



## **ALLEGATO D.5**

### ***Relazione tecnica su dati meteo climatici***

Emissione: 30/09/2008



## INDICE

<b>1. <u>INTRODUZIONE</u></b>	<b>3</b>
<b>2. <u>CLIMATOLOGIA GENERALE</u></b>	<b>4</b>
<b>3. <u>CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE DELL'AREA DI BRINDISI</u></b>	<b>7</b>
3.1. PLUVIOMETRIA E TEMPERATURA	7
3.2. REGIME ANEMOLOGICO	9
3.3. STABILITÀ ATMOSFERICA	9
<b>4. <u>MODELLO UTILIZZATO PER LA DETERMINAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA</u></b>	<b>19</b>
4.1. MODELLO ICS3 (INDUSTRIAL SOURCE COMPLEX)	19
4.2. EQUAZIONE DI TRASPORTO E DIFFUSIONE SECONDO IL MODELLO ISC3	21



## 1. INTRODUZIONE

La presente relazione, che costituisce l'Allegato D.5 alla documentazione relativa alla richiesta dell'Autorizzazione Integrata Ambientale, identifica i dati meteorologici che sono stati utilizzati per la caratterizzazione dell'area e la valutazione delle ricadute di inquinanti in atmosfera.



## 2. CLIMATOLOGIA GENERALE

La Puglia è caratterizzata da un clima tipicamente mediterraneo, con inverno mite e poco piovoso e stagione estiva calda e secca, appartenendo dunque alle aree con climi marittimi temperati (o climi subtropicali ad estate secca).

La regione risulta abbastanza riparata dai venti occidentali dall'Appennino, mentre rimane esposta alle correnti atmosferiche provenienti dall'Adriatico e da Sud. Questo le conferisce una minore piovosità rispetto alle regioni del versante tirrenico ed è anche causa di frequenti passaggi bruschi tra tempi meteorologici diversi.

I mesi estivi sono caratterizzati da siccità dovuta alle masse d'aria calda e secca tropicale che dominano sul bacino del Mediterraneo.

I mesi invernali e autunnali presentano frequente nuvolosità e piogge relativamente abbondanti, recate in genere da venti sciroccali, avvicendate con periodi sereni e piuttosto freddi provocati da venti settentrionali e di Nord-Est. In primavera s'intercalano anche correnti da Sud-Ovest, di provenienza africana, apportando caldi precoci ed aria soffocante.

I giorni piovosi sono scarsi: il loro numero è compreso tra 60 e 80. La neve è fugace eccetto che per l'alto Gargano e per il Subappennino dauno.

Annualmente la regione riceve in media poco più di 600 mm di pioggia. La maggiore piovosità si osserva sul Gargano con 1.100-1.200 mm totali annui, interessato da piogge di tipo orografico a cui si aggiungono quelle d'origine frontale legate alla ciclogenesi del Mediterraneo orientale.

La minore piovosità si osserva sul Tavoliere, con valori totali annui al di sotto dei 450 mm, ed in una ristretta fascia costiera intorno a Taranto.

Nel Subappennino dauno si avvicina a 900 mm annui e la maggior parte delle aree pianeggianti ha meno di 700 mm annui. In tutta la regione, le precipitazioni si concentrano per oltre il 60% nei mesi autunno-invernali, con massimi nel Salento dove raggiungono l'80%.

Il ciclo annuo mostra un solo massimo di piovosità ben distinto in novembre o in dicembre, mentre il minimo quasi sempre ricade in luglio per tutta la regione.

La stagione estiva è caratterizzata da una generale aridità su tutto il territorio: infatti, ad eccezione del Gargano e del Subappennino dove si hanno precipitazioni di poco superiori a 50 mm, i valori sono inferiori a 30 mm; in alcuni anni i mesi estivi sono stati del tutto privi di pioggia. Succede, tuttavia, che non siano infrequenti i brevi ed intensi rovesci estivi con punte di 30-50 mm in pochi minuti.

Elevata è, infine, la variabilità interannuale delle piogge: si può passare in una qualunque stazione dai 300 mm di un anno ai 900-1.000 mm dell'anno seguente, come è accaduto a Bari nel 1913 (371 mm) e nel 1915 (1.095 mm).

Nella Figura 1, tratta da un rapporto dell'Archivio cartografico della Regione Puglia, è riportata la mappa delle isoiete relative all'intero territorio regionale.

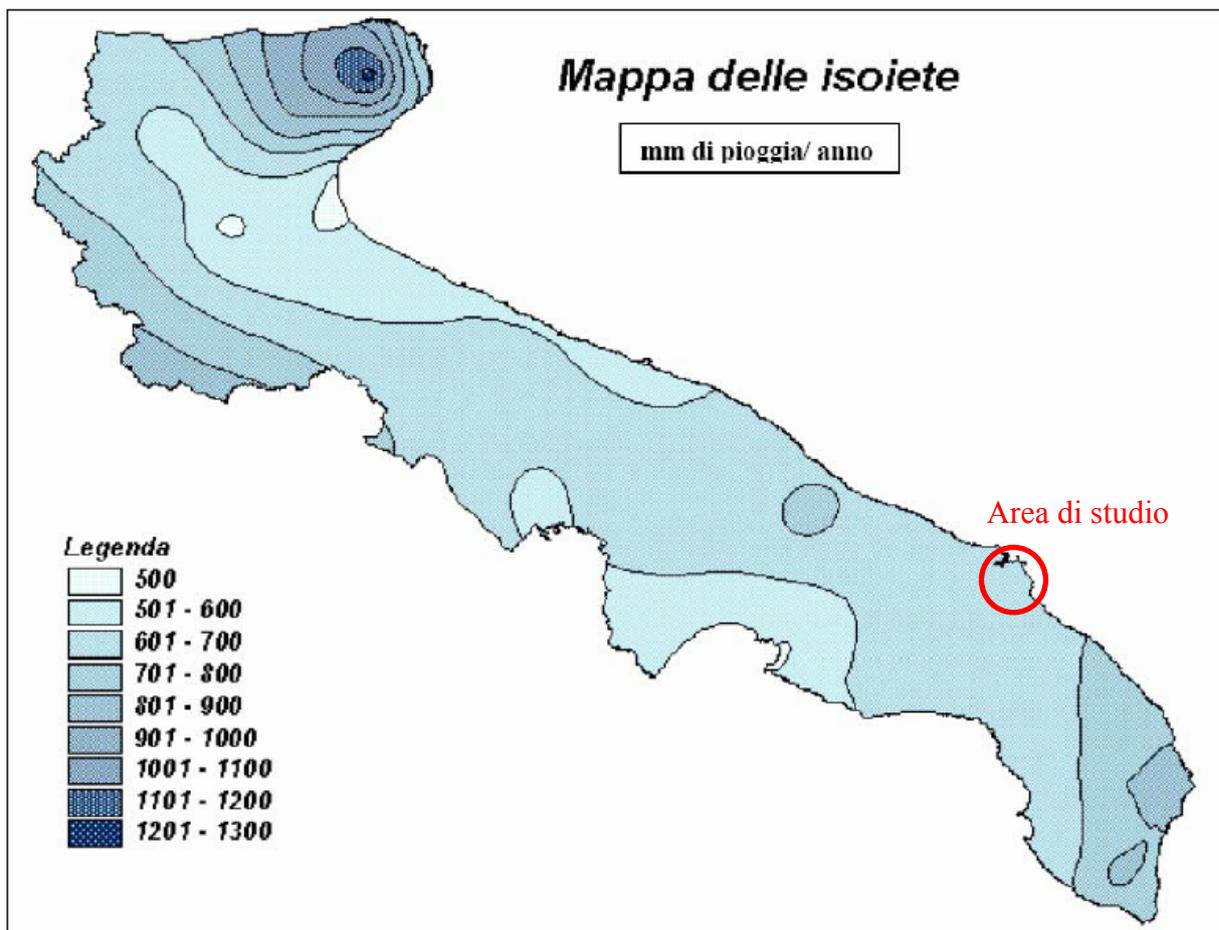


Figura 1 – Mappa delle isoiete (fonte: Autorità di Bacino della Puglia “Piano di Bacino – Stralcio assetto idrogeologico –” disponibile on-line all’indirizzo [www.adb.puglia.it](http://www.adb.puglia.it))

La maggior parte della regione ha una temperatura media annua compresa tra 15° C e 17° C. Il mese più freddo è gennaio.

I valori più bassi si registrano sul Gargano e sul Subappennino dauno con 3° C, mentre quelli più alti nelle zone costiere della penisola salentina.

I mesi più caldi sono luglio e agosto con temperature medie di 27° C -28° C. Foggia, con medie estive intorno ai 29° C e con frequenti punte intorno ai 40° C è una delle città più calde d'Italia.

I giorni di "gelo", con temperature sotto 0° C, sono circa 15- 16 nel Subappennino, meno nelle altre aree.

I giorni "tropicali", quelli cioè con temperature superiori a 30°C, sono mediamente 30 lungo la costa barese ed 80 nella zona compresa tra Taranto e Lecce.

Nella Figura 2, tratta da un rapporto dell’ Archivio cartografico della Regione Puglia, è rappresentata la mappa delle temperature medie per il territorio regionale.

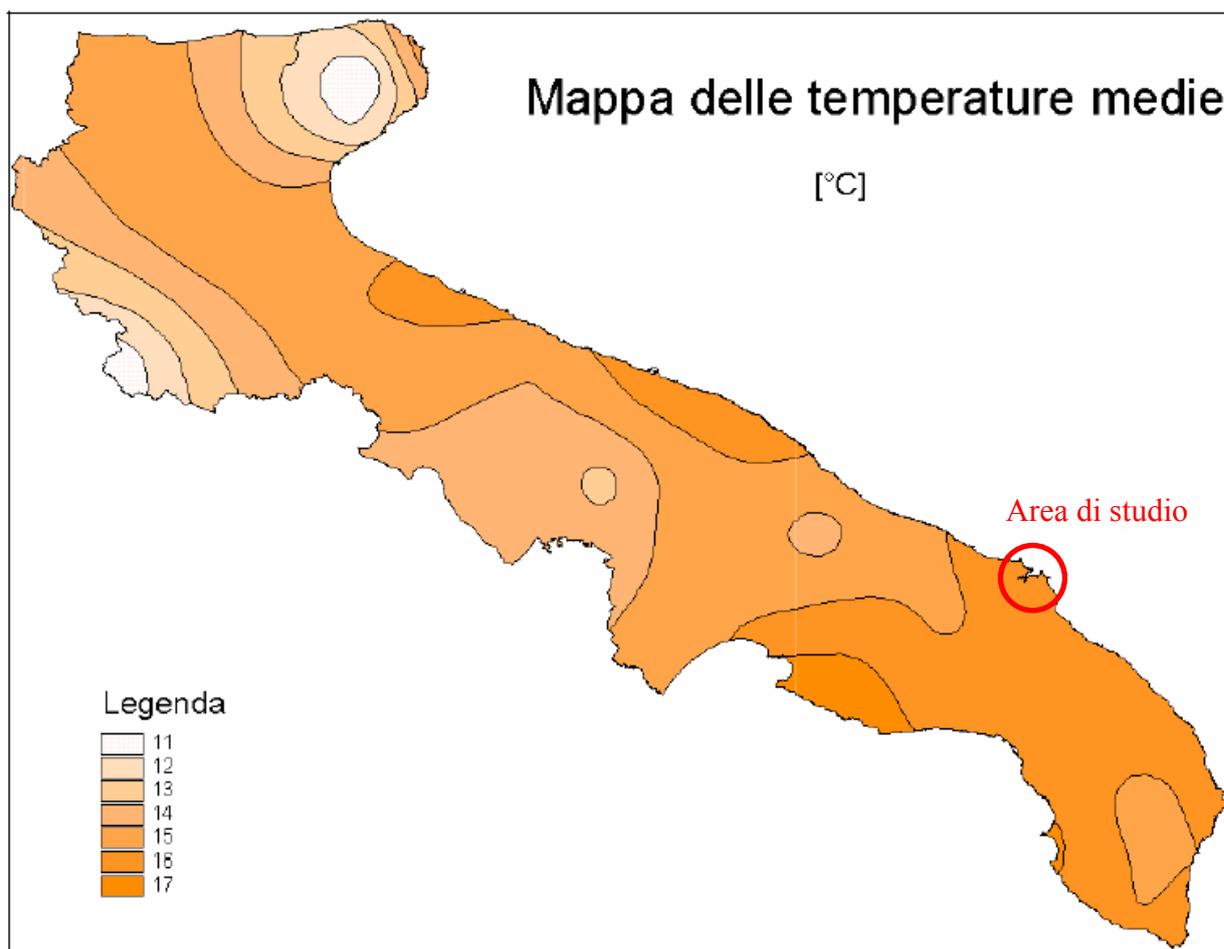


Figura 2 – Mappa delle temperature medie (fonte: Autorità di Bacino della Puglia “Piano di Bacino – Stralcio assetto idrogeologico –” disponibile on-line all’indirizzo [www.adb.puglia.it](http://www.adb.puglia.it))



### 3. CARATTERISTICHE METEOCLIMATICHE DELL'AREA DI BRINDISI

La zona di Brindisi ha un clima tipicamente temperato, generato sia dalla posizione geografica (il sito si colloca lungo la costa adriatica della Penisola Salentina) sia dalle condizioni orografiche del contorno (i primi rilievi apprezzabili sono rappresentati dalle Murge Salentine).

L'area è relativamente pianeggiante e per un grande tratto è a contatto con il mare.

Le informazioni ricavate dal Bollettino delle Anomalie Meteorologiche (anno 2002), pubblicato dall'Ufficio Centrale di Ecologia Agraria, e dallo Stato dell'Irrigazione in Puglia (anno 1999) realizzato dal Gruppo di Lavoro Puglia, integrate con i dati meteorologici provenienti dalle Stazioni meteo dell'Aeronautica Militare hanno permesso di effettuare una serie di analisi volte a definire lo stato meteo-climatico della zona<sup>1</sup>.

#### 3.1. Pluviometria e temperatura

Con riferimento alle precipitazioni che si verificano nel Brindisino, gli afflussi meteorici si attestano sul valore medio di circa 600 mm/anno, nonostante si segnali una tendenza di riduzione degli apporti in generale per la regione Puglia.

Le piogge sono prevalentemente concentrate a cavallo tra l'autunno e l'inverno mentre si riducono al sopraggiungere della stagione estiva, tanto che può verificarsi la scomparsa dei fenomeni precipitativi.

Tabella 1: Valori di precipitazione, umidità relativa e temperatura mensile (fonte: elaborazione su dati stazione 320 A.M.)

Mese	Precipitazione	Umidità relativa	Temperatura [°C]	
	[mm]	[%]	max	min
Gennaio	60,2	78	12,7	6,3
Febbraio	63,1	75	13,2	6,6
Marzo	73,4	74	15,0	7,9
Aprile	35	72	18,0	10,1
Maggio	28,7	70	22,0	13,7
Giugno	19,4	71	25,8	17,6
Luglio	10,3	70	28,5	20,4
Agosto	25,3	72	28,6	20,6
Settembre	45,6	74	25,9	18,2
Ottobre	71,0	76	21,6	14,7
Novembre	74,2	77	17,4	10,5
Dicembre	68,1	77	14,1	7,6

Le temperature nel territorio sono mediamente comprese tra 9 e 24 °C. L'intervallo termico in genere tende a salire durante l'estate ma l'escursione tra massima e minima rimane pressoché costante durante tutto l'anno.

<sup>1</sup> I dati elaborati in questa sezione provengono dalla stazione n° 320 dell'A.M. di Brindisi e fanno riferimento al periodo 1961-1975. Tali informazioni sono fornite come valori medi mensili pluriennali delle grandezze osservate.

Di seguito si riporta l'andamento delle temperature (Figura 3), delle precipitazioni e dell'umidità (Figura 4).

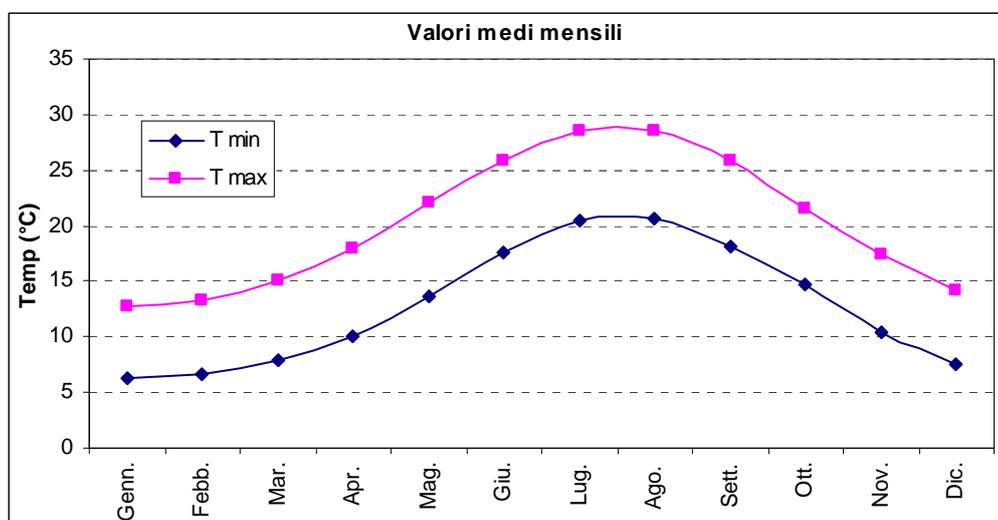


Figura 3 – Andamento valori medi mensili delle temperature minima e massima.

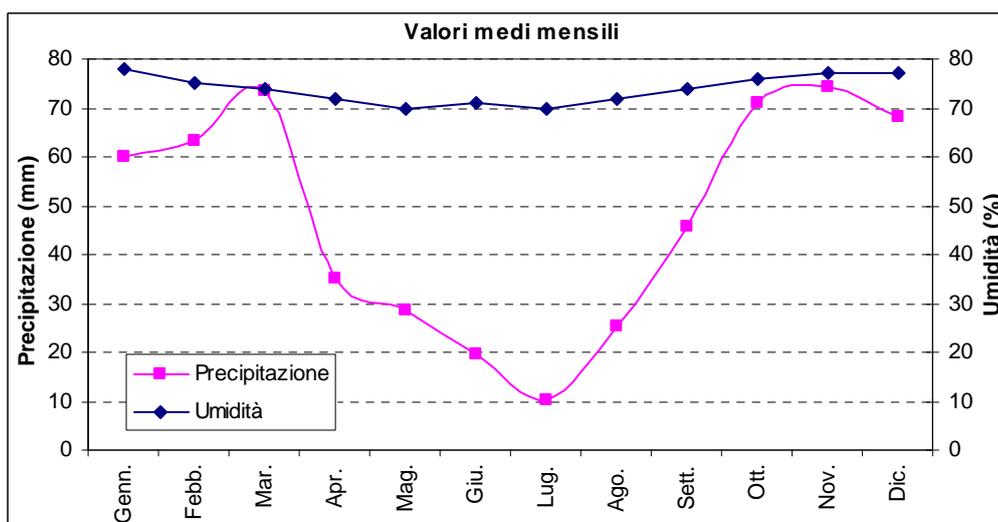


Figura 4 – Andamento valori medi mensili delle precipitazioni e dell'umidità.

Si osserva come le piogge sono maggiormente concentrate nel periodo invernale mentre diminuiscono durante il periodo estivo. Tale situazione è tipica del regime marittimo, anche se l'esistenza di due picchi precipitativi (in marzo e novembre) fa ipotizzare la presenza di un regime pluviometrico intermedio per il territorio Brindisino<sup>2</sup>.

<sup>2</sup> I regimi pluviometrici di riferimento sono due: il *continentale*, caratterizzato da un massimo di pioggia in estate e un minimo in inverno, e il *marittimo*, che ha una distribuzione delle piogge nell'arco dell'anno opposta al precedente. Ad ogni modo, la maggior parte del territorio Italiano è soggetta a regimi intermedi tra i due di riferimento, tutti caratterizzati dalla presenza di due massimi e due minimi di precipitazione.



### 3.2. Regime anemologico

Il sito si colloca lungo la costa adriatica della Penisola Salentina, in una porzione di territorio sostanzialmente piano, con i primi rilievi apprezzabili sulle Murge salentine. La catena appenninica e le alture delle Murge Baresi costituiscono una valida difesa contro i venti occidentali provenienti dal Tirreno, mentre le alture del Gargano fanno da schermo alle correnti da NW, che giungono attenuate sulla piana di Foggia e Bari, determinando inverni miti.

Parte delle informazioni utilizzate per descrivere la situazione anemologica sono state dedotte sia dai Piani di Caratterizzazione (presentati dalle aziende insediate nel Polo Chimico di Brindisi) sia dallo Studio di Impatto Ambientale realizzato dal S.I.S.R.I..

Nel territorio sono molto frequenti venti di velocità compresa fra 8 e 23 nodi: i contributi sono rispettivamente del 27,8% per la classe 8-12 e del 26,6% per la classe 13-23. L'esistenza altresì di modesti contributi di vento nelle altre classi di velocità porta a considerare tale zona come *ventosa*.

Per quanto riguarda la direzione più frequente dei venti, l'analisi delle diverse fonti di informazione riporta come N-NW la direzione primaria, seguita dalla direzione Nord. Con frequenza minore il vento spira anche dalla direzione Sud.

### 3.3. Stabilità atmosferica

Le informazioni circa la stabilità atmosferica consentono di valutare l'attitudine di un territorio ai fenomeni atmosferici particolari come possono essere la nebbia (aria stabile), oppure il verificarsi di rovesci temporaleschi improvvisi (aria instabile).

Tali condizioni possono essere descritte mediante classi di stabilità; in particolare in si fa riferimento alle Classi di Pasquill di seguito elencate:

- A Condizioni estremamente instabili
- B Condizioni moderatamente instabili
- C Condizioni leggermente instabili
- D Condizioni di neutralità
- E Condizioni leggermente stabili
- F Condizioni moderatamente stabili
- G Estremamente stabile

Nella Tabella 2 è sintetizzata la distribuzione delle frequenze stagionali e annuali per ciascuna classe di stabilità.



STAGIONI	FREQUENZA DELLE CLASSI DI STABILITA' (%..)							
	A	B	C	D	E	F+G	NEBBIE	TOTALE
DIC-GEN-FEB	0,00	2,98	6,55	168,77	32,61	36,34	0,94	248,20
MAR-APR-MAG	2,54	13,42	25,32	145,68	25,16	39,14	1,57	252,82
GIU-LUG-AGO	4,49	27,36	50,41	91,64	29,09	50,68	0,40	254,06
SET-OTT-NOV	0,52	6,69	13,47	139,80	33,71	49,06	1,68	244,92
TOTALE	<b>7,54</b>	<b>50,45</b>	<b>95,74</b>	<b>545,88</b>	<b>120,56</b>	<b>175,21</b>	<b>4,60</b>	<b>1000,00</b>

Tabella 2 - Classi di stabilità; Fonte: S.I.S.R.I., Studio di Impatto Ambientale, dati Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (SMAM), periodo 1951 - 1990

L'analisi dei dati raccolti mostra che, in tutte le stagioni, vi è una prevalenza della classe di stabilità D.

Si rileva infatti che

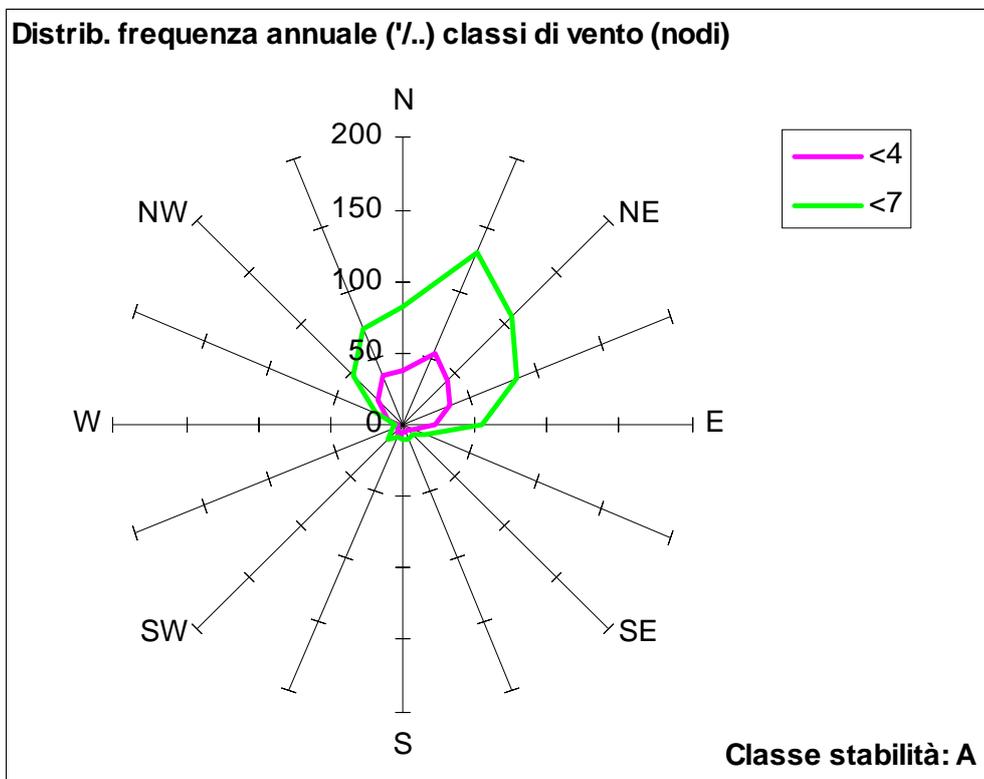
- le condizioni di maggiore stabilità, rappresentate dalle classi E, F e G, hanno una probabilità di presentazione annua pari al 30% (somma dei singoli contributi);
- la classe più frequente è quella neutrale (Classe D) con il 54,5% di probabilità di presentazione
- il fenomeno delle nebbie risulta poco frequente (solo lo 0,46% di probabilità di presentazione).

Il tipo di dati meteorologici disponibili ha consentito di produrre le rose dei venti associate alla stabilità atmosferica, cioè rose dei venti costruite con dati di velocità e direzione del vento rilevati in presenza di determinate condizioni di stabilità atmosferica.

Di seguito si riporta per ciascuna classe di stabilità la relativa rosa dei venti.


**Distribuzione delle frequenze annuali (%.) di classe di stabilità e vento: Classe di Stabilità A**

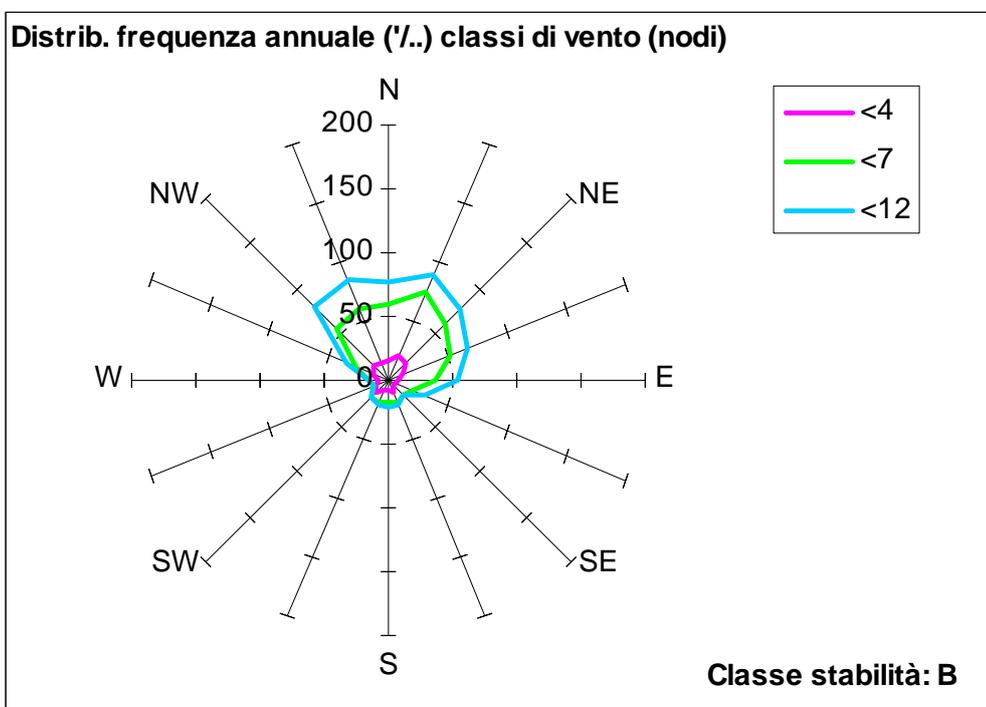
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VEL MEDIA DEL SETTORE (NODI)
N	GRADI	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	24-99	TOTALE	
1	0 - 22,5	0	38,21	44,51	0	0	0	<b>82,72</b>	4,35
2	22,5 - 45	0	54,47	74,59	0	0	0	<b>129,06</b>	4,39
3	45 - 67,5	0	43,5	63,01	0	0	0	<b>106,51</b>	4,39
4	67,5 - 90	0	36,18	48,78	0	0	0	<b>84,96</b>	4,41
5	90 - 112,5	0	22,36	32,93	0	0	0	<b>55,29</b>	4,37
6	112,5 - 135	0	6,91	10,57	0	0	0	<b>17,48</b>	4,33
7	135 - 157,5	0	5,08	3,46	0	0	0	<b>8,54</b>	3,83
8	157,5 - 180	0	5,89	4,67	0	0	0	<b>10,56</b>	4,29
9	180 - 202,5	0	5,49	5,28	0	0	0	<b>10,77</b>	4,23
10	202,5 - 225	0	7,93	1,22	0	0	0	<b>9,15</b>	3,64
11	225 - 247,5	0	5,89	7,11	0	0	0	<b>13</b>	4,23
12	247,5 - 270	0	4,27	1,83	0	0	0	<b>6,1</b>	4,03
13	270 - 292,5	0	2,64	3,05	0	0	0	<b>5,69</b>	4,54
14	292,5 - 315	0	10,77	9,96	0	0	0	<b>20,73</b>	4,32
15	315 - 337,5	0	23,37	23,78	0	0	0	<b>47,15</b>	4,25
16	337,5 - 360	0	37,6	33,54	0	0	0	<b>71,14</b>	4,23
DIREZ. VARIABILE		0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	0
CALME (<1 NODO)		321,14	0	0	0	0	0	<b>321,14</b>	
<b>TOTALE</b>		<b>321,14</b>	<b>310,56</b>	<b>368,29</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1000</b>	





**Distribuzione delle frequenze annuali ('/..) di classe di stabilità e vento: Classe di Stabilità B**

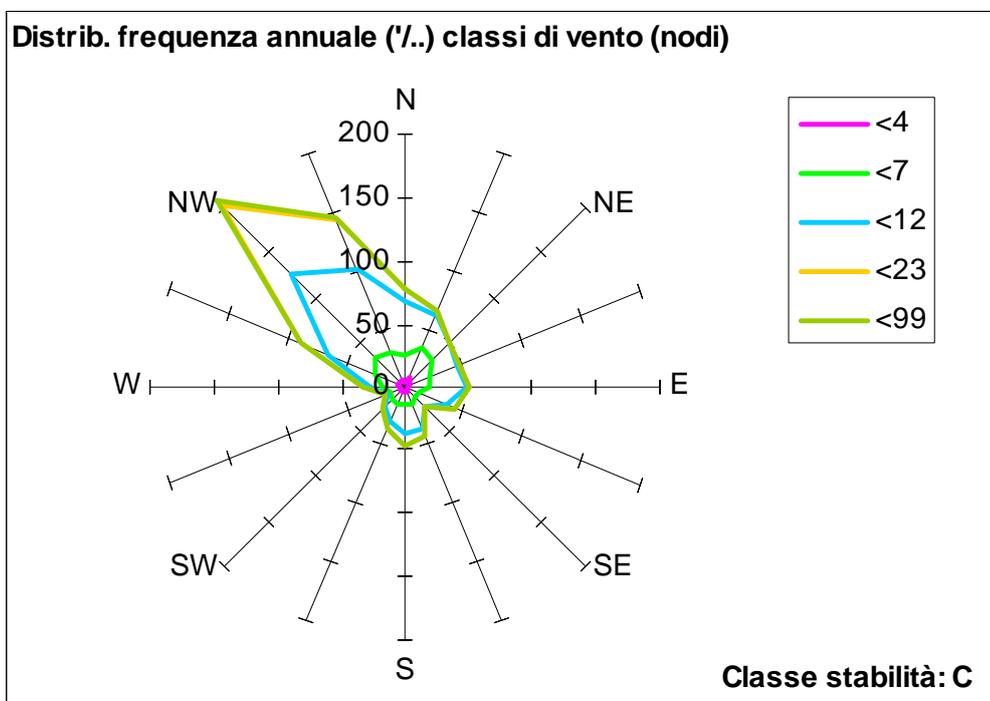
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VEL MEDIA DEL SETTORE (NODI)
N	GRADI	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	24-99	TOTALE	
1	0 - 22,5	0	14,8	45,7	17,1	0	0	77,6	6,1
2	22,5 - 45	0	20,23	54,25	15,54	0	0	90,02	5,84
3	45 - 67,5	0	18,8	44,64	15,03	0	0	78,47	5,79
4	67,5 - 90	0	12,92	38,85	14,94	0	0	66,71	6,05
5	90 - 112,5	0	8,09	29,05	16,14	0	0	53,28	6,4
6	112,5 - 135	0	5,24	16,18	8,87	0	0	30,29	6,26
7	135 - 157,5	0	6,16	8,73	2,71	0	0	17,6	5,33
8	157,5 - 180	0	8,83	11,03	1,79	0	0	21,65	5,02
9	180 - 202,5	0	8,14	9,79	3,95	0	0	21,88	5,45
10	202,5 - 225	0	7,95	10,71	3,13	0	0	21,79	5,34
11	225 - 247,5	0	13,47	4,97	1,01	0	0	19,45	3,99
12	247,5 - 270	0	8,96	2,85	0,28	0	0	12,09	3,77
13	270 - 292,5	0	8,64	5,84	1,15	0	0	15,63	4,46
14	292,5 - 315	0	12,32	15,22	7,49	0	0	35,03	5,52
15	315 - 337,5	0	14,8	43,67	24,83	0	0	83,3	6,3
16	337,5 - 360	0	15,26	44,87	23,81	0	0	83,94	6,25
DIREZ. VARIABILE		0	0	0	0	0	0	0	0
CALME (<1 NODO)		271,24	0	0	0	0	0	271,24	
<b>TOTALE</b>		<b>271,24</b>	<b>184,61</b>	<b>386,35</b>	<b>157,77</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1000</b>	





**Distribuzione delle frequenze annuali (%.) di classe di stabilità e vento: Classe di Stabilità C**

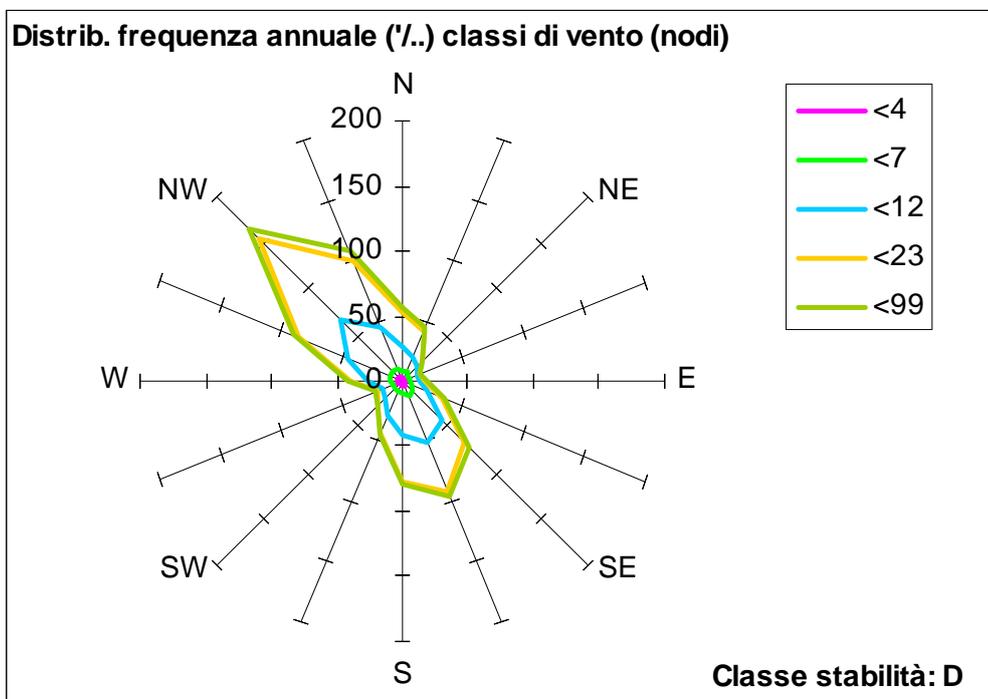
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VEL MEDIA DEL SETTORE (NODI)
N	GRADI	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	24-99	TOTALE	
1	0 - 22,5	0	4,28	21,02	42,9	10,17	0,24	<b>78,61</b>	9,14
2	22,5 - 45	0	7,61	25,57	29,8	3,17	0	<b>66,15</b>	7,69
3	45 - 67,5	0	6,38	22,02	19,41	0,94	0	<b>48,75</b>	7,07
4	67,5 - 90	0	4,35	17,71	21,92	2,01	0	<b>45,99</b>	7,72
5	90 - 112,5	0	2,39	17,62	27,74	2,59	0	<b>50,34</b>	8,25
6	112,5 - 135	0	1,67	10,51	24,89	6,07	0,1	<b>43,24</b>	9,43
7	135 - 157,5	0	2,51	7,76	11,29	1,91	0,34	<b>23,81</b>	8,55
8	157,5 - 180	0	4,2	12,2	18,83	6,79	0,39	<b>42,41</b>	9,31
9	180 - 202,5	0	4,06	10,15	23,51	8,22	0,63	<b>46,57</b>	9,81
10	202,5 - 225	0	3,72	12,52	13,65	5,32	0,29	<b>35,5</b>	8,82
11	225 - 247,5	0	4,81	9,3	9,18	1,45	0,02	<b>24,76</b>	7,37
12	247,5 - 270	0	3,31	8,34	4,59	1,26	0,07	<b>17,57</b>	7,06
13	270 - 292,5	0	4,76	12,11	11,24	5,17	0	<b>33,28</b>	8,33
14	292,5 - 315	0	5,1	19,65	40,91	23,63	0,87	<b>90,16</b>	10,48
15	315 - 337,5	0	5,97	26,92	93,38	75,83	5,97	<b>208,07</b>	12,15
16	337,5 - 360	0	5,63	23,73	71,53	40,26	3,46	<b>144,61</b>	11,18
DIREZ. VARIABILE		0	0	0,19	0	0	0	<b>0,19</b>	7
CALME (<1 NODO)		0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	
<b>TOTALE</b>		<b>0</b>	<b>70,75</b>	<b>257,32</b>	<b>464,77</b>	<b>194,79</b>	<b>12,38</b>	<b>1000</b>	





**Distribuzione delle frequenze annuali (%.) di classe di stabilità e vento: Classe di Stabilità D**

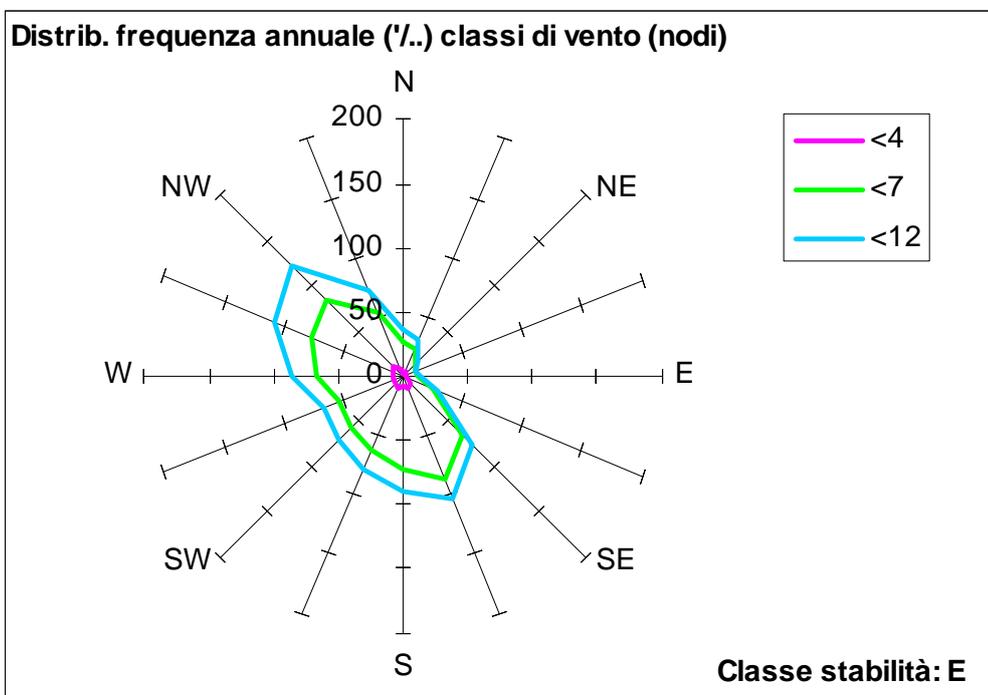
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VEL MEDIA DEL SETTORE (NODI)
N	GRADI	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	24-99	TOTALE	
1	0 - 22,5	0	1,99	4,66	18,84	26,53	4,85	<b>56,87</b>	14,22
2	22,5 - 45	0	2,5	4,89	13,82	20,55	3,8	<b>45,56</b>	13,86
3	45 - 67,5	0	2,13	4,18	7,94	7,65	1,18	<b>23,08</b>	11,68
4	67,5 - 90	0	1,82	3,71	5,87	3,83	0,59	<b>15,82</b>	10,37
5	90 - 112,5	0	1,77	4,09	7,13	4,38	0,63	<b>18</b>	10,47
6	112,5 - 135	0	1,91	4,85	13,62	12,23	1,32	<b>33,93</b>	12,02
7	135 - 157,5	0	3	9,22	28,58	27,14	3,71	<b>71,65</b>	12,54
8	157,5 - 180	0	3,87	9,31	37,66	39,56	4,92	<b>95,32</b>	12,97
9	180 - 202,5	0	2,91	6,56	31,54	35,95	3,22	<b>80,18</b>	13,08
10	202,5 - 225	0	2,53	5,59	20,58	15,08	1,11	<b>44,89</b>	11,64
11	225 - 247,5	0	2,72	4,17	12,16	7,39	0,62	<b>27,06</b>	10,67
12	247,5 - 270	0	3,05	4,12	9,07	5,13	0,51	<b>21,88</b>	10,05
13	270 - 292,5	0	3,08	5,57	17,86	13,95	1,14	<b>41,6</b>	11,47
14	292,5 - 315	0	3,08	7,14	35,4	41,75	3,56	<b>90,93</b>	13,11
15	315 - 337,5	0	3,46	7,46	55,24	87,66	10,7	<b>164,52</b>	14,48
16	337,5 - 360	0	2,95	6,26	35,92	54,03	8,34	<b>107,5</b>	14,42
DIREZ. VARIABILE		0	0,02	0,02	0	0,07	0,03	<b>0,14</b>	17,25
CALME (<1 NODO)		0	61,08	0	0	0	0	<b>61,08</b>	
<b>TOTALE</b>		<b>0</b>	<b>103,87</b>	<b>91,8</b>	<b>351,23</b>	<b>402,88</b>	<b>50,23</b>	<b>1000</b>	





**Distribuzione delle frequenze annuali (%.) di classe di stabilità e vento: Classe di Stabilità E**

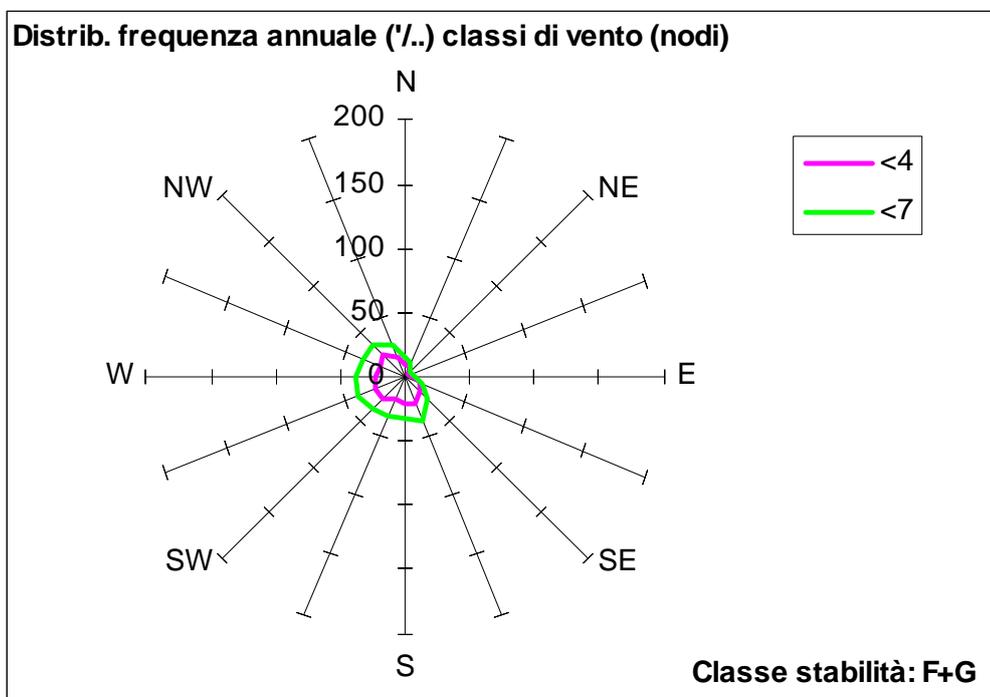
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)						VEL MEDIA DEL SETTORE (NODI)	
N	GRADI	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	24-99	TOTALE	
1	0 - 22,5	0	2,28	23,68	9,88	0	0	<b>35,84</b>	6,6
2	22,5 - 45	0	3,31	19,61	6,76	0	0	<b>29,68</b>	6,42
3	45 - 67,5	0	3,06	11,16	3,65	0	0	<b>17,87</b>	6,12
4	67,5 - 90	0	2,11	7,04	0,61	0	0	<b>9,76</b>	5,62
5	90 - 112,5	0	2,44	9,92	0,93	0	0	<b>13,29</b>	5,65
6	112,5 - 135	0	3,58	21,45	2,95	0	0	<b>27,98</b>	5,93
7	135 - 157,5	0	7,92	56,25	10,53	0	0	<b>74,7</b>	6,13
8	157,5 - 180	0	8,98	77,46	16,28	0	0	<b>102,72</b>	6,22
9	180 - 202,5	0	7,23	65,03	17,08	0	0	<b>89,34</b>	6,32
10	202,5 - 225	0	8,76	53,99	14,75	0	0	<b>77,5</b>	6,23
11	225 - 247,5	0	7,21	49,23	13,61	0	0	<b>70,05</b>	6,23
12	247,5 - 270	0	6,83	46,6	12,58	0	0	<b>66,01</b>	6,22
13	270 - 292,5	0	7,67	58,21	19,47	0	0	<b>85,35</b>	6,4
14	292,5 - 315	0	8,51	68	31,16	0	0	<b>107,67</b>	6,58
15	315 - 337,5	0	8,79	75,55	35,16	0	0	<b>119,5</b>	6,62
16	337,5 - 360	0	5,71	47,15	19,78	0	0	<b>72,64</b>	6,57
DIREZ. VARIABILE		0	0,08	0	0	0	0	<b>0,08</b>	4
CALME (<1 NODO)		0	0	0	0	0	0	<b>0</b>	
<b>TOTALE</b>		<b>0</b>	<b>94,47</b>	<b>690,33</b>	<b>215,18</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1000</b>	





**Distribuzione delle frequenze annuali (%.) di classe di stabilità e vento: Classe di Stabilità F+G**

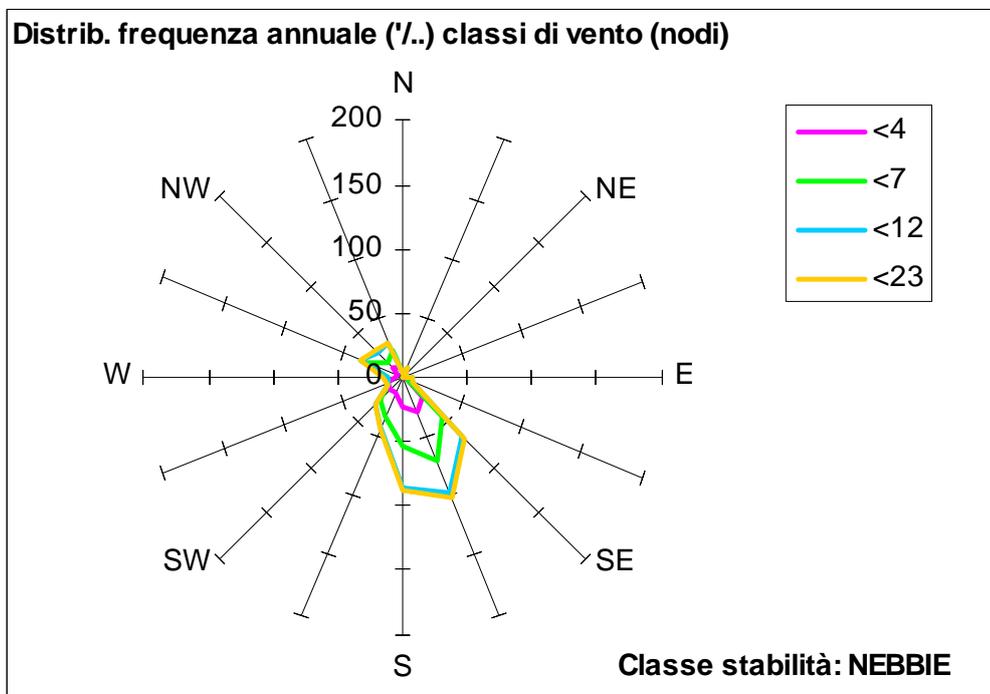
SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VEL MEDIA DEL SETTORE (NODI)
N	GRADI	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	24-99	TOTALE	
1	0 - 22,5	0	10,37	4,7	0	0	0	15,07	3,77
2	22,5 - 45	0	8,38	3,95	0	0	0	12,33	3,78
3	45 - 67,5	0	4,2	2,12	0	0	0	6,32	3,72
4	67,5 - 90	0	3,83	1,48	0	0	0	5,31	3,6
5	90 - 112,5	0	5,71	1,72	0	0	0	7,43	3,54
6	112,5 - 135	0	10,6	3,87	0	0	0	14,47	3,65
7	135 - 157,5	0	15,44	8,81	0	0	0	24,25	3,89
8	157,5 - 180	0	23,1	13,11	0	0	0	36,21	3,89
9	180 - 202,5	0	20,83	10,76	0	0	0	31,59	3,86
10	202,5 - 225	0	19,65	12,77	0	0	0	32,42	4
11	225 - 247,5	0	23,87	13,27	0	0	0	37,14	3,99
12	247,5 - 270	0	24,72	14,64	0	0	0	39,36	3,96
13	270 - 292,5	0	23,1	14,8	0	0	0	37,9	3,98
14	292,5 - 315	0	21,09	14,83	0	0	0	35,92	4,09
15	315 - 337,5	0	24,31	12,8	0	0	0	37,11	3,93
16	337,5 - 360	0	16,52	9,71	0	0	0	26,23	3,9
DIREZ. VARIABILE		0	0	0	0	0	0	0	0
CALME (<1 NODO)		600,97	0	0	0	0	0	600,97	
<b>TOTALE</b>		<b>600,97</b>	<b>255,72</b>	<b>143,34</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>1000</b>	





**Distribuzione delle frequenze annuali (%.) di classe di stabilità e vento: Classe di Stabilità NEBBIE**

SETTORI		CLASSI DI VELOCITA' (NODI)							VEL MEDIA DEL SETTORE (NODI)
N	GRADI	0-1	2-4	5-7	8-12	13-23	<24	TOTALE	
1	0 - 22,5	0	4,26	0	0	0	0	4,26	3
2	22,5 - 45	0	4,26	0	4,26	0	0	8,52	5,5
3	45 - 67,5	0	0	4,26	0	0	0	4,26	5
4	67,5 - 90	0	0	0	0	0	0	0	0
5	90 - 112,5	0	0	8,5	0	0	0	8,5	6
6	112,5 - 135	0	4,26	0	4,26	0	0	8,52	6,5
7	135 - 157,5	0	20,21	22,34	22,34	1,06	0	65,95	6,23
8	157,5 - 180	0	28,72	41,49	26,6	3,19	0	100	6,4
9	180 - 202,5	0	23,4	30,85	30,85	3,19	0	88,29	6,53
10	202,5 - 225	0	12,77	20,21	9,57	1,06	0	43,61	6,1
11	225 - 247,5	0	12,77	12,77	4,26	0	0	29,8	5
12	247,5 - 270	0	10,64	2,13	0	0	0	12,77	3,83
13	270 - 292,5	0	6,38	5,32	0	3,19	0	14,89	7,29
14	292,5 - 315	0	4,26	26,6	4,26	1,06	0	36,18	6,35
15	315 - 337,5	0	9,57	6,38	10,64	4,26	0	30,85	7,79
16	337,5 - 360	0	7,45	14,89	6,39	0	0	28,73	5,41
DIREZ. VARIABILE		0	0	0	0	0	0	0	0
CALME (<1 NODO)		514,89	0	0	0	0	0	514,89	
<b>TOTALE</b>		<b>514,89</b>	<b>148,95</b>	<b>195,74</b>	<b>123,43</b>	<b>17,01</b>	<b>0</b>	<b>1000</b>	





Si riporta inoltre la rosa dei venti riferita alla serie dei dati storici relativi alla centralina Enel-SNAM di Brindisi (1951-1990), che data la sua vicinanza al sito risulta idonea a caratterizzare la situazione meteorologica.

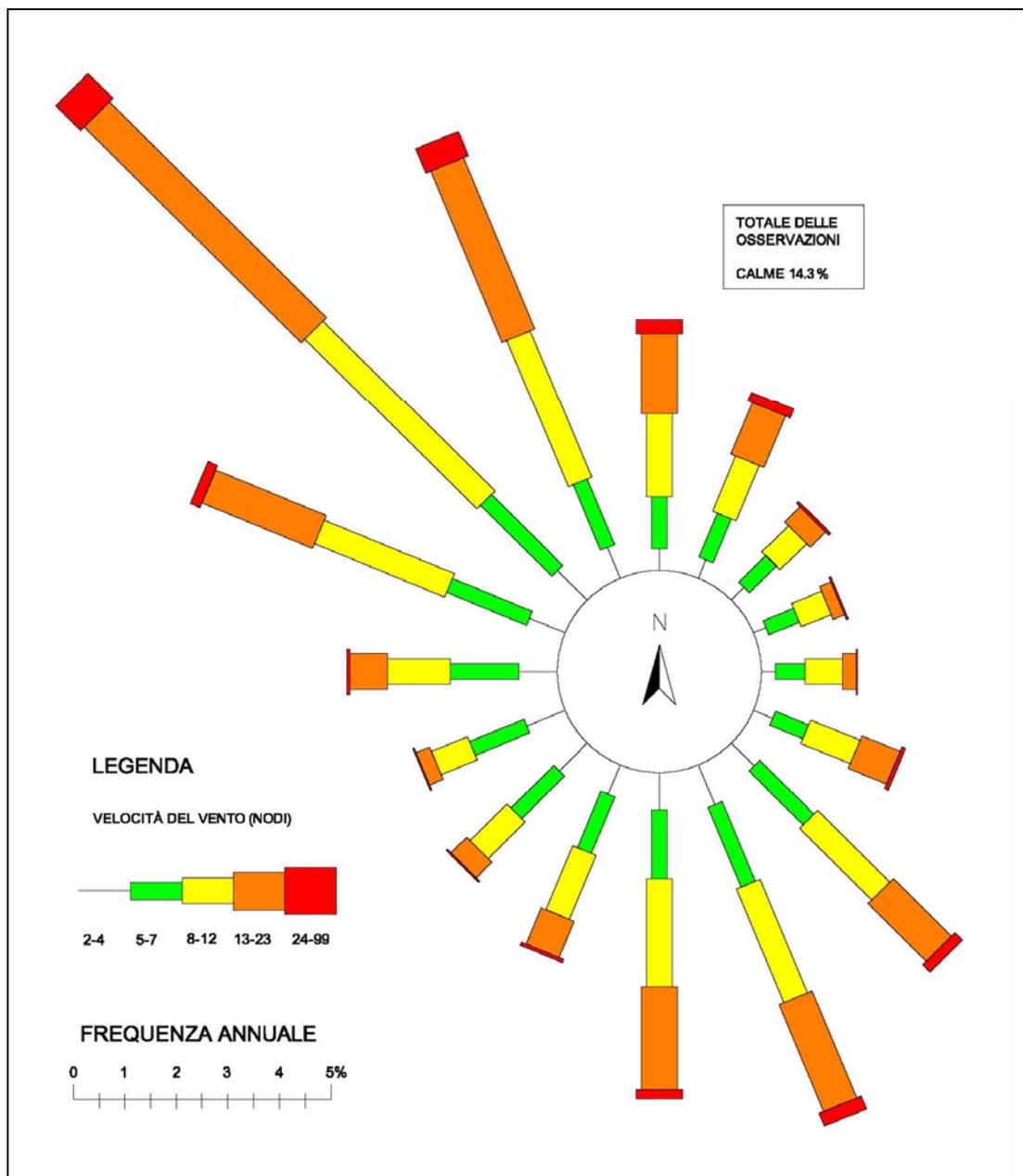


Figura 5: Rosa dei venti totale delle osservazioni relative alla stazione meteorologica di Brindisi Aeroporto.



#### 4. MODELLO UTILIZZATO PER LA DETERMINAZIONE DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA

Il modello che è stato utilizzato per le analisi di dispersione degli inquinanti emessi dai camini dello Stabilimento EniPower di Brindisi è il modello ISC3 (*Industrial Source Complex*).

ISC3 è il modello più utilizzato per la simulazione dell'impatto in atmosfera di sorgenti industriali, ciò anche grazie alla sua larga applicabilità e al fatto che negli anni è stato ampiamente testato in differenti situazioni.

Il modello è infatti in grado di gestire una larga base statistica: fornire quindi informazioni complete in termini di parametri statistici per le concentrazioni indotte da un gran numero di sorgenti industriali in un elevato numero di situazioni meteorologiche.

Ciò è indispensabile dato lo scopo dello studio di impatto d'area, ovvero la valutazione globale (e non solo riferita a singole condizioni meteorologiche) delle variazioni sulla qualità dell'aria indotte in differenti scenari emissivi e l'analisi dei contributi relativi delle diverse sorgenti di emissione sui livelli di qualità dell'aria.

##### 4.1. Modello ICS3 (*Industrial Source Complex*)

Il modello ISC3 (US-EPA, 1995a; US-EPA, 1995b) è un modello per la simulazione della dispersione in atmosfera degli inquinanti primari, cioè sostanze che non vengono formate da reazioni chimiche in atmosfera (come ad esempio l'ozono), ma vengono esclusivamente emesse dalle sorgenti.

ISC3 è un modello gaussiano stazionario che può essere utilizzato per valutare la concentrazione atmosferica di inquinanti emessi da diverse tipologie di sorgenti appartenenti ad un complesso industriale.

Esso appartiene alla lista dei modelli preferiti dell'ente per la protezione dell'ambiente americano (US-EPA). La US-EPA include nella lista dei modelli preferiti quelli che essa stessa ha constatato oggettivamente fornire dei risultati migliori rispetto agli altri. Tali modelli possono successivamente essere utilizzati a scopi di regolamentazione senza dover fornire ulteriori prove sulla loro attendibilità.

ISC3 è basato sull'equazione del pennacchio gaussiano stazionario. Questa equazione assume che il profilo di concentrazione ad una distanza fissata dalla sorgente puntuale di emissione abbia un profilo gaussiano la cui ampiezza è funzione della distanza stessa dalla sorgente e delle caratteristiche di turbolenza dell'atmosfera. La concentrazione massima raggiunta alle diverse distanze è direttamente proporzionale al rateo di emissione ed inversamente proporzionale alla velocità media del vento ed ai parametri di dispersione nelle direzioni orizzontali e verticali (comunemente chiamati deviazioni standard o sigma di dispersione). Le deviazioni standard dipendono a loro volta dalla distanza dalla sorgente e dalle caratteristiche di turbolenza atmosferica.

Il termine *stazionario* indica che non vi è la dipendenza della concentrazione dal tempo.

Nell'approccio gaussiano le variabili meteorologiche, vento e turbolenza, devono poter essere considerate omogenee e stazionarie su tutto il dominio di simulazione; inoltre, data la proporzionalità inversa con la velocità media del vento, questa non può assumere valori prossimi allo zero (calma di vento).



Per quanto detto la soluzione gaussiana, così come implementata originariamente, descrive tanto meglio la realtà quanto più vengono soddisfatte le seguenti condizioni:

- la sorgente è puntuale;
- l'emissione è continua e con rateo costante, ed è cominciata precedentemente all'inizio della simulazione, ad un tempo sufficientemente lungo da poter considerare che il sistema abbia raggiunto la stazionarietà;
- lo strato limite planetario è infinito;
- la velocità media del vento non è bassa (è superiore a 1 m/s).

La semplicità dell'approccio gaussiano, la sua relativa facilità d'uso dovuta anche all'utilizzo di variabili meteorologiche facilmente misurabili e, soprattutto, l'adozione di questa metodologia da parte della US-EPA come strumento per pianificare provvedimenti di limitazione delle emissioni (Zannetti, 1990), hanno stimolato i ricercatori in campo ambientale a rimuovere alcune delle limitazioni originariamente presenti in esso.

Le soluzioni adottate sono per la maggior parte di natura prettamente matematica o semi empirica. Grazie a queste soluzioni ISC3 permette di considerare non solo il contributo di sorgenti puntuali, ma anche di sorgenti areali e volumetriche, descritte integrando il contributo di sorgenti puntuali disposte in posizioni opportune. Inoltre, ad esempio, permette di calcolare la concentrazione di inquinante a valle di un edificio attraverso opportune correzioni ai coefficienti di dispersione atmosferica che tengono conto dell'incremento alla turbolenza di origine meccanica indotto dall'interazione tra il campo di vento e l'edificio stesso.

Altri fenomeni che il modello ISC3 può simulare sono l'innalzamento dei pennacchi (*plume rise*) soggetti al fenomeno della *buoyancy* (pennacchi caldi o con velocità iniziale verticale non nulla), lo *stack-tip downwash* (fenomeno di interazione tra campo di vento e camino), l'eventuale decadimento esponenziale della sostanza emessa (per esempio dovuto a reazioni chimiche del primo ordine), e la deposizione secca.

Tra i principali input di cui il modello ISC3 necessita vi sono:

- definizione delle sorgenti: posizione, ratei di emissione, temperatura di emissione, velocità di emissione, caratteristiche fisiche (altezza dei camini e loro diametro),
- definizione della meteorologia: velocità e direzione del vento, classi di stabilità atmosferica, altezza dello strato limite atmosferico, ecc.
- definizione dei parametri di controllo della simulazione, quali variabili produrre in output (concentrazioni, deposizioni), quali parametri di dispersione utilizzare (urbani, rurali), informazioni per un eventuale decadimento esponenziale, ecc.
- definizione dei recettori: posizioni in cui le variabili d'uscita devono essere calcolate.



#### 4.2. Equazione di trasporto e diffusione secondo il modello ISC3

La struttura algoritmica del modello si basa su una soluzione stazionaria dell'equazione di trasporto e diffusione degli inquinanti nell'approssimazione di un pennacchio gaussiano che descrive la concentrazione  $C(x,y)$  del generico inquinante al suolo tramite la seguente formulazione:

$$C(x,y) = [Q/(2 u \sigma_y \sigma_z)] * \exp[-0.5*(y/\sigma_y)^2] * \{ \exp[-0.5*(H/\sigma_z)^2] + K \} \quad (1)$$

Dove

$C(x, y)$  = concentrazione al suolo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

$Q$  = portata dell'emissione inquinante (g/s)

$u$  = velocità del vento alla bocca del camino (m/s)

$\sigma_y$  = deviazione standard della distribuzione orizzontale della concentrazione: indice della dispersione orizzontale dell'inquinante (m);

$\sigma_z$  = deviazione standard della distribuzione verticale della concentrazione: indice della dispersione verticale dell'inquinante (m);

$H$  = altezza effettiva della sorgente emissiva (m);

$H_m$  = altezza della strato di mescolamento atmosferico all'interno del quale avviene la diffusione (m);

$x$  = distanza dalla sorgente misurata in direzione parallela a quella di provenienza del vento (m);

$y$  = distanza misurata in direzione trasversale a quella di provenienza del vento (m)

$$K = \sum_i \{ \exp[-0.5 ((H+2iH_m)/\sigma_z)^2] + \exp[-0.((-H+2iH_m)/\sigma_z)^2] \}$$

Il termine  $K$  tiene conto della diffusione in atmosfera non omogenea lungo la coordinata verticale ("trapping") nella quale l'emissione diffonde in uno strato instabile o neutro, detto strato di mescolamento, sormontato da uno strato più stabile che, fungendo da "tappo", limita la dispersione verticale dell'inquinante. Il modello simula tale situazione tramite il metodo delle riflessioni multiple, di cui la sommatoria  $\sum_i$  costituisce l'espressione matematica, considerando il suolo e la base dello strato stabile superiore perfettamente riflettenti. La procedura di calcolo delineata viene applicata alle classi instabili o neutre (A,B,C,D): per le classi stabili (E ed F), in cui l'atmosfera può considerarsi omogenea lungo lo sviluppo verticale che interessa la diffusione, la sommatoria non viene calcolata.

ISC calcola la concentrazione al suolo di inquinanti provenienti da sorgenti sia singole che multiple in funzione dei dati meteorologici (direzione, velocità del vento, classi di stabilità di Pasquill, temperatura, altezza dello strato di mescolamento, etc.) specifici del sito.

Il modello ISC è in grado di descrivere le seguenti tipologie di sorgenti:

- puntiformi
- lineari (come caso particolare delle sorgenti volumetriche)
- areali
- volumetriche



In funzione della capacità del computer, è in grado di simulare sino a 1000 sorgenti (puntuali come i camini, areali come ad es. i serbatoi, volumetriche come ad es. le fuggitive), 50 gruppi di sorgenti (studio dei contributi parziali ovvero valutazione dei contributi all'inquinamento delle singole sorgenti sui recettori), 10.000 recettori o punti di griglia (territorio recettore).

Può simulare un territorio rurale o urbano, pianeggiante o con qualche semplice rilievo. Può simulare la presenza di ostacoli (edifici) nei pressi della sorgente di emissione. Simula sino a 50 km di distanza. Nei pressi delle sorgenti areali (distanze dell'ordine del lato dell'area quadrata scelta per la simulazione) il programma può sovrastimare del 30% la concentrazione.

La simulazione può essere:

- Short term o episodica o per le analisi relative al breve periodo (intervallo minimo media oraria);
- Long term climatologico o per le analisi relative al lungo periodo.

La simulazione del modello ISC3 può essere eseguita:

- in versione *short term* (ISC3-ST) per determinare gli effetti di episodi acuti di inquinamento di durata breve,
- in versione *long term* (ISC3-LT), anche detta climatologica, per determinare i valori di concentrazione su periodi lunghi (mesi, stagioni, anni). In questo caso l'input meteorologico è raggruppato in frequenze congiunte di accadimento per particolari classi di velocità del vento, direzione del vento e classe di stabilità nel periodo considerato. Questi riepiloghi, chiamati STAR, possono includere frequenze su base mensile, stagionale o annuale in funzione delle concentrazioni medie che si vogliono calcolare. In questo caso ciascuna concentrazione calcolata con l'equazione gaussiana di base è pesata sulla frequenza di accadimento della corrispondente situazione meteorologica al fine di ottenere la concentrazione media finale.

Nel caso in oggetto il modello ISC3 viene utilizzato in modalità ST, ovvero sequenzialmente su 3 anni di dati meteorologici orari, allo scopo di calcolare valori massimi, medi e percentili delle concentrazioni medie orarie sull'area di studio.

#### Versione breve periodo (ISC-ST)

Questa versione permette di studiare l'andamento nel tempo delle concentrazioni o delle deposizioni al suolo degli inquinanti in funzione dei parametri meteorologici e delle caratteristiche delle sorgenti nel breve periodo, da 1 ora a 24 ore, permettendo di verificare il rispetto di soglie di immissione prefissate (riferite al breve termine, picchi massimi, 95° percentile o percentili più elevati). Il modello utilizza perciò dei dati meteorologici su base oraria, indipendentemente dalla frequenza con la quale si verificano sul territorio nell'arco di un periodo di tempo lungo (mese, stagione).

Il modello può essere inoltre utilizzato per valutare le massime concentrazioni generate da particolari situazioni meteorologiche allo scopo di evidenziare eventuali superamenti dei valori limite di qualità dell'aria: questa modalità di analisi è definita di "screening", cioè di ricerca delle condizioni meteorologiche che producono i massimi valori di concentrazioni al suolo. Questa ricerca viene effettuata utilizzando un file meteorologico orario costituito da 49 condizioni meteorologiche, comprendenti le classi di stabilità da A ad F che vengono combinate in maniera opportuna a velocità variabili dei venti a partire da 0.5 fino a 20 m/s a seconda della classe di stabilità considerata.