

Valutazione delle ricadute di inquinanti e del rischio sanitario

Centro di produzione del fresco nei comuni di Giussano (MB) e Arosio (CO)

Committente

Iperal Supermercati S.p.A. con Socio Unico

Via Manzoni, 41
20121 – Milano



Data: 5 agosto 2021

Rev. 00

Redatto da
Dr. Giorgio Oprandi

Verificato da
P.Ch. Paolo Nava

Per presa visione
Il responsabile aziendale

Documento firmato digitalmente ai sensi della vigente normativa

Ambiente Sicurezza Formazione

Indice

1. PREMESSA	5
2. RIFERIMENTI NORMATIVI	6
2.1 Valutazione della qualità dell'aria	6
2.2 Valutazione degli impatti sanitari	7
2.2.1 Metodo <i>Risk Assessment</i>	7
2.2.1.1 Rischio inalatorio per sostanze non cancerogene	7
2.2.1.2 Rischio inalatorio per sostanze cancerogene	8
2.2.1.3 Rischio cumulativo	10
2.2.1.4 Coefficienti utilizzati nell'indagine	10
2.2.2 Metodo Health Impact Assessment (HIA)	11
3. VALUTAZIONE DEL QUADRO EMISSIVO TERRITORIALE	13
3.1 Stato di qualità dell'aria	14
4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO	15
5. DESCRIZIONE DEL MODELLO	21
5.1 Fattori di emissione	22
5.2 Modello climatico	23
6. DESCRIZIONE DEI RISULTATI	28
6.1 Esiti della simulazione	28
6.2 Compatibilità dell'intervento con i vigenti limiti di qualità dell'aria	32
6.2.1 Concentrazioni medie annue	32
6.2.2 Concentrazioni massime giornaliere della media mobile calcolata su otto ore per il parametro CO	33
6.2.3 Superi su base oraria per il parametro NO ₂	33
6.2.4 Superi su base giornaliera per il parametro PM ₁₀	34
7. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SANITARI	35
7.1 Inquinanti non cancerogeni	35
7.1.1 Calcolo delle portate di esposizione	35
7.2 Inquinanti cancerogeni	38
7.2.1 Calcolo delle portate di esposizione	38
7.2.2 Calcolo dei fattori R	40
7.2.3 Approccio HIA	41
8. CONCLUSIONI	45

Indice delle figure

Figura 1 – localizzazione dell'intervento	5
Figura 2 – Inquadramento viabilistico	13
Figura 3 – Localizzazione area d'intervento e arterie stradali	15
Figura 4 – Distribuzione percentuale veicoli leggeri	18
Figura 5 – Distribuzione percentuale veicoli leggeri	18
Figura 6 – Temperature	24
Figura 7 – Precipitazioni	24
Figura 8 – Rosa dei venti	25
Figura 9 – Distribuzione percentuale dei venti secondo classi di velocità (sulle 24 ore).....	26
Figura 10 – Frequenza classi di stabilità	27
Figura 11 – Localizzazione recettori sensibili	28
Figura 12 – Punto di massima ricaduta	30
Figura 13 – Popolazione interessata dall'iniziativa in relazione alle sezioni censuarie ISTAT 2011	43

Indice delle tabelle

Tabella 1 – Valori limite di qualità dell'aria (Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155)	6
Tabella 2 – Fattori di esposizione per il calcolo della dose media giornaliera di aria inalata	8
Tabella 3 – Stima dei fattori RfD	10
Tabella 4 – Coefficienti SF _{inal} , UR e RfD _{inal}	11
Tabella 5 – Concentrazioni di fondo	14
Tabella 6 – Flussi veicolari indotti dall'intervento.....	17
Tabella 7 – Traffico indotto ripartito per fasce orarie e asse viario: veicoli leggeri	19
Tabella 8 – Traffico indotto ripartito per fasce orarie e asse viario: veicoli pesanti	20
Tabella 9 – Ubicazione recettori sensibili	29
Tabella 10 – Ricadute di inquinanti – ricadute medie giornaliere su base annua.....	31
Tabella 11 – Ricadute di inquinanti – ricadute massime su base giornaliera	31
Tabella 12 – Ricadute di inquinanti – ricadute massime su base oraria	31
Tabella 13 – Ricadute di inquinanti – media mobile su 8 ore massimo giornaliero	32
Tabella 14 – Concentrazioni medie annue attese presso il punto di massima ricaduta	32
Tabella 15 – Concentrazioni massime giornaliere attese per il parametro CO	33
Tabella 16 – Concentrazione massima oraria di NO ₂ (stazione ARPA di Cantù)	33
Tabella 17 – Massima concentrazione oraria di NO ₂ attesa	33
Tabella 18 – Superi del valore limite giornaliero per il parametro PM ₁₀	34
Tabella 19 – Superi attesi su base giornaliera per il parametro PM ₁₀	34
Tabella 19 – Calcolo dei fattori EM per inquinanti non cancerogeni – popolazione adulta	36
Tabella 20 – Calcolo dei fattori EM per inquinanti non cancerogeni – popolazione infantile	36
Tabella 21 – Calcolo degli HI per inquinanti non cancerogeni: popolazione adulta.....	37
Tabella 22 – Calcolo degli HI per inquinanti non cancerogeni: popolazione infantile	37
Tabella 23 – Calcolo dei fattori EM per inquinanti cancerogeni: popolazione adulta	39
Tabella 24 – Calcolo dei fattori EM per inquinanti cancerogeni: popolazione infantile.....	39
Tabella 25 – Calcolo dei fattori R per inquinanti cancerogeni	40
Tabella 26 – Popolazione potenzialmente interessata dagli effetti del progetto.....	44
Tabella 27 – Casi aggiuntivi attesi – ricaduta massima presso i recettori.....	44
Tabella 28 – Casi aggiuntivi attesi – concentrazione media	44
Tabella 29 – Ricadute di inquinanti – ricadute medie su base annua	45
Tabella 30 – Ricadute di inquinanti – ricadute massime su base giornaliera	46
Tabella 31 – Ricadute di inquinanti – ricadute massime su base oraria	46
Tabella 32 – Ricadute di inquinanti – media mobile su 8 ore massimo giornaliero	46
Tabella 33 – Verifica della compatibilità dell'intervento – ricadute medie annue	47
Tabella 34 – Verifica della compatibilità dell'intervento per parametro CO (massimo della media mobile su otto ore).....	47
Tabella 35 – Verifica della compatibilità dell'intervento – ricadute massime orarie (NO ₂).....	48
Tabella 36 – Verifica della compatibilità dell'intervento – ricadute giornaliere (PM ₁₀)	48
Tabella 38 – Rielaborazione modellistica con software Run Analyzer per il parametro PM ₁₀	48
Tabella 37 – HI _{cum} (popolazione adulta).....	49

Tabella 38 – HI_{cum} (popolazione infantile)	49
Tabella 39 – R_{cum}	49
Tabella 40 – Casi aggiuntivi di tumore al polmone attesi (massima ricaduta presso i recettori)	50
Tabella 41 – Casi aggiuntivi di tumore al polmone attesi (ricaduta media da modello).....	50

Allegati

n. 5 mappe di dispersione inquinanti

1. PREMESSA

Il presente documento si propone di quantificare le ricadute di inquinanti attese al suolo e legate all'insediamento di un nuovo Centro di Produzione del Fresco, da realizzarsi nei comuni di Giussano (MB) ed Arosio (CO).

L'area di intervento è collocata a ridosso del sistema di svincolo tra gli assi viari provinciali SP32, SP102, SP9 ed SP41, come da figura seguente.



Figura 1 – localizzazione dell'intervento

La stima delle ricadute è stata rivolta agli inquinanti usualmente connessi al traffico veicolare (polveri, biossido di azoto, monossido di carbonio e benzene). A tal fine, la stima dei flussi veicolari indotti dall'iniziativa è stata desunta dalle simulazioni e dalle stime di traffico indotto rintracciabili all'interno dello Studio Viabilistico realizzato da TVM Engineering.

Si omette in questa sede una dettagliata descrizione del progetto, rimandando alla documentazione predisposta dal proponente per maggiori dettagli nel merito.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

2.1 Valutazione della qualità dell'aria

Si richiamano di seguito i valori limite per gli inquinanti oggetto di caratterizzazione, come definiti dal Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155, in recepimento della Direttiva 2008/50/CE, indicati in funzione del periodo di mediazione e del livello di protezione.

Tabella 1 – Valori limite di qualità dell'aria (Decreto Legislativo 13 agosto 2010, n. 155)

Inquinante	Livello di protezione	Periodo di mediazione	Valore limite
PM ₁₀	Valore limite giornaliero per la protezione della salute umana	Giorno	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per l'anno civile (perc. 90,411)
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³
PM _{2.5}	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	25 µg/m ³
NO ₂	Valore limite orario per la protezione della salute umana	Ora	200 µg/m ³ da non superare più di 18 volte per l'anno civile (perc. 99,795)
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³
CO	Valore limite per la protezione della salute umana	Massimo giornaliero della media mobile calcolata su 8 ore	10 mg/m ³
C ₆ H ₆ (Benzene)	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	5 µg/m ³

2.2 Valutazione degli impatti sanitari

2.2.1 Metodo *Risk Assessment*

La necessità di definire gli impatti sulla salute della popolazione esposta agli effetti di un dato progetto o programma viene recepita dalla DGR 8 febbraio 2016 n. X/4792, "Linee guida per la componente salute pubblica negli studi di impatto ambientale e negli studi preliminari ambientali", che rimanda alla metodologia proposta dalle "Linee Guida per la Valutazione integrata di impatto ambientale e sanitario (VIAS) nelle procedure di autorizzazione ambientale (VAS, VIA, AIA)", di cui alla Delibera del Consiglio Federale n. 133/2016 dell'ISPRA.

Le già menzionate Linee Guida riportano alla sezione n. 4.3.1 la metodologia applicativa per la valutazione degli impatti sanitari secondo il cd metodo *risk assessment*.

Il rischio dovuto all'esposizione inalatoria, in particolare, viene definito come segue.

2.2.1.1 Rischio inalatorio per sostanze non cancerogene

Il rischio connesso all'esposizione a sostanze non cancerogene viene definito dalla seguente relazione:

$$HQ = ADD/RfD_{inal}$$

Dove:

- $HQ = Hazard\ Quotient$ è il Quoziente di Pericolo ed esprime di quanto l'esposizione alla sostanza supera la dose di riferimento inalatoria (RfD_{inal});
- $ADD = Average\ Daily\ Dose$, espressa in $mg/kg \cdot giorno$;
- $RfD_{inal} = Inalation\ Reference\ Dose$ è la stima della quantità massima di sostanza che può essere inalata giornalmente e per tutta la vita senza comportare apprezzabili rischi per la salute umana, espressa in $mg/kg \cdot giorno$.

Per calcolare il rischio associato all'esposizione a diverse sostanze e/o a differenti vie di esposizione, gli HQ calcolati per una singola sostanza e per una singola via di esposizione devono essere sommati per ottenere l'HI (*Hazard Index – Indice di Pericolosità*).

Il calcolo del coefficiente ADD (definito anche E – fattore di esposizione) può essere effettuato a partire dalla seguente relazione:

$$E = C_{aria} \times EM$$

Dove:

- C_{aria} = concentrazione in aria del contaminante [mg/m^3].

Il valore di EM viene determinato a partire dalla concentrazione in aria dell'inquinante, applicando i valori di correlazione indicati dalla tabella 4.1 riportata nelle Linee Guida, secondo la formula seguente:

$$EM \left[\frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{Bi \times EF_g \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$$

Dove:

- Bi = rateo di inalazione [m³/h];
- EFg = frequenza giornaliera di esposizione [h/giorno];
- EF = frequenza annuale di esposizione [giorni/anno];
- ED = durata dell'esposizione [anni];
- BW = peso corporeo [kg];
- AT = tempo medio di esposizione [anni].

Tabella 2 – Fattori di esposizione per il calcolo della dose media giornaliera di aria inalata

FATTORI DI ESPOSIZIONE (EF)		Simbolo	Unità di Misura	Residenziale		Industria
				Adulto	Bambino	Adulto
Peso corporeo		BW	kg	70	15	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze cancerogene		ATc	anni	70	70	70
Tempo medio di esposizione per le sostanze non cancerogene		ATn	anni	ED	ED	ED
Durata di esposizione		ED	anni	24	6	25
Frequenza di esposizione		EF	giorni/anno	350	350	250
Frequenza giornaliera di esposizione		EFgi	ore/giorno	24	24	8
Tasso inalazione outdoor/indoor (*)	Attività fisica sedentaria	Bo/Bi	m ³ /ora	0,90	0,70	0,90
	Attività fisica moderata			1,50	1,00	1,50
	Attività fisica intensa			2,50	1,90	2,50

(*) I tassi di inalazione sono applicabili indistintamente per ambienti aperti e confinati

Il valore assunto dai coefficienti RfD_{inal} può essere reperito, laddove definito, dal Documento di supporto "Banca Dati ISS-INAIL", del marzo 2018.

Il processo di valutazione termina confrontando il valore di rischio calcolato con i criteri di accettabilità del rischio, che per sostanze non cancerogene con soglia di effetto **coincide con il non superamento del valore RfD_{inal} (HI ≤ 1)**.

2.2.1.2 Rischio inalatorio per sostanze cancerogene

Il rischio connesso all'esposizione a sostanze cancerogene per via inalatoria può seguire approccio analogo a quello descritto per le sostanze non cancerogene, sommando gli EM determinati per popolazione adulta e bambini secondo la formula seguente.

$$EM \left[\frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{B_{iAd} \times EF_g \times EF \times ED_{Ad}}{BW_{Ad} \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}} + \frac{B_{iBam} \times EF_g \times EF \times ED_{Bam}}{BW_{Bam} \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$$

Il rischio viene poi calcolato tramite la seguente equazione:

$$R = LADD \times CSF$$

Dove:

- R = rischio, inteso come probabilità incrementale dell'insorgenza di casi di tumore nel corso della vita causati dall'esposizione alla sostanza cancerogena in studio;
- LADD = Lifetime Average Daily Dose, espressa in mg/(kg*gg);
- CSF = Cancer Slope Factor, ovvero la probabilità incrementale di sviluppare un tumore se l'individuo è esposto alla sostanza cancerogena per tutta la vita.

Limitatamente al rischio dovuto ad esposizione inalatoria, in letteratura sono disponibili anche dei coefficienti definiti IUR (*inhalation unit risk*), che possono essere applicati direttamente alle concentrazioni atmosferiche per ricavare la stima di rischio, secondo la relazione seguente:

$$R = C_{aria} \times UR$$

Dove:

- C_{aria} = concentrazione atmosferica del contaminante cui è esposta la popolazione, espressa in $\mu\text{g}/\text{m}^3$;
- UR o IUR = *unit risk* inalatorio, definito come il rischio incrementale risultante dall'esposizione continuativa per tutta la vita ad una concentrazione di $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$, espresso in $[\mu\text{g}/\text{m}^3]^{-1}$.

La determinazione dell'UR muove dal cosiddetto *slope factor*, che esprime il potere cancerogeno di una sostanza e indica la probabilità incrementale di sviluppare un tumore se un individuo è esposto alla sostanza per tutta la vita. Lo *slope factor* indica la pendenza della curva dose-risposta, ossia il potenziale cancerogeno di una certa sostanza espressa in $[\text{mg}/\text{kg} \times \text{giorno}]^{-1}$.

L'Unit Risk è messo in correlazione con lo *slope factor* dalla seguente relazione:

$$SF_{\text{inal}} = IUR \left(\frac{70 \text{ kg}}{20 \text{ m}^3/\text{giorno}} \right) 1000 \frac{\mu\text{g}}{\text{mg}}$$

I valori assunti dai coefficienti SF_{inal} e IUR sono riportati nel Documento di supporto "Banca Dati ISS-INAIL" del marzo 2018.

Il processo di valutazione termina confrontando il valore di rischio calcolato con i criteri di accettabilità del rischio.

2.2.1.3 Rischio cumulativo

Il rischio cumulativo viene calcolato considerando tutte le sostanze cui è sottoposto un recettore e le relative vie di esposizione.

Per sostanze non cancerogene, il rischio può considerarsi accettabile se inferiore ad 1.

Per le sostanze cancerogene, l'US-EPA nella valutazione di rischio cumulativo individua:

- **valore accettabile** inferiore a 10^{-6} ;
- **interventi discrezionali** nel range compreso fra 10^{-4} e 10^{-6} ;
- **intervento pianificato** in caso di rischio superiore a 10^{-4} .

2.2.1.4 Coefficienti utilizzati nell'indagine

Per i parametri PM₁₀, NO₂ e CO, le linee guida ISS-INAIL non indicano i valori di SF_{inal}, UR ed RfD_{inal}.

Nella definizione di tali coefficienti si è fatto riferimento al documento "Valutazione del rischio sanitario dovuto all'esposizione della popolazione all'inquinamento atmosferico in zona urbana", predisposto dal Politecnico di Torino, dove viene calcolato il RfD per i parametri PM₁₀ e NO₂.

La stima riportata nel documento muove dalla relazione seguente:

$$RfD = RfC * \frac{20m^3}{70 kg \text{ giorno}}$$

Sulla scorta di tale formula si è proceduto alla determinazione del RfD per il parametro CO.

In tutti i casi, si è considerato quale valore di RfC il valore limite di qualità dell'aria previsto dal D. L.vo 155/2010.

La tabella seguente riepiloga gli RfD determinati come sopra.

Tabella 3 – Stima dei fattori RfD

Inquinante	RfC µg/m ³	Fonte	RfD (mg/kg*gg)
PM ₁₀	40	D. Lvo 155/2010	0,011
NO ₂	40	D. Lvo 155/2010	0,011
CO	10.000	D. Lvo 155/2010	2,86

Si riassumono infine i valori di SF_{inal}, IUR ed RfD per i parametri oggetto di indagine.

Tabella 4 – Coefficienti SF_{inal} , UR e RfD_{inal}

	SF_{inal} [mg/kg x gg]	UR [$\mu\text{g}/\text{m}^3$] ⁻¹	RfD_{inal} [mg/kg x gg]
PM₁₀	/	/	$1,1 \times 10^{-2}$
PM_{2.5}	0,742 ⁽¹⁾	$2,12 \times 10^{-4}$	/
C₆H₆	$2,73 \times 10^{-2}$	$7,8 \times 10^{-6}$	$8,57 \times 10^{-3}$
CO	/	/	2,86
NO₂	/	/	$1,1 \times 10^{-2}$
(1) determinato dalla relazione di cui alla sezione 2.2			

2.2.2 Metodo Health Impact Assessment (HIA)

Il metodo *Health Impact Assessment (HIA)* segue una logica analoga a quella del *Risk Assessment* per quanto attiene le fasi di classificazione del rischio, ma adotta un approccio di tipo epidemiologico in luogo di quello tossicologico utilizzato dal metodo precedente.

In particolare, la metodica prevede i seguenti passaggi:

- hazard identification*: valutazione preliminare della pericolosità delle sostanze identificate mediante analisi del rapporto causale di associazione fra un agente e l'effetto avverso per la salute da questo determinato;
- dose – response assessment*: valutazione di una relazione dose – risposta o, più propriamente, esposizione – risposta (incidenza);
- exposure assessment*: valutazione dei dati quantitativi di misura e/o stima delle concentrazioni di esposizione o di indicatori di esposizione;
- risk characterization*: valutazione del numero di casi addizionali prevedibili nella popolazione e legati all'esposizione al singolo agente, che non si sarebbero verificati in assenza di esposizione a quel particolare fattore di rischio.

In sintesi, il metodo consiste nell'utilizzare i fattori di rischio specifici derivanti dall'evidenza epidemiologica per:

- stimare gli eventi attribuibili alla differenza fra le concentrazioni osservate ed un valore di riferimento, al di sotto del quale si ipotizza che l'effetto sanitario possa considerarsi trascurabile (approccio retrospettivo);
- effettuare una stima degli eventi sanitari attribuibili ad un incremento o riduzione delle concentrazioni osservate, dovuto all'attivazione o riduzione di sorgenti emmissive (approccio prospettico).

In particolare, il cd "approccio prospettico" risulta quello di più largo utilizzo per valutazioni basate su un calcolo delle ricadute di inquinanti dovute all'attuazione di un progetto.

La valutazione, secondo questo approccio, è articolata nei seguenti passaggi:

- identificazione del valore di RR (rischio relativo di sviluppare un evento sanitario per gli esposti ad un determinato fattore ambientale) per l'effetto considerato derivato dalla funzione concentrazione – risposta, descritta dalla letteratura più aggiornata;
- i valori di esposizione della popolazione in studio, quindi:
 - la differenza fra l'esposizione attuale e quella di riferimento;
 - l'incremento stimato rispetto alle concentrazioni attuali, dovuto all'attivazione di nuove sorgenti emmissive.
- la dimensione della popolazione di riferimento dalla quale sono ricavati i dati relativi all'incidenza dell'effetto sanitario e la popolazione interessata dalla potenziale variazione dell'esposizione;
- l'occorrenza di base dell'evento sanitario in studio (morbosità o mortalità nella popolazione di riferimento).

La combinazione dei dati riportati sopra si esplica nella formula seguente:

$$AC = A * B * \Delta C * P_{exp}$$

Dove:

- AC = numero di casi attribuibili all'esposizione in esame;
- A = (RR-1), eccesso di rischio nella popolazione esposta attribuibile all'inquinamento atmosferico, dove RR è il rischio relativo desunto dalla letteratura disponibile per il dato esito sanitario, di norma espresso come rischio relativo per incremento di 10 µg/m³ di inquinante;
- B = tasso di morbosità/mortalità di background dell'esito sanitario considerato, ovvero il tasso osservabile in assenza di esposizione. Il dato è ottenibile dai dati statistici per la popolazione di riferimento;
- ΔC = variazione delle concentrazioni ambientali per la quale si intende valutare l'effetto. Per gli inquinanti atmosferici convenzionali il valore di concentrazione viene diviso per 10, in quanto i dati di RR disponibili sono convenzionalmente espressi per incrementi di 10 µg/m³;
- P_{exp} = popolazione esposta.

3. VALUTAZIONE DEL QUADRO EMISSIVO TERRITORIALE

I comuni di Giussano ed Arosio sono situati a circa 13 e 15 km a nord/nord – ovest di Monza e si estendono per una superficie complessiva pari, rispettivamente, a 10,28 km² e 2,58 km².

I territori comunali si collocano prevalentemente lungo la direttrice nord/sud e sono posti in fregio a diverse arterie di comunicazione, quali la SP 41 Vallassina, la SP 32 di Novedrate, la SP 102 Giussano - Fornaci e la SS 36 dello Spluga.

La figura seguente evidenzia le principali vie di comunicazione che interessano il territorio in esame e l'area d'intervento.



*Figura 2 – Inquadramento viabilistico
(Fonte: elaborazione Google Earth)*

Gli assi viari localizzati sul territorio sono interessati da rilevanti flussi di traffico e possono pertanto già considerarsi, ad oggi, quale significativa sorgente di emissioni in atmosfera già gravante sull'areale in esame.

Entrambi i comuni sono inseriti nella zona "Agglomerato di Milano" che, come descritto dalla D.G.R. 2605 del 06/12/11, presenta le caratteristiche seguenti:

- popolazione superiore a 250.000 abitanti oppure inferiore a 250.000 abitanti e densità di popolazione superiore a 3.000 abitanti/km²;
- più elevata densità di emissioni di PM₁₀ primario, NO e COV;
- situazione metereologica avversa per la dispersione degli inquinanti (velocità del vento limitata, frequenti casi di inversione termica, lunghi periodi di stabilità atmosferica caratterizzata da alta pressione);
- alta densità abitativa, di attività industriali e di traffico.

3.1 Stato di qualità dell'aria

Sui territori comunali d'interesse non risultano presenti centraline ARPA di monitoraggio della qualità dell'aria ad oggi funzionanti.

Al fine di caratterizzare con adeguato grado di dettaglio le attuali concentrazioni di fondo gravanti sul comparto territoriale in esame, si è pertanto fatto riferimento alle seguenti fonti di dati:

- stime modellistica delle concentrazioni di inquinanti messe a disposizione da ARPA Lombardia per il comune di Giussano, per i parametri PM₁₀ e PM_{2,5};
- misure ARPA Lombardia relative alla centralina di Cantù, via Meucci, per i parametri NO₂ e CO;
- dati campagna di misura con centralina mobile eseguita fra i mesi di maggio '17 e febbraio '18 in diversi punti del territorio comunale di Monza, per il parametro benzene. A titolo cautelativo si è fatto riferimento alla campagna di viale della Libertà, caratterizzata dalle concentrazioni più elevate del parametro rilevate durante le misure e legate presumibilmente agli elevati flussi veicolari gravanti sull'area in esame.

La tabella seguente riassume le concentrazioni di fondo utilizzate a titolo di raffronto nel presente studio.

Tabella 5 – Concentrazioni di fondo

Inquinante	Concentrazione di fondo [µg/m ³]	Limite annuale della qualità dell'aria D. L.vo 155/2010 e smi [µg/m ³]
PM ₁₀	26,4	40
PM _{2,5}	20,7	25
CO	395,0	10.000
NO ₂	23,3	40
Benzene	1,3	5

4. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

Il progetto in esame è relativo all'insediamento di un nuovo comparto artigianale/industriale, posto lungo la SP 41 nei comuni di Giussano ed Arosio, denominato "Centro di produzione del fresco".

La figura seguente mostra l'area di intervento e i principali assi viabilistici di accesso/uscita dal comparto.



*Figura 3 – Localizzazione area d'intervento e arterie stradali
(Fonte: elaborazione Google Earth)*

Si omette in questa sede una dettagliata descrizione del progetto, rimandando alla documentazione predisposta dal proponente per maggiori dettagli nel merito.

La presente valutazione muove dalla quantificazione del traffico indotto dall'insediamento della nuova opera di progetto, come definito all'interno dello Studio Viabilistico predisposto da TRM Group, dove sono identificati i flussi veicolari indotti dall'iniziativa lungo le principali arterie stradali limitrofe all'area d'intervento.

In input al modello di ricaduta si è inoltre provveduto ad inserire anche la rotatoria di nuova realizzazione prevista lungo la SP41 e la viabilità d'ingresso al sito.

Di seguito si provvede a determinare i flussi veicolari prevedibilmente indotti dall'iniziativa.

Si precisa che, a titolo prudenziale, nella quantificazione del traffico indotto non si è tenuto conto di potenziali fenomeni di car-sharing o dell'eventualità che gli operatori attratti dal centro vi si rechino con mezzi diversi da veicoli leggeri (ad es. biciclette o moto) o pesanti (ad es. furgoni).

Con riferimento a quest'ultima categoria di veicoli, nella stima delle ricadute i furgoni sono stati equiparati a mezzi pesanti. Tale approccio si considera adeguatamente cautelativo, tenuto conto del valore dei fattori di emissione definiti per le predette categorie di veicoli per i parametri oggetto di simulazione.

Dalla valutazione del traffico indotto dalla nuova opera di progetto si perviene alla definizione di tutte le componenti veicolari afferenti al nuovo insediamento di progetto ed alla loro distribuzione durante il giorno ferialo medio.

Tali componenti sono riconducibili alle seguenti attività:

- laboratori: 120 addetti (veicoli leggeri);
- pulizie: 30 addetti (veicoli leggeri);
- logistica: 250 addetti (veicoli leggeri);
- uffici: 15 addetti (veicoli leggeri);
- approvvigionamento comparto: 90 mezzi commerciali (pesanti);
- rifornimento punti vendita: 80 mezzi commerciali (pesanti);
- rifiuti: 3 mezzi commerciali (pesanti).

Dal momento che risulta prevedibile un incremento dei mezzi pesanti adibiti ad "approvvigionamento comparto" e "rifornimento punti vendita" pari al 10% nella giornata del venerdì, a titolo cautelativo le valutazioni relative a queste attività sono state eseguite incrementando la relativa quota di traffico indotto, per complessivi e rispettivi **99 mezzi pesanti/giorno** ed **88 mezzi pesanti/giorno**.

La tabella seguente identifica il flusso veicolare leggero e pesante indotto dall'intervento nelle differenti fasce orarie della giornata.

Tabella 6 – Flussi veicolari indotti dall'intervento

Attività	Movimento	n.ro mezzi		Orario	Note
		Leggeri	Pesanti		
Laboratorio	Ingresso	60	-	5.30 - 6.00	Inizio turno 6:00 - 14:00
	Ingresso	60	-	13.30-14.00	Inizio turno 14:00 - 22:00
	Uscita	60	-	14.00-14.30	Fine turno 6:00 - 14:00
	Uscita	60	-	22:00 - 22:30	Fine turno 14:00 - 22:00
Pulizie	Ingresso	30	-	19:30 - 20:00	Inizio turno 20:00 - 00:00
	Uscita	30	-	00:00 - 00:30	Fine turno 20:00 - 00:00
Logistica	Ingresso	50	-	3:30 - 4:00	Inizio turno 4:00 - 12:00
	Uscita	100	-	4:00 - 4:30	Fine turno 20:00 - 4:00
	Ingresso	100	-	11:30 - 12:00	Inizio turno 12:00 - 20:00
	Uscita	50	-	12:00 - 12:30	Fine turno 4:00 - 12:00
	Ingresso	100	-	19:30 - 20:00	Inizio turno 20:00 - 4:00
	Uscita	100	-	20:00 - 20:30	Fine turno 12:00 - 20:00
Uffici	Ingresso	15	-	7:30 - 8:00	Inizio giornata lavorativa
	Uscita	15	-	17:00 - 17:30	Fine giornata lavorativa
Approvvigionamento comparto	Ingresso	-	65	7:00 - 13:00	Mezzi ripartiti omogeneamente nelle fasce orarie di interesse
	Uscita	-	65	9:00 - 15:00	
	Ingresso	-	34	20:00 - 24:00	
	Uscita	-	34	22:00 - 2:00	
Rifornimento punti vendita	Ingresso	-	62	20:00 - 4:00	
	Uscita	-	62	4:00 - 7:00	
	Ingresso	-	26	20:00 - 4:00	
	Uscita	-	26	15:00 - 19:00	
Gestione rifiuti	Ingresso	-	3	10:00-12:00	
	Uscita	-	3	10:00-12:00	

Lo studio viabilistico identifica, infine, la ripartizione percentuale del traffico indotto sulle diverse arterie di comunicazione afferenti al nuovo insediamento di progetto, come riassunto dalle figure seguenti.



Figura 4 – Distribuzione percentuale veicoli leggeri



Figura 5 – Distribuzione percentuale veicoli pesanti

Sulla scorta delle previsioni progettuali riassunte sopra, si è provveduto a quantificare i flussi veicolari leggeri e pesanti previsti nelle differenti fasce orarie in ingresso/uscita dal centro, come riassunti dalle tabelle seguenti.

Tabella 7 – Traffico indotto ripartito per fasce orarie e asse viario: veicoli leggeri

Fascia oraria	Mezzi leggeri		Asse viario e ripartizione percentuale veicoli leggeri: INGRESSO					Asse viario e ripartizione percentuale veicoli leggeri: USCITA					Asse viario e ripartizione percentuale veicoli leggeri: TOTALE				
	Ingresso	Uscita	SP41 (32,3%)	SP102 (28,8%)	SP32 (19,4%)	SP9 (19,5%)	Ingresso/uscita centro (100%)	SP41 (26,5%)	SP102 (23,6%)	SP32 (28,8%)	SP9 (21%)	Ingresso/uscita centro (100%)	SP41	SP102	SP32	SP9	Ingresso/uscita centro
00:00 - 01:00	0	30	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	8,0	7,1	8,6	6,3	30,0	8,0	7,1	8,6	6,3	30,0
01:00 - 02:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
02:00 - 03:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
03:00 - 04:00	50	0	16,2	14,4	9,7	9,8	50,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	16,2	14,4	9,7	9,8	50,0
04:00 - 05:00	0	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	23,6	28,8	21,0	100,0	26,5	23,6	28,8	21,0	100,0
05:00 - 06:00	60	0	19,4	17,3	11,6	11,7	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	17,3	11,6	11,7	60,0
06:00 - 07:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
07:00 - 08:00	15	0	4,8	4,3	2,9	2,9	15,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,8	4,3	2,9	2,9	15,0
08:00 - 09:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
09:00 - 10:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
10:00 - 11:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
11:00 - 12:00	100	0	32,3	28,8	19,4	19,5	100,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	32,3	28,8	19,4	19,5	100,0
12:00 - 13:00	0	50	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	13,3	11,8	14,4	10,5	50,0	13,3	11,8	14,4	10,5	50,0
13:00 - 14:00	60	0	19,4	17,3	11,6	11,7	60,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	19,4	17,3	11,6	11,7	60,0
14:00 - 15:00	0	60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	14,2	17,3	12,6	60,0	15,9	14,2	17,3	12,6	60,0
15:00 - 16:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
16:00 - 17:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
17:00 - 18:00	0	15	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	4,0	3,5	4,3	3,2	15,0	4,0	3,5	4,3	3,2	15,0
18:00 - 19:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
19:00 - 20:00	130	0	42,0	37,4	25,2	25,4	130,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	42,0	37,4	25,2	25,4	130,0
20:00 - 21:00	0	100	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	26,5	23,6	28,8	21,0	100,0	26,5	23,6	28,8	21,0	100,0
21:00 - 22:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
22:00 - 23:00	0	60	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	15,9	14,2	17,3	12,6	60,0	15,9	14,2	17,3	12,6	60,0
23:00 - 00:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

Tabella 8 – Traffico indotto ripartito per fasce orarie e asse viario: veicoli pesanti

Fascia oraria	Mezzi pesanti		Asse viario e ripartizione percentuale veicoli pesanti:					Asse viario e ripartizione percentuale veicoli pesanti:					Asse viario e ripartizione percentuale				
	Ingresso	Uscita	SP41 (4%)	SP102 (80%)	SP32 (8%)	SP9 (8%)	Ingresso/uscita centro (100%)	SP41 (15%)	SP102 (60%)	SP32 (15%)	SP9 (10%)	Ingresso/uscita centro (100%)	SP41	SP102	SP32	SP9	Ingresso/uscita centro
00:00 - 01:00	11	8	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0	1,2	4,8	1,2	0,8	8,0	1,6	13,6	2,1	1,7	19,0
01:00 - 02:00	11	8	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0	1,2	4,8	1,2	0,8	8,0	1,6	13,6	2,1	1,7	19,0
02:00 - 03:00	11	0	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0
03:00 - 04:00	11	0	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0
04:00 - 05:00	0	20	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,0	12,0	3,0	2,0	20,0	3,0	12,0	3,0	2,0	20,0
05:00 - 06:00	0	21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	12,6	3,2	2,1	21,0	3,2	12,6	3,2	2,1	21,0
06:00 - 07:00	0	21	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	3,2	12,6	3,2	2,1	21,0	3,2	12,6	3,2	2,1	21,0
07:00 - 08:00	11	0	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0
08:00 - 09:00	11	0	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0
09:00 - 10:00	11	11	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0	1,7	6,6	1,7	1,1	11,0	2,1	15,4	2,5	2,0	22,0
10:00 - 11:00	13	12	0,5	10,4	1,0	1,0	13,0	1,8	7,2	1,8	1,2	12,0	2,3	17,6	2,8	2,2	25,0
11:00 - 12:00	12	13	0,5	9,6	1,0	1,0	12,0	2,0	7,8	2,0	1,3	13,0	2,4	17,4	2,9	2,3	25,0
12:00 - 13:00	11	11	0,4	8,8	0,9	0,9	11,0	1,7	6,6	1,7	1,1	11,0	2,1	15,4	2,5	2,0	22,0
13:00 - 14:00	0	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	6,6	1,7	1,1	11,0	1,7	6,6	1,7	1,1	11,0
14:00 - 15:00	0	11	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,7	6,6	1,7	1,1	11,0	1,7	6,6	1,7	1,1	11,0
15:00 - 16:00	0	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	4,2	1,1	0,7	7,0	1,1	4,2	1,1	0,7	7,0
16:00 - 17:00	0	7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	1,1	4,2	1,1	0,7	7,0	1,1	4,2	1,1	0,7	7,0
17:00 - 18:00	0	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	3,6	0,9	0,6	6,0	0,9	3,6	0,9	0,6	6,0
18:00 - 19:00	0	6	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,9	3,6	0,9	0,6	6,0	0,9	3,6	0,9	0,6	6,0
19:00 - 20:00	0	0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
20:00 - 21:00	20	0	0,8	16,0	1,6	1,6	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	16,0	1,6	1,6	20,0
21:00 - 22:00	20	0	0,8	16,0	1,6	1,6	20,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,8	16,0	1,6	1,6	20,0
22:00 - 23:00	19	9	0,8	15,2	1,5	1,5	19,0	1,4	5,4	1,4	0,9	9,0	2,1	20,6	2,9	2,4	28,0
23:00 - 00:00	19	9	0,8	15,2	1,5	1,5	19,0	1,4	5,4	1,4	0,9	9,0	2,1	20,6	2,9	2,4	28,0

5. DESCRIZIONE DEL MODELLO

La stima delle ricadute provenienti dai gas di scarico degli autoveicoli insistenti sulle principali vie di comunicazione è stata eseguita tramite il software CALINE 4 distribuito da MAIND srl.

CALINE 4 è un modello di dispersione gaussiano stazionario a plume per percorsi stradali (sorgenti lineari), che stima le concentrazioni di vari inquinanti in prossimità di strade trafficate.

Il modello suddivide vari settori della strada considerata in una serie finita di elementi emissivi perpendicolari alla direzione del vento che vengono trattati con il metodo FLS (Finite Line Source). La concentrazione finale in un recettore è data dalla somma dei contributi delle ricadute calcolate sugli inquinanti generati da ciascuno di questi elementi emissivi.

Le informazioni che il modello utilizza per effettuare la stima sono di tre tipologie principali:

- geometriche (coordinate dei tratti stradali, loro lunghezza, larghezza, quota al piano campagna, loro conformazione elevata o in trincea);
- emissive (caratteristiche dell'inquinante, fattori di emissione, flusso orario dei veicoli);
- meteorologiche (velocità del vento, direzione del vento, stabilità atmosferica, temperatura, altezza di rimescolamento, rugosità).

Trattandosi di modello gaussiano per sorgenti lineari è possibile tener conto del contributo di altre sorgenti emissive soltanto attraverso una concentrazione di fondo che deve essere specificata in input al modello.

Poiché lo studio si è posto l'obiettivo di determinare l'influenza dovuta all'attuazione del progetto, nel modello non si è considerato il "fondo" attualmente presente ma unicamente le ricadute dovute alle sorgenti emissive indotte dall'attivazione della nuova opera di progetto.

Di seguito si fornisce una descrizione dei dati in input al modello di ricaduta.

5.1 Fattori di emissione

Per valutare gli inquinanti emessi dal traffico veicolare sono stati utilizzati i fattori di emissione pubblicati nel sistema informativo dell'ISPRA (SINANET) per l'ultimo anno disponibile (2018), riferite a veicoli leggeri e pesanti.

A titolo cautelativo, si sono utilizzati i fattori emissivi relativi a condizione urbane di circolazione.

Di seguito le tabelle riassuntive per gli inquinanti considerati (PM₁₀, PM_{2.5}, NO_x come NO₂, CO e benzene).

Category	PM ₁₀ 2018 g/km U	PM ₁₀ 2018 t/TJ U	PM ₁₀ 2018 g/km R	PM ₁₀ 2018 t/TJ R	PM ₁₀ 2018 g/km H	PM ₁₀ 2018 t/TJ H	PM ₁₀ 2018 g/km TOTALE	PM ₁₀ 2018 t/TJ TOTALE
Passenger Cars	0,0436	0,0129	0,0327	0,0161	0,0224	0,0107	0,0322	0,0140
Heavy Duty Trucks	0,2484	0,0188	0,1619	0,0193	0,1364	0,0155	0,1534	0,0169

Category	PM _{2.5} 2018 g/km U	PM _{2.5} 2018 t/TJ U	PM _{2.5} 2018 g/km R	PM _{2.5} 2018 t/TJ R	PM _{2.5} 2018 g/km H	PM _{2.5} 2018 t/TJ H	PM _{2.5} 2018 g/km TOTALE	PM _{2.5} 2018 t/TJ TOTALE
Passenger Cars	0,0301	0,0089	0,0221	0,0109	0,0163	0,0078	0,0222	0,0096
Heavy Duty Trucks	0,1893	0,0143	0,1142	0,0136	0,0998	0,0114	0,1118	0,0123

Category	NO ₂ 2018 g/km U	NO ₂ 2018 t/TJ U	NO ₂ 2018 g/km R	NO ₂ 2018 t/TJ R	NO ₂ 2018 g/km H	NO ₂ 2018 t/TJ H	NO ₂ 2018 g/km TOTALE	NO ₂ 2018 t/TJ TOTALE
Passenger Cars	0,1490	0,0443	0,1140	0,0564	0,1415	0,0676	0,1275	0,0556
Light Commercial Vehicles	0,4062	0,0898	0,2996	0,1125	0,5021	0,1335	0,3668	0,1096

Category	CO 2018 g/km U	CO 2018 t/TJ U	CO 2018 g/km R	CO 2018 t/TJ R	CO 2018 g/km H	CO 2018 t/TJ H	CO 2018 g/km TOTALE	CO 2018 t/TJ TOTALE
Passenger Cars	2,0745	0,6167	0,2663	0,1316	0,2204	0,1053	0,5972	0,2603
Heavy Duty Trucks	1,7871	0,1353	0,9010	0,1072	0,8893	0,1014	0,9722	0,1073

Category	Benzene 2018 g/km TOTALE	Benzene 2018 t/TJ TOTALE
Passenger Cars	0,0023	0,0011

5.2 Modello climatico

I dati meteorologici utilizzati nel modello matematico derivano da una ricostruzione meteoroclimatica con risoluzione spaziale di 500 m, effettuata attraverso l'applicazione del modello CALMET, utilizzando in input i dati meteorologici misurati nelle stazioni ARPA Lombardia provinciali di maggiore rilievo per l'areale in esame.

Si è fatto riferimento a n. 3 centraline presenti nell'intorno del comune in esame, al fine di ottenere un set di dati meteorologici il più rappresentativo possibile per la nuova infrastruttura lineare di progetto, riconducibili alle seguenti:

- Mariano Comense, campo sportivo (ARPA Lombardia) [45.685 °N - 9.178 °E];
- Casatenovo, tetto (ARPA Lombardia) [45.702 °N - 9.309 °E];
- Stazione ERA5 n. 502001 (solo per copertura nuvolosa e altezza nubi) [45.650 °N – 9.300 °E].

Da queste è stato possibile ricostruire i parametri meteorologici su base annuale dell'area di interesse, utilizzati in input al modello di calcolo.

Nello specifico i parametri meteo in input sono riconducibili a:

- temperatura;
- direzione del vento;
- velocità del vento;
- precipitazione;
- umidità relativa;
- radiazione globale;
- pressione atmosferica;
- copertura del cielo;
- altezza della base dello strato nuvoloso.

Sulla base dei dati meteo, il processore Calmet estende il regime anemologico a tutta l'area di studio e calcola i valori di parametri che descrivono la turbolenza atmosferica, tenendo conto delle caratteristiche territoriali specifiche dell'area (orografia e uso del suolo).

Di seguito vengono rappresentate in forma grafica la distribuzione delle temperature (medie, minime e massime) e delle precipitazioni cumulate per l'area in esame.

Temperatura minima, media massima (°C)

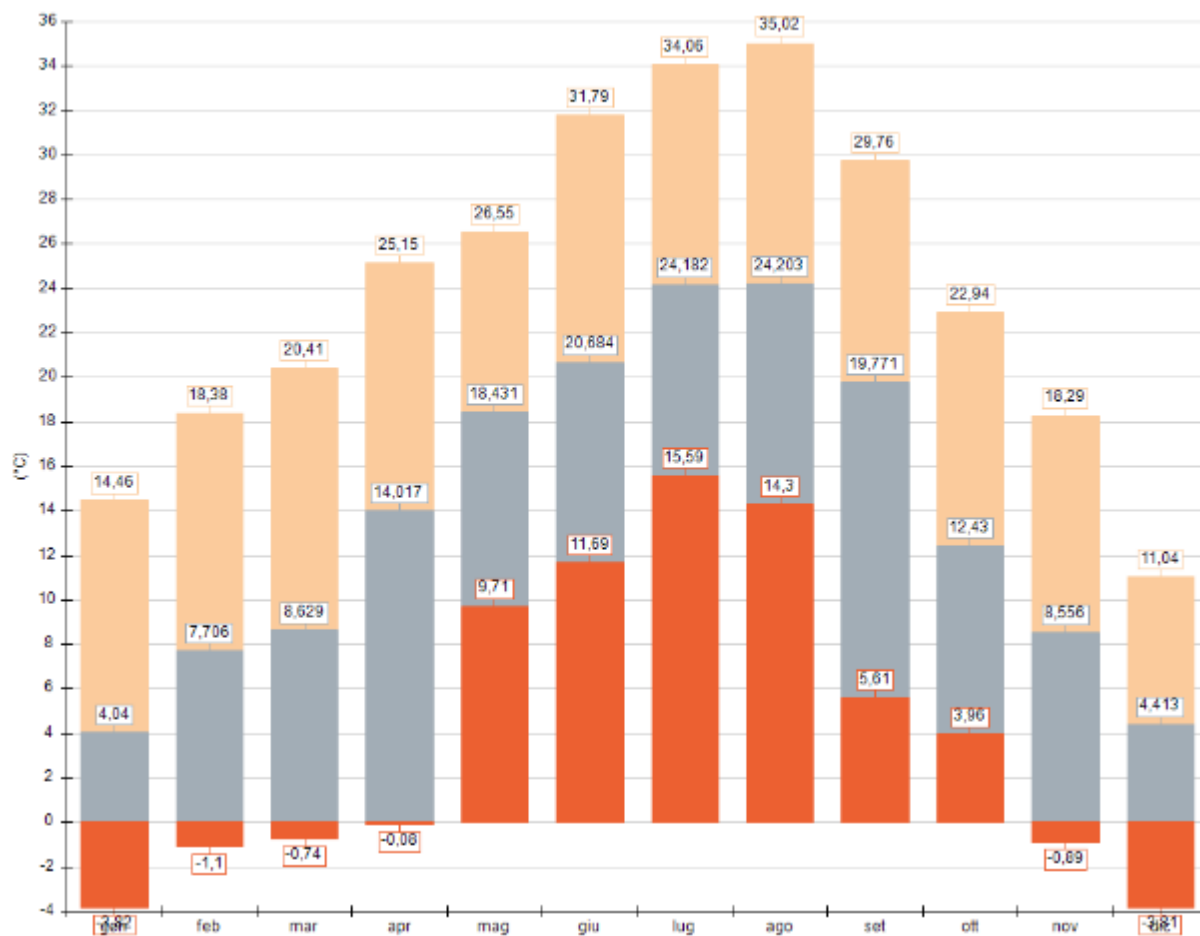
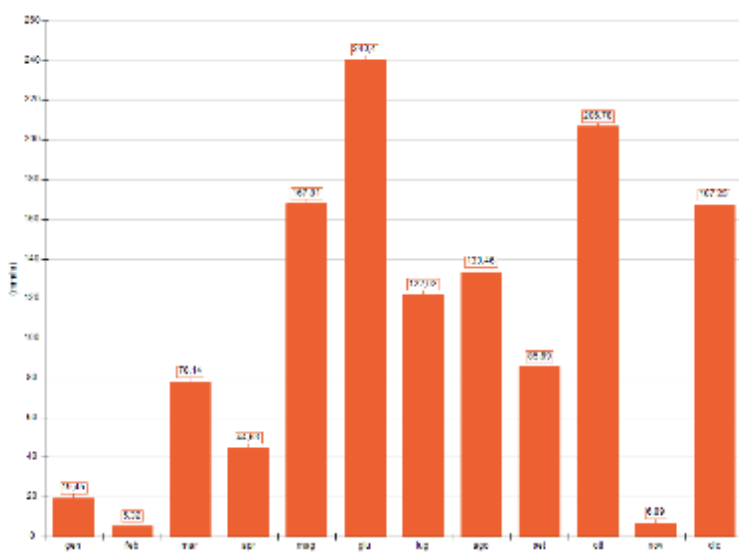


Figura 6 – Temperature

Precipitazioni cumulate (mm/m)



Periodo	Media	Massima	Cumulata
Anno	0,15	33,90	1277,84
Primavera	0,13	13,23	290,58
Estate	0,22	33,90	495,88
Autunno	0,14	12,75	299,36
Inverno	0,09	7,08	192,02
gen	0,03	4,60	19,45
feb	0,01	0,78	5,32
mar	0,11	5,91	78,14
apr	0,06	4,61	44,63
mag	0,23	13,23	167,81
giu	0,33	17,33	240,40
lug	0,16	33,90	122,02
ago	0,18	19,88	133,46
set	0,12	8,54	85,69
ott	0,28	12,75	206,78
nov	0,01	2,23	6,89
dic	0,22	7,08	167,25

Figura 7 – Precipitazioni

Di seguito vengono invece rappresentate in forma grafica la rosa dei venti media annuale e la distribuzione percentuale dei venti secondo classi di velocità per l'area di interesse.

Tutte le elaborazioni fanno riferimento all'ultimo anno completo disponibile (2020).

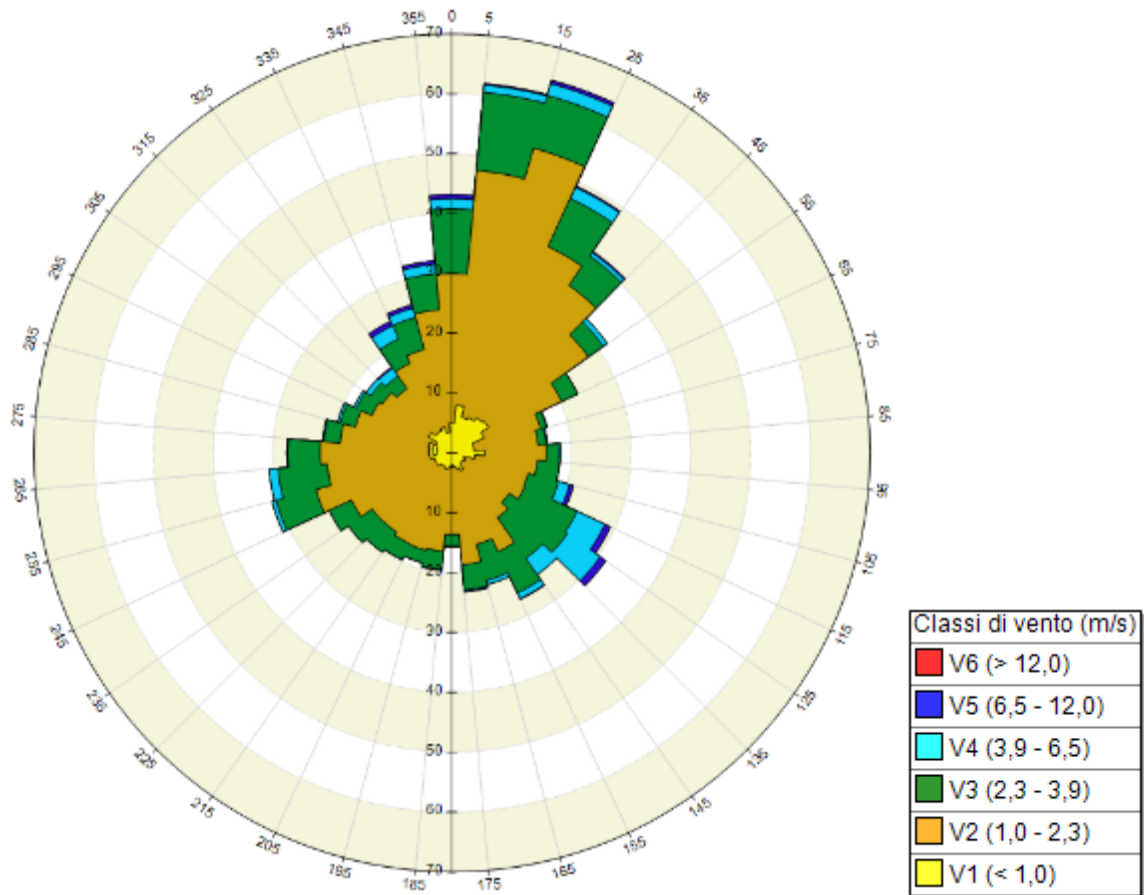


Figura 8 – Rosa dei venti

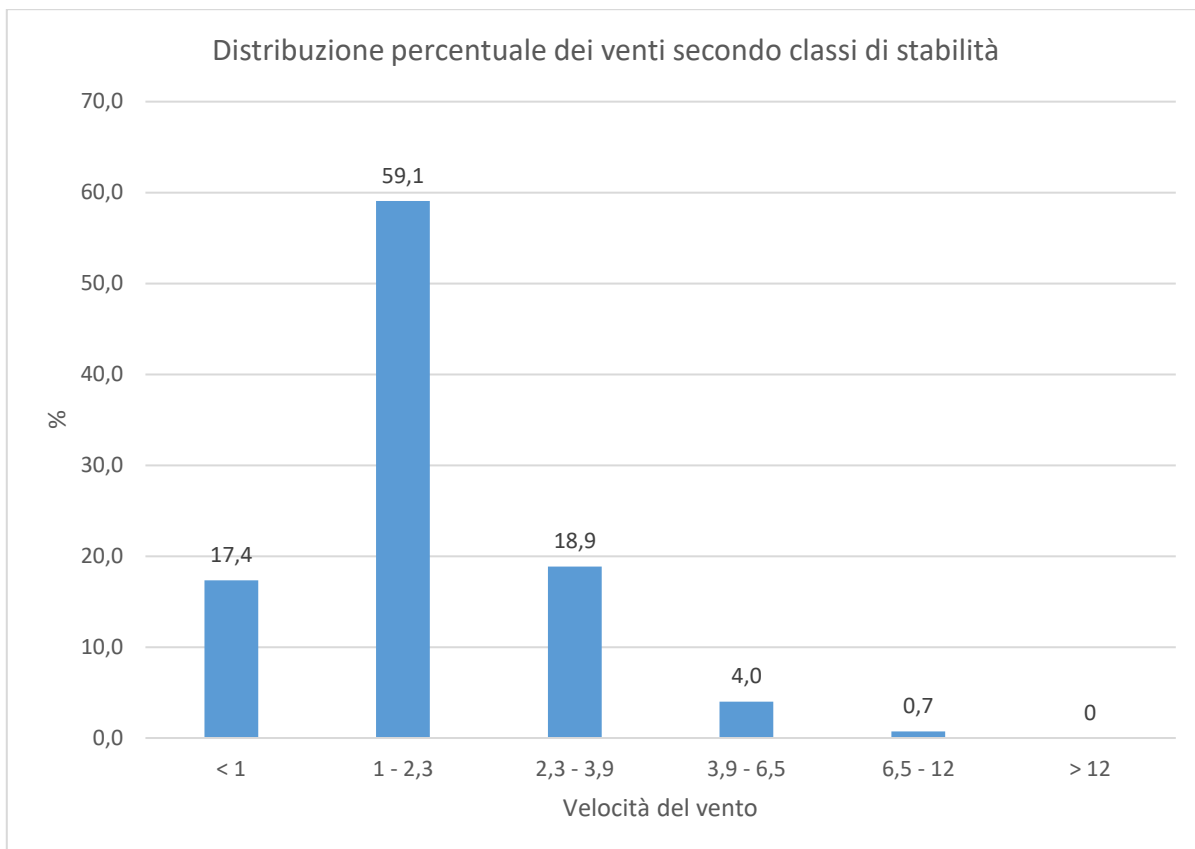


Figura 9 – Distribuzione percentuale dei venti secondo classi di velocità (sulle 24 ore)

Su base giornaliera si visualizzano una componente principale media da N/NNE, unitamente a componenti secondarie medie da ESE ed WSW, entrambe con un'elevata frequenza di venti con velocità superiore ad 1 m/s.

Il modello CALINE 4 richiede l'inserimento delle variabili meteo per ogni classe di stabilità calcolate secondo Pasquill (da molto instabile a stabile: A, B, C, D, E, F+G).

Di seguito si rappresenta la frequenza percentuale delle classi di stabilità su base annuale.

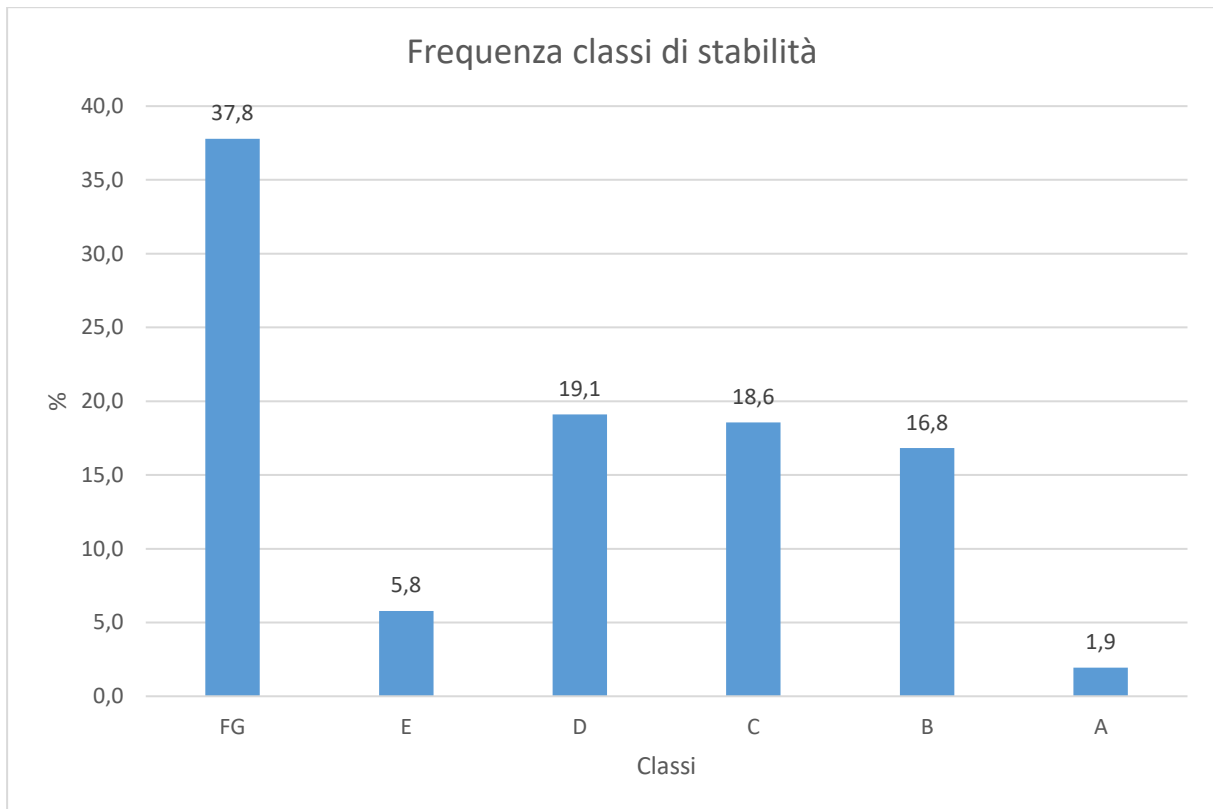


Figura 10 – Frequenza classi di stabilità

Dal grafico si evince una prevalenza di condizioni stabili relative alla classe F+G, corrispondente a circa il 40% rispetto alle ore annuali.

6. DESCRIZIONE DEI RISULTATI

6.1 Esiti della simulazione

Il modello matematico calcola la concentrazione a terra dell'inquinante considerato presso i punti - recettore richiesti. La dispersione risultante segue nella sostanza un andamento dipendente dalla distanza recettore-asse della strada.

I valori puntuali sono poi stati sottoposti a trattazione geostatistica, con cui si sono ricostruite delle superfici di dispersione tramite interpolazione Kriging.

In fase di impostazione del modello di calcolo si è provveduto ad una ricerca bibliografica di eventuali recettori sensibili (ad es. scuole, ospedali, ecc.) presenti nell'immediato intorno delle direttrici di interesse, che sono stati inseriti nella simulazione modellistica a fini di verifica puntuale delle ricadute attese, unitamente alle residenze poste a maggiore vicinanza al sito in esame.

La figura e la tabella seguente riepilogano l'ubicazione dei punti di calcolo introdotti in input al modello, a fini di calcolo.



*Figura 11 – Localizzazione recettori sensibili
(Fonte: elaborazione Google Earth)*

Tabella 9 – Ubicazione recettori sensibili

Recettore	Descrizione
R1	Scuola primaria Carlo Porta Via Alessandria – Giusano <i>Coordinate</i> 516420.00 m E 5061409.00 m N
R2	Scuola dell'infanzia L. Proserpio Via Stelvio, 4 – Giusano <i>Coordinate</i> 516972.00 m E 5061754.00 m N
R3	Scuole elementari G. Casati Via L. Da Vinci – Arosio <i>Coordinate</i> 516386.00 m E 5062549.00 m N
R4	Scuola dell'Infanzia Casati San Giorgio Via S. Emiliani, 1 – Arosio <i>Coordinate</i> 516403.00 m E 5062857.00 m N
R5	Scuola media G. Casati Via L. Da Vinci, 9, Arosio <i>Coordinate</i> 516338.00 m E 5062422.00 m N
R6	RSA Anna Borletti Via Piave, 9, Arosio <i>Coordinate</i> 516091.00 m E 5062721.00 m N
R7	RSA Istituto Galetti Via S. Giovanni Bosco, 13, Arosio <i>Coordinate</i> 516386.00 m E 5063019.00 m N
R8	Abitazione privata Via Monte Resegone, Giusano <i>Coordinate</i> 516843.00 m E 5062259.00 m N

Identificati i recettori discreti, si è proceduto all'impostazione del modello di calcolo. Nella simulazione sono stati introdotti:

- 2.304 punti di calcolo, posti ogni 50 m di tratta lineare e lungo 4 linee parallele alle tratte stradali;
- 1.936 recettori cartesiani sulla griglia di calcolo, composta da celle di dimensioni pari a 100 m x 100 m;
- n. 8 recettori discreti,

per un totale di **4.428** punti di calcolo.

Dalla modellizzazione si sono determinate ricadute massime di tutti gli inquinanti di interesse presso il punto identificato dalle seguenti coordinate:

- 516833 m E;
- 5062494 m N,

ubicato, come da seguente figura, lungo la sede stradale in prossimità della rotonda prevista presso l'ingresso al nuovo centro di progetto e non interessante recettori discreti.



*Figura 12 – Punto di massima ricaduta
(Fonte: elaborazione Google Earth)*

Di seguito si propongono i risultati delle simulazioni eseguite presso i recettori di interesse ed il punto di massima ricaduta.

Tabella 10 – Ricadute di inquinanti – ricadute medie giornaliere su base annua

Ricadute medie giornaliere su base annua				
Recettore	Inquinanti			
	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	C ₆ H ₆ µg/m ³
R1	1,2E-02	9,0E-03	9,0E-03	< 1,0E-03
R2	1,5E-02	1,1E-02	1,4E-02	< 1,0E-03
R3	1,3E-02	9,0E-03	1,4E-02	< 1,0E-03
R4	9,0E-03	6,0E-03	1,0E-02	< 1,0E-03
R5	1,6E-02	1,2E-02	2,1E-02	< 1,0E-03
R6	7,0E-03	5,0E-03	7,0E-03	< 1,0E-03
R7	7,0E-03	5,0E-03	8,0E-03	< 1,0E-03
R8	4,9E-02	4,0E-02	7,8E-02	< 1,0E-03
P.to di massima ricaduta	3,3E-01	2,5E-01	8,5E-01	4,0E-03

Tabella 11 – Ricadute di inquinanti – ricadute massime su base giornaliera

Ricadute massime su base giornaliera			
Recettore	Inquinanti		
	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	C ₆ H ₆ µg/m ³
R1	1,7E-01	1,5E-01	1,0E-03
R2	3,0E-01	2,4E-01	1,0E-03
R3	5,1E-01	3,9E-01	2,0E-03
R4	2,7E-01	1,7E-01	2,0E-03
R5	5,7E-01	4,7E-01	3,0E-03
R6	3,0E-01	1,9E-01	1,0E-03
R7	2,2E-01	1,6E-01	1,0E-03
R8	7,8E-01	6,0E-01	7,0E-03
P.to di massima ricaduta	4,3E+00	2,4E+00	5,7E-02

Tabella 12 – Ricadute di inquinanti – ricadute massime su base oraria

Ricadute massime su base oraria	
Recettore	Inquinanti
	NO ₂ µg/m ³
R1	7,1E-02
R2	1,2E-01
R3	2,7E-01
R4	1,6E-01
R5	3,1E-01
R6	1,3E-01
R7	1,2E-01
R8	6,1E-01
P.to di massima ricaduta	6,2E+00

Tabella 13 – Ricadute di inquinanti – media mobile su 8 ore massimo giornaliero

Media mobile ricadute su 8 ore massimo giornaliero	
Recettore	Inquinanti
	CO µg/m ³
R1	1,9E-01
R2	2,2E-01
R3	2,7E-01
R4	1,9E-01
R5	4,1E-01
R6	1,4E-01
R7	1,6E-01
R8	1,2E+00
P.to di massima ricaduta	1,0E+01

6.2 Compatibilità dell'intervento con i vigenti limiti di qualità dell'aria

Si procede di seguito alla verifica della compatibilità dell'intervento nello scenario futuro atteso, a partire dalle massime ricadute calcolate in precedenza e dai valori di fondo per l'area in esame.

6.2.1 Concentrazioni medie annue

Dall'attuazione del progetto sono attese le seguenti concentrazioni medie annue, prendendo quale riferimento il punto di massima ricaduta identificato dal modello, al fine di verificare la compatibilità dell'intervento nelle peggiori condizioni ipotizzabili.

Tabella 14 – Concentrazioni medie annue attese presso il punto di massima ricaduta

Inquinante	Massima ricaduta attesa [µg/m ³]	Concentrazione di fondo [µg/m ³]	Concentrazione attesa [µg/m ³]	Valore limite [µg/m ³]
PM ₁₀	0,33	26,4	26,7	40
PM _{2.5}	0,25	20,7	21,0	25
NO ₂	0,85	23,3	24,2	40
Benzene	0,06	1,2	1,3	5

Dalle verifiche eseguite emerge il rispetto dei valori limite previsti su base annuale per tutti i parametri di interesse.

6.2.2 Concentrazioni massime giornaliere della media mobile calcolata su otto ore per il parametro CO

Dall'attuazione del progetto sono attese le seguenti concentrazioni massime giornaliere per il parametro CO.

Tabella 15 – Concentrazioni massime giornaliere attese per il parametro CO (media mobile su 8 ore – stazione ARPA di Cantù)

Inquinante	Massima ricaduta attesa [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Massima concentrazione di fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Massima Concentrazione attesa [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore limite [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
CO	10	2.100	2.110	10.000

Dalle verifiche eseguite emerge la compatibilità dell'intervento in relazione ai vigenti valori limite per il parametro CO.

6.2.3 Superi su base oraria per il parametro NO₂

La valutazione dei potenziali superi del valore limite orario per il parametro NO₂ è stata eseguita previa caratterizzazione delle concentrazioni rilevate in comune di Cantù nell'ultimo anno disponibile (2020).

Tabella 16 – Concentrazione massima oraria di NO₂ (stazione ARPA di Cantù)

Parametro	Anno	Periodo di mediazione	Concentrazione massima oraria $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore limite su base oraria $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Superi	Giudizio
NO ₂	2020	Ora	107	200	0	n. superi < 18

Al fine di valutare eventuali superi del valore massimo orario previsto dal D. L.vo 155/2010 si è proceduto sommando il valore massimo orario restituito dalla simulazione matematica ed il massimo valore orario rilevato dalla centralina ARPA, secondo quanto evidenziato dalla tabella seguente.

Tabella 17 – Massima concentrazione oraria di NO₂ attesa

Parametro	Ricaduta massima oraria su base annua $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore di fondo massimo orario $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Concentrazione massima oraria comprensiva dei valori di fondo massimi $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Valore limite su base oraria $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Giudizio
NO ₂	6,2	107	113	200	n. superi < 18

Le simulazioni modellistiche non evidenziano potenziali superi del valore limite orario per il parametro NO₂.

6.2.4 Superi su base giornaliera per il parametro PM₁₀

Il numero di superi su base giornaliera è stato determinato a partire dai dati giornalieri disponibili per le concentrazioni di fondo gravanti sull'area di interesse, come riassunti di seguito.

Tabella 18 – Superi del valore limite giornaliero per il parametro PM₁₀

Parametro	Anno	Periodo di mediazione	Valore limite $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Superi del valore limite	Giudizio
PM ₁₀	2020	Giorno	50	49	n. superi > 35

Si è successivamente provveduto alla rielaborazione dei dati sommando alle concentrazioni di fondo le ricadute derivanti dalla simulazione modellistica tramite software Run Analyzer, al fine di determinare il numero di superi atteso per l'area di interesse ad attuazione del progetto.

La tabella seguente evidenzia i risultati dell'elaborazione ed il numero di superi attesi nelle nuove condizioni di progetto.

Tabella 19 – Superi attesi su base giornaliera per il parametro PM₁₀

Descrizione	X (m)	Y (m)	Valore
R1 - Primaria Carlo Porta	516420	5061409	49
R2 - Scuola dell'infanzia L. Proserpio	516972	5061754	49
R3 - Scuole elementari G. Casati	516386	5062549	49
R4 - Scuola dell'infanzia Casati San Gi...	516403	5062857	49
R5 - Istituto Casati	516338	5062422	49
R6 - RSA Anna Borletti	516091	5062721	49
R7 - RSA Istituto Galletti	516386	5063019	49
R8 - abitazione privata	516843	5062259	49

Dalla simulazione, il numero di superi atteso presso i recettori sensibili ed il punto di massima ricaduta rimane pari a 49. Non si ravvisano pertanto apprezzabili peggioramenti rispetto alla situazione attuale.

7. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SANITARI

Di seguito si procede alla definizione degli impatti sanitari secondo la metodologia *risk assessment* descritta nelle sezioni precedenti, per i seguenti inquinanti:

- inquinanti non cancerogeni:
 - PM₁₀;
 - NO₂;
 - CO;
- inquinanti cancerogeni:
 - PM_{2,5};
 - Benzene.

7.1 Inquinanti non cancerogeni

7.1.1 Calcolo delle portate di esposizione

Per gli inquinanti non cancerogeni, il rischio viene stimato a partire dalla relazione seguente:

$$E = C_{\text{aria}} \times EM$$

dove il valore di EM viene calcolato a partire dai fattori di esposizione descritti nelle sezioni precedenti, secondo la formula:

$$EM \left[\frac{m^3}{Kg \times \text{giorno}} \right] = \frac{B_i \times EF_g \times EF \times ED}{BW \times AT \times 365 \frac{\text{giorni}}{\text{anno}}}$$

La tabella seguente illustra i coefficienti EM determinati come sopra per la tipologia di bersaglio di interesse (adulto/bambino) in relazione al recettore.

Nel calcolo dei coefficienti EM si sono considerate le seguenti condizioni:

- recettori di tipo scolastico: 250 giorni annui di permanenza per 8 ore/giorno (analogamente a recettori di tipo industriale), con rateo inalatorio stimato pari a quello previsto per attività fisica moderata. Limitatamente alla popolazione infantile, il fattore AT è stato considerato pari a quello previsto per recettori residenziali (6 anni);
- per recettori di tipo sanitario: 365 giorni/annui di permanenza, per 24 ore/giorno e rateo inalatorio pari a quello previsto per attività fisica sedentaria;
- per recettori di tipo residenziale: 365 giorni/annui di permanenza, per 24 ore/giorno e rateo inalatorio pari a quello previsto per attività fisica moderata.

Tabella 20 – Calcolo dei fattori EM per inquinanti non cancerogeni – popolazione adulta

Recettore	Bi m ³ /h	EFg h/gg	EF gg/aa	ED anni	BW kg	AT anni	gg/aa	EM mg/kg*gg
R01	1,5	8	250	25	70	25	365	1,2E-01
R02	1,5	8	250	25	70	25	365	1,2E-01
R03	1,5	8	250	25	70	25	365	1,2E-01
R04	1,5	8	250	25	70	25	365	1,2E-01
R05	1,5	8	250	25	70	25	365	1,2E-01
R06	0,9	24	365	24	70	24	365	3,1E-01
R07	0,9	24	365	24	70	24	365	3,1E-01
R08	1,5	24	365	24	70	24	365	5,1E-01

Tabella 21 – Calcolo dei fattori EM per inquinanti non cancerogeni – popolazione infantile

Recettore	Bi m ³ /h	EFg h/gg	EF gg/aa	ED anni	BW kg	AT anni	gg/aa	EM mg/kg*gg
R01	1	8	250	6	15	6	365	3,7E-01
R02	1	8	250	6	15	6	365	3,7E-01
R03	1	8	250	6	15	6	365	3,7E-01
R04	1	8	250	6	15	6	365	3,7E-01
R05	1	8	250	6	15	6	365	3,7E-01
R08	1	24	365	6	15	6	365	1,6E+00

A partire dagli EM identificati sopra si procede infine il calcolo del rischio inalatorio cumulativo per il progetto in esame.

Tabella 22 – Calcolo degli HI per inquinanti non cancerogeni: popolazione adulta

Recettore	EM mg/kg*gg	RICADUTE µg/m ³			E (fattore di esposizione)			RfD			HI			HI _{cum}
		PM ₁₀	NO ₂	CO	PM ₁₀ mg/kg*gg	NO ₂ mg/kg*gg	CO mg/kg*gg	PM ₁₀ mg/kg*gg	NO ₂ mg/kg*gg	CO mg/kg*gg	PM ₁₀	NO ₂	CO	
R01	1,2E-01	1,2E-02	9,0E-03	1,9E-01	1,4E-06	1,1E-06	2,2E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	1,3E-04	9,6E-05	7,8E-06	2,3E-04
R02	1,2E-01	1,5E-02	1,4E-02	2,2E-01	1,8E-06	1,6E-06	2,6E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	1,6E-04	1,5E-04	9,2E-06	3,2E-04
R03	1,2E-01	1,3E-02	1,4E-02	2,7E-01	1,5E-06	1,6E-06	3,2E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	1,4E-04	1,5E-04	1,1E-05	3,0E-04
R04	1,2E-01	9,0E-03	1,0E-02	1,9E-01	1,1E-06	1,2E-06	2,2E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	9,6E-05	1,1E-04	7,7E-06	2,1E-04
R05	1,2E-01	1,6E-02	2,1E-02	4,1E-01	1,9E-06	2,5E-06	4,8E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	1,7E-04	2,2E-04	1,7E-05	4,1E-04
R06	3,1E-01	7,0E-03	7,0E-03	1,4E-01	2,2E-06	2,2E-06	4,2E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	2,0E-04	2,0E-04	1,5E-05	4,1E-04
R07	3,1E-01	7,0E-03	8,0E-03	1,6E-01	2,2E-06	2,5E-06	4,9E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	2,0E-04	2,2E-04	1,7E-05	4,4E-04
R08	5,1E-01	4,9E-02	7,8E-02	1,2E+00	2,5E-05	4,0E-05	6,3E-04	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	2,3E-03	3,6E-03	2,2E-04	6,2E-03

Tabella 23 – Calcolo degli HI per inquinanti non cancerogeni: popolazione infantile

Recettore	EM mg/kg*gg	RICADUTE µg/m ³			E (fattore di esposizione)			RfD			HI			HI _{cum}
		PM ₁₀	NO ₂	CO	PM ₁₀ mg/kg*gg	NO ₂ mg/kg*gg	CO mg/kg*gg	PM ₁₀ mg/kg*gg	NO ₂ mg/kg*gg	CO mg/kg*gg	PM ₁₀	NO ₂	CO	
R01	3,7E-01	1,2E-02	9,0E-03	1,9E-01	4,4E-06	3,3E-06	6,9E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	4,0E-04	3,0E-04	2,4E-05	7,2E-04
R02	3,7E-01	1,5E-02	1,4E-02	2,2E-01	5,5E-06	5,1E-06	8,2E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	5,0E-04	4,6E-04	2,9E-05	9,9E-04
R03	3,7E-01	1,3E-02	1,4E-02	2,7E-01	4,7E-06	5,1E-06	9,9E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	4,3E-04	4,6E-04	3,5E-05	9,3E-04
R04	3,7E-01	9,0E-03	1,0E-02	1,9E-01	3,3E-06	3,7E-06	6,8E-05	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	3,0E-04	3,3E-04	2,4E-05	6,5E-04
R05	3,7E-01	1,6E-02	2,1E-02	4,1E-01	5,8E-06	7,7E-06	1,5E-04	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	5,3E-04	7,0E-04	5,2E-05	1,3E-03
R08	1,6E+00	4,9E-02	7,8E-02	1,2E+00	7,8E-05	1,2E-04	2,0E-03	1,1E-02	1,1E-02	2,9E+00	7,1E-03	1,1E-02	6,9E-04	1,9E-02

Dall'applicazione della metodica *Risk Assessment* (approccio tossicologico), per tutti i recettori in esame si rilevano valori di rischio cumulativo HI_{cum} largamente inferiori a 1.

L'impatto sanitario derivante dall'inserimento della nuova attività di progetto risulta pertanto accettabile.

7.2 Inquinanti cancerogeni

7.2.1 Calcolo delle portate di esposizione

Per gli inquinanti cancerogeni, il rischio viene stimato a partire dalla relazione seguente:

$$R = LADD \times CSF$$

Dove il LADD viene calcolato in maniera analoga al fattore di esposizione E per le sostanze non cancerogene, ovvero:

$$LADD = C_{aria} \times EM$$

Per le sostanze cancerogene il fattore EM viene calcolato sommando i contributi per gli adulti ed i bambini, secondo la relazione seguente.

$$EM \left[\frac{m^3}{Kg \times giorno} \right] = \frac{B_{iAd} \times EF_g \times EF \times ED_{Ad}}{BW_{Ad} \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}} + \frac{B_{iBam} \times EF_g \times EF \times ED_{Bam}}{BW_{Bam} \times AT \times 365 \frac{giorni}{anno}}$$

Nella stima dei tempi di esposizione si sono seguite le medesime considerazioni già espresse per gli inquinanti non cancerogeni.

Si precisa che alla luce delle ridottissime ricadute medie di benzene prevedibili presso i recettori discreti, nell'applicazione della metodica si è tenuto conto delle ricadute massime attese presso gli stessi.

Le tabelle seguenti riassumono i risultati ottenuti.

Tabella 24 – Calcolo dei fattori EM per inquinanti cancerogeni: popolazione adulta

Recettore	Bi m ³ /h	EFg h/gg	EF gg/aa	ED anni	BW kg	AT anni	gg/aa	EM mg/kg*gg
R01	1,5	8	250	25	70	70	365	4,2E-02
R02	1,5	8	250	25	70	70	365	4,2E-02
R03	1,5	8	250	25	70	70	365	4,2E-02
R04	1,5	8	250	25	70	70	365	4,2E-02
R05	1,5	8	250	25	70	70	365	4,2E-02
R06	0,9	24	365	24	70	70	365	1,1E-01
R07	0,9	24	365	24	70	70	365	1,1E-01
R08	1,5	24	365	24	70	70	365	1,8E-01

Tabella 25 – Calcolo dei fattori EM per inquinanti cancerogeni: popolazione infantile

Recettore	Bi m ³ /h	EFg h/gg	EF gg/aa	ED anni	BW kg	AT anni	gg/aa	EM mg/kg*gg
R01	1	8	250	6	15	70	365	3,1E-02
R02	1	8	250	6	15	70	365	3,1E-02
R03	1	8	250	6	15	70	365	3,1E-02
R04	1	8	250	6	15	70	365	3,1E-02
R05	1	8	250	6	15	70	365	3,1E-02
R08	1	24	365	6	15	70	365	1,4E-01

7.2.2 Calcolo dei fattori R

Tabella 26 – Calcolo dei fattori R per inquinanti cancerogeni

Recettore	EM _{TOT} mg/kg*gg	RICADUTE PARAMETRI		LADD (fattore di esposizione)		CSF		R		R _{cum}
		PM _{2.5} μg/m ³	C ₆ H ₆ μg/m ³	PM _{2.5} mg/kg*gg	C ₆ H ₆ mg/kg*gg	PM _{2.5} (mg/kg*gg) ⁻¹	C ₆ H ₆ (mg/kg*gg) ⁻¹	PM _{2.5}	C ₆ H ₆	
R01	7,3E-02	9,0E-03	1,0E-03	6,6E-07	7,3E-08	7,4E-01	2,7E-02	4,9E-07	2,0E-09	4,9E-07
R02	7,3E-02	1,1E-02	1,0E-03	8,1E-07	7,3E-08	7,4E-01	2,7E-02	6,0E-07	2,0E-09	6,0E-07
R03	7,3E-02	9,0E-03	2,0E-03	6,6E-07	1,5E-07	7,4E-01	2,7E-02	4,9E-07	4,0E-09	4,9E-07
R04	7,3E-02	6,0E-03	2,0E-03	4,4E-07	1,5E-07	7,4E-01	2,7E-02	3,3E-07	4,0E-09	3,3E-07
R05	7,3E-02	1,2E-02	2,0E-03	8,8E-07	1,5E-07	7,4E-01	2,7E-02	6,5E-07	4,0E-09	6,6E-07
R06	1,1E-01	5,0E-03	1,0E-03	5,3E-07	1,1E-07	7,4E-01	2,7E-02	3,9E-07	2,9E-09	4,0E-07
R07	1,1E-01	5,0E-03	1,0E-03	5,3E-07	1,1E-07	7,4E-01	2,7E-02	3,9E-07	2,9E-09	4,0E-07
R08	3,1E-01	4,0E-02	7,0E-03	1,3E-05	2,2E-06	7,4E-01	2,7E-02	9,3E-06	6,0E-08	9,4E-06

Dall'applicazione della metodica *Risk Assessment* per i recettori in esame si rileva un rischio cumulativo ricompreso nella fascia 10^{-6} – 10^{-4} per le abitazioni più vicine al nuovo insediamento di progetto (recettore R8), mentre per gli ulteriori recettori considerati in sede di calcolo il valore di R_{cum} risulta accettabile.

Sul punto, si precisa che l'approccio tossicologico muove da dati relativi ad esperimenti di laboratorio, finalizzati ad ottenere stime di rischio incrementale dovute all'esposizione a specifiche sostanze.

Al fine di approfondire i risultati rilevati dall'applicazione della metodica, la valutazione del rischio di esposizione ad inquinanti cancerogeni è stata estesa anche all'approccio epidemiologico mediante metodo HIA, maggiormente sito - specifico in quanto correlabile all'attuale stato di salute della popolazione.

7.2.3 Approccio HIA

Sulla scorta delle informazioni disponibili in letteratura, per gli inquinanti oggetto di ricerca risultano definiti i seguenti effetti cancerogeni:

- PM_{2,5}: tumori del polmone;
- Benzene: leucemia mieloide acuta, linfomi, leucemia linfatica cronica, mieloma multiplo.

Considerato che:

- gli inquinanti oggetto di simulazione risultano agire su organi bersaglio diversi;
- limitatamente al parametro benzene, l'applicazione del metodo *risk assessment* aveva evidenziato indici di rischio ben inferiori alla soglia di 10⁻⁶, anche considerando i valori di ricaduta massima in luogo di quelli medi,

l'approfondimento seguente è stato rivolto unicamente all'esposizione cronica al solo parametro PM_{2,5}, per l'effetto sanitario "tumore al polmone".

Nel dettaglio, il metodo HIA prevede l'utilizzo della seguente relazione:

$$AC = A * B * \Delta C * P_{exp}$$

Di seguito si descrivono i coefficienti utilizzati nella simulazione.

$$A = RR - 1$$

L'eccesso di rischio di sviluppare un tumore al polmone nella popolazione residente viene stimato a partire dal valore del coefficiente RR (rischio relativo desunto dalla letteratura disponibile) per il suddetto esito sanitario.

Il valore di RR viene identificato dalla d.g.r. 8/2/16 n. X/4792 in 1,09 per esposizione pari a 10 µg/m³.

B – tasso di morbosità di background

Il tasso di morbosità di background per il tumore al polmone viene fornito da ISTAT su base provinciale (agg. Anno 2018) ed è riconducibile ai seguenti coefficienti (quoziente di mortalità per 10.000 abitanti per l'effetto sanitario "tumori maligni della trachea, dei bronchi e dei polmoni"):

- Provincia di Monza Brianza:
 - $B_{\text{maschi}} = 7,88 \cdot 10^{-4}$;
 - $B_{\text{femmine}} = 3,28 \cdot 10^{-4}$;
 - $B_{\text{totale}} = 5,53 \cdot 10^{-4}$.
- Provincia di Como:
 - $B_{\text{maschi}} = 7,56 \cdot 10^{-4}$;
 - $B_{\text{femmine}} = 3,57 \cdot 10^{-4}$;
 - $B_{\text{totale}} = 5,52 \cdot 10^{-4}$.

A titolo cautelativo, nel calcolo si utilizzeranno i tassi di morbosità maggiori fra quelli delle Province interessate dall'intervento.

ΔC – variazione delle concentrazioni di esposizione

Il valore di ΔC può essere dedotto dalle ricadute al suolo restituite dalle simulazioni modellistiche, come esposte nelle precedenti sezioni.

Si è fatto riferimento alle seguenti ipotesi:

1. Ipotesi 1: ricaduta attesa presso tutti i recettori discreti assimilata alla ricaduta massima rilevata dalle modellizzazioni presso i recettori di tipo residenziale più vicini al sito in esame (recettore R8);
2. Ipotesi 2: ricaduta attesa data dalla media presso tutti i recettori stradali e discreti restituita dal modello di ricaduta per una fascia di circa 150 m dagli assi viari.

Si evidenzia che, come espressamente previsto dalla metodica, il coefficiente ΔC deve essere diviso per 10 in quanto il valore dell'indice A è definito per incrementi di $10 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

P_{exp} – popolazione esposta

Nell'applicazione del metodo si è fatto riferimento ai dati ISTAT relativi alla distribuzione della popolazione sui territori comunali di Giussano e Arosio in corrispondenza del sito in esame, a partire dalle singole sezioni interessanti l'areale e riportate nella figura seguente.

In particolare, la popolazione interessata dall'iniziativa è stata ricondotta ai residenti delle aree limitrofe alle arterie di comunicazione gravanti sul sito, per fasce nell'ordine di circa 200 metri dagli assi stradali di progetto.

Tale considerazione muove dal presupposto che le ricadute di inquinanti connesse al traffico veicolare si riducono progressivamente all'aumentare della distanza dall'asse viario; dall'applicazione del modello di ricaduta (vd mappe in allegato), tali ricadute risultano di modesta rilevanza in corrispondenza di questa distanza dalla sede stradale.

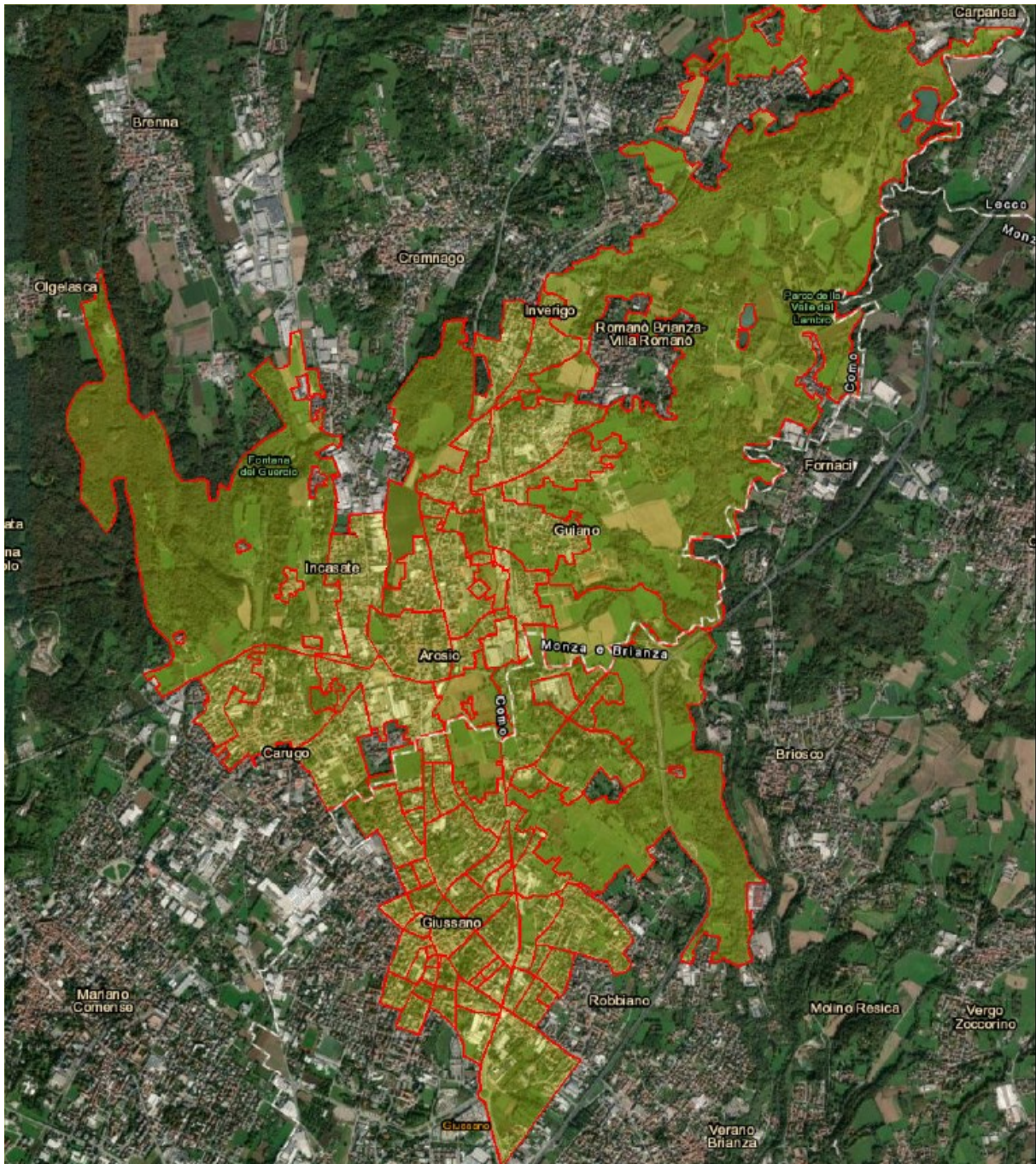


Figura 13 – Popolazione interessata dall’iniziativa in relazione alle sezioni censuarie ISTAT 2011
(Fonte: ISTAT, censimento 2011)

La tabella seguente riassume la popolazione residente ritenuta potenzialmente interessata dagli effetti del progetto.

Tabella 27 – Popolazione potenzialmente interessata dagli effetti del progetto

Sesso	Popolazione
Maschi	9.709
Femmine	10.040
Totale	19.749

Determinazione dei casi aggiuntivi attesi

La tabella seguente riassume i risultati dell'applicazione del metodo HIA.

- $B_{\text{maschi}} = 7,88 \cdot 10^{-4}$;
- $B_{\text{femmine}} = 3,57 \cdot 10^{-4}$;
- $B_{\text{totale}} = 5,53 \cdot 10^{-4}$.

Tabella 28 – Casi aggiuntivi attesi – ricaduta massima presso i recettori

Sesso	RR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	A (RR-1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	B cas/ab*aa	anni	ΔC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P _{exp} ab	AC Casi aggiuntivi
Maschi	1,09	0,09	7,88E-04	70	0,04	9.709	0,19
Femmine	1,09	0,09	3,57E-04	70	0,04	10.040	0,09
Totale	1,09	0,09	5,53E-04	70	0,04	19.749	0,28

Tabella 29 – Casi aggiuntivi attesi – concentrazione media

Sesso	RR ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	A (RR-1) ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) ⁻¹	B cas/ab*aa	anni	ΔC ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)	P _{exp} ab	AC Casi aggiuntivi
Maschi	1,09	0,09	7,88E-04	70	0,02	9.709	0,10
Femmine	1,09	0,09	3,28E-04	70	0,02	10.040	0,04
Totale	1,09	0,09	5,53E-04	70	0,02	19.749	0,14

Le elaborazioni mostrano un incremento di casi aggiuntivi di tumore ai bronchi/trachea/polmoni inferiore ad uno su uno scenario di settant'anni, sia nelle condizioni di maggiore ricaduta di PM_{2,5} presso i recettori più vicini al sito in esame, sia nelle condizioni di ricaduta media.

In entrambe le ipotesi si deduce quindi la compatibilità del progetto per quanto attiene il rischio sanitario legato a potenziali effetti cancerogeni legati al traffico indotto.

8. CONCLUSIONI

Su incarico ricevuto dalla società Iperal Supermercati S.p.A. con Socio Unico si è provveduto alla stima delle ricadute di inquinanti connesse alla realizzazione del cd "Nuovo Centro di produzione fresco", da realizzarsi nei comuni di Giussano (MB) ed Arosio (CO).

Le ricadute di inquinanti risultano correlabili al traffico indotto dall'iniziativa durante la fase di esercizio del nuovo insediamento.

In particolare, la valutazione è stata rivolta ai seguenti inquinanti:

- materiale particolare (PM₁₀ e PM_{2.5});
- ossidi di combustione (NO₂ e CO);
- benzene.

I flussi veicolari indotti dall'iniziativa sono stati estratti dallo Studio viabilistico predisposto da TVM Engineering, con particolare riferimento all'incremento veicolare atteso ed alla sua distribuzione nei diversi orari di lavoro e sulle diverse arterie stradali dell'intorno.

I flussi veicolari sono stati poi associati ai singoli fattori emissivi degli inquinanti oggetto di simulazione, associati a condizioni di traffico urbane.

A partire dai dati modellistici di input, si è proceduto al calcolo matematico delle ricadute attese al suolo. Allo scopo si sono introdotti, a fini di calcolo, n. 5 recettori discreti di tipo scolastico, n. 2 recettori discreti di tipo sanitario/assistenziale (RSA) e n. 1 recettore discreto di tipo residenziale, collocato presso le abitazioni più vicine al nuovo sito di progetto.

Si richiamano di seguito gli esiti delle simulazioni modellistiche già riportati nella dedicata sezione, secondo le scansioni temporali previste dal D. L.vo 155/2010.

Tabella 30 – Ricadute di inquinanti – ricadute medie su base annua

Ricadute medie giornaliere su base annua				
Recettore	Inquinanti			
	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	NO ₂ µg/m ³	C ₆ H ₆ µg/m ³
R1	1,2E-02	9,0E-03	9,0E-03	< 1,0E-03
R2	1,5E-02	1,1E-02	1,4E-02	< 1,0E-03
R3	1,3E-02	9,0E-03	1,4E-02	< 1,0E-03
R4	9,0E-03	6,0E-03	1,0E-02	< 1,0E-03
R5	1,6E-02	1,2E-02	2,1E-02	< 1,0E-03
R6	7,0E-03	5,0E-03	7,0E-03	< 1,0E-03
R7	7,0E-03	5,0E-03	8,0E-03	< 1,0E-03
R8	4,9E-02	4,0E-02	7,8E-02	< 1,0E-03
P.to di massima ricaduta	3,3E-01	2,5E-01	8,5E-01	4,0E-03

Tabella 31 – Ricadute di inquinanti – ricadute massime su base giornaliera

Ricadute massime su base giornaliera			
Recettore	Inquinanti		
	PM ₁₀ µg/m ³	PM _{2.5} µg/m ³	C ₆ H ₆ µg/m ³
R1	1,7E-01	1,5E-01	1,0E-03
R2	3,0E-01	2,4E-01	1,0E-03
R3	5,1E-01	3,9E-01	2,0E-03
R4	2,7E-01	1,7E-01	2,0E-03
R5	5,7E-01	4,7E-01	3,0E-03
R6	3,0E-01	1,9E-01	1,0E-03
R7	2,2E-01	1,6E-01	1,0E-03
R8	7,8E-01	6,0E-01	7,0E-03
P.to di massima ricaduta	4,3E+00	2,4E+00	5,7E-02

Tabella 32 – Ricadute di inquinanti – ricadute massime su base oraria

Ricadute massime su base oraria	
Recettore	Inquinanti
	NO ₂ µg/m ³
R1	7,1E-02
R2	1,2E-01
R3	2,7E-01
R4	1,6E-01
R5	3,1E-01
R6	1,3E-01
R7	1,2E-01
R8	6,1E-01
P.to di massima ricaduta	6,2E+00

Tabella 33 – Ricadute di inquinanti – media mobile su 8 ore massimo giornaliero

Media mobile ricadute su 8 ore massimo giornaliero	
Recettore	Inquinanti
	CO µg/m ³
R1	1,9E-01
R2	2,2E-01
R3	2,7E-01
R4	1,9E-01
R5	4,1E-01
R6	1,4E-01
R7	1,6E-01
R8	1,2E+00
P.to di massima ricaduta	1,0E+01

Per tutti gli inquinanti, il punto di massima ricaduta è posto in prossimità della rotonda di futura realizzazione prevista in ingresso al sito, non interessando residenze private o recettori sensibili.

A partire dai risultati delle simulazioni si è infine proceduto a verificare il rispetto dei limiti di qualità dell'aria nelle differenti scansioni temporali previste dal D. L.vo 155/2010.

Di seguito si riportano gli esiti delle verifiche effettuate, già discusse in dedicata sezione.

Tabella 34 – Verifica della compatibilità dell'intervento – ricadute medie annue

Inquinante	Massima ricaduta attesa [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione di fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Concentrazione attesa [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore limite [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
PM ₁₀	0,33	26,4	26,7	40
PM _{2.5}	0,25	20,7	21,0	25
NO ₂	0,85	23,3	24,2	40
Benzene	0,06	1,2	1,3	5

Tabella 35 – Verifica della compatibilità dell'intervento per parametro CO (massimo della media mobile su otto ore)

Inquinante	Massima ricaduta attesa [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Massima concentrazione di fondo [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Massima Concentrazione attesa [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Valore limite [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
CO	10	2.100	2.110	10.000

Dalle verifiche eseguite emerge il rispetto dei valori limite previsti su base annuale per tutti i parametri di interesse.

Ultimata la prima fase di verifica, i risultati della modellizzazione sono stati confrontati con i limiti di qualità dell'aria vigenti su base oraria (NO₂) o giornaliera (PM₁₀).

In merito al parametro NO₂, dalla consultazione della centralina ARPA di Cantù ad oggi non risultano noti superiori del valore limite orario in riferimento all'ultimo anno disponibile.

Sommando al valore massimo rinvenuto dalla centralina il valore di massima ricaduta oraria restituito dal modello, risulta rispettato il valore limite orario di 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$; ne consegue che dall'attuazione del progetto non risultino previsti superiori del valore limite orario, analogamente all'attuale stato di fatto.

Tabella 36 – Verifica della compatibilità dell'intervento – ricadute massime orarie (NO₂)

Parametro	Ricaduta massima oraria su base annua µg/m ³	Valore di fondo massimo orario µg/m ³	Concentrazione massima oraria comprensiva dei valori di fondo massimi µg/m ³	Valore limite su base oraria µg/m ³	Giudizio
NO ₂	6,2	107	113	200	n. superi < 18

In merito alle ricadute giornaliere di PM₁₀, allo stato di fatto si rileva un numero di superi maggiore dei consentiti 35 eventi annui.

Tabella 37 – Verifica della compatibilità dell'intervento – ricadute giornaliere (PM₁₀)

Parametro	Anno	Periodo di mediazione	Valore limite µg/m ³	Superi del valore limite	Giudizio
PM ₁₀	2020	Giorno	50	49	n. superi > 35

Si è provveduto ad una rielaborazione dei dati derivanti dalla simulazione modellistica tramite software Run Analyzer, al fine di verificare l'eventuale incremento del numero di superi annui previsti.

La tabella seguente riassume il numero dei superi del valore limite di qualità giornaliero attesi su base annua, restituiti dalla rielaborazione delle ricadute attese.

Tabella 38 – Rielaborazione modellistica con software Run Analyzer per il parametro PM₁₀

Descrizione	X (m)	Y (m)	Valore
R1 - Primaria Carlo Porta	516420	5061409	49
R2 - Scuola dell'infanzia L. Proserpio	516972	5061754	49
R3 - Scuole elementari G. Casati	516386	5062549	49
R4 - Scuola dell'infanzia Casati San Gi...	516403	5062857	49
R5 - Istituto Casati	516338	5062422	49
R6 - RSA Anna Borletti	516091	5062721	49
R7 - RSA Istituto Galletti	516386	5063019	49
R8 - abitazione privata	516843	5062259	49

Poiché presso tutti i recettori sensibili non si rilevano aumenti del numero di superi annui, si evince la scarsa significatività dell'intervento sulle concentrazioni aeree di particolato, analogamente a quanto già evidenziato circa i limiti su base annua.

Verificata la compatibilità dell'intervento con i vigenti limiti di qualità dell'aria si è provveduto alla caratterizzazione del rischio sanitario secondo le Linee Guida regionali in materia di VIIS, n. 133/2016.

Per quanto attiene gli inquinanti non cancerogeni, l'approccio tossicologico (cd *Risk Assessment*) è sufficiente ad escludere la presenza di rischi per la popolazione residente, come da tabella seguente.

Tabella 39 – HI_{cum} (popolazione adulta)

Recettore	Bersaglio	HI			HI_{cum}
		PM ₁₀	NO ₂	CO	
R01	Adulto	1,3E-04	9,6E-05	7,8E-06	2,3E-04
R02	Adulto	1,6E-04	1,5E-04	9,2E-06	3,2E-04
R03	Adulto	1,4E-04	1,5E-04	1,1E-05	3,0E-04
R04	Adulto	9,6E-05	1,1E-04	7,7E-06	2,1E-04
R05	Adulto	1,7E-04	2,2E-04	1,7E-05	4,1E-04
R06	Adulto	2,0E-04	2,0E-04	1,5E-05	4,1E-04
R07	Adulto	2,0E-04	2,2E-04	1,7E-05	4,4E-04
R08	Adulto	2,3E-03	3,6E-03	2,2E-04	6,2E-03

Tabella 40 – HI_{cum} (popolazione infantile)

Recettore	Bersaglio	HI			HI_{cum}
		PM ₁₀	NO ₂	CO	
R01	Bambino	4,0E-04	3,0E-04	2,4E-05	7,2E-04
R02	Bambino	5,0E-04	4,6E-04	2,9E-05	9,9E-04
R03	Bambino	4,3E-04	4,6E-04	3,5E-05	9,3E-04
R04	Bambino	3,0E-04	3,3E-04	2,4E-05	6,5E-04
R05	Bambino	5,3E-04	7,0E-04	5,2E-05	1,3E-03
R08	Bambino	7,1E-03	1,1E-02	6,9E-04	1,9E-02

In merito agli inquinanti cancerogeni, dall'applicazione del *Risk Assessment* si perviene a valori di R_{cum} ricompresi fra 10^{-4} e 10^{-6} per i soli recettori più vicini al sito in esame, come da tabella seguente.

Tabella 41 – R_{cum}

Recettore	R		R_{cum}
	PM _{2.5}	C ₆ H ₆	
R01	4,9E-07	2,0E-09	4,9E-07
R02	6,0E-07	2,0E-09	6,0E-07
R03	4,9E-07	4,0E-09	4,9E-07
R04	3,3E-07	4,0E-09	3,3E-07
R05	6,5E-07	4,0E-09	6,6E-07
R06	3,9E-07	2,9E-09	4,0E-07
R07	3,9E-07	2,9E-09	4,0E-07
R08	9,3E-06	6,0E-08	9,4E-06

Si è dunque approfondito il rischio sanitario mediante approccio *Health Impact Assessment*, maggiormente sito – specifico, a partire dai dati epidemiologici a disposizione.

L'approfondimento è stato limitato al solo parametro PM_{2,5}, in quanto per il parametro benzene il coefficiente R risulta largamente inferiore alla soglia di 10⁻⁶ anche utilizzando, a fini di calcolo, le massime ricadute attese ai recettori discreti in luogo delle ricadute medie e gli effetti sanitari dei due inquinanti risultano distinti.

Si sono considerate le due seguenti ipotesi per uno scenario temporale di 70 anni per la popolazione interessata:

- Ipotesi 1: concentrazione su tutto l'areale di distribuzione equiparata alla massima concentrazione rilevata presso i recettori discreti (ricaduta presso recettore R8);
- Ipotesi 2: concentrazione su tutto l'areale di distribuzione equiparata alla concentrazione media restituita dal modello e riferita all'intero areale di distribuzione.

Le tabelle seguenti riassumono i risultati ottenuti.

Tabella 42 – Casi aggiuntivi di tumore al polmone attesi (massima ricaduta presso i recettori)

Sesso	AC Casi aggiuntivi
Maschi	0,19
Femmine	0,09
Totale	0,28

Tabella 43 – Casi aggiuntivi di tumore al polmone attesi (ricaduta media da modello)

Sesso	AC Casi aggiuntivi
Maschi	0,10
Femmine	0,04
Totale	0,14

In entrambi gli scenari si ravvisa un numero di casi aggiuntivi dell'effetto sanitario di interesse inferiore ad 1 su un arco temporale di 70 anni e si deduce, pertanto, la compatibilità del progetto con l'attuale stato della salute umana per il sito in oggetto.

Si rimarcano, infine, le condizioni di cautelatività in cui sono state condotte tutte le elaborazioni:

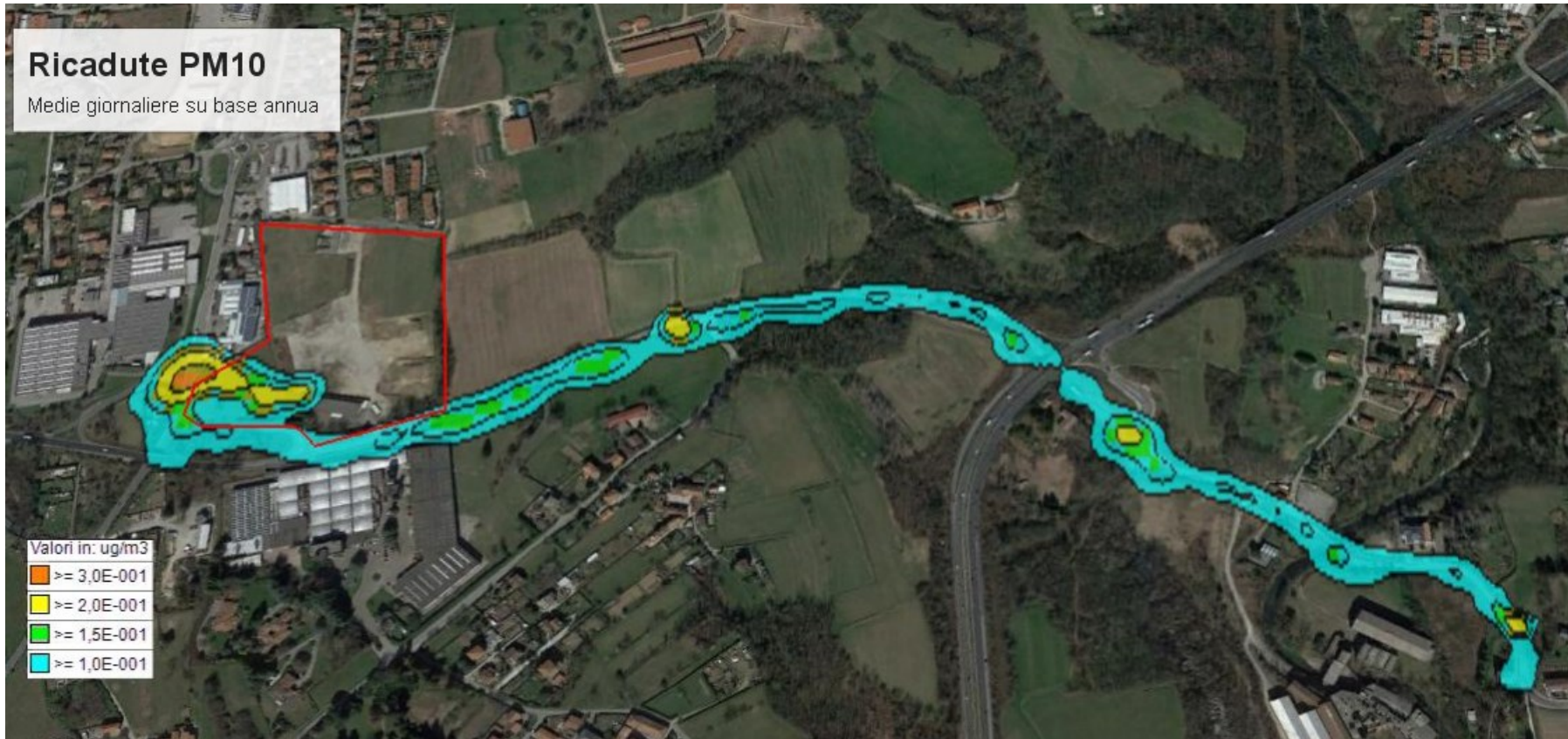
- utilizzo di fattori di emissione in condizioni di scorrimento urbano, per quanto alcune delle arterie di interesse siano riconducibili a vie di scorrimento veloce. Per tali arterie potrebbero essere rappresentativi anche fattori di emissione di tipo extraurbano, inferiori a quelli utilizzati nella modellizzazione;
- nel calcolo dei coefficienti EM presso recettori diversi da quelli sanitari si è utilizzato il rateo inalatorio proprio della cd "attività fisica moderata", per quanto, vista la natura dei recettori di interesse (residenziali o scolastici), anche l'utilizzo dei fattori previsti per "attività sedentaria" potrebbe risultare appropriato nella definizione del rischio. L'utilizzo di questi ultimi fattori comporterebbe una riduzione dei coefficienti HI_{cum} e R_{cum} nell'ordine del 30-40% a seconda del bersaglio (bambino o adulto);
- la valutazione del rischio sanitario relativa al parametro benzene è stata eseguita tenendo conto dei valori massimi di ricaduta in luogo di quelli medi previsti dalla metodica;
- non si è tenuto conto di potenziali fenomeni di car-sharing o di utilizzo di mezzi meno inquinanti (moto, biciclette, utilizzo del servizio pubblico, ecc.), assumendo che ogni lavoratore si rechi al centro con mezzi propri (automobile);
- nel computo del traffico di mezzi pesanti indotto dall'iniziativa, i furgoni sono stati assimilati agli autocarri, per quanto associati a fattori emissivi inferiori;
- nella simulazione si è considerato il flusso veicolare di veicoli pesanti indotto nella giornata più sfavorevole (venerdì), per quanto in realtà tale flusso veicolare sovrastimi del 10% circa l'effettivo traffico previsto negli altri giorni feriali.

Si evidenzia inoltre che nei prossimi anni è ragionevole attendersi una progressiva riduzione del valore numerico dei fattori di emissione utilizzati nel presente documento, a seguito della progressiva diffusione di veicoli elettrici e ibridi.

Valutazione delle ricadute di inquinanti e del rischio sanitario

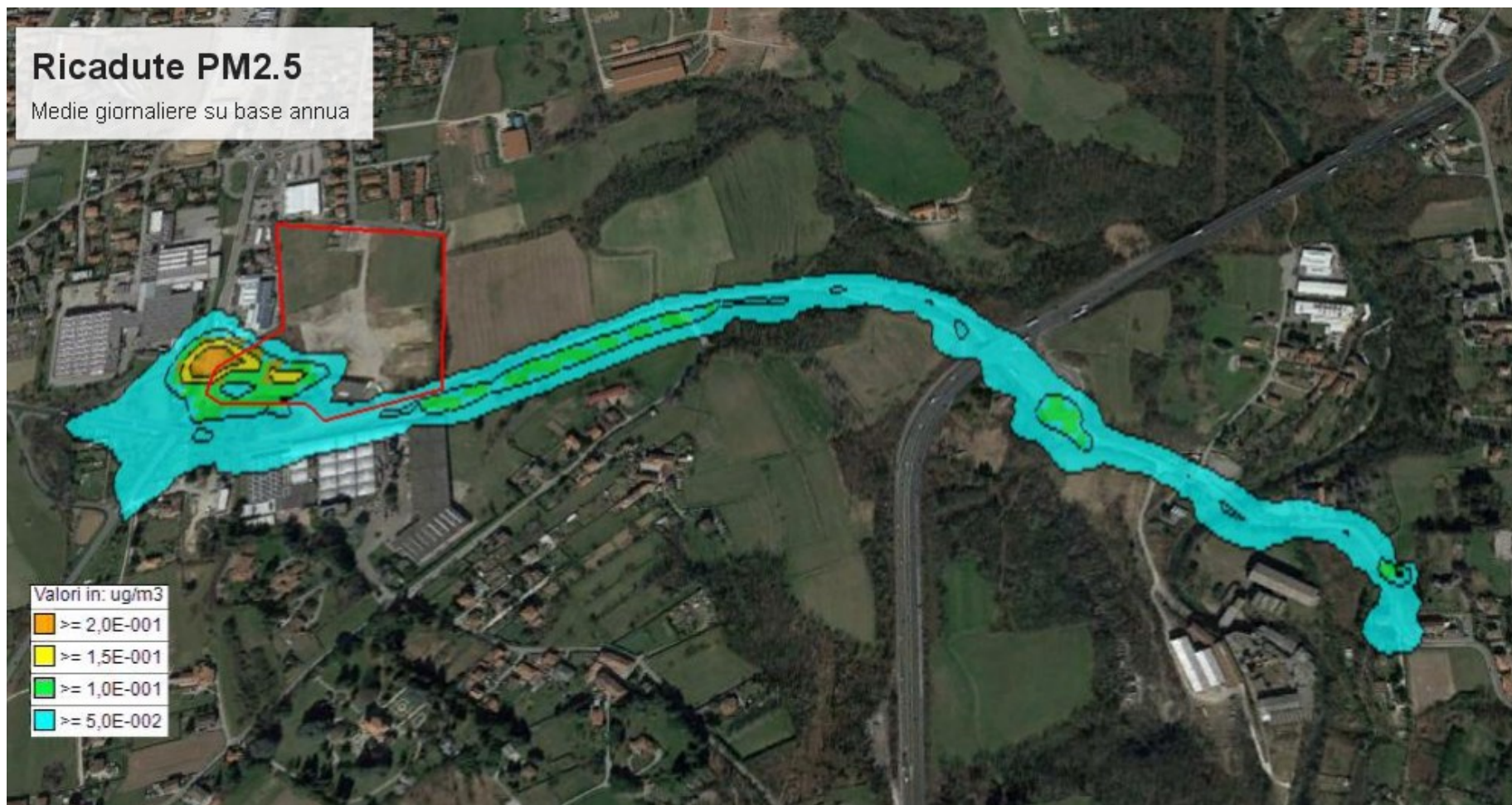
**Centro di produzione del fresco
nei comuni di Giussano (MB) e Arosio (CO)**

Allegato – Mappe di ricaduta inquinanti



Ricadute PM2.5

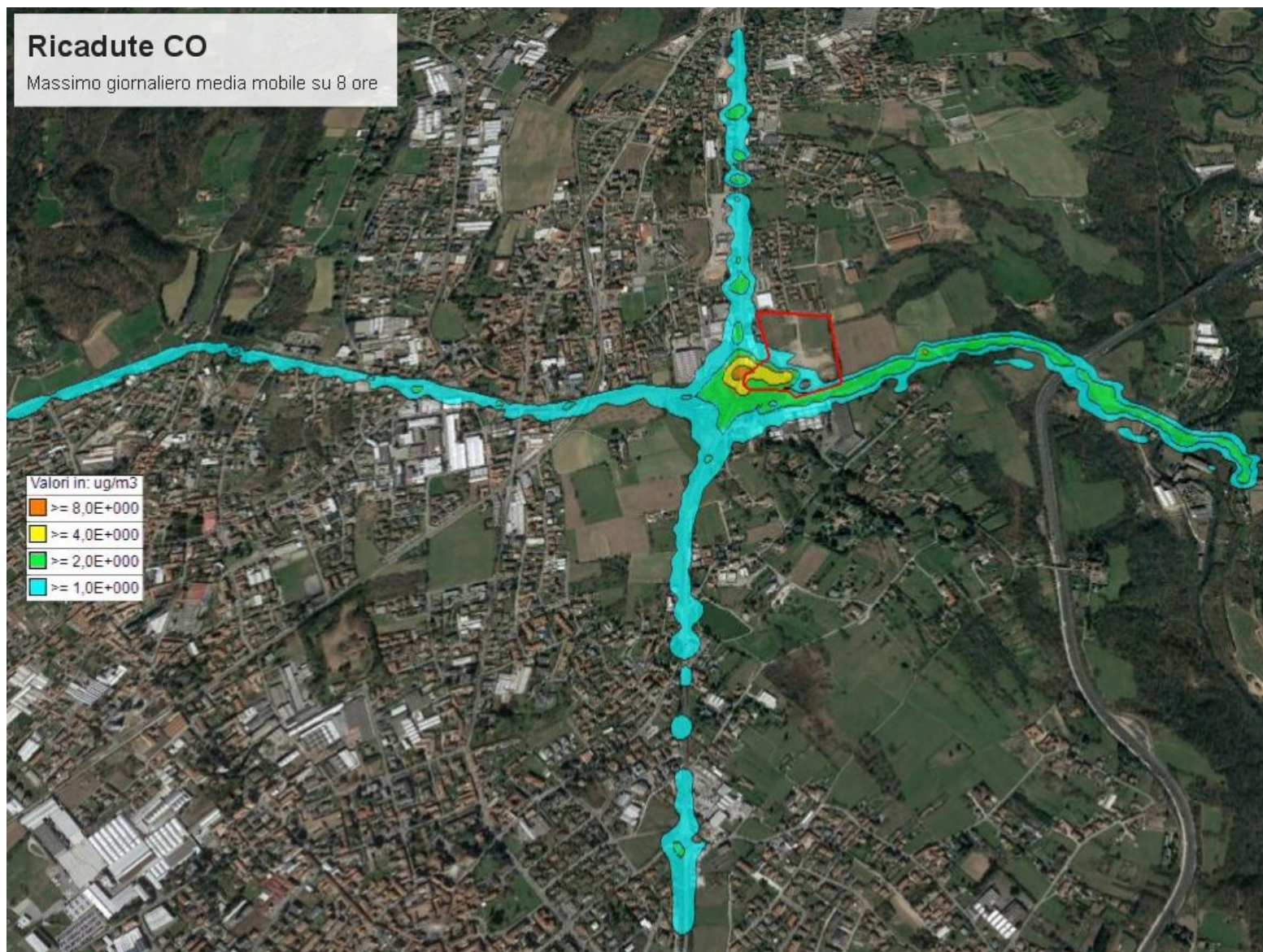
Medie giornaliere su base annua





Ricadute CO

Massimo giornaliero media mobile su 8 ore



Ricadute benzene

Media giornaliera su base annua

