0.47	0.12	0.02							4.26
180		0.93	1.91	1.61	0.69	0.19	0.03							5.36
190		0.20	0.37	0.34	0.22	0.03	0.02							1.18
200		0.54	0.47	0.37	0.08	0.03								1.51
210		0.41	0.39	0.12	0.05	0.03								1.00
220		0.37	0.24		0.07	0.02								0.69
230		0.20	0.08	0.14	0.03	0.02								0.47
240		0.07	0.05	0.02										0.14
250		0.05	0.05	0.02										0.12
260		0.12	0.03	0.05										0.20
270		0.07	0.02	0.02										0.10
280		0.14	0.03	0.03	0.05		0.02							0.27
290		0.07	0.05	0.05										0.17
300		0.07	0.12	0.08	0.07	0.08	0.03							0.46
310		0.19	0.08	0.14	0.12	0.15	0.08	0.03	0.02					0.81
320		0.15	0.32	0.27	0.25	0.12	0.08		0.03					1.24
330		0.42	0.63	0.41	0.56	0.19	0.08	0.03						2.32
340		1.02	1.86	1.51	1.78	0.52	0.20	0.02						6.90
350		0.61	1.59	2.12	2.00	0.61	0.07	0.02						7.01
360		0.34	0.54	1.71	2.20	0.46	0.15							5.40
Calm	24.18													24.18
TOT.	24.18	15.35	22.14	20.39	13.00	3.69	1.07	0.14	0.05					100.00
Tot. cumul.		39.53	61.67	82.06	95.05	98.75	99.81	99.95	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Tab.4.3d : Distribuzione autunnale in forma percentuale degli eventi anemometrici, per classi di Vv e direzione di provenienza
 Località: Pianosa - periodo: dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA VELOCITA' DEL VENTO Vv (Forza Beaufort)												TOT.	
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11		12
10		0.33	0.59	0.73	0.58	0.22	0.20	0.16	0.05					2.86
20		0.34	0.64	0.80	0.58	0.37	0.19	0.08	0.02					3.01
30		0.27	0.69	1.02	0.98	0.64	0.28	0.11	0.02					4.00
40		0.42	0.44	0.95	1.37	0.73	0.37	0.05						4.34
50		0.39	0.44	0.75	0.28	0.08		0.03						1.97
60		0.42	0.47	0.31	0.16	0.05	0.05							1.45
70		0.45	0.42	0.34	0.16	0.06	0.02	0.02						1.47
80		0.61	0.75	0.67	0.34	0.09	0.03							2.50
90		0.47	0.67	0.70	0.36	0.05	0.09							2.34
100		0.44	0.91	0.50	0.44	0.12	0.08		0.02					2.48
110		0.52	0.67	0.53	0.47	0.08	0.14	0.02						2.42
120		0.41	0.64	0.73	0.30	0.11	0.06							2.25
130		0.50	0.72	0.42	0.34	0.19	0.27	0.08	0.03					2.55
140		0.25	0.55	0.73	0.34	0.19	0.16	0.14	0.03					2.39
150		0.68	0.48	0.56	0.53	0.34	0.11	0.05	0.02					2.75
160		0.59	0.73	0.83	0.77	0.36	0.25	0.05						3.58
170		0.66	0.73	0.97	0.84	0.44	0.31	0.08	0.02					4.05
180		0.73	1.00	1.31	1.41	0.67	0.25	0.08						5.45
190		0.16	0.39	0.45	0.36	0.20	0.17	0.02						1.75
200		0.72	0.97	0.56	0.22	0.05	0.06							2.58
210		0.47	0.83	0.45	0.28	0.03	0.09							2.16
220		0.22	0.41	0.30	0.11	0.05		0.02						1.09
230		0.25	0.22	0.06	0.08									0.61
240		0.14	0.06	0.05	0.08	0.02								0.34
250		0.09	0.11	0.03	0.02									0.25
260		0.11	0.05	0.05	0.05		0.02							0.27
270		0.16	0.11	0.06	0.08	0.02								0.42
280		0.14	0.05	0.03	0.06		0.08							0.36
290		0.11	0.06	0.06	0.06	0.03	0.12	0.03	0.02					0.50
300		0.12	0.08	0.11	0.11	0.12	0.33	0.09	0.05					1.02
310		0.08	0.09	0.17	0.22	0.14	0.19	0.02	0.02					0.92
320		0.12	0.20	0.31	0.27	0.19	0.09	0.05	0.02					1.25
330		0.22	0.28	0.48	0.41	0.22	0.03	0.02						1.66
340		0.45	0.80	0.94	0.59	0.36	0.17	0.02	0.03					3.36
350		0.36	0.89	1.00	0.91	0.30	0.17	0.03						3.66
360		0.11	0.27	0.58	1.31	0.66	0.25	0.06	0.05					3.28
Calmi	22.68													22.68
TOT.	22.68	12.48	17.40	18.57	15.45	7.17	4.62	1.27	0.36					100.00
Tot. cumul.		35.16	52.56	71.13	86.58	93.75	98.38	99.64	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

5. ANALISI DELLE VARIAZIONI DEL LIVELLO MEDIO MARINO

Da un punto di vista progettuale risulta di estrema importanza analizzare le variazioni quasi statiche del livello medio marino indotte sia dalla marea astronomica che da quella meteorologica.

Prescindendo dai modesti dislivelli (pochi centimetri) imputabili a variazioni stagionali di densità del mare e a fenomeni di eustatismo, le escursioni di livello della superficie marina sono principalmente dovute ai due fenomeni sopraddetti: marea astronomica e marea meteorologica. Si esaminano separatamente i due diversi contributi.

5.1. Effetto della marea astronomica

La marea astronomica, dovuta principalmente all'azione esercitata dal campo gravitazionale del sole e della luna sulle masse oceaniche, ha nel Tirreno un andamento di tipo semidiurno (periodo 12 ore e 25 minuti) con due massimi e due minimi durante la giornata di cui un massimo ed un minimo in genere più accentuati rispetto all'altro. Le ampiezze dell'oscillazione sono alquanto contenute: dalle tavole di marea, edite annualmente dall'Istituto Idrografico della Marina si sono ricavate le oscillazioni giornaliere con il metodo del rapporto.

Per il caso in esame si possono utilizzare i dati forniti per il porto di Civitavecchia. L'andamento temporale risultante è di tipo semidiurno (periodo 12 ore e 30 minuti) con due alte maree e due basse maree al giorno di ampiezza diversa (maree di tipo sinodico-declinazionale). Le escursioni di marea astronomica sono contraddistinte da una periodicità bimensile distinta nelle fasi di sigizie (luna piena e nuova) e di quadratura. Nei periodi sigiziali si verificano i massimi dislivelli positivi e negativi che raggiungono valori di circa ± 0.2 m rispetto al livello medio marino. Nelle fasi di quadratura l'escursione è limitata al massimo a ± 0.15 ms.l.m.m.. Mediamente l'oscillazione di marea da assumere (dislivello minimo e massimo livello diurno) è pari a 0.2 m.

5.2. Effetto della marea meteorologica

Le variazioni del livello medio marino indotte da cause meteorologiche vengono indicate con il termine di marea meteorologica. Le due cause principali che possono dar luogo alle accennate variazioni di livello sono costituite dalle variazioni di pressione atmosferica rispetto

alla pressione normale al suolo (effetto barico inverso) e dall'azione dei venti persistenti sulla superficie del mare al di sopra della piattaforma continentale.

Per quanto riguarda la prima causa, è noto che alla variazione di 1 mb della pressione atmosferica al suolo (il cui valore medio è 1013 mb) corrisponde una variazione di segno opposto di circa 1 cm del livello marino. Per valutare i valori massimi di variazione del livello medio marino, si sono ricercati i minimi e massimi valori barometrici registrati nella zona. A tale scopo si sono ancora una volta elaborati i dati registrati dalla vicina stazione meteo dell'aeronautica Militare di Civitavecchia in un arco di tempo di circa 38 anni. I valori della pressione risultano memorizzati con una scansione temporale di circa 6 ore.

Il massimo valore rilevato è risultato di 1040 mb, cui corrisponde un abbassamento locale del livello marino pari a 27 cm.

Il minimo barometrico registrato è di 983 mb: si può quindi considerare un corrispondente innalzamento del livello medio marino di 30 cm.

Per quanto riguarda la seconda causa, l'azione dei venti persistenti sulla superficie del mare al di sopra della piattaforma continentale (profondità inferiori a circa 200 m) può dar luogo a fenomeni di sovrizzo lungo le coste poste sottovento alla direzione di azione del vento e a corrispondenti abbassamenti lungo quelle sopravvento. Questi ultimi sono in genere modesti e di non agevole determinazione. Per quanto riguarda invece il calcolo del massimo sovrizzo di tempesta, si può ricorrere alla seguente relazione:

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

dove:

$K_p = 3 \times 10^6$ (valore costante);

$U = 22$ m/s (massima velocità del vento persistente);

$L = 35$ km (estensione della piattaforma continentale);

$D = 200$ m (profondità media della piattaforma);

$d = 3, 5$ m (profondità di calcolo del sovrizzo S).

Inserendo nella precedente espressione i valori sopra indicati si ottiene il valore di $S = 0,15$ m.

5.3. *Dislivelli complessivi*

In definitiva sommando i vari contributi positivi e negativi si ricavano i seguenti (massimi) dislivelli totali rispetto al livello medio marino:

- massimo innalzamento (dislivello positivo) = $20+30+15 = 65$ cm
- massimo abbassamento (dislivello negativo) = $20+27 = 47$ cm

Considerando che in generale non si verifica la piena concomitanza dei sovralti meteorologici ed astronomici, i valori sopraindicati possono essere ridotti del 25% operando comunque una stima in eccesso.

6. DEFINIZIONE DELLE CONDIZIONI DI MOTO ONDOSI IN ACQUA PROFONDA

Poiché non sono mai effettuate misure dirette di moto ondoso al largo di Talamone, tenendo conto dei dati disponibili, la definizione delle condizioni di moto ondoso in acqua profonda può essere eseguita utilizzando due approcci distinti.

Un primo approccio consiste nel ricostruire le condizioni di moto ondoso a partire da dati anemometrici (velocità e direzione del vento) applicando metodi di calcolo indiretti (hindcasting) che si basano sulle equazioni che regolano il trasferimento di energia dal vento al moto ondoso.

Il secondo approccio consiste nell'utilizzare le registrazioni dell'ondametro direzionale posto al largo di Civitavecchia per caratterizzare il moto ondoso al largo di Talamone. A tal riguardo si evidenzia che recentemente è stato messo a punto da Contini e De Girolamo (1998) un metodo che permette di trasportare geograficamente serie storiche di moto ondoso generando una nuova serie storica di dati ondometrici derivati da quelli misurati al largo di Civitavecchia ed "adeguati" alle caratteristiche del punto di trasposizione in funzione dei fetch efficaci e della correlazione tra la direzione del vento e quella del moto ondoso generato. Infatti il paraggio costiero di Talamone è posto a circa 75 km a nord-ovest dell'ondametro di Civitavecchia (posto a nord dell'abitato, coordinate $42^{\circ}, 07'30''$ °N; $11^{\circ}, 44'30''$ °E, è in esercizio dal 1994 ed è gestito dall'ENEL). Le registrazioni di questa stazione ondometrica sono rappresentative dell'esposizione climatica del medio Tirreno, ma, considerata la distinta esposizione geografica, la serie di dati misurata non può essere perfettamente aderente alle caratteristiche del moto ondoso del sito in esame.

Sulla base dell'esperienza acquisita dalla MODIMAR nell'applicare ambedue i metodi sopra citati, si può affermare che entrambi gli approcci sono da ritenere validi in generale per il Mediterraneo. Per la situazione in esame si ritiene che, data la diversa esposizione dell'ondametro di Civitavecchia rispetto alla rada di Talamone (presenza dell'isola d'Elba e dell'isola del Giglio per Talamone), maggiori fetch efficaci calcolati a Civitavecchia, il primo approccio debba essere considerato maggiormente affidabile rispetto al secondo.

Per il calcolo delle condizioni di moto ondoso al largo della rada di Talamone sono stati comunque utilizzati ambedue i metodi.

I dati ondametrici rilevati dall'ondametro di Montalto di Castro, seppure ubicato più vicino a Talamone, è risultato meno idoneo di quello di Civitavecchia al fine della individuazione dei parametri meteo-marini per il sito di Talamone. Tale conclusioni sono dovute alla vicinanza dell' Argentario e per la differente esposizione geografica.

6.1. Ricostruzione del moto ondoso al largo di Talamone con il metodo SMB

Per l'applicazione del metodo SMB si è fatto riferimento alla serie storica di dati anemometrici (direzione e velocità) registrati a Pianosa dall'Aeronautica Militare (ITAV). Infatti si è a priori esclusa la possibilità di utilizzare i dati della Marina Militare che presentano una classificazione degli eventi piuttosto grossolana sia per il settore di provenienza (intervalli di 45°) che per le classi d'intensità (l'ultima classe comprende tutte le velocità maggiori di 27 nodi). A tal proposito si deve rilevare che una approssimazione del 10% sul valore della velocità del vento può condurre ad un errore dell'altezza d'onda pari a circa il 21%.

Il modello numerico che è stato applicato, sviluppato dalla Modimar e denominato *ALTAIR*, è basato sul classico metodo SMB ed è ampiamente descritto nell'appendice 3. E' da precisare che le velocità del vento rilevate sono state opportunamente corrette per tenere conto dell'altitudine e della posizione della stazione meteorologica. I fetches efficaci che sono stati utilizzati per il calcolo sono quelli relativi a Talamone indicati nella fig. 3.3. L'applicazione del modello numerico ha quindi consentito di ricostruire la serie storica di altezze d'onda significative, periodi significativi e direzioni di provenienza del moto ondoso nel periodo 1968-1978. Nella tabella 6.2 è riportato il calcolo della stazione di Pianosa che è risultato nel periodo analizzato (1968-1978) pari al 64,0%.

6.2. Trasposizione geografica delle misure ondametriche di Civitavecchia al largo di Talamone

Il metodo di trasposizione geografica utilizzato risponde all'esigenza di poter trasferire serie storiche di moto ondoso da un punto di misura ad un altro "climaticamente" simile ma localizzato al largo del paraggio di interesse. Tale necessità emerge dal fatto che gli ondometri, per ragioni di costo, vengono localizzati in un limitato numero di punti di misura

che vengono scelti in modo tale da risultare significativi di ampi tratti di costa. Nelle applicazioni sorge quindi la necessit  di trasferire geograficamente le misure di moto ondoso dal punto di misura al largo del sito di interesse.

L'ipotesi di base del metodo consiste nel supporre che le stesse condizioni di vento (velocit  e direzione), che hanno determinato le condizioni di moto ondoso registrate dall'ondametro, abbiano interessato anche l'area di generazione situata al largo del sito di interesse. Inoltre si suppone che le aree di generazione del moto ondoso possano essere determinate per ciascun punto utilizzando il concetto di "fetch efficace" e che la direzione del moto ondoso   correlata alla direzione del vento che lo ha generato. 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 a quello di interesse.

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

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

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

dove U_A   il fattore di velocit  del vento ("wind stress factor"), dipendente in modo non lineare dalla velocit  del vento misurata alla quota + 10 m s.l.m. ed F   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 ed 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:

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

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

Queste espressioni si ottengono ovviamente nell'ipotesi 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 caratterizzate dalla stessa velocità del vento; il metodo quindi si completa utilizzando la legge che stabilisce il legame tra la direzione media del vento e la direzione media del moto ondoso da esso generato.

Per l'applicazione del metodo sopra descritto al caso in esame, in primo luogo ci si è serviti dei fetch efficaci calcolati al largo di Talamone e riportati nella figure 3.3 e nella tabella 3.1. Si osserva che la tabella 3.1 riporta anche il valore della direzione del moto ondoso corrispondente ad una prefissata direzione del vento (vedi colonna "Dir. Mare"). Necessariamente lo stesso lavoro è stato eseguito per Civitavecchia. Le figure 6.1, 6.2 e la tabella 6.1 riportano sia in forma grafica che in forma numerica i valori dei fetch geografici ed efficaci ottenuti per Civitavecchia (Torre Valdaliga). Il confronto tra la fig. 3.3 e la fig. 6.2 mostra che sia Civitavecchia che Talamone presentano una esposizione simile anche se i valori dei fetch efficaci di Talamone risultano mediamente inferiori rispetto a quelli di Civitavecchia per tutti i settori. Le figure di accompagnamento alle tabelle 3.1 e 6.1 riportano anche in forma grafica la deviazione tra la direzione di provenienza del moto ondoso rispetto a quella di provenienza del vento sia per Civitavecchia che per Talamone.

Il metodo di trasposizione sopra descritto è stato automatizzato dalla Modimar per mezzo del programma di calcolo denominato *SAGITTA* (descritto in appendice 4) operante in ambiente Windows. L'applicazione di tale programma ha permesso di trasferire al largo di Talamone (vedi punto indicato in fig. 3.1), l'intera serie storica di valori triorari di altezza d'onda significativa spettrale, direzione media di provenienza del moto ondoso e di periodo di picco registrata tra il 1994 e il 1999 dall'ondametro di Civitavecchia. Nella tabella 6.3 è riportato il calcolo del rendimento dell'ondametro di Civitavecchia che è risultato nel periodo analizzato (1994-1999) pari al 79,0%.

6.3. Analisi dei climi di moto ondoso ottenuti al largo di Talamone

Le serie storiche ottenute al largo di Talamone con i metodi sopra descritti, sono state sintetizzate in forma grafica ("rosa climatica") e in forma tabellare (altezza significativa-

direzione^oN). La rosa climatica è rappresentativa del clima annuale mentre nelle tabelle oltre a essere individuato il clima annuale, sono sintetizzati i climi stagionali.

La figura 6.9 mostra la rosa di moto ondoso ottenuta al largo di Talamone con il metodo SMB. Confrontando tale figura con la 6.5, ottenuta con il metodo di trasposizione geografica dei dati ondometrici di Civitavecchia, si osserva una certa corrispondenza circa gli stati di mare provenienti da libeccio anche se la distribuzione direzionale complessiva risulta differente.

Nella figura 6.5 è riportata la rosa annuale ottenuta con il metodo di trasposizione geografica. Le tabelle 6.6 e 6.7 riportano gli stessi risultati in forma numerica. Dall'analisi dei risultati si evince che gli stati di mare più frequenti al largo di Talamone provengono da ovest (oltre il 45% degli stati di mare registrati proviene dal settore 255-285°N) mentre quelli caratterizzati da altezze d'onda più elevate provengono da libeccio e da ponente. A titolo di confronto si è anche riportato nella fig. 6.4 e nella tab. 6.5 la rosa di moto ondoso relativa a Torre Valdaliga.

6.4. Analisi degli eventi estremi di moto ondoso al largo di Talamone

L'analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso risulta di fondamentale importanza nel progetto di una opera marittima. A tal fine sono stati prese in esame sia la serie storica degli eventi di moto ondoso ricostruiti con i venti di Pianosa (SMB) sia quelli trasposti da Civitavecchia al largo di Talamone.

Per eseguire l'analisi statistica delle altezze d'onda risulta necessario selezionare preliminarmente dalla serie storica dei campioni di dati che rispondano al doppio requisito di risultare tra di loro statisticamente indipendenti ed omogenei.

Per quanto riguarda l'indipendenza statistica di solito si utilizza il metodo POT (Peaks Over Threshold detto anche "della serie di durata parziale sopra soglia") che consiste nel prendere in esame il solo valore massimo di altezza d'onda (valore di picco) che si verifica nell'ambito di una singola mareggiata. L'individuazione di ciascuna mareggiata nell'ambito della serie storica viene effettuata introducendo una soglia di altezza d'onda e considerando che il singolo evento (mareggiata) abbia inizio quando l'altezza d'onda significativa superi per la prima volta il valore della soglia prestabilito. Conseguentemente si ipotizza che l'evento termini quando l'altezza d'onda significativa assume per la prima volta un valore inferiore al valore di soglia oppure quando la direzione di propagazione cambia drasticamente.

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. Per lo specifico paraggio di Talamone essendo il settore principale di traversia molto ristretto si è individuato un unico settore di traversia principale compreso tra le direzioni 150° e 230°N. In tale settore rientrano gli stati di mare provenienti da scirocco, mezzogiorno e libeccio.

Individuato il settore principale di provenienza del moto ondoso, si è quindi proceduto a determinare il valore di soglia dell'altezza d'onda significativa da utilizzare per "isolare" ciascun evento e quindi i corrispondenti valori di picco. Il valore di soglia è stato individuato seguendo il metodo proposto da Goda (1988)¹. Nella tab 6.7 e 6.8 sono riportati i valori di altezza d'onda di soglia, il numero di eventi sopra soglia, e l'altezza massima verificatasi nelle serie storiche.

Gli stati di mare caratterizzati da una altezza d'onda significativa (H_s) superiore alla soglia individuata sono stati quindi oggetto di una elaborazione statistica al fine di ricavare, mediante una regolarizzazione degli eventi estremi secondo note funzioni probabilistiche, le caratteristiche del moto ondoso da associare ad assegnati tempi di ritorno (o probabilità di occorrenza).

Le leggi adottate di distribuzione di probabilità cumulata di non superamento (funzione di ripartizione) sono quella di Weibull:

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

e la legge di Gumbel

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

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 nella tab. 6.7 e 6.8.

¹ "On methodology of selecting design wave height", ASCE, Int. Conf. On Coastal Eng., pp.901-913, 1988).

Tenendo conto che la probabilità cumulata di non superamento è legata al tempo di ritorno dell'evento dalla relazione:

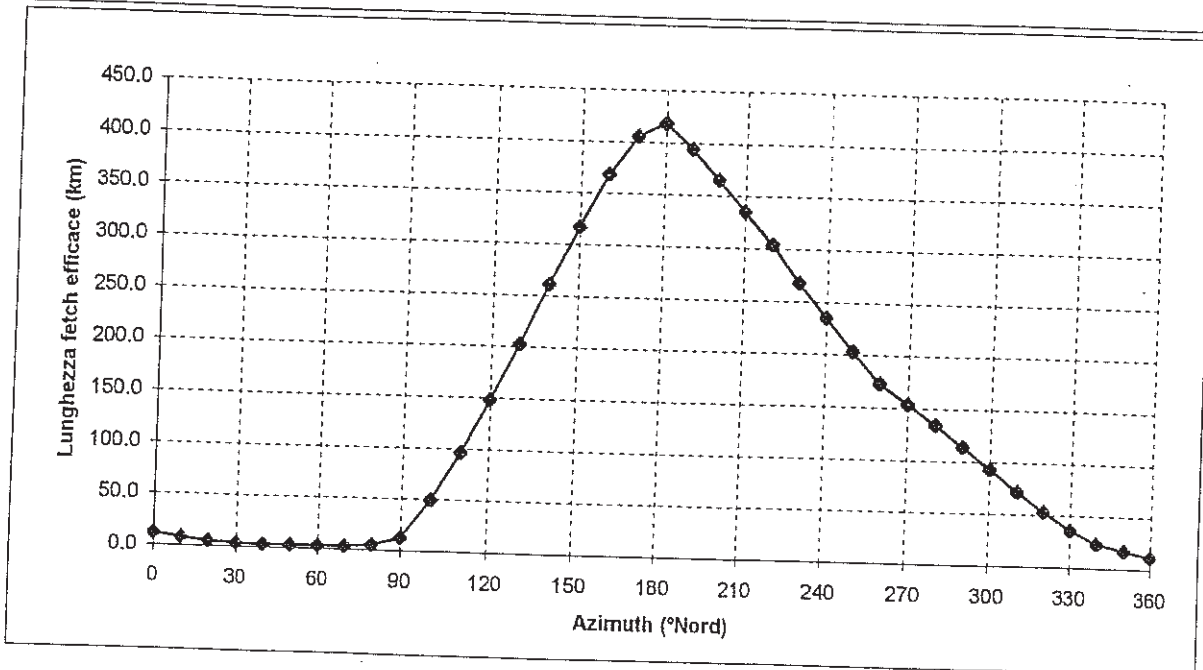
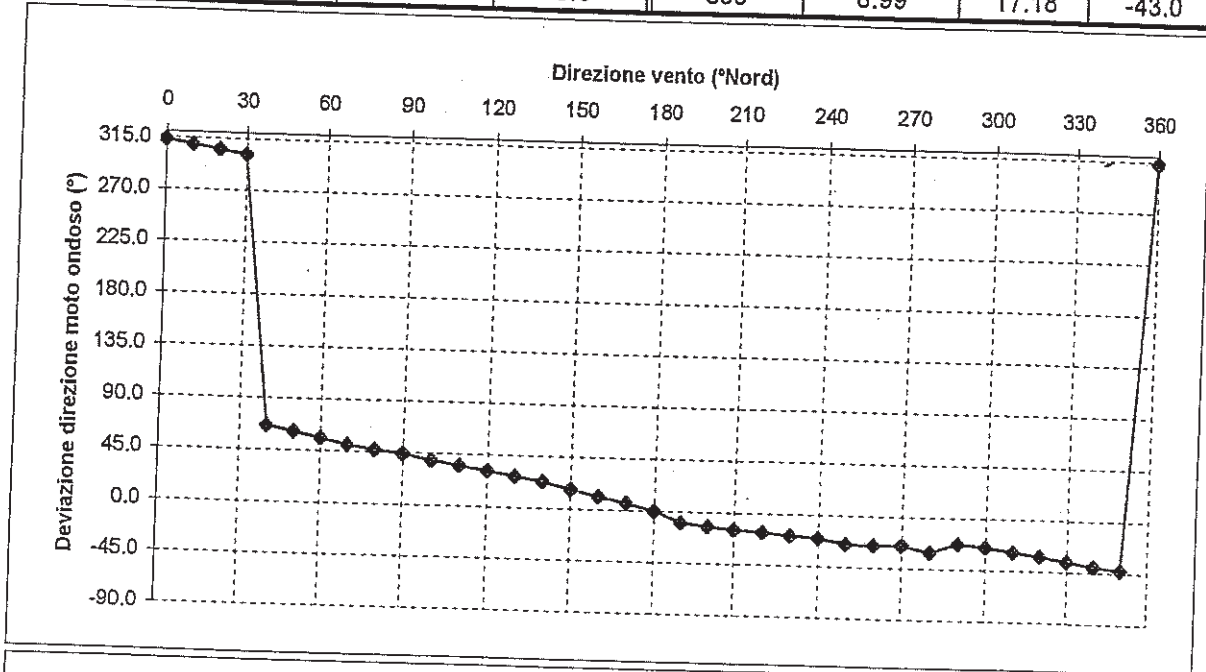
$$Tr(X \leq x) = \frac{I}{(1 - P(X \leq x))}$$

si sono stimate le altezze d'onda significative relative a diversi tempi di ritorno (vedi tabelle 6.7 e 6.8 e le figure 6.6 e 6.7).

Si può osservare dai risultati ottenuti la sottostima dei valori estremi ottenuti con la statistica degli eventi determinati con il metodo della trasposizione del moto ondoso.

Tab.6.1 - Fetch geografici ed efficaci a Torre Valdaliga

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	5.65	11.96	313.0	180	500.00	418.22	0.0
10	4.21	7.93	309.0	190	500.00	393.92	-10.0
20	3.44	5.08	305.0	200	500.00	365.24	-13.0
30	2.99	3.51	301.0	210	450.01	335.27	-15.0
40	2.71	2.98	66.0	220	252.37	303.44	-17.0
50	2.55	2.83	61.0	230	217.43	267.88	-19.0
60	2.68	2.92	56.0	240	212.40	234.97	-21.0
70	2.92	3.31	51.0	250	223.43	203.03	-25.0
80	3.31	5.24	47.0	260	198.66	173.17	-26.0
90	3.97	12.66	44.0	270	186.55	153.59	-25.0
100	5.15	49.83	39.0	280	188.76	134.53	-31.0
110	7.66	96.19	35.0	290	200.56	114.30	-23.0
120	31.37	147.85	31.0	300	62.03	92.76	-25.0
130	51.92	202.42	27.0	310	54.20	72.10	-29.0
140	500.00	260.72	23.0	320	44.70	53.11	-32.0
150	500.00	316.93	17.0	330	36.07	35.91	-36.0
160	466.59	367.88	11.0	340	23.76	23.47	-40.0
170	440.96	405.14	6.0	350	8.99	17.18	-43.0



Tab.6.2a: Rendimento dati ricostruiti

Località: Talamone largo SMB - periodo: dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978

Anno	Mese	Numero eventi	Rendimento (%)
1968	Gennaio	211	85.08
1968	Febbraio	195	84.05
1968	Marzo	210	84.68
1968	Aprile	186	77.50
1968	Maggio	213	85.89
1968	Giugno	188	78.33
1968	Luglio	196	79.03
1968	Agosto	215	86.69
1968	Settembre	196	81.67
1968	Ottobre	179	72.18
1968	Novembre	202	84.17
1968	Dicembre	218	87.90
1969	Gennaio	197	79.44
1969	Febbraio	186	83.04
1969	Marzo	203	81.85
1969	Aprile	204	85.00
1969	Maggio	184	74.19
1969	Giugno	170	70.83
1969	Luglio	169	68.15
1969	Agosto	200	80.65
1969	Settembre	187	77.92
1969	Ottobre	155	62.50
1969	Novembre	194	80.83
1969	Dicembre	214	86.29
1970	Gennaio	193	77.82
1970	Febbraio	194	86.61
1970	Marzo	206	83.06
1970	Aprile	179	74.58
1970	Maggio	202	81.45
1970	Giugno	180	75.00
1970	Luglio	188	75.81
1970	Agosto	155	62.50
1970	Settembre	182	75.83
1970	Ottobre	200	80.65
1970	Novembre	178	74.17
1970	Dicembre	177	71.37

Anno	Mese	Numero eventi	Rendimento (%)
1971	Gennaio	202	81.45
1971	Febbraio	166	74.11
1971	Marzo	211	85.08
1971	Aprile	180	75.00
1971	Maggio	155	62.50
1971	Giugno	167	69.58
1971	Luglio	168	67.74
1971	Agosto	154	62.10
1971	Settembre	189	78.75
1971	Ottobre	169	68.15
1971	Novembre	196	81.67
1971	Dicembre	161	64.92
1972	Gennaio	203	81.85
1972	Febbraio	198	85.34
1972	Marzo	169	68.15
1972	Aprile	170	70.83
1972	Maggio	172	69.35
1972	Giugno	141	58.75
1972	Luglio	152	61.29
1972	Agosto	174	70.16
1972	Settembre	165	68.75
1972	Ottobre	193	77.82
1972	Novembre	192	80.00
1972	Dicembre	208	83.87
1973	Gennaio	208	83.87
1973	Febbraio	188	83.93
1973	Marzo	183	73.79
1973	Aprile	189	78.75
1973	Maggio	166	66.94
1973	Giugno	179	74.58
1973	Luglio	182	73.39
1973	Agosto	151	60.89
1973	Settembre	187	77.92
1973	Ottobre	187	75.40
1973	Novembre	178	74.17
1973	Dicembre	197	79.44

Tab.6.2b: Rendimento dati ricostruiti

Località: Talamone largo SMB - periodo: dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978

Anno	Mese	Numero eventi	Rendimento (%)
1974	Gennaio	182	73.387
1974	Febbraio	207	92.41
1974	Marzo	181	72.98
1974	Aprile	175	72.92
1974	Maggio	183	73.79
1974	Giugno	175	72.92
1974	Luglio	183	73.79
1974	Agosto	186	75.00
1974	Settembre	62	25.83
1974	Ottobre	136	54.84
1974	Novembre	204	85.00
1974	Dicembre	164	66.13
1975	Gennaio	183	73.79
1975	Febbraio	200	89.29
1975	Marzo	217	87.50
1975	Aprile	183	76.25
1975	Maggio	146	58.87
1975	Giugno	187	77.92
1975	Luglio	188	75.81
1975	Agosto	169	68.15
1975	Settembre	113	47.08
1975	Ottobre	176	70.97
1975	Novembre	195	81.25
1975	Dicembre	195	78.63
1976	Gennaio	166	66.94
1976	Febbraio	176	75.86
1976	Marzo	199	80.24
1976	Aprile	171	71.25
1976	Maggio	159	64.11
1976	Giugno	159	66.25
1976	Luglio	0	0.00
1976	Agosto	0	0.00
1976	Settembre	0	0.00
1976	Ottobre	0	0.00
1976	Novembre	0	0.00
1976	Dicembre	0	0.00

Anno	Mese	Numero eventi	Rendimento (%)
1977	Gennaio	117	47.18
1977	Febbraio	102	45.54
1977	Marzo	105	42.34
1977	Aprile	116	48.33
1977	Maggio	101	40.73
1977	Giugno	112	46.67
1977	Luglio	108	43.55
1977	Agosto	107	43.15
1977	Settembre	20	8.33
1977	Ottobre	91	36.69
1977	Novembre	108	45.00
1977	Dicembre	106	42.74
1978	Gennaio	112	45.16
1978	Febbraio	96	42.86
1978	Marzo	54	21.77
1978	Aprile	47	19.58
1978	Maggio	63	25.40
1978	Giugno	71	29.58
1978	Luglio	39	15.73
1978	Agosto	68	27.42
1978	Settembre	6	2.50
1978	Ottobre	44	17.74
1978	Novembre	48	20.00
1978	Dicembre	69	27.82

Numero totale di eventi validi ricostruiti:	20486
Rendimento complessivo dati ricostruiti (%):	64

Tab.6.3: Rendimento Ondametro

Località: Torre Valdallga (Civitavecchia) - periodo:3 febbraio 1994 - 31 maggio 1999

Anno	Mese	Numero eventi	Rendimento (%)
1994	Febbraio	167	74.55
1994	Marzo	219	88.31
1994	Aprile	228	95.00
1994	Maggio	209	84.27
1994	Giugno	223	92.92
1994	Luglio	240	96.77
1994	Agosto	231	93.15
1994	Settembre	217	90.42
1994	Ottobre	234	94.35
1994	Novembre	235	97.92
1994	Dicembre	243	97.98
1995	Gennaio	216	87.10
1995	Febbraio	0	0.00
1995	Marzo	0	0.00
1995	Aprile	142	59.17
1995	Maggio	248	100.00
1995	Giugno	117	48.75
1995	Luglio	146	58.87
1995	Agosto	82	33.06
1995	Settembre	0	0.00
1995	Ottobre	190	76.61
1995	Novembre	226	94.17
1995	Dicembre	146	58.87
1996	Gennaio	220	88.71
1996	Febbraio	0	0.00
1996	Marzo	0	0.00
1996	Aprile	105	43.75
1996	Maggio	247	99.60
1996	Giugno	240	100.00
1996	Luglio	248	100.00
1996	Agosto	248	100.00
1996	Settembre	240	100.00
1996	Ottobre	244	98.39
1996	Novembre	238	99.17
1996	Dicembre	238	95.97

Anno	Mese	Numero eventi	Rendimento (%)
1997	Gennaio	237	95.56
1997	Febbraio	0	0.00
1997	Marzo	29	11.69
1997	Aprile	235	97.92
1997	Maggio	10	4.03
1997	Giugno	201	83.75
1997	Luglio	240	96.77
1997	Agosto	235	94.76
1997	Settembre	235	97.92
1997	Ottobre	242	97.58
1997	Novembre	234	97.50
1997	Dicembre	228	91.94
1998	Gennaio	238	95.97
1998	Febbraio	217	96.88
1998	Marzo	232	93.55
1998	Aprile	231	96.25
1998	Maggio	219	88.31
1998	Giugno	209	87.08
1998	Luglio	239	96.37
1998	Agosto	239	96.37
1998	Settembre	232	96.67
1998	Ottobre	238	95.97
1998	Novembre	234	97.50
1998	Dicembre	244	98.39
1999	Gennaio	240	96.77
1999	Febbraio	222	99.11
1999	Marzo	237	95.56
1999	Aprile	235	97.92
1999	Maggio	245	98.79

Numero totale di eventi validi registrati:	12304
Rendimento complessivo ondametro (%):	79

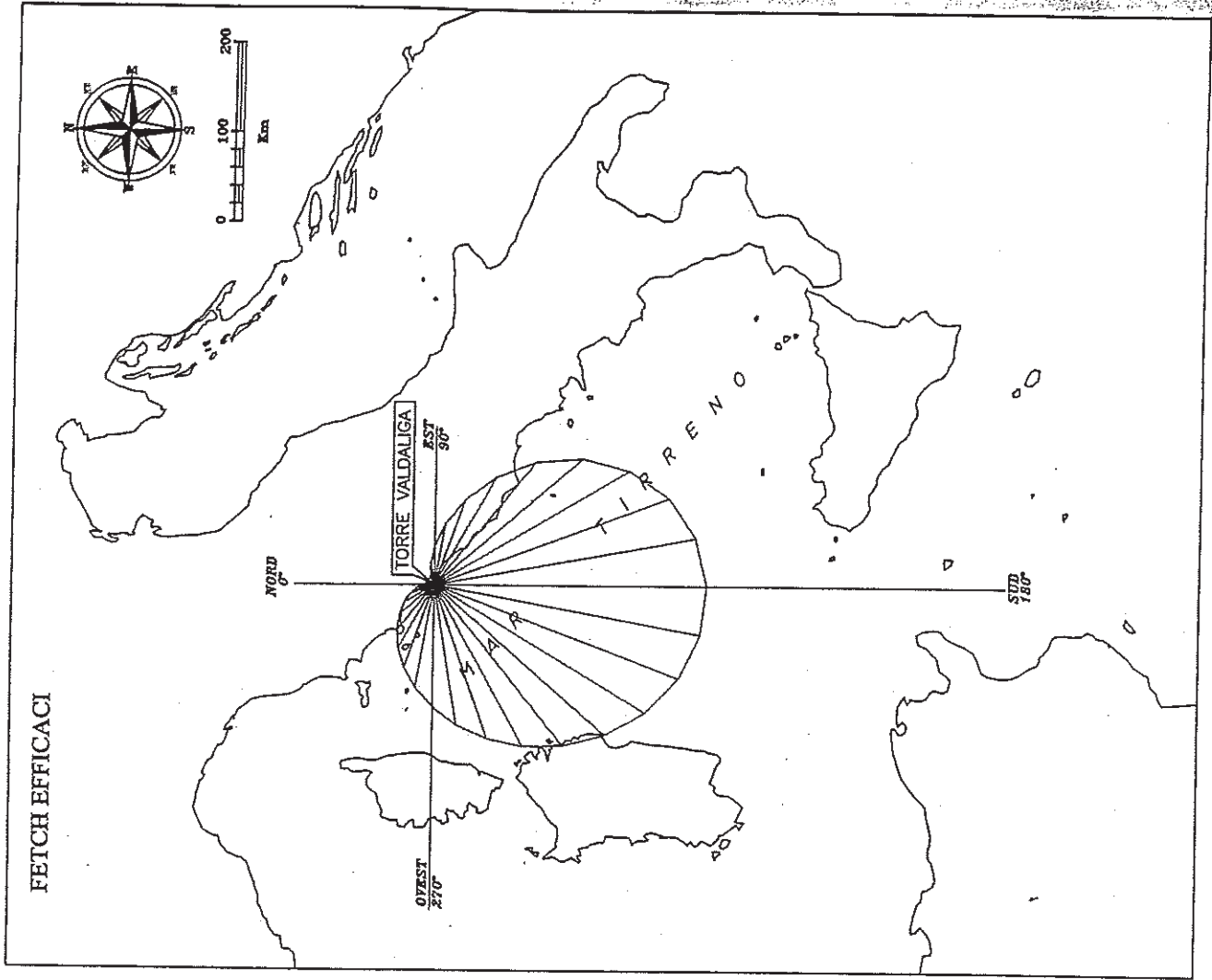
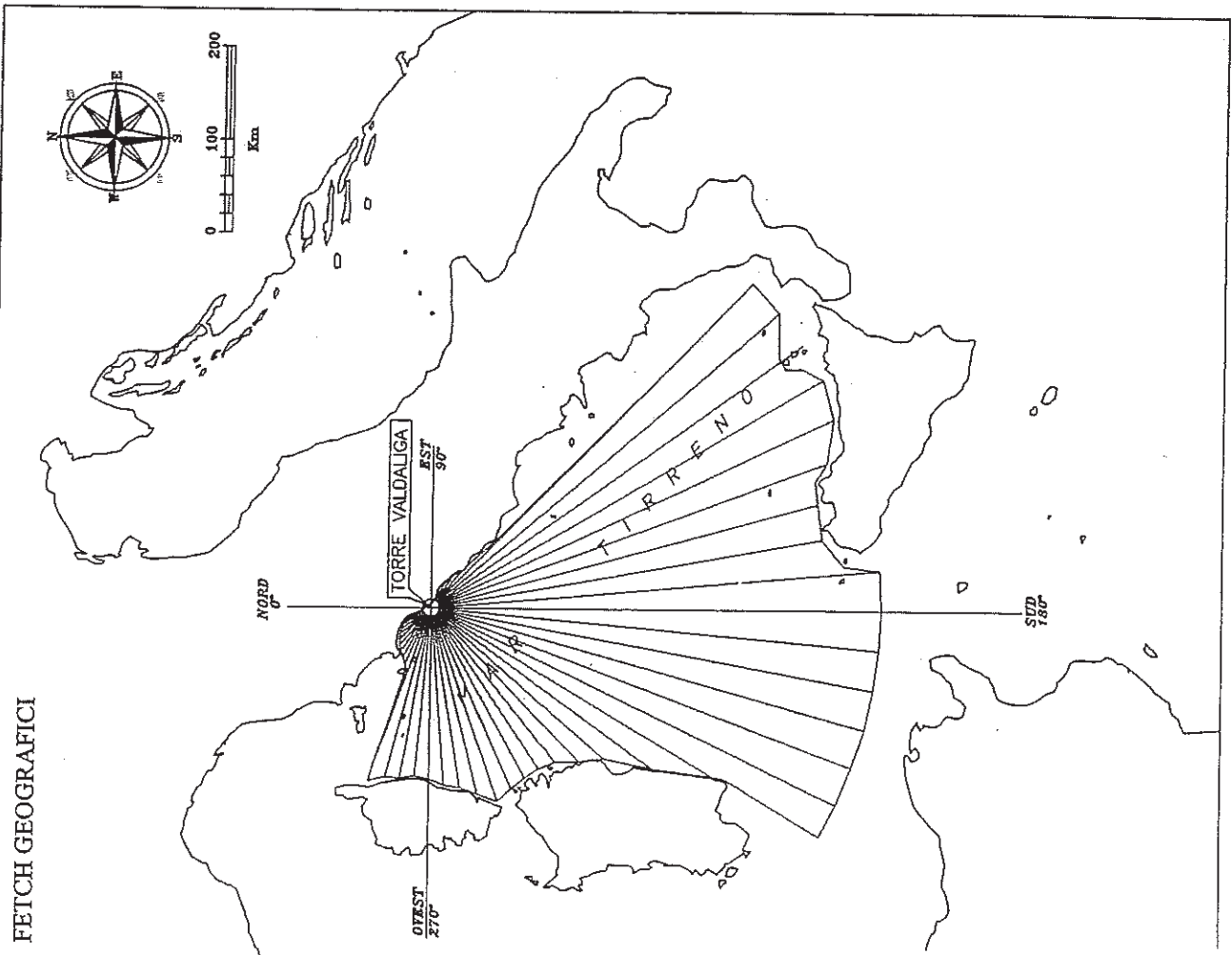


Fig. 6.1 - Settori di traversia al largo dell'ondametro di Civitavecchia (ENEL-SRI-PIS: 42°07'30" N 11°44'30" E)

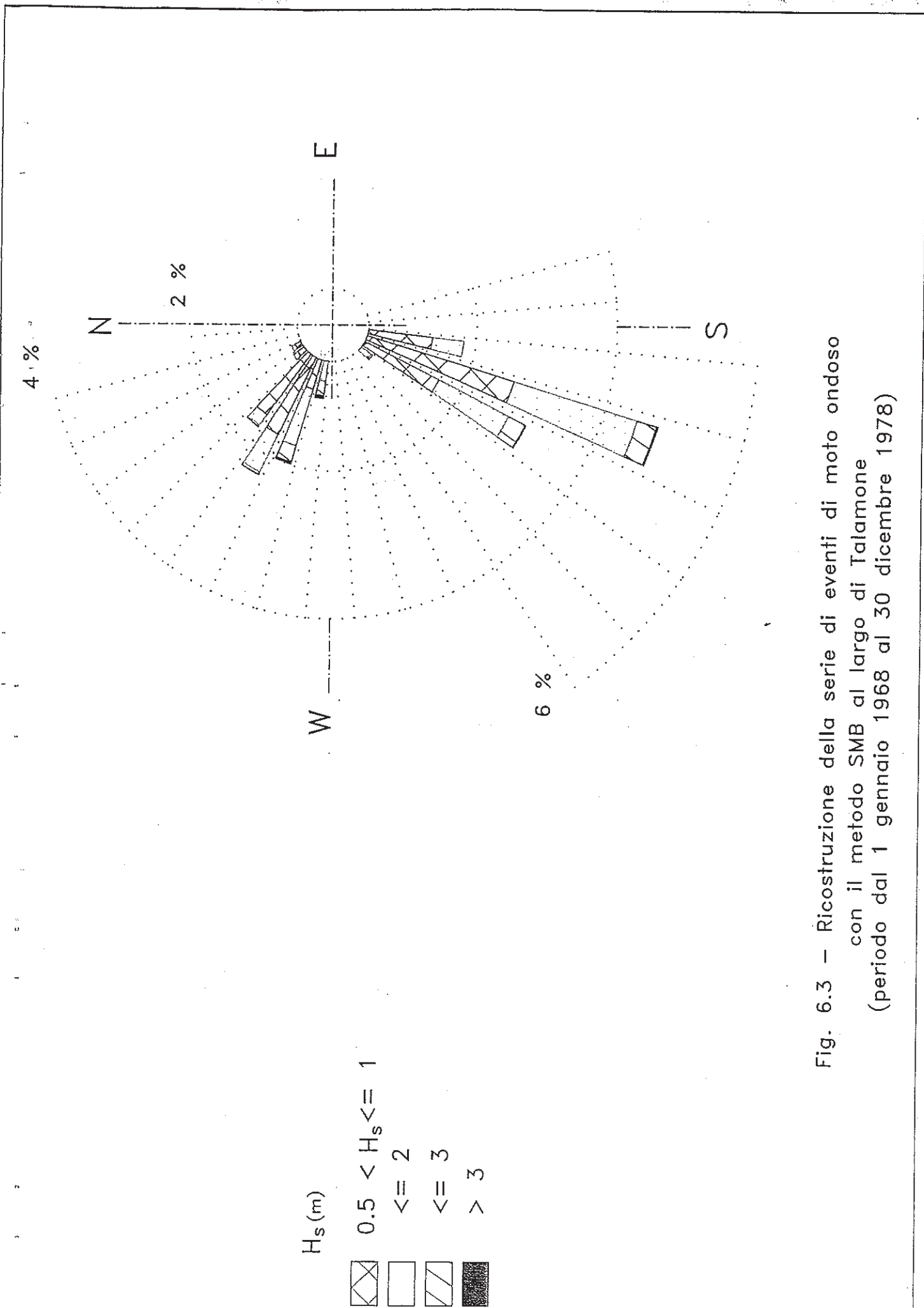


Fig. 6.3 - Ricostruzione della serie di eventi di moto ondoso con il metodo SMB al largo di Talamone (periodo dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978)

Tab.6.4.f - Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
Località: Talamone largo SMB - periodo: dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)						Tot
	$T_p < 4$	$4 \leq T_p < 6$	$6 \leq T_p < 8$	$8 \leq T_p < 10$	$10 \leq T_p < 12$	$12 \leq T_p < 14$	
0.25 <	11584	17					11601
0.25 + 0.75	6069	361	27				6457
0.75 + 1.25	734	732	31				1497
1.25 + 1.75	7	483	38				528
1.75 + 2.25		198	37				235
2.25 + 2.75		19	92	1			112
2.75 + 3.25		1	41				42
3.25 + 3.75			7				7
3.75 + 4.25			4	2			6
4.25 + 4.75				1			1
4.75 + 5.25							
> 5.25							
Tot.	18394	1811	277	4			20486

Tab.6.4.g : Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
Località: Talamone largo SMB - periodo: dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)						Tot	Tot. cumul.
	$T_p < 4$	$4 \leq T_p < 6$	$6 \leq T_p < 8$	$8 \leq T_p < 10$	$10 \leq T_p < 12$	$12 \leq T_p < 14$		
0.25 <	56.55	0.08					56.63	56.63
0.25 + 0.75	29.63	1.76	0.13				31.52	88.15
0.75 + 1.25	3.58	3.57	0.15				7.31	95.46
1.25 + 1.75	0.03	2.36	0.19				2.58	98.03
1.75 + 2.25		0.97	0.18				1.15	99.18
2.25 + 2.75		0.09	0.45	0.00			0.55	99.73
2.75 + 3.25		0.00	0.20				0.21	99.93
3.25 + 3.75			0.03				0.03	99.97
3.75 + 4.25			0.02	0.01			0.03	100.00
4.25 + 4.75				0.00			0.00	100.00
4.75 + 5.25								100.00
> 5.25								100.00
Tot.	89.79	8.84	1.35	0.02			100	
Tot. cumul.	89.79	98.63	99.98		#VALORE!	#VALORE!	100.00	

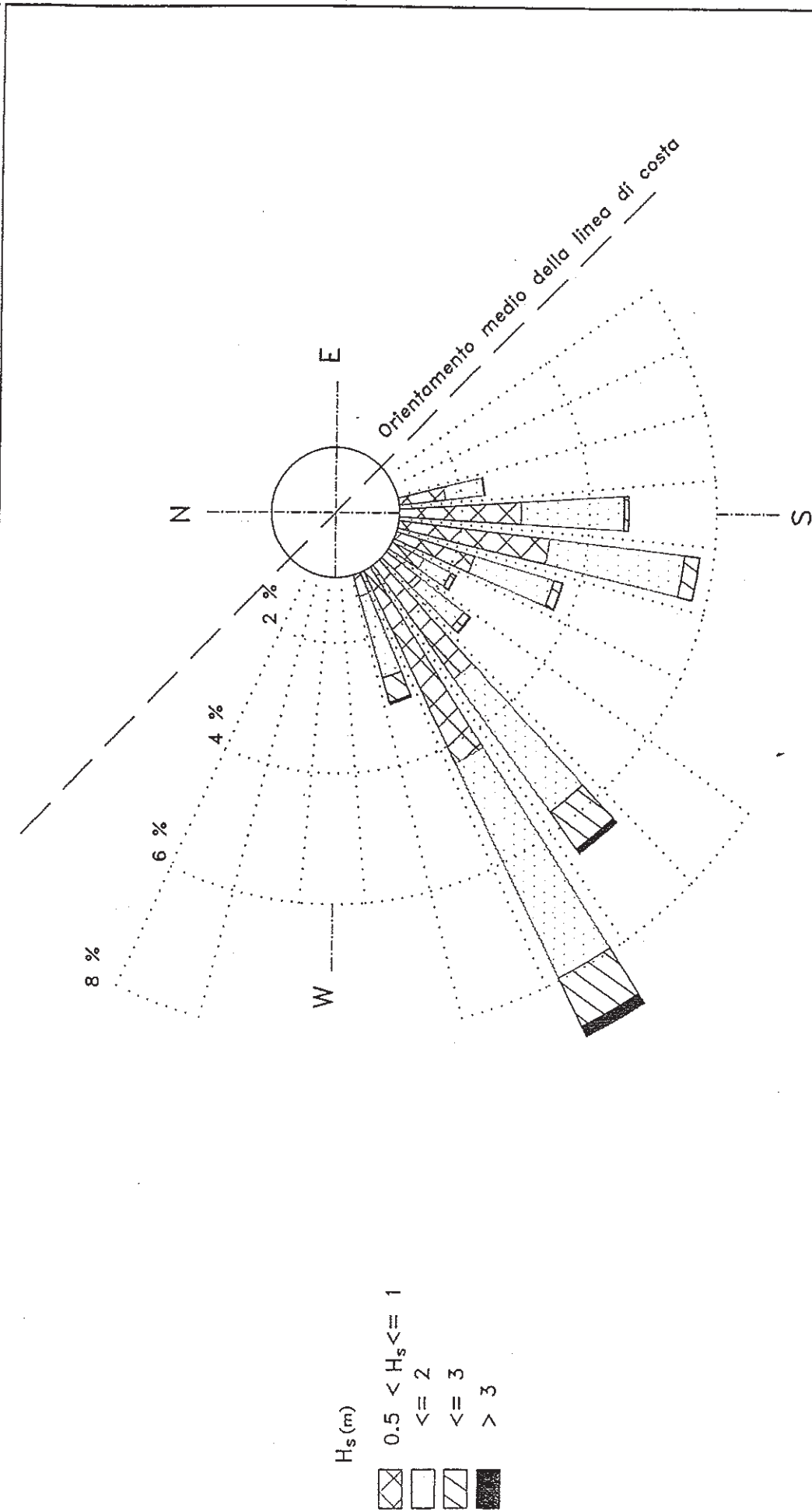


Fig. 6.4 - Ondametro direzionale di Torre Valdaliga (Civitavecchia)
 Clima annuale. Distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso
 (periodo 3 febbraio 1994 - 31 maggio 1999)

Tab.6.5.f - Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
Località: Torre Valdaliga (Civitavecchia) - periodo:3 febbraio 1994 - 31 maggio 1999

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO T_p (s)							Tot
	$T_p < 4$	$4 \leq T_p < 6$	$6 \leq T_p < 8$	$8 \leq T_p < 10$	$10 \leq T_p < 12$	$12 \leq T_p < 14$	$T_p > 14$	
0.25 <	886	1376	359	57	43	32	3	2756
0.25 + 0.75	1910	2741	916	156	93	24		5840
0.75 + 1.25	69	1028	1024	46	9	1		2177
1.25 + 1.75		168	647	69	1			885
1.75 + 2.25		22	277	102	5			406
2.25 + 2.75			94	54	1			149
2.75 + 3.25			30	28	2			60
3.25 + 3.75			8	14	2			24
3.75 + 4.25				5	1			6
4.25 + 4.75				1				1
4.75 + 5.25								
> 5.25								
Tot.	2865	5335	3355	532	157	57	3	12304

Tab.6.5.g - Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
Località: Torre Valdaliga (Civitavecchia) - periodo:3 febbraio 1994 - 31 maggio 1999

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO T_p (s)							Tot	Tot. cumul.
	$T_p < 4$	$4 \leq T_p < 6$	$6 \leq T_p < 8$	$8 \leq T_p < 10$	$10 \leq T_p < 12$	$12 \leq T_p < 14$	$T_p > 14$		
0.25 <	7.20	11.18	2.92	0.46	0.35	0.26	0.02	22.40	22.40
0.25 + 0.75	15.52	22.28	7.44	1.27	0.76	0.20		47.46	69.86
0.75 + 1.25	0.56	8.36	8.32	0.37	0.07	0.01		17.69	87.56
1.25 + 1.75		1.37	5.26	0.56	0.01			7.19	94.75
1.75 + 2.25		0.18	2.25	0.83	0.04			3.30	98.05
2.25 + 2.75			0.76	0.44	0.01			1.21	99.26
2.75 + 3.25			0.24	0.23	0.02			0.49	99.75
3.25 + 3.75			0.07	0.11	0.02			0.20	99.94
3.75 + 4.25				0.04	0.01			0.05	100.00
4.25 + 4.75				0.01				0.01	100.00
4.75 + 5.25									100.00
>5.25									100.00
Tot.	23.29	43.36	27.27	4.32	1.28	0.46	0.02	100	
Tot. cumul.	23.29	66.64	93.91	98.24	99.51	99.98	100.00		

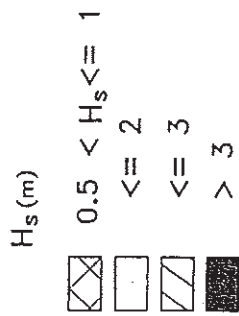
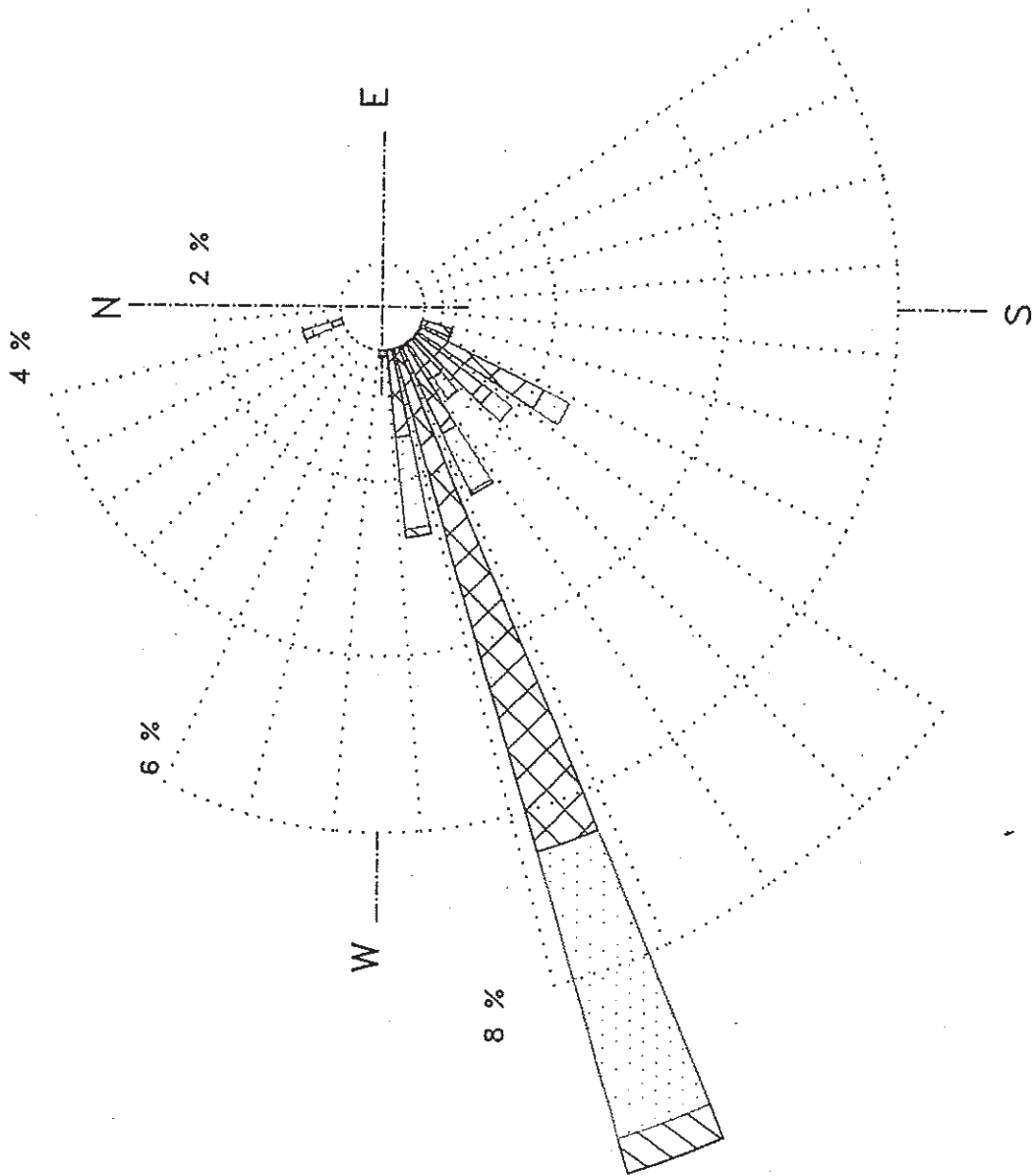


Fig. 6.5 - Trasposizione della serie di eventi di moto ondoso dall'ondametro direzionale di Torre Valdaliga (Civitavecchia) al largo di Talamone (periodo 5 febbraio 1994 - 31 maggio 1999)

Tab.6.6.f - Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
Località: Talamone largo - periodo:3 febbraio 1994 - 31 maggio 1999

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)						Tot
	$T_p < 4$	$4 \leq T_p < 6$	$6 \leq T_p < 8$	$8 \leq T_p < 10$	$10 \leq T_p < 12$	$12 \leq T_p < 14$	
0.25 <	3931	1309	131	85	19		5475
0.25 + 0.75	2750	2246	74	51	5		5126
0.75 + 1.25	63	945	135	6	1		1150
1.25 + 1.75		195	186	6	1		388
1.75 + 2.25		30	99				129
2.25 + 2.75		1	28				29
2.75 + 3.25			6	1			7
3.25 + 3.75							
3.75 + 4.25							
4.25 + 4.75							
4.75 + 5.25							
> 5.25							
Tot.	6744	4726	659	149	26		12304

Tab.6.6.g - Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
Località: Talamone largo - periodo:3 febbraio 1994 - 31 maggio 1999

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)						Tot	Tot. cumul.
	$T_p < 4$	$4 \leq T_p < 6$	$6 \leq T_p < 8$	$8 \leq T_p < 10$	$10 \leq T_p < 12$	$12 \leq T_p < 14$		
0.25 <	31.95	10.64	1.06	0.69	0.15		44.50	44.50
0.25 + 0.75	22.35	18.25	0.60	0.41	0.04		41.66	86.16
0.75 + 1.25	0.51	7.68	1.10	0.05	0.01		9.35	95.51
1.25 + 1.75		1.58	1.51	0.05	0.01		3.15	98.66
1.75 + 2.25		0.24	0.80				1.05	99.71
2.25 + 2.75		0.01	0.23				0.24	99.94
2.75 + 3.25			0.05	0.01			0.06	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.	54.81	38.41	5.36	1.21	0.21		100	
Tot. cumul.	54.81	93.22	98.58	99.79		#VALORE!	100.00	

Tab. 6.8 - Analisi degli eventi estremi al largo di Talamone (Sagitta)
 Settore di traversia: 150 - 230 ° Nord

Numero anni: 4.21
 Numero delle mareggiate: 17
 Numero di eventi con Hs > 1.1 m 12 (metodo POT)

Media (m): 1.303
 Deviazione Standard (m): 0.214

Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)
1.82	7.59
1.51	2.73
1.43	1.66
1.42	1.19
1.28	0.93
1.27	0.76
1.27	0.65
1.19	0.56
1.15	0.50
1.12	0.44
1.09	0.40
1.09	0.37

Tr anni	GUMBEL		WEI(.75)	
	Hs(m)	c.i.(m)	Hs(m)	c.i.(m)
5	1.7	0.2	1.6	0.2
10	1.9	0.3	1.8	0.3
25	2.1	0.4	2	0.4
50	2.3	0.5	2.2	0.5
100	2.4	0.5	2.4	0.6

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	1.7	0.2	1.8	0.3	1.8	0.2
10	1.9	0.3	1.9	0.4	1.9	0.3
25	2.1	0.5	2.2	0.5	2.1	0.4
50	2.3	0.6	2.4	0.6	2.3	0.5
100	2.5	0.7	2.5	0.8	2.4	0.6

Fig. 6.6 - Altezze d'onda estreme a Talamone
secondo Gumbel (150 - 230 °N)
SMB - dal 1-1-68 al 30-12-78

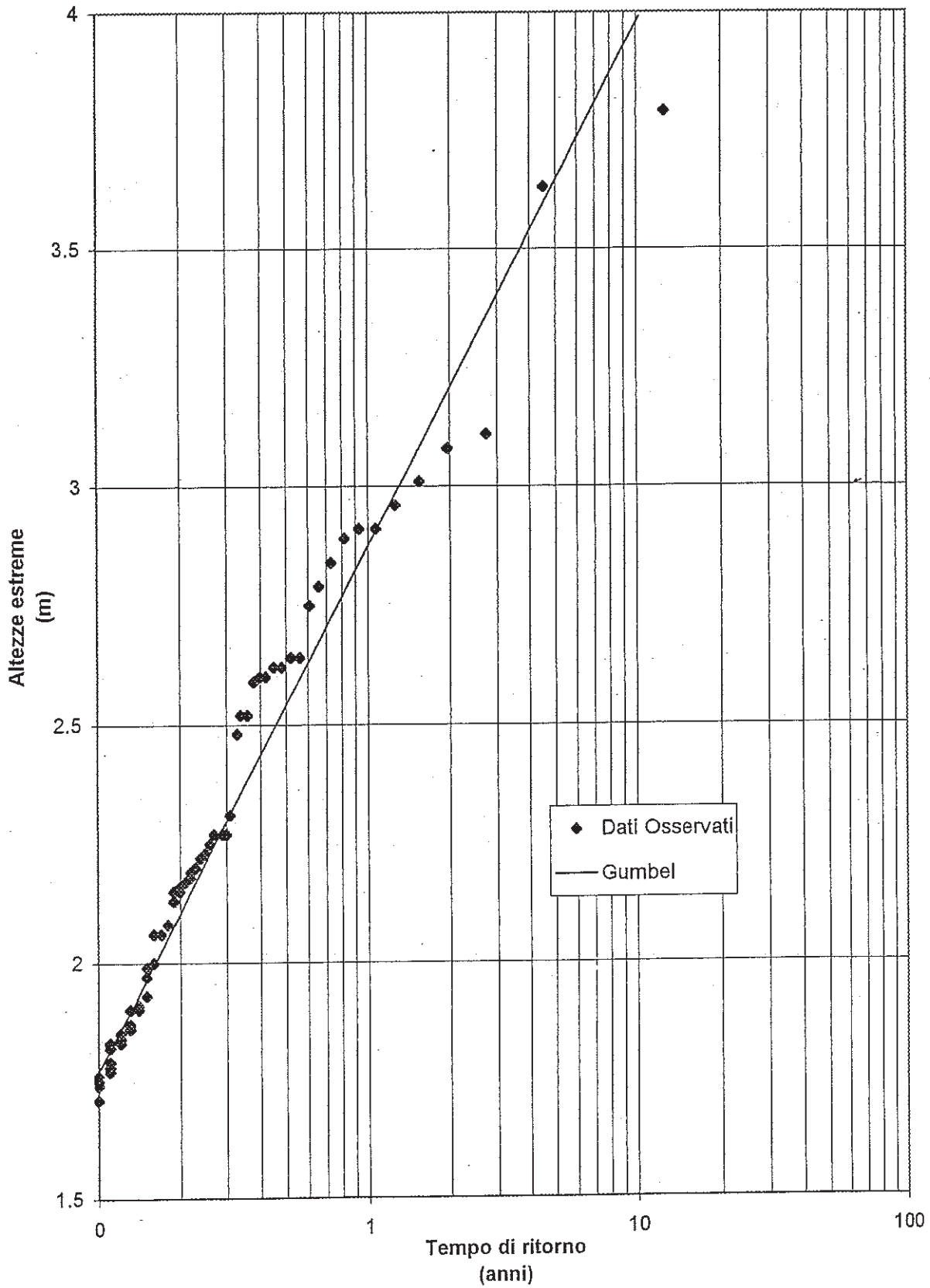
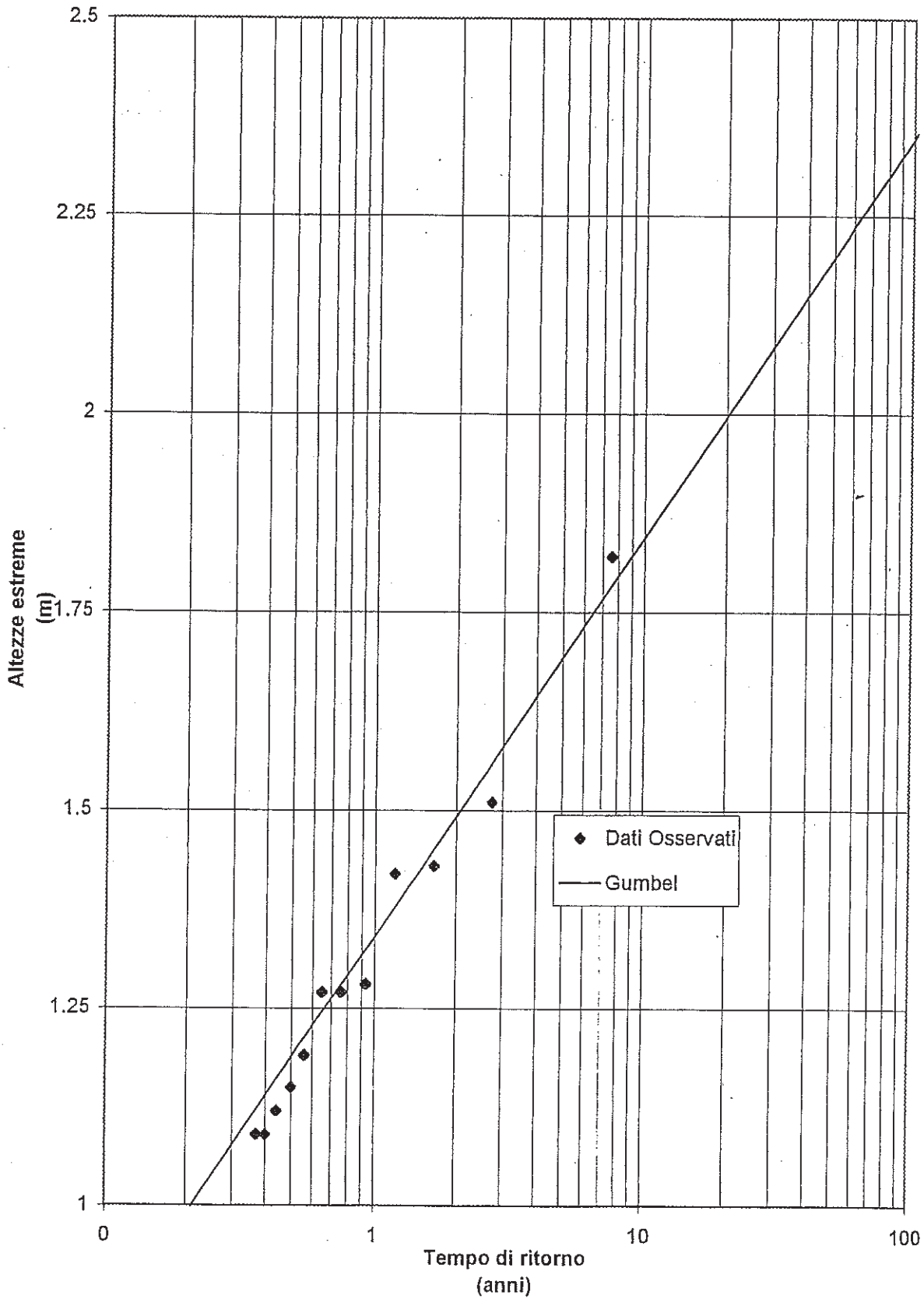


Fig 6.7 - Altezze d'onda estreme a Talamone
secondo Gumbel (150 - 230 °N)
Sagitta - dal 3-2-94 al 31-5-99

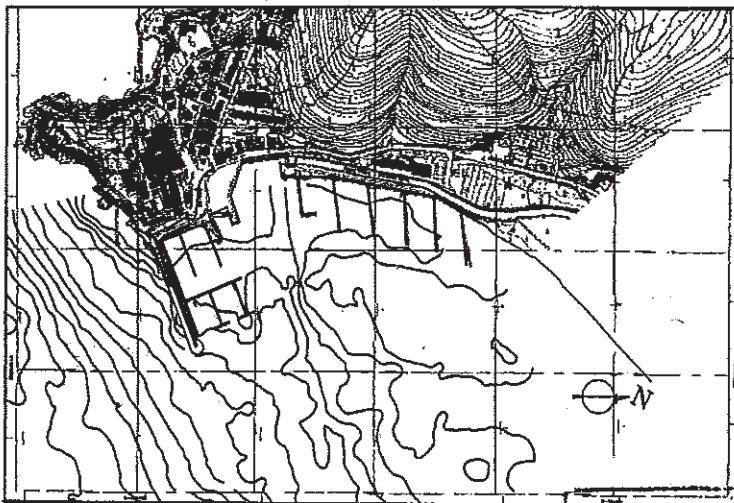


COMUNE DI ORBETELLO

MINISTERO DEI LAVORI PUBBLICI
UFFICIO DEL GENIO CIVILE PER LE
OPERE MARITTIME—ROMA

PORTO DI TALAMONE

Lavori di completamento del molo di sopraflutto
Rilievo topografico e batimetrico, studio meteomarinò, modello
matematico per definire l'orientamento del prolungamento del molo
correlato all'attenuazione dell'agitazione del bacino portuale

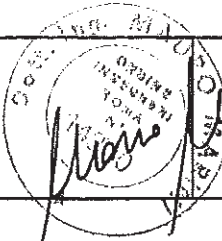


1 Dic 2000

PERIZIA N. 5451

REDATTORE:

Dott. Ing. MAURO MARINI



SERVIZI PER L'INGEGNERIA

IL CAPO SEZIONE
Dott. Ing. D. Tullaferrè

MODENE s.r.l.

Via Monte Zebio 40 00195 ROMA

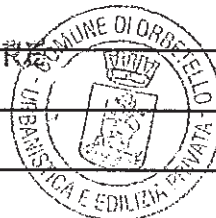
IL DIRIGENTE

Dott. Ing. E. Bentivoglio

RELAZIONE CONCLUSIVA ED INTEGRATIVA

R2

IL DIRIGENTE DEL IV SETTORE
(Viviani Arch. Silvia)



DATA

NOVEMBRE 1999

1. PREMESSE

Il Genio Civile Opere Marittime di Roma ha affidato allo scrivente Dott.Ing.Mauro Marini, con l'atto contrattuale n.1480 del 29/10/99, l'incarico di esecuzione di una serie di indagini, studi e simulazioni con modelli matematici riguardanti il porto turistico di Talamone al fine di individuare la migliore soluzione per rendere agibile le darsene portuali in ogni condizione meteorologica.

In particolare gli studi e le indagini eseguiti sono i seguenti:

- Rilievo batimetrico per un percorso di $50 \times 500 \text{ m} = 25.000 \text{ m} = 25 \text{ Km}$;
- Rilievo della linea di costa, delle banchine e dei pontili esistenti;
- Studio dei fattori meteomarini;
- Studio con modello matematico dell'agitazione ondosa interna;
- Dimensionamento delle nuove opere previste.

A conclusione delle indagini e studi svolti si è passati alla fase progettuale vera e propria, si è individuata la soluzione più logica al fine della riduzione dei fastidiosi moti ondosi interni a cui sono soggette le darsene di ormeggio e dei sormonti alla quale è soggetta l'opera foranea esistente. Le nuove opere prevedono il prolungamento della diga esistente di circa 100 m, l'innalzamento della quota di sommità di 30 cm, la creazione di un piccolo piazzale per l'ubicazione degli impianti di bunkeraggio, il rifiorimento della mantellata esistente il rinforzo della radice del molo esistente e del piede della torre medioevale.

Nella convenzione è previsto che i risultati degli studi e delle indagini indicate siano compendiate in una relazione conclusiva (Elab.R2).

Nel seguito si descriveranno sinteticamente gli studi e le indagini eseguiti, rimandando agli appositi elaborati (elab. R1) per un esame più dettagliato.

Nella presente relazione conclusiva si integrano anche alcuni specifici argomenti trattati nella relazione R1, riguardanti il fenomeno dell'agitazione ondosa all'interno dei bacini ed il sormonto delle opere da parte del moto ondoso incidente.

2. RILIEVO TOPO - BATIMETRICO

I rilievi sono stati eseguiti dallo scrivente con attrezzatura della soc. Modimar s.r.l., nei mesi di luglio e di novembre 1999. Le modalità di esecuzione e le metodologie usate nella esecuzione e restituzione sono illustrate nell'appendice A dell'elaborato R1. I risultati sono riepilogati in due tavole generali in scala 1:2000. I rilievi sono estesi sino alla batimetrica - 16,0 m s.m.m. e sono stati realizzati secondo le specifiche di contratto percorrendo 50 sezioni per un percorso totale di oltre 25 km per un tratto di costa esteso oltre 800 m. Nei tratti ove si sono registrati gradienti di profondità elevati le sezioni sono state infittite. Sono state effettuate anche i rilievi dell'entroterra, delle opere portuali esistenti e sono stati individuati e materializzati due caposaldi locali descritti nell'appendice A con foto e relative monografie.

Nella figura 2.1 che segue è riportata in formato A4 la planimetria realizzata.

Nella tav.5 è riportato il reticolo batimetrico avente passo 10 x 10 m utilizzato per il tracciamento delle isobate. Tale reticolo descrive completamente la geometria dei fondali di tutta l'area indagata.

3. FATTORI METEO-MARINI

Come è noto i fattori meteo-marini rivestono un'importanza primaria nella corretta progettazione di un'opera marittima. Essi possono essere elencati in:

- vento
- moto ondoso
- maree
- livelli minimi e massimi collegati a particolari perturbazioni atmosferiche.

Tutti i fattori sono stati accuratamente studiati, facendo ricorso a diverse fonti di informazione ed integrandole a volte con elaborazioni apposite. I risultati sono illustrati nell'elaborato R1 – Relazione tecnica.

Per quanto riguarda il vento, il moto ondoso ed i livelli idrici si è fatto riferimento ai dati raccolti in corrispondenza di stazioni attrezzate prossime alla località studiata, gestite da organismi diversi (Aeronautica Militare e Marina Militare).

Per il vento la stazione più prossima a Talamone è l'isola del Giglio, situata peraltro ad una quota abbastanza elevata (411 m s.l.m.m.). Una stazione vicina e rappresentativa delle condizioni anemometriche del sito di Talamone risulta situata ad una quota più prossima al mare (+27,0 m s.l.m.m.) ed è quella di Pianosa. Nelle fig.4.1 e 4.4 sono riportate le "rose" relative alle due stazioni anemometriche: esse mostrano chiaramente la diversa esposizione delle due stazioni. Nella stazione di Pianosa i venti sono disposti prevalentemente lungo l'asse Nord-Sud mentre nella stazione dell'isola del Giglio sono distribuiti più regolarmente su tutti i quadranti.

Relativamente al moto ondoso si è potuto disporre di misure dirette registrate per un periodo di tempo discreto in una stazione ondometrica installata dall'ENEL nella località di Civitavecchia. Si è anche fatto ricorso ad un procedimento di ricostruzione (hindcasting – programma ALTAIR) del moto ondoso in base alla conoscenza delle caratteristiche del vento nell'area di generazione (assunte coincidenti con quelle registrate a Pianosa nella stazione dell'A.M.). In tale modo si sono ricavate, al largo di Talamone, le caratteristiche delle onde "estreme" (cioè delle onde caratterizzate da "tempi di ritorno" elevati ed influenzanti il progetto delle opere). Nelle fig. 6.3 e 6.5 sono riportati i diagrammi polari

della distribuzione media annua in altezza e direzione delle onde al largo dell'isola del Giglio e di Pianosa.

Le onde al largo sono state poi trasferite sotto costa (a ridosso delle opere foranee) mediante un procedimento di rifrazione inversa spettrale (MEROPE). A tal proposito nelle fig. 7.4 e 7.5 sono riportati i diagrammi polari della distribuzione media annua in altezza e direzione delle onde a riva in corrispondenza del porto di Talamone. I diagrammi di corrispondenza largo-riva ottenuti con il modello di rifrazione inversa spettrale sono riassunti nelle fig. 7.2 e 7.3.

La tabella conclusiva delle caratteristiche del moto ondoso al largo e a riva correlate ai tempi di ritorno 5 e 50 anni è la seguente:

	Largo		Riva
	Hs	Ts	Hs
Tr = 5 anni	3,6 m	6 s	2,1 m
Tr = 50 anni	4,7 m	8 s	2,8 m

Per la valutazione delle maree nella località di Talamone si è fatto ricorso alle "Tavole di Marea" dell'Istituto Idrografico della Marina, ricavando una massima oscillazione dell'ordine di 40 cm. Per la valutazione dei livelli massimi e minimi sono stati calcolati, facendo ricorso alle più note formulazioni analitiche, gli effetti della pressione atmosferica e del vento (fenomeno del sovrizzo di tempesta). Si è ricavato il livello massimo eccezionale di +0,65 m s.l.m.m. e quello minimo eccezionale di -0,47 m s.l.m.m.

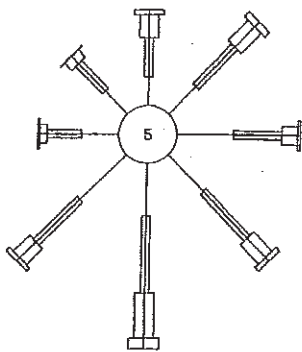
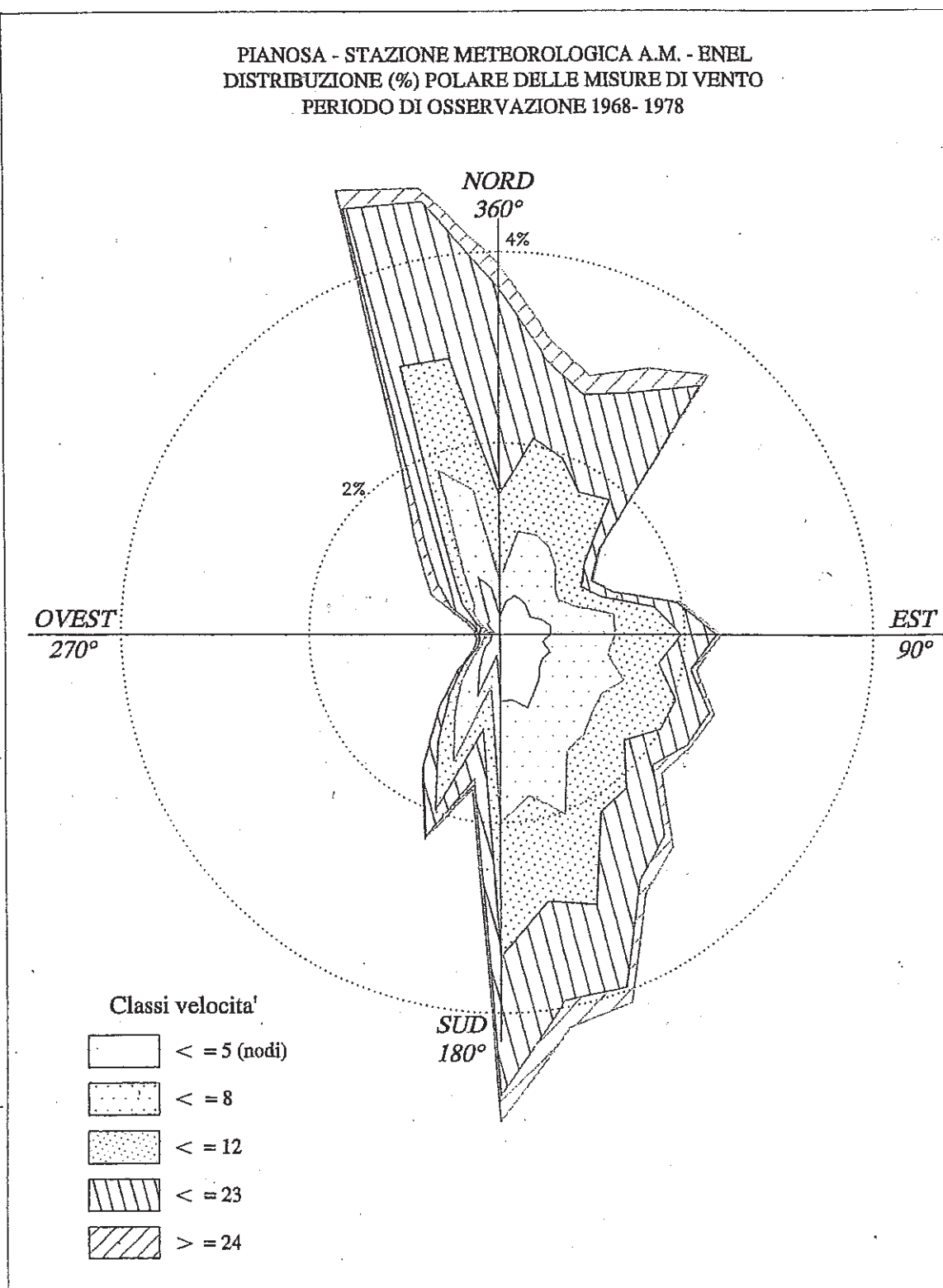


Fig. 4.1 - Rosa annuale dei venti nell'isola del Giglio

PIANOSA - STAZIONE METEOROLOGICA A.M. - ENEL
 DISTRIBUZIONE (%) POLARE DELLE MISURE DI VENTO
 PERIODO DI OSSERVAZIONE 1968- 1978



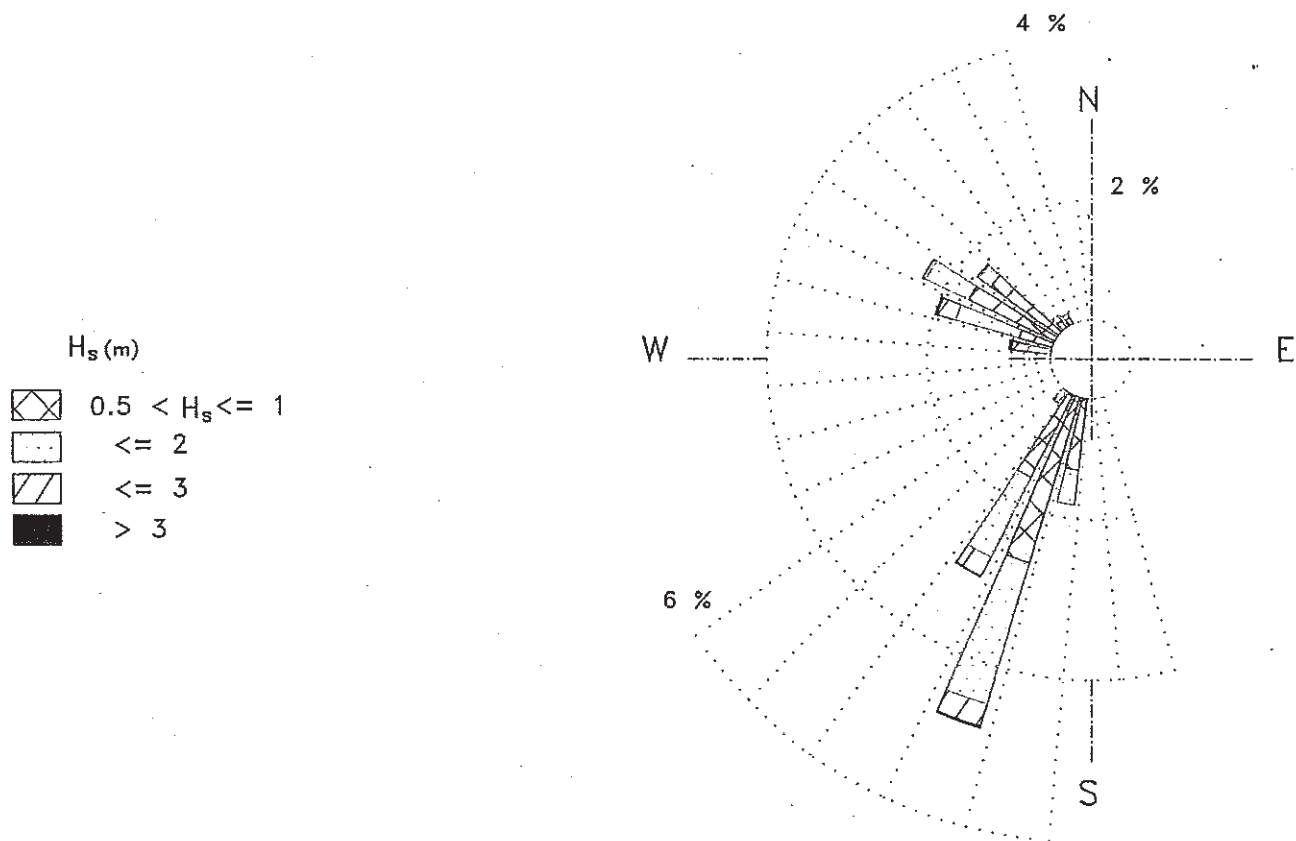


Fig. 6.3 - Ricostruzione della serie di eventi di moto ondoso con il metodo SMB al largo di Talamone (periodo dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978)

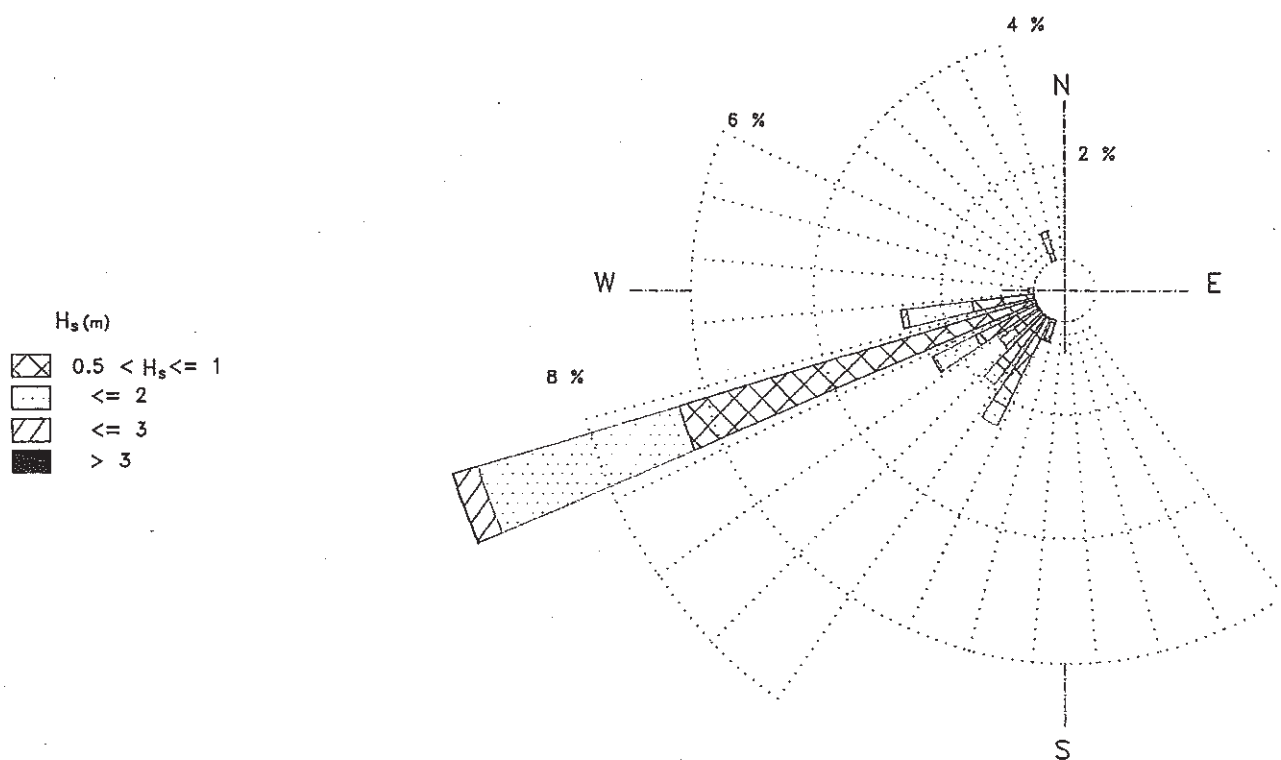


Fig. 6.5 - Trasposizione della serie di eventi di moto ondoso dall'ondametro direzionale di Torre Valdallga (Civitavecchia) al largo di Talamone (periodo 3 febbraio 1994 - 31 maggio 1999)

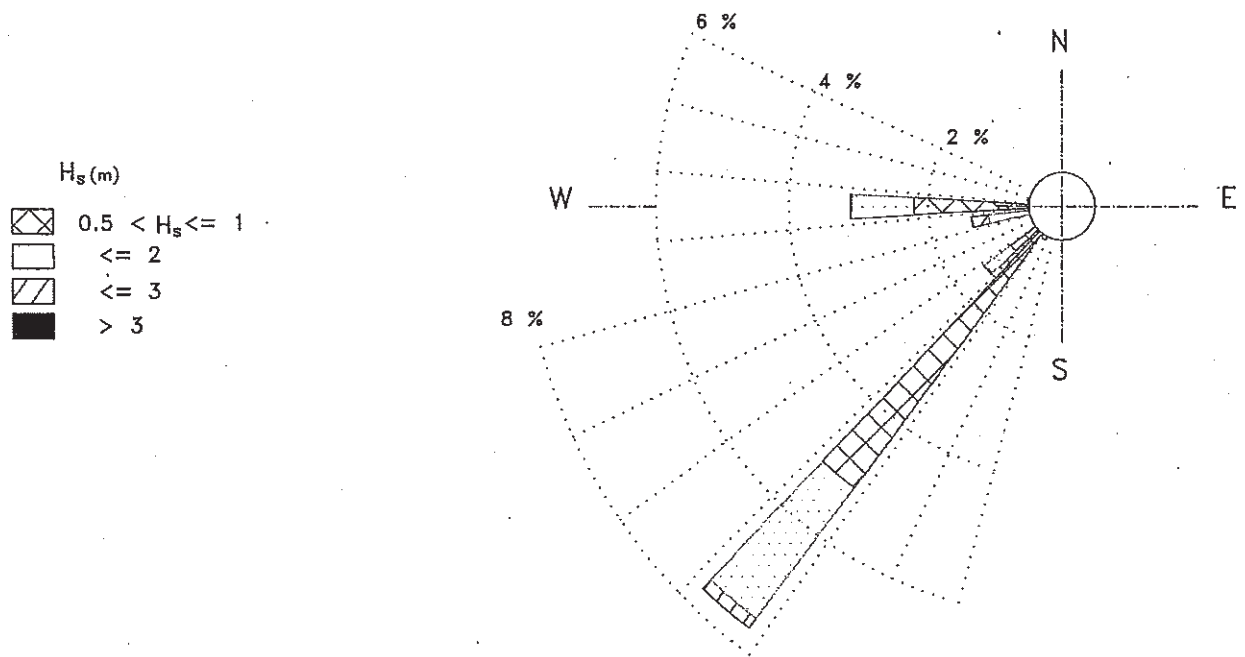


Fig. 7.4 - Propagazione della serie di eventi di moto ondoso dal largo verso riva (-10 m s.l.m.)
SMB - Clima annuale. Distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso
(periodo dal 1 gennaio 1968 al 30 dicembre 1978)

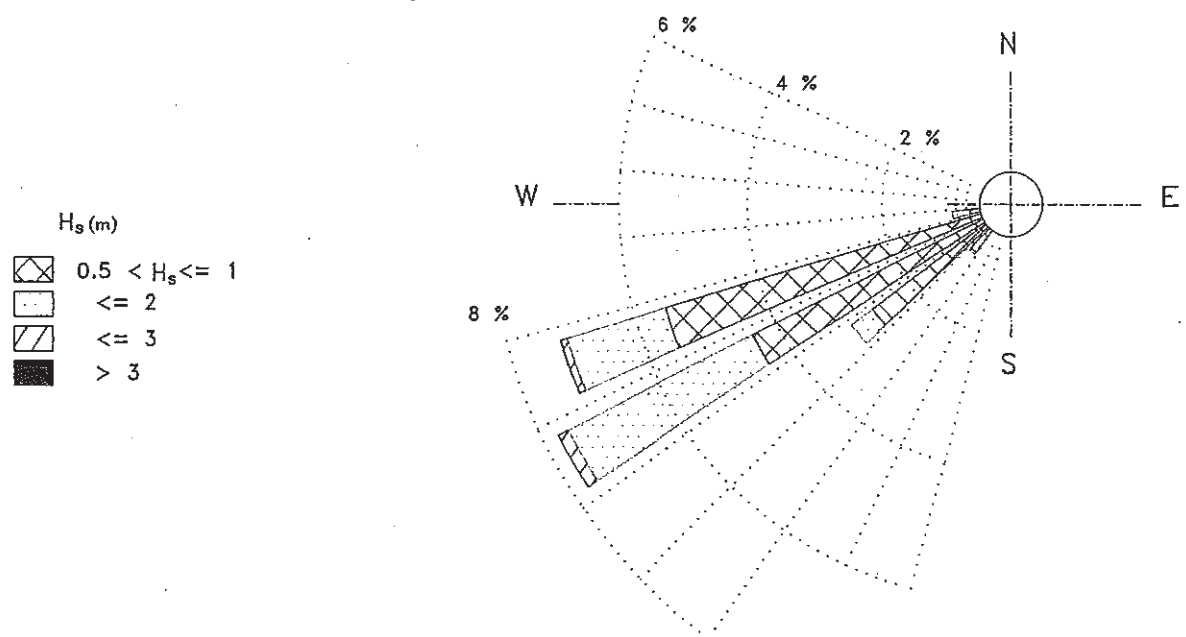


Fig. 7.5 - Propagazione della serie di eventi di moto ondoso dal largo verso riva (-10 m s.l.m.)
Clima annuale. Distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso
(periodo 3 febbraio 1994 - 31 maggio 1999)

Fig. 7.2 - Rapporto tra l'altezza d'onda al largo H_{so} e sottocosta in funzione della direzione del moto ondoso al largo

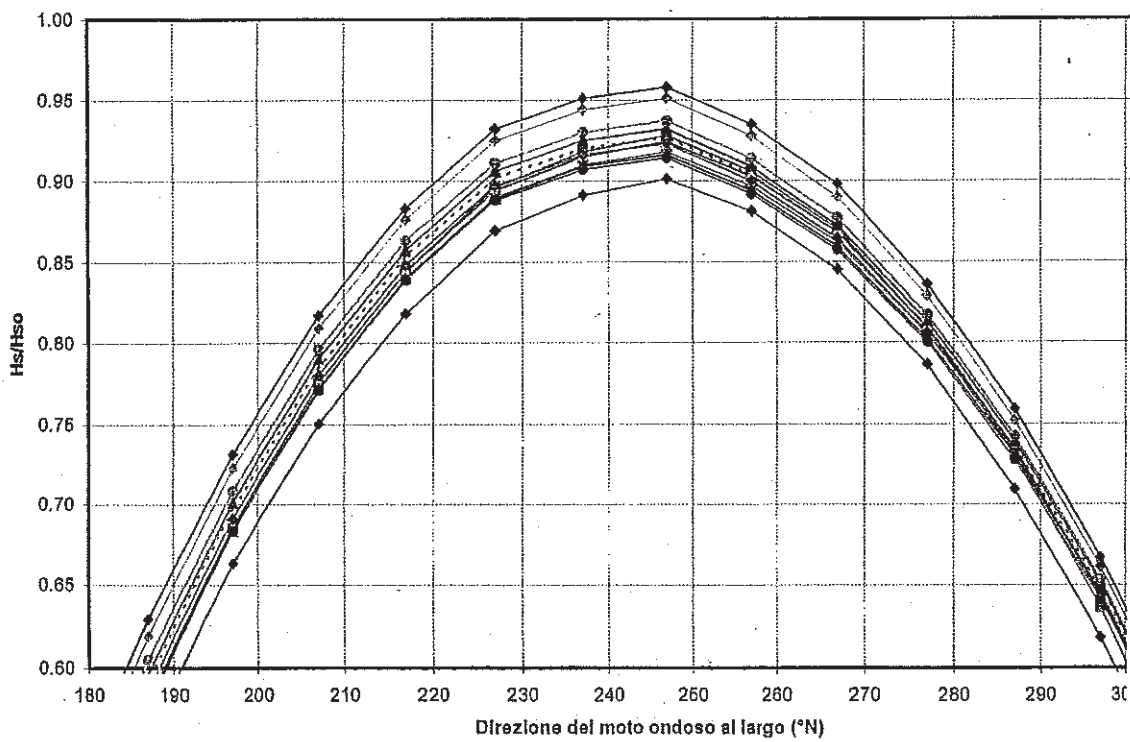
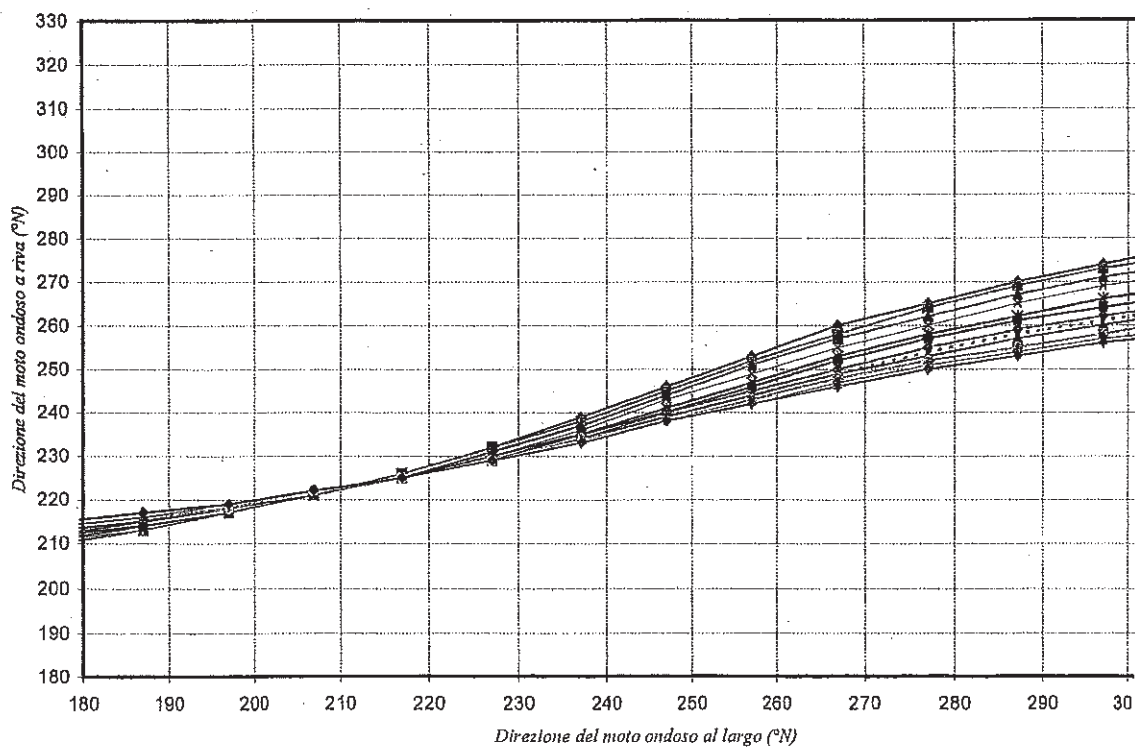


Fig. 7.3 - Corrispondenza direzioni di moto ondoso largo - riva



4. DEFINIZIONE DELLE ONDE ESTREME GENERATE NELL'AREA LIMITATA DAL PROMONTORIO DELL'ARGENTARIO

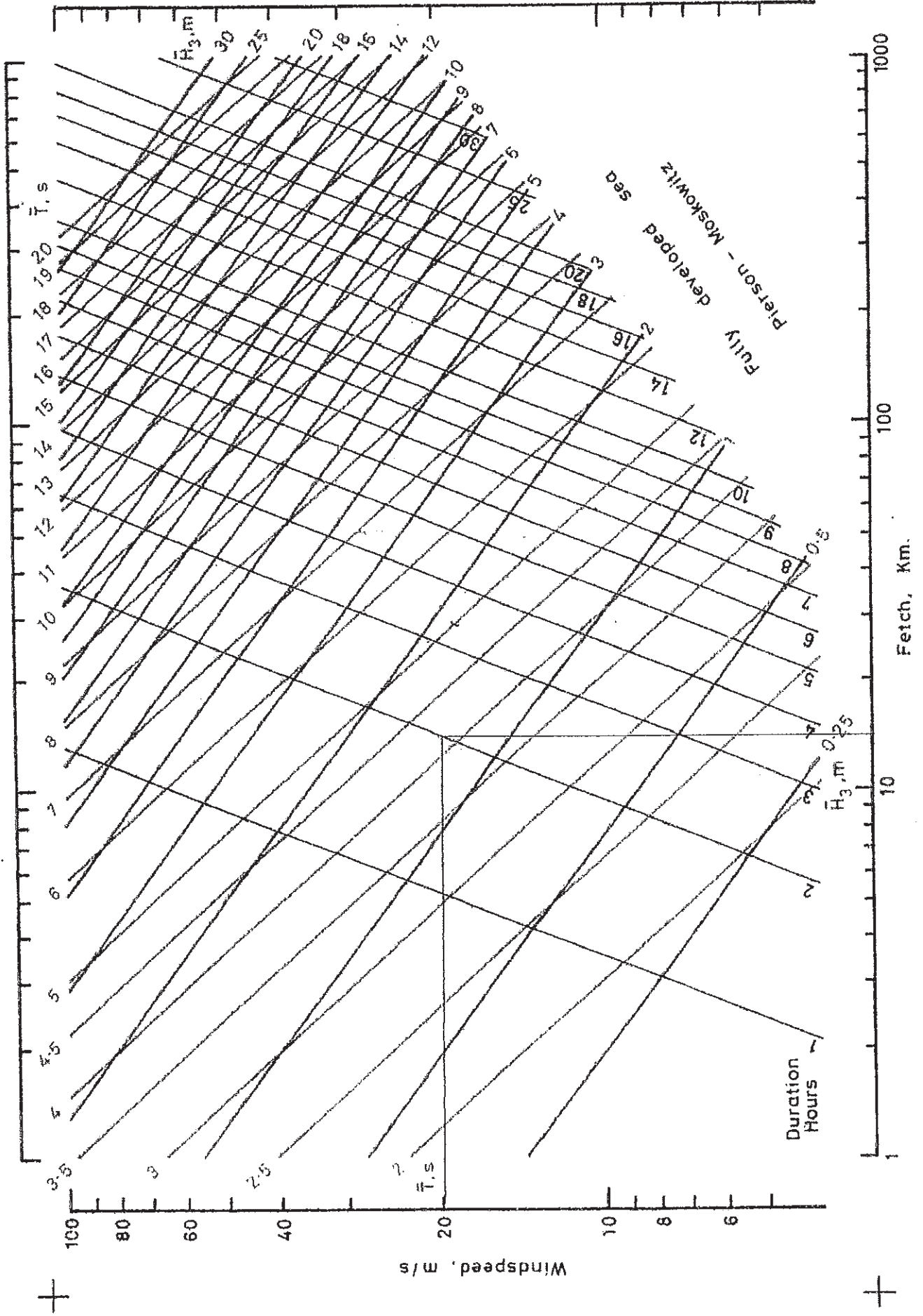
Nello studio dei fattori meteo-marini è stato evidenziato come le onde maggiori che possono giungere ad investire il porto di Talamone siano quelle provenienti da libeccio (210°N).

La committenza ha richiesto specificatamente la caratterizzazione delle ondate provenienti dai settori meridionali, caratterizzati da fetch limitati (vedi la corografia in fig.3.1). Si è valutata l'altezza d'onda massima che proviene dal sopracitato settore utilizzando diagrammi che mettono in relazione direttamente l'intensità del vento (m/s), il fetch (km) e l'altezza d'onda (m). Facendo riferimento alle tabelle di vento elaborate nel capitolo 4 dell'el. R1 eseguite sui venti registrati nella stazione di Pianosa si è assunta, anche sulla base dell'esperienza acquisita in situazioni simili, una velocità del vento dell'ordine di grandezza dei 20 m/s (circa 45 nodi). Una tale velocità del vento caratterizzata da una direzione di provenienza pari a 180°N dà luogo, in base al metodo di ricostruzione di Jonswap (vedi figura di pagina successiva) ad un moto ondoso avente le seguenti caratteristiche:

- altezza d'onda significativa 1,5 m;
- periodo di picco dell'onda 5,0 s;
- direzione di provenienza a ridosso delle opere foranee 180°N ;
- durata del vento circa 2 ore

Tale moto ondoso risulta di caratteristiche inferiori rispetto a quello individuato per il settore di libeccio.

Tale ondatazione è stata comunque utilizzata per una simulazione integrativa con il modello SIRIUS al fine della determinazione dell'agitazione ondosa interna (vedi successivo paragrafo 6).



Wave forecasting curves based on JONSWAP data

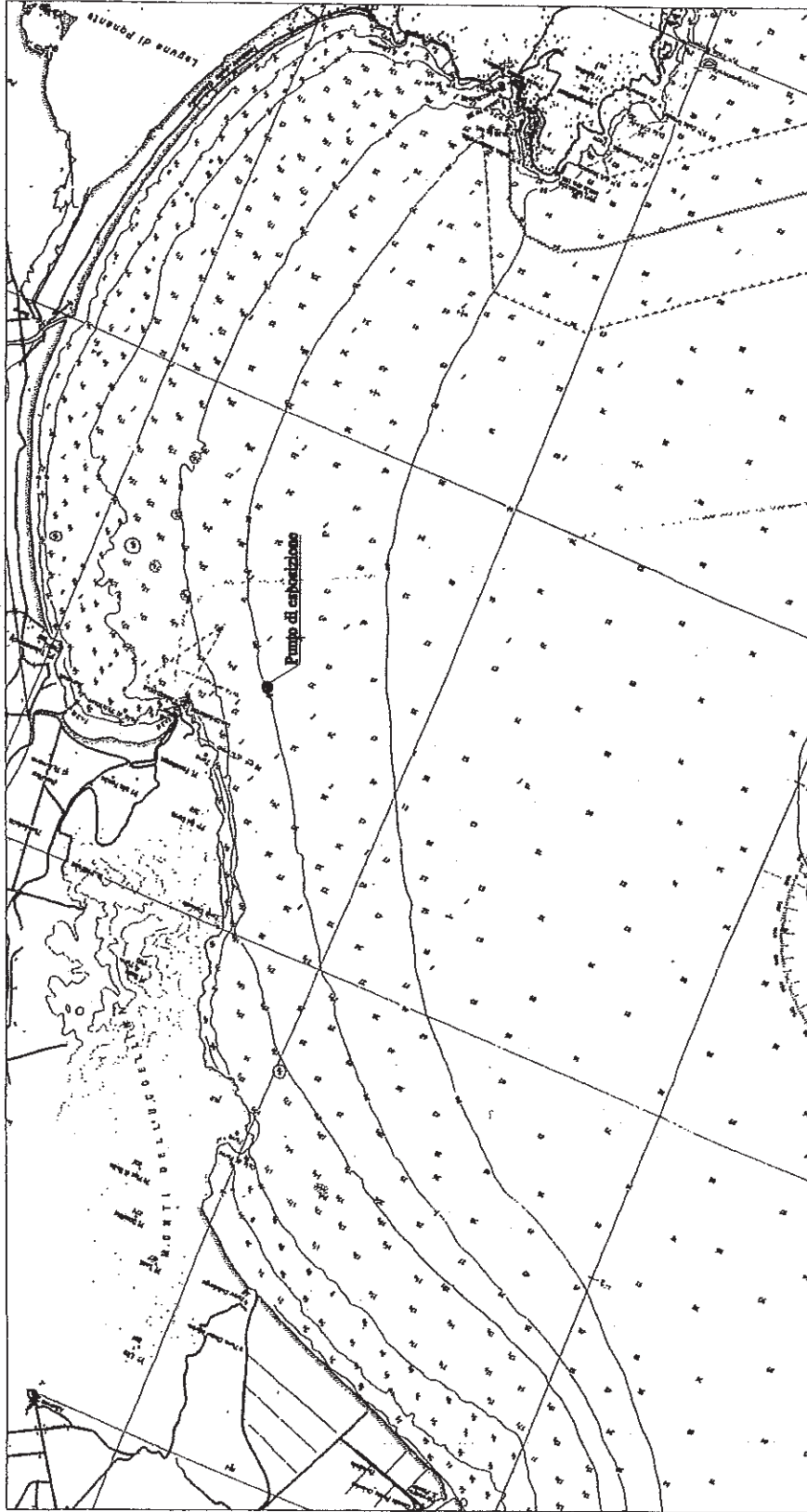


Fig. 3.1- Corografia del sito