



Unione Europea



POR Campania FESR 2007/2013

Asse 1 "Sostenibilità ambientale ed attrattiva culturale e turistica"

Obiettivo Operativo 1.5 "Messa in sicurezza dei territori esposti a rischi naturali"

Grande Progetto "Interventi di difesa e ripascimento del litorale del golfo di Salerno"

CCI 2011IT161PR004 - CUP H43E12000040005

PROGETTO DEFINITIVO

Rif. U.P. :

REL. R.04

Relazione tecnica Studio meteomarinario

File origine:

File archivio:

Rev.	Data	Prodotto	Controllato	Approvato	Motivo della revisione
00	maggio 2013				Emissione
01					
02					

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

dott. Domenico Ranesi

GRUPPO PROGETTAZIONE

ing. Giovanni Cannoniero
(Resp. tecnico della progettazione - Coordinatore)

ing. Giuseppe D'Acunzi
geol. Francesco Peduto
dott. Angelo d'Acquisto
ing. Francesco Sessa
arch. Letteria Spuria
dott. Valerio Catalano
ing. Giuseppe Trotta
geol. Maria Donata Turturiello
arch. Vincenzo Zuccaro
ing. Osvaldo Amoroso
ing. Carmine Greco
geom. Sergio Lauriana

CONSULENZE SPECIALISTICHE

prof. ing. Paolo De Girolamo (Consulenza idraulico marittima)
prof. geol. Alessio Valente (Consulenza analisi sedimentologiche)
ing. Davide Saltari (Consulenza per la cantierizzazione)
ing. Andrea Sanzone (Consulenza dimensionamento opere marittime)
prof. ing. Fabio Dentale (C.U.G.R.I.) (Direzione tecnico scientifica
campagna rilievi)

COORD. PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE

ing. Giovanni Cannoniero
ing. Giovanna Salzano (Supporto al RUP per la sicurezza)

COLLABORATORI ALLA PROGETTAZIONE

arch. Katja Aversano, geol. Giuseppe D'Urso
ing. Annapaola Fortunato, sig. Gaetano Pierro

CONSULENZE DI SUPPORTO

dott. Claudio Mancuso (Consulenza ornitologica)
dott. Giovanni Gammarano (Consulenza opere di mitigazione)
arch. Aniello Schiavone (Consulenza rendering)
dott. Alessandro Salvatore (Consulenza Analisi Costi-Benefici)

Coordinatore Segreteria organizzativa

dott.ssa Bianca Curci

Coordinatore Amministrativo

dott. Alfonso Berardinelli

Collaboratori Segreteria organizzativa

geom. Isidoro Napoli, dott.ssa Chiara Pacelli

Il presente elaborato è di proprietà esclusiva della Provincia di Salerno e la sua riproduzione è vietata senza il consenso dell'Ente

INDICE

1. PREMESSA.....	3
2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO.....	4
2.1. FETCH EFFICACI	6
3. DEFINIZIONE DEL CLIMA DI MOTO ONDOSI.....	9
3.1. ONDAMETRO DI PONZA - DESCRIZIONE DELLA STAZIONE DI MISURA R.O.N. E DEI DATI DI MOTO ONDOSI UTILIZZATI.	13
3.1.1. <i>Clima di moto ondoso al largo di Ponza</i>	16
3.1.2. <i>Correlazione tra l'altezza ed il periodo d'onda</i>	20
4. TRASPOSIZIONE GEOGRAFICA AL LARGO	22
4.1. ANALISI STATISTICA DEGLI EVENTI ESTREMI DI MOTO ONDOSI AL LARGO	31
5. CLIMA SOTTO COSTA	38
5.1. RETICOLO DI CALCOLO	38
5.2. CONDIZIONI AL CONTORNO ED IPOTESI DI CALCOLO	40
5.3. CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA: PUNTO P ₁	41
5.3.1. <i>Analisi dei risultati per il punto P₁</i> :.....	49
5.4. CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA: PUNTO P ₂	50
5.4.1. <i>Analisi dei risultati per il punto P₂</i> :.....	58
5.5. CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA: PUNTO P ₃	59
5.5.1. <i>Analisi dei risultati per il punto P₃</i> :.....	67
5.6. CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA: PUNTO P ₄	68
5.6.1. <i>Analisi dei risultati per il punto P₄</i> :.....	76
5.7. CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA: PUNTO P ₅	77
5.7.1. <i>Analisi dei risultati per il punto P₅</i> :.....	85
5.8. CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA: PUNTO P ₆	86
5.8.1. <i>Analisi dei risultati per il punto P₆</i> :.....	94
5.9. CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA: PUNTO P ₇	95
5.9.1. <i>Analisi dei risultati per il punto P₇</i> :.....	103
5.10. CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA: PUNTO P ₈	104
5.10.1. <i>Analisi dei risultati per il punto P₈</i> :.....	112

5.11. CONCLUSIONI.....	113
6. ANALISI DEL FLUSSO DI ENERGIA ASSOCIATO AL CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA.....	115
7. PROFONDITÀ DI CHIUSURA.....	128
8. VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO (MAREE, SOVRALZI)	129
8.1. MAREA ASTRONOMICA	129
8.2. MAREA METEOROLOGICA	130
8.3. VARIAZIONI STAGIONALI ED A LUNGO TERMINE.....	131
8.4. VALORI ESTREMI	131
9. CORRENTI.....	133
10. REGIME DEI VENTI	134

1. PREMESSA

La presente relazione riguarda lo studio meteo-marino redatto per la Provincia di Salerno dal Prof. Ing. Paolo De Girolamo a supporto del Progetto Definitivo.

Il tratto di costa oggetto del presente studio riguarda l'unità fisiografica della piana del fiume Sele ricadente nel golfo di Salerno.

Per la caratterizzazione del clima di moto ondoso si è fatto riferimento alle registrazioni dei dati di moto ondoso eseguite dalla boa ondometrica direzionale, ubicata al largo di Ponza, appartenente alla Rete Ondometrica Nazionale gestita dall'APAT.

Le registrazioni dei dati utilizzati, attraverso il metodo della trasposizione geografica, hanno consentito la ricostruzione del clima di moto ondoso al largo del golfo di Salerno, su fondali di circa -200 m s.m., tra Punta Campanella e Punta Licosa.

Successivamente, al fine di caratterizzare il clima d'onda sotto costa e più in particolare in prefissati punti opportunamente scelti come rappresentativi per l'intero tratto di costa oggetto di studio, è stato utilizzato il modello matematico di rifrazione inversa spettrale MEROPE. Si tratta di un modello di rifrazione inversa spettrale, basato sul metodo introdotto da Abernety e Gilbert (1978) che permette la propagazione da largo a riva della serie storica ondometrica che caratterizza il paraggio costiero in esame.

2. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DEL PARAGGIO

Il tratto di litorale oggetto di studio è compreso tra il porto di Salerno e la costa di Agropoli (figura 2.1).



Figura 2.1: Inquadramento geografico con l'indicazione del tratto di costa oggetto di studio e del punto di trasposizione scelto al largo.

Una prima caratterizzazione delle potenziali condizioni di esposizione al moto ondoso del paraggio in esame viene condotta in funzione della “traversia geografica”, che rappresenta la massima estensione della superficie marina da cui possono generarsi gli stati di mare. Per il calcolo della traversia geografica, ponendosi al largo del sito in esame e “materializzando” il cosiddetto “punto di interesse” (figura 2.1 – “Punto di trasposizione al largo”), vengono delimitati, con un sistema di coordinate polari, i distinti settori che dal punto di interesse “traguardano” i margini delle coste opposte allo stesso punto di interesse (che rappresentano gli estremi della superficie marina).

Ponendosi al largo del golfo di Salerno, a circa 30 km dalla costa tra Punta Licosa e Punta Campanella, su fondali di circa -200 m s.l.m., il settore di traversia geografico è delimitato

ad ovest dall'isola di Capri e a sud dal promontorio di Punta Licosa, risultando pertanto esposto al mare aperto per il settore complessivo compreso tra 170° e 250° N.

Nel diagramma polare di fig. 2.2 sono indicati graficamente i valori dei fetch geografici relativi al punto preso in considerazione. La tabella 2.1.1 riporta gli stessi valori in forma numerica. Considerato che nel Mar Tirreno le perturbazioni cicloniche hanno estensioni massime dell'ordine dei 500 km, i fetch geografici sono stati limitati a tale dimensione.

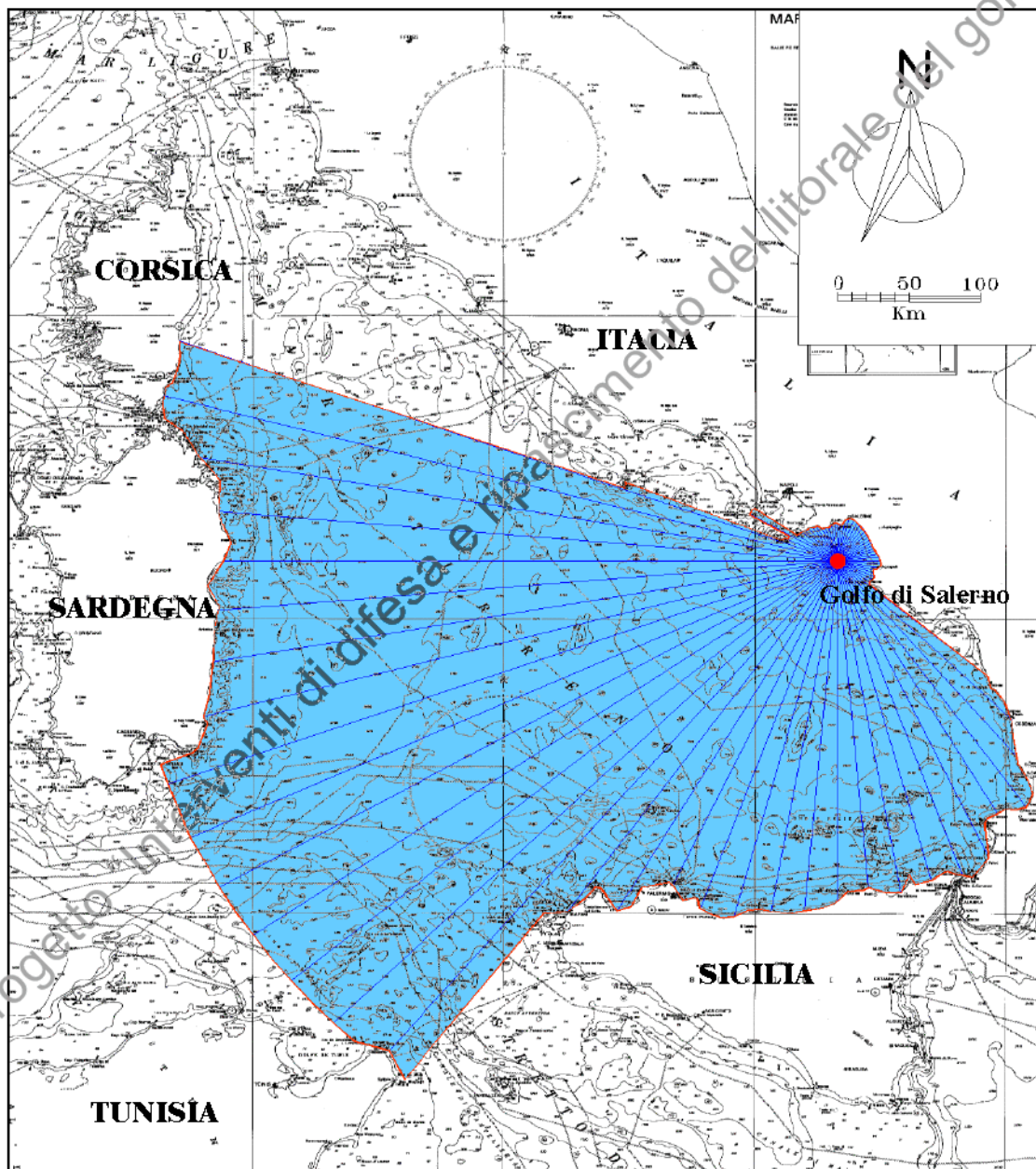


Figura 2.2: Fetch geografici al largo del golfo di Salerno.

2.1. Fetch efficaci

Per *fetch efficace* si intende la “traversia” o lunghezza della porzione di mare sulla quale si esplica “effettivamente” l’azione del vento responsabile della generazione del moto ondoso.

Il valore del *fetch* efficace relativo ad una determinata direzione è funzione anche dei valori dei *fetch* geografici associati alle direzioni contigue a quella considerata; in questo modo i *fetch efficaci* tengono conto del fatto che alla generazione del moto ondoso oltre alla superficie marina individuata nella direzione media ϕ_w lungo la quale spira il vento contribuiscono anche le porzioni di mare dalle direzioni comprese in un settore di $\pm\theta$ rispetto alla direzione media di azione del vento. Di conseguenza la lunghezza dei *fetch efficaci* risulta essere diversa da quella dei *fetch geografici*. Il calcolo dei *fetch efficaci* può essere eseguito in base alla seguente relazione:

$$F_{e,w} = \frac{\sum_{\phi_i=\phi_w-\theta}^{\phi_w+\theta} F_i \cos^{n+1}(\phi_i - \phi_w)}{\sum_{\phi_i=\phi_w-\theta}^{\phi_w+\theta} \cos^n(\phi_i - \phi_w)} \quad (2.1.1)$$

nella quale i simboli che compaiono rappresentano i seguenti parametri:

- $F_{e,w}$ lunghezza del *fetch* efficace relativa alla direzione ϕ_w ;
- F_i lunghezza del *fetch* geografico relativa alla direzione i-esima ϕ_i ;
- ϕ_w direzione media (riferita al nord geografico) di possibile provenienza del vento responsabile del fenomeno di generazione del moto ondoso lungo la traversia;
- $\phi_w - \theta \leq \phi_i \leq \phi_w + \theta$ direzione i-esima (riferita al nord geografico) relativa ad un settore di $2 \cdot \theta$ considerato nell’intorno della direzione ϕ_w ;
- θ ampiezza del settore di possibile provenienza del moto ondoso (il metodo di Saville prevede un valore di $\theta = \pm 45^\circ$ mentre quello di Seymour fa riferimento ad un valore di $\theta = \pm 90^\circ$);
- 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 $n = 4$).

L'equazione (2.1.1) deriva dalla teoria di ricostruzione indiretta del moto ondoso nota come metodo S.M.B. (Sverdrup, Munk e Bretshneider, 1947) e dai suoi successivi aggiornamenti (Saville 1954, Seymour 1977, Smith 1991).

I fetch efficaci ottenuti dal calcolo applicando l'equazione 2.1.1 sono riportati graficamente nel diagramma polare di fig. 2.1.1 e numericamente nella tabella 2.1.1 e nel grafico di fig. 2.1.2. Il fetch efficace massimo ottenuto risulta pari a circa 390 km ed è riferito al settore di ponente-libeccio (240° Nord). 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. 2.1.3)

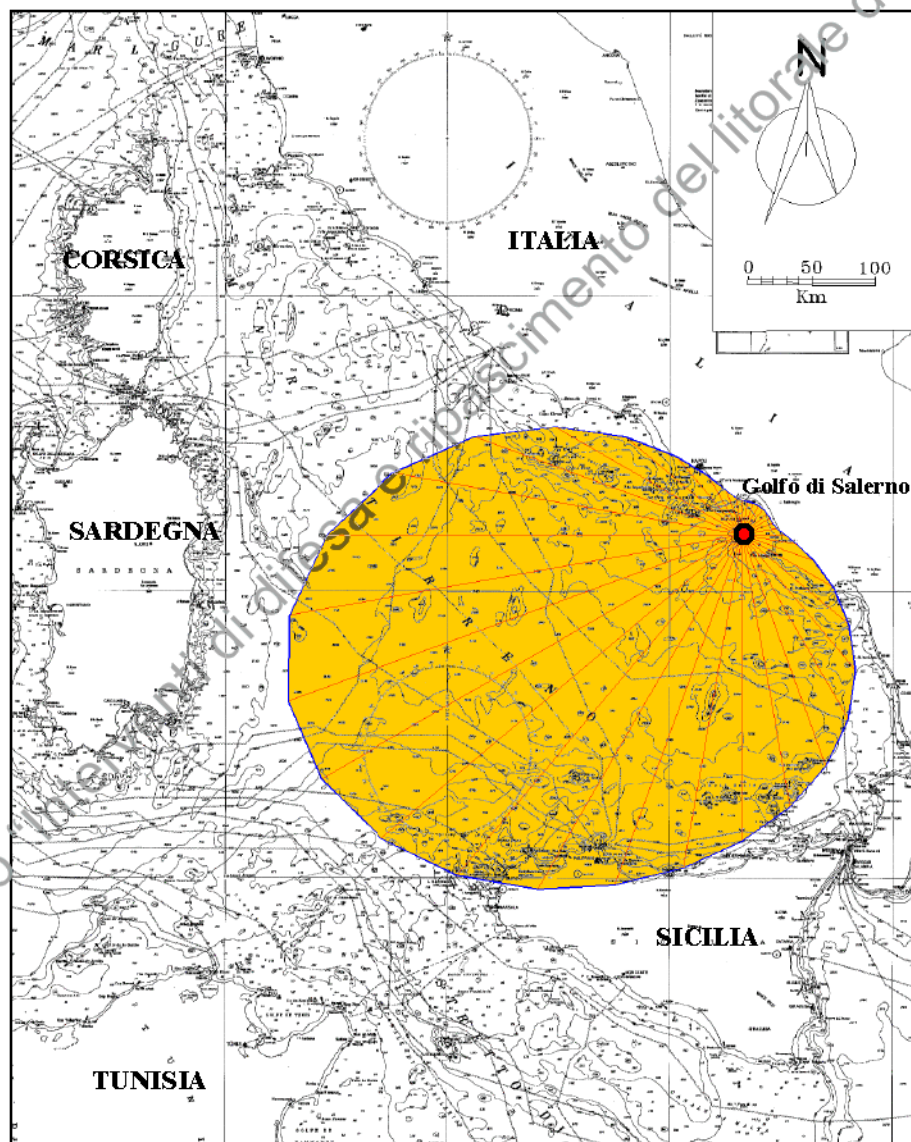


Figura 2.1.1: Fetch efficaci al largo del golfo di Salerno

Fetch geografici ed efficaci

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	28.57	27.10	-53.0	180	260.73	241.25	19.0
10	31.76	26.57	-55.0	190	272.17	266.15	18.0
20	33.50	26.50	-57.0	200	282.82	293.37	16.0
30	31.47	26.40	-1.0	210	309.16	322.10	14.0
40	29.70	26.18	-2.0	220	489.42	349.73	10.0
50	28.42	25.89	-2.0	230	499.58	372.12	6.0
60	27.31	25.69	50.0	240	500.00	384.44	2.0
70	27.22	26.14	48.0	250	499.73	382.41	-3.0
80	28.60	28.35	45.0	260	444.96	363.65	-8.0
90	29.93	33.92	42.0	270	430.17	328.58	-13.0
100	28.94	44.47	38.0	280	455.31	280.62	-18.0
110	26.82	61.03	34.0	290	491.64	225.52	-23.0
120	28.48	83.47	30.0	300	71.49	170.03	-28.0
130	137.65	110.36	27.0	310	34.18	120.35	-32.0
140	195.19	139.22	24.0	320	32.29	80.89	-37.0
150	223.88	167.49	21.0	330	30.80	53.50	-41.0
160	255.46	193.61	20.0	340	26.97	37.38	-46.0
170	257.71	217.69	20.0	350	27.87	29.73	-49.0

Tabella 2.1.1 - Fetch geografici ed efficaci al largo del golfo di Salerno.

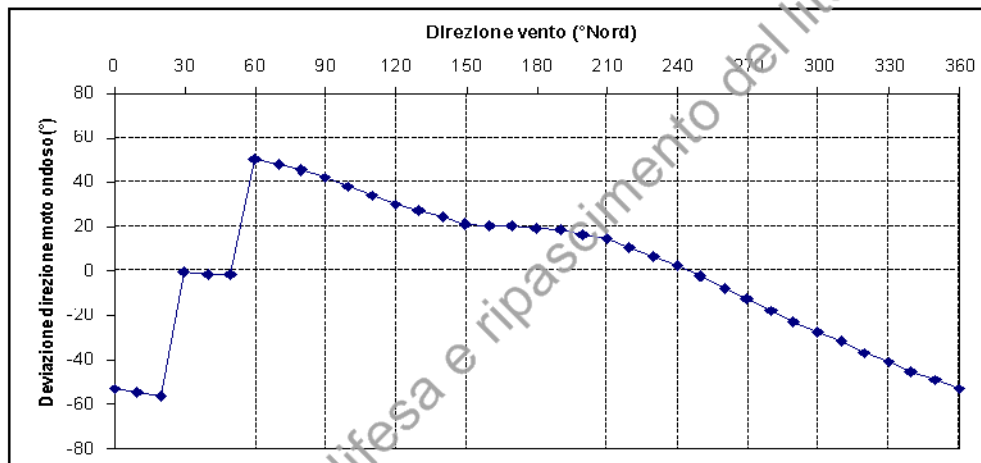


Figura 2.1.2 – Legge di deviazione tra la direzione media del vento e la direzione media.

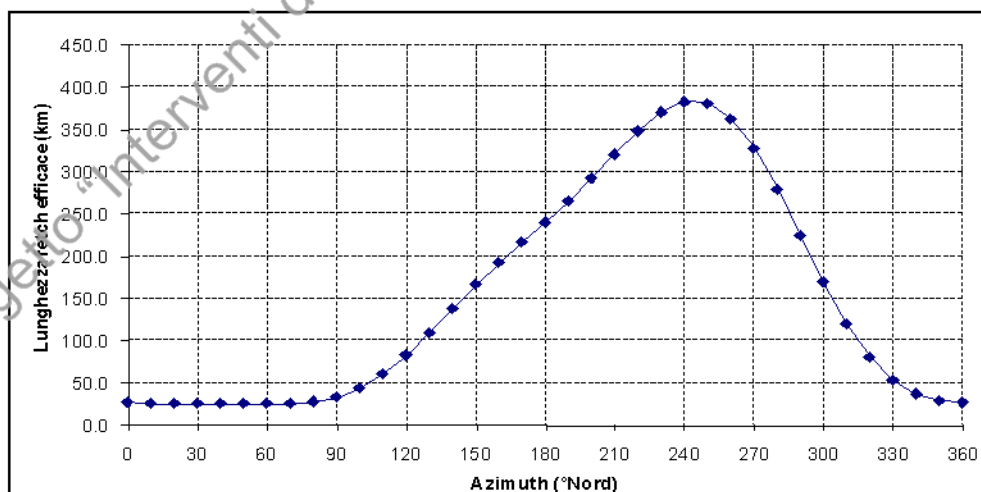


Figura 2.1.3 – Valori dei fetch efficaci in funzione della direzione del moto ondoso generato.

3. DEFINIZIONE DEL CLIMA DI MOTO ONDOSO

Per la caratterizzazione del clima d'onda nel paraggio costiero oggetto di studio risulta indispensabile analizzare le caratteristiche degli stati di mare con particolare riferimento al clima di moto ondoso incidente sotto costa. Pertanto è stata effettuata una serie di indagini e studi finalizzati alla conoscenza del regime del moto ondoso al "largo" del sito in esame, ovvero su fondali che caratterizzano condizioni di "acqua profonda" per la quasi totalità delle onde e quindi trascurabili fenomeni di alterazione e condizionamento (ad es. per rifrazione, shoaling e/o attrito sul fondo) nei confronti degli stati di mare generati. Si è proceduto pertanto al reperimento ed all'analisi dei dati di moto ondoso disponibili nella zona d'interesse con particolare preferenza verso le registrazioni di moto ondoso effettuate attraverso boe ondametriche direzionali e che ricoprono un intervallo di tempo sufficientemente lungo.

In particolare, in prima battuta si è fatto riferimento ai dati ondametrici registrati dalle vicine boe (figura 3.1) ubicate nelle zone del Cilento, (Lat. 40,132°; Lon. 15,022°) e di Capri (Lat. 40,536°; Lon. 14,188°), gestite dalla Protezione Civile della Regione Campania. Tali dati fanno riferimento ad un periodo di registrazione limitato che va dal 17/08/09 al 01/11/12, con uno scarso rendimento complessivo degli ondametri (Tabella 3.1 ÷ Tabella 3.2), e pertanto non sufficientemente esaustivi per un'adeguata rappresentazione del regime d'onda, ovvero di un'analisi statistica per l'individuazione degli eventi estremi, che caratterizzano il tratto di litorale in esame che si estende lungo il golfo di Salerno.

Comunque, al fine di fornire maggiori indicazioni sull'esposizione ondametrica e sull'attendibilità di altri dati ondametrici provenienti da altre boe ondametriche, si è ritenuto utile effettuare una analisi dei dati ondametrici in possesso derivanti dalle limitate registrazioni effettuate presso le boe del Cilento e di Capri.

I risultati di tali analisi vengono riportati, sotto forma di rose annuali delle distribuzioni direzionali degli eventi di moto ondoso, nella figura 3.a e nella figura 3.b, e commentati nel successivo paragrafo.

A questo punto, sulla base delle considerazioni appena sopra riportate, si è cercata la stazione ondametrica più vicina all'area di interesse caratterizzata da un

numero di anni di registrazioni tale da poter consentire una corretta definizione del regime d'onda sia in condizioni ordinarie, rappresentative degli eventi di moto ondoso che possono verificarsi durante l'anno, che estreme, invece rappresentative degli stati di mare associati ad una frequenza di accadimento superiore all'anno (2 anni, 5 anni, 10 anni, 50 anni...).

Dopo un' attenta ricerca, la scelta è ricaduta sulla boa ondometrica ubicata al largo di Ponza (figura 3.1)⁽¹⁾, appartenente alla Rete Ondometrica Nazionale gestita dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale) e in funzione dal 1989.

Le registrazioni ondometriche effettuate dalla boa di Ponza, attraverso un metodo di trasposizione geografica, hanno permesso la ricostruzione del clima di moto ondoso al largo del golfo di Salerno, a circa 30 km dalla costa. L'intera serie storica ricostruita al largo di Salerno è stata successivamente propagata sotto costa, attraverso il modello di rifrazione inversa spettrale, in otto punti opportunamente scelti come rappresentativi per l'intero litorale oggetto di studio e posizionati su fondali di circa -10 m s.l.m.

Tabella 3.1 – Rendimento dell'ondametro del Cilento nel periodo 17/08/09-01/11/12

ONDAMETRO DEL CILENTO DATI RILEVATI DAL 17/08/2009 AL 01/11/2012			
Anno	Mese	Numero Eventi	Rendimento (%)
2009	8	38	15.323
	9	205	85.417
	10	180	72.581
	11	169	70.417
	12	216	87.097
2010	1	239	96.371
	2	204	91.071
	3	214	86.29
	4	188	78.333
	5	221	89.113
	6	209	87.083
	7	212	85.484
	8	216	87.097
	9	201	83.75
	10	184	74.194
	11	223	92.917
	12	129	52.016
2011	1	0	0
	2	0	0

¹ Si è deciso di non utilizzare i dati rilevati dalla boa ondometrica di Cetraro, sia perché è ubicata in una località più lontana rispetto alla boa di Ponza, sia per la limitata disponibilità di dati a causa del minore periodo di funzionamento.

	3	0	0
	4	0	0
	5	11	4.435
	6	194	80.833
	7	208	83.871
	8	204	82.258
	9	208	86.667
	10	107	43.145
	11	0	0
	12	0	0
2012	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
	6	0	0
	7	0	0
	8	0	0
	9	0	0.00%
	10	0	0
	11	0	0
Numero totale eventi registrati:			4180
Rendimento complessivo ondometro:			42.90%

Tabella 3.2 - Rendimento dell'ondometro di Capri nel periodo 17/08/09-01/11/12

ONDAMETRO DI CAPRI DATI RILEVATI DAL 17/08/2009 AL 01/11/2012			
Anno	ese	Numero Eventi	Rendimento (%)
2009	8	27	10.887
	9	88	36.667
	10	167	67.339
	11	202	84.167
	12	209	84.274
2010	1	172	69.355
	2	160	71.429
	3	145	58.468
	4	106	44.167
	5	123	49.597
	6	103	42.917
	7	93	37.5
	8	102	41.129
	9	107	44.583
	10	183	73.79
	11	191	79.583
	12	143	57.661
2011	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	0	0
	6	0	0
	7	0	0
	8	0	0
	9	0	0
	10	0	0
	11	0	0
	12	0	0
2012	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	12	4.839
	6	95	39.583
	7	103	41.532
	8	91	36.694
	9	110	45.833
	10	209	84.274
	11	1	0.417
Numero totale eventi registrati:			2942
Rendimento complessivo ondometro:			30.19%

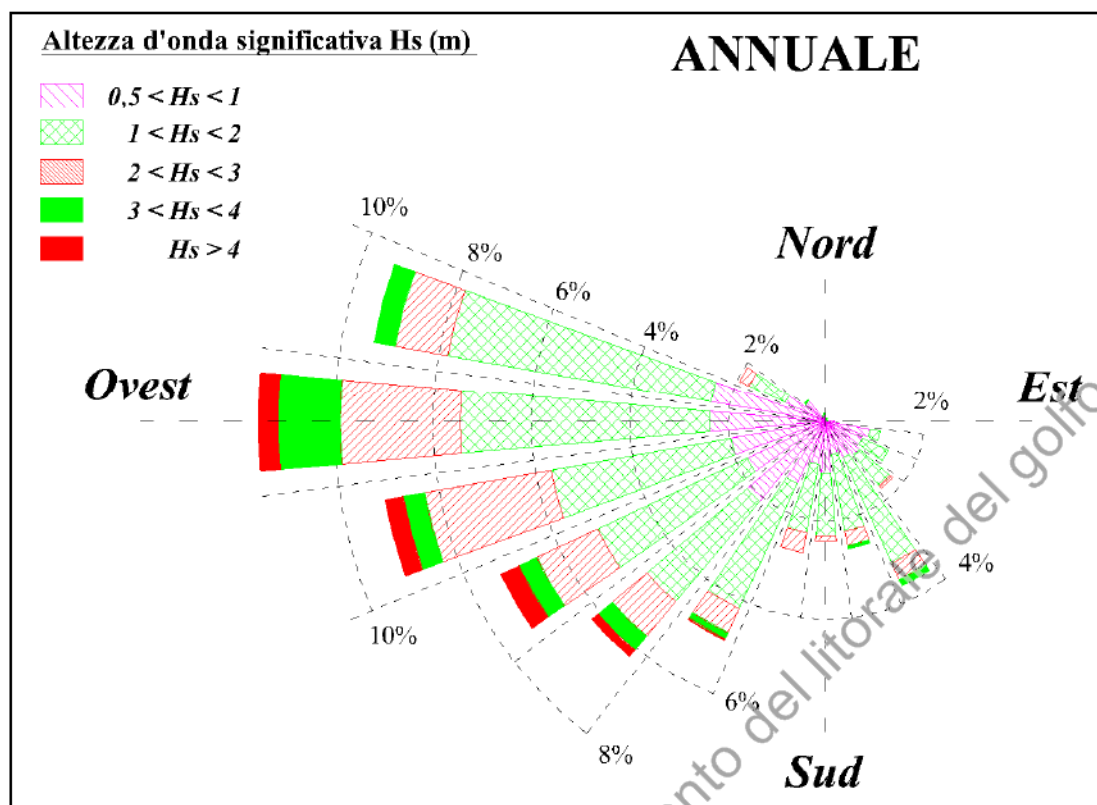


Figura 3.a - Ondametro di Capri: rosa annuale della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso.

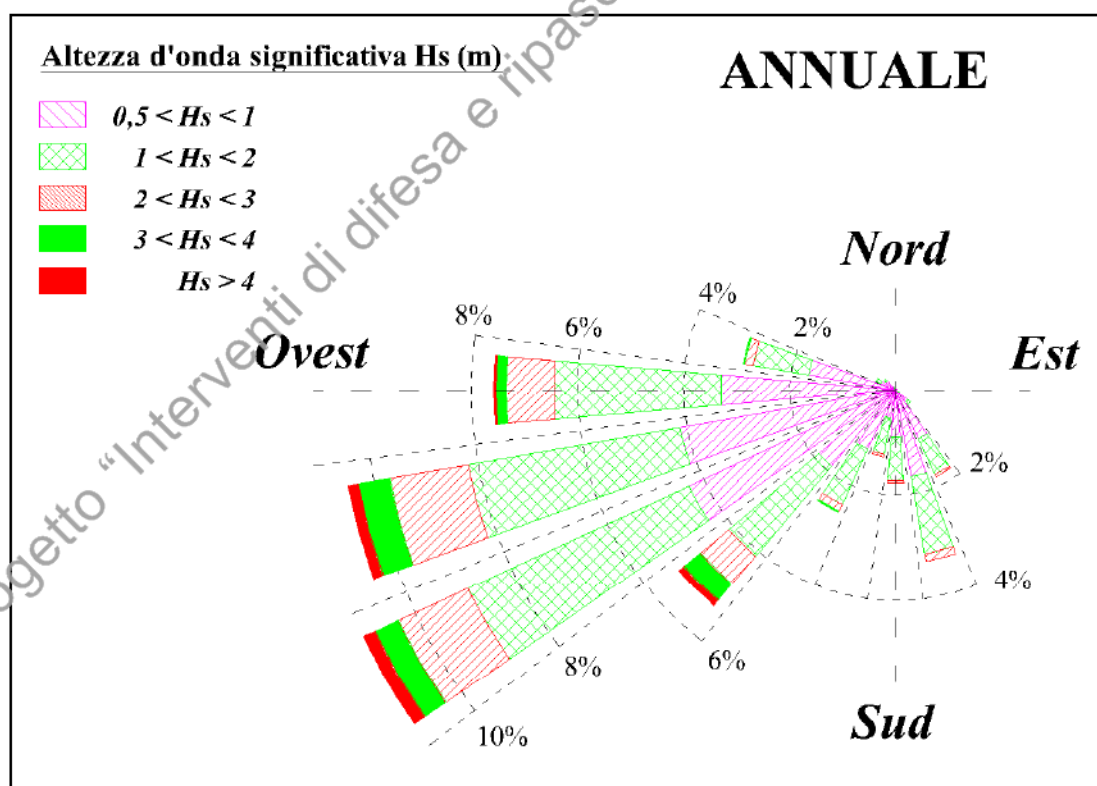


Figura 3.b - Ondametro del Cilento: rosa annuale della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso.



Figura 3.1 – Inquadramento geografico ed ubicazione della boe ondamiche prese come riferimento e del punto scelto per la trasposizione geografica al largo di Salerno.

3.1. Ondametro di Ponza - descrizione della stazione di misura R.O.N. e dei dati di moto ondoso utilizzati.

La stazione ondometrica di Ponza (figura 3.1.1), che fa parte della Rete Ondometrica Nazionale, è costituita da una boa ondometrica direzionale (dapprima del tipo Datawell Wavec MKI e poi del tipo TRIAXYS), posizionata su fondali di circa -90 m s.l.m. al largo dell'estremo meridionale dell'Isola di Ponza.

I dati di moto ondoso registrati dalla citata stazione di misura ed utilizzati nel presente studio partono dall'anno 1989 ed arrivano all'anno 2007, con rendimenti variabili di anno in anno. Dall'esame della serie storica disponibile si è potuto evidenziare che, dal 30 giugno 2005 al 30 giugno 2007 (rendimento complessivo pari a circa il 49% - tabella 3.1.1) il rendimento della boa ondometrica in questo periodo di registrazioni è scarso. Per tale motivo si è deciso di eliminare il suddetto periodo dalle elaborazioni, analizzando una serie storica che si estende dal 1 luglio 1989 al 30 giugno 2005, con un elevato rendimento complessivo dell'ondametro (percentuale degli eventi trionfari misurati rispetto a quelli teorici) pari al 89.4% (tabella 3.1.2).

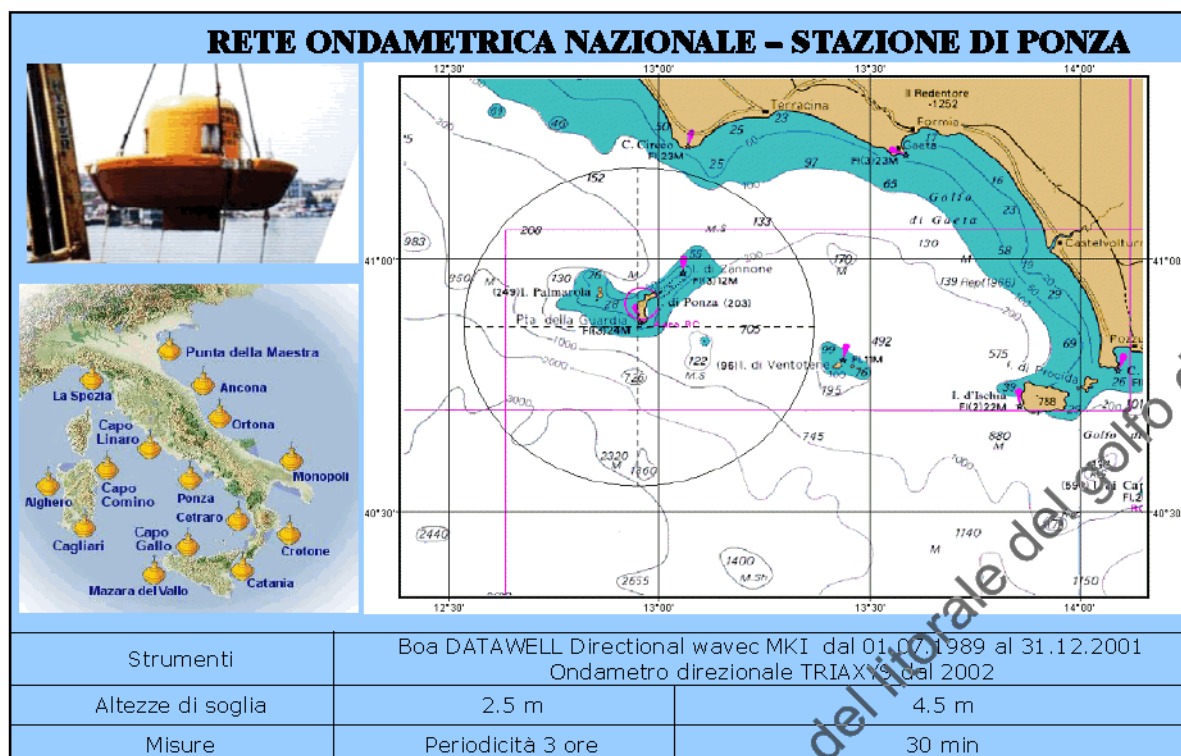


Figura 3.1.1 – Caratteristiche della stazione ondametria di Ponza.

Anno	Mese	Numero Eventi	Rendimento (%)
2005	7	236	95.161
	8	187	75.403
	9	0	0
	10	230	92.742
	11	58	24.167
	12	0	0
2006	1	0	0
	2	0	0
	3	0	0
	4	0	0
	5	124	50
	6	239	99.583
	7	246	99.194
	8	247	99.597
	9	239	99.583
	10	124	50
	11	182	75.833
	12	13	5.242
2007	1	233	93.952
	2	26	11.607
Numero totale eventi registrati:			384
Rendimento complessivo ondametro:			49.013%

Tabella 3.1.1 – Rendimento dell'ondametro di Ponza nel periodo 30/5/05+8/2/07.

Anno	Mese	Numero Eventi	Rendimento (%)	Anno	Mese	Numero Eventi	Rendimento (%)	Anno	Mese	Numero Eventi	Rendimento (%)
1989	7	238	95.968	1995	11	80	33.333	2001	3	197	79.435
	8	246	99.194		12	217	87.500		4	197	82.083
	9	221	92.083		1	248	100.000		5	248	100.000
	10	247	99.597		2	224	100.000		6	216	90.000
	11	239	99.583		3	248	100.000		7	248	100.000
	12	206	83.065		4	238	99.167		8	244	98.387
1990	1	181	72.984	1996	5	244	98.387	2002	9	237	98.750
	2	202	90.179		6	228	95.000		10	218	87.903
	3	238	95.968		7	246	99.194		11	216	90.000
	4	237	98.750		8	247	99.597		12	236	95.161
	5	248	100.000		9	240	100.000		1	248	100.000
	6	225	93.750		10	231	93.145		2	175	78.125
	7	247	99.597		11	214	89.167		3	246	99.194
	8	248	100.000		12	176	70.968		4	238	99.167
	9	238	99.167		1	243	97.984		5	216	87.000
	10	220	88.710		2	219	94.397		6	188	78.333
	11	239	99.583		3	113	45.565		7	247	99.597
	12	209	84.274		4	240	100.000		8	242	97.681
1991	1	242	97.581	1997	5	238	95.968	2003	9	225	93.750
	2	124	55.357		6	227	94.583		10	247	99.597
	3	247	99.597		7	247	99.597		11	207	86.250
	4	236	98.333		8	239	96.371		12	248	100.000
	5	245	98.790		9	239	99.583		1	225	89.919
	6	238	99.167		10	248	100.000		2	200	89.286
	7	247	99.597		11	239	99.583		3	242	97.581
	8	245	98.790		12	248	100.000		4	194	80.833
	9	239	99.583		1	248	100.000		5	229	92.339
	10	247	99.597		2	224	100.000		6	86	35.833
	11	237	98.750		3	243	97.984		7	202	81.452
	12	243	97.984		4	239	99.583		8	232	93.548
1992	1	209	84.274	1998	5	139	56.048	2004	9	51	21.250
	2	232	100.000		6	167	69.583		10	206	83.065
	3	217	87.500		7	227	91.532		11	222	92.500
	4	203	84.583		8	233	93.952		12	231	93.145
	5	240	96.774		9	207	86.250		1	235	94.758
	6	219	91.250		10	124	50.000		2	198	88.393
	7	236	95.161		11	168	70.000		3	205	82.661
	8	240	96.774		12	85	34.274		4	234	97.500
	9	222	92.500		1	80	32.258		5	237	95.565
	10	175	70.565		2	78	31.821		6	228	95.000
	11	229	95.417		3	179	82.177		7	246	99.194
	12	225	90.726		4	240	100.000		8	240	96.774
1993	1	195	78.629	1999	5	228	91.935	2005	9	234	97.500
	2	204	91.071		6	240	100.000		10	230	92.742
	3	242	97.581		7	247	99.597		11	220	91.667
	4	235	97.917		8	240	96.774		12	160	64.516
	5	237	95.565		9	240	100.000		1	0	0.000
	6	210	87.500		10	248	100.000		2	196	84.483
	7	243	97.984		11	240	100.000		3	248	100.000
	8	233	93.952		12	248	100.000		4	240	100.000
	9	215	89.583		1	248	100.000		5	248	100.000
	10	218	87.903		2	224	100.000		6	207	86.250
	11	234	97.500		3	242	97.581		7	248	100.000
	12	237	95.565		4	240	100.000		8	247	99.597
1994	1	228	91.935	2000	5	230	92.742		9	240	100.000
	2	223	99.554		6	239	99.583		10	244	98.387
	3	237	95.565		7	244	98.387		11	239	99.583
	4	200	83.333		8	248	100.000		12	117	47.177
	5	218	87.983		9	205	85.417		1	195	78.629
	6	227	94.583		10	223	89.919		2	56	25.000
	7	246	99.194		11	240	100.000		3	139	56.048
	8	238	95.968		12	218	87.903		4	240	100.000
	9	169	70.417		1	201	81.048		5	248	100.000
	10	120	48.387		2	224	96.552		6	240	100.000
Numero totale eventi registrati:											41795
Rendimento complessivo ondametro:											89.397%

Tabella 3.1.2 – Rendimento dell'ondametro di Ponza nel periodo 1/7/89-30/5/05.

3.1.1. Clima di moto ondoso al largo di Ponza

Al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi, gli stati di mare registrati dalla boa ondometrica sono stati suddivisi in base al valore dell'altezza d'onda significativa ed alla direzione di provenienza. Tale suddivisione è stata eseguita sia per tutti gli eventi della serie, sia considerando separatamente gli eventi stagionali.

Nelle figure 3.1.2 e 3.1.3 vengono riportate le rose delle distribuzioni direzionali degli eventi di moto ondoso, stagionali ed annuali, registrati alla boa ondometrica di Ponza (in settori di ampiezza di 15°). Nella tabella 3.1.3 vengono riportati per la stessa boa ondometrica di Ponza gli eventi di moto ondoso triorari classificati per altezza e direzione relativi al regime d'onda annuale.

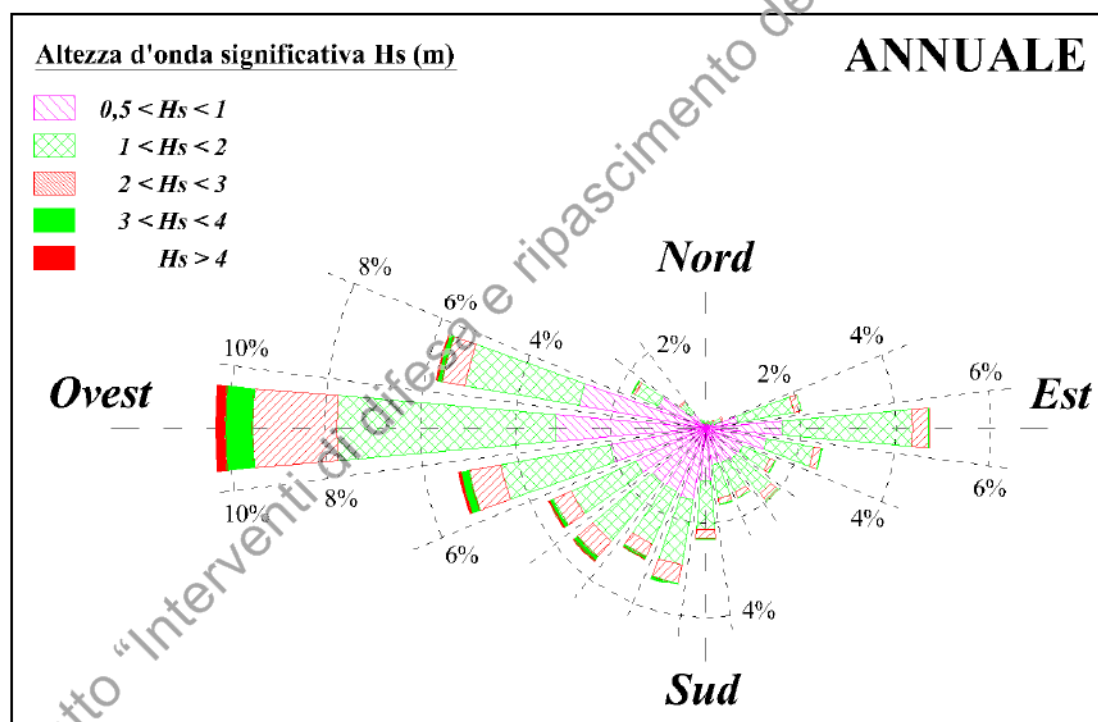


Figura 3.1.2 – Diagrammi polari della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso annuali registrati alla boa ondometrica di Ponza (periodo 1 Luglio 1989 ÷ 30 Maggio 2005).

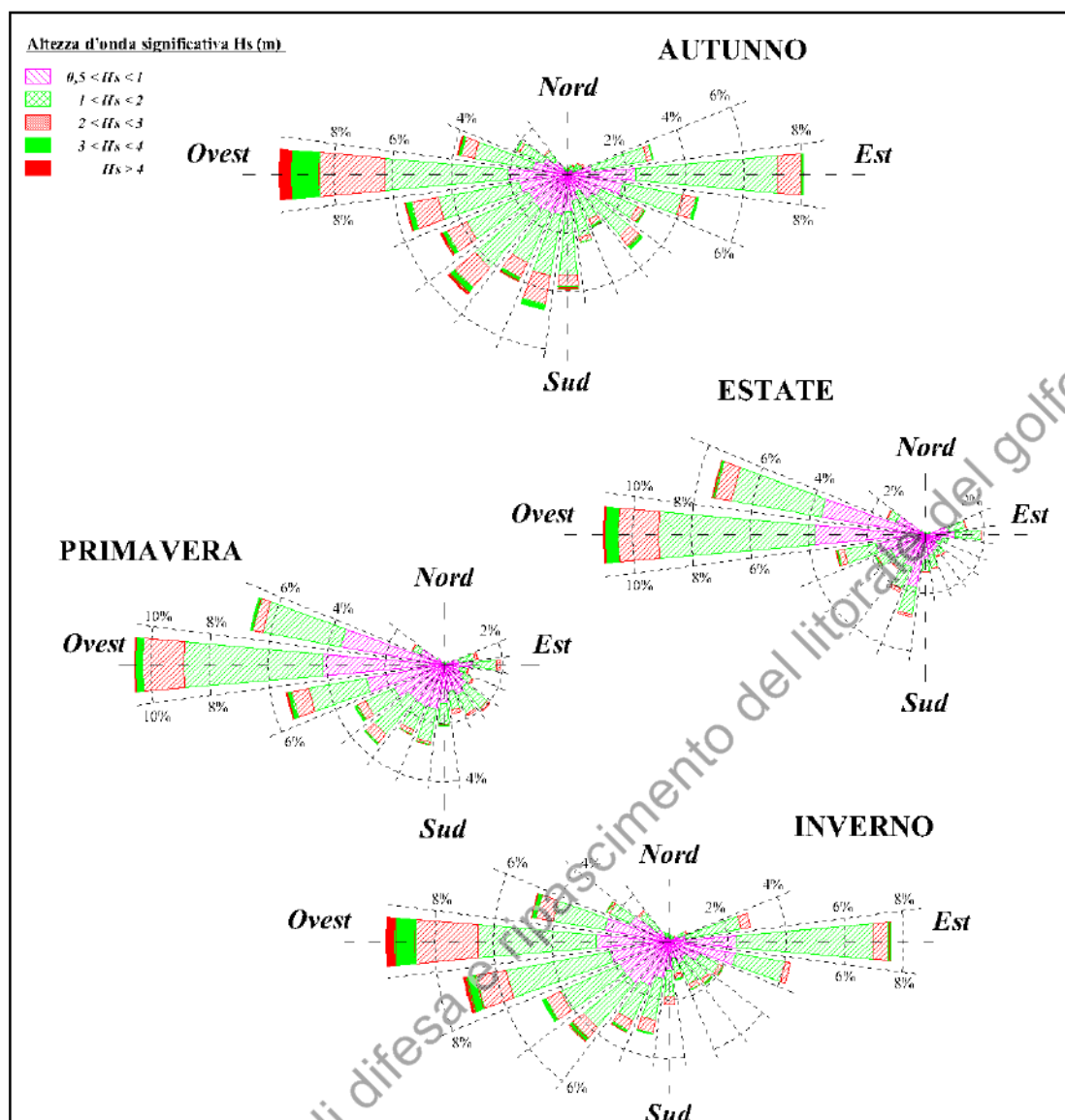


Figura 3.1.3 – Diagrammi polari delle distribuzioni direzionali degli eventi di moto ondoso stagionali registrati al largo di Ponza (periodo 1 Luglio 1989 ÷ 30 Maggio 2005).

Serie ondametrica alla boa ondametrica di Ponza - Periodo (luglio 1989 - giugno 2005)																
Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. ANNUALE																
DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
(°N)	<2.5	2.5+5.0	5.0+10.0	10.0+15.0	15.0+20.0	20.0+25.0	25.0+30.0	30.0+35.0	35.0+40.0	40.0+45.0	45.0+50.0	50.0+55.0	55.0+60.0	60.0+65.0	>=6.5	
10	0.06	0.06	0.06	0.03	0.02	0.00										0.23
20	0.07	0.09	0.07	0.04	0.00	0.00										0.27
30	0.06	0.06	0.06	0.02	0.01											0.21
40	0.06	0.14	0.08	0.05	0.00	0.00										0.33
50	0.08	0.15	0.08	0.04	0.01	0.00										0.37
60	0.08	0.20	0.11	0.08	0.03	0.01	0.00									0.51
70	0.13	0.28	0.26	0.21	0.13	0.03	0.01									1.04
80	0.13	0.51	0.68	0.84	0.42	0.16	0.03	0.00								2.77
90	0.14	0.72	1.10	1.23	0.70	0.17	0.07	0.02	0.00							4.15
100	0.15	0.68	1.05	0.76	0.32	0.11	0.03	0.02	0.00	0.00						3.13
110	0.13	0.69	0.73	0.34	0.10	0.07	0.01	0.01								2.09
120	0.14	0.57	0.58	0.28	0.15	0.06	0.02	0.01								1.80
130	0.19	0.58	0.54	0.41	0.18	0.07	0.03	0.01								2.00
140	0.19	0.58	0.56	0.40	0.22	0.09	0.03	0.02	0.01							2.11
150	0.17	0.57	0.52	0.29	0.18	0.08	0.01	0.00	0.00							1.83
160	0.16	0.46	0.50	0.30	0.11	0.08	0.02	0.00								1.63
170	0.22	0.54	0.58	0.36	0.14	0.06	0.01	0.00								1.92
180	0.30	0.73	0.74	0.50	0.21	0.11	0.02	0.01	0.00	0.00						2.63
190	0.36	0.78	0.92	0.56	0.25	0.17	0.05	0.03	0.00							3.11
200	0.42	1.10	1.07	0.65	0.33	0.19	0.07	0.02	0.01							3.86
210	0.64	1.39	1.02	0.50	0.26	0.13	0.07	0.03	0.01	0.00						4.06
220	0.64	1.68	0.89	0.68	0.35	0.17	0.08	0.04	0.01	0.01	0.00	0.00				4.57
230	0.66	1.55	1.03	0.73	0.33	0.16	0.11	0.05	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00			4.67
240	0.73	1.45	1.07	0.71	0.34	0.22	0.08	0.04	0.02	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00		4.65
250	0.84	1.60	1.20	0.74	0.48	0.24	0.09	0.06	0.02	0.02						5.27
260	0.82	1.97	1.58	1.12	0.67	0.40	0.23	0.09	0.06	0.02	0.01	0.00	0.00			6.99
270	0.87	2.37	2.01	1.80	1.30	0.72	0.49	0.28	0.16	0.08	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01	10.14
280	0.94	2.96	2.37	1.68	1.11	0.54	0.22	0.14	0.05	0.04	0.01	0.00	0.01			10.06
290	0.96	2.69	1.28	0.61	0.18	0.08	0.03	0.02	0.00	0.00	0.00	0.00				5.86
300	0.72	1.61	0.79	0.27	0.09	0.03	0.02	0.00	0.01							3.54
310	0.42	0.86	0.34	0.20	0.07	0.02	0.00									1.91
320	0.24	0.39	0.19	0.11	0.03											0.95
330	0.17	0.17	0.07	0.06	0.01											0.48
340	0.09	0.15	0.10	0.05	0.01											0.37
350	0.10	0.10	0.04	0.03	0.00											0.27
360	0.08	0.09	0.05	0.01	0.00											0.23
TOT.	12.16	30.50	24.30	16.65	8.76	4.17	1.86	0.90	0.40	0.18	0.06	0.02	0.03	0.00	0.01	100.00
Tot. cumul.	42.66	66.96	83.61	92.37	96.53	98.39	99.29	99.69	99.88	99.94	99.96	99.99	99.99	100.00		
Numero di eventi validi : 41811																

Tabella 3.1.3 – Clima annuale alla boa ondametrica di Ponza: eventi di moto ondoso tritorari classificati per altezza d'onda e direzione.

Dall'analisi dei risultati indicati nella tabella 3.1.3, si evince che il clima annuale è caratterizzato come meglio specificato di seguito:

- il 58% circa degli eventi (corrispondente ad una durata media di circa 210 giorni/anno) ha una altezza significativa superiore ai 0.5 m (valore di soglia di riferimento per stati di mare apprezzabili per i fenomeni di modellazione del litorale);
- per eventi con $H_s > 0.5$ m, i maggiori contributi provengono dal settore Ovest (240° - 290° N) con una frequenza di accadimento pari al 25% degli eventi (90 gg./anno), e in forma minore da Sud-Ovest (210° - 230° N) con il 7% (24 gg./anno), Sud (160° - 200° N) con circa l'8% (29 gg./anno), Sud-Est (120° - 140° N) con circa il 4% (13 gg./anno) ed Est (70° - 110° N) con il 10 % (35 gg/anno);
- gli stati di mare con $H_s > 3.0$ (eventi estremi) provengono dal settore 200° - 300° N (libeccio-ponente) con una frequenza di accadimento annua pari a circa il 1.4 % (circa 5 gg./anno) e in forma minore dal settore 80° - 190° N (scirocco-ostro) con una frequenza di accadimento annua pari a circa lo 0.17 % (circa 14 ore/anno); i massimi valori di altezza d'onda misurati (superiori a 5,5 m) provengono dal settore di ponente (240° - 280° N) con una frequenza di accadimento annua pari a circa lo 0,04% (circa 4 ore/anno);
- in inverno ed in autunno si ha una prevalenza degli stati di mare provenienti da ponente e levante, mentre in primavera ed in estate risulta predominante il settore di ponente; i maggiori contributi da libeccio si hanno in autunno, periodo in cui si sono registrate anche le massime altezze assolute.

Peraltro, dal confronto della rosa di distribuzione del moto ondoso che caratterizza il regime d'onda annuale nella boa di Ponza (Figura 3.1.2), con quelle ottenute dall'analisi dei dati registrati dalle boe ondametrichi di Capri (Figura 3.a) e del Cilento (Figura 3.b), si evince l'ottimo accordo tra tutti i risultati ottenuti, tenuto conto anche delle differenti ubicazioni delle boe stesse (figura 3.1) e quindi delle differenti esposizioni ondametrichi.

Infatti, tutte e tre le boe analizzate confermano come settore di traversia principale, all'interno del quale provengono gli eventi di moto ondoso più frequenti e

più intensi, il settore Libeccio÷Ponente. Tali riscontri comprovano la correttezza dell'utilizzo dei dati ondametrici registrati dalla boa di Ponza per la definizione dell'esposizione meteomarina che contraddistingue il golfo di Salerno.

3.1.2. Correlazione tra l'altezza ed il periodo d'onda

Gli eventi di moto ondoso sono stati suddivisi in base al valore dell'altezza d'onda significativa e del periodo di picco al fine di individuare la frequenza di accadimento di ogni singola classe di eventi. Nella tabella 3.1.4 viene riportata la distribuzione percentuale degli eventi in base al periodo di picco ed all'altezza d'onda significativa.

Al fine di individuare la legge di dipendenza tra il periodo di picco delle onde T_p e l'altezza d'onda significativa H_s si è fatto riferimento alla seguente relazione (Mathiesen et al., 1994) utilizzata anche nell'Atlante delle Onde Italiane:

$$T_P = a \cdot (H_s)^b$$

ove i parametri a e b sono stati ricavati dall'analisi di correlazione statistica dei dati registrati dalla boa ondametrica.

Nella figura 3.1.4 sono riportati gli eventi della serie storica, diagrammati in funzione del periodo T_p e dell'altezza d'onda H_s , e la legge di dipendenza utilizzata.

Boa ondametrica di Ponza (RON - APAT)
Periodo di riferimento 1/07/1989 – 31/05/2005

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 <	5.81	4.77	1.27	0.09	0.02		0.06	11.82	11.82
0.25 ÷ 0.75	12.50	24.41	3.84	0.44	0.04		0.27	41.50	53.32
0.75 ÷ 1.25	0.51	14.61	9.82	0.67	0.10	0.00	0.02	25.73	79.05
1.25 ÷ 1.75	0.02	3.55	5.89	0.39	0.03	0.00		9.88	88.93
1.75 ÷ 2.25	0.01	0.70	4.47	1.45	0.03	0.01		6.67	95.60
2.25 ÷ 2.75		0.02	1.12	0.86	0.02			2.03	97.63
2.75 ÷ 3.25			0.35	1.01	0.08			1.43	99.07
3.25 ÷ 3.75			0.08	0.32	0.06			0.47	99.53
3.75 ÷ 4.25			0.01	0.17	0.12			0.31	99.84
4.25 ÷ 4.75				0.03	0.05			0.08	99.92
4.75 ÷ 5.25				0.01	0.03			0.04	99.96
>5.25					0.03	0.01		0.00	99.96
Tot.	18.64	48.05	26.87	5.46	0.61	0.02	0.36	99.957	
Tot. cumul.	18.64	48.05	26.87	5.46	0.61	0.02	0.36		

Tabella 3.1.4 – Ripartizione del numero di stati di mare per classi di H_s e T_p

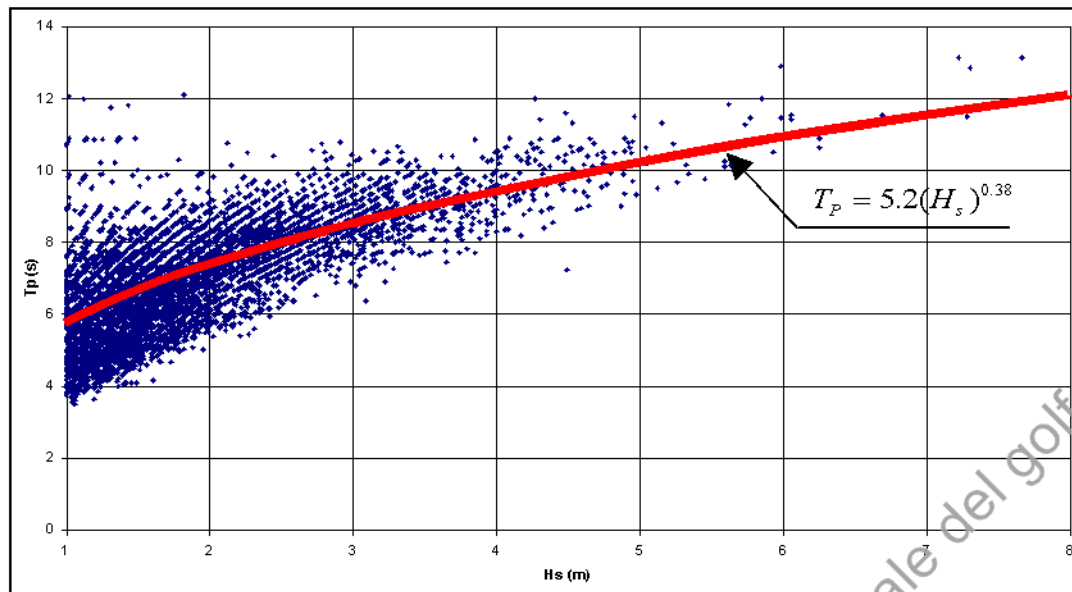


Figura 3.1.4 – Correlazione statistica tra periodo di picco ed altezza d'onda significativa.

4. TRASPOSIZIONE GEOGRAFICA AL LARGO

Il tratto di costa in esame, corrispondente al golfo di Salerno, è collocato a circa 170 km a sud-est dalla stazione ondometrica di Ponza; le registrazioni ondometriche in esame, pur essendo rappresentative dell'esposizione climatica del Tirreno centrale, non tengono conto della differente posizione geografica del sito di interesse.

Pertanto è necessario applicare una metodologia di «trasposizione geografica» del clima d'onda da Ponza al largo del litorale oggetto di studio.

Il metodo della trasposizione consiste nel determinare la corrispondenza tra le direzioni, le altezze d'onda ed i periodi del moto ondoso relativa al punto di misura ed a quella nel punto di interesse, posto al largo della linea di costa. 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 Ponza, 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_{m0} 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):

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

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

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 + 10,0 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 del 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:

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

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

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 termine K_F è il parametro di trasposizione geografica; valori inferiori ad 1 implicano un'attenuazione delle caratteristiche del moto ondoso nel punto di trasposizione rispetto a quello di misura.

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 α_w e la direzione media del moto ondoso Θ da esso generato. La direzione del moto ondoso nel punto di trasposizione Θ_P viene calcolata in funzione della suddetta legge di corrispondenza con la direzione media del vento (esplicitata rispetto ad α_w per il punto di misura e rispetto a Θ_P per il punto di trasposizione):

$$\alpha_w = f(\Theta_O) \quad (5)$$

$$\Theta_P = f(\alpha_w) = f(\Theta_O) \quad (6)$$

L'applicazione del metodo impone la preliminare caratterizzazione dei fetch geografici ed efficaci per i due siti (ondametro di Ponza e punto al largo del golfo di Salerno); a tal scopo è stato utilizzato il modello di calcolo ENIF per la definizione dei

fetch efficaci abbinato al modello di calcolo SAGITTA ⁽²⁾ che elabora in automatico tutta la serie ondometrica del punto di misura e la traspone in funzione delle equazioni sopra descritte.

I risultati ottenuti dalle seguenti elaborazioni hanno consentito di definire indirettamente il clima d'onda che contraddistingue l'intera falcata costiera relativa al golfo di Salerno.

Nelle figure 4.1 e 4.2 vengono riportati i diagrammi polari della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso, annuali e stagionali, rappresentative del clima d'onda al largo di Salerno nel punto di trasposizione; gli stessi risultati vengono riportati in forma numerica nelle tabelle 4.1÷4.5.

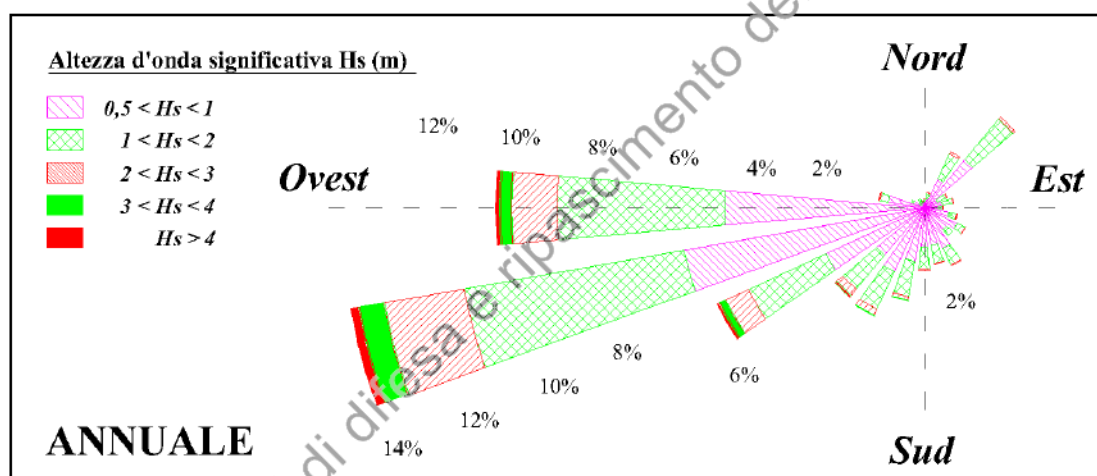


Figura 4.1 – Diagramma polare della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso annuali al largo di Salerno.

² Modello di calcolo numerico sviluppato e commercializzato dalla MODIMAR s.r.l.

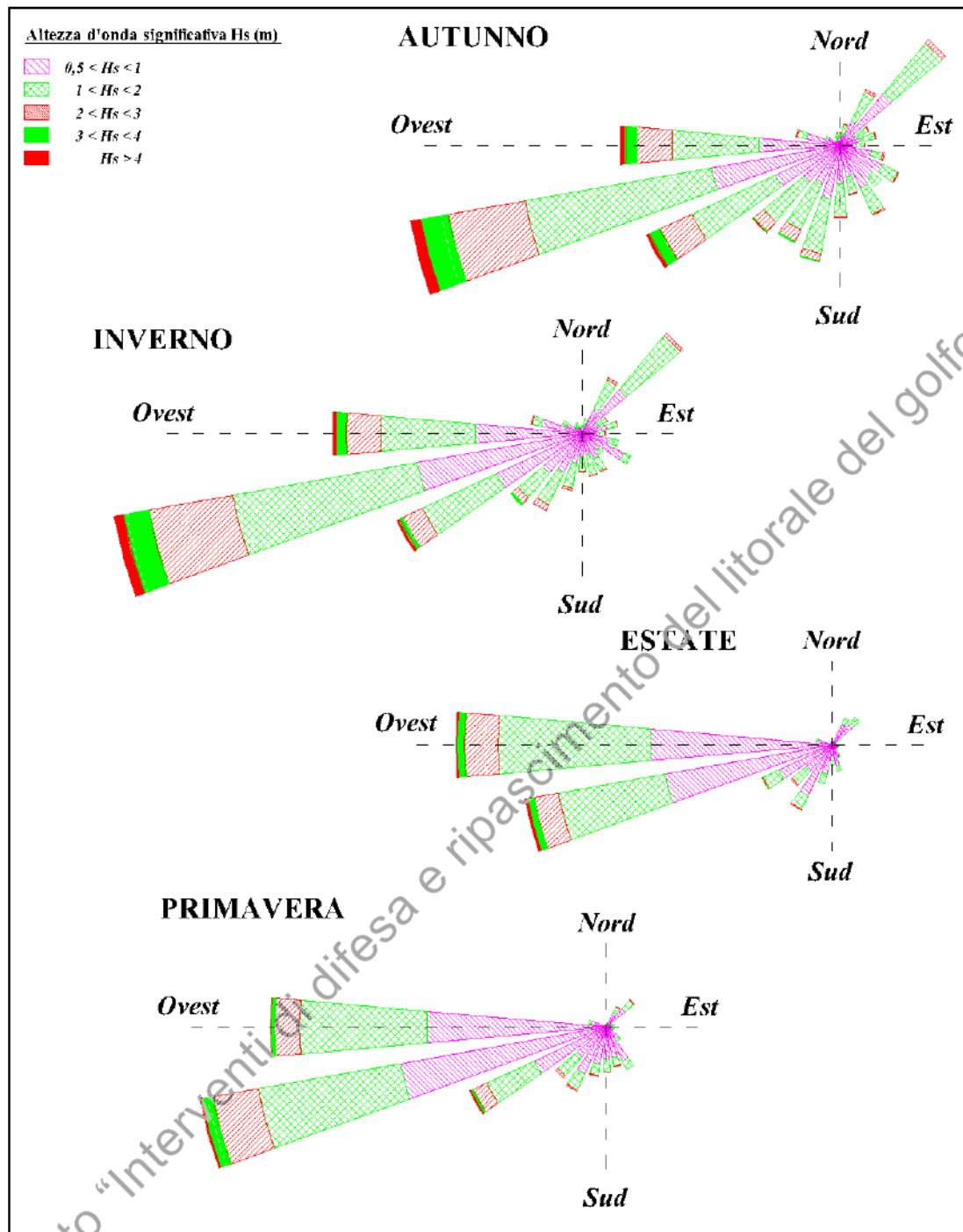


Figura 4.2 – Diagramma polare delle distribuzioni direzionali degli eventi di moto ondoso stagionali a largo di Salerno.

Serie ondametrica trasposta al largo di Salerno - Periodo (luglio 1989 - giugno 2005)																
Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. ANNUALE																
DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
(°N)	< 2.5	2.5+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	0.11	0.18	0.13	0.06	0.01	0.00										0.50
20	0.11	0.27	0.16	0.08	0.03	0.01	0.00									0.66
30	0.16	0.42	0.47	0.25	0.13	0.03	0.00									1.46
40	0.22	0.59	1.25	0.84	0.29	0.05	0.00									3.25
50	0.15	0.31	0.75	0.45	0.07	0.03	0.00									1.77
60	0.04	0.08	0.15	0.10	0.02	0.01										0.40
70	0.03	0.13	0.14	0.07	0.02	0.00										0.39
80	0.06	0.22	0.31	0.14	0.03	0.00										0.77
90	0.02	0.13	0.15	0.05	0.01	0.00	0.00									0.37
100	0.07	0.21	0.33	0.10	0.02	0.00	0.00									0.72
110	0.23	0.48	0.61	0.15	0.03	0.01										1.50
120	0.58	0.88	0.61	0.13	0.01											2.21
130	0.49	0.71	0.36	0.09	0.00											1.66
140	0.63	0.76	0.59	0.13	0.03											2.15
150	0.54	0.61	0.68	0.23	0.06	0.02										2.14
160	0.44	0.80	0.62	0.28	0.06	0.01										2.20
170	0.34	0.53	0.65	0.19	0.10	0.01										1.81
180	0.41	0.61	0.63	0.25	0.07	0.02										1.99
190	0.48	0.67	0.72	0.34	0.14	0.03	0.00	0.00								2.38
200	0.61	0.65	1.08	0.45	0.23	0.07	0.03	0.00								3.11
210	0.40	0.98	1.17	0.49	0.25	0.10	0.03	0.01								3.43
220	0.49	1.10	0.95	0.35	0.18	0.08	0.02	0.01	0.00							3.19
230	0.66	1.60	1.00	0.59	0.28	0.11	0.07	0.03	0.00	0.00	0.00	0.00				4.35
240	0.85	1.70	1.74	0.90	0.45	0.25	0.13	0.07	0.04	0.03	0.00	0.01				6.18
250	1.45	2.24	2.79	1.21	0.77	0.46	0.22	0.09	0.06	0.03	0.01	0.00	0.00	0.00		9.33
260	1.84	4.01	4.87	3.09	2.17	1.24	0.76	0.44	0.24	0.12	0.06	0.01	0.01	0.00	0.01	18.88
270	1.83	4.22	3.48	1.68	0.91	0.37	0.20	0.07	0.04	0.02	0.00	0.00				12.82
280	1.92	1.61	0.82	0.17	0.03	0.02	0.00									4.58
290	1.17	0.66	0.42	0.07	0.02	0.00										2.34
300	0.51	0.30	0.18	0.03												1.03
310	0.22	0.13	0.11	0.04	0.00											0.50
320	0.15	0.12	0.05	0.04	0.00											0.37
330	0.13	0.19	0.12	0.05	0.01											0.50
340	0.13	0.15	0.06	0.02	0.00											0.37
350	0.10	0.11	0.10	0.04	0.02	0.00										0.37
360	0.10	0.10	0.11	0.02	0.01	0.00										0.34
TOT.	17.67	28.46	28.36	13.17	6.48	2.93	1.49	0.73	0.38	0.20	0.08	0.03	0.01	0.01	0.01	100.00
Tot. cumul.	16.13	74.49	87.66	94.13	97.06	98.55	99.28	99.66	99.86	99.94	99.97	99.98	99.99	100.00		
Numero di eventi validi : 41795																

Tabella 4.1 – Clima annuale al largo di Salerno: eventi di moto ondoso trionari classificati per altezza e direzione.

Serie ondametrica trasposta al largo di Salerno - Periodo (luglio 1989 - giugno 2005)																
Distribuzione percentuale degli eventi ondosì, per classi di Hs e direzione di provenienza. ESTATE																
DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
(°N)	<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	0.26	0.29	0.04	0.01												0.60
20	0.22	0.43	0.08	0.02												0.74
30	0.29	0.64	0.48	0.13	0.04											1.57
40	0.25	0.83	0.92	0.25	0.03											2.27
50	0.10	0.33	0.42	0.09												0.94
60	0.05	0.05	0.07	0.03												0.21
70	0.03	0.09	0.06	0.01												0.19
80	0.05	0.12	0.05	0.03												0.25
90	0.02	0.09	0.07													0.18
100	0.05	0.12	0.14	0.02												0.33
110	0.31	0.19	0.17													0.66
120	0.51	0.57	0.14													1.22
130	0.42	0.39	0.05													0.86
140	0.53	0.44	0.18													1.15
150	0.51	0.46	0.33	0.02	0.01											1.33
160	0.41	0.54	0.32	0.07	0.01											1.36
170	0.40	0.57	0.57	0.07	0.03											1.64
180	0.55	0.68	0.38	0.12	0.01											1.73
190	0.50	0.58	0.45	0.11	0.03											1.67
200	0.57	0.63	1.01	0.23	0.08											2.53
210	0.37	1.14	1.33	0.31	0.10	0.01										3.25
220	0.53	1.10	1.01	0.20	0.10	0.05										2.99
230	0.72	1.68	0.66	0.31	0.07	0.04	0.01									3.47
240	1.15	1.93	1.34	0.32	0.07											4.81
250	2.36	2.53	2.36	0.47	0.20	0.07	0.07	0.01	0.03	0.00	0.01					8.10
260	3.15	5.96	5.43	3.12	1.83	0.82	0.45	0.28	0.12	0.02	0.07					21.25
270	3.24	7.21	4.56	2.29	1.22	0.46	0.21	0.03	0.04							19.24
280	4.03	2.78	0.74	0.08	0.00	0.01										7.64
290	2.14	0.83	0.14	0.01	0.01											3.13
300	1.04	0.31	0.03													1.38
310	0.39	0.17	0.05	0.01												0.63
320	0.30	0.22	0.03													0.54
330	0.33	0.40	0.10	0.02												0.85
340	0.32	0.14	0.03	0.01												0.50
350	0.21	0.11	0.05	0.01												0.38
360	0.21	0.11	0.06	0.02												0.39
TOT.	26.52	34.64	23.87	8.38	3.82	1.45	0.74	0.31	0.19	0.02	0.08					100.00
Tot. cumul.	61.16	85.03	93.99	97.21	98.66	99.40	99.71	99.90	99.92	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	
Numero di eventi validi: 11143																

Tabella 4.2 – Clima estivo al largo di Salerno: eventi di moto ondosì trionari classificati per altezza e direzione.

Serie ondametrica trasposta al largo di Salerno - Periodo (luglio 1989 - giugno 2005)																
Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. PRIMAVERA																
DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
(°N)	< 2,5	2,5÷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	0.03	0.09	0.03													0.15
20	0.05	0.19	0.15	0.02												0.40
30	0.13	0.32	0.30	0.10	0.04	0.02										0.90
40	0.22	0.40	0.73	0.28	0.12	0.03										1.78
50	0.17	0.17	0.36	0.09	0.03											0.82
60	0.01	0.06	0.06	0.04												0.16
70	0.03	0.09	0.06	0.00	0.01											0.19
80	0.04	0.22	0.10	0.11												0.48
90	0.03	0.09	0.04													0.16
100	0.08	0.20	0.09	0.06												0.43
110	0.19	0.31	0.14	0.06												0.69
120	0.43	0.49	0.15	0.01												1.08
130	0.47	0.53	0.16	0.05												1.20
140	0.51	0.67	0.57	0.12												1.87
150	0.55	0.71	0.76	0.15	0.03											2.20
160	0.69	1.12	0.86	0.18	0.02											2.86
170	0.48	0.67	0.74	0.15	0.10	0.01										2.14
180	0.49	0.70	0.64	0.24	0.06	0.01										2.14
190	0.74	0.81	0.75	0.20	0.04	0.01	0.01									2.55
200	0.78	0.81	1.03	0.27	0.06	0.04										2.98
210	0.75	1.20	1.30	0.39	0.03	0.02	0.01									3.69
220	0.76	1.34	0.99	0.26	0.15											3.50
230	0.95	1.77	0.89	0.45	0.30	0.10	0.03									4.48
240	1.07	1.87	1.85	0.88	0.41	0.27	0.09	0.05	0.02	0.02						6.52
250	1.72	2.83	3.22	1.08	0.63	0.37	0.13	0.08	0.06	0.01						10.15
260	2.41	5.15	6.28	3.06	1.92	0.95	0.62	0.18	0.16	0.05	0.02	0.00	0.01			20.80
270	2.77	5.65	4.50	2.01	0.90	0.33	0.17	0.07								16.40
280	2.27	1.67	0.59	0.13	0.04											4.70
290	1.42	0.57	0.21													2.20
300	0.43	0.21	0.05													0.69
310	0.20	0.11	0.04													0.34
320	0.18	0.09	0.06	0.01												0.34
330	0.12	0.15	0.07	0.02												0.35
340	0.15	0.09	0.03													0.27
350	0.07	0.07	0.05													0.20
360	0.09	0.02	0.05													0.16
TOT.	21.47	31.47	27.86	10.40	4.87	2.15	1.05	0.38	0.23	0.07	0.02		0.01			100.00
Tot. cumul.		52.94	80.80	91.20	96.08	98.23	99.28	99.66	99.90	99.97	99.99	99.99	100.00	100.00	100.00	
Numero di eventi validi : 10729																

Tabella 4.3 – Clima primaverile al largo di Salerno: eventi di moto ondoso triorari classificati per altezza e direzione.

Serie ondametrica trasposta al largo di Salerno - Periodo (luglio 1989 - giugno 2005)															
Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. INVERNO															
DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)														
(°N)	<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
TOT.															
10	0.01	0.07	0.14	0.05	0.02										0.30
20	0.02	0.08	0.28	0.14	0.03										0.56
30	0.08	0.24	0.53	0.35	0.22	0.05									1.46
40	0.12	0.36	1.60	1.43	0.63	0.07									4.21
50	0.14	0.34	1.17	0.83	0.14	0.06	0.01								2.71
60	0.03	0.06	0.22	0.20	0.02										0.53
70	0.04	0.12	0.22	0.18	0.02										0.58
80	0.03	0.31	0.66	0.18	0.00	0.01									1.18
90	0.03	0.15	0.26	0.08	0.00	0.00	0.01								0.54
100	0.08	0.34	0.55	0.14	0.03										1.14
110	0.19	0.69	1.06	0.24	0.06										2.23
120	0.65	1.46	1.11	0.12											3.35
130	0.53	1.05	0.54	0.10	0.02										2.23
140	0.81	0.94	0.49	0.16	0.01										2.42
150	0.56	0.57	0.60	0.32	0.04	0.03									2.11
160	0.30	0.76	0.57	0.41	0.09										2.13
170	0.24	0.39	0.47	0.22	0.15	0.02									1.49
180	0.26	0.44	0.62	0.18	0.12	0.03									1.65
190	0.25	0.58	0.49	0.37	0.14	0.04									1.87
200	0.50	0.53	0.87	0.38	0.32	0.06	0.03								2.69
210	0.18	0.80	1.07	0.70	0.23	0.14									3.12
220	0.41	1.04	0.89	0.48	0.13	0.11	0.01	0.02	0.01						3.11
230	0.65	1.80	1.33	0.67	0.27	0.13	0.08	0.07	0.00	0.00	0.00	0.01			5.02
240	0.75	1.83	2.25	1.28	0.46	0.21	0.21	0.08	0.02	0.05	0.00	0.01			7.15
250	1.02	2.18	3.18	1.63	1.20	0.73	0.31	0.15	0.08	0.06	0.01				10.57
260	1.07	3.17	4.20	3.11	2.52	1.64	1.10	0.61	0.30	0.24	0.08	0.03	0.02		18.09
270	0.73	2.38	2.74	1.22	0.76	0.37	0.24	0.13	0.05	0.01					8.63
280	0.72	1.30	1.06	0.22	0.05	0.03	0.01								3.39
290	0.60	0.73	0.79	0.15	0.03										2.31
300	0.30	0.39	0.34	0.09											1.12
310	0.13	0.21	0.19	0.13	0.01										0.67
320	0.05	0.13	0.06	0.10	0.01										0.36
330	0.01	0.03	0.20	0.07	0.05										0.36
340	0.00	0.08	0.11	0.03											0.23
350	0.01	0.03	0.13	0.06	0.01										0.25
360	0.04	0.04	0.41	0.03	0.02										0.25
TOT.	11.54	25.64	71.08	16.07	7.85	3.75	2.01	1.07	0.46	0.36	0.09	0.05	0.02		100.00
Tot. cumul	37.19	68.27	84.34	92.18	95.93	97.94	99.01	99.47	99.84	99.93	99.98	100.00	100.00	100.00	
Numero di eventi validi : 9710															

Tabella 4.4 – Clima invernale al largo di Salerno: eventi di moto ondoso triorari classificati per altezza e direzione.

Serie ondametrica trasposta al largo di Salerno - Periodo (luglio 1989 - giugno 2005)																
Distribuzione percentuale degli eventi ondosi, per classi di Hs e direzione di provenienza. AUTUNNO																
DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
(°N)	<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	0.13	0.26	0.30	0.19	0.03	0.02										0.93
20	0.14	0.37	0.15	0.14	0.10	0.03	0.01									0.93
30	0.13	0.46	0.57	0.44	0.25	0.05	0.01									1.91
40	0.29	0.73	1.85	1.49	0.45	0.10	0.02									4.93
50	0.21	0.41	1.13	0.83	0.13	0.05	0.01									2.76
60	0.08	0.14	0.28	0.17	0.06	0.03										0.75
70	0.03	0.23	0.23	0.12	0.05	0.01										0.68
80	0.12	0.25	0.49	0.24	0.12	0.01										1.23
90	0.02	0.21	0.25	0.12	0.03	0.01										0.64
100	0.05	0.19	0.56	0.20	0.05	0.01	0.01									1.06
110	0.25	0.76	1.14	0.31	0.07	0.04										2.58
120	0.74	1.08	1.15	0.40	0.04											3.41
130	0.55	0.94	0.75	0.23												2.47
140	0.70	1.05	1.17	0.23	0.12											3.26
150	0.54	0.70	1.05	0.48	0.17	0.04										2.98
160	0.35	0.78	0.73	0.49	0.11	0.03										2.50
170	0.23	0.47	0.80	0.32	0.11	0.01										1.94
180	0.32	0.58	0.89	0.49	0.12	0.03										2.43
190	0.39	0.70	1.17	0.72	0.35	0.07	0.01	0.02								3.44
200	0.58	0.61	1.40	0.92	0.49	0.18	0.08	0.02								4.27
210	0.29	0.75	0.97	0.61	0.68	0.23	0.10	0.03								3.65
220	0.23	0.91	0.91	0.48	0.36	0.18	0.08	0.03								3.17
230	0.31	1.13	1.18	0.98	0.51	0.18	0.17	0.04	0.01	0.02	0.01	0.01				4.54
240	0.38	1.16	1.61	1.21	0.89	0.54	0.24	0.18	0.13	0.04	0.01	0.02				6.40
250	0.56	1.36	2.41	1.77	1.12	0.70	0.40	0.14	0.08	0.06	0.03	0.01	0.00	0.01		8.65
260	0.55	1.50	3.43	3.06	2.45	1.64	0.92	0.42	0.39	0.19	0.07	0.03	0.03	0.02	0.04	15.03
270	0.33	1.21	1.92	1.10	0.73	0.31	0.20	0.07	0.06	0.07	0.01	0.01				6.02
280	0.37	0.55	0.93	0.27	0.05	0.06	0.01									2.24
290	0.39	0.51	0.58	0.14	0.03	0.01										1.65
300	0.22	0.29	0.34	0.05												0.90
310	0.12	0.05	0.18	0.03												0.37
320	0.04	0.04	0.07	0.07	0.01											0.23
330	0.04	0.15	0.14	0.08	0.01											0.41
340	0.04	0.26	0.10	0.05	0.02											0.45
350	0.08	0.22	0.18	0.11	0.06	0.01										0.65
360	0.05	0.23	0.25	0.05	0.01	0.01										0.57
TOT.	9.83	21.23	21.22	18.56	9.75	4.56	2.26	1.24	0.67	0.37	0.13	0.08	0.03	0.03	0.04	100.00
Tot. cumul	31.06	62.27	80.84	90.59	95.15	97.42	98.66	99.32	99.70	99.82	99.90	99.93	99.96	100.00		
Numero di eventi validi : 10213																

Tabella 4.5 – Clima autunnale al largo di Salerno: eventi di moto ondoso triorari classificati per altezza e direzione.

Dalle tabelle sopra riportate, ed in particolar modo dalla tabella 4.1 (clima annuale), si evidenzia che:

- gli eventi con altezza d'onda significativa superiore ai 0.5 m sono circa il 53,9% (corrispondente ad una durata media annua di circa 6.5 mesi) e provengono per circa l'80% dal settore compreso tra 150° e 280° N;
- per eventi con $H_s > 3.0$ m gli stati di mare sono concentrati su un settore compreso tra 190° e 270° N con una frequenza pari a circa 1.45% (circa 5.3 giorni/anno);
- gli eventi con $H_s > 5.0$ m (eventi estremi) provengono tutti dal settore di ponente (compreso tra 230° e 270° N) con una frequenza pari a circa lo 0.06% (corrispondente ad una durata di circa 5,45 ore l'anno);
- le altezze d'onda massime registrate all'interno del settore di traversia principale risultano superiori a 6.5 m e provengono esclusivamente dal settore di ponente (direzione 260 °N).

4.1. Analisi statistica degli eventi estremi di moto ondoso al largo

Per il corretto dimensionamento strutturale ed idraulico di un'opera marittima è necessario determinare la cosiddetta "onda di progetto" in acqua profonda in base ad un'analisi statistica dei valori delle altezze d'onda rappresentative delle condizioni estreme (valori al colmo) di ogni singola mareggiata.

Per eseguire l'analisi statistica delle altezze d'onda risulta necessario selezionare preliminarmente 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 a quello di soglia oppure quando si verifica un forte scarto della direzione del moto ondoso.

Selezionati gli "eventi di picco", l'omogeneità dei dati 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.

Gli stati di mare, caratterizzati da una altezza d'onda significativa (H_s) superiore alla soglia individuata, sono 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 T_R (o probabilità di occorrenza).

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

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

e la legge di Gumbel

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

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

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

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

si possono stimare le altezze d'onda significative relative a diversi tempi di ritorno.

Nel diagramma polare riportato nella figura 4.1.1 sono riportati i valori di picco delle mareggiate ricostruite sulla base dei dati di moto ondoso registrati alla boa ondometrica di Ponza nell'intero settore di traversia che caratterizza il paraggio in esame. In particolare, per

ciascuna mareggiata individuata sono stati riportati i valori di altezza d'onda significativa, superiori ad 1.0 m, registrati al colmo dell'evento. L'analisi del diagramma permette di trarre le seguenti conclusioni:

1. le mareggiate più intense provengono dal settore compreso tra 210° e 280° N (settore A - traversia principale) e sono caratterizzate da altezze d'onda significative che raggiungono valori superiori a 6 m;
2. le mareggiate provenienti dal settore compreso tra 130° e 210° N (settore B - traversia secondaria) sono caratterizzate da altezze d'onda non superiori a 3.0 m;
3. le mareggiate provenienti dal resto dei settori di traversia non risultano significative per l'elaborazione statistica finalizzata allo studio degli eventi estremi associati a determinati tempi di ritorno.

Individuati i settori principale e secondario di provenienza del moto ondoso, si è quindi proceduto a determinare per essi i valori di soglia dell'altezza d'onda significativa da utilizzare per "individuare" ciascun evento e quindi i corrispondenti valori di picco. Il valore di soglia è stato individuato seguendo il metodo proposto da Goda (1988).

Nelle tabelle 4.1.1 ÷ 4.1.2 e nelle figure 4.1.2 ÷ 4.1.3 sono riportati i risultati delle analisi statistiche.

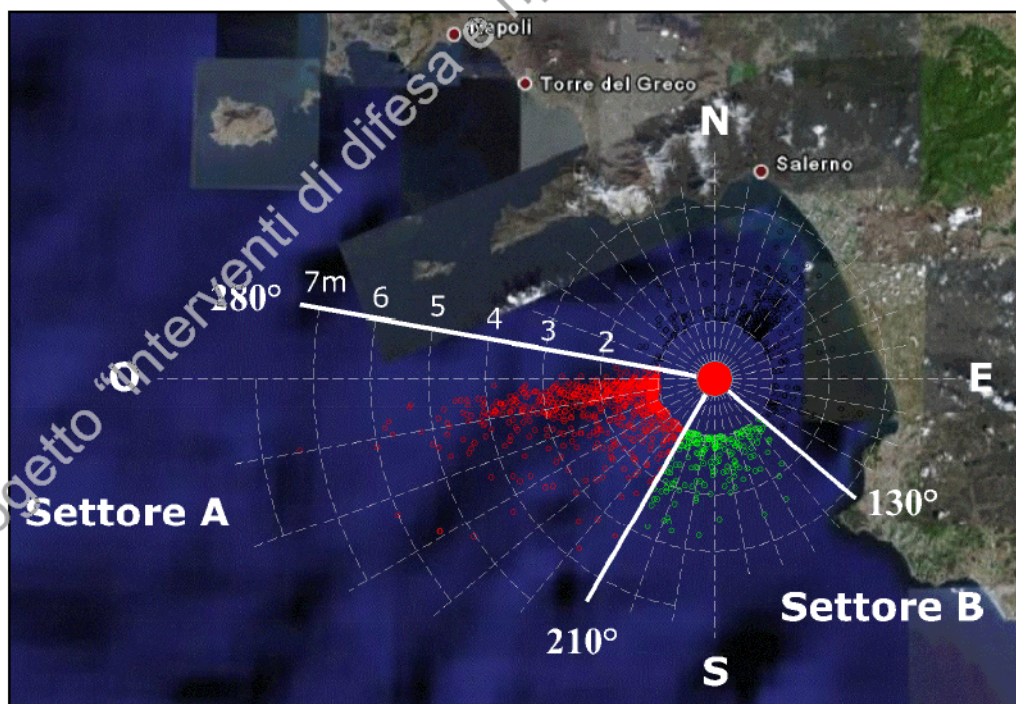


Figura 4.1.1 – Diagramma polare delle mareggiate con altezza d'onda al colmo superiore ad 1.0 m nel punto di trasposizione posto al largo di Salerno.

Analisi degli eventi estremi al largo di Salerno
Settore di traversia: 130° - 210° Nord

Numero anni: 14.3
 Numero delle mareggiate: 20
 Soglia di riferimento (POT) m >2.00

Media (m): 2.326
 Deviazione Standard (m): 0.268
 Numero di eventi sopra POT 20

Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)
2.81	25.69	2.05	0.87
2.74	9.22	2.03	0.82
2.72	5.62	2.02	0.78
2.61	4.04	2.00	0.74
2.59	3.15		
2.52	2.59		
2.48	2.19		
2.44	1.90		
2.32	1.68		
2.31	1.50		
2.26	1.36		
2.16	1.24		
2.14	1.15		
2.12	1.06		
2.12	0.99		
2.08	0.92		

Tr	GUMBEL		WEI(.75)	
Anni	Hs(m)	c.i.(m)	Hs(m)	c.i.(m)
5	2.6	0.2	2.5	0.3
10	2.8	0.3	2.7	0.4
25	3.0	0.4	2.9	0.6
50	3.1	0.6	3.1	0.8
100	3.3	0.7	3.3	1.0

A	0.679	0.362
B	2.46	2.808
r	0.988	0.963

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	2.6	0.3	2.6	0.3	2.7	0.3
10	2.8	0.5	2.8	0.5	2.8	0.4
25	3.1	0.7	3.1	0.7	3.1	0.5
50	3.3	0.9	3.3	0.9	3.2	0.6
100	3.5	1.1	3.5	1.1	3.4	0.8

A	0.705	1.328	2.332
B	2.341	1.606	0.515
r	0.984	0.994	0.998

Tabella 4.1.1 – Settore B – Traversia secondaria: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno per diverse leggi di regressione.

**Altezze d'onda estreme al largo di Salerno
Legge FT-I (Weibull) Settore 130°- 210° Nord**

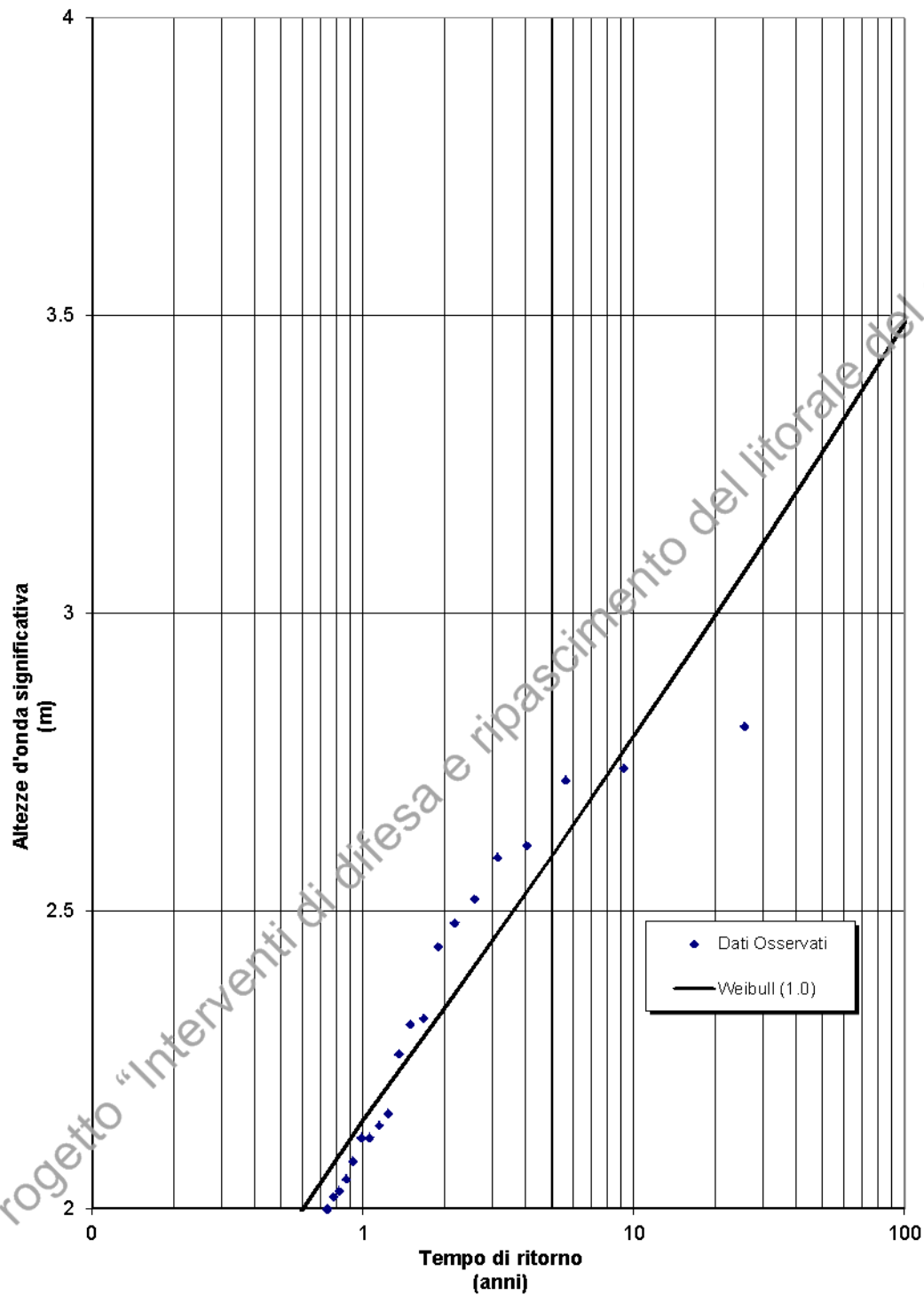


Figura 4.1.2 – Settore B – Traversia secondaria: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno secondo la legge di Weibull ($\alpha = 1.0$).

Analisi degli eventi estremi al largo di Salerno
Settore di traversia: 210° - 280° Nord

Numero anni: 14.3
 Numero delle mareggiate: 326
 Soglia di riferimento (POT) m >3.00

Media (m): 3.881
 Deviazione Standard (m): 0.767
 Numero di eventi sopra POT: 136

Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)	Hs (m)	Tempo di ritorno (anni)
7.35	25.56	4.76	0.86	4.25	0.44	3.98	0.29	3.76	0.22
6.01	9.17	4.75	0.82	4.19	0.43	3.90	0.29	3.74	0.22
6.01	5.59	4.74	0.77	4.16	0.41	3.90	0.28	3.73	0.22
5.82	4.02	4.70	0.73	4.15	0.40	3.88	0.28	3.71	0.21
5.74	3.14	4.53	0.70	4.12	0.39	3.88	0.27	3.70	0.21
5.69	2.57	4.51	0.66	4.11	0.38	3.88	0.27	3.69	0.21
5.48	2.18	4.47	0.63	4.10	0.37	3.86	0.26	3.67	0.20
5.48	1.89	4.44	0.61	4.10	0.36	3.86	0.26	3.67	0.20
5.35	1.67	4.43	0.58	4.09	0.35	3.85	0.25	3.62	0.20
5.31	1.50	4.41	0.56	4.07	0.34	3.84	0.25	3.61	0.19
5.21	1.36	4.37	0.54	4.06	0.34	3.83	0.24	3.60	0.19
5.04	1.24	4.35	0.52	4.05	0.33	3.83	0.24	3.58	0.19
5.01	1.14	4.34	0.50	4.03	0.32	3.83	0.24	3.58	0.19
4.96	1.06	4.33	0.48	4.00	0.31	3.78	0.23	3.57	0.18
4.88	0.98	4.32	0.47	4.00	0.31	3.77	0.23	3.57	0.18
4.79	0.92	4.29	0.45	3.98	0.30	3.76	0.23	3.56	0.18

Tr	GUMBEL		WEI(.75)	
Anni	Hs(m)	c.i.(m)	Hs(m)	c.i.(m)
5	6.0	0.7	6.0	0.7
10	6.5	0.9	6.6	0.9
25	7.2	1.1	7.4	1.2
50	7.7	1.3	8.0	1.4
100	8.2	1.5	8.6	1.7

A 0.364 0.288
 B 2.325 2.188
 r 0.971 0.922

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	6.1	0.8	6.1	0.7	6.1	0.7
10	6.7	1.0	6.6	0.9	6.6	0.8
25	7.4	1.3	7.3	1.2	7.1	1.1
50	8.0	1.5	7.7	1.4	7.5	1.2
100	8.5	1.8	8.2	1.6	7.9	1.4

A 0.468 0.708 0.996
 B 2.062 1.884 1.646
 r 0.961 0.978 0.973

Tabella 4.1.2 – Settore A – Traversia principale: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno per diverse leggi di regressione.

**Altezze d'onda estreme al largo di Salerno
Legge FT-I (Weibull) Settore 210°- 280° Nord**

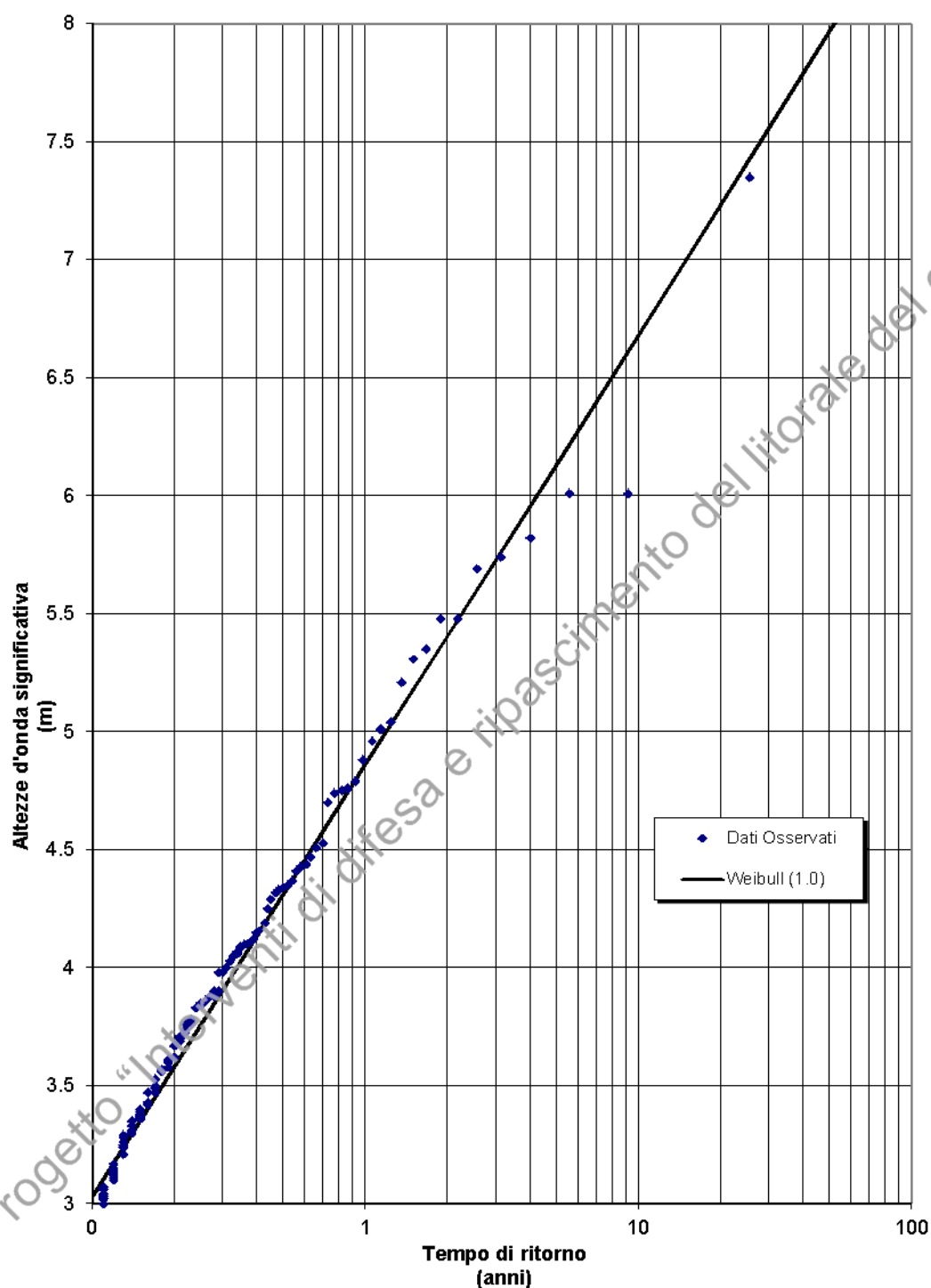


Figura 4.1.3 – Settore A – Traversia principale: valori dell'altezza d'onda significativa in funzione del tempo di ritorno secondo la legge di Weibull ($\alpha = 1.0$).

5. CLIMA SOTTO COSTA

Per definire le condizioni di moto ondoso, che caratterizzano l'intera falcata costiera appartenente al golfo di Salerno, è stato necessario eseguire uno studio di propagazione del moto ondoso, precedentemente ricostruito al largo, in diversi punti sotto costa opportunamente scelti.

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 sulla base di un'attenta analisi dei principali fenomeni fisici che condizionano l'evoluzione delle onde durante la loro propagazione.

Per quanto riguarda i meccanismi che possono alterare la propagazione delle onde sui fondali via via decrescenti, che "collegano" il mare aperto alla zona di intervento, la regolarità dell'andamento delle linee batimetriche, che caratterizzano il litorale in esame, permette di ritenere che essi siano costituiti in modo dominante dalla rifrazione e dallo shoaling e che possano essere ritenuti trascurabili i processi diffrattivi (diffrazione esterna ed interna).

Per quanto riguarda i processi dissipativi (attrito sul fondo e frangimento), nel caso in esame, si può affermare che la loro importanza diventa rilevante solo su fondali aventi profondità inferiori a $10,0 \div 15,0$ m.

Sulla base delle considerazioni appena effettuate, per la propagazione sotto costa della serie ricostruita a largo del golfo di Salerno, si è scelto il modello numerico di propagazione inversa spettrale MEROPE.

Le condizioni al contorno (contorno di largo) sono espresse in termini di altezza, direzione e periodo caratteristici del moto ondoso incidente, ricostruito al largo partendo da una serie di misure dirette effettuate mediante ondometro.

5.1. Reticolo di calcolo

Nella figura 5.1.1 è riportata la corografia dell'area interessata dalle simulazioni numeriche, i confini del reticolo di calcolo utilizzato per l'applicazione del modello Merope e l'ubicazione dei punti di rifrazione inversa spettrale scelti per la

propagazione sotto costa della serie di misure ondametriche, rappresentativi delle condizioni climatiche che contraddistinguono il lungo tratto di litorale del golfo di Salerno.

Il reticolo di calcolo è stato ottenuto partendo dalla digitalizzazione, sottoforma di polilinee, delle batimetrie di base fornite dalle carte nautiche n° 10 (da Ischia a P.ta Licosa-scala 1:1000000) e n° 11 (da P.ta Licosa a Diamante-scala 1:100000), edite dall'Istituto Idrografico della Marina Militare.

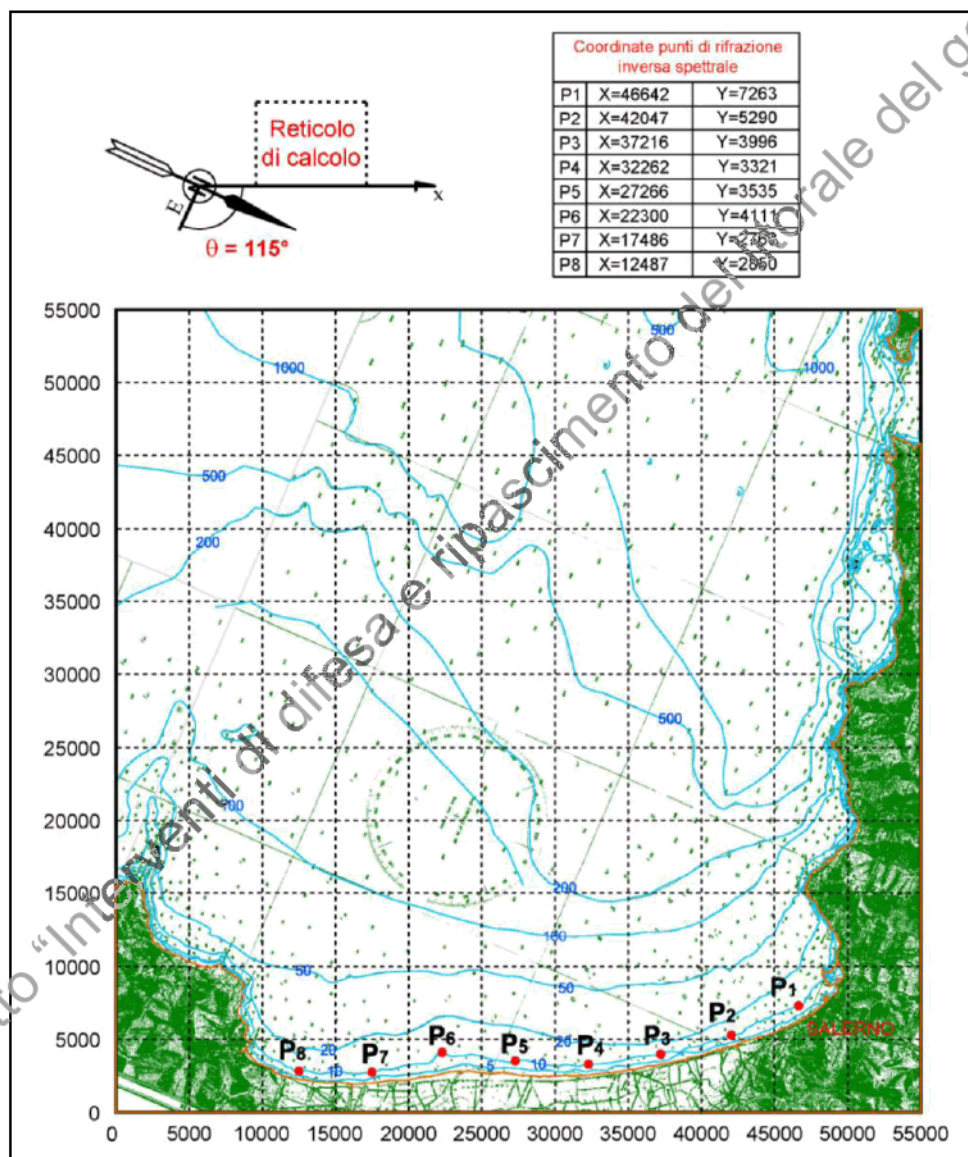


Figura 5.1.1 - Reticolo di calcolo utilizzato per il modello Merope e localizzazione degli otto punti di inversa spettrale prescelti.

Tali batimetrie sono state opportunamente digitalizzate allo scopo di ottenere un insieme opportuno di punti “sparsi”, cioè non disposti su un grigliato regolare, sull’area di interesse. Ciascun punto è caratterizzato dalle coordinate (x, y, z) dove x ed y rappresentano la posizione planimetrica del punto e la z il valore della profondità locale riferita al livello medio marino. Tali punti, contenuti in un file, sono stati quindi utilizzati come dati di ingresso per il programma di interpolazione mediante il quale è stata costruito il reticolo di calcolo a maglia regolare, necessario per effettuare il trasferimento del moto ondoso a riva con il modello Merope.

Utilizzando tali dati è stato possibile effettuare un’adeguata modellazione digitale del fondale all’interno di una vasta area che comprende il paraggio costiero del golfo di Salerno interessato dagli studi.

Il reticolo utilizzato come input per il modello Merope è costituito da maglie quadrate di lato $Dx = Dy = 10$ m che copre un’area di forma quadrata con lati di 55.000 m ciascuno.

5.2. Condizioni al contorno ed ipotesi di calcolo

Per i punti scelti sono stati calcolati 20 piani d’onda d’inversa 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 4000 piani d’onda inversi (20 x 200) hanno consentito di costruire un data-base mediante il quale è stata propagata nei punti prescelti l’intera serie storica trasposta al largo del golfo di Salerno dalla boa ondometrica di Ponza.

Per simulare la dispersione dell’energia in frequenza e direzione si è utilizzata la funzione densità spettrale:

$$S(f, \theta) = S(f) G(f, \theta)$$

dove la funzione $S(f)$ è stata espressa con uno spettro di tipo JONSWAP con $\gamma = 3.3$ e di altezza significativa e frequenza di picco assegnata.

La funzione $G(f, \theta)$ viene esplicitata nel modello MEROPE sulla base dell’equazione fornita da Goda (Random Seas and Design of Maritime Structures, World Scientific, Advanced Series on Ocean Engineering, vol 15) ponendo:

➤ $s_{\max}=18$ (onde di mare vivo)

Si ricorda che le “onde di mare vivo” (sea), tipiche dell’area di generazione (fetch), hanno una elevata dispersione direzionale dell’energia e per tale ragione vengono anche chiamate “onde a cresta corta”.

5.3. Clima d’onda sottocosta: punto P_1

Per il punto d’inversa spettrale P_1 , le figure 5.3.1 e 5.3.2 riportano in forma grafica l’andamento del coefficiente K ($K = K_r \cdot K_s$ con K_r coefficiente di rifrazione e K_s coefficiente di shoaling) rispetto alla direzione di incidenza al largo e la corrispondenza tra le direzioni del moto ondoso al largo ed i corrispondenti valori di direzione calcolati a riva.

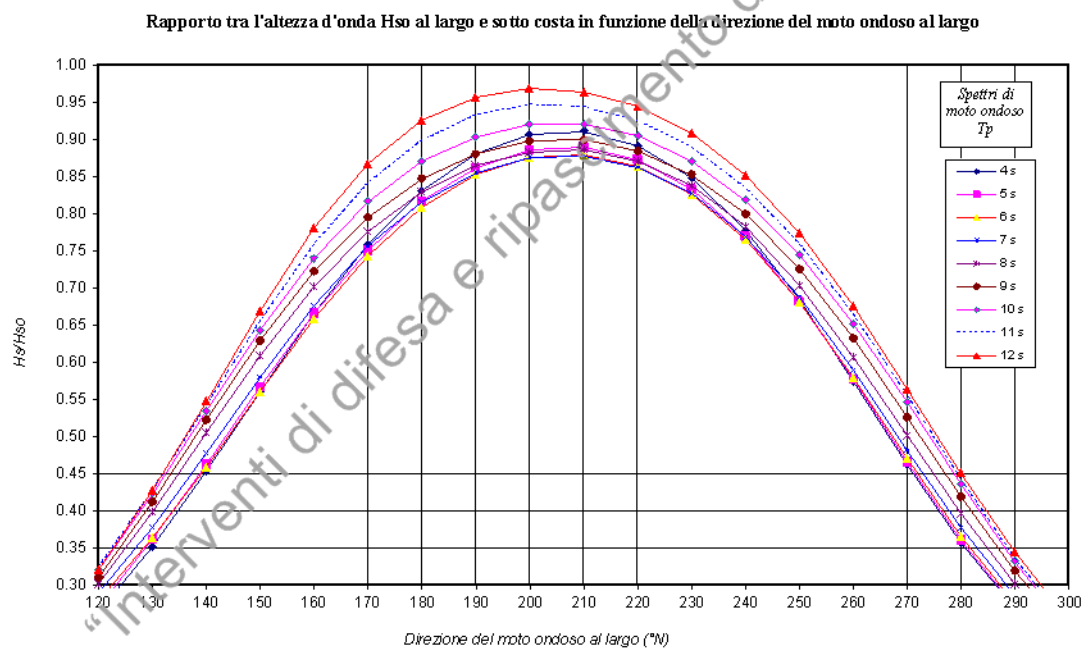


Figura 5.3.1 – Punto di inversa spettrale P_1

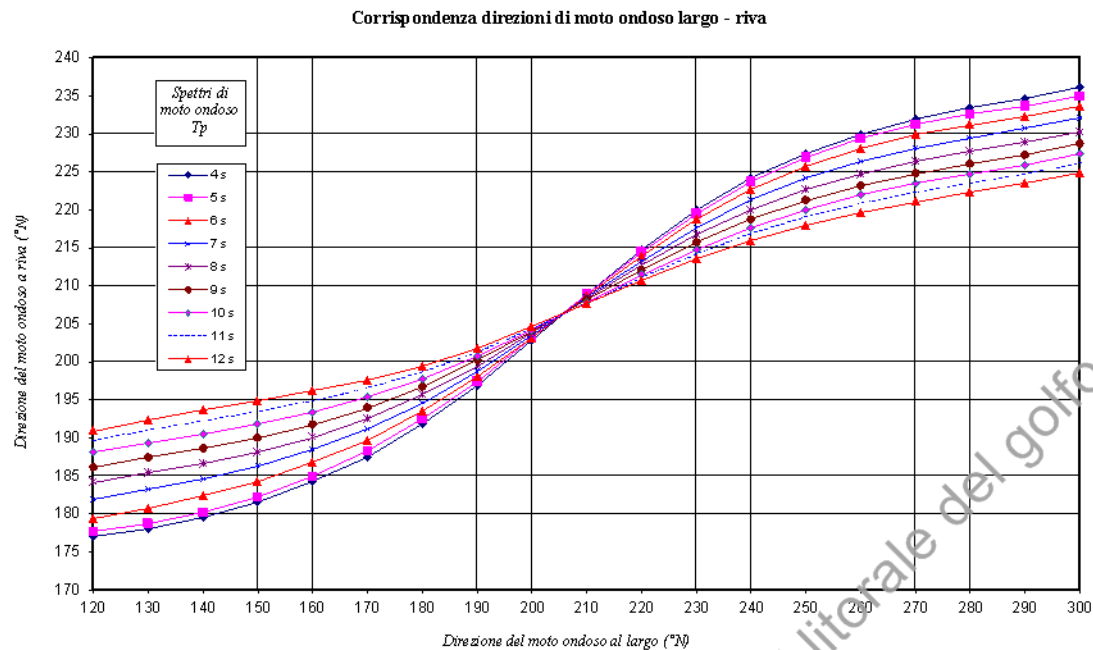


Figura 5.3.2 – Punto di inversa spettrale P_1

Dall'esame delle figure sopra riportate si evidenzia un'attenuazione più marcata per le altezze d'onda provenienti dai settori di scirocco e ponente rispetto a quelle provenienti dal settore di mezzogiorno - libeccio. I valori maggiori del coefficiente k (compresi tra 0.88 e 0.97) si hanno per onde provenienti dal settore (190° - 220° N).

Di seguito (figura 5.3.3) viene riportato il diagramma polare annuale del clima di moto ondoso a riva (punto P_1) e nelle tabelle 5.3.1÷5.3.5 gli stessi risultati vengono riportati in forma numerica, mentre nelle tabelle 5.3.6 e 5.3.7 gli eventi sono suddivisi, in termini di numero e di frequenze percentuali, per classi di H_s e di periodo di picco T_p .

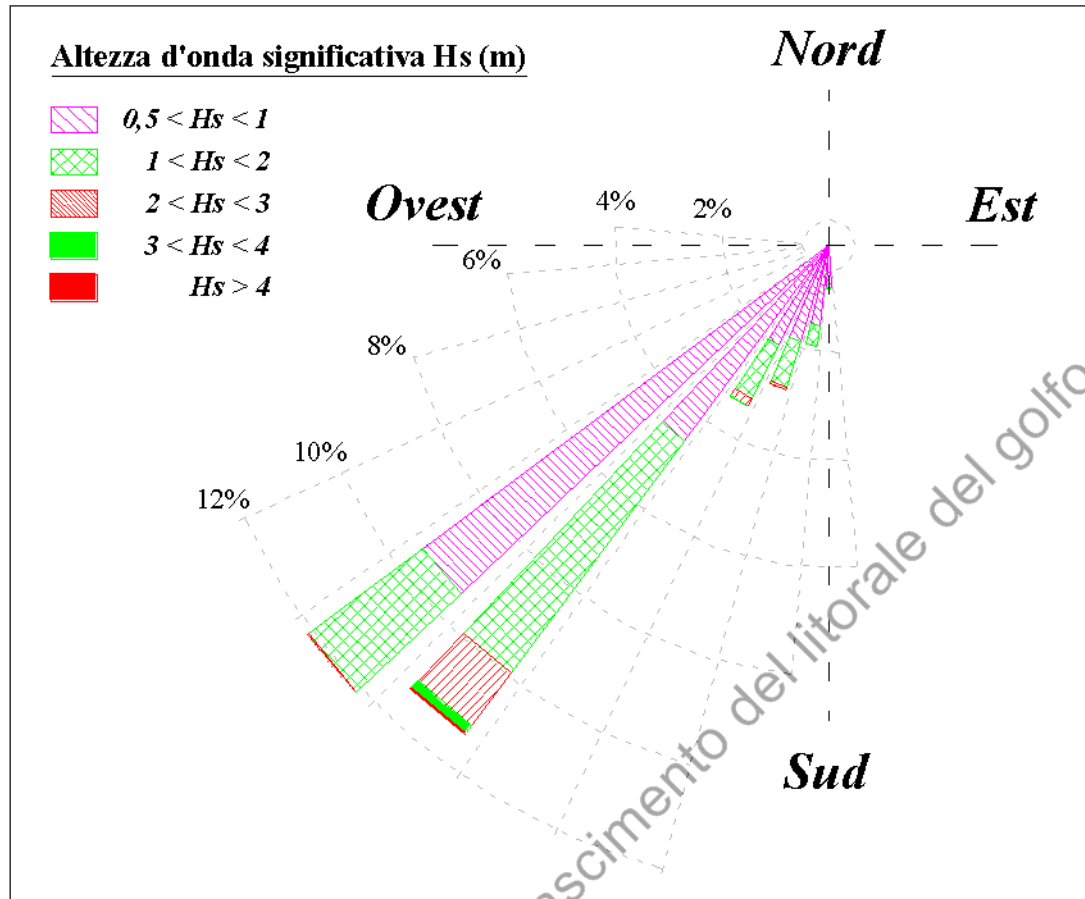


Figura 5.3.3 – Diagramma polare della distribuzione direzionale media annuale degli eventi di moto ondoso a riva nel punto di rifrazione inversa P_1 .

Serie ondametria sotto costa - Punto P1 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	<2,5	2,5÷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	2.89	0.00														2.89
180	9.03	2.16	0.78	0.02												11.99
190	1.61	1.85	1.50	0.35	0.03											5.34
200	1.11	1.44	1.86	0.63	0.26	0.03	0.01									5.34
210	1.35	1.83	2.07	0.75	0.36	0.12	0.04	0.00								6.51
220	3.76	4.28	4.52	3.43	1.96	0.89	0.33	0.14	0.03	0.02	0.02					19.38
230	20.81	11.55	9.42	2.35	0.32	0.02	0.00									44.47
240	3.81	0.00														3.82
250	0.25															0.25
260																
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	44.62	23.11	20.15	7.54	2.93	1.07	0.38	0.14	0.03	0.02	0.02					100.00
Tot. cumul.	67.73	87.08	95.41	98.35	99.41	99.80	99.94	99.97	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 38577

Tabella 3.3.1- Clima annuale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₁.

Serie ondametria sotto costa - Punto P1 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															
DIR (°N)	< 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	4.45	0.01									4.46				
180	12.22	2.06	0.93	0.02							15.23				
190	1.05	1.61	1.39	0.51	0.05						4.61				
200	0.72	1.26	1.39	0.68	0.38	0.02					4.46				
210	0.95	1.72	2.03	0.92	0.40	0.14	0.02	0.01			6.18				
220	3.98	5.16	6.56	5.22	2.76	1.24	0.51	0.24	0.02	0.01	0.01	25.72			
230	14.10	10.12	8.66	2.42	0.41	0.01						35.71			
240	3.51	0.01										3.52			
250	0.11											0.11			
260															
270															
280															
290															
300															
310															
320															
330															
340															
350															
360															
TOT.	41.10	21.94	20.96	9.77	3.99	1.41	0.53	0.25	0.02	0.01	0.01				100.00
Tot. cumul.	63.04	84.00	93.76	97.76	99.17	99.71	99.95	99.98	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 8837

Tabella 5.3.2- Clima invernale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₁.

Serie ondametria sotto costa - Punto P1 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

		CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															
DIR (°N)	< 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						TOT.	
10																	
20																	
30																	
40																	
50																	
60																	
70																	
80																	
90																	
100																	
110																	
120																	
130																	
140																	
150																	
160																	
170	4.83															4.83	
180	13.03	4.04	1.74	0.07												18.87	
190	1.33	1.75	2.49	0.56	0.06											6.18	
200	1.07	1.46	3.34	1.39	0.61	0.11	0.04									8.03	
210	0.96	1.63	2.11	1.31	0.92	0.33	0.14									7.40	
220	2.34	3.57	5.24	5.22	3.01	1.70	0.61	0.27	0.10	0.09	0.06				22.17		
230	8.05	8.05	9.49	3.20	0.51	0.04									29.34		
240	2.94															2.94	
250	0.23															0.23	
260																	
270																	
280																	
290																	
300																	
310																	
320																	
330																	
340																	
350																	
360																	
TOT.	34.79	20.49	24.41	11.75	5.10	2.19	0.80	0.27	0.10	0.06	0.06				100.00		
Tot. cumul.	55.29	75.69	91.44	96.54	98.73	99.52	99.79	99.89	99.94	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00			

Numero di eventi validi : 9042

Tabella 5.3.3- Clima autunnale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₁.

Serie ondometrica sotto costa - Punto P1 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)																
(°N)	< .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	TOT.
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170	1.46															1.46
180	6.32	2.07	0.54	0.01												8.95
190	2.23	2.17	1.33	0.25	0.04											6.02
200	1.50	1.69	1.64	0.31	0.09	0.01										5.24
210	2.06	1.99	2.08	0.40	0.09	0.01	0.01									6.64
220	4.36	4.56	4.18	2.66	1.59	0.55	0.16	0.05	0.01							18.12
230	24.51	14.20	9.52	1.85	0.14	0.00	0.01									50.22
240	3.18															3.18
250	0.18															0.18
260																
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	45.79	26.68	19.30	5.48	1.94	0.57	0.18	0.05	0.01							100.00
Tot. cumul.		72.46	91.76	97.25	99.19	99.77	99.94	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10285

Tabella 5.3.4- Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₁.

Serie ondometrica sotto costa - Punto P1 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	1.29															1.29
180	5.52	0.70	0.07													6.29
190	1.73	1.83	0.88	0.12												4.57
200	1.09	1.32	1.19	0.24	0.03											3.86
210	1.31	1.93	2.05	0.48	0.12	0.02										5.91
220	4.22	3.88	2.49	1.13	0.72	0.23	0.11	0.04								12.81
230	33.94	13.18	9.92	2.04	0.26	0.03										59.36
240	5.45															5.45
250	0.46															0.46
260																
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	55.00	22.84	16.59	4.01	1.13	0.28	0.11	0.04								100.00
Tot. cumul.	77.84	94.43	98.44	99.58	99.86	99.96	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10413

Tabella 5.3.5- Clima estivo: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione -distribuzione percentuale – Punto P₁

Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14	
0.25 <	6777	8110	1855	454	15	1	2	17214
0.25 ÷ 0.75	1250	6481	5296	656	19	0	1	13703
0.75 ÷ 1.25	12	813	2597	1308	30	0	0	4760
1.25 ÷ 1.75	0	67	787	981	8	0	2	1845
1.75 ÷ 2.25	0	1	146	500	21	1	0	689
2.25 ÷ 2.75	0	0	20	200	34	0	0	254
2.75 ÷ 3.25	0	0	3	58	25	0	0	86
3.25 ÷ 3.75	0	0	0	12	18	0	0	30
3.75 ÷ 4.25	0	0	0	3	4	0	0	7
4.25 ÷ 4.75	0	0	0	0	7	0	1	8
4.75 ÷ 5.25	0	0	0	0	0	0	1	1
> 5.25	0	0	0	0	0	0	0	
Tot.	8039	15472	10704	4172	181	2	7	38577

Tabella 5.3.6- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione per numero di eventi – Punto P1.

Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14		
0.25 <	17.57	21.02	4.81	1.18	0.04	0.00	0.01	44.62	44.62
0.25 ÷ 0.75	3.24	16.80	13.73	1.70	0.05		0.00	35.52	80.14
0.75 ÷ 1.25	0.03	2.11	6.73	3.39	0.08			12.34	92.48
1.25 ÷ 1.75		0.17	2.04	2.54	0.02		0.01	4.78	97.27
1.75 ÷ 2.25		0.00	0.38	1.30	0.05	0.00		1.73	99.00
2.25 ÷ 2.75			0.05	0.52	0.09			0.66	99.66
2.75 ÷ 3.25			0.01	0.15	0.06			0.22	99.88
3.25 ÷ 3.75				0.03	0.05			0.08	99.96
3.75 ÷ 4.25				0.01	0.01			0.02	99.98
4.25 ÷ 4.75					0.02		0.00	0.02	100.00
4.75 ÷ 5.25							0.00	0.00	100.00
>5.25							0.00	0.00	100.00
Tot.	20.84	40.11	27.75	10.81	0.47	0.01	0.02	100	
Tot. cumul.	20.84	60.95	88.69	99.51	99.98	99.98	100.00		

Tabella 5.3.7- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione percentuale – Punto P1

5.3.1. Analisi dei risultati per il punto P₁:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è evidente che, nella propagazione da largo a riva, nel punto P₁ su fondali di circa -10 m s.l.m. il clima di moto ondoso subisce una sostanziale variazione, presentando una rotazione ed una forte restrizione della traversia che risulta limitata al settore compreso tra 170°N e 240°N.

In dettaglio si osserva che:

- gli eventi con altezza significativa superiore ai 0.5 m sono circa il 32,3% (corrispondente ad una durata media annua di circa 3,87 mesi) e risultano tutti concentrati all'interno di un settore compreso tra 170° e 240° N (mezzogiorno ÷ libeccio);
- gli eventi con $H_s > 3.0$ (eventi estremi) provengono tutti dal settore di libeccio (210°-220° N) con una frequenza pari a circa l'0,2% (corrispondente ad una durata di circa 0,75 giorni/anno);
- le altezze d'onda massime raggiungibili risultano superiori a 4.0 m (si precisa che il modello non tiene conto dei fenomeni dissipativi dovuti all'azione dell'attrito sul fondo che nel caso specifico limiterebbero, attraverso il frangimento, il valore massimo dell'altezza d'onda);
- l'analisi della distribuzione stagionale degli eventi conferma una netta prevalenza degli stati di mare più intensi in inverno ed in autunno mantenendosi comunque il settore da 180° a 230°N (mezzogiorno ÷ libeccio) come unico settore all'interno del quale provengono tutti gli stati di mare.
- le onde provenienti dal settore di libeccio non subiscono sostanziali rotazioni nella loro propagazione verso costa e l'attenuazione media dell'altezza è inferiore al 10%.

In conclusione, il moto ondoso a largo proveniente rispettivamente dai settori di scirocco e ponente, a causa della rifrazione e dello shoaling e del ridosso creato dall'intero golfo, propagandosi verso costa subiscono una considerevole rotazione a mezzogiorno il primo e a libeccio il secondo ed una sostanziale attenuazione dell'altezza d'onda significativa, limitando nel punto P_1 la traversia al settore compreso tra 180° e 240° N.

5.4. Clima d'onda sottocosta: punto P_2

Per il punto d'inversa spettrale P_2 , le figure 5.4.1 e 5.4.2 riportano in forma grafica l'andamento del coefficiente K ($K = K_r \cdot K_s$ con K_r coefficiente di rifrazione e K_s

coefficiente di shoaling) rispetto alla direzione di incidenza al largo e la corrispondenza tra le direzioni del moto ondoso al largo ed i corrispondenti valori di direzione calcolati a riva.

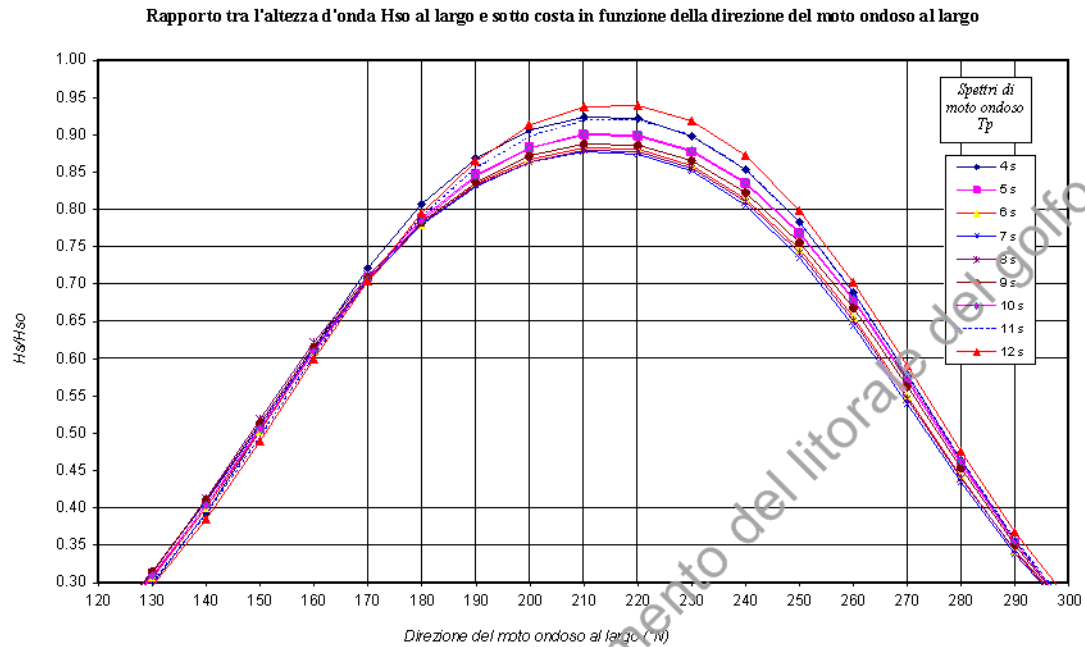


Figura 5.4.1 – Punto di inversa spettrale P_2

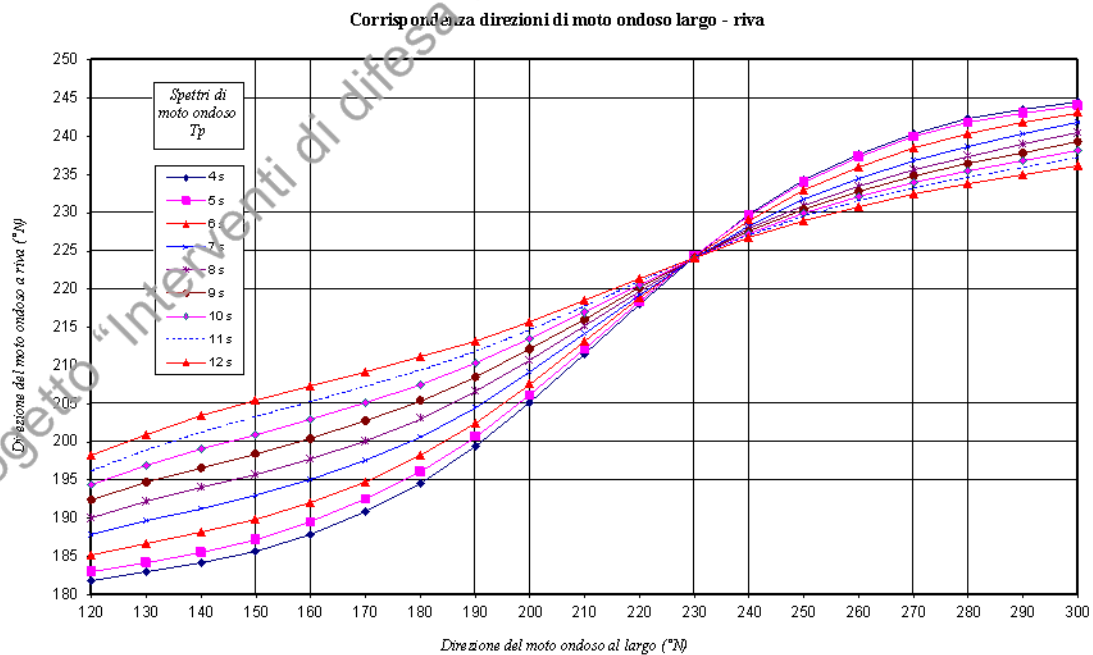
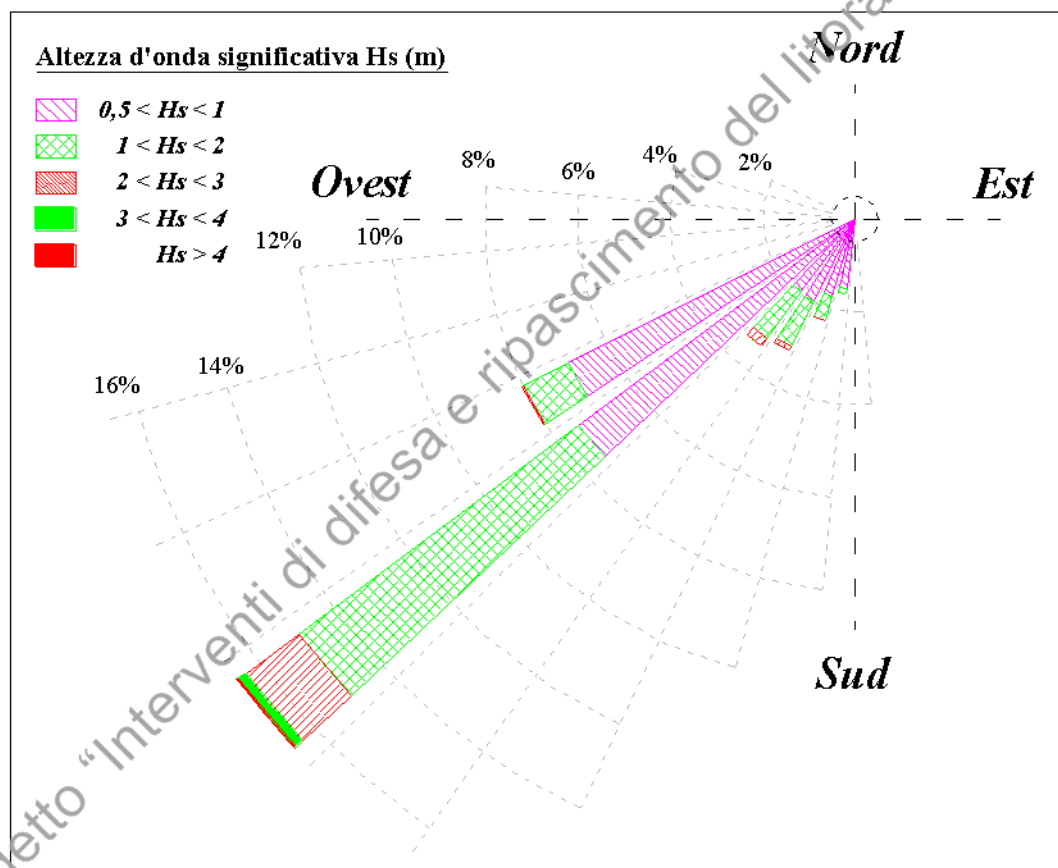


Figura 5.4.2 – Punto di inversa spettrale P_2

Dall'esame delle figure sopra riportate si evidenzia un'attenuazione più marcata per le altezze d'onda provenienti dai settori di scirocco e ponente rispetto a quelle provenienti dal settore di libeccio. I valori maggiori del coefficiente k (compresi tra 0.88 e 0.95) si hanno per onde provenienti dal settore (200° - 230° N).

Di seguito (figura 5.4.3) viene riportato il diagramma polare annuale del clima di moto ondoso a riva (punto P_2) e nelle tabelle 5.4.1÷5.4.5 gli stessi risultati vengono riportati in forma numerica, mentre nelle tabelle 5.4.6 e 5.4.7 gli eventi sono suddivisi, in termini di numero e di frequenze percentuali, per classi di H_s e di periodo di picco T_p .



Serie ondometrica sotto costa - Punto P2 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	< 2.5	2.5+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	1.32															1.32
180	8.98	0.75	0.02													9.74
190	3.02	2.63	1.49	0.11	0.01											7.25
200	1.12	1.56	1.72	0.48	0.08	0.00										4.95
210	1.09	1.45	1.98	0.73	0.36	0.08	0.02									5.71
220	1.51	2.48	1.94	0.88	0.37	0.14	0.05	0.01	0.09	0.00						7.40
230	3.29	5.76	7.43	5.13	2.38	1.03	0.39	0.16	0.94	0.01	0.02	0.00				25.65
240	17.75	10.05	6.92	1.02	0.08	0.01										35.82
250	1.77	0.00														1.77
260	0.38															0.38
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	40.22	24.68	21.50	8.34	3.28	1.27	0.47	0.17	0.04	0.01	0.02	0.00				100.00
Tot. cumul.	40.22	64.90	86.40	94.74	98.02	99.29	99.75	99.92	99.96	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 38474

Tabella 5.4.1- Clima annuale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₂

Serie ondametria sotto costa - Punto P2 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															
DIR (°N)	< 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	1.90														1.90
180	13.00	0.76	0.03												13.80
190	2.50	2.25	1.48	0.23	0.01										6.47
200	0.73	1.52	1.31	0.60	0.13										4.29
210	0.82	1.19	1.74	0.78	0.43	0.08									5.05
220	1.44	2.74	2.25	1.00	0.45	0.18	0.09	0.01							8.18
230	2.82	6.43	9.50	7.28	3.32	1.41	0.61	0.23	0.07	0.00	0.02				31.68
240	11.94	8.75	5.28	0.81	0.08										26.85
250	1.50	0.01													1.51
260	0.27														0.27
270															
280															
290															
300															
310															
320															
330															
340															
350															
360															
TOT.	36.93	23.66	21.59	10.70	4.42	1.67	0.71	0.24	0.07		0.02				100.00
Tot. cumul.	60.58	62.17	92.87	97.29	98.97	99.67	99.91	99.98	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 8793

Tabella 5.4.2- Clima invernale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₂

Serie ondametria sotto costa - Punto P2 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.	
	< 2.5	2.5÷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	2.25															2.25
180	13.71	1.91	0.02													15.64
190	3.15	3.16	2.96	0.17	0.01											9.45
200	1.06	1.48	3.33	0.96	0.17	0.01										7.00
210	0.86	1.35	2.33	1.38	0.92	0.22	0.09									7.14
220	0.95	2.02	2.36	1.64	0.70	0.37	0.13	0.01	0.01	0.01						8.20
230	1.40	4.29	8.12	6.92	3.62	1.99	0.67	0.32	0.10	0.04	0.07	0.01				27.56
240	6.76	6.33	5.91	1.36	0.14	0.03										20.54
250	1.68															1.68
260	0.55															0.55
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	32.35	20.55	25.02	12.42	5.56	2.63	0.89	0.33	0.11	0.06	0.07	0.01				100.00
Tot. cumul.	52.90	77.93	90.34	95.91	98.53	99.42	99.76	99.87	99.92	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 8988

Tabella 5.4.3- Clima autunnale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₂

Serie ondometrica sotto costa - Punto P2 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	< 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	0.74														0.74
180	5.52	0.29	0.01												5.82
190	3.78	3.21	1.10	0.03											8.12
200	1.47	1.83	1.49	0.33	0.03										5.15
210	1.60	1.55	2.01	0.40	0.10	0.02									5.67
220	2.07	2.77	1.66	0.62	0.25	0.02	0.01								7.42
230	4.10	6.37	7.45	4.15	1.90	0.57	0.24	0.06	0.01						24.85
240	20.30	12.12	7.52	0.79	0.05										40.78
250	1.24														1.24
260	0.22														0.22
270															
280															
290															
300															
310															
320															
330															
340															
350															
360															
TOT.	41.03	28.15	21.25	6.32	2.33	0.61	0.25	0.06	0.01						100.00
Tot. cumul.	69.18	90.42	96.74	99.07	99.68	99.93	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10275

Tabella 5.4.4- Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₂

Serie ondometrica sotto costa - Punto P2 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	0.60															0.60
180	4.93	0.17														5.11
190	2.60	1.90	0.63	0.04												5.17
200	1.15	1.39	0.91	0.11												3.56
210	1.03	1.67	1.84	0.43	0.08											5.05
220	1.50	2.37	1.60	0.39	0.14	0.04										6.05
230	4.52	5.85	5.07	2.73	1.01	0.35	0.12	0.07								19.70
240	29.60	12.32	8.57	1.14	0.05	0.01										51.70
250	2.59															2.59
260	0.48															0.48
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	49.00	25.68	18.63	4.84	1.28	0.39	0.12	0.07								100.00
Tot. cumul.	74.68	93.31	98.15	99.42	99.82	99.93	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10418

Tabella 5.4.5- Clima estivo: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione -distribuzione percentuale – Punto P₂

Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14	
0.25 <	5406	8584	1123	352	6	2	3	15476
0.25 ÷ 0.75	1241	9444	3339	583	13	0	0	14620
0.75 ÷ 1.25	13	1075	2889	1131	22	3	0	5133
1.25 ÷ 1.75	0	80	872	1059	2	1	1	2015
1.75 ÷ 2.25	0	1	184	606	1	1	1	774
2.25 ÷ 2.75	0	0	22	266	2	0	0	290
2.75 ÷ 3.25	0	0	4	100	5	0	0	109
3.25 ÷ 3.75	0	0	0	30	7	0	0	37
3.75 ÷ 4.25	0	0	0	5	4	0	1	10
4.25 ÷ 4.75	0	0	0	0	6	1	0	7
4.75 ÷ 5.25	0	0	0	0	1	0	2	3
> 5.25	0	0	0	0	0	0	0	0
Tot.	6660	19184	8413	4132	69	8	8	38474

Tabella 5.4.6- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione per numero di eventi – Punto P₂

Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14		
0.25 <	14.05	22.31	2.92	0.91	0.02	0.01	0.01	40.22	40.22
0.25 ÷ 0.75	3.23	24.55	8.66	1.52	0.03			38.00	78.22
0.75 ÷ 1.25	0.03	2.79	7.51	2.94	0.06	0.01		13.34	91.57
1.25 ÷ 1.75		0.21	2.27	2.75	0.01	0.00	0.00	5.24	96.80
1.75 ÷ 2.25		0.00	0.43	1.58	0.00	0.00	0.00	2.01	98.81
2.25 ÷ 2.75			0.06	0.69	0.01			0.75	99.57
2.75 ÷ 3.25			0.01	0.26	0.01			0.28	99.85
3.25 ÷ 3.75				0.08	0.02			0.10	99.95
3.75 ÷ 4.25				0.01	0.01		0.00	0.03	99.97
4.25 ÷ 4.75					0.02	0.00		0.02	99.99
4.75 ÷ 5.25					0.00		0.01	0.01	100.00
> 5.25								0.00	100.00
Tot.	17.31	49.86	21.87	10.74	0.18	0.02	0.02	100	
Tot. cumul.	17.31	67.17	89.04	99.78	99.96	99.98	100.00		

Tabella 5.4.7- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione percentuale – Punto P₂

5.4.1. Analisi dei risultati per il punto P₂:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è evidente che nella propagazione da largo a riva, nel punto P₂ su fondali di circa -10 m s.l.m., il clima di moto ondoso subisce una

sostanziale variazione, presentando una rotazione ed una forte restrizione della traversia che risulta limitata al settore compreso tra 170°N e 260°N.

In dettaglio si osserva che:

- gli eventi con altezza significativa superiore ai 0.5 m sono circa il 35% (corrispondente ad una durata media annua di circa 4,21 mesi) e risultano tutti concentrati all'interno di un settore compreso tra 180° e 240° N (mezzogiorno ÷ libeccio);
- gli eventi con $H_s > 3.0$ (eventi estremi) provengono tutti dal settore di libeccio (220°-230° N) con una frequenza pari a circa l'0,25% (corrispondente ad una durata di circa 0,9 giorni/anno);
- le altezze d'onda massime raggiungibili risultano superiori a 5.0 m;
- l'analisi della distribuzione stagionale degli eventi conferma una netta prevalenza degli stati di mare estremi in inverno ed in autunno mantenendosi comunque il settore da 180° a 240°N (mezzogiorno ÷ libeccio) come unico settore all'interno del quale provengono tutti gli stati di mare.
- le onde provenienti dal settore di libeccio non subiscono sostanziali rotazioni nella loro propagazione verso costa e l'attenuazione media dell'altezza è inferiore al 5 - 10%.

In conclusione, il moto ondoso a largo proveniente rispettivamente dai settori di scirocco e ponente, a causa della rifrazione e dello shoaling e del ridosso creato dall'intero golfo, propagandosi verso costa subiscono una considerevole rotazione a mezzogiorno il primo e a libeccio il secondo ed una sostanziale attenuazione dell'altezza d'onda significativa, limitando nel punto P_1 la traversia al settore compreso tra 170° e 260° N.

5.5. Clima d'onda sottocosta: punto P_3

Per il punto d'inversa spettrale P_3 , le figure 5.5.1 e 5.5.2 riportano in forma grafica l'andamento del coefficiente K ($K = K_r \cdot K_s$ con K_r coefficiente di rifrazione e K_s coefficiente di shoaling) rispetto alla direzione di incidenza al largo e la corrispondenza

tra le direzioni del moto ondoso al largo ed i corrispondenti valori di direzione calcolati a riva.

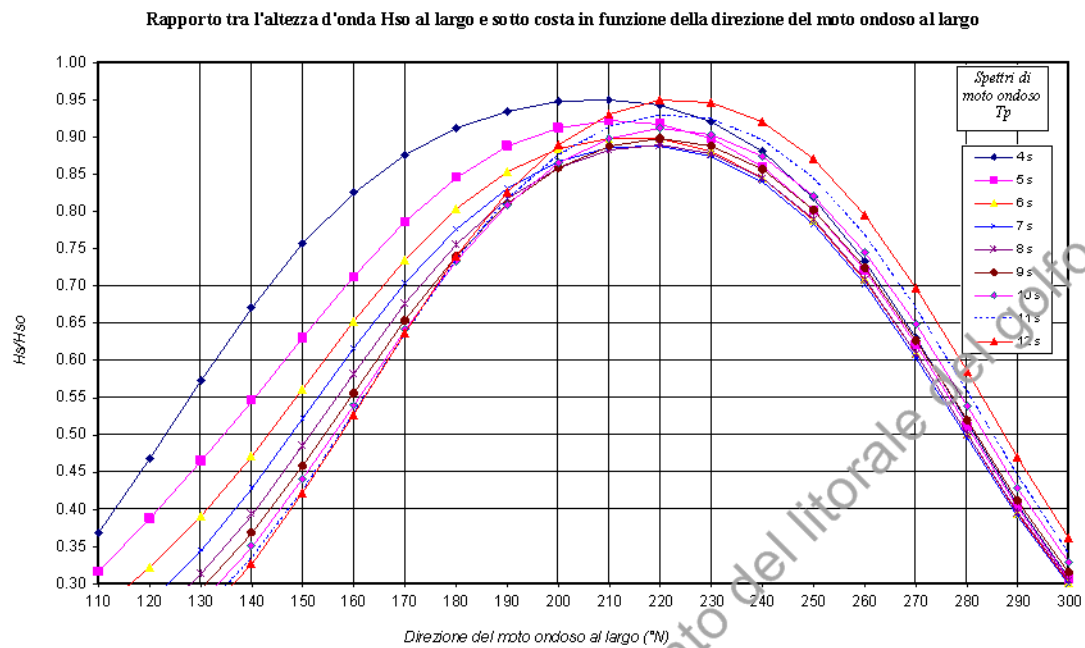


Figura 5.5.1 – Punto di inversa spettrale P_3

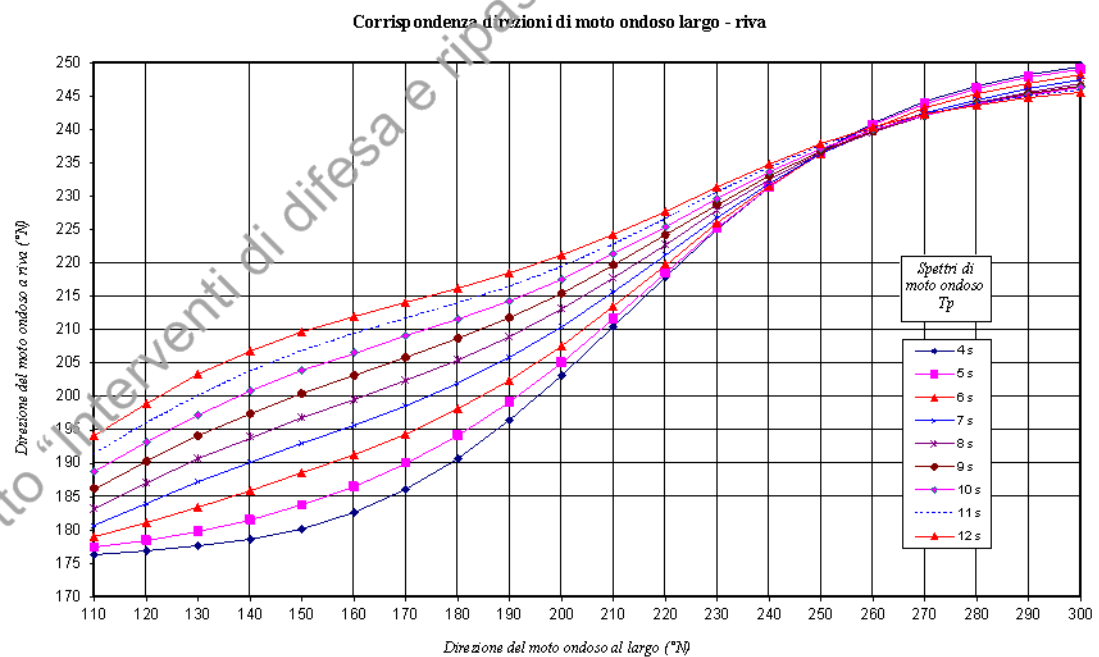
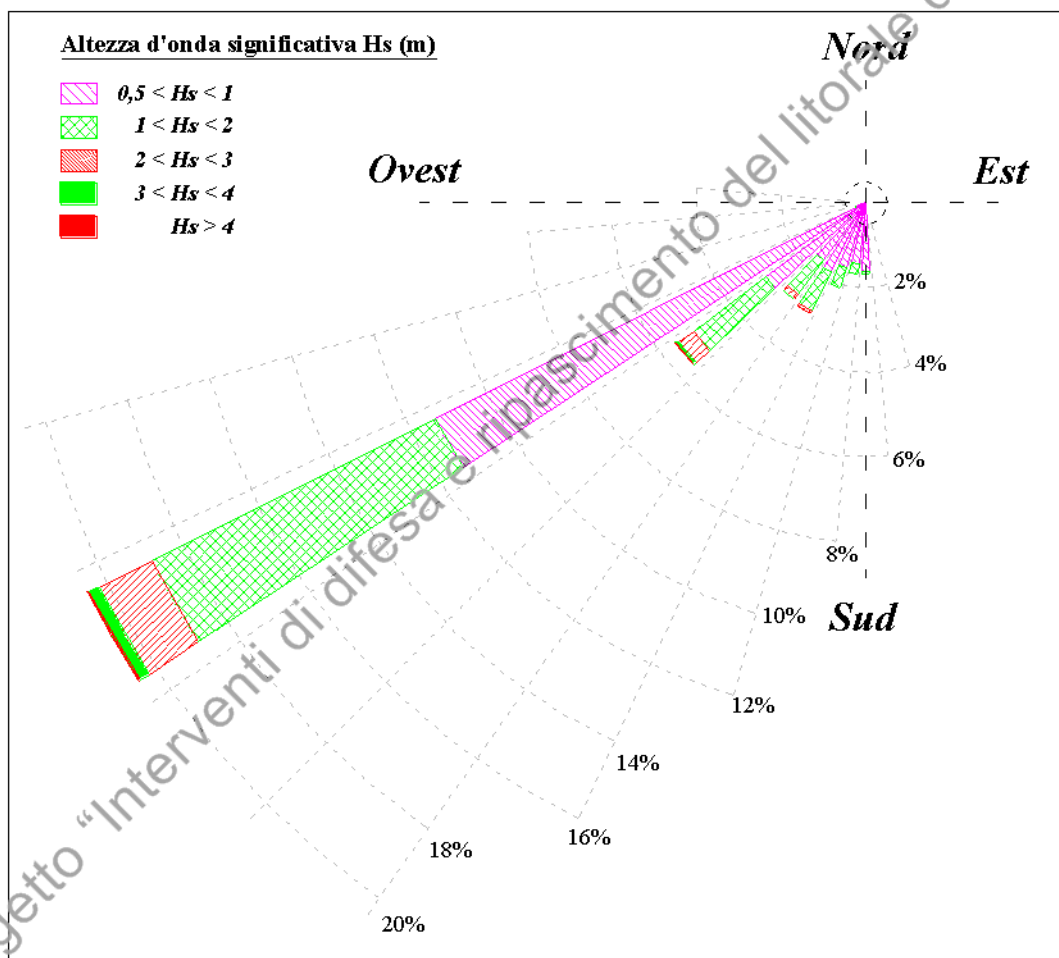


Figura 5.5.2 – Punto di inversa spettrale P_3

Dall'esame delle figure sopra riportate si evidenzia un'attenuazione più marcata per le altezze d'onda provenienti dai settori di scirocco-mezzogiorno e ponente rispetto a quelle provenienti dal settore di libeccio. I valori maggiori del coefficiente k (compresi tra 0.88 e 0.95) si hanno per onde provenienti dal settore 210° - 240° N.

Di seguito (figura 5.5.3) viene riportato il diagramma polare annuale del clima di moto ondoso a riva (punto C_3) e nelle tabelle 5.5.1÷5.5.5 gli stessi risultati vengono riportati in forma numerica, mentre nelle tabelle 5.5.6 e 5.5.7 gli eventi sono suddivisi, in termini di numero e di frequenze percentuali, per classi di H_s e di periodo di picco T_p .



Serie ondometrica sotto costa - Punto P3 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	<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	10.61	4.67	1.62	0.05												16.95
190	0.84	1.36	1.43	0.24	0.01											3.89
200	0.89	1.12	1.59	0.43	0.07											4.09
210	0.83	1.46	1.81	0.72	0.32	0.06	0.01									5.20
220	1.11	1.98	1.68	0.68	0.33	0.10	0.05	0.01								5.93
230	1.55	3.61	2.93	1.51	0.62	0.29	0.15	0.04	0.03	0.01	0.01					10.74
240	9.78	11.30	11.36	5.19	2.27	0.99	0.40	0.18	0.08	0.02	0.01	0.01	0.00	0.00		41.59
250	8.79	1.59	0.25	0.01												10.64
260	0.97															0.97
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	35.36	27.10	22.68	8.82	3.61	1.44	0.60	0.22	0.10	0.02	0.02	0.01	0.00	0.00		100.00
Tot. cumul.	62.47	85.14	93.96	97.58	99.01	99.62	99.84	99.95	99.97	99.99	99.99	100.00	100.00	100.00		

Numero di eventi validi : 39286

Tabella 5.5.1- Clima annuale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₃

Serie ondametria sotto costa - Punto P3 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															
DIR (°N)	< 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	14.74	5.43	1.75	0.06											21.97
190	0.53	1.11	1.37	0.32	0.02										3.35
200	0.58	0.99	1.21	0.52	0.10										3.41
210	0.60	1.21	1.57	0.75	0.39	0.07									4.58
220	1.00	2.04	1.71	0.81	0.42	0.12	0.03	0.01							6.14
230	1.45	4.19	3.94	1.95	0.62	0.43	0.20	0.02	0.04	0.00	0.02				12.86
240	5.84	9.58	10.68	6.03	3.24	1.47	0.62	0.31	0.10	0.01	0.01				37.88
250	6.39	2.49	0.29												9.17
260	0.63														0.63
270															
280															
290															
300															
310															
320															
330															
340															
350															
360															
TOT.	31.75	27.05	22.52	10.44	4.79	2.08	0.85	0.34	0.14	0.01	0.03				100.00
Tot. cumul.	58.80	81.31	91.75	96.54	98.62	99.47	99.81	99.96	99.97	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 9065

Tabella 5.5.2- Clima invernale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₃

Serie ondametria sotto costa - Punto P3 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	< 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	14.70	7.46	3.34	0.10												25.59
190	0.76	1.32	2.30	0.49	0.01											4.89
200	0.78	1.10	2.93	0.86	0.16											5.83
210	0.74	1.24	2.09	1.36	0.82	0.16	0.03									6.45
220	0.67	1.56	1.78	1.21	0.70	0.28	0.17	0.01								6.38
230	0.75	2.68	3.28	2.65	1.24	0.57	0.33	0.11	0.06	0.03	0.02					11.72
240	3.00	5.80	10.09	6.26	3.08	1.57	0.67	0.28	0.15	0.04	0.02	0.03	0.01	0.01		31.02
250	4.39	1.87	0.42	0.02												6.70
260	1.42															1.42
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	27.21	23.01	26.24	12.97	6.01	2.58	1.20	0.40	0.21	0.08	0.04	0.03	0.01	0.01		100.00
Tot. cumul.	50.23	73.46	89.43	95.43	98.01	99.22	99.61	99.83	99.90	99.95	99.98	99.99	100.00	100.00		

Numero di eventi validi : 9308

Tabella 5.5.3- Clima autunnale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₃

Serie ondometrica sotto costa - Punto P3 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	< 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	7.30	3.96	1.04	0.03											12.33
190	1.01	1.72	1.34	0.10											4.17
200	1.22	1.33	1.43	0.32	0.03										4.32
210	1.30	1.62	1.83	0.41	0.09	0.02									5.27
220	1.61	2.29	1.67	0.40	0.11	0.00	0.01								6.08
230	1.88	3.71	2.83	1.27	0.62	0.17	0.08	0.02	0.01						10.59
240	12.59	14.68	12.48	4.47	1.77	0.50	0.23	0.11	0.03	0.01					46.88
250	8.70	1.00	0.14												9.85
260	0.53														0.53
270															
280															
290															
300															
310															
320															
330															
340															
350															
360															
TOT.	88.14	30.31	22.76	6.99	2.61	0.69	0.32	0.13	0.04	0.01					100.00
Tot. cumul.	66.45	89.21	96.20	98.81	99.51	99.83	99.95	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10370

Tabella 5.5.4- Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₃

Serie ondametria sotto costa - Punto P3 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	6.72	2.25	0.57	0.02												9.55
190	1.01	1.27	0.82	0.10												3.20
200	0.91	1.03	0.87	0.09												2.91
210	0.64	1.72	1.75	0.42	0.05											4.57
220	1.12	2.00	1.57	0.37	0.13	0.02										5.22
230	2.00	3.85	1.87	0.35	0.09	0.04										8.20
240	16.39	14.33	11.98	4.21	1.21	0.54	0.14	0.07	0.04							48.91
250	14.83	1.15	0.17													16.15
260	1.29															1.29
270																
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	44.90	27.60	19.61	5.57	1.48	0.60	0.14	0.07	0.04							100.00
Tot. cumul.	72.50	92.11	97.68	99.16	99.75	99.90	99.96	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10543

Tabella 5.5.5- Clima estivo: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione -distribuzione percentuale – Punto P₃

Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14	
0.25 <	7723	4807	1043	290	20	1	9	13893
0.25 ÷ 0.75	2978	8969	3729	481	19	0	0	16174
0.75 ÷ 1.25	48	1212	3402	822	28	2	0	5512
1.25 ÷ 1.75	0	88	1116	1009	7	1	1	2222
1.75 ÷ 2.25	0	2	222	636	17	1	1	879
2.25 ÷ 2.75	0	0	32	307	30	0	0	369
2.75 ÷ 3.25	0	0	5	99	40	0	0	144
3.25 ÷ 3.75	0	0	0	30	33	0	0	63
3.75 ÷ 4.25	0	0	0	5	7	0	0	12
4.25 ÷ 4.75	0	0	0	2	7	0	1	10
4.75 ÷ 5.25	0	0	0	0	4	0	0	4
> 5.25	0	0	0	0	1	1	2	4
Tot.	10745	15078	9549	3681	213	6	14	39266

Tabella 5.5.6 - Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione per numero di eventi – Punto P₃

Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14		
0.25 <	19.66	12.24	2.65	0.74	0.05	0.00	0.02	35.36	35.36
0.25 ÷ 0.75	7.58	22.83	9.49	1.29	0.05			41.17	76.53
0.75 ÷ 1.25	0.12	3.09	8.66	2.09	0.07	0.01		14.03	90.56
1.25 ÷ 1.75		0.22	2.84	2.57	0.02	0.00	0.00	5.66	96.22
1.75 ÷ 2.25		0.01	0.57	1.62	0.04	0.00	0.00	2.24	98.46
2.25 ÷ 2.75			0.08	0.78	0.08			0.94	99.40
2.75 ÷ 3.25			0.01	0.25	0.10			0.37	99.76
3.25 ÷ 3.75				0.08	0.08			0.16	99.92
3.75 ÷ 4.25				0.01	0.02			0.03	99.95
4.25 ÷ 4.75				0.01	0.02		0.00	0.03	99.98
4.75 ÷ 5.25					0.01			0.01	99.99
> 5.25					0.00	0.00	0.01	0.01	100.00
Tot.	27.35	38.38	24.31	9.37	0.54	0.02	0.04	100.00	
Tot. cumul.	27.35	65.73	90.04	99.41	99.95	99.96	100.00		

Tabella 5.5.7- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione percentuale – Punto P₃

5.5.1. Analisi dei risultati per il punto P₃:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è evidente che nella propagazione da largo a riva, nel punto P₃ su fondali di circa -10 m s.l.m., il clima di moto ondoso subisce una sostanziale variazione, presentando una rotazione ed una forte restrizione della traversia che risulta limitata al settore compreso tra 180°N e 260°N.

In dettaglio si osserva che:

- gli eventi con altezza significativa superiore ai 0.5 m sono circa il 37,5% (corrispondente ad una durata media annua di circa 4,5 mesi) e risultano tutti concentrati all'interno di un settore compreso tra 180° e 250° N (mezzogiorno - libeccio);
- gli eventi con $H_s > 3.0$ (eventi estremi) provengono tutti dal settore di libeccio (220°-240° N) con una frequenza pari a circa l'0,38% (corrispondente ad una durata di circa 1,4 giorni/anno);
- le altezze d'onda massime raggiungibili risultano anche superiori a 5,0 m;
- l'analisi della distribuzione stagionale degli eventi conferma una netta prevalenza degli stati di mare estremi in inverno ed in autunno mantenendosi comunque il settore da 180° e 250° N (mezzogiorno - libeccio) come unico settore all'interno del quale provengono tutti gli stati di mare.
- le onde provenienti dal settore di ponente subiscono lievi rotazioni nella loro propagazione verso costa e l'attenuazione media dell'altezza che risulta pari a circa 20%, mentre gli eventi di moto ondoso provenienti da libeccio si mantengono sostanzialmente invariati e comunque inferiori al 10%.

In conclusione, il moto ondoso a largo proveniente rispettivamente dai settori di scirocco e ponente, a causa della rifrazione e dello shoaling e del ridosso creato dall'intero golfo, propagandosi verso costa subiscono una considerevole rotazione a mezzogiorno il primo e a libeccio il secondo ed una sostanziale attenuazione dell'altezza d'onda significativa, limitando nel punto P_1 la traversia al settore compreso tra 180° e 260° N.

5.6. Clima d'onda sottocosta: punto P_4

Per il punto d'inversa spettrale P_4 , le figure 5.6.1 e 5.6.2 riportano in forma grafica l'andamento del coefficiente K ($K = K_r \cdot K_s$ con K_r coefficiente di rifrazione e K_s coefficiente di shoaling) rispetto alla direzione di incidenza al largo e la corrispondenza

tra le direzioni del moto ondoso al largo ed i corrispondenti valori di direzione calcolati a riva.

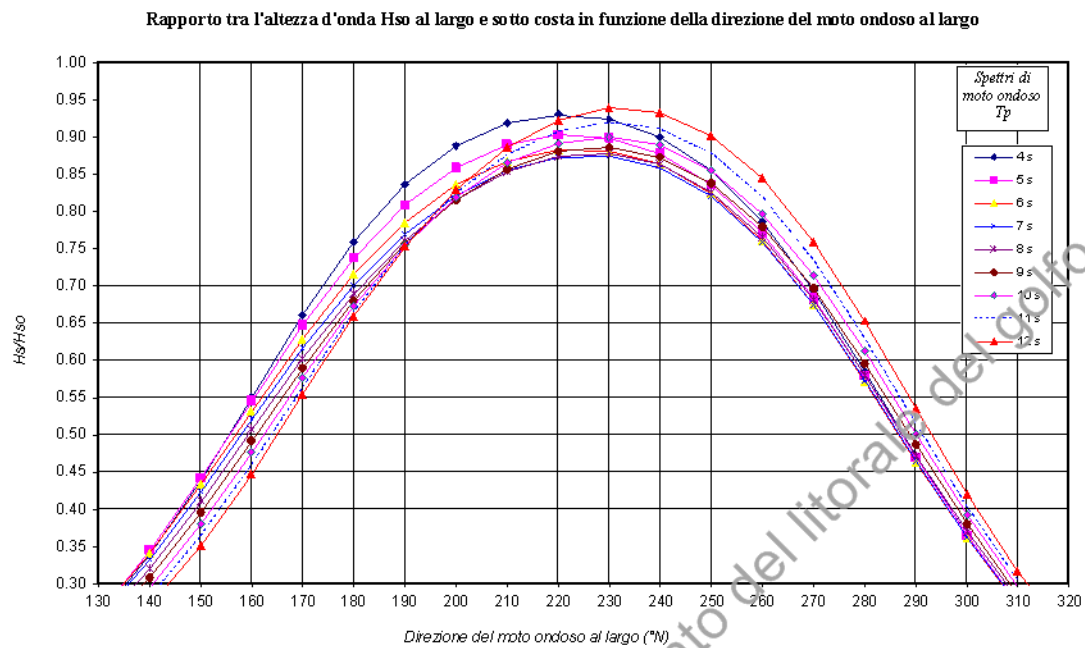


Figura 5.6.1 – Punto di inversa spettrale P_4

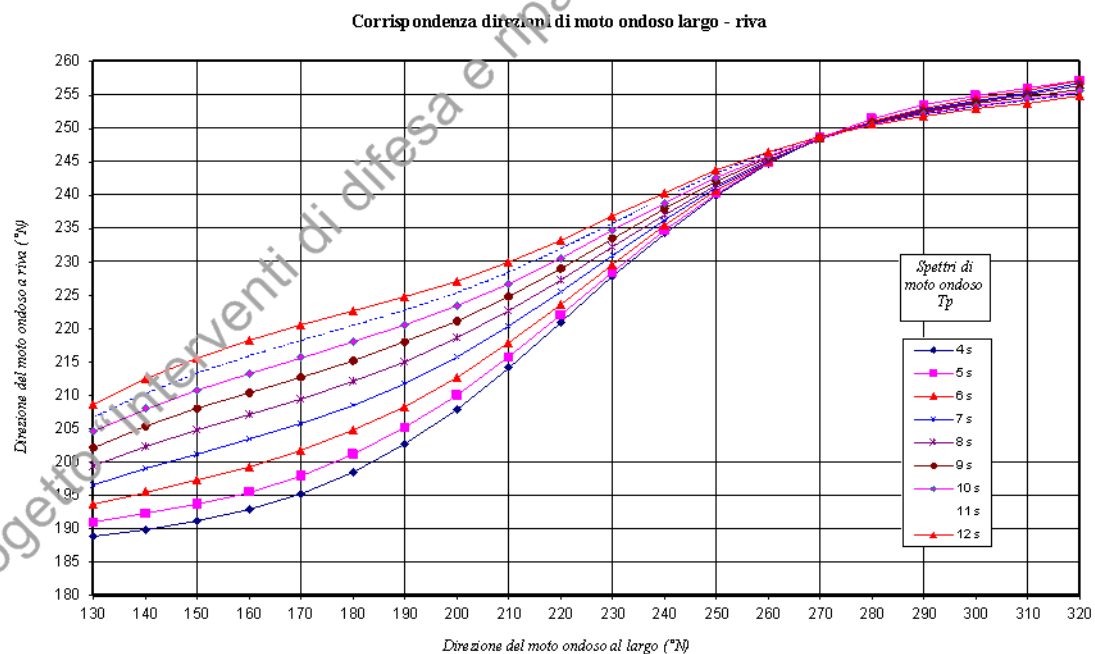


Figura 5.6.2 – Punto di inversa spettrale P_4

Dall'esame delle figure sopra riportate si evidenzia un'attenuazione più marcata per le altezze d'onda provenienti dai settori di scirocco e ponente - maestrale rispetto a quelle provenienti dal settore di libeccio. I valori maggiori del coefficiente k (compresi tra 0.88 e 0.94), fatta eccezione per le onde di piccolo periodo che nel punto prescelto risentono in maniera minore del fenomeno della rifrazione e dello shoaling, si hanno per onde provenienti dal settore di libeccio (210° - 250° N).

Di seguito (figura 5.6.3) viene riportato il diagramma polare annuale del clima di moto ondoso a riva (punto P_4) e nelle tabelle 5.6.1÷5.6.5 gli stessi risultati (sia annuale che stagionali) vengono riportati in forma numerica, mentre nelle tabelle 5.6.6 e 5.6.7 gli eventi sono suddivisi, in termini di numero e di frequenze percentuali, per classi di H_s e di periodo di picco T_p .

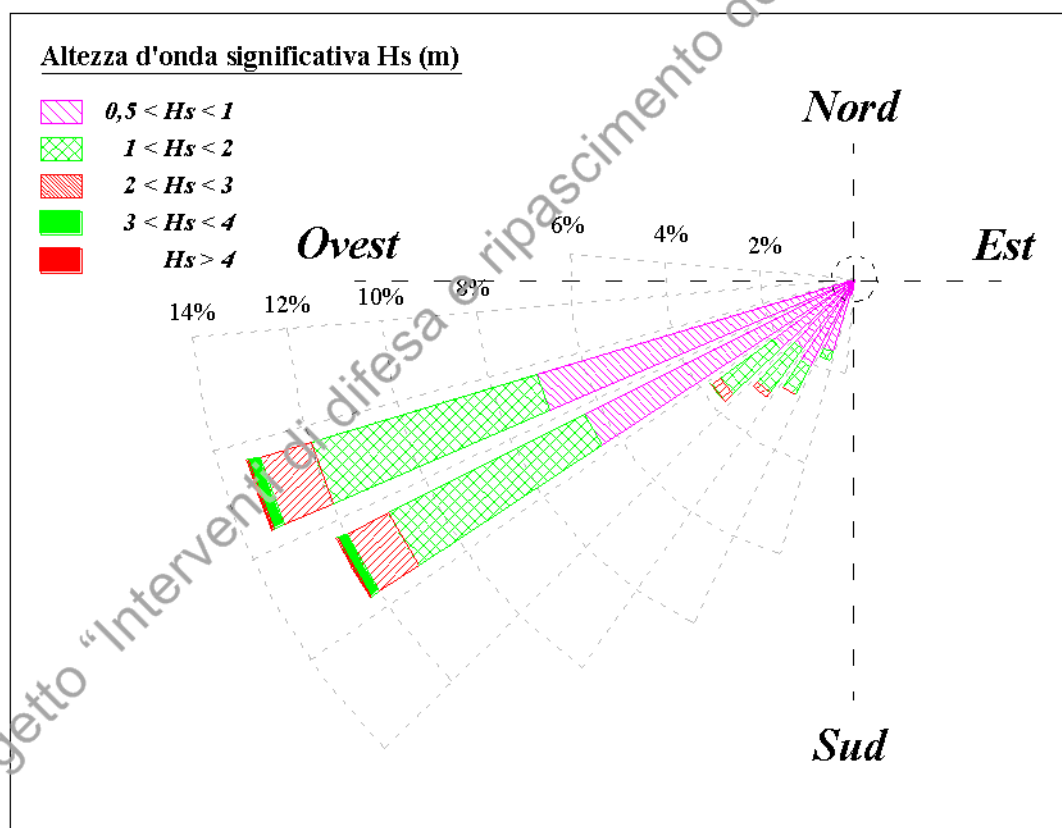


Figura 5.6.3 – Diagramma polare annuale della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso a riva – Punto P_4

Serie ondametrica sotto costa - Punto P4 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
(°N)	< 2.5	2.5÷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	1.61															1.61
190	11.52	2.10	0.35													13.97
200	1.53	1.92	1.60	0.18	0.01											5.24
210	1.12	1.55	2.07	0.57	0.10	0.01										5.40
220	1.08	1.81	1.84	0.78	0.37	0.08	0.03									5.99
230	1.37	2.85	2.13	0.97	0.42	0.16	0.06	0.01	0.00	0.00						7.96
240	3.76	6.92	6.36	3.09	1.55	0.71	0.27	0.13	0.08	0.01	0.01	0.01				22.89
250	12.35	8.33	6.99	3.41	1.56	0.74	0.38	0.17	0.06	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00		34.04
260	2.26	0.13														2.39
270	0.50															0.50
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	37.08	25.61	21.34	9.00	4.00	1.69	0.74	0.32	0.15	0.03	0.02	0.01	0.01	0.00		100.00
Tot. cumul.		62.70	84.04	93.04	97.04	98.73	99.46	99.78	99.92	99.96	99.98	99.99	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 38579

Tabella 5.6.1- Clima annuale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P4.

Serie ondametria sotto costa - Punto P4 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)																
DIR (°N)	< 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	TOT.					
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180	2.32										2.32					
190	15.08	2.06	0.33								17.47					
200	1.09	1.67	1.52	0.25	0.02						4.55					
210	0.77	1.26	1.57	0.69	0.10						4.39					
220	0.79	1.69	1.81	1.01	0.45	0.09					5.85					
230	1.49	3.35	2.63	1.15	0.42	0.24	0.10	0.01			9.39					
240	2.54	6.94	7.44	4.61	2.42	0.95	0.40	0.15	0.01	0.01	0.01	25.63				
250	7.31	7.67	5.77	2.99	1.99	1.14	0.48	0.33	0.08	0.05	0.01	27.80				
260	1.86	0.37										2.24				
270	0.36											0.36				
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	33.62	25.01	21.07	10.70	5.41	2.42	0.98	0.49	0.23	0.06	0.02	0.01			100.00	
Tot. cumul.	58.63	79.70	90.39	95.80	98.22	99.19	99.68	99.91	99.97	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00		

Numero di eventi validi : 8806

Tabella 5.6.2- Clima invernale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₄

Serie ondametria sotto costa - Punto P4 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	< 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	2.49															2.49
190	16.68	3.39	0.82													20.89
200	1.54	2.05	3.04	0.37												6.99
210	0.97	1.52	3.47	1.14	0.27	0.02										7.39
220	0.79	1.53	1.85	1.45	0.91	0.27	0.10									6.88
230	0.70	2.08	2.62	1.78	0.77	0.39	0.11	0.02	0.01	0.01						8.50
240	1.47	4.37	6.52	4.62	2.43	1.19	0.52	0.28	0.13	0.04	0.01	0.02				21.62
250	4.15	4.49	5.42	3.58	1.97	0.93	0.73	0.29	0.11	0.03	0.04	0.01	0.03	0.01		21.81
260	2.43	0.19														2.62
270	0.82															0.82
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	32.04	19.60	23.74	12.94	6.35	2.80	1.46	0.59	0.25	0.09	0.06	0.03	0.03	0.01		100.00
Tot. cumul.	51.64	71.38	88.33	94.68	97.48	98.94	99.52	99.78	99.87	99.92	99.96	99.99	100.00	100.00		

Numero di eventi validi : 9039

Tabella 5.6.3- Clima autunnale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₄

Serie ondometrica sotto costa - Punto P4 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
(°N)	< 2.5	2.5+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	0.98															0.98
190	8.79	1.99	0.22													11.00
200	1.81	2.34	1.22	0.09												5.46
210	1.61	1.65	2.03	0.26	0.04											5.60
220	1.63	2.06	1.80	0.39	0.11	0.00	0.01									6.00
230	1.73	2.95	1.96	0.75	0.42	0.01	0.03									7.84
240	4.50	8.19	7.03	2.45	1.19	0.63	0.18	0.11	0.03							24.31
250	14.56	9.67	7.66	3.18	1.22	0.38	0.17	0.06	0.02	0.00	0.01					36.94
260	1.56	0.01														1.56
270	0.30															0.30
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	87.47	28.87	21.93	7.12	2.97	1.02	0.40	0.17	0.05		0.01					100.00
Tot. cumul.		66.34	88.27	95.38	98.36	99.38	99.78	99.94	99.99	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10288

Tabella 5.6.4- Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₄

Serie ondometrica sotto costa - Punto P4 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	0.86															0.86
190	6.75	1.13	0.09													7.96
200	1.62	1.62	0.80	0.05												4.09
210	1.06	1.71	1.30	0.26												4.34
220	1.01	1.91	1.91	0.40	0.08											5.31
230	1.48	2.99	1.44	0.35	0.11	0.04										6.41
240	6.03	7.87	4.65	1.12	0.40	0.14	0.03	0.03	0.02							20.28
250	21.50	10.89	8.72	3.83	1.19	0.59	0.21	0.06	0.06							47.05
260	3.13	0.01														3.14
270	0.54															0.54
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	43.99	28.13	18.92	6.01	1.78	0.78	0.24	0.09	0.08							100.00
Tot. cumul.	72.11	91.03	97.04	98.82	99.60	99.84	99.92	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10446

Tabella 5.6.5- Clima estivo: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione -distribuzione percentuale – Punto P₄

Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14	
0.25 <	6257	6641	1152	228	22	2	5	14307
0.25 ÷ 0.75	1875	9251	3348	412	12	1	0	15000
0.75 ÷ 1.25	20	1157	3544	404	26	4	0	5155
1.25 ÷ 1.75	0	103	1443	832	4	2	0	2384
1.75 ÷ 2.25	0	4	294	670	4	2	0	974
2.25 ÷ 2.75	0	0	51	382	6	0	0	439
2.75 ÷ 3.25	0	0	7	175	9	0	0	181
3.25 ÷ 3.75	0	0	1	58	19	3	0	81
3.75 ÷ 4.25	0	0	0	15	12	1	0	28
4.25 ÷ 4.75	0	0	0	2	7	1	0	10
4.75 ÷ 5.25	0	0	0	0	1	4	0	5
> 5.25	0	0	0	0	1	4	0	5
Tot.	8252	17156	9841	3178	123	24	5	38579

Tabella 5.6.6- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione per numero di eventi – Punto P₄.

Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14		
0.25 <	16.22	17.21	2.99	0.59	0.06	0.01	0.01	37.08	37.08
0.25 ÷ 0.75	5.12	23.98	8.68	1.07	0.03	0.00		38.88	75.97
0.75 ÷ 1.25	0.05	3.00	9.19	1.05	0.07	0.01		13.36	89.33
1.25 ÷ 1.75		0.27	3.74	2.16	0.01	0.01		6.18	95.51
1.75 ÷ 2.25		0.01	0.76	1.74	0.01	0.01		2.52	98.03
2.25 ÷ 2.75			0.13	0.99	0.02			1.14	99.17
2.75 ÷ 3.25			0.02	0.45	0.02			0.50	99.67
3.25 ÷ 3.75			0.00	0.15	0.05	0.01		0.21	99.88
3.75 ÷ 4.25				0.04	0.03	0.00		0.07	99.95
4.25 ÷ 4.75				0.01	0.02	0.00		0.03	99.97
4.75 ÷ 5.25					0.00	0.01		0.01	99.99
> 5.25					0.00	0.01		0.01	100.00
Tot.	21.39	44.47	25.51	8.24	0.32	0.06	0.01	100.00	
Tot. cumul.	21.39	65.86	91.37	99.61	99.92	99.99	100.00		

Tabella 5.6.7- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione percentuale – Punto P₄

5.6.1. Analisi dei risultati per il punto P₄:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è evidente che nella propagazione da largo a riva, nel punto P₄ su fondali di circa -10 m s.l.m., il clima di moto ondoso subisce una sostanziale variazione, presentando una rotazione ed una forte restrizione della traversia che risulta limitata al settore compreso tra 180°N e 270°N.

In dettaglio si osserva che:

- gli eventi con altezza significativa superiore ai 0.5 m sono circa il 37.3% (corrispondente ad una durata media annua di circa 4.5 mesi) e risultano tutti concentrati all'interno di un settore compreso tra 180° e 250°N (scirocco÷mezzogiorno÷libeccio);
- gli eventi con $H_s > 3.0$ m (eventi estremi) provengono tutti dal settore di libeccio (230°-250°N) con una frequenza pari a circa l'0.54% (corrispondente ad una durata di circa 1,96 giorni/anno);
- le altezze d'onda massime raggiungibili risultano comunque inferiori a 6,0 m;
- l'analisi della distribuzione stagionale degli eventi conferma una netta prevalenza degli stati di mare estremi in inverno ed in autunno mantenendosi comunque il settore da 190° a 250°N (mezzogiorno ÷ libeccio) come l'unico settore all'interno del quale provengono tutti gli stati di mare.
- le onde provenienti dal settore di libeccio non subiscono sostanziali rotazioni nella loro propagazione verso costa e l'attenuazione media dell'altezza è inferiore al 10%.

In conclusione, il moto ondoso a largo proveniente rispettivamente dai settori di scirocco - mezzogiorno e di ponente - maestrale, a causa della rifrazione e dello shoaling e del ridosso creato a sud dal promontorio di Punta Licosa ed a nord dalla costiera amalfitana, propagandosi verso costa subisce una considerevole rotazione a libeccio ed una sostanziale attenuazione dell'altezza d'onda significativa, limitando la traversia al settore compreso tra 180° e 270° N.

5.7. Clima d'onda sottocosta: punto P₅

Per il punto d'inversa spettrale P₅, le figure 5.7.1 e 5.7.2 riportano in forma grafica l'andamento del coefficiente K ($K = K_r \cdot K_s$ con K_r coefficiente di rifrazione e K_s coefficiente di shoaling) rispetto alla direzione di incidenza al largo e la corrispondenza tra le direzioni del moto ondoso al largo ed i corrispondenti valori di direzione calcolati a riva.

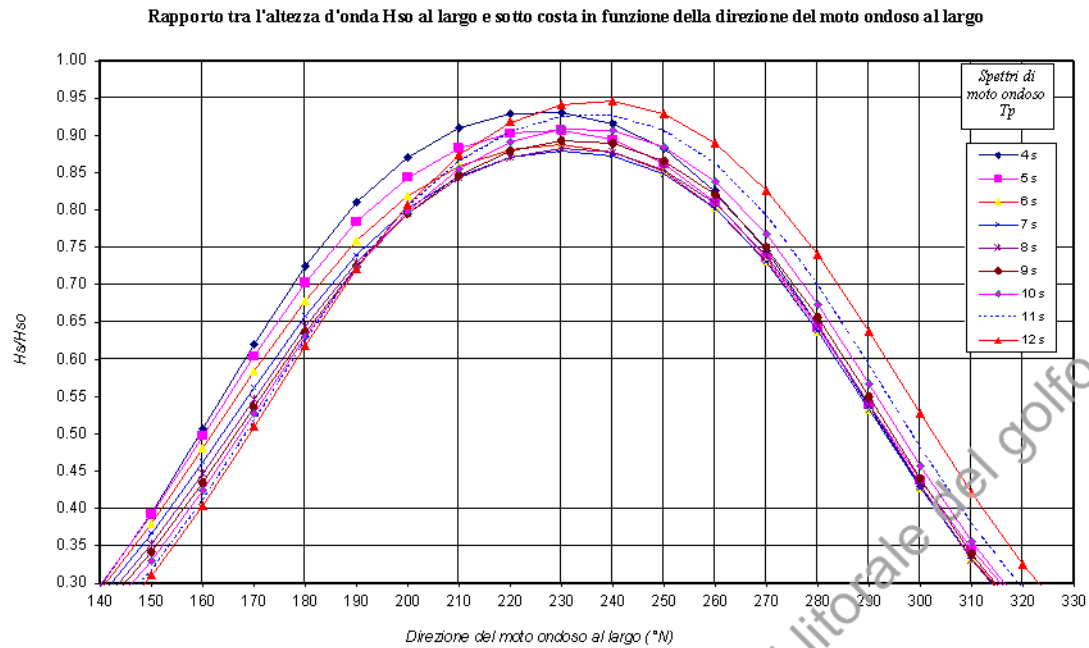


Figura 5.7.1 – Punto di inversa spettrale P_5

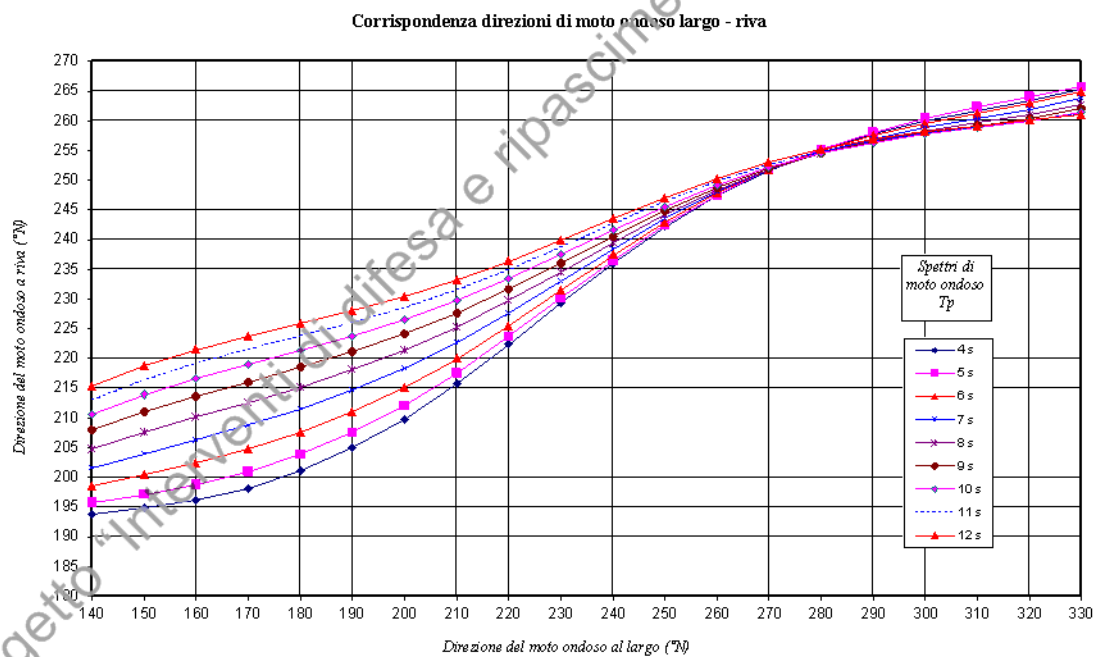


Figura 5.7.2 – Punto di inversa spettrale P_5

Dall'esame delle figure sopra riportate si evidenzia un'attenuazione più marcata per le altezze d'onda provenienti dai settori di scirocco - mezzogiorno e ponente - maestrale rispetto a quelle provenienti dal settore di libeccio. I valori maggiori del coefficiente k (compresi tra 0.88 e 0.94), fatta eccezione per le onde di piccolo periodo che nel punto prescelto risentono in maniera minore del fenomeno della rifrazione e dello shoaling, si hanno per onde provenienti dal settore di libeccio (220° - 250° N).

Di seguito (figura 5.7.3) viene riportato il diagramma polare annuale del clima di moto ondoso a riva (punto P_5) e nelle tabelle 5.7.1 ÷ 5.7.5 gli stessi risultati (sia annuale che stagionali) vengono riportati in forma numerica, mentre nelle tabelle 5.7.6 e 5.7.7 gli eventi sono suddivisi, in termini di numero e di frequenze percentuali, per classi di H_s e di periodo di picco T_p .

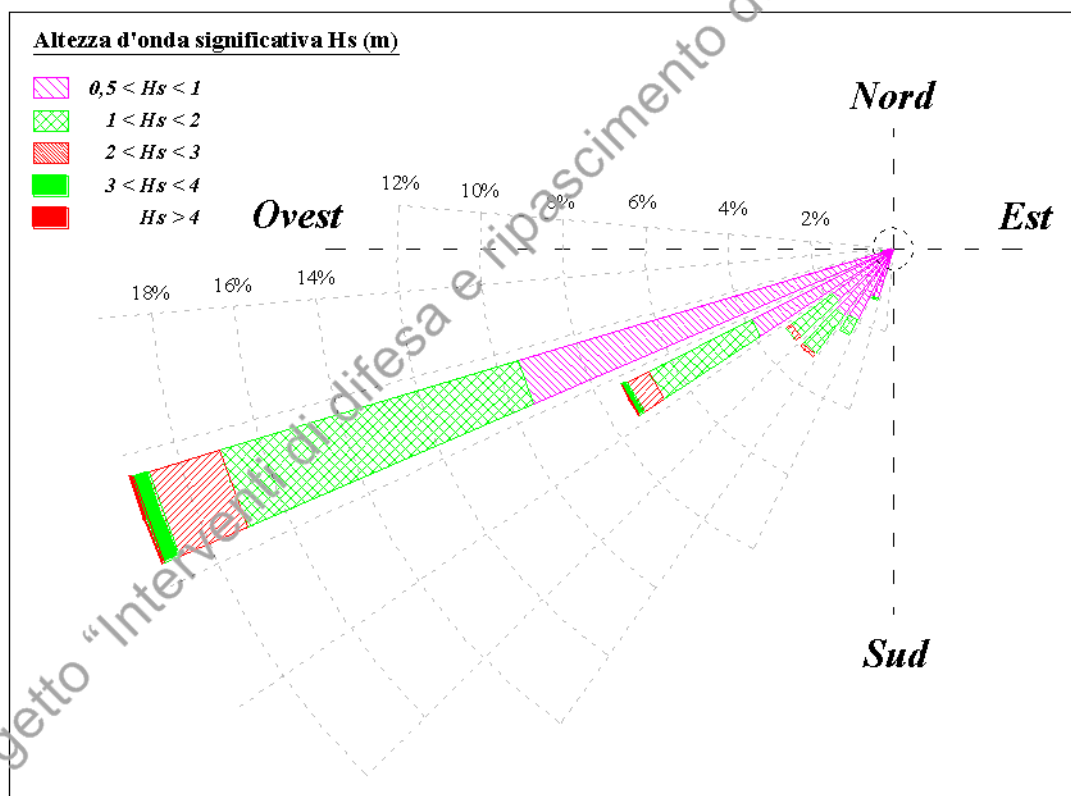


Figura 5.7.3 – Diagramma polare annuale della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso a riva – Punto P_5

Serie ondametria sotto costa - Punto P5 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)																
DIR (°N)	<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	TOT.					
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180	1.37															1.37
190	9.87	0.43														10.29
200	3.03	2.75	1.24	0.06												7.09
210	1.21	1.66	1.93	0.37	0.04											5.21
220	1.07	1.77	2.02	0.84	0.31	0.07	0.01									6.08
230	1.31	2.55	1.82	0.90	0.35	0.13	0.04	0.00								7.10
240	2.27	4.80	3.84	1.89	0.89	0.38	0.20	0.09	0.05	0.01	0.01	0.01				14.42
250	9.13	9.92	9.46	5.04	2.49	1.21	0.58	0.28	0.11	0.05	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	38.30
260	4.45	1.29	0.28	0.02												6.03
270	4.10	0.02														4.11
280	0.01															0.01
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	37.80	25.16	20.60	9.12	4.07	1.78	0.83	0.37	0.16	0.06	0.02	0.01	0.00	0.01	0.00	100.00
Tot. cumul.	62.97	83.56	92.68	96.75	98.54	99.36	99.74	99.90	99.96	99.97	99.99	99.99	100.00	100.00		

Numero di eventi validi : 39514

Tabella 5.7.1- Clima annuale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P5.

Serie ondometrica sotto costa - Punto P5 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	<2.5	2.5÷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	2.21															2.21
190	13.27	0.55														13.81
200	2.40	2.60	1.30	0.07												6.38
210	0.88	1.28	1.50	0.49	0.06											4.21
220	0.72	1.56	1.85	1.01	0.36	0.04										5.54
230	1.36	2.96	2.18	1.07	0.43	0.20	0.08	0.01								8.29
240	1.73	5.19	4.62	2.63	1.15	0.51	0.28	0.07	0.08	0.00	0.01	0.01				16.26
250	4.87	8.18	8.35	5.33	3.48	1.74	0.83	0.46	0.18	0.07	0.01	0.01				33.53
260	3.26	2.44	0.51	0.03												6.24
270	3.48	0.03														3.52
280																
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	34.19	24.79	20.31	10.63	5.48	2.49	1.19	0.56	0.26	0.07	0.02	0.02				100.00
Tot. cumul.	34.19	58.98	79.29	89.92	95.39	97.89	99.08	99.63	99.89	99.96	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 8985

Tabella 5.7.2- Clima invernale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₅

Serie ondametria sotto costa - Punto P5 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	<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	2.05															2.05
190	15.16	0.86														16.02
200	2.84	3.48	2.32	0.16												8.80
210	1.06	1.67	3.71	0.75	0.09											7.28
220	0.81	1.58	2.14	1.68	0.79	0.22	0.05									7.29
230	0.66	1.84	2.21	1.59	0.61	0.29	0.09									7.30
240	1.00	3.30	3.82	3.17	1.72	0.78	0.43	0.25	0.10	0.03	0.02	0.02				14.63
250	2.39	4.16	7.74	5.35	2.99	1.56	0.94	0.43	0.19	0.10	0.04	0.01	0.01	0.03	0.01	25.95
260	2.35	1.68	0.46	0.04												4.54
270	6.12	0.03														6.15
280	0.01															0.01
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	34.45	18.60	22.41	12.74	6.20	2.86	1.51	0.67	0.29	0.13	0.06	0.03	0.01	0.03	0.01	100.00
Tot. cumul.	53.05	75.45	88.20	94.39	97.25	98.76	99.43	99.72	99.85	99.91	99.95	99.96	99.99	100.00		

Numero di eventi validi : 9346

Tabella 5.7.3 - Clima autunnale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₅

Serie ondometrica sotto costa - Punto P5 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	0.85															0.85
190	6.62	0.23														6.85
200	4.09	3.08	0.88	0.01												8.06
210	1.71	1.89	1.74	0.21	0.02											5.57
220	1.63	1.97	2.11	0.35	0.10	0.01										6.16
230	1.80	2.65	1.65	0.64	0.28	0.01										7.03
240	2.63	5.48	4.30	1.48	0.73	0.26	0.12	0.06	0.03							15.08
250	11.77	12.21	11.00	4.77	1.96	0.92	0.33	0.15	0.03	0.02	0.01					43.15
260	4.22	0.71	0.08													5.00
270	2.22															2.22
280	0.01															0.01
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	37.56	28.21	21.75	7.46	3.08	1.20	0.45	0.21	0.06	0.02	0.01					100.00
tot. cumul.	65.76	87.52	94.98	98.05	99.25	99.70	99.91	99.97	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10430

Tabella 5.7.4- Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₅

Serie ondametria sotto costa - Punto P5 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)																
DIR (°N)	<.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	TOT.
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180	0.58															0.58
190	5.58	0.14														5.72
200	2.71	1.93	0.60	0.03												5.26
210	1.13	1.74	0.92	0.09												3.89
220	1.02	1.91	1.98	0.45	0.05											5.40
230	1.35	2.73	1.36	0.39	0.12	0.04										5.99
240	3.47	5.11	2.77	0.55	0.09	0.05	0.00	0.01								12.04
250	15.97	14.14	10.40	4.81	1.76	0.74	0.29	0.11	0.07	0.02						48.30
260	7.48	0.54	0.11													8.13
270	4.68															4.68
280	0.01															0.01
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	43.97	28.23	18.14	6.31	2.82	0.83	0.29	0.12	0.07	0.02						100.00
Tot. cumul.	72.20	90.35	96.66	98.68	99.51	99.80	99.92	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10753

Tabella 5.7.5 - Clima estivo: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione -distribuzione percentuale – Punto P₅

Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14	
0.25 <	6090	7701	1002	130	4	4	6	14937
0.25 ÷ 0.75	1898	8198	3464	446	15	0	0	15018
0.75 ÷ 1.25	16	1151	3540	475	29	3	0	5214
1.25 ÷ 1.75	0	90	1388	942	6	1	0	2427
1.75 ÷ 2.25	0	4	293	738	3	1	2	1041
2.25 ÷ 2.75	0	0	41	449	12	0	0	502
2.75 ÷ 3.25	0	0	6	195	10	0	0	211
3.25 ÷ 3.75	0	0	1	70	23	0	0	94
3.75 ÷ 4.25	0	0	0	24	19	2	0	45
4.25 ÷ 4.75	0	0	0	4	6	0	0	10
4.75 ÷ 5.25	0	0	0	0	5	3	0	8
> 5.25	0	0	0	0	3	3	0	6
Tot.	8004	18142	9735	3473	135	17	8	39514

Tabella 5.7.6- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.
Distribuzione per numero di eventi – Punto P5

Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14		
0.25 <	15.41	19.49	2.54	0.33	0.01	0.01	0.02	37.80	37.80
0.25 ÷ 0.75	4.80	23.27	8.77	1.13	0.04			38.01	75.81
0.75 ÷ 1.25	0.04	2.91	8.96	1.20	0.07	0.01		13.20	89.01
1.25 ÷ 1.75		0.23	3.51	2.38	0.02	0.00		6.14	95.15
1.75 ÷ 2.25		0.01	0.74	1.87	0.01	0.00	0.01	2.63	97.78
2.25 ÷ 2.75			0.10	1.14	0.03			1.27	99.05
2.75 ÷ 3.25			0.02	0.49	0.03			0.53	99.59
3.25 ÷ 3.75			0.00	0.18	0.06			0.24	99.83
3.75 ÷ 4.25				0.06	0.05	0.01		0.11	99.94
4.25 ÷ 4.75				0.01	0.02			0.03	99.96
4.75 ÷ 5.25					0.01	0.01		0.02	99.98
>5.25					0.01	0.01		0.02	100.00
Tot.	20.26	45.91	24.64	8.79	0.34	0.04	0.02	100.00	
Tot. cumul.	20.26	66.17	90.81	99.60	99.94	99.98	100.00		

Tabella 5.7.7- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.
Distribuzione percentuale – Punto P5

5.7.1. Analisi dei risultati per il punto P5:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è evidente che nella propagazione da largo a riva, nel punto P₅ su fondali di circa -10 m s.l.m., il clima di moto ondoso subisce una sostanziale variazione, presentando una rotazione ed una forte restrizione della traversia che risulta limitata al settore compreso tra 180°N e 270°N.

In dettaglio si osserva che:

- gli eventi con altezza significativa superiore ai 0.5 m sono circa il 37.3% (corrispondente ad una durata media annua di circa 4.5 mesi) e risultano tutti concentrati all'interno di un settore compreso tra 200° e 260°N (mezzogiorno ÷ libeccio);
- gli eventi con $H_s > 3.0$ m (eventi estremi) provengono tutti dal settore di libeccio (230°-250°N) con una frequenza pari a circa l'0.64% (corrispondente ad una durata di circa 2,32 giorni/anno);
- le altezze d'onda massime raggiungibili superiori a 5,0 m hanno una frequenza pari a circa l'0.03% (corrispondente ad una durata di circa 2,22 ore l'anno);
- l'analisi della distribuzione stagionale degli eventi conferma una netta prevalenza degli stati di mare estremi in inverno ed in autunno mantenendosi comunque il settore da 200° a 260°N (mezzogiorno ÷ libeccio) come l'unico settore all'interno del quale provengono tutti gli stati di mare.
- le onde provenienti dal settore di libeccio non subiscono sostanziali rotazioni nella loro propagazione verso costa e l'attenuazione media dell'altezza è inferiore al 10%.

In conclusione, il moto ondoso a largo proveniente rispettivamente dai settori di scirocco - mezzogiorno e di ponente - maestrale, a causa della rifrazione e dello shoaling e del ridosso creato a sud dal promontorio di Punta Licosa ed a nord dalla costiera amalfitana, propagandosi verso costa subisce una considerevole rotazione a libeccio il primo e a libeccio – ponente il secondo ed una sostanziale attenuazione dell'altezza d'onda significativa, limitando la traversia al settore compreso tra 180° e 270° N.

5.8. Clima d'onda sottocosta: punto P₆

Per il punto d'inversa spettrale P₆, le figure 5.8.1 e 5.8.2 riportano in forma grafica l'andamento del coefficiente K ($K = K_r \cdot K_s$ con K_r coefficiente di rifrazione e K_s coefficiente di shoaling) rispetto alla direzione di incidenza al largo e la corrispondenza

tra le direzioni del moto ondoso al largo ed i corrispondenti valori di direzione calcolati a riva.

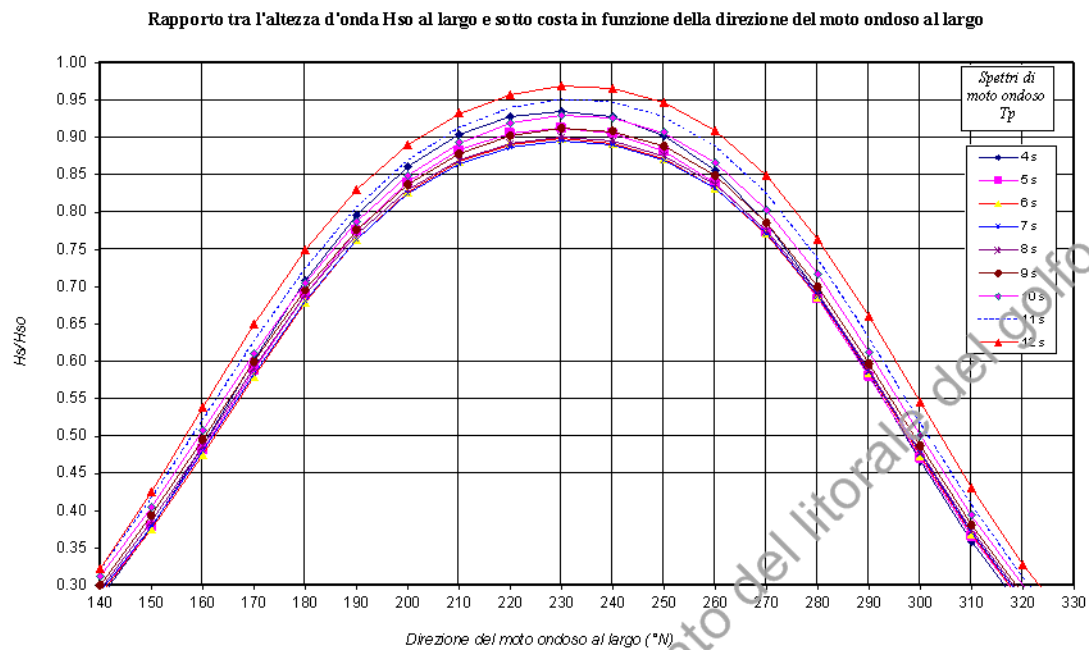


Figura 5.8.1 – Punto di inversa spettrale P_6

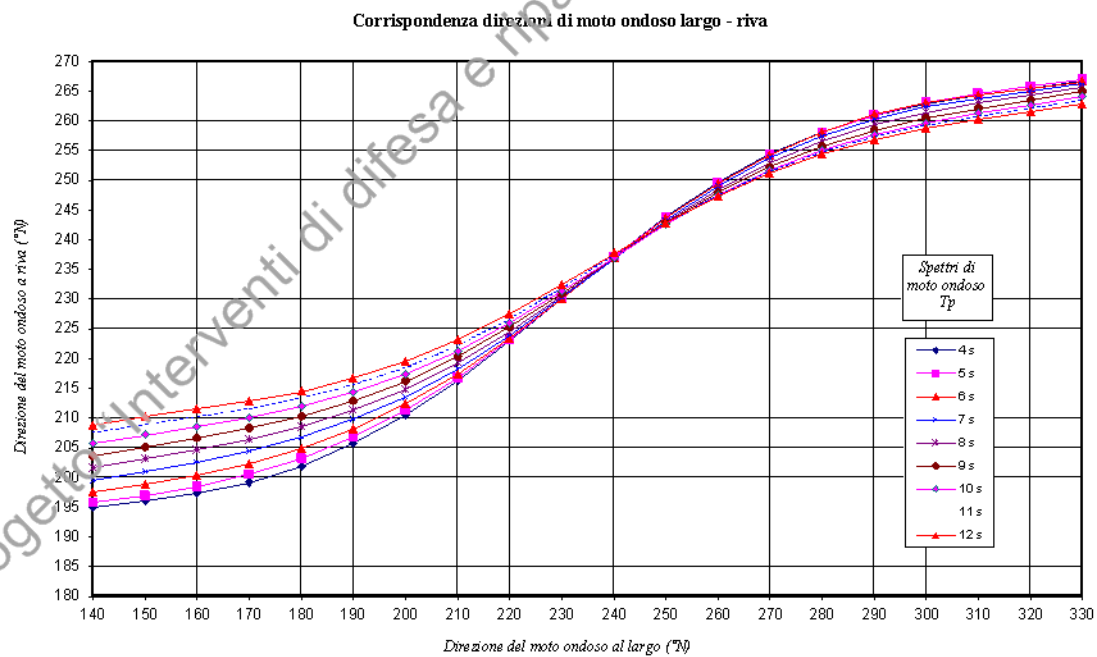


Figura 5.8.2 – Punto di inversa spettrale P_6

Dall'esame delle figure sopra riportate si evidenzia un'attenuazione più marcata per le altezze d'onda provenienti dai settori di scirocco - mezzogiorno e ponente - maestrale rispetto a quelle provenienti dal settore di libeccio. I valori maggiori del coefficiente k (compresi tra 0.90 e 0.96), fatta eccezione per le onde di piccolo periodo che nel punto prescelto risentono in maniera minore del fenomeno della rifrazione e dello shoaling, si hanno per onde provenienti dal settore di libeccio (220° - 250° N).

Di seguito (figura 5.8.3) viene riportato il diagramma polare annuale del clima di moto ondoso a riva (punto P_6) e nelle tabelle 5.8.1 ÷ 5.8.5 gli stessi risultati (sia annuale che stagionali) vengono riportati in forma numerica, mentre nelle tabelle 5.8.6 e 5.8.7 gli eventi sono suddivisi, in termini di numero e di frequenze percentuali, per classi di H_s e di periodo di picco T_p .

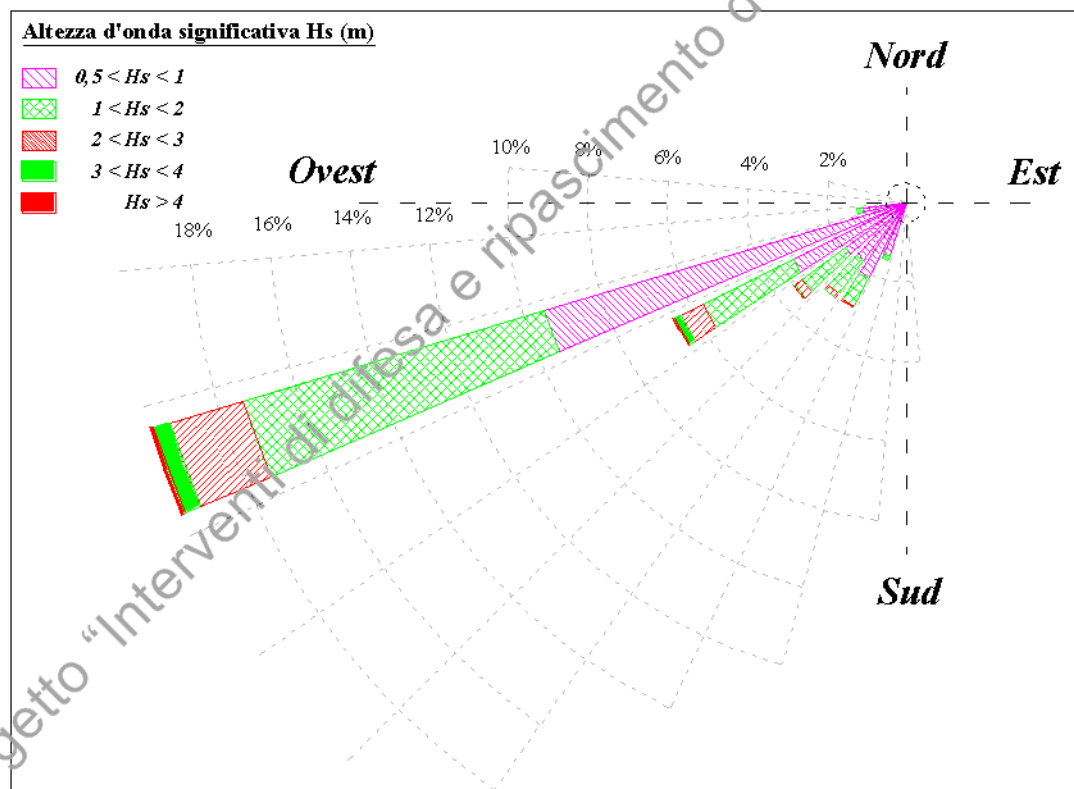


Figura 5.8.3 – Diagramma polare annuale della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso a riva – Punto P_6

Serie ondometrica sotto costa - Punto P6 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	< 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	0.03															0.03
190	9.08	0.07														9.15
200	5.87	2.97	1.40	0.11	0.00											10.35
210	1.34	1.92	2.14	0.62	0.15	0.03	0.00									6.20
220	1.14	1.68	1.81	0.71	0.33	0.10	0.04	0.00								5.81
230	1.11	2.65	1.91	0.92	0.43	0.15	0.08	0.01	0.01	0.00	0.01					7.27
240	1.77	3.76	3.16	1.63	0.90	0.41	0.22	0.11	0.06	0.02	0.01	0.01	0.00			12.06
250	5.71	9.33	9.47	5.25	2.64	1.28	0.63	0.31	0.12	0.05	0.01	0.01	0.00	0.01	0.00	34.82
260	7.22	3.18	1.09	0.12	0.03											11.64
270	1.99	0.07														2.06
280	0.60															0.60
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	35.86	25.64	20.97	9.35	4.48	1.97	0.96	0.44	0.19	0.07	0.02	0.02	0.01	0.01	0.00	100.00
Tot. cumul.	81.50	82.47	91.82	96.30	98.28	99.24	99.68	99.87	99.94	99.97	99.98	99.99	100.00	100.00		

Numero di eventi validi : 38796

Tabella 5.8.1 - Clima annuale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₆

Serie ondometrica sotto costa - Punto P6 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	<2,5	2,5÷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	0.02															0.02
190	13.65	0.11														13.76
200	5.17	2.93	1.45	0.14	0.01											9.70
210	1.01	1.52	1.63	0.76	0.16											5.07
220	0.78	1.60	1.77	0.93	0.41	0.14	0.00	0.01								5.62
230	1.13	3.13	2.39	1.12	0.43	0.22	0.17	0.00	0.00	0.00	0.01					8.60
240	1.34	4.12	4.00	2.34	1.29	0.63	0.28	0.12	0.11	0.01	0.00	0.01				14.26
250	3.25	7.21	8.15	5.41	3.52	1.74	0.94	0.45	0.19	0.08	0.03	0.01				31.00
260	4.37	4.09	1.38	0.19	0.05											10.07
270	1.28	0.20														1.48
280	0.41															0.41
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	32.40	24.91	20.76	10.89	5.86	2.73	1.39	0.60	0.31	0.09	0.05	0.02				100.00
Tot. cumul.	32.40	57.31	78.07	88.95	94.82	97.54	98.94	99.54	99.84	99.93	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi :

8836

Tabella 5.8.2- Clima invernale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₆

Serie ondametria sotto costa - Punto P6 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	<0.25	0.25+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	0.03															0.03
190	14.88	0.19														15.06
200	6.40	4.15	2.57	0.22												13.34
210	1.18	1.96	3.89	1.31	0.39	0.10	0.01									8.84
220	0.86	1.46	1.81	1.26	0.81	0.28	0.14									6.62
230	0.54	1.89	2.38	1.63	0.78	0.36	0.13	0.04	0.04	0.01	0.01					7.82
240	0.81	2.79	3.10	2.62	1.54	0.76	0.45	0.22	0.12	0.05	0.02	0.01	0.01			12.50
250	1.71	3.77	7.29	5.55	3.23	1.58	1.05	0.53	0.22	0.09	0.01	0.04	0.01	0.03	0.01	25.11
260	2.66	2.57	1.42	0.19	0.08											6.92
270	2.56	0.09														2.65
280	1.11															1.11
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	32.74	18.86	22.45	12.77	6.83	3.08	1.78	0.79	0.38	0.15	0.04	0.05	0.02	0.03	0.01	100.00
Tot. cumul.	51.60	74.05	86.82	93.65	96.73	98.51	99.30	99.68	99.84	99.88	99.93	99.96	99.99	100.00		

Numero di eventi validi : 9136

Tabella 5.8.3 - Clima autunnale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₆

Serie ondamentrica sotto costa - Punto P6 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	4.84	0.01														4.85
200	7.08	3.05	1.06	0.08												11.27
210	1.91	2.14	1.99	0.24	0.07	0.01										6.37
220	1.69	1.88	1.77	0.36	0.08	0.00	0.01									5.78
230	1.52	2.84	1.74	0.70	0.44	0.05	0.03									7.32
240	2.00	4.07	3.48	1.34	0.73	0.28	0.17	0.10	0.03							12.20
250	7.64	11.94	11.20	5.08	2.01	1.08	0.26	0.17	0.04	0.02	0.01					39.45
260	7.68	2.72	0.78	0.09												11.26
270	1.26															1.26
280	0.25															0.25
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	35.88	28.65	22.01	7.88	3.32	1.43	0.48	0.27	0.07	0.02	0.01					100.00
tot. cumul.		64.52	86.53	94.41	97.73	99.16	99.63	99.90	99.97	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10305

Tabella 5.8.4- Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₆

Serie ondametrica sotto costa - Punto P6 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	0.07															0.07
190	4.36															4.36
200	4.82	1.91	0.67	0.02												7.42
210	1.19	2.02	1.22	0.26	0.02											4.70
220	1.15	1.76	1.88	0.39	0.09	0.02										5.29
230	1.20	2.70	1.26	0.35	0.10	0.02										5.64
240	2.75	4.01	2.19	0.48	0.19	0.07	0.00	0.02	0.00	0.01						9.71
250	9.35	13.39	10.77	5.01	2.02	0.81	0.37	0.14	0.06	0.03						41.94
260	13.13	3.39	0.87	0.03	0.01											17.44
270	2.79	0.01														2.80
280	0.65															0.65
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	41.46	29.19	18.86	6.53	2.42	0.91	0.37	0.16	0.06	0.04						100.00
Tot. cumul.		70.64	89.50	96.04	98.46	99.37	99.74	99.90	99.96	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10519

Tabella 5.8.5 - Clima estivo: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione -distribuzione percentuale – Punto P₆

Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14	
0.25 <	5632	6611	1378	241	30	7	13	13912
0.25 ÷ 0.75	1911	8015	3567	399	16	0	0	14908
0.75 ÷ 1.25	13	1164	3766	375	27	4	0	5349
1.25 ÷ 1.75	1	91	1653	765	7	1	0	2518
1.75 ÷ 2.25	0	3	390	729	3	2	0	1127
2.25 ÷ 2.75	0	0	69	456	15	1	0	541
2.75 ÷ 3.25	0	0	9	221	16	0	0	246
3.25 ÷ 3.75	0	0	1	86	26	0	0	113
3.75 ÷ 4.25	0	0	0	25	24	2	0	51
4.25 ÷ 4.75	0	0	0	7	7	0	0	14
4.75 ÷ 5.25	0	0	0	0	7	3	0	10
> 5.25	0	0	0	0	4	3	0	7
Tot.	7557	16884	10833	3304	182	23	13	38796

Tabella 5.8.6- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione per numero di eventi – Punto P6

Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14		
0.25 <	14.52	17.04	3.55	0.62	0.08	0.02	0.03	35.86	35.86
0.25 ÷ 0.75	4.93	23.24	9.19	1.03	0.04			38.43	74.29
0.75 ÷ 1.25	0.03	3.00	9.71	0.97	0.07	0.01		13.79	88.07
1.25 ÷ 1.75	0.00	0.23	4.26	1.97	0.02	0.00		6.49	94.56
1.75 ÷ 2.25		0.01	1.01	1.88	0.01	0.01		2.90	97.47
2.25 ÷ 2.75			0.09	1.18	0.04	0.00		1.39	98.86
2.75 ÷ 3.25			0.02	0.57	0.04			0.63	99.50
3.25 ÷ 3.75			0.00	0.22	0.07			0.29	99.79
3.75 ÷ 4.25				0.06	0.06	0.01		0.13	99.92
4.25 ÷ 4.75				0.02	0.02			0.04	99.96
4.75 ÷ 5.25					0.02	0.01		0.03	99.98
>5.25					0.01	0.01		0.02	100.00
Tot.	19.48	43.52	27.92	8.52	0.47	0.06	0.03	100.00	
Tot. cumul.	19.48	63.00	90.92	99.44	99.91	99.97	100.00		

Tabella 5.8.7- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione percentuale – Punto P6

5.8.1. Analisi dei risultati per il punto P₆:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è evidente che nella propagazione da largo a riva, nel punto P₆ su fondali di circa -10 m s.l.m., il clima di moto ondoso subisce una sostanziale variazione, presentando una rotazione ed una forte restrizione della traversia che risulta limitata al settore compreso tra 190°N e 280°N.

In dettaglio si osserva che:

- gli eventi con altezza significativa superiore ai 0.5 m sono circa il 38.5% (corrispondente ad una durata media annua di circa 4.6 mesi) e risultano tutti concentrati all'interno di un settore compreso tra 200° e 260°N (mezzogiorno ÷ libeccio);
- gli eventi con $H_s > 3.0$ m (eventi estremi) provengono tutti dal settore di libeccio (230°-250°N) con una frequenza pari a circa l'0.76% (corrispondente ad una durata di circa 2,77 giorni/anno);
- le altezze d'onda massime raggiungibili per il settore 240 – 250 °N, superiori a 5,0 m, hanno una frequenza pari a circa l'0.035% (corrispondente ad una durata di circa 2,94 ore/anno);
- l'analisi della distribuzione stagionale degli eventi conferma una netta prevalenza degli stati di mare estremi in inverno ed in autunno mantenendosi comunque il settore da 200° a 250°N (mezzogiorno ÷ libeccio) come l'unico settore all'interno del quale provengono tutti gli stati di mare.
- le onde provenienti dal settore di libeccio non subiscono sostanziali rotazioni nella loro propagazione verso costa e l'attenuazione media dell'altezza è inferiore al 10%.

In conclusione, il moto ondoso a largo proveniente rispettivamente dai settori di scirocco - mezzogiorno e di ponente - maestrale, a causa della rifrazione e dello shoaling e del ridosso creato a sud dal promontorio di Punta Licosa ed a nord dalla costiera amalfitana, propagandosi verso costa subisce una considerevole rotazione a libeccio il primo e a libeccio – ponente il secondo ed una sostanziale attenuazione dell'altezza d'onda significativa, limitando la traversia al settore compreso tra 190° e 280° N.

5.9. Clima d'onda sottocosta: punto P₇

Per il punto d'inversa spettrale P₇, le figure 5.9.1 e 5.9.2 riportano in forma grafica l'andamento del coefficiente K ($K = K_r \cdot K_s$ con K_r coefficiente di rifrazione e K_s

coefficiente di shoaling) rispetto alla direzione di incidenza al largo e la corrispondenza tra le direzioni del moto ondoso al largo ed i corrispondenti valori di direzione calcolati a riva.

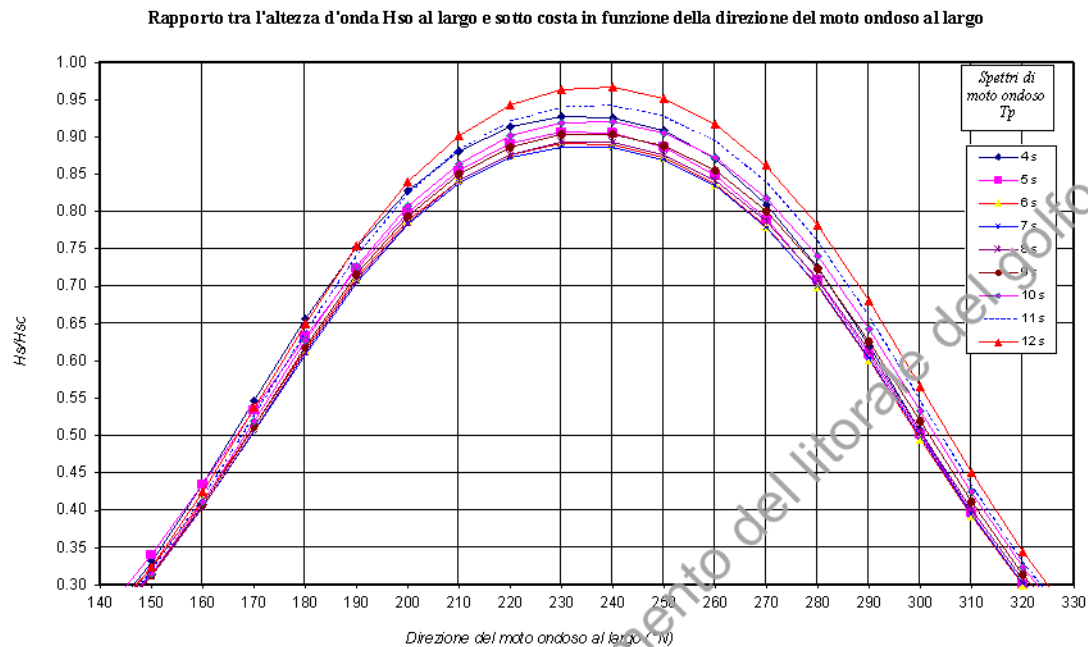


Figura 5.9.1 – Punto di inversa spettrale P_7

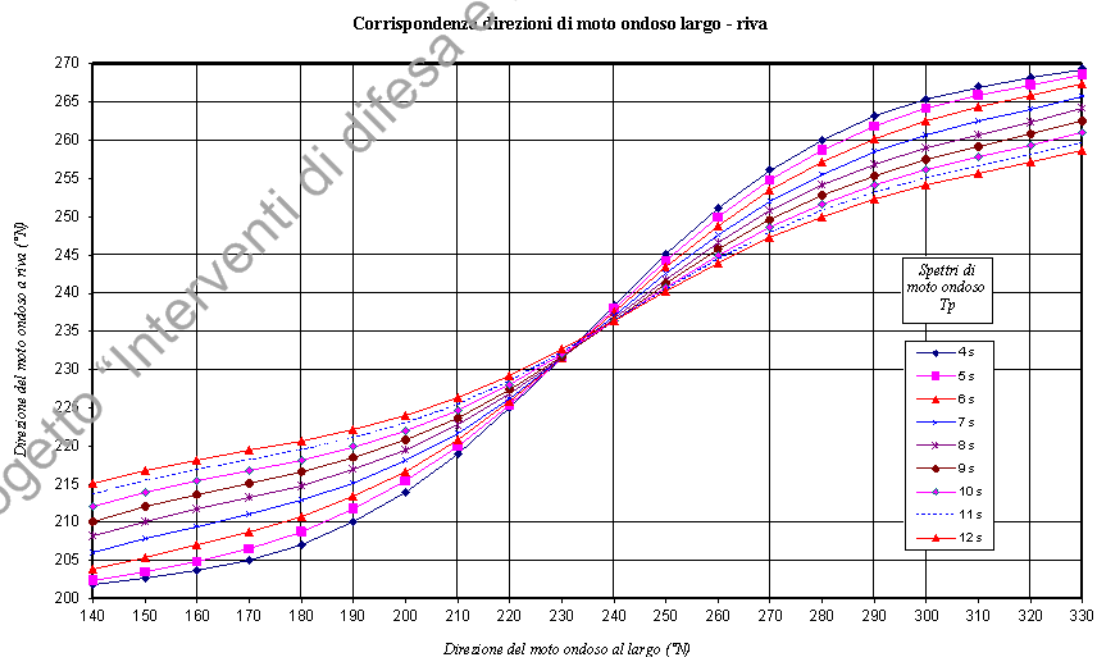


Figura 5.9.2 – Punto di inversa spettrale P_7

Dall'esame delle figure sopra riportate si evidenzia un'attenuazione più marcata per le altezze d'onda provenienti dai settori di scirocco - mezzogiorno e ponente - maestrale rispetto a quelle provenienti dal settore di libeccio. I valori maggiori del coefficiente k (compresi tra 0.89 e 0.96), fatta eccezione per le onde di piccolo periodo che nel punto prescelto risentono in maniera minore del fenomeno della rifrazione e dello shoaling, si hanno per onde provenienti dal settore di libeccio (220° - 250° N).

Di seguito (figura 5.9.3) viene riportato il diagramma polare annuale del clima di moto ondoso a riva (punto P_7) e nelle tabelle 5.9.1 ÷ 5.9.5 gli stessi risultati (sia annuale che stagionali) vengono riportati in forma numerica, mentre nelle tabelle 5.8.6 e 5.8.7 gli eventi sono suddivisi, in termini di numero e di frequenze percentuali, per classi di H_s e di periodo di picco T_p .

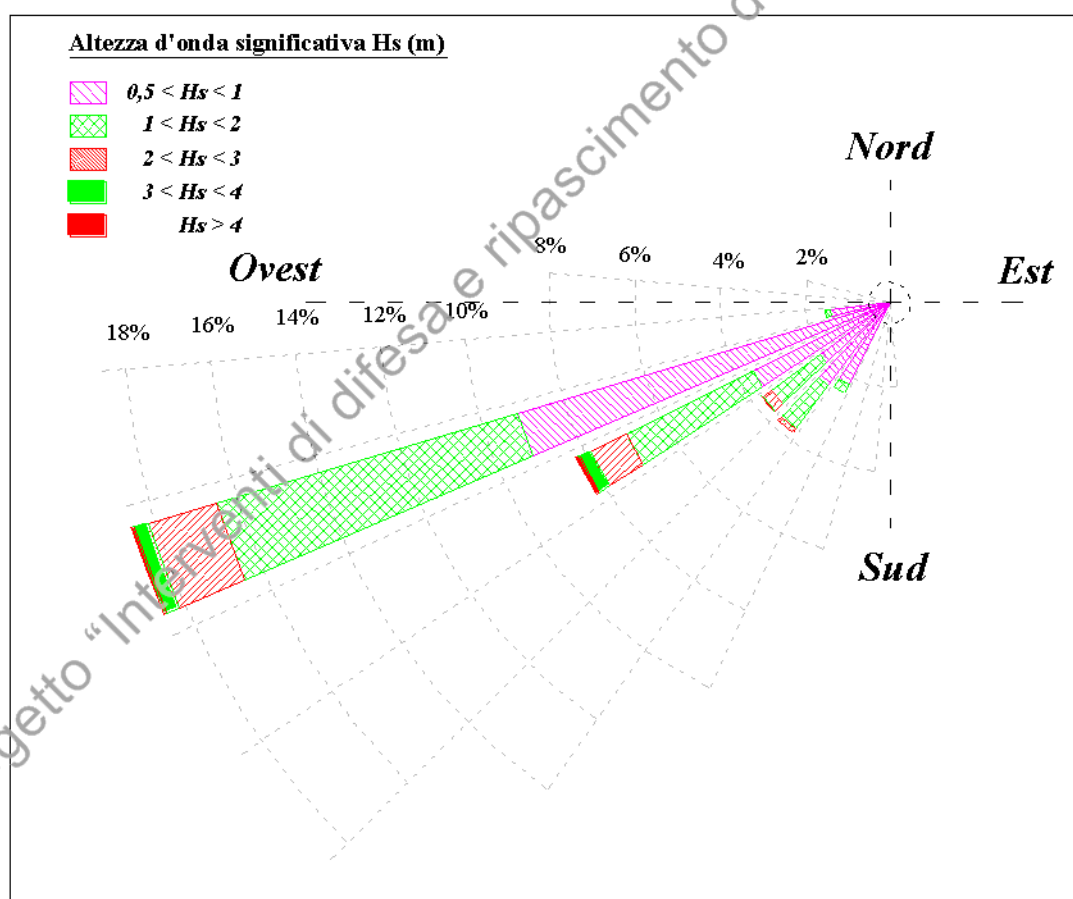


Figura 5.9.3 – Diagramma polare annuale della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso a riva – Punto P_7

Serie ondametrica sotto costa - Punto P7 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	0.12															0.12
200	12.50	1.24	0.15													13.89
210	2.90	2.76	2.14	0.23	0.01											8.03
220	1.43	2.12	2.43	0.96	0.34	0.08	0.02									7.37
230	1.35	2.62	2.05	0.96	0.45	0.17	0.08	0.02	0.01	0.00	0.01					7.71
240	1.79	4.05	3.59	2.08	1.26	0.58	0.34	0.18	0.12	0.04	0.01	0.02	0.01	0.00	0.01	14.05
250	4.32	8.18	9.13	4.98	2.37	1.14	0.56	0.25	0.08	0.03	0.01	0.01	0.00	0.01		31.04
260	7.35	4.65	1.42	0.09	0.02											13.53
270	3.23	0.23														3.46
280	0.79															0.79
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	35.78	25.86	20.91	9.29	4.43	1.96	0.99	0.44	0.21	0.07	0.03	0.02	0.01	0.01	0.01	100.00
Tot. cumul.	61.64	82.54	91.84	96.26	98.23	99.22	99.66	99.87	99.94	99.96	99.98	99.99	99.99	100.00		

Numero di eventi validi : 38543

Tabella 5.9.1 - Clima annuale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₇

Serie ondamentrica sotto costa - Punto P7 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	0.06															0.06
200	16.65	1.25	0.17													18.07
210	2.03	2.34	2.01	0.30	0.01											6.69
220	0.99	1.92	2.24	1.16	0.42	0.06										6.78
230	1.40	3.10	2.43	1.18	0.47	0.25	0.17	0.01	0.00	0.00	0.01					9.03
240	1.47	4.67	4.65	3.17	2.02	0.88	0.49	0.28	0.24	0.06	0.02	0.02				17.97
250	2.56	6.55	7.78	4.89	2.94	1.43	0.83	0.31	0.10	0.02	0.02					27.49
260	3.76	4.81	1.64	0.10	0.01											10.33
270	2.56	0.47														3.03
280	0.55															0.55
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	32.03	25.11	20.92	10.80	5.87	2.69	1.49	0.60	0.34	0.08	0.06	0.02				100.00
tot. cumul.		57.13	78.05	88.85	94.72	97.41	98.90	99.50	99.84	99.92	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 8715

Tabella 5.9.2- Clima invernale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₇

Serie ondometrica sotto costa - Punto P7 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	0.18															0.18
200	18.57	2.36	0.28													21.21
210	2.62	3.25	4.19	0.53	0.01											10.60
220	1.11	1.99	2.89	1.95	0.87	0.25	0.08									9.15
230	0.74	1.92	2.54	1.76	0.81	0.39	0.13	0.04	0.04	0.01	0.02					8.41
240	0.87	3.01	3.54	3.21	2.05	1.02	0.68	0.27	0.20	0.07	0.01	0.03	0.02	0.00	0.02	15.01
250	1.32	3.41	7.07	5.23	2.88	1.40	0.91	0.49	0.18	0.07	0.02	0.02	0.00	0.02		23.00
260	2.44	2.81	1.75	0.13	0.06											7.19
270	3.54	0.38														3.92
280	1.34															1.34
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	32.74	19.13	22.25	12.81	6.68	3.06	1.79	0.80	0.42	0.14	0.06	0.06	0.02	0.02	0.02	100.00
tot. cumul.		51.87	74.12	86.93	93.61	96.67	98.46	99.26	99.68	99.82	99.88	99.93	99.96	99.98	100.00	

Numero di eventi validi : 9029

Tabella 5.9.3 - Clima autunnale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₇

Serie ondometrica sotto costa - Punto P7 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
(°N)	< 2.5	2.5+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	TOT.
10																
20																
30																
40																
50																
60																
70																
80																
90																
100																
110																
120																
130																
140																
150																
160																
170																
180																
190	0.13															0.13
200	9.23	1.09	0.10													10.42
210	3.88	3.06	1.67	0.14												8.75
220	2.16	2.31	2.41	0.41	0.10	0.01										7.40
230	1.83	2.76	1.83	0.67	0.43	0.04	0.03	0.01								7.60
240	2.03	4.32	3.94	1.70	0.98	0.42	0.23	0.15	0.06	0.02	0.00	0.01				13.87
250	5.68	10.49	10.77	4.87	1.79	0.96	0.23	0.12	0.01							34.93
260	8.46	4.67	1.11	0.07												14.31
270	2.24	0.06														2.30
280	0.30															0.30
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	35.95	28.76	21.83	7.86	3.30	1.43	0.50	0.27	0.07	0.02		0.01				100.00
Tot. cumul.	64.71	86.55	94.40	97.70	99.13	99.63	99.90	99.97	99.99	99.99	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10273

Tabella 5.9.4- Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₇

Serie ondametrica sotto costa - Punto P7 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	< 2.5	2.5+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	0.10															0.10
200	7.06	0.43	0.07													7.56
210	2.88	2.40	0.95	0.01												6.24
220	1.38	2.22	2.19	0.48	0.05											6.32
230	1.38	2.68	1.52	0.38	0.13	0.04										6.13
240	2.58	4.17	2.41	0.57	0.21	0.11	0.04	0.05	0.00	0.03						10.17
250	7.02	11.36	10.43	4.94	2.01	0.80	0.34	0.11	0.05	0.02						37.09
260	13.44	6.09	1.26	0.05												20.84
270	4.49	0.07														4.56
280	0.99															0.99
290																
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	4.38	29.42	18.84	6.42	2.40	0.95	0.38	0.16	0.05	0.05						100.00
Tot. cumul.	70.75	89.59	96.01	98.41	99.36	99.74	99.90	99.95	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10526

Tabella 5.9.5 - Clima estivo: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione -distribuzione percentuale – Punto P₇

Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14	
0.25 <	5342	6735	1415	248	18	28	4	13790
0.25 ÷ 0.75	1845	8881	3612	439	16	0	0	14893
0.75 ÷ 1.25	10	1025	3759	416	29	2	0	5241
1.25 ÷ 1.75	1	74	1577	850	7	2	0	2511
1.75 ÷ 2.25	0	2	344	759	3	0	2	1110
2.25 ÷ 2.75	0	0	58	474	15	1	0	548
2.75 ÷ 3.25	0	0	7	224	14	0	0	245
3.25 ÷ 3.75	0	0	1	93	26	0	0	120
3.75 ÷ 4.25	0	0	0	25	22	2	0	49
4.25 ÷ 4.75	0	0	0	8	10	0	0	18
4.75 ÷ 5.25	0	0	0	0	8	2	0	10
> 5.25	0	0	0	0	4	4	0	8
Tot.	7198	16817	10773	3536	172	41	6	38543

Tabella 5.9.6- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione per numero di eventi – Punto P7

Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14		
0.25 <	13.86	17.47	3.67	0.64	0.05	0.07	0.01	35.78	35.78
0.25 ÷ 0.75	4.79	23.30	9.37	1.14	0.04			38.64	74.42
0.75 ÷ 1.25	0.03	2.66	9.75	1.08	0.08	0.01		13.60	88.02
1.25 ÷ 1.75	0.00	0.19	4.09	2.21	0.02	0.01		6.51	94.53
1.75 ÷ 2.25		0.01	0.89	1.97	0.01		0.01	2.88	97.41
2.25 ÷ 2.75			0.15	1.23	0.04	0.00		1.42	98.83
2.75 ÷ 3.25			0.02	0.58	0.04			0.64	99.47
3.25 ÷ 3.75			0.00	0.24	0.07			0.31	99.78
3.75 ÷ 4.25				0.06	0.06	0.01		0.13	99.91
4.25 ÷ 4.75				0.02	0.03			0.05	99.95
4.75 ÷ 5.25					0.02	0.01		0.03	99.98
>5.25					0.01	0.01		0.02	100.00
Tot.	15.68	43.63	27.95	9.17	0.45	0.11	0.02	100.00	
Tot. cumul.	15.68	62.31	90.26	99.43	99.88	99.98	100.00		

Tabella 5.9.7- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione percentuale – Punto P7

5.9.1. Analisi dei risultati per il punto P₇:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è evidente che nella propagazione da largo a riva, nel punto P₇ su fondali di circa -10 m s.l.m., il clima di moto ondoso subisce una sostanziale variazione, presentando una rotazione ed una forte restrizione della traversia che risulta limitata al settore compreso tra 190°N e 280°N.

In dettaglio si osserva che:

- gli eventi con altezza significativa superiore ai 0.5 m sono circa il 38.3% (corrispondente ad una durata media annua di circa 4.6 mesi) e risultano tutti concentrati all'interno di un settore compreso tra 200° e 260°N (mezzogiorno ÷ libeccio);
- gli eventi con $H_s > 3.0$ m (eventi estremi) provengono tutti dal settore di libeccio (230°-250°N) con una frequenza pari a circa l'0.77% (corrispondente ad una durata di circa 2,82 giorni/anno);
- le altezze d'onda massime raggiungibili per il settore 240 – 250 °N, superiori a 5,0 m, hanno una frequenza pari a circa l'0.04% (corrispondente ad una durata di circa 3,18 ore/anno);
- l'analisi della distribuzione stagionale degli eventi conferma una netta prevalenza degli stati di mare estremi in inverno ed in autunno mantenendosi comunque il settore da 200° a 250°N (mezzogiorno ÷ libeccio) come l'unico settore all'interno del quale provengono tutti gli stati di mare.
- le onde provenienti dal settore di libeccio non subiscono sostanziali rotazioni nella loro propagazione verso costa e l'attenuazione media dell'altezza è inferiore al 10%.

In conclusione, il moto ondoso a largo proveniente rispettivamente dai settori di scirocco - mezzogiorno e di ponente - maestrale, a causa della rifrazione e dello shoaling e del ridosso creato a sud dal promontorio di Punta Licosa ed a nord dalla costiera amalfitana, propagandosi verso costa subisce una considerevole rotazione a libeccio ed una sostanziale attenuazione dell'altezza d'onda significativa, limitando la traversia al settore compreso tra 190° e 280° N.

5.10. Clima d'onda sottocosta: punto P₈

Per il punto d'inversa spettrale P₈, le figure 5.10.1 e 5.10.2 riportano in forma grafica l'andamento del coefficiente K ($K = K_r \cdot K_s$ con K_r coefficiente di rifrazione e K_s coefficiente di shoaling) rispetto alla direzione di incidenza al largo e la corrispondenza

tra le direzioni del moto ondoso al largo ed i corrispondenti valori di direzione calcolati a riva.

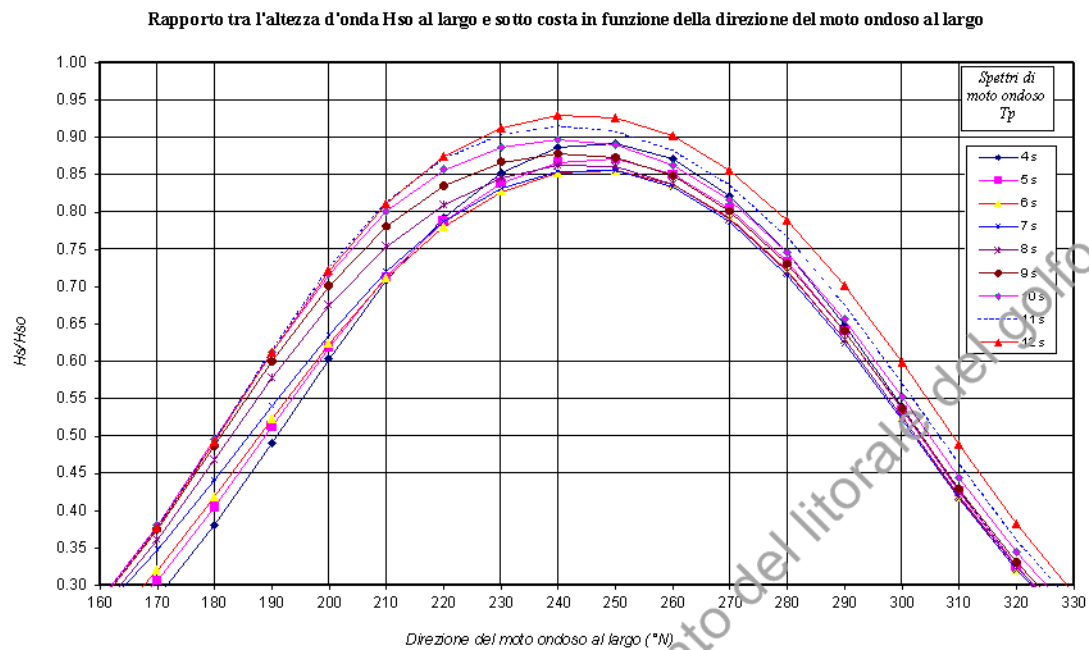


Figura 5.10.1 – Punto di inversa spettrale P_8

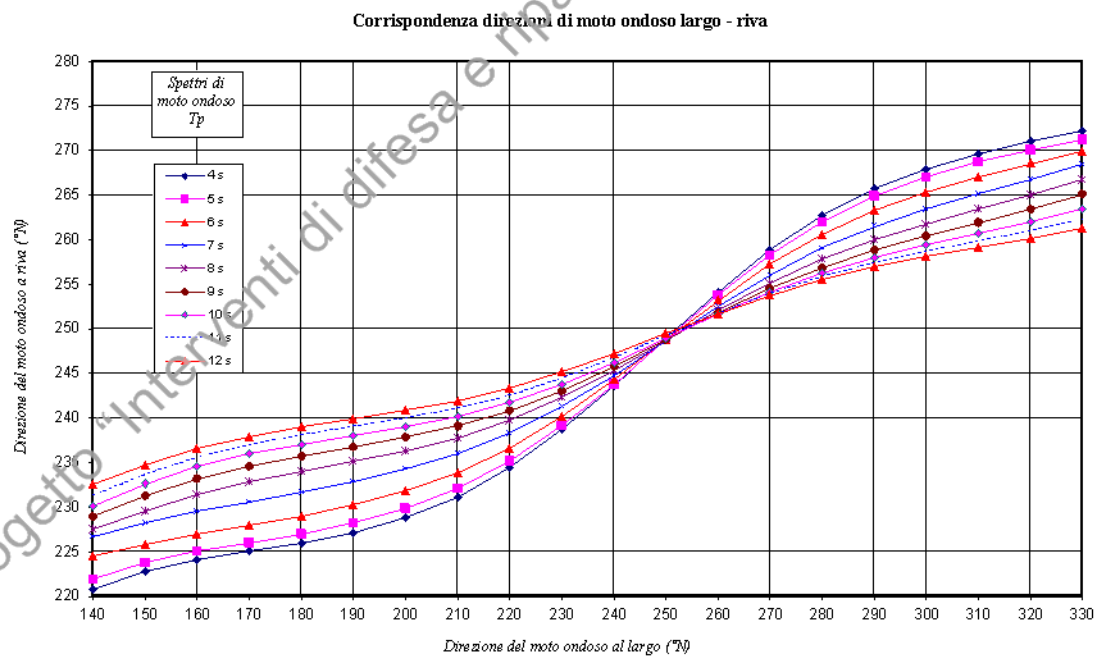


Figura 5.10.2 – Punto di inversa spettrale P_8

Dall'esame delle figure sopra riportate si evidenzia un'attenuazione più marcata per le altezze d'onda provenienti dai settori di mezzogiorno e ponente - maestrale rispetto a quelle provenienti dal settore di libeccio. I valori maggiori del coefficiente k (compresi tra 0.86 e 0.92), fatta eccezione per le onde di piccolo periodo che nel punto prescelto risentono in maniera minore del fenomeno della rifrazione e dello shoaling, si hanno per onde provenienti dal settore di libeccio (230° - 260° N).

Di seguito (figura 5.10.3) viene riportato il diagramma polare annuale del clima di moto ondoso a riva (punto P_8) e nelle tabelle 5.10.1 ÷ 5. 10.5 gli stessi risultati (sia annuale che stagionali) vengono riportati in forma numerica, mentre nelle tabelle 5. 10.6 e 5. 10.7 gli eventi sono suddivisi, in termini di numero e di frequenze percentuali, per classi di H_s e di periodo di picco T_p .

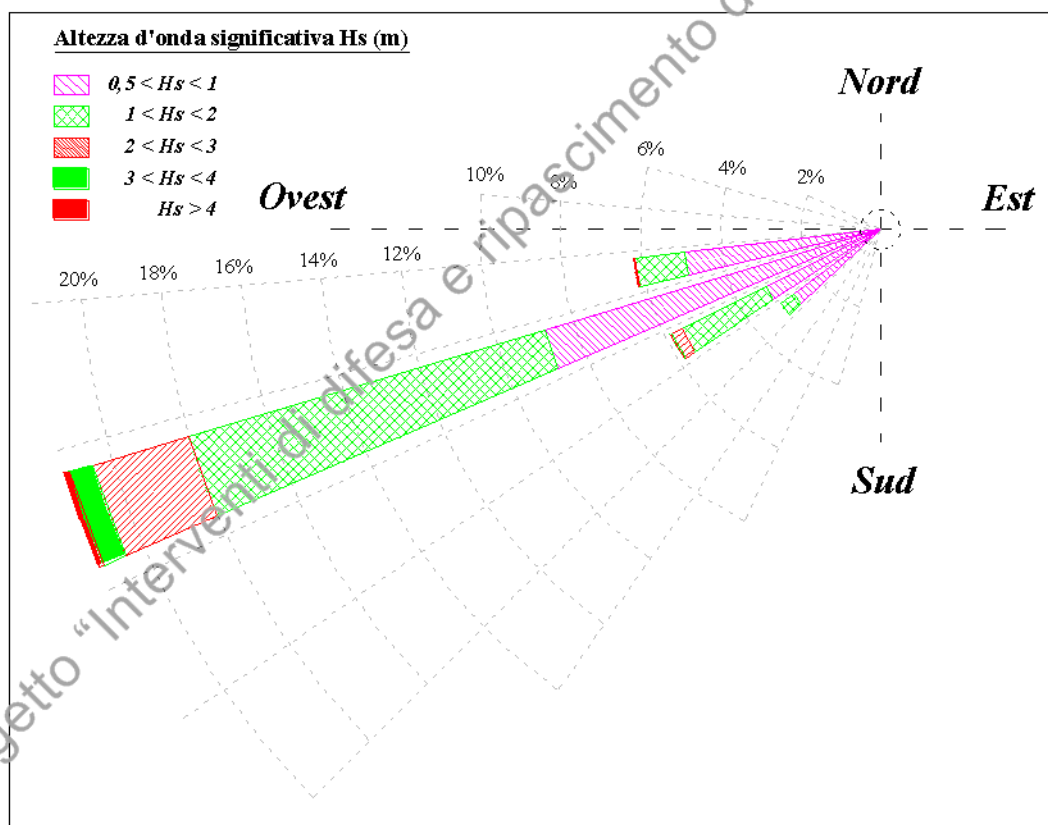


Figura 5. 10.3 – Diagramma polare annuale della distribuzione direzionale degli eventi di moto ondoso a riva – Punto P_8

Serie ondametrica sotto costa - Punto P8 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	0.99															0.99
220	11.30	0.12														11.41
230	6.84	4.83	2.69	0.38	0.02											14.76
240	2.69	3.85	3.18	1.67	0.67	0.22	0.06	0.02	0.01	0.00						12.38
250	3.66	7.94	8.75	5.93	3.33	1.66	0.83	0.42	0.18	0.07	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	32.82
260	7.60	7.39	4.91	1.09	0.18	0.02	0.01									21.20
270	4.07	0.85	0.11													5.03
280	1.18															1.18
290	0.22															0.22
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	38.54	24.98	19.65	9.08	4.20	1.90	0.90	0.44	0.19	0.07	0.02	0.02	0.00	0.01	0.00	100.00
Tot. cumul.	63.52	83.16	92.24	96.45	98.35	99.24	99.68	99.87	99.94	99.97	99.99	99.99	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 37865

Tabella 5. 10.1 - Clima annuale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₈

Serie ondometrica sotto costa - Punto P8 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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.
	< 2.5	2.5+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	1.47															1.47
220	13.92	0.13														14.05
230	5.62	4.20	2.77	0.41	0.04											13.04
240	2.75	4.68	4.01	2.02	0.76	0.22	0.15	0.01								14.63
250	2.53	7.65	9.34	7.19	4.71	2.32	1.24	0.59	0.33	0.08	0.05	0.02				36.04
260	3.52	6.07	4.10	0.85	0.18	0.04										14.74
270	3.20	1.55	0.33													5.08
280	0.81															0.81
290	0.13															0.13
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	83.96	24.29	20.55	10.47	5.68	2.58	1.39	0.60	0.33	0.08	0.05	0.02				100.00
Tot. cumul.	58.25	78.80	89.27	94.95	97.53	98.92	99.52	99.85	99.93	99.98	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 8498

Tabella 5. 10.2- Clima invernale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₈

Serie ondametrica sotto costa - Punto P8 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	1.32															1.32
220	16.66	0.21														16.87
230	7.32	6.32	4.62	1.03	0.06											19.35
240	1.50	3.13	3.79	3.23	1.47	0.63	0.11	0.06	0.05	0.01						13.99
250	1.40	4.52	7.94	7.49	4.45	2.23	1.41	0.74	0.33	0.14	0.05	0.07	0.01	0.03	0.01	30.89
260	2.24	3.14	4.00	1.00	0.25	0.03	0.02									10.69
270	3.02	1.34	0.14													4.50
280	2.22															2.22
290	0.17															0.17
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	35.87	18.67	20.49	12.76	6.23	2.95	1.55	0.80	0.38	0.15	0.05	0.07	0.01	0.03	0.01	100.00
tot. cumul.		54.53	75.02	87.78	94.01	96.96	98.51	99.31	99.68	99.83	99.87	99.94	99.95	99.99	100.00	

Numero di eventi validi : 8780

Tabella 5. 10.3 - Clima autunnale: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₈

Serie ondometrica sotto costa - Punto P8 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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

DIR	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)															TOT.
(°N)	< 2.5	2.5+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	0.58															0.58
220	9.54	0.08														9.62
230	8.14	4.81	2.09	0.09	0.01											15.14
240	3.44	3.78	2.91	1.12	0.47	0.09	0.01									11.82
250	4.30	9.65	9.61	5.24	2.55	1.36	0.43	0.27	0.06	0.02	0.01					33.48
260	9.44	8.58	5.58	1.17	0.09	0.01										24.86
270	3.41	0.41														3.83
280	0.49															0.49
290	0.18															0.18
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	39.62	27.30	20.19	7.62	3.12	1.46	0.44	0.27	0.06	0.02	0.01					100.00
Tot. cumul.	66.82	87.01	94.63	97.75	99.20	99.65	99.91	99.97	99.99	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10169

Tabella 5. 10.4- Clima primaverile: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₈

Serie ondametrica sotto costa - Punto P8 - Periodo (luglio 1989 - Giugno 2005)

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	0.72															0.72
220	6.34	0.07														6.41
230	6.15	4.09	1.58	0.10												11.92
240	2.89	3.85	2.27	0.60	0.12	0.02										9.75
250	5.86	9.41	8.10	4.27	2.03	0.88	0.38	0.16	0.06	0.04						31.19
260	13.64	10.90	5.69	1.30	0.20	0.01										31.74
270	6.31	0.27	0.03													6.60
280	1.28															1.28
290	0.38															0.38
300																
310																
320																
330																
340																
350																
360																
TOT.	43.57	28.59	17.67	6.27	2.35	0.91	0.38	0.16	0.06	0.04						100.00
Tot. cumul.		72.15	89.83	96.09	98.44	99.36	99.74	99.90	99.96	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00	

Numero di eventi validi : 10418

Tabella 5. 10.5 - Clima estivo: eventi di moto ondoso classificati per altezza e direzione - distribuzione percentuale – Punto P₈

Ripartizione per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14	
0.25 <	4734	7497	1857	444	15	42	4	14593
0.25 ÷ 0.75	1641	8540	3163	709	14	0	0	14067
0.75 ÷ 1.25	6	984	3217	647	29	2	0	4885
1.25 ÷ 1.75	1	59	1290	966	6	1	0	2323
1.75 ÷ 2.25	0	2	254	800	3	3	0	1062
2.25 ÷ 2.75	0	0	31	480	11	0	0	522
2.75 ÷ 3.25	0	0	2	214	8	0	0	224
3.25 ÷ 3.75	0	0	1	90	27	0	0	118
3.75 ÷ 4.25	0	0	0	20	22	0	0	42
4.25 ÷ 4.75	0	0	0	7	7	0	0	14
4.75 ÷ 5.25	0	0	0	0	7	1	0	8
> 5.25	0	0	0	0	4	3	0	7
Tot.	6382	17082	9815	4377	153	52	4	37865

Tabella 5. 10.6- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione per numero di eventi – Punto P₈

Ripartizione percentuale per classi di altezze d'onda significative e periodo di picco
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

Hs (m)	CLASSI DI PERIODO DI PICCO Tp (s)							Tot	Tot. cumul.
	Tp < 4	4 ≤ Tp < 6	6 ≤ Tp < 8	8 ≤ Tp < 10	10 ≤ Tp < 12	12 ≤ Tp < 14	Tp > 14		
0.25 <	12.50	19.80	4.90	1.17	0.04	0.11	0.01	38.54	38.54
0.25 ÷ 0.75	4.33	22.55	8.35	1.87	0.04			37.15	75.69
0.75 ÷ 1.25	0.02	2.60	8.50	1.71	0.08	0.01		12.90	88.59
1.25 ÷ 1.75	0.00	0.16	3.4	2.55	0.02	0.00		6.13	94.73
1.75 ÷ 2.25		0.01	0.67	2.11	0.01	0.01		2.80	97.53
2.25 ÷ 2.75			0.08	1.27	0.03			1.38	98.91
2.75 ÷ 3.25			0.01	0.57	0.02			0.58	99.50
3.25 ÷ 3.75			0.00	0.24	0.07			0.31	99.81
3.75 ÷ 4.25				0.05	0.06			0.11	99.92
4.25 ÷ 4.75				0.02	0.02			0.04	99.96
4.75 ÷ 5.25					0.02	0.00		0.02	99.98
>5.25					0.01	0.01		0.02	100.00
Tot.	16.85	45.11	25.92	11.56	0.40	0.14	0.01	100.00	
Tot. cumul.	16.85	61.97	87.89	99.45	99.85	99.99	100.00		

Tabella 5. 10.7- Eventi di moto ondoso classificati per altezza d'onda e periodo.

Distribuzione percentuale – Punto P₈

5.10.1. Analisi dei risultati per il punto P₈:

Dall'analisi dei risultati ottenuti è evidente che nella propagazione da largo a riva, nel punto P₈ su fondali di circa -10 m s.l.m., il clima di moto ondoso subisce una sostanziale variazione, presentando una rotazione ed una forte restrizione della traversia che risulta limitata al settore compreso tra 210°N e 290°N.

In dettaglio si osserva che:

- gli eventi con altezza significativa superiore ai 0.5 m sono circa il 36.5% (corrispondente ad una durata media annua di circa 4.4 mesi) e risultano tutti concentrati all'interno di un settore compreso tra 230° e 270°N (libeccio - ponente);
- gli eventi con $H_s > 3.0$ m (eventi estremi) provengono tutti dalla direzione di ponente (250°N) con una frequenza pari a circa l'0.75% (corrispondente ad una durata di circa 2,75 giorni/anno);
- le altezze d'onda massime raggiungibili per la direzione 250 °N, superiori a 5.0 m, hanno una frequenza pari a circa l'0.03% (corrispondente ad una durata di circa 3,01 ore/anno);
- l'analisi della distribuzione stagionale degli eventi conferma una netta prevalenza degli stati di mare estremi in inverno ed in autunno mantenendosi comunque il settore da 230° a 270°N (mezzogiorno ÷ libeccio) come l'unico settore all'interno del quale provengono tutti gli stati di mare.
- le onde provenienti dal settore di libeccio non subiscono sostanziali rotazioni nella loro propagazione verso costa e l'attenuazione media dell'altezza è inferiore al 10%.

In conclusione, il moto ondoso a largo proveniente rispettivamente dai settori di mezzogiorno e di ponente - maestrale, a causa della rifrazione e dello shoaling e del ridosso creato a sud dal promontorio di Punta Licosa ed a nord dalla costiera amalfitana, propagandosi verso costa subisce una considerevole rotazione a libeccio - ponente ed una sostanziale attenuazione dell'altezza d'onda significativa, limitando la traversia al settore compreso tra 210° e 290° N.

5.11. Conclusioni

Dall'analisi dei risultati, ottenuti propagando sotto costa la serie storica ricostruita al largo del golfo di Salerno, risulta evidente come il paraggio costiero sia ridossato, come ci si aspettava, dagli eventi proveniente dai settori di scirocco e maestrale e risulta maggiormente esposto ai settori di libeccio e ponente; in particolare:

- i punti di rifrazione inversa spettrale P_1 , P_2 e P_3 sono più esposti ad eventi di mezzogiorno – libeccio;
- il punto P_4 è esposto soprattutto ad eventi di libeccio;
- i rimanenti punti P_5 , P_6 , P_7 e P_8 sono più esposti ad eventi di libeccio – ponente.

Nel caso specifico, gli eventi di moto ondoso prevalenti (più intensi e più frequenti) interessano il tratto di litorale in esame, compreso tra la città di Salerno e la cittadina di Agropoli, provengono dal settore di libeccio subendo, nella loro propagazione da largo a riva, una leggera rotazione a maestrale ed un'attenuazione media dell'altezza d'onda non superiore al 10%.

Nella figura 5.11.1 viene riportato, come sintesi dei risultati, l'inquadratura geografica con il clima d'onda annuale nel punto di trasposizione al largo e l'ubicazione di tutti i punti scelti come rappresentativi per l'intero paraggio oggetto di valutazione.

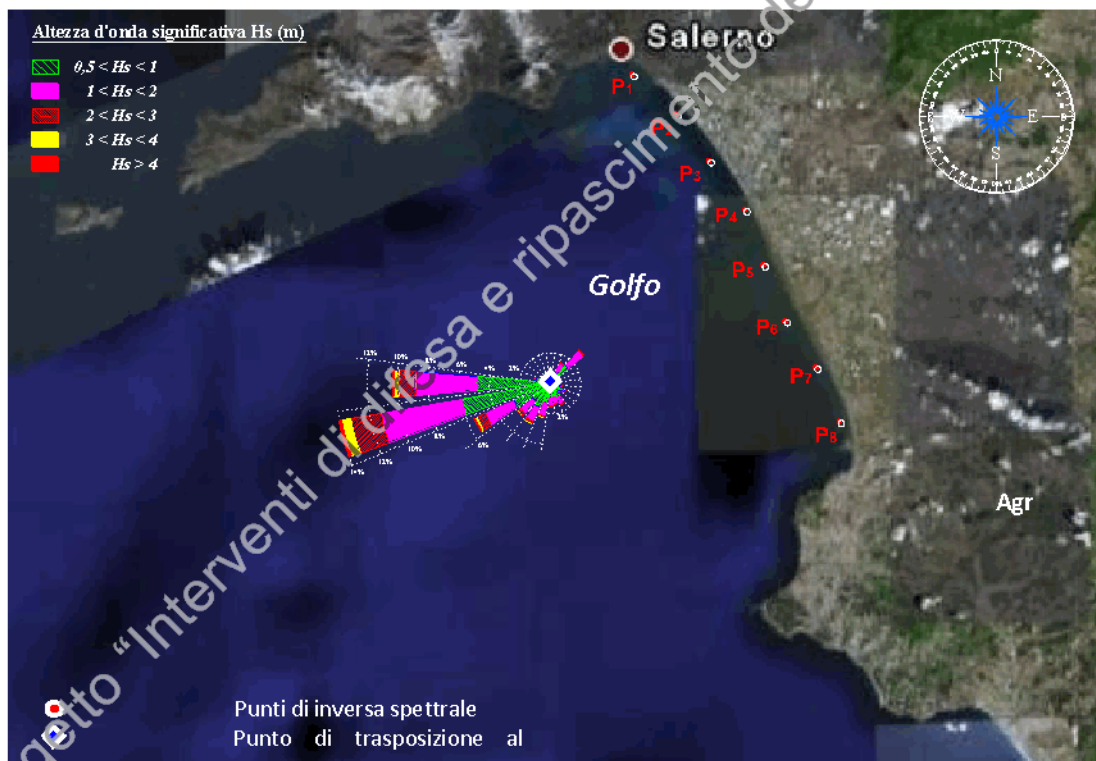


Figura 5.11.1 – Golfo di Salerno: inquadratura geografica, clima d'onda annuale al largo e ubicazione dei punti di rifrazione inversa spettrale sotto costa.

6. ANALISI DEL FLUSSO DI ENERGIA ASSOCIATO AL CLIMA D'ONDA SOTTOCOSTA

Al fine di poter effettuare successivi studi riguardanti l'analisi della morfodinamica costiera si è ritenuto opportuno individuare gli stati di mare rappresentativi dell'energia totale che compete al clima di moto ondoso per il settore di traversia che caratterizza il sito in esame. L'analisi della serie ondometrica propagata sotto costa nei punti di rifrazione spettrale scelti come rappresentativi per il tratto di costa su cui sono previsti gli interventi di difesa costiera, ha consentito di ricavare le onde di modellazione (equivalenti, in termini di effetti sulla morfodinamica del litorale, alla totalità delle onde provenienti dallo stesso sub-settore) rappresentative dell'intero clima sotto costa.

In particolare si è calcolata, per ciascuna direzione di provenienza (direzioni medie rappresentative dei settori discretizzati con ampiezza 10°), un'onda avente un'altezza H_e ed un periodo T_e , con un contenuto energetico ($\cong H^2 \cdot T$) ed una ripidità ($\cong H/T^2$) rappresentative del contenuto energetico e della ripidità di tutte le onde provenienti dallo stesso settore.

Sotto queste ipotesi si può associare ad una particolare direzione di provenienza un singolo evento, contraddistinto dai parametri H_e e T_e , definito nella letteratura specializzata come *onda di modellazione* o *onda morfologica*.

In particolare, un'onda morfologica associata ad una direzione assegnata ha caratteristiche tali da indurre sul litorale effetti equivalenti a quelli indotti, in un anno statistico medio, da tutte le onde provenienti da un settore di 10° avente direzione media pari alla direzione assunta per l'onda di modellazione.

Per il calcolo delle caratteristiche dell'onda morfologica è stato risolto il seguente sistema di equazioni:

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

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

dove N è il numero di eventi.

La soluzione di questo sistema di equazioni, sviluppato su base annuale avendo preliminarmente verificato l'invariabilità stagionale del clima, ha fornito per ogni

settore di provenienza una serie di valori di altezza e periodo d'onda, associati ad una durata su base annuale e rappresentativi del clima medio annuale del moto ondoso.

I risultati ottenuti per gli otto punti scelti sotto costa come rappresentativi per l'intero tratto di litorale appartenente al golfo di Salerno vengono riportati nelle tabelle 6.1÷6.8.

Onda di modellazione sotto costa del sito in esame (punto P1) - RISULTANTE ANNUALE
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)										TOT
	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	
10											
20											
30											
40											
50											
60											
70											
80											
90											
100											
110											
120											
130											
140											
150											
160											
170											
180	453.30	44.10									497.40
190	1077.40	855.90	159.00								2092.30
200	1437.20	1611.50	1417.00	354.70	191.10						5011.50
210	1760.20	2128.20	2146.30	1198.60	677.00	64.30					7974.60
220	4833.60	11722.60	14018.80	11268.50	6505.30	4059.70	1259.70	864.20	1181.90		55731.30
230	9468.60	7145.30	2085.50	221.00	39.30						18959.70
240											
250											
260											
270											
280											
290											
300											
310											
320											
330											
340											
350											
360											
TOT.	19030.30	23507.60	19826.60	13059.80	7412.70	4124.00	1259.70	864.20	1181.90		90266.80

	Hs >		
	0.5	1.0	1.5
Flusso di energia risultante (kW/m):	89166.4	70646.1	47503.2
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	219	219	219
Numero eventi sopra soglia:	24898	9354	3540
H equivalente (m):	0.95	1.28	1.61
Durata (mesi):	7.74	2.91	1.10

Tabella 6.1 – Onda di modellazione: Golfo di Salerno (Punto P1)

Onda di modellazione sotto costa del sito in esame (punto P2) - RISULTANTE ANNUALE
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)										TOT.
	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	
10											
20											
30											
40											
50											
60											
70											
80											
90											
100											
110											
120											
130											
140											
150											
160											
170											
180	6.10										6.10
190	970.50	228.60	20.20								1219.30
200	1327.90	1167.70	399.60	20.80							2916.00
210	1628.20	1944.00	2020.70	765.30	344.20						6702.40
220	1658.20	2469.90	2221.50	1522.30	665.20	129.60	92.30	113.10			9072.10
230	7776.00	16753.70	16727.70	12880.90	7544.20	4486.70	1651.50	505.20	1508.30	293.40	70127.60
240	5769.90	2823.80	468.40	112.00							9174.10
250											
260											
270											
280											
290											
300											
310											
320											
330											
340											
350											
360											
TOT.	19136.80	25387.70	21858.10	15301.30	8753.60	4616.30	1743.80	618.30	1508.30	293.40	99217.60

	Hs >		
	0.5	1.0	1.5
Flusso di energia risultante (kW/m):	97962.5	79411.7	54398.0
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	227	228	228
Numero eventi sopra soglia:	27008	10466	4046
H equivalente (m):	0.95	1.28	1.61
Durata (mesi):	8.42	3.26	1.26

Tabella 6.2 – Onda di modellazione: Golfo di Salerno (Punto P₂)

Onda di modellazione sotto costa del sito in esame (punto P3) - RISULTANTE ANNUALE
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA H_s (m)										TOT.
	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	
10											
20											
30											
40											
50											
60											
70											
80											
90											
100											
110											
120											
130											
140											
150											
160											
170											
180	721.30	59.30									780.60
190	918.10	464.00	32.90								1415.00
200	1273.90	1047.60	326.80								2648.30
210	1543.40	1930.30	1721.20	572.20	124.00						5891.10
220	1370.10	1893.80	1932.70	1007.20	824.40	121.30					7149.50
230	2782.10	4449.00	3934.80	3343.60	2636.40	914.60	1013.60	383.80	742.60		20200.40
240	11139.90	16775.20	16100.80	12610.60	8133.30	5390.80	3115.40	858.80	576.90	1055.30	75757.00
250	149.70	10.70									160.40
260											
270											
280											
290											
300											
310											
320											
330											
340											
350											
360											
TOT.	19898.50	26629.90	24049.20	17533.60	11718.10	6426.60	4129.00	1242.60	1319.50	1055.30	114002.30

	Hs >		
	0.5	1.0	1.5
Flusso di energia risultante (kW/m):	111640.5	92768.5	66819.7
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	234	235	236
Numero eventi sopra soglia:	29492	11672	4742
H equivalente (m):	0.97	1.31	1.64
Durata (mesi):	9.01	3.57	1.45

Tabella 6.3 – Onda di modellazione: Golfo di Salerno (Punto P₃)

Onda di modellazione sotto costa del sito in esame (punto P4) - RISULTANTE ANNUALE
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA H_s (m)										TOT.
	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	
10											
20											
30											
40											
50											
60											
70											
80											
90											
100											
110											
120											
130											
140											
150											
160											
170											
180											
190	171.60										171.60
200	1071.00	365.90	21.60								1458.50
210	1648.20	1445.90	483.40	41.40							3618.90
220	1534.50	2214.20	2054.50	833.30	411.60						7048.10
230	1831.60	2645.10	2468.50	1711.60	904.00	185.40	96.50	120.40			9963.10
240	6160.90	9218.60	9766.80	8119.20	4869.60	3484.30	2921.30	656.50	353.10	695.80	46246.10
250	6474.00	10629.80	10880.80	9346.30	7431.10	4970.80	2627.50	924.20	1121.50	1199.70	55605.70
260											
270											
280											
290											
300											
310											
320											
330											
340											
350											
360											
TOT.	18891.80	26519.50	25675.60	20051.80	13616.30	8640.50	5645.30	1701.10	1474.60	1895.50	124112.00

	$H_s >$		
	0.5	1.0	1.5
Flusso di energia risultante (kW/m):	121832.0	103740.2	77878.5
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	241	242	243
Numero eventi sopra soglia:	28780	12314	5370
H equivalente (m):	1.02	1.34	1.66
Durata (mesi):	8.95	3.83	1.67

Tabella 6.4 – Onda di modellazione: Golfo di Salerno (Punto P₄)

Onda di modellazione sotto costa del sito in esame (punto P5) - RISULTANTE ANNUALE
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA H_s (m)										TOT.
	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	
10											
20											
30											
40											
50											
60											
70											
80											
90											
100											
110											
120											
130											
140											
150											
160											
170											
180											
190											
200	718.80	115.40									834.20
210	1506.40	857.60	180.10								2544.10
220	1750.40	2434.60	1712.50	706.60	199.50						6803.60
230	1546.50	2484.90	2084.00	1359.60	626.90	63.90					8165.70
240	3723.10	5557.50	5744.70	4490.80	3552.60	2450.20	1870.30	404.70	502.60	724.50	29021.00
250	8891.50	16008.90	16960.80	14777.60	11124.10	8059.00	4487.70	2438.60	1104.40	694.80	84547.40
260	188.90	57.50									246.40
270											
280											
290											
300											
310											
320											
330											
340											
350											
360											
TOT.	18325.60	27516.40	26682.10	21334.60	15503.10	10573.00	6358.00	2843.30	1607.00	1419.30	132162.40

	Hs >		
	0.5	1.0	1.5
Flusso di energia risultante (kW/m):	130119.2	112530.3	85607.9
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	244	245	246
Numero eventi sopra soglia:	29268	12990	5784
H equivalente (m):	1.04	1.35	1.68
Durata (mesi):	8.89	3.94	1.76

Tabella 6.5 – Onda di modellazione: Golfo di Salerno (Punto P₅)

Onda di modellazione sotto costa del sito in esame (punto P6) - RISULTANTE ANNUALE
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA H_s (m)										TOT.
	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	
10											
20											
30											
40											
50											
60											
70											
80											
90											
100											
110											
120											
130											
140											
150											
160											
170											
180											
190											
200	914.40	232.10	9.80								1156.30
210	1712.90	1657.20	789.30	270.30	48.50						4478.20
220	1529.00	2036.90	1920.70	1048.20	578.70	66.90					7180.40
230	1629.80	2499.30	2571.50	1680.40	1298.30	250.70	396.70	127.90	377.70		10832.30
240	3166.50	4785.90	5718.50	4759.00	3907.00	3014.20	2426.20	915.20	294.30	756.70	29743.50
250	8597.50	15813.40	17071.70	14989.10	11835.90	8802.00	4713.40	2693.10	889.70	1358.80	86764.60
260	735.90	280.60	169.80								1186.30
270											
280											
290											
300											
310											
320											
330											
340											
350											
360											
TOT.	18286.00	27305.40	28251.30	22747.00	17668.40	12133.80	7536.30	3736.20	1561.70	2115.50	141341.60

	Hs >		
	0.5	1.0	1.5
Flusso di energia risultante (kW/m):	138723.6	121242.8	94654.5
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	243	244	245
Numero eventi sopra soglia:	29876	13602	6346
H equivalente (m):	1.05	1.37	1.68
Durata (mesi):	9.24	4.21	1.96

Tabella 6.6 – Onda di modellazione: Golfo di Salerno (Punto P₆)

Onda di modellazione sotto costa del sito in esame (punto P7) - RISULTANTE ANNUALE
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA H_s (m)										TOT.
	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	
10											
20											
30											
40											
50											
60											
70											
80											
90											
100											
110											
120											
130											
140											
150											
160											
170											
180											
190											
200	60.00										60.00
210	1481.70	516.00	25.40								2023.10
220	2040.90	2726.90	1900.40	785.00	286.80						7740.00
230	1765.20	2632.60	2657.50	1861.00	1279.50	376.00	390.70	125.70	516.70		11604.90
240	3633.60	6181.80	8080.80	6720.00	6239.20	4077.10	4544.40	2131.40	480.40	1923.50	44812.20
250	8277.80	14972.10	15199.60	13262.10	10366.30	6837.20	3102.20	1357.40	685.60	417.90	74478.20
260	840.80	194.10	88.00								1122.90
270											
280											
290											
300											
310											
320											
330											
340											
350											
360											
TOT.	18100.00	27223.50	27951.70	22628.10	18171.80	12090.30	8037.30	3614.50	1682.70	2341.40	141841.30

	Hs >		
	0.5	1.0	1.5
Flusso di energia risultante (kW/m):	139920.7	122393.0	95673.1
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	243	244	244
Numero eventi sopra soglia:	29572	13456	6294
H equivalente (m):	1.06	1.38	1.69
Durata (mesi):	9.21	4.19	1.96

Tabella 6.7 – Onda di modellazione: Golfo di Salerno (Punto P₇)

Onda di modellazione sotto costa del sito in esame (punto P8) - RISULTANTE ANNUALE
TABELLA DIREZIONALE ALTEZZA D'ONDA

DIR (°N)	CLASSI DI ALTEZZA D'ONDA SIGNIFICATIVA Hs (m)										TOT.
	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	
10											
20											
30											
40											
50											
60											
70											
80											
90											
100											
110											
120											
130											
140											
150											
160											
170											
180											
190											
200											
210											
220											
230	2061.40	976.90	128.40								3166.70
240	2811.10	4706.50	4078.40	2510.50	1043.60	375.70	372.00	116.50			16014.30
250	8373.30	17880.10	21390.40	19203.90	15059.60	11299.00	6906.50	3300.30	1493.00	1992.20	106898.30
260	3628.50	2742.50	958.70	224.00	105.00						7658.70
270	56.70										56.70
280											
290											
300											
310											
320											
330											
340											
350											
360											
TOT.	16931.00	26306.00	26555.90	21938.40	16208.20	11674.70	7278.50	3416.80	1493.00	1992.20	133794.70

	Hs >		
	0.5	1.0	1.5
Flusso di energia risultante (kW/m):	133264.4	116551.9	90410.6
Direzione del vettore flusso di energia (°N):	249	249	249
Numero eventi sopra soglia:	27630	12752	5876
H equivalente (m):	1.07	1.38	1.70
Durata (mesi):	8.76	4.04	1.86

Tabella 6.8 – Onda di modellazione: Golfo di Salerno (Punto P₈)

Nelle figure 6.1÷6.8 vengono riportati graficamente, per gli stessi punti, i flussi di energia associati al moto ondoso.

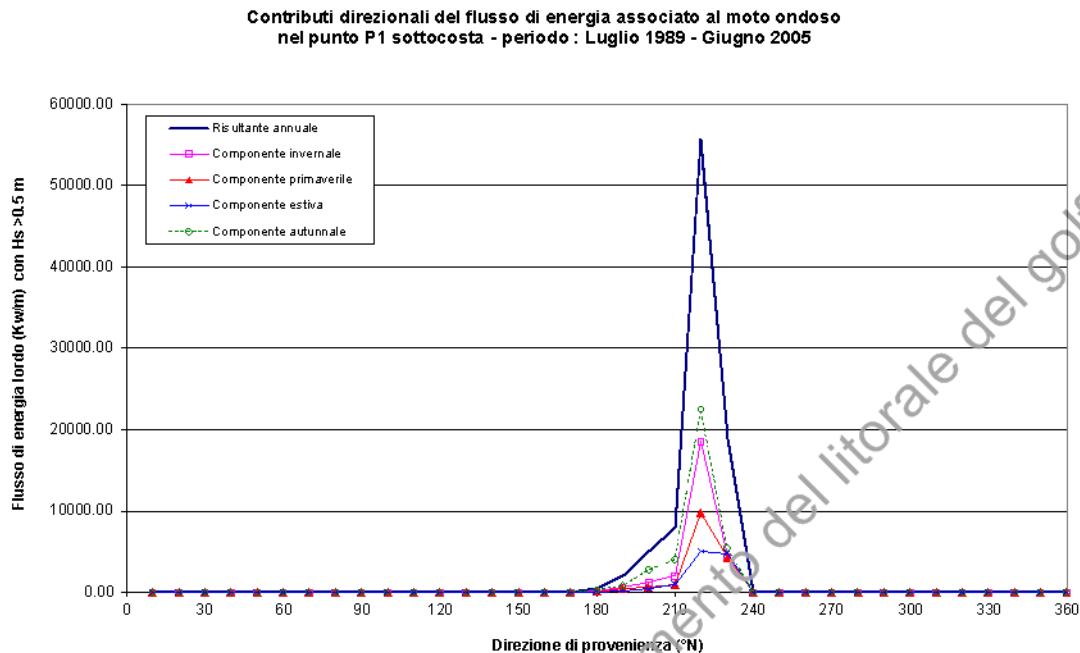


Figura 6.1 – Golfo di Salerno (Punto P₁): contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso.

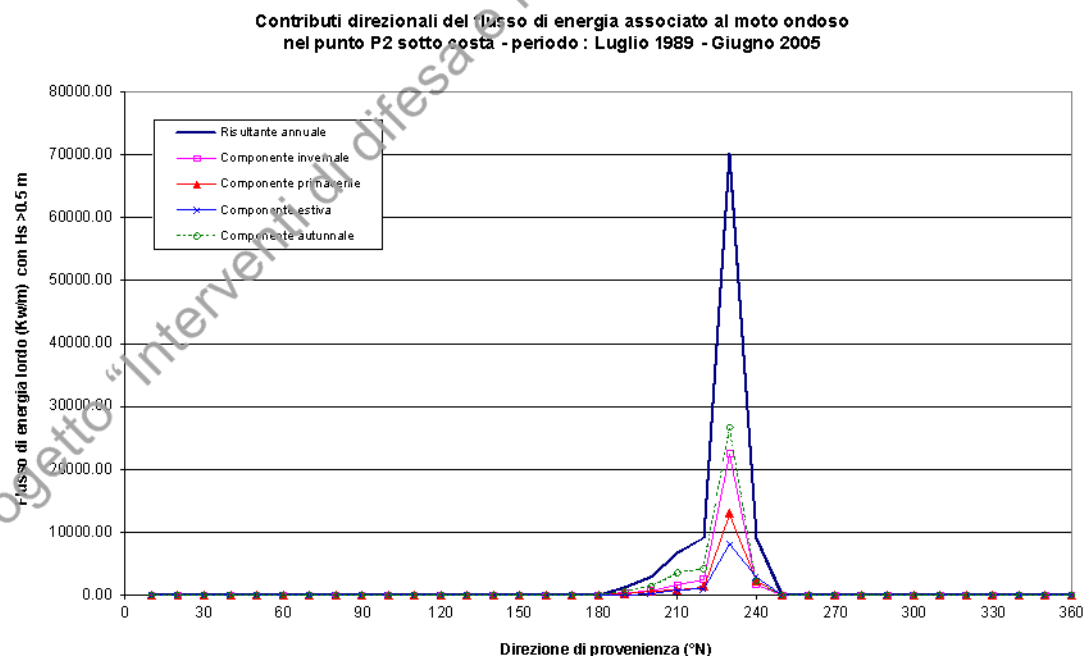


Figura 6.2 – Golfo di Salerno (Punto P₂): contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso.

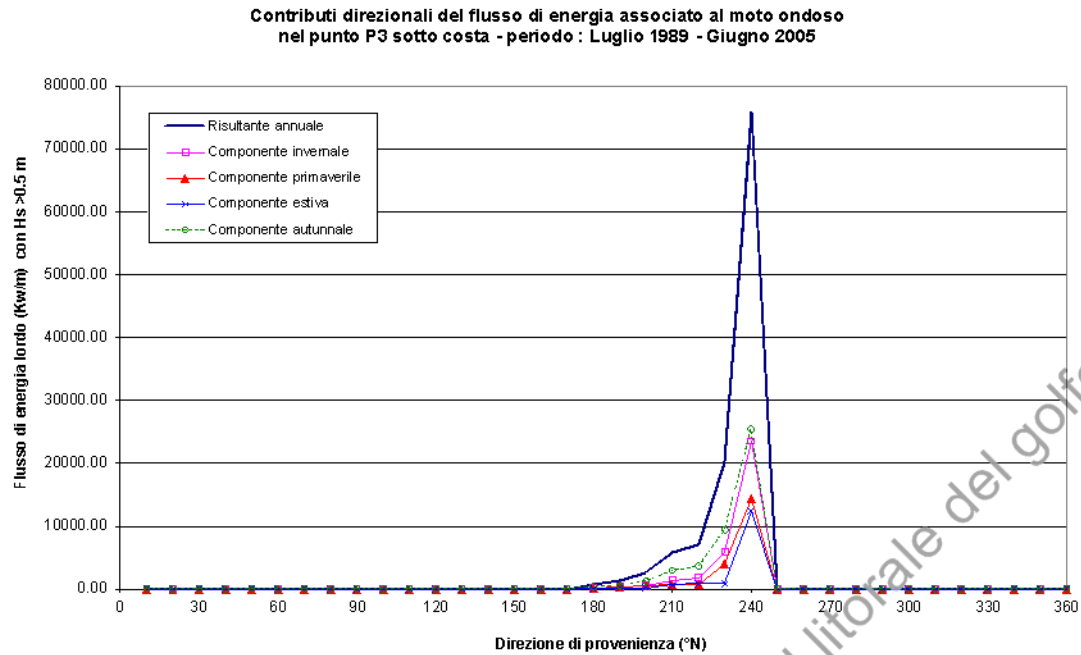


Figura 6.3 – Golfo di Salerno (Punto P₃): contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso.

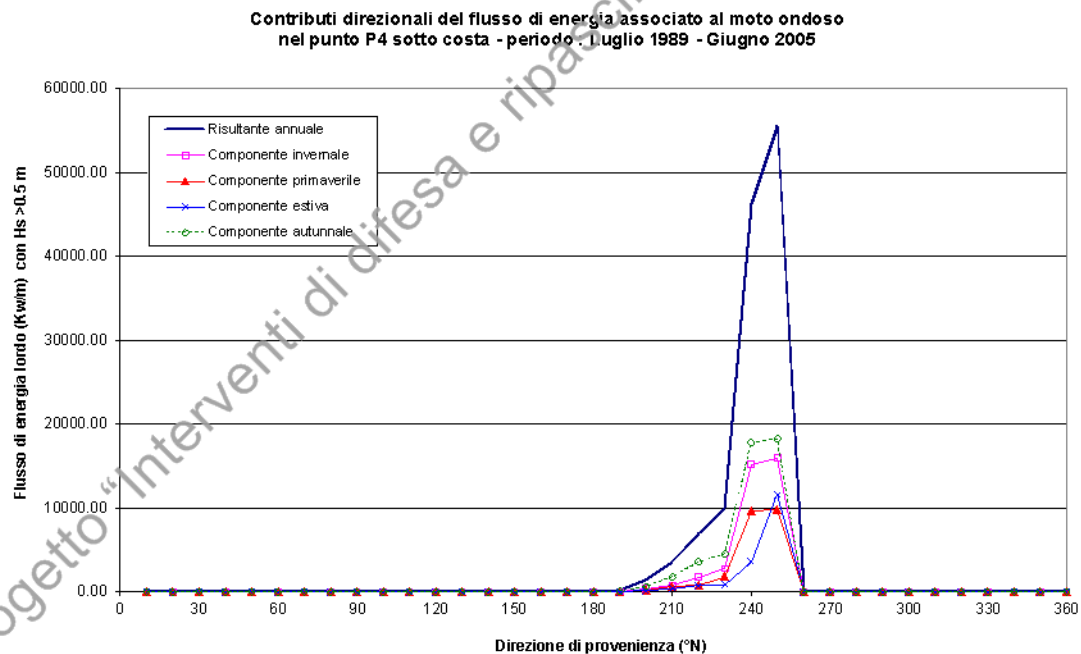


Figura 6.4 – Golfo di Salerno (Punto P₄): contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso.

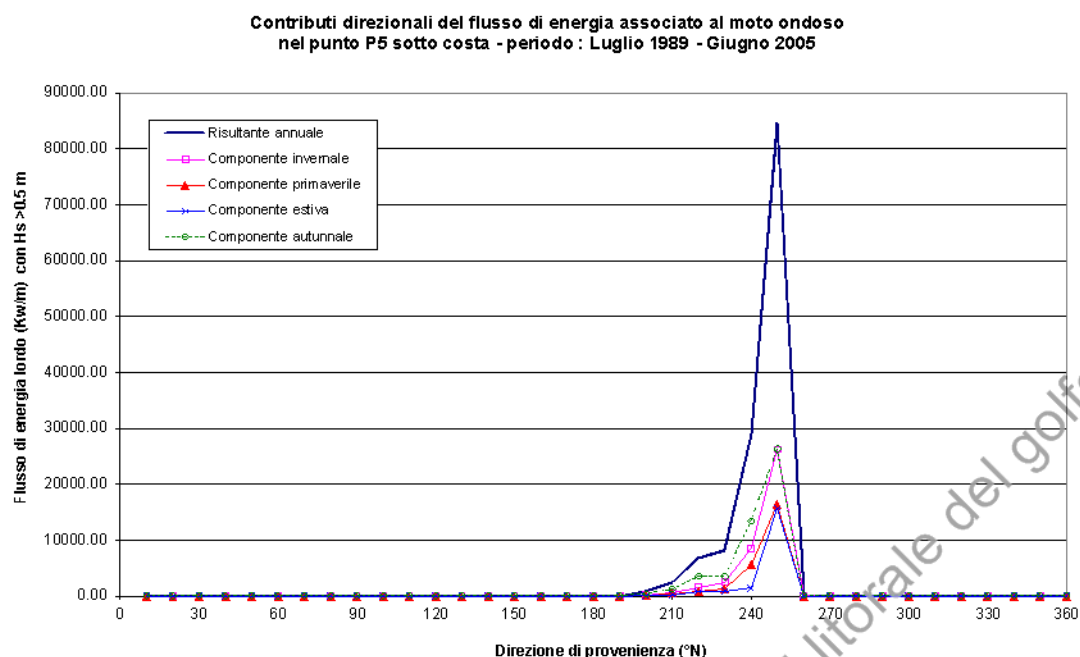


Figura 6.5 – Golfo di Salerno (Punto P₅): contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso.

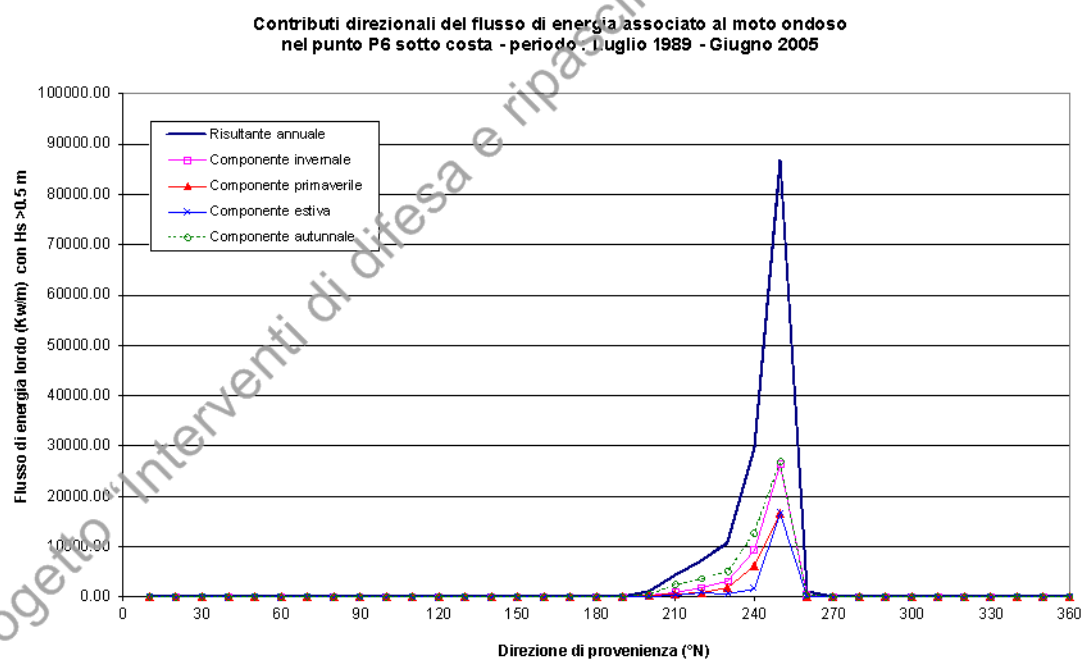


Figura 6.6 – Golfo di Salerno (Punto P₆): contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso.

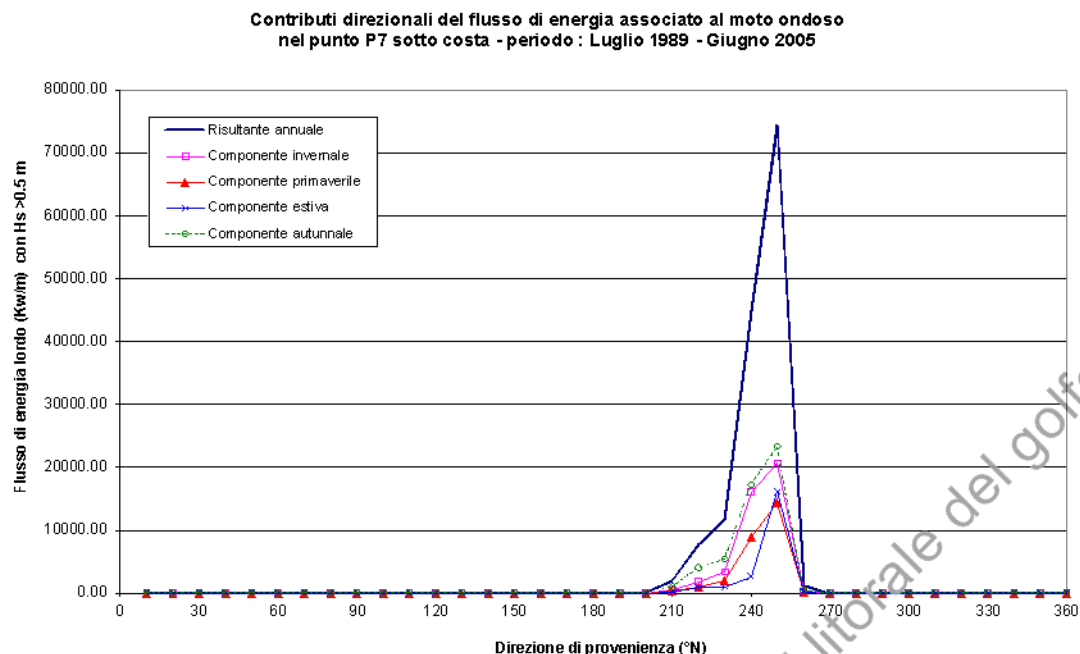


Figura 6.7 – Golfo di Salerno (Punto P₇): contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso.

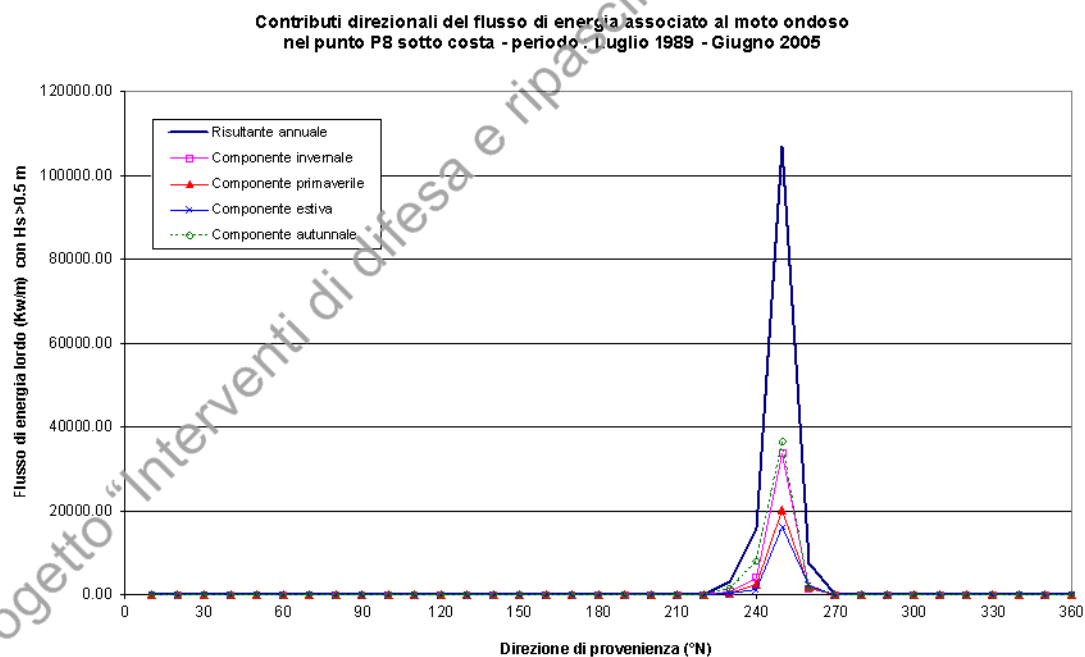


Figura 6.8 – Golfo di Salerno (Punto P₈): contributi direzionali del flusso di energia associato al moto ondoso.

7. PROFONDITÀ DI CHIUSURA

Al fine di poter determinare la profondità (*profondità di chiusura*) che delimita lato mare la fascia litoranea interessata dal trasporto solido e da apprezzabili modifiche dei fondali per effetto di fenomeni di deposito o erosione, è stata applicata la nota formula di *Hallermaier* (1987) che lega questa profondità al doppio dell'altezza d'onda significativa superata 12 ore all'anno:

$$h_c = 2,28 H_{so} - 10,9 H_{so}^2 / L_o$$

dove:

- $H_{so} = 4,45$ m (altezza d'onda significativa al largo superata in media 12 ore/anno)
- $T_o = 4,51 \times (H_{so})^{1/2} = 9,51$ s
- $L_o = gT_o^2 / 2\pi = 141,32$ m (lunghezza dell'onda di altezza H_{so})

Applicando la formula si ricava che per l'unità fisiografica in esame si può assumere una profondità di chiusura h_c (o di "moto attivo dei sedimenti") pari a circa 8.62 m s.l.m.

8. VARIAZIONI DEL LIVELLO MARINO (MAREE, SOVRALZI)

La conoscenza delle massime variazioni quasi-statiche del livello marino, dovute a cause diverse (principalmente marea astronomica e "meteorologica"), è necessaria per molteplici scopi quali, ad esempio, la corretta progettazione delle quote da assegnare alle opere di difesa litoranea oppure la determinazione dell'altezza limite (quota di swash) della spiaggia emersa raggiunta dalle azioni residue del moto ondoso. 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 Tirreno, ove ricade il paraggio costiero appartenente al Golfo di Salerno, le escursioni del livello del mare sono di fatto modeste.

8.1. Marea astronomica

La componente oscillatoria meglio conosciuta è la marea astronomica, generata dall'attrazione gravitazionale della luna (70%) e del sole (30%).

Per la stima della componente oscillatoria della marea astronomica, le ampiezze ed i tempi di marea sono prevedibili, per alcuni porti principali italiani, in funzione delle "Tavole di Marea" pubblicate annualmente dall'Ufficio Idrografico della Marina Militare.

Nel caso in esame si è fatto riferimento ai dati del porto di Napoli.

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 (marea di tipo sinodico-declinazionale). Le escursioni di marea astronomica sono contraddistinte da una periodicità bimensile distinta nelle fasi di sizigie (luna piena e nuova) e di quadratura. Nei periodi sizigiali si verificano i massimi dislivelli positivi e negativi che raggiungono valori di circa 0.20 m rispetto al livello medio marino (massimo dislivello assoluto pari a circa 0,40 m). Nelle fasi di quadratura l'escursione è al massimo limitata a ± 0.15 m s.l.m. Mediamente l'oscillazione di marea da assumere (dislivello tra il minimo ed il massimo livello diurno) è di 0.30 m.

8.2. Marea meteorologica

Per la definizione della marea meteorologica si distinguono:

- **effetto barico:** considerata una condizione di minimo barico (legata al passaggio dei centri di bassa pressione caratterizzanti i cicloni) pari a 975 mb ed una condizione di massimo barico (legata al passaggio dei centri di alta pressione caratterizzanti gli anticicloni) pari a 1044 mb, rispetto ad una condizione media di 1013 mb ne consegue (da un punto di vista prettamente statico) un effetto di sovrizzo marino massimo pari a +0.38 m ed un abbassamento massimo del livello marino pari a -0.31 m;
- **sovrizzo di vento:** l'effetto di innalzamento dei livelli sottocosta indotto dall'azione di venti foranei spiranti verso la costa è definito in funzione dell'estensione della piattaforma continentale; nel caso in esame si può considerare un'estensione della piattaforma continentale di circa 15 km delimitata all'incirca dall'isobata -200 m s.l.m. Il calcolo del sovrizzo di vento può essere effettuato con la nota relazione implicita:

$$S = \frac{K_p \cdot L_p \cdot U^2}{g(D - d - S)} \ln\left(\frac{D}{d + S}\right) \quad (1)$$

Ponendo:

- D=200 m - la profondità limite assunta per la piattaforma continentale;
- $L_p=15000$ m - l'estensione della piattaforma continentale;
- d=10.0 m - la profondità ove si calcola il sovrizzo;
- $g=9.81$ m/s²;
- $k_p=3 \times 10^{-6}$;
- U=20 m/s la velocità del vento persistente in condizioni estreme

La relazione implicita fornisce un valore, pari a circa 0.03 m, pressoché trascurabile del sovrizzo del livello marino sotto costa (alla profondità di -10 m s.l.m.) dovuto all'azione del vento.

Eseguendo il calcolo anche per profondità inferiori si osserva che il sovrizzo segue una legge esponenziale con un massimo lungo la linea di riva (d=0.1 m) pari a circa 0.08 m.

8.3. Variazioni stagionali ed a lungo termine

Possono inoltre essere considerate altre piccolissime oscillazioni stagionali dovute a differenze di densità (max 5 cm, min -3 cm) e variazioni a lungo termine dovute a fenomeni di eustatismo. Le attuali proiezioni prevedono un progressivo innalzamento del livello marino dovuto all'incremento della temperatura terrestre (effetto serra) stimabile in circa 30 cm nei prossimi 50 anni. Valutazioni meno pessimistiche considerano possibili incrementi di livello di poco superiori a quelli registrati nell'ultimo millennio (dell'ordine di 10 cm al secolo).

8.4. Valori estremi

In definitiva è possibile calcolare il massimo sovrizzo lungo riva sommando tutti i diversi contributi di oscillazione del livello marino ma, considerando che in generale non si verifica la piena concomitanza per i sovrizzi di carattere meteorologico ed astronomico, si può cautelativamente assumere una riduzione del 35% per il dislivello massimo generato contemporaneamente dal sovrizzo meteorologico ed astronomico.

E' quindi possibile assumere un innalzamento massimo del livello marino pari a:

$$\text{sovrizzo}_{max} = +0.05m + (+0.05m + 0.38m + 0.20m) \times 0.75 = 0.52 \text{ m (0.82 m tra 50 anni)}.$$

Per quanto riguarda i massimi abbassamenti risulta invece:

$$\text{abbassamento}_{max} = -0.03m + (-0.20m - 0.31m) \times 0.75 = -0.40 \text{ m (-0.10 m tra 50 anni)}.$$

Nella zona più prossima alla riva si verifica un'ulteriore variazione del livello marino associata alla propagazione e frangimento dell'onda. Lungo la fascia litoranea confinata tra la linea dei frangenti e la linea di riva, indicata dalla letteratura specializzata come *surf-zone*, si registra un abbassamento del livello marino (wave set-down) nella zona di frangimento delle onde ed un successivo innalzamento verso riva (wave set-up). Il calcolo dei due termini di set-down h_b e set-up h_s , rappresentativi del fenomeno, può essere effettuato in prima approssimazione in funzione delle relazioni ⁽³⁾:

$$- h_b = -(1/16)\gamma^2 \cdot H_b = -0.30 \text{ m s.l.m.}$$

³

"Coastal Engineering" vol.II, Delft University of Technology, 1993

- $h_s = (5/16)\gamma^2 \cdot H_b = +1.50 \text{ m s.l.m.}$

dove:

- H_b è stata assunta pari a 8.0 m (altezza dell'onda significativa al frangimento cui corrisponde un tempo di ritorno pari a $T_R=50$ anni – vedi Tab. 4.1.2);
- γ è l'indice di frangimento esprime il rapporto tra l'altezza dell'onda frangente e la profondità d a cui si realizza il frangimento (si è soliti assumere $\gamma = 0.78$).

Grande Progetto “Interventi di difesa e ripascimento del litorale del golfo di Salerno”

9. CORRENTI

L'analisi d'insieme (riferita alla rappresentazione grafica in figura 9.1 estratta da "Atlante Tematico d'Italia" TCI, CNR) mostra che il golfo di Salerno è interessato dalle sole correnti di gradiente superficiali instabili e tendenti ad invertirsi di tempo in tempo, dovute alla irregolare distribuzione della pressione sulla superficie del mare ed alla differenza di densità di masse d'acqua adiacenti. La situazione cambia in prossimità di costa, se il vento che spira dai quadranti occidentali è di intensità adeguata, si possono ammassare lungo costa notevoli masse d'acqua che, non potendo rifluire verso il largo a causa del vento contrario, danno luogo a forti correnti che scorrono parallelamente alla costa.

La conformazione batigrafica del sito in esame, associata alla limitata escursione dei livelli di marea astronomica, lascia prevedere valori trascurabili delle possibili correnti di marea. In definitiva, il regime delle correnti marine, nel tratto di costa in esame, ha effetti irrilevanti sulla dinamica dei sedimenti costieri che risulta dominata invece dalle correnti litoranee, comprese tra la linea dei frangenti e la linea di riva, indotte dall'azione del moto ondosso frangente.

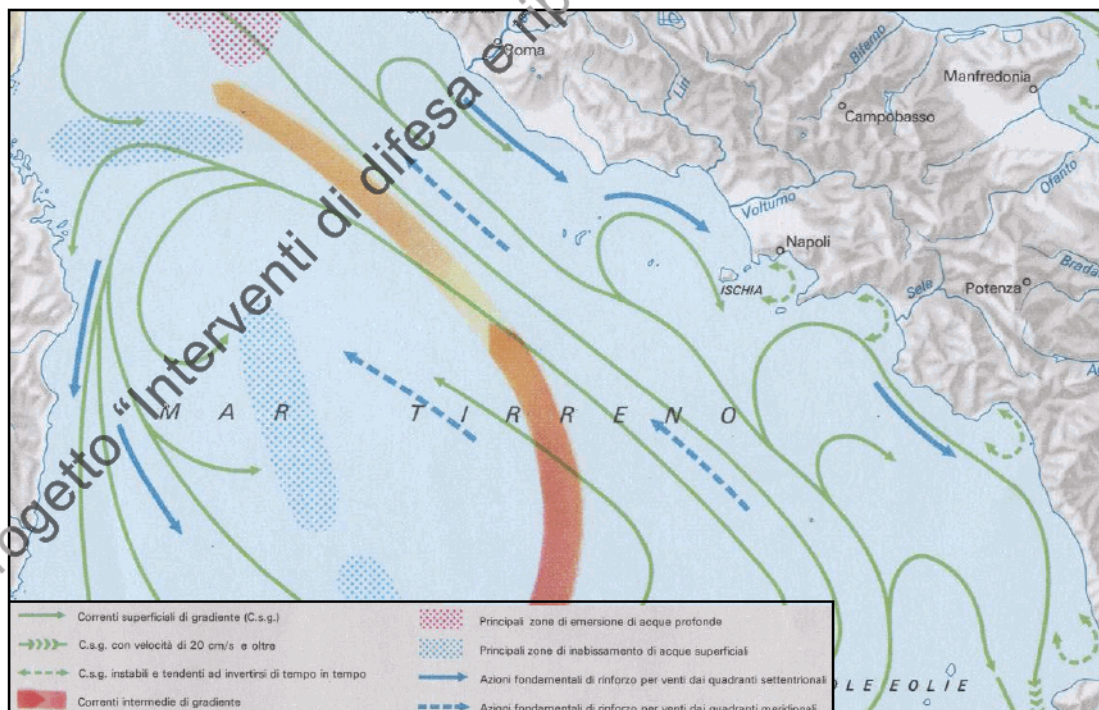


Figura 9.1 - Distribuzione delle correnti d'insieme.

10. REGIME DEI VENTI

Per un'analisi esaustiva delle condizioni meteo-marine del paraggio si è preso in esame anche il regime dei venti, facendo riferimento alla tavola tematica pubblicata dal TCI-CNR ove sono riportati i "diagrammi polari dei venti" delle stazioni gestite dal Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (CNMCA).

Dalla figura 10.1 si evince che il settore di traversia ove si esplicano i fenomeni di generazione delle mareggiate che possono interessare il litorale in esame è dominato dai venti di ponente e maestrale. In particolare si è fatto riferimento ai dati della Stazione Meteo di Napoli Capodichino, gestita dall'Aeronautica Militare (I.T.A.V.-C.N.M.C.A: Ispettorato Trasmissioni e Assistenza al Volo – Centro Nazionale di Meteorologia e Climatologia Aeronautica).

I valori delle frequenze di accadimento annuali ripartite per classi di velocità e direzione sono stati riassunti nella tabella 10.1.



Figura 10.1 - Regime di esposizione ai venti per il mar Tirreno centro-meridionale.

ELABORAZIONI DI DATI METEOROLOGICI - COLLABORAZIONE SERVIZIO METEOROLOGICO A.M. - ENEL								
STAZIONE METEOROLOGICA A.M. 289 - NAPOLI CAPODICHINO - LAT. 43 51 LONG. 14 18 ALT. 88 m								
PERIODO DI OSSERVAZIONE DAL 1/1951 AL 12/1977								
DIREZIONE E VELOCITA' DEL VENTO								
NUMERO DELLE OSSERVAZIONI 78878								
DISTRIBUZIONE DELLE FREQUENZE ANNUALI								
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA'						
N.	GRADI	0 - 1	2 - 4	5 - 7	8 - 12	13 - 23	24 - 99	TOTALE
1	0.0 - 22.5		21.65	15.47	7.31	2.81	0.51	47.75
2	22.5 - 45.0		17.79	17.29	16.80	9.49	0.91	62.29
3	45.0 - 67.5		10.74	11.82	17.68	10.43	0.52	51.19
4	67.5 - 90.0		4.30	4.32	5.21	2.50	0.03	16.38
5	90.0 - 112.5		2.37	1.21	1.03	0.26	0.01	4.88
6	112.5 - 135.0		1.90	0.81	0.53	0.13	0.03	3.40
7	135.0 - 157.5		2.51	2.30	1.89	1.28	0.14	8.13
8	157.5 - 180.0		8.66	10.86	12.65	6.21	0.29	38.67
9	180.0 - 202.5		15.88	22.73	26.82	8.84	0.29	74.38
10	202.5 - 225.0		16.54	23.18	26.56	8.37	0.23	74.89
11	225.0 - 247.5		9.20	9.83	10.37	5.25	0.29	34.94
12	247.5 - 270.0		8.34	8.38	9.33	5.65	0.46	32.36
13	270.0 - 292.5		9.07	9.35	10.09	4.44	0.35	33.30
14	292.5 - 315.0		14.31	10.76	6.89	1.51	0.02	33.49
15	315.0 - 337.5		20.27	10.66	2.77	0.46	0.03	34.18
16	337.5 - 360.0		20.92	11.15	3.48	0.65	0.06	36.26
VARIABILI			0.14	0.04	0.04	0.01	0.00	0.23
0 - 1 NODO		413.30						413.30
TOTALE		413.30	184.40	170.17	159.46	68.51	4.16	1000.00

Tabella 10.1: stazione meteorologica di Napoli Capodichino - distribuzione delle frequenze annuali

I dati così raccolti mostrano che:

- **i venti regnanti** (associati a maggiori frequenze di accadimento) provengono dal settore mezzogiorno-libeccio (circa il 19% dal settore 157.5°÷225°N) e dal settore di tramontana-grecale (circa il 16% dal settore 0.0°÷67.5. °N);
- **i venti dominanti** (più intensi) provengono dal settore di tramontana-grecale con classi di velocità superiori a 24 nodi per una frequenza di accadimento pari a circa lo 0.19% (settor 0.0°÷67.5 °N) e circa il 2.5% con classi di velocità superiori a 13 nodi dallo stesso settore.