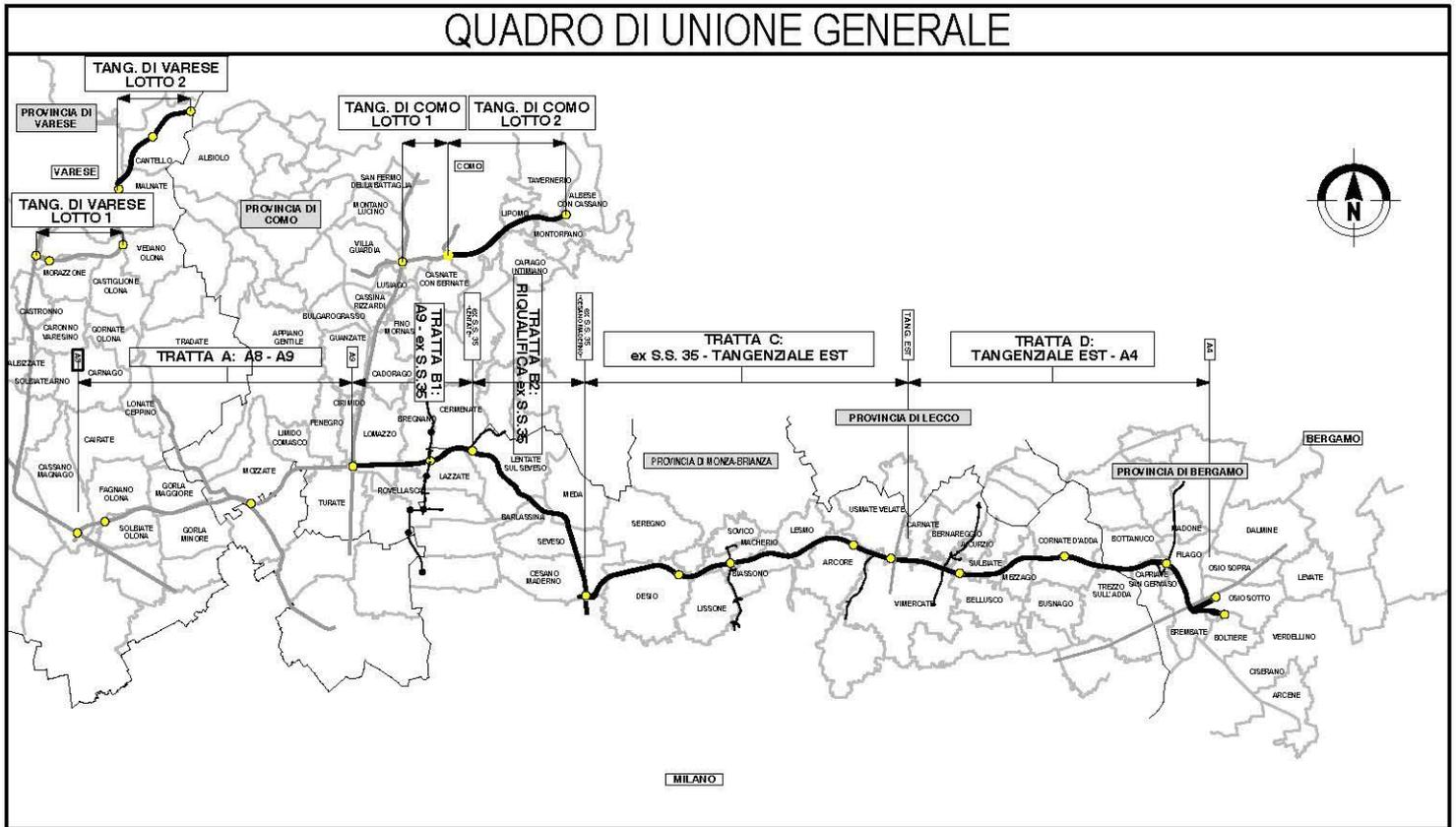


# QUADRO DI UNIONE GENERALE



## COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE DALMINE-COMO-VARESE-VALICO DEL GAGGIOLO E OPERE AD ESSO CONNESSE

CODICE C.U.P. F11B06000270007

### PROGETTO ESECUTIVO TRATTA C

#### AMBIENTE E PAESAGGIO STUDIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA RELAZIONE SULLA QUALITA' DELL'ARIA

#### IDENTIFICAZIONE ELABORATO

FASE PROGETTUALE	AMBITO	TRATTA	CATEGORIA	OPERA	PARTE DI OPERA	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVA	REVISIONE ESTERNA
E	QA	CC	000	QA00	120	RS	001	A

DATA Luglio 2023

SCALA -

#### CONCEDENTE



#### CONTRAENTE GENERALE

PEDELOMBARDA NUOVA S.c.p.A.

#### DATA REVISIONE

DATA	REVISIONE	A01
Luglio 2023	Emissione per commenti	A01

#### ELABORAZIONE PROGETTUALE

PROGETTISTI	RESPONSABILE INTEGRAZIONE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE
Proger S.p.A.	Ing. Carlo Lisorti
Redatto: C. Grassi	Approvato: M. Sandrucci
Verificato: M. Larosa	

#### CONCESSIONARIO



#### PROGETTISTA





COLLEGAMENTO AUTOSTRADALE  
DALMINE – COMO – VARESE – VALICO DEL GAGGIOLO  
E OPERE CONNESSE

## **PROGETTO ESECUTIVO**

TRATTE B2, C, TRMI10/TRMI17/TRCO06

### **TRATTA C**

#### **AMBIENTE E PAESAGGIO**

**STUDIO DELLA QUALITA' DELL'ARIA  
RELAZIONE SULLA QUALITA' DELL'ARIA**

## SOMMARIO

1	Premessa .....	4
2	Inquadramento.....	5
3	Meteorologia.....	5
3.1	Stazione della Rete Regionale- Vertemate con Minoprio serre .....	7
3.1.1	Regime Anemologico.....	7
3.1.2	Parametri Meteorologici .....	9
3.2	Stazione virtuale LAMA - Seregno .....	11
3.2.1	Regime Anemologico.....	11
3.2.2	Parametri Meteorologici .....	13
4	Stato della Qualità dell'aria .....	15
4.1	Inquadramento normativo .....	15
5	Modelli di Dispersione .....	20
5.1	Scelta e tipologie di modelli diffusionali .....	20
5.2	Criteri che concorrono alla scelta del modello.....	20
5.3	Calpuff Model System.....	22
5.4	Caline .....	22
6	FASE DI CANTIERE.....	28
6.1	Stima delle emissioni .....	28
6.1.1	FATTORI DI EMISSIONE DA ATTIVITÀ DI CANTIERE (PM10).....	30
6.1.2	EMISSIONI DAI GAS DI SCARICO DI MACCHINE E MEZZI D'OPERA (PM10, NOX) 34	
6.1.3	Stima delle emissioni .....	35
6.2	Configurazione del modello CALPUFF .....	36
6.2.1	Dominio di Studio.....	36
6.2.2	Orografia.....	37
6.3	Risultati.....	38
7	FASE DI ESERCIZIO.....	40
7.1	Stima delle emissioni .....	40
7.2	Configurazione del modello.....	41
7.3	Risultati.....	43
8	CONCLUSIONI.....	45
9	ALLEGATI .....	46
9.1	MAPPE ISOCONCENTRAZIONE - CANTIERE.....	46
9.2	MAPPE ISOCONCENTRAZIONE -TRAFFICO.....	46

## 1 Premessa

L'attività di supporto specialistico, oggetto della presente relazione tecnica, è relativa all'effettuazione di uno studio di modellistica diffusionale per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni derivanti dalle attività di cantiere ed esercizio del tratto di Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed opere ad esso connesse per la "TRATTA C" da completare in talune lavorazioni in presenza di traffico veicolare.

L'obiettivo dello studio è la valutazione, per mezzo dell'applicazione di un opportuno modello diffusionale (UNI 10964:2001 "Studi di impatto ambientale - Guida alla selezione dei modelli matematici per la previsione di impatto sulla qualità dell'aria"; UNI 10796:2000 "Valutazione della dispersione in atmosfera di effluenti aeriformi - Guida ai criteri di selezione dei modelli matematici"), della concentrazioni degli inquinanti caratteristici dell'emissione sia sul territorio circostante che in alcuni punti specifici, opportunamente individuati e ritenuti di particolare importanza, per il territorio

Le valutazioni condotte comprendono 2 aspetti:

- **Emissioni da lavorazioni in cantiere:** Si è provveduto alla stima delle emissioni delle lavorazioni di cantiere applicando le "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti" redatte da ARPAT previa convenzione con la Provincia di Firenze e recepite con DGP.213-09 dalla Provincia di Firenze. I dati di emissione di polveri e gas risultanti sono stati implementati nel codice di calcolo **CALPUFF** per la valutazione delle concentrazioni al suolo della compatibilità delle lavorazioni con lo stato della qualità dell'aria ambiente per la fase di cantiere della tratta C
- **Emissioni da traffico indotto dall'esercizio dell'area:** La relazione sviluppa la stima delle emissioni del traffico dalle attività presenti nell'area nella fase di esercizio, applicando i fattori di emissione ISPRA SINANET per il traffico veicolare al fine di stimare per ogni percorso la ricaduta sul territorio tramite l'applicazione del codice **CALINE**.

In relazione vengono prima quantificate le emissioni, ed in seguito riportate le valutazioni del potenziale impatto previsto sulla qualità dell'aria generato dagli scenari sopra riportati.

## 2 Inquadramento

Le opere di interesse in questo documento riguardano la Tratta C da realizzare per intero ex novo così come descritte

- Tratta C: da Cesano Maderno all'interconnessione con la Tangenziale Est (A51)

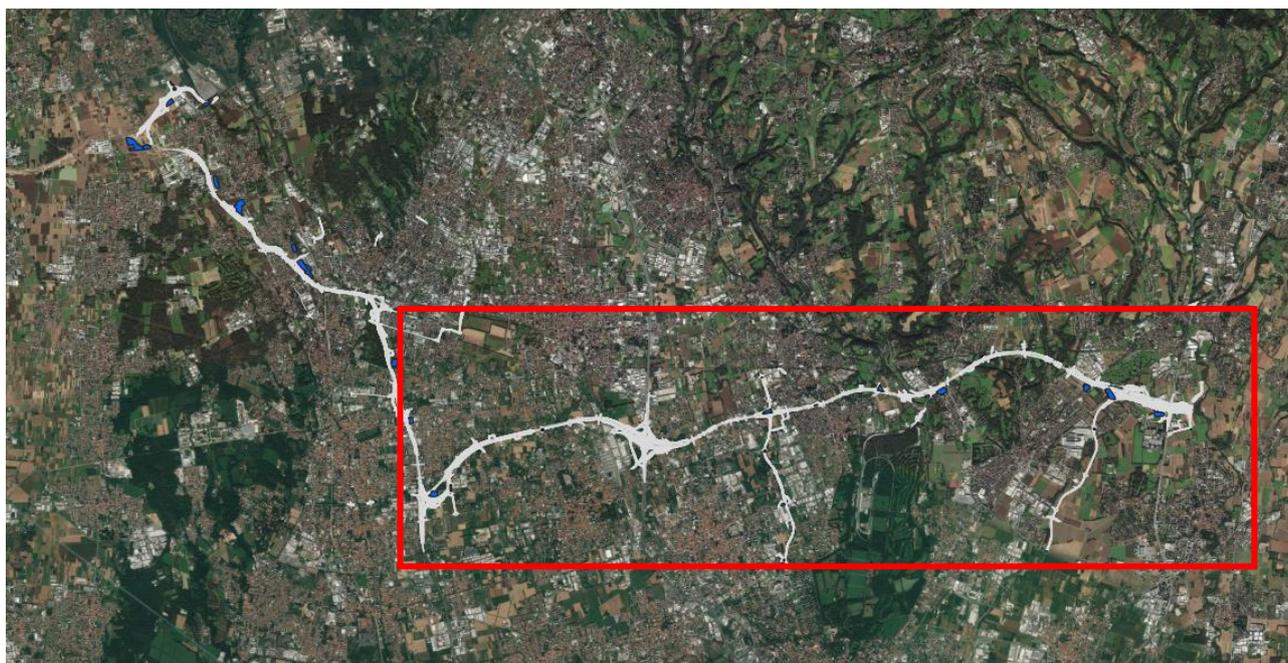


Figura 1 inquadramento dell'area di indagine con evidenziata la tratta C

## 3 Meteorologia

Nei paragrafi successivi, si riporta la caratterizzazione meteoclimatica che fornisce un quadro sulle condizioni meteorologiche dell'area di intervento.

In relazione all'estensione territoriale del dominio di calcolo e per una corretta caratterizzazione meteorologica dell'area, si sono acquisiti ed elaborati i dati misurati da una stazione a terra rappresentativa dell'area allo studio e quelli calcolati dal modello LAMA ed archiviati dal servizio ARPA-SIM dell'Emilia Romagna. Questi ultimi contengono i profili in quota dei parametri meteorologici e sono necessari allo svolgimento delle simulazioni e sono maggiormente rappresentativi di una area vasta, piuttosto che le stazioni di monitoraggio a terra che sono affette da situazioni contingenti su micro scala (edifici, alberi etc.).

I dati meteorologici analizzati quindi sono stati acquisiti da:

- archivio dati della Regione Lombardia tramite il portale <https://www.dati.lombardia.it/Ambiente/Stazioni-Meteorologiche/nf78-nj6b/data> e il sito di ARPA Lombardia per la stazione di **Vertemate con Minoprio serre** i cui dati sono stati utilizzati per la configurazione dei dati di superficie

- banca dati del modello LAMA di Arpae in un punto del dominio di calcolo in prossimità del tracciato di progetto nel comune di **Seregno**, i cui dati sono stati utilizzati per la configurazione dei dati in quota

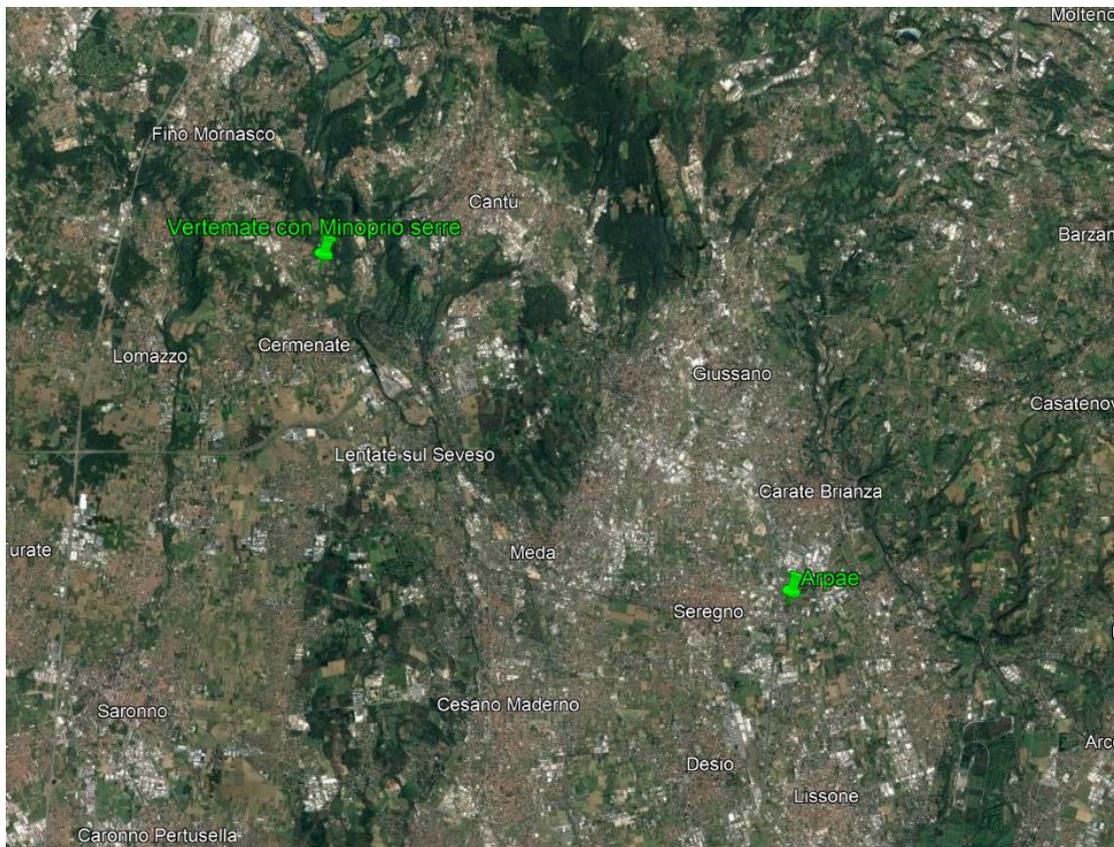
Le caratteristiche delle stazioni sono riportate nella tabella sottostante.

**Tabella 1** Specifiche stazione rete Regionale

	LAT	LONG	Parametri Misurati	Quota [m.s.l.s.]
<b>Vertemate con Minoprio serre</b>	9,0855	45,7183	Direzione vento Velocità vento Temperatura dell'aria Umidità dell'aria	310

**Tabella 2** Specifiche punto LAMA - Seregno

STAZIONE	LAT °N	LONG °E	OROG Orografia [m s.l.m.]	livelli [n°]
<b>Seregno</b>	9,2283	45,6525	242,6	24



**Figura 2** Localizzazione stazioni meteo

### 3.1 Stazione della Rete Regionale- Vertemate con Minoprio serre

#### 3.1.1 Regime Anemologico

Di seguito si riportano tabelle e figure che descrivono, su base annuale, il regime dei venti dell'area in esame

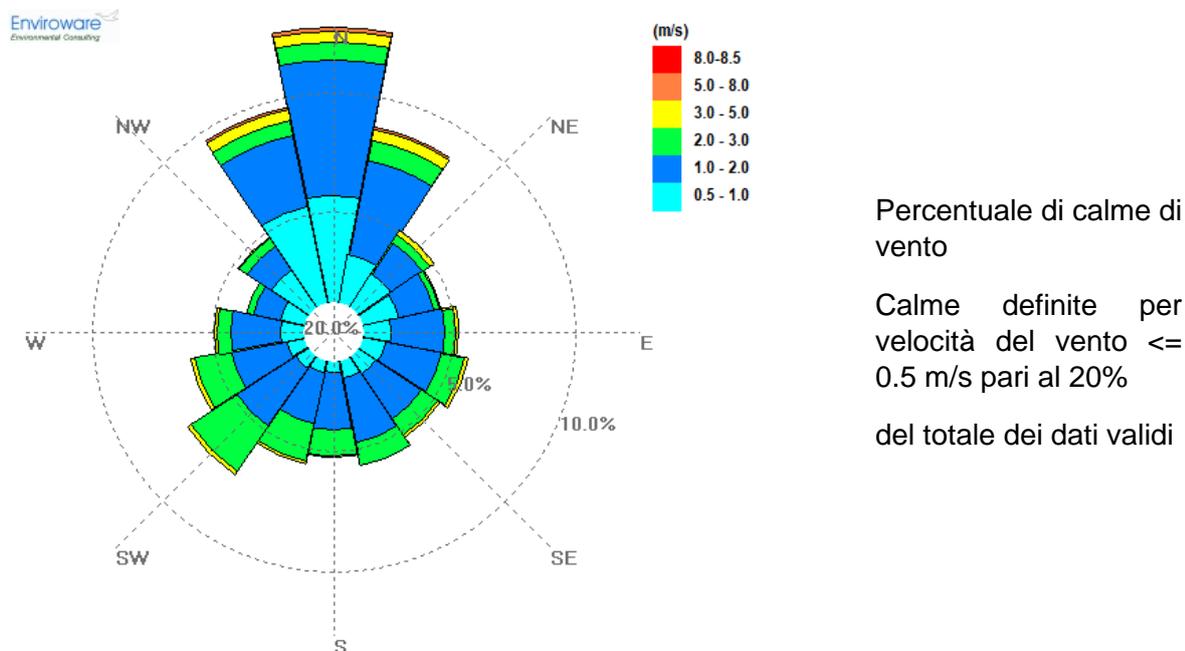


Figura 3 rosa dei venti per l'anno 2022

Il sito in esame è caratterizzato da venti prevalenti di modesta intensità che registrano come direzione primaria quella da No-N-NE con frequenza di più del 27% sul totale. L'intensità dei venti maggiore si registra sempre in quelli da NORD. In media le velocità si attestano tra i 1 e 2 m/s che costituiscono il 50% delle ore dell'anno. Le calme di vento, venti con velocità inferiore a 0.5 m/s si registrano per circa il 20% dei dati annuali.

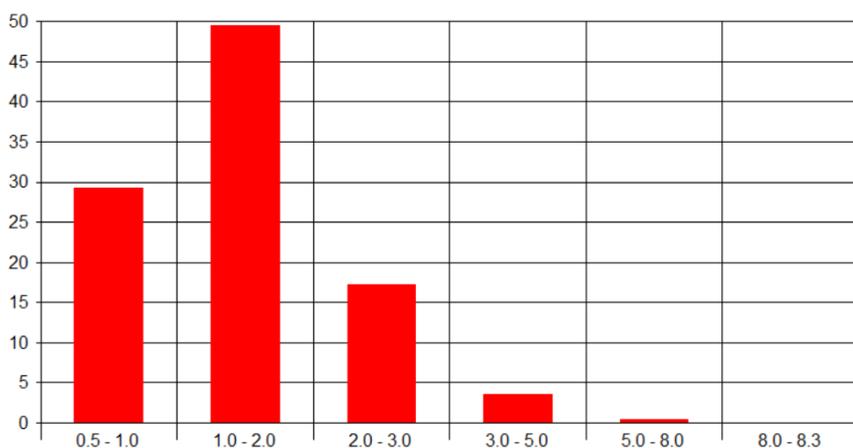
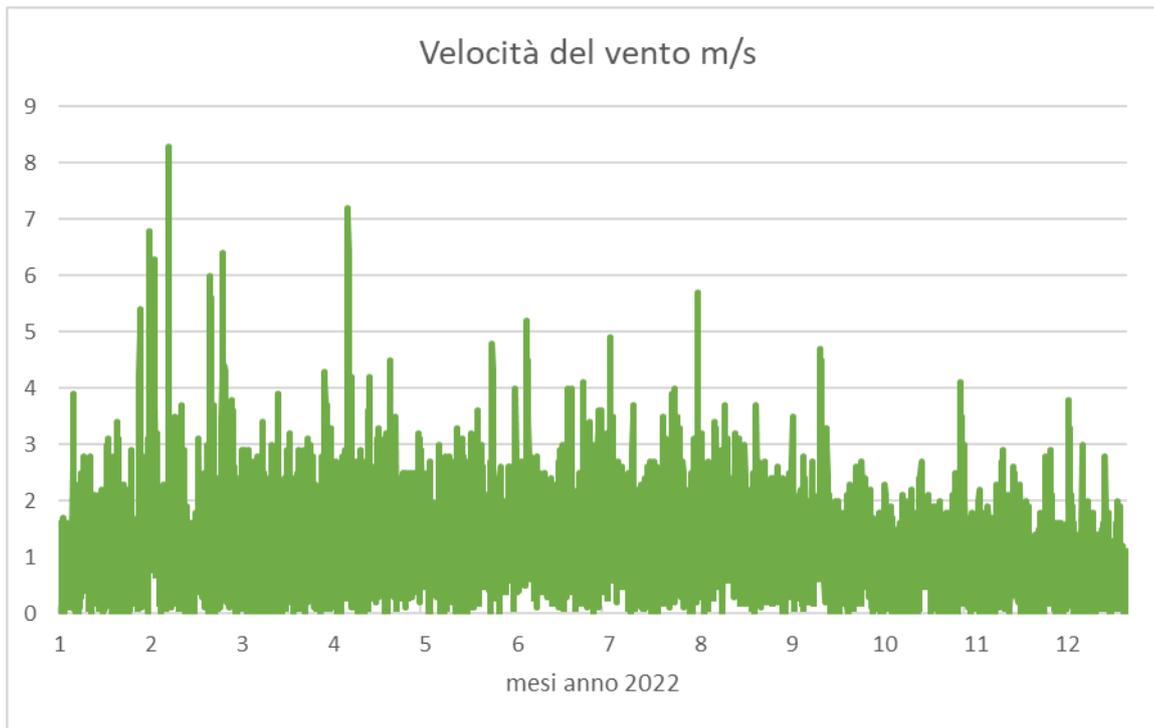


Figura 4 percentuale per categoria di velocità del vento



**Figura 5 serie temporale su media oraria della velocità del vento**

VELOCITA' DEL VENTO

periodo	Max [°C]	Media [°C]	Min [°C]
gen	5.4	1.1	0.0
feb	8.3	1.5	0.0
mar	3.9	1.3	0.0
apr	7.2	1.5	0.0
mag	4.8	1.4	0.0
giu	5.2	1.5	0.1
lug	4.9	1.6	0.0
ago	5.7	1.4	0.0
set	4.7	1.3	0.0
ott	2.7	1.0	0.0
nov	4.1	0.9	0.0
dic	3.8	0.8	0.0
<b>ANNO</b>	<b>8.3</b>	<b>1.3</b>	<b>0.0</b>

### 3.1.2 Parametri Meteorologici

Nelle tabelle seguenti sono descritte le medie annuali e le medie mensili per tutti i parametri meteorologici valutati. Si riporta, per ognuno dei parametri, temperatura dell'aria, pressione atmosferica sia tabelle con il calcolo dei parametri statistici che i grafici con la serie temporale oraria.

#### TEMPERATURA dell'ARIA

periodo	Max [°C]	Media [°C]	Min [°C]
gen	17.9	2.6	-5.6
feb	18.2	6.0	-4.3
mar	22.3	7.4	-5.9
apr	26.0	11.8	-1.4
mag	32.2	19.4	6.5
giu	36.1	24.0	11.8
lug	38.2	26.6	13.2
ago	37.0	24.3	13.7
set	31.4	18.4	6.4
ott	25.8	15.6	8.5
nov	19.5	8.1	-1.4
dic	14.6	4.2	-6.1
<b>ANNO</b>	<b>38.2</b>	<b>14.1</b>	<b>-6.1</b>

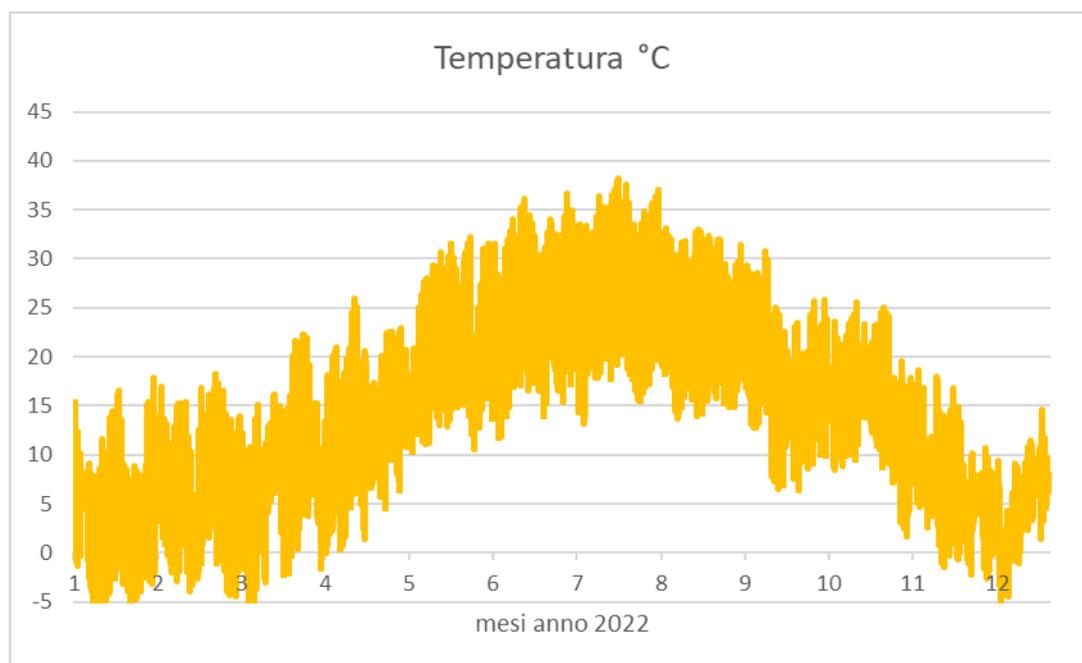


Figura 6 serie temporale su media oraria della temperatura dell'aria

UMIDITA' RELATIVA

periodo	Max [%]	Media [%]	Min [%]
gen	100.0	77.5	8.7
feb	100.0	65.8	7.2
mar	99.0	57.4	11.8
apr	99.0	63.7	13.2
mag	98.8	66.6	18.3
giu	97.7	60.1	17.7
lug	99.0	53.0	14.5
ago	98.0	60.4	21.3
set	99.8	68.2	13.2
ott	100.0	85.0	35.8
nov	100.0	85.2	25.0
dic	100.0	92.5	20.7
<b>Anno</b>	<b>100.0</b>	<b>69.6</b>	<b>7.2</b>

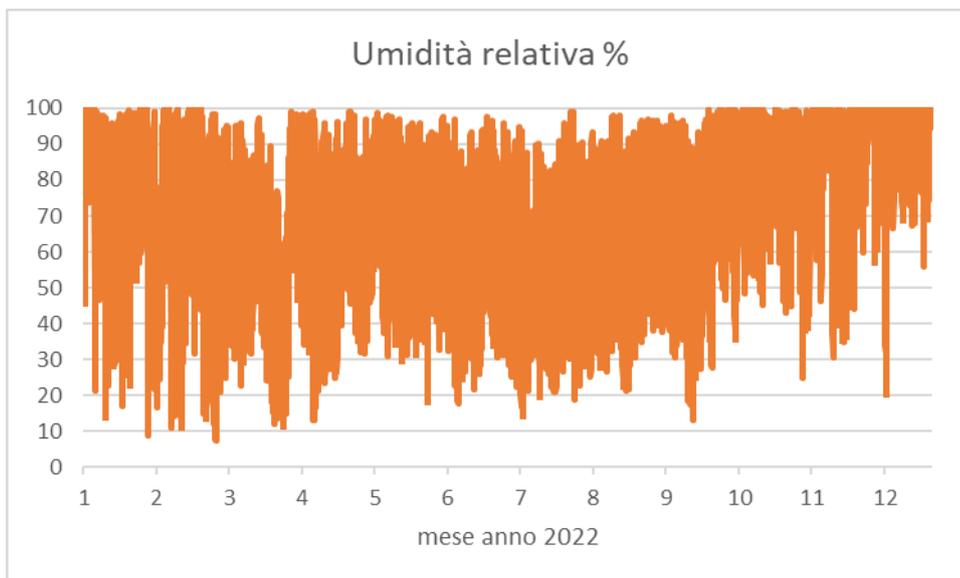


Figura 7 serie temporale su media oraria della umidità relativa

## 3.2 Stazione virtuale LAMA - Seregno

### 3.2.1 Regime Anemologico

Il regime dei venti dell'area di studio è stato caratterizzato utilizzando i dati meteorologici dell'anno solare 2022 registrati nel dataset LAMA di ARPA SIM Emilia Romagna in prossimità dell'abitato di Seregno, come citato in precedenza. Di seguito si riportano tabelle e figure che descrivono, su base annuale, il regime dei venti dell'area in esame.

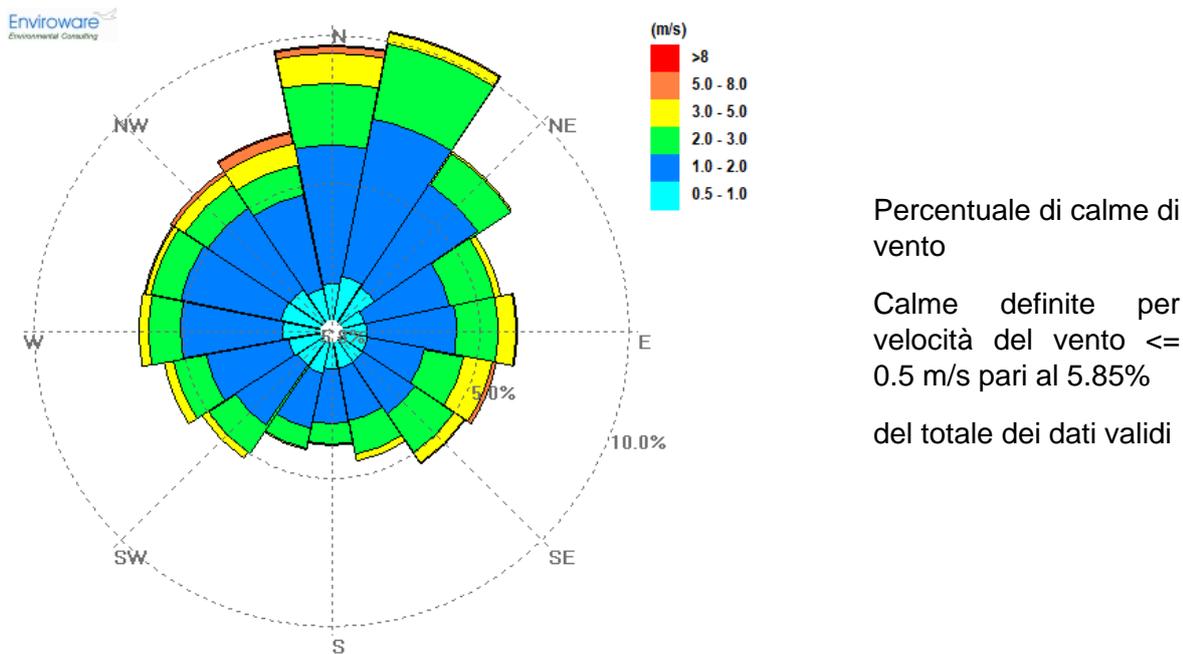


Figura 8 rosa dei venti per l'anno 2022 e dati statistici dataset LAMA (quota 10 m sls)

Il sito in esame è caratterizzato da venti prevalenti di modesta intensità che registrano come direzione primaria quella da N-NE con frequenza di più del 27% sul totale. L'intensità dei venti maggiore si registra sempre in quelli da NORD. In media le velocità si attestano tra i 1 e 2 m/s che costituiscono il 50% delle ore dell'anno. Le calme di vento, venti con velocità inferiore a 0.5 m/s si registrano per circa il 6% dei dati annuali.

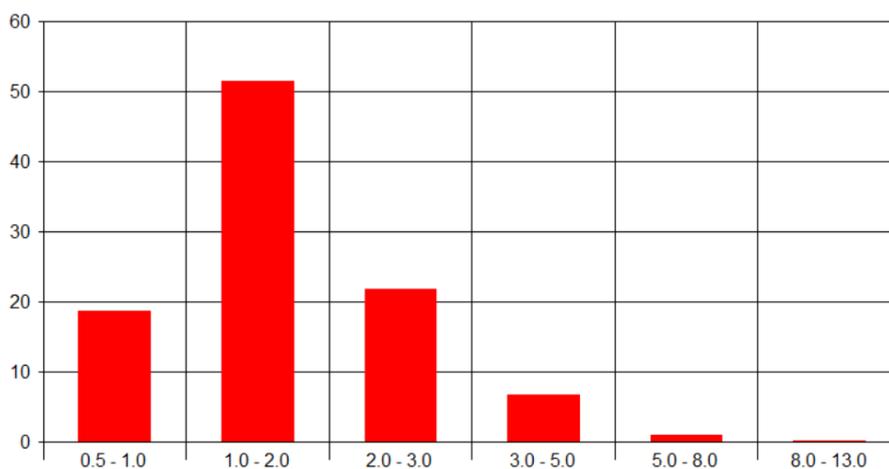


Figura 9 percentuale per categoria di velocità del vento

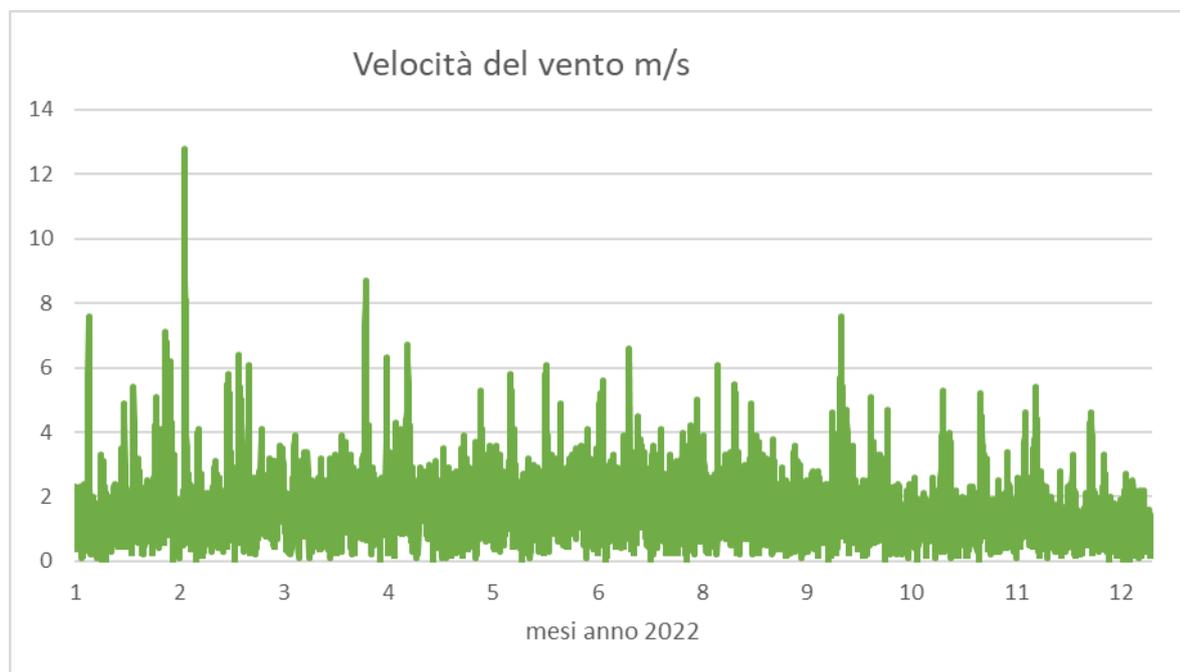


Figura 10 serie temporale su media oraria della velocità del vento a 10 m sls per l'anno 2022 dataset LAMA (quota 10 m sls).

VELOCITA' DEL VENTO [dati LAMA ARPA-EMR]

periodo	Max [°C]	Media [°C]	Min [°C]
gen	7.6	1.6	0.1
feb	12.8	2.0	0.0
mar	6.1	1.7	0.1
apr	8.7	2.1	0.1
mag	5.8	1.8	0.1
giu	6.1	1.9	0.1
lug	6.6	2.0	0.0
ago	6.1	1.8	0.2
set	7.6	1.7	0.1
ott	5.3	1.4	0.0
nov	5.4	1.5	0.1
dic	4.6	1.2	0.1
<b>ANNO</b>	<b>12.8</b>	<b>1.7</b>	<b>0.0</b>

### 3.2.2 Parametri Meteorologici

Nelle tabelle seguenti sono descritte le medie annuali e le medie mensili per tutti i parametri meteorologici valutati. Si riporta, per ognuno dei parametri, temperatura dell'aria, pressione atmosferica sia tabelle con il calcolo dei parametri statistici che i grafici con la serie temporale oraria.

TEMPERATURA dell'ARIA [dati LAMA ARPA-EMR]

periodo	Max [°C]	Media [°C]	Min [°C]
gen	11.6	4.1	-2.0
feb	14.2	6.6	0.2
mar	20.5	8.7	0.3
apr	23.4	12.4	2.2
mag	30.0	19.5	10.7
giu	33.8	24.2	15.4
lug	36.7	27.2	18.8
ago	35.0	25.3	17.6
set	29.6	19.0	11.4
ott	23.8	17.7	12.1
nov	17.2	9.6	2.6
dic	11.5	4.8	-2.0
ANNO	<b>36.7</b>	<b>15.0</b>	<b>-2.0</b>

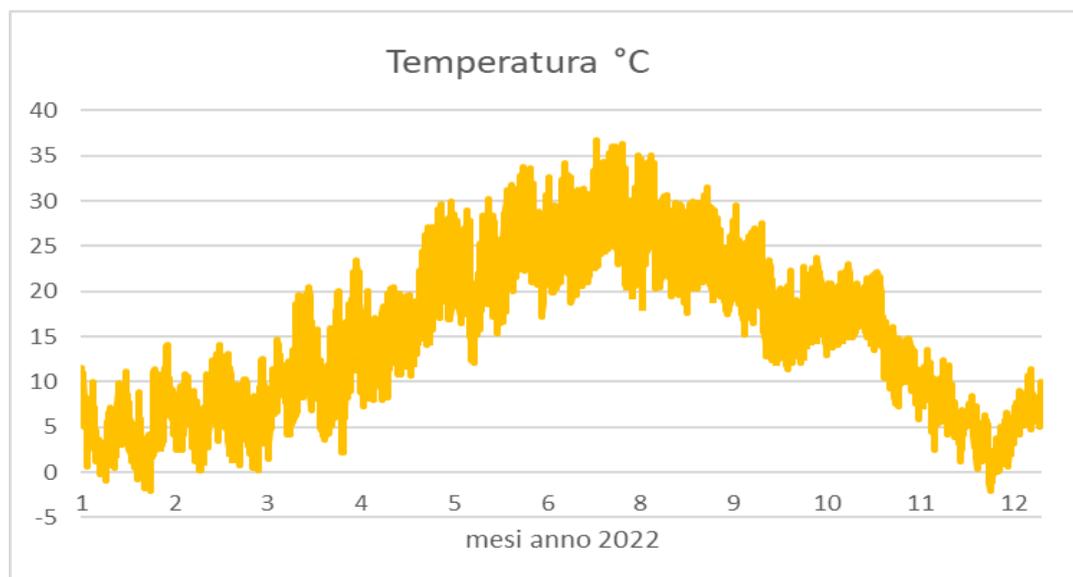
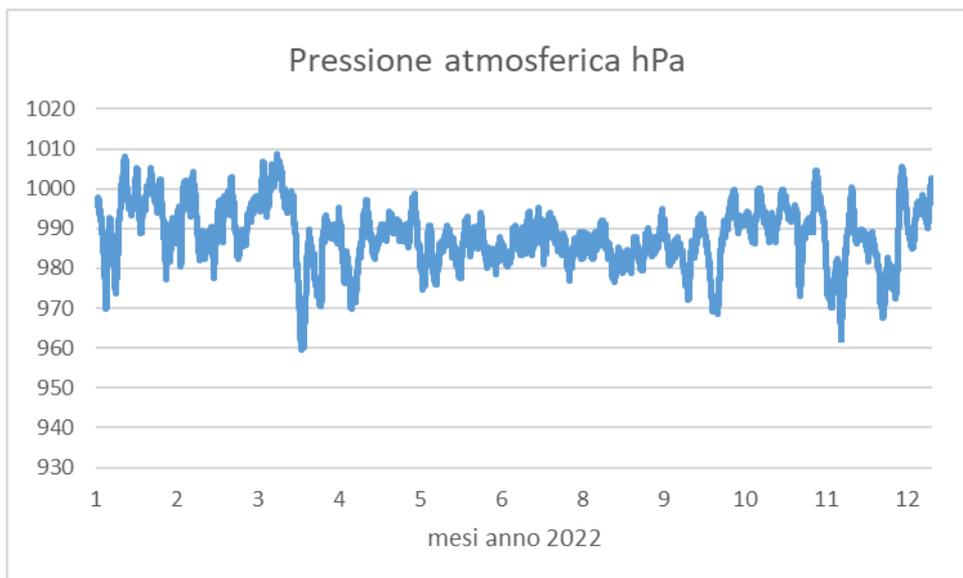


Figura 11 serie temporale su media oraria della temperatura dell'aria a 10 m sls per l'anno 2022 dataset LAMA (quota 10 m sls).

PRESSIONE ATMOSFERICA [dati LAMA ARPA-EMR]

periodo	Max [hPa]	Media [hPa]	Min [hPa]
gen	1008.08	993.56	969.93
feb	1004.08	991.04	977.64
mar	1008.64	994.25	959.70
apr	997.10	982.96	960.25
mag	998.68	987.27	974.78
giu	993.97	985.46	977.49
lug	995.33	987.26	977.08
ago	991.97	984.60	976.67
set	995.00	983.46	968.49
ott	1000.21	992.77	984.50
nov	1004.54	986.73	962.52
dic	1005.41	987.41	967.59
Anno	1008.64	988.06	959.70



**Figura 12 serie temporale su media oraria della pressione atmosferica a 10 m sls per l'anno 2022 dataset LAMA (quota 10 m sls).**

## 4 Stato della Qualità dell'aria

### 4.1 Inquadramento normativo

Il quadro normativo di riferimento per l'inquinamento atmosferico si compone di:

- D. Lgs. 351/99: recepisce ed attua la Direttiva 96/69/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria. In particolare definisce e riordina un glossario di definizioni chiave che devono supportare l'intero sistema di gestione della qualità dell'aria, quali ad esempio valore limite, valore obiettivo, margine di tolleranza, zona, agglomerato etc;
- D.M. 261/02: introduce lo strumento dei Piani di Risanamento della Qualità dell'Aria, come metodi di valutazione e gestione della qualità dell'aria: in esso vengono spiegate le modalità tecniche per arrivare alla zonizzazione del territorio, le attività necessarie per la valutazione preliminare della qualità dell'aria, i contenuti dei Piani di risanamento, azione, mantenimento;
- D. Lgs. 152/2006, recante "Norme in materia ambientale", Parte V, come modificata dal D. Lgs. n. 128 del 2010. Allegato V alla Parte V del D. Lgs. 152/2006, intitolato "Polveri e sostanze organiche liquide". Più specificamente: Parte I "Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico, scarico o stoccaggio di materiali polverulenti".
- D.Lgs n. 250/2012. Il nuovo provvedimento non altera la disciplina sostanziale del decreto 155 ma cerca di colmare delle carenze normative o correggere delle disposizioni che sono risultate particolarmente problematiche nel corso della loro applicazione

Il D. Lgs. 155/2010 e smi recepisce la direttiva europea 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa. A livello nazionale il D. Lgs. 155/2010 conferma in gran parte quanto stabilito dal D.M. 60/2002, e ad esso aggiunge nuove definizioni e nuovi obiettivi, tra cui:

- valori limite per biossido di zolfo, biossido di azoto, benzene, monossido di carbonio, piombo e PM10, vale a dire le concentrazioni atmosferiche fissate in base alle conoscenze scientifiche al fine di evitare, prevenire o ridurre gli effetti dannosi sulla salute umana e sull'ambiente;
- soglie di allarme per biossido di zolfo e biossido di azoto, ossia la concentrazione atmosferica oltre, la quale vi è un rischio per la salute umana in caso di esposizione di breve durata e raggiunta la quale si deve immediatamente intervenire;
- valore limite, valore obiettivo, obbligo di concentrazione dell'esposizione ed obiettivo nazionale di riduzione dell'esposizione per le concentrazioni nell'aria ambiente di PM2,5;
- valori obiettivo per le concentrazioni nell'aria ambiente di arsenico, cadmio, nichel e benzo(a)pirene

La Tabella 3 riporta i valori limite per la qualità dell'aria vigenti e fissati D. Lgs. 155/2010 e smi (esposizione acuta ed esposizione cronica).

**Tabella 3 Valori di riferimento della qualità dell'aria Dlgs 155/2010 e smi**

Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs. 155/2010 e smi			
Biossido di azoto NO2	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria ( max 18 volte in un anno)	200 µg/ m3
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m3
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	400 µg/ m3
Monossido di carbonio CO	Valore limite	Massima Media Mobile su 8 ore	10 mg/ m3

Valori di riferimento per la valutazione della QA secondo il D.Lgs. 155/2010 e smi			
Ozono O <sub>3</sub>	Soglia di Informazione	Numero di Superamenti del valore orario	180 µg/ m <sup>3</sup>
	Soglia di Allarme	Numero di Superamenti del valore orario (3 ore consecutive)	240 µg/ m <sup>3</sup>
	Valore obiettivo per la protezione della salute umana (da valutare per la prima volta nel 2013)	Numero di superamenti della media mobile di 8 ore massima giornaliera (max 25 gg/anno come media degli ultimi 3 anni)	120µg/ m <sup>3</sup>
Biossido di Zolfo SO <sub>2</sub>	Valore limite orario	Numero di superamenti Media oraria ( max 24 volte in un anno)	350 µg/ m <sup>3</sup>
	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera ( max 3 volte in un anno)	125 µg/ m <sup>3</sup>
	Soglia di Allarme	Numero di superamenti Media oraria (3 ore consecutive)	500 µg/ m <sup>3</sup>
Particolato Atmosferico PM <sub>10</sub>	Valore limite giornaliero	Numero di superamenti Media giornaliera (max 35 volte in un anno)	50 µg/ m <sup>3</sup>
	Valore limite annuale	Media annua	40 µg/ m <sup>3</sup>
Benzene C <sub>6</sub> H <sub>6</sub>	Valore limite annuale	Media annua	5 µg/ m <sup>3</sup>
IPA come Benzo(a)pirene	Valore obiettivo	Media annua	1 ng/ m <sup>3</sup>
Metalli pesanti			
Arsenico	Valore obiettivo	Media annua	6 ng/ m <sup>3</sup>
Cadmio	Valore obiettivo	Media annua	5 ng/ m <sup>3</sup>
Nichel	Valore obiettivo	Media annua	20 ng/m <sup>3</sup>

La valutazione e la gestione della qualità dell'aria ambiente in Italia sono attualmente regolamentate dal D.Lgs 155/2010 e smi, recepimento della Direttiva Europea 2008/50/CE, che ha modificato in misura strutturale, e da diversi punti di vista, quello che è l'approccio a questa tematica.

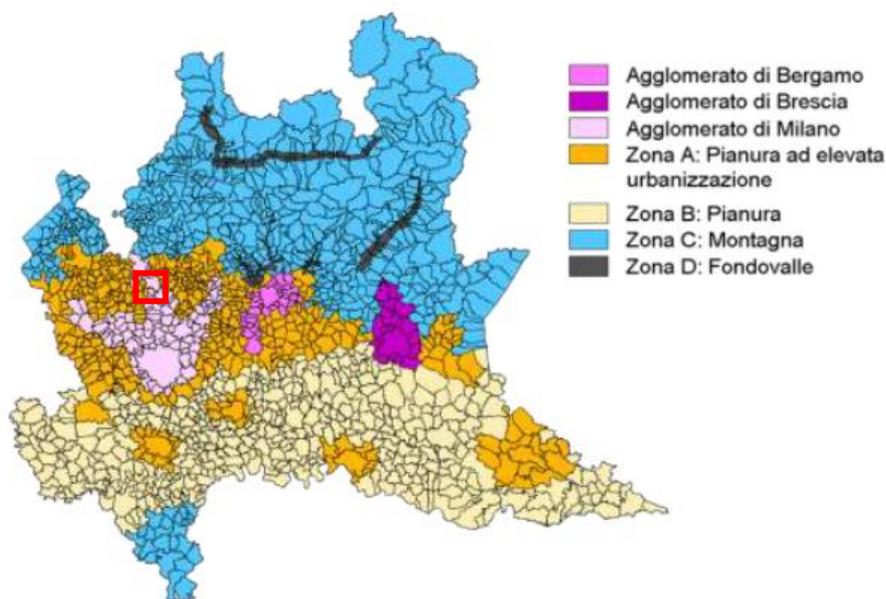
Il D.Lgs 155/2010 è stato modificato ed integrato dal D.Lgs n. 250/2012 che non altera la disciplina sostanziale del decreto 155 ma cerca di colmare delle carenze normative o correggere delle disposizioni che sono risultate particolarmente problematiche nel corso della loro applicazione.

La legislazione italiana, costruita sulla base della direttiva europea 2008/50/CE, individua le Regioni quali autorità competenti in materia di valutazione e gestione della qualità dell'aria. In quest'ambito è previsto che ogni Regione definisca la suddivisione del territorio in zone e agglomerati, nelle quali valutare il rispetto dei valori obiettivo e dei valori limite e definire, nel caso, piani di risanamento e mantenimento della qualità dell'aria. La classificazione delle zone e degli agglomerati deve essere riesaminata almeno ogni 5 anni.

La Regione Lombardia, con la D.G.R. n° 2605 del 30 novembre 2011, ha modificato la precedente zonizzazione, come richiesto dal Decreto Legislativo n°155 del 13/08/2010 (recepimento della

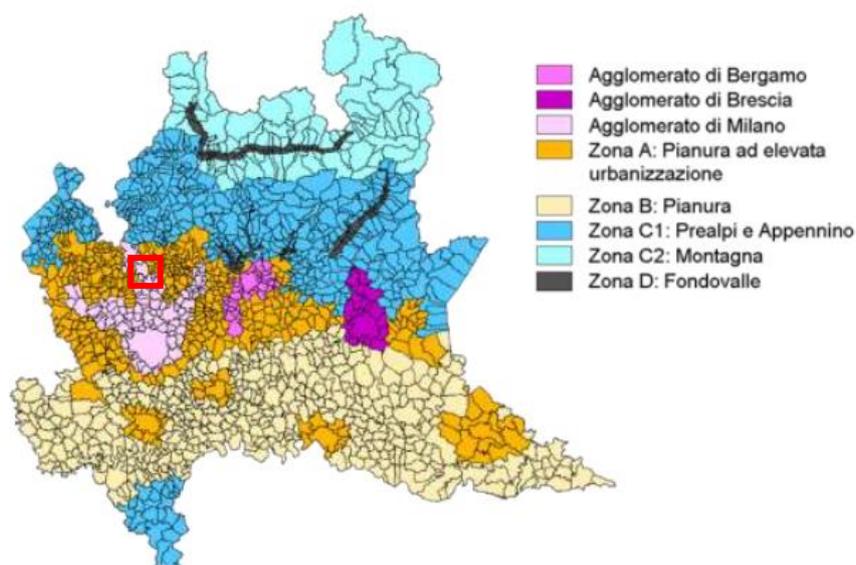
direttiva quadro sulla qualità dell'aria 2008/50/CE) che ha individuato nuovi criteri più omogenei per l'individuazione di agglomerati e zone ai fini della valutazione della qualità dell'aria sul territorio italiano. Nella successiva figura è riportata l'attuale suddivisione in zone e agglomerati relativi alla Regione Lombardia. Il territorio lombardo risulta così suddiviso:

- **Agglomerati urbani (Agglomerato di Milano, Agglomerato di Bergamo e Agglomerato di Brescia)**
- **Zona A: pianura a elevata urbanizzazione**
- **Zona B: zona di pianura**
- **Zona C: Prealpi, Appennino e montagna**
- **Zona D: fondovalle**



**Figura 13 Zonizzazione della Regione Lombardia ai sensi del D. Lgs. 155/10 e smi – DGR n° 2605/11 (fonte Arpa Lombardia)**

La nuova zonizzazione prevede inoltre un'ulteriore suddivisione della zona C ai fini della valutazione della qualità dell'aria per l'ozono. A tale scopo quindi, la zona C viene ripartita in zona C1, Prealpi e Appennino, e zona C2 relativa alla montagna, come rappresentato in figura seguente



**Figura 14 Zonizzazione della Regione Lombardia ai sensi del D. Lgs. 155/10 e smi – Valutazione Ozono DGR n° 2605/11 (fonte Arpa Lombardia)**

L'area in cui ricade il tracciato di studio è compresa nella zona denominata **AGGLOMERATO DI MILANO**

Zonizzazione	Tipo Stazione/Zona	Stazione Qualità dell'aria
Agglomerato. MI	UT	Meda
Agglomerato. MI	SF	Monza, Parco

**Figura 15 Stazioni fisse prese a riferimento (fonte Arpa Lombardia)**

I parametri commentati sono quelli di interesse per lo studio diffusionale che quindi comprendono le polveri PM10, gli ossidi di azoto e il monossido di carbonio.

### Biossido di Azoto (NO<sub>2</sub>)

Il biossido di azoto è un inquinante secondario, generato dall'ossidazione del monossido di azoto (NO) in atmosfera. Il traffico veicolare rappresenta la principale fonte di emissione del biossido di azoto. Gli impianti di riscaldamento civili ed industriali, le centrali per la produzione di energia e numerosi processi industriali rappresentano altre fonti di emissione.

**Tabella 4 Confronto con i limiti di riferimento**

Stazione	anno	N° medie orarie >200 µg/m <sup>3</sup> (V.L. 18)	Media annuale (V.L. 40 µg/m <sup>3</sup> )
Meda	2019	0	36
	2020	0	29
	2021	0	34
Monza, Parco	2019	0	38
	2020	0	31
	2021	0	27

Non sono stati rilevati, per tutti gli anni, considerati superamenti sia del valore limite orario di NO<sub>2</sub>, sia di quello medio annuale

## **PARTICOLATO (PM10-)**

### **Polveri PM<sub>10</sub>**

Con il termine PM10 si fa riferimento al materiale particolato con diametro uguale o inferiore a 10 µm. Il materiale particolato può avere origine sia antropica che naturale. Le principali sorgenti emissive antropiche in ambiente urbano sono rappresentate dagli impianti di riscaldamento civile e dal traffico veicolare. Le fonti naturali di PM10 sono riconducibili essenzialmente ad eruzioni vulcaniche, erosione, incendi boschivi etc.

**Tabella 5 Confronto con i limiti di riferimento**

<b>Stazione</b>	<b>anno</b>	<b>N° medie giornaliere &gt;50µg/m<sup>3</sup> (V.L. 35 giorni)</b>	<b>Media annuale (V.L. 40 µg/m<sup>3</sup>)</b>
Meda	2019	50	30
	2020	59	31
	2021	67	34
Monza, Parco	2019	32	26
	2020	63	29
	2021	46	28

Per la stazione di Meda e quella di Monza Parco viene superato il limite sui superamenti della media giornaliera ma non della media annuale

## **CO**

Il monossido di carbonio è un inquinante tipico delle aree urbane, proviene principalmente dai gas di scarico degli autoveicoli a benzina e varia proporzionalmente alla densità del traffico automobilistico. Esso è inoltre emesso nei processi di combustione in difetto d'aria/ossigeno nelle acciaierie, nelle raffinerie, nelle autofficine e nei garage. Il CO ha un tempo di residenza in atmosfera di circa 4 mesi.

**Tabella 6 Confronto con i limiti di riferimento**

<b>Stazione</b>	<b>anno</b>	<b>Media annuale (mg/m<sup>3</sup>)</b>	<b>Massimo della media su 8h (VL 10 mg/m<sup>3</sup>)</b>
Meda	2019	0.7	0
	2020	0.4	0
	2021	0.6	0

Tutti i parametri monitorati rimangono stabili e ampiamente entro i limiti normativi.

## 5 Modelli di Dispersione

### 5.1 Scelta e tipologie di modelli diffusionali

Quando gas o particelle vengono immessi in atmosfera si disperdono per opera del moto caotico dell'aria; tale fenomeno è noto come diffusione turbolenta. Scopo dello studio del comportamento degli inquinanti in atmosfera è la conoscenza della loro distribuzione spaziale e temporale.

Nella maggior parte dei casi si ricorre alla descrizione matematica dei processi di trasporto, reazione chimica e rimozione attraverso l'ausilio di modelli matematici di simulazioni (detti modelli di diffusione) atti a descrivere la distribuzione di una determinata sostanza in atmosfera.

La scelta dello strumento modellistico adeguato alle esigenze dello specifico caso di studio necessita di un'attenta fase di valutazione di applicabilità, da espletarsi attraverso la verifica

- del problema: scala spaziale, temporale, dominio, tipo di inquinante, tipo di sorgenti, finalità delle simulazioni;
- dell'effettiva disponibilità dei dati di input;
- delle risorse di calcolo disponibili;
- del grado di complessità dei vari strumenti disponibili e delle specifiche competenze necessarie per la sua applicazione;
- delle risorse economico-temporali disponibili.

Naturalmente, la complessità della realtà fisica fa sì che nessun modello possa rappresentare la situazione reale nella sua completezza: ciascun modello rappresenta necessariamente una semplificazione e un'approssimazione della realtà.

### 5.2 Criteri che concorrono alla scelta del modello

In generale, i modelli matematici diffusionali si possono dividere in due categorie:

- *modelli deterministici;*
- *modelli statistici.*

I modelli deterministici si basano su equazioni che si propongono di descrivere in maniera quantitativa i fenomeni che determinano il comportamento dell'inquinante in atmosfera.

Si dividono a loro volta in due classi:

- *modelli euleriani: riferiti ad un sistema di coordinate fisse;*
- *modelli lagrangiani: riferiti ad un sistema di coordinate mobile, che segue gli spostamenti degli elementi di cui si desidera riprodurre il comportamento in atmosfera.*

I modelli euleriani si suddividono, a loro volta, in:

- *modelli analitici,*
- *modelli a box,*
- *modelli a griglia.*

I modelli analitici si basano sull'integrazione, in condizioni semplificate, dell'equazione generale di trasporto e diffusione. Le condizioni meteorologiche possono considerarsi stazionarie (plume models) oppure dipendenti dal tempo (puff models).

I modelli a box suddividono il dominio in celle, all'interno delle quali si assume che l'inquinante sia perfettamente miscelato. E' inoltre possibile tenere conto di eventuali termini di trasformazione chimica e di rimozione dovuta a fenomeni di deposizione.

I modelli a griglia si basano sulla soluzione dell'equazione di diffusione atmosferica tramite tecniche alle differenze finite. Prendono il nome dalla suddivisione del dominio in un grigliato tridimensionale e sono in grado di tener conto di tutte le misure meteorologiche disponibili e delle loro variazioni spaziali e temporali, nonché di trasformazioni quali le reazioni chimiche, la deposizione secca o umida.

I modelli lagrangiani si suddividono in:

- *modelli a box,*
- *modelli a particelle.*

I modelli lagrangiani a box, diversamente dai corrispondenti modelli euleriani, ottengono una risoluzione spaziale lungo l'orizzontale, non possibile nei primi a causa dell'ipotesi di perfetto miscelamento. La dimensione verticale del box è posta uguale all'altezza di miscelamento. L'ipotesi semplificatrice più significativa consiste nell'assumere la dispersione orizzontale nulla (assenza di scambio con l'aria circostante). Nei modelli a particelle la dispersione dell'inquinante viene schematizzata attraverso pseudo-particelle di massa nota, che evolvono in un dominio tridimensionale. Il moto delle particelle viene descritto mediante la componente di trasporto, espressa attraverso il valore medio del vento, e quella turbolenta, espressa attraverso le fluttuazioni dello stesso intorno al valore medio. Questo approccio permette di tener conto delle misure meteorologiche disponibili, anche relative a situazioni spaziali e temporali complesse, evitando parametrizzazioni sulla turbolenza (classi di stabilità e coefficienti di diffusione semi-empirici).

I modelli statistici si basano su relazioni statistiche fra insiemi di dati misurati e possono suddividersi, a seconda delle tecniche statistiche implementate, in:

- *modelli di distribuzione,*
- *modelli stocastici,*
- *modelli di recettore.*

Tutti i modelli statistici non prevedono l'utilizzo delle equazioni che descrivono la realtà fisica, ma utilizzano i soli dati misurati nel passato dalla rete di monitoraggio e forniscono le previsioni dei valori di concentrazione nei soli punti della rete stessa. Nelle loro forme più semplici, questi modelli si basano su espressioni lineari formate dal termine che esplicita la relazione tra dati passati e dato previsto e dal termine stocastico vero e proprio; le ulteriori affinzioni possono derivare con l'apporto esplicito o implicito di altre variabili, meteorologiche o emissive.

In questo studio sono stati utilizzati due differenti modelli di dispersione: **CALINE4** per la descrizione del traffico veicolare in fase di esercizio e il modello **CALPUFF** per la valutazione delle ricadute dalle attività di cantiere.

### 5.3 Calpuff Model System

Il sistema di modelli CALPUFF MODEL SYSTEM, inserito dall'U.S. EPA in Appendix A di "Guideline on Air Quality Models", è stato sviluppato da Sigma Research Corporation, ora parte di Earth Tech, Inc, con il contributo di California Air Resources Board (CARB).

Il sistema di modelli è composto da tre componenti:

- Il preprocessore meteorologico CALMET: utile per la ricostruzione del campo tridimensionale di vento e temperatura all'interno del dominio di calcolo;
- Il processore CALPUFF: modello di dispersione, che 'inserisce' le emissioni all'interno del campo di vento generato da Calmet e ne studia il trasporto e la dispersione;
- Il postprocessore CALPOST: ha lo scopo di processare i dati di output di CALPUFF, in modo da renderli nel formato più adatto alle esigenze dell'utente.

**CALMET** è un preprocessore meteorologico di tipo diagnostico, in grado di riprodurre campi tridimensionali di vento e temperatura e campi bidimensionali di parametri descrittivi della turbolenza. È adatto a simulare il campo di vento su domini caratterizzati da orografia complessa. Il campo di vento viene ricostruito attraverso stadi successivi, in particolare un campo di vento iniziale viene rielaborato per tenere conto degli effetti orografici, tramite interpolazione dei dati misurati alle centraline di monitoraggio e tramite l'applicazione di specifici algoritmi in grado di simulare l'interazione tra il suolo e le linee di flusso. Calmet è dotato, infine, di un modello micrometeorologico per la determinazione della struttura termica e meccanica (turbolenza) degli strati inferiori dell'atmosfera.

**CALPUFF** è un modello di dispersione 'a puff' multi-strato non stazionario. È in grado di simulare il trasporto, la dispersione, la trasformazione e la deposizione degli inquinanti, in condizioni meteorologiche variabili spazialmente e temporalmente. CALPUFF è in grado di utilizzare campi meteorologici prodotti da CALMET, oppure, in caso di simulazioni semplificate, di assumere un campo di vento assegnato dall'esterno, omogeneo all'interno del dominio di calcolo. CALPUFF contiene diversi algoritmi che gli consentono, opzionalmente, di tenere conto di diversi fattori, quali: l'effetto scia dovuto agli edifici circostanti (building downwash) o allo stesso camino di emissione (stack-tip downwash), shear verticale del vento, deposizione secca ed umida, trasporto su superfici d'acqua e presenza di zone costiere, presenza di orografia complessa, ecc. CALPUFF è infine in grado di trattare diverse tipologie di sorgente emissiva, in base essenzialmente alle caratteristiche geometriche: sorgente puntiforme, lineare, areale, volumetrica.

**CALPOST** consente di elaborare i dati di output forniti da CALPUFF, in modo da ottenere i risultati in un formato adatto alle esigenze dell'utente. Tramite Calpost si possono ottenere dei file di output direttamente interfacciabili con software grafici per l'ottenimento di mappe di concentrazione.

### 5.4 Caline

Il modello **CALINE4** is a steady-state Gaussian dispersion model designed to determine air pollution concentrations at receptor locations downwind of highways located in relatively uncomplicated terrain" è inserito nella lista dei Preferred/Recommended Models - Appendix W Guidance – Permit Modeling Guidance US-EPA.

Sorgenti lineari:

Caline è il modello di calcolo utilizzato per lo studio di sorgenti lineari, come le emissioni dovute a traffico veicolare, appositamente realizzato dal Dipartimento dei Trasporti della California per le autostrade americane e successivamente convalidato dall'US-EPA. Tale modello è basato sull'utilizzo congiunto di un "box model" e della formulazione dell'equazione gaussiana di dispersione, valida per moti del vento laminari e atmosfera stabile.

La versione attualmente utilizzata del codice è CALINE4, che è anche la più recente al momento disponibile. Lo scopo di questo modello è di stimare gli impatti sulla qualità dell'aria nei pressi di strade o infrastrutture viarie lineari. CALINE4 è in grado di simulare le concentrazioni in aria ambiente di inquinanti primari inerti come CO e articolato ed NO2, originate dalle emissioni degli autoveicoli.

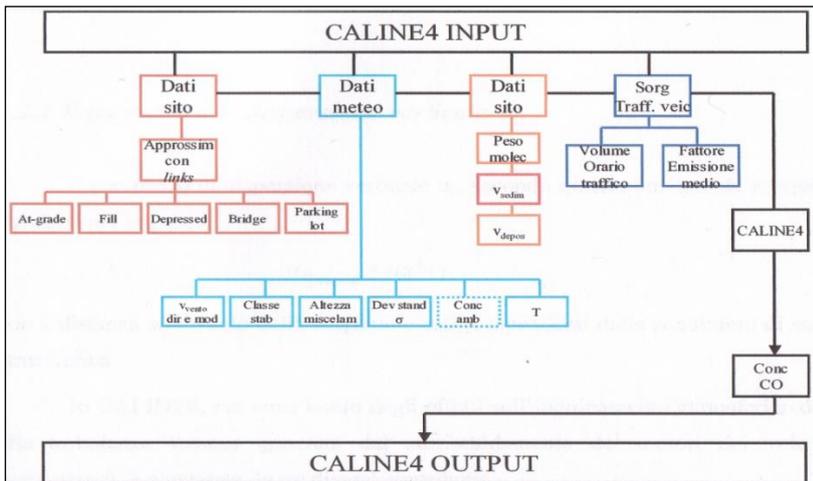
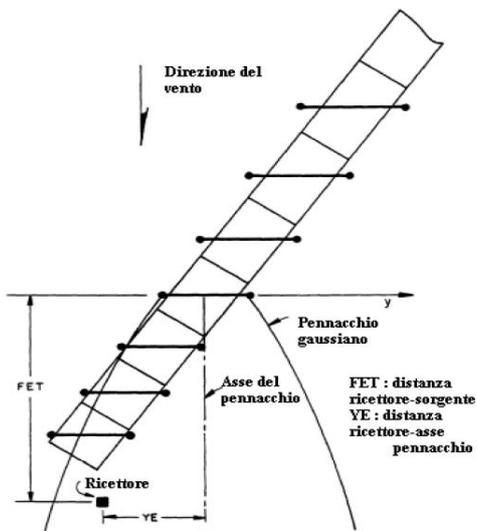


Figura 16 - Schema a blocchi INPUT/OUTPUT del codice CALINE

## DESCRIZIONE DEL MODELLO

### Schematizzazione del sito

Il modello suddivide l'asse stradale in una serie di elementi discreti (determinati tenendo conto della direzione del vento e della posizione rispetto alla strada del punto recettore in cui deve essere stimata la concentrazione) per i quali le singole concentrazioni sono calcolate e poi sommate per ottenere il valore finale in corrispondenza di un particolare recettore. Ciascun elemento in cui è ripartito il tratto stradale è schematizzato come una sorgente lineare fittizia di emissione perpendicolare alla direzione del vento: per ognuna di queste sorgenti viene simulato un processo di dispersione gaussiana delle sostanze inquinanti.



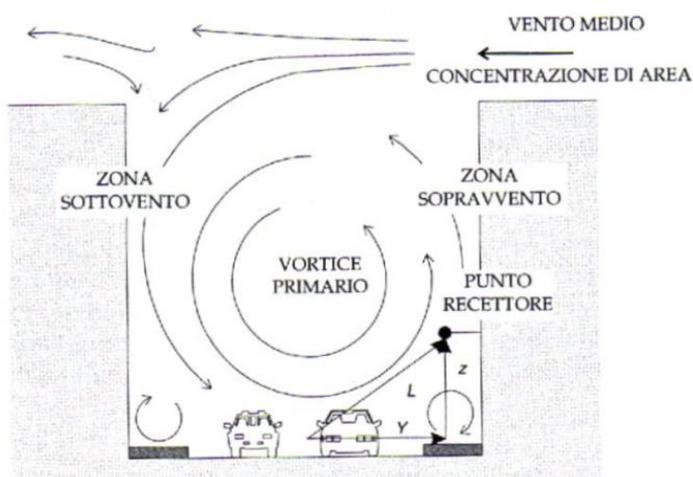
**Figura 17 - Schematizzazione della sorgente in CL4**

Per quanto concerne la definizione della geometria della strada, il modello permette di suddividere il tratto studiato fino ad un massimo di 20 segmenti continui, ognuno con differente orientamento. Ogni segmento è definito come retto e con un'ampiezza, una quota, un traffico ed un fattore di emissione per veicolo costante. È possibile simulare sia tratti in trincea che sezioni elevate o ponti, oltre che stimare gli impatti generati da parcheggi posti a livello del terreno.

È importante considerare come le variazioni della topografia al contorno possano influenzare in maniera decisiva la buona applicabilità del modello, in particolare l'utilizzo su terreni orograficamente complessi potrebbe invalidare l'applicabilità dell'equazione gaussiana di diffusione. All'interno del codice di calcolo è stato quindi incluso un algoritmo per la simulazione di canyon urbani o naturali, il quale prevede il calcolo degli effetti della riflessione orizzontale del pennacchio.

Il canyon proposto da CL4 è formato da barriere di altezza fissa (dipendente dall'altezza media degli edifici nel caso urbano) con distanze (destra e sinistra) variabili dall'asse della strada. Questo tipo di rappresentazione che ben si adatta alla struttura delle arterie dei centri urbani americani e dell'Europa centro-settentrionale, pone a priori qualche dubbio circa la riproducibilità delle caratteristiche delle arterie di centri posti nella Piana di Lucca dove le barriere dei canyon urbani sono costituite spesso da edifici non allineati e con altezze sensibilmente diverse.

L'input del codice, in presenza dell'opzione canyon urbano, richiede che la direzione del vento sia posta parallela all'asse stradale: condizione apparentemente non restrittiva imponendo un allineamento del flusso conforme alla topografia del sito.



## Figura 18 - Caratteristiche geometriche e di circolazione dell'aria in un canyon urbano

### Equazione per il calcolo della concentrazione

Sono impiegati due differenti equazioni per calcolare le concentrazioni sottovento, nei casi limite di venti paralleli o trasversali ad ogni asse viario:

un'equazione per sorgente lineare continua infinita (direzione del vento perpendicolare alla strada);

un'equazione per sorgente puntiforme (direzione parallela alla strada).

In questo caso ogni tratto della strada viene considerato come una successione di sorgenti areali quadrate di dimensione pari alla larghezza della strada, assimilate poi a sorgenti puntuali equivalenti, delle quali sono sommati gli effetti sulle concentrazioni.

In tutti i casi intermedi di direzione prevalente del vento viene utilizzata una media pesata delle due formule. La concentrazione in un punto P (x, y, z), in riferimento ad un tratto infinitesimo di strada e ammettendo una riflessione totale da parte del suolo, è la seguente:

$$dC = \frac{q \cdot dv}{2\pi u \sigma_y \sigma_z} e^{\frac{-y^2}{2\sigma_y^2}} \left( e^{\left( \frac{(z-H)^2}{2\sigma_z^2} \right)} + e^{\left( \frac{(z+H)^2}{2\sigma_z^2} \right)} \right)$$

Dove:

dC: incremento della concentrazione (ppm)

dQ: emissione sul tratto infinitesimo (mg/s)

u: velocità del vento all'altezza H (m/s)

H: altezza della sorgente (m)

$\sigma_y, \sigma_z$ : parametro di dispersione orizzontale e verticale rispettivamente (m)

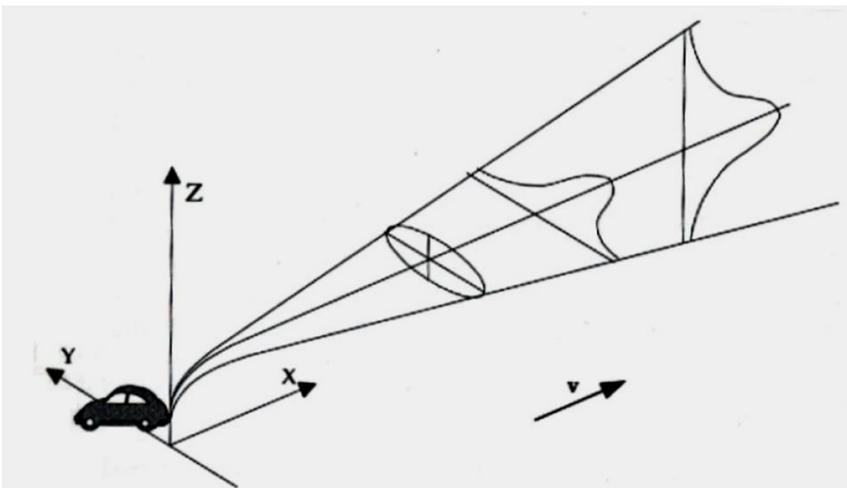
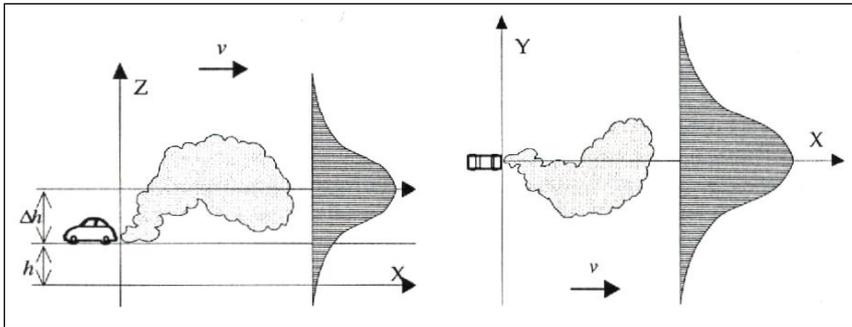


Figura 19 - Schema della dispersione gaussiana in un sistema di riferimento orientato secondo il vento



**Figura 20 - Vista dei piani (x, z) e (x, y) dello schema di dispersione gaussiana in un sistema di riferimento orientato secondo il vento**

Osservando le immagini sopra riportate, per una sorgente puntuale continua è assunto che il materiale inquinante venga trasportato dal vento nel verso in cui esso spira, distribuendosi secondo un sistema di riferimento cartesiano avente origine degli assi in un punto del suolo con l'asse Z ortogonale al piano stradale e uscente da esso e gli assi X e Y orizzontali.

Come è facile notare, nella sua formulazione standard il modello gaussiano è infatti sottoposto ad una serie di limitazioni, tra le quali ricordiamo:

- stazionarietà delle emissioni: si assume che le emissioni siano costanti;
- stazionarietà ed omogeneità delle condizioni atmosferiche: si assume che non intervengano variazioni della direzione e della velocità del vento, della stabilità atmosferica, durante il trasporto di inquinante dalla sorgente al recettore, ipotesi ragionevole solo per brevi distanze e in assenza di rapide variazioni delle condizioni meteorologiche;
- assenza di reazioni chimiche nell'atmosfera che interessino gli inquinanti e fenomeni di dispersione al suolo;
- estensione infinita del dominio spaziale di dispersione degli inquinanti: si assume che la dispersione non sia alterata dalla presenza del suolo, ostacoli, stratificazioni termiche dell'atmosfera
- impossibilità di simulare calme di vento: per velocità di vento prossime a 0, la concentrazione di un inquinante va all'infinito; dunque, è necessario adottare un artificio considerando le calme di vento pari a 1 m/s.

Per i coefficienti di dispersione verticale ( $sz$ ), CL4 utilizza una versione modificata delle curve di Pasquill-Smith, in modo da includere la turbolenza termica generata dal surriscaldamento dei motori dei veicoli. In questo modo tale parametro risulta composto da tre diversi contributi:

$$sz = sz(I) + sz(M) + sz(F)$$

$sz(I)$ ,  $sz(M)$ ,  $sz(F)$  = parametro di dispersione verticale Iniziale, Medio, Finale

Tale parametro, indipendentemente dalla classe di stabilità atmosferica e dalla rugosità superficiale, dipende dal tempo di residenza della particella d'aria nella zona di turbolenza: maggiore è il tempo di permanenza in questa zona, maggiore è la dispersione verticale subita dalla particella. Tale parametro rimane costante fino ad una distanza della sorgente dipendente dall'ampiezza della strada e dall'angolo formato dalla direzione del vento e dalla posizione della strada stessa. All'aumentare della distanza, gli effetti della turbolenza termica producono un aumento nella

dispersione verticale rappresentato tramite il parametro  $sz(M)$ , che ad una distanza dipendente dal parametro di dispersione orizzontale  $sy$  si esauriscono, conferendo alla dispersione il tipico andamento gaussiano indicato da Pasquill:

$$sz(P) = axb + g$$

con  $X$  distanza sottovento dalla sorgente (Km) e  $a$ ,  $b$ ,  $g$  dipendenti dalle condizioni di stabilità atmosferica.

Il parametro di dispersione orizzontale ( $sy$ ), invece, oltre che dalla deviazione standard della fluttuazione della direzione del vento orizzontale e dalla distanza sottovento dalla sorgente, dipende anche dal tempo di diffusione secondo il modello Draxler che pone:

$$sy = sq * X * F(T, tL)$$

$sq$  = deviazione standard della direzione del vento orizzontale;

$X$  = distanza sottovento alla sorgente;

$F(T, tL)$  = funzione del tempo di diffusione  $T$  e del tempo di scala lagrangiano  $tL$ , data da:

$$F(T, tL) = 1 / [1 + 0.9 * (T/T')^{0.5}]$$

Dove  $T'$  è il tempo di diffusione necessario perché la funzione raggiunga il valore  $F=0.5$  e  $T' \propto tL$ .

## 6 FASE DI CANTIERE

### 6.1 Stima delle emissioni

Le informazioni di input necessarie ed utilizzate per le valutazioni della stima delle emissioni e il conseguente impatto sulla qualità dell'aria, sono costituite dal cronoprogramma, dai dati sulla movimentazione materiali, dalla tipologia delle attività in cantiere e dai dati sui percorsi di traffico indotto sulle piste di cantiere interne alle aree di lavoro stesse. Di seguito si riportano le aree dei due lotti oggetto di cantierizzazione lotto C.

Maggiori dettaglio sono riportati nella relazione di cantierizzazione.

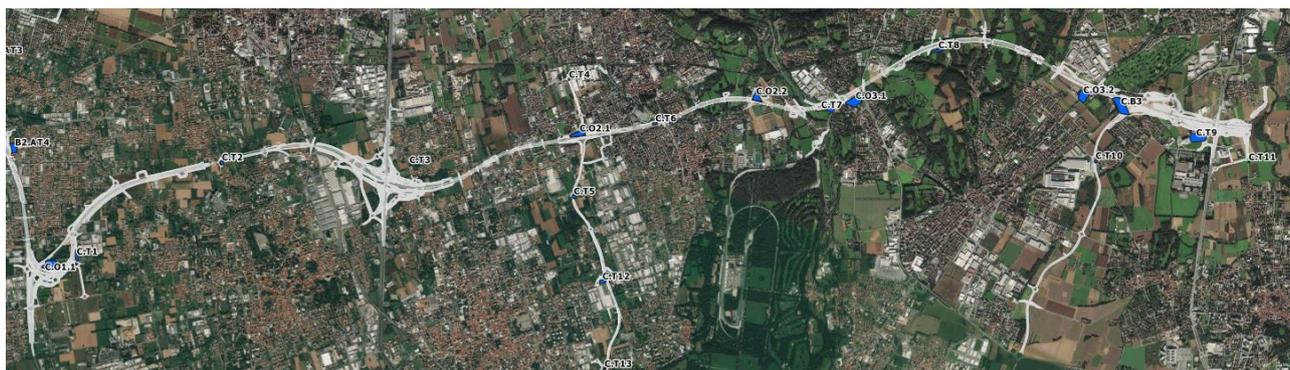


Figura 21 – aree di cantiere lotto C

La valutazione delle emissioni di polveri e l'individuazione dei necessari interventi di mitigazione sono state effettuate secondo le indicazioni di cui ai contenuti delle "Linee guida per la valutazione delle emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti" redatte da ARPAT previa convenzione con la Provincia di Firenze.

Tali linee guida introducono i metodi di stima delle emissioni di particolato di origine diffusa prodotte dalle attività di trattamento degli inerti e dei materiali pulverulenti in genere, e le azioni e le opere di mitigazione che si possono effettuare, anche ai fini dell'applicazione del D.Lgs 152/06 (Allegato V alla Parte 5°, Polveri e sostanze organiche liquide, Parte 1: Emissioni di polveri provenienti da attività di produzione, manipolazione, trasporto, carico o stoccaggio di materiali pulverulenti).

I metodi di valutazione proposti nelle Linee guida ARPAT provengono principalmente da dati e modelli dell'US-EPA (AP-42 Compilation of Air Pollutant Emission Factors) ai quali si rimanda per la consultazione della trattazione originaria, in particolare degli algoritmi di calcolo, e qualora sorgessero dubbi interpretativi.

Le linee guida ARPAT sono suddivise principalmente in due capitoli: nel Capitolo 1 sono analizzate le sorgenti di particolato dovute alle attività di trattamento di materiali pulverulenti e per ciascuna sorgente vengono individuate le variabili da cui dipendono le emissioni ed il metodo di calcolo, in taluni casi semplificato rispetto al modello originale ed adattato dove possibile alla realtà locale. Nel Capitolo 2 sono presentate delle soglie di emissione al di sotto delle quali l'attività di trattamento di materiali pulverulenti può essere ragionevolmente considerata ad impatto non significativo sull'ambiente. Tale conclusione deriva dall'analisi effettuata tramite l'applicazione di modelli di dispersione, i cui risultati indicano che al di sotto dei valori individuati non sussistono presumibilmente rischi di superamento o raggiungimento dei valori limite di qualità dell'aria di PM10 dovuti alle emissioni dell'attività in esame.

Le due principali tipologie di emissioni di inquinanti sono:

- Emissioni particellari dovute alle lavorazioni all'interno del cantiere: quali demolizioni e scavi, carico/scarico del materiale, formazioni e stoccaggio di cumuli, trasporto del materiale su aree non pavimentate; **(PM10)**
- Emissioni particellari dovute alle macchine operatrici e mezzi pesanti in cantiere. **(PM10, NOX)**

Per la valutazione delle citate emissioni si è fatto riferimento alla metodologia precedentemente citata.

Nei seguenti paragrafi si descrive l'approccio utilizzato per la stima delle emissioni connesse alle attività di cantiere

Si riportano nelle seguenti tabelle il dettaglio dei volumi di scavo e la tipologia di sorgente emissiva per ogni area.

**Tabella 7 Volumi di materiale**

	2024	2025	2026	Totali
<b>Materiale</b>	1903000	1933000	1932000	<b>5519000</b>

I volumi considerati sono stati suddivisi per le varie aree proporzionalmente alla superficie dell'area di cantiere stessa.

Nelle aree che non effettuano stoccaggio di materiali sono state considerate le sorgenti mobili e fisse come riportato di seguito.

**Tabella 8 Tipologia di sorgenti emissive**

<b>sorgenti fisse</b>	area stoccaggio
	magazzino
	officina meccanica
	gru
	imp. Betonaggio
	imp. Misto-cementato
	imp. Frantumaz
<b>sorgenti mobili</b>	autocarro
	escavatore
	autobetoniera
	pala meccanica

### 6.1.1 FATTORI DI EMISSIONE DA ATTIVITÀ DI CANTIERE (PM10)

Nel presente paragrafo si riportano le metodologie utilizzate per la stima delle emissioni di polveri dalle attività di cantiere, suddivise in fasi come riportato nel paragrafo precedente.

In particolare, facendo riferimento alle linee guida ARPAT della regione Toscana si sono stimati i fattori di emissione per ogni singola attività di cantiere così da poter calcolare il rateo emissivo di Polveri PM10 per ogni area di cantiere.

Il materiale in lavorazione è stato considerato avere una densità media di 1,8 Mg/mc (tonnellate per metro cubo) pertanto nelle stime quantitative i metri cubi di materiale sono stati convertiti in peso considerando questo fattore di conversione.

#### Attività di scarico del materiale

Per la fase di scarico è stato considerato il fattore SCC 3-05-010-42 "Truck unloading: Bottom-Dump-Overburden" pari a 0,0005 Kg/Mg di PM10 materiale scaricato.

**Fattore: PM10 : 0.0005 kg/ton**

#### Formazione e stoccaggio di cumuli

Il fattore di emissione utilizzato per la stima della polverosità generata dalle attività di formazione e stoccaggio cumuli prende in considerazione le attività di sollevamento delle polveri per via eolica dei cumuli (si sottolinea che tale circostanza risulta in realtà considerata a scopo cautelativo) ed è il seguente:

$$E = k \cdot (0,0016) \cdot \frac{\left(\frac{U}{2.2}\right)^{1.3}}{\left(\frac{M}{2}\right)^{1.4}}$$

dove: k rappresenta la costante adimensionale variabile in funzione della dimensione delle particelle:

k= 0.35 per il calcolo di PM10

U = velocità media del vento (m/s)

M = umidità del materiale accumulato (%)

Il parametro k varia a seconda della dimensione del particolato come riportato in tabella:

Aerodynamic Particle Size Multiplier (k) For Equation 1				
< 30 µm	< 15 µm	< 10 µm	< 5 µm	< 2.5 µm
0.74	0.48	0.35	0.20	0.053 <sup>a</sup>

La suddetta formula empirica garantisce una stima attendibile delle emissioni considerando valori di U e M compresi nel range di valori (ben rappresentativo della situazione oggetto di studio) specificati nella tabella seguente.

Parametro	Range
Velocità del vento	0,6 – 6.7 m/s
Umidità del materiale	0,25 – 4,8 %

Nel caso in esame, la velocità del vento è stata cautelativamente assunta pari a 6,7 m/s: tale valore descrive la peggiore situazione riscontrabile in sito, compatibilmente con l'intervallo di applicabilità della formula sopra riportato. Tale valore appare ampiamente cautelativo. L'umidità del materiale è assunta pari a 4%.

Le quantità di materiale da movimentare sono state individuate dall'analisi congiunta degli elaborati e planimetrie di progetto. Si riporta di seguito il fattore di emissione associato alle operazioni di formazione e stoccaggio cumuli:

**FE formazione cumuli (PM10)= 0.0009 kg/ton**

### **Traffico di mezzi pesanti su piste non pavimentate**

Per la stima delle emissioni di polvere generate dal traffico veicolare per azione del risollevarimento nelle aree non pavimentate è stato utilizzato il seguente fattore di emissione:

$$E = k \cdot \left(\frac{S}{12}\right)^a \cdot \left(\frac{W}{3}\right)^b \quad [\text{kg/km}]$$

dove:

W = peso medio dei mezzi di cantiere che percorrono le aree considerate (t)

S = contenuto del limo dello strato superficiale delle aree non pavimentate (%)

Il contenuto di limo è stato assunto pari al 14 %, conforme all'intervallo di valori compresi tra l'1,8% e il 25,2% e coerente con quanto indicato nelle Linee Guida ARPAT. I valori di K, a e b sono stati assunti:

per PM10

K= 0.423

a= 0.900

b= 0.450

I Km medi percorsi sono stati stimati a partire dall'estensione media del percorso nelle aree non pavimentate secondo la viabilità ipotizzata (desunta a partire dalla consultazione congiunta degli elaborati grafici di progetto), moltiplicata per il numero dei mezzi stimati durante la specifica attività in esame. Il peso medio dei mezzi di cantiere (W) che percorrono le aree considerate viene considerato pari a 25 t. Pertanto il fattore di emissione per le polveri PM10 che si può utilizzare è pari a

**FE passaggio su piste non pavimentate (PM10)= 1.36960 kg/Km**

Il fattore di emissione considerato nelle simulazioni prevede mitigazioni tramite bagnatura in questa fase pari ad una riduzione dell'80% delle emissioni

**FE passaggio su piste non pavimentate con mitigazione (PM10)= 0.3 kg/Km**

### **Erosione del vento**

Facendo riferimento a quanto riportato nel paragrafo 1.4 delle Linee guida ARPAT ed applicando la seguente formula si può determinare il coefficiente di emissione per il PM10 che è pari a 0,0002 kg/h.

$$EF_i(\text{kg/h}) = EF_i * a * mvh$$

Il valore sopra riportato è stato impostando un'altezza del cumulo pari a 2 m, ipotizzandolo conico con un diametro di 5.6 m e con una superficie laterale di circa 30 m<sup>2</sup>. Il rapporto tra altezza del cumulo e diametro è superiore a 0.2 quindi il cumulo è considerato "alto" e il fattore di emissione risulta pari a 7.9x10<sup>-6</sup> kg/m<sup>2</sup>.

**FE erosione del vento (PM10): 0.00024 Kg/h**

### **Impianto di frantumazione e betonaggio**

Le attività di un impianto di frantumazione che possono generare rilascio di polveri sono:

- Scarico alla tramoggia,
- Frantumazione primaria
- Vagliatura
- Frantumazione fine
- Vagliatura fine
- nastro trasportatore
- carico camion - dal nastro trasportatore

I fattori di emissione assunti per tali attività nelle Linee Guida ARPAT

**Tabella 9 fattori di emissione di PM10 per impianti di frantumazione**

<b>attività</b>	<b>Emissione non controllata [kg PM10/ton materiale]</b>	<b>Emissione controllata [kg PM10/ton materiale]</b>
Scarico camion alla tramoggia,	8.00E-06	8.00E-06
Frantumazione	0.0043	3.70E-04
Vagliatura	0.0043	3.70E-04
Frantumazione fine	0.0075	6.00E-04
Vagliatura fine	0.036	1.10E-03
nastro trasportatore	5.50E-04	2.30E-05

carico camion dal nastro trasportatore	5.00E-05	5.00E-05
<b>Impianto di frantumazione</b>	<b>5.27E-02</b>	<b>2.52E-03</b>

Si ipotizza che l'impianto sia dotato di sistemi di controllo delle emissioni, quindi il fattore di emissione dell'intero impianto considerato è pari a

### FE impianto di frantumazione (PM10)= 2.52E-03 kg/ton

Le attività legate all'impianto di betonaggio che possono generare emissione di polveri sono le seguenti:

- trasferimento inerti (aggregati e sabbia);
- rifornimento dai silos (cemento e additivi);
- carico del miscelatore;
- carico della autobetoniera.

I fattori di emissione assunti per tali attività e i corrispondenti indicatori dell'attività sono riportati nella tabella seguente (AP-42 Fifth Edition, Volume I, Chapter 11, 11.12 Concrete Batching – Final Section – June 2006).

**Tabella 10 fattori di emissione di PM10 da impianti di betonaggio (kg/t) ( estratto TABLE 11.12-1 (METRIC UNITS) EMISSION FACTORS FOR CONCRETE BATCHING) AP42)**

attività	Emissione non controllata [kg PM10/ton materiale]	Emissione controllata [kg PM10/ton materiale]
trasferimento aggregati e sabbia	0.0017	0.0017
scarico cemento a silos	0.24	0.00017
scarico integratori a silos	0.65	0.0024
tramoggia	0.0013	0.0013
carico miscelatore	0.078	0.0028
carico autobetoniera	0.155	0.0131
<b>Impianto di betonaggio</b>	<b>1.126</b>	<b>0.02147</b>

Si ipotizza che l'impianto sia dotato di sistemi di controllo delle emissioni, quindi il fattore di emissione dell'intero impianto considerato è pari a

**FE impianto di betonaggio (PM10)= 0.02147 kg/Km**

### **Riepilogo fattori di emissione**

Nella seguente tabella i fattori di emissione considerati ed utilizzati per il calcolo delle emissioni di PM10

**Tabella 11 Riepilogo fattori di emissione PM10**

<b>Fattori di Emissione</b>	<b>PM10</b>	<b>UM</b>
Formazione e stoccaggio cumuli	0.0009	kg/t
Movimentazione materiale su pista non pavimentata ( mitigato)	0.3	kg/km*veicolo
Erosione del vento	0.00024	kg/h
Scarico camion	0.0005	kg/t
Impianto di frantumazione ( mitigato)	2.52E-03	kg/t
Impianto di betonaggio ( mitigato)	0.02147	kg/t

### **6.1.2 EMISSIONI DAI GAS DI SCARICO DI MACCHINE E MEZZI D'OPERA (PM10, NOX)**

Con riferimento all'emissione di sostanze inquinanti ad opera dei mezzi meccanici e degli automezzi in circolazione sulle piste di cantiere e sulla viabilità principale, si aggiungono anche le emissioni da traffico veicolare e da mezzi d'opera. Per la stima dei fattori di emissione delle macchine e dei mezzi d'opera impiegati è stato fatto riferimento al database del programma di calcolo COPERT III ed all'Atmospheric Emission Inventory Guidebook dell'EEA. All'interno del documento è possibile individuare dati relativi ai seguenti macchinari principali (Other Mobile SouRes and Machinery – SNAP 0808XX):

**Tabella 12 fattori di emissione per mezzi d'opera di cantiere.**

<b>sorgenti emissive</b>	<b>PM10</b>	<b>NOX</b>	<b>U.M.</b>	<b>Fonte</b>
<b>Macchine operatrici</b>	0.3	3.5	gr/h*kW	EEA-BV810v3-Other Mobile SouRes and Machinery – SNAP 0808XX

Per la stima delle emissioni dei mezzi operatrici, è stato fatto uso dei fattori di emissione della tabella precedente considerando un fattore specific, Load-specific fuel consumption, riferito alle modalità di lavoro delle macchine pari al 30% come riportato in letteratura (fonte: Fuel consumption and engine load factors of equipment in quarrying of crushed stone Tomislav Korman, Trpimir Kujundžić Mario Klanfar February 2016 <https://www.researchgate.net/publication/296573614>)

Per i mezzi pesanti in transito sulla viabilità i fattori di emissione degli scarichi sono stati desunti per mezzi pesanti dal sito di ISPRA Inventaria – fattori di emissione medi per traffico autoveicolare anno 2020.

**Tabella 13 Fattori di emissione (fonte Ispra)**

Inquinante	Fattore di emissione medi (g/km*veic) Veicoli pesanti
PM10	0,139338
NOX	2,597047

### 6.1.3 Stima delle emissioni

Applicando i fattori di emissione selezionati e calcolati in precedenza ad ognuna delle attività previste nelle diverse fasi del cantiere si sono stimate le emissioni di polveri PM10 espresse, come richiesto dalle Linee Guida ARPAT, in termini di rateo emissivo di PM10 in grammi per ora, e gas (NOx) derivanti dai mezzi d'opera.

Le stime comprendono le emissioni delle attività di cantiere, il traffico di mezzi su piste interne al cantiere non pavimentate e le emissioni dei mezzi d'opera previsti.

Per il calcolo delle emissioni si è applicato un fattore di densità del materiale movimentato pari a 1.8 ton/m<sup>3</sup> di terreno. Ogni mezzo pesante è stato considerato di portata pari a 25 t.

Di seguito si riportano le stime di PM10 e NOx per ognuna delle attività del cantiere e per le seguenti tipologie:

- Emissioni da movimentazione materiali.
- Emissioni da stoccaggio dei materiali
- Emissioni da impianti di frantumazione e betonaggio
- Emissioni da traffico indotto sulle piste interne al cantiere

**Tabella 14 Stime delle emissioni di PM10 e NOx. Emissioni da attività di cantiere**

Area di cantiere	PM10 (movimentazione dei materiali+ stoccaggio, emissioni macchine operatrici e camion)	NOx (emissioni macchine operatrici e camion)
	g/h	g/h
C.B3	472.47	513.83
C.O1.1	274.58	513.83
C.O2.1	334.90	558.59
C.O2.2	313.61	558.59

Area di cantiere	PM10 (movimentazione dei materiali+ stoccaggio, emissioni macchine operatrici e camion)	NOx (emissioni macchine operatrici e camion)
	g/h	g/h
C.O3.1	463.99	812.13
C.O3.2	402.53	812.13
C.T1	132.98	683.37
C.T12	67.83	188.39
C.T13	84.06	397.16
C.T2	80.68	397.16
C.T5	61.23	188.39
C.T7	134.33	397.16
C.T8	135.39	397.16
C.T9	325.69	397.16

## 6.2 Configurazione del modello CALPUFF

Al fine dell'implementazione della catena modellistica per la valutazione del potenziale impatto in atmosfera derivante dalle attività di cantiere è stato necessario definire i parametri di impostazione del codice. Nel file di controllo del modello sono state impostate le seguenti opzioni:

- trasformazioni chimiche non considerate (condizione cautelativa);
- deposizione umida e secca non simulata (condizione cautelativa);

coefficienti di dispersione calcolati in base alle variabili micro-meteorologiche

Per tutte le altre impostazioni sono stati utilizzati i valori di default consigliati. Per meglio valutare il reale impatto delle emissioni inquinanti considerate si sono inseriti nel codice di calcolo, file di controllo di CALPUFF, i coefficienti di ripartizione giornaliera delle emissioni da ogni area di cantiere.

Per l'applicazione del codice di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM sono stati predisposti i necessari files di ingresso, per le simulazioni del periodo solare dell'anno 2022, configurazione del codice, realizzati come di seguito riportato.

### 6.2.1 Dominio di Studio

L'applicazione del codice di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM è stata sviluppata secondo quanto riportato di seguito per la parte meteorologica di descrizione del campo di vento 3D. il dominio si estende per 30km in direzione est-ovest e per 15 km in direzione nord-sud, con passo cella 1000m.

Il dominio così configurato ricomprende il lotto di cantierizzazione C.

Ai fini del calcolo della dispersione delle polveri e dei gas, con il codice Calpuff, il dominio di calcolo è stato con una griglia di maglie quadrate di passo pari a 100 m sia in direzione nord-sud che in direzione est-ovest

## 6.2.2 Orografia

Per la simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera si è tenuto conto dell'orografia dell'intero dominio di calcolo implementando un modello di terreno complesso.

La base di dati cartografica è stata elaborata per creare un dominio di circa 30 km per 15 km costituiti da una griglia regolare 0.5km utilizzati per le simulazioni con il codice CALMET per il quale si è utilizzata la configurazione con terreno complesso. L'orografia è stata predisposta utilizzando dati DTM disponibili da US-GS [[https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SRTM3/Eurasia/](https://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia/)].

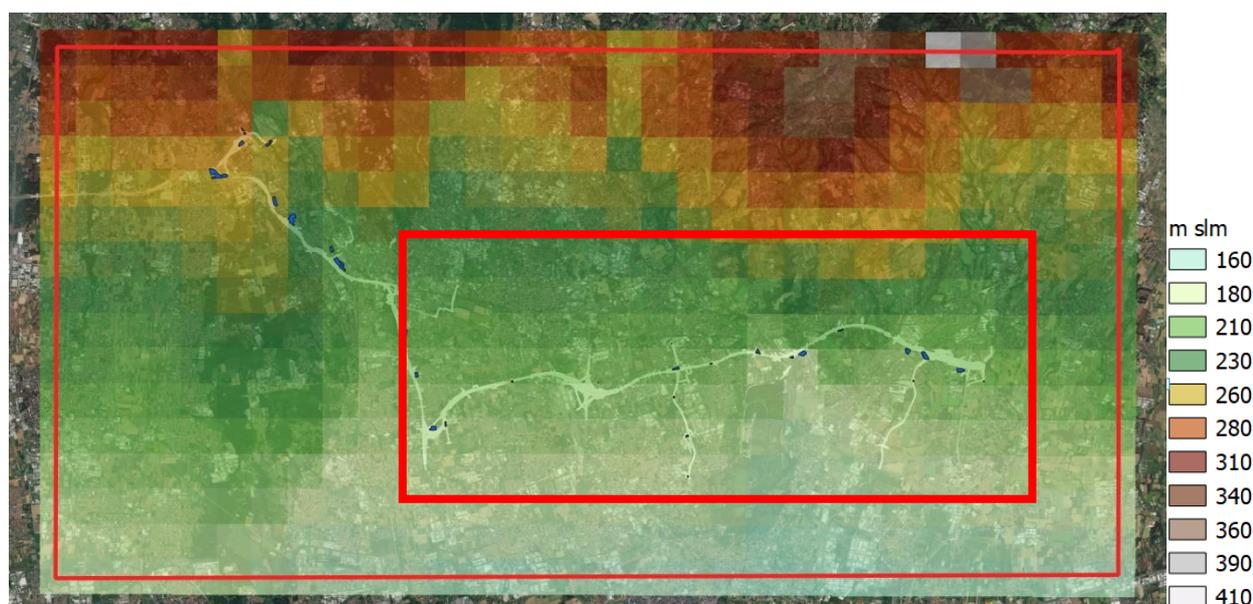


Figura 22 – orografia – con dettaglio del Lotto C.

L'applicazione del codice di calcolo CALPUFF MODEL SYSTEM è stata sviluppata secondo quanto riportato di seguito per la parte di dispersione degli inquinanti. Nella tabella sono mostrate le principali impostazioni ed i necessari dati di ingresso per le simulazioni del periodo solare dell'anno 2022 per il codice CALPUFF

Tabella 15 Configurazione CODICE CALMET- CALPUFF

Parametro	Descrizione
Periodo	Anno solare 2022
Meteorologia	
	Griglia di calcolo di 30 celle per 15 celle di passo 1 km per una estensione del dominio di 30km in direzione N-S e 15 km in direzione E-W.  La griglia di calcolo è stata caratterizzata tramite orografia complessa e uso del suolo Corine Land Cover aggiornato. Il file GEO.DAT è stato predisposto tramite i preprocessori MAKEGEO.EXE.  Il file SURFACE.DAT: come dati di superficie sono stati inseriti i dati meteo della

Parametro	Descrizione
	<p>stazione della rete regionale Vertemate con Minoprio serre a 10 m .s.l.s...</p> <p>Il file UPAIR.DAT: i dati in quota sono stati utilizzati dati relativi a profili verticali disponibili dalla banca dati del modello di Arpa Emilia Romagna</p>
CALMET	Sono state effettuate simulazioni per la valutazione del campo di vento e determinazione dei parametri micrometeorologici su scala temporale oraria per il periodo di riferimento (anno 2022: 8760 ore).
Dispersione	
Emissioni CANTIERE	<p>Definizione dominio di dimensioni pari a 30km x 15km, con una griglia di maglie quadrate di passo pari a 100 m (nesting pari a 10) sia in direzione nord-sud che in direzione est-ovest</p> <p>Sono state simulate le emissioni derivanti dalle lavorazioni di cantiere e dalle machine operatrici per il lotto C</p> <p>Le aree di cantiere sono state discretizzate con piu sorgenti emmissive di circa 20m<sup>2</sup>, considerate per 8 ore di lavoro giornaliero</p> <p>Le emissioni dei cantieri sono state impostate con sz=5 metri e altezza del rilascio pari a 2.5 metri.</p>
CALPUFF	Sono state effettuate simulazioni "short term" per la valutazione della dispersione degli inquinanti emessi su scala oraria per il periodo di riferimento
Output	
	Sono stati elaborati i dati di concentrazioni di polveri e gas calcolati da CALPUFF come "recettori grigliati" per ottenere le mappe di isonconcentrazione sul dominio di indagine

### 6.3 Risultati

Si sono elaborati attraverso il post processore CALPOST i risultati dell'applicazione del codice di dispersione CALPUFF, per le attività di cantiere. I risultati sono stati rappresentati sotto forma di mappe di concentrazione per gli inquinanti considerati. Tutti i valori sono stati confrontati con i valori limite di qualità dell'aria previsti dal DLgs 155/2010 e smi.

Nell simulazioni svolte sono stati considerati i percentili dei valori orari per NOx e i percentili dei valori giornalieri di PM10, i valori stimati massimi sono all'interno delle aree di cantiere ed i percentili sono al di sotto dei limiti di legge. Sono state valutate anche le medie annuali ed i valori sono ampiamente al di sotto dei limiti di legge.

I risultati delle simulazioni effettuate per la stima della dispersione degli inquinanti in atmosfera legata alle attività di cantiere è riportata negli allegati cartografici seguenti. Si sottolinea che le curve di iso-concentrazione prodotte rappresentano esclusivamente il contributo sull'atmosfera legato alle attività di cantiere e traffico indotto e non tengono conto del livello di qualità dell'aria ante operam.

Nei paragrafi che seguono si riporta una stima degli impatti in fase di cantiere per ogni simulazione svolta. La stima deriva dall'analisi modellistica effettuata sulle aree di cantiere.

Per tutti i parametri, le concentrazioni massime stimate sono localizzate internamente alle aree di cantiere.

Di seguito si riportano i valori massimi stimati sul dominio di studio considerato per le lavorazioni nelle aree di cantiere

**Tabella 16 Valori massimi sul dominio di studio**

RISULTATI CALPUFF FASE di CANTIERE		NO2 (considerato uguale ad NOx)		PM10	
		Media anno (µg/m <sup>3</sup> )	99.8° Perc (µg/m <sup>3</sup> )	Media anno (µg/m <sup>3</sup> )	90.4° Perc (µg/m <sup>3</sup> )
Dominio di calcolo comprendente lotto C primo valore esterno alle aree di cantiere	Tratto lotto C	18.1	148.3	8.5	21.8
Limiti di legge ( 155/2010 e smi)		40	200 Max 18 superi/anno	40	50 Max 35 super/anno
Valori di QA stazione Monza Parco (SF) (2021)		27	Superi VL 0	28	Superi VL 46

## 7 FASE DI ESERCIZIO

In questo paragrafo si riporta lo studio modellistico atmosferico per la fase di esercizio della linea oggetto di studio. Come anticipato nel paragrafo sulla modellistica per la valutazione dell'impatto sulla qualità dell'aria del traffico in fase di esercizio dell'opera si è utilizzato il modello CALINE4. Il modello diffusivo Caline 4 è stato sviluppato dal CALTRANS (Californian Institute of Transportation) californiano per lo studio della diffusione degli inquinanti emessi da traffico autoveicolare. Il modello nasce espressamente per implementare il protocollo del CO secondo la legislazione USA vigente ma permette lo studio della diffusione di altre specie chimiche sempre emesse da sorgenti lineari stradali quali: NO<sub>2</sub>, particolato, generico inquinante chimico non reattivo.

Scopo della presente sezione è quello di poter valutare le modificazioni positive e/o negative introdotte dallo stato di progetto rispetto allo stato di gestione attuale (scenari attuale), in termini di impatto atmosferico sulla qualità dell'aria, per le aree adiacenti a quelle interessate dagli interventi di realizzazione dell'opera.

Per la valutazione delle modificazioni sulla qualità dell'aria viene scelto un approccio quantitativo mediante applicazione modellistica diffusionale atmosferica, in grado di riprodurre, nelle condizioni meteorologiche tipiche dell'area, lo stato di dispersione degli inquinanti emessi dai veicoli circolanti sui tratti di strade interessati dalla modificazione progettuale.

Al fine di implementare correttamente il modello di calcolo CALINE4 si è provveduto a svolgere delle simulazioni preliminari che permettessero di individuare la curva di dispersione dei vari inquinanti allo studio quali PM<sub>10</sub>, NO<sub>x</sub>, CO e Benzene per tipologia di strada.

In particolare, gli scenari presi a riferimento sono:

- Scenario Ante Operam
- Scenario Post Operam Lotto C

Il dominio di calcolo individuato è compreso in un'area di 30 km x 15 km

### 7.1 Stima delle emissioni

Le emissioni totali sono state calcolate prendendo a riferimento tutti i tronchi/archi viari considerati nello studio citato e compresi nel dominio di calcolo individuato. In questo modo, è stato possibile stimare le emissioni totali da traffico nel dominio in esame che sono state successivamente utilizzate nella configurazione del codice CALINE per la valutazione dell'impatto di queste sulla qualità dell'aria.

I dati per tutte le sezioni individuate ed i relativi tronchi viari sono rappresentati in base ai parametri di volume di traffico come traffico medio giornaliero TGM. Per ognuno degli archi viari sono disponibili le classi di veicoli AUTO e VEICOLI PESANTI. Tutte le valutazioni saranno quindi svolte in base a questa classificazione.

Per la valutazione delle emissioni, sono stati utilizzati i fattori di emissione medi disponibili nella base di dati ISPRA – APAT, e quelli del progetto COPERT 5.1 <http://www.sinanet.isprambiente.it/it/sia-ispra/fetransp> disponibili per l'anno 2020.

Sulla base delle informazioni disponibili si sono desunti i seguenti fattori di emissione in coerenza con lo studio trasportistico che divide i veicoli in transito nei vari scenari tra: autoveicoli e veicoli pesanti.

**Tabella 17 - fattori di emissione per tipologia di veicolo e parametro estratti da SINANET ISPRA**

Tipologia di Veicolo	CO g/veic*km	NOx g/veic*km	Benzene mg/veic*km	PM10 g/veic*km
<b>Parametro</b>				
<b>Autoveicoli</b>	0,529785	0,331022	0,002204	0,029399
<b>Veicoli pesanti</b>	0,833219	2,597047	0,000061	0,139338

Per gli scenari di simulazione sviluppati nello studio trasportistico si è calcolato il totale delle emissioni relativamente all'ora di punta interne al dominio di calcolo per tutti i parametri. Nella tabella seguente i risultati.

## 7.2 Configurazione del modello

Al fine di implementare correttamente il modello di calcolo CALINE4 si è provveduto a svolgere delle simulazioni che permettessero di individuare la curva di dispersione dei vari inquinanti allo studio ovvero PM10, NOx, CO e Benzene determinate dal traffico indotto dall'esercizio dell'opera

Per stimare le ricadute degli inquinanti derivanti dal traffico in ambito urbano degli inquinanti primari l'agenzia US-EPA raccomanda la versione del modello CALINE, sviluppata dal CALTRANS (California Department of Transportation) nel 1984. L'utilizzo del CALINE IV è indicato dall'Istituto Superiore della Sanità (ISTISAN 93/36) e nella guida web del Centro Tematico Nazionale Aria Clima Emissioni. CALINE è un modello stazionario gaussiano che simula le ricadute degli inquinanti da traffico da archi viari. L'approccio del modello nel ricostruire le condizioni di dispersione degli inquinanti (e quindi le dimensioni laterale e verticale del pennacchio gaussiano), consiste nel considerare la zona direttamente sopra la carreggiata come una regione di rimescolamento uniforme, definita mixing zone. In tale zona i meccanismi dominanti sono la turbolenza meccanica creata dal movimento dei veicoli e termica dei gas di scarico. Queste componenti aggiuntive della turbolenza atmosferica impartiscono una dispersione verticale iniziale, in funzione del tempo di permanenza della massa inquinante nella mixing zone.

Minore è la velocità del vento, maggiore è la dispersione verticale che subisce una particella d'aria prima di essere trasportata fino al recettore. Il parametro che ha il maggior peso nel calcolo delle ricadute è la direzione del vento, che pone o meno i siti recettori sottovento alla sorgente emissiva.

La topografia urbana e la presenza di edifici lungo l'arco viario considerato comportano l'incanalamento del vento, con variazione di velocità e direzione rispetto al vento esterno all'area edificata. La presenza degli edifici ai bordi della carreggiata, inoltre, influisce sulla turbolenza meccanica. Questo effetto, che comporta un incremento della dispersione verticale, viene quantificato attraverso la roughness (lunghezza di rugosità) dell'area di studio, ricavata in modo empirico come un decimo dell'altezza media degli edifici lungo entrambe le carreggiate dell'arco viario considerato. L'applicazione del modello CALINE IV nel presente caso di studio ha previsto le seguenti fasi:

Acquisizione ed elaborazione dei dati territoriali:

L'area di calcolo definita nell'intorno del lotto considerato "lotto C" su un dominio di calcolo di 30km x 15 km con passo cella di 10m

#### Acquisizione ed elaborazione delle informazioni relative alle emissioni del traffico:

Sono elaborati i dati di emissione per il calcolo dei fattori di emissione dei veicoli pesanti utilizzando i fattori di emissione ISPRA SINANET applicandoli al flusso di veicoli individuato per lo scenario allo studio.

#### Applicazione del codice numerico di dispersione degli inquinanti per la valutazione delle concentrazioni nei recettori:

Il codice di dispersione CALINE IV viene utilizzato per la valutazione delle ricadute degli inquinanti dalle sorgenti emissive da traffico in area urbana. Applicato il codice di dispersione nella configurazione di "screening" (worst case) che identifica la peggiore situazione descrivibile dal modello dispersione a favore di sicurezza.

Le simulazioni forniscono come risultati le concentrazioni nei recettori selezionati su una griglia di calcolo di 30km x 15 km con passo cella di 10m

#### Risultati:

I risultati delle simulazioni sono rappresentati nei recettori selezionati. All'interno di CALINE4 le strade sono definite come segmenti rettilinei dei quali è necessario specificare le seguenti caratteristiche:

- endpoint delle coordinate;
- altezza delle strade dal piano campagna;
- larghezza della "mixing zone";
- dispersione verticale di canyon o bluff.

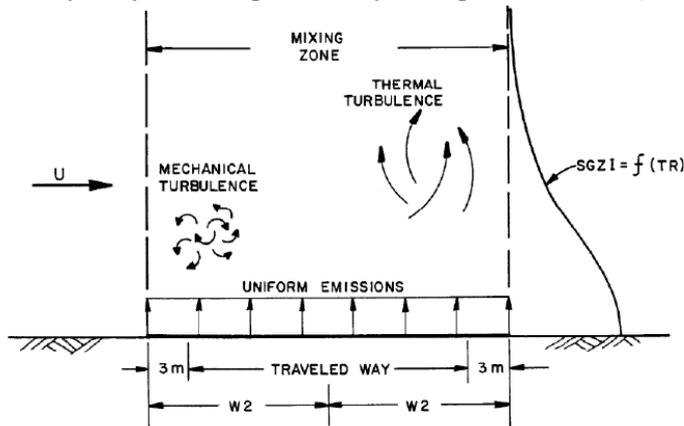
Endpoint delle coordinate: le coordinate cartesiane degli endpoint (x1, y1) e (x2, y2) definiscono le posizioni degli estremi dei tratti stradali. La lunghezza del segmento impostato in CALINE4 e le coordinate degli endpoint sono state definite secondo il sistema metrico.

Altezza delle strade dal piano campagna: per tutti i tipi di strade questo parametro, che rappresenta l'altezza della strada sopra il terreno circostante, è stato definito a quota 0 m.

Larghezza della "mixing zone": i calcoli gaussiani di diffusione si basano sul modello della "mixing zone" definita come un'area di spessore pari alla dimensione della strada +3 metri a destra e +3 metri a sinistra di essa (per tenere conto della dispersione orizzontale d'inquinante legata alla scia generata dal movimento dei veicoli). In quest'area si assume che la turbolenza e l'emissione siano costanti e che la turbolenza (termica e meccanica) sia dovuta alla presenza di veicoli in movimento a temperature elevate. La dispersione verticale di inquinante (SGZ1) è funzione della turbolenza ed è indipendente dal numero di veicoli (in un intervallo di 4000 – 8000 veicoli/ora) e dalla loro velocità (in un intervallo di circa 40 – 96 km/h): questo perché un incremento del traffico aumenta la turbolenza termica ma riduce la turbolenza meccanica legata alla velocità (da qui l'ipotesi di costanza

della turbolenza nella “mixing zone”). La dispersione verticale di inquinante (SGZ1) dipende invece dal tempo di residenza TR dell’inquinante nella “mixing zone” che è funzione della velocità del vento.

(State of California, Department of Transportation, 1989).



**Figura 23-Arco stradale e parametri considerati dal modello CALINE4.**

Dispersione verticale di canyon o bluff: il modello è basato su due assunzioni:

- il flusso del vento orizzontale omogeneo;
- le condizioni meteorologiche di stato stazionari piuttosto restrittive.

La topografia complessa può invalidare ognuna di queste assunzioni: i canyon possono canalizzare i venti, colline e valli possono causare frequenti spostamenti della direzione del vento. L'utilizzo di CALINE4 in terreni complessi deve pertanto procedere con cautela. Il modello gestisce situazioni di bluff e canyon riflettendo il flusso di dispersione dell'inquinante a distanze specificate su uno o più siti della mixing zone. La topografia dell'area di studio, il fatto che la presenza degli edifici sia già considerata con il parametro “rugosità superficiale” e l'assenza di stretti e continui canyon urbani che possano alterare la curva di dispersione verticale hanno portato a inserire entrambi questi parametri (canyon e bluff) con valore uguale a 0 per tutti gli archi stradali considerati. Per definire la classificazione ai fini delle simulazioni con CALINE4 si sono valutati i seguenti parametri per ciascuna tipologia di strada necessari per individuare i dati di input per il modello.

**Tabella 18 Parametri utilizzati all'interno di CALINE4**

Tipologia di strada	AerodynamicRoughnessCoefficient	Mixing Zone Height
Rurale	10 cm	5
Strada regionale/provinciale	100 cm	10

## 7.3 Risultati

Le mappe di isconcentrazione sviluppate con la risoluzione spaziale di 10 metri, sono state utilizzate come base per l'estrazione dei valori nei singoli recettori puntuali di seguito elencati in tabella. I valori di concentrazione sono stati estratti dalle mappe tramite applicazione di un algoritmo di QGIS (Strumenti di Gestione dati – “Join attributes by location” ) che permette di associare ad ogni punto del dominio il valore della cella che ha le stesse coordinate geografiche nel dominio.

Le mappe di esercizio sono riportate in allegato al presente documento.

I risultati delle simulazioni mostrano per tutti gli inquinanti considerati, PM10, NOx, CO e Benzene, la conformità rispetto ai valori limite di qualità dell'aria.

I risultati dimostrano che gli impatti significativi sono localizzati nell'ambito dell'asse stradale, mentre presso gli agglomerati urbani anche prossimi alla viabilità considerata i valori di concentrazione di tutti gli inquinanti sono significativamente inferiori ai valori limite.

Anche per lo scenario di progetto definito nella configurazione PO Post Operam non si rilevano criticità significative e pertanto si ritiene pienamente compatibile con l'ambiente il progetto in esame per quanto attiene alla componente Atmosfera - Qualità dell'Aria.

## 8 CONCLUSIONI

La presente relazione tecnica ha sviluppato la valutazione del potenziale impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni di **polveri e gas** considerando sia l'attività di cantiere che di esercizio.

Per la fase di cantiere è stato considerato l'intervento effettuato nel tratto di Collegamento Autostradale Dalmine – Como – Varese – Valico del Gaggiolo ed opere ad esso connesse per la tratta C da completare in talune lavorazioni in presenza di traffico veicolare.

I dati di input utilizzati per le valutazioni sono costituiti da:

- Volumi dei materiali movimentati;
- Cronoprogramma delle attività;
- Stima dei mezzi operativi in area di cantiere;

Sulla base delle informazioni sopra citate, del dato emissivo calcolato, della durata del cantiere e della localizzazione delle aree di lavoro, è stato applicato il sistema di codici Calpuff Model System per la dispersione dalle lavorazioni di cantiere.

Gli inquinanti simulati sono PM10 e NOx, in quanto quelli tipicamente più impattanti sulla qualità dell'aria.

I risultati delle simulazioni sono stati rappresentati come mappe di isoconcentrazione dei percentili orari per NO2 e giornalieri per PM10 e i risultati sono stati valutati relazionandoli con gli indicatori di qualità dell'aria previsti dalla normativa vigente .

Si fa presente che i valori massimi si riscontrano tutti all'interno delle aree di lavoro, quindi per eventuali recettori esterni dall'area di cantiere i valori di concentrazione stimate sono inferiori e rispettanti i limiti normativi.

Le simulazioni svolte, tramite i codici di calcolo numerico selezionati, hanno permesso di valutare gli scenari di impatto sulla qualità dell'aria delle emissioni derivanti dall'attività di cantiere nel loro svolgimento operativo e dal traffico indotto in uscita ed in ingresso al cantiere stesso.

I risultati mostrano come i valori di concentrazione sia su breve periodo (media oraria e media giornaliera) che su lungo periodo (media annuale) siano compatibili con gli standard di qualità dell'aria. Inoltre, da notare che l'impatto stimato è stato determinato considerando come operativa per tutti i mesi dell'anno la situazione più gravosa (mese di maggiore emissione) dal punto di vista emissivo, quindi comprendendo anche il caso delle condizioni meteo climatiche più sfavorevoli. Pertanto i risultati sono da considerare cautelativi.

A quanto sopra, si aggiunge che nelle valutazioni effettuate non è stato considerato l'effetto di mitigazioni associato presso le aree di cantiere se non per gli impianti di frantumazione e betonaggio e la bagnatura delle piste di cantiere.

Nella gestione del cantiere saranno attuate tutte le azioni necessarie a contenere al massimo l'impatto ambientale. Facendo riferimento alle recenti LG linee-guida-cantieri del gennaio-2018 di ARPA Toscana, durante la gestione del cantiere si provvederà in funzione delle specifiche necessità, ad adottare tutti gli accorgimenti atti a ridurre la produzione e la diffusione delle polveri. Le possibili misure di mitigazione che potrebbero essere messe in pratica sono:

- effettuare una costante e periodica bagnatura o pulizia delle strade utilizzate, pavimentate e non, avendo cura di gestire le acque eccedenti evitando sversamenti in corpi ricettori superficiali;
- effettuare una pulizia delle ruote dei veicoli in uscita dal cantiere e dalle aree di approvvigionamento e conferimento materiali, prima che i mezzi impegnino la viabilità ordinaria;
- coprire con teloni i materiali polverulenti trasportati;
- attuare idonea limitazione della velocità dei mezzi sulle strade di cantiere non asfaltate (tipicamente 20 km/h);

Per la fase di esercizio, è stato stimato l'impatto sulla qualità dell'aria connesso al traffico sulla viabilità locale attraverso l'applicazione del codice Caline.

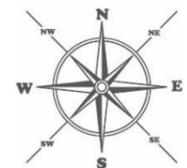
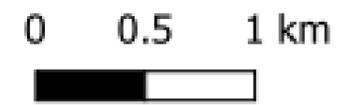
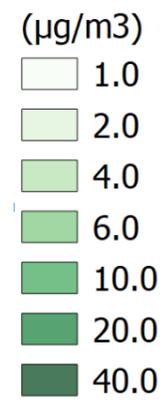
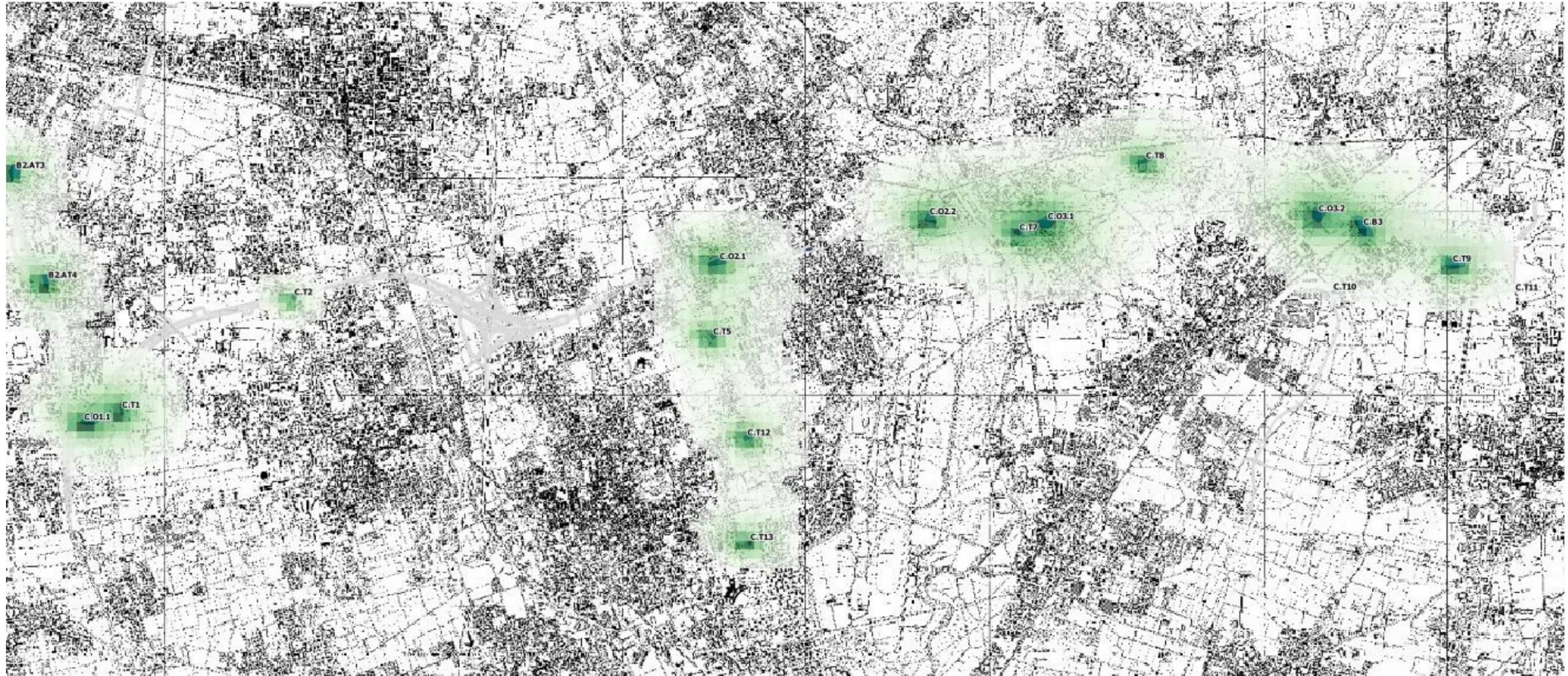
Le simulazioni svolte nella fase di esercizio dell'opera nel tratto C non hanno mostrato aumenti critici nei valori di concentrazione per nessuno degli inquinanti considerati rispetto alla configurazione attuale. Il contributo dell'opera in termini di concentrazioni di inquinanti è significativo in corrispondenza dell'asse stradale con percorso dagli autoveicoli ma in corrispondenza dei centri abitati le ricadute non presentano particolari criticità.

## **9 ALLEGATI**

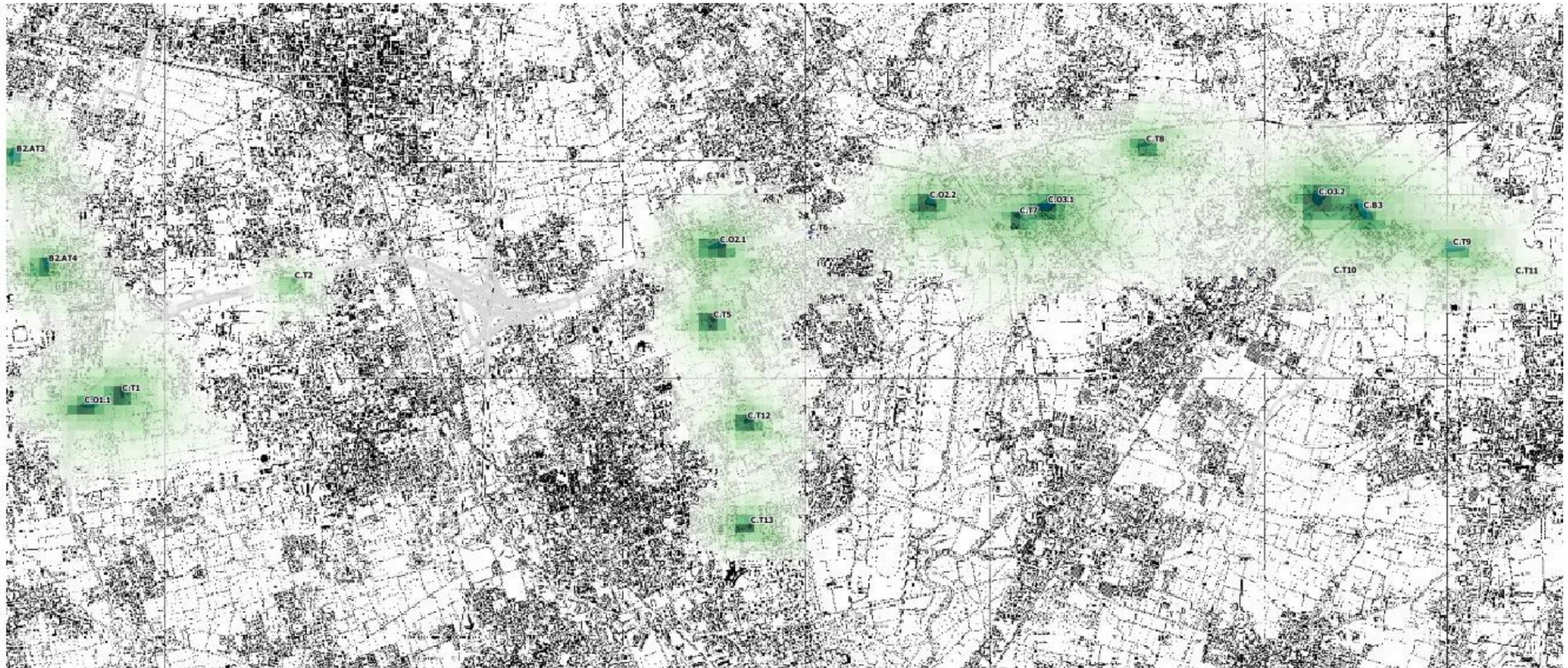
### **9.1 MAPPE ISOCONCENTRAZIONE - CANTIERE**

### **9.2 MAPPE ISOCONCENTRAZIONE -TRAFFICO**

# Concentrazione Media annuale di NOx - Fase di Cantiere Lotto C



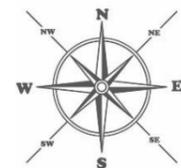
# 99.8° percentile delle concentrazioni media orarie di NOx - Fase di Cantiere Lotto C



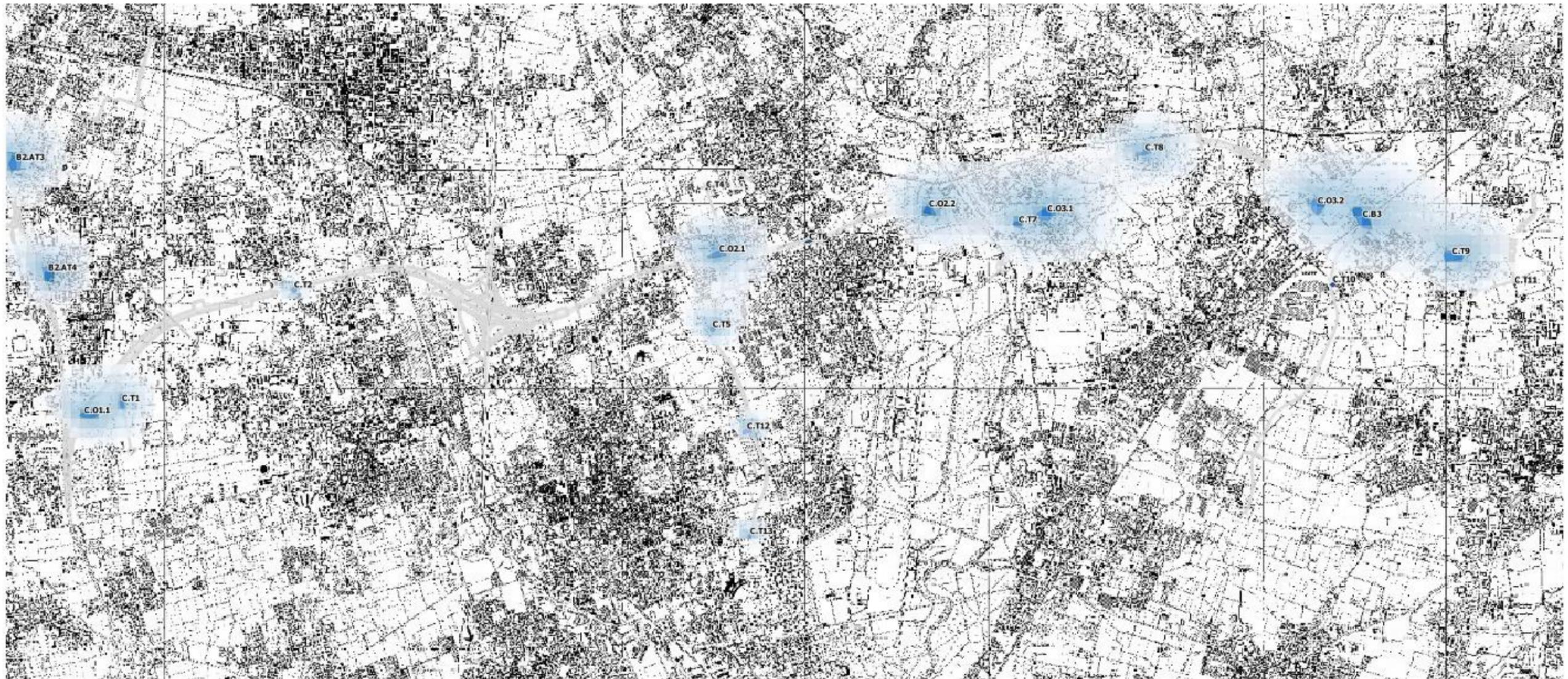
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )

- 15.0
- 30.0
- 50.0
- 100.0
- 120.0
- 150.0
- 200.0

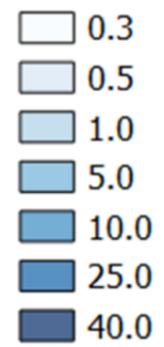
0 0.5 1 km



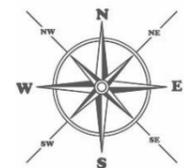
# Concentrazione Media annuale di PM10 - Fase di Cantiere Lotto C



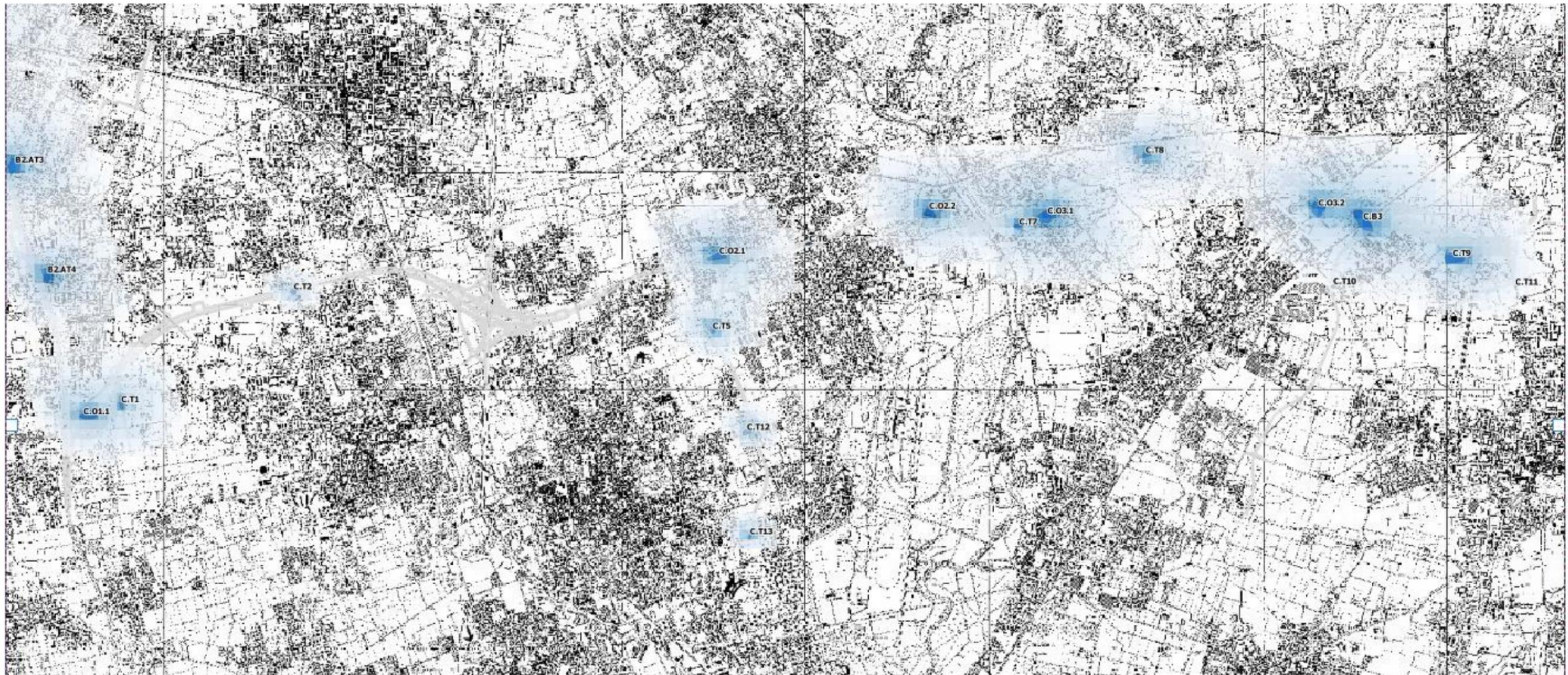
( $\mu\text{g}/\text{m}^3$ )



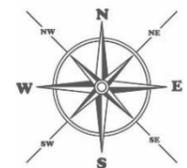
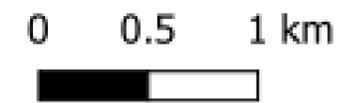
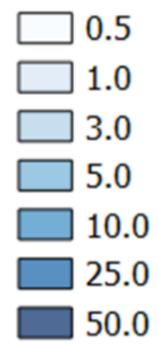
0 0.5 1 km



**90.4° percentile delle concentrazioni media giornaliera di PM<sub>10</sub> – Fase di Cantiere Lotto C**



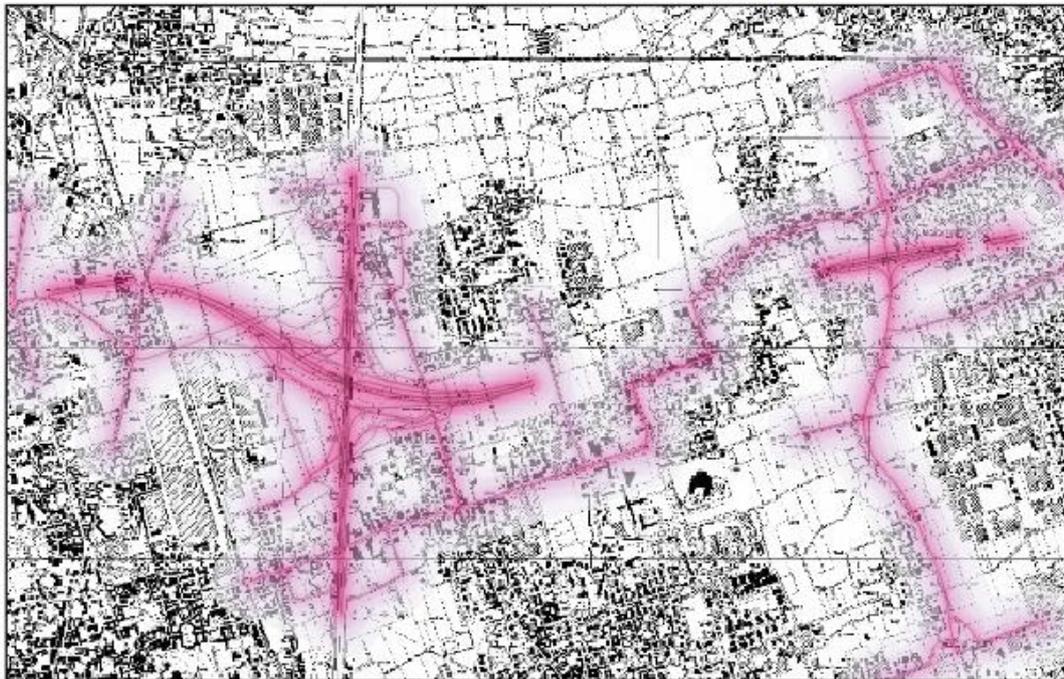
(µg/m<sup>3</sup>)



## **MAPPE CONCENTRAZIONE SCENARIO ESERCIZIO - LOTTO B2**

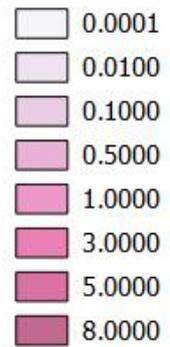
**SCENARIO Ante Operam**

# PM10 - concentrazione media annuale - scenario A0

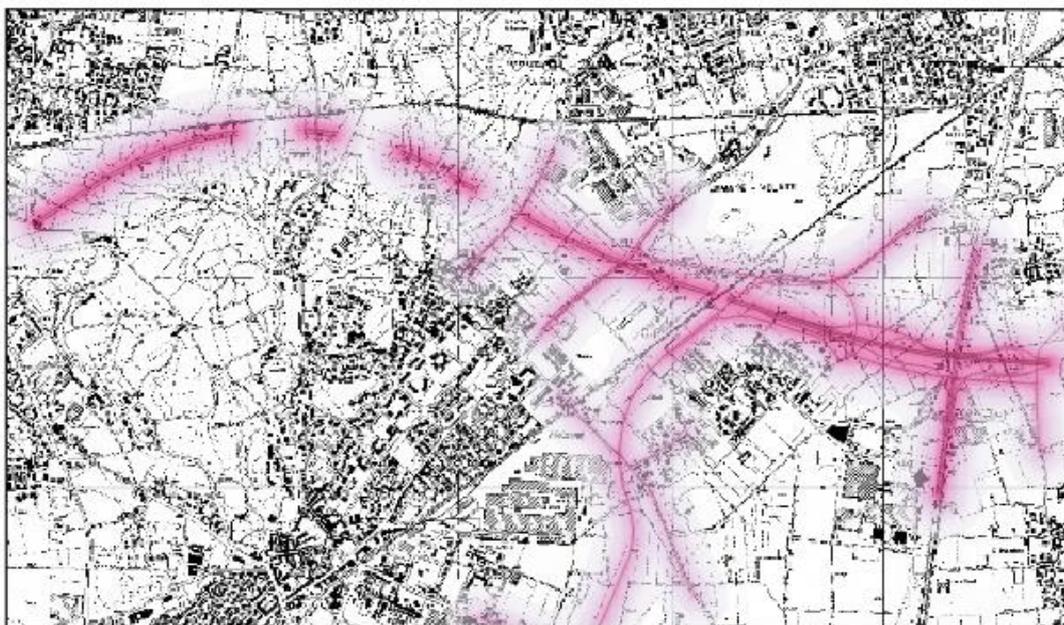


## Legenda

Concentrazione



[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]

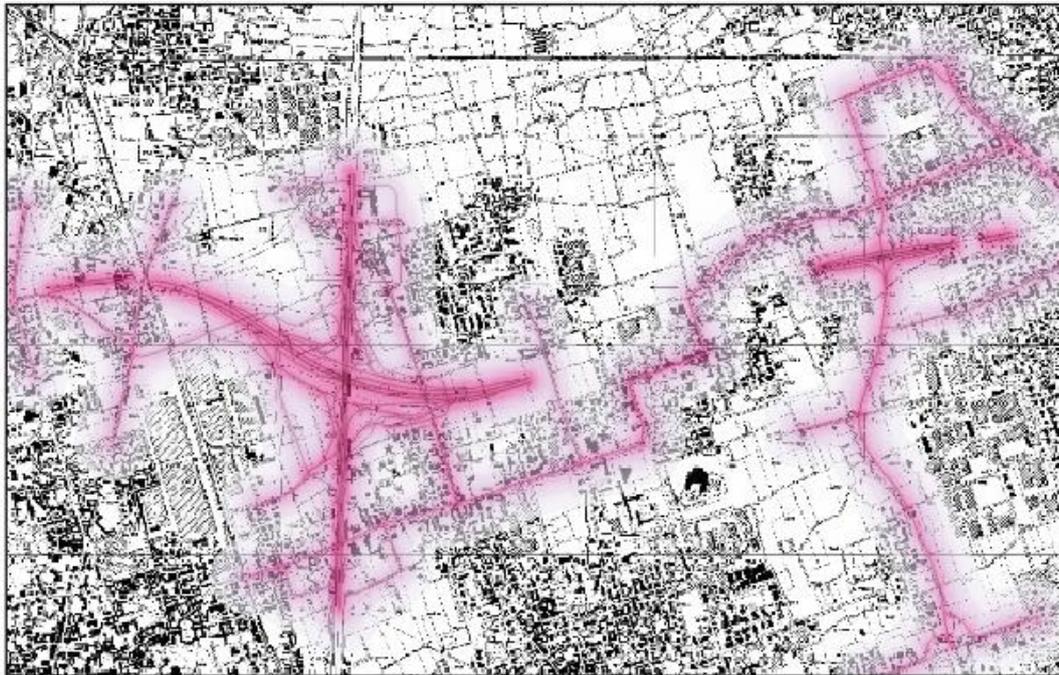


N  
△

0 500 1000 1500 2000 m



**PM10 - concentrazione 99.4° percentile delle medie giorno - scenario AO**

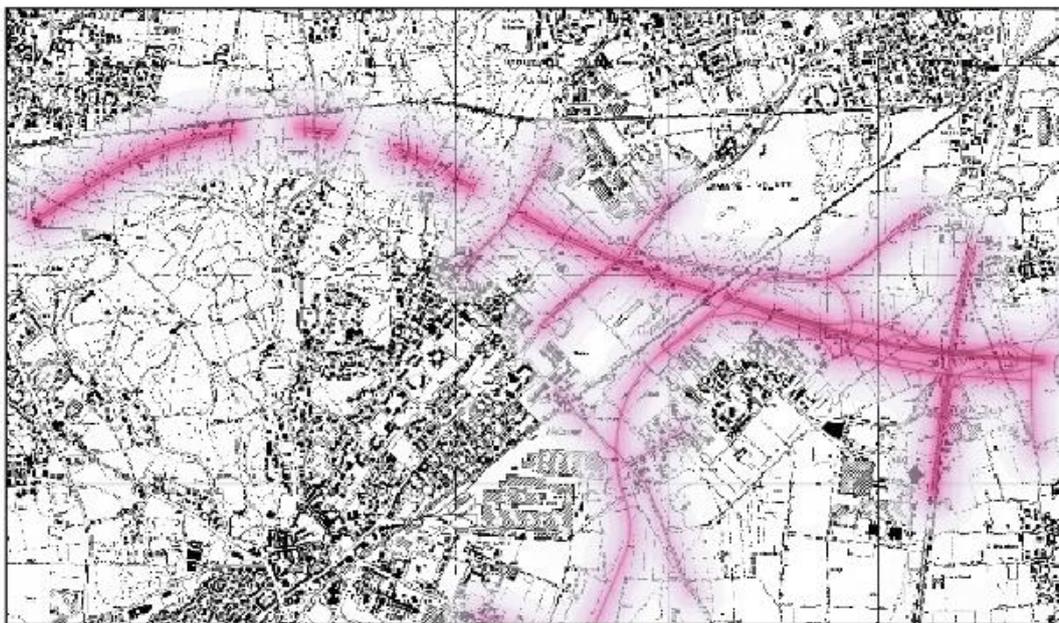


**Legenda**

Concentrazione

- 0.0001
- 0.0100
- 0.1000
- 0.5000
- 1.0000
- 3.0000
- 5.0000
- 12.0000

[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



0 500 1000 1500 2000 m

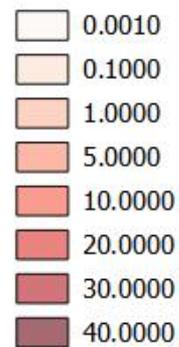


### NO2 - concentrazione media annuale - scenario AO

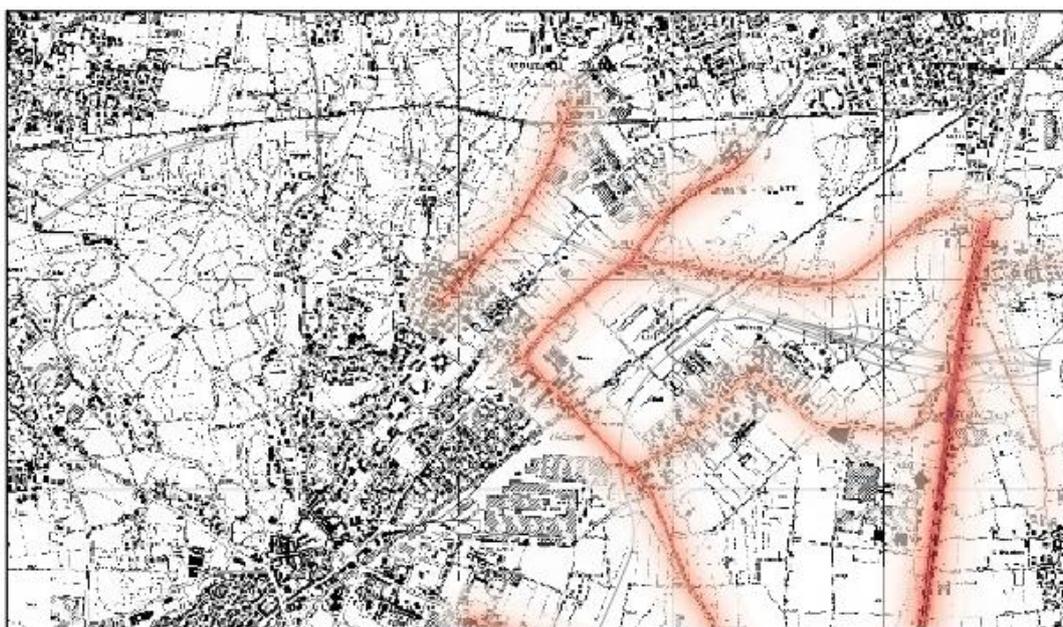


#### Legenda

Concentrazione



[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



0 500 1000 1500 2000 m



# NO2 - concentrazione 99.8° percentile medie orarie - scenario AO

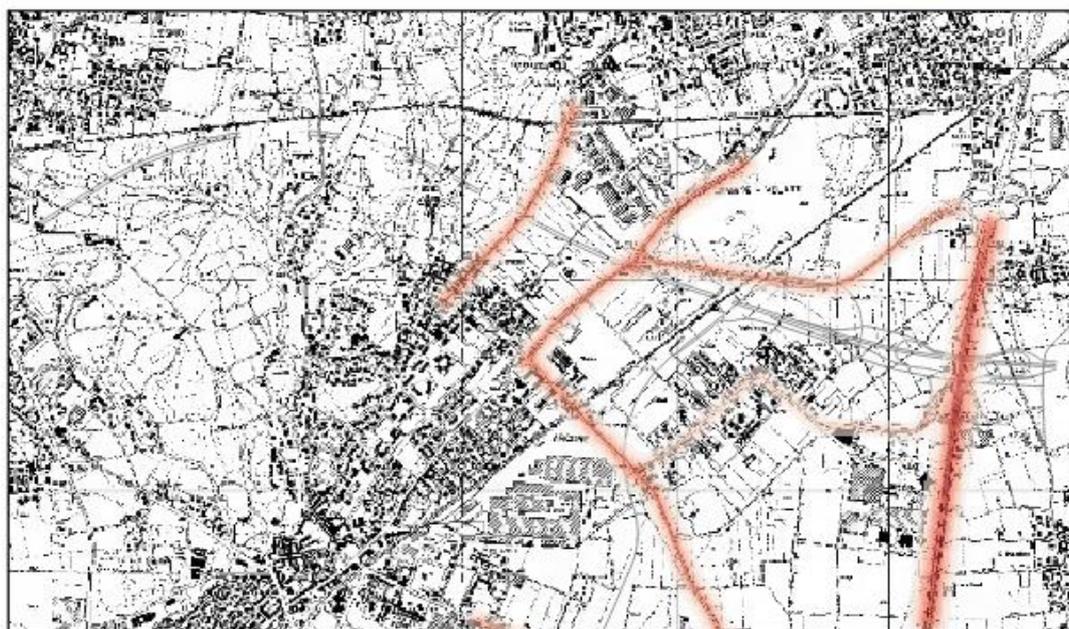


## Legenda

Concentrazione

- 1.0
- 5.0
- 10.0
- 20.0
- 50.0
- 100.0
- 150.0
- 200.0

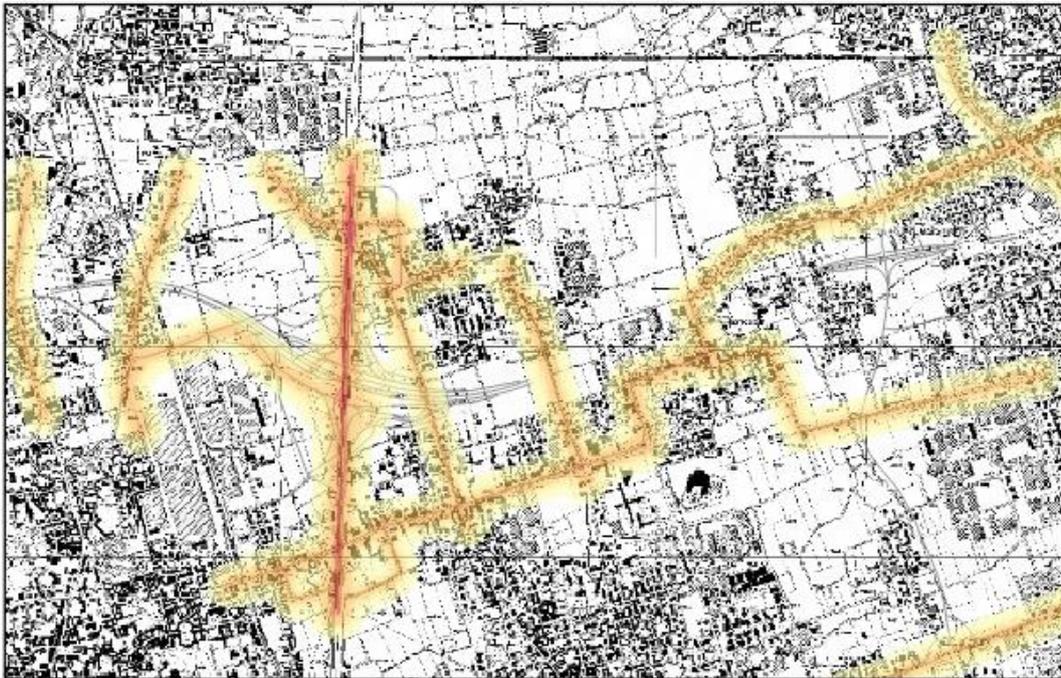
[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



0 500 1000 1500 2000 m

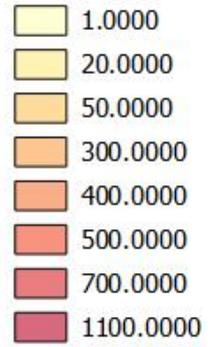


### CO - concentrazione massima media su 8hr - scenario A0

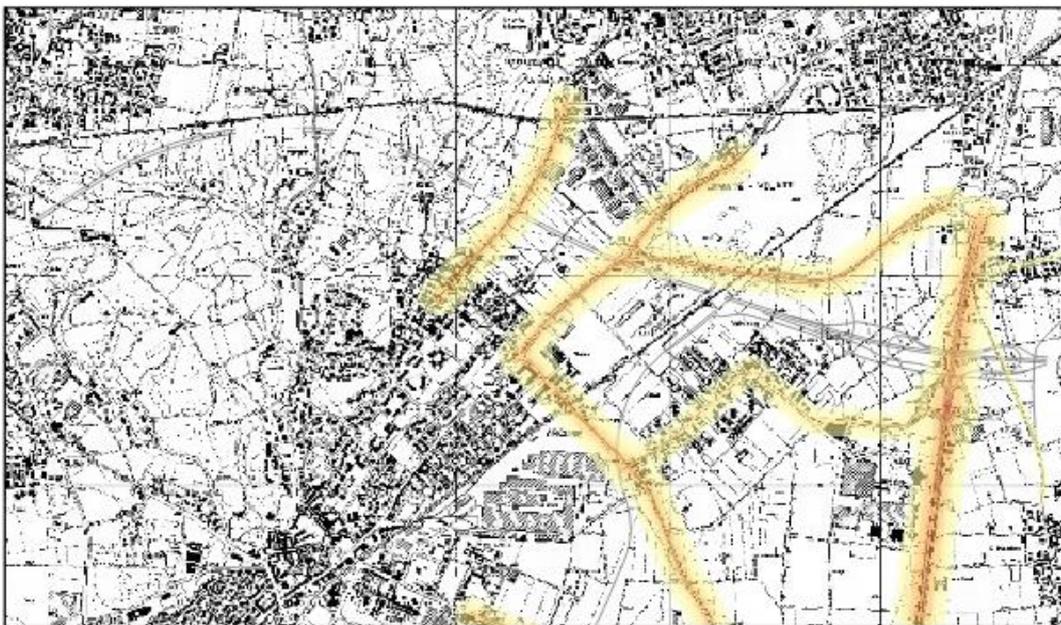


#### Legenda

Concentrazione



[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



N  
△

0 500 1000 1500 2000 m

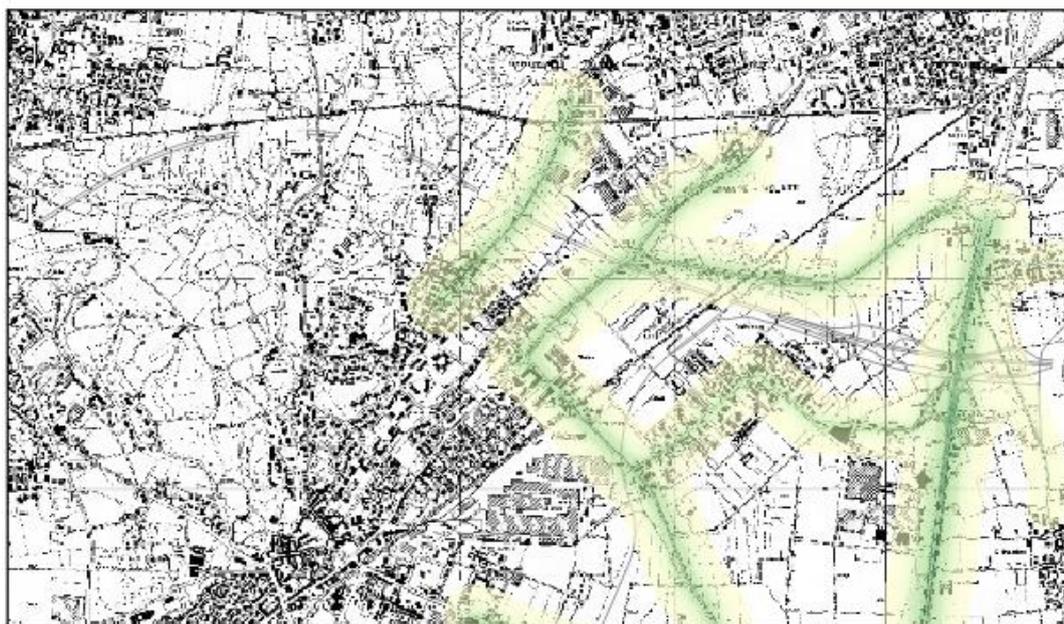
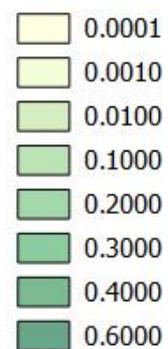


# BENZENE - concentrazione media annuale - scenario AO



## Legenda

Concentrazione

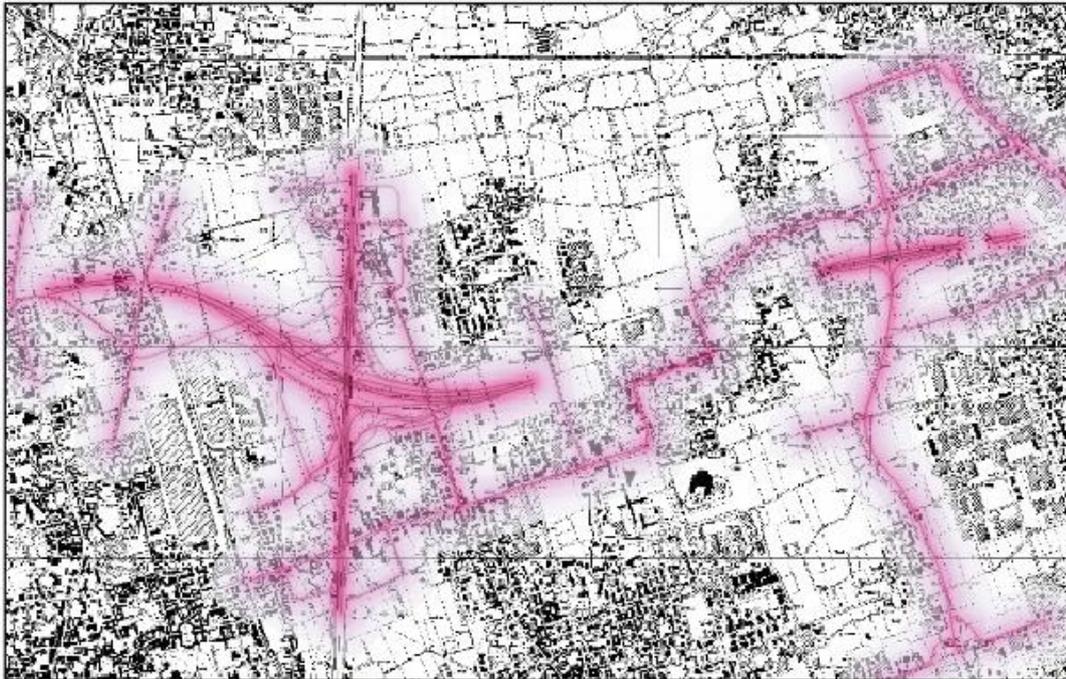


0 500 1000 1500 2000 m



**SCENARIO Post Operam**

**PM10 - concentrazione media annuale - scenario PO**

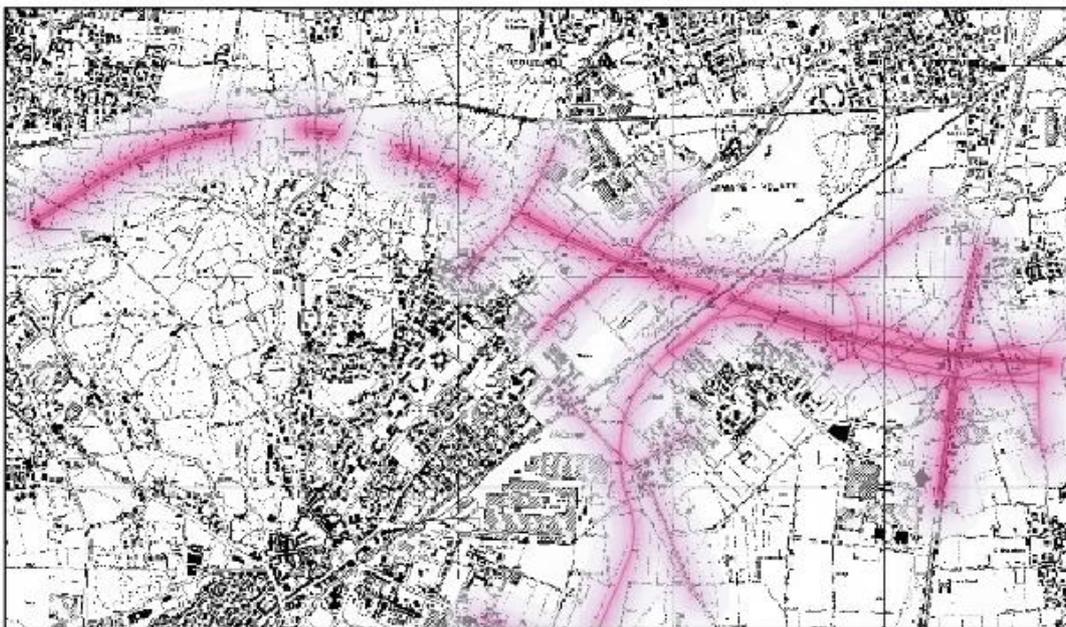


**Legenda**

Concentrazione

- 0.0001
- 0.0100
- 0.1000
- 0.5000
- 1.0000
- 3.0000
- 5.0000
- 8.0000

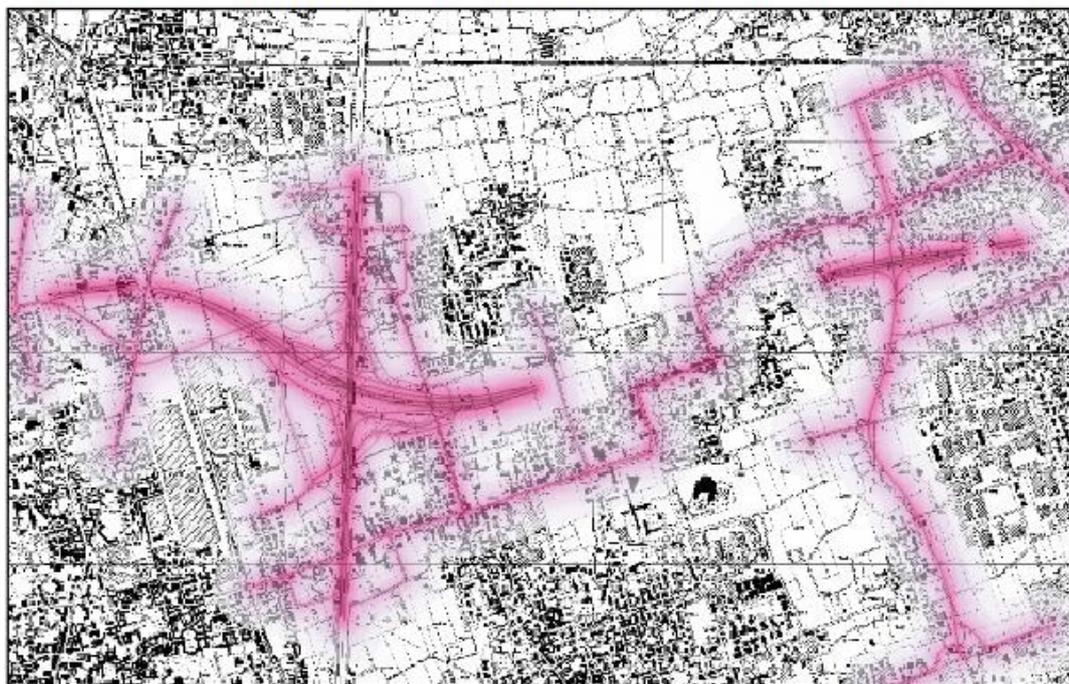
[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



0 500 1000 1500 2000 m



# PM10 - concentrazione 99.4° percentile delle medie giorno - scenario PO

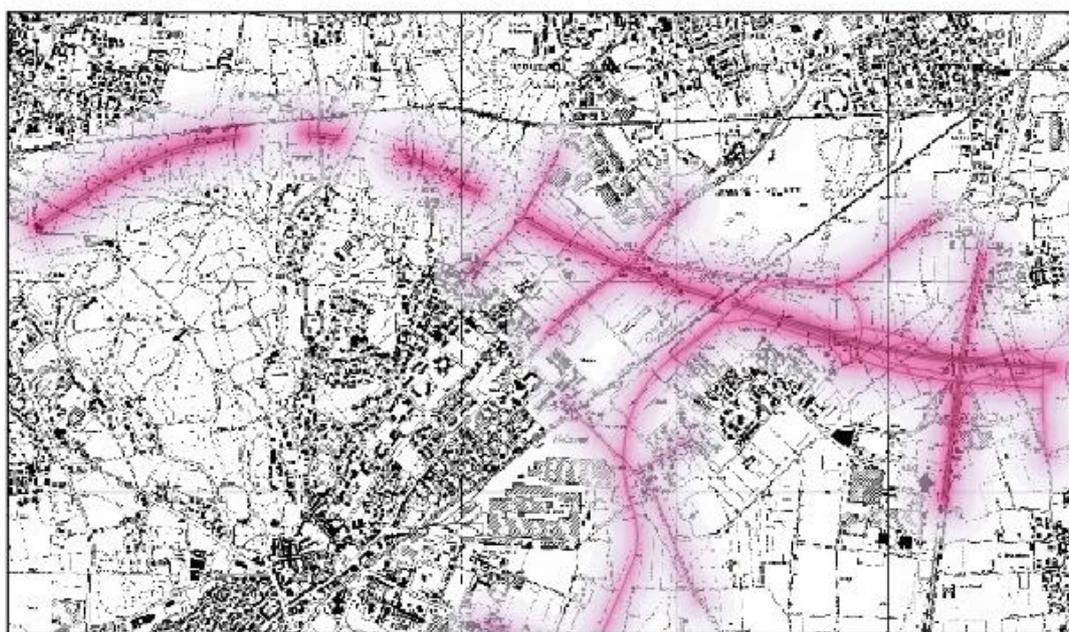


## Legenda

Concentrazione

- 0.0001
- 0.0100
- 0.1000
- 0.5000
- 1.0000
- 3.0000
- 5.0000
- 12.0000

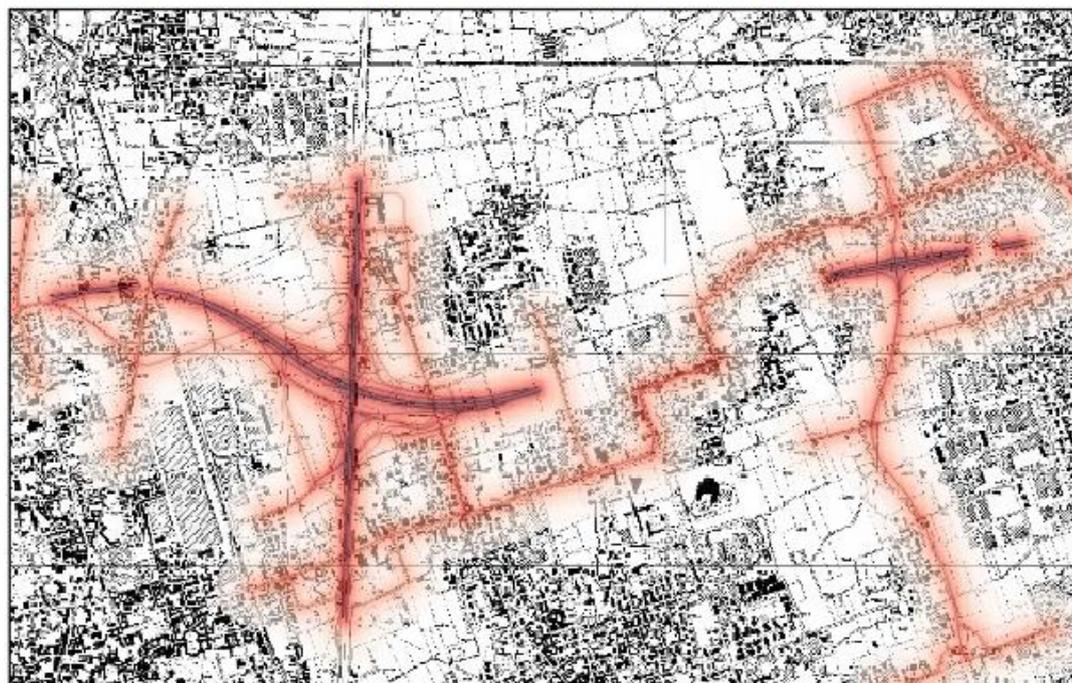
[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



0 500 1000 1500 2000 m



### NO2 - concentrazione media annuale - scenario PO

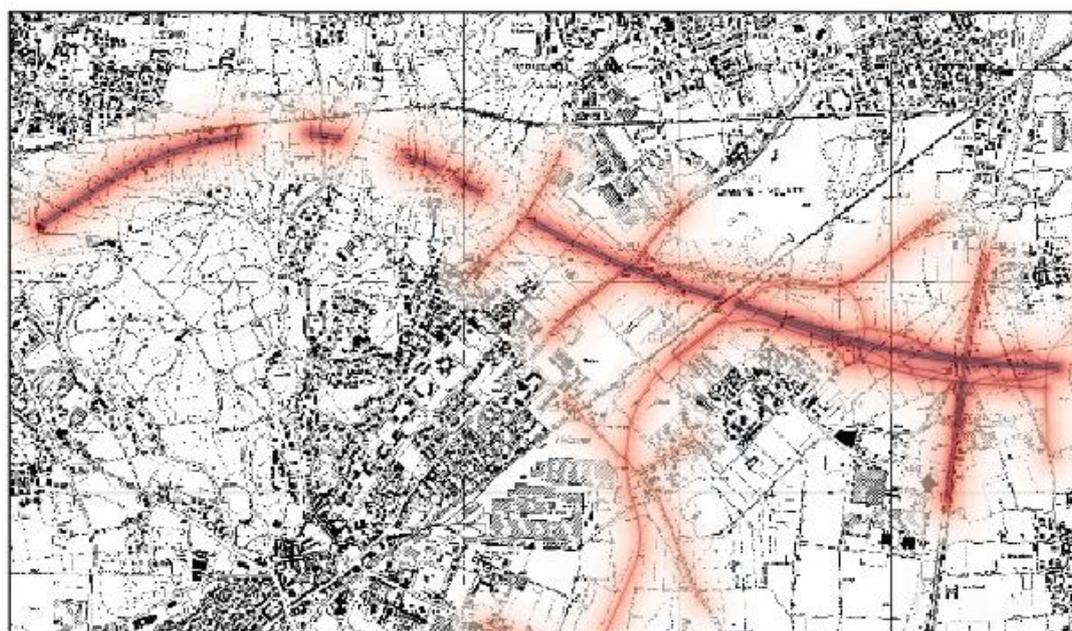


#### Legenda

Concentrazione

- 0.0010
- 0.1000
- 1.0000
- 5.0000
- 10.000
- 20.000
- 30.000
- 40.000

[µg/m³]

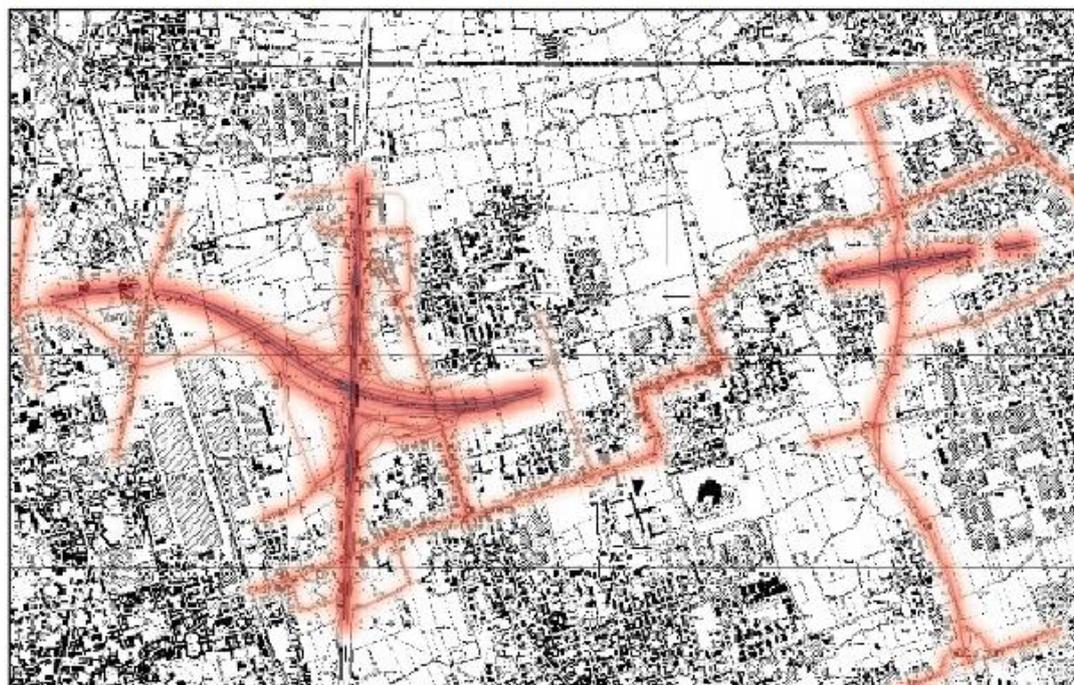


N  
△

0 500 1000 1500 2000 m

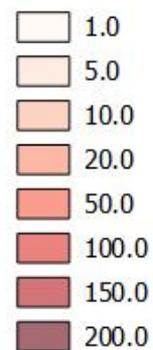


# NO2 - concentrazione 99.8° percentile medie orarie - scenario PO

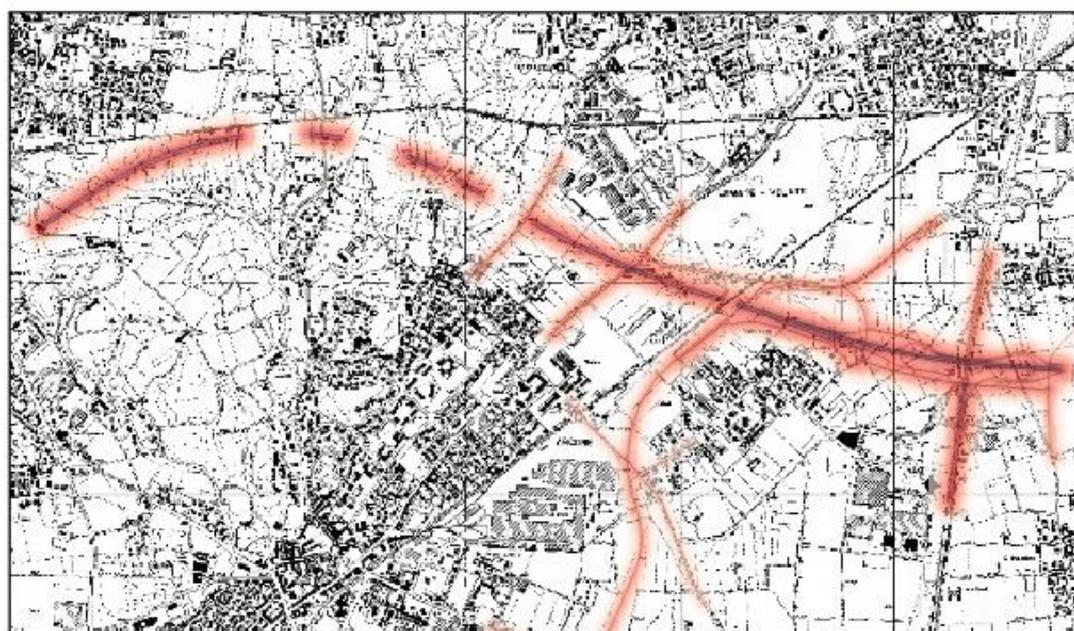


## Legenda

Concentrazione



[µg/m³]

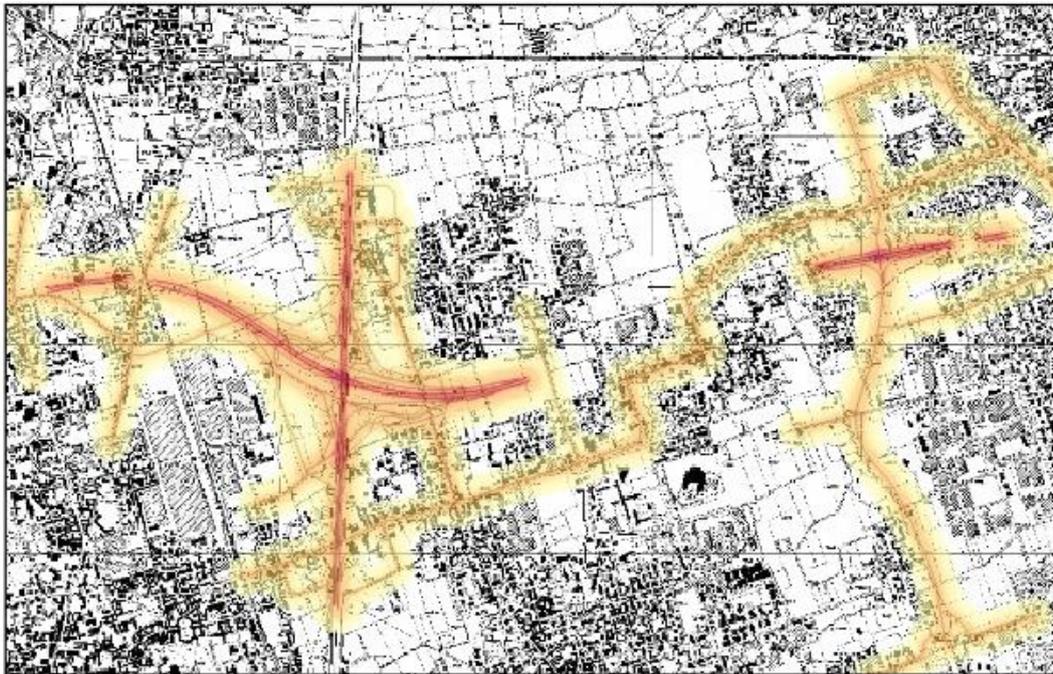


N  
△

0 500 1000 1500 2000 m

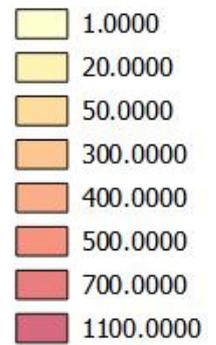


### CO - concentrazione massima media su 8hr - scenario PO

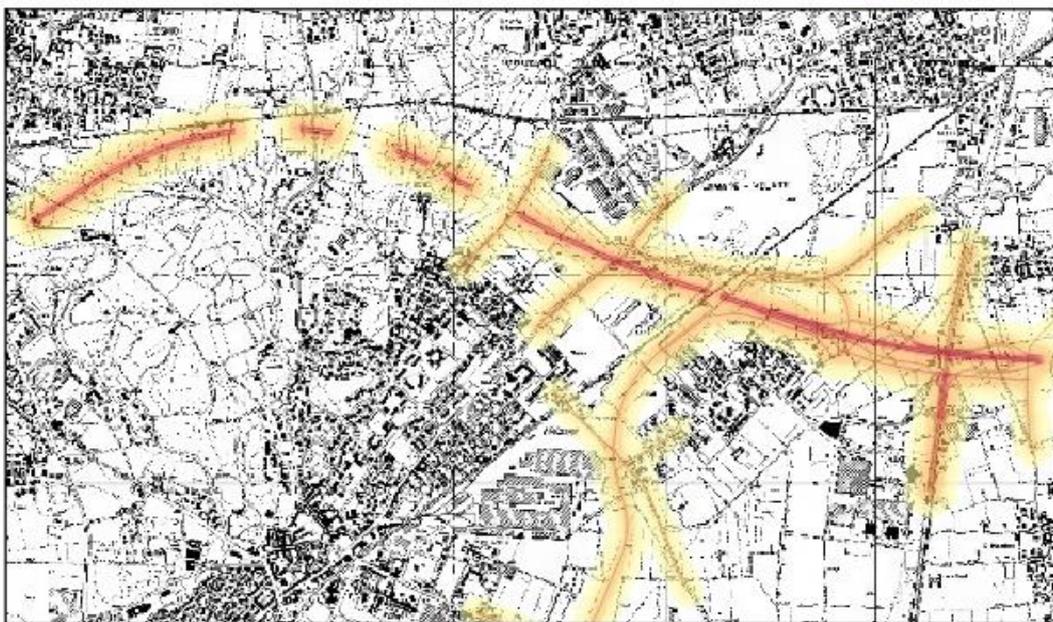


#### Legenda

Concentrazione



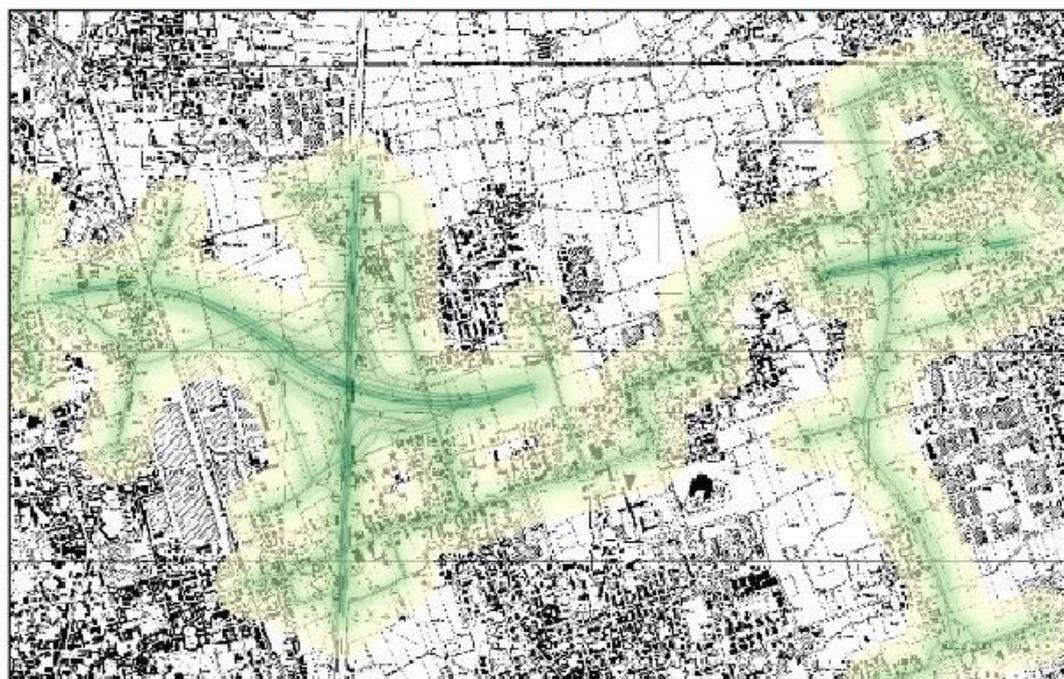
[ $\mu\text{g}/\text{m}^3$ ]



0 500 1000 1500 2000 m

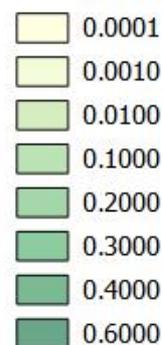


# BENZENE - concentrazione media annuale - scenario PO



## Legenda

Concentrazione



0 500 1000 1500 2000 m

