

Allegato D5

Relazione Tecnica su Dati Meteo Climatici

Il presente Allegato riporta i dati di input meteorologici e territoriali oltre alle caratteristiche e alle impostazioni del sistema di modelli CALMET-CALPUFF utilizzati per il calcolo delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi dalla *Centrale* di Sparanise (CE).

Il sistema di modelli CALMET-CALPUFF è un codice di calcolo lagrangiano a puff non stazionario multi specie e utilizzabile su domini di calcolo a meso-scala. È sviluppato dalla *Sigma Research Corporation*, ora parte di Earth Tech Inc., con il contributo di *California Air Resources Board (CARB)*; attualmente è inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on Air Quality Models".

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

(http://www.epa.gov/scram001/dispersion_prefrec.htm#calpuff).

Il sistema di modelli è costituito da tre moduli principali:

- il preprocessore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento oltre che di tutte le variabili meteorologiche di interesse all'interno del dominio di calcolo;
- il processore CALPUFF: modello di dispersione, che inserisce le emissioni all'interno del campo di vento generato da CALMET e ne studia il trasporto e la dispersione;
- il postprocessore CALPOST: ha lo scopo di analizzare statisticamente i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli utilizzabili per le analisi successive.

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.

In presenza di zone costiere, CALPUFF tiene conto dei fenomeni di brezza che le caratterizzano e modella in modo efficace il cosiddetto *Thermal Internal Boundary Layer* (TIBL) che è causa della ricaduta repentina al suolo degli inquinanti emessi da sorgenti vicine alla costa.

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.

Tali risultati possono essere poi elaborati attraverso un qualsiasi software GIS (*Geographical Information System*) creando ad esempio mappe di isoconcentrazione come quelle presentate nell'*Allegato D6* nel quale sono presentati i risultati delle modellazioni eseguite.

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

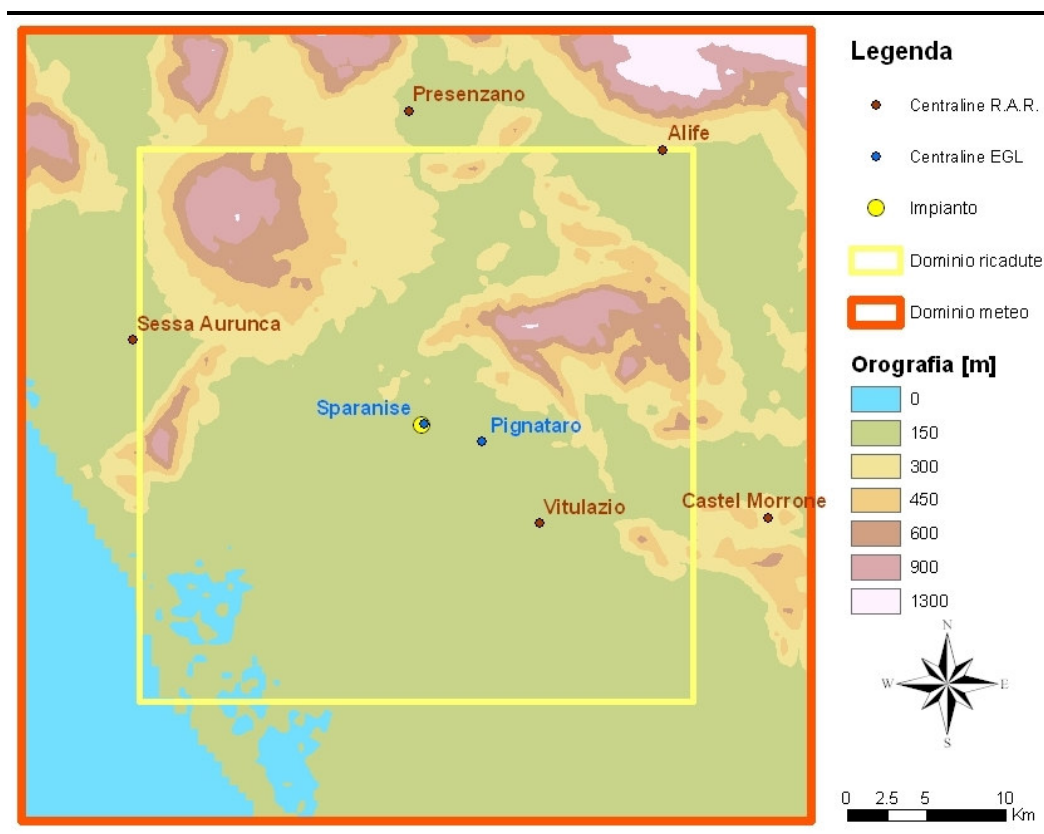
- dati altimetrici e d'uso del suolo per l'intero dominio di calcolo;
- dati meteorologici in superficie ed in quota per la ricostruzione del campo di vento tridimensionale (ricostruito in CALMET);
- caratteristiche emissive e concentrazioni degli inquinanti nei fumi delle sorgenti per l'effettivo studio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

Il dominio di calcolo meteorologico (*meteorological grid*), nel quale viene ricostruito il campo di vento corrisponde ad una griglia di 50 km per 50 km con passo di 500 m, centrata in corrispondenza della *Centrale* ed orientata in modo che l'asse delle ordinate coincida con il nord.

Il dominio di calcolo entro il quale sono state calcolate le ricadute al suolo degli inquinanti simulati (*sampling grid*) corrisponde invece ad un sottoinsieme del dominio meteorologico, di 35 km per 35 km, sempre con passo di cella di 500 metri.

Entrambi i domini sono rappresentati in *Figura 3a* insieme all'ubicazione della *Centrale* e alle centraline meteo presso le quali sono stati registrati i dati meteorologici utilizzati come input al modello.

Figura 3a Dominio di Calcolo e Centraline Meteorologiche



In merito alla risoluzione verticale del dominio di calcolo sono stati definiti 12 layer, per un'estensione del dominio fino a 3300 metri di altezza dal piano di campagna.

In questo caso, è stata scelta una risoluzione maggiore negli strati atmosferici più prossimi al suolo, come mostrato in *Figura 3b*.

Figura 3b *Layers Verticali per la Simulazione con CALMET*



Il preprocessore CALMET richiede inoltre un'accurata caratterizzazione geofisica del dominio di calcolo meteorologico. Nello specifico sono richieste informazioni sito specifiche in merito a:

- Orografia;
- Uso del suolo.

Al fine di ricostruire in maniera fedele l'orografia del luogo è stato costruito un apposito DEM (*Digital Elevation Model*), ovvero un modello digitale del terreno; i dati altimetrici necessari per la sua implementazione sono stati forniti dal servizio "Seamless Data Distribution System, Earth Resources Observation and Science (EROS)" scaricabili dal sito del *US Geological Survey*.

I dati relativi all'uso del suolo provengono invece dall'archivio del servizio *Corine Land Cover*, fornito da APAT – Servizio Gestione Modulo Nazionale SINAnet (www.clc2000.sinanet.apat.it/home/Selection_List_frame.asp#).

Il preprocessore meteorologico CALMET necessita di una caratterizzazione oraria dei dati atmosferici al suolo.

La ricostruzione dei campi di vento e le successive simulazioni di dispersione di inquinanti sono state effettuate utilizzando i dati meteorologici relativi all'intero anno 2007.

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.

Tutti i dati richiesti ad eccezione di copertura nuvolosa e altezza delle nubi sono stati ricavati dai rilevamenti delle seguenti centraline di monitoraggio meteorologico (rappresentate in *Figura 3a*):

- *Sparanise*: centralina installata da *Calenia Energia S.p.A.*;
- *Pignataro*: centralina installata da *Calenia Energia S.p.A.*;
- *Presenzano*: centralina della Rete Agrometeorologica Regionale (R.A.R.) della Regione Campania;
- *Alife*: centralina della Rete Agrometeorologica Regionale (R.A.R.) della Regione Campania;
- *Castel Morrone*: centralina della Rete Agrometeorologica Regionale (R.A.R.) della Regione Campania;
- *Sessa Aurunca*: centralina della Rete Agrometeorologica Regionale (R.A.R.) della Regione Campania;
- *Vitulazio*: centralina della Rete Agrometeorologica Regionale (R.A.R.) della Regione Campania.

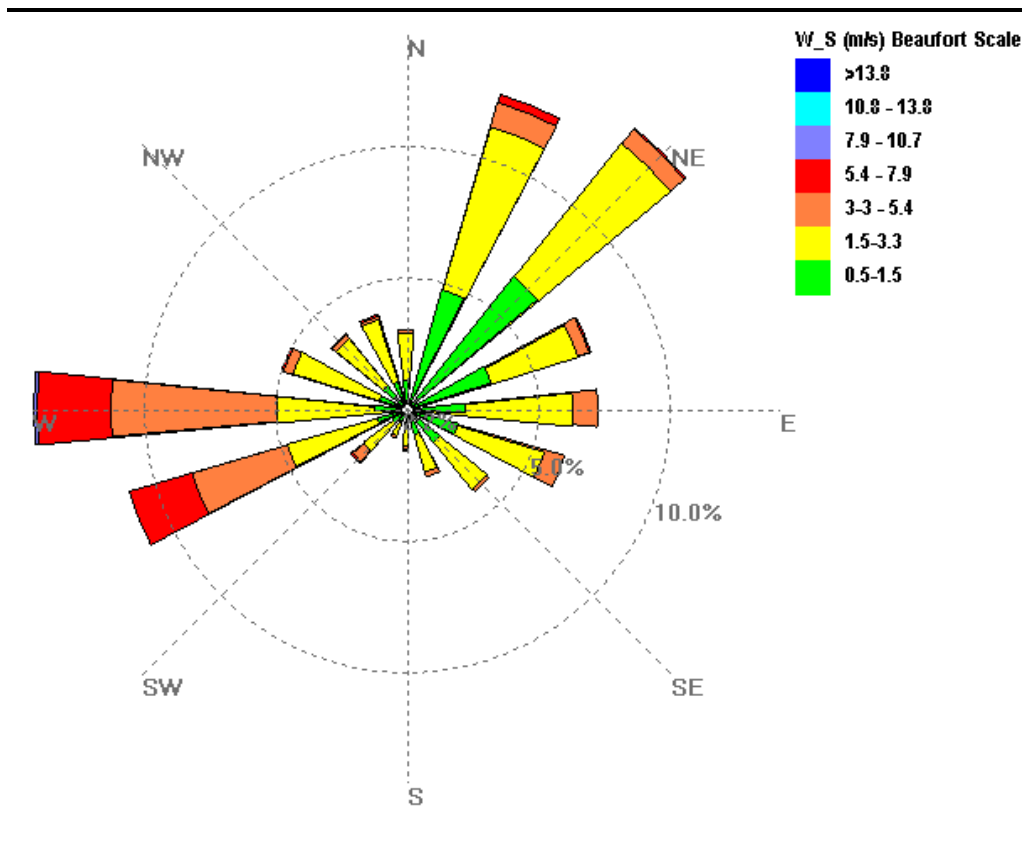
Per la copertura nuvolosa e l'altezza delle nubi si sono utilizzati i dati registrati dalla centralina meteo installata nel complesso dell'aeronautica militare sito nel comune di Grazzanise (CE); tali dati sono stati forniti dagli archivi del *National Climatic Data Center* (<http://www.ncdc.noaa.gov/oa/ncdc.html>), ente internazionalmente riconosciuto abilitato alla fornitura di questa tipologia di dati meteorologici.

Infin, per integrare i periodi in cui si sono individuate interruzioni nelle misurazioni fornite nei dati NCDC si sono utilizzati i dati forniti dall'ARPA Emilia Romagna, estrapolati dal modello meteorologico a scala nazionale LAMA (descritto in seguito) in corrispondenza dell'aeroporto militare di Grazzanise.

Regime Anemologico

Nella seguente *Figura 4a* si riporta la rosa dei venti relativa al 2007 (anno considerato nella simulazione), calcolata partendo dai valori di velocità e direzione del vento misurati dall'anemometro della centralina di Sparanise, che risulta essere la più vicina alle sorgenti emissive essendo posizionata in prossimità del perimetro dell'impianto.

Figura 4a Rosa dei Venti, Centralina Sparanise, Anno 2007



La rosa dei venti presenta in sostanza due componenti principali, una proveniente da Ovest e l'altra da Nord-Est, la percentuale di calme di vento (velocità < 0,5 m/s) registrata è pari al 2,24% delle rilevazioni effettuate.

Temperatura

In *Figura 4b,c* si riportano l'andamento delle temperature nel corso del 2007 e la distribuzione in classi di frequenza delle temperature registrate alla centralina R.A.R. di Vitulazio.

Figura 4b *Andamento delle Temperature Mensili nel 2007 - Centralina R.A.R. di Vitulazio*

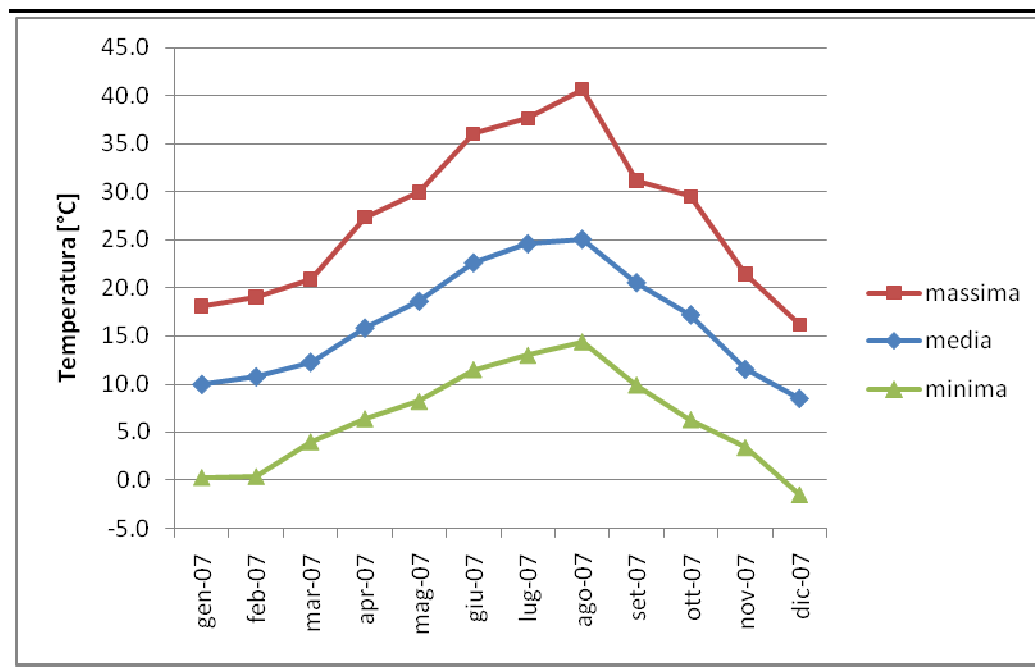
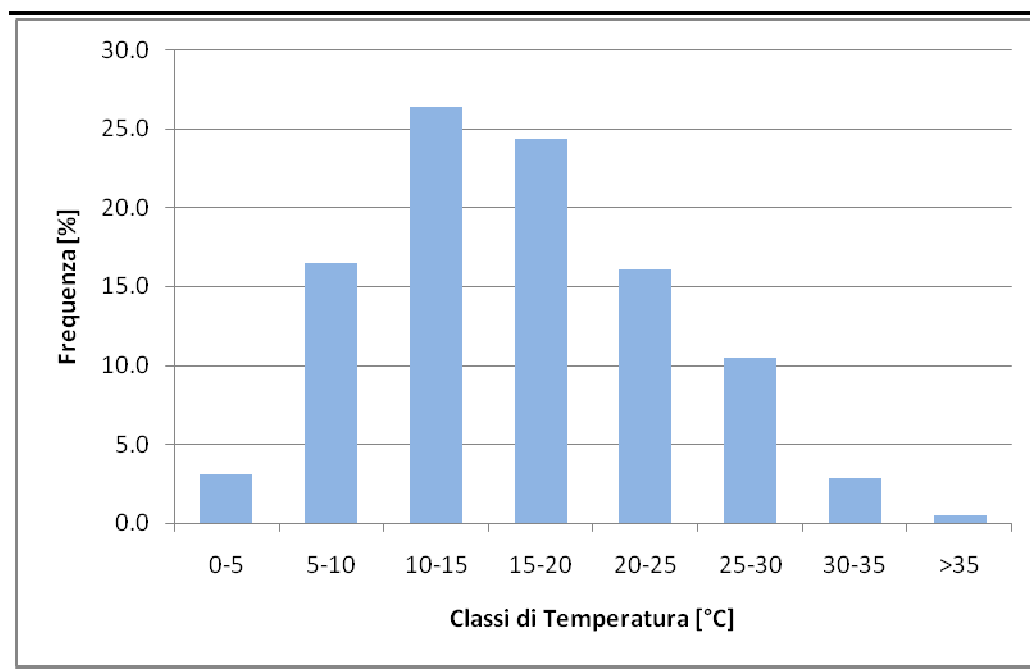


Figura 4c *Distribuzioni in Classi di Frequenza delle Temperature Medie Orarie Registrate alla Centralina R.A.R. di Vitulazio – Anno 2007*



Umidità Relativa

In *Figura 4d,e* si riportano l'andamento dell'umidità relativa nel corso del 2007 e la distribuzione in classi di frequenza dei valori di umidità relativa registrati dalla centralina R.A.R. di Vitulazio.

Figura 4d *Andamento dell'Umidità relativa nell'Anno 2007 alla Centralina R.A.R. di Vitulazio*

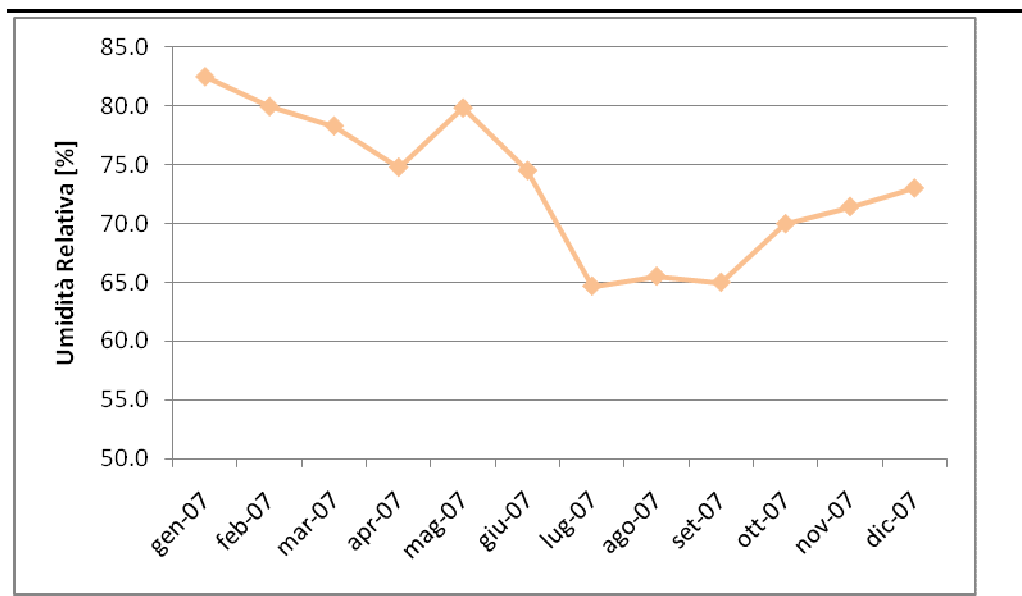
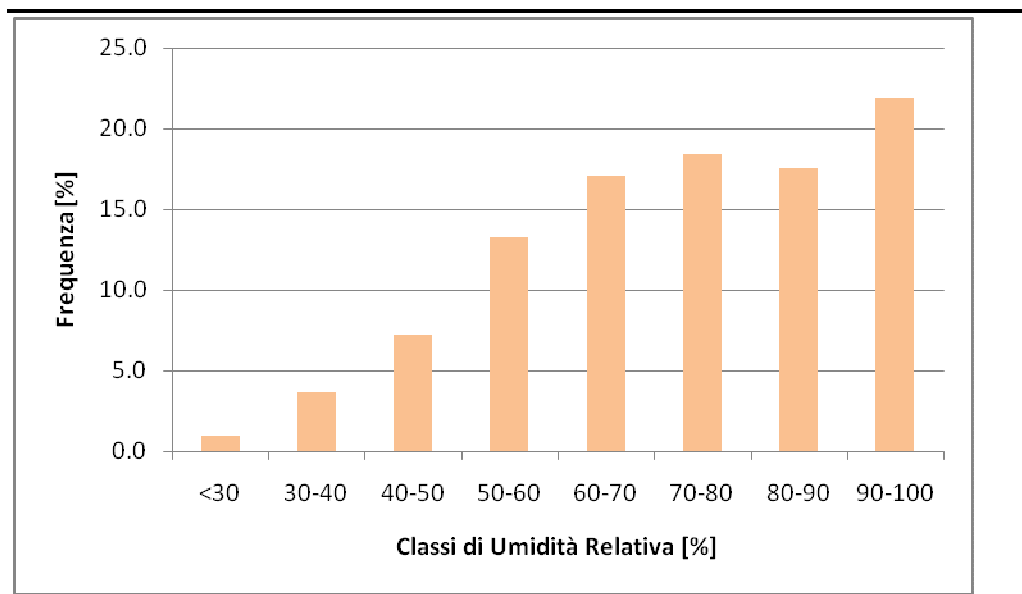


Figura 4e *Distribuzione in Classi di Frequenza dei Valori di Umidità Relativa Registrati dalla Centralina R.A.R. di Vitulazio - Anno 2007*



Dati Meteorologici in Quota

La ricostruzione tridimensionale dei campi di vento richiede anche la disponibilità di dati in quota (pressione, temperatura, velocità e direzione del vento) con cadenza di almeno 12 ore, per la caratterizzazione dei regimi anemologici e dei parametri diffusivi dell'atmosfera (classi di stabilità, altezze di miscelamento, eventuali inversioni termiche...).

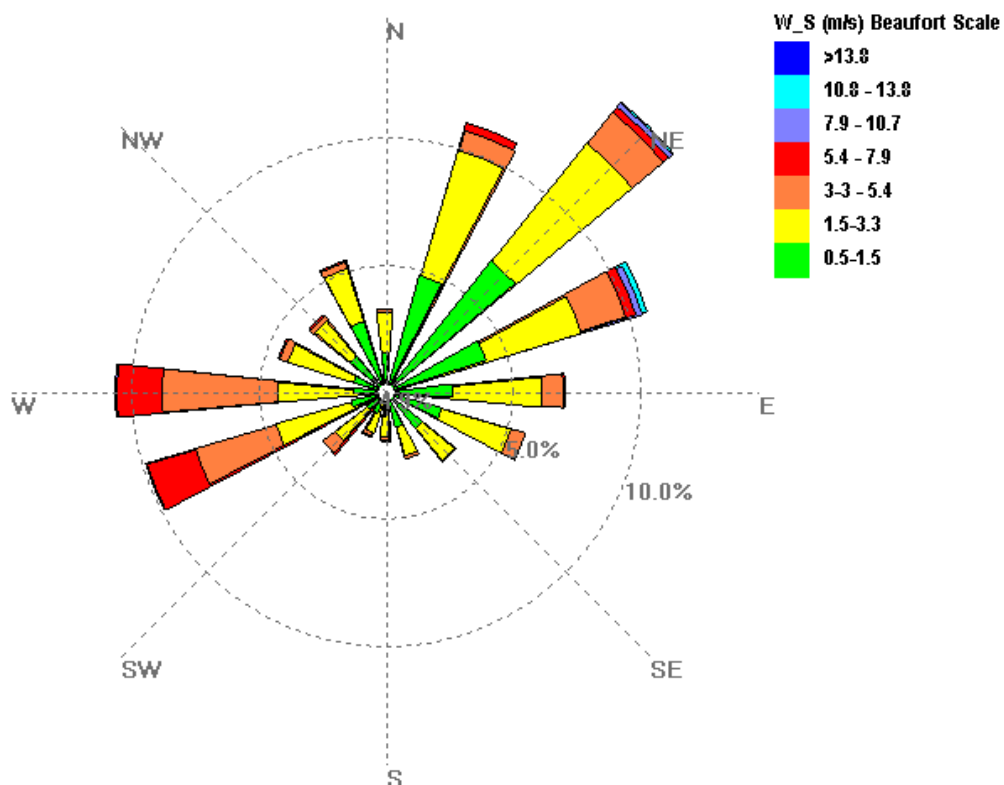
Poiché nell'area non sono effettuati radiosondaggi in quota o rilevazioni di altro tipo atte a caratterizzare gli strati dell'atmosfera, sono stati utilizzati i

profili verticali estratti nelle vicinanze della *Centrale di Sparanise*, dal modello LAMA utilizzato dal Servizio IdroMeteo dell'ARPA Emilia Romagna. Tale modello ricostruisce la meteorologia al suolo ed in quota sull'intero territorio nazionale utilizzando tra gli altri come input le rilevazioni in quota effettuate mediante radiosondaggi presso gli aeroporti presenti sul territorio nazionale dotati della strumentazione necessaria.

Ricostruzione Campi di Vento

In *Figura 4f* 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 Sparanise posizionata all'interno del sito della *Centrale*.

Figura 4f *Rosa dei Venti Estratta dal Preprocessore Meteorologico CALMET in Corrispondenza della Centralina Sparanise per l'Anno 2007*



La sostanziale equivalenza della *Figura 4f* con la *Figura 4a*, rappresentante il dato misurato, testimonia la correttezza della simulazione eseguita. In entrambe le rose dei venti, si può notare, infatti, una prevalenza dei venti provenienti dal quadrante Ovest e da Nord-Est.