



## **STABILIMENTO di BRINDISI**

### **Allegato D.5 bis**

#### **“Relazione Tecnica sui dati meteo climatici”**



## INDICE

	<u>Pagina</u>
<b>1 INTRODUZIONE</b>	<b>2</b>
<b>2 IL MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO: ADMS 4</b>	<b>3</b>
<b>3 SIMULAZIONI NUMERICHE</b>	<b>6</b>
3.1 Dati topografici e dominio di calcolo	6
3.2 Dati meteorologici	7
3.2.1 Vento	9
3.2.2 Temperatura	10
3.2.3 Radiazione solare globale	11
3.2.4 Precipitazione	11
3.2.5 Stabilità	12
3.3 Dati sulle sorgenti di emissione	13



## 1 INTRODUZIONE

Per poter valutare l'impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni dell'intero Stabilimento nella sua Nuova Configurazione da autorizzare, a seguito alla realizzazione degli interventi in progetto, è necessario ricorrere a modelli matematici di simulazione della dispersione di inquinanti in aria. Tali modelli, ampiamente diffusi e i cui risultati danno generalmente una buona previsione del fenomeno, necessitano di una attenta preparazione dei dati di ingresso e valutazione dei dati di uscita.

In particolare sono state eseguite delle simulazioni numeriche per effettuare una stima delle massime concentrazioni al suolo delle principali specie inquinanti gassose emesse dall'impianto, in modo tale da poter valutare i relativi contributi all'inquinamento locale rispetto ai limiti previsti dalla normativa di legge (medie annuali e percentili previsti dal D.Lgs. 155/10).

Scopo del presente documento è fornire una descrizione del software modellistico utilizzato per le simulazioni e delle diverse tipologie di dati necessarie per il suo utilizzo, con particolare riferimento ai dati meteorologici che sono stati utilizzati per caratterizzare la climatologia dell'area e per modellare le ricadute di inquinanti in atmosfera.



## 2 IL MODELLO MATEMATICO UTILIZZATO: ADMS 4

Il software prescelto per l'esecuzione delle simulazioni, un modello gaussiano di nuova generazione, è ADMS (Atmospheric Dispersion Modelling System), nella versione più aggiornata (release 4.0). ADMS è un modello di dispersione di inquinanti in atmosfera analitico, multi-sorgente (fino a 50 sorgenti con 10 differenti inquinanti), implementato da CERC (Cambridge Environmental Research Consultants) e validato dal dipartimento dell'ambiente del governo inglese (DETR, Department of the Environment, Transport and the Regions), per effettuare studi di impatto ambientale.

Più in dettaglio, il modello ADMS consente di calcolare le concentrazioni delle ricadute a livello del suolo, dovute alla emissione di inquinanti sia da sorgenti puntiformi (che simulano il comportamento dei camini di emissione), sia da sorgenti areali (emissioni al suolo distribuite su un'area non trascurabile) e lineari (ad esempio il traffico veicolare lungo le strade). ADMS considera inoltre gli effetti di edifici, orografia e linee di costa.

In particolare per l'orografia è possibile una descrizione di dettaglio, dato che ADMS consente di immettere un DTM (Modello Digitale del Terreno) con numero di punti non superiore a 5.000.

Il dominio di calcolo è un rettangolo, suddiviso a sua volta in un insieme di maglie rettangolari con una griglia regolare. Il codice calcola le concentrazioni previste sui nodi della griglia. Le dimensioni dell'area di calcolo, il numero di maglie e di nodi della griglia, dipendono dalla scelta dell'utente e dal particolare ambiente di installazione del programma.

Le assunzioni semplificative sono le seguenti:

- linearità (principio di sovrapposizione degli effetti);
- stazionarietà (indipendenza dal tempo delle equazioni utilizzate dal codice);
- omogeneità delle condizioni meteorologiche (le condizioni meteorologiche si suppongono costanti nel tempo per ogni ora e nello spazio su tutto il dominio di calcolo).

ADMS è caratterizzato dal punto di vista computazionale dalle seguenti innovazioni che lo differenziano dai modelli di vecchia generazione (ISC, DIMULA, ecc.):

- la descrizione dello strato limite utilizza non un singolo parametro delle classi di Pasquill, ma due parametri: l'altezza dello strato limite e la lunghezza di Monin-Obukhov;
- la dispersione in condizioni meteorologiche convettive usa una distribuzione ibrida (non gaussiana sulla verticale) che studi di validazione hanno mostrato essere una rappresentazione migliore di un'espressione gaussiana.



È inoltre uno dei pochi modelli che, per calcolare la risalita del plume dovuta alla spinta di galleggiamento, risolve direttamente le equazioni di bilancio, che hanno base fisica, piuttosto che usare le relazioni empiriche di Briggs.

Il modello non tratta le calme di vento a causa della singolarità dell'equazione nei casi di velocità nulla: il limite inferiore ammissibile di velocità del vento, tuttavia, è molto basso e pari a 0.75 m/s; esso permette pertanto di classificare come calme di vento ( $v < 0.75$  m/s) solo poche decine di ore all'anno. Questo consente una descrizione molto realistica del moto del plume perché la percentuale di condizioni meteorologiche non trattate è molto ristretta.

Come dato di ingresso meteorologico è possibile utilizzare misure orarie delle principali variabili meteorologiche o medie statistiche. Il modello calcola per ogni input orario le ricadute al suolo e restituisce come output le concentrazioni in ogni nodo del reticolo al percentile richiesto. Questo rappresenta una innovazione importante nella modellistica degli impatti perché permette di effettuare un confronto diretto con i limiti di legge, che sono espressi in funzione di un determinato percentile. Con i modelli di vecchia generazione, che utilizzavano come input meteorologico le joint frequency function, cioè medie statistiche delle variabili meteorologiche, si poteva ottenere solo il valor medio delle concentrazioni calcolate e non era quindi possibile un confronto diretto con i limiti di legge e i valori guida.

In questo studio non verranno quindi distinte due diverse valutazioni (climatologica e a breve termine) per gli impatti dovuti alle emissioni sulla base di differenti input meteorologici. Una distinzione in questi termini non appare appropriata sulla base del documento ANPA RTI-1/97 AMB. Nel documento citato la distinzione tra climatologico e a breve termine dipende dalla scala temporale di analisi, che dipende a sua volta dalla particolare situazione che si sta simulando (gli impatti dovuti alla presenza di un impianto oppure, ad esempio, il rilascio nell'ambiente di contaminanti in seguito ad un incidente in cui si voglia valutare l'impatto nelle prime ore).

La distinzione tra climatologico e short term in funzione del tipo di input meteorologico, media statistica o dato puntuale, deriva dall'impossibilità di usare dati sequenziali per valutazioni climatologiche con i modelli 'di vecchia generazione' (ISC, DIMULA, ecc.) e dalla necessità di presentare stime per i seguenti parametri:

- concentrazioni medie annuali, fondamentali per l'impatto sulla salute umana;
- concentrazioni ottenute con scenari worst case (non rappresentati da un input meteorologico mediato statisticamente che smussa i valori di picco), in cui il dato meteorologico viene però scelto con un ampio grado di soggettività.

Con ADMS è il modello stesso a valutare lo scenario peggiore, selezionando, tra le misure orarie di un anno, quella che porta ad un picco di contaminazione: questo scenario corrisponde al dato medio di concentrazione calcolato al 100° percentile.



Per una ulteriore e più dettagliata descrizione delle caratteristiche del modello ADMS e dei suoi limiti di applicabilità si rimanda a “ADMS4 The leading atmospheric dispersion model – User Guide and Technical Specification – CERC Limited, June 2007”.

### **Validazione del modello**

Dal 1992 CERC è stato uno dei partecipanti chiave nella serie di workshop ‘Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes’. Il workshop ha incluso lavori di validazione di vari modelli con dati di campo, analisi dei risultati e discussione delle tecniche di validazione.

ADMS4 è stato validato sui dati sperimentali provenienti da Kincaid, Indianapolis e Prairie Grass con diverse tecniche di validazione.

### **Vantaggi nell'uso di ADMS**

Si riassumono di seguito i vantaggi rispetto ai modelli di vecchia generazione che hanno portato alla scelta di utilizzare il software ADMS4:

- equazioni basate sul principio fisico del bilancio di massa, invece che su relazioni empiriche (come quelle di Briggs) per modellare il sovrainnalzamento della sorgente rispetto alla reale altezza del punto di emissione;
- maggiore dettaglio nel considerare l'orografia locale;
- possibilità di utilizzare dati meteorologici sequenziali invece che dati mediati statisticamente che comporta:
  - ✓ possibilità di calcolare medie al percentile richiesto delle concentrazioni calcolate;
  - ✓ possibilità di confronto diretto, in quanto variabili statisticamente coerenti, tra l'output del modello e i limiti di legge;
  - ✓ oggettività dello scenario “worst case”, che deriva direttamente dai dati misurati e non da una scelta soggettiva.

### 3 SIMULAZIONI NUMERICHE

I dati di input del modello di calcolo sono costituiti da:

- dati topografici;
- dati meteorologici;
- dati sulle sorgenti di emissione.

#### 3.1 Dati topografici e dominio di calcolo

Al fine di riuscire a descrivere al meglio gli impatti derivanti dalle attività dello Stabilimento, le simulazioni sono state eseguite su un dominio di calcolo con lato pari a 20 km centrato pressappoco sull'area occupata dallo Stabilimento stesso, avente una risoluzione di 200 m (100 x 100 punti griglia).

In Figura 3-1 è illustrato il dominio di calcolo utilizzato nelle simulazioni (in rosso viene evidenziata la posizione dello Stabilimento rispetto al dominio).

**Figura 3-1: Dominio di calcolo utilizzato nelle simulazioni**





Per svolgere i calcoli, ADMS richiede la definizione di un DTM (Digital Terrain Model) in un'area più vasta rispetto alla griglia di calcolo.

I dati orografici vengono forniti in un file che specifica le coordinate X, Y del punto e il relativo valore di quota. E' possibile considerare fino a 5.000 punti che il programma poi interpola su una griglia regolare di non più di 64 x 64 punti.

Ogni valore al centro di una maglia rappresenta la quota media nell'intorno del punto geografico a cui il nodo del reticolo si riferisce. In tal modo la matrice delle quote fornisce una rappresentazione numerica della conformazione del territorio esaminato. ADMS calcola infatti la ricaduta degli inquinanti emessi su ciascuno dei punti del reticolo considerato.

Data la scala del dominio di calcolo, il DTM è stato costruito su un'area di circa 600 km<sup>2</sup> attraverso l'utilizzo del programma Terrainx64 (Ultrasoft3D) che prevede una risoluzione orizzontale pari a 3-arco secondi (90 metri).

Un ulteriore dato orografico che va inserito nel modello è la rugosità del terreno, che influenza in diversi modi la dispersione ed il trasporto di inquinanti in atmosfera; il modello ADMS consente di assegnare alla rugosità un valore standard, uguale in tutto il dominio spaziale di calcolo, oppure una mappa della rugosità del tutto simile a quella dell'orografia. La rugosità può assumere valori compresi tra 0.005 m, per zone erbose con erba rasa, e 1 m, tipico di zone urbane e boschi di alberi ad alto fusto.

In questo caso è stato considerato un valore pari ad 0.1 (il valore è uguale per tutto il dominio).

### 3.2 Dati meteorologici

I dati meteorologici vengono forniti al modello, come già accennato, in un file che può contenere dati statistici di diverse serie di variabili meteorologiche oppure le misure sequenziali (ad esempio orarie) delle diverse variabili.

Una serie di dati meteorologici raccolta con continuità per un anno è sufficiente a caratterizzare la stima degli impatti. Il documento ANPA "I modelli nella valutazione della qualità dell'aria" (RTI CTN\_ ACE 2/2000), aggiornamento ed integrazione dell'altro documento ANPA sopra citato, raccomanda in particolare, per analisi climatologiche con serie sequenziali di dati, l'utilizzo di una serie di misure con risoluzione oraria o trioraria di almeno un anno di dati.

Al fine di realizzare simulazioni di dispersione su base annua, per poter poi effettuare dei confronti con i limiti di legge imposti dalla normativa, sono state analizzate le misure della stazione meteorologica della Rete regionale di Qualità dell'Aria (RRQA) gestita da ARPA Puglia ubicata a Torchiarolo (BR). Tale stazione, a circa 15 km di distanza in direzione Sud-SudEst dall'area industriale, è considerata rappresentativa dell'area in quanto collocata a distanza da eventuali ostacoli (balconi, alberi, edifici a pochi metri) che potrebbero inficiare la



qualità dei dati rilevati. La serie di dati meteo analizzati è relativa al 2009 ed include i seguenti parametri:

- velocità e direzione del vento;
- temperatura;
- umidità;
- pressione;
- precipitazione.

Per quanto riguarda i dati relativi alla radiazione solare, necessari per alimentare il modello matematico utilizzato, come illustrato più avanti, per valutare gli impatti delle emissioni dell'impianto, è stata presa in analisi la serie di dati orari misurati dalla stazione ubicata a Brindisi in Via Taranto a poco più di 3,5 km ad Ovest dell'area industriale; tale stazione appartiene alla Rete Regionale gestita da ARPA Puglia e risulta essere la più vicina al sito in grado di misurare tale parametro ed avere ottima disponibilità di dati per il 2009.

In Figura 3-2 è mostrata la posizione delle due stazioni ARPA rispetto all'area industriale.

**Figura 3-2: Disponibilità di dati validi relativa all'anno 2009**



In Tabella 3-1 vengono riassunte le variabili analizzate per la caratterizzazione meteorologica dell'area oggetto di studio, insieme alla stazione di misura ed alla relativa disponibilità dei dati validi per l'anno 2009. La disponibilità di dati risulta essere ottima.

**Tabella 3-1: Disponibilità di dati validi relativa all'anno 2009**

Stazione	Disponibilità annuale di dati validi				
	Velocità e direzione del vento	Temperatura	Umidità	Precipitazione	Radiazione solare globale
Torchiarolo	95,7 %	99,3 %	99,3 %	99,3 %	-
Brindisi - Via Taranto	-	-	-	-	98,7 %

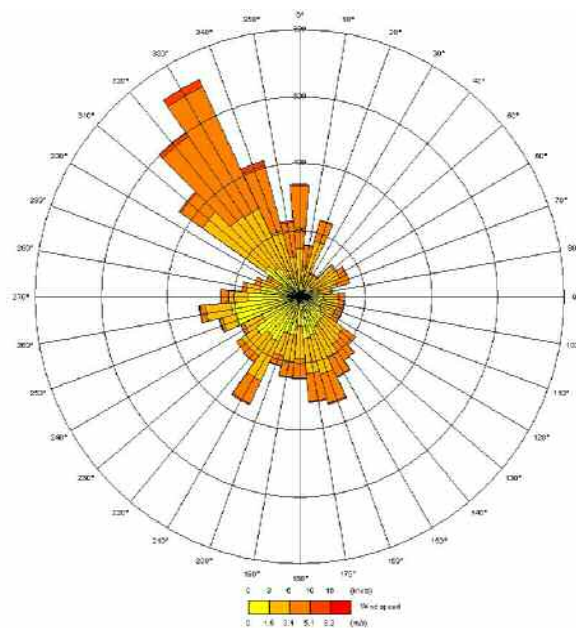
### 3.2.1 Vento

In Figura 3-3 è riportata la rosa dei venti relativa alla stazione ubicata a Torchiarolo per l'anno 2009. Le componenti principali risultano da NordOvest e da Sud-SudEst. Si osserva che i venti risultano più deboli quando provengono dal quadrante sudoccidentale; tale componente è riconducibile a fenomeni di brezza terra-mare, con i venti più deboli che di notte spirano dalla terraferma verso il mare.

La percentuale delle calme di vento (valori di velocità inferiori ad 1 m/s) è pari al 16,5% ed osservando la rosa si nota come esse provengano prevalentemente da Ovest-SudOvest.

La velocità del vento massima osservata, invece, risulta pari a 5,9 m/s con una media aritmetica su tutto l'anno pari a 2,3 m/s.

**Figura 3-3: Rosa dei venti relativa alla stazione di Torchiarolo ed all'intero anno 2009**

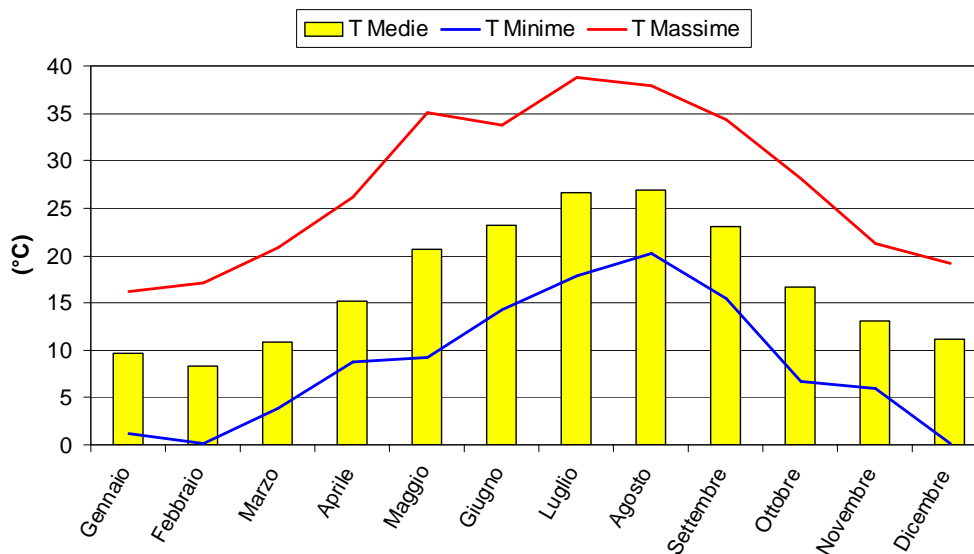


### 3.2.2 Temperatura

In Figura 3-4 sono riportati gli andamenti della temperatura minima, media e massima mensile misurata dalla stazione meteorologica di Torchiarolo.

Il valore della media annuale è pari a 17,1 °C, mentre le medie mensili variano da un minimo di 8,4 °C (Febbraio) ad un massimo di 26,9 °C (Agosto). A Dicembre si registra la minima assoluta sull'anno, pari a 0,1 °C, mentre la massima dell'anno, pari a 38,9 °C, si registra invece in Luglio.

**Figura 3-4: Andamento della temperatura minima, media e massima mensile durante l'anno 2009 in °C**

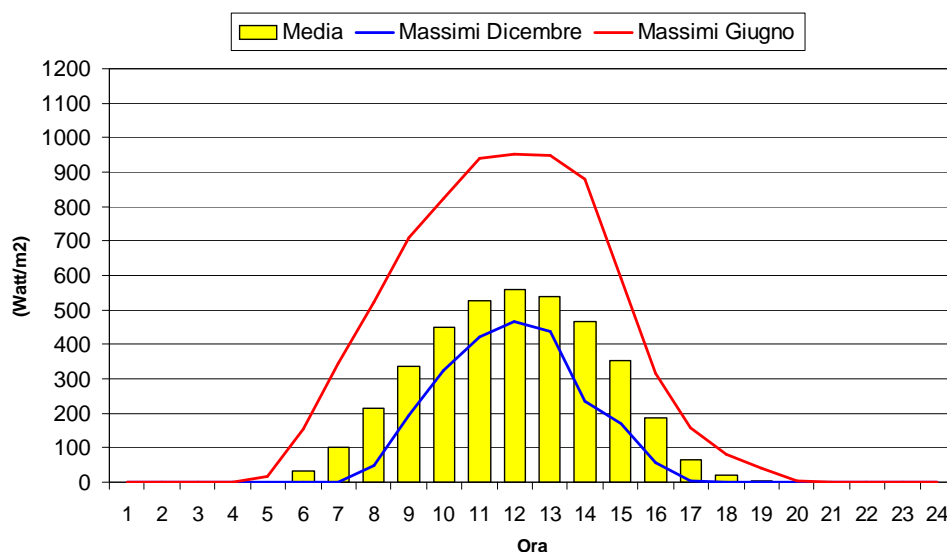


### 3.2.3 Radiazione solare globale

In Figura 3-5 è riportato l'andamento della media oraria sull'intera serie di dati misurata presso la stazione collocata in Via Taranto a Brindisi nel 2009, a confronto con i massimi di Giugno e Dicembre, mesi di insolazione rispettivamente massima e minima.

Si osserva un massimo assoluto molto alto, pari a  $953 \text{ W/m}^2$ , registrato a Giugno alle ore 12.

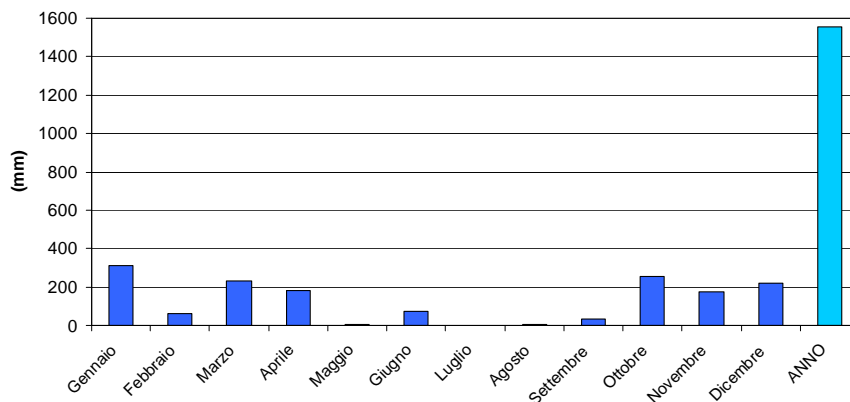
**Figura 3-5: Andamento della radiazione media oraria a misurata presso la stazione ubicata a Brindisi in Via Taranto nel 2009, a confronto con la radiazione massima di Dicembre e Giugno, in  $\text{W/m}^2$**



### 3.2.4 Precipitazione

La Figura 3-6 mostra l'andamento mensile ed annuale delle precipitazioni registrato a Torchiarolo nel 2009. Con un dato di 1.555 mm/anno le precipitazioni si presentano eccezionalmente abbondanti, se paragonate ai 600,2 mm/anno indicato nel Piano di Tutela delle Acque come valore medio annuo registrato a Brindisi (sugli anni dal 1952 al 1996). I mesi più piovosi, per l'anno 2009, sono Gennaio, unico nel quale il dato mensile supera 300 mm (308 mm), e Ottobre (255 mm). Nei mesi più caldi le precipitazioni sono molto ridotte (3 mm ad Agosto e 0 a Luglio).

**Figura 3-6: Precipitazioni mensili ed annuali misurate presso la stazione posizionata a Torchiarolo relativamente all'anno 2009**



### 3.2.5 Stabilità

Un'importante caratteristica dell'atmosfera, ai fini della valutazione delle modalità di dispersione degli inquinanti, è il suo grado di stabilità, che sintetizza l'informazione relativa allo stato della turbolenza atmosferica. Uno dei metodi più diffusi per parametrizzare la stabilità è rappresentato dal calcolo della classe di stabilità di Pasquill: un'atmosfera prevalentemente di carattere convettivo è detta "instabile" e rappresentata con le classi A e B; con la diminuzione dell'intensità della turbolenza, per via del vento forte o della copertura del cielo, le caratteristiche dell'atmosfera vengono descritte dalle classi C e D di giorno, D ed E di notte, e l'atmosfera viene definita debolmente instabile (C), neutra (D) e moderatamente stabile (E); la classe F descrive le situazioni fortemente stabili, tipiche delle notti con vento debole (<2 m/s) e cielo sereno, che possono essere caratterizzate da forti gradienti verticali positivi di temperatura (inversione termica) che inibiscono i moti verticali e quindi riducono l'intensità della turbolenza.

Nel caso di condizioni instabili, gli inquinanti sono facilmente dispersi in atmosfera, per effetto della turbolenza convettiva e/o meccanica. In condizioni stabili, d'altra parte, gli inquinanti tendono a rimanere confinati in uno stretto strato atmosferico, all'altezza della sorgente che li emette, a causa della scarsa capacità di dispersione.

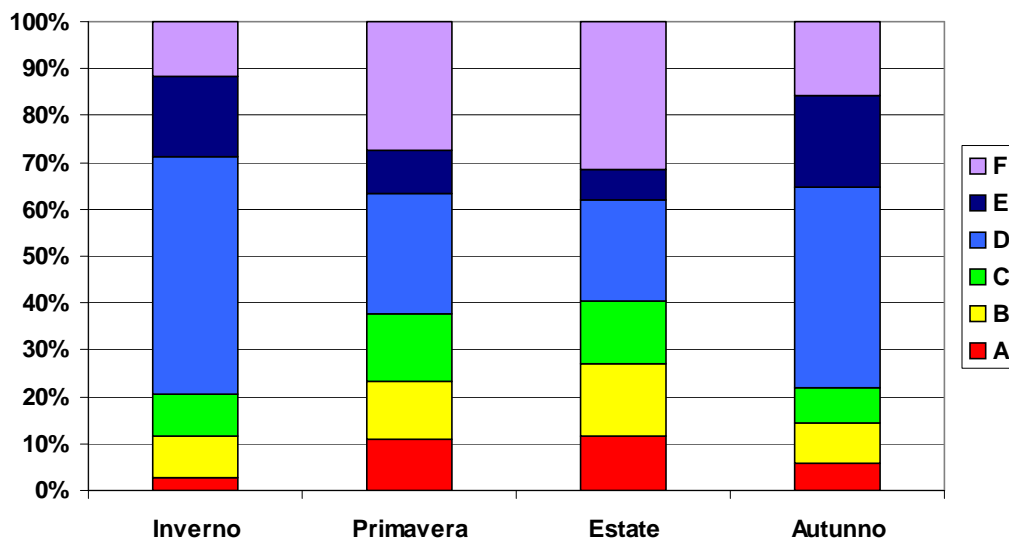
Le classi di stabilità A, B, C sono dunque diurne, scalate in base alla radiazione solare e al vento (tipicamente A = forte radiazione e vento debole, C = vento forte), E ed F notturne (tipicamente E per condizioni isoterme e F per condizioni di inversione). La classe D corrisponde a situazioni di cielo coperto, oppure a presenza di precipitazioni o di vento forte (>6 m/s), con prevalenza quindi di turbolenza di natura meccanica.

Il calcolo della classe di stabilità di Pasquill è stato effettuato utilizzando dati di velocità del vento, copertura nuvolosa e radiazione solare.

In Figura 3-7 sono mostrate, suddivise per stagioni, le percentuali delle occorrenze orarie delle diverse classi di stabilità per la serie meteorologica analizzata.

La classe più frequente risulta la D (neutra, 35,0 % a livello annuale) per via della sua presenza sia di notte che di giorno. Le situazioni di maggiore instabilità (A e B) si rilevano più frequenti in primavera ed estate, quelle di maggiore stabilità (F) in estate. La classe C, associata solitamente ad ore diurne di bel tempo ed intensa ventilazione, presenta frequenze significative (superiori al 7 %) in ogni stagione riconducibili alla presenza di venti intensi durante tutto l'anno.

**Figura 3-7: Ripartizione percentuale del valore della classe di stabilità durante le quattro stagioni dell'anno relativamente al 2009**



### 3.3 Dati sulle sorgenti di emissione

Per valutare l'impatto delle attività dello Stabilimento, sono state simulate, per ciascuno scenario analizzato, le emissioni generate dai camini in esso presenti (trattati dal modello come "sorgenti puntuali").

I dati, relativamente alle sorgenti di emissione, richiesti come input dal modello ADMS sono essenzialmente di due tipi: dati di emissione e dati strutturali.

- Dati di emissione:
  - ✓ temperatura dei fumi;
  - ✓ velocità di efflusso;
  - ✓ tasso di emissione in g/s per ogni inquinante considerato.
- Dati strutturali:



- ✓ coordinate;
- ✓ altezza dei camini;
- ✓ diametro dei camini.

I tassi emissivi e le caratteristiche geometriche delle sorgenti, per ciascuno scenario emissivo simulato, sono descritte in dettaglio nell'Allegato D.6 Bis "Identificazione e quantificazione degli effetti delle emissioni in aria e confronto con SQA per la proposta impiantistica per la quale si richiede l'autorizzazione".