

Appendice 11

Allegato D5

## Relazione Tecnica su Dati Meteo Climatici

Il presente Allegato riporta i dati di input meteorologici e territoriale oltre alle caratteristiche e alle impostazioni del sistema di modelli CALMET-CALPUFF utilizzati per il calcolo delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi dal Sistema di Torce dell'impianto produttivo di *Basell Poliolefine Italia Srl*.

La versione del codice adottata per il presente studio è la 5.8, come raccomandato da US-EPA a partire dal 29/06/2007. <sup>1</sup>

Il sistema modellistico scelto rappresenta lo stato dell'arte nel settore della modellistica lagrangiana a puff finalizzata alla valutazione gli impatti derivanti del trasporto a lunga distanza di inquinanti atmosferici.

Il sistema di modelli è costituito da tre moduli principali, che includono un preprocessore e un post-processore:

- il preprocessore meteorologico CALMET ricostruisce i campi tridimensionali delle principali variabili meteorologiche, temperatura, velocità e direzione del vento all'interno del dominio di calcolo;
- il processore CALPUFF è un modello gaussiano, lagrangiano a puff non stazionario. CALPUFF inserisce le emissioni all'interno del campo di vento generato dal preprocessore CALMET e ne studia il trasporto e la dispersione; il modello è dotato di moduli che consentono di modellizzare la dispersione d'inquinanti in orografie complesse, di valutare il trasporto sull'acqua, gli effetti provocati dalle interazioni costiere e dalle presenze di edifici, la deposizione umida e secca e le reazioni chimiche che hanno luogo in atmosfera<sup>2</sup> ;
- Il postprocessore CALPOST ha lo scopo di analizzare statisticamente i file di output di CALPUFF, in modo da renderli utilizzabili per le analisi successive. Gli output del CALPUFF post-processati consistono in matrici georeferenziate di valori di concentrazione ai ricettori. Questi ultimi possono essere discreti o definiti su una griglia regolare. I risultati dell'elaborazione con CALPOST possono essere poi elaborati attraverso un qualsiasi software di GIS (Geographical Information System) creando mappe di isoconcentrazione.

Il sistema di modelli CALMET-CALPUFF richiede come input i seguenti dati:

- dati altimetrici e d'uso del suolo per l'intero dominio di calcolo (in input al CALMET);
- dati meteorologici in superficie ed in quota per la ricostruzione del campo di vento tridimensionale (ricostruito in CALMET);
- caratteristiche emissive e concentrazioni degli inquinanti nei fumi delle sorgenti simulate per l'effettivo studio della dispersione in atmosfera (effettuato da CALPUFF).

Il *Box 2.1* fornisce una sintesi delle caratteristiche di CALMET CALPUFF e CALPOST.

---

(1) <sup>1</sup> [http://www.epa.gov/scram001/dispersion\\_prefrec.htm#calpuff](http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm#calpuff)

(2) <sup>2</sup> A User's Guide for the CALPUFF Dispersion Model (Version 5), Scire, Strimaitis, Yamartino 2000

CALMET è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura unitamente a campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza atmosferica. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa e da diverse tipologie di uso del suolo. Il campo di vento è ricostruito attraverso stadi successivi. In particolare un campo di vento iniziale viene processato in modo da tenere conto degli effetti orografici tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso.

CALMET è dotato infine di un modulo micro-meteorologico, per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

CALPUFF è un modello di dispersione ibrido (comunemente definito 'a puff') multi-strato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili nello spazio e nel tempo. CALPUFF è in grado di utilizzare i campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo.

CALPUFF contiene diversi algoritmi che gli consentono, in maniera opzionale, di tenere conto di diversi fattori, quali:

- l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash);
- lo shear verticale del vento;
- la deposizione secca ed umida;
- le trasformazioni chimiche che avvengono in atmosfera;
- la presenza di orografia complessa o di zone costiere.

Per simulare al meglio le condizioni reali di emissione, il modello CALPUFF permette di configurare le sorgenti individuate attraverso geometrie puntuali, lineari ed areali. Le sorgenti puntuali permettono di rappresentare emissioni localizzate con precisione in un'area ridotta; le sorgenti lineari consentono di simulare al meglio un'emissione che si estende lungo una direzione prevalente; le sorgenti areali, infine, si adattano bene a rappresentare un'emissione diffusa su di un'area estesa.

CALPOST consente di analizzare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle diverse elaborazioni successive. In particolare, il postprocessore consente di trattare i dati di output al fine di calcolare i parametri statistici (percentili delle concentrazioni orarie, concentrazioni medie annue etc.) per i quali la normativa in materia di qualità dell'aria prevede limiti.

Gli output del codice CALPUFF, elaborati attraverso CALPOST, consistono in matrici che riportano i valori di concentrazione calcolati in punti recettori definiti. I recettori in cui si valutano le ricadute possono essere discreti oppure disposti in corrispondenza dei nodi di una griglia.

Il dominio meteorologico rappresenta l'area nella quale il pre-processore meteorologico CALMET ricostruisce le variabili meteorologiche necessarie per la simulazione della dispersione atmosferica. Il dominio di calcolo o di simulazione, Sampling Domain, rappresenta la matrice regolare di recettori alle cui posizioni il modello CALPUFF calcola la concentrazione degli inquinanti.

Il dominio di calcolo meteorologico (*meteorological grid*), nel quale è stato ricostruito il campo di vento corrisponde ad una griglia di 40 km per 40 km, centrata in corrispondenza dell'impianto BPI ed orientata in modo che l'asse delle ordinate coincida con il nord. La risoluzione del dominio meteorologico è di 500 m.

Il dominio di calcolo entro il quale sono state calcolate le ricadute al suolo degli inquinanti simulati (*sampling grid*) corrisponde invece ad una griglia di 30 km per 30 km, caratterizzato da una risoluzione spaziale più di dettaglio pari a 250 m.

Il punto centrale di ogni cella nel sampling domain rappresenta un ricettore, la cui quota sul livello del mare dipende dall'orografia locale ed è data dal Digital Elevation Model. Pertanto, il sistema modellistico CALMET-CALPUFF richiede un'accurata caratterizzazione geofisica del dominio meteorologico. In particolare il modello ha bisogno dei seguenti dati sito-specifici:

- Orografia;
- Uso del suolo.

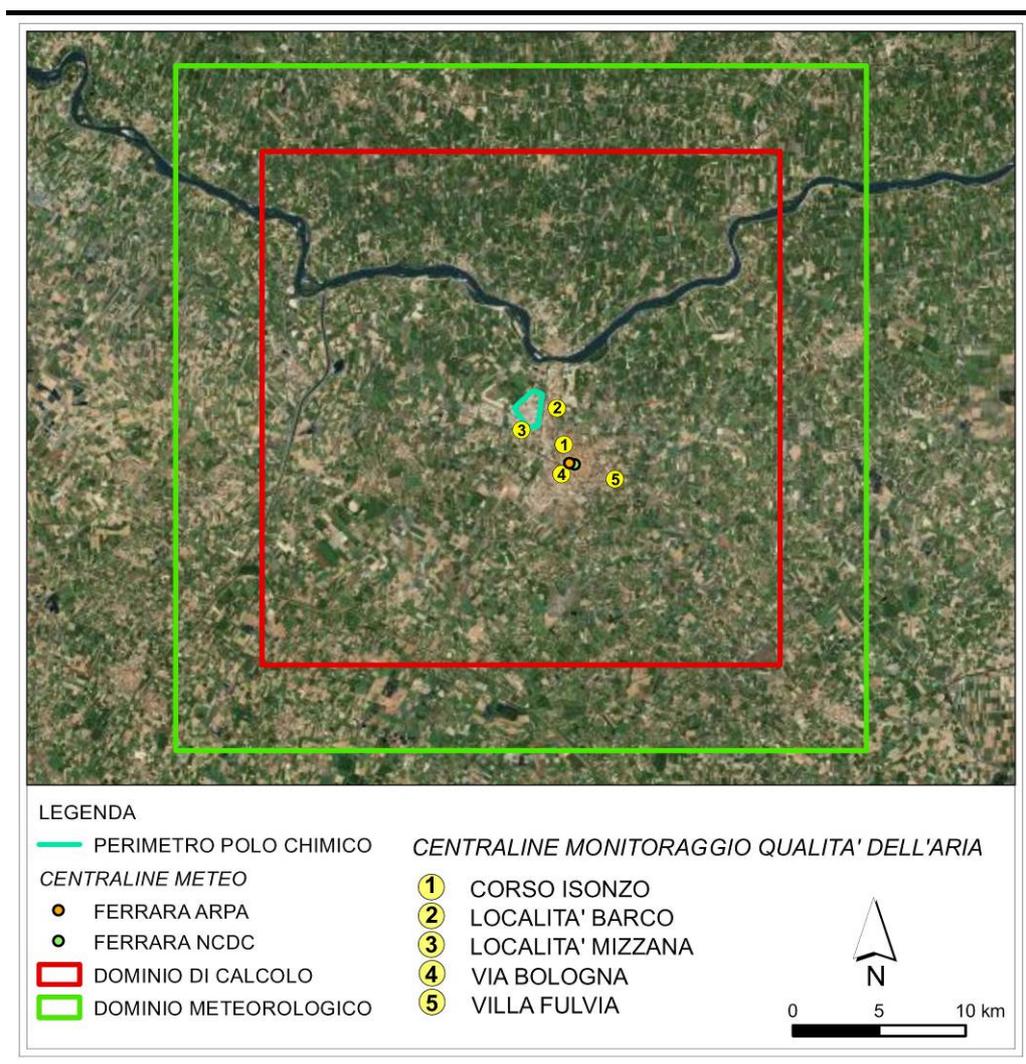
I dati relativi all'uso del suolo sono stati ottenuti dall'archivio del servizio *Corine Land Cover*, fornito da APAT - Servizio Gestione Modulo Nazionale SINAnet ([www.clc2000.sinanet.apat.it](http://www.clc2000.sinanet.apat.it)).

L'orografia locale è stata ottenuta dal *Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Global Digital Elevation Model (ASTER GDEM)*; quest'ultimo è sviluppato dal Ministero dell'economia del commercio e dell'industria (METI) giapponese e dal servizio aeronautico americano (NASA).

Entrambi i domini, meteorologico e di *sampling*, sono rappresentati in **Error! Reference source not found.** insieme all'ubicazione delle sorgenti emmissive, (camino delle caldaie off-gas e impianti MPX e FXXIV), e delle centraline meteo presso le quali sono stati registrati i dati meteorologici utilizzati come input al modello (§4).

Figura 3.1

Domini di Calcolo e Centraline Meteorologiche



In merito alla risoluzione verticale del dominio di calcolo, il sistema modellistico CALMET-CALPUFF usa un sistema di coordinate verticali solidale con le variazioni di quota del piano campagna. La risoluzione verticale adottata nel presente studio modellistico è definita da 9 layer verticali, per un'estensione del dominio fino a 2489 metri di altezza dal piano di campagna. Come mostrato in *Figura 3.2* tali layer sono localizzati a 20 m, 50 m, 100 m, 200 m, 500 m, 1000 m, 1500 m, 2000 m, e 2489 m dal piano campagna.

Si sottolinea che è stata scelta una risoluzione maggiore negli strati atmosferici più prossimi al suolo, (Planetary Boundary Layer), in modo da simulare quanto più fedelmente l'effetto dell'orografia e le interazioni che avvengono in tali strati.

Figura 3.2

*Layers Verticali per la Simulazione con CALMET*



Il dominio temporale dello studio modellistico è definito come il periodo simulato dal modello; tale dominio è stato scelto coincidente con l'intero anno 2011 (8760 ore).

Il preprocessore meteorologico CALMET necessita di una caratterizzazione oraria dei dati atmosferici al suolo. Nello specifico sono richiesti, per tutte le ore di simulazione, i valori medi orari di: velocità e direzione vento, temperatura, pressione atmosferica, umidità relativa, copertura nuvolosa e altezza delle nubi.

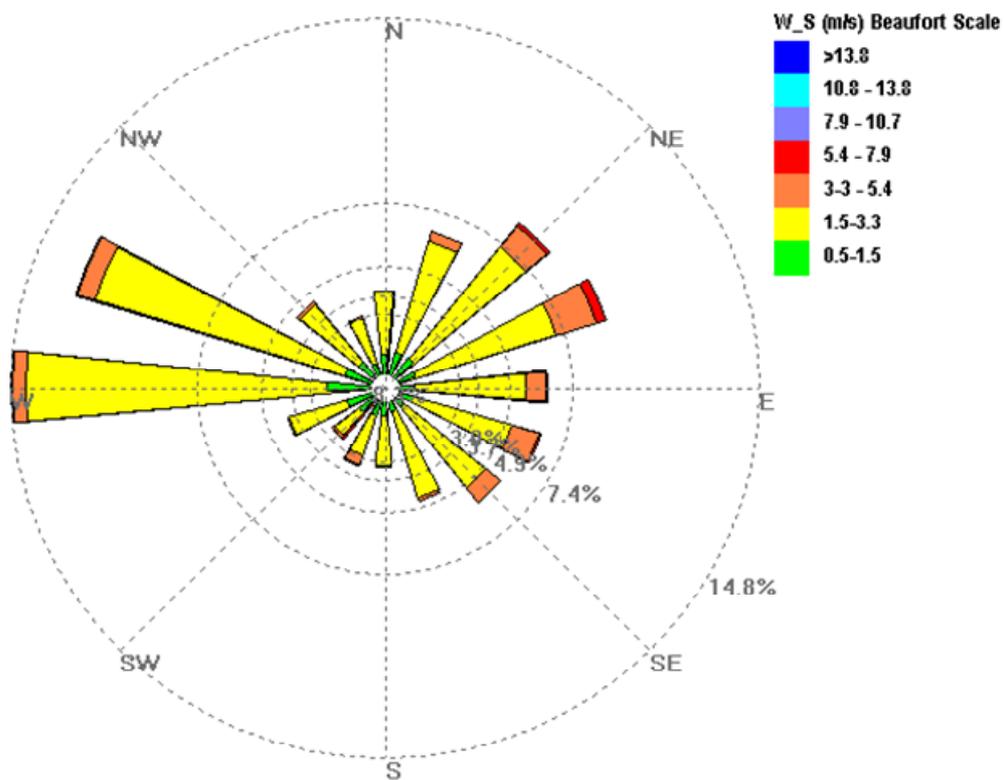
Tali dati di input vengono solitamente acquisiti da stazioni meteo, se localizzate nelle immediate vicinanze dell'area studio e pertanto rappresentative delle sue condizioni meteorologiche. I dati atmosferici al suolo per l'anno di simulazione, il 2011, sono stati ricavati dai rilevamenti delle centraline meteorologiche dell'ARPA Emilia Romagna e del servizio meteorologico dell'Aeronautica Militare (Stazione di riferimento per l'Organizzazione Meteorologica Mondiale) i cui dati sono disponibili presso gli archivi del U.S. NCDC (National Climatic Data Center, U.S.); entrambe sono ubicate nel centro urbano di Ferrara (FE) presentate in **Error! Reference source not found.**

#### *Regime Anemologico*

Nella seguente *Figura 4.1* si riporta la rosa dei venti relativa all'anno 2011 (anno considerato nella simulazione), calcolata partendo dai valori di velocità e direzione del vento misurate dall'anemometro dell'ARPA Emilia Romagna posizionato nella stazione di Ferrara (**Error! Reference source not found.**), rappresentativa del regime anemologico presente nel dominio di calcolo.

Figura 4.1

Rosa dei Venti, presso la centralina ARPA Emilia Romagna di Ferrara Anno 2011



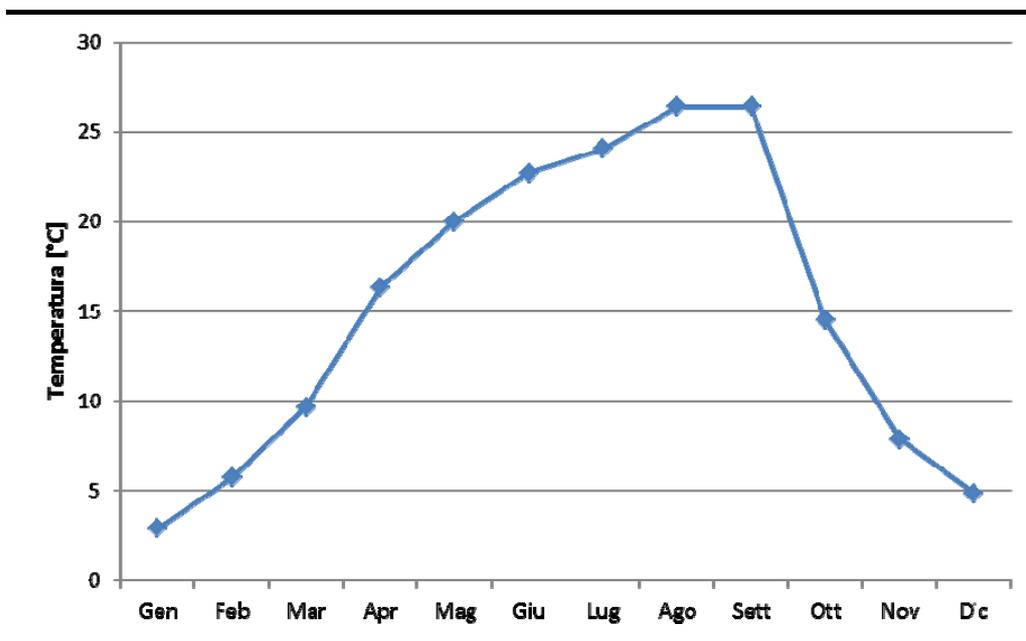
La rosa dei venti registrata nel 2011 presso la centralina di monitoraggio dell'Arpa Emilia Romagna di Ferrara (Figura 4.1), presenta una componente principale proveniente da W e da WNW e una componente secondaria da NE e ENE; la percentuale di calme di vento (< 0,5 m/s) registrata è inferiore al 9 % delle rilevazioni effettuate.

## Temperatura

In *Figura 4.2* e in *Figura 4.3* si riportano l'andamento delle temperature nel corso del 2011 e la distribuzione in classi di frequenza delle temperature registrate alla centralina ARPA di Ferrara.

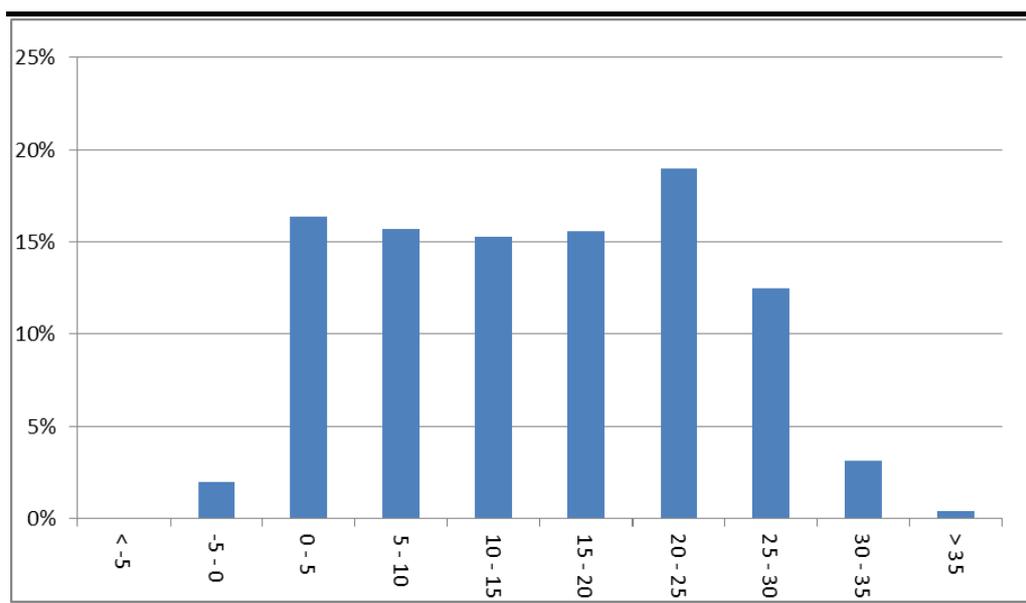
**Figura 4.2**

**Andamento delle Temperature Medie Mensili nel 2011 - Centralina ARPA di Ferrara**



**Figura 4.3**

**Distribuzioni in Classi di Frequenza delle Temperature Registrate alla Centralina ARPA di Ferrara - Anno 2011**



### Umidità Relativa

In Figura 4.4 e in Figura 4.5 si riportano l'andamento dell'umidità relativa nel corso del 2011 e la distribuzione in classi di frequenza dei valori di umidità relativa registrati dalla centralina ARPA di Ferrara.

Figura 4.4

*Andamento dell'Umidità relativa nell'Anno 2011 alla Centralina ARPA di Ferrara*

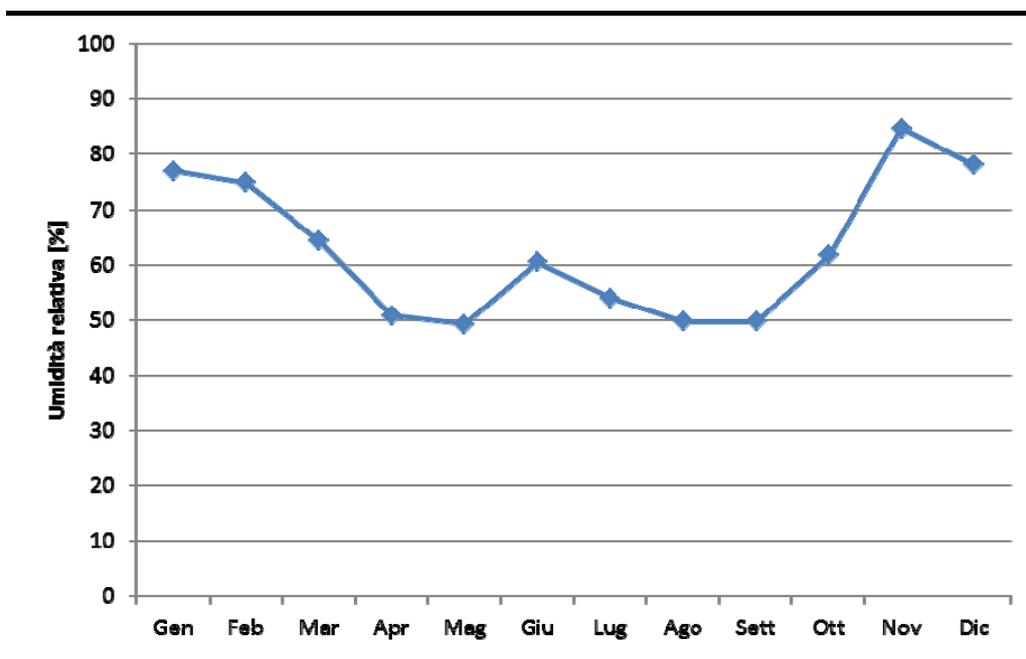
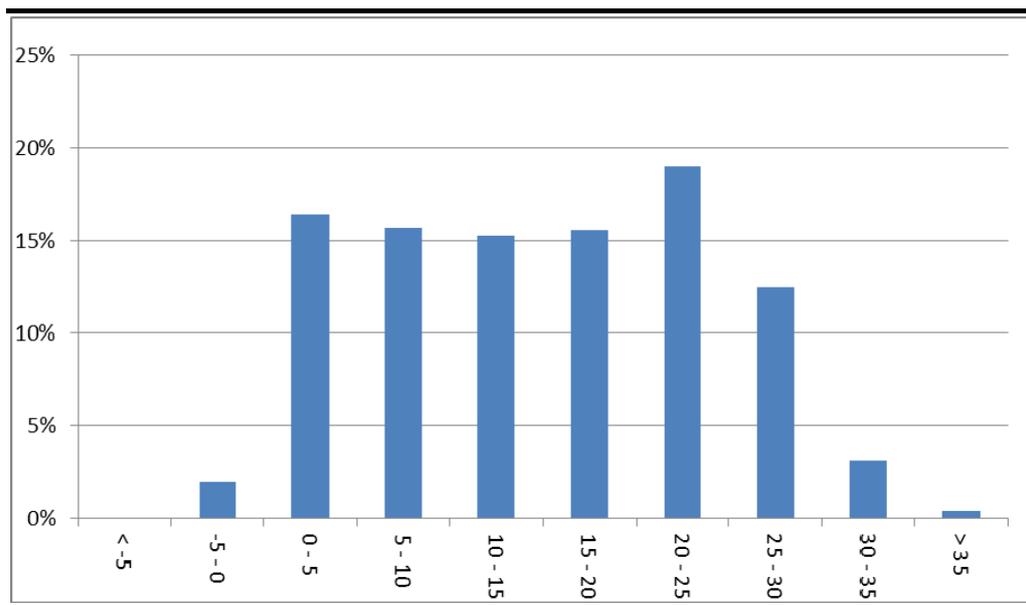


Figura 4.5

*Distribuzione in Classi di Frequenza dei Valori di Umidità Relativa Registrati dalla Centralina ARPA di Ferrara - Anno 2011*



### *Dati Meteorologici in Quota*

La ricostruzione tridimensionale dei campi di vento con CALMET richiede in input i valori in quota di temperatura, pressione, velocità e direzione del vento con una risoluzione di almeno 12 ore; questi dati sono necessari per caratterizzare il regime dei venti in quota e per la determinazione delle variabili che governano la diffusione atmosferica (classe di stabilità, altezza di miscelazione, inversione termica, ecc).

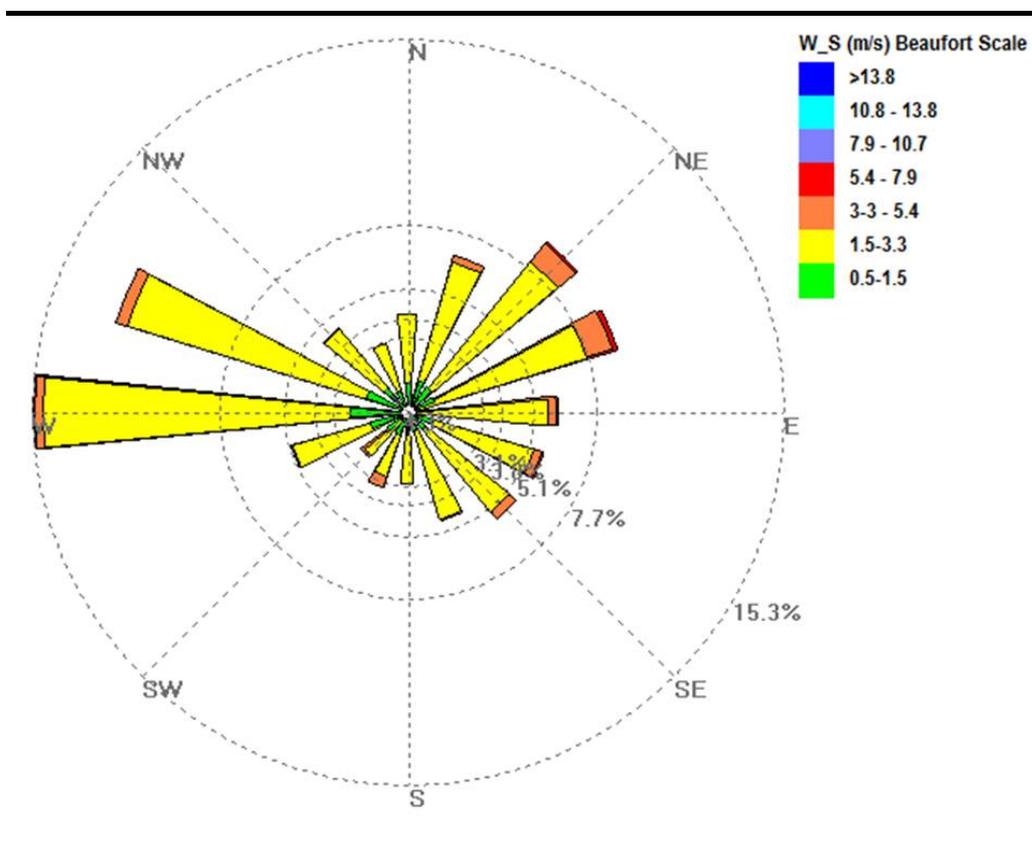
I dati meteorologici in quota, sono stati acquisiti a partire dal dataset meteorologico CALMET-SIM gestito dal Servizio Idro Meteorologico di Arpa Emilia Romagna, ARPA SIM. I dati CALMET-SIM sono ottenuti attraverso il modello Calmet implementato su un dominio che copre il Nord Italia con passo di 5 km (Deserti et al., 2001). Si precisa che la scelta del dataset effettuata è stata coerente con le indicazioni suggerite da ARPA stessa e riportate nell'algoritmo decisionale pubblicato dallo stesso Servizio Idro Meteo SIM ([http://www.arpa.emr.it/sim/?osservazioni\\_e\\_dati/datiqaria](http://www.arpa.emr.it/sim/?osservazioni_e_dati/datiqaria)).

### *Ricostruzione Campi di Vento*

In *Figura 4.6* si riporta la rosa dei venti ricostruita partendo dal campo di vento generato dal preprocessore CALMET a 10 m dal suolo in corrispondenza della centralina ARPA di Ferrara, che risulta essere la più vicina alla Centrale.

**Figura 4.6**

***Rosa dei Venti Estratta dal Modello Meteorologico CALMET sulle coordinate della Centralina ARPA di Ferrara per l'Anno 2011***



La sostanziale equivalenza della *Figura 4.6* con la *Figura 4.1* rappresentante il dato misurato, testimonia la correttezza della simulazione eseguita. In entrambe le rose dei venti, si può notare, infatti, una prevalenza dei venti da Ovest-Nord Ovest e una componente secondaria da Nord Est e Est Nord Est.