	
PROGETTO	Modifica dell'impianto di pretrattamento o tintura di tessuti della ditta FILTE SPA sito in via Ferrari n.20 a Campogalliano (MO)
TAVOLA	Studio di impatto atmosferico
	Rev.1 Maggio 2023

~ INDICE ~

1. Introduzione.....	3
2. Valori di riferimento per la qualità dell'aria.....	5
3. Caratterizzazione della qualità dell'aria	7
3.1 Ossidi di azoto	8
3.2 Polveri	10
4. Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF.....	13
4.1 Criteri di selezione	13
4.2 CALMET	14
4.3 CALPUFF	14
5. Ricostruzione del campo meteorologico.....	16
5.1 Dominio	16
5.2 Dati meteorologici in input	19
5.3 Output del modello CALMET	21
5.3.1 Rosa del vento.....	21
5.3.2 Precipitazione	24
5.3.3 Temperatura	25
5.3.4 Altezza di rimescolamento	26
5.3.5 Classi di stabilità di Pasquill Gifford	27
6. Scenari emissivi.....	29
6.1 Scenario Ante Operam	29
6.2 Scenario Post Operam	32
6.3 Building downwash	34
6.3 Camini orizzontali o dotati di cappello parapioggia.....	35
7. Simulazioni di dispersione atmosferica.....	36
7.1 Input del modello CALPUFF	36
7.2 Risultati: Qualità dell'aria	38
8. Conclusioni.....	46
9. Riferimenti	47

1. Introduzione

Il presente studio ha l'obiettivo di valutare l'impatto atmosferico indotto dal funzionamento dello Stabilimento FILTE SPA (FILTE nel seguito) di Via Ferrari n. 20 a Campogalliano (MO), ubicato come mostrato in Figura 1. *Nello specifico, questo documento è un aggiornamento della precedente versione dello studio a seguito delle integrazioni richieste con nota trasmessa via PEC Prot. 20/04/2023.0392164.U. Tutte le modifiche vengono evidenziate in carattere corsivo.*

L'attività produttiva svolta presso l'impianto consiste nel pretrattamento (operazioni di lavaggio, imbianchimento, mercerizzazione) o tintura di fibre tessili o di tessuti. La ditta ha in progetto alcune modifiche dell'impianto produttivo, consistenti nell'introduzione di una nuova rameuse, un macchinario utilizzato per il termofissaggio ed altri trattamenti termici dei tessuti, ed un nuovo essiccatoio-tumbler utilizzato per la fase di asciugatura; la ditta intende inoltre attivare il servizio di mercerizzo in conto terzi: attualmente questo trattamento viene eseguito solo sul tessuto già in lavorazione ma, in base alle recenti richieste di mercato, si prevede di effettuarlo anche come singola lavorazione a sé stante.

Nel seguito verrà valutato l'impatto dello stabilimento FILTE nel suo assetto attuale (Ante Operam, AO) e nell'assetto futuro successivo alle modifiche di progetto (Post Operam, PO).

Allo scopo di valutare le concentrazioni al suolo degli inquinanti emessi è stato utilizzato il sistema modellistico CALMET/CALPUFF, versione 7, che è uno degli strumenti utilizzabili sia in territori ad orografia semplice, sia in territori caratterizzati da orografia complessa (U.S. EPA, 2017). Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF è costituito da un modulo di dispersione lagrangiano a puff (CALPUFF) e da un preprocessore meteorologico (CALMET) in grado di ricostruire il campo di vento tridimensionale anche in orografia complessa.

Il periodo di simulazione è l'intero anno 2022. La meteorologia oraria con risoluzione spaziale di 500 m è stata ottenuta applicando prima il modello meteorologico a mesoscala WRF, e quindi utilizzando il suo output come first guess in input al modello meteorologico diagnostico CALMET.



Figura 1. Posizione dell'impianto FILTE di Campogalliano (MO).

2. Valori di riferimento per la qualità dell'aria

La normativa sulla qualità dell'aria attualmente in vigore a livello nazionale è rappresentata dal D. Lgs. 155 del 13/08/2010 che recepisce la Direttiva Europea 2008/50/CE (relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa) e abroga una serie di leggi precedenti, tra cui il DM n. 60 del 2 aprile 2002 e il D.Lgs. 351 del 04/08/1999. Il D.Lgs. 155/2010 impone il rispetto di valori limite di concentrazione in atmosfera per CO, NO₂, SO₂, PM₁₀, PM_{2.5}, O₃, C₆H₆, Benzo(a)pirene, Pb, As, Cd e Ni.

Il decreto stabilisce:

- i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio e PM₁₀;
- i livelli critici per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e ossidi di azoto;
- le soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto;
- il valore limite, il valore obiettivo, l'obbligo di concentrazione dell'esposizione e l'obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM_{2.5}.

I valori limite fissati dal Decreto al fine della protezione della salute umana sono riepilogati in Tabella 1.

Il valore limite riportato per il biossido di zolfo può essere espresso anche in termini di percentili. Il percentile 99.73 della concentrazione media oraria non deve superare i 350 µg/m³, mentre il percentile 99.18 della concentrazione media giornaliera non deve superare i 125 µg/m³.

Analogamente per il biossido di azoto il percentile 99.79 della concentrazione media oraria non deve superare i 200 µg/m³.

Per quanto riguarda il PM₁₀ il percentile 90.41 delle concentrazioni medie giornaliere non deve superare i 50 µg/m³.

Per il benzene il Decreto stabilisce un valore limite di 5 µg/m³ per la media annua.

Il valore limite per il monossido di carbonio è espresso tramite la media massima giornaliera su 8 ore. Essa viene individuata esaminando le medie mobili su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora.

Il Decreto stabilisce le soglie di allarme per il biossido di zolfo, per il biossido di azoto e per l'ozono:

- SO₂: 500 µg/m³ misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 km² oppure in una intera zona o un intero agglomerato, nel caso siano meno estesi.

- NO₂: 400 µg/m³ misurati su tre ore consecutive in un sito rappresentativo della qualità dell'aria di un'area di almeno 100 km² oppure in una intera zona o un intero agglomerato, nel caso siano meno estesi.
- O₃: 180 µg/m³ come media su 1 ora per finalità di informazione; 240 µg/m³ come media su 1 ora per tre ore consecutive per finalità di allarme.

In caso di superamenti delle soglie di allarme l'informazione deve essere resa pubblica, completa di data e ora del superamento, la causa (nel caso in cui sia nota), le previsioni sui futuri livelli di inquinamento, le categorie di popolazione potenzialmente sensibili al fenomeno e le precauzioni che la popolazione sensibile deve prendere per minimizzare gli eventuali danni.

I livelli critici per la protezione della vegetazione sono pari a 20 µg/m³ e 30 µg/m³ come media sull'anno civile, rispettivamente per SO₂ e NO_x.

Relativamente agli IPA (Idrocarburi Policiclici Aromatici) e ai metalli invece, il D. Lgs. 155/2010 stabilisce i seguenti valori obiettivo per la media sull'anno civile: 1 ng/m³ per il benzo(a)pirene (usato come indicatore per gli IPA), 6 ng/m³ per l'arsenico, 5 ng/m³ per il cadmio, e 20 ng/m³ per il nichel.

Tabella 1. Valori limite fissati dal D. Lgs. 155/2010 per la protezione della salute umana.

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite
Biossido di zolfo	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per anno civile
Biossido di zolfo	24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per anno civile
Biossido di azoto	1 ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per anno civile
Biossido di azoto	Anno civile	40 µg/m ³
Benzene	Anno civile	5 µg/m ³
Monossido di carbonio	Media massima giornaliera di 8 ore ⁽¹⁾	10 mg/m ³
Piombo	Anno civile	0.5 µg/m ³
PM ₁₀	24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per anno civile
PM ₁₀	Anno civile	40 µg/m ³
PM _{2.5}	Anno civile	25 µg/m ³

⁽¹⁾ Media mobile. Ogni media è riferita al giorno in cui si conclude. L'ultima fascia di calcolo per ogni giorno è quella compresa tra le ore 16:00 e le ore 24:00.

3. Caratterizzazione della qualità dell'aria

Per la caratterizzazione della qualità dell'aria vengono considerate le due stazioni di monitoraggio di ARPA Emilia Romagna più vicine allo stabilimento: Parco Ferrari (circa 5.8 km) e Giardini (circa 6.7 km), entrambe ubicate a Modena. Le due stazioni di qualità dell'aria sono posizionate come mostrato in Figura 2; le loro coordinate UTM32 sono riportate in Tabella 2. La Tabella 2 riporta anche il tipo di stazione e il tipo di zona. Il tipo di stazione è definito come segue:

- **Traffico:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da emissioni da traffico, provenienti da strade limitrofe con intensità di traffico media alta.
- **Industriale:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento sia influenzato prevalentemente da singole fonti industriali o da zone industriali limitrofe.
- **Fondo:** stazione ubicata in posizione tale che il livello di inquinamento non sia influenzato prevalentemente da emissioni da specifiche fonti (industrie, traffico, riscaldamento residenziale, ecc.), ma dal contributo integrato di tutte le fonti poste sopravento alla stazione rispetto alle direzioni predominanti dei venti nel sito.

Il tipo di zona in cui è ubicata la stazione di monitoraggio è definito come segue:

- **Urbana:** area edificata in continuo o almeno in modo predominante.
- **Suburbana:** area largamente edificata in cui sono presenti sia zone edificate, sia zone non urbanizzate.
- **Rurale:** tutte le aree diverse da quelle urbane e suburbane. Il sito fisso si definisce rurale remoto se è localizzato ad una distanza maggiore di 50 km dalle fonti di emissione.

I dati di qualità dell'aria per gli inquinanti di interesse in questo studio (ossidi di azoto e polveri) sono stati scaricati dal Dataset Opendata di ARPA Emilia Romagna¹ ed analizzati per ottenere le statistiche di interesse, riepilogate nei paragrafi successivi.

¹ <https://www.arpae.it/it/temi-ambientali/aria/dati-qualita-aria/stazioni-fisse>



Figura 2. Posizione delle due stazioni di monitoraggio della qualità dell'aria.

Tabella 2. Coordinate UTM32T delle stazioni di qualità dell'aria.

Stazione	Easting (m)	Northing (m)	Tipo
Parco Ferrari	651158	4945907	Fondo urbano
Giardini	651070	4944284	Traffico urbano

3.1 Ossidi di azoto

L'andamento temporale delle concentrazioni medie di 1 ora di NO₂ durante l'anno 2022 nelle due stazioni considerate è mostrato in Figura 3 e in Figura 4. Il valore limite di 200 µg/m³ stabilito dal D.Lgs. 155/2010 non viene mai superato.

Le statistiche di interesse per il biossido di azoto (NO₂) sono riepilogate in Tabella 3. Tali statistiche sono state ottenute dall'elaborazione dei dati medi orari scaricati dal Dataset Opendata di ARPA

Emilia Romagna. Il valore limite della media di 1 ora di NO₂, pari a 200 µg/m³ da non superarsi per più di 18 ore in un anno, non viene mai superato. Il valore limite relativo alla media annuale di NO₂, pari a 40 µg/m³, non viene mai superato. I dati misurati dalla stazione Parco Ferrari sono mediamente minori rispetto a quelli misurati dalla stazione Giardini poiché la prima misura il fondo urbano, mentre la seconda è principalmente influenzata dal traffico veicolare urbano.

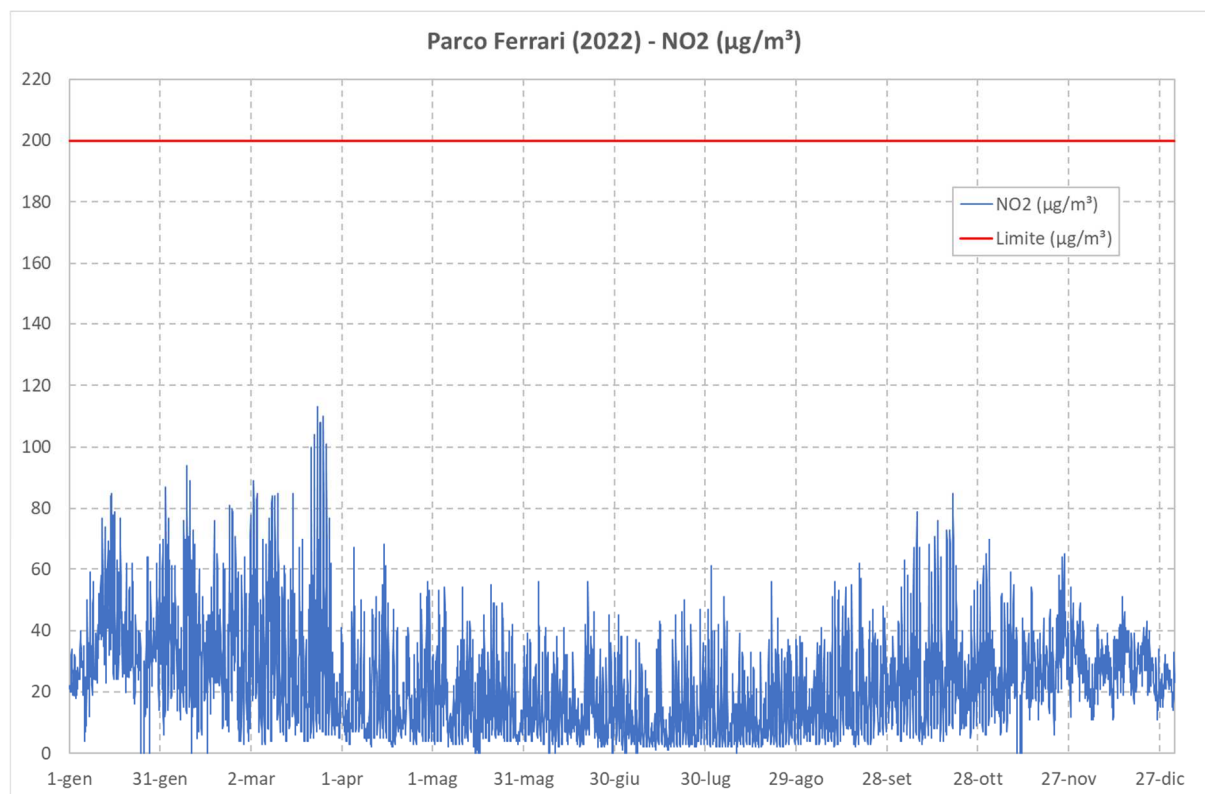


Figura 3. Parco Ferrari: andamento temporale delle medie orarie di NO₂ durante l'anno 2022.

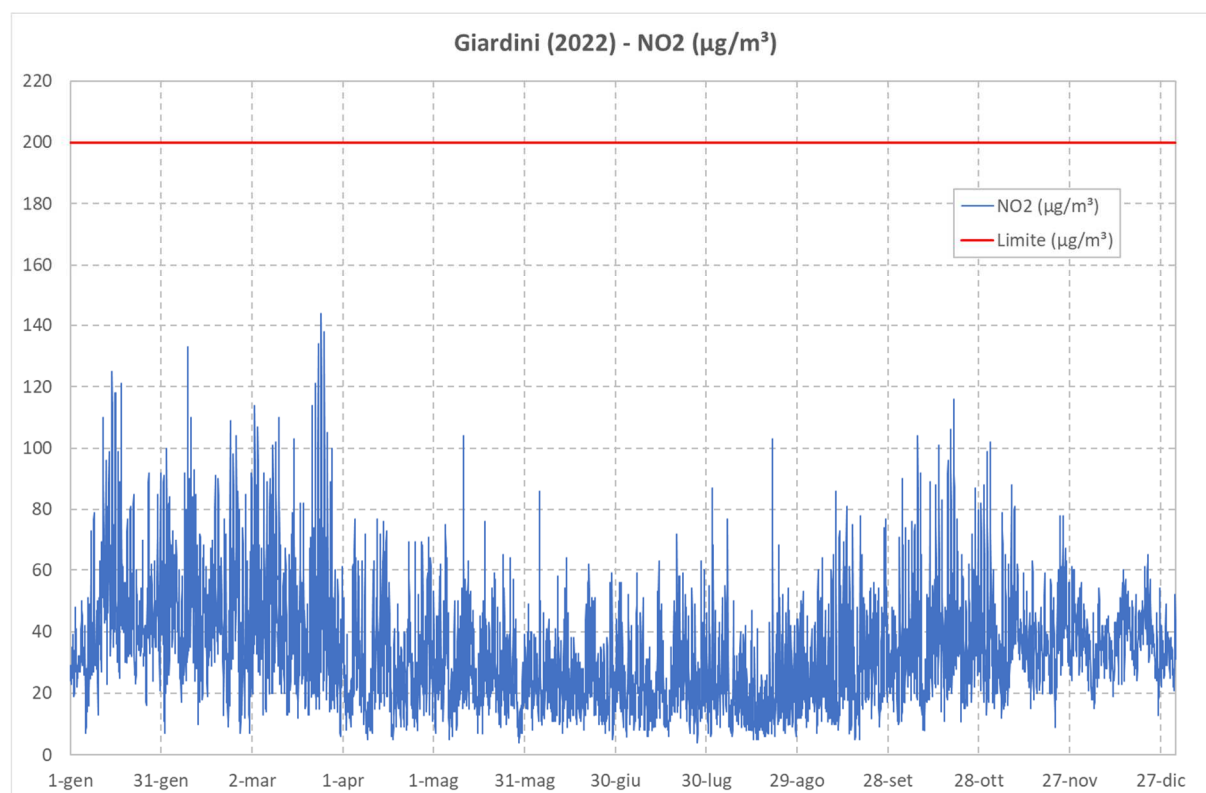


Figura 4. Giardini: andamento temporale delle medie orarie di NO2 durante l'anno 2022.

Tabella 3. Statistiche di interesse normativo per NO2.

Stazione	Parco Ferrari	Giardini
Validità (%)	99.1	99.7
Media annuale (µg/m³)	22.6	33.4
Massimo orario (µg/m³)	113	144
Superamenti di 200 µg/m³	0	0

3.2 Polveri

L'andamento temporale delle concentrazioni medie di 24 ore di PM10 durante l'anno 2022 nelle due stazioni considerate è mostrato in Figura 5 e in Figura 6. Si osserva che il limite di 50 µg/m³ stabilito dal D.Lgs. 155/2010 - che non deve essere superato più di 35 volte in un anno – viene superato 75 volte dalla stazione Giardini (traffico urbano) e 40 volte dalla stazione Parco Ferrari (fondo urbano). Le statistiche di interesse per il PM10 sono riepilogate in Tabella 4. Tali statistiche sono state ottenute dall'elaborazione dei dati medi giornalieri scaricati dal Dataset Opendata di ARPA Emilia Romagna. Il valore massimo della media di 24 ore di PM10 è pari a 102 µg/m³ nella stazione Giardini, e a 88 µg/m³ nella stazione Parco Ferrari. La media annuale di PM10 è pari a 36.2 µg/m³ nella

stazione Giardini e a $29.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ nella stazione Parco Ferrari, pertanto il valore limite di $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilito dal D.Lgs. 155/2010 viene rispettato.

Nella stazione Parco Ferrari vengono misurate anche le medie giornaliere di PM2.5. L'analisi di tali dati mostra che la media annuale di PM2.5, pari a $18.4 \mu\text{g}/\text{m}^3$, risulta minore del valore limite di $25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilito dal D.Lgs. 155/2010 (Tabella 5). Il rapporto tra i valori medi di PM2.5 e PM10 in questa stazione vale 0.62.

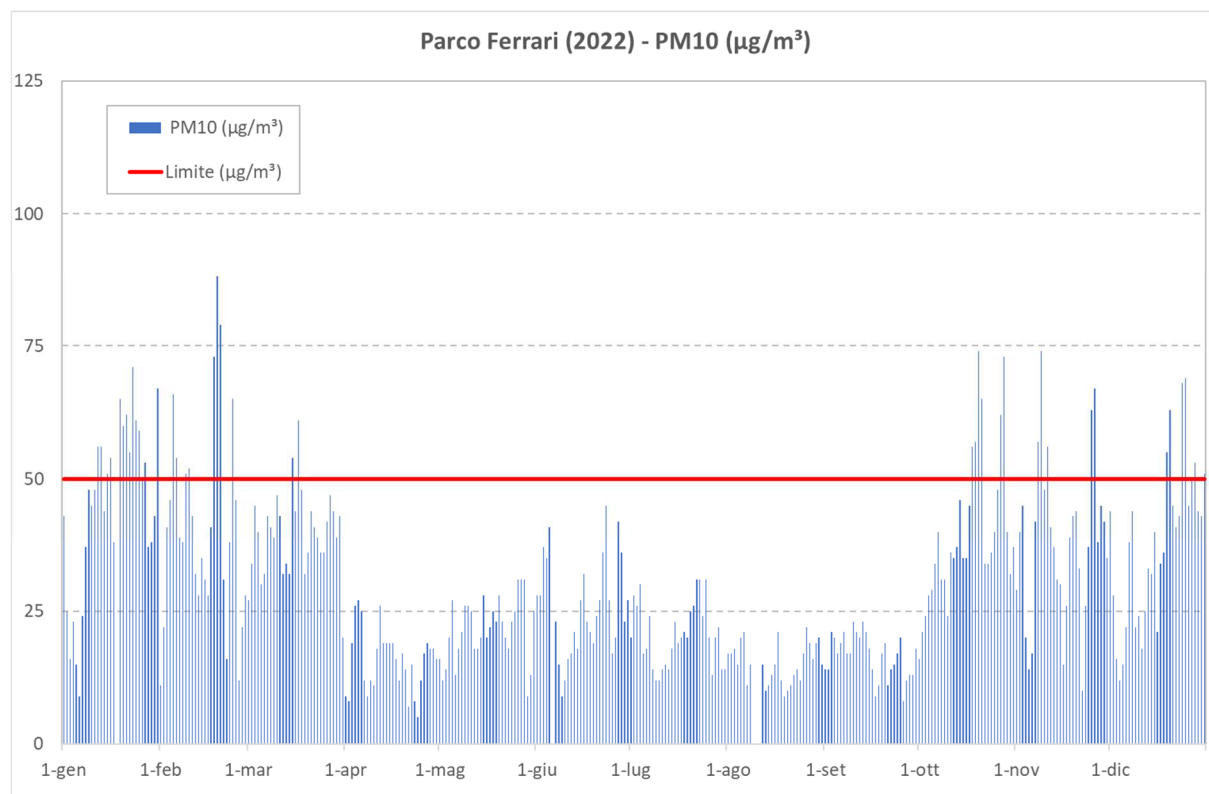


Figura 5. Parco Ferrari: andamento temporale delle medie di 24 ore di PM10 durante l'anno 2022.

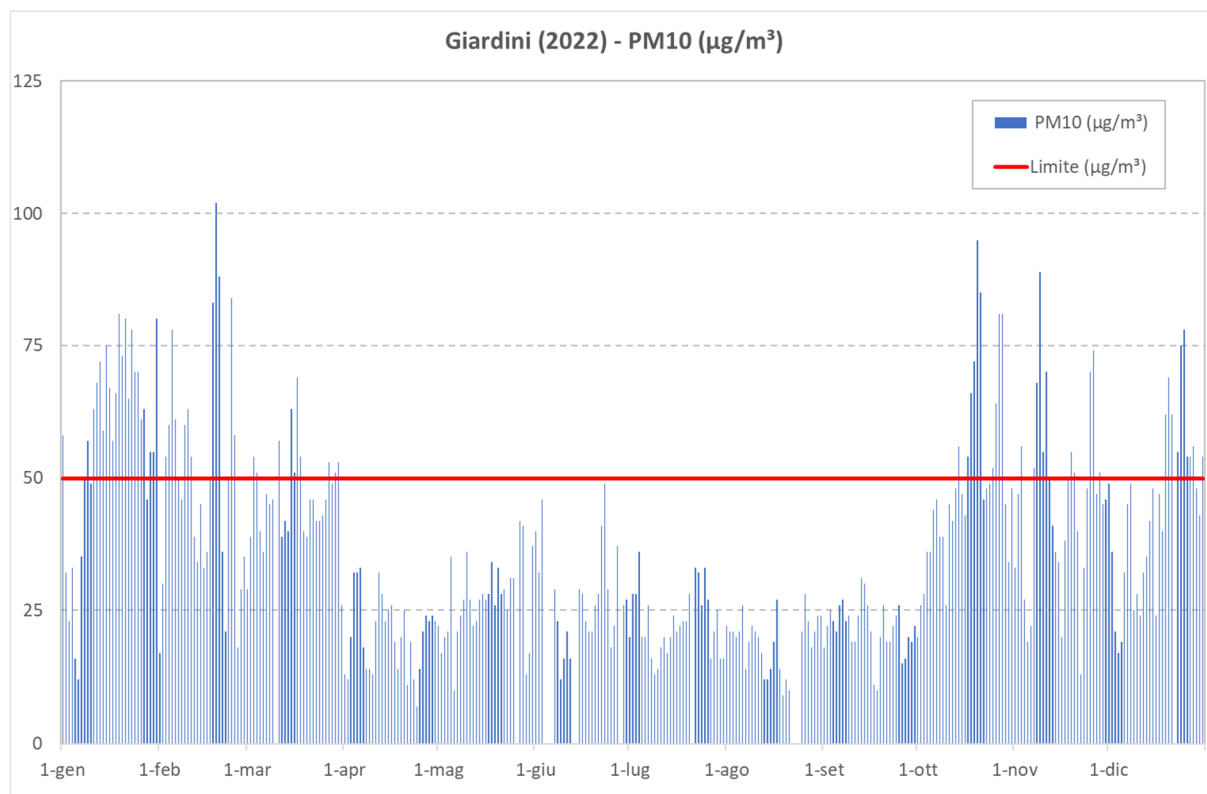


Figura 6. Giardini: andamento temporale delle medie di 24 ore di PM10 durante l'anno 2022.

Tabella 4. Statistiche di interesse normativo per PM10.

Stazione	Parco Ferrari	Giardini
Validità (%)	98.6	96.4
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	29.8	36.2
Massimo giornaliero ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	88	102
Superamenti di 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	40	75

Tabella 5. Statistiche di interesse normativo per PM2.5.

Stazione	Parco Ferrari
Validità (%)	98.1
Media annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	18.4

4. Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF

4.1 Criteri di selezione

Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF (Scire et al, 2000a; Scire et al, 2000b) è stato scelto tra gli strumenti esistenti in base alle seguenti motivazioni (sulla base ad esempio di quanto suggerito in ANPA, 2000):

- **Referenze.** È indicato dalla US-EPA (2017) come uno dei possibili modelli adatti per la simulazione del trasporto degli inquinanti su lunghe distanze (da 50 km a diverse centinaia di km) e suggerito anche per la simulazione su distanze relativamente brevi quando le condizioni di orografia complessa possono generare situazioni di stagnazione, di ricircolo dei venti e variazioni spazio-temporali delle condizioni meteorologiche.
- **Scala spaziale.** Il modello prescelto è in grado di riprodurre efficacemente i fenomeni alla scala locale e nelle immediate vicinanze della sorgente (e.g. building downwash).
- **Scala temporale.** Il modello CALPUFF è in grado di predire per uno o più anni valori medi orari di concentrazione, quindi permette di determinare i parametri di interesse per la normativa vigente (numero di superamenti, percentili, ecc.).
- **Complessità dell'area di studio.** Il modello meteorologico diagnostico CALMET permette di riprodurre gli effetti dovuti all'orografia del territorio (presenza di rilievi), alle disomogeneità superficiali (presenza di discontinuità terra-mare, città campagna, presenza grandi masse di acqua interne) e alle condizioni meteodiffusive non omogenee (regimi di brezza di monte-valle, brezze di mare, inversioni termiche, calme di vento a bassa quota).
- **Tipologia di inquinante.** Tutti gli inquinanti di origine primaria possono essere efficacemente simulati dal modello di dispersione CALPUFF. Il modello è inoltre in grado di descrivere processi di rimozione (deposizione secca e deposizione umida) specifici per ciascun inquinante.
- **Tipologia delle sorgenti.** Tutte le sorgenti di interesse nello studio sono di tipo puntuale (o puntiforme), e vengono gestite dal modello CALPUFF. Oltre al building downwash a cui si è già accennato, il modello descrive altri fenomeni tipici di questa tipologia di sorgenti, quali il plume rise, lo stack tip downwash ed altri ancora.
- **Tipologia di analisi.** Lo studio prevede l'effettuazione di un'analisi di dettaglio tenendo conto dei dati meteorologici locali su base oraria per un periodo temporale di un anno. I valori di concentrazione media oraria ottenuti saranno ulteriormente processati per ottenere i parametri di interesse normativo.

- Disponibilità dei dati di input. Il sistema CALMET/CALPUFF richiede molti più dati di input rispetto ad un modello di tipo Gaussiano. Sono necessarie ad esempio misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria, almeno un radiosondaggio ogni 12 ore, informazioni sull'orografia e sull'utilizzo del suolo. A fronte di questa maggiore richiesta di dati, tutti disponibili per lo studio in oggetto, il sistema modellistica fornisce informazioni molto più dettagliate e precise rispetto a modelli più semplici basati su una meteorologia puntuale.

Nel seguito viene fornita una breve descrizione dei modelli CALMET e CALPUFF.

4.2 CALMET

CALMET (Scire et al., 2000b) è un modello meteorologico diagnostico, cioè in grado di ricostruire il campo di vento 3D su un dominio di calcolo con orografia complessa a partire da misure al suolo, da almeno un profilo verticale e dai dati di orografia e utilizzo del suolo. Esso contiene inoltre degli algoritmi per il calcolo di parametri micrometeorologici 2D fondamentali nell'applicazione di modelli di dispersione in atmosfera, come, ad esempio, l'altezza di rimescolamento, la lunghezza di Monin-Obukhov, la velocità di frizione e la velocità convettiva. Il modulo per la ricostruzione del campo di vento utilizza un approccio costituito da due passi successivi. Nel primo passo modifica il vento iniziale (Initial Guess Field) in funzione degli effetti cinematici del terreno e dei venti di pendenza e produce un primo campo di vento. Nel secondo passo questo campo di vento viene modificato tramite una analisi oggettiva che introduce i dati misurati ed utilizza l'equazione di continuità. L'output di CALMET viene utilizzato in maniera diretta dal modello di dispersione Lagrangiano a puff CALPUFF (Scire et al, 2000a), dal modello Lagrangiano a particelle LAPMOD (Bellasio et al., 2018) e dal modello di dispersione Euleriano fotochimico CALGRID (Yamartino et al, 1989; Yamartino et al, 1992). CALMET è stato modificato allo scopo di migliorare gli algoritmi di interpolazione della temperatura e del calcolo delle componenti diretta, riflessa e diffusa della radiazione solare tenendo conto dell'ombra indotta dall'orografia (Bellasio et al, 2005). In questo studio viene comunque utilizzata la versione ufficiale di CALMET.

4.3 CALPUFF

CALPUFF (Scire et al, 2000a) è un modello di dispersione Lagrangiano a puff non stazionario. Esso simula il trasporto, la rimozione per deposizione secca ed umida, ed alcune semplici trasformazioni chimiche per diverse specie inquinanti contemporaneamente. Il campo meteorologico in input a CALPUFF può essere variabile sia nello spazio che nel tempo. Il modello CALPUFF utilizza in maniera diretta l'output prodotto dal modello meteorologico diagnostico CALMET. Oltre a un campo

meteorologico tridimensionale complesso, CALPUFF può utilizzare in input anche misure di vento provenienti da una singola centralina, tuttavia ciò non permette di usufruire pienamente delle sue capacità di trattare campi meteorologici variabili nello spazio.

CALPUFF può essere utilizzato per simulare la dispersione su diverse scale. Esso infatti contiene sia algoritmi per la descrizione di effetti importanti in prossimità della sorgente che algoritmi importanti su scale regionali. Tra i primi ci sono fenomeni come il building downwash, legato alla presenza di edifici vicino al camino, il transitional plume rise o il partial plume penetration, importanti nel caso di emissioni da camini di dimensioni paragonabili a quelle dello strato limite. Tra i secondi invece ci sono fenomeni come la deposizione secca e umida, lo shear verticale del vento che provoca il trasporto dell'inquinante con velocità e direzioni diverse in funzione della quota, o la descrizione della dispersione sul mare o vicino alle zone costiere. Le sorgenti di emissione simulate dal modello possono essere puntuali, areali, lineari o volumetriche. Il rateo e gli altri parametri di emissione (velocità di uscita dei fumi, temperatura, ecc.) possono essere costanti o variabili nel tempo. CALPUFF ha la peculiarità di utilizzare 3 tipologie di domini di calcolo:

- il dominio meteorologico è definito dalla simulazione di CALMET ed è la massima area su cui possono essere effettuate simulazioni di dispersione;
- il dominio computazionale indica il dominio all'interno del quale vengono considerate le sorgenti emissive e su cui vengono simulati i fenomeni di avvezione e dispersione degli inquinanti; esso può al massimo coincidere con il dominio meteorologico;
- il dominio di campionamento è il dominio su cui vengono forniti gli output di concentrazione; esso può al massimo coincidere con il dominio computazionale.

CALPUFF produce in output per tutte le specie simulate valori orari di concentrazione, deposizione secca e deposizione umida e, per applicazioni in cui la visibilità è un parametro di interesse, coefficienti di estinzione.

5. Ricostruzione del campo meteorologico

5.1 Dominio

Il dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET è rappresentato in Figura 7 con un quadrato viola. In figura viene inoltre mostrata la posizione dello stabilimento per mezzo di un quadrato rosso. Le coordinate UTM 32T dell'angolo di Sud Ovest del dominio di CALMET sono E = 612000 m, N = 4904000 m; la dimensione del dominio di simulazione è di 60×60 km² con una griglia di calcolo di 500 m.

Il dominio del modello meteorologico CALMET è stato scelto più grande del dominio del modello di dispersione atmosferica CALPUFF, che è comunque in grado di innestarsi all'interno di un dominio di CALMET di maggiore estensione.

La zona di studio è situata all'interno di un'area con orografia molto complessa nella zona meridionale del dominio - caratterizzata dalla presenza di diversi rilievi - ed orografia relativamente semplice nella zona settentrionale.

L'orografia media e l'utilizzo prevalente del suolo sono stati determinati per ogni cella del dominio di calcolo descritto a partire rispettivamente dai dati originali SRTM (Shuttle Radar Topography Mission) e dai dati del progetto CORINE Land Cover.

Sia i dati di orografia, sia i dati di utilizzo del suolo sono stati verificati utilizzando Google Earth. L'orografia media sulle celle di lato pari a 500 m (Figura 8) varia da circa 12 metri a circa 1830 m nell'area sudoccidentale del dominio. La mappa di utilizzo prevalente del suolo è mostrata in Figura 9. In direzione verticale sono state utilizzate 12 griglie di calcolo per un'altezza totale di 4000 m. La simulazione è stata effettuata per l'intero anno 2022.

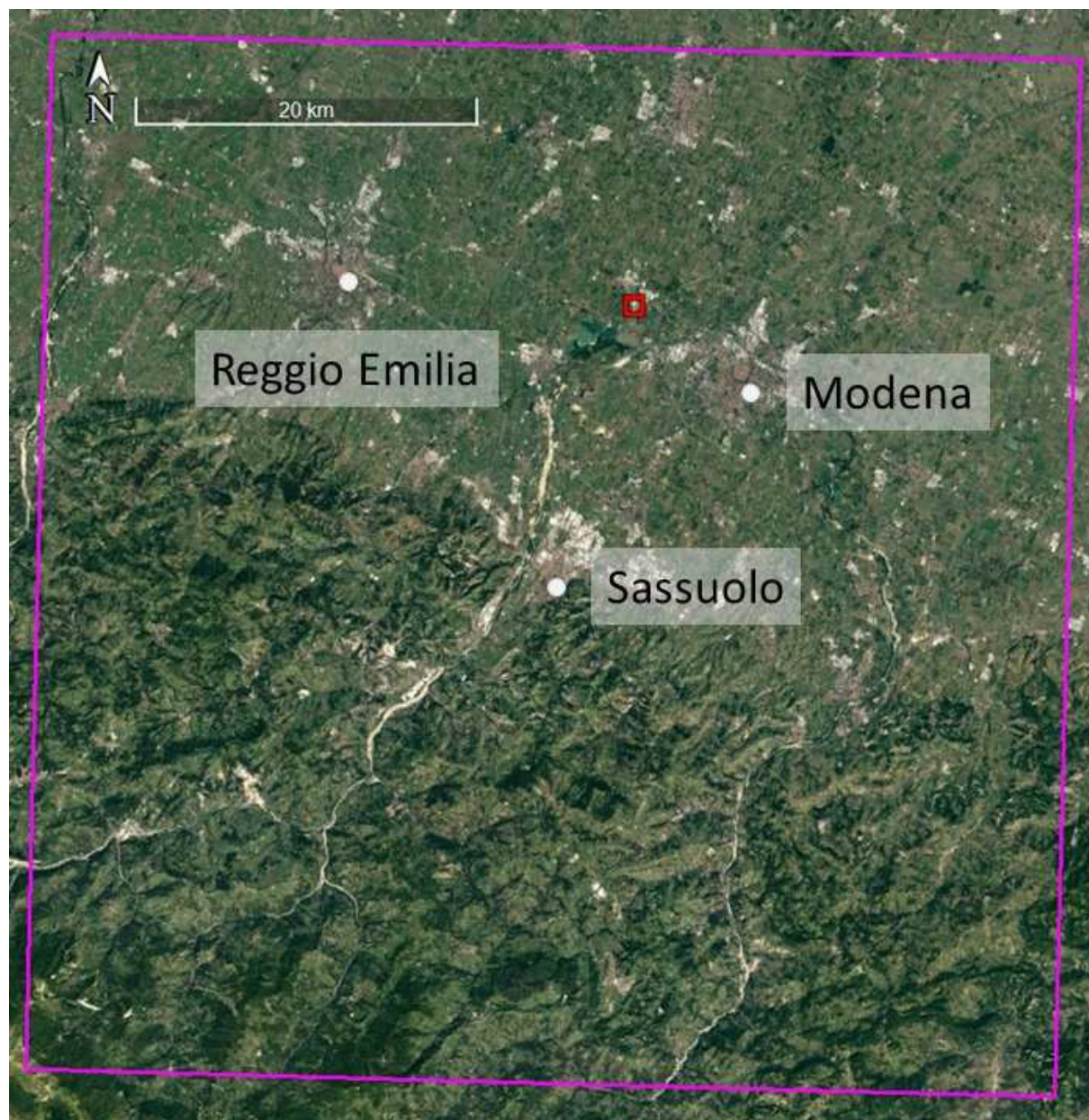


Figura 7. Dominio di simulazione del modello CALMET.

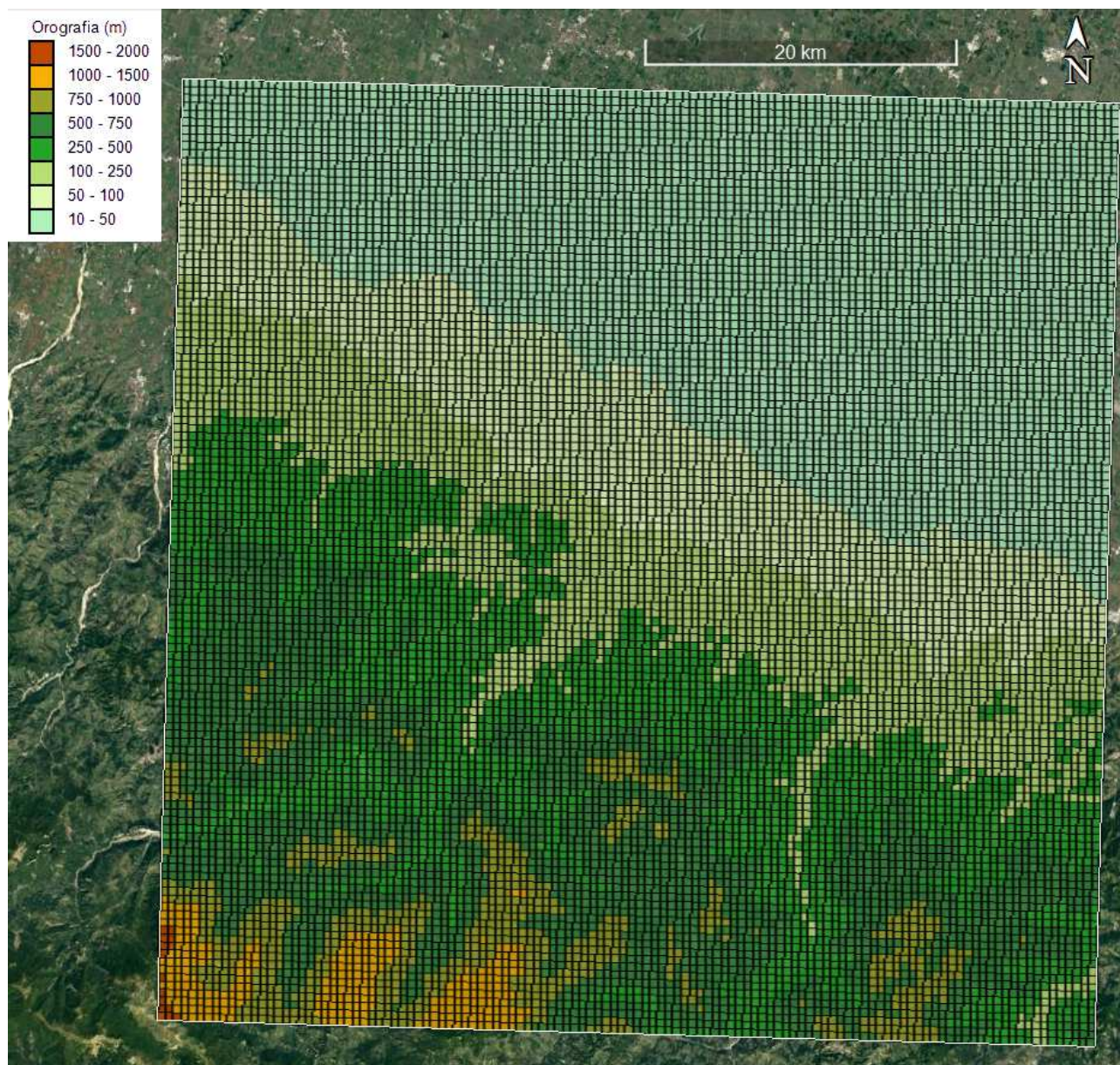


Figura 8. Orografia sul dominio discretizzato con celle di 500 m.

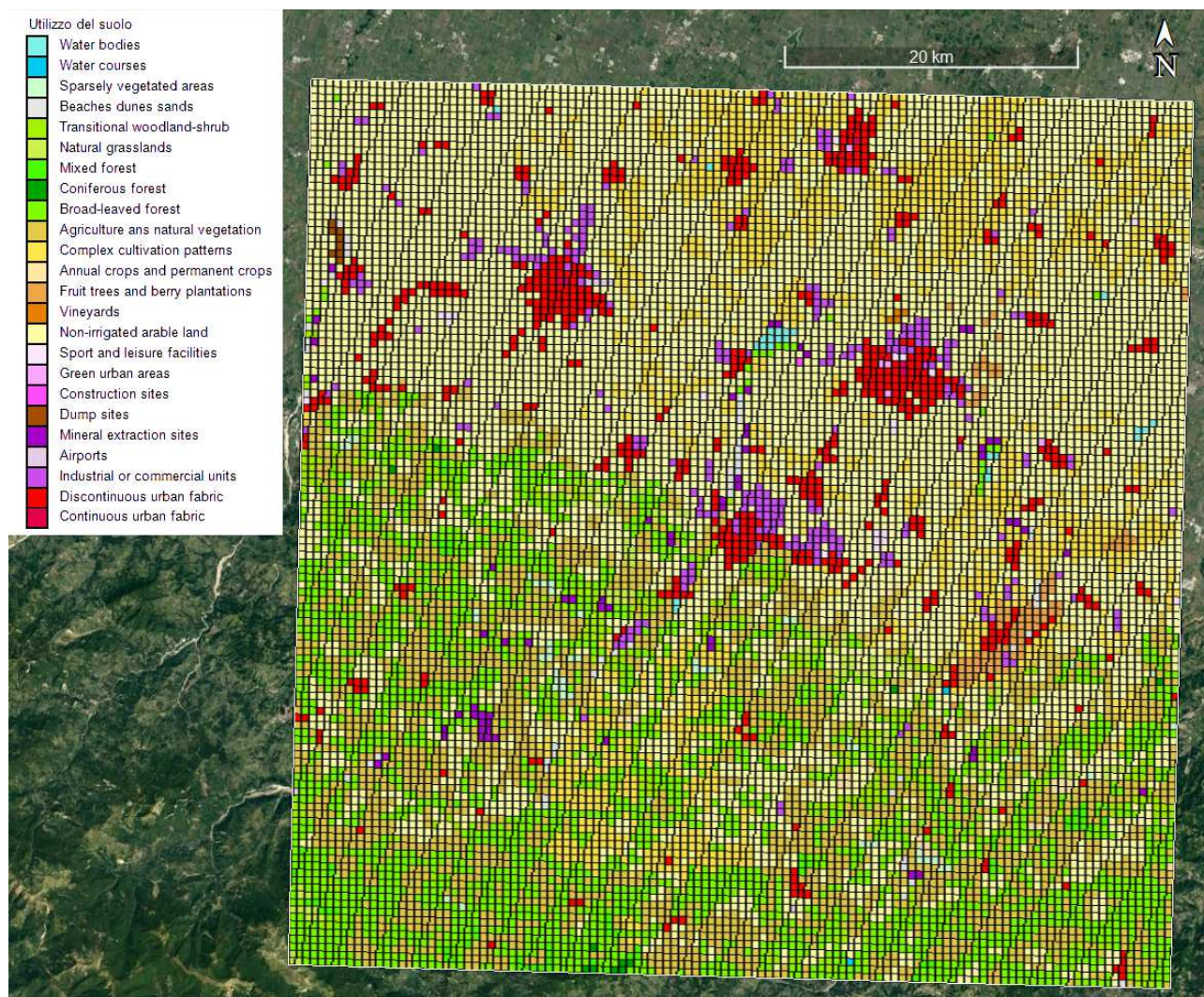


Figura 9. Utilizzo del suolo sul dominio discretizzato con celle di 500 m.

5.2 Dati meteorologici in input

Il modello CALMET può essere utilizzato a partire dai soli dati di un modello meteorologico a mesoscala, oppure dalle misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria e da almeno un profilo verticale con risoluzione temporale non superiore alle 12 ore, o in maniera ibrida utilizzando entrambe le informazioni.

I dati meteorologici necessari a CALMET in superficie 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.

In questo studio CALMET è stato alimentato dai soli dati di output del modello a mesoscala WRF (Weather Research and Forecasting)² relativi all'intero anno 2022. La simulazione di WRF è stata effettuata su tre domini innestati (Figura 10), 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). 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 ore³. 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 come *initial guess field*.

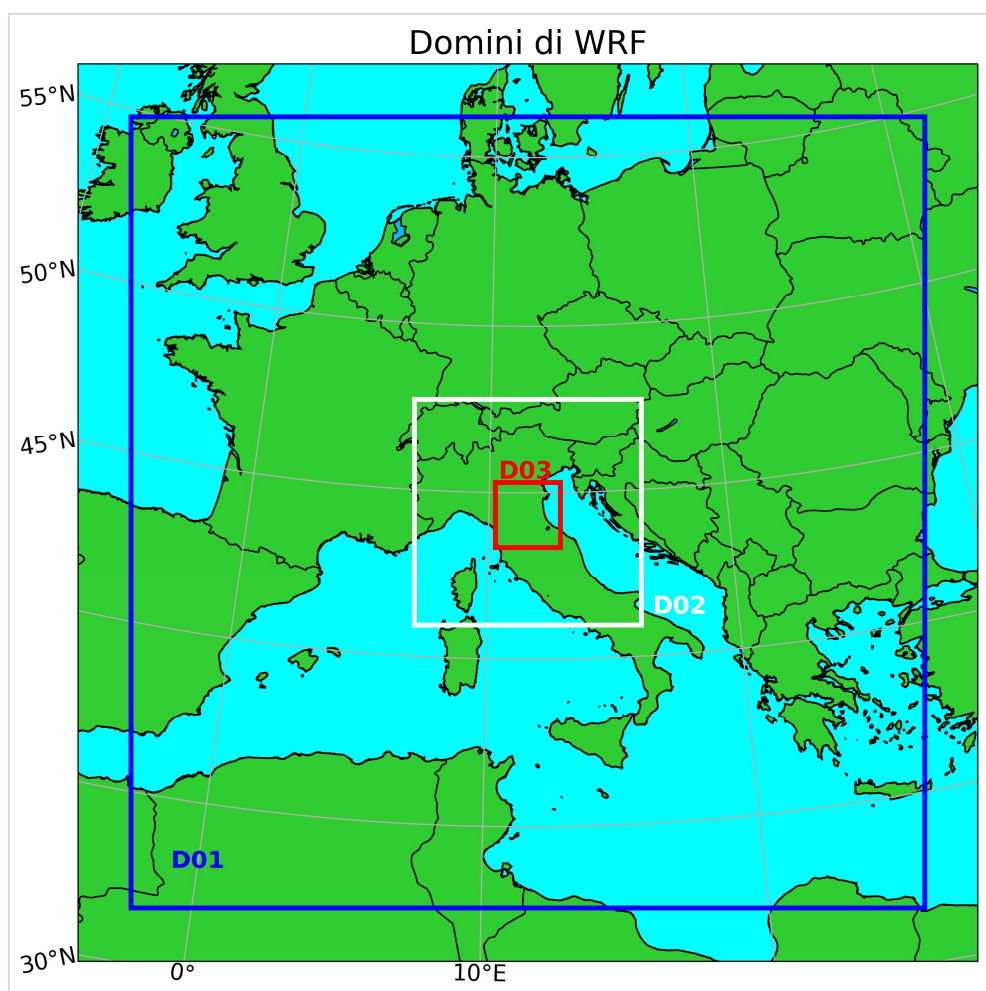


Figura 10. Domini di simulazione del modello meteorologico WRF.

² <https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model>

³ <https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2>

5.3 Output del modello CALMET

I dati di output di CALMET alla quota di 10 m sopra il suolo sono stati estratti dalla cella contenente lo stabilimento ed utilizzati per effettuare le analisi descritte di seguito.

5.3.1 Rosa del vento

La rosa dei venti ottenuta dai dati di CALMET sopra lo stabilimento è mostrata in Figura 11. La direzione prevalente è WNW, ma anche i venti provenienti da est sono frequenti. Le calme, cioè le ore caratterizzate da velocità minore di 0.5 m/s, costituiscono il 4.5% dei dati. Le rose del vento mensili sono mostrate in Figura 12 mentre le rose del vento orarie sono mostrate in Figura 13 e Figura 14. Le rose del vento orarie mostrano che i venti più intensi e da SW caratterizzano le ore notturne, mentre nelle ore diurne i venti sono più deboli e la direzione è variabile.

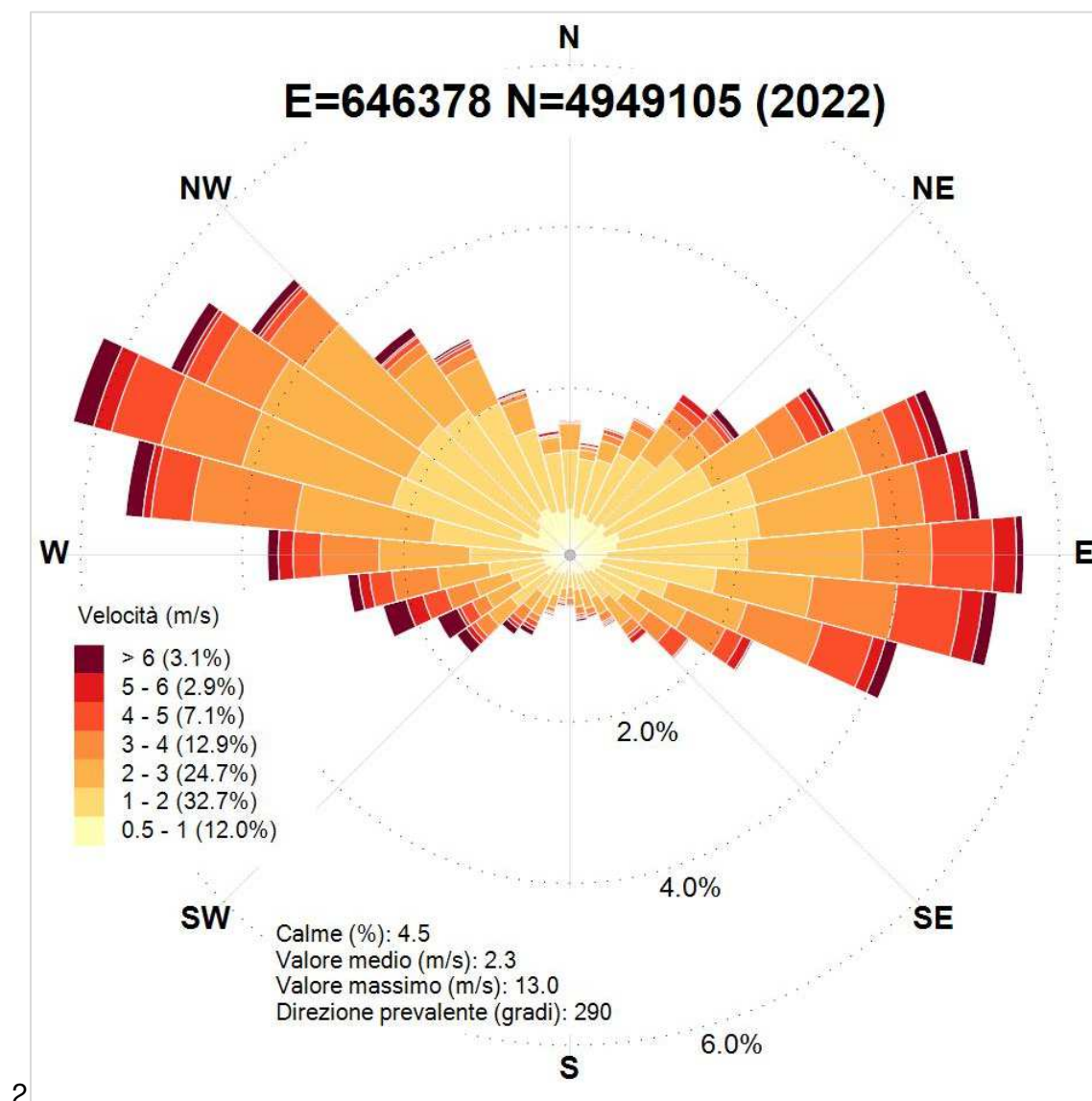


Figura 11. Rosa dei venti 2022 ottenuta dai dati di CALMET da un punto sopra lo stabilimento.

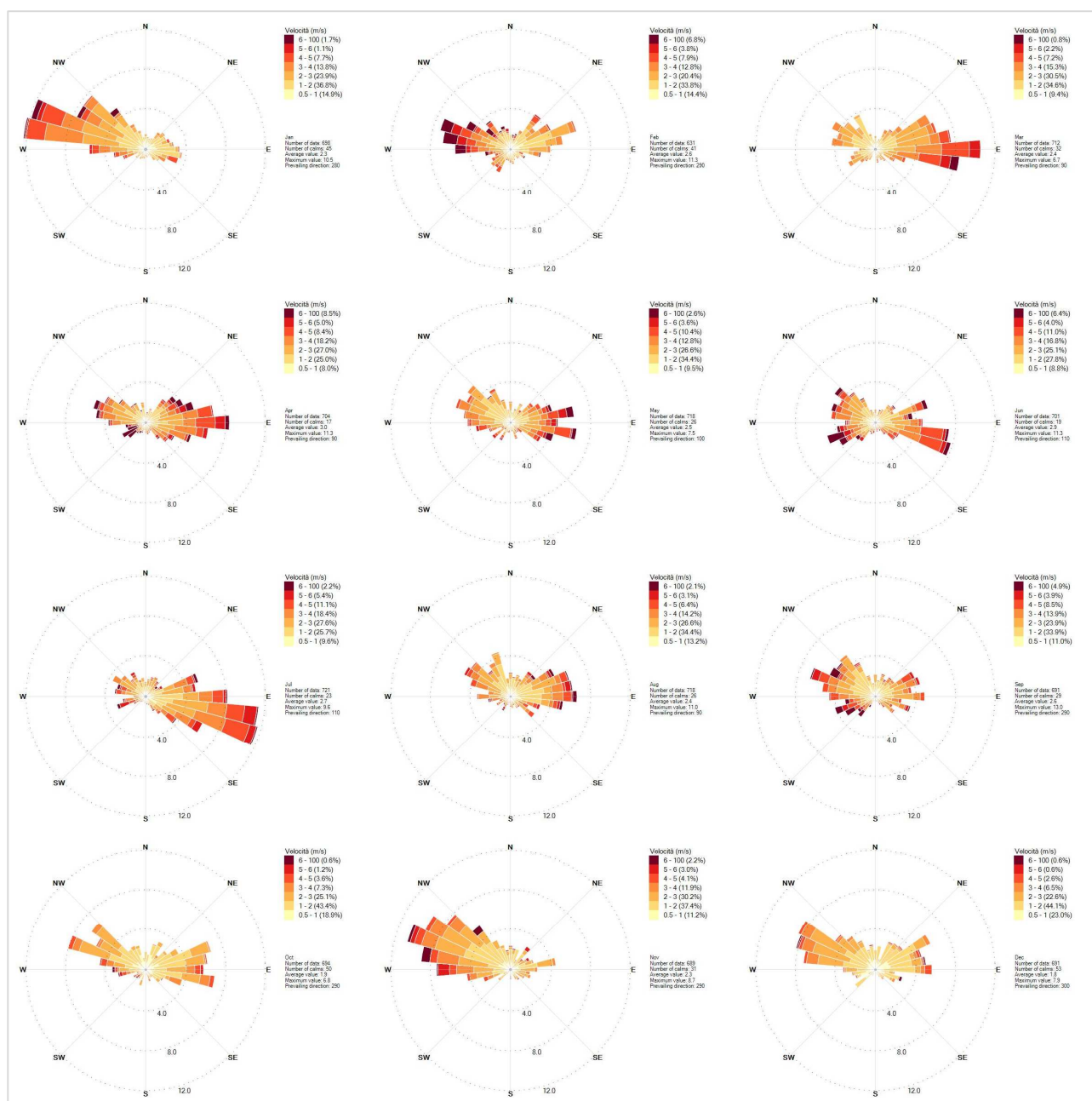


Figura 12. Rose dei venti mensili 2022 per un punto sopra lo stabilimento.

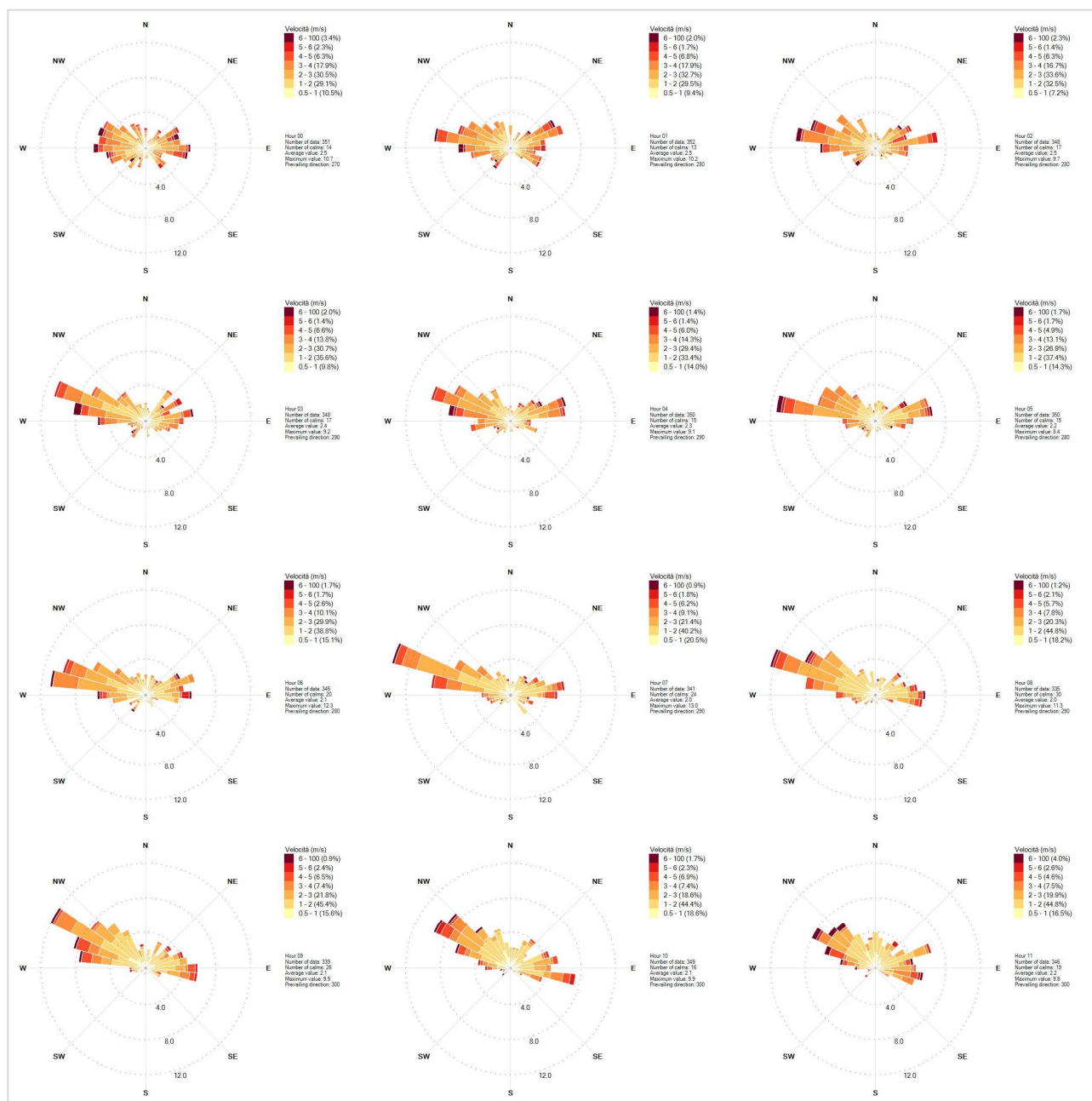


Figura 13. Rose dei venti orarie 2022 (00-11) per un punto sopra lo stabilimento.

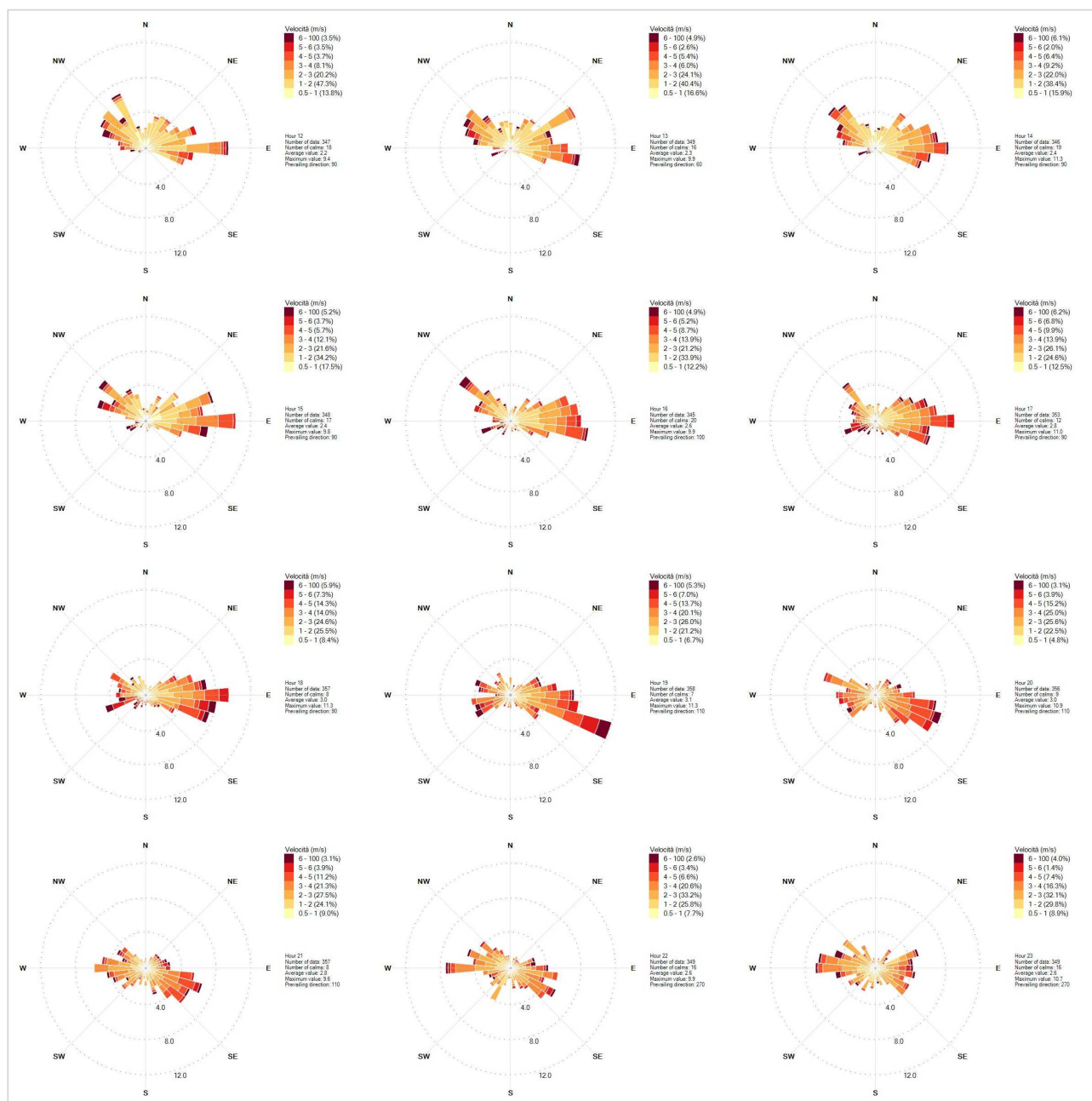


Figura 14. Rose dei venti orarie 2022 (12-23) per un punto sopra lo stabilimento.

5.3.2 Precipitazione

La precipitazione mensile per l'anno 2022 ottenuta dai dati estratti da CALMET sullo stabilimento è mostrata in Figura 15. Il valore massimo è in dicembre con 90 mm (ma anche settembre e novembre registrano rispettivamente 88 mm e 85 mm), mentre il valore minimo è in luglio con poco più di 2 mm. La precipitazione totale annuale è pari a 436 mm. I valori riportati in questo paragrafo sono in

accordo con quelli riportati da ARPA Emilia Romagna⁴ per la macroarea F (Pianura emiliana centrale: MO, RE, PR, BO).

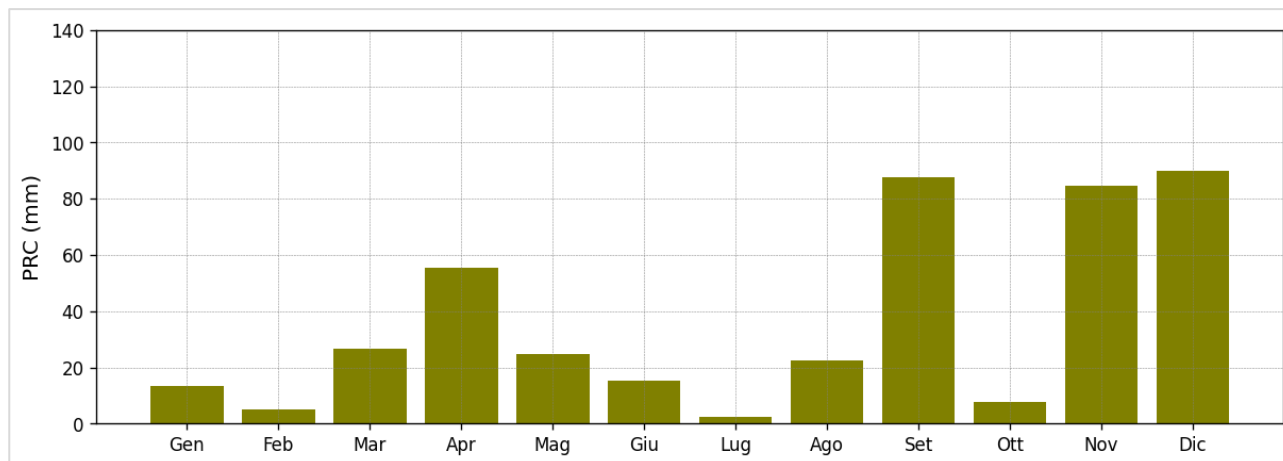


Figura 15. Precipitazione mensile 2022 per un punto sopra lo stabilimento.

5.3.3 Temperatura

La distribuzione mensile delle temperature ottenuta dai dati estratti da CALMET sullo stabilimento è mostrata in Figura 16 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 sullo stabilimento è pari a 15.9 °C. I valori minimo e massimo annuali sono -5.0 °C e 39.2 °C.

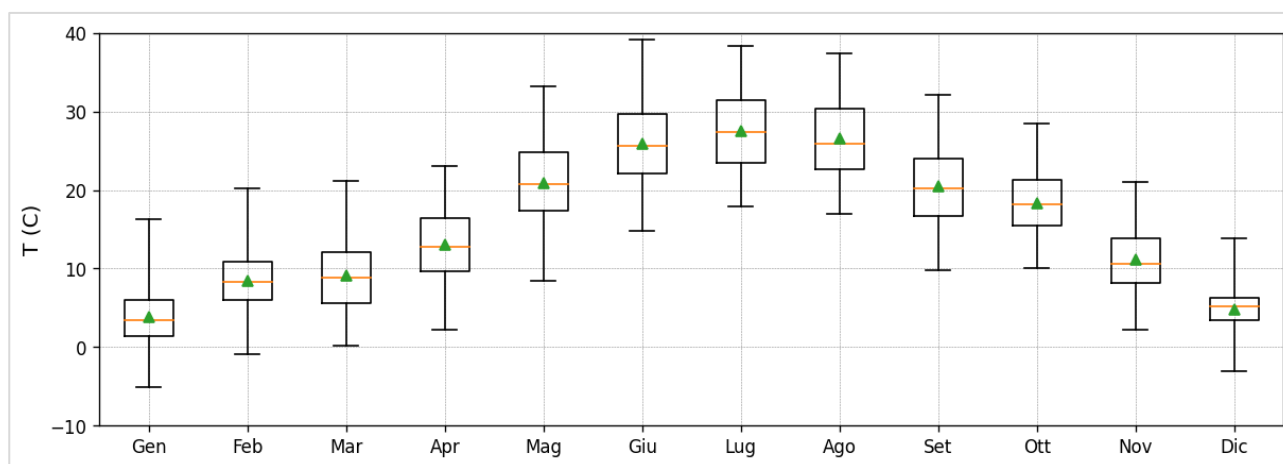


Figura 16. Distribuzione mensile delle temperature 2022 per un punto sopra lo stabilimento.

⁴ Bollettino Mensile a cura della Struttura Idro-Meteo-Clima. Anno III, n. 12, Dicembre 2022 (https://www.arpae.it/temi-ambientali/meteo/report-meteo/bollettini-mensili/bm_202212.pdf/view).

Elaborando i dati di precipitazione e di temperatura estratti da CALMET è stato costruito il diagramma di Peguy (Figura 17). In tale diagramma vengono mostrate in verde, per ogni mese, la temperatura media e la precipitazione totale, mentre in blu vengono suddivisi i mesi in funzione delle caratteristiche climatiche. All'interno dell'area triangolare blu si trovano i mesi temperati, a sinistra i mesi freddi e temperati, a destra quelli caldi e umidi, e in basso i mesi aridi. Anche la Figura 17 mostra la scarsità delle precipitazioni, classificando sei mesi aridi o al limite tra temperati e aridi.

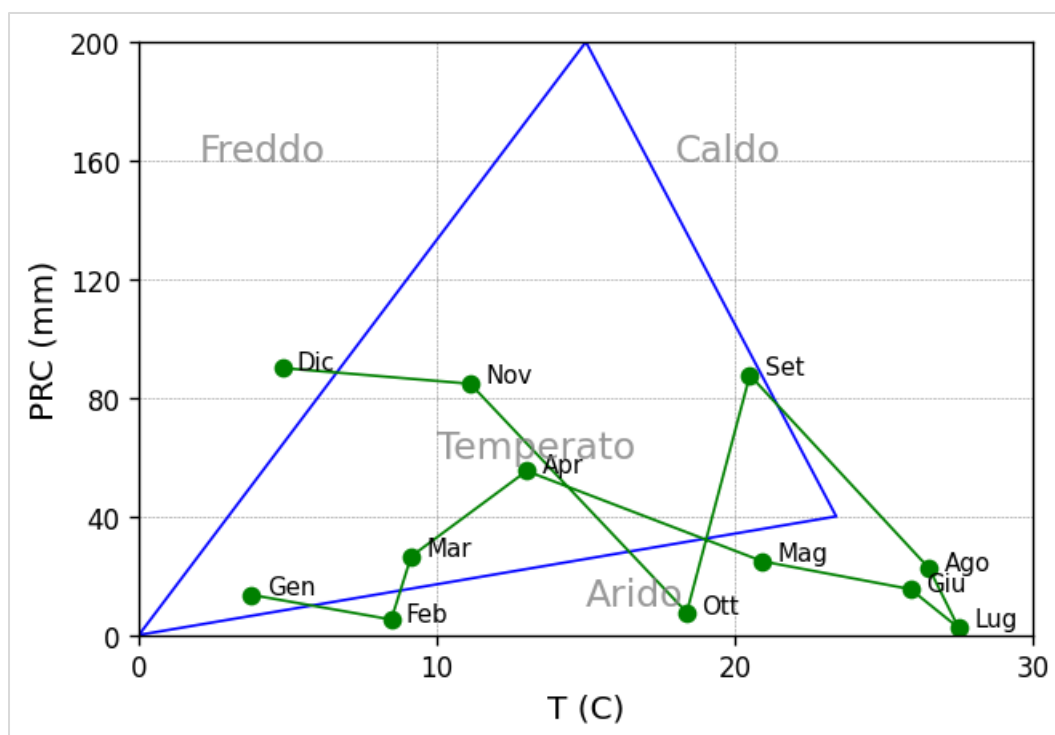


Figura 17. Diagramma di Peguy 2022 per un punto sopra lo stabilimento.

5.3.4 Altezza di rimescolamento

La distribuzione mensile dell'altezza di rimescolamento ottenuta dai dati estratti da CALMET sullo stabilimento è mostrata in Figura 18 per mezzo di un grafico "box and whiskers", il cui significato è stato spiegato per la temperatura. 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 19. I valori minimi si hanno durante la notte, caratterizzata da stabilità atmosferica, mentre di giorno i valori aumentano all'aumentare della radiazione solare.

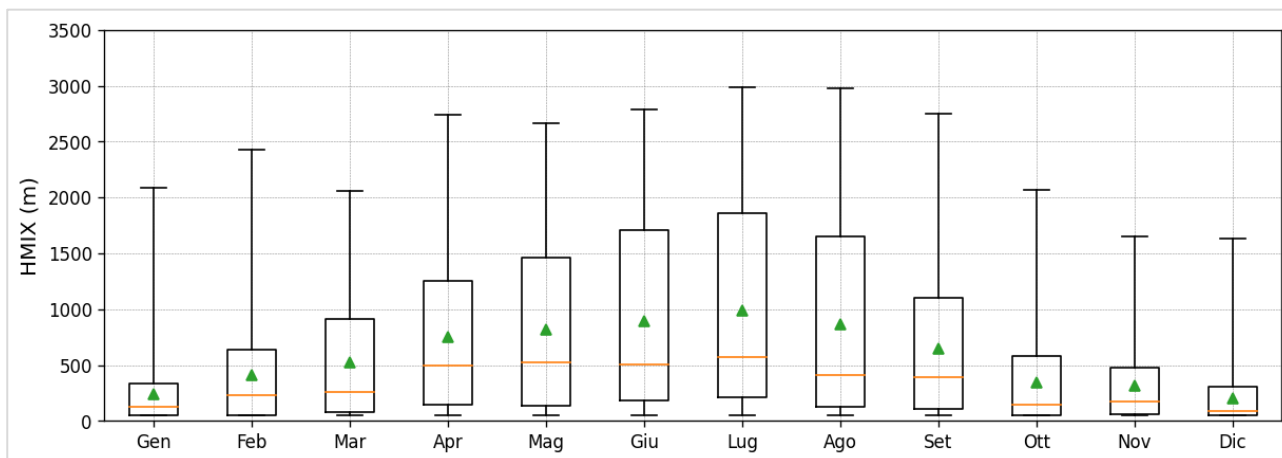


Figura 18. Distribuzione mensile dell'altezza di rimescolamento 2022 per un punto sopra lo stabilimento.

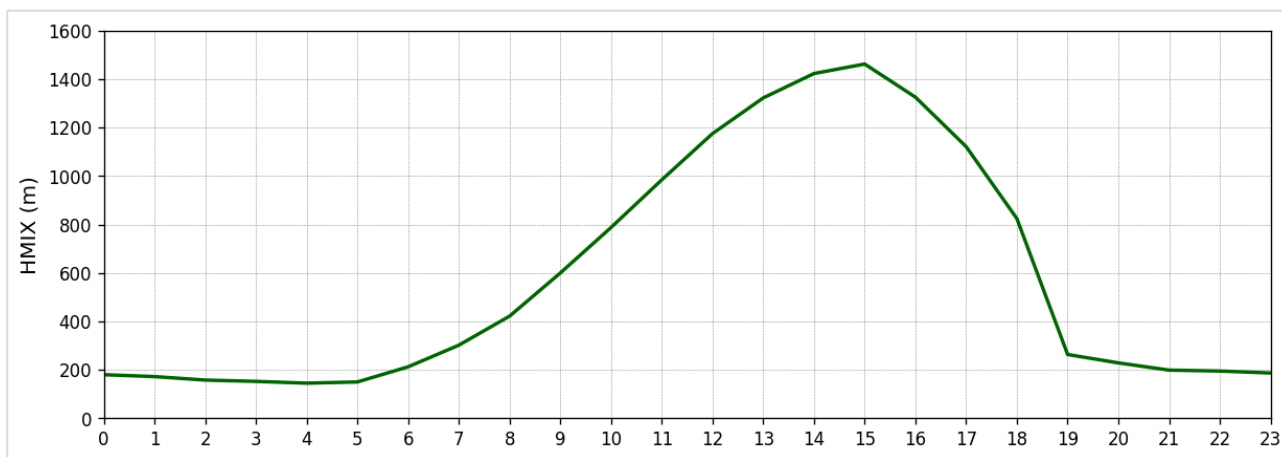


Figura 19. Giorno tipo dell'altezza di rimescolamento 2022 per un punto sopra lo stabilimento.

5.3.5 Classi di stabilità di Pasquill Gifford

La distribuzione percentuale delle classi di stabilità atmosferica di Pasquill Gifford è mostrata in Figura 20. La classe più probabile è la F (oltre il 37% delle ore dell'anno), corrispondente a condizioni estremamente stabili in cui sia la turbolenza atmosferica di origine meccanica sia quella di origine convettiva sono limitate. Al contrario, la classe A corrispondente a condizioni estremamente instabili è presente per meno del 4% delle ore dell'anno.

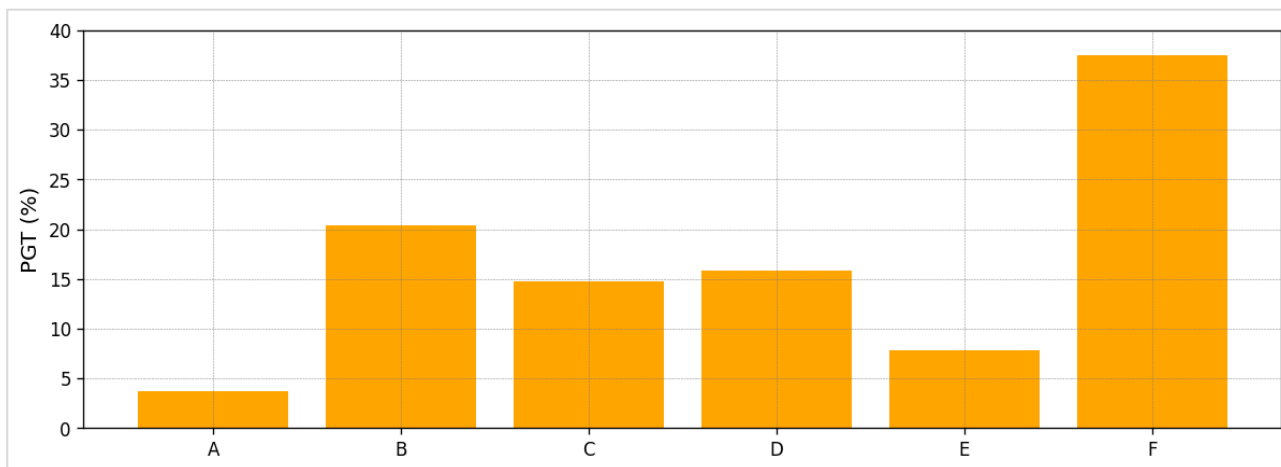


Figura 20. Distribuzione percentuale delle classi di stabilità atmosferica 2022 per un punto sopra lo stabilimento.

6. Scenari emissivi

Come descritto nel paragrafo introduttivo, vengono considerati due scenari emissivi denominati Ante Operam (situazione attuale) e Post Operam (situazione futura a valle della realizzazione del progetto). Gli inquinanti valutati in entrambi gli scenari sono polveri (PM10) e ossidi di azoto (NOX).

6.1 Scenario Ante Operam

Le sorgenti attive nello scenario di simulazione Ante Operam sono mostrate in rosso in Figura 21. La figura mostra anche alcuni degli edifici che sono stati utilizzati per simulare l'effetto building downwash.

Le caratteristiche geometriche dei camini, descritti nel modello di simulazione per mezzo di sorgenti puntiformi, sono riepilogate in Tabella 6. E e N indicano le coordinate UTM nella zona 32T, H è l'altezza del camino e D il suo diametro. L'ultima colonna della Tabella 6 indica il tipo di sbocco del camino.

La Tabella 7 riepiloga portate volumetriche e concentrazioni nei fumi delle sorgenti.

La Tabella 8 riporta temperatura, velocità di uscita e ratei emissivi. Per i camini dotati di cappello parapioggia o con uscita orizzontale la velocità di uscita dei fumi non viene riportata poiché essi verranno simulati con FMFAC=0 in CALPUFF⁵, in modo da annullare la componente meccanica del plume rise⁶. Per la temperatura di uscita dei fumi, indicata come "Ambiente", è stata considerata la media dei valori estratti da CALMET sopra l'impianto, pari a 15.85 °C.

Per quanto riguarda la modulazione temporale delle emissioni, lo stabilimento chiude una settimana in gennaio e tre settimane in agosto. Pertanto, nella prima settimana di gennaio e nelle ultime tre di agosto sono state annullate le emissioni. Per il resto dell'anno tutte le sorgenti ad eccezione di E28 e E29 emettono in continuo dal lunedì mattina al sabato mattina. Le sorgenti E28 ed E29 emettono invece per un'ora al giorno durante le ore lavorative.

Le emissioni annuali di polveri e ossidi di azoto ottenute con i valori di concentrazione nei fumi e portata volumetrica riportate in Tabella 7, e con le modulazioni temporali descritte sopra, sono riepilogate in Tabella 9.

⁵ Si veda ad esempio pagina 88 di "British Columbia air quality dispersion modelling guideline" (https://www2.gov.bc.ca/assets/gov/environment/air-land-water/air/reports-pub/bc_dispersion_modelling_guideline_2021.pdf)

⁶ Quando FMFAC=0 in CALPUFF viene annullato il flusso di momento verticale (FLUXM), mentre il flusso di galleggiamento dovuto alla temperatura (FLUXB) viene normalmente calcolato. Quindi il plume rise non è completamente annullato, ma è dovuto alla sola temperatura dei fumi, non alla spinta meccanica.

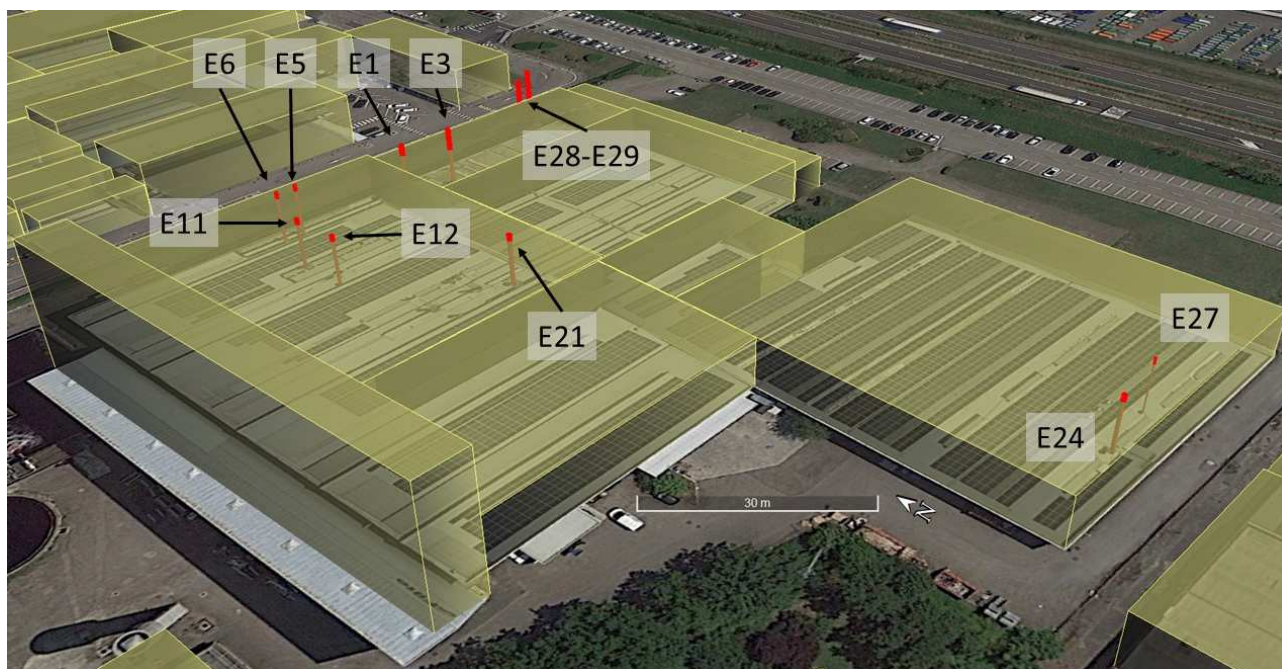


Figura 21. Posizioni delle sorgenti. Scenario Ante Operam.

Tabella 6. Caratteristiche geometriche delle sorgenti. Scenario Ante Operam.

Sorgente	E (m)	N (m)	H (m)	D (m)	Sbocco
E1	646399	4949165	9.0	0.800	Parapioggia
E3	646406	4949160	11.0	0.750	Verticale
E5	646376	4949167	9.0	0.500	Parapioggia
E6	646372	4949168	9.0	0.500	Parapioggia
E11	646368	4949157	9.0	0.600	Verticale
E12	646367	4949148	9.0	0.600	Orizzontale
E21	646383	4949124	9.0	0.750	Verticale
E24	646392	4949029	9.0	0.600	Verticale
E27	646403	4949029	9.0	0.231	Orizzontale
E28	646433	4949166	10.6	0.830	Parapioggia
E29	646436	4949166	12.0	0.830	Parapioggia

Tabella 7. Portata e concentrazione nei fumi delle sorgenti. Scenario Ante Operam.

Sorgente	Q (Nm ³ /h)	PM10 (mg/Nm ³)	NOX (mg/Nm ³)
E1	5500	5.0	350.0
E3	5800	5.0	350.0
E5	14600	5.0	-
E6	10700	5.0	-
E11	18000	10.0	-
E12	16500	10.0	-
E21	19000	10.0	-
E24	12300	10.0	-
E27	1700	10.0	-
E28	50	20.0	-
E29	50	20.0	-

Tabella 8. Caratteristiche emissive delle sorgenti. Scenario Ante Operam.

Sorgente	T (°C)	V (m/s)	PM10 (g/s)	NOX (g/s)
E1	153.0	-	7.639E-03	5.347E-01
E3	145.0	5.6	8.056E-03	5.639E-01
E5	29.3	-	2.028E-02	-
E6	30.8	-	1.486E-02	-
E11	113.5	25.0	5.000E-02	-
E12	128.5	-	4.583E-02	-
E21	41.4	13.8	5.278E-02	-
E24	88.0	16.0	3.417E-02	-
E27	48.0	-	4.722E-03	-
E28	Ambiente	-	2.778E-04	-
E29	Ambiente	-	2.778E-04	-

Tabella 9. Emissioni totali annuali. Scenario Ante Operam.

Sorgente	PM10 (kg/anno)	NOX (kg/anno)
E1	158	11090
E3	167	11690
E5	421	-
E6	308	-
E11	1037	-
E12	950	-
E21	1094	-
E24	709	-
E27	98	-
E28	0.24	
E29	0.24	
Totale	4942	22780

6.2 Scenario Post Operam

Nello scenario Post Operam rimangono tutte le sorgenti dello scenario Ante Operam, a cui vengono aggiunte tre nuove sorgenti, mostrate in blu in Figura 22. La figura mostra anche alcuni degli edifici che sono stati utilizzati per simulare l'effetto building downwash.

Le caratteristiche geometriche dei tre nuovi camini, descritti nel modello di simulazione per mezzo di sorgenti puntiformi, sono riepilogate in Tabella 10. E e N indicano le coordinate UTM nella zona 32T, H è l'altezza del camino e D il suo diametro. L'ultima colonna della Tabella 10 indica il tipo di sbocco del camino.

La Tabella 11 riepiloga portate volumetriche e concentrazioni nei fumi delle nuove sorgenti. La Tabella 12 riporta temperatura, velocità di uscita e ratei emissivi. Poiché i tre nuovi camini hanno sbocco orizzontale, la velocità di uscita dei fumi non viene riportata. Essi verranno simulati con FMFAC=0 in CALPUFF⁵, in modo da annullare la componente meccanica del plume rise⁶.

La modulazione temporale delle emissioni dei nuovi camini è la stessa descritta per i camini dello scenario Ante Operam.

Le emissioni annuali di polveri e ossidi di azoto per ogni sorgente sono riepilogate in Tabella 13 (nella prima riga viene riportato il totale delle emissioni Ante Operam).

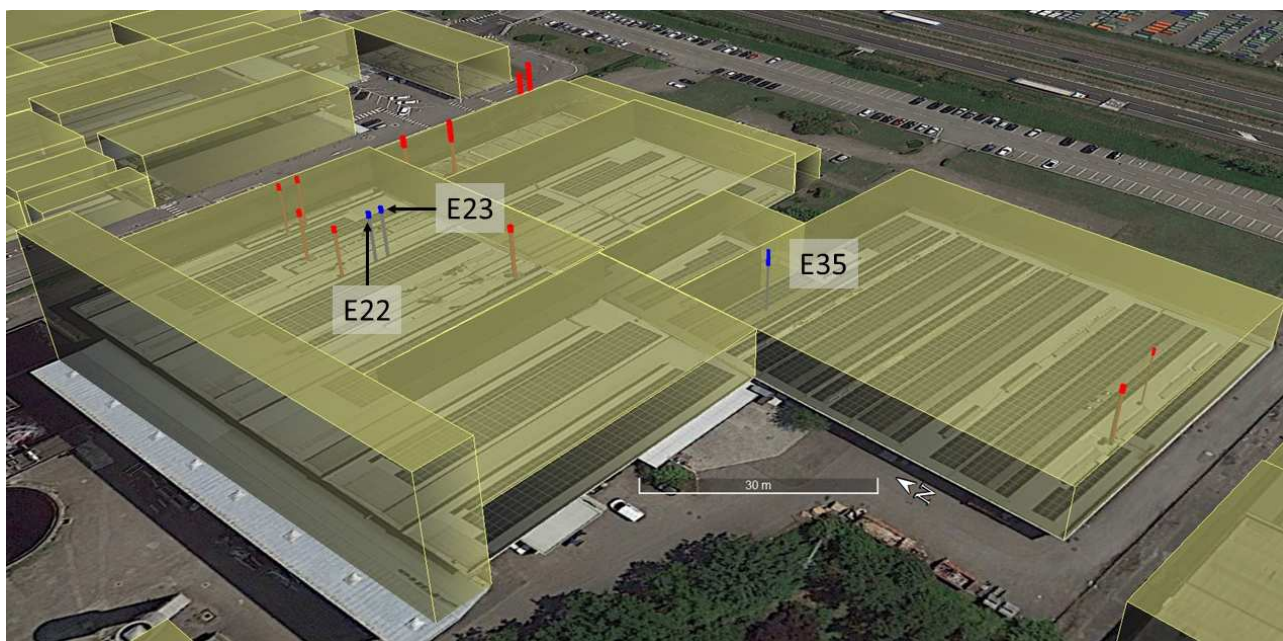


Figura 22. Posizioni delle sorgenti. Scenario Post Operam.

Tabella 10. Caratteristiche geometriche delle sorgenti. Scenario Post Operam.

Sorgente	E (m)	N (m)	H (m)	D (m)	Sbocco
E22	646374	4949147	9.0	0.600	Orizzontale
E23	646376	4949147	9.0	0.600	Orizzontale
E35	646396	4949085	10.5	0.400	Orizzontale

Tabella 11. Portata e concentrazione nei fumi delle sorgenti. Scenario Post Operam.

Sorgente	Q (Nm ³ /h)	PM10 (mg/Nm ³)	NOX (mg/Nm ³)
E22	14520	10	-
E23	13290	10	-
E35	7670	5	-

Tabella 12. Caratteristiche emissive delle sorgenti. Scenario Post Operam.

Sorgente	T (°C)	V (m/s)	PM10 (g/s)	NOX (g/s)
E22	104	-	4.033E-02	-
E23	108	-	3.692E-02	-
E35	60	-	1.065E-02	-

Tabella 13. Emissioni totali annuali. Scenario Post Operam.

Sorgente	PM10 (kg/anno)	NOX (kg/anno)
Ante Operam	4942	22780
E22	836	-
E23	766	-
E35	221	-
Totale	6765	22780

6.3 Building downwash

Le sorgenti puntiformi come quelle considerate nello studio potrebbero risentire dell'effetto building downwash, le loro emissioni potrebbero cioè essere intrappolate nella scia degli edifici – o più in generale delle strutture opache al vento - e dare luogo ad elevati valori di concentrazione a brevi distanze sottovento ad essi. Allo scopo di simulare tale effetto, le strutture opache al vento presenti nell'impianto o vicino ad esso sono state ricostruite tridimensionalmente in Google Earth (come mostrato parzialmente nelle precedenti Figura 21 e Figura 22), quindi i loro parametri sono stati utilizzati in input al processore BPIP (Building Profile Input Program). L'output di BPIP è stato utilizzato in CALPUFF per descrivere gli edifici. Tutti gli edifici considerati per il building downwash sono mostrati in Figura 23.

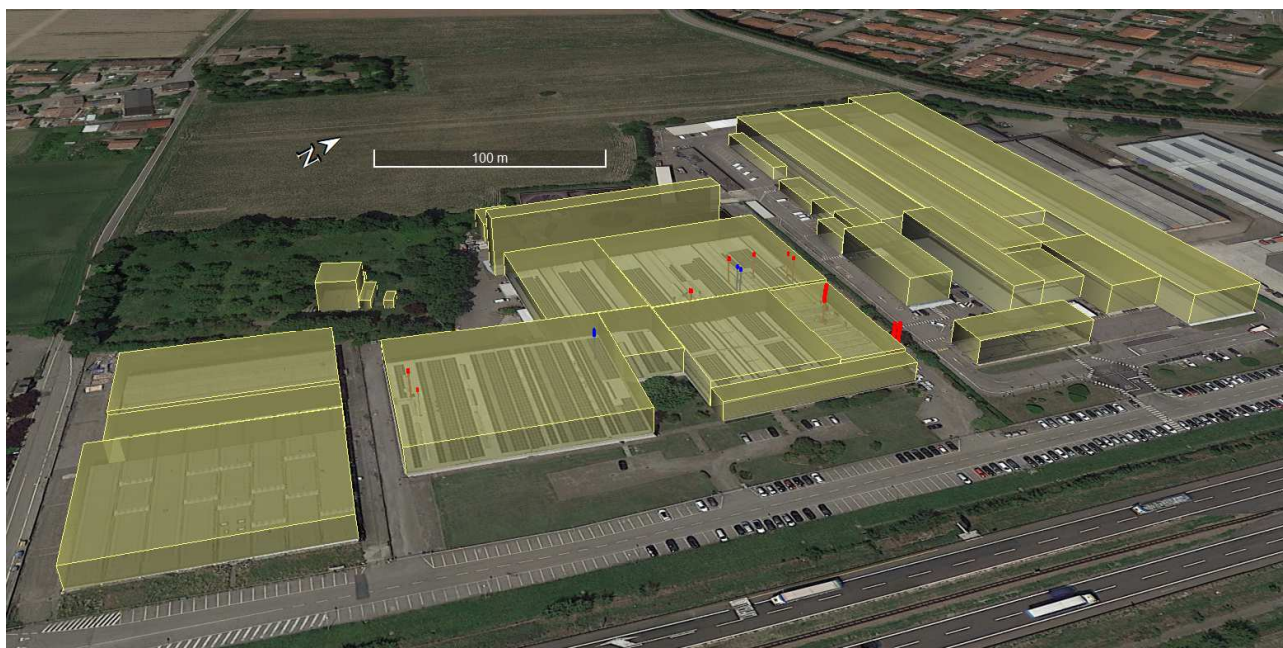


Figura 23. Edifici considerati per la simulazione dell'effetto building downwash.

6.3 Camini orizzontali o dotati di cappello parapioggia

La trattazione modellistica delle emissioni da camini orizzontali o verticali ma dotati di cappello parapioggia viene fatta risalire al documento "Model Clearinghouse Memorandum" della US-EPA datato 9 luglio 1993. Tale documento indica, per entrambe le tipologie di camini citati, di porre la velocità di uscita pari a 0.001 m/s per sopprimere la spinta meccanica verticale. Per mantenere il rateo volumetrico e il galleggiamento termico, al camino deve essere inoltre assegnato un diametro equivalente. In questo modo il plume rise può avvenire comunque grazie alla spinta termica quando la temperatura di emissione eccede la temperatura atmosferica.

L'indicazione relativa al calcolo del diametro equivalente ha senso quando l'algoritmo di plume rise non è numerico, poiché è frequente ottenere camini equivalenti con diametri di diversi metri. Quando il plume rise è numerico, l'ampiezza iniziale della piuma è data proprio dal diametro del camino, quindi partire con una dimensione enorme data dal camino equivalente non avrebbe senso. Per questo motivo, per i camini dotati di cappello parapioggia si assume un raggio iniziale pari a due volte il diametro del camino (ad esempio in AERMOD), assumendo sempre una velocità verticale iniziale pari a 0.001 m/s. Per i camini orizzontali si assume la stessa velocità verticale (0.001 m/s), non si fanno ipotesi sul diametro equivalente (cioè si utilizza il diametro vero), e si assume che la piuma sia emessa nella direzione sottovento.

Quindi, i modelli di dispersione più utilizzati a scopo pratico (CALPUFF e AERMOD) non tengono conto della direzione dello sbocco orizzontale dei camini, ma assumono sempre che la piuma sia trasportata dal vento, anche nella sua fase iniziale. Ciò non esclude che vi possano essere modelli di dispersione in grado di trattare il rilascio in maniera più complessa, ma essi potrebbero essere alimentati da una meteorologia derivante da CFD, troppo onerosa per essere applicata ad uno studio come quello descritto in questo documento.

A causa del minore plume rise, la presenza di camini con cappello parapioggia o con sbocco orizzontale potrebbe generare valori maggiori di concentrazione (rispetto all'utilizzo di camini verticali liberi) in prossimità dei punti di emissione ma, per una questione di conservazione della massa, valori minori allontanandosi da tali punti.

7. Simulazioni di dispersione atmosferica

7.1 Input del modello CALPUFF

Le simulazioni di dispersione atmosferica degli inquinanti sono state effettuate utilizzando il modello CALPUFF (versione 7). Le simulazioni di dispersione sono state effettuate su un sottodominio del dominio meteorologico, selezionato in maniera tale da essere ragionevolmente sicuri che esso contenga i massimi di concentrazione. Per la simulazione della dispersione atmosferica di PM10 e NOX è stato definito un dominio di output di 8x8 km² con nodi di calcolo distanziati di 50 m (quadrato verde in Figura 24). La coordinata UTM32T dell'angolo in basso a sinistra di tale dominio è E=642750 m, N=4945250 m. Oltre ai punti di calcolo su griglia regolare sono stati considerati diversi recettori discreti posizionati in corrispondenza degli edifici più vicini in ogni direzione, come mostrato in Figura 25. Le coordinate metriche UTM32T dei recettori discreti sono riepilogate in Tabella 14.



Figura 24. Dominio di CALPUFF (quadrato verde). La posizione dello stabilimento è indicata con un poligono rosso.



Figura 25. Posizione dei recettori discreti.

Tabella 14. Coordinate UTM32 dei recettori discreti.

Recettore	E (m)	N (m)
R1	646443	4949190
R2	646322	4949031
R3	646122	4948981
R4	646062	4949097
R5	646084	4949348
R6	646215	4949389
R7	646457	4949442
R8	646664	4949383
R9	646815	4949250
R10	646622	4949176
R11	646605	4949042
R12	646595	4948867
R13	646216	4948748

7.2 Risultati: Qualità dell'aria

I valori massimi di concentrazione predetti per PM10 e NO2 sul dominio di calcolo all'esterno del perimetro di impianto sono riportati in Tabella 15. La stessa tabella indica le coordinate del punto in cui viene determinato il valore massimo e il valore di riferimento. Per il PM10 si osserva un incremento dei valori massimi nel passaggio dallo scenario AO allo scenario PO. Tale incremento era atteso alla luce dei dati emissivi riportati nel paragrafo 6. Per NO2 i valori rimangono invariati. In entrambi gli scenari i valori massimi rimangono comunque minori dei rispettivi limiti di legge stabiliti dal D. Lgs. 155/2010. I valori massimi di PM10 predetti all'esterno dello stabilimento per il solo contributo delle tre nuove sorgenti (E22, E23, E35) sono riportati in Tabella 16 (il contributo per NOX è nullo).

I valori massimi di PM10 predetti ai recettori discreti sono riportati in Tabella 17. Nel passaggio dallo scenario AO allo scenario PO si ha sempre un aumento dei valori predetti ai recettori discreti, ma i limiti di legge vengono sempre rispettati. I valori massimi di NO2 predetti ai recettori discreti sono riportati in Tabella 18. Come anticipato essi rimangono invariati nei due scenari.

Infine, assumendo che i valori della stazione di monitoraggio Parco Ferrari di Modena siano rappresentativi per Campogalliano, la Tabella 19 e la Tabella 20 riportano, rispettivamente per PM10 e NO2, le statistiche di interesse inclusi i valori di fondo. Per le medie annuali i valori medi registrati dalla stazione ($29.8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per PM10 e $22.6 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per NO2) sono stati sommati ai valori medi annuali predetti presso ogni recettore discreto. Per il calcolo dei valori massimi orari di NO2 e del percentile

99.79 delle medie di 1 ora, i valori predetti presso ogni recettore e misurati dalla stazione Parco Ferrari sono stati appaiati temporalmente e sommati, quindi si è determinato il massimo e il percentile delle somme. In maniera analoga si è proceduto per il PM10 considerando però le medie di 24 ore e calcolando per queste il massimo e il percentile 90.41. Si osserva che questo approccio è cautelativo poiché le misure della stazione Parco Ferrari includono già, anche se molto piccolo, il contributo delle emissioni Ante Operam dello stabilimento. Anche con l'aggiunta del fondo il valore limite stabilito dal D. Lgs. 155/2010 per la media annuale dei due inquinanti ($40 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per entrambi) viene rispettato. La stessa considerazione vale per il valore massimo orario, e conseguentemente il percentile, di NO₂, che rispettano il valore limite di $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilito dal D. Lgs. 155/2010. Invece, con l'aggiunta del fondo, il valore massimo e il percentile delle concentrazioni medie di 24 ore di PM10 superano il valore limite di $50 \mu\text{g}/\text{m}^3$ stabilito dal D. Lgs. 155/2010. D'altra parte non poteva essere altrimenti, poiché già le misure da sole superano il limite, come indicato nella precedente Tabella 4. Si osserva però dalla Tabella 19 che i valori delle statistiche di interesse variano poco nel passaggio tra i due scenari.

Le mappe di concentrazione degli inquinanti sono mostrate da Figura 26 a Figura 33. In generale i valori massimi vengono predetti sopra lo stabilimento o immediatamente al suo esterno.

Tabella 15. Valori massimi predetti all'esterno dello stabilimento.

Scenario	Inquinante	Parametro	E (m)	N (m)	Valore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rif. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
AO	PM10	Pct 24h	646500	4949100	8.2	50
PO	PM10	Pct 24h	646500	4949100	12.3	50
AO	PM10	Annuale	646500	4949100	2.9	40
PO	PM10	Annuale	646500	4949100	4.2	40
AO	NO ₂	Pct 1h	646350	4949200	165.3	200
PO	NO ₂	Pct 1h	646350	4949200	165.3	200
AO	NO ₂	Annuale	646500	4949150	14.8	40
PO	NO ₂	Annuale	646500	4949150	14.8	40

Tabella 16. Valori massimi predetti all'esterno dello stabilimento (contributo delle nuove sorgenti).

Contributo	Inquinante	Parametro	E (m)	N (m)	Valore ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Rif. ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
E22+E23+E35	PM10	Pct 24h	646500	4949100	3.9	50
E22+E23+E35	PM10	Annuale	646500	4949100	1.3	40

Tabella 17. Valori di PM10 ai recettori discreti.

Recettore	Ante Operam			Post Operam		
	Max 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pct 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pct 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	14.2	5.8	2.0	21.1	8.4	2.9
R2	7.3	3.8	1.5	11.8	5.0	2.0
R3	5.0	1.9	0.7	7.4	2.7	1.0
R4	5.8	2.2	0.8	8.4	3.1	1.1
R5	3.9	1.2	0.3	5.4	1.6	0.5
R6	2.2	0.6	0.2	2.9	0.8	0.2
R7	1.5	0.4	0.1	2.0	0.5	0.1
R8	2.3	0.7	0.2	3.3	1.1	0.3
R9	2.4	0.8	0.3	3.4	1.1	0.4
R10	5.0	2.3	0.8	7.1	3.2	1.1
R11	6.8	3.3	1.2	9.9	4.7	1.7
R12	3.1	1.5	0.5	4.5	2.0	0.7
R13	1.9	0.5	0.2	2.9	0.7	0.3

Tabella 18. Valori di NO2 ai recettori discreti.

Recettore	Ante Operam			Post Operam		
	Max 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pct 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pct 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	144.8	93.0	1.7	144.8	93.0	1.7
R2	125.3	104.5	3.8	125.3	104.5	3.8
R3	84.1	57.6	1.8	84.1	57.6	1.8
R4	85.9	57.9	2.1	85.9	57.9	2.1
R5	67.9	53.8	1.4	67.9	53.8	1.4
R6	78.4	54.4	1.1	78.4	54.4	1.1
R7	63.7	32.4	0.5	63.7	32.4	0.5
R8	87.1	76.6	1.5	87.1	76.6	1.5
R9	77.9	67.7	1.8	77.9	67.7	1.8
R10	107.3	102.1	4.9	107.3	102.1	4.9
R11	100.7	82.7	5.1	100.7	82.7	5.1
R12	77.5	62.8	1.8	77.5	62.8	1.8
R13	67.1	37.0	0.8	67.1	37.0	0.8

Tabella 19. Valori di PM10 ai recettori discreti, incluso il fondo.

Recettore	Ante Operam			Post Operam		
	Max 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pct 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pct 24h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	97.0	54.4	31.8	102.2	56.0	32.7
R2	88.0	54.0	31.3	88.1	54.5	31.8
R3	88.1	53.6	30.5	88.1	53.9	30.8
R4	88.0	53.9	30.6	88.1	54.0	30.9
R5	88.0	53.1	30.1	88.0	53.1	30.3
R6	88.0	53.1	30.0	88.0	53.1	30.0
R7	88.1	53.1	29.9	88.2	53.1	29.9
R8	90.3	53.1	30.0	91.3	53.2	30.1
R9	88.5	53.1	30.1	88.7	53.6	30.2
R10	88.8	54.0	30.6	89.1	54.0	30.9
R11	88.5	53.5	31.0	88.9	54.0	31.5
R12	88.2	53.6	30.3	88.3	53.8	30.5
R13	88.1	53.3	30.0	88.1	53.4	30.1

Tabella 20. Valori di NO2 ai recettori discreti, incluso il fondo.

Recettore	Ante Operam			Post Operam		
	Max 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pct 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Max 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Pct 1h ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	Annuale ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)
R1	166.0	126.7	24.3	166.0	126.7	24.3
R2	173.3	128.6	26.4	173.3	128.6	26.4
R3	125.6	96.6	24.4	125.6	96.6	24.4
R4	117.1	97.4	24.7	117.1	97.4	24.7
R5	131.2	98.4	24.0	131.2	98.4	24.0
R6	167.2	102.1	23.7	167.2	102.1	23.7
R7	116.8	91.6	23.1	116.8	91.6	23.1
R8	192.1	117.6	24.1	192.1	117.6	24.1
R9	139.1	109.8	24.4	139.1	109.8	24.4
R10	175.5	143.0	27.5	175.5	143.0	27.5
R11	144.0	121.2	27.7	144.0	121.2	27.7
R12	128.6	100.1	24.4	128.6	100.1	24.4
R13	113.0	90.2	23.4	113.0	90.2	23.4

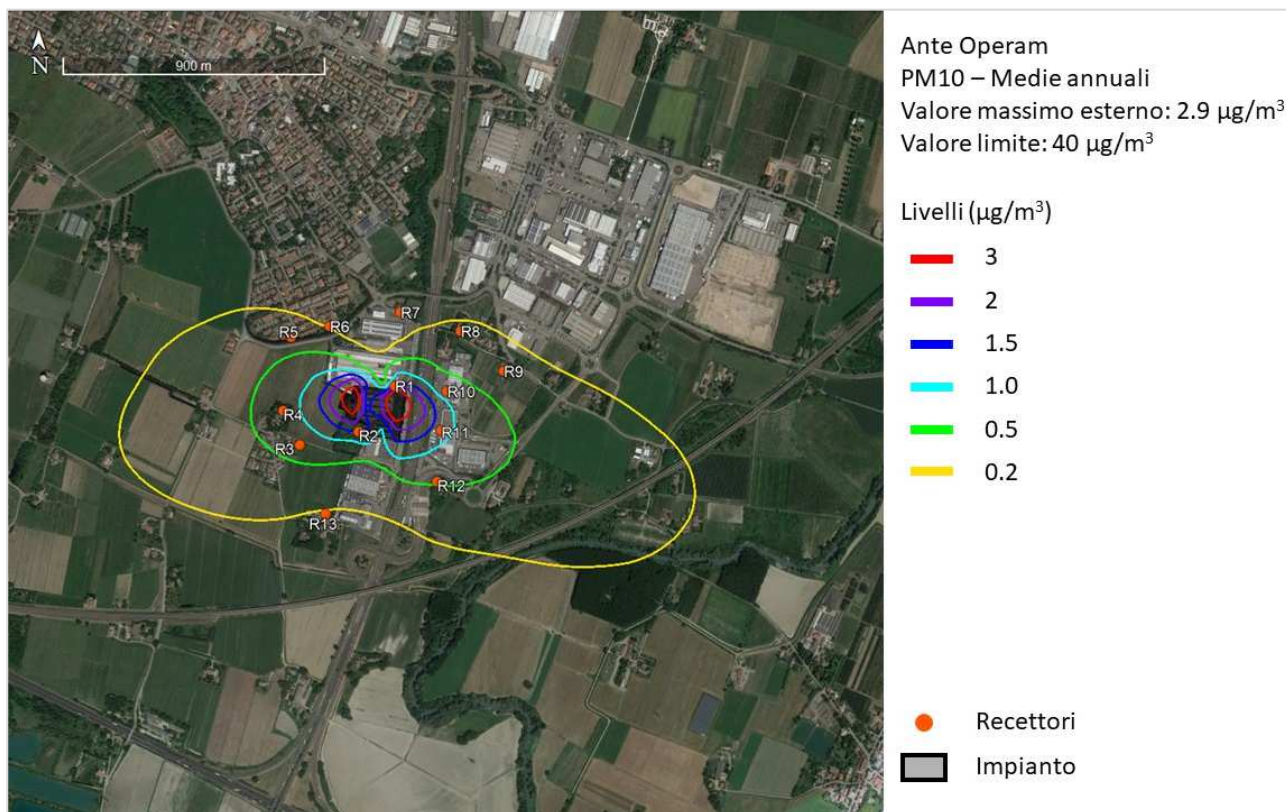


Figura 26. Isolivelli di concentrazione della media annuale di PM10. Scenario Ante Operam.

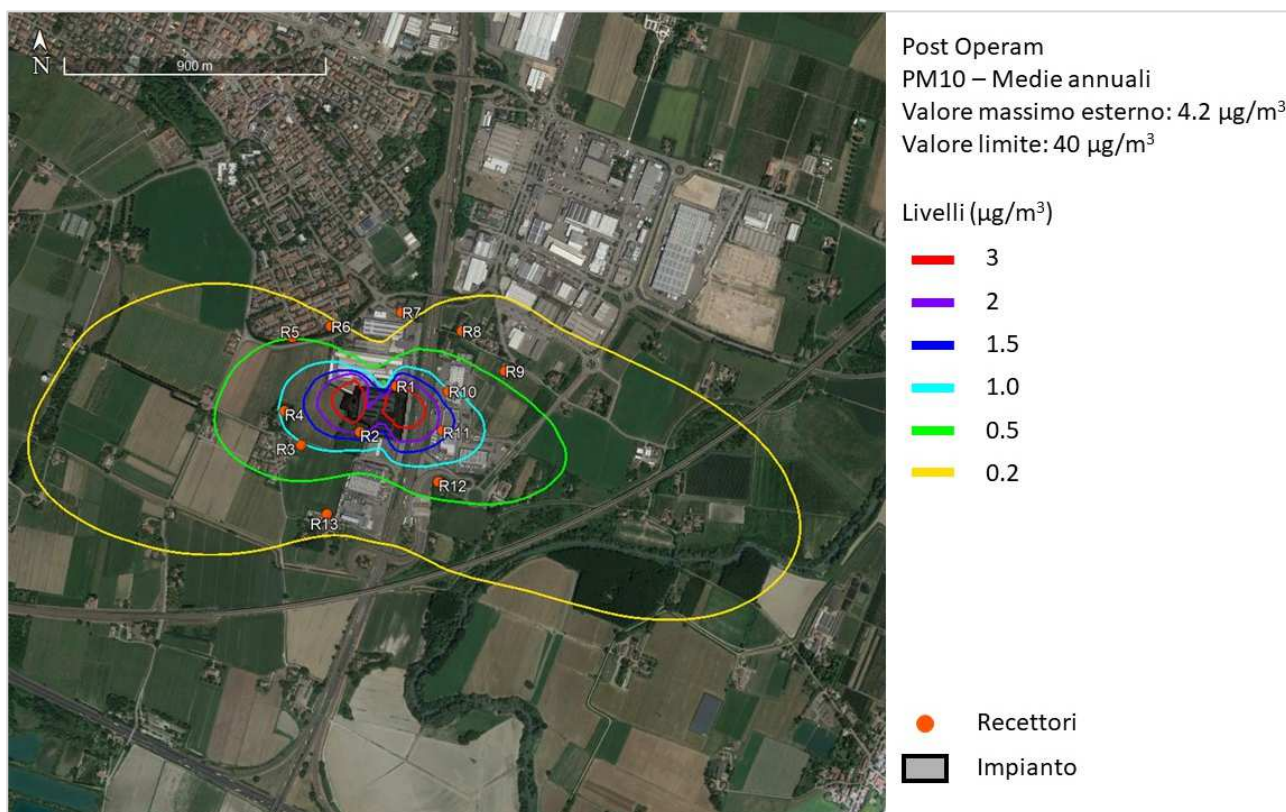


Figura 27. Isolivelli di concentrazione della media annuale di PM10. Scenario Post Operam.

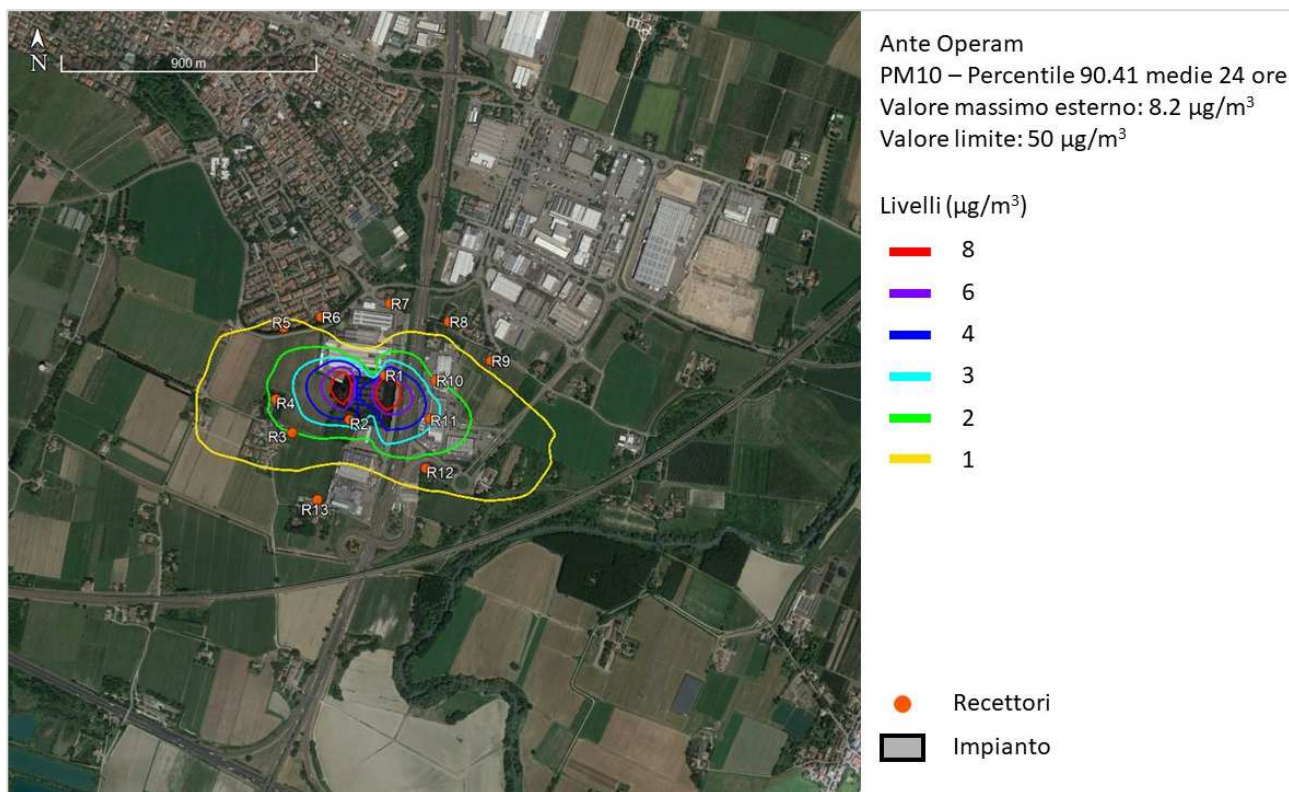


Figura 28. Isolivelli del percentile 90.41 delle medie di 24 ore di PM10. Ante Operam.

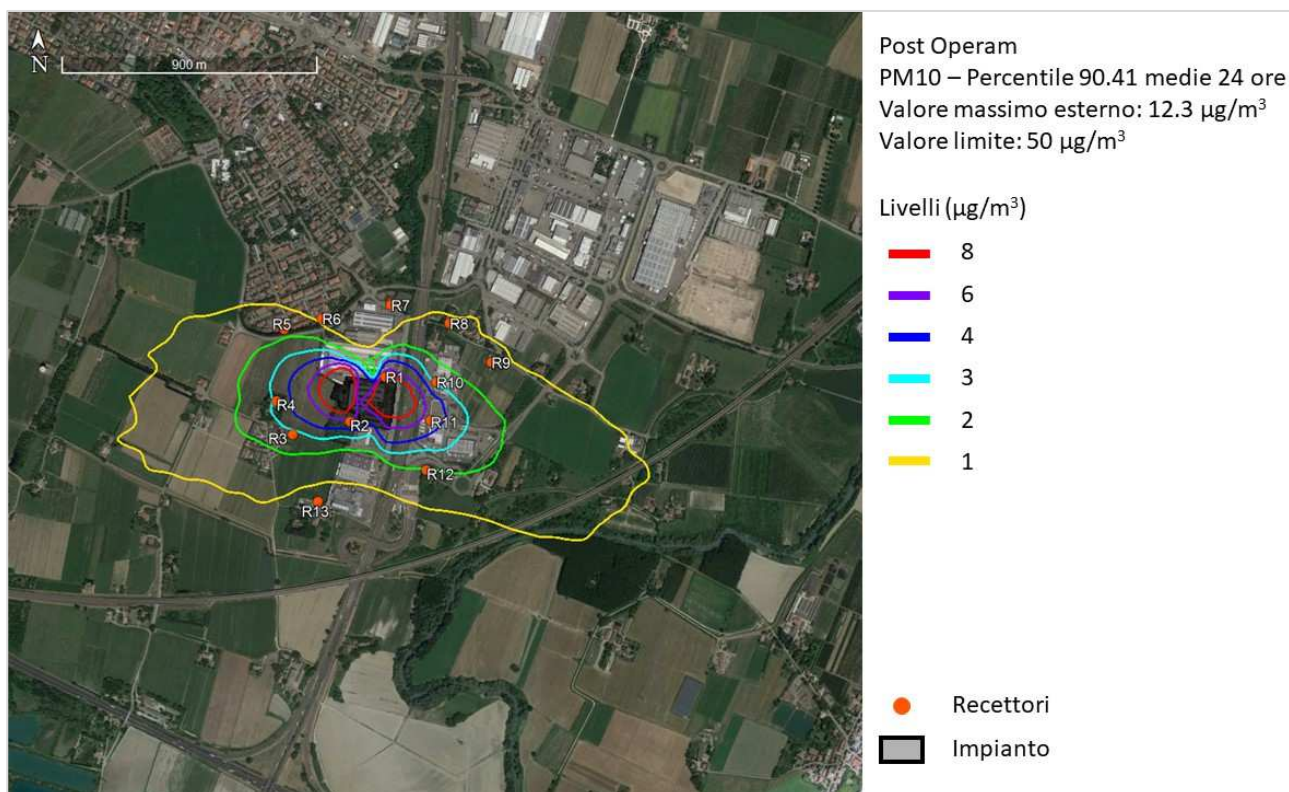


Figura 29. Isolivelli del percentile 90.41 delle medie di 24 ore di PM10. Post Operam.

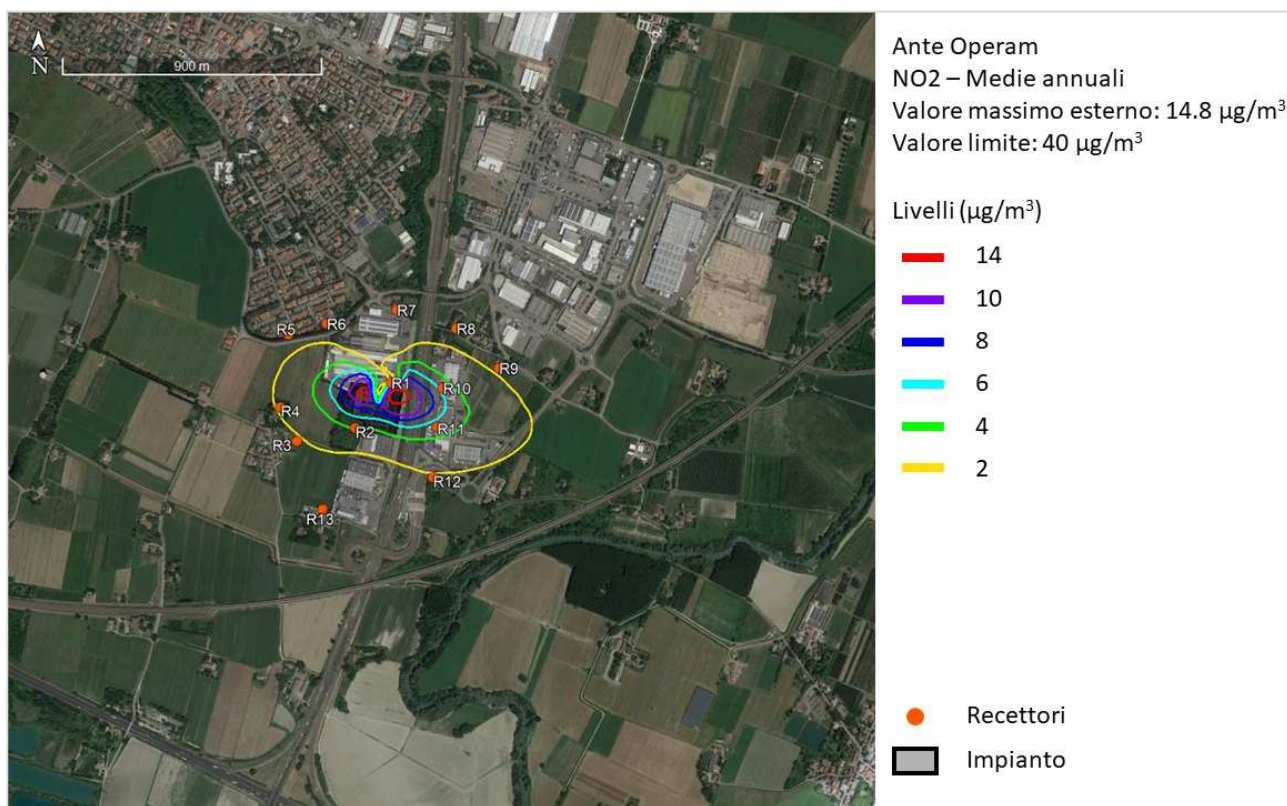


Figura 30. Isolivelli di concentrazione della media annuale di NO₂. Ante Operam.

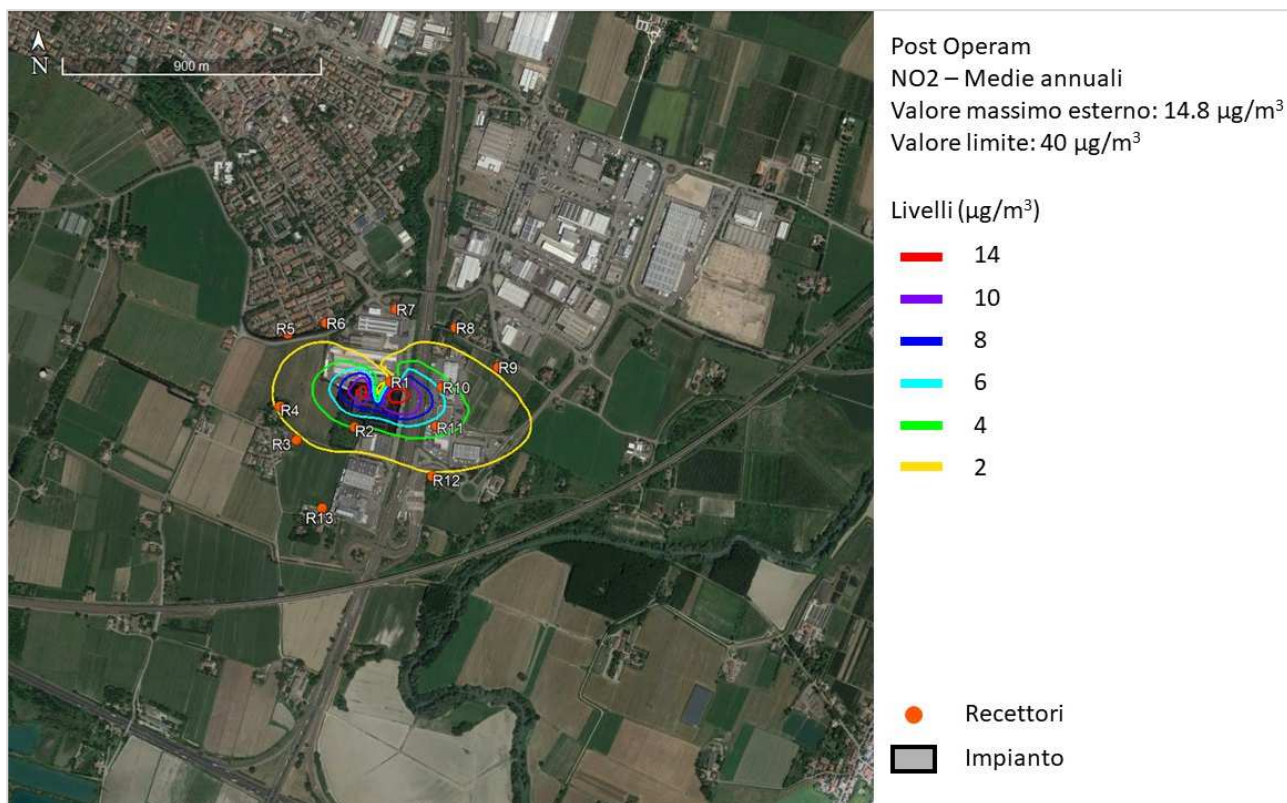


Figura 31. Isolivelli di concentrazione della media annuale di NO₂. Scenario Post Operam.

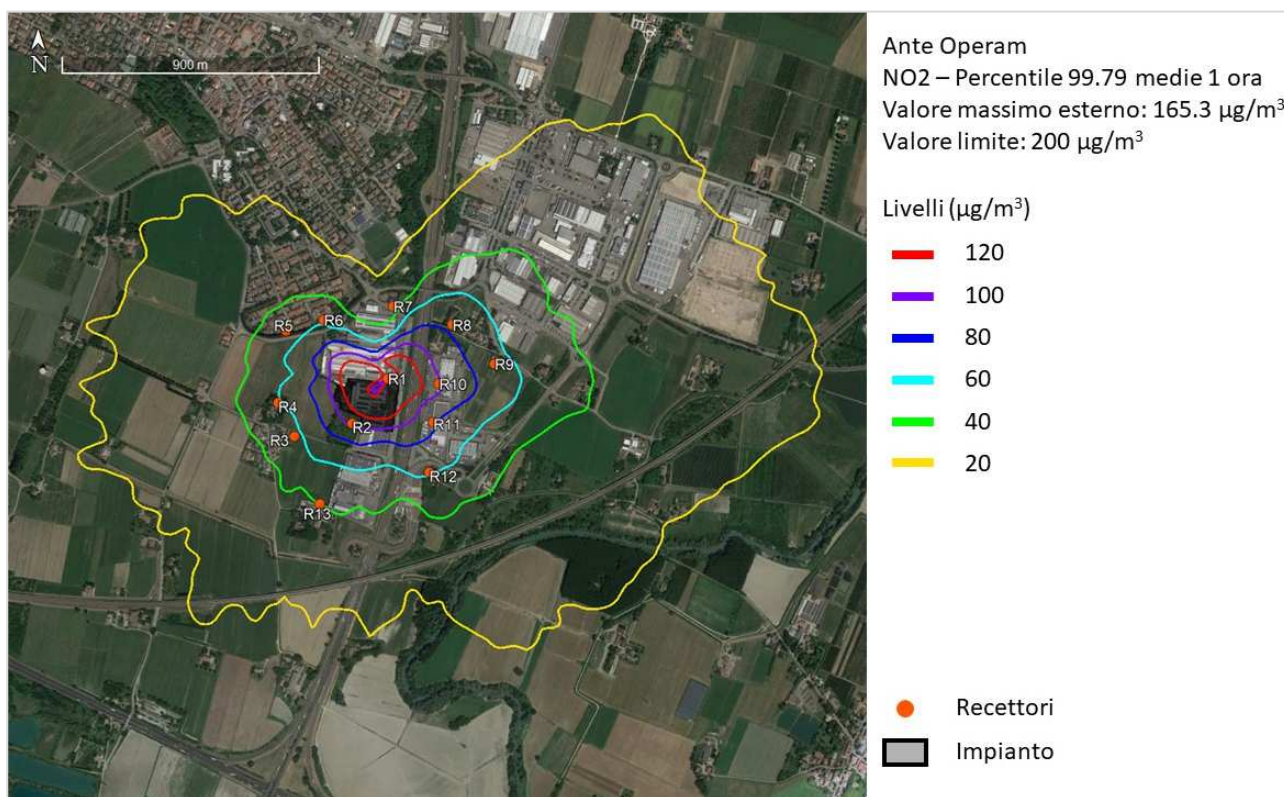


Figura 32. Isolivelli del percentile 99.79 delle medie di 1 ora di NO₂. Ante Operam.

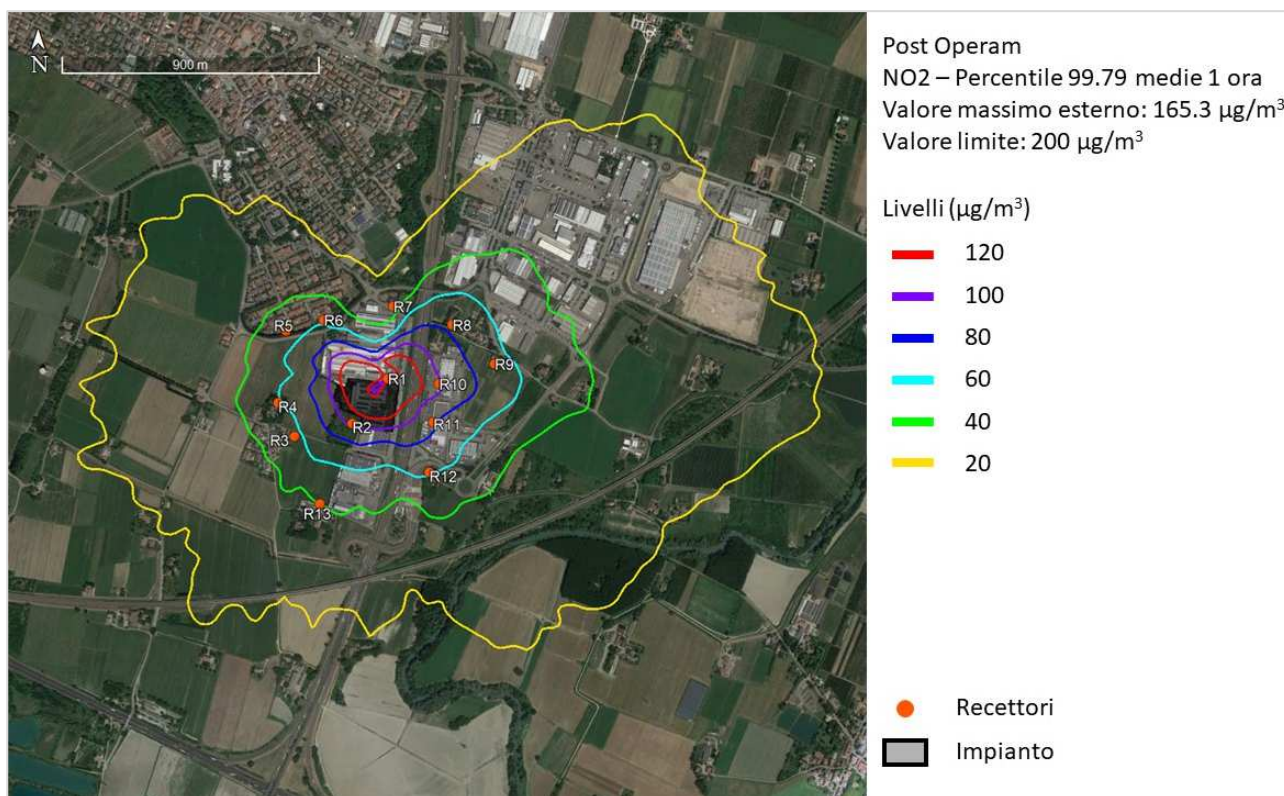


Figura 33. Isolivelli del percentile 99.79 delle medie di 1 ora di NO₂. Post Operam.

8. Conclusioni

Questo studio descrive l'impatto delle emissioni in atmosfera dello stabilimento Filte di Campogalliano (MO) sull'ambiente circostante. Nello specifico, sono state valutate le emissioni in atmosfera di ossidi di azoto (NOX) e polveri (PM10) sia nella situazione attuale, sia nella situazione futura che prevede l'introduzione di una nuova rameuse e di un nuovo essiccatoio-tumbler utilizzato per la fase di asciugatura.

Nello studio è stato utilizzato il modello di dispersione degli inquinanti in atmosfera CALPUFF (versione 7), indicato dall'EPA (Environmental Protection Agency) degli Stati Uniti come uno dei possibili strumenti modellistici da utilizzare per simulare l'impatto in atmosfera di sostanze inerti in presenza di terreno complesso e condizioni meteorologiche non uniformi sul dominio di simulazione. Il campo meteorologico per l'intero anno 2022 è stato ricostruito per mezzo del modello meteorologico diagnostico CALMET utilizzando in input l'output del modello meteorologico a mesoscala WRF.

Le simulazioni di dispersione degli inquinanti emessi dallo stabilimento sono state condotte con dettaglio orario su tutte le ore dell'anno 2022, sia per lo scenario emissivo Ante Operam, sia per lo scenario emissivo Post Operam. I valori predetti per PM10 e NO2 sono stati confrontati con i rispettivi limiti stabiliti dal D. Lgs. 155/2010.

I valori limite stabiliti per PM10 e NO2 vengono rispettati in entrambi gli scenari emissivi, sia in termini di valore massimo sui recettori cartesiani all'esterno dell'impianto, sia in termini di valori predetti ai recettori discreti.

I valori ai recettori discreti sono rispettati anche aggiungendo il valore di fondo ottenuto dai dati misurati dalla stazione Parco Ferrari di Modena.

9. Riferimenti

- ANPA (2000) I modelli nella valutazione della qualità dell'aria. RTI CTN_ACE 2/2000.
- Bellasio R., G.Maffei, J.Scire, M.G.Longoni, R.Bianconi and N.Quaranta (2005) Algorithms to account for topographic shading effects and surface temperature dependence on terrain elevation in diagnostic meteorological models. Boundary-Layer Meteorology, 114: 595-614.
- Bellasio, R., Bianconi, R., Mosca, S., and Zannetti, P. (2018) Incorporation of Numerical Plume Rise Algorithms in the Lagrangian Particle Model LAPMOD and Validation against the Indianapolis and Kincaid Datasets. Atmosphere, 9(10), 404, <https://doi.org/10.3390/atmos9100404>
- Scire, J.S., D.G. Strimaitis and R.J. Yamartino, 2000a: A user's guide for the CALPUFF dispersion model (Version 5). Earth Tech. Inc., Concord, MA.
- Scire, J.S., F.R. Robe, M.E. Fernau and R.J. Yamartino, 2000b: A user's guide for the CALMET meteorological model (Version 5). Earth Tech. Inc., Concord, MA.
- US-EPA (2005). Revision to the Guideline on Air Quality Models: Adoption of a Preferred General Purpose (Flat and Complex Terrain) Dispersion Model and Other Revisions; Final Rule. Federal Register, Vol. 70, N. 216, November 9, 2005. Rules and Regulations.
- US-EPA (2017). Revisions to the Guideline on Air Quality Models: Enhancements to the AERMOD Dispersion Modeling System and Incorporation of Approaches To Address Ozone and Fine Particulate Matter. Federal Register, Vol. 82, No. 10, Tuesday, January 17, 2017. Rules and Regulations.
- Yamartino, R.J., J.S. Scire, S. R. Hanna, G.R. Carmichael and Y.S. Chang, 1989: CALGRID: A Mesoscale Photochemical Grid Model. Volume I: Model Formulation Document. California Air Resources Board, Sacramento, CA.
- Yamartino, R.J., J.S. Scire, S. R. Hanna, G.R. Carmichael and Y.S. Chang, 1992: CALGRID mesoscale photochemical grid model. I – Model formulation, Atmospheric Environment, 26A, 1493-1512.