

Nome progetto / project name:

## Impianto Peaker di Bertanico

<p><b>Studio Ing. Giovanni Micheloni</b> via N. Piccinni, 23 - 20131 Milano Ordine degli Ingegneri della Provincia di Milano N. A14947 - Sez A : Civile e Ambientale</p>		<p>Titolo documento / document title: <b>Studio di Impatto Ambientale</b></p>				
		<p>Sottotitolo documento / document subtitle: <b>Studio sulla diffusione degli inquinanti emessi in atmosfera</b></p>				
1	27/09/2019	Emissione finale				
Rev.	Data emiss./ issue date	Descrizione revisione / revision description	St	Sc	Pre	Chk
		Documento n./ document n.				
		Commissa	Origine	Unità	Identificazione KKS	Discipl. Num. progressivo
<p>Proprietà e diritti del presente documento sono riservati – la riproduzione è vietata / Ownership and copyright are reserved – reproduction is strictly forbidden</p>						

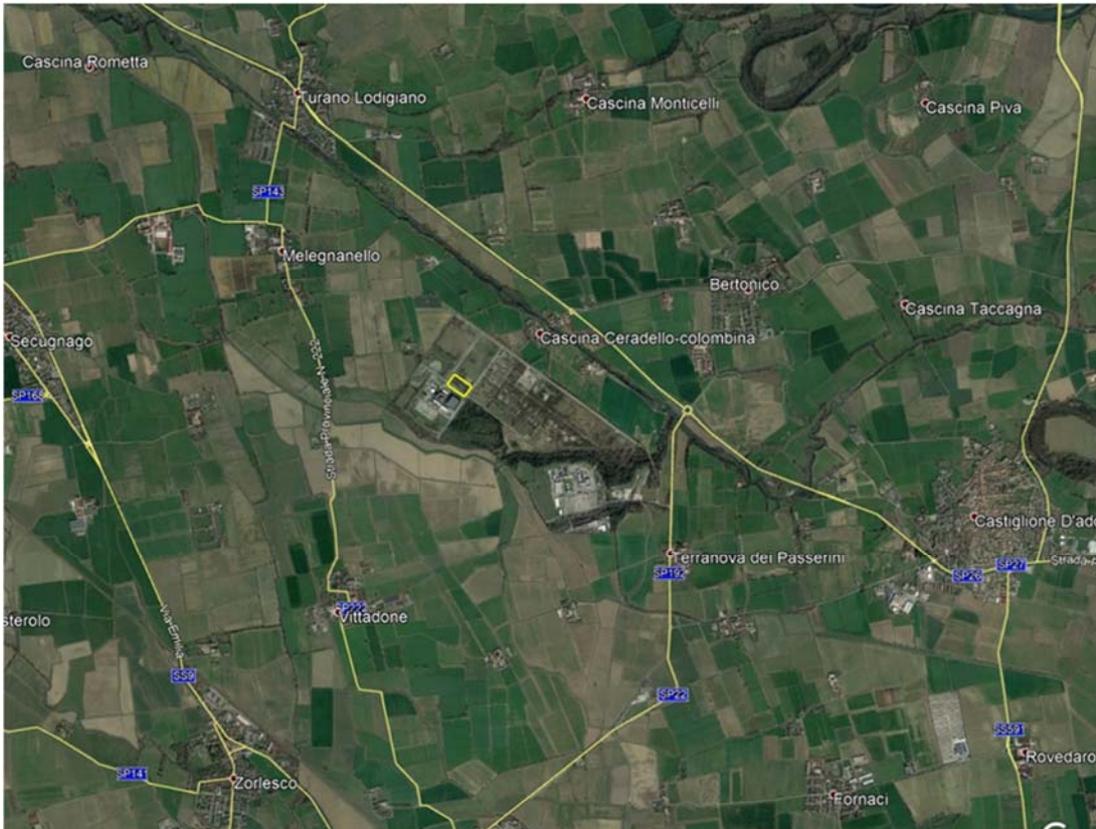
## Sommaro

1	Introduzione .....	3
2	La normativa relativa alla qualità dell'aria .....	4
2.1	Valore di riferimento per l'ammoniaca.....	5
3	Caratterizzazione meteorologica .....	6
3.1	Caratterizzazione anemologica .....	6
3.2	Precipitazioni .....	7
3.3	Temperatura .....	9
4	Caratterizzazione della qualità dell'aria .....	10
4.1	La zonizzazione del territorio .....	10
4.2	La qualità dell'aria .....	12
4.2.1	La rete di monitoraggio .....	12
4.2.2	Biossido di azoto.....	13
4.2.3	Rapporto NO <sub>2</sub> /NO <sub>x</sub> .....	14
4.2.4	Ammoniaca .....	15
4.2.5	Monossido di carbonio .....	15
4.2.6	Polveri (PM <sub>10</sub> e PM <sub>2.5</sub> ).....	15
4.2.7	Considerazioni riepilogative.....	17
5	Il sistema modellistico CALMET/CALPUFF .....	18
5.1	Criteri di selezione.....	18
5.2	CALMET .....	18
5.3	CALPUFF .....	19
6	Costruzione dell'input meteorologico .....	20
6.1	Dati meteorologici.....	22
7	Caratterizzazione delle emissioni .....	33
7.1	Scenario ante-operam.....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
7.2	Scenario di progetto .....	34
8	Simulazioni di dispersione degli inquinanti .....	37
8.1	Dati di input del modello CALPUFF .....	37
8.2	Impatto della Centrale .....	39
8.2.1	Biossido di azoto (NO <sub>2</sub> ).....	39
8.2.2	Monossido di carbonio (CO).....	45
8.2.3	Polveri (PM <sub>10</sub> ) .....	<b>Errore. Il segnalibro non è definito.</b>
8.2.4	Ammoniaca (NH <sub>3</sub> ) .....	49
8.2.5	Riepilogo dei risultati.....	51
9	Conclusioni.....	54

# 1 INTRODUZIONE

Il presente studio sulla componente atmosfera si pone come obiettivo l'analisi e la valutazione degli impatti sulla qualità dell'aria della proposta Centrale elettrica di Picco di Bertonico (LO), centrale Turbogas a Ciclo Aperto (TCA) costituita da tre moduli identici della potenza nominale complessiva di circa 300 Mwe destinata a funzionare in condizioni di richiesta "di Picco" della rete, per un numero presumibilmente limitato di ore/anno.

La Centrale proposta è localizzata nell'immediata adiacenza dell'esistente Centrale a Ciclo Combinato a gas (CCGT) da 800 Mwe nominali di Bertonico Turano L.no (LO), di proprietà del medesimo proponente Sorgenia Power.



**Figura 1. Localizzazione della Centrale in progetto (area locale)**

Il presente studio valuta pertanto le condizioni di diffusione in atmosfera e ricaduta al suolo delle emissioni in gassose di entrambi gli impianti nelle condizioni:

- ante operam: esercizio della sola Centrale Ciclo combinato da 800 MWe Sorgenia Power esistente;
- di progetto: esercizio della sola Centrale di Picco da 300 MWe di Bertonico in progetto;
- post operam (totale): esercizio cumulativo delle due Centrali.

A titolo estremamente cautelativo entrambe le Centrali sono analizzate ipotizzandone il funzionamento al massimo carico (100%) per il totale delle ore di un anno (8760 ore).

Per quanto riguarda la nuova Centrale di picco in progetto, dato il particolare impiego destinato a soddisfare condizioni di massimo fabbisogno temporaneo della rete elettrica, l'effettivo esercizio prevedibile è ipotizzabile dell'ordine delle 500 h/anno (meno del circa 6% delle ore/anno totali).

Gli inquinanti considerati sono ossidi di azoto (NOX), monossido di carbonio (CO), e ammoniaca (NH3).

Lo studio è stato effettuato utilizzando il sistema modellistico CALMET/CALPUFF versione 7, con il modello meteorologico diagnostico CALMET alimentato dall'output del modello meteorologico a mesoscala WRF.

Sono stati considerati due interi anni meteorologici di studio: 2017 e 2018.

## 2 LA NORMATIVA RELATIVA ALLA QUALITÀ DELL'ARIA

La normativa di interesse sulla qualità dell'aria per il presente studio è stabilita 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.

Le finalità del Decreto sono:

- a) individuare obiettivi di qualità dell'aria ambiente volti a evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana e per l'ambiente nel suo complesso;
- b) valutare la qualità dell'aria ambiente sulla base di metodi e criteri comuni su tutto il territorio nazionale;
- c) ottenere informazioni sulla qualità dell'aria ambiente come base per individuare le misure da adottare per contrastare l'inquinamento e gli effetti nocivi dell'inquinamento sulla salute umana e sull'ambiente e per monitorare le tendenze a lungo termine, nonché i miglioramenti dovuti alle misure adottate;
- d) mantenere la qualità dell'aria ambiente, laddove buona, e migliorarla negli altri casi;
- e) garantire al pubblico le informazioni sulla qualità dell'aria ambiente;
- f) realizzare una migliore cooperazione tra gli Stati dell'Unione Europea in materia di inquinamento atmosferico.

Per raggiungere tali finalità, il decreto stabilisce:

- a) i valori limite per le concentrazioni nell'aria ambiente di **biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM10**;
- b) i livelli critici per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e **ossidi di azoto**;
- c) le soglie di allarme per le concentrazioni nell'aria ambiente di biossido di zolfo e biossido di azoto;
- d) 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 **PM2.5**;
- e) i valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di **arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene**;
- f) i valori obiettivo, gli obiettivi a lungo termine, le soglie di allarme e le soglie di informazione per l'**ozono**.

Per **aria ambiente**, si intende l'aria esterna presente in troposfera, ad esclusione di quella presente nei luoghi di lavoro definiti dal D.Lgs. n. 81 del 09/04/2008.

Il **valore limite** è un livello fissato in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, che deve essere raggiunto entro un termine prestabilito e che non deve essere successivamente superato.

La **soglia di allarme** è il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per la popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di adottare provvedimenti immediati.

La **soglia di informazione** è il livello oltre il quale sussiste un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata per alcuni gruppi particolarmente sensibili della popolazione nel suo complesso ed il cui raggiungimento impone di assicurare informazioni adeguate e tempestive.

Il **valore obiettivo** è il livello fissato al fine di evitare, prevenire o ridurre effetti nocivi per la salute umana o per l'ambiente nel suo complesso, da conseguire, ove possibile, entro una data prestabilita.

L'**obiettivo a lungo termine** è il livello da raggiungere nel lungo periodo mediante misure proporzionate, al fine di assicurare un'efficace protezione della salute umana e dell'ambiente.

Riepilogando, il D.Lgs. 155/2010 stabilisce i limiti indicati in Tabella 1.

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite
Biossido di azoto	1 ora	200 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 18 volte per anno civile
Biossido di azoto	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
Ossidi di azoto	Anno civile	30 µg/m <sup>3</sup> (protezione della vegetazione)
Monossido di carbonio	Media massima giornaliera di 8 ore <sup>1</sup>	10000 µg/m <sup>3</sup>
PM10	24 ore	50 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 35 volte per anno civile
PM10	Anno civile	40 µg/m <sup>3</sup>
PM2.5	Anno civile	25 µg/m <sup>3</sup>
Biossido di zolfo	1 ora	350 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 24 volte per anno civile
Biossido di zolfo	24 ore	125 µg/m <sup>3</sup> da non superare più di 3 volte per anno civile
Biossido di zolfo	Anno civile	20 µg/m <sup>3</sup> (protezione della vegetazione)
Benzene	Anno civile	5 µg/m <sup>3</sup>
Piombo	Anno civile	0.5 µg/m <sup>3</sup>
Arsenico	Anno civile	6 ng/m <sup>3</sup> (valore obiettivo)
Cadmio	Anno civile	5 ng/m <sup>3</sup> (valore obiettivo)
Nichel	Anno civile	20 ng/m <sup>3</sup> (valore obiettivo)
Benzo(a)pirene	Anno civile	1 ng/m <sup>3</sup> (valore obiettivo)

**Tabella 1. Valori limite fissati dal D.Lgs 155/2010.**

## 2.1 Valore di riferimento per l'ammoniaca

Le emissioni di ammoniaca (NH<sub>3</sub>) sono principalmente dovute alle attività agricole e zootecniche. Per tale inquinante la normativa europea non stabilisce nessun limite, si fa quindi riferimento in questo studio ai valori indicati negli Ambient Air Quality Criteria (AAQC) del Ministero dell'Ambiente dell'Ontario (Canada)<sup>2</sup>, che indicano un valore massimo di 100 µg/m<sup>3</sup> per la media di 24 ore.

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> <http://www.airqualityontario.com/downloads/AmbientAirQualityCriteria.pdf>

### 3 CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA

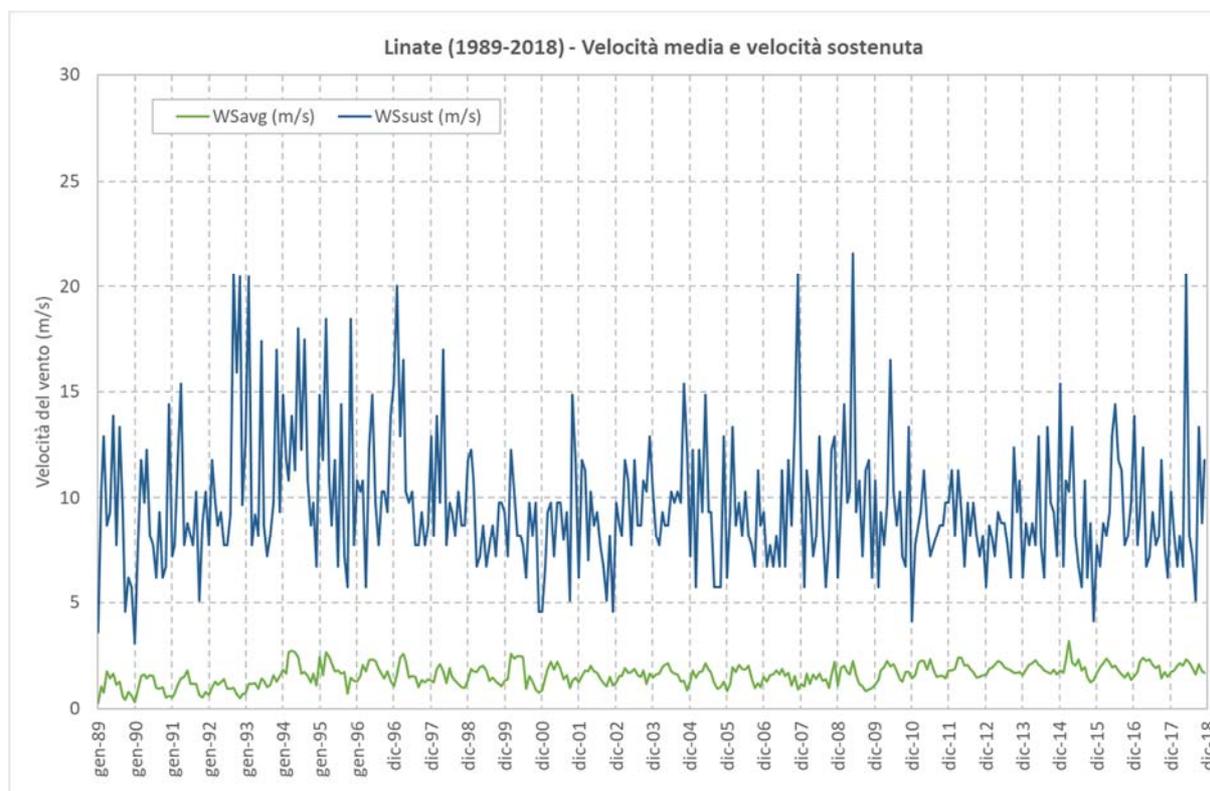
Le condizioni meteo climatiche locali, definendo la capacità dell'atmosfera di disperdere più o meno rapidamente gli inquinanti in essa immessi, rappresentano il quadro base per qualsiasi considerazione riguardante l'inquinamento atmosferico.

Nei paragrafi successivi è riportata la caratterizzazione meteo climatica dell'area di interesse effettuata sulla base dei dati storici riportati nell'archivio ISD<sup>3</sup> (Smith et al., 2011). Sono stati richiesti all'archivio ISD i dati relativi al periodo 1989-2018, tuttavia non tutte le analisi riportate nel seguito si riferiscono ad un periodo di 30 anni di dati, poiché potrebbero esserci dei dati mancanti.

La stazione climatologica più rappresentativa per Bertonico è quella di Linate (WBAN 160800), posizionate a circa 37 km in direzione nord ovest rispetto all'impianto.

#### 3.1 Caratterizzazione anemologica

La velocità media mensile e la massima velocità sostenuta mensile registrate nella stazione climatologica di Linate vengono mostrate in Figura 2. La velocità sostenuta indica il valore di velocità mediato su un periodo temporale di un minuto; essa differisce quindi dalla raffica (gust) che è tipicamente valutata su un periodo di pochi secondi.



**Figura 2. Velocità media mensile e massima velocità sostenuta mensile registrate nella stazione Linate.**

<sup>3</sup> Il Centro di dati climatici nazionali (NCDC) del NOAA ha avviato il progetto Integrated Surface Database (ISD) nel 1998 (<https://www.ncdc.noaa.gov/isd>) per affrontare il problema dei dati climatologici dispersi tra diversi formati o tra diversi gestori. L'obiettivo del progetto è di unire più dataset di superficie in un formato comune, fornendo una singola raccolta di dati orari globali continuamente aggiornato e disponibile.

## 3.2 Precipitazioni

Le serie temporali delle precipitazioni totali annuali e mensili vengono mostrate in Figura 3 e Figura 4. La precipitazione massima annuale è circa 1650 mm (1992), mentre la minima è circa 410 mm (2005). Il valore massimo di precipitazione mensile vale circa 520 mm ed è stato registrato nel mese di luglio 1992.

La distribuzione annuale degli eventi atmosferici è mostrata in Figura 5. Il numero annuale di giorni di pioggia varia da 91 a 169, mentre quello di giorni di neve varia da 1 a 22.

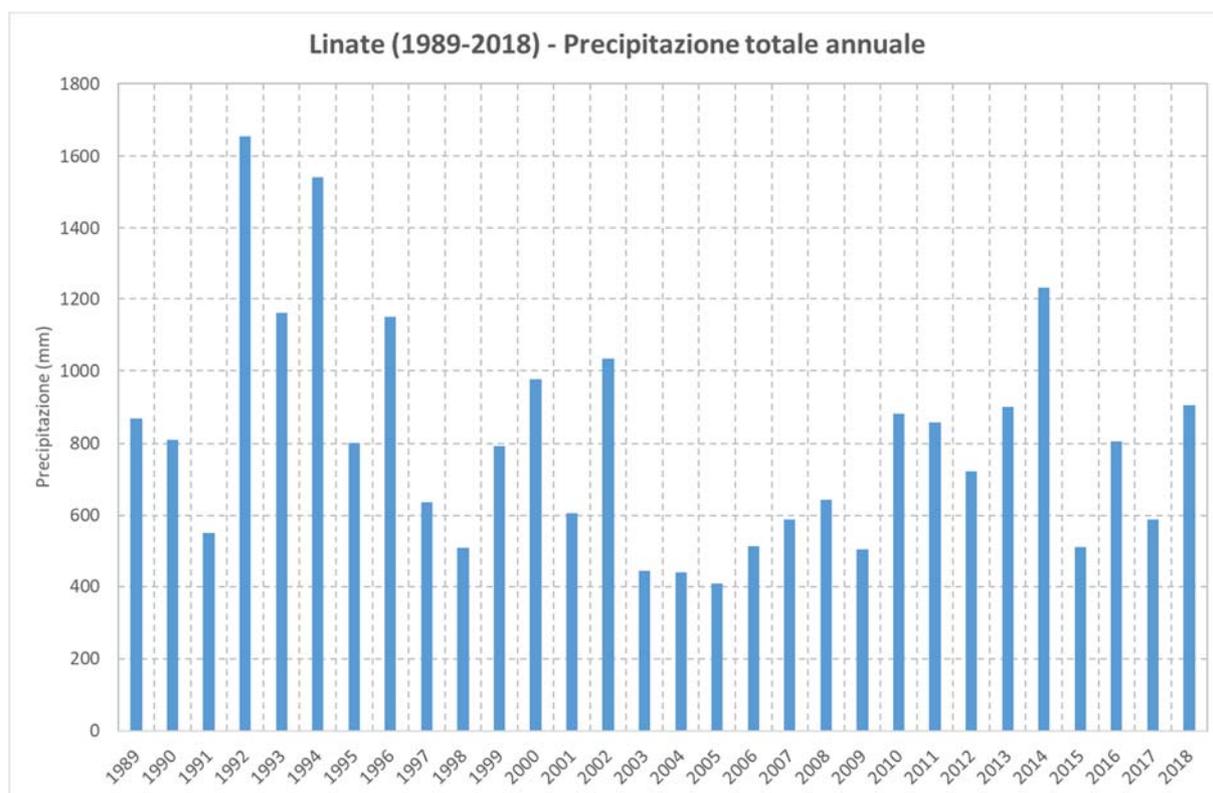


Figura 3. Precipitazioni totali annuali registrate nella stazione Linate.

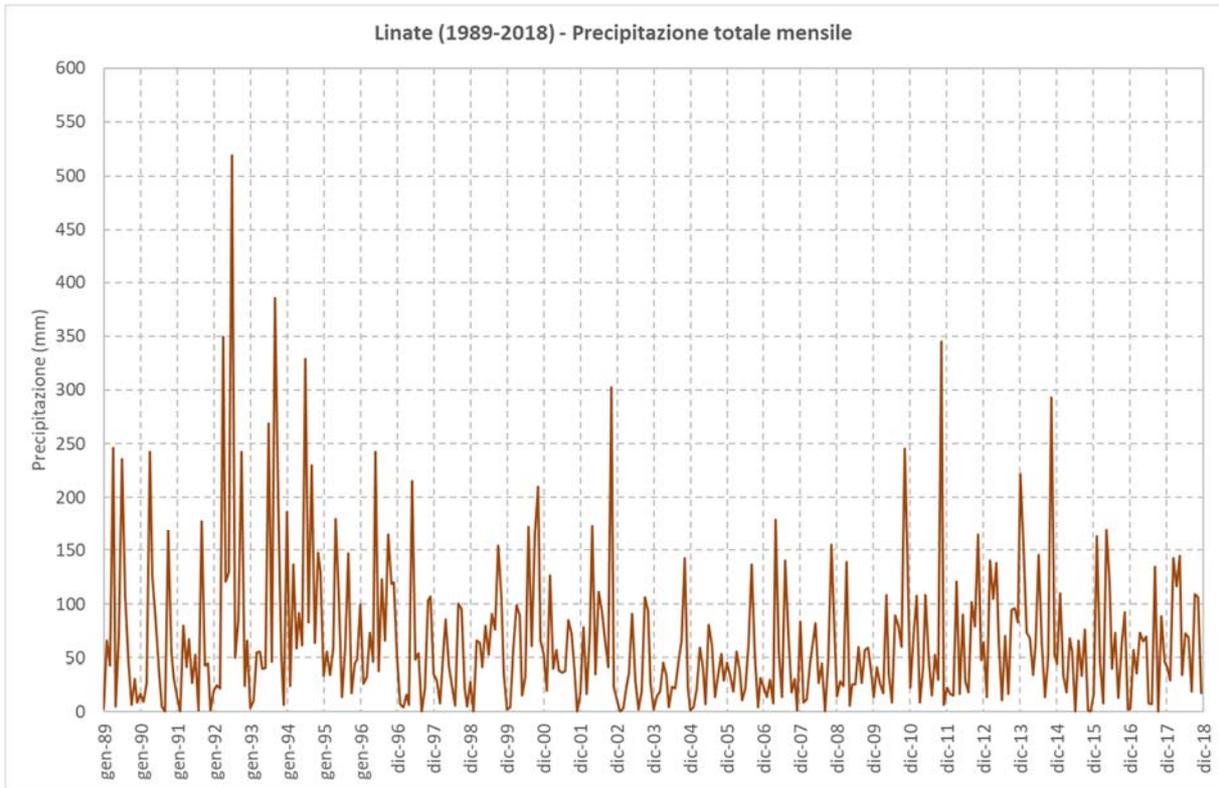


Figura 4. Precipitazioni totali mensili registrate nella stazione Linate.

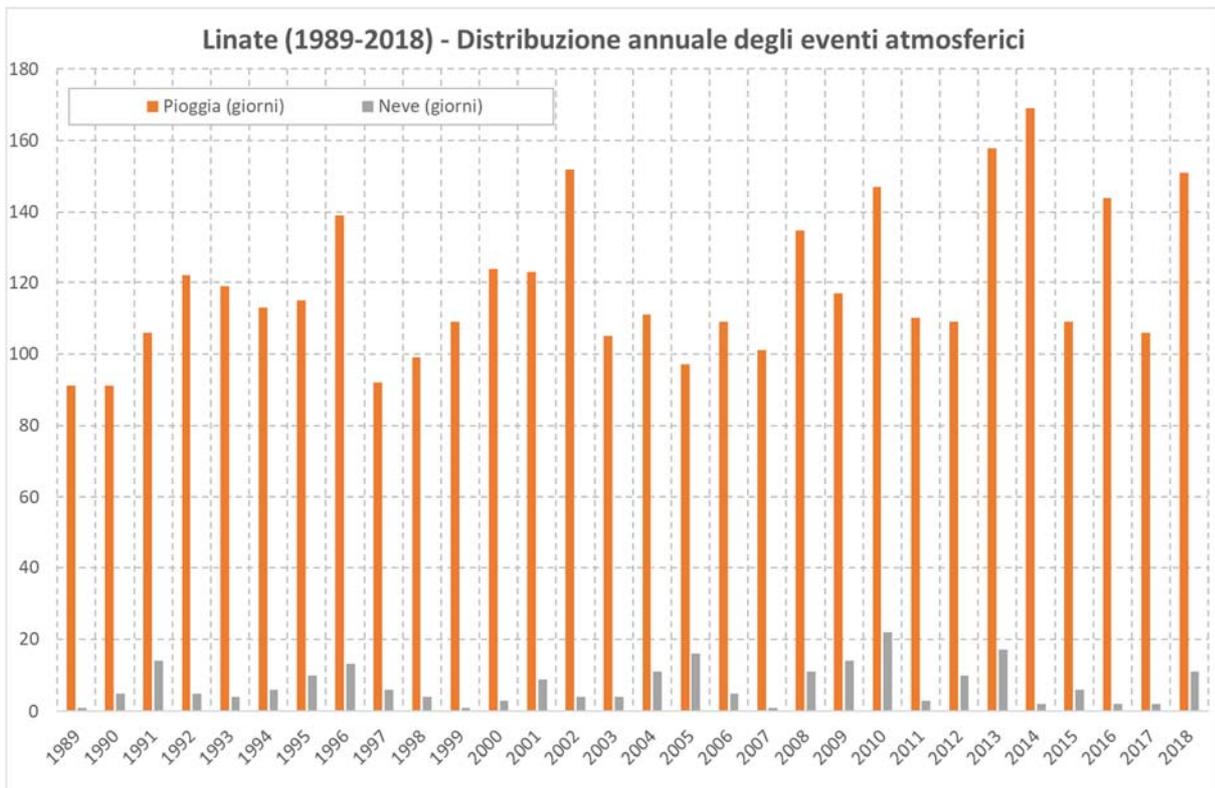


Figura 5. Distribuzione annuale degli eventi atmosferici nella stazione Linate.

### 3.3 Temperatura

Le serie temporali delle temperature minime, medie e massime mensili vengono mostrate in Figura 6. La temperatura media mensile è compresa tra  $-0.4\text{ }^{\circ}\text{C}$  e  $28.6\text{ }^{\circ}\text{C}$ , la temperatura minima assoluta è stata pari a  $-13.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (febbraio 1991) e la massima assoluta è stata pari a  $39.0\text{ }^{\circ}\text{C}$  (agosto 2003).

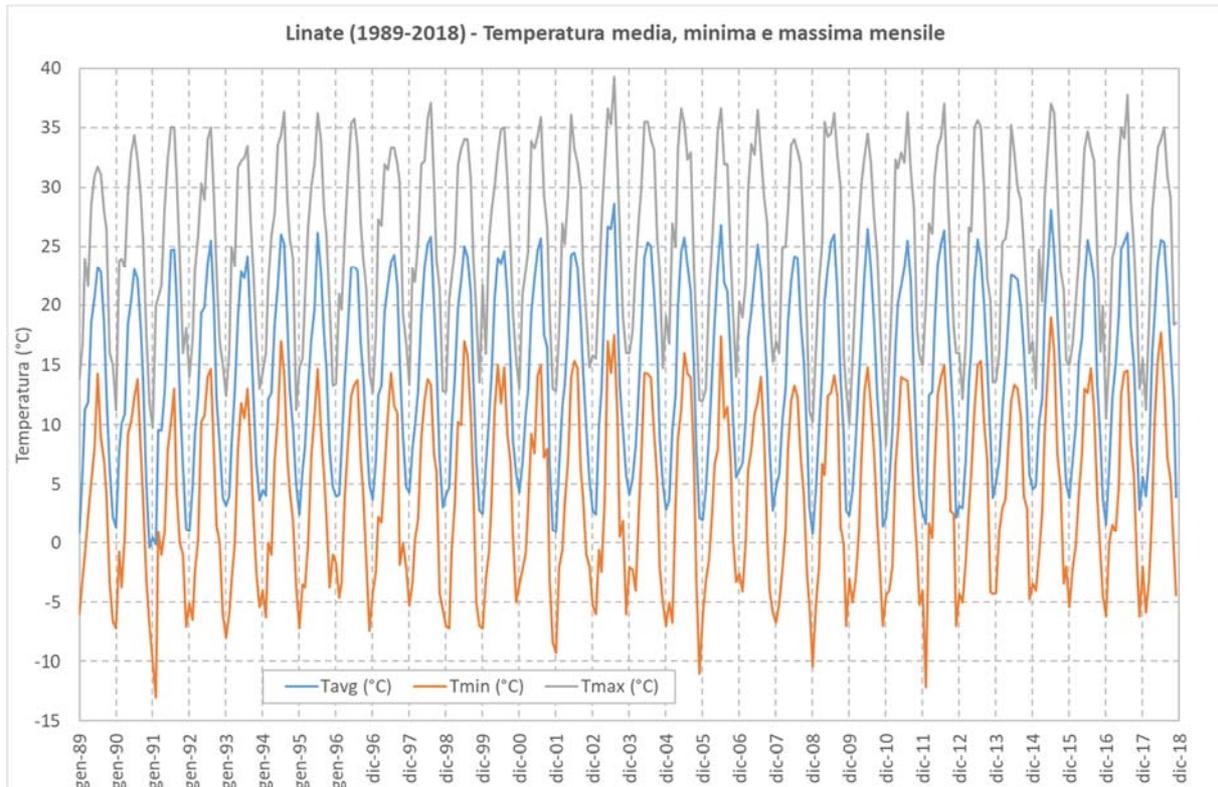


Figura 6. Temperature minime, medie e massime mensili registrate nella stazione Linate.

## 4 CARATTERIZZAZIONE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

### 4.1 La zonizzazione del territorio

Le informazioni presenti in questo paragrafo derivano dai siti internet di ARPA Lombardia e Regione Lombardia (Ambiente, Energia e Reti), nonché dalla D.g.r. n. 2605 del 30 novembre 2011.

La legislazione italiana stabilisce che le Regioni sono l'autorità competente nel campo della misura della qualità dell'aria per garantire la tutela della salute della popolazione e la protezione degli ecosistemi, e prevede la suddivisione del territorio in zone e agglomerati sui quali valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite.

La Regione Lombardia con la D.g.r. n. 2605 del 30 novembre 2011 ha recepito quanto previsto dal D. Lgs. 155/10 in merito ai criteri attraverso i quali realizzare la zonizzazione ai fini della valutazione della qualità dell'aria, ed ha modificato la precedente zonizzazione (D.g.r. 5290/2007) distinguendo il territorio in (Figura 7):

- AGGLOMERATI URBANI:
  - Agglomerato di Milano;
  - Agglomerato di Bergamo;
  - Agglomerato di Brescia
- ZONA A: pianura ad elevata urbanizzazione
- ZONA B: zona di pianura
- ZONA C: Prealpi, Appennino e Montagna
- ZONA D: Fondovalle

Il dettaglio della zonizzazione sulla Provincia di Lodi è mostrato in Figura 8. Tale zonizzazione vale per tutti gli inquinanti monitorati ai fini della valutazione della qualità dell'aria, fatta eccezione per l'ozono. Ai fini della valutazione dell'ozono la zona C è stata ulteriormente suddivisa come mostrato in Figura 9 in zona C1 (Prealpi e Appennino) e zona C2 (Montagna).

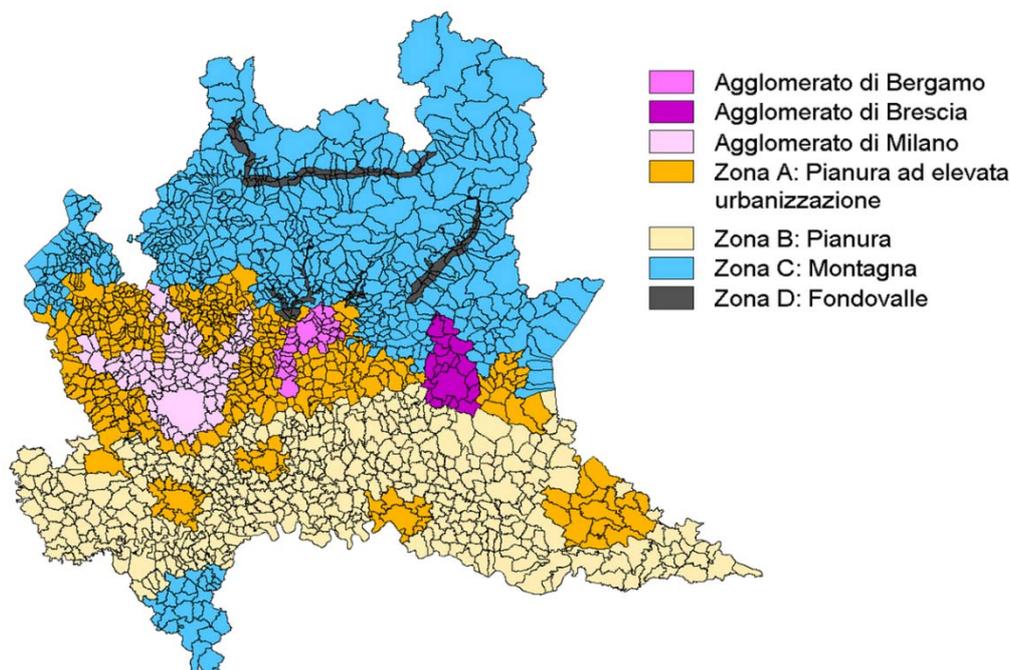


Figura 7. Attuale zonizzazione del territorio in Lombardia.

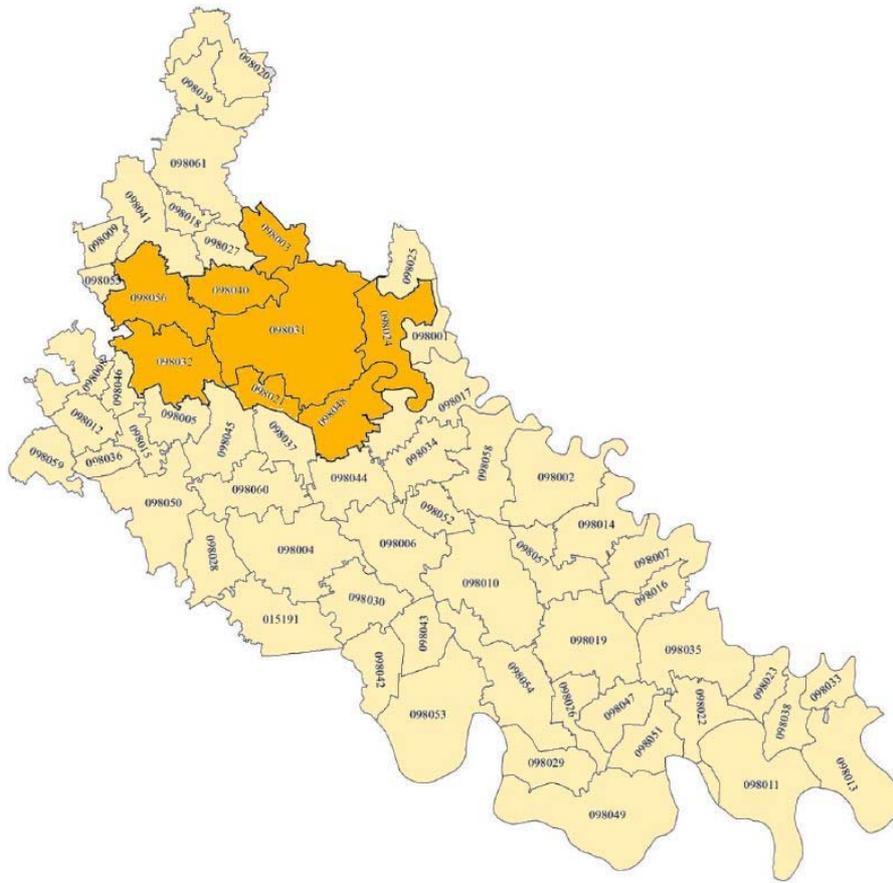


Figura 8. Attuale zonizzazione del territorio (dettaglio sulla Provincia di Lodi).

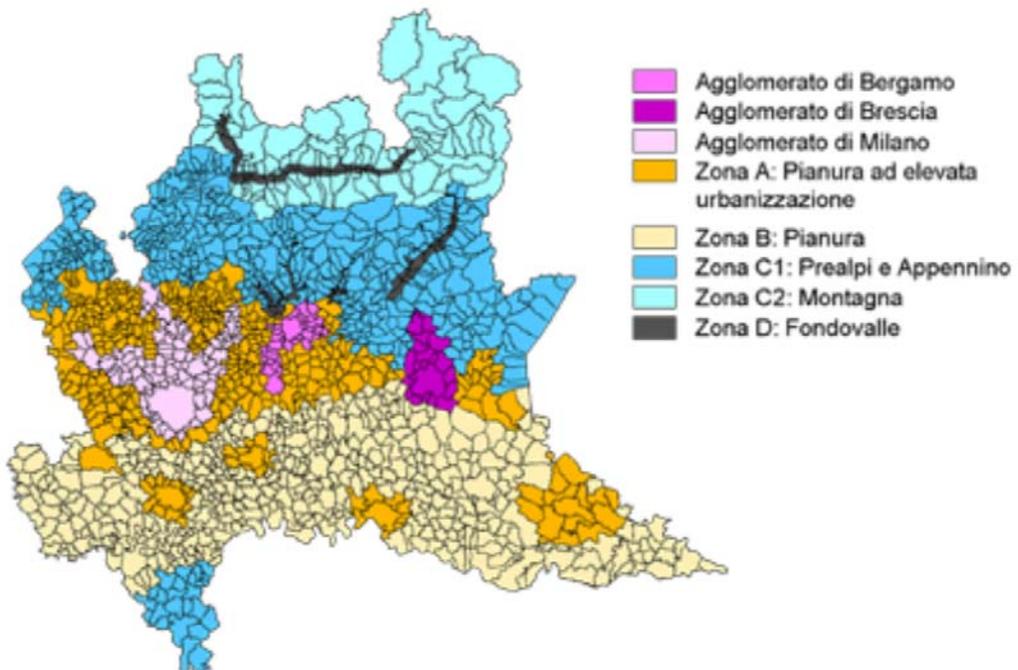


Figura 9. Attuale zonizzazione del territorio in Lombardia ai fini della valutazione dell'ozono.

Il Comune di Bertonico, dove è ubicato l'impianto oggetto dello studio, è situato all'interno della zona B (pianura), cioè dell'area caratterizzata da:

- alta densità di emissioni di PM10 e NOX, sebbene inferiore a quella della Zona A;
- alta densità di emissioni di NH3 (di origine agricola e da allevamento);
- situazione meteorologica avversa per la dispersione degli inquinanti (velocità del vento limitata, frequenti casi di inversione termica, lunghi periodi di stabilità atmosferica, caratterizzata da alta pressione);
- densità abitativa intermedia, con elevata presenza di attività agricole e di allevamento.

## **4.2 La qualità dell'aria**

### **4.2.1 La rete di monitoraggio**

Le stazioni di qualità dell'aria vengono classificate in funzione del principale tipo di sorgente da cui sono maggiormente influenzate le loro misure, e del tipo di zona in cui sono ubicate.

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 da intendersi 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

Sono stati considerati i dati di qualità dell'aria di cinque stazioni ubicate nella Provincia di Lodi: Bertonico (zona rurale, tipo fondo), Codogno (zona urbana, tipo traffico), Turano (zona rurale, tipo industriale), Lodi via Vignati (zona urbana, tipo traffico) e Lodi via Sant'Alberto (zona urbana, tipo fondo). I dati di qualità dell'aria di tali stazioni, come medie orarie o di 24 ore per le polveri, sono stati ricevuti a seguito di richieste sul sito internet di ARPA Lombardia<sup>4</sup>.

La posizione delle stazioni di monitoraggio rispetto all'impianto è mostrata in Figura 10 per mezzo di cerchi gialli; le distanze variano da circa 2.5 km (Bertonico) a circa 14 km (centraline di Lodi).

---

<sup>4</sup> <https://www.arpalombardia.it/Pages/Aria/Richiesta-Dati.aspx>



**Figura 10. Posizione delle centraline di monitoraggio della qualità dell'aria (cerchi gialli) rispetto all'impianto (cerchio rosso).**

#### 4.2.2 Biossido di azoto

Le misure orarie di biossido di azoto delle cinque stazioni di ARPA Lombardia sono state elaborate per ottenere gli indici statistici riepilogati in Tabella 2 e Tabella 3, rispettivamente per gli anni 2017 e 2018. Fatta eccezione per la stazione di Turano, che presenta una validità di circa il 25% nel 2017, tutte le altre hanno sempre indici di validità dei dati superiori al 90%.

Si osserva a tal proposito che la stazione di Turano fornisce le misure sino ai primi giorni di aprile 2017, dopodiché è probabilmente stata dismessa (non ci sono quindi misure per il 2018). Nella stazione di Bertonico, la più vicina all'impianto, il valore massimo orario di NO<sub>2</sub> è stato pari a 80.4 µg/m<sup>3</sup> e 102.7 µg/m<sup>3</sup>, rispettivamente nel 2017 e nel 2018, esso si è quindi mantenuto molto minore del limite di 200 µg/m<sup>3</sup> stabilito dal D.Lgs. 155/2010. Tale limite non è mai stato superato in nessuna stazione nei due anni considerati.

Il valore medio annuale di NO<sub>2</sub> ha superato il limite di 40 µg/m<sup>3</sup> stabilito dal D.Lgs. 155/2010 solo nella stazione di Turano che però, come anticipato, è stata attiva solo per i primi tre mesi (o poco più) del 2017.

<b>NO2 2017</b>	<b>Bertonico</b>	<b>Codogno</b>	<b>Turano</b>	<b>Lodi Vignati</b>	<b>Lodi Sant'Alberto</b>
Validità (%)	96.3	91.2	25.3	91.6	98.2
Minimo (µg/m <sup>3</sup> )	3.1	0.5	11.2	5.5	2.3
Massimo (µg/m <sup>3</sup> )	80.4	190.8	99.6	191.6	164.2
Media (µg/m <sup>3</sup> )	26.5	34.9	43.2	37.2	33.3
Mediana (µg/m <sup>3</sup> )	23.5	31.6	42.4	31.8	27.2
Superamenti	0	0	0	0	0

**Tabella 2. Statistiche riepilogative delle medie orarie di NO<sub>2</sub>. Anno 2017.**

<b>NO2 2018</b>	<b>Bertonico</b>	<b>Codogno</b>	<b>Turano</b>	<b>Lodi Vignati</b>	<b>Lodi Sant'Alberto</b>
Validità (%)	95.2	97.9	0.0	98.1	97.2
Minimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	1.3	0.2	-	2.4	0.1
Massimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	102.7	148.1	-	179.8	117.9
Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	21.8	33.7	-	34.3	29.3
Mediana ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	19.1	29.9	-	30.9	25.6
Superamenti	0	0	-	0	0

**Tabella 3. Statistiche riepilogative delle medie orarie di NO2. Anno 2018.**

#### 4.2.3 Rapporto NO2/NOX

La Tabella 4 e la Tabella 5 riportano le statistiche ottenute dai rapporti tra le concentrazioni di NO2 e quelle di NOX misurate durante gli anni 2017 e 2018 nelle stazioni considerate. Si osserva che nella stazione Lodi Vignati il valore massimo del rapporto è maggiore di uno, probabilmente a causa di errori di misura. I valori minimi in tutte le stazioni sono dell'ordine del 10% o 15%, valori abbastanza tipici del rapporto tra i due inquinanti all'emissione<sup>5</sup>.

I valori medi delle stazioni di tipo traffico sono pari a circa 0.4 per Turati e 0.8 per Broletto. I valori medi e mediani sono quasi sempre minori del 70% (solo la mediana in Lodi Vignati è pari al 73%, ma tale valore diminuirebbe correggendo le situazioni anomale che portano ad avere un valore massimo del rapporto maggiore di uno).

<b>NO2/NOX 2017</b>	<b>Bertonico</b>	<b>Codogno</b>	<b>Turano</b>	<b>Lodi Vignati</b>	<b>Lodi Sant'Alberto</b>
Validità (%)	96.3	91.2	25.3	91.6	98.2
Minimo	0.12	0.13	0.14	0.09	0.14
Massimo	0.95	1.00	0.94	0.95	0.99
Media	0.67	0.63	0.48	0.66	0.64
Mediana	0.69	0.64	0.44	0.69	0.66

**Tabella 4. Statistiche relative ai rapporti tra le misure di NO2 e quelle di NOX. Anno 2017.**

<b>NO2/NOX 2018</b>	<b>Bertonico</b>	<b>Codogno</b>	<b>Turano</b>	<b>Lodi Vignati</b>	<b>Lodi Sant'Alberto</b>
Validità (%)	95.2	97.9	0.0	98.1	97.2
Minimo	0.06	0.07	-	0.13	0.01
Massimo	1.00	1.00	-	1.07	1.00
Media	0.65	0.66	-	0.68	0.60
Mediana	0.66	0.67	-	0.73	0.61

**Tabella 5. Statistiche relative ai rapporti tra le misure di NO2 e quelle di NOX. Anno 2018.**

<sup>5</sup> Ad esempio, per il traffico autoveicolare: <https://www.atmos-chem-phys-discuss.net/acpd-2005-0344/>

#### 4.2.4 Ammoniaca

L'ammoniaca viene misurata solo nella stazione di Bertonico; le statistiche riepilogative di tali misure per i due anni sono mostrate in Tabella 6. A partire dalle misure medie di un'ora sono state calcolate le medie di 24 ore, il cui valore massimo vale 98.1  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2017 e 100.0  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  nel 2018. Nel 2018 quindi il valore massimo è pari al riferimento stabilito dagli Ambient Air Quality Criteria del Ministero dell'Ambiente dell'Ontario.

NH3	Bertonico 2017	Bertonico 2018
Validità (%)	90.7	82.3
Minimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	6.7	3.3
Massimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	208.8	246.0
Media ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	37.1	33.9
Mediana ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	30.0	26.0

**Tabella 6. Statistiche riepilogative delle medie orarie di NH3. Anni 2017 e 2018.**

#### 4.2.5 Monossido di carbonio

Il monossido di carbonio viene misurato solo nelle stazioni di Turano (per i primi mesi del 2017) e di Lodi Vignati. Le statistiche riepilogative delle misure orarie sono mostrate in Tabella 7. Si osserva che il valore massimo orario è pari a 2.4  $\text{mg}/\text{m}^3$ , pertanto la massima media mobile di 8 ore è sicuramente minore di 10  $\text{mg}/\text{m}^3$ , limite stabilito dal D.Lgs. 155/2010.

CO	Turano 2017	Lodi Vignati 2017	Turano 2018	Lodi Vignati 2018
Validità (%)	25.3	98.2	0.0	98.3
Minimo ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0.3	0.0	-	0.2
Massimo ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	1.5	2.2	-	2.4
Media ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0.7	0.5	-	0.7
Mediana ( $\text{mg}/\text{m}^3$ )	0.7	0.5	-	0.6

**Tabella 7. Statistiche riepilogative delle medie orarie di CO. Anni 2017 e 2018.**

#### 4.2.6 Polveri (PM10 e PM2.5)

Le misure giornaliere di PM10 delle stazioni di ARPA Lombardia sono state elaborate per ottenere gli indici statistici riepilogati in Tabella 8 e Tabella 9 (Turano non misura PM10), rispettivamente per gli anni 2017 e 2018. Tutte le stazioni hanno indici di validità dei dati superiori al 95%.

In tutte le stazioni e in entrambi gli anni il valore massimo della concentrazione media di 24 ore è stato superiore ai 50  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  stabiliti dal D.Lgs. 155/2010. Inoltre, il numero di superamenti di tale soglia è stato superiore ai 35 ammessi, variando da 41 (Lodi Sant'Alberto 2018) a 90 (Lodi Vignati 2017). Il valore medio annuale di PM10 ha superato il limite di 40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  stabilito dal D.Lgs. 155/2010 solo nella stazione Lodi Vignati durante l'anno 2017.

In generale, si osserva un lieve miglioramento nella qualità dell'aria per il PM10 nel passaggio dal 2017 al 2018.

PM10 2017	Bertonico	Codogno	Lodi Vignati	Lodi Sant'Alberto
Validità (%)	98.4	95.9	97.8	98.6

Minimo	1.0	4.0	7.0	7.0
Massimo	144.0	138.0	165.0	135.0
Media	35.3	38.4	41.3	35.4
Mediana	28.0	31.0	34.0	27.0
Superamenti	82	88	90	76

**Tabella 8. Statistiche riepilogative delle medie di 24 ore di PM10. Anno 2017.**

PM10 2018	Bertonico	Codogno	Lodi Vignati	Lodi Sant'Alberto
Validità (%)	98.9	99.2	97.8	96.7
Minimo	4.0	7.0	4.0	6.0
Massimo	96.0	103.0	109.0	90.0
Media	30.6	35.1	38.0	31.0
Mediana	27.0	31.0	33.0	27.0
Superamenti	43	59	78	41

**Tabella 9. Statistiche riepilogative delle medie di 24 ore di PM10. Anno 2018.**

Il PM2.5 viene misurato nelle due stazioni di Lodi considerate in questo studio e, per pochi mesi dell'anno 2017, nella stazione di Turano. Gli indici statistici delle medie di 24 ore sono riepilogati in Tabella 10 e Tabella 11. Si osserva che il valore medio annuale è superiore al limite di 25 µg/m<sup>3</sup> stabilito D.Lgs. 155/2010 solo nella stazione Lodi Sant'Alberto durante l'anno 2017.

PM2.5 2017	Turano	Lodi Vignati	Lodi Sant'Alberto
Validità (%)	25.2	97.0	98.6
Minimo	7.0	2.0	5.0
Massimo	118.0	137.0	120.0
Media	37.9	22.3	27.1
Mediana	34.0	15.0	19.0

**Tabella 10. Statistiche riepilogative delle medie di 24 ore di PM2.5. Anno 2017.**

PM2.5 2018	Turano	Lodi Vignati	Lodi Sant'Alberto
Validità (%)	0.0	87.7	96.7
Minimo	-	1.0	4.0
Massimo	-	68.0	79.0
Media	-	17.9	23.8
Mediana	-	14.0	19.0

**Tabella 11. Statistiche riepilogative delle medie di 24 ore di PM2.5. Anno 2018.**

#### 4.2.7 Considerazioni riepilogative

Il biossido di azoto (NO<sub>2</sub>) viene misurato da quattro stazioni nell'area di studio: Bertonico, Codogno d'Adda, Lodi Vignati e Lodi Sant'Alberto. Non si considera Turano che ha una validità di circa il 25% nel 2017 mentre nel 2018 appare completamente spenta.

Il valore limite stabilito per la media di 1 ora di NO<sub>2</sub> (200 µg/m<sup>3</sup>) viene rispettato in entrambi gli anni, il valore massimo orario registrato è infatti pari a 191.6 µg/m<sup>3</sup> nella stazione Lodi Vignati (anno 2017). Anche la media annuale rispetta il limite stabilito dal D.Lgs. 155/2010 (40 µg/m<sup>3</sup>), il valore maggiore è infatti pari a 37.2 µg/m<sup>3</sup>, sempre per la stazione Lodi Vignati (anno 2017).

L'ammoniaca viene misurata solo nella stazione Bertonico, è la sua massima media di 24 ore (parametro per cui è stabilito un valore di riferimento pari a 100 µg/m<sup>3</sup> dagli AAQC dell'Ontario), è proprio pari a 100 µg/m<sup>3</sup> nel 2018, mentre nel 2017 è di poco minore (98.1 µg/m<sup>3</sup>).

Il monossido di carbonio è misurato solo nella stazione di tipo traffico Lodi Vignati (escludendo sempre Turano), e la massima media di 1 ora è pari a 2.4 mg/m<sup>3</sup> (anno 2018). Tale valore è minore del limite stabilito per la massima media mobile di 8 ore (10 mg/m<sup>3</sup>). Ovviamente la media mobile di 8 ore sarà minore della media oraria.

Il PM<sub>10</sub> è misurato dalle quattro stazioni che misurano NO<sub>2</sub>. Il limite di 50 µg/m<sup>3</sup> stabilito dal D.Lgs. 155/2010 per la media di 24 ore viene superato in tutte le stazioni per più delle 35 volte consentite in un anno.

Nel 2017 i superamenti sono compresi tra 76 e 90, mentre nel 2018 sono compresi tra 41 e 78. Il valore medio annuale di PM<sub>10</sub> ha superato il limite di 40 µg/m<sup>3</sup> stabilito dal D.Lgs. 155/2010 solo nella stazione Lodi Vignati durante l'anno 2017.

Infine, il PM<sub>2.5</sub> viene misurato dalle due stazioni di Lodi, e la media annuale supera il limite di 25 µg/m<sup>3</sup> stabilito dal D.Lgs 155/2010 nella stazione Sant'Alberto (27.1 µg/m<sup>3</sup>) durante l'anno 2017, mentre viene rispettato durante l'anno 2018.

## 5 IL SISTEMA MODELLISTICO CALMET/CALPUFF

### 5.1 Criteri di selezione

Il sistema modellistico **CALMET/CALPUFF versione 7** (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 meteorodiffusive 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.

### 5.2 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 e Bianconi, 2012; Bellasio et al., 2017; 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).

### 5.3 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.

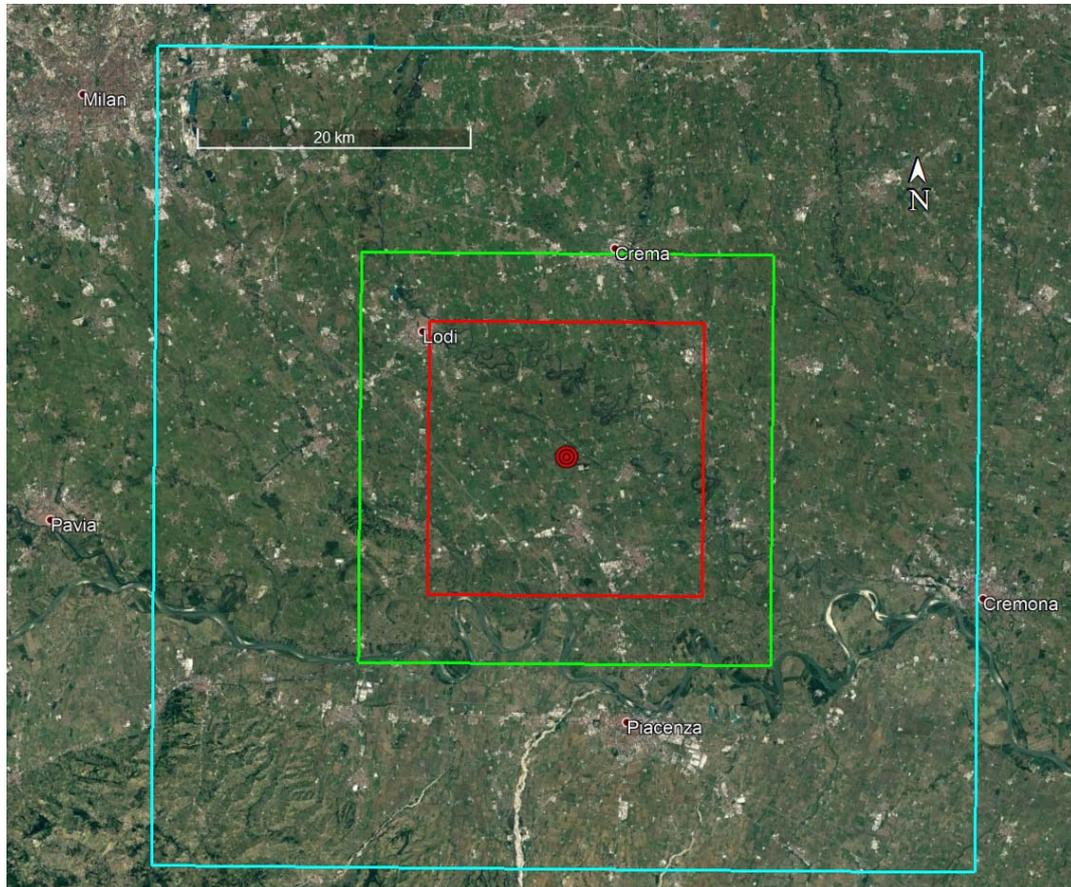
CALPUFF ha la peculiarità di utilizzare 3 tipologie di domini di calcolo:

- 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.

## 6 COSTRUZIONE DELL'INPUT METEOROLOGICO

Il dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET è rappresentato in Figura 11 con un quadrato azzurro. Le coordinate UTM 32T dell'angolo di sud ovest del dominio di CALMET sono  $E = 520000$  m,  $N = 4978250$  m; la dimensione del dominio di simulazione è di  $60 \times 60$  km<sup>2</sup>, e il passo di griglia è di 1 km. 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.



**Figura 11. Dominio di simulazione del modello meteorologico diagnostico CALMET (quadrato azzurro) e domini computazionale e di campionamento di CALPUFF (quadrati verde e rosso).**

La zona di studio è caratterizzata da terreno relativamente semplice, con orografia praticamente pianeggiante. L'orografia media e l'utilizzo del suolo sono stati determinati per ogni cella del dominio di calcolo descritto a partire da dati originali SRTM (Shuttle Radar Topography Mission). Sia i dati di orografia così ottenuti, sia i dati di utilizzo del suolo (derivati da CORINE) sono stati verificati utilizzando mappe satellitari. La mappa di utilizzo del suolo ottenuta a seguito del procedimento descritto è mostrata in Figura 12. L'orografia media sulle celle di lato pari a 1000 m (Figura 13) varia da circa 30 metri nella zona sudorientale del dominio, a poco meno di 500 m nella zona sudoccidentale del dominio.

In direzione verticale sono state utilizzate 12 griglie di calcolo per un'altezza totale di 3000 m. Il periodo temporale di simulazione è costituito dagli anni 2017 e 2018.

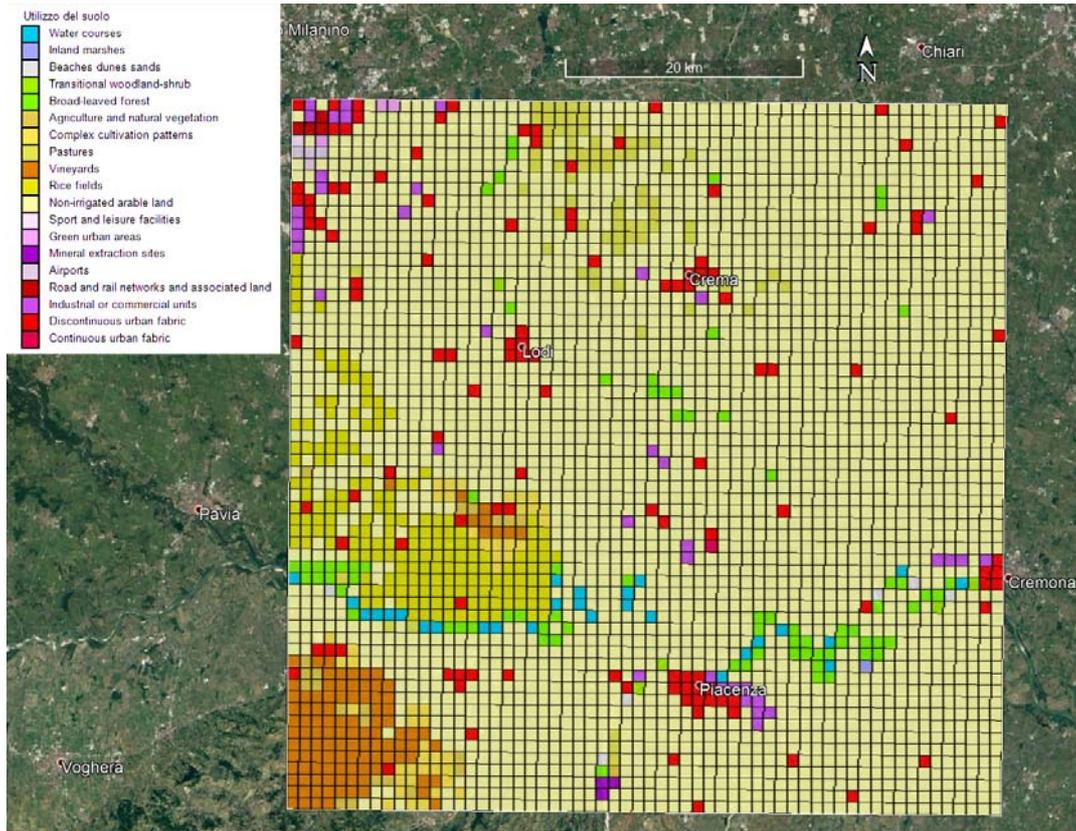


Figura 12. Utilizzo del suolo sul dominio discretizzato con celle di 1000 m.

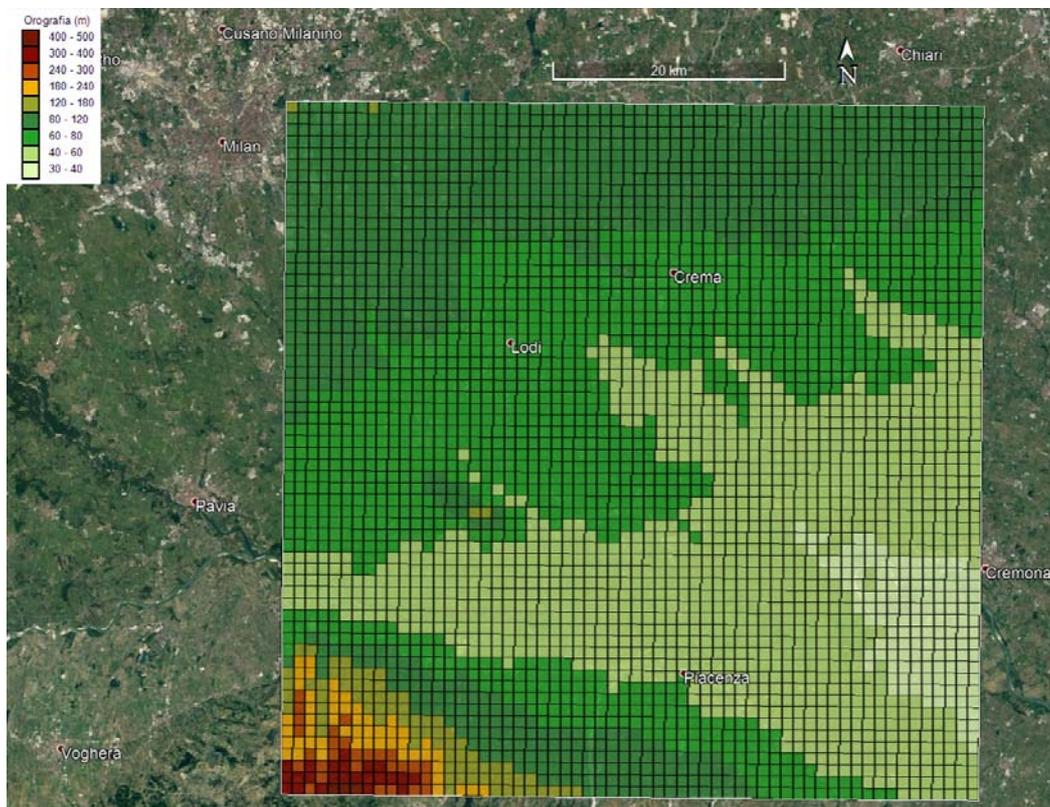


Figura 13. Orografia sul dominio discretizzato con celle di 1000 m.

## 6.1 Dati meteorologici

Il modello CALMET necessita in ingresso di misure meteorologiche al suolo con risoluzione oraria e di almeno un profilo verticale con risoluzione temporale non superiore alle 12 ore.

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. Oltre ai dati provenienti da stazioni di misura CALMET può utilizzare in input anche l'output di modelli prognostici come WRF<sup>6</sup>.

Per ricostruire il campo meteorologico relativo agli anni 2017 e 2018 sul dominio di interesse sono stati utilizzati gli output di WRF come *first guess* per inizializzare i campi meteorologici di CALMET in superficie ed in quota, senza l'ausilio di nessuna stazione meteorologica. Poiché CALMET effettua interpolazioni basate sull'inverso della distanza al quadrato, la stazione che sarebbe stato più sensato utilizzare è quella di Bertanico, ubicata a circa 2.4 km a ENE dalla centrale.

L'anemometro di tale stazione appare però potenzialmente schermato da edifici ed alberi che si trovano a meno di 20 m da esso, come mostrato in Figura 14 e Figura 15. E' stato quindi preferito non utilizzare tale stazione in input a CALMET.

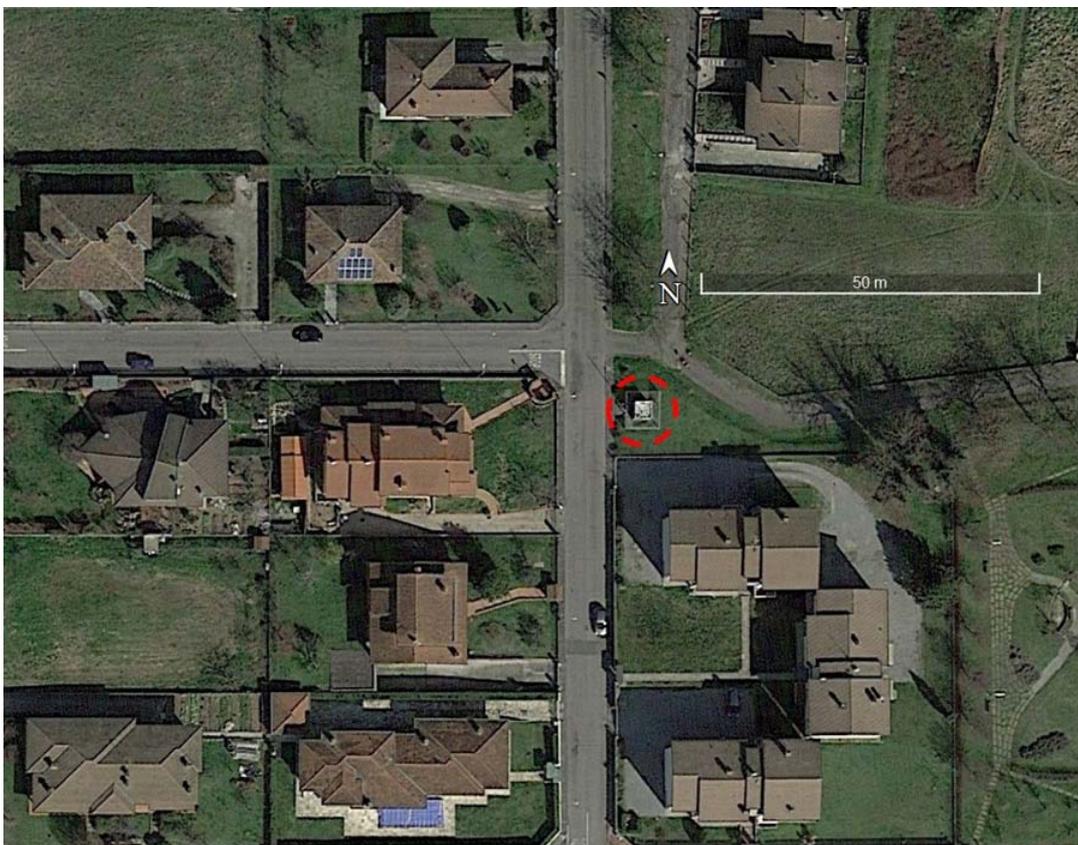


Figura 14. Posizione della stazione meteorologica di Bertanico (cerchio rosso). Vista orizzontale.

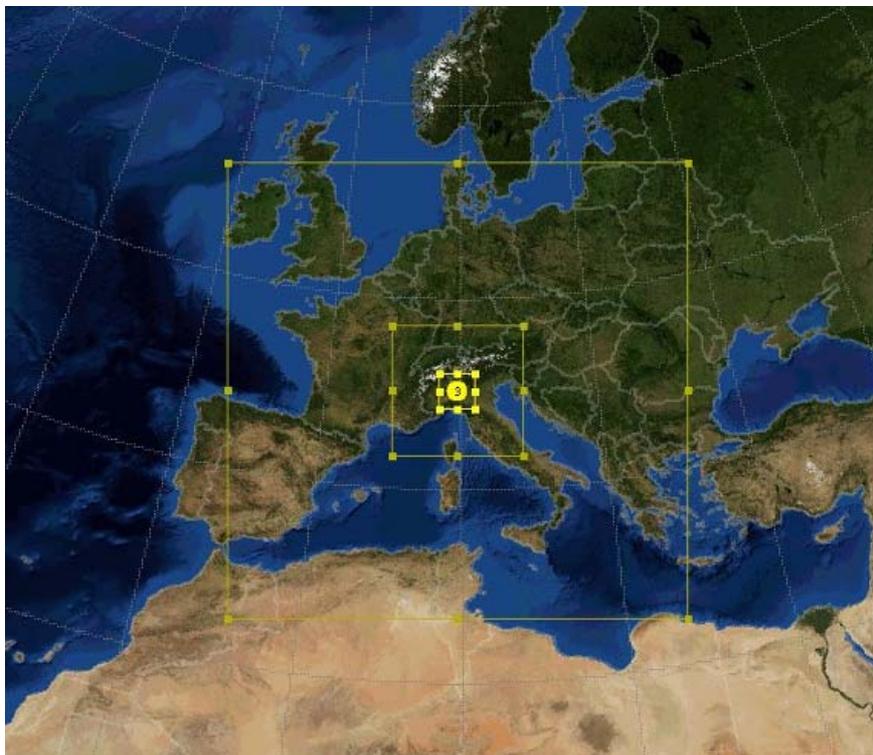
<sup>6</sup> <https://www.mmm.ucar.edu/weather-research-and-forecasting-model>



**Figura 15. Posizione della stazione meteorologica di Bertinico. Vista in prospettiva.**

Per questo studio è stata utilizzata la versione 4.0 di WRF (ARW core). Il modello è stato inizializzato con i dati NCEP FNL (Final) Operational Global Analysis data 3<sup>7</sup>, disponibili ogni sei ore su una griglia di 1x1 gradi. WRF è stato utilizzato con 45 livelli verticali, sino ad un livello di pressione di 50 mb.

Sono stati utilizzati tre domini innestati con risoluzione, dall'esterno all'interno, di 27 km, 9 km e 3 km. L'estensione dei domini è mostrata in Figura 16. Il dominio più interno ha un'estensione di circa 200 km di lato, e l'output su tale dominio, opportunamente processato, è stato utilizzato in input a CALMET.



**Figura 16. Domini innestati del modello meteorologico WRF.**

<sup>7</sup> <https://rda.ucar.edu/datasets/ds083.2/>

Per valutare la qualità della simulazione sono state preparate le rose del vento degli anni 2017 e 2018 della stazione meteo di Cavenago d'Adda, situata a circa 7.5 km a NW dalla centrale e apparentemente non influenzata da ostacoli. Sono inoltre stati estratti i dati di direzione e velocità del vento dalla cella di CALMET contenente la stazione meteorologica, e sono stati utilizzati per preparare le corrispondenti rose del vento.

Come si può osservare dalla Figura 17 il confronto è soddisfacente. Si nota che le misure sono tipicamente caratterizzate da vento di intensità minore, ma ciò potrebbe essere dovuto alla quota dell'anemometro, che potrebbe essere minore di 10 m (mentre per CALMET è esattamente 10 m).

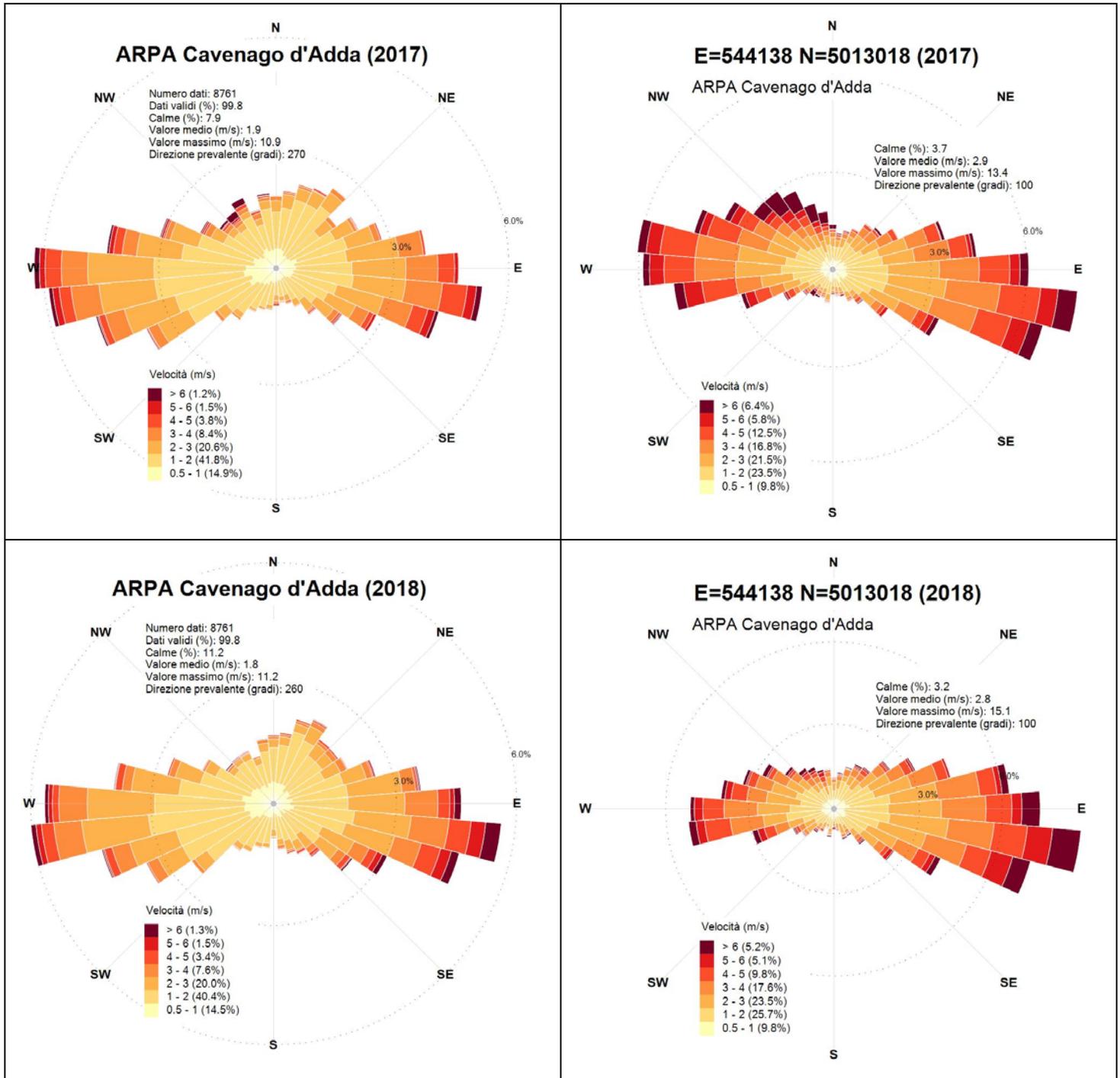


Figura 17. Rose del vento per la stazione di Cavenago d'Adda negli anni 2017 e 2018. Misure a sinistra e ricostruzione con WRF-CALMET a destra.

Le rose del vento annuali ottenute da CALMET per un punto interno alla Centrale sono mostrate in Figura 18. Data l'orografia molto piatta, tali rose sono simili a quelle ottenute dal modello per Cavenago d'Adda. In Figura 19 e Figura 20 vengono mostrate le rose del vento stagionali, rispettivamente per gli anni 2017 e 2018, mentre in Figura 21 e Figura 22 vengono mostrate le rose del vento diurne e notturne, rispettivamente per gli anni 2017 e 2018.

Il passaggio da giorno a notte per ogni giorno è stato determinato dal software utilizzato per creare le rose del vento a partire dalle coordinate geografiche dell'impianto.

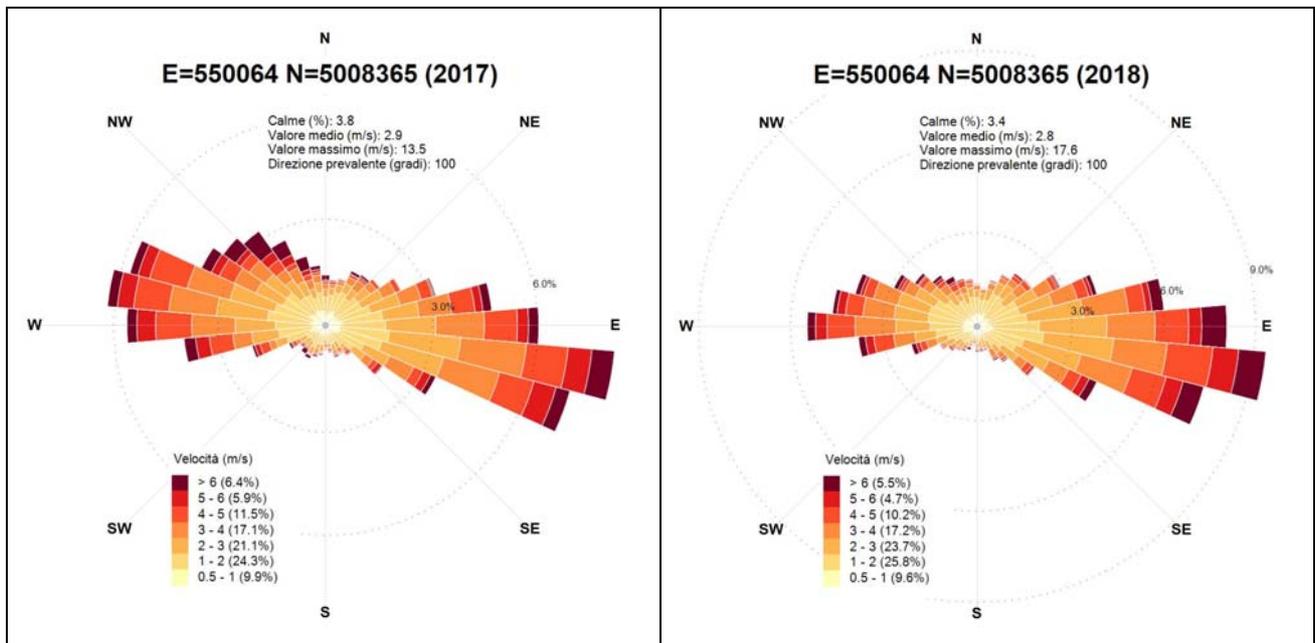


Figura 18. Rose del vento estratte da CALMET in corrispondenza alla Centrale negli anni 2017 e 2018.

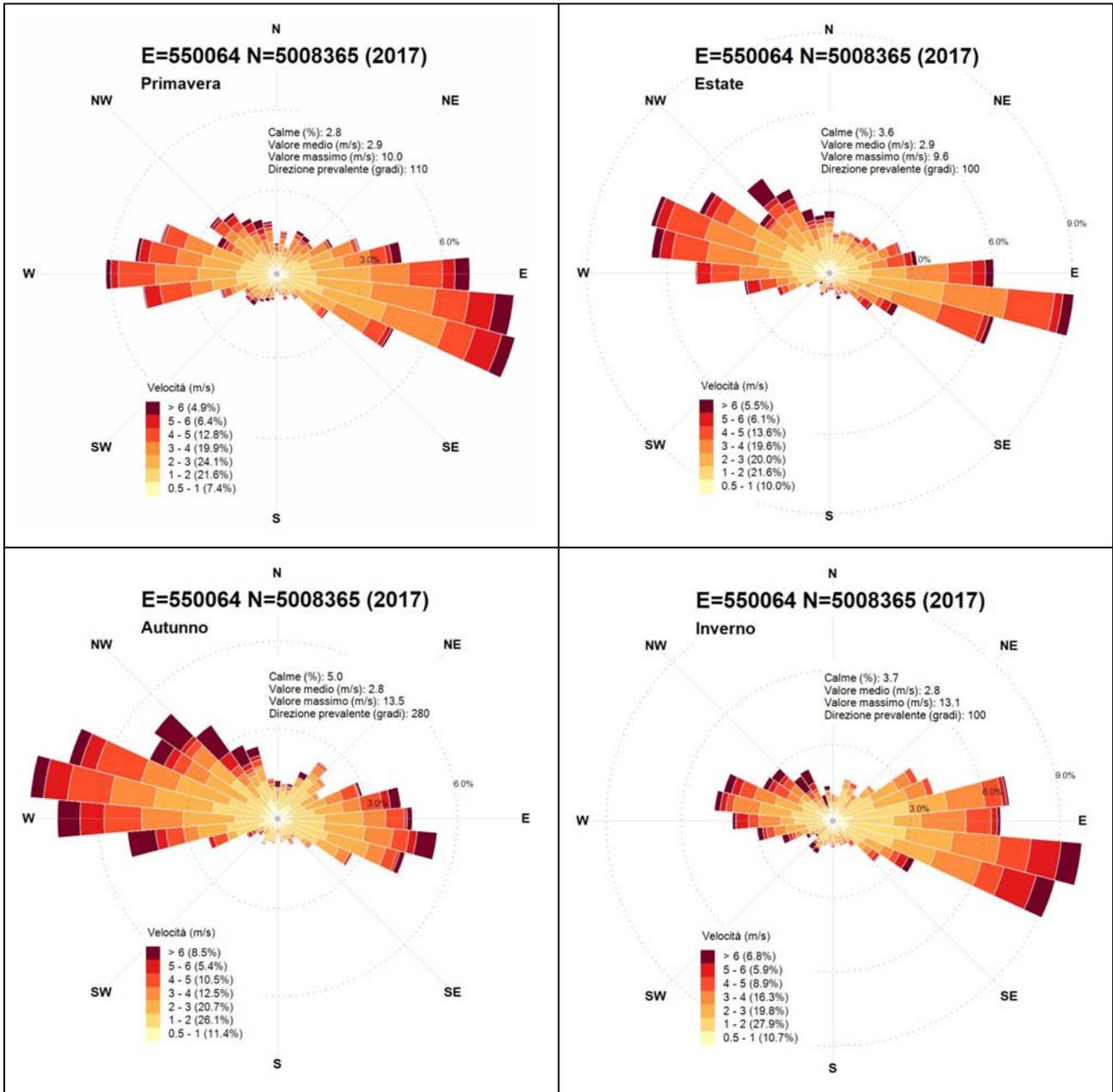


Figura 19. Rose del vento stagionali estratte da CALMET in corrispondenza alla Centrale per l'anno 2017.

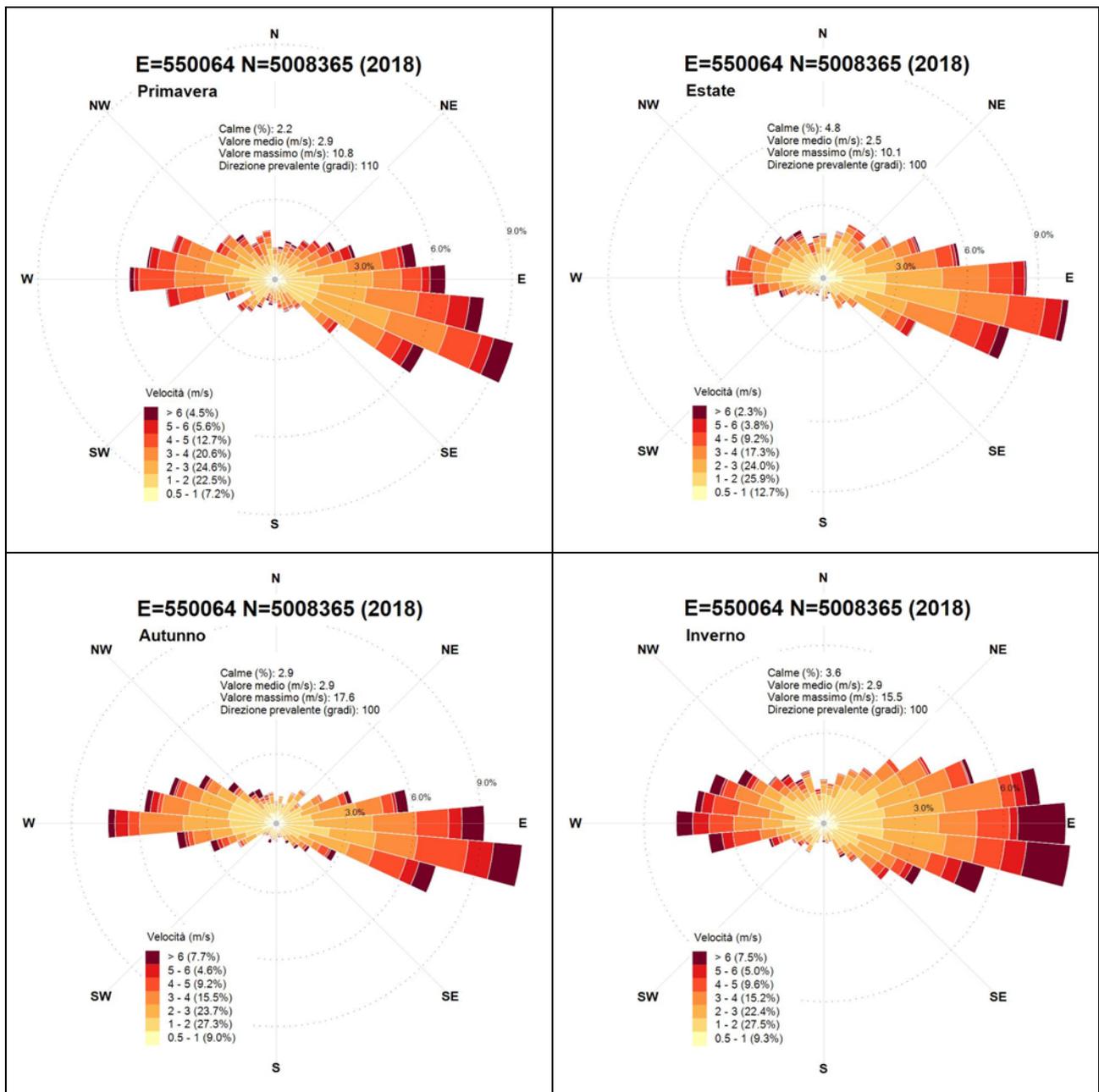


Figura 20. Rose del vento stagionali estratte da CALMET in corrispondenza alla Centrale per l'anno 2018.

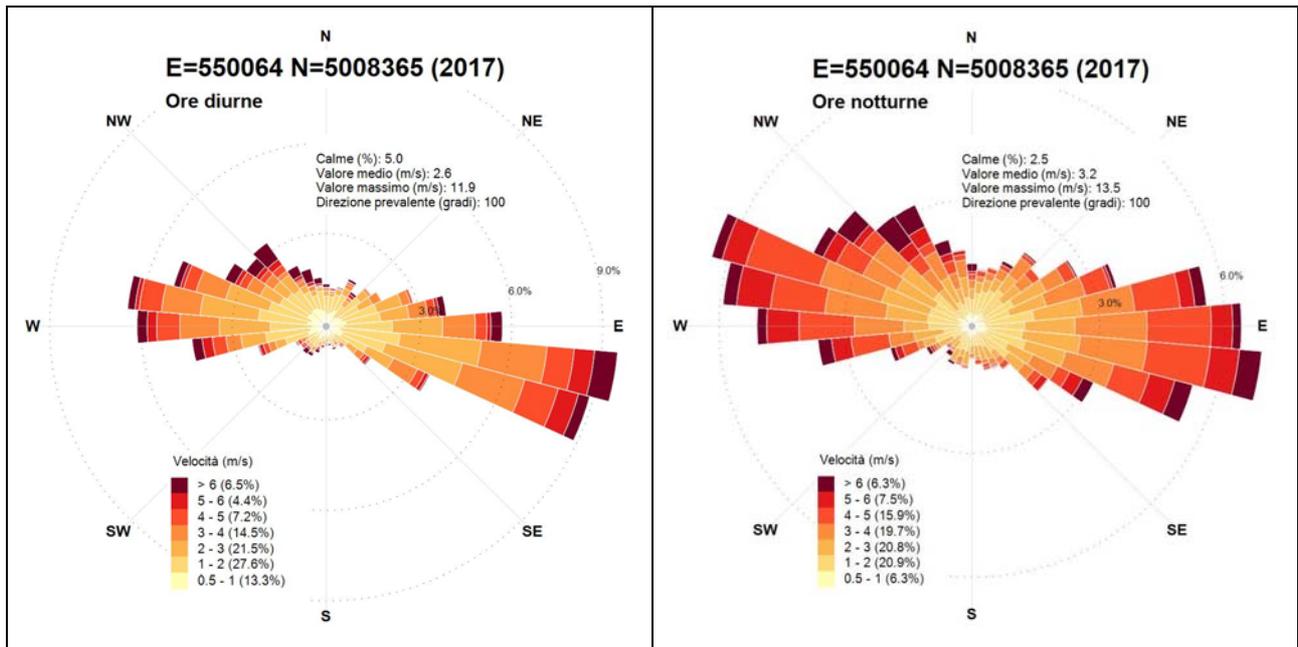


Figura 21. Rose del vento diurne/notturne estratte da CALMET in corrispondenza alla Centrale per l'anno 2017.

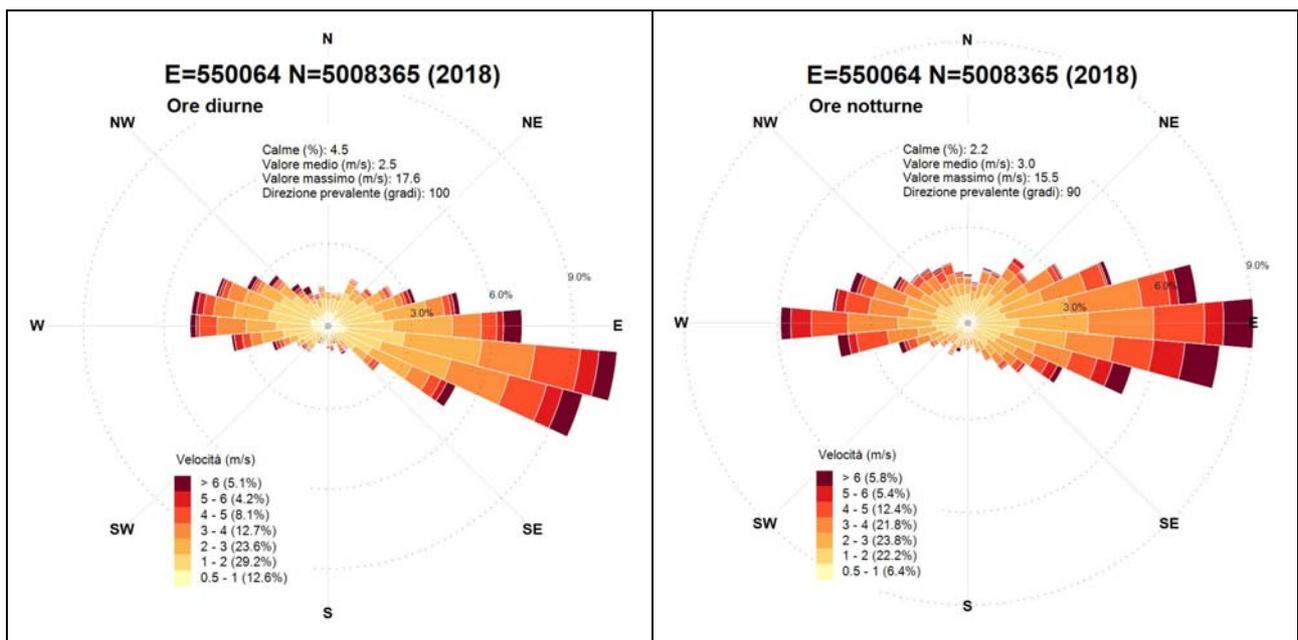


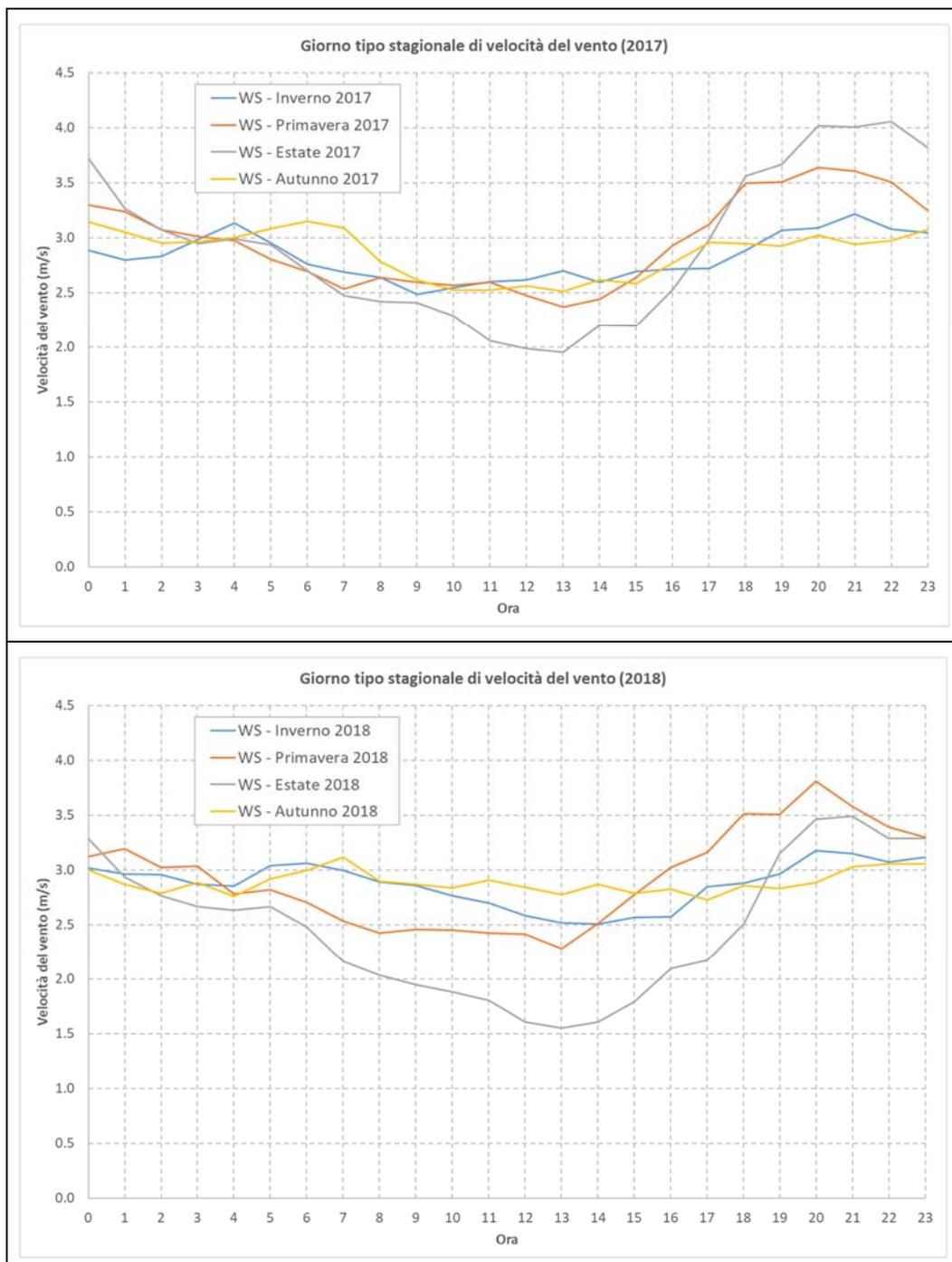
Figura 22. Rose del vento diurne/notturne estratte da CALMET in corrispondenza alla Centrale per l'anno 2018.

Il giorno tipo stagionale di velocità del vento a 10 m sopra il suolo, ottenuto dai dati estratti da CALMET in corrispondenza della griglia di calcolo contenente il camino in progetto è mostrato in Figura 23 per entrambi gli anni di simulazione. Si nota in generale un incremento della velocità del vento nelle ore serali e notturne, e un minimo in tarda mattinata e inizio pomeriggio, in particolare per la situazione estiva.

La Figura 24 mostra il giorno tipo stagionale di temperatura per entrambi gli anni. Si nota la correttezza sia dell'andamento giornaliero, con minimi poco prima dell'alba e massimi nel pomeriggio inoltrato, sia dell'andamento stagionale, con valori che aumentano nell'ordine inverno, autunno, primavera ed estate.

La Figura 25 mostra il giorno tipo stagionale dell'altezza di rimescolamento. Si osserva che nelle ore notturne (stabili) i valori sono molto simili in tutte le stagioni. Quando invece si innescano situazioni convettive durante le ore diurne, il valore massimo dell'altezza di rimescolamento in primavera ed estate è circa il doppio di quello invernale ed autunnale. Si osserva inoltre, la maggiore durata temporale delle situazioni convettive in primavera ed estate rispetto alle altre due stagioni.

Infine, la Figura 26 mostra la precipitazione cumulata stagionale e annuale estratta da CALMET per gli anni 2017 e 2018. Coerentemente con il dato climatologico (Figura 3) si nota una minore precipitazione durante l'anno 2017 (491 mm) rispetto all'anno 2018 (807 mm). La stagione più piovosa nel 2017 è stata la primavera con 181 mm, mentre nell'anno 2018 è stato l'autunno con 253 mm.



**Figura 23. Giorno tipo stagionale di velocità del vento estratta da CALMET in corrispondenza alla Centrale per gli anni 2017 (sopra) e 2018 (sotto).**

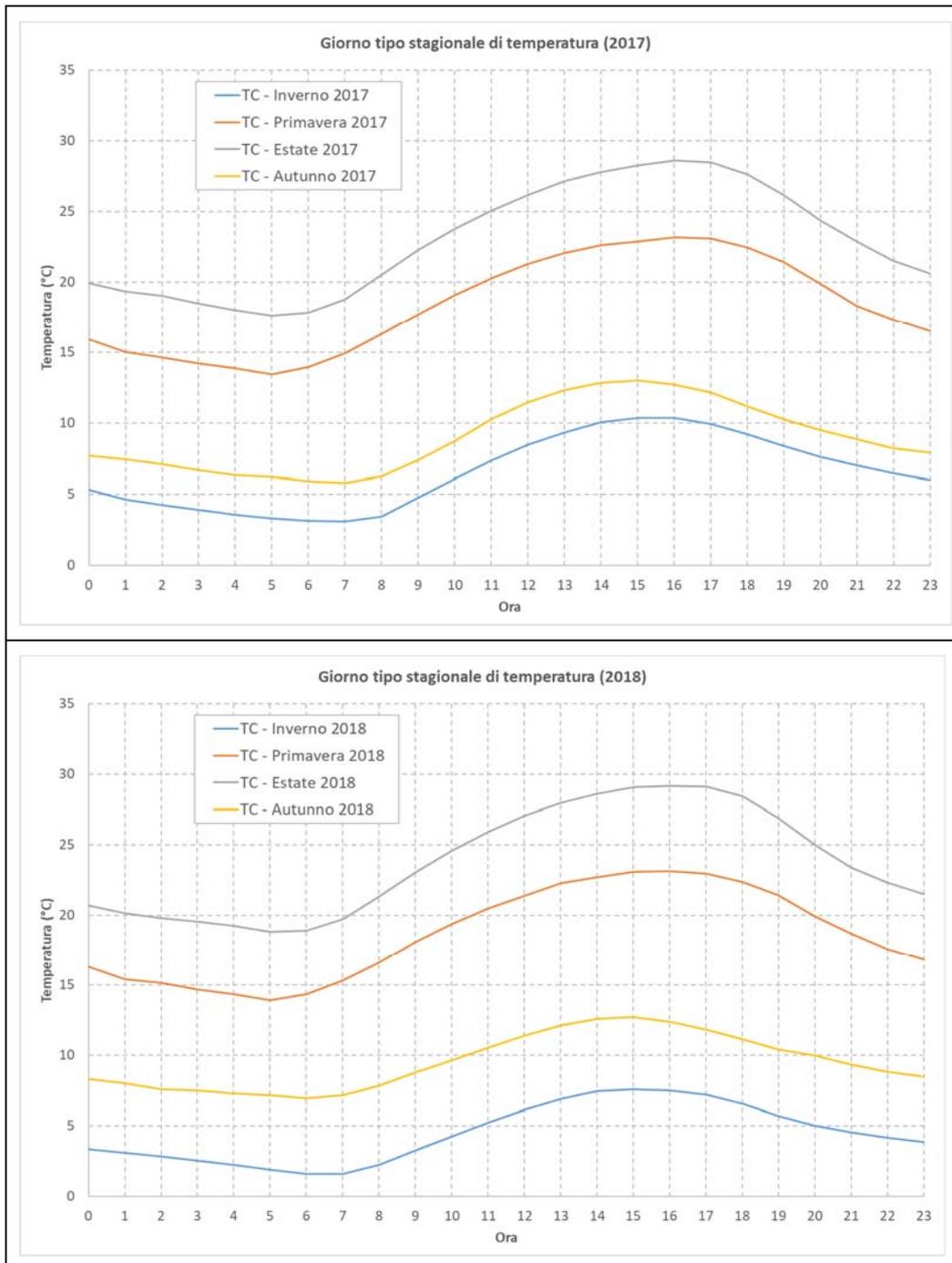


Figura 24. Giorno tipo stagionale di temperatura estratta da CALMET in corrispondenza alla Centrale per gli anni 2017 (sopra) e 2018 (sotto).

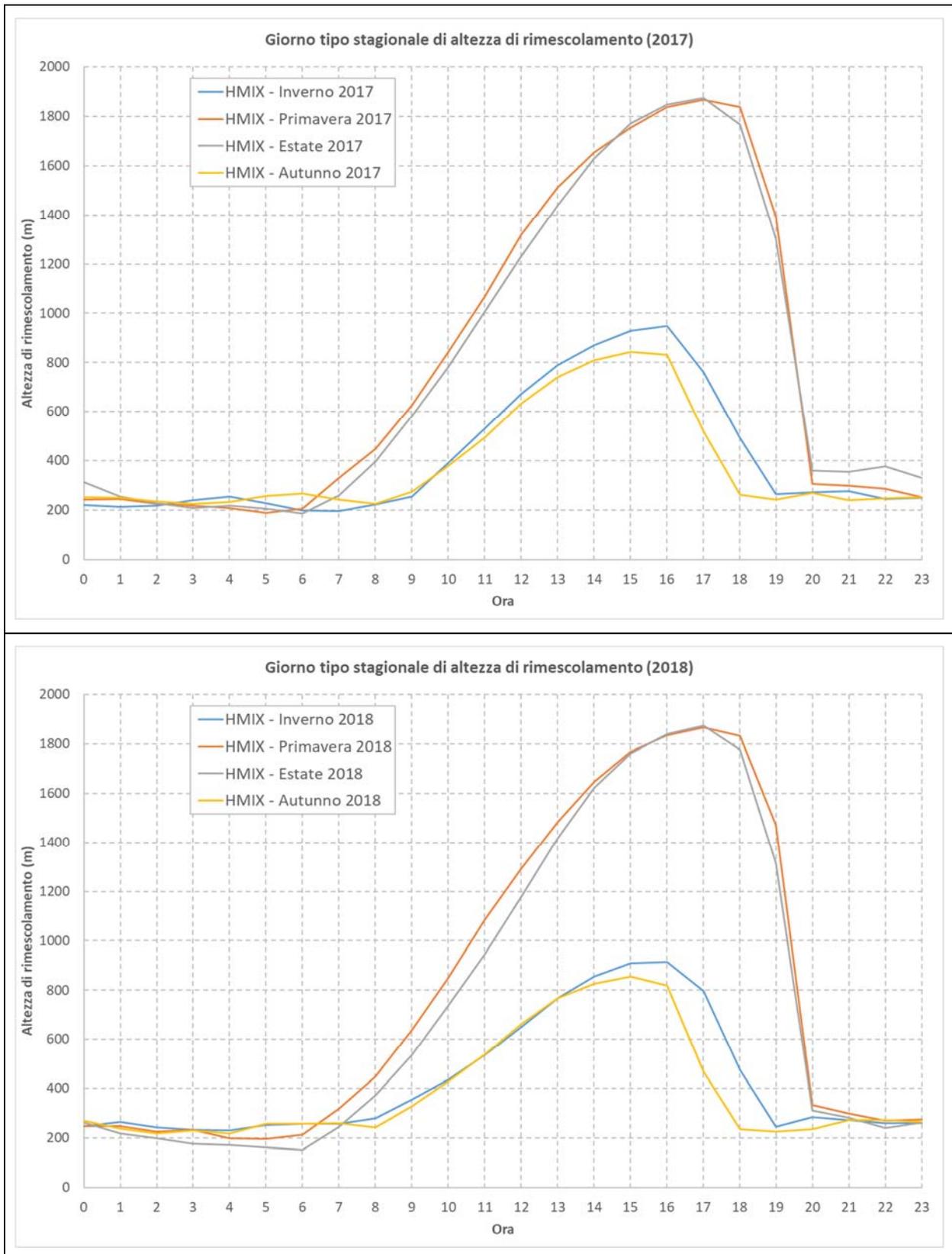


Figura 25. Giorno tipo stagionale di altezza di rimescolamento estratta da CALMET in corrispondenza alla Centrale per gli anni 2017 (sopra) e 2018 (sotto).

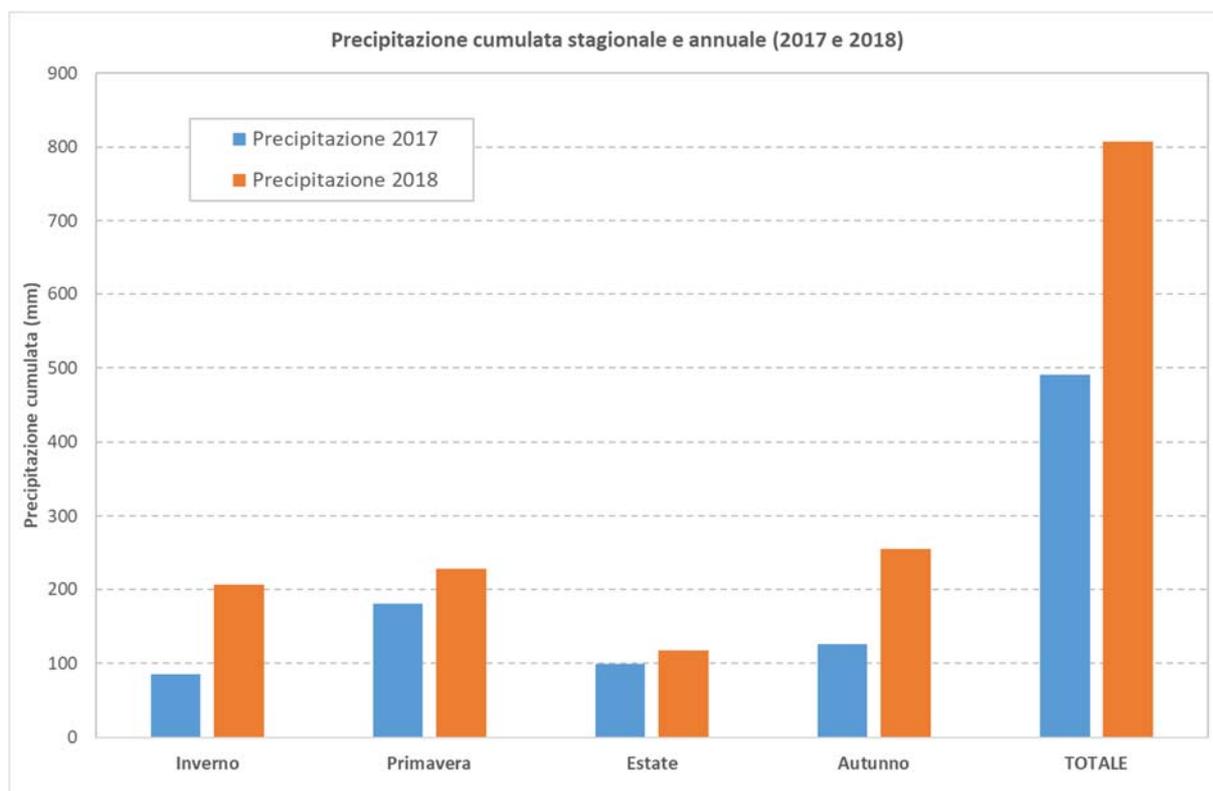


Figura 26. Precipitazione cumulata stagionale e annuale estratta da CALMET in corrispondenza alla Centrale per gli anni 2017 e 2018.

## 7 CARATTERIZZAZIONE DELLE EMISSIONI

### 7.1 Scenario ante-operam

Nello Scenario ante-operam le emissioni avvengono da un camino a due canne caratterizzato da una distanza tra i centri di canna di circa 8 m (Figura 27). Data la vicinanza tra le due canne, immediatamente dopo l'emissione le due piume interagiranno, quindi è corretto simulare le due uscite con un unico camino equivalente. I parametri emissivi di ogni singola canna vengono riepilogati in Tabella 12.

Le caratteristiche geometriche di ogni canna (L1, L2) e del camino equivalente (CCGT) sono mostrate in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Le caratteristiche emissive sono invece mostrate in Tabella 13.

Le concentrazioni nei fumi secchi al 15% di O<sub>2</sub> sono pari a 30 mg/Nm<sup>3</sup>, 30 mg/Nm<sup>3</sup>, rispettivamente per NOX e CO. In fase di simulazione si ipotizzerà cautelativamente il funzionamento contemporaneo di entrambe le canne per tutte le ore dell'anno.

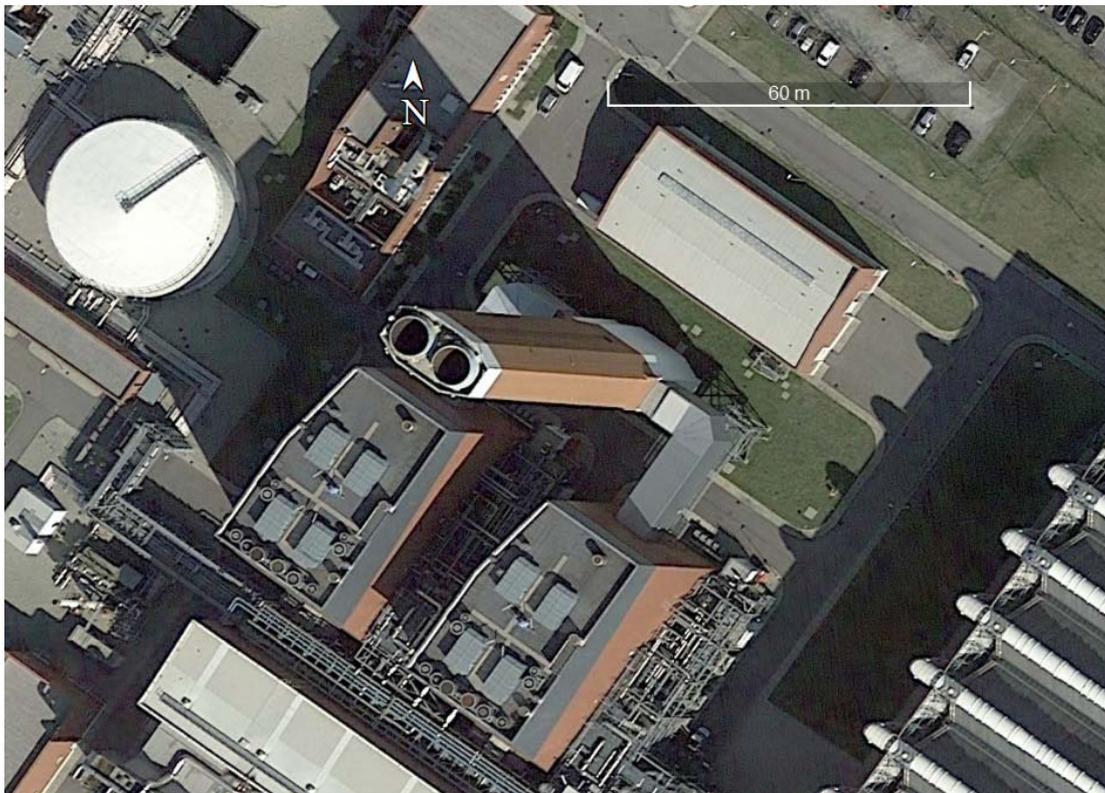


Figura 27. Camino della Centrale Sorgenia Power esistente.

Parametro	Unità	Valore
Portata fumi	kg/s	679
Densità	kg/Nm <sup>3</sup>	1.30
Temperatura emissione	°C	108
Portata normalizzata	Nm <sup>3</sup> /h	1880308
Portata effettiva	m <sup>3</sup> /h	2624166
Portata normalizzata dry 15% O <sub>2</sub>	Nm <sup>3</sup> /h	2091310
Altezza camino	m	100
Diametro interno	mm	6000
Area sezione	m <sup>2</sup>	28.27
Velocità uscita fumi	m/s	25.8
NOX media oraria emissione (dry @ 15% O <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	30
CO media oraria emissione (dry @ 15% O <sub>2</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	30
Rateo NOX	g/s	17.4
Rateo CO	g/s	17.4

**Tabella 12. Parametri descrittivi di ogni singola canna.**

Sorgente	E(m)	N(m)	H(m)	D(m)	T (°C)	V (m/s)	NOX (g/s)	CO (g/s)
CCGT	550064	5008366	100	8.485	108	25.8	34.9	34.9

**Tabella 13. Caratteristiche emissive del camino equivalente.**

## 7.2 Scenario di progetto

Lo scenario di progetto (futuro) prevede l'aggiunta di tre Turbogas Ciclo Aperto (TCA) al camino già esistente. I parametri descrittivi di ogni singolo TCA sono riepilogati in Tabella 14.

Tali TCA funzioneranno per un massimo indicativo di 800 ore/anno, ma nelle simulazioni verranno cautelativamente mantenuti attivi per tutte le ore dell'anno. La posizione delle sorgenti dello scenario di progetto è mostrata in Figura 28; il camino esistente verrà sempre simulato come un unico camino equivalente.

La Figura 28 mostra anche i principali edifici utilizzati per simulare l'effetto building downwash in entrambi gli scenari di simulazione.

Le caratteristiche geometriche dei TCA futuri sono mostrate in Tabella 15, mentre le loro caratteristiche emissive sono mostrate in Tabella 16. Le concentrazioni nei fumi secchi al 15% di O<sub>2</sub> sono pari a 30 mg/Nm<sup>3</sup>, 30 mg/Nm<sup>3</sup> e 5 mg/Nm<sup>3</sup>, rispettivamente per NOX, CO e NH<sub>3</sub>.

Parametro	Unità	Valore
Portata fumi	kg/s	230.0
Volume specifico	Nm <sup>3</sup> /kg	0.76
Temperatura emissione	°C	422.0
Temperatura emissione	°K	695.2
Portata effettiva	m <sup>3</sup> /h	1611757
Portata normalizzata	Nm <sup>3</sup> /h	633107
Portata normalizzata dry 15% O2	Nm <sup>3</sup> /h	745695
Altezza camino	m	60.00
Diametro interno	mm	3810
Area sezione	m <sup>2</sup>	11.40
Velocità uscita fumi	m/s	39.27
NOX media oraria emissione (dry @ 15% O2)	mg/Nm <sup>3</sup>	30
CO media oraria emissione (dry @ 15% O2)	mg/Nm <sup>3</sup>	30
NH3 media oraria emissione (dry @ 15% O2)	mg/Nm <sup>3</sup>	5
Rateo NOX	g/s	6.21
Rateo CO	g/s	6.21
Rateo NH3	g/s	1.04

**Tabella 14. Parametri descrittivi di ogni TCA.**

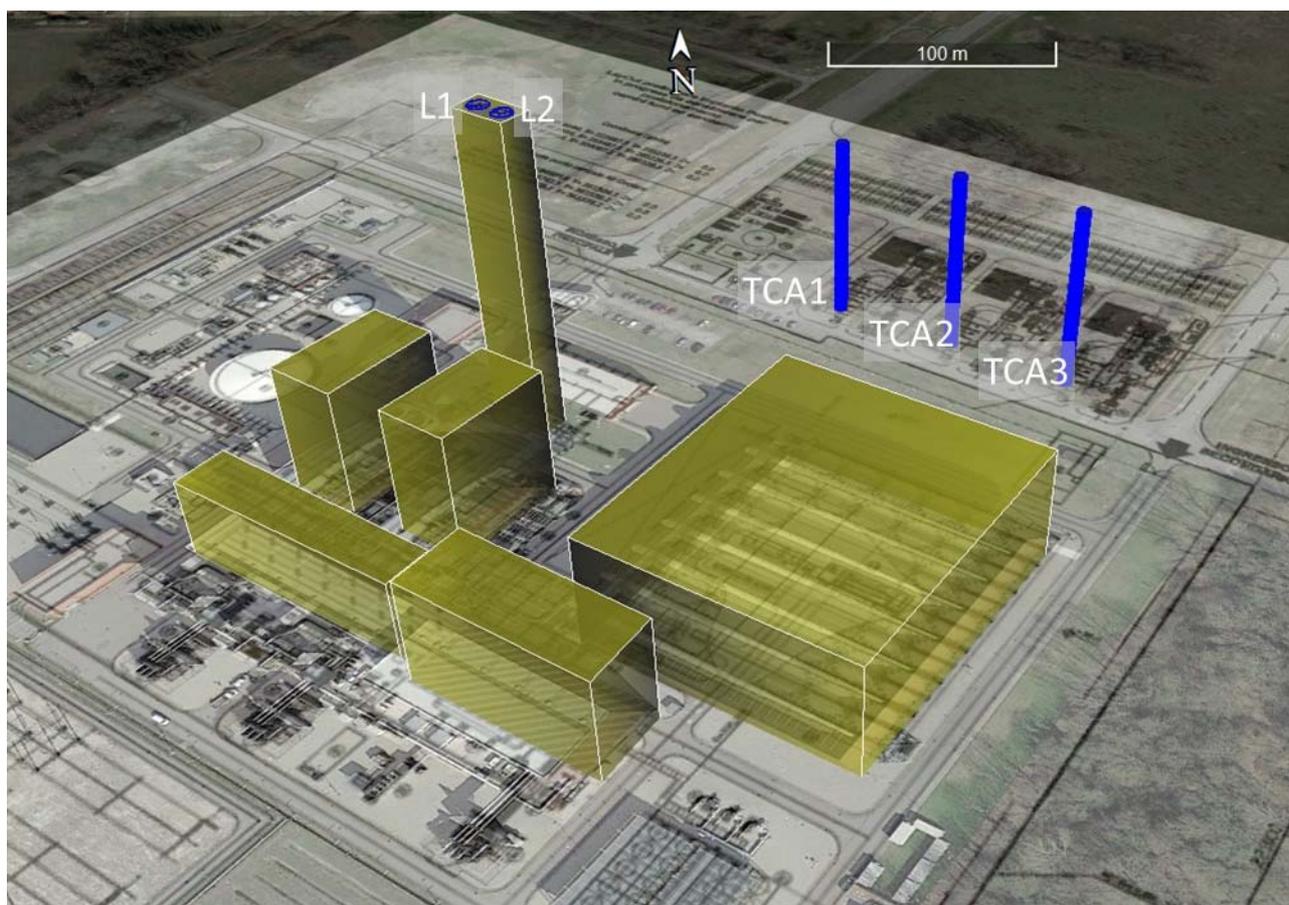


Figura 28. Posizione delle sorgenti dello scenario di progetto e dei principali edifici.

Sorgente	E (m)	N (m)	H (m)	D (m)
TCA1	550159	5008426	60	3.81
TCA2	550193	5008403	60	3.81
TCA3	550226	5008380	60	3.81

Tabella 15. Caratteristiche geometriche delle tre sorgenti aggiuntive dello scenario di progetto.

Sorgente	Portata (Nm <sup>3</sup> /h)	T (°C)	V (m/s)	NOX (g/s)	CO (g/s)	NH3 (g/s)
TCA1	633107	422	39.3	6.21	6.21	1.04
TCA2	633107	422	39.3	6.21	6.21	1.04
TCA3	633107	422	39.3	6.21	6.21	1.04

Tabella 16. Caratteristiche emissive delle tre sorgenti aggiuntive dello scenario di progetto.

## 8 SIMULAZIONI DI DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI

### 8.1 Dati di input del modello CALPUFF

Le simulazioni di dispersione atmosferica degli inquinanti emessi dalla Centrale Sorgenia 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. Come mostrato in Figura 11, è stato definito un dominio computazionale di 30x30 km<sup>2</sup> (quadrato verde), in modo da includere anche le stazioni di qualità dell'aria di Lodi, ed un dominio di campionamento di 20x20 km<sup>2</sup> (quadrato rosso), all'interno del quale è stato utilizzato un fattore di nesting pari a 5, passando così dai 1000 m di risoluzione di cella di CALMET a 200 m.

Il dominio computazionale del modello CALPUFF è il dominio all'interno del quale il modello di dispersione simula la dispersione dei puff rilasciati da ciascuna sorgente. Il dominio di campionamento non può mai superare il dominio computazionale ed è l'area all'interno della quale vengono calcolate le concentrazioni sulla griglia regolare.

Oltre ai punti di calcolo su griglia regolare sono stati considerati quattordici recettori discreti posizionati in corrispondenza alle stazioni di qualità dell'aria e/o ai principali centri abitati, come indicato nel dettaglio in Figura 29. Le coordinate metriche UTM 32T dei recettori discreti sono riportate in Tabella 17. I recettori corrispondenti a centraline di qualità dell'aria sono indicati con "AQ" nella descrizione. Si osserva che il recettore 4 è ripetuto (R4 e R4b) poiché sul sito di ARPA Lombardia non sono chiare le coordinate della centralina di via Vignati.



**Figura 29. Posizione dei recettori discreti (cerchi gialli) e della Centrale (cerchio rosso).**

<b>Sigla</b>	<b>Descrizione</b>	<b>EST (m)</b>	<b>NORD (m)</b>
R1	Bertonico (AQ)	552299	5009100
R2	Codogno (AQ)	554874	5000893
R3	Lodi Sant'Alberto (AQ)	538808	5016706
R4	Lodi San Fereolo (AQ)	538069	5016994
R4b	Lodi Vignati (AQ)	539212	5017587
R5	Zorlesco	548402	5005307
R6	Castiglione d'Adda	554324	5007419
R7	Secugnago	546617	5008783
R8	Turano Lodigiano (AQ)	548896	5010778
R9	Brembio	544928	5006538
R10	Casalpusterlengo	551505	5002677
R11	Somaglia	550012	4999765
R12	Ospedaletto Lodigiano	545785	5001535
R13	Cavenago d'Adda	547340	5014567

**Tabella 17. Coordinate metriche UTM32T dei recettori discreti.**

Gli edifici mostrati in Figura 28 sono stati descritti all'interno del software BPIPPRM, che è stato utilizzato per determinare i parametri di building downwash da inserire in CALPUFF.

## 8.2 Impatto della Centrale

### 8.2.1 Biossido di azoto (NO<sub>2</sub>)

Si assume che le concentrazioni di NO<sub>2</sub> siano pari al 75% di quelle di NOX predette da CALPUFF. Questa ipotesi è conservativa alla luce del fatto che, come mostrato in Tabella 4 e Tabella 5, i valori medi e mediani del rapporto NO<sub>2</sub>/NOX nell'area in esame sono tipicamente minori di 0.7.

Il valore massimo predetto da CALPUFF per il percentile 99.79 della media di 1 ora di NO<sub>2</sub> sull'intero dominio di simulazione è mostrato in Tabella 18 per i due anni di simulazione.

- "TOTALE" indica il contributo cumulativo di tutte le sorgenti nello Scenario di progetto
- "CCGT" è il contributo della centrale esistente a Ciclo Combinato (Scenario ante-operam),
- "TCA(1-3)" indica il contributo cumulato di TCA1, TCA2 e TCA3.

Si osserva che in nessuno dei due scenari viene superato il limite stabilito dal D.Lgs. 155/2010, pari a 200 µg/m<sup>3</sup>. La variazione della concentrazione massima nel passaggio dallo Scenario ante-operam a quello di progetto rimane inferiore ai 9 µg/m<sup>3</sup>. Il Contributo complessivo nello scenario totale post-operam si mantiene circa di un ordine di grandezza al di sotto del limite normativo di 200 µg/m<sup>3</sup>.

Analogamente, il valore massimo predetto da CALPUFF per la media annuale di NO<sub>2</sub> sull'intero dominio di simulazione è mostrato in Tabella 19 per ogni sorgente e per i due anni di simulazione. In nessuno dei due scenari viene superato il limite stabilito dal D.Lgs. 155/2010, pari a 40 µg/m<sup>3</sup>. La variazione della concentrazione massima nel passaggio dallo Scenario ante-operam a quello di progetto non supera 0.3 µg/m<sup>3</sup>. Il Contributo complessivo nello scenario totale post-operam si mantiene circa due ordini di grandezza al di sotto del limite normativo di 40 µg/m<sup>3</sup>.

NO <sub>2</sub>	Contributo	Massimo (µg/m <sup>3</sup> )	E (m)	N (m)
2017	TOTALE	20.6	548700	5008350
	CCGT	12.5	548500	5008350
	TCA(1-3)	9.5	549900	5008350
2018	TOTALE	21.5	549900	5008350
	CCGT	12.6	549900	5008150
	TCA(1-3)	10.4	549900	5008150

**Tabella 18. Valori massimi sul dominio del percentile 99.79 delle concentrazioni medie di 1 ora di NO<sub>2</sub>.**

NOX	Contributo	Massimo (µg/m <sup>3</sup> )	E (m)	N (m)
2017	TOTALE	0.48	549100	5008750
	CCGT	0.25	547500	5009150
	TCA(1-3)	0.25	549700	5008550
2018	TOTALE	0.56	547500	5009150
	CCGT	0.30	547500	5009150
	TCA(1-3)	0.29	549700	5008550

**Tabella 19. Valori massimi sul dominio delle concentrazioni medie annuali di NO<sub>2</sub>.**

I valori predetti ai recettori discreti per il percentile 99.79 della media oraria e per la media annuale nei due anni di simulazione sono riportati in Tabella 20 e Tabella 21, rispettivamente per lo Scenario ante-operam e per quello di progetto. Per i recettori posizionati in corrispondenza alle stazioni di monitoraggio (R1, R2, R3, R4, R4b, R8) si osserva che i valori predetti sono molto minori rispetto a quelli misurati (Tabella 2 e Tabella 3).

Il massimo incremento del percentile orario nel passaggio tra i due scenari vale 3.9 µg/m<sup>3</sup> e si osserva al recettore R6 (Castiglione d'Adda) per l'anno 2018. Per la media annuale invece il massimo incremento nel passaggio tra i due scenari vale 0.20 µg/m<sup>3</sup> e si osserva al recettore R7 (Secugnago) per l'anno 2018.

Gli isolivelli di concentrazione di NOX (quindi assumendo in questo caso coincidenza tra NOX e NO2) sono mostrati da Figura 30 a Figura 37.

Recettore	Pct 99.79 1h (2017)	Media annuale (2017)	Pct 99.79 1h (2018)	Media annuale (2018)
R1	5.6	0.17	5.6	0.15
R2	2.6	0.05	2.0	0.04
R3	1.5	0.04	1.5	0.05
R4	1.5	0.04	1.5	0.04
R4b	1.2	0.03	1.4	0.04
R5	3.4	0.06	3.2	0.06
R6	4.3	0.15	4.8	0.12
R7	5.8	0.19	6.1	0.26
R8	4.7	0.11	4.7	0.12
R9	3.3	0.06	4.0	0.09
R10	3.1	0.06	2.6	0.05
R11	2.3	0.04	1.6	0.03
R12	2.1	0.03	1.6	0.03
R13	2.2	0.05	2.1	0.05

**Tabella 20. Valori predetti ai recettori discreti per le statistiche di interesse per NO2. Scenario ante-operam.**

Recettore	Pct 99.79 1h (2017)	Media annuale (2017)	Pct 99.79 1h (2018)	Media annuale (2018)
R1	8.9	0.30	8.7	0.26
R2	3.9	0.09	3.1	0.07
R3	2.2	0.06	2.4	0.07
R4	2.0	0.06	2.3	0.07
R4b	1.9	0.05	2.0	0.06
R5	6.1	0.11	5.4	0.11
R6	7.1	0.28	8.7	0.23
R7	9.2	0.34	9.6	0.46
R8	7.3	0.19	7.2	0.19
R9	5.1	0.10	6.7	0.16
R10	4.8	0.10	3.9	0.08
R11	3.4	0.06	2.4	0.05
R12	3.5	0.06	2.5	0.05
R13	3.5	0.08	3.1	0.08

**Tabella 21. Valori predetti ai recettori discreti per le statistiche di interesse per NO2. Scenario di progetto.**

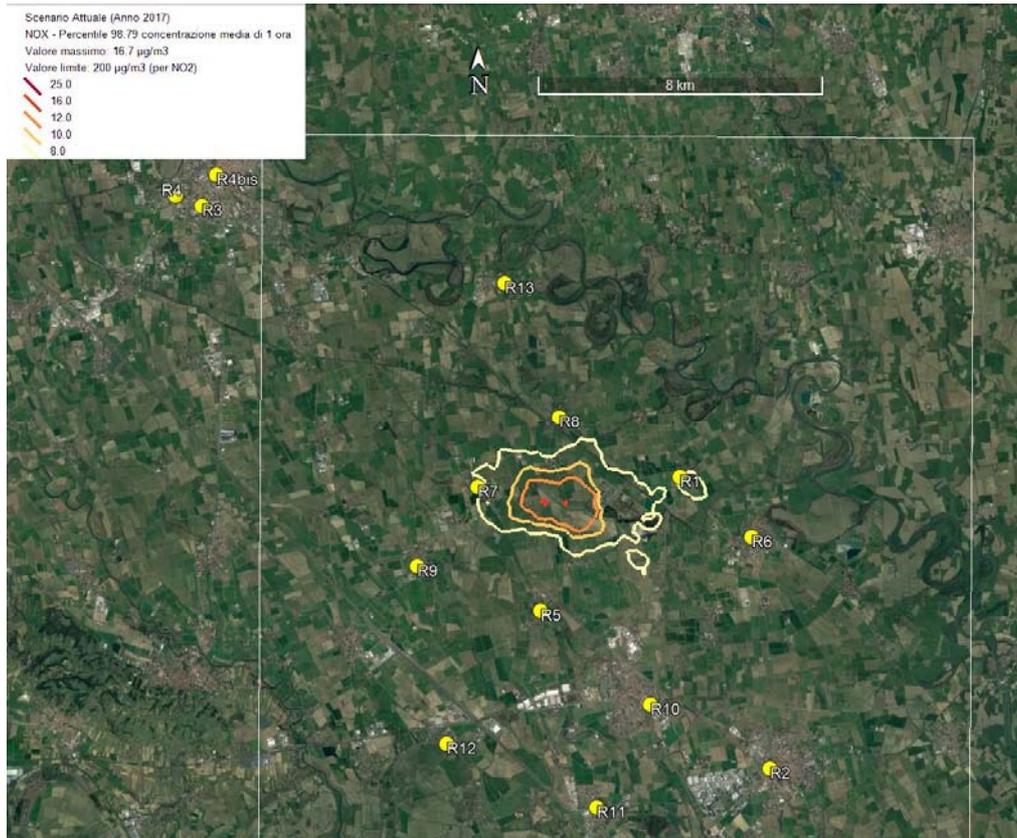


Figura 30. Isolivelli del percentile 99.79 delle concentrazioni medie di 1 ora di NOX. Scenario ante-operam, anno 2017.

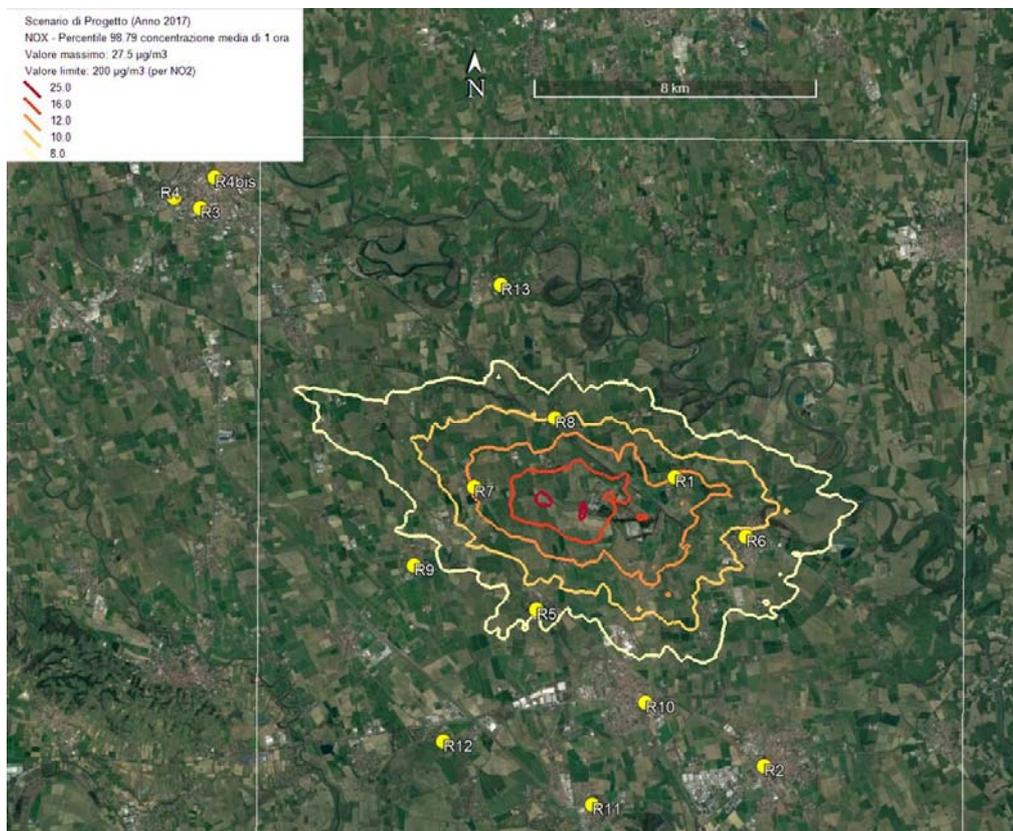
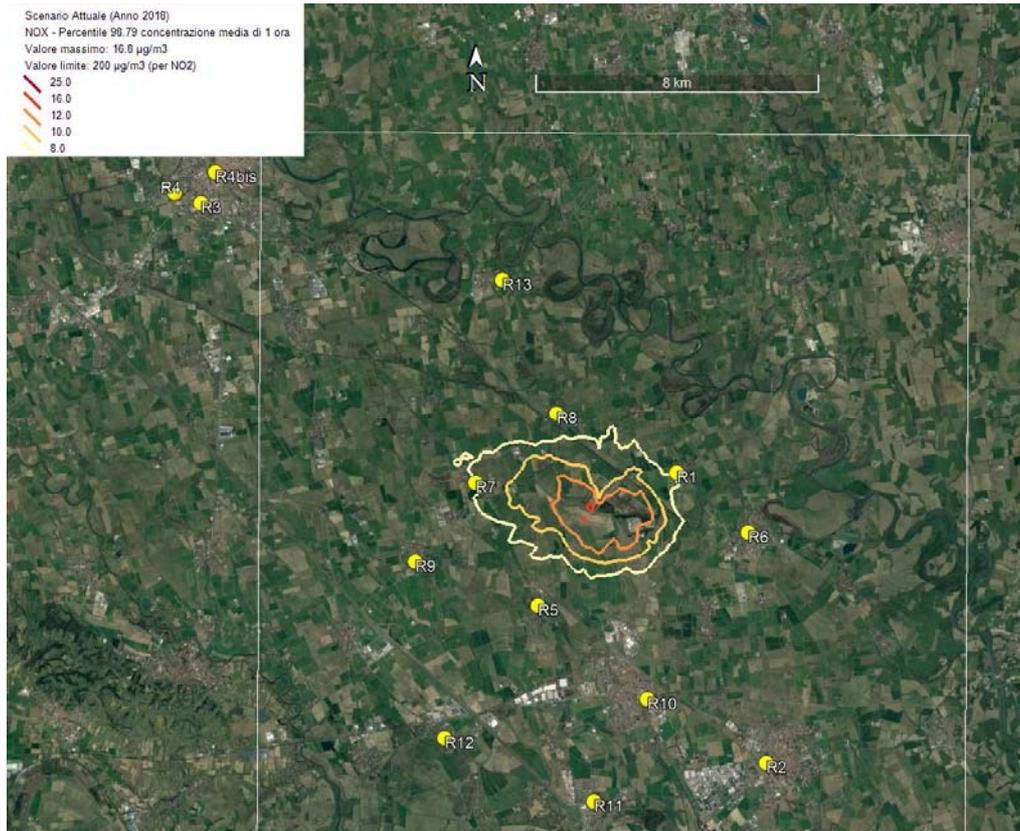
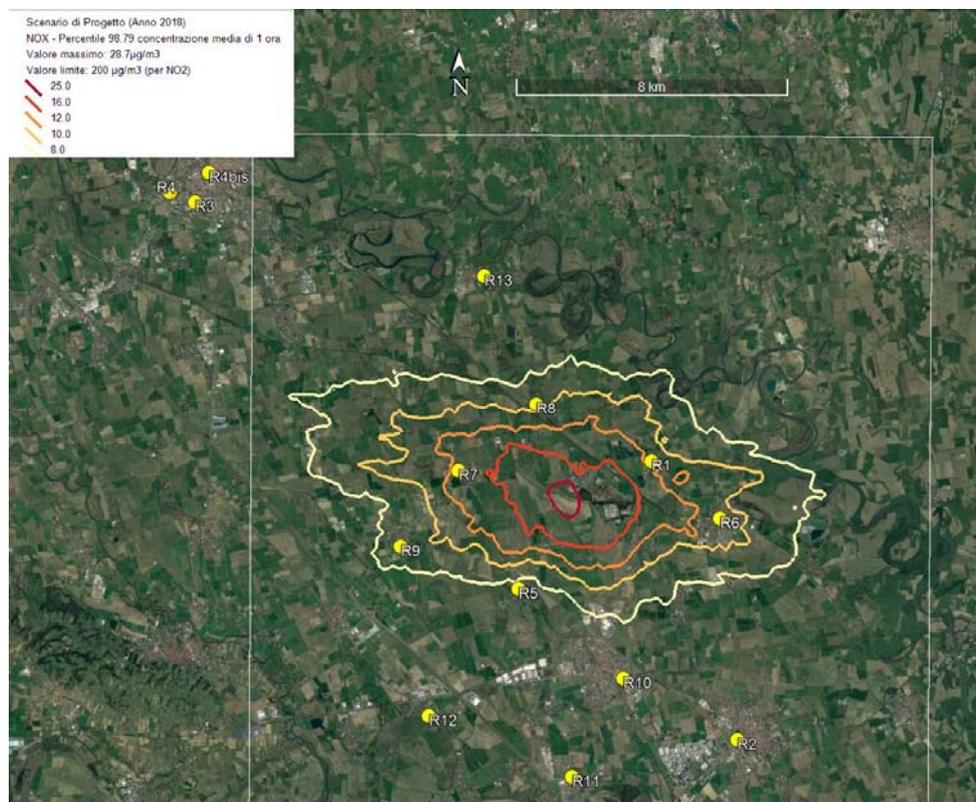


Figura 31. Isolivelli del percentile 99.79 delle concentrazioni medie di 1 ora di NOX. Scenario di progetto, anno 2017.



**Figura 32. Isolivelli del percentile 99.79 delle concentrazioni medie di 1 ora di NOX. Scenario ante-operam, anno 2018.**



**Figura 33. Isolivelli del percentile 99.79 delle concentrazioni medie di 1 ora di NOX. Scenario di progetto, anno 2018.**

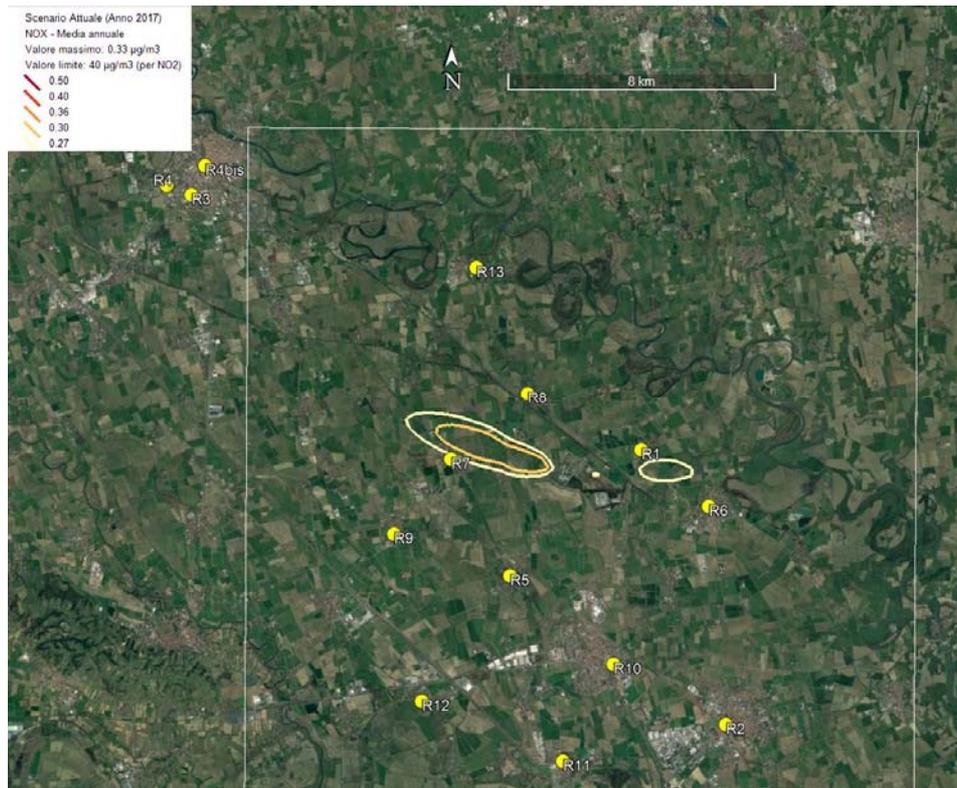


Figura 34. Isolivelli delle concentrazioni medie annuali di NOX. Scenario ante-operam, anno 2017.

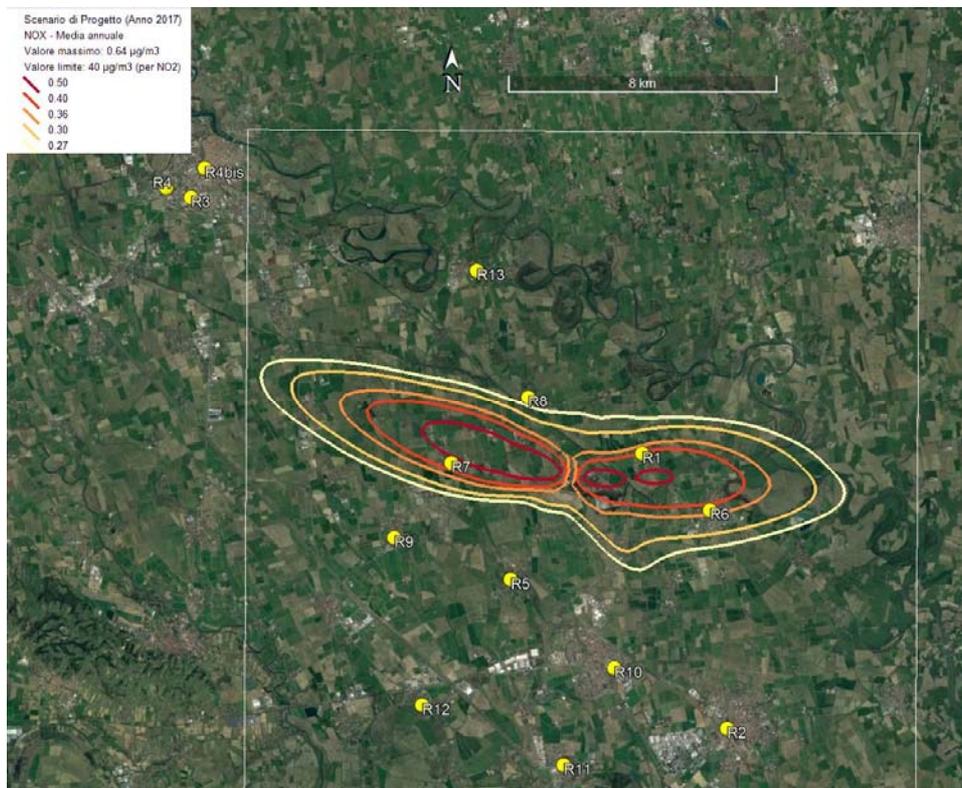


Figura 35. Isolivelli delle concentrazioni medie annuali di NOX. Scenario di progetto, anno 2017.

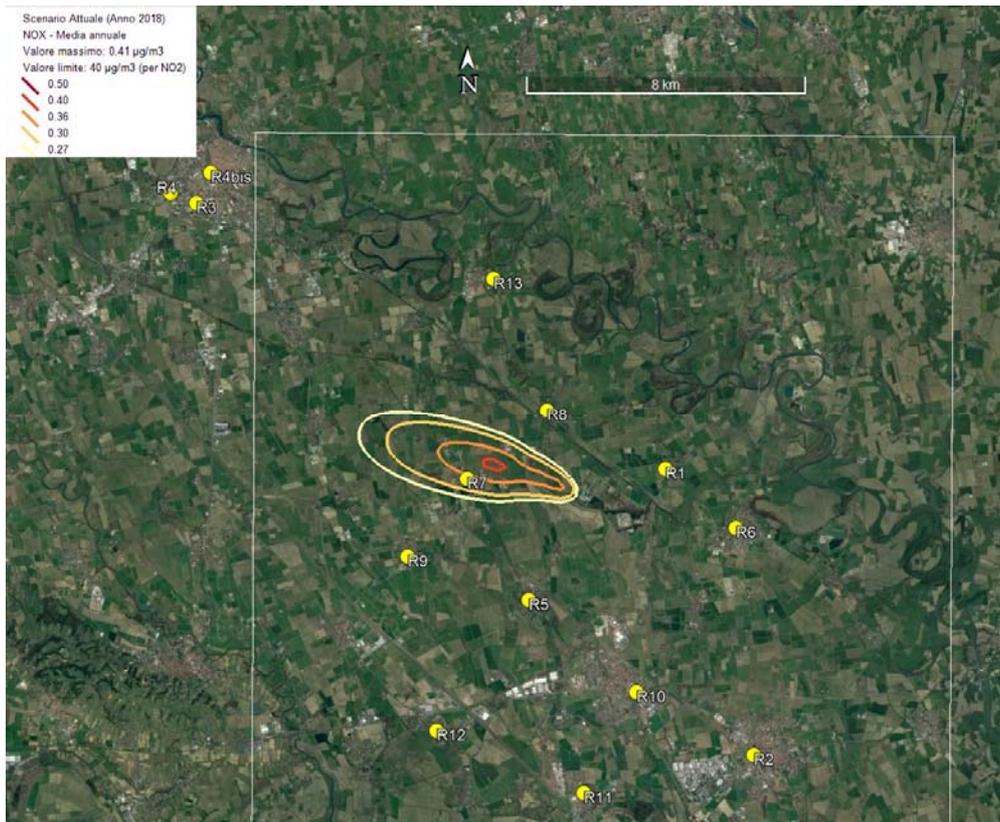


Figura 36. Isolivelli delle concentrazioni medie annuali di NOX. Scenario ante-operam, anno 2017.

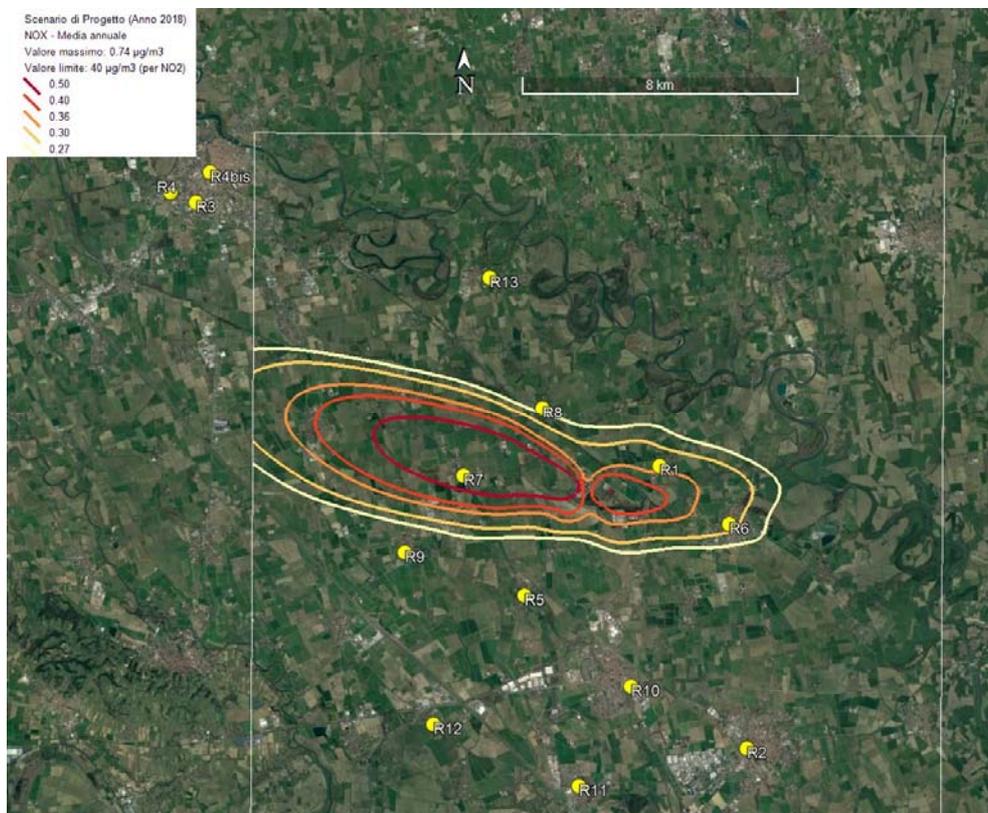


Figura 37. Isolivelli delle concentrazioni medie annuali di NOX. Scenario di progetto, anno 2017.

### 8.2.2 Monossido di carbonio (CO)

Il valore massimo predetto da CALPUFF per la media mobile di otto ore di CO sull'intero dominio di simulazione è mostrato in Tabella 22 per i due anni di simulazione. Con TCA(1-3) si indica il contributo cumulato di TCA1, TCA2 e TCA3. Si osserva che in nessuno dei due scenari viene superato il limite stabilito dal D.Lgs. 155/2010, pari a 10000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . La variazione della concentrazione massima nel passaggio dallo Scenario ante-operam a quello di progetto rimane inferiore ai 15  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ . Il Contributo complessivo nello scenario totale post-operam si mantiene oltre due ordini di grandezza al di sotto del limite normativo di 10000  $\mu\text{g}/\text{m}^3$ .

CO	Contributo	Massimo ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	E (m)	N (m)
2017	TOTALE	29.2	548500	5008350
	CCGT	15.1	548300	5008350
	TCA(1-3)	19.3	548700	5008550
2018	TOTALE	33.6	549100	5009350
	CCGT	23.1	549100	5009150
	TCA(1-3)	25.1	549900	5008350

**Tabella 22. Valori massimi sul dominio della media mobile di 8 ore di CO.**

I valori massimi predetti ai recettori discreti per la media mobile di 8 ore di CO nei due anni di simulazione sono riportati in Tabella 23 e Tabella 24, rispettivamente per lo Scenario ante-operam e per quello di progetto. Per i recettori posizionati in corrispondenza alle stazioni di monitoraggio (R4, R4b, R8) si osserva che i valori predetti sono molto minori rispetto a quelli misurati (Tabella 7). Il massimo incremento della massima media mobile di 8 ore nel passaggio tra i due scenari vale 6.7  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  e si osserva al recettore R6 (Castiglione d'Adda) per l'anno 2018. Gli isolivelli di concentrazione sono mostrati da Figura 38 a Figura 41.

Recettore	Max 8h (2017)	Max 8h (2018)
R1	5.0	5.2
R2	2.1	1.3
R3	1.3	2.2
R4	1.2	2.5
R4b	1.3	1.4
R5	4.4	2.3
R6	4.3	7.3
R7	5.2	5.6
R8	4.7	5.1
R9	3.6	2.5
R10	3.1	2.4
R11	2.8	1.4
R12	3.8	1.5
R13	2.1	1.8

**Tabella 23. Valori predetti ai recettori discreti per la media mobile di 8 ore di CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) . Scenario ante-operam.**

<b>Recettore</b>	<b>Max 8h (2017)</b>	<b>Max 8h (2018)</b>
R1	8.5	7.8
R2	3.5	2.2
R3	2.3	2.5
R4	2.2	2.8
R4b	2.3	2.1
R5	9.0	4.0
R6	6.8	13.9
R7	11.6	8.5
R8	8.0	8.4
R9	5.5	4.5
R10	6.1	3.2
R11	4.3	2.2
R12	5.9	2.4
R13	3.2	2.8

**Tabella 24. Valori predetti ai recettori discreti per la media mobile di 8 ore di CO ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ) . Scenario totale post - operam.**

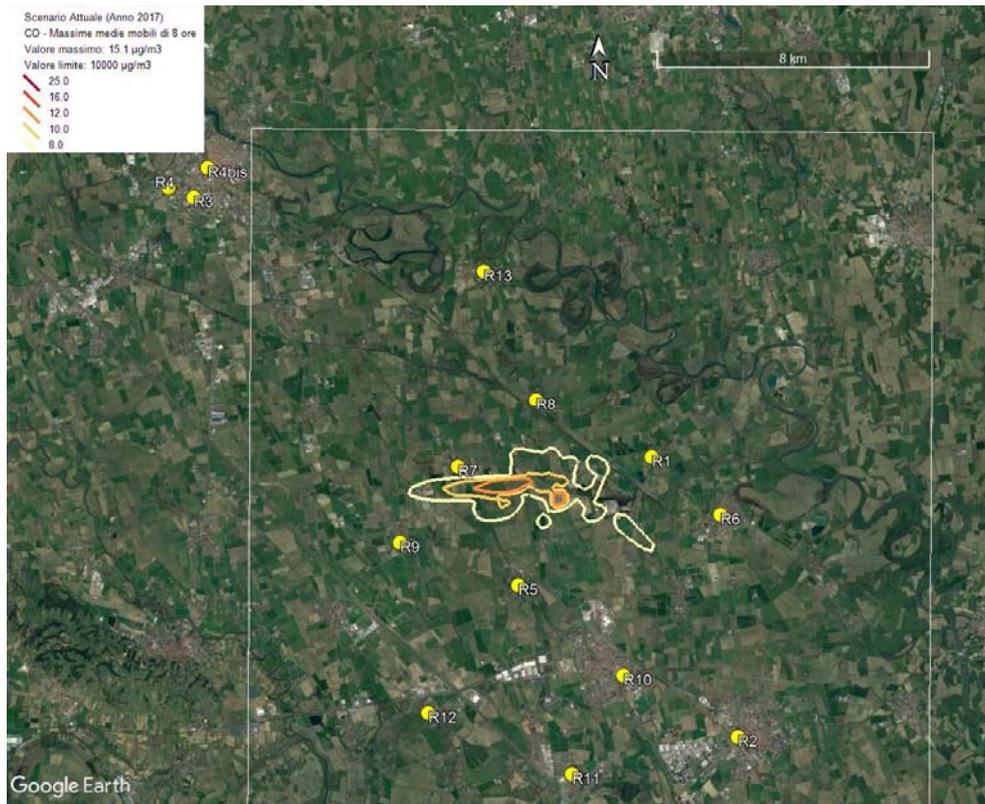


Figura 38. Isolivelli delle concentrazioni medie mobili di 8 ore di CO. Scenario ante-operam, anno 2017.

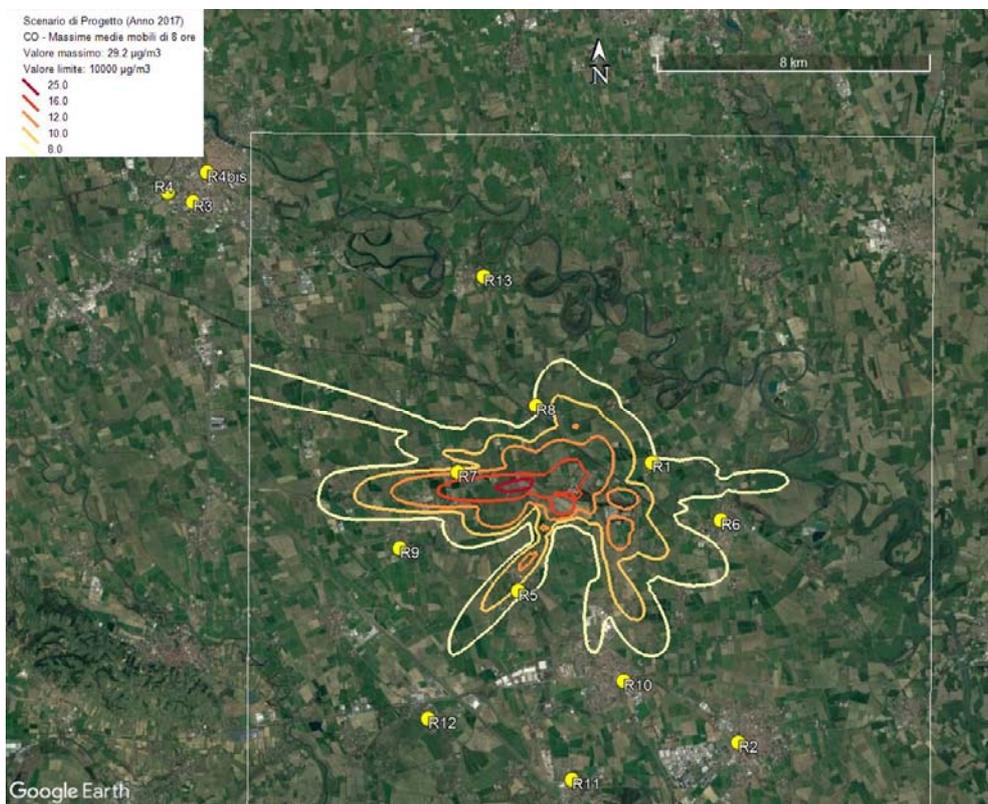


Figura 39. Isolivelli delle concentrazioni medie mobili di 8 ore di CO. Scenario totale post-operam, anno 2017.

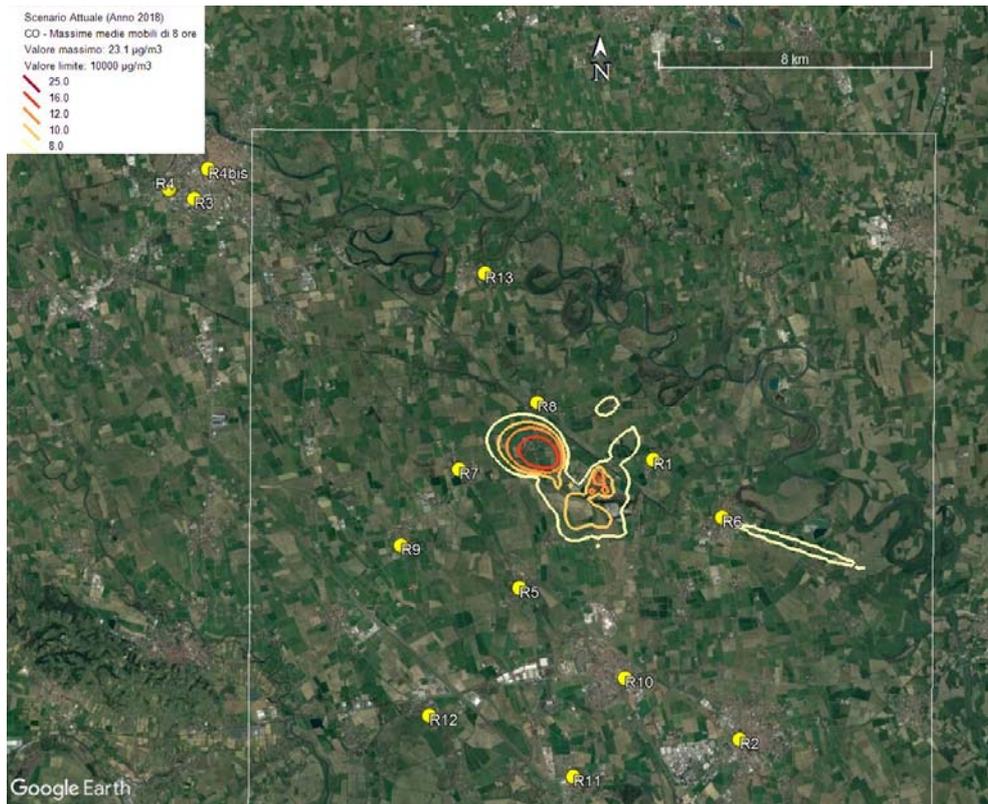


Figura 40. Isolivelli delle concentrazioni medie mobili di 8 ore di CO. Scenario ante-operam, anno 2018.

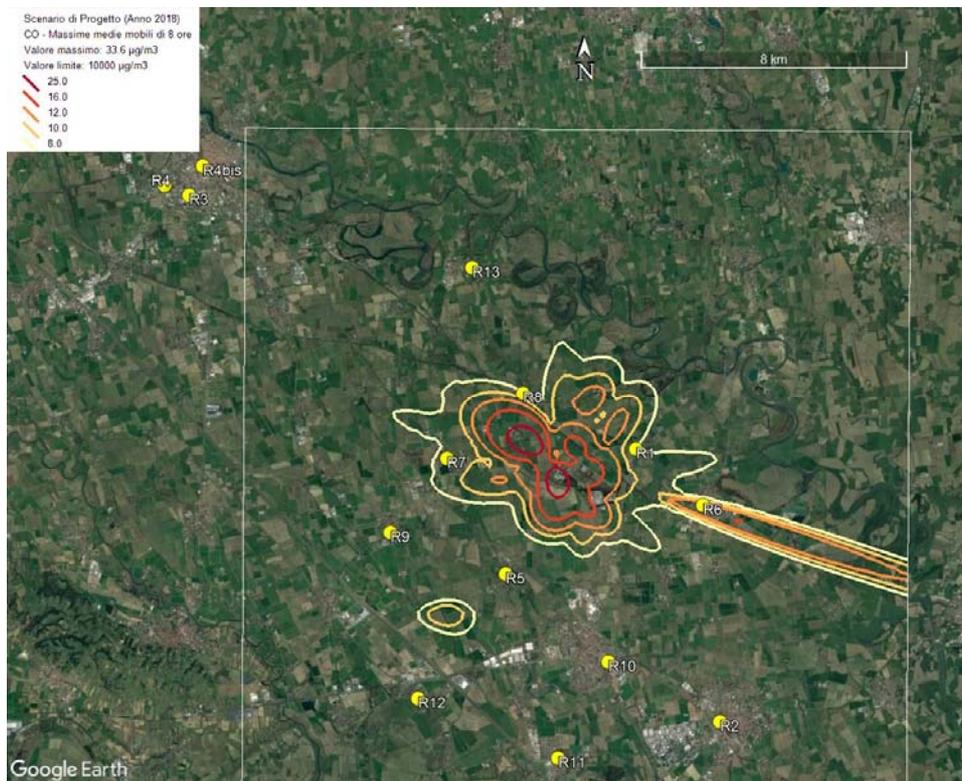


Figura 41. Isolivelli delle concentrazioni medie mobili di 8 ore di CO. Scenario totale post-operam, anno 2018.

### 8.2.3 Ammoniaca (NH<sub>3</sub>)

Si ricorda che nello Scenario ante-operam non sono presenti emissioni di ammoniaca; tale inquinante viene emesso solo nello scenario di progetto dai tre TCA.

Il valore massimo predetto da CALPUFF per la concentrazione media di 24 ore di NH<sub>3</sub> sull'intero dominio di simulazione è mostrato in Tabella 25 per i due anni di simulazione. Con TCA(1-3) si indica il contributo cumulato di TCA1, TCA2 e TCA3. Il riferimento indicato dagli AAQC del Ministero dell'Ambiente dell'Ontario, pari a 100 µg/m<sup>3</sup>, non viene superato.

NH <sub>3</sub>	Contributo	Massimo (µg/m <sup>3</sup> )	E (m)	N (m)
2017	TOTALE	1.1	548700	5008550
	CCGT	-	-	-
	TCA(1-3)	1.1	548700	5008550
2018	TOTALE	1.4	549900	5008350
	CCGT	-	-	-
	TCA(1-3)	1.4	549900	5008350

**Tabella 25. Valori massimi sul dominio delle concentrazioni medie di 24 ore di NH<sub>3</sub>.**

I valori predetti ai recettori discreti per la massima media giornaliera nei due anni di simulazione sono riportati in Tabella 26. Per i recettori posizionati in corrispondenza alle stazioni di monitoraggio (R1) si osserva che i valori predetti sono molto minori rispetto a quelli misurati (Tabella 6).

Gli isolivelli di concentrazione sono mostrati in Figura 42 e Figura 43.

Recettore	Max 24h (2017)	Max 24h (2018)
R1	0.26	0.20
R2	0.11	0.06
R3	0.07	0.07
R4	0.07	0.07
R4b	0.07	0.07
R5	0.28	0.15
R6	0.20	0.37
R7	0.47	0.22
R8	0.19	0.18
R9	0.12	0.12
R10	0.18	0.08
R11	0.10	0.05
R12	0.11	0.08
R13	0.11	0.07

**Tabella 26. Valori massimi delle concentrazioni medie di 24 ore di NH<sub>3</sub> (µg/m<sup>3</sup>) predetti ai recettori discreti. Scenario Post-operam.**

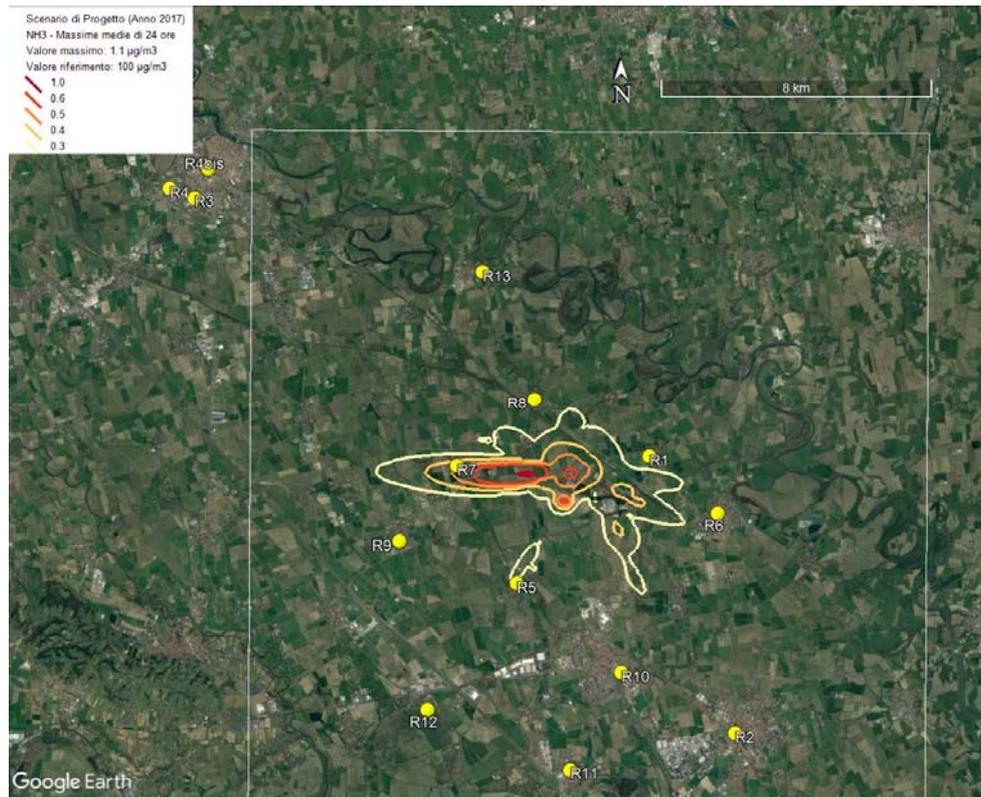


Figura 42. Isolivelli delle concentrazioni massime di 24 ore di NH<sub>3</sub>. Anno 2017. Scenario Post-operam.

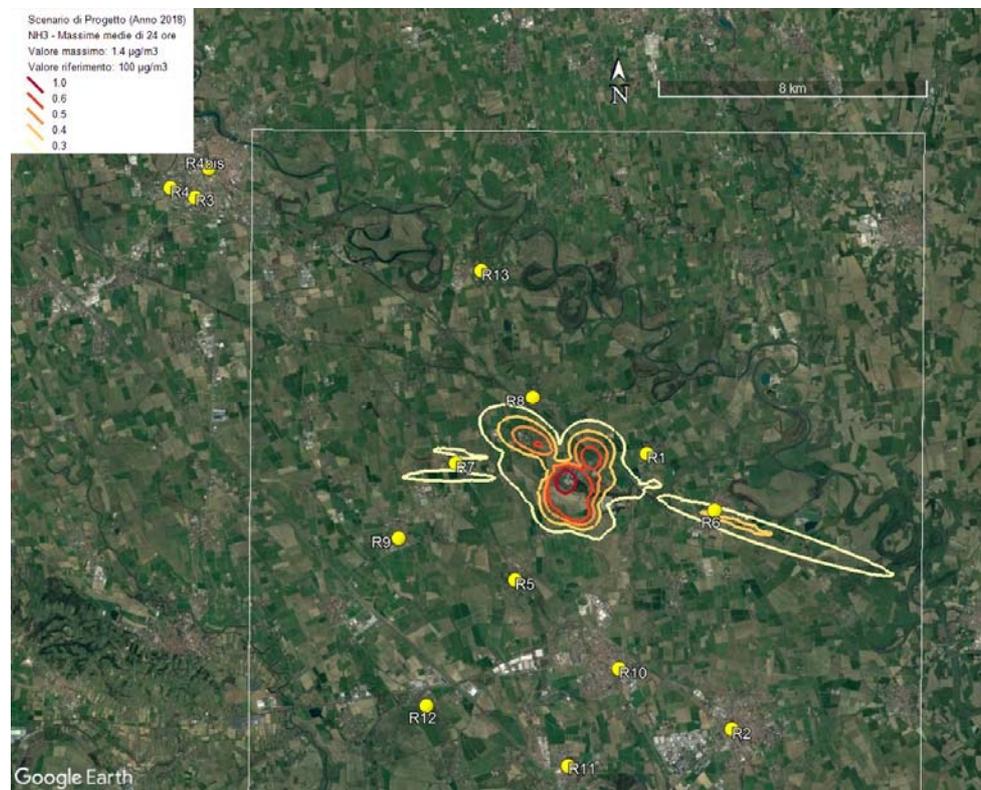


Figura 43. Isolivelli delle concentrazioni massime di 24 ore di NH<sub>3</sub>. Anno 2018. Scenario Post-operam.

### 8.2.4 Riepilogo dei risultati

I valori massimi predetti da CALPUFF sull'intero dominio per tutti gli inquinanti e le loro statistiche di interesse sono riepilogati nelle seguenti tabelle. Le tabelle riportano anche le distanze tra il punto di massimo e la posizione del camino CCGT esistente (E=550064, N=5008366). DX è la distanza lungo X, se negativa indica che il punto di massimo è a ovest rispetto al camino CCGT; DY è la distanza lungo Y, se negativa indica che il punto di massimo è a sud rispetto al camino CCGT; Dist è invece la distanza totale.

Inquinante	Statistica	Valore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DX (m)	DY (m)	Dist (m)
NOX	Pct 99.79 1h	16.7	-1564	-16	1564
NOX	Media annuale	0.3	-2564	784	2681
NO2 (0.75 NOX)	Pct 99.79 1h	12.5	-1564	-16	1564
NO2 (0.75 NOX)	Media annuale	0.25	-2564	784	2681
CO	Max 8h	15.1	-1764	-16	1764
NH3	Max 24h	-	-	-	-

**Tabella 27. Valori massimi sul dominio. Media annuale 2017, Scenario ante-operam (CCGT).**

Inquinante	Statistica	Valore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DX (m)	DY (m)	Dist (m)
NOX	Pct 99.79 1h	16.8	-164	-216	271
NOX	Media annuale	0.4	-	784	2681
NO2 (0.75 NOX)	Pct 99.79 1h	12.6	-164	-216	271
NO2 (0.75 NOX)	Media annuale	0.30	-	784	2681
CO	Max 8h	23.1	-964	784	1243
NH3	Max 24h	-	-	-	-

**Tabella 28. Valori massimi sul dominio. Media annuale 2018, Scenario ante-operam (CCGT).**

Inquinante	Statistica	Valore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DX (m)	DY (m)	Dist (m)
NOX	Pct 99.79 1h	12.7	-164	-16	165
NOX	Media annuale	0.3	-364	184	408
NO2 (0.75 NOX)	Pct 99.79 1h	9.5	-164	-16	165
NO2 (0.75 NOX)	Media annuale	0.25	-364	184	408
CO	Max 8h	19.3	-1364	184	1377
NH3	Max 24h	1.1	-1364	184	1377

**Tabella 29. Valori massimi sul dominio. Media annuale 2017, Contributo TCA (1-3).**

Inquinante	Statistica	Valore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DX (m)	DY (m)	Dist (m)
NOX	Pct 99.79 1h	13.9	-164	-216	271
NOX	Media annuale	0.4	-364	184	408
NO2 (0.75 NOX)	Pct 99.79 1h	10.4	-164	-216	271
NO2 (0.75 NOX)	Media annuale	0.29	-364	184	408
CO	Max 8h	25.1	-164	-16	165
NH3	Max 24h	1.4	-164	-16	165

**Tabella 30. Valori massimi sul dominio. Media annuale 2018, Contributo TCA (1-3).**

Inquinante	Statistica	Valore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DX (m)	DY (m)	Dist (m)
NOX	Pct 99.79 1h	27.5	-1364	-16	1364
NOX	Media annuale	0.6	-964	384	1038
NO2 (0.75 NOX)	Pct 99.79 1h	20.6	-1364	-16	1364
NO2 (0.75 NOX)	Media annuale	0.48	-964	384	1038
CO	Max 8h	29.2	-1564	-16	1564
NH3	Max 24h	1.1	-1364	184	1377

**Tabella 31. Valori massimi sul dominio. Media annuale 2017, scenario post-operam (CCGT+TCA 1-3).**

Inquinante	Statistica	Valore ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )	DX (m)	DY (m)	Dist (m)
NOX	Pct 99.79 1h	28.7	-164	-16	165
NOX	Media annuale	0.7	-2564	784	2681
NO2 (0.75 NOX)	Pct 99.79 1h	21.5	-164	-16	165
NO2 (0.75 NOX)	Media annuale	0.56	-2564	784	2681
CO	Max 8h	33.6	-964	984	1378
NH3	Max 24h	1.4	-164	-16	165

**Tabella 32. Valori massimi sul dominio. Media annuale 2018, scenario post-operam (CCGT+TCA 1-3).**

## Riepilogo di confronto per anno di simulazione

Rif. Anno 2017				
Inquinante	Statistica	CCGT	TCA 1-3	TOTALE
NOX	Pct 99.79 1h	16.7	12.7	27.5
NOX	Media annuale	0.3	0.3	0.6
NO2 (0.75 NOX)	Pct 99.79 1h	12.5	9.5	20.6
NO2 (0.75 NOX)	Media annuale	0.25	0.25	0.48
CO	Max 8h	15.1	19.3	29.2
NH3	Max 24h	-	1.1	1.1

Tabella 33. Confronto massimi di ricaduta ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )– Rif. anno 2017

Rif. Anno 2018				
Inquinante	Statistica	CCGT	TCA 1-3	TOTALE
NOX	Pct 99.79 1h	16.8	13.9	28.7
NOX	Media annuale	0.4	0.4	0.7
NO2 (0.75 NOX)	Pct 99.79 1h	12.6	10.4	21.5
NO2 (0.75 NOX)	Media annuale	0.3	0.29	0.56
CO	Max 8h	23.1	25.1	33.6
NH3	Max 24h	-	1.4	1.4

Tabella 34. Confronto massimi di ricaduta ( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )– Rif. anno 2018

## 9 CONCLUSIONI

Il presente studio descrive l'impatto in atmosfera delle emissioni dovute alla Centrale Sorgenia di Bertonico (LO) nello Scenario ante-operam, caratterizzato dalla presenza di una Centrale a Ciclo Combinato a gas (CCGT) della potenza di circa 800 MWe, e nello scenario di progetto che prevede l'installazione aggiuntiva di tre Turbogas a Ciclo Aperto con potenza totale di circa 300 MWe.

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 i due anni 2017 e 2018 è stato ricostruito per mezzo del modello meteorologico diagnostico CALMET utilizzando in input l'output del modello meteorologico a mesoscala WRF. La qualità della ricostruzione meteorologica di CALMET è stata valutata per mezzo del confronto tra la rosa del vento predetta presso una centralina meteorologica di ARPA Lombardia, e la rosa del vento ottenuta dalle misure della centralina stessa.

Le simulazioni di dispersione degli inquinanti (NOX, CO, e NH<sub>3</sub>) emessi dalla Centrale sono state condotte con dettaglio orario su tutte le ore dei due anni di simulazione. I dati di output orari sono quindi stati processati allo scopo di ottenere le statistiche di interesse normativo.

I valori predetti rimangono sempre minori rispetto ai valori limite stabiliti dal D.Lgs. 155/2010 per gli inquinanti normati, e rispetto agli AAQC del Ministero dell'Ambiente dell'Ontario per l'ammoniaca.

Questi risultati possono essere considerati cautelativi per vari motivi, ad esempio:

- È stato assunto il funzionamento in continuo alla massima potenza per tutte le ore dell'anno della Centrale CCGT Sorgenia Power esistente, sia nello Scenario ante-operam, sia nello scenario di progetto, mentre nella realtà questo tipo di impianti funziona in generale per un numero di ore equivalenti inferiore al 50%.
- Analogamente, i tre Turbogas a Ciclo Aperto, sulla base delle informazioni fornite da Sorgenia è previsto che funzionino per circa 500 ore/anno, ma nelle simulazioni sono stati considerati attivi per tutte le ore dei due anni di simulazione. Ciò comporta una notevole sovrastima (oltre un ordine di grandezza) delle statistiche di interesse, in particolare delle medie annuali.

I valori predetti dal modello in corrispondenza dei recettori discreti posti presso le centraline di monitoraggio ARPA rimangono molto minori rispetto ai valori effettivamente misurati, indicando un piccolo contributo della Centrale in tali posizioni. Infine, l'incremento di concentrazione nel passaggio dallo Scenario ante-operam allo scenario post-operam si mantiene limitato, nonostante l'approccio cautelativo descritto sopra.