

Analisi degli effetti sulla qualità
dell'aria delle emissioni dell'impianto
di termovalorizzazione di Brianza
Energia Ambiente S.p.A localizzato
nel Comune di Desio (MB)

SEA-RT 10/17
Cinisello Balsamo, Maggio 2017

Studio modellistico degli impatti sulla qualità dell'aria delle emissioni dell'impianto di termovalorizzazione di Brianza Energia Ambiente localizzato nel Comune di Desio (MB)

Rif. SEA-RT 10/17

Maggio 2017



Dott. Ing. Daniele Fraternali
direttore del progetto



Dott. Ing. Alberto Girotti



Dott. Lorella Mignanego

INDICE

1. PREMESSA	4
2. Dati meteorologici utilizzati per l'input al modello	5
2.1. <i>Dati meteorologici di riferimento</i>	5
2.2. <i>Descrizione dei dati anemologici</i>	7
2.3. <i>Stabilità atmosferica</i>	9
3. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SULLA QUALITA' DELL'ARIA	10
3.1. <i>Dati di input al modello di simulazione</i>	10
3.2. <i>Metodologia adottata nelle simulazioni</i>	11
3.2.1. <i>Il modello CALPUFF dell'US EPA</i>	11
3.2.2. <i>Definizione del dominio e della griglia di calcolo</i>	11
3.3. <i>Risultati delle simulazioni con il modello matematico CALPUFF</i>	13
4. ALLEGATI	14

1. PREMESSA

Il presente documento riporta i risultati dello studio modellistico effettuato per analizzare le ricadute al suolo degli inquinanti emessi dall'impianto di termovalorizzazione, con recupero di energia, di rifiuti solidi urbani e rifiuti speciali localizzato nel comune di Desio (MB).

L'analisi dell'impatto sul territorio delle emissioni generate dal camino dell'impianto è stata effettuata mediante l'utilizzo di un modello matematico di dispersione degli inquinanti in atmosfera. Nello specifico le simulazioni sono state effettuate con il modello di dispersione non stazionario (modello a puff) denominato "Calpuff" e realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resource Board e dell'US-EPA.

Il camino è stato considerato sorgente puntuale di NOx, utilizzato come inquinante tracciante per l'analisi della dispersione in atmosfera degli inquinanti emessi.

I dati meteorologici necessari alla costruzione dell'input al modello Calpuff sono stati forniti da Arpa Emilia-Romagna. I dati LAMA (Limited Area Meteorological Analysis) prodotti da simulazioni del modello meteorologico COSMO e prodotti con frequenza oraria per un intero anno solare, sono specifici per le applicazioni legate agli studi modellistici per la qualità dell'aria. I dati sono relativi all'area di studio e all'anno 2016.

I dati di input al modello inerenti il camino di emissione sono stati dedotti dalla documentazione AIA trasmessa dal Comune di Desio.

I risultati delle simulazioni modellistiche della dispersione in atmosfera degli inquinanti simulati sono rappresentati mediante mappe di isoconcentrazione a livello del suolo, sovrapposte ad una base cartografica che rappresenta il dominio di simulazione. I risultati delle simulazioni vengono forniti anche in forma digitale per consentire eventuali ulteriori elaborazioni.

Nei paragrafi successivi verranno descritti in maggiore dettaglio:

- i dati meteorologici utilizzati come input al modello di simulazione;
- i dati di input della sorgente di emissione;
- il modello utilizzato e la metodologia di simulazione;
- i risultati ottenuti.

2. DATI METEOROLOGICI UTILIZZATI PER L'INPUT AL MODELLO

2.1. Dati meteorologici di riferimento

Lo studio modellistico dell'impatto delle emissioni in atmosfera dell'impianto in progetto è stato effettuato utilizzando i dati meteorologici forniti da Arpa Emilia Romagna.

I dati orari provengono dal dataset LAMA (Limited Area Meteorological Analysis) che è stato prodotto sfruttando le simulazioni del modello meteorologico COSMO e le osservazioni della rete meteorologica internazionale (dati GTS). Il modello COSMO è il modello di riferimento italiano per le previsioni del tempo a breve termine (rif. www.arpa.emr.it). I dati utilizzati sono relativi all'intero anno 2016 e alla cella di calcolo che comprende l'impianto di Desio.

In *Tabella 2-1* sono elencati i parametri richiesti per la costruzione dell'input meteorologico al modello matematico di simulazione Calpuff.

I dati restituiti descrivono il profilo verticale di temperatura, direzione e velocità del vento per 20 quote a partire da 10 m fino a 3'764 m. Gli altri parametri si riferiscono alla sola quota superficiale.

Parametro	Livelli	Unità di misura	Abbreviazione
Temperatura	2m, 3D	K	Temp
Direzione vento ⁽¹⁾	2m, 3D	Gradi	Dir-wind
Modulo vento	2m, 3D	m/s	Mod-wind
Classe di stabilità ⁽²⁾	Superficie	1-6	Stab.cl
Friction velocity	Superficie	m/s	Ustar
Altezza di rimescolamento	Superficie	m	Mixing-H
Lungh. di Monin-Obukov	Superficie	m	Monin-Ob
Convective velocity scale	Superficie	m/s	Wstar
Radiazione visibile netta ^(3,4)	Superficie	W/m ²	SW_Budg
Radiazione infrarossa netta ^(3,4)	Superficie	W/m ²	LW_Budg
Flusso di calore latente ^(3,4)	Superficie	W/m ²	LHF
Flusso di calore sensibile ^(3,4)	Superficie	W/m ²	SHF
Copertura nuvolosa ⁽⁴⁾	Superficie	%	TCC

1. Direzione di provenienza, contata in senso orario a partire da Nord.
2. Il valore 1 corrisponde alla classe "A", 2 alla classe "B" e così via
3. Flussi e radiazioni hanno segno positivo se la superficie assorbe energia. La radiazione netta (visibile o infrarossa) corrisponde alla differenza tra radiazione incidente e radiazione emessa.
4. Parametri disponibili dal 1/1/2006
5. 10 livelli ad altezza costante dal suolo, da 10 a 2500 m (8 livelli nei primi 1000 m di atmosfera)

Tabella 2-1 Lista dei parametri che compongono il file di dati Lama elaborato da Arpa EMR

Il data-set orario fornito da Arpa Emilia-Romagna è accompagnato anche da un file contenente alcuni parametri di statistica descrittiva relativi alle diverse variabili meteorologiche.

In *Tabella 2-2* è presentato, per ciascun parametro di *Tabella 2-1*, il valore medio, massimo, minimo, deviazione standard e il numero di dati orari disponibili (99.6%). Per temperatura e vento sono riportati i dati relativi alle prime 10 quote.

Parametro	Quota (m)	Media	Massimo	Minimo	Deviazione standard	Dati orari validi
Temperatura (K)	10	286.6	306.1	267.8	8.0	8748
Temperatura (K)	34	286.5	305.7	267.9	7.9	8748
Temperatura (K)	68	286.5	305.3	268.2	7.8	8748
Temperatura (K)	114	286.4	304.8	268.7	7.7	8748
Temperatura (K)	175	286.3	304.1	269.0	7.5	8748
Temperatura (K)	254	286.1	303.4	269.6	7.3	8748
Temperatura (K)	351	285.6	302.4	270.2	7.2	8748
Temperatura (K)	468	285.0	301.2	269.5	7.0	8748
Temperatura (K)	607	284.1	299.9	269.2	6.8	8748
Temperatura (K)	767	283.2	298.3	268.6	6.7	8748
Direzione vento (°N)	10	171.1	360	0	119.3	8748
Direzione vento (°N)	34	168.6	360	0	118.6	8748
Direzione vento (°N)	68	166.5	360	0	117.7	8748
Direzione vento (°N)	114	165.0	360	0	117.1	8748
Direzione vento (°N)	175	165.4	360	0	115.9	8748
Direzione vento (°N)	254	167.7	360	0	112.4	8748
Direzione vento (°N)	351	169.6	360	0	107.9	8748
Direzione vento (°N)	468	172.9	360	0	104.2	8748
Direzione vento (°N)	607	175.2	360	0	103.1	8748
Direzione vento (°N)	767	178.3	360	0	103.1	8748
Modulo vento (m/s)	10	1.7	11.0	0.0	1.0	8748
Modulo vento (m/s)	34	2.2	15.9	0.0	1.4	8748
Modulo vento (m/s)	68	2.7	18.9	0.0	1.8	8748
Modulo vento (m/s)	114	3.1	21.4	0.0	2.1	8748
Modulo vento (m/s)	175	3.4	24.0	0.0	2.4	8748
Modulo vento (m/s)	254	3.6	27.8	0.0	2.7	8748
Modulo vento (m/s)	351	3.8	31.9	0.1	3.0	8748
Modulo vento (m/s)	468	3.9	33.4	0.0	3.3	8748
Modulo vento (m/s)	607	4.1	33.2	0.0	3.5	8748
Modulo vento (m/s)	767	4.1	31.7	0.0	3.7	8748
Classe di stabilità (1-6)	0	4.3	6	1	1.6	8748
Friction velocity (m/s)	0	0.3	1.6	0	0.2	8748
Altezza di rimescolamento (m)	0	409.3	2500	130	484.3	8748
Lungh. Di Monin-Obukhov (m)	0	8.4	1000	-1000	257.8	8748
Convective velocity scale (m/s)	0	0.7	3.2	0	0.6	8748
Radiazione visibile netta (W/m2)	0	127.7	846	0	205.2	8748
Radiazione infrarossa netta (W/m2)	0	-59.3	15.8	-180.4	42.2	8748
Flusso di calore latente (W/m2)	0	-48.9	45	-416	63.9	8748
Flusso di calore sensibile (W/m2)	0	-19.8	225.3	-439.3	79.9	8748
Copertura nuvolosa (%)	0	65	100	0	42.6	8748

Tabella 2-2 Massimo, minimo, media, deviazione standard, numero di dati validi (Anno 2016)

2.2. Descrizione dei dati anemologici

I dati di direzione e velocità del vento sono stati elaborati per costruire le “rose dei venti” che descrivono la frequenza di provenienza del vento dalle diverse direzioni, includendo anche l'informazione relativa alla velocità.

Le simulazioni effettuate con i dati meteorologici LAMA e il modello Calpuff tengono conto delle variazioni di temperatura, direzione e velocità del vento all'aumentare della quota.

In *Figura 2-1*, *Figura 2-2* e *Figura 2-3* sono riportate le rose dei venti complessive ottenute alle prime tre quote (10 m, 33 m e 67 m) fornite dal modello meteo per il sito di Desio.

La rosa complessiva alla quota di 10 m presenta componenti principali che provengono dai settori compresi tra Nord e Nord-Est. Si notano inoltre componenti secondarie disposte lungo l'asse Est-Ovest. Meno frequenti sono gli eventi provenienti dai settori posti a Sud.

Alla quote superiori di 33 m e 67 m, la struttura anemologica è comparabile, con prevalenza delle direttrici dai settori a Nord. La velocità del vento tende invece ad aumentare con la quota.

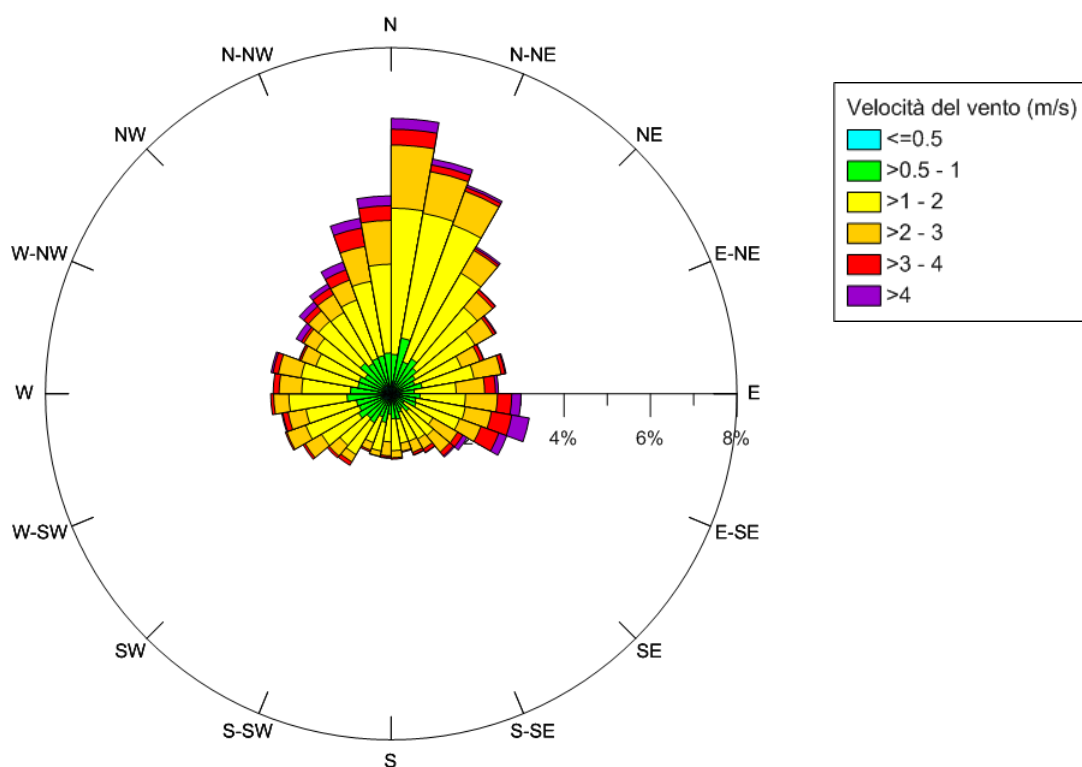


Figura 2-1 Rosa dei venti complessiva – Quota 10 m (Anno 2016)

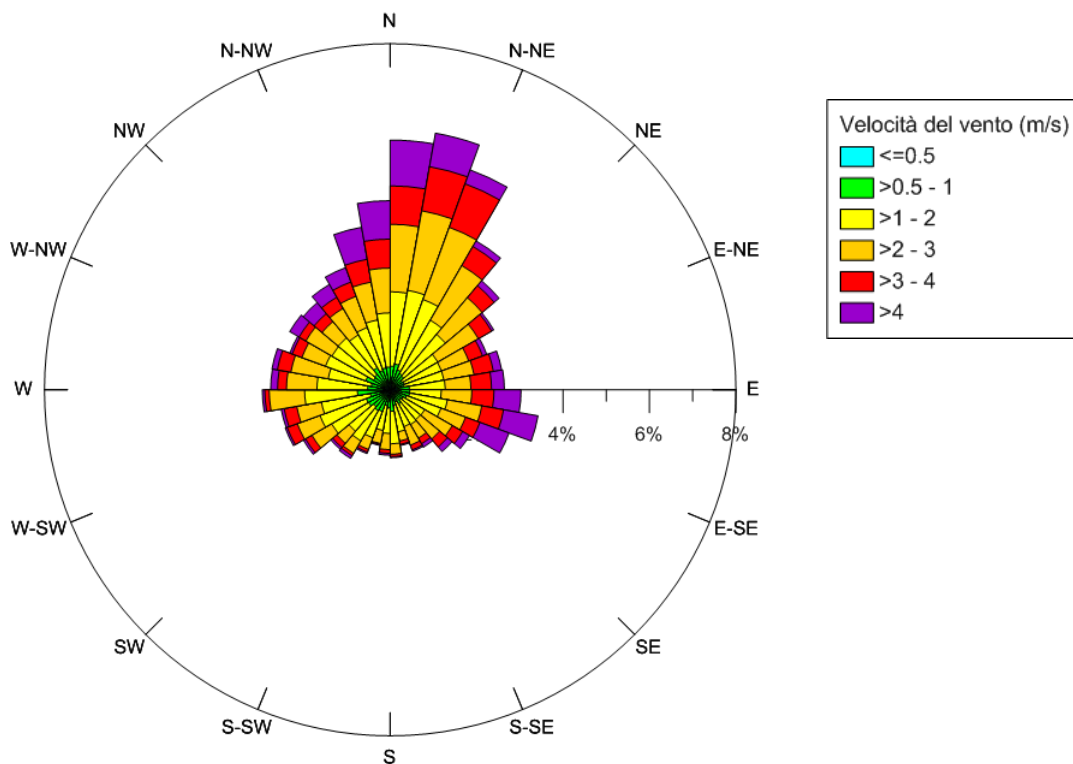


Figura 2-2 Rosa dei venti complessiva – Quota 33 m (Anno 2016)

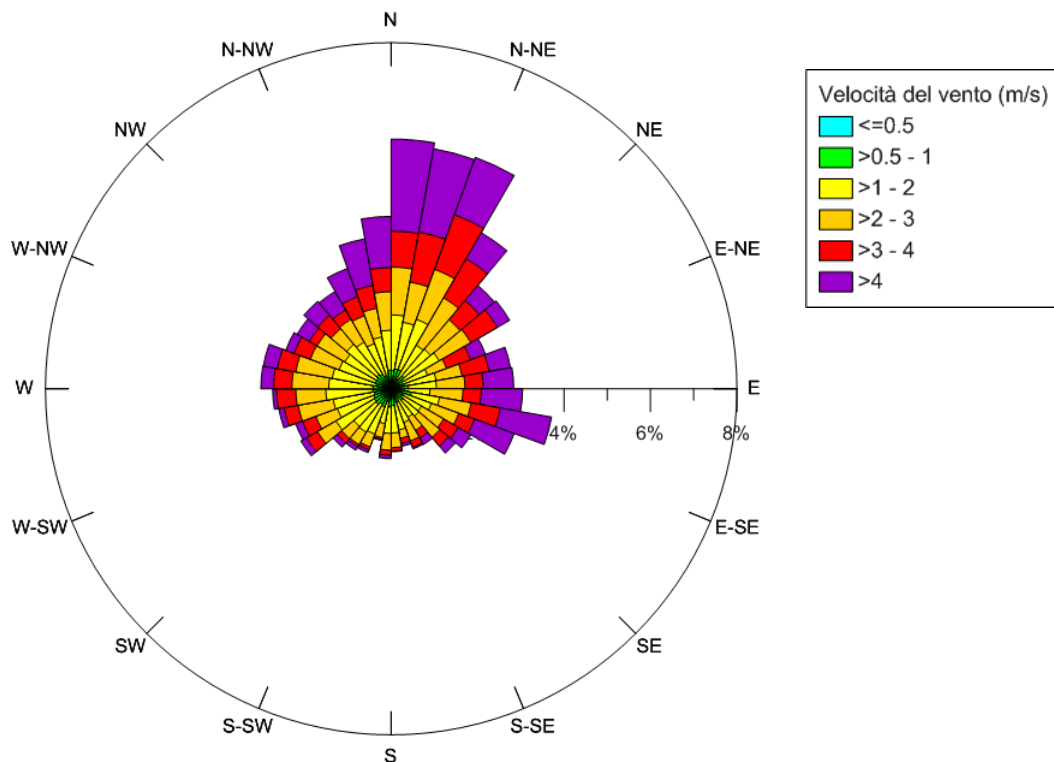


Figura 2-3 Rosa dei venti complessiva – Quota 67 m (Anno 2016)

In *Tabella 2-3* è riportata la ripartizione degli eventi anemologici in base alle classi di velocità utilizzate nel grafico della rosa dei venti.

La classe di velocità del vento più frequente è quella tra 1 e 2 m/s che, alla quota di 10 m, include il 47% degli episodi anemologici complessivi dell'anno 2016. Come già osservato nei grafici delle rose dei venti, la velocità del vento aumenta con la quota; gli episodi di calma di vento sono più frequenti alla quota di 10 m.

	Quota 10 m	Quota 33 m	Quota 67 m
Velocità del vento m/s	Frequenza %	Frequenza %	Frequenza %
<=0,5	5.7	4.2	3.7
0,5-1,0	20.7	12.6	9.8
1,0-2,0	47.4	35.3	29.0
2,0-3,0	18.1	26.4	23.5
3,0-4,0	5.2	12.0	15.5
>4	2.8	9.5	18.5
Totale	100	100	100

Tabella 2-3 Percentuale di ore nell'anno 2016 in rapporto alla velocità del vento e alla quota

2.3. Stabilità atmosferica

Le classi di stabilità sono un parametro che viene utilizzato per descrivere sinteticamente l'intensità della turbolenza atmosferica rispetto ad altri parametri più complessi quali ad esempio la Lunghezza di Monin-Obukhov che entra invece come dato di input al modello Calpuff.

In *Tabella 2-4* è riportato il conteggio, per l'anno 2016, delle ore appartenenti alle sei classi di stabilità ottenuto dai dati forniti da Arpa Emilia-Romagna.

Classi di stabilità	Definizione	Occorrenze nel 2016	
		n.	%
A	Fortemente instabili	383	4.4
B	Moderatamente instabili	1508	17.2
C	Debolmente instabili	551	6.3
D	Neutre	2701	30.7
E	Debolmente stabili	551	6.3
F	Stabili	3090	35.2
	Totale	8'784	100

Tabella 2-4 Numero e percentuale di ore nell'anno 2016 appartenenti alle sei classi di stabilità

In sintesi, le situazioni convettive e neutre rappresentano rispettivamente il 28% e il 31% dei casi, mentre le situazioni stabili, più frequenti, si verificano nel 41% delle ore di un anno.

3. VALUTAZIONE DEGLI IMPATTI SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

3.1. Dati di input al modello di simulazione

Dal punto di vista modellistico il camino dell'impianto è stato considerato come una sorgente puntuale di emissione di NO_x, considerato come inquinante tracciante per lo studio modellistico delle ricadute sul territorio circostante.

Le caratteristiche geometriche e fisiche della sorgente oggetto di simulazione sono riportate in *Tabella 3-1*.

BEA - Desio		E1 - impianto di incenerimento (su 2 linee)
Coordinata x (UTM-WGS 84)	m	514'000
Coordinata y (UTM-WGS 84)	m	5'050'792
Portata massima di progetto (secca)	Nmc/h	110'000
	Nmc/s	30.6
Portata reale	mc/h	168'393
	mc/s	46.8
Temperatura fumi allo sbocco	°C	145
	°K	418.15
Altezza camino	m	47
Diametro camino	m	2.00
Sezione	m ²	3.14
Velocità fumi allo sbocco	m/s	14.89
Profilo di funzionamento	ore/giorno	24
Concentrazione di inquinanti 11% O ₂ fumi secchi		
NO _x (NO ₂)	mg/Nm ³	200
Emissione di inquinanti		
NO _x (NO ₂)	g/s	6.11

Tabella 3-1 Caratteristiche emissive e geometriche del camino E1

I dati sono stati ricavati dall'autorizzazione con varianti di rinnovo AIA n.ro 5942 del 02/07/2013, in particolare dall'attività IPPC 1 impianto di incenerimento di rifiuti urbani con capacità > a 3 t/h.

L'impianto funziona su due linee che confluiscono nello stesso camino. La portata utilizzata è quella massima di progetto ovvero 55'000 Nm³/h per linea.

Le concentrazioni limite di inquinanti si riferiscono alla DGR 3019/12 e sono relativi ai valori medi giornalieri.

Il ciclo di funzionamento dell'impianto è continuo 24 ore su 24 e viene fermato 1 volta all'anno per eseguire le manutenzioni ordinarie: modellisticamente la sorgente simulata viene considerata, cautelativamente, come operante per tutto l'anno.

3.2. Metodologia adottata nelle simulazioni

L'analisi dell'impatto sul territorio delle emissioni del termovalorizzatore di Desio è stata effettuata mediante l'impiego del modello matematico *Calpuff* per la simulazione della dispersione in atmosfera degli inquinanti emessi.

3.2.1. Il modello CALPUFF dell'US EPA

Il modello utilizzato è il modello Calpuff, un modello di dispersione non stazionario, con approccio lagrangiano a puff, realizzato dalla Earth Tech Inc. per conto del California Air Resource Board e dell'US EPA. Calpuff, con la sua catena di pre-processor (Calmet) e post-processor (Calpost) è uno dei "preferred models – recommended for regulatory use" adottati ufficialmente dall'US EPA, come risulta dalle Linee Guida del registro federale dei modelli per la qualità dell'aria (Guideline on Air Quality Models, Federal Register – Appendix W N. 72, April 15, 2003/ Rules and Regulations).

A livello nazionale italiano, Calpuff rientra per le sue caratteristiche nei modelli citati dalle linee guida RTI CTN_ ACE 4/2001 "Linee Guida per la selezione e l'applicazione dei modelli di dispersione atmosferica per la qualità dell'aria" – Agenzia Nazionale per la Protezione dell'Ambiente, Centro Tematico Nazionale – Aria Clima Emissioni 2001.

Il modello *Calpuff* si definisce di tipo lagrangiano in base alla sua formulazione algoritmica, in cui le emissioni inquinanti vengono tradotte in una sequenza di sbuffi (i puffs) che vengono simulati nella loro diffusione e dispersione in un dominio di calcolo di tipo tridimensionale. La dispersione dei singoli puff è definita in base all'evoluzione della climatologia media oraria (componente "avvettiva", responsabile dello spostamento del baricentro dei singoli puff) e alla dispersione turbolenta (componente "dispersiva", responsabile della evoluzione dimensionale dei singoli puff).

In questo tipo di modello, le calme di vento e i venti molto deboli sono interpretati come situazioni di ridotta o nulla componente di trasporto dei puff, che possono quindi simulare situazioni di possibile accumulo degli stessi.

La componente dispersiva (evoluzione dimensionale dei puff indotta dalla turbolenza atmosferica) viene simulata mediante l'impiego di parametri di nuova generazione che descrivono la turbolenza atmosferica. Tali parametri (L , Lunghezza di Monin Obuhkov; H_0 , Flusso Turbolento di calore sensibile, u^* , velocità di frizione) sono calcolati con algoritmi di stima della turbolenza atmosferica, che adottano la schematizzazione dello Strato Limite Planetario (PBL) proposta dalla moderna fisica dell'atmosfera. Questi parametri sono prodotti in generale da stazioni meteorologiche avanzate (dotate di anemometro ultrasonico triassiale) ma possono essere stimati, in modo necessariamente approssimato, anche a partire dai dati disponibili prodotti da postazioni meteo convenzionali.

3.2.2. Definizione del dominio e della griglia di calcolo

Per effettuare una simulazione, oltre ai dati di input, occorre definire un dominio territoriale entro il quale vengono effettuati i calcoli modellistici.

Il dominio definito per le simulazioni delle sorgenti considerate è rappresentato in *Figura 3-1* e ha un raggio di 5 km intorno all'impianto.

Le coordinate del dominio sono riportate in *Tabella 3-2* e sono riferite al sistema WGS 84 come richiesto dal modello Calpuff.

	EST - OVEST	NORD – SUD
Min (m)	509'500	5'045'500
Max (m)	519'500	5'055'500

Tabella 3-2 Coordinate del dominio territoriale (WGS 84, ZONA32)

Il dominio di simulazione scelto interessa il comune di Desio e i comuni confinanti nell'intorno dell'impianto.

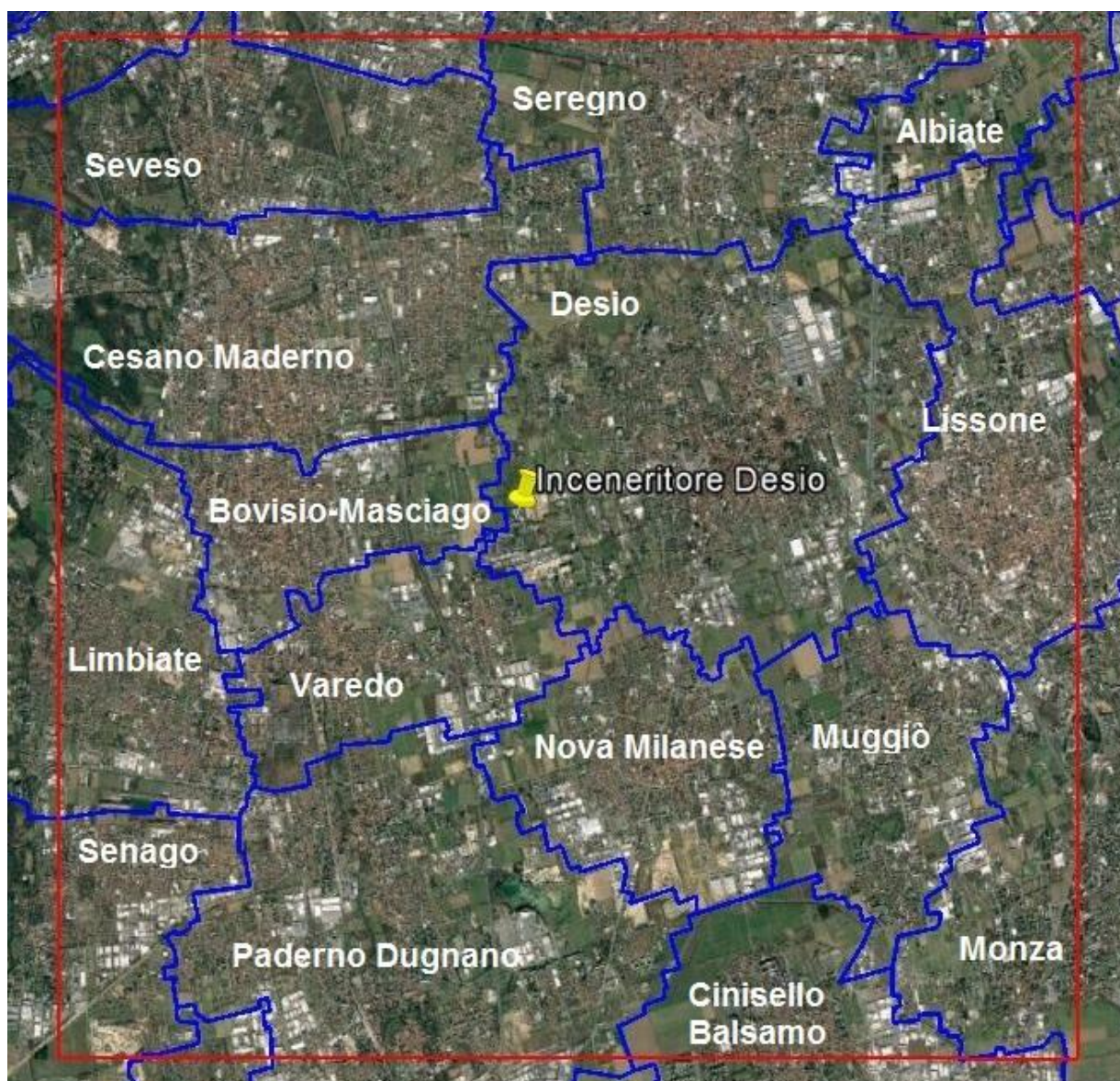


Figura 3-1 Dominio della simulazione (in rosso) e localizzazione dell'impianto

Al dominio di simulazione è stata sovrapposta una griglia di calcolo regolare composta da 201 punti nella direzione x e 201 punti nella direzione y, per un totale di 40'401 punti recettori.

I punti della griglia di calcolo sono equispaziati di 50 metri in direzione x e 50 metri in direzione y. Su questo stesso dominio territoriale verranno sovrapposti i risultati delle simulazioni rappresentati mediante curve di isoconcentrazione.

3.3. Risultati delle simulazioni con il modello matematico CALPUFF

I dati di input ora descritti, inerenti la meteorologia e la sorgente di emissione, vengono acquisiti dal modello matematico, che simula per ogni ora dell'anno e per tutti i punti della griglia di calcolo la dispersione in atmosfera delle sostanze inquinanti emesse dall'impianto.

Il modello produce in uscita il valore della concentrazione al suolo della sostanza inquinante considerata *per ognuna delle 8'784 ore simulate e in ogni punto della griglia di calcolo*. Successivamente, i dati sono stati rielaborati per calcolare i parametri statistici stabiliti dalla normativa italiana per la tutela della qualità dell'aria (D.Lgs. 155/10).

Per quanto riguarda gli NOx, dai risultati delle simulazioni orarie su base annua vengono calcolati i due parametri statistici per la protezione della salute umana che il D.Lgs.155/10 ha stabilito per il solo NO₂ che è una frazione degli NOx totali emessi dal camino:

- il 99.8-mo percentile orario delle concentrazioni orarie di NOx;
- la media annua delle concentrazioni orarie di NOx.

Infine, ognuno dei parametri calcolato per stimare l'impatto dell'impianto è rappresentato mediante una *mappa di isoconcentrazione* delle ricadute al suolo sovrapposte alla cartografia territoriale. Le mappe, in formato A3, sono allegate alla relazione (*Tabella 3-3*).

Tavola	Inquinante	Parametro
Tavola 1	NOx	99.8-mo percentile orario
Tavola 2	NOx	Media annua

Tabella 3-3 Elenco delle tavole allegate

Le ricadute al suolo di NOx si dispongono sul territorio in base alle direzioni del vento evidenziate dal grafico della rosa dei venti (*Figura 2-1*).

La struttura delle ricadute al suolo di altri inquinanti emessi dalla citata sorgente sarà analoga, a parità di elaborazione statistica, a meno della correzione quantitativa proporzionale ai quantitativi emessi dalle diverse sostanze inquinanti associate ai fumi di combustione.

Tavola 1: la concentrazione di NOx stimata dal modello come 99.8-mo percentile orario nel punto di massima ricaduta è pari a **28.7** µg/m³. I valori delle ricadute di NOx sul territorio decrescono allontanandosi dal camino di emissione nel modo visualizzato dalle curve di isoconcentrazione definite nella mappa.

Il valore minimo mappato è pari a 10 µg/m³ che corrisponde al 5% del limite di legge pari a **200** µg/m³. Il territorio non compreso nelle curve di isoconcentrazione è soggetto a ricadute di NOx inferiori al livello minimo riportato nelle mappe citate.

Si tenga presente che il confronto dei valori stimati dal modello con il limite normativo è cautelativo in quanto, come già riportato, è stato stabilito per il solo NO₂ che è una frazione degli NOx totali emessi dall'impianto.

Tavola 2: la concentrazione di NOx stimata dal modello come media annua nel punto di massima ricaduta è pari a **0.46** µg/m³. I valori delle ricadute di NOx sul territorio decrescono allontanandosi dal camino di emissione nel modo visualizzato dalle curve di isoconcentrazione definite nella mappa.

Il valore minimo mappato è pari a 0.15 µg/m³ che corrisponde allo 0.4% del limite di legge pari a **40** µg/m³. Il territorio non compreso nelle curve di isoconcentrazione è soggetto a ricadute di NOx inferiori al livello minimo mappato.

Analogamente al percentile, il confronto dei valori stimati dal modello come NOx con il valore limite normativo stabilito per NO₂ è da considerarsi cautelativo.

4. ALLEGATI

Alla presente relazione sono allegati:

- Tavola 1: mappa delle ricadute al suolo di NOx come 99.8-mo percentile orario;
- Tavola 2: mappa delle ricadute al suolo di NOx come media annua;
- Output del modello: Desio_NOX_m01p998.csv (NOx 99.8-mo percentile orario);
- Output del modello: Desio_NOX_mann.csv (NOx media annua);