



## INDICE

	<u>Pagina</u>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>2 DATI METEO CLIMATICI</b>	<b>2</b>
2.1 CLIMATOLOGIA GENERALE	2
2.2 DATI UTILIZZATI NELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE	6
<b>3 MODELLO UTILIZZATO</b>	<b>7</b>
3.1 CARATTERISTICHE DEL MODELLO	7
3.2 DATI DI INPUT DEL MODELLO	8
<b>4 ALLEGATI</b>	<b>9</b>



**ALLEGATO D5  
RELAZIONE TECNICA  
SU DATI E MODELLI  
METEO CLIMATICI**

**1 INTRODUZIONE**

La presente relazione identifica i dati meteorologici che sono stati utilizzati per caratterizzare la climatologia dell'area e per modellare le ricadute di inquinanti in atmosfera.

## 2 DATI METEO CLIMATICI

I dati meteo utilizzati per la caratterizzazione delle condizioni meteorologiche dell'area in esame sono relativi alla Stazione Enel-SMAM (Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare) di Marina di Ravenna (Stazione No. 146, Latitudine 44°28', Longitudine 12°17', Altitudine 10 m) con periodo di osservazione da Gennaio 1951 a Dicembre 1991 e situata ad una distanza di circa 4 km dallo Stabilimento.

Tali dati sono stati utilizzati sia per fornire un inquadramento climatologico generale dell'area che più specificatamente per le analisi di dispersione atmosferica di inquinanti dello Stabilimento.

### 2.1 CLIMATOLOGIA GENERALE

Per la stazione di Marina di Ravenna sono disponibili i seguenti dati meteorologici statistici elaborati da Enel e Servizio Meteorologico dell'Aeronautica Militare (SMAM) con riferimento alle osservazioni effettuate nel periodo 1951-1990 (altezza di rilevamento di 10 m):

- frequenze della direzione e velocità del vento;
- frequenze delle classi di stabilità atmosferica;
- frequenze della temperatura e umidità relativa;
- frequenze delle precipitazioni.

Di seguito si riportano alcune informazioni meteo climatiche che caratterizzano l'area oggetto di indagine.

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

Stagione	Frequenza delle Classe di Stabilità (millesimi) Stazione ENEL/SMAM di Marina di Ravenna							TOT.
	A	B	C	D	E	F+G	NEBBIE	
Dic-Gen- Feb	0.27	9.32	7.47	125.79	12.65	56.91	58.56	270.97
Mar-Apr- Mag	12.51	33.22	16.72	109.27	17.48	55.70	7.24	252.14

Stagione	Frequenza delle Classe di Stabilità (millesimi) Stazione ENEL/SMAM di Marina di Ravenna							
	A	B	C	D	E	F+G	NEBBIE	TOT.
Giu-Lug-Ago	26.85	49.19	20.23	56.48	18.28	57.42	0.35	228.80
Sett-Ott-Nov	5.08	21.08	10.70	102.60	15.58	71.35	21.70	248.09
Totale	<i>44.70</i>	<i>112.80</i>	<i>55.12</i>	<i>394.15</i>	<i>63.99</i>	<i>241.38</i>	<i>87.86</i>	<i>1000</i>

L'analisi dei dati raccolti mostra che, in tutte le stagioni dell'anno, vi è una prevalenza della classe di stabilità D: tale classe è presente, su base annua, con una frequenza pari a circa il 39.4 %.

I dati storici sulle frequenze annuali dei venti sono suddivisi per settore di provenienza dei venti e per classi di velocità: per quanto riguarda la provenienza dei venti si considerano 16 settori di ampiezza pari a 22.5 gradi, individuati in senso orario a partire dal Nord geografico. Le classi di velocità sono, invece, così suddivise:

- Classe 1: velocità compresa tra 0 e 1 nodo;
- Classe 2: velocità compresa tra 2 e 4 nodi;
- Classe 3: velocità compresa tra 5 e 7 nodi;
- Classe 4: velocità compresa tra 8 e 12 nodi;
- Classe 5: velocità compresa tra 13 e 23 nodi;
- Classe 6: velocità maggiore di 24 nodi.

Per quanto riguarda la caratterizzazione del clima anemologico dell'area, i dati disponibili (ENEL/SMAM) sono riferiti a:

- distribuzione delle frequenze annuali e stagionali di direzione e velocità del vento;
- distribuzione delle frequenze annuali di classi di stabilità e vento, per le classi da A a F+G e Nebbia.

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 (si vedano le Tavole D5\_1 e D5\_2).

Nella Tavola D5\_1 è presentata la rosa dei venti della Stazione Marina di Ravenna, riferita al totale delle osservazioni, mentre nella Tavola D5\_2 sono riportate le rose dei venti per ciascuna classe di stabilità atmosferica.

I diagrammi delle rose dei venti rappresentano la frequenza media della direzione di provenienza del vento. In particolare, la lunghezza complessiva dei diversi “sbracci” che escono dal cerchio disegnato al centro del grafico è proporzionale alla frequenza di provenienza del vento dalla direzione indicata. La lunghezza dei segmenti a diverso spessore che compongono gli sbracci stessi è a sua volta proporzionale alla frequenza con cui il vento proviene dalla data direzione con una prefissata velocità.

Nella legenda dei grafici sono riportate le indicazioni che consentono di risalire dalla lunghezza dei segmenti ai valori effettivi delle citate frequenze. Dai dati della stazione ENEL/SMAM di Marina di Ravenna si nota che:

- è presente una direzione preferenziale di provenienza del vento Ovest-Est (si veda la Tavola 5\_1);
- i venti spirano in maniera molto minore in direzione del centro abitato di Ravenna, cioè da Nord-Est verso Sud-Ovest (si veda la Tavola 5\_1);
- la classe di stabilità più frequente è la classe D (con una frequenza annuale di accadimento pari al 39.4%), mentre la classe A risulta la meno frequente (4.5%) come riportato nella Tavola 5\_2.

Per quanto riguarda il regime pluviometrico, l'analisi dei dati di pioggia registrati nel periodo 1951-1991 per la Stazione di Marina di Ravenna, riportati nella tabella seguente, permettono di rilevare due periodi di piovosità media mensile elevata (superiore a 50 mm), posti rispettivamente durante la primavera e l'autunno. I quantitativi massimi di precipitazione si registrano in autunno, in particolare nel mese di Novembre.

Marina di Ravenna - Precipitazioni													
	Mese												Intero periodo
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Valori massimi giornalieri primi 5 eventi (mm)	143	90	103	92	61	103	95	100	156	170	200	46	200
	50	37	100	48	52	73	94	99	132	72	59	44	170
	47	35	42	43	40	45	63	84	102	52	53	42	156
	38	32	37	40	38	39	45	62	90	45	50	34	143
	30	25	33	37	36	38	40	55	73	45	48	30	132
Valore medio (mm)	43.6	39.8	54.6	49.5	48.0	44.1	43.8	54.5	62.2	53.0	72.2	47.1	642.4
Giorni di pioggia	5.8	6.1	7.2	7.0	6.5	5.7	4.4	4.8	4.8	6.1	7.3	6.8	72.2
N.Oss.	1,264	1,153	1,264	1,209	1,236	1,186	1,258	1,266	1,207	1,253	1,207	1,239	14,742

Marina di Ravenna - Precipitazioni													
	Mese												Intero periodo
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	
Valori massimi giornalieri primi 5 eventi (mm)	143	90	103	92	61	103	95	100	156	170	200	46	200
	50	37	100	48	52	73	94	99	132	72	59	44	170
	47	35	42	43	40	45	63	84	102	52	53	42	156
	38	32	37	40	38	39	45	62	90	45	50	34	143
	30	25	33	37	36	38	40	55	73	45	48	30	132
Valore medio (mm)	43.6	39.8	54.6	49.5	48.0	44.1	43.8	54.5	62.2	53.0	72.2	47.1	642.4
Giorni di pioggia	5.8	6.1	7.2	7.0	6.5	5.7	4.4	4.8	4.8	6.1	7.3	6.8	72.2
N.Oss.	1,264	1,153	1,264	1,209	1,236	1,186	1,258	1,266	1,207	1,253	1,207	1,239	14,742

Di seguito si riportano inoltre i dati relativi alle frequenze annuali di temperatura e umidità relativa (periodo di osservazione 1951-1991, dati espressi in millesimi) per la stazione considerata. L'esame dei dati rileva una frequenza di temperature al di sotto di 0°C pari a circa il 3%, a cui sono associati elevati valori di umidità relativa. L'alto tasso di umidità è caratteristico di quasi tutti gli intervalli di temperatura, essendo circa il 50% delle osservazioni caratterizzato da un'umidità relativa superiore all'80%.

Marina di Ravenna – Temperatura e Umidità relativa								
Temperatura (°C)	Umidità relativa (%)							
	0-40	41-50	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	Totale
-14.9 – 10.0	0.00	0.00	0.00	0.00	0.02	0.05	0.19	0.26
-9.9 – 5.0	0.00	0.00	0.02	0.16	0.62	0.81	0.74	2.36
-4.9 – 0.0	0.04	0.25	0.47	1.79	5.28	11.01	14.97	33.82
0.1 – 5.0	0.92	3.08	6.14	10.59	17.07	39.99	54.54	132.34
5.1 – 10.0	1.84	4.38	10.91	19.19	30.70	56.43	56.80	180.25
10.1 – 15.0	2.55	4.91	11.85	21.59	37.00	58.12	46.24	182.26
15.1 – 20.0	2.67	7.31	16.42	27.95	43.25	65.04	37.85	200.48
20.1 – 25.0	3.78	9.55	22.07	42.40	48.94	40.07	15.41	182.23
25.1 – 30.0	3.51	6.98	14.17	23.22	19.18	9.75	2.19	79.00
30.1 – 35.0	1.09	1.06	1.44	1.67	1.27	0.31	0.01	6.86
35.1 – 40.0	0.07	0.04	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.12
40.1 – 45.0	0.01	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.01
Totale	16.48	37.56	83.52	148.56	203.34	281.59	228.93	1,000.0

## **2.2 DATI UTILIZZATI NELLE SIMULAZIONI MODELLISTICHE**

I dati meteorologici di riferimento necessari per l'effettuazione delle simulazioni modellistiche (distribuzione delle classi di stabilità atmosferica nell'anno e frequenze di occorrenza di una situazione meteo in funzione della classe di stabilità e della direzione del vento) sono stati derivati dalla serie di dati storici significativi rilevati dalla centralina Enel-SMAM di Marina di Ravenna (anni 1952-1991) che, data la sua vicinanza al sito dell'impianto, è stata ritenuta idonea a caratterizzarne la situazione meteorologica.

La rosa dei venti riferita al totale delle osservazioni è rappresentata graficamente nella Tavola 5\_1, mentre nella Tavola 5\_2 sono riportate le rose dei venti suddivise per classi di stabilità.

Per quanto riguarda l'altezza dello strato di rimescolamento ( $H_{mix}$ ), parametro significativo per la valutazione delle ricadute al suolo di inquinanti che viene utilizzato nelle analisi modellistiche di dispersione, non avendo a disposizione dati sulla sua distribuzione statistica è stato assunto un valore indicativo di 1,000 m.

Il dominio di calcolo utilizzato nelle analisi è un grigliato rettangolare (10 km x 10 km con passo 100 m), suddiviso in maglie regolari, ai vertici delle quali sono calcolate le concentrazioni; le dimensioni del dominio di calcolo sono tali da ipotizzare che al suo interno le condizioni meteorologiche siano omogenee. Il terreno è stato considerato pianeggiante e poco disturbato da effetti locali.

### **3 MODELLO UTILIZZATO**

Il modello scelto per le analisi di dispersione degli inquinanti emessi dai camini dello Stabilimento è il modello ISC3 (Industrial Source Complex).

#### **3.1 CARATTERISTICHE DEL MODELLO**

Il modello ISC3 (Industrial Source Complex), di tipo gaussiano e suggerito dall'Agenzia di Protezione Ambientale Americana (Environmental Protection Agency-EPA) per la valutazione delle concentrazioni di inquinanti a terra emessi da sorgenti industriali complesse. L'EPA, su mandato del Congresso degli Stati Uniti e sulla base del Clean Air Act, ha il compito di curare la pubblicazione di una guida ai modelli di dispersione per lo studio della qualità dell'aria che devono essere usati ai fini di regolamentazione nelle revisioni dello "State Implementation Act". Questa guida, revisionata periodicamente, oltre a costituire una raccolta di modelli, individua i modelli e le metodiche considerate accettabili ed appropriate per l'uso. Tale guida costituisce l'Appendice W della Parte 51 del Code of Federal Register, CFR40, "Guideline on Air Quality Models", ed è considerata il riferimento più autorevole in materia.

ISC è un modello Gaussiano a plume e si basa su una soluzione analitica dell'equazione di dispersione di un inquinante non reattivo, emesso da una sorgente puntiforme nell'ipotesi che la turbolenza atmosferica e il campo dei venti siano omogenei e che quindi i coefficienti di turbolenza e la velocità del vento non dipendano dalle coordinate spaziali. Viene impiegato per lo studio della diffusione di inquinanti primari emessi da sorgenti industriali complesse, su scala locale, in condizioni stazionarie.

È un modello adatto per le seguenti applicazioni:

- sorgenti industriali complesse;
- aree urbane o rurali;
- terreno pianeggiante o ondulato;
- distanza di trasporto inferiore a 50 km;
- risoluzione temporale da un'ora ad un periodo climatologico (un mese, una stagione, un anno).



## 3.2 DATI DI INPUT DEL MODELLO

Per quanto riguarda i dati meteorologici necessari al modello, sono stati utilizzati i dati derivati dalla serie di dati storici significativi rilevati dalla centralina Enel-SMAM di Marina di Ravenna (anni 1952-1991). Il dettaglio dei dati utilizzati è riportato nel Paragrafo 2.2.

Il dominio di calcolo utilizzato nelle analisi è un grigliato rettangolare di 10 km x 10 km con passo 100 m, suddiviso in maglie di dimensioni omogenee, ai vertici delle quali sono calcolate le concentrazioni; le dimensioni del dominio di calcolo sono tali da ipotizzare che al suo interno le condizioni meteorologiche siano omogenee; il terreno è stato considerato pianeggiante e poco disturbato da effetti locali.



## **4 ALLEGATI**

Tavola D5\_1 Rosa dei Venti, Totale delle Osservazioni, Stazione di Marina di Ravenna

Tavola D5\_2 Rosa dei Venti per Classi di Stabilità, Stazione di Marina di Ravenna