

ICARO



Syndial
Stabilimento di Porto Torres

Centrale Termoelettrica

Relazione tecnica su dati meteorologici

Settembre 2006

INDICE

1	DISPONIBILITÀ DEI DATI METEOCLIMATICI.....	4
2	TEMPERATURA E PRECIPITAZIONI.....	6
3	ANEMOLOGIA	8
4	STABILITÀ ATMOSFERICA E STRATO DI RIMESCOLAMENTO	15

INDICE DELLE FIGURE E DELLE TABELLE

Figura 1: Dati A.M. - ENEL. Temperature massime e minime stagionali.	6
Figura 2: Dati A.M. - ENEL. Precipitazioni medie.	7
Figura 3: Rosa venti annuale (Porto Torres - anno 1998)	8
Figura 4: Distribuzione annuale di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)	9
Figura 5: Rosa venti in primavera (Porto Torres - anno 1998)	9
Figura 6: Distribuzione in primavera di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)	10
Figura 7: Rosa venti in estate (Porto Torres - anno 1998).....	10
Figura 8: Distribuzione in estate di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)	11
Figura 9: Rosa venti in autunno (Porto Torres - anno 1998)	11
Figura 10: Distribuzione in autunno di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)	12
Figura 11: Rosa venti in inverno (Porto Torres - anno 1998).....	12
Figura 12: Distribuzione in inverno di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)	13
Figura 13: Dati A.M. - ENEL (1951/1974). Distribuzione annuale di frequenza delle classi di stabilità atmosferica.	16
Figura 14: Dati A.M. - ENEL (1951/1974). Distribuzione stagionale di frequenza delle classi di stabilità atmosferica.	17

Tabella 1: Corrispondenze tra categorie di Pasquill, intensità della velocità del vento a 10 m e radiazione solare incidente (giorno) e netta (notte)..... 15

Tabella 2: Valori medi annui dell'altezza dello strato di rimescolamento [dati di letteratura] 18

1 *DISPONIBILITÀ DEI DATI METEOCLIMATICI*

Per l'area in esame sono disponibili i dati meteorologici della stazione dell'Aeronautica Militare dell'Asinara (SS), elaborati dall'A.M. e dall'ENEL. Tali dati sono relativi al periodo 1951-1974 e constano di 8 osservazioni giornaliere (alle ore sinottiche 0, 3, 6, 9, 12, 15, 18, 21).

Inoltre, sono stati acquisiti i dati della centralina provinciale della stazione di Porto Torres, che fornisce le misure orarie al suolo di velocità e direzione del vento, temperatura dell'aria e umidità relativa limitatamente, però, all'intervallo temporale compreso tra il 1998 e il 1999.

In sostanza, le poche misure locali disponibili per la zona di Porto Torres, hanno indotto la necessità di ricorrere all'analisi dei dati della stazione dell'Asinara al fine di dare una più completa caratterizzazione meteorologica dell'area oggetto di studio.

Tale stazione è collocata a qualche km di distanza da Porto Torres e soprattutto presenta una diversa esposizione rispetto alle condizioni di brezza; d'altro canto, il lungo periodo di misura consente di cogliere possibili variabilità climatiche che, diversamente, potrebbero non essere adeguatamente risolte.

Dall'analisi dei dati meteorologici della stazione dell'Asinara effettuate da Enel e Aeronautica Militare, emergono le considerazioni riportate di seguito.

La maggiore frequenza di eventi è associata al settore W-NW (ca. 30%), con una frequenza apprezzabile associata al settore ENE-ESE (17%) ed una massimo locale a WSW (13%) degli eventi. Sono invece ridotte le frequenze dagli altri settori. È interessante notare come il massimo locale associato ai settori da W a NW fosse presente anche nei dati di Porto Torres, il che sembra confermare la sua dipendenza dalla circolazione generale dell'area, mentre per gli altri settori i due climi presentano significative discrepanze: nei dati dell'Asinara è assente il massimo di frequenza associato ai settori S e SSE, che costituiscono la caratteristica prevalente del clima di vento di Porto Torres, e non si hanno frequenze significative da N e NNE, che a Porto Torres sono probabilmente associate alla circolazione di brezza. Sembra quindi evidente che gli effetti topografici e la diversa esposizione al mare delle stazioni introducano effetti rilevanti nella descrizione climatica. In particolare, la conformazione dell'isola dell'Asinara rende improbabile la formazione di una apprezzabile

circolazione di brezza, che in ogni caso dovrebbe svilupparsi su direttrici diverse rispetto a Porto Torres. Inoltre la localizzazione della stazione probabilmente giustifica la canalizzazione lungo una direttrice E-W che sembra evidente nei dati

In definitiva, benché siano climaticamente più rappresentativi, i dati della stazione dell'Asinara descrivono una situazione anemologica significativamente diversa rispetto alla stazione di Porto Torres, che sembra riflettere le peculiarità topografiche dell'isola e della collocazione della stazione stessa, mentre non sembra cogliere aspetti significativi e attesi, quali la circolazione estiva di brezza.

Per tali motivi, nelle simulazioni delle ricadute al suolo degli inquinanti contenuti nelle emissioni atmosferiche dei camini della CTE, si sono presi i dati di Porto Torres come rappresentativi del clima anemologico.

2 TEMPERATURA E PRECIPITAZIONI

Dal punto di vista climatico, l'area di studio si colloca in una zona condizionata da un clima relativamente mite in cui prevalgono condizioni di generale stabilità atmosferica. Nelle sue linee generali il clima della Sardegna può essere definito temperato-caldo e tipicamente bistagionale, con un periodo caldo arido e un periodo freddo umido che si alternano nel corso dell'anno, intervallati da due stagioni a carattere intermedio. Ciò è dovuto agli spostamenti stagionali delle masse d'aria tropicali provenienti dall'Africa cui si aggiungono limitate incursioni di aria fredda artica, e alla posizione delle aree cicloniche del Mediterraneo.

Per quanto la temperatura dell'aria, si osserva che essa presenta un valore medio annuale pari a circa 16 °C con un andamento delle temperature massime e minime come da grafico seguente.

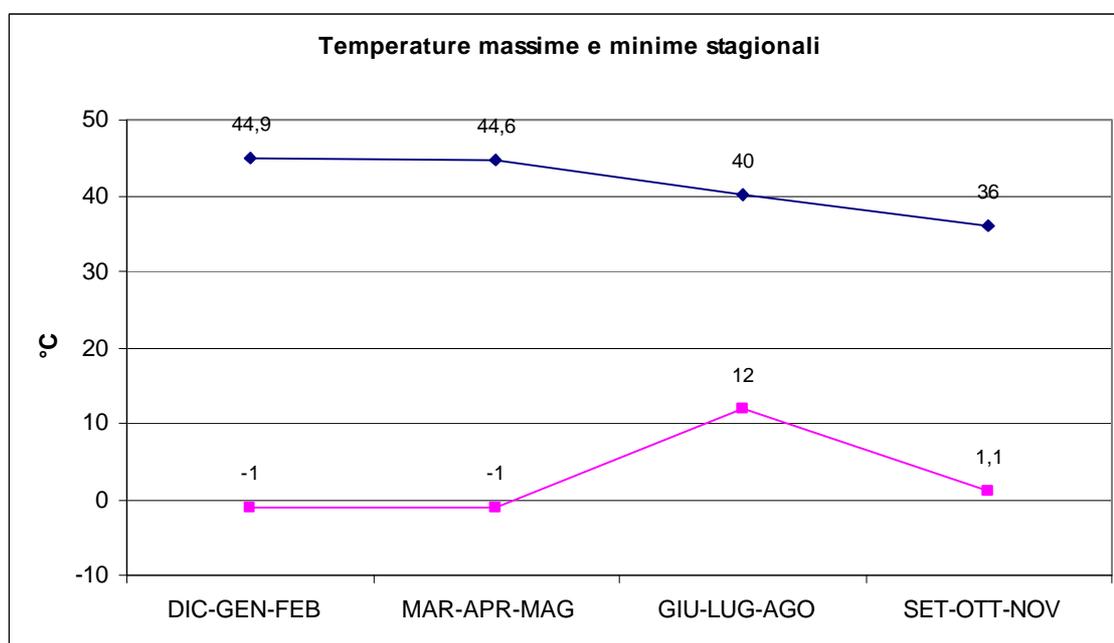


Figura 1: Dati A.M. - ENEL. Temperature massime e minime stagionali.

Per quanto riguarda il regime pluviometrico si riconosce come stagione maggiormente piovosa quella primaverile, con massimo in novembre.

La stagione invece particolarmente secca e quella estiva, con minimo in luglio.

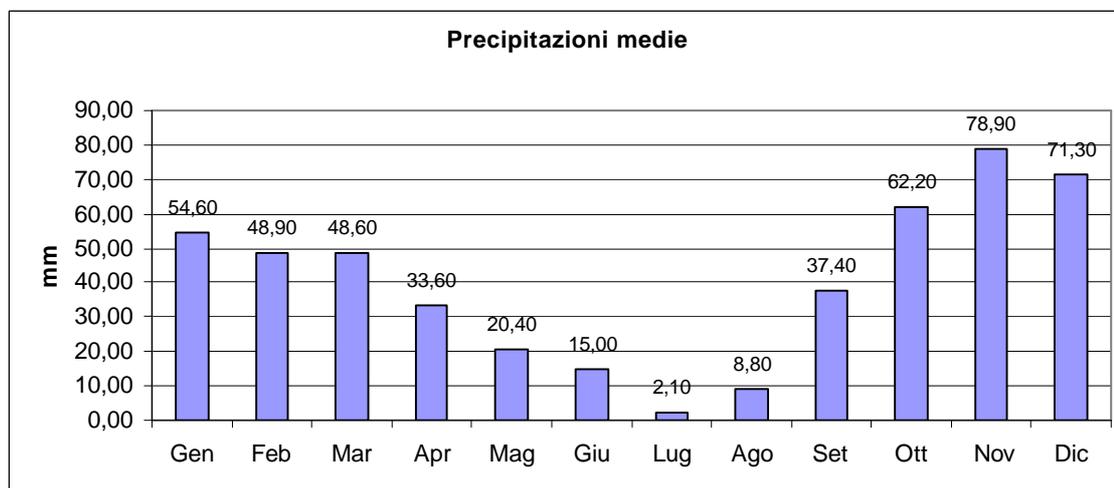


Figura 2: Dati A.M. - ENEL. Precipitazioni medie.

3 ANEMOLOGIA

Come già specificato in precedenza, per la definizione delle caratteristiche anemologiche si è fatto riferimento ai dati relativi alla stazione di Porto Torres, giudicati più rappresentativi per l'area in esame rispetto a quelli della stazione dell'Aeronautica Militare dell'Asinara.

Di seguito vengono riportate, la rosa dei venti e la distribuzione di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento per l'anno disponibile (1998-1999) e per le varie stagioni.

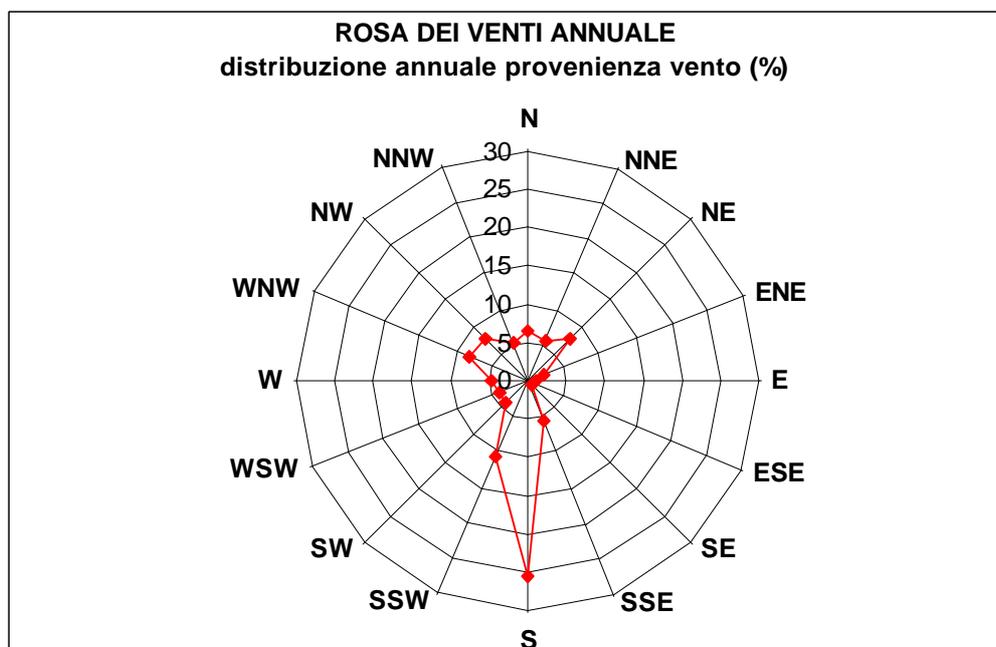


Figura 3: Rosa venti annuale (Porto Torres - anno 1998)

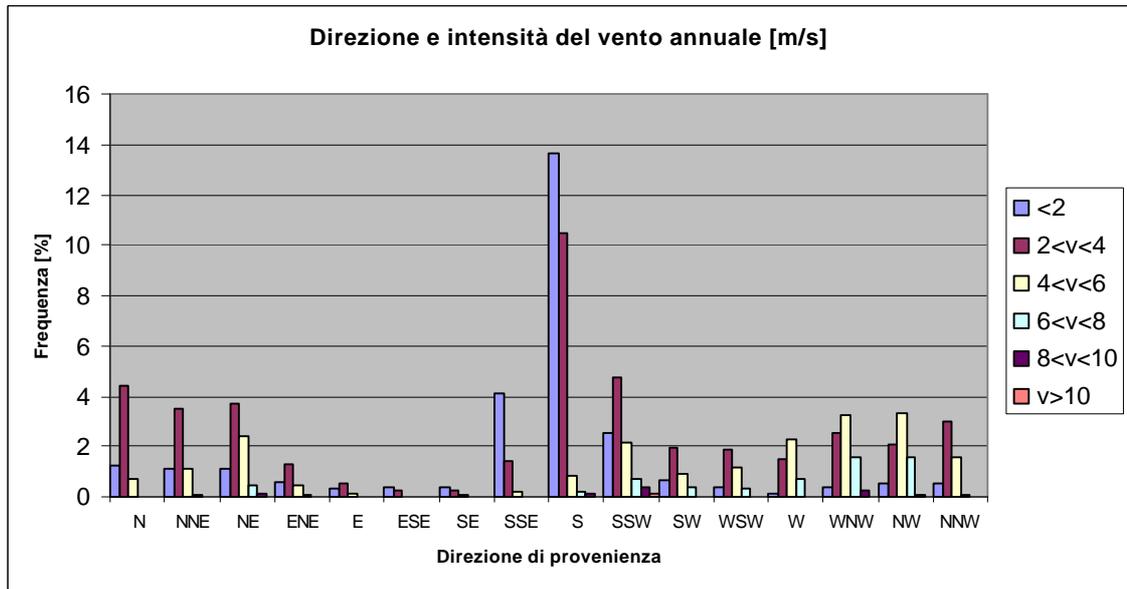


Figura 4: Distribuzione annuale di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)

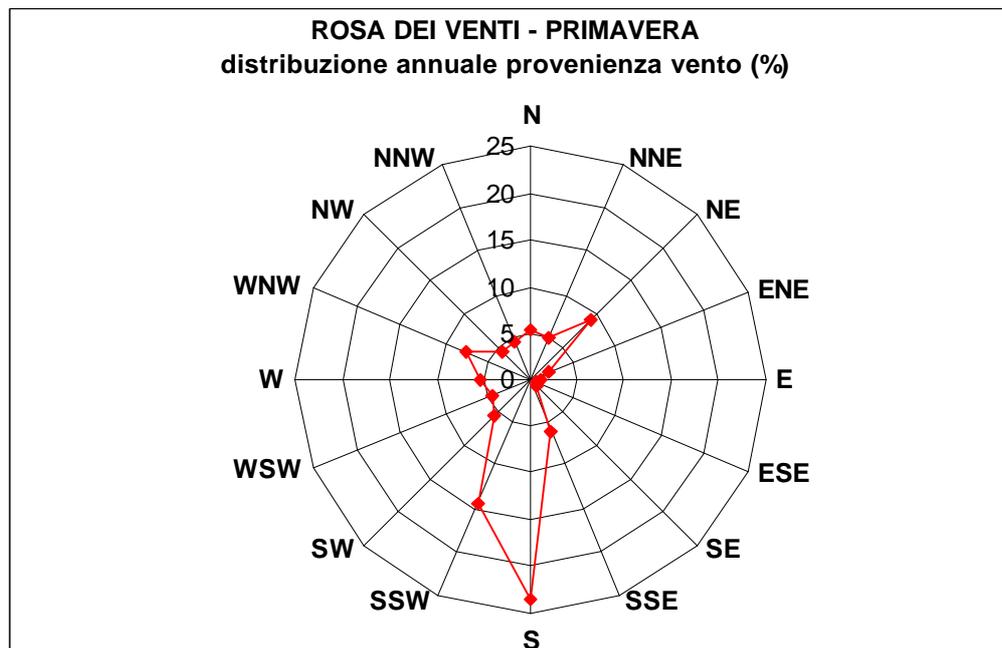


Figura 5: Rosa venti in primavera (Porto Torres - anno 1998)

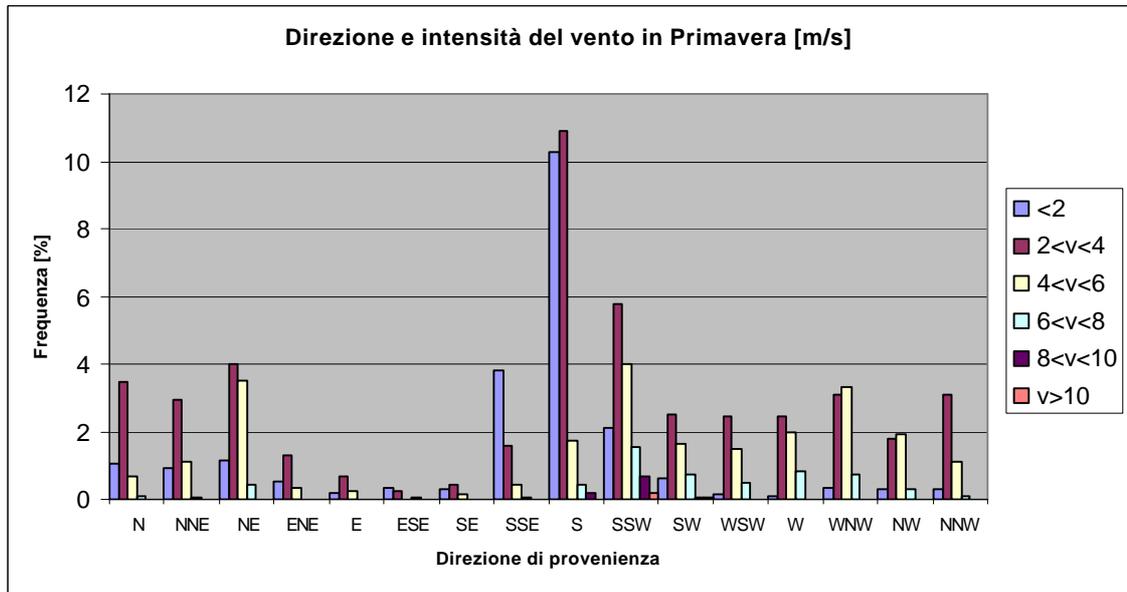


Figura 6: Distribuzione in primavera di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)

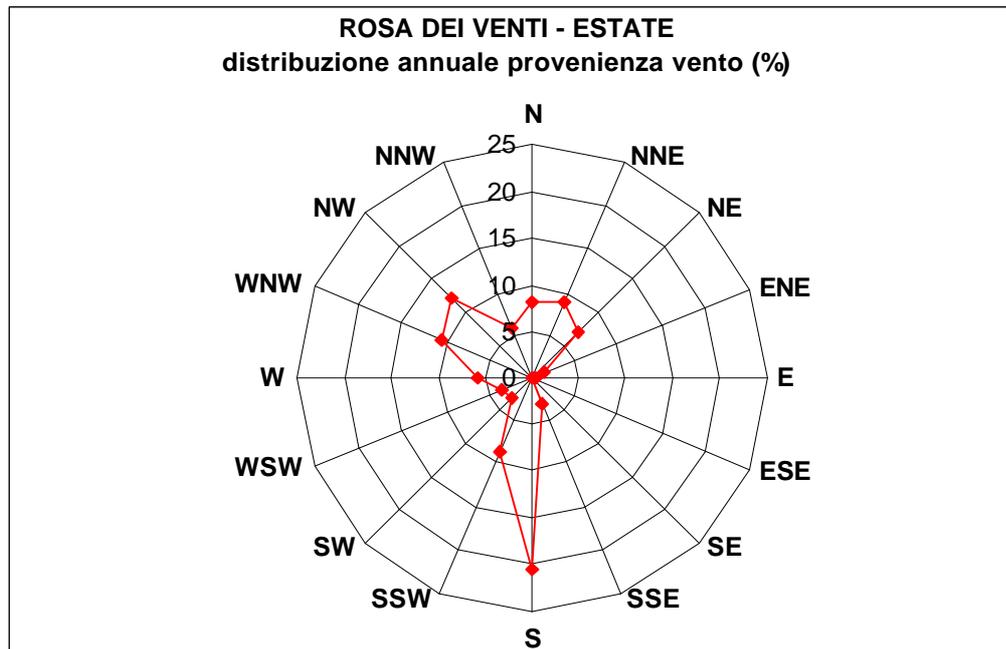


Figura 7: Rosa venti in estate (Porto Torres - anno 1998)

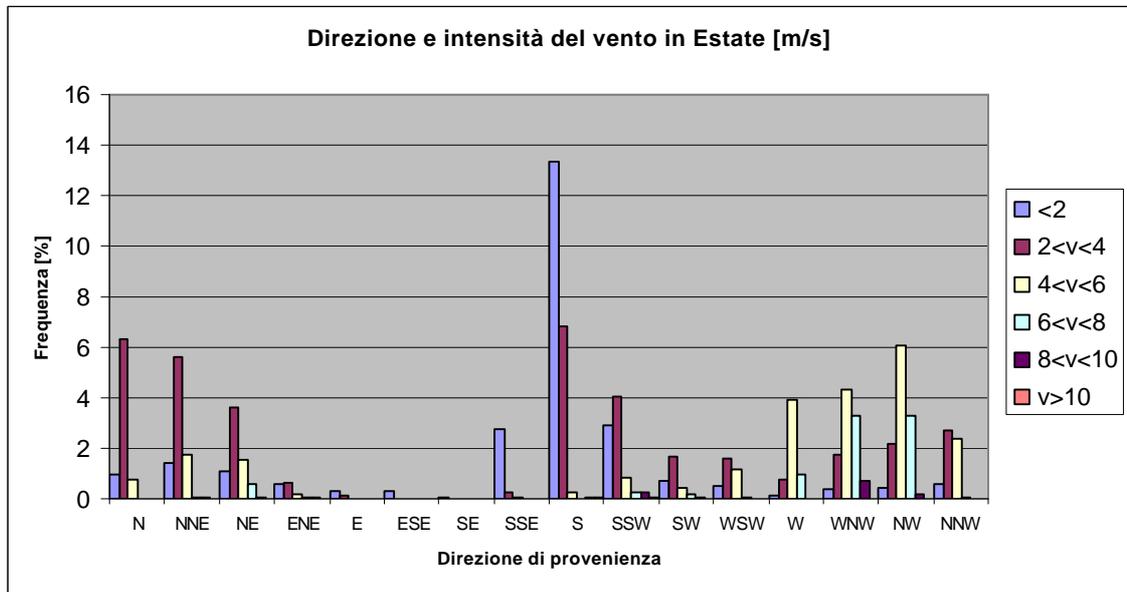


Figura 8: Distribuzione in estate di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)

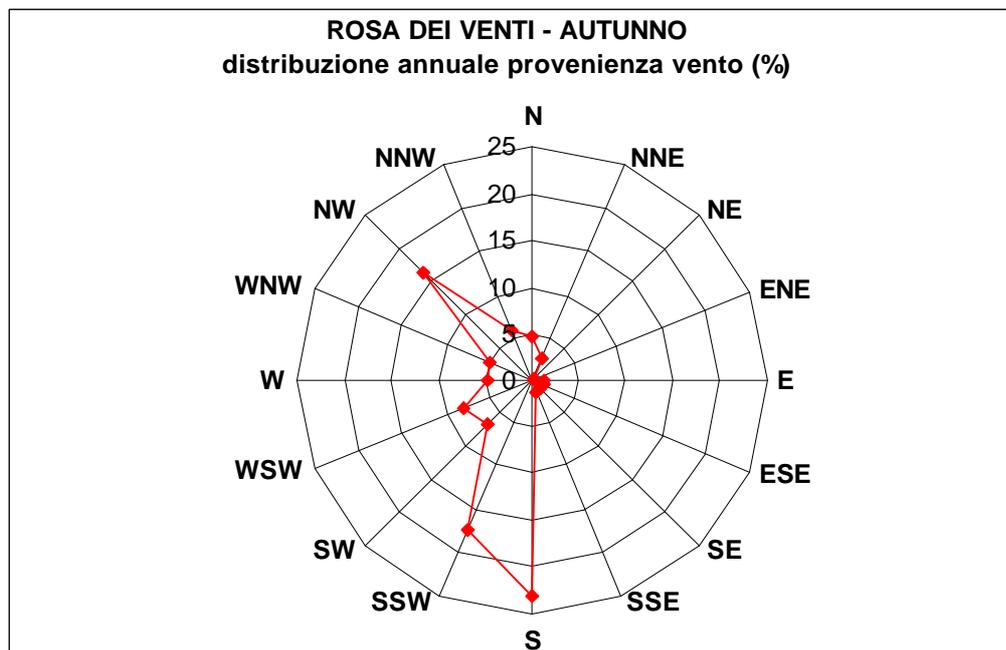


Figura 9: Rosa venti in autunno (Porto Torres - anno 1998)

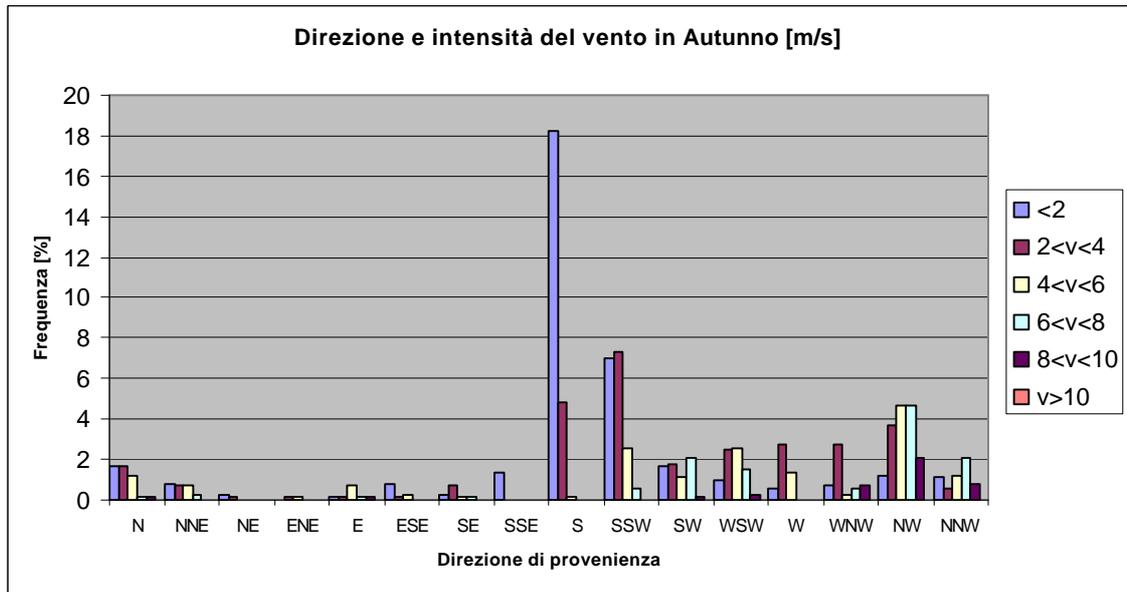


Figura 10: Distribuzione in autunno di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)

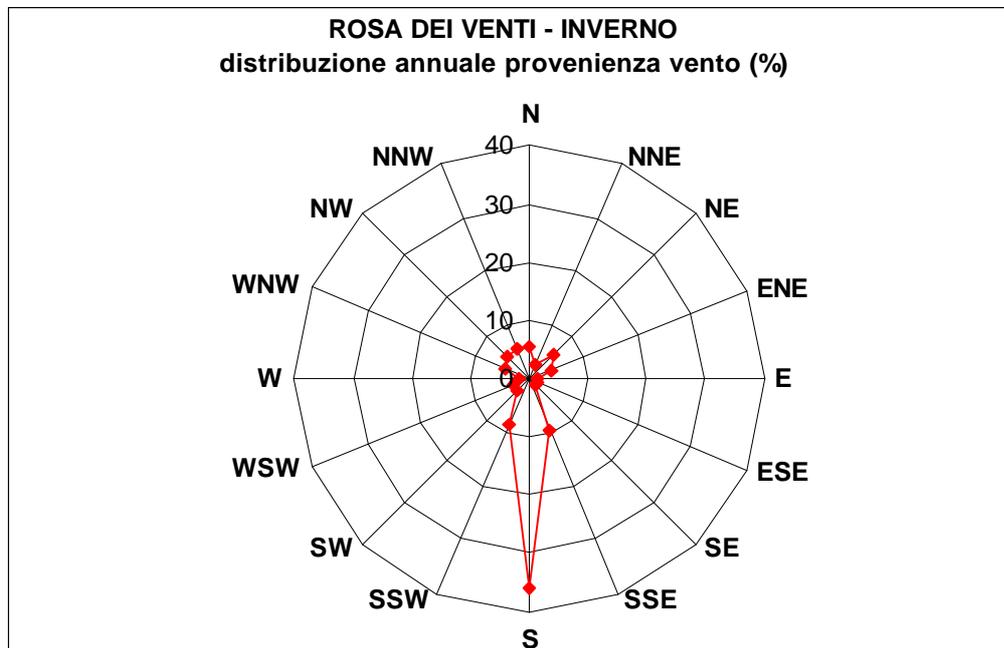


Figura 11: Rosa venti in inverno (Porto Torres - anno 1998)

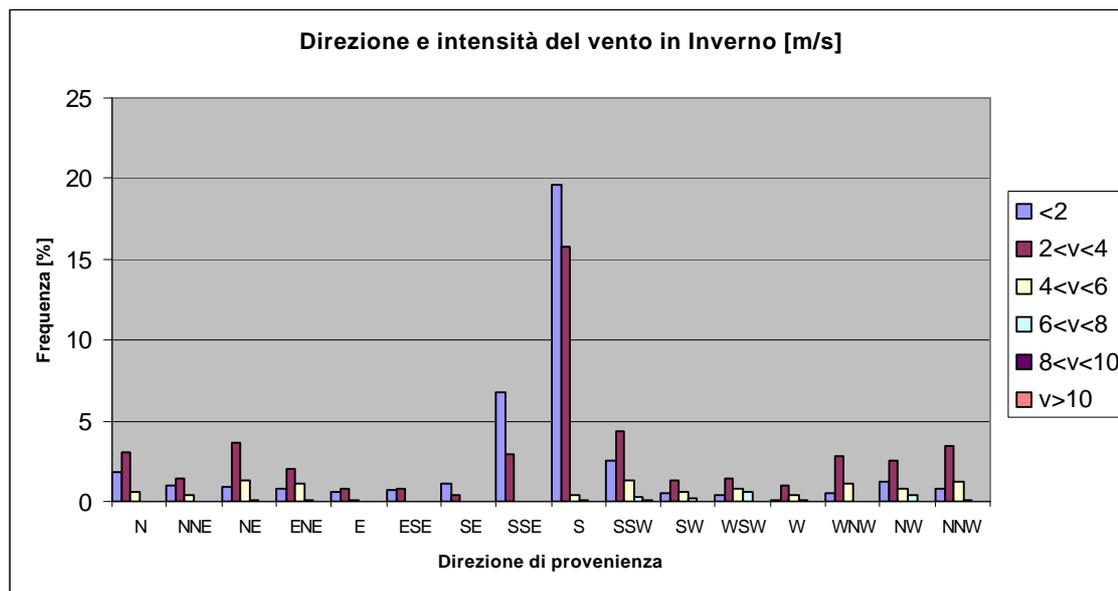


Figura 12: Distribuzione in inverno di frequenza delle classi di intensità e direzione del vento (Porto Torres - anno 1998)

Come si evince dai grafici sopra riportati, il clima del vento su base annuale indica una significativa prevalenza in frequenza ed intensità degli eventi dai settori S e SSW, che assommano a ~35% delle osservazioni. Di significativa rilevanza è anche il settore da W a NW, con il 20% delle osservazioni, mentre un massimo locale di frequenza è associato al NE, 8% delle osservazioni. Gli eventi di maggiore intensità misurati risultano dell'ordine dei 14 m/s.

In Inverno si accentua la rilevanza degli eventi dal settore meridionale, con i 2 settori S e SSW che assommano al 45% degli eventi totali. Decresce in maniera significativa la percentuale degli eventi dal settore W-NW (8%), mentre è ancora presente, con frequenza di eventi attenuata, il massimo locale associato al NE (6%).

In primavera si assiste ad una transizione verso condizioni più simili alla media annuale, con gli eventi da S e SSW che si attestano sul 38%, il settore da W a NW al 15%, e ca. il 9% degli eventi associati al NE, con un lieve incremento rispetto alla media annua, che probabilmente non riveste alcun particolare significato climatico, visto che estendendo l'analisi al settore da N a NE si ha una sostanziale equivalenza tra la condizione primaverile e quella media annuale (20% degli eventi).

In estate si ha ancora una netta prevalenza dei settori S e SSW, che tuttavia

raggiungono il loro minimo di frequenza, con il 29% degli eventi. Parallelemente si ha un massimo nella frequenza associata al settore da W a NW (26% degli eventi) e acquistano una significativa rilevanza i settori N e NNE, con il 17% degli eventi, che raggiungono il 25% estendendo il settore fino al NE. In proposito è interessante osservare la quasi perfetta equivalenza tra i settori da NNE e SSW, che quasi sicuramente segnala la presenza di una sviluppata circolazione di brezza. Inoltre, la rilevante frequenza degli eventi da S è dovuta anche ad una elevata percentuale di eventi con bassa intensità del vento (14% sotto i 2 m/s). Non considerando tali eventi, per almeno una parte dei quali è ipotizzabile una qualche incertezza nella definizione della direzione, si osserva ancora una sostanziale equivalenza tra il settore S ed il N. Si può quindi concludere che nella stagione estiva è evidente una sostenuta circolazione di brezza, associata ai settori N-NNE e S-SSW, mentre la significativa occorrenza degli eventi da NW deriva probabilmente dalla circolazione generale dell'area.

Il periodo Autunnale mostra una transizione verso le condizioni prevalenti della stagione invernale. Si accentua la rilevanza dei settori S e SE (41% degli eventi), con ancora una significativa incidenza del settore da W a NW, con il 25% degli eventi, di cui il 16% associati al NW. Invece, a differenza di quanto osservato nelle altre stagioni, sono molto ridotte le frequenze da tutti gli altri settori. In proposito occorre osservare che, per le lacune già notate nei dati di base, tali valutazioni sono basate su un numero esiguo di misure, per cui la loro significatività ai fini della caratterizzazione climatica è piuttosto incerta.

Per quanto riguarda le intensità del vento, i dati indicano una situazione abbastanza energetica, con condizioni di vento da moderato (11-16 nodi) a teso (17-21 nodi) per ca. il 7% del tempo.

4 **STABILITÀ ATMOSFERICA E STRATO DI RIMESCOLAMENTO**

Un criterio di classificazione per le condizioni di stabilità atmosferica è stato introdotto da Pasquill. Le classi di stabilità, denotate con le lettere dalla A alla F, sono determinate in base a parametri meteorologici facilmente acquisibili dalle stazioni a terra (velocità del vento a 10 m dal suolo e, radiazione solare globale e netta)^a.

In tabella seguente si riporta la ripartizione in classi di stabilità relazionata a velocità del vento a 10 m e radiazione solare incidente per le ore diurne e radiazione solare netta per la notte.

Radiazione (W/m ²)	Velocità del vento (m/s)					
	V < 2	2 ≤ V < 3	3 ≤ V < 4	4 ≤ V < 5	5 ≤ V < 6	V ≥ 6
Giorno						
RT ≥ 700	A	A	B	B	C	C
540 ≤ RT < 700	A	B	B	B	C	C
400 ≤ RT < 540	B	B	B	C	C	D
270 ≤ RT < 400	B	B	C	C	C	D
140 ≤ RT < 270	C	C	C	D	D	D
RT < 140	D	D	D	D	D	D
Notte						
RN ≥ -20	D	D	D	D	D	D
-40 ≤ RN < -20	F	E	D	D	D	D
RN < -40	F	F	E	E	D	D

Tabella 1: Corrispondenze tra categorie di Pasquill, intensità della velocità del vento a 10 m e radiazione solare incidente (giorno) e netta (notte)

I dati meteo registrati dalla centralina di Porto Torres non permettono di definire le classi di stabilità atmosferica dato che si riferiscono solo al regime anemologico e non alla radiazione solare.

^a [Pasquill F. (1974): *Atmospheric diffusion* – Wiley, New York, NY, USA].

Come si può notare dalla tabella precedente, la ripartizione in classi di stabilità, per velocità del vento elevato (> 5-6 m/s) è indipendente dalla radiazione solare.

Pertanto in prima approssimazione, per il presente studio si è ritenuto lecito utilizzare le distribuzioni di frequenza delle classi di stabilità relative alla stazione dell'Asinara.

I dati di stabilità atmosferica della stazione dell'A.M. dell'Asinara sono elaborati secondo le classi di Pasquill. Le elaborazioni effettuate, riportate nei grafici seguenti, rappresentano la distribuzione annuale e stagionale delle classi di stabilità di Pasquill.

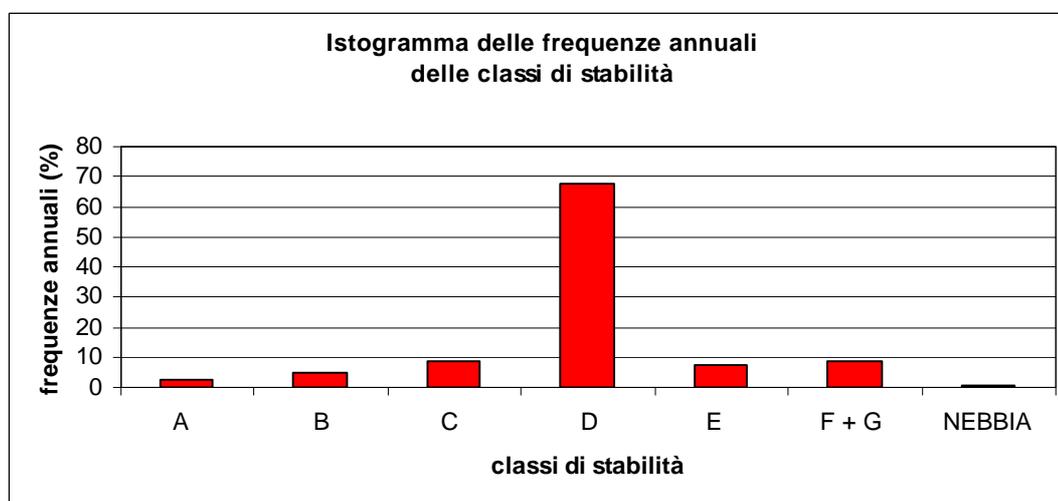


Figura 13: Dati A.M. - ENEL (1951/1974). Distribuzione annuale di frequenza delle classi di stabilità atmosferica.

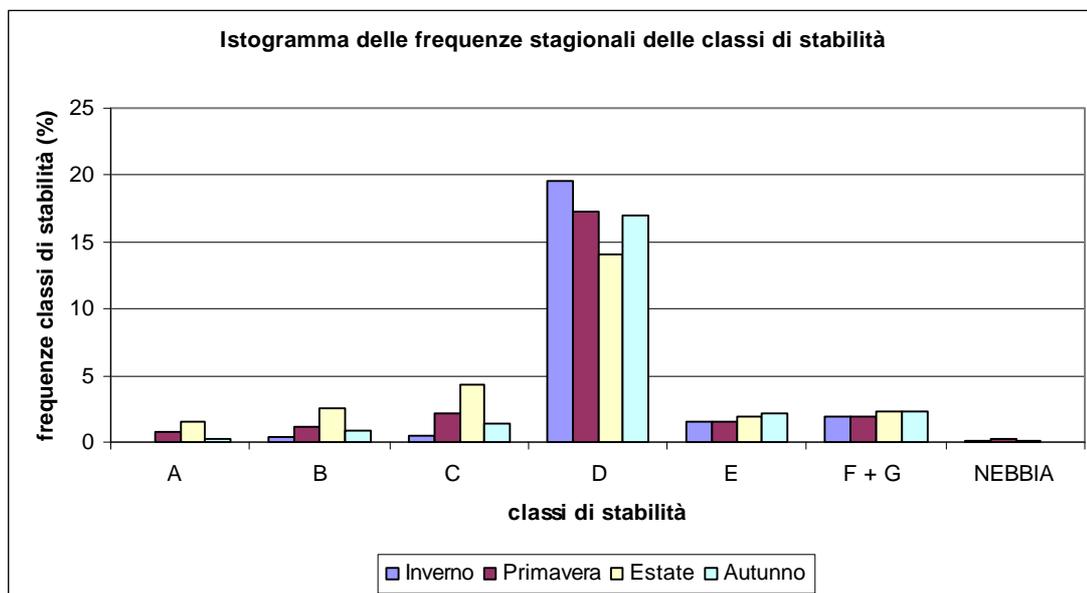


Figura 14: Dati A.M. - ENEL (1951/1974). Distribuzione stagionale di frequenza delle classi di stabilità atmosferica.

Si può osservare come per le classi di stabilità atmosferica A e B (situazioni instabili) le massime occorrenze si abbiano nei mesi caldi (primavera ed, ancora di più, estate). Questo fenomeno che tende a produrre un maggiore e più intenso rimescolamento verticale è causato dal forte irraggiamento solare nei bassi strati che causa l'instaurarsi di moti convettivi.

Al contrario nei mesi e stagioni fredde si osserva un massimo della classe D, peraltro classe dominante per tutto il corso dell'anno, situazione ideale per la dispersione e la diluizione delle masse d'aria inquinate emesse nei bassi strati.

Interessante è osservare anche come la percentuale di occorrenze di classi estremamente stabili (F+G) non subisca grandi variazioni durante le stagioni.

Per quanto riguarda l'altezza dello strato di rimescolamento, non essendo disponibili dati misurati per l'area in esame, si riportano in tabella seguente, dati di letteratura relativi ai valori medi annui delle altezze dello strato di rimescolamento in funzione delle classi di stabilità atmosferica.

Classi di stabilità	Altezza media annua dello strato di rimescolamento
A	1500
B	1500
C	1000
D	500
E	10000
F	10000

Tabella 2: Valori medi annui dell'altezza dello strato di rimescolamento [dati di letteratura]