

## REGIONE FRIULI VENEZIA GIULIA

COMUNE DI UDINE

### LABORATORIO



Via Sondrio, 2 - Udine  
33100 (UD)

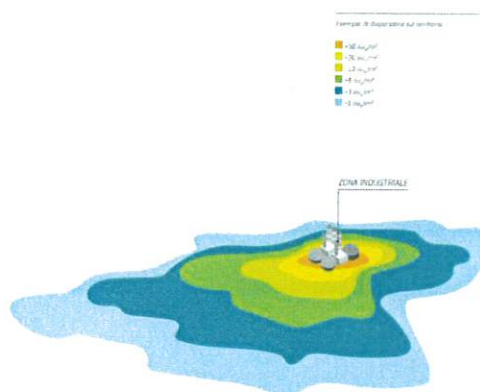
### COMMITTENTE





Via Cussignacco, 5  
33100 Udine (UD)

### OGGETTO RELAZIONE

Valutazione numerica della dispersione



Data	Revisione	Redatto	Verificato	Approvato
12/09/2023	01	Dott. Capellari Piero 	Dott. Ing. Rivilli Silvia 	Responsabile Ufficio Tecnico Dott. Ing. Rivilli Silvia  

LOD RT 337/23

# Sommario

SOMMARIO .....	1
<b>1. PREMESSA E PRESENTAZIONE .....</b>	<b>2</b>
<b>2. INTRODUZIONE.....</b>	<b>3</b>
<b>3. INDIVIDUAZIONE DELLO SCENARIO E DESCRIZIONE DELLA METODOLOGIA NUMERICA.....</b>	<b>4</b>
3.1 Introduzione.....	4
3.2 Definizione dello scenario.....	4
3.3 Elaborazione dei risultati.....	5
<b>4. DATI DI INPUT DEL MODELLO .....</b>	<b>7</b>
4.1 Dati meteorologici.....	7
4.2 Esame dei dati cartografici e dell'uso del suolo.....	7
4.3 Sorgenti emissive .....	10
4.4 Recettori sensibili .....	12
<b>5. RISULTATI.....</b>	<b>15</b>
5.1 Polveri (PM10) .....	15
5.2 Ossidi di azoto NOX (NO2) .....	19
5.3 Metalli: Cadmio (Cd).....	21
5.4 Metalli: Nichel (Ni) .....	22
5.5 Metalli: Manganese (Mn).....	23
<b>6. VALUTAZIONE DEI RISULTATI.....</b>	<b>24</b>
<b>ALLEGATO 1: DESCRIZIONE DEL MODELLO DI DISPERSIONE CALPUFF .....</b>	<b>25</b>
<i>CALMET: Pre-processore meteorologico</i> .....	25
<i>Caratteristiche del puff e concentrazioni al suolo</i> .....	26
<b>ALLEGATO 2: SORGENTI EMISSIVE CONSIDERATE NEL MODELLO .....</b>	<b>29</b>

# 1. Premessa e presentazione

Il Gruppo Luci è una realtà friulana nata nel 1951 che, in virtù dell'esperienza acquisita, progetta e sviluppa **soluzioni integrate per l'ambiente** a supporto delle aziende industriali e pubbliche, con un team dedicato all'accompagnamento delle aziende alla sostenibilità.

Grazie alla sinergia delle aziende che lo compongono, il Gruppo Luci propone soluzioni innovative, in un'**ottica di economia circolare**, con costanti investimenti in formazione, ricerca e sviluppo.

Fanno parte del Gruppo LUCI:

**Gesteco** - opera in diverse aree, tra cui bonifiche, smaltimento rifiuti, analisi di laboratorio, demolizioni, estrazione e lavorazione di materiali inerti, progettazione e costruzione di prefabbricati in calcestruzzo, il tutto con una particolare attenzione alla sostenibilità.

**Labiotest** - ricerca, sviluppa e installa tecnologie innovative per il miglioramento della qualità dell'aria e l'abbattimento degli odori. Si occupa di progettare e realizzare nuovi impianti, riattivare impianti esistenti, oltre a fornire consulenza tecnica e normativa.

**LOD** - laboratorio di Olfattometria Dinamica, si occupa di misurazione e monitoraggio degli odori. Il LOD è nato in collaborazione con l'Università degli Studi di Udine, caso emblematico del nostro approccio scientifico e innovativo.

**Metaplas** - impegnata nel recupero e riutilizzo di plastiche e legno.

**Ecofarm** - si occupa di ritiro, trasporto, stoccaggio e smaltimento di rifiuti sanitari, derivanti da attività ambulatoriali, mediche e affini, nel rispetto della normativa vigente.

**Argesteco** - azienda argentina specializzata nella consulenza ambientale, sostenibilità, formazione e audit ambientale.

**LBIT** - distributore esclusivo di Labiotest sul mercato asiatico di attrezzature speciali per la protezione dell'ambiente, prodotti sanificanti, attrezzature meccaniche.

## 2. Introduzione

Nel presente documento si riportano i risultati delle elaborazioni modellistiche svolte con lo scopo di aggiornare quanto fatto nel 2012 e 2014 per la valutazione dell'impatto delle emissioni di inquinanti della Z.I.U. (rif. Relazione tecnica LOD RT 388/14).

Il modello utilizzato per le simulazioni è *CALPUFF*.

I parametri presi in considerazione nella seguente simulazione della dispersione sono i medesimi del precedente studio:

- $PM_{10}$  (intesi come PTS);
- $NO_2$  (intesi come  $NO_x$ ),
- Cd,
- Ni,
- Mn.

## 3. Individuazione dello scenario e descrizione della metodologia numerica

### 3.1 Introduzione

La valutazione della dispersione degli inquinanti è stata realizzata mediante il modello di dispersione *CALPUFF*, raccomandato da *US EPA* per attività di pianificazione, monitoraggio e controllo della qualità dell'aria. In base all'esperienza maturata in seno a LOD Srl, *CALPUFF* è risultato essere particolarmente adatto per la simulazione della dispersione di inquinanti ed odori su scala locale. Si rimanda all'allegato 1 per le specifiche tecniche del modello di dispersione utilizzato.

### 3.2 Definizione dello scenario

Entrando nello specifico del caso oggetto di studio, è possibile individuare i seguenti elementi rappresentativi dello scenario in cui avverrà la simulazione numerica:

- Scala spaziale:** L'applicazione del modello riguarda la valutazione dell'impatto su un territorio in prossimità della zona industriale considerata: per tale ragione la scala di riferimento sarà di tipo locale, limitata a qualche chilometro in linea d'aria attorno al sito.
- Indice temporale:** La simulazione valuta la dispersione per un periodo di un anno solare: in questo modo sarà possibile valutare il contributo stagionale dei venti e della meteorologia sulla dispersione. Nella simulazione è stato considerato l'anno 2008, in quanto ritenuto un anno rappresentativo dai tecnici competenti dell'OSMER Regionale.
- Ambito territoriale:** Il sito su cui verrà applicato il modello si trova presso la Zona Industriale Udinese posizionata a Sud-Est di Udine e presenta un'orografia semplice, senza rilievi montuosi e collinari. Un'ulteriore descrizione dei dati orografici è presentata nel paragrafo 4.2.
- Sorgente:** Ai fini del modello verranno considerate diverse sorgenti corrispondenti alle emissioni dei vari impianti insediati. Ulteriori indicazioni sulla tipologia di sorgente sono riportate nel paragrafo 4.3.
- Sostanze simulate:** La valutazione dell'impatto riguarda principalmente le polveri, gli ossidi di azoto NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub>) e metalli, quali Cadmio, Manganese e Nichel. Ulteriori approfondimenti sono riportati nel paragrafo 4.3.

### 3.3 Elaborazione dei risultati

A seconda della diversa specie chimica oggetto d'indagine, la metodologia per il calcolo e la valutazione dei valori di concentrazione al suolo può variare nei termini previsti della specifica normativa.

La valutazione della qualità dell'aria può essere effettuata per la specie chimica PM10 sulla base dei valori limite (40  $\mu\text{g}/\text{m}^3$  in termini di media annuale) riportati nell'Allegato XI del **D.Lgs 13 agosto 2010, n.155 e s.m.i. "Attuazione della direttiva 2008/50/CE relativa alla qualità dell'aria ambiente e per un'aria più pulita in Europa"**.

**Tabella 1:** Limiti di concentrazione riferiti al particolato fine PM10

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
Particolato Fine (PM <sub>10</sub> )	Valore limite protezione salute umana, da non superare più di 35 volte per anno civile, 50 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	24 ore	D.Lgs. 155/2010 Allegato XI
	Valore limite protezione salute umana, 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anno civile	D.Lgs. 155/2010 Allegato XI

La valutazione della qualità dell'aria per gli ossidi di azoto NO<sub>x</sub> (NO<sub>2</sub>) può essere effettuata sulla base dei valori limite riportati nell'Allegato XI del **D.Lgs 13 agosto 2010, n.155 e s.m.i.**

**Tabella 2:** Limiti di concentrazione riferiti al Biossido di Azoto

Inquinante	Valore Limite	Periodo di mediazione	Legislazione
Biossido di Azoto (NO <sub>2</sub> )	Valore limite protezione salute umana, da non superare più di 18 volte per anno civile, 200 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 ora	D.Lgs. 155/2010 Allegato XI
	Valore limite protezione salute umana, 40 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	Anno civile	D.Lgs. 155/2010 Allegato XI
	Soglia di allarme 400 $\mu\text{g}/\text{m}^3$	1 ora (rilevati su 3 ore consecutive)	D.Lgs. 155/2010 Allegato XII

Alla categoria dei metalli pesanti appartengono circa 70 elementi (con densità  $>5 \text{ g}/\text{cm}^3$ ), anche se quelli rilevanti da un punto di vista ambientale sono solo una ventina. La normativa nazionale con il DLgs 1552/2010 ha stabilito gli obiettivi di miglioramento della qualità dell'aria per alcuni metalli, tra cui Cadmio (Cd) e Nichel (Ni).

**Tabella 3:** Limiti di concentrazione riferiti ai Metalli

Inquinante	Periodo di mediazione	Unità di misura	Valore obiettivo	Soglia val. sup.	Soglia val. inf.
<b>Cadmio (Cd)</b>	Anno civile	ng/m <sup>3</sup>	5,0	3	2
<b>Nichel (Ni)</b>	Anno civile	ng/m <sup>3</sup>	20,0	14	10

Per il Manganese (Mn), gli unici riferimenti sono forniti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) che stabilisce, con il documento Air Quality Guidelines, i seguenti limiti o valori di riferimento calcolati nelle polveri totali campionate:

**Tabella 4:** Limiti di concentrazione riferito al Manganese

Inquinante	Periodo di mediazione	Unità di misura	Valore limite di riferimento
<b>Manganese (Mn)</b>	Anno civile	µg/m <sup>3</sup>	0,15

## 4. Dati di input del modello

Il modello di dispersione necessita di dati di *input* relativi alle condizioni meteorologiche, orografiche e allo scenario emissivo. Tali dati vanno esaminati attentamente per:

- valutare se sono sufficienti a descrivere la dispersione delle sostanze simulate;
- effettuare opportune semplificazioni che facilitino le operazioni di calcolo;
- comprendere ed interpretare in seguito i risultati ottenuti.

### 4.1 Dati meteorologici

Per la zona in esame sono stati utilizzati i medesimi dati utilizzati per le precedenti simulazioni (rif. Relazione tecnica LOD RT 388/14).

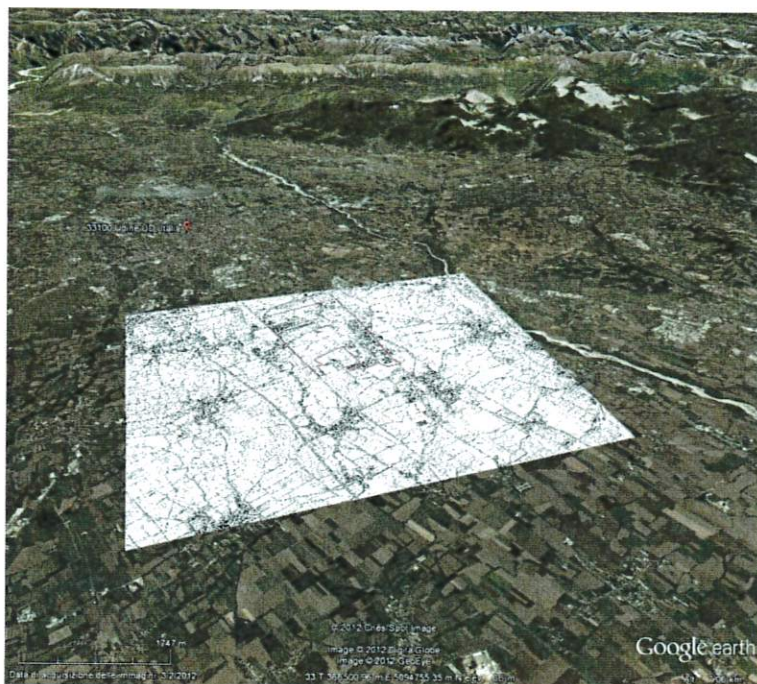
### 4.2 Esame dei dati cartografici e dell'uso del suolo

Il modello di dispersione *CALPUFF* permette di tenere conto degli effetti indotti dall'orografia del territorio sulla dispersione. L'informazione sull'orografia viene introdotta tramite una matrice di quote altimetriche del terreno e di usi del suolo nel dominio spaziale.

Nel caso oggetto di studio si vuole valutare la dispersione degli inquinanti su scala locale. Si è deciso, pertanto, di operare con una griglia di calcolo di 7 x 8 km e con un passo di griglia di 250 metri. Dimensione e posizionamento della griglia sono le medesime utilizzate negli studi precedenti.

In Figura 1 si riporta il posizionamento territoriale del dominio di calcolo studiato con l'evidenza in rosso dei limiti area ZIU.





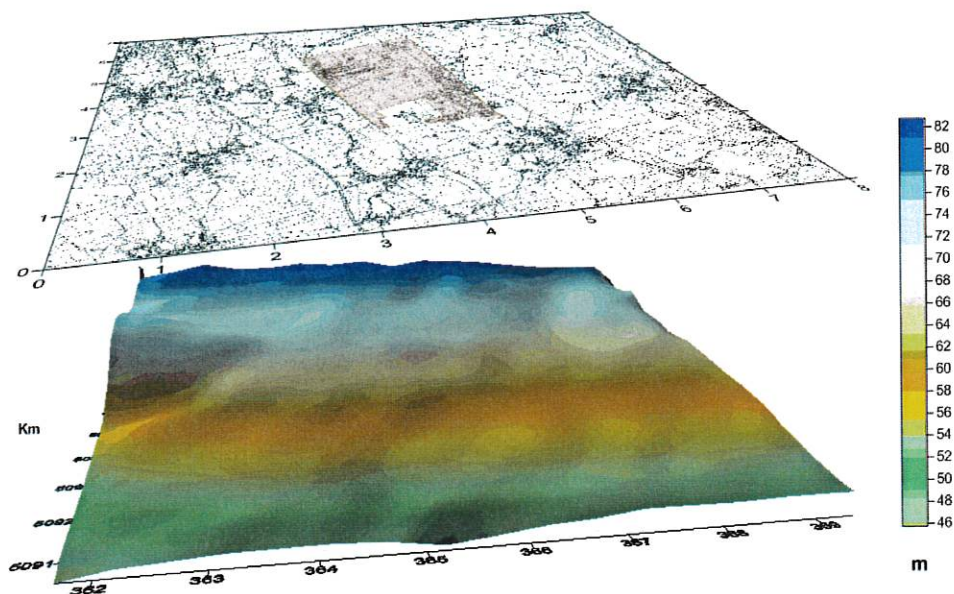
**Figura 1:** Rappresentazione 3D (da Google Earth) della zona di pianura a Sud di Udine con evidenziato il dominio di calcolo studiato

La griglia di calcolo delimita una zona pianeggiante ad orografia semplice adibita principalmente ad uso agricolo ma anche con un'elevata presenza antropica ed un notevole sviluppo industriale.

All'interno della griglia ricadono inoltre i centri abitati di Lumignacco, Cargnacco, Paparotti e Pavia di Udine.

I dati di ingresso sono stati ottenuti a partire dalle scansioni radar effettuate dallo Shuttle (S.R.T.M. Shuttle Radar Topography Mission) reperibili sul sito internet: [http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2\\_1/SRTM3/Eurasia/](http://dds.cr.usgs.gov/srtm/version2_1/SRTM3/Eurasia/).

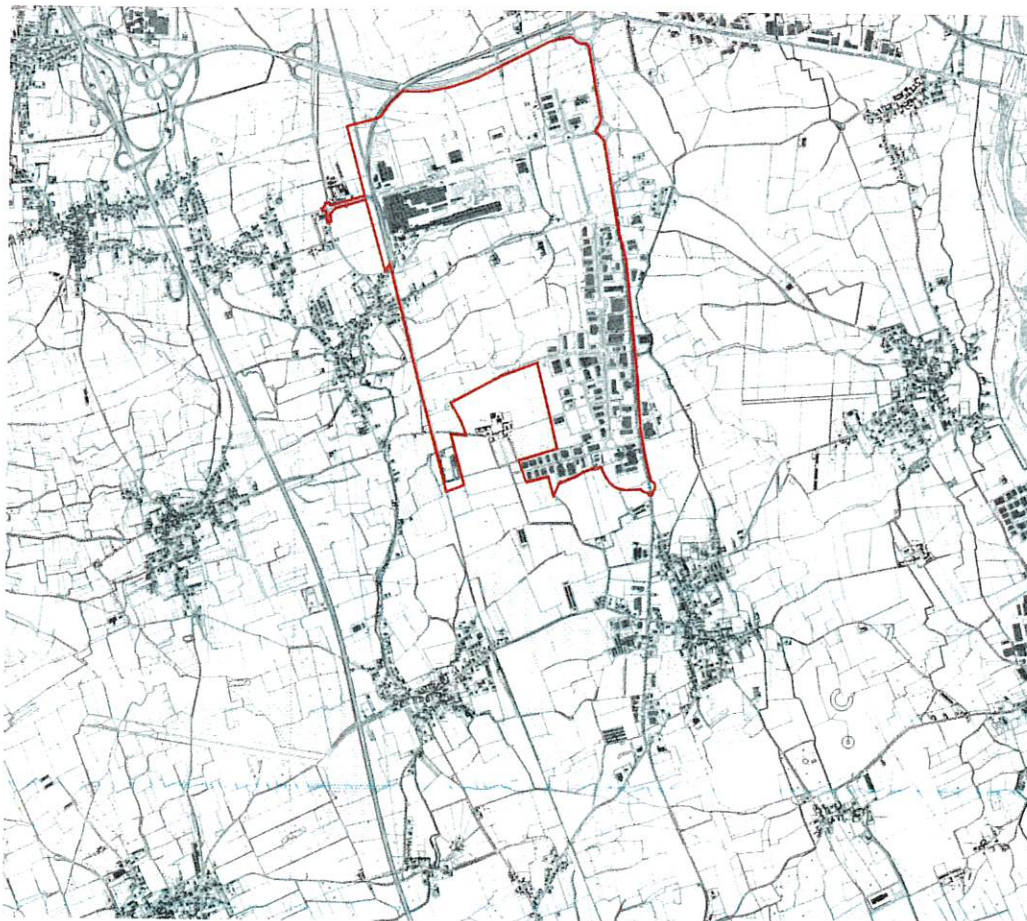
La griglia di calcolo del dominio computazionale è rappresentata in Figura 2:



**Figura 2:** Orografia del domino di calcolo

L'orografia può essere considerata semplice ed il terreno prevalentemente pianeggiante. L'origine della griglia è situata in basso a sinistra e corrisponde alle coordinate (361,554 km E, 5090,463 km N) espresse in coordinate UTM.

I dati di ingresso sono stati ottenuti a partire dalla Carta Tecnica Regionale (CTR) in formato DXF ed in scala 1:5000, scaricati dal sito internet della regione Friuli Venezia Giulia (<http://www.irdat.regione.fvg.it/Consultatore/>).



**Figura 3:** Mappa della zona considerata per il modello di dispersione (CTR) con evidenziata in rosso la ZIU

### 4.3 Sorgenti emissive

Per valutare la dispersione degli inquinanti nei pressi della ZIU è necessario definire le caratteristiche delle sorgenti emissive:

- **Caratteristiche tecniche:** i dati relativi alla caratterizzazione dei punti emissivi sono spesso carenti in termini di altezza dello sbocco del camino, durata / frequenza dell'emissione e velocità dell'effluente allo sbocco. Per sopperire a tali lacune si è deciso di:
  - o Stimare l'altezza dell'emissione pari a 10 m, quando non siamo in possesso di altre indicazioni;
  - o Qualora non sia disponibile il posizionamento esatto dei camini, vengono fittiziamente posizionati al centro del capannone dell'azienda;
  - o Per ABS, le tempistiche delle emissioni sono reperite dalla relazione 22P005918-01 di Ecol Studio S.p.a.. Tale documento implementa le richieste di integrazioni

richieste da ARPA FVG nel documento prot. 0027615/P/GEN/AUT del 05/09/2022, includendo quindi i camini E80, E81, E82 recentemente autorizzati.

- Valutare la velocità dell'effluente all'emissione a partire dalla portata autorizzata, qualora non siano disponibili dati misurati.
  - Nel caso non sia disponibile reperire dati autorizzativi o analitici aggiornati sono utilizzati i medesimi dati delle simulazioni del 2014.
  - Rispetto alle precedenti simulazioni svolte per la ZIU effettuate da LOD, questa volta viene incluso il contributo, per quanto riguarda PM10 e NOx del traffico stradale. I dati di traffico sono dedotti dal documento "Studio di impatto sulla viabilità a supporto dell'ampliamento della zona nord secondo le previsioni del P.T.I." edito dall'Ing. Honsell nel giugno 2022, includendo anche i nuovi assi viari di progetto a nord di ABS. I fattori emissivi sono desunti dai dati 2020 del database Fetransp edito dall'ISPRA (<https://fetransp.isprambiente.it/#/home>). Si precisa che i dati devono essere considerati al momento decisamente cautelativi, tuttavia, si è ritenuto di comune accordo con il Consorzio, valutare anche questo contributo che è correlato con l'attività della ZIU, sulla base delle previsioni dell'ing. Honsell (giugno 2022).
- **Inquinanti:** la simulazione modellistica è stata condotta per:
    - **Polveri:** le aziende analizzate presentano limiti in emissione per le polveri e non per i PM10, previsti nei documenti analizzati per la valutazione della qualità dell'aria allo stato attuale.  
Il valore introdotto nella simulazione sarà pari:
      - al dato misurato dalle aziende a cui verrà sommato un 20% a livello cautelativo (condizioni medie di esercizio),
      - oppure, quando non sono disponibili dati misurati, all'80% del valore limite di emissione indicato/riportato negli atti relativi all'autorizzazione alle emissioni della ditta.

In via assolutamente cautelativa, ai fini della presente modellizzazione, le polveri emesse dalle ditte insediate in ZIU saranno considerate come PM10, al fine di un raffronto con il limite proposto dal D.Lgs 155/2010 in aria ambiente;

- **Metalli:** le aziende presentano limiti specifici di Legge per Nichel e Cadmio, mentre per gli altri composti sono riportati dei limiti cumulativi, come sommatoria. Sulla falsa riga di quanto già effettuato in passato, si è deciso di valutare la dispersione dei metalli a partire dalla loro presenza nelle PM10, basandosi sugli studi condotti da ARPA stessa relativamente alla ZIU (a partire dal 2003) ed i rilievi delle centraline ex ARPA (ora in gestione ad ABS S.p.a.) posizionate sul territorio. Alla luce di tali documenti, si è scelto di utilizzare come riferimento i dati monitorati dalla centralina denominata "Museo di Cagnacco" aggiornati agli anni 2016 - 2021 determinando la correlazione riportata nella tabella seguente:

**Tabella 5:** coefficienti utilizzati per il calcolo della concentrazione dei metalli a partire dalle PM10.

PM10	Nichel	Cadmio	Manganese
1	PM10 * 0.292	PM10 * 0.037	PM10 * 0.0024
ug/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ng/m <sup>3</sup>	ug/m <sup>3</sup>

- o **Ossidi di azoto (NOx):** Il valore introdotto nella simulazione sarà pari :
  - al dato misurato dalle aziende a cui verrà sommato un 20% a livello cautelativo (condizioni medie di esercizio),
  - oppure, quando non sono disponibili dati misurati, all'80% del valore limite di emissione indicato/riportato in autorizzazione;
  - si considerano gli ossidi in termini di NO<sub>2</sub>. Il biossido di azoto presenta una tossicità decisamente superiore rispetto al monossido, è un gas fortemente reattivo, ritenuto tra gli inquinanti atmosferici più pericolosi in quanto irritante per propria natura (concorre alla formazione dello "smog fotochimico").

I dati di dettaglio riferiti alle singole sorgenti emmissive delle diverse aziende sono riportati nell'allegato 2, a cui si rimanda per approfondimenti.

Le assunzioni poste a base del seguente studio devono essere ritenute molto cautelative rispetto alla situazione di fatto, in particolare per le polveri e per gli ossidi di azoto. Per le polveri non è stato preso in considerazione il possibile contributo di eventuali cantieri relativi alla costruzione di opere o stabilimenti.

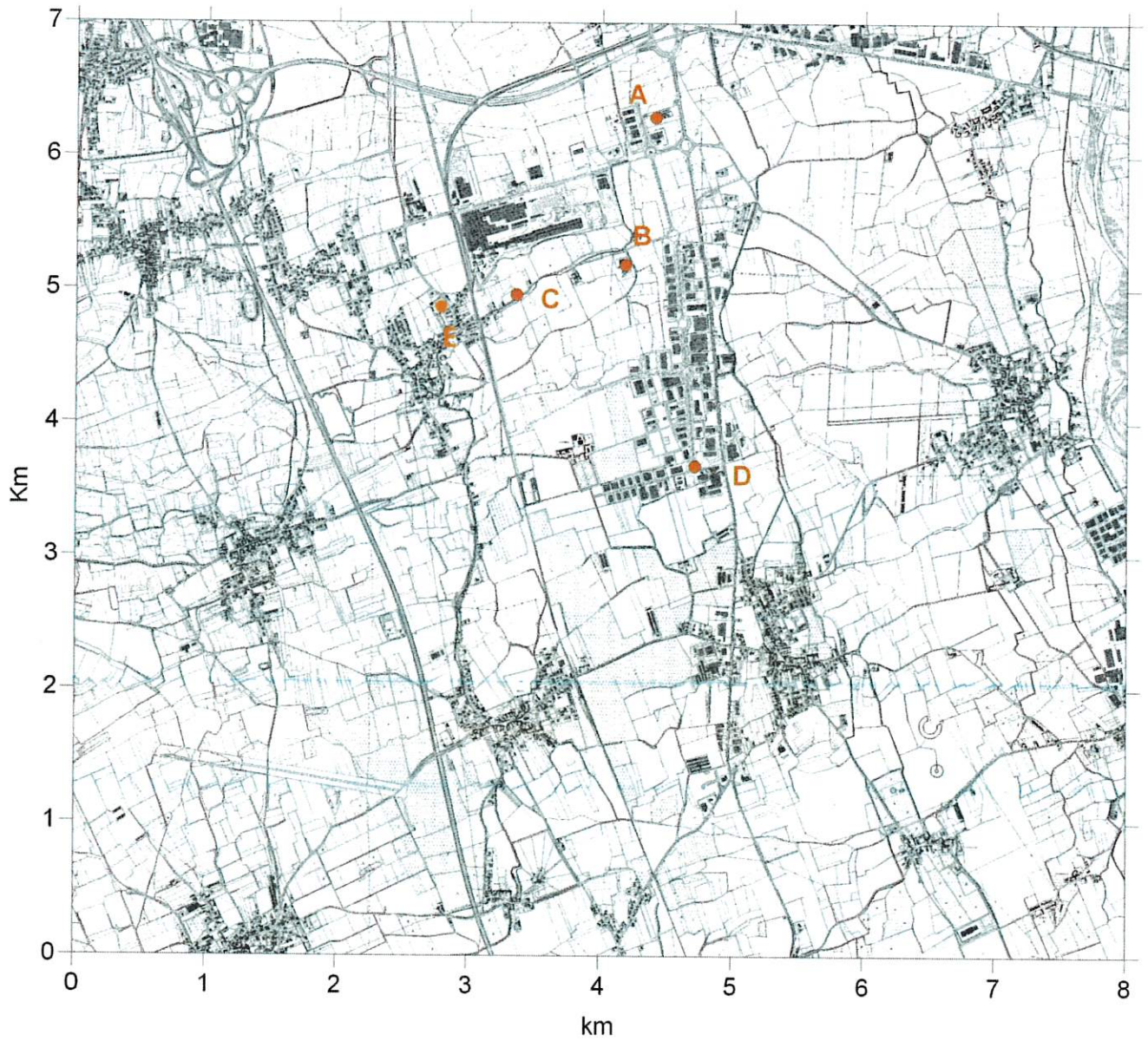
#### 4.4 Recettori sensibili

Il presente studio, per ragioni di uniformità, prende a riferimento i 5 ricettori già considerati nel precedente elaborato LOD RT 388/14 del 2014, ovvero i seguenti:

**Tabella 6:** recettori sensibili presi in considerazione.

Rif.to	ubicazione	Coordinate m E, UTM 32	Coordinate m N, UTM 32
A	Via Linussio, Udine (parco scientifico)	365872	5097121
B	Via Casali Caiselli est, Comune di Pavia di Udine (sito "ex Friulcarne)	365631	5096024

<b>Rif.to</b>	<b>ubicazione</b>	<b>Coordinate m E, UTM 32</b>	<b>Coordinate m N, UTM 32</b>
C	Via Casali Caiselli, Comune di Pavia di Udine, a circa 400 a ovest dei Casali Mondolo (prossimità case sparse)	364808	5095781
D	Via delle Industrie, Comune di Pavia di Udine (rotatoria di intersezione con il tratto terminale di viale del Lavoro)	366181	5094458
E	SP94 di Bicinicco, Comune di Pavia di Udine, campo sportivo di Lumignacco – esterno alla ZIU.	364242	5095690



**Figura 4:** Individuazione dei ricettori in ZIU

## 5. Risultati

### 5.1 Polveri (PM10)

Si riporta nelle successive figure le mappe di dispersione delle polveri (PM10) espresse in termini di massimo annuale delle medie giornaliere calcolate nel dominio di studio.



**Figura 5:** Mappa di ricaduta delle polveri (PM10) espressa come massimo annuale delle medie giornaliere.





**Figura 6:** Mappa di ricaduta delle polveri (PM10) espressa come massimo annuale delle medie giornaliere, escluso il contributo del traffico veicolare.



**Figura 7:** Mappa di ricaduta delle polveri (PM10) espressa come media annuale.



**Figura 8:** Mappa di ricaduta delle polveri (PM10) espressa come media annuale, escluso il contributo del traffico veicolare.

Le precedenti mappe consentono di affermare che **in nessun punto della ZIU si nota un superamento del valore di riferimento**, definito dal D.Lgs 155/2010 e s.m.i. come  $40 \text{ ug/m}^3$  espresso come media annua e  $50 \text{ ug/m}^3$  espresso come media giornaliera.

## 5.2 Ossidi di azoto NOX (NO2)

Si riporta nella figura successiva la mappa di dispersione degli ossidi di azoto, in particolare NO<sub>2</sub>, espressa in termini di media annuale calcolata nel dominio di studio.



**Figura 9:** Mappa di ricaduta di NO<sub>2</sub> espressa come media annuale.



**Figura 10:** Mappa di ricaduta di NO<sub>2</sub> espressa come media annuale, escluso il contributo del traffico veicolare.

Il valore di riferimento per quanto riguarda gli NO<sub>x</sub>, ed in particolare NO<sub>2</sub>, definito dal D.Lgs. 155/2010 è pari a 40 ug/m<sup>3</sup> espresso come media annuale. Si nota un limitato superamento esclusivamente all'altezza di Via Buttrio e solamente se si tiene in considerazione il contributo del traffico veicolare.

### 5.3 Metalli: Cadmio (Cd)

Si riporta nella figura successiva la mappa di dispersione di Cadmio (Cd), espressa in termini di media annuale calcolata nel dominio di studio.



**Figura 11:** Mappa di ricaduta di Cd espressa come media annuale

Per quanto riguarda il Cadmio il valore obiettivo per la qualità dell'ambiente definito dal D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. è di  $5 \text{ ng/m}^3$  e riferito alla media annuale. Non si evidenziano superamenti di tale valore obiettivo.

#### 5.4 Metalli: Nichel (Ni)

Si riporta nella seguente figura la mappa di dispersione di Nichel (Ni), espressa in termini di media annuale calcolata nel dominio di studio.



**Figura 12:** Mappa di ricaduta di Ni espressa come media annuale

Per quanto riguarda il Nichel il valore obiettivo per la qualità dell'ambiente definito dal D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. è di  $20 \text{ ng/m}^3$  e riferito alla media annuale. Non si evidenziano superamenti di tale valore obiettivo.

## 5.5 Metalli: Manganese (Mn)

Si riporta nella seguente figura la mappa di dispersione di Manganese (Mn), espressa in termini di media annuale calcolata nel dominio di studio.



**Figura 13:** Mappa di ricaduta di Mn espressa come media annuale

Per il Manganese (Mn), gli unici riferimenti sono forniti dall'Organizzazione Mondiale della Sanità (OMS) che stabilisce, con il documento Air Quality Guidelines, il valore di riferimento di  $0,15 \mu\text{g}/\text{m}^3$  come media annuale dei valori medi sulle 24 ore calcolati nelle polveri totali campionate. Non si evidenziano superamenti di tale valore obiettivo.



## 6. Valutazione dei risultati

Nelle seguenti tabelle si riportano i risultati delle simulazioni condotte per i 5 recettori sensibili individuati mettendoli a confronto con il D.Lgs. 155/2010 e s.m.i. e, esclusivamente per il Manganese, con le Air Quality Guidelines dell'OMS.

È possibile notare come il contributo del traffico non sia trascurabile, in particolare nelle aree poste a nord, in prossimità della S.R. 56. Ulteriori approfondimenti sarebbero auspicabili per comprendere quanto la presenza di ulteriori assi viari più a nord (es. Autostrada A23, Via Cussignacco, ecc...), incida sulle concentrazioni di inquinanti in Z.I.U..

**Tabella 7:** Risultati espressi per PM10 e NOX.

recettori	PM10 anno µg/m <sup>3</sup>	PM10 anno µg/m <sup>3</sup> – esclusa viabilità	Limite annuale PM10 µg/m <sup>3</sup>	% incidenza del traffico	NOX anno µg/m <sup>3</sup>	NOX anno µg/m <sup>3</sup> – esclusa viabilità	% incidenza del traffico	Limite annuale come NO2 µg/m <sup>3</sup>
A	0.32	0.27	40	16%	5.36	4.59	14%	40
B	0.89	0.79	40	11%	11.00	9.68	12%	40
C	1.03	0.89	40	14%	16.77	14.80	12%	40
D	0.99	0.92	40	7%	7.96	7.05	11%	40
E	1.03	0.82	40	20%	15.97	13.00	19%	40

**Tabella 8:** Risultati espressi per i metalli (Cd, Mn, Ni).

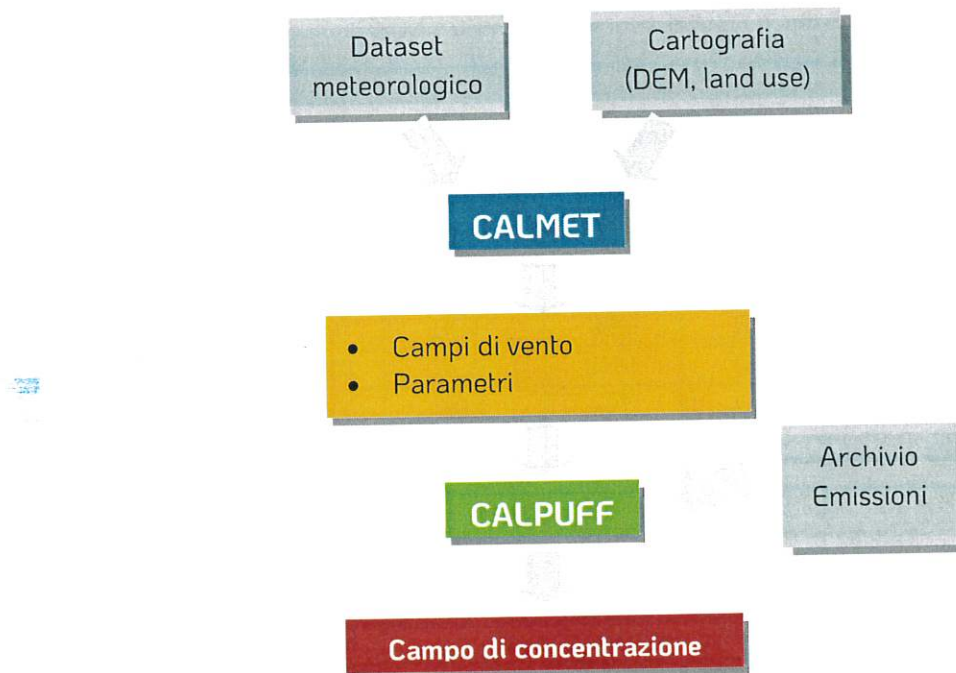
recettori	CD anno ric. ng/ m <sup>3</sup>	Limite annuale CD ng/m <sup>3</sup>	MN anno ric. µg/m <sup>3</sup>	Limite annuale MN µg/m <sup>3</sup>	NI anno ric. ng/ m <sup>3</sup>	Limite annuale NI ng/m <sup>3</sup>
A	0.012	5	0.0008	0.15	0.094	20
B	0.033	5	0.0022	0.15	0.259	20
C	0.039	5	0.0025	0.15	0.301	20
D	0.037	5	0.0024	0.15	0.289	20
E	0.039	5	0.0025	0.15	0.301	20

**Allegato 1: Descrizione del modello di dispersione CALPUFF**

Come già accennato in precedenza, *CALPUFF* è un modello di dispersione di tipo lagrangiano a *puff*, nel quale le equazioni di conservazione di massa vengono scritte e risolte in riferimento a rilasci emissivi sferici detti *puff*, con i quali viene approssimata l'emissione continua.

Le equazioni per ogni *puff* sono determinate a partire dal campo di moto del vento. Tale campo di moto è calcolato tramite un pre-processore meteorologico (*CALMET*) che utilizza, come dati di input, i dati provenienti dall'archivio meteorologico e dalla cartografia riferiti al sito in esame e relativi al periodo di cui si vuole ottenere la simulazione. Il file di *output* di *CALMET* viene processato, mediante *CALPUFF*, assieme ai dati relativi alle emissioni, per ottenere i campi di concentrazione desiderati.

Lo schema di funzionamento del modello *CALPUFF* è riportato in Figura.



**Figura 14:** schema di funzionamento del modello di dispersione CALPUFF

*CALMET: Pre-processore meteorologico*

Il preprocessore *CALMET* è in grado di elaborare i dati meteorologici e orografici, per determinare il campo di vento tridimensionale ed altri parametri meteorologici fondamentali per la simulazione della dispersione. A tal fine, *CALMET* necessita, come dati di *input*, i valori medi orari relativi ai seguenti dati meteorologici osservati al suolo:

- direzione ed intensità del vento;

- temperatura e umidità relativa dell'aria;
- pressione atmosferica;
- copertura del cielo;
- precipitazioni;

dei valori dei profili verticali, ottenuti tramite radiosondaggi, di:

- direzione ed intensità del vento;
- temperatura e pressione;

ed inoltre dei dati relativi al terreno, in particolare

- altimetria;
- uso del suolo.

Attraverso l'elaborazione di questi dati, *CALMET* è in grado di determinare il valore nel tempo e nello spazio di:

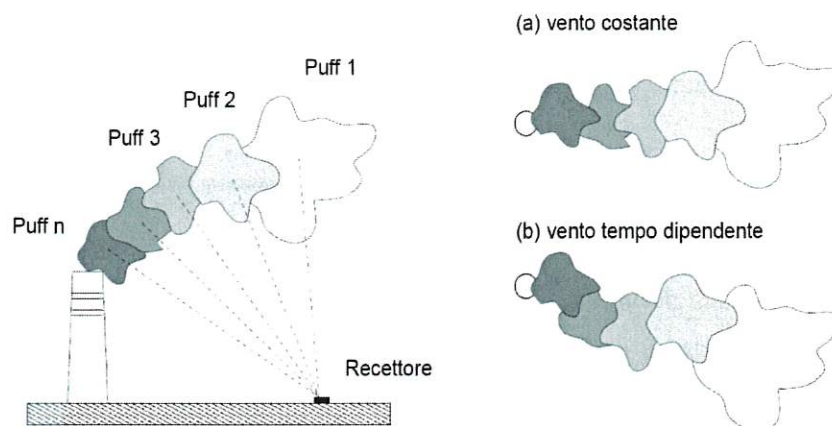
- componenti tridimensionali del vento;
- altezza di rimescolamento;
- lunghezza di Monin-Obukhov;
- classe di stabilità atmosferica, secondo Pasquille-Gifford.

#### Caratteristiche del puff e concentrazioni al suolo

Ogni *puff* emesso dalle sorgenti in esame può essere descritto mediante:

- una *massa della sostanza simulata*  $Q_k$ , contenuta al suo interno;
- un *baricentro* (o centroide) che individua la sua posizione nello spazio;
- una *condizione iniziale di moto*, funzione della temperatura e della velocità allo sbocco dell'emissione;
- una dimensione spaziale che varierà durante il moto del *puff* a causa dei fenomeni diffusivi e di turbolenza

Dopo il suo rilascio in atmosfera, ogni *puff* subisce l'azione del campo di vento tridimensionale che ne fa variare la posizione e ne determina il *trasporto*: il suo percorso sarà dunque regolato da direzione ed intensità dei venti locali. Durante tale percorso, ogni *puff* è inoltre soggetto a fenomeni diffusivi e turbolenti che ne faranno variare la dimensione. In particolare, i vortici di media e piccola dimensione, generati a livello dello strato limite planetario, vengono inglobati all'interno del *puff* facendone aumentare la dimensione e, nel contempo, diminuendone la concentrazione di odore.



**Figura 15:** dispersione di un pennacchio rappresentato come somma di emissioni discrete. Il vento ne determina il trasporto e le turbolenze su scala locale ne fanno variare la dimensione. La concentrazione al suolo viene calcolata in corrispondenza ad alcuni recettori discreti.

La ricaduta dell'odore al suolo viene calcolata in *CALPUFF* sommando il contributo di ogni singolo *puff* su alcuni generici punti dello spazio denominati *recettori*. Fissando un sistema di riferimento cartesiano centrato nel pacchetto emesso, la posizione del generico recettore è identificata dalle due coordinate  $d_c$  e  $d_a$ , che rappresentano rispettivamente la distanza trasversale e longitudinale rispetto alla direzione del vento. La concentrazione  $C$  della specie simulata in un generico recettore a distanza  $(d_c, d_a)$  dal *puff* è descritta dall'equazione:

$$C = \frac{Q_k}{2\pi\sigma_x\sigma_y} g \exp\left[-\frac{d_a^2}{2\sigma_x^2}\right] \exp\left[-\frac{d_c^2}{2\sigma_y^2}\right]$$

dove il termine  $g$  è definito dalla:

$$g = \frac{2}{\sqrt{2\pi}\sigma_z} \sum_{h=-\infty}^{\infty} \exp\left[-\frac{(H_e + 2nh)^2}{2\sigma_z^2}\right]$$

con:

- $C$  è la concentrazione di odore al suolo;
- $Q_k$  è la massa della sostanza simulata del generico *puff*  $k$ ;
- $\sigma_x, \sigma_y$  e  $\sigma_z$  sono i coefficienti di dispersione rispettivamente lungo la direzione del vento, la sua perpendicolare orizzontale e la sua perpendicolare verticale;
- $g$  è il contributo verticale della dispersione;
- $H_e$  è la quota del baricentro del *puff*;
- $h$  è l'altezza di rimescolamento.

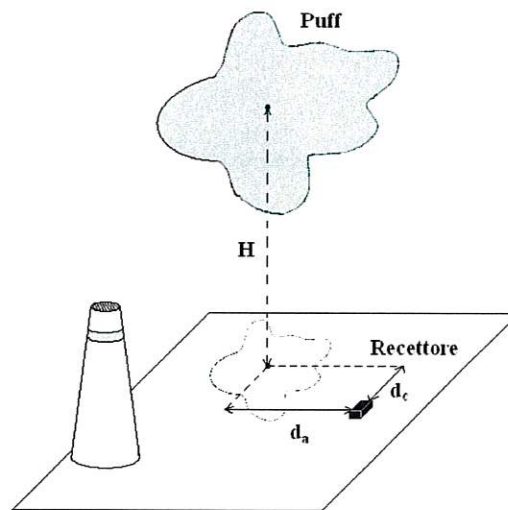


Figura 16: proiezione del puff sul piano di un generico recettore

La massa di odore  $Q_k$  del generico *puff*  $k$  può essere calcolata a partire dal tasso di emissione. Supponendo che l'emissione sia costante con tasso di emissione pari a  $q$  e che nell'intervallo di tempo  $t_2-t_1$  siano stati emessi  $N$  *puff*, si può scrivere la seguente equazione:

$$Q_k = \frac{q(t_2 - t_1)}{N}$$

Nel corso del tempo, la massa della specie simulata  $Q_k$  del generico *puff* può variare a causa di alcuni fenomeni che ne determinano l'impovertimento. Con la *deposizione umida* le sostanze simulate possono venire inglobate all'interno delle particelle aerodisperse nelle nubi, nella pioggia e nella neve con successivo trasferimento al suolo mediante precipitazione. La *deposizione secca* si verifica invece in assenza di umidità ed il trasferimento al suolo avviene per sedimentazione o per impatto. Infine, alcune specie possono andare incontro in atmosfera a *reazioni chimiche* con conseguente trasformazione della sostanza in uno o più composti diversi.

**Allegato 2: Sorgenti emissive considerate nel modello**

In azzurro sono evidenziati i dati per cui si è utilizzato lo stesso input del 2014. In arancione sono rappresentati i dati stimati sulla base di dati di aziende analoghe.

Impianto	Nome sorgente	X (km)	Y (km)	h <sub>emissione</sub> (m)	V (m/s)	Temperatura emissioni (K)	diametro emissione (m)	Polveri totali (g/s)	NO <sub>x</sub> (g/s)
ABS	E2a	364789	5096424	19,0	6,5	385	1,00	0,0136	0,9520
	E3a	364798	5096447	19,0	6,5	378	0,95	0,0125	0,8773
	E4	364832	5096351	20,0	21,2	308	0,70	0,0477	
	E5	364973	5096342	20,0	19,7	311	0,64	0,0491	
	E6	364761	5096416	23,4	20,3	311	0,89	0,0813	
	E7	364543	5096411	22,0	17,4	673	2,80	0,0711	4,9778
	E8A	364560	5096358	20,0	14,7	545	0,98	0,0116	1,1573
	E8B	364561	5096354	20,0	18,3	678	0,98	0,0078	0,7787
	E8C	364563	5096349	20,0	18,9	701	0,98	0,0083	0,8280
	E8E	364566	5096338	20,0	12,4	459	0,98	0,0126	1,2560
	E8F	364567	5096334	20,0	11,8	547	0,98	0,0114	1,1427
	E9	364522	5096369	28,0	34,7	318	1,03	0,2347	8,2154
	E11	364520	5096309	28,8	14,4	313	0,68	0,4217	
	E14	364662	5096109	20,0	13,1	305	3,01	0,2427	2,4267
	E14.1	364600	5096085	30,3	24,7	352	4,30	0,6080	6,0800
	E14.2	364605	5096066	30,3	23,9	341	4,30	0,6667	6,6667
	E15	364569	5095907	33,0	14,8	356	5,00	0,9627	9,6267
	E17	364726	5096141	51,0	27,2	892	1,60	0,0427	2,9867
E19a	365216	5096316	10,0	33,2	318	1,30	0,0788	5,5160	
E19b	365245	5096322	10,0	33,2	318	1,30	0,0978	6,8444	

Impianto	Nome sorgente	X (km)	Y (km)	h <sub>emissione</sub> (m)	V (m/s)	Temperatura emissioni (K)	diametro emissione (m)	Polveri totali (g/s)	NO <sub>x</sub> (g/s)
	E21	365032	5096236	18,0	16,6	306	1,55	0,2448	
	E22	365113	5096259	18,0	19,8	327	0,80	0,6240	
	E24a	364854	5096427	18,0	6,6	413	0,78	0,0081	0,5656
	E24b	364870	5096431	18,0	6,7	419	0,78	0,0080	0,5600
	E25	364880	5096433	28,0	4	315	0,78	0,0051	0,3593
	E26a	364856	5096476	22,0	5,9	364	1,09	0,0141	0,9893
	E26b	364867	5096479	22,0	5,8	381	1,13	0,1640	11,4800
	E27	364873	5096251	7,6	12,5	814	1,00	0,0047	0,3323
	E30	364421	5096203	16,9	13,7	301	1,00	0,0878	
	E31	364570	5096360	31,5	10,1	420	0,90	0,0188	1,8800
	E32	364588	5096417	20,0	22,3	310	0,85	0,0613	2,1467
	E33	364888	5096488	25,0	21,6	666	0,80	0,0173	1,2133
	E34	364899	5096491	25,0	25,7	762	0,76	0,0171	1,1947
	E35a	364928	5096500	5,0	7,6	673	0,60	0,0058	0,4044
	E35b	364939	5096504	5,0	7,6	673	0,60	0,0058	0,4044
	E36b	364968	5096512	18,0	9	383	1,10	0,0196	1,3689
	E37a	364944	5096418	22,0	10,2	383	1,21	0,0165	1,1573
	E37b	365001	5096434	22,0	8,4	314	1,21	0,0135	0,9427
	E38a	364660	5096246	40,0	24,6	362	0,98	0,0872	
	E38b	364674	5096238	40,0	25,5	376	0,98	0,0835	
	E39	364712	5096205	25,8	23	308	1,60	0,3787	13,2533
	E47	364670	5096329	28,0	13,2	511	2,00	0,0263	1,8387

Impianto	Nome sorgente	X (km)	Y (km)	h <sub>emissione</sub> (m)	V (m/s)	Temperatura emissioni (K)	diametro emissione (m)	Polveri totali (g/s)	NO <sub>x</sub> (g/s)
	E56	364686	5096272	31,1	12,7	665	1,01	0,0162	1,1345
	E57	365247	5096352	16,5	6,1	673		0,0022	0,1556
	E58	365274	5096361	10,0	6,1	328	0,59	0,0050	0,3472
	E59a	365316	5096371	17,0	6,1	673	0,60	0,0022	0,1556
	E59b	365341	5096376	17,0	6,1	673	0,60	0,0022	0,1556
	E60	365350	5096341	22,0	6,1	673	1,22	0,0093	0,6502
	E61	365420	5096362	22,0	4	673	1,22	0,0060	0,4200
	E62	365388	5096353	22,0	3,2	673	1,22	0,0049	0,3422
	E63	365450	5096373	22,0	3,2	673	1,22	0,0049	0,3422
	E64	365360	5096305	17,0	17	308	1,00	0,0711	
	E65	364763	5096399	23,9	44,2	312	0,80	0,0731	
	E66	365240	5095579	12,0	24,2	319	1,60	0,1541	5,3947
	E68	365361	5095605	7,8	20,4	304	0,90	0,1101	3,8547
	E71	365128	5096339	24,0	2,1	370	1,50	0,0171	1,1963
	E73	365234	5096372	24,0	6,1	673	1,20	0,0089	0,6222
	E74	365339	5096400	24,0	6,1	673	1,20	0,0089	0,6222
	E75	365194	5096363	24,0	18,9	308	0,70	0,0356	
	E76	365283	5096382	24,0	18,9	308	0,7	0,0356	
	E77	365076	5096223	19,0	18,5	309	0,39	0,0046	
	E78	364816	5096955	8,0	13,4	481	1,00	0,0489	3,4222
	E79	365014	5097012	19,0	10,4	324	1,10	0,0267	1,8667
	E80	364330	5096760	55,0	17,9	353	6,50	1,4711	14,7111



Impianto	Nome sorgente	X (km)	Y (km)	h <sub>emissione</sub> (m)	V (m/s)	Temperatura emissioni (K)	diametro emissione (m)	Polveri totali (g/s)	NOx (g/s)
	E81	364605	5096854	48,5	18,2	363	1,02	0,0569	
	E82	364588	5096925	48,5	20,5	363	1,17	0,0853	
Burello	E1	-	-	9,0	9,03	293,15	0,42		
	E3	-	-	9,0	8,96	293,15	0,80		
	E4	-	-	9,0	9,01	293,15	0,46	0,0048	
	E5	-	-	9,0	9,31	293,15	0,39	0,0036	
	E6	-	-	9,0	9,22	293,15	0,48		
	E7	-	-	9,0	8,96	293,15	0,80		
Cmt Utensili	E2			10	9,26	293,15	0,29	0,0039	
	E3			10	9,50	293,15	0,64	0,0196	
	E4			10	9,07	293,15	0,79	0,0284	
	E14			10	9,05	293,15	0,65	0,0192	
	E16			11	9,80	293,15	0,19	0,0018	
	E17			10	3,84	303,15		0,0039	
	E18			10	13,02	303,15		0,0080	
	E19			8	6,24	303,15		0,0020	
CAPAI Srl	E1	365,977	5096,129	10	5,03	293,15	1,03	0,0083	
	E2	365,977	5096,129	10	4,98	293,15	1,03	0,0084	
Cromofriuli	E1	366,355	5094,461	9,0	5,97	293,15		0,0024	
	E2	366,355	5094,461	9,0	8,66	293,15		0,0027	

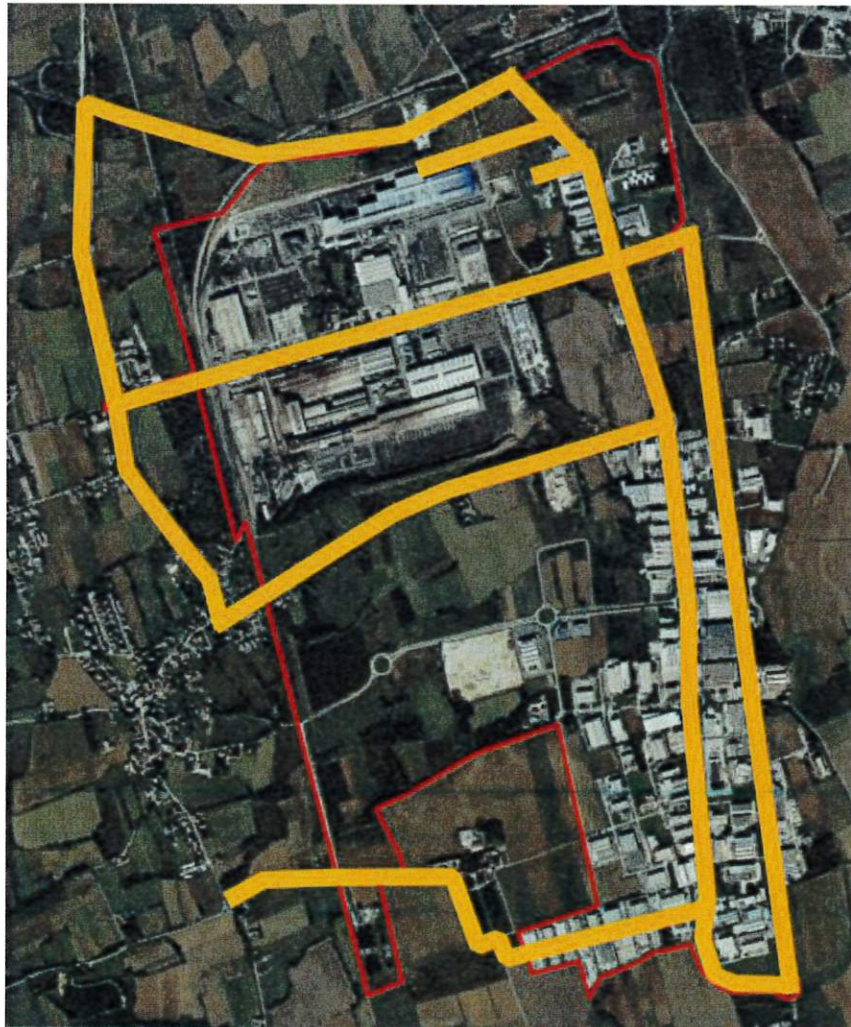
Impianto	Nome sorgente	X (km)	Y (km)	h <sub>emissione</sub> (m)	V (m/s)	Temperatura emissioni (K)	diametro emissione (m)	Polveri totali (g/s)	NO <sub>x</sub> (g/s)
	E6	366,355	5094,461	13,5	17,00	304,15		0,0055	
	E14	366,355	5094,461	13,0	8,40	297,15		0,0156	
Dalmasson Foratura S.r.l.	E1	366,027	5094,627	8,0	3,70	298,15	0,76	0,0053	
	E2	366,027	5094,627	8,0	3,70	298,15	0,76	0,0053	
Emmebi	E1			11	25,16	293,15	0,30	0,0114	
	E7			6,3	18,02	293,15	0,94	0,0240	
	E8			11	11,04	293,15	0,22	0,0027	
	E9			10,4	7,52	293,15	0,40	0,0060	
Facs Fucine	E1	366,217	5095,693	9,9	9,31	293,15	0,37	0,0032	0,2240
	E2	366,217	5095,693	9,9	9,56	293,15	0,38	0,0035	0,2427
	E5	366,217	5095,693	15,5	9,03	293,15	0,28	0,0018	0,1244
	E8	366,217	5095,693	15,5	9,14	293,15	0,44	0,0044	0,3111
	E12	366,217	5095,693	10,4	9,18	293,15	0,34	0,0027	0,1867
	E13	366,217	5095,693	17,8	9,03	293,15	0,42	0,0040	0,2800
	E14	366,217	5095,693	12	9,05	293,15	0,37	0,0031	0,2178
	E15	366,217	5095,693	16,4	9,31	293,15	0,39	0,0036	0,2489
	E19	366,217	5095,693	17	9,31	293,15	0,39	0,0036	0,2489
	E16	366,217	5095,693	11	9,26	293,15	0,57	0,0076	
	E17	366,217	5095,693	16,4	9,03	293,15	0,56	0,0071	0,7111
E18	366,217	5095,693	17,51	9,26	293,15	0,57	0,0076	0,7556	
E20	366,217	5095,693	17,51	9,22	293,15	0,48	0,0053	0,5333	
Faggiani s.r.l.	E1	366,136	5095,848	8,5	19,44	298,15	0,50	0,0075	

Impianto	Nome sorgente	X (km)	Y (km)	h <sub>emissione</sub> (m)	V (m/s)	Temperatura emissioni (K)	diametro emissione (m)	Polveri totali (g/s)	NOx (g/s)
	E2	366,136	5095,848	7,5	10,00	300,15	0,25	0,0010	
Fibranet s.r.l.	E1	365,925	5094,606	15	9,19	293,15	0,76		0,2667
	E2	365,925	5094,606	16	9,05	293,15	0,65	0,0096	
	E3	365,925	5094,606	16	9,04	293,15	0,86	0,0168	
	E4	365,925	5094,606	15	9,18	293,15	0,68		
Fluidotecnica impianti s.r.l.	E1	366,112	5096,065	8	9,80	282,85	0,48	0,0046	
Friulmac S.p.a.	E1	366,015	5095,119	9	4,42	296,85	0,40	0,0036	
	E2	366,015	5095,119	9	7,94	294,65	0,70	0,0059	
	E3	366,015	5095,119	9	12,74	296,05	0,50	0,0048	
G.Z. Trasformazione Lamiere S.r.l.	E1			8,4	17,01	293,15	0,55	0,0213	
	E2			7,5	15,22	293,15	0,40	0,0123	
GEM Matthews International S.r.l.	E1			8	8,67	293,15	0,70	0,0427	
Gervasoni S.p.a.	E3	366,231	5095,404	6	21,26	294,15	0,43	0,0089	
	E5	366,231	5095,404	6	9,43	297,15	0,90	0,0009	

Impianto	Nome sorgente	X (km)	Y (km)	h <sub>emissione</sub> (m)	V (m/s)	Temperatura emissioni (K)	diametro emissione (m)	Polveri totali (g/s)	NOx (g/s)
	E6a	366,231	5095,404	6	7,29	294,15	0,70	0,0024	
	E6b	366,231	5095,404	6	6,78	293,15	0,70	0,0079	
	E6c	366,231	5095,404	6	12,27	295,15	0,70	0,0020	
	E6d	366,231	5095,404	6	13,49	294,15	0,70	0,0157	
	E6f	366,231	5095,404	7	12,41	294,15	0,70	0,0158	
	E7	366,231	5095,404	6	1,75	297,15	0,83	0,0001	
	E8	366,231	5095,404	9	3,81	301,15	0,83	0,0003	
	M.M.	E2			8,8	4,91	293,15	0,60	0,0044
E1				9,2	6,86	293,15	0,70	0,0084	
E3				9,7	4,19	293,15	0,65	0,0044	
E5				8,2	5,26	293,15	0,55	0,0040	
E4				10,9	9,95	293,15	0,80	0,0160	
E6				8,6	13,40	293,15	0,65	0,0142	
E7				8,6	13,40	293,15	0,65	0,0142	
E1 impianto 2				10,2	15,92	293,15	0,40	0,0064	
Mac S.r.l.s.	E1			9	9,14	293,15	0,88	0,0107	
	E4			10	9,05	293,15	1,37	0,0256	

Impianto	Nome sorgente	X (km)	Y (km)	h <sub>emissione</sub> (m)	V (m/s)	Temperatura emissioni (K)	diametro emissione (m)	Polveri totali (g/s)	NOx (g/s)
	E5			8	9,16	293,15	0,52	0,0124	
Nardi snc di Nardone & Di Leonardo	E1	366,151	5094,868	11	19,00	298,15	0,30	0,0085	
Neon Arco s.r.l.	E1	365,725	5097,014	3	5,45	291,35	0,70	0,0018	
O.T.P. S.r.l.	E1	366,056	5095,374	6	7,31	301,15	0,99	0,0039	
	E2	366,056	5095,374	6	9,86	301,15	0,40	0,0005	0,0009
	E3	366,056	5095,374	6	11,82	301,15	0,50	0,0012	0,0017
	E4	366,056	5095,374	6	26,11	301,15	0,40	0,0018	
Prefor s.r.l.	E1	365,856	5095,103	10	7,00	291,15	0,50	0,0042	
Quickwood s.r.l.	E1	365,957	5095,285	11,4	16,60	298,15	0,30	0,0038	
Rizzani De Eccher s.p.a.	E14	365,489	5096,613	14,4	12,24	298,15	0,45	0,0124	
	E13	365,489	5096,613	13,8	8,39	298,15	0,45	0,0085	
	E12	365,489	5096,613	13,8	8,39	298,15	0,45	0,0085	
	E11	365,489	5096,613	13,8	12,45	298,15	0,50	0,0156	
SACER Uliana Luciano S.r.l.	E1	365,866	5094,808	10	14,25	284,35	0,50	0,0044	
Servizi Italia S.p.a.	E1	366,362	5094,388	8,5	4,85	486,85	0,71		0,3909
	E2	366,362	5094,388	8,5	4,33	478,25	0,71		0,4137

Impianto	Nome sorgente	X (km)	Y (km)	h <sub>emissione</sub> (m)	V (m/s)	Temperatura emissioni (K)	diametro emissione (m)	Polveri totali (g/s)	NOx (g/s)
Tecnocom S.p.a.	E1			15,6	9,03	293,15	1,22	0,0203	
	E2			15,6	9,03	293,15	1,22	0,0203	
	E3			13	9,22	293,15	0,48	0,0107	
Tecnomaster S.p.a.	E4	366,119	5094,756	10	9,44	293,15	0,30	0,0043	
Unia s.r.l.	E1	366,018	5095,791	9	8,09	290,15	0,70	0,0013	
	E2	366,018	5095,791	9	8,35	291,15	0,70	0,0014	
	E3	366,018	5095,791	10	9,61	291,15	0,65	0,0023	
Zincatura Pellizzari s.r.l.	E3	366200	5095108	6,0	15,60	293,15	0,60	0,0133	0,3333
Zorzini S.p.a.	E1	365,802	5094,268	9,28	11,32	298,15	0,50	0,0071	
	E2	365,802	5094,268	9,28	11,32	298,15	0,50	0,0071	
	E3	365,802	5094,268	10,78	19,11	298,15	0,72	0,0249	
	E4	365,802	5094,268	8,8	11,80	298,15	0,60	0,0107	



In arancione sono evidenziati gli assi viari presi in considerazione nel modello di dispersione.