

**C.A.F.A.R. SOC. AGR. COOP. FRA
ALLEVATORI ROMAGNOLI**

Allegato

**Valutazione ante e post operam dell'impatto
atmosferico mediante modello matematico di
dispersione**

Struttura del modello di dispersione CALPUFF

Doc. RT-AJ0803.CZ.FIS

Padova, 13 maggio 2024



Sommario

1.	Modello meteorologico	3
1.1.	Catena Modellistica WRF-CALMET	4
1.2.	Rosa dei venti CALMET sull'impianto	9
1.3.	Precipitazione	13
1.4.	Temperatura	13
1.5.	Altezza di rimescolamento	14
1.6.	Classi di stabilità di Pasquill Gifford	14
2.	INDICE DELLE FIGURE	16

1. Modello meteorologico

I dati meteorologici misurati al suolo necessari al modello CALMET sono: velocità e direzione del vento, altezza del cielo, copertura nuvolosa, temperatura, umidità relativa, pressione e codice di precipitazione. I dati meteorologici necessari in quota sono: pressione, altezza, temperatura, velocità e direzione del vento.

Il modello CALMET può funzionare utilizzando in input misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria o suboraria e almeno un profilo verticale con risoluzione temporale non superiore alle 12 ore. In alternativa o in aggiunta esso può utilizzare l'output orario di un modello meteorologico prognostico che fornisce il campo meteorologico tridimensionale su una griglia più ampia rispetto a quella utilizzata da CALMET.

Per costruire la meteorologia è stata effettuata un'indagine preliminare sul territorio atta ad individuare la presenza di una rete di monitoraggio meteo, che rispetti le prescrizioni dalle linee guida ARPAV in tema di odori:

Punto 4: *“L'input meteorologico del modello di dispersione può essere ricondotto a due tipologie di dati:*

- *Da stazioni meteorologiche al suolo e in quota (radiosonde);*
- *Da modelli meteorologici prognostici.*

Le stazioni meteo al suolo devono preferibilmente provenire dalla rete di monitoraggio regionale gestita da ARPAV, oppure dalla rete internazionale di stazioni meteorologiche WMO (World Meteorological Organization). A quest'ultima si dovrà fare riferimento per i dati delle stazioni in quota (radiosondaggi) [...].

In generale l'input meteorologico dovrà provenire da una stazione meteorologica purché rappresentativa delle condizioni di dispersione dell'area oggetto di studio. Se necessario, per esempio in condizioni di terreno complesso, una o più stazioni possono essere incluse mediante l'utilizzo di un modello di tipo diagnostico che ricostruisca il campo di vento a partire dai dati delle stazioni al suolo e in quota, e dalla geomorfologia del territorio.

Conformemente a quanto previsto nella più recente revisione delle linee guida dell'US EPA (Environmental Protection Agency [...]), in caso di assenza di stazioni meteo rappresentative, l'input meteorologico può essere ricavato dall'output numerico di un modello di tipo prognostico. In tal caso si distinguono due possibilità:

- *Utilizzo dell'output tale e quale, estratto su un punto della griglia di calcolo ritenuto più rappresentativo delle condizioni dell'area oggetto di studio;*
- *Utilizzo dell'output su un punto o una sottogriglia del modello meteorologico prognostico, seguito dall'applicazione di un opportuno modello diagnostico in grado di ricostruire il campo di vento ad alta risoluzione, considerando opportunamente gli effetti indotti dall'eventuale terreno complesso (linee di costa, zone collinari o montane).*

È possibile l'utilizzo dell'output modellistico di tipo prognostico anche a completamento dei dati forniti direttamente dalla stazione meteorologica, per variabili diverse da direzione e velocità del vento e temperatura [...].

Nella relazione di presentazione dello studio, a seconda dei casi, devono essere indicati:

- *Coordinate della/e stazione/i e quota dell'anemometro rispetto al suolo;*

- *Coordinate del punto di griglia del modello prognostico;*
- *caratteristiche della griglia di calcolo del modello diagnostico (coordinate, numero di nodi, passo, livelli verticali);*
- *caratteristiche della griglia di calcolo del modello prognostico (coordinate, numero di nodi, passo, livelli verticali);*

Per quanto riguarda le stazioni meteorologiche al suolo si sottolinea che:

- *l'altezza standard di riferimento per la misura del vento è 10 m [...], quindi in generale, non sono ammesse misure a quote inferiori, tuttavia, dato che la rete meteorologica regionale gestita da ARPAV comprende numerose stazioni con altezza dell'anemometro a 5 m, l'uso di quest'ultimo è ammesso, laddove non vi siano stazioni con vento a 10 m ritenute rappresentative. Sono invece tassativamente escluse le stazioni con sensori del vento a 2 m;*
- *la frequenza originaria di registrazione dei dati meteo deve essere almeno oraria, coerentemente con la scansione richiesta per le simulazioni di dispersione;*
- *l'estensione minima del dominio temporale di simulazione è un anno. Soltanto per simulazioni finalizzate all'eventuale verifica della corrispondenza tra modello di dispersione e segnalazioni dei residenti, il dominio temporale può essere limitato alle ore in cui è effettuato il confronto;*
- *La percentuale ammessa di dati meteorologici invalidi dovrebbe essere inferiore al 10% su base annua e al 25% su base mensile; non deve essere comunque superiore al 20% su base annua e al 50% su base mensile.*

1.1. Catena Modellistica WRF-CALMET

Nel presente studio, il modello CALMET è stato inizializzato a partire dall'output del modello WRF¹ (Weather Research and Forecasting) relativo all'intero anno 2023. La simulazione di WRF è stata effettuata su diversi domini innestati, con risoluzione di griglia del dominio più interno pari a 3 km, e un rapporto pari a 3 per le risoluzioni di ogni dominio più esterno (9 km per il secondo, 27 km per il terzo). I domini di WRF sono mostrati in Figura 1. Per l'inizializzazione di WRF (dati al contorno e dati iniziali) sono state utilizzate le analisi NCEP FNL (Final) Operational Global Analysis disponibili con risoluzione spaziale di un grado ogni sei ore². Il dominio più interno di WRF ha una dimensione di circa 200×200 km² ed include completamente il dominio di CALMET. L'output di WRF su una parte ridotta di tale dominio è stato estratto per mezzo del processore CALWRF ed utilizzato in input da CALMET.

Oltre che con i dati di output di WRF, CALMET è stato alimentato con le misure di tre stazioni sito-specifiche gestite da ARPAV identificate all'interno dell'area geografica d'indagine: Lison (VE), id stazione 159, Grassaga (VE), id stazione 163 ed Eraclea (VE), id stazione 164.

Le coordinate in UTM 33 N delle stazioni identificate sono riportati in Tabella 1, mentre la relativa posizione è riportata in Figura 2. In Tabella 1 sono inoltre riportate l'altezza dell'anemometro rispetto al suolo le variabili meteorologiche da inserire in input al modello CALMET, come rilevate dalle stazioni al suolo identificate. Per i dati di pressione atmosferica, che non vengono misurati

¹ <https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model>

² <https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2>

dalle tre stazioni, si è fatto ricorso alle misure delle stazioni meteorologiche dell'aeroporto di Rivolto (USAF 160450), dell'aeroporto di Venezia Tessaera (USAF 161050), e di Venezia Lido (USAF 161010).

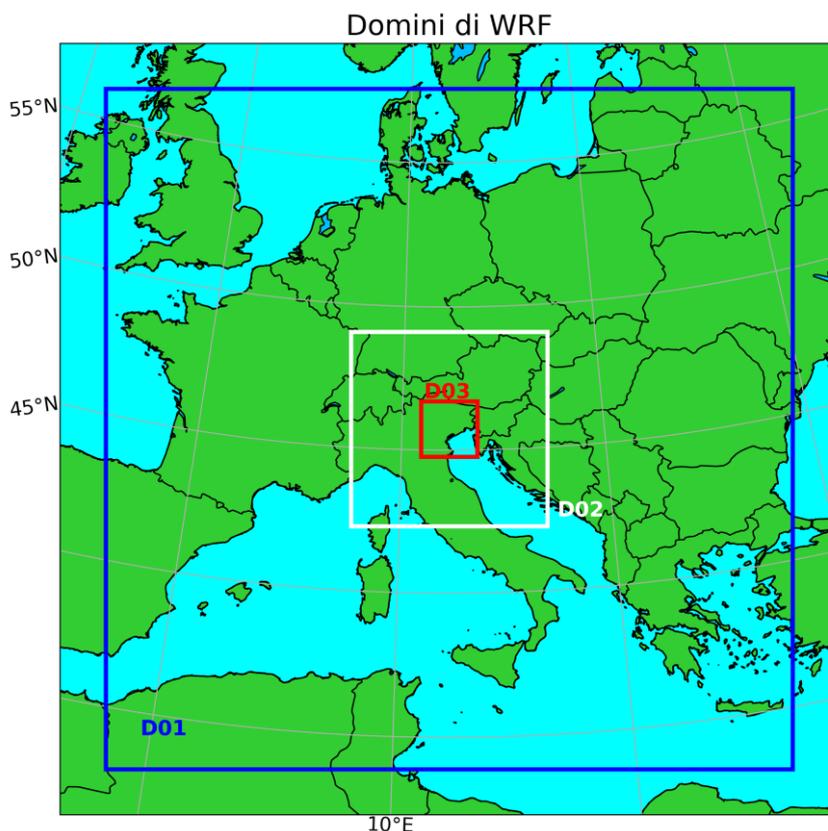


Figura 1. Domini di simulazione del modello meteorologico WRF.

Stazione	Sistema di riferimento		H	WD	WS	TA	RH	PRC
	Easting (km)	Northing (km)	(m)					
Portogruaro Lison	325,859	5068,208	10	X	X	X	X	X
Noventa di Piave (Grassaga)	312,162	5060,035	5	X	X	X	X	X
Eraclea	321,188	5052,515	5	X	X	X	X	X

Tabella 1. Coordinate UTM 33 N e variabili delle stazioni meteorologiche.

WD=Direzione vento; WS=Velocità vento; TA=Temperatura; RH=Umidità relativa; PRC=Precipitazione; PRS=Pressione



Figura 2. Rappresentazione del dominio di calcolo di CALMET (quadrato verde). La posizione dello stabilimento è indicata con un quadrato rosso. La posizione delle stazioni meteorologiche ARPAV è indicata con cerchi azzurri.

Le rose del vento ottenute dai dati misurati dalle tre stazioni sono riportate da Figura 3 a Figura 5, rispettivamente per Lison (VE), Grassaga (VE), ed Eraclea (VE). Tutte le stazioni illustrano un quadro anemologico caratterizzato da vento prevalente proveniente dal quadrante nordorientale. Le calme, definite nel presente studio come le situazioni caratterizzate da velocità minore di 0,5 m/s, sono poco meno del 7% delle ore dell'anno per Lison, e valori circa 3 volte maggiori per le altre due stazioni che però, come indicato in Tabella 1, presentano anemometro a 5 m sopra il suolo.

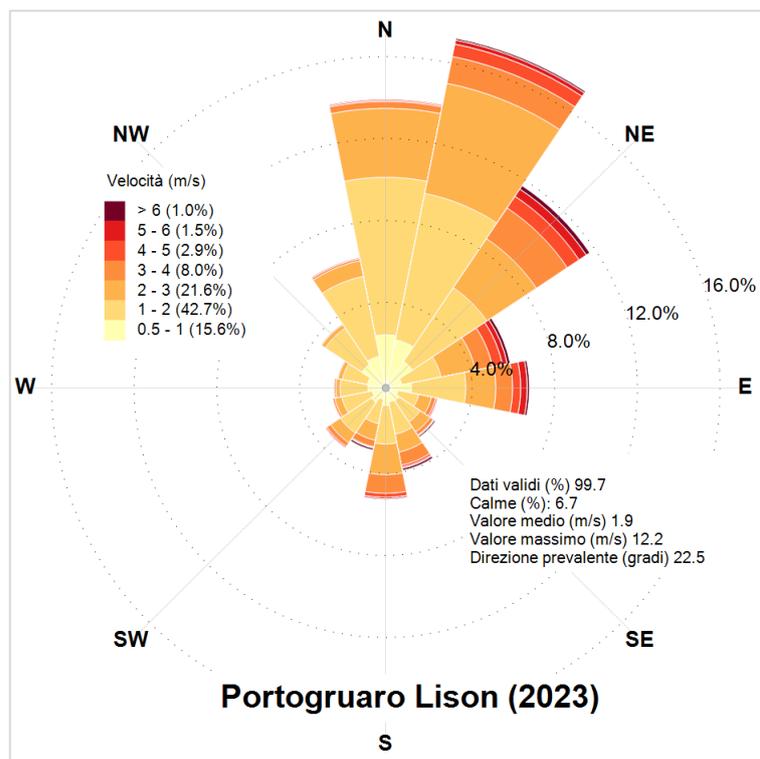


Figura 3. Rosa dei venti 2023 ottenuta dalle misure della stazione Portogruaro Lison (VE).

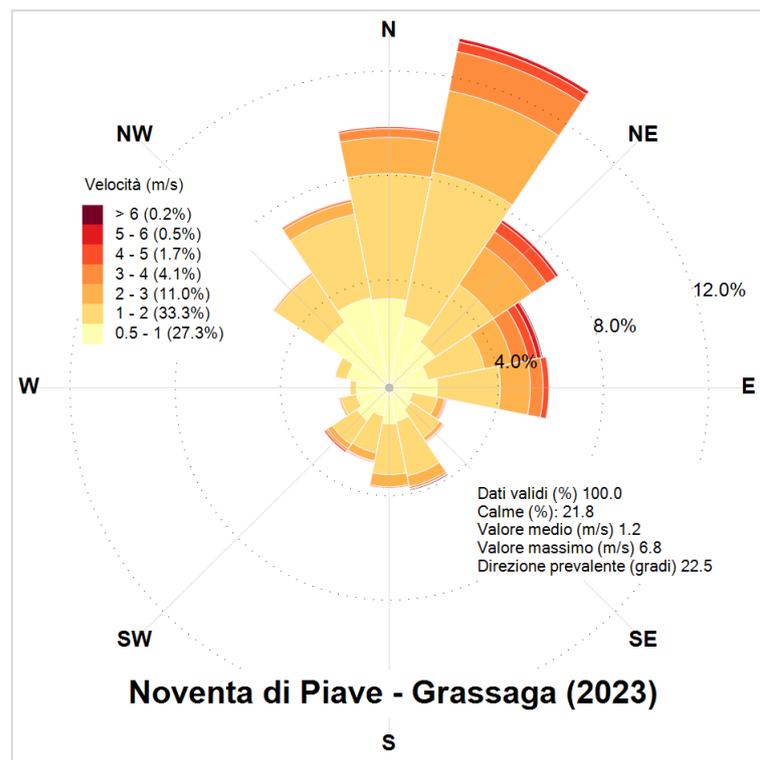


Figura 4. Rosa dei venti 2023 ottenuta dalle misure della stazione Grassaga (VE).

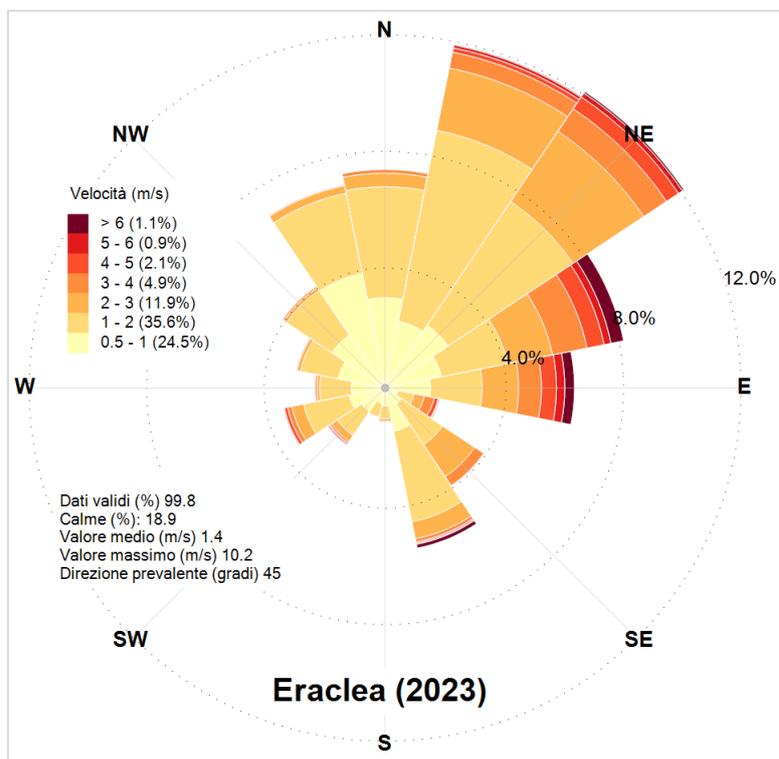


Figura 5. Rosa dei venti 2023 ottenuta dalle misure della stazione Eraclea (VE).

1.2. Rosa dei venti CALMET sull'impianto

La Figura 6 mostra la rosa del vento ottenuta dall'output di CALMET per la cella di calcolo sopra lo stabilimento: coordinate del punto di estrazione in UTM 33 N 320,138 km E, 5062,009 Km N. La rosa dei venti è caratterizzata da calme di vento (definite come ore con velocità del vento minore di 0,5 m/s) per il 2,9% delle ore dell'intero periodo (anno solare 2023). La direzione prevalente è Nordest, ma presentano una significativa frequenza anche le direzioni Nord - Nordest ed Est - Nordest. Le rose del vento mensili relative alla cella di CALMET contenente l'impianto sono mostrate in Figura 7, mentre le rose del vento orarie sono mostrate in Figura 8 e Figura 9.

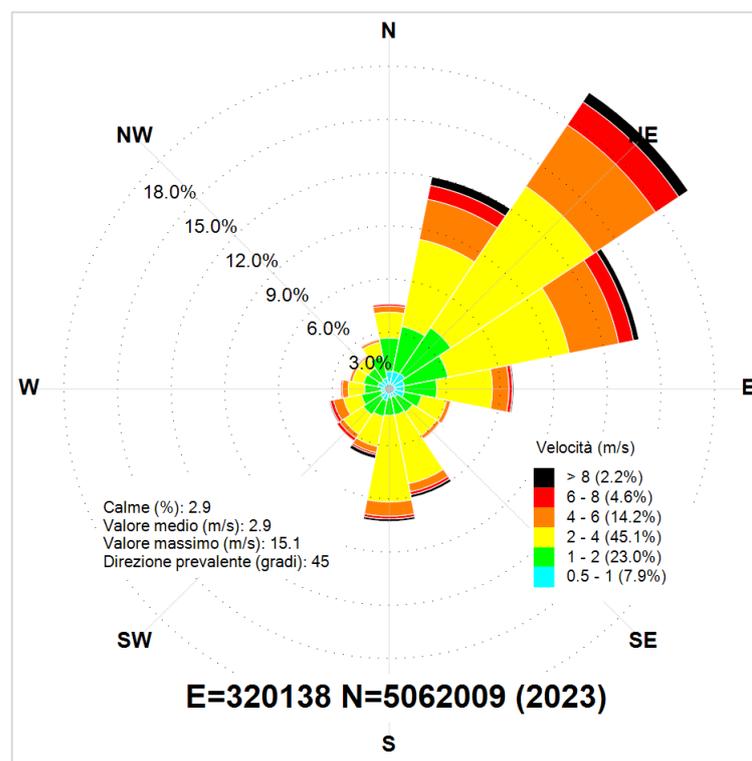


Figura 6. Rosa del vento per l'anno 2023 ottenuta dai dati di CALMET per la cella sopra l'impianto.

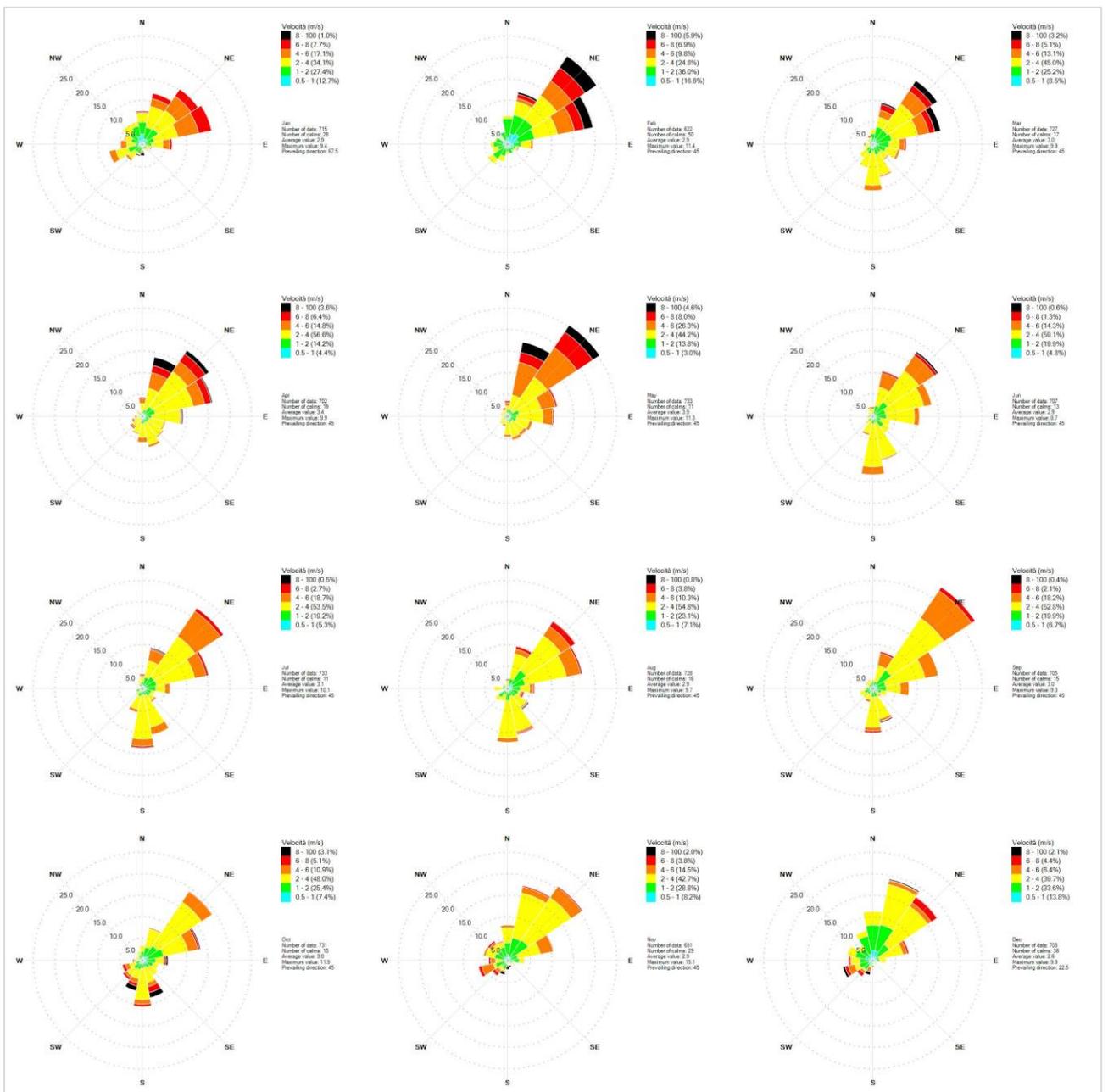


Figura 7. Rose del vento mensili per l'anno 2023 ottenute dai dati di CALMET per la cella contenente l'impianto.

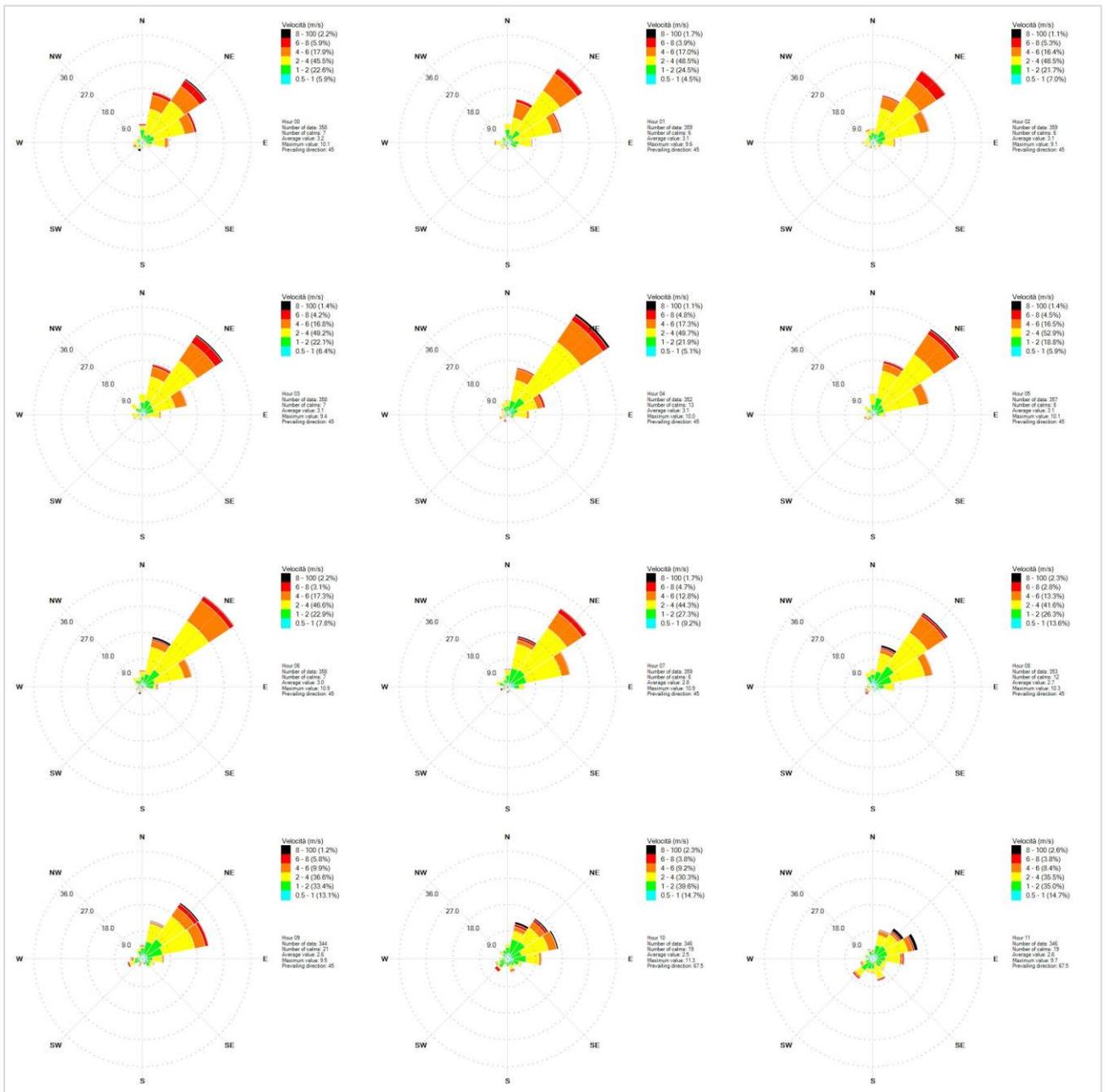


Figura 8. Rose del vento orarie (00:00-11:00) per l'anno 2023 ottenute dai dati di CALMET per la cella contenente l'impianto.

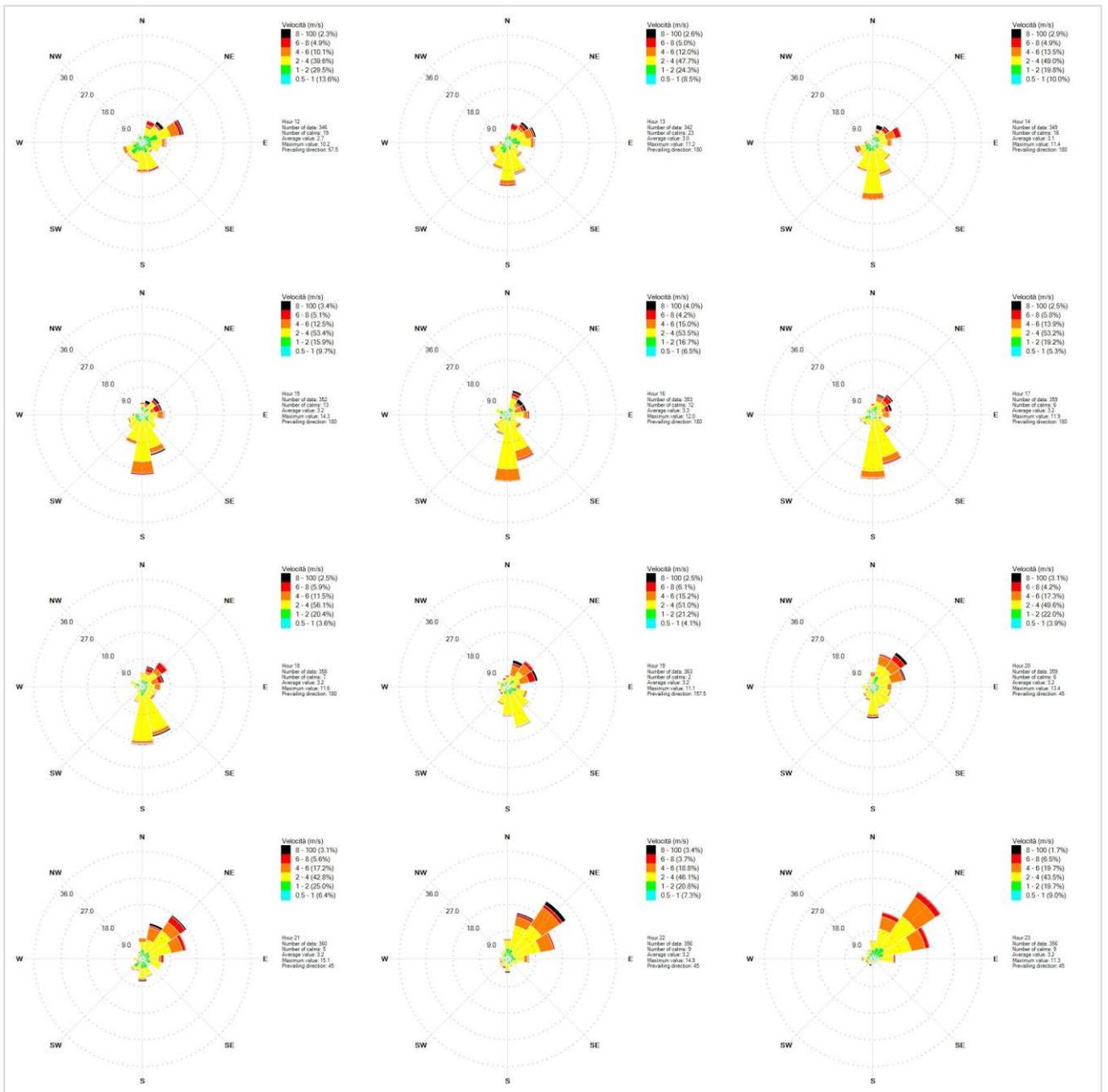


Figura 9. Rose del vento orarie (12:00-23:00) per l'anno 2023 ottenute dai dati di CALMET per la cella contenente l'impianto.

1.3. Precipitazione

La precipitazione mensile per l'anno 2023 ottenuta dai dati estratti da CALMET sull'impianto è mostrata in Figura 10. Il valore massimo è osservato in maggio, con 156 mm, mentre il valore minimo è osservato in febbraio, con meno di 1 mm. La precipitazione totale annuale è pari a 982 mm.

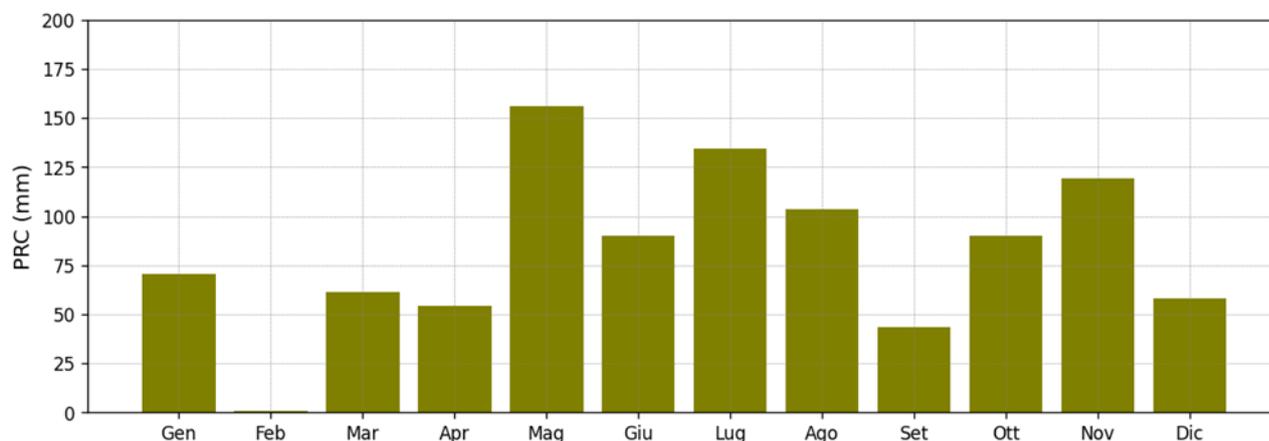


Figura 10. Precipitazione mensile 2023 per un punto sopra l'impianto.

1.4. Temperatura

La distribuzione mensile delle temperature ottenuta dai dati estratti da CALMET sull'impianto è mostrata in Figura 11 per mezzo di un grafico "box and whiskers". In tale grafico il rettangolo (box) verticale si estende dal primo al terzo quartile dei dati (cioè dal valore corrispondente al 25% della distribuzione a quello corrispondente al 75%), la linea orizzontale all'interno del rettangolo rappresenta la mediana, mentre il triangolo rappresenta la media; i due segmenti orizzontali (whiskers) agli estremi rappresentano il valore minimo e il valore massimo dei dati. La temperatura media annuale ottenuta da CALMET sull'impianto è pari a 14,4 °C, con un minimo orario pari a -6 °C in febbraio e un massimo orario pari a 36 °C in agosto.

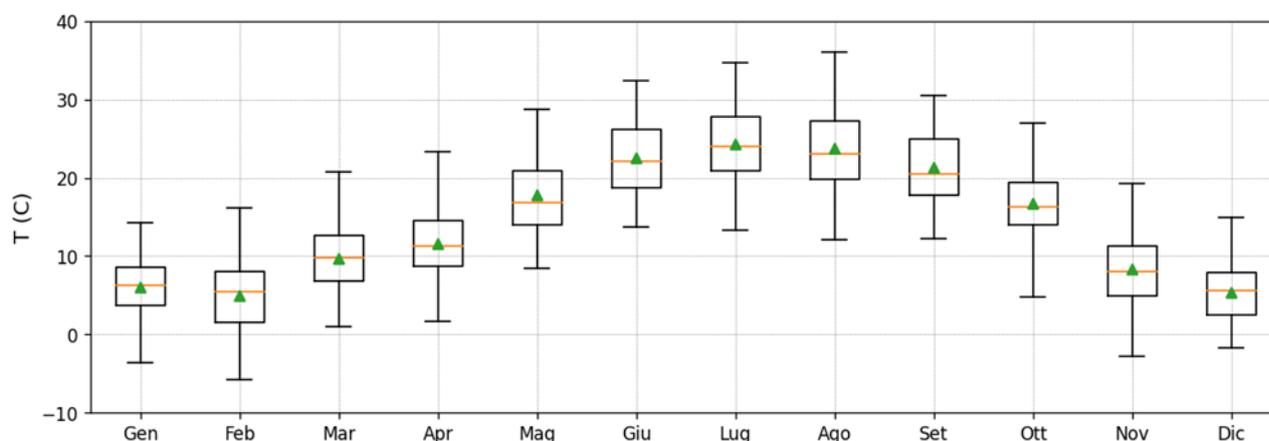


Figura 11. Distribuzione mensile delle temperature 2023 per un punto sopra l'impianto.

1.5. Altezza di rimescolamento

La distribuzione mensile dell'altezza di rimescolamento ottenuta dai dati estratti da CALMET sull'impianto è mostrata in Figura 12 per mezzo di un grafico "box and whiskers". Come atteso, i valori sono mediamente maggiori durante i mesi caldi a causa della maggiore turbolenza di origine convettiva dovuta alla radiazione solare.

Il giorno tipo dell'altezza di rimescolamento è mostrato in Figura 13. I valori minimi si hanno durante la notte, caratterizzata da stabilità atmosferica, mentre di giorno i valori aumentano all'aumentare della radiazione solare.

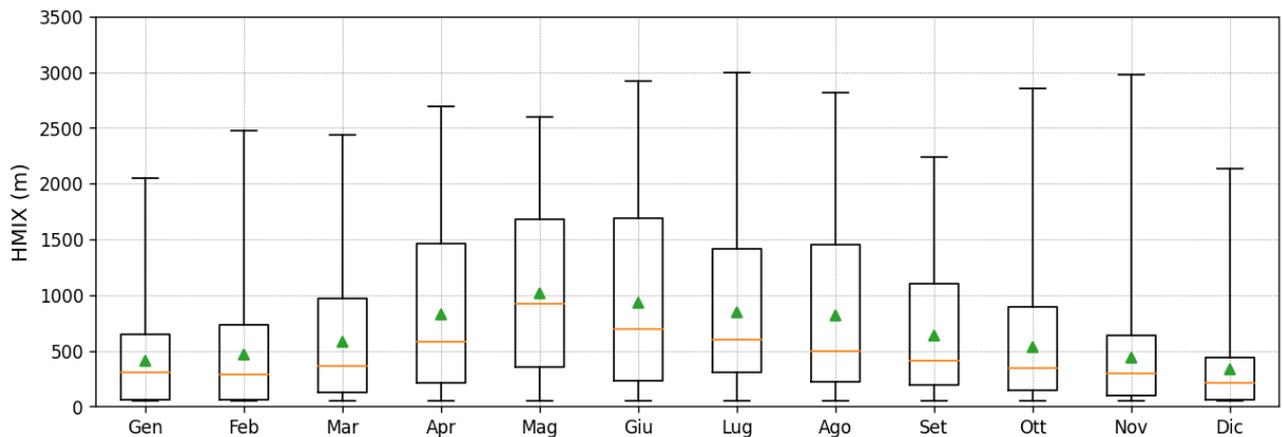


Figura 12. Distribuzione mensile dell'altezza di rimescolamento 2023 per un punto sopra lo stabilimento.

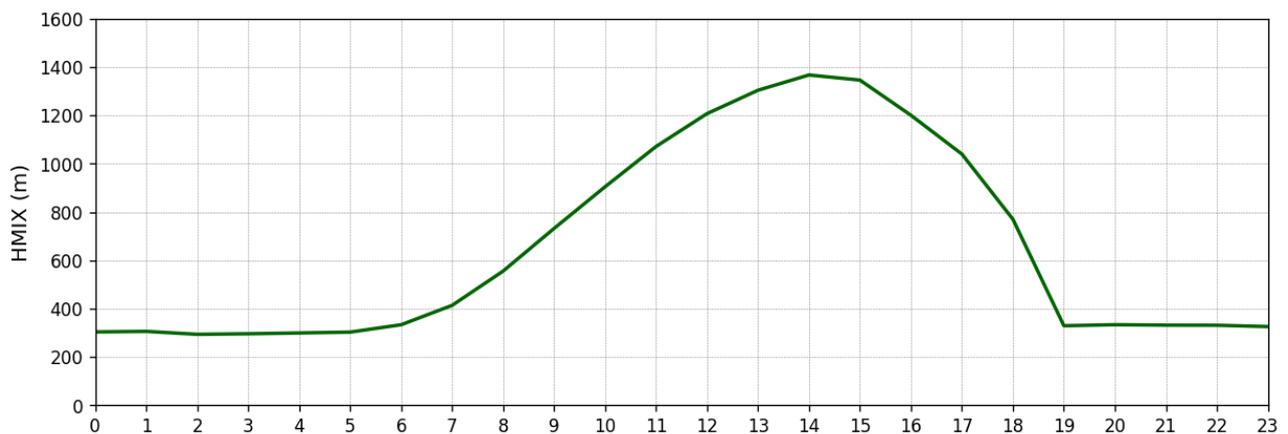


Figura 13. Giorno tipo dell'altezza di rimescolamento 2023 per un punto sopra lo stabilimento.

1.6. Classi di stabilità di Pasquill Gifford

La distribuzione percentuale delle classi di stabilità atmosferica di Pasquill Gifford è mostrata in Figura 14. La classe più probabile è la F (quasi il 29% delle ore dell'anno), corrispondente a condizioni stabili in cui la turbolenza atmosferica risulta minima. Al contrario, la classe A corrispondente a condizioni estremamente instabili è presente per poco più del 2% delle ore dell'anno.

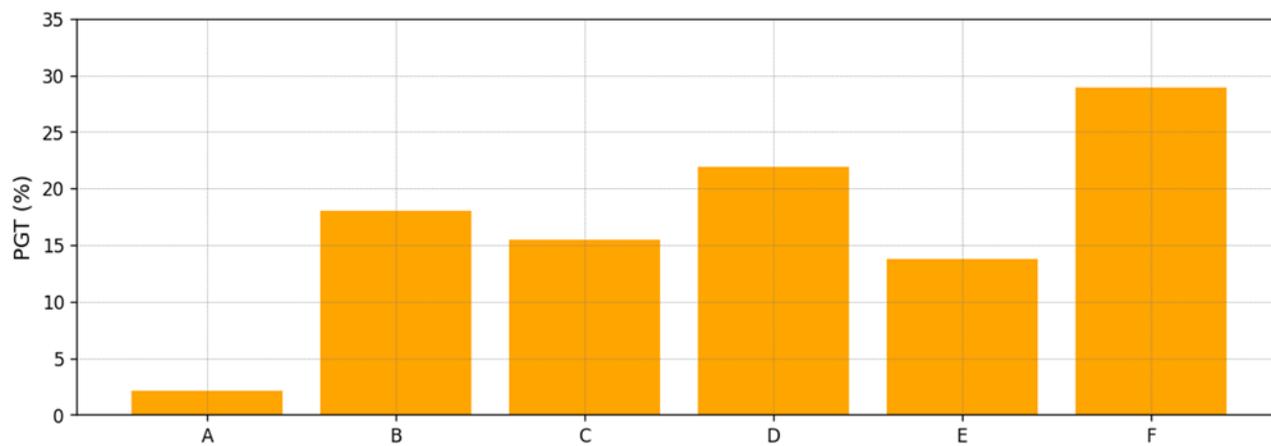


Figura 14. Distribuzione percentuale delle classi di stabilità atmosferica 2023 per un punto sopra l'impianto.

2. INDICE DELLE FIGURE

Figura 1. Domini di simulazione del modello meteorologico WRF.....	5
Figura 2. Rappresentazione del dominio di calcolo di CALMET (quadrato verde). La posizione dello stabilimento è indicata con un quadrato rosso. La posizione delle stazioni meteorologiche ARPAV è indicata con cerchi azzurri.	6
Figura 3. Rosa dei venti 2023 ottenuta dalle misure della stazione Portogruaro Lison (VE).	7
Figura 4. Rosa dei venti 2023 ottenuta dalle misure della stazione Grassaga (VE).....	7
Figura 5. Rosa dei venti 2023 ottenuta dalle misure della stazione Eraclea (VE).....	8
Figura 6. Rosa del vento per l'anno 2023 ottenuta dai dati di CALMET per la cella sopra l'impianto.	9
Figura 7. Rose del vento mensili per l'anno 2023 ottenute dai dati di CALMET per la cella contenente l'impianto.	10
Figura 8. Rose del vento orarie (00:00-11:00) per l'anno 2023 ottenute dai dati di CALMET per la cella contenente l'impianto.	11
Figura 9. Rose del vento orarie (12:00-23:00) per l'anno 2023 ottenute dai dati di CALMET per la cella contenente l'impianto.	12
Figura 10. Precipitazione mensile 2023 per un punto sopra l'impianto.	13
Figura 11. Distribuzione mensile delle temperature 2023 per un punto sopra l'impianto.....	13
Figura 12. Distribuzione mensile dell'altezza di rimescolamento 2023 per un punto sopra lo stabilimento.	14
Figura 13. Giorno tipo dell'altezza di rimescolamento 2023 per un punto sopra lo stabilimento. ..	14
Figura 14. Distribuzione percentuale delle classi di stabilità atmosferica 2023 per un punto sopra l'impianto.	15