

Allegato D. 5

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*.

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 mappe di isoconcentrazione come quelle richiamate nell'*Allegato D6* nel quale sono presentati i risultati delle modellazioni eseguite.

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

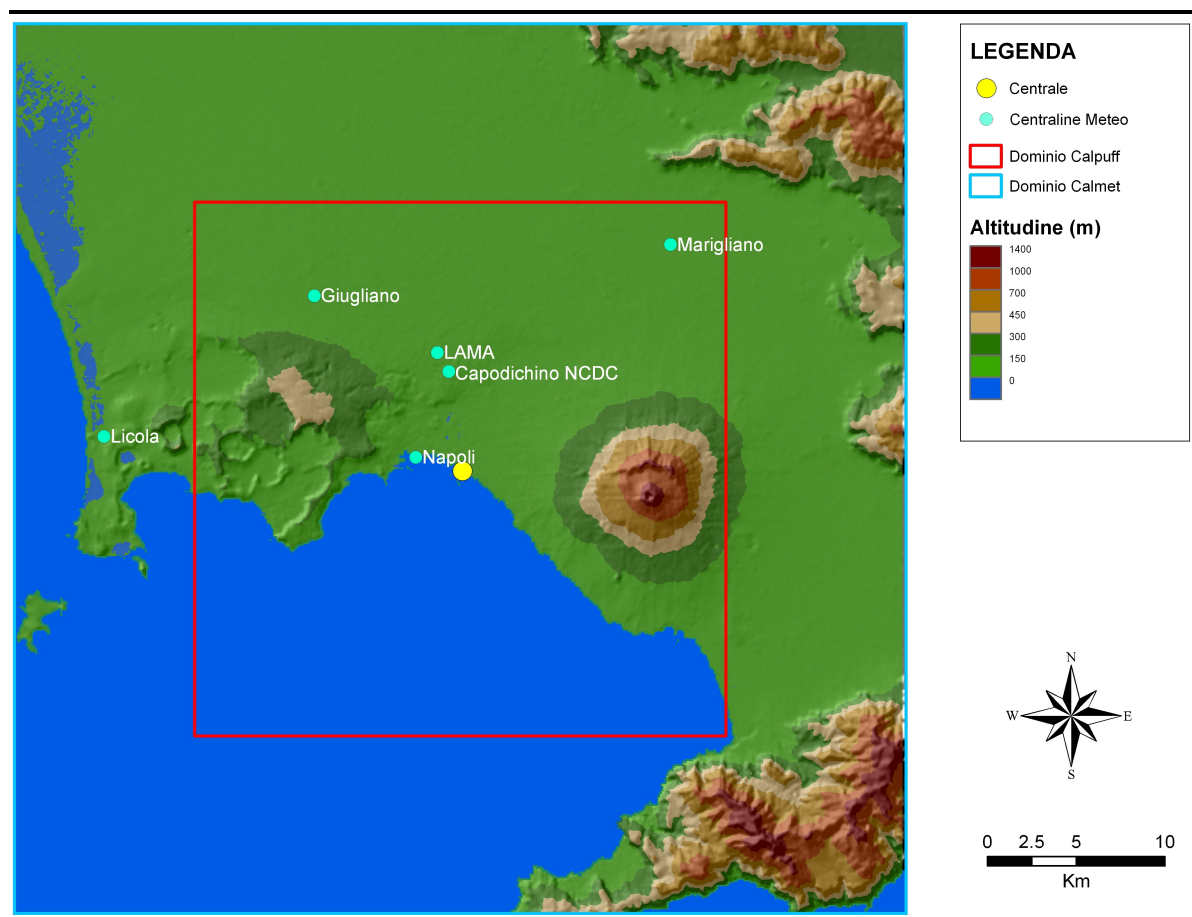
- dati altimetrici e d'uso del suolo per l'intero dominio di calcolo;
- dati meteorologici in superficie ed in quota per la ricostruzione del campo di vento tridimensionale (ricostruito in CALMET);
- caratteristiche emissive e concentrazioni degli inquinanti nei fumi delle sorgenti per l'effettivo studio 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 250 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 30 km per 30 km, sempre con passo di cella di 250 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.

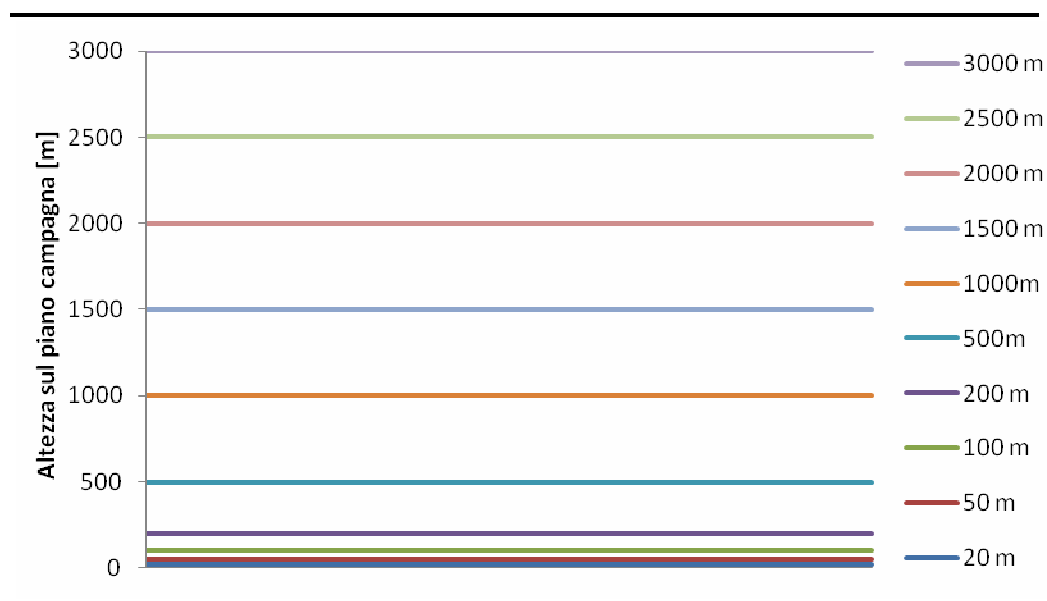
Figura 3a **Dominio di Calcolo e Centraline Meteorologiche**



In merito alla risoluzione verticale del dominio di calcolo sono stati definiti 10 layer, per un'estensione del dominio fino a 3.000 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 ricavati dal *Consortium for Spatial Information* (<http://srtm.csi.cgiar.org/>).

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/).

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 2008.

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.

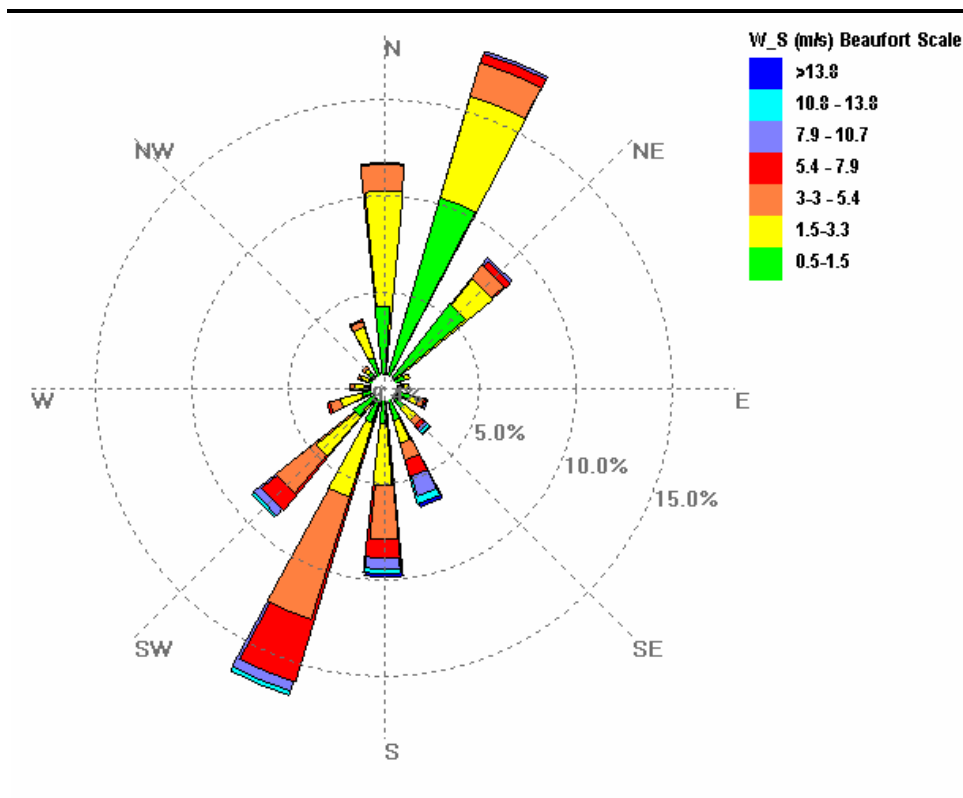
Tutti i dati richiesti sono stati ricavati dai rilevamenti effettuati presso le seguenti centraline meteo (rappresentate in *Figura 3a*):

- *Capodichino*: centralina meteo installata presso l'aeroporto di Napoli Capodichino; 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;
- *Napoli*: centralina meteo della Rete Mareografica Nazionale (R.M.N.), installata presso il molo del Carmine;
- *Marigliano*: centralina della Rete Agrometeorologica Regionale (R.A.R.) della Regione Campania;
- *Giugliano*: centralina della Rete Agrometeorologica Regionale (R.A.R.) della Regione Campania;
- *Licola*: centralina della Rete Agrometeorologica Regionale (R.A.R.) della Regione Campania.

Regime Anemologico

Nella seguente *Figura 4a* si riporta la rosa dei venti relativa al 2008 (anno per il quale è stata ricostruita la meteorologia dell'area), calcolata partendo dai valori di velocità e direzione del vento misurati dall'anemometro della centralina R.M.N. posizionata a Napoli, che risulta essere la più vicina all'impianto.

Figura 4a Rosa dei Venti, Centralina R.M.N. di Napoli, Anno 2008



La rosa dei venti presenta due componenti principali da Nord - NordEst e da Sud - SudOvest, la percentuale di calme di vento (velocità < 0,5 m/s) registrata è pari al 9,4% delle rilevazioni effettuate.

Temperatura

Nelle Figure 4b,c si riportano l'andamento delle temperature nel corso del 2008 e la distribuzione in classi di frequenza delle temperature registrate dalla centralina di Napoli della Rete Mareografica Nazionale.

Figura 4b *Andamento delle Temperature Mensili nel 2008 - Centralina R.M.N. di Napoli*

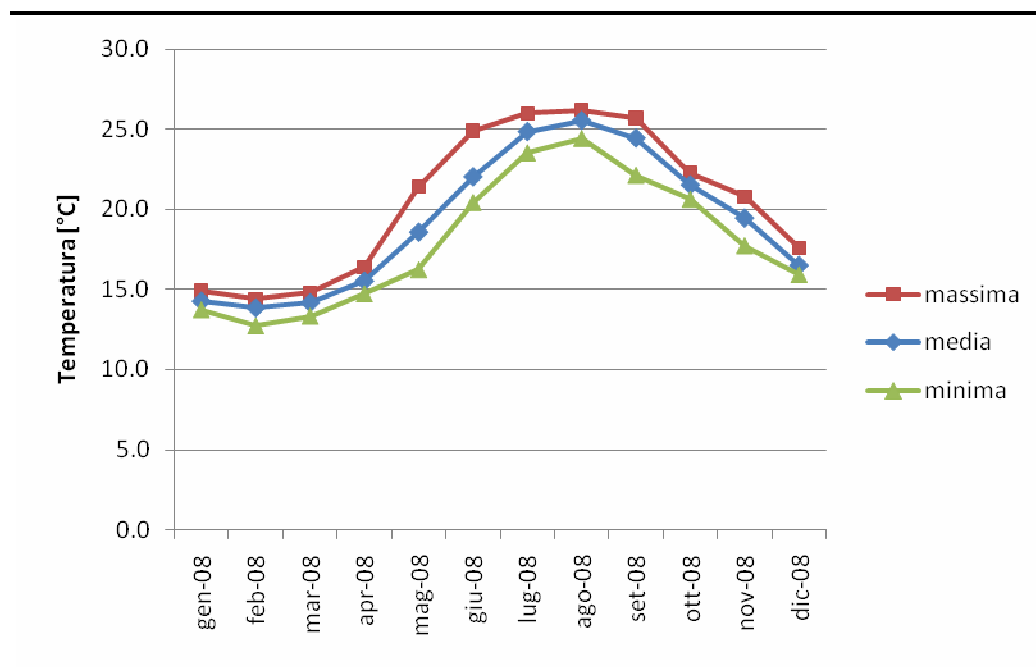
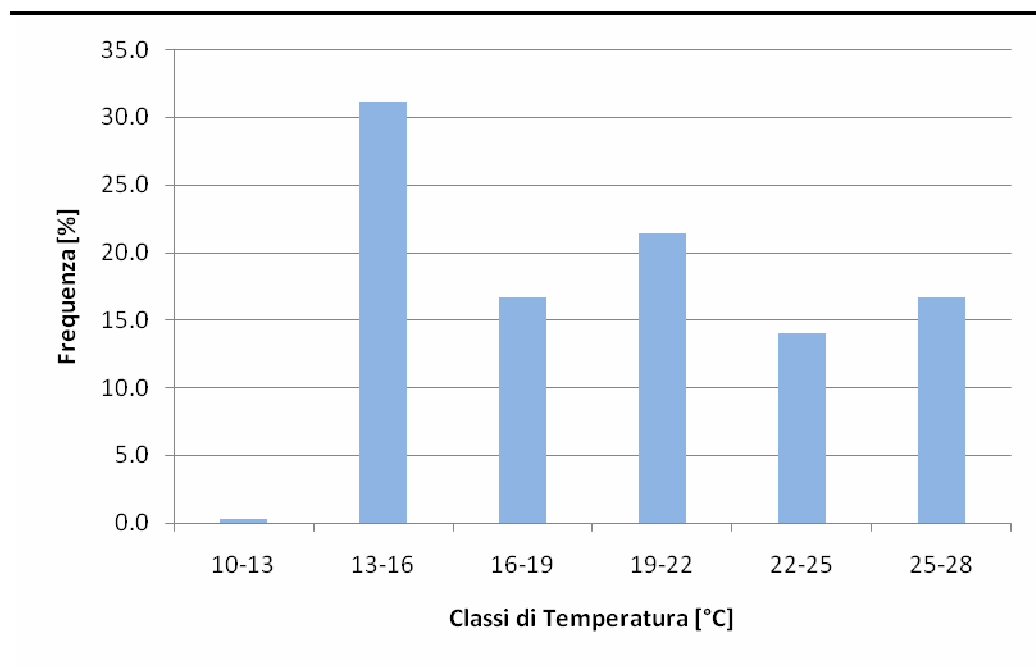


Figura 4c *Distribuzioni in Classi di Frequenza delle Temperature Medie Orarie Registrate alla Centralina R.M.N. di Napoli – Anno 2008*



L'escursione termica registrata dalla centralina meteo della Rete Mareografica Nazionale, situata presso il molo del Carmine, è molto ridotta, infatti, le temperature sono sempre comprese tra 10 e 28 °C e le tre curve di massima, media e minima sono molto ravvicinate.

Umidità Relativa

Nelle Figure 4d,e si riportano l'andamento dell'umidità relativa nel corso del 2008 e la distribuzione in classi di frequenza dei valori di umidità relativa registrati dalla centralina della Rete Agrometeorologica Regionale (R.A.R.) di Licola.

Figura 4d *Andamento dell'Umidità relativa nell'Anno 2007 alla Centralina RAR di Licola*

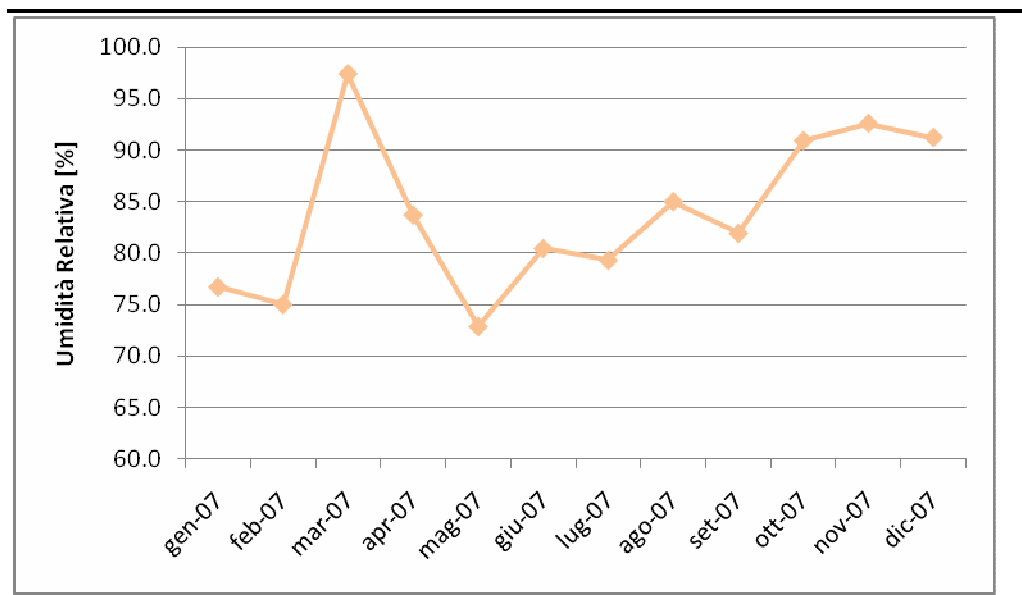
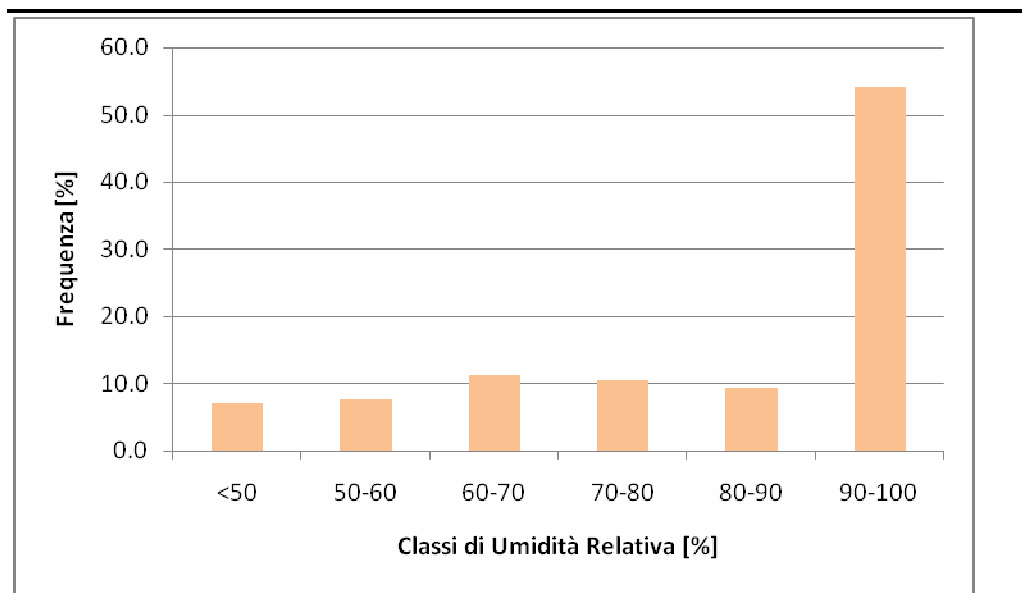


Figura 4e *Distribuzione in Classi di Frequenza dei Valori di Umidità Relativa Registrati dalla Centralina RAR di Licola - Anno 2007*



L'umidità relativa registrata dalla stazione di Licola è compresa tra il 90 e il 100% per più della metà delle ore dell'anno. I valori medi mensili non scendono mai al di sotto del 70%, con due massimi in primavera ed autunno.

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, etc.).

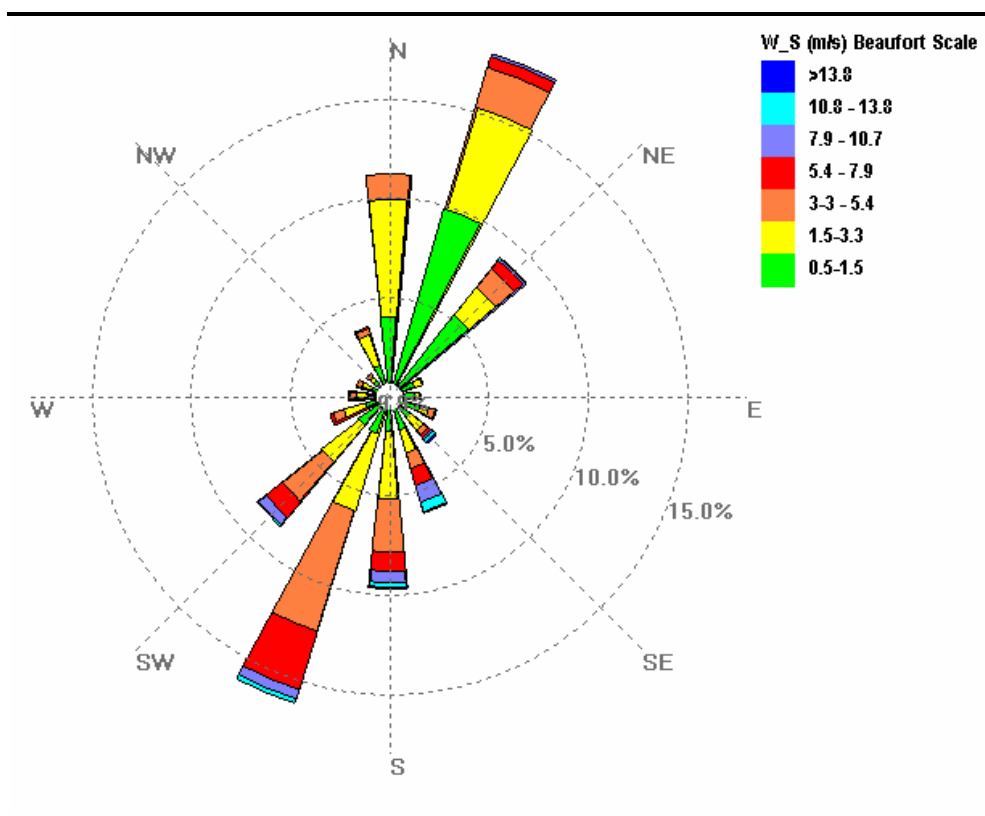
Poiché nell'area non sono effettuati radiosondaggi in quota o rilevazioni di altro tipo, atte a caratterizzare gli strati dell'atmosfera, sono stati utilizzati i profili verticali estratti nelle vicinanze della *Centrale*, dal modello LAMA utilizzato dal Servizio IdroMeteo dell'ARPA Emilia Romagna.

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 R.M.N. di Napoli che risulta essere la più vicina alla *Centrale*.

Figura 4f *Rosa dei Venti Estratta dal Preprocessore Meteorologico CALMET in Corrispondenza della Centralina R.M.N. di Napoli per l'Anno 2008*



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 da Nord - NordEst e da Sud – SudOvest.