

Allegato D.6

***IDENTIFICAZIONE E QUANTIFICAZIONE DEGLI EFFETTI DELLE EMISSIONI IN ARIA
E CONFRONTO CON GLI STANDARD DI QUALITA' AMBIENTALE (SQA)***

RELAZIONE TECNICA SULL'ANALISI DELLA DISPERSIONE DEGLI INQUINANTI IN ATMOSFERA

Introduzione

In accordo a quanto indicato dalle "Linee Guida alla compilazione della Domanda di Autorizzazione Integrata Ambientale", scopo del presente documento è quello di identificare e quantificare gli effetti delle emissioni in aria, e di confrontarli con gli standard di qualità ambientale (SQA), ai sensi del Decreto Ministeriale del 2 Aprile 2002, n. 60.

In particolare, è richiesto che, per ciascun inquinante significativo emesso, la valutazione sia basata sul confronto tra il contributo aggiuntivo (CA) che il processo in esame determina. Tale valutazione viene effettuata considerando l'area geografica interessata, il livello finale d'inquinamento nell'area (LF) ed il corrispondente requisito di qualità ambientale (SQA).

Si rammenta infine che, così come indicato dalle "Linee Guida alla compilazione della Domanda di Autorizzazione Integrata Ambientale", il livello di soddisfazione relativo alle emissioni è lasciato al giudizio del Gestore, il quale nella relazione tecnica, deve descrivere chiaramente le metodologie e gli algoritmi utilizzati ed esplicitare le condizioni che hanno portato alla determinazione dell'accettabilità.

Ciò premesso, il presente studio valuta, attraverso l'utilizzo del software modellistico CALPUFF per la simulazione della dispersione degli inquinanti in atmosfera, gli impatti sulla qualità dell'aria relativa alle emissioni in aria della Centrale Edison di Torviscosa (dai Camini E1-TG1, E2-TG2 e E3-GVA), valutandone, laddove possibile, gli effetti sulla matrice ambientale, anche al fine di esprimere un giudizio di rilevanza dell'effetto stesso.

Valutazione degli effetti sulla matrice ambientale

Al fine di valutare il Contributo Aggiuntivo (CA) che le emissioni identificate possono esercitare sulla matrice ambientale, si è proceduto come di seguito descritto:

- sono stati analizzati gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) della normativa vigente;
- è stata valutata la dispersione degli inquinanti emessi in atmosfera e gli impatti sulla qualità dell'aria (anche alla luce dei confronti con i valori limite stabiliti dalla vigente normativa);
- sono state analizzate le modalità con cui le emissioni giungono ai recettori finali;
- sono stati stimati, in maniera quantitativa, gli impatti sulla qualità dell'aria e sui recettori;
- si è infine proceduto ad analizzare il livello finale d'inquinamento nell'area (LF) in relazione agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) per i recettori identificati.

La valutazione è stata condotta per due inquinanti emessi (NO_x e CO) considerati i più rilevanti. Le emissioni sono riferite sia alla capacità produttiva (Scenario Cautelativo), sia le emissioni storiche del 2007 (Scenario Storico). Lo studio ha quindi preso in considerazione i seguenti scenari emissivi:

1. emissioni attuali del solo sito produttivo, considerando i dati alla capacità produttiva (Scenario Cautelativo);

2. emissioni attuali del solo sito produttivo, con i dati storici riferiti al 2007 (Scenario Storico).

Le concentrazioni al suolo di gas attese, simulate dal modello di calcolo, sono state confrontate con i limiti di legge definiti dal DM 2 Aprile 2002, n. 60.

Le concentrazioni di NO₂ sono state considerate cautelativamente pari alla totalità di NO_x.

Infine sono stati ricercate le centraline di monitoraggio della qualità dell'aria e le zone di particolare interesse naturalistico (Aree SIC e Zone ZPS) presenti sul territorio, per valutare l'impatto su questi bersagli vulnerabili.

SQA (Standard Qualità Ambientale)

Gli Standard di Qualità Ambientale (SQA) per la qualità dell'aria sono definiti dal DM 2 Aprile 2002, n. 60, in recepimento delle direttive Comunitarie 1999/30/CE e 2000/69/CE.

Tale riferimento normativo definisce i limiti di qualità dell'aria ambiente per il Biossido di Zolfo, il Biossido di Azoto, gli ossidi di Azoto, il particolato atmosferico, il Piombo, il Benzene e il Monossido di Carbonio. Con tempistiche di entrata in vigore dal 1° gennaio 2005 al 1° gennaio 2010, in **Tabella 1** sono indicati, per gli inquinanti analizzati, il periodo di mediazione, il valore limite e la data entro la quale il limite deve essere rispettato.

Tabella 1 - Valori limite di qualità dell'aria (Decreto Ministeriale 2 Aprile 2002, n. 60)

Inquinante	Livello di protezione	Periodo di mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
SO ₂	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	350 µg/m ³ da non superare più di 24 volte per l'anno civile (corrisponde al 99.726 percentile)	1° gennaio 2005
	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	24 ore	125 µg/m ³ da non superare più di 3 volte per l'anno civile (corrisponde al 99.178 percentile)	1° gennaio 2005
	Valore limite per la protezione degli ecosistemi	Anno civile e Inverno (1 ottobre – 31 marzo)	20 µg/m ³	19 luglio 2001
NO ₂	Valore limite orario per la protezione della salute umana	1 ora	200 µg/m ³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per l'anno civile (corrisponde al 99.794 percentile)	1° gennaio 2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³ NO ₂	1° gennaio 2010

Inquinante	Livello di protezione	Periodo di mediazione	Valore limite	Data alla quale il valore limite deve essere rispettato
NO_x	Valore limite per la protezione della vegetazione	Anno civile	30 µg/m ³ NO _x	19 luglio 2001
PM₁₀	Valore limite orario per la protezione della salute umana	24 ore	50 µg/m ³ da non superare più di 35 volte per l'anno civile (corrisponde al 90.410 percentile)	1° gennaio 2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	Anno civile	40 µg/m ³	1° gennaio 2005
CO	Valore limite per la protezione della salute umana	Media massima giornaliera su 8 ore	10 mg/m ³	1° gennaio 2005

Nota: nel presente documento le concentrazioni di NO₂ sono state considerate cautelativamente pari alla totalità di NO_x.

Il DM n. 60 del 2 Aprile 2002 ha abrogato le disposizioni dell'ex DPCM del 28 Marzo 1983 "Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno" relative al biossido di azoto, zolfo, alle particelle sospese e al PM10, al piombo, al monossido di carbonio e al benzene.

Per quanto concerne le Polveri Totali Sospese (PTS), invece, rimangono valide le disposizioni dell'Allegato I, Tabella A, del DPCM 28 Marzo 1983. Nella **Tabella 2** sono indicati, per tali inquinanti, il periodo di mediazione e il valore limite di accettabilità delle concentrazioni nell'ambiente esterno.

Tabella 2 - Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e limiti massimi di esposizione relativi alle PTS nell'ambiente esterno (DPCM 28 marzo 1983)

Inquinante	Periodo di mediazione	Valore limite
PTS (Particelle Totali Sospese)	24 ore (media aritmetica)	150 µg/m ³
	24 ore (95° percentile)	300 µg/m ³

Dati di input del modello di dispersione degli inquinanti

Elaborazione dati di input meteorologici

I dati meteorologici rappresentativi del regime meteorologico dell'area vasta considerata, con un'estensione indicativa di 10 km per 10 km, sono stati elaborati per l'utilizzo nelle simulazioni con il modello CALPUFF, distribuito da Atmospheric Studies Group (ASG).

Le caratteristiche meteo climatiche e meteo diffusive dell'area di interesse, utilizzate per lo studio modellistico di dispersione degli inquinanti rilasciati dalla Centrale Edison di Torviscosa, sono state elaborate dal modello meteorologico LAMA gestito dal servizio ARPA SMR della Regione Emilia Romagna.

Il file meteorologico utilizzato contiene le informazioni orarie sulle condizioni meteorologiche e diffusive dell'atmosfera rappresentative dell'area di studio. Nelle figure che seguono si riportano gli andamenti di alcune grandezze significative utilizzate per le simulazioni modellistiche della dispersione degli inquinanti del caso in esame. I dati meteo utilizzati si riferiscono al periodo di osservazione 1 gennaio 2007 – 31 dicembre 2007.

Nello specifico è stato valutato il regime anemometrico dei venti per frequenza di intensità e direzione di provenienza delle masse d'aria (Cfr. **Figura 1**) oltre alla distribuzione delle classi di velocità dei venti (Cfr. **Figura 2**).

Rosa Dei Venti --- ARPA SMR TORVISCOSA 2007

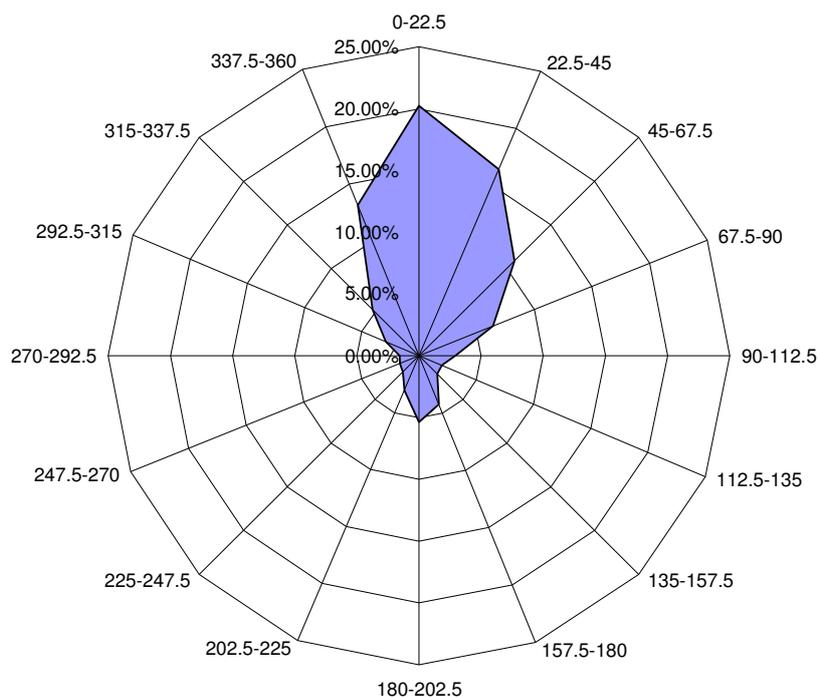


Figura 1 - Rosa dei venti ARPA SMR TORVISCOSA 2007

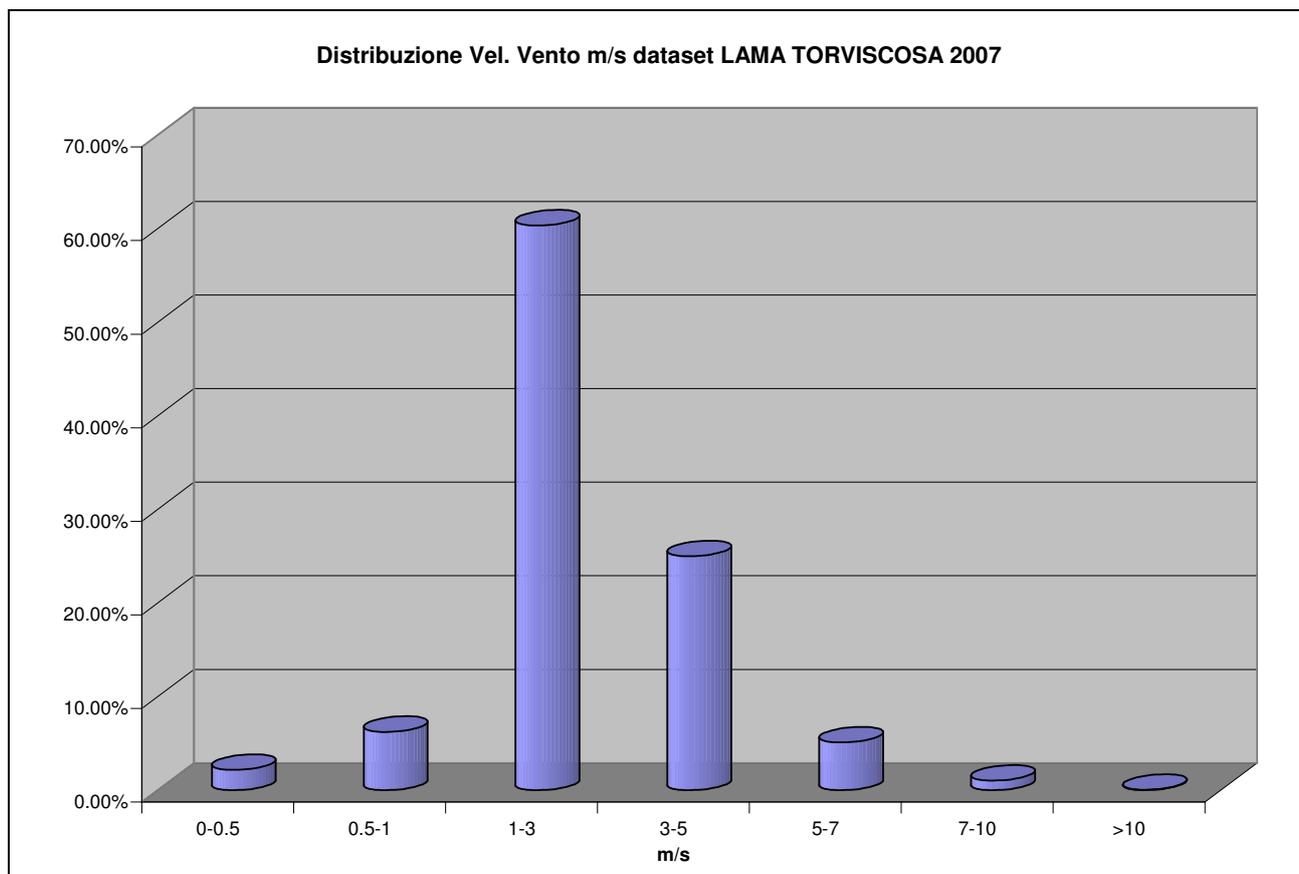


Figura 2 - Distribuzione Classi di Velocità del Vento - LAMA TORVISCOSA 2007

Le elaborazioni ottenute dal modello meteorologico LAMA hanno rilevato i seguenti aspetti:

- l'area di studio è caratterizzata dalla presenza di venti con direzione prevalente dai quadranti N e NE;
- il regime anemologico è caratterizzato dalla presenza di venti leggeri con velocità per lo più inferiori ai 5 m/sec e prevalentemente comprese tra 1 e 3 m/s;

Sono state modellizzate le classi di stabilità atmosferica, sulla base dell'intensità del vento, della radiazione solare diurna e notturna e della copertura nuvolosa.

Alternativamente, la stabilità può essere stimata a partire da alcune grandezze misurate dalle stazioni meteorologiche, come velocità del vento e radiazione solare al suolo, secondo la classificazione di Pasquill, riportata in **Figura 3**. Le classi di stabilità atmosferica di Pasquill sono importanti indicatori qualitativi dell'intensità della turbolenza atmosferica; esse sono caratterizzate da 6 possibili condizioni, da fortemente instabile (A) a fortemente stabile (F o F+G).

giorno (radiazioni a medie latitudini)						
Vento [m/s]	Radiazione solare [W/m ²]					
	>700	700-540	540-400	400-270	270-140	<140
<2	A	A	B	B	C	D
2-3	A	B	B	B	C	D
3-4	B	B	B	C	C	D
4-5	B	B	C	C	D	D
5-6	C	C	C	C	D	D
>6	C	C	D	D	D	D

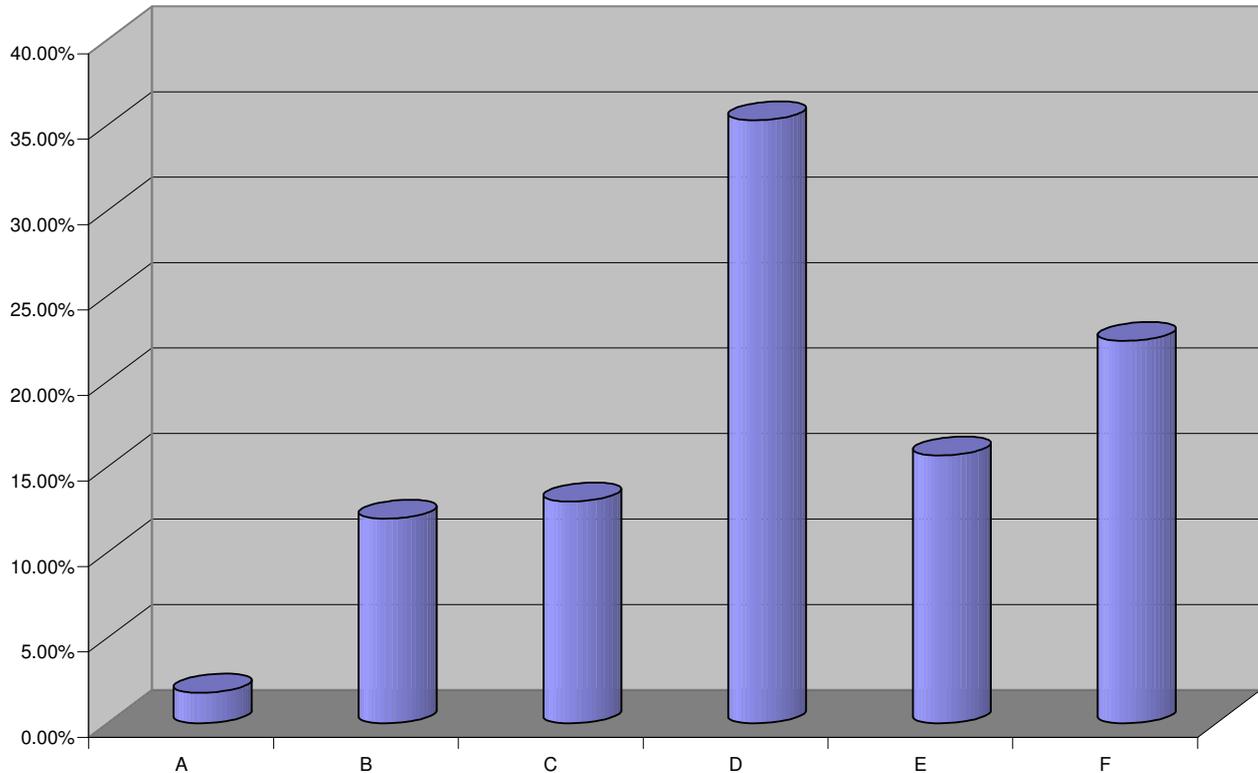
notte			
Vento [m/s]	Radiazione solare [W/m ²]		
	>-20	-20-40	<-40
<2	D	F	F
2-3	D	E	F
3-5	D	D	E
5-6	D	D	D
>6	D	D	D

Tabella qualitativa per le classi di Pasquill

Vento [m/s]	Radiazione solare (giorno)			Copertura nuvolosa (notte)	
	Forte	Moderata	Debole	>1/2	<=1/2
<2	A	A-B	B	E	F
2-3	A-B	B	C	E	F
3-5	B	B-C	C	D	E
5-6	C	C-D	D	D	D
>6	C	D	D	D	D

Figura 3 - Tabella di calcolo delle Classi di Stabilità di Pasquill

Le condizioni più critiche per la diffusione atmosferica da una sorgente, a parità di altre condizioni, si hanno con atmosfera instabile Classe A, (moti turbolenti portano concentrazioni elevate di gas a breve distanze dall'impianto, con una limitata diluizione in aria), ed in presenza di uno strato di inversione termica al di sopra del camino che limita fortemente la diffusione verticale dei gas emessi.

Classi di Stabilita' di Pasquill dataset LAMA TORVISCOSA 2007**Figura 4 - Distribuzione Classi di Pasquill – LAMA TORVISCOSA 2007**

Analizzando i dati meteo climatici e diffusivi si evidenzia uno stato della turbolenza atmosferica generalmente classificabile mediante la classe di stabilita' D Neutra; si rileva anche la presenza di frequenti condizioni molto stabili (F).

Inquinanti e situazioni considerate

La simulazione di dispersione degli inquinanti in atmosfera è stata effettuata mediante il modello di simulazione CALPUFF, per i seguenti inquinanti considerati più significativi:

- NO_x
- CO

Per questi inquinanti sono state effettuate delle simulazioni analizzando i due scenari di emissione descritti in precedenza.

Descrizione del modello di calcolo CALPUFF

CALPUFF è un modello a puff multistrato non stazionario in grado di simulare il trasporto, la trasformazione e la deposizione atmosferica di inquinanti in condizioni meteo variabili non omogenee e non stazionarie. CALPUFF può utilizzare i campi meteo tridimensionali prodotti da specifici pre-processor (CALMET) oppure, nel caso di applicazioni semplificate, fa uso di misure rilevate da singole centraline meteo.

Recentemente è stato adottato da U.S. Environmental Protection Agency (U.S. EPA) nelle proprie linee guida sulla modellistica per la qualità dell'aria (*40 CFR Part 51 Appendix W - Novembre 2005*) come uno dei modelli preferiti in condizioni di simulazione long-range oppure per condizioni locali caratterizzate da condizioni meteorologiche complesse, ad esempio orografia complessa e calme di vento.

I modelli a segmenti o a puff sono modelli in grado di simulare situazioni non stazionarie e sono generalmente associati a modelli di campo di vento. Di complessità intermedia tra i modelli stazionari (gaussiani) e quelli 3D (modelli euleriani e lagrangiani a particelle), consentono di descrivere la traiettoria dei fumi e quindi di seguire l'evoluzione temporale della dispersione, perché possono tenere in conto le variazioni spaziali e temporali. Sono quindi da preferirsi, rispetto ai modelli gaussiani, per studiare situazioni complesse, sia dal punto di vista dell'orografia, sia delle emissioni, sia del campo di moto turbolento. I modelli a puff, in particolare, consentono di trattare anche le situazioni di calma di vento (Zannetti, 1990). I modelli a "segmenti" considerano il pennacchio suddiviso in un certo numero di porzioni (o segmenti) tra loro indipendenti, il cui baricentro si muove in accordo alle condizioni meteorologiche incontrate lungo il percorso. Ogni segmento produce un campo di concentrazioni al suolo calcolato col modello gaussiano e solo il segmento più prossimo al punto recettore contribuisce a stimare la concentrazione nel recettore stesso.

La **Figura 5** illustra la procedura descritta. La concentrazione totale ad un certo istante viene calcolata sommando i contributi di ogni singolo puff.

Nei modelli a puff, il moto del baricentro di ogni puff in cui è suddiviso il pennacchio si muove in accordo alle condizioni meteorologiche incontrate lungo il percorso. Ogni puff si espande, nelle tre direzioni cartesiane, in modo gaussiano.

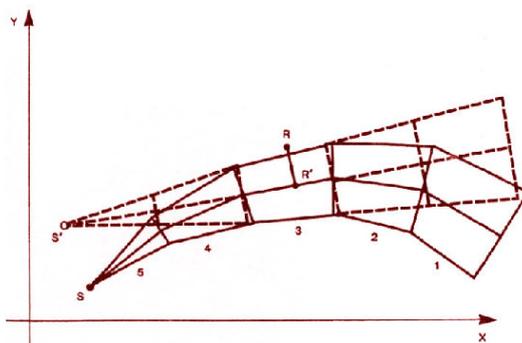


Figura 5 - Segmentazione del pennacchio nei modelli a PUFF

A differenza di quanto avviene nel modello gaussiano standard, non si fa l'ipotesi che la diffusione lungo la direzione di moto del pennacchio, x , sia trascurabile rispetto allo spostamento. Questo fa sì che, da un lato, nell'equazione, che descrive questo modello, la velocità del vento non compaia più esplicitamente e, dall'altro

lato, che il modello possa essere usato anche per le situazioni di vento debole o di calma. La concentrazione al suolo nel punto recettore è la somma dei contributi di tutti i puff. L'espressione del modello a puff è la seguente (Zannetti, 1990):

$$\Delta c = \frac{\Delta M}{(2\pi)^{3/2} \sigma_h^2 \sigma_z^2} \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(x_p - x_r)^2}{\sigma_h^2}\right] \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(y_p - y_r)^2}{\sigma_h^2}\right] \exp\left[-\frac{1}{2} \frac{(z_p - z_r)^2}{\sigma_z^2}\right] \quad (7)$$

dove:

$\Delta M = Q \Delta t$	massa emessa nell'intervallo di tempo t [Kg]
x_p, y_p, z_p	coordinate del baricentro dell'i-esimo puff [m]
x_r, y_r, z_r	coordinate del punto recettore [m]
σ_h, σ_z	coefficienti di dispersione orizzontale e verticale [m], determinabili

Gli algoritmi di CALPUFF consentono di considerare l'effetto scia generato dagli edifici prossimi alla sorgente, della fase transizionale del pennacchio, della orografia complessa del terreno, della deposizione secca ed umida. Il modello può simulare sia sorgenti puntiformi che areali.

La trattazione matematica del modello è piuttosto complessa e si rinvia al manuale tecnico di CALPUFF per ulteriori approfondimenti (Scire et al., 2000).

Le simulazioni modellistiche sono state condotte sulla base delle seguenti ipotesi:

- Area di studio con orografia semplice;
- Opzione *partial plume penetration* per il trattamento delle inversioni termiche in quota e delle condizioni di *coastal diffusion*;
- Calcolo dei coefficienti di dispersione partendo dai dati metereologica disponibili (opzione *Micrometeorology*);
- Terreno Rurale;
- L'effetto *downwash*, dovuto alla presenza degli edifici dell'impianto, non è stato considerato in nessuno degli scenari previsti.

Dati di input utilizzati per il modello di simulazione

Griglia dei recettori

L'area di studio ha forma quadrata di 10 km per 10 km: l'angolo Sud-Ovest del reticolo di riferimento è stato posizionato nel punto di coordinate UTM, Fuso 33, longitudine 362.137 m (E), latitudine 5.070.094 m (N), in modo tale che l'impianto risulti localizzato al centro dell'area di studio.

I valori delle concentrazioni vengono simulati in corrispondenza di una serie di punti appartenenti ad una griglia di calcolo regolare caratterizzata da una maglia con passo di 200 m. In **Figura 6** si riporta l'estensione e la localizzazione della griglia di calcolo utilizzata nelle simulazioni modellistiche.

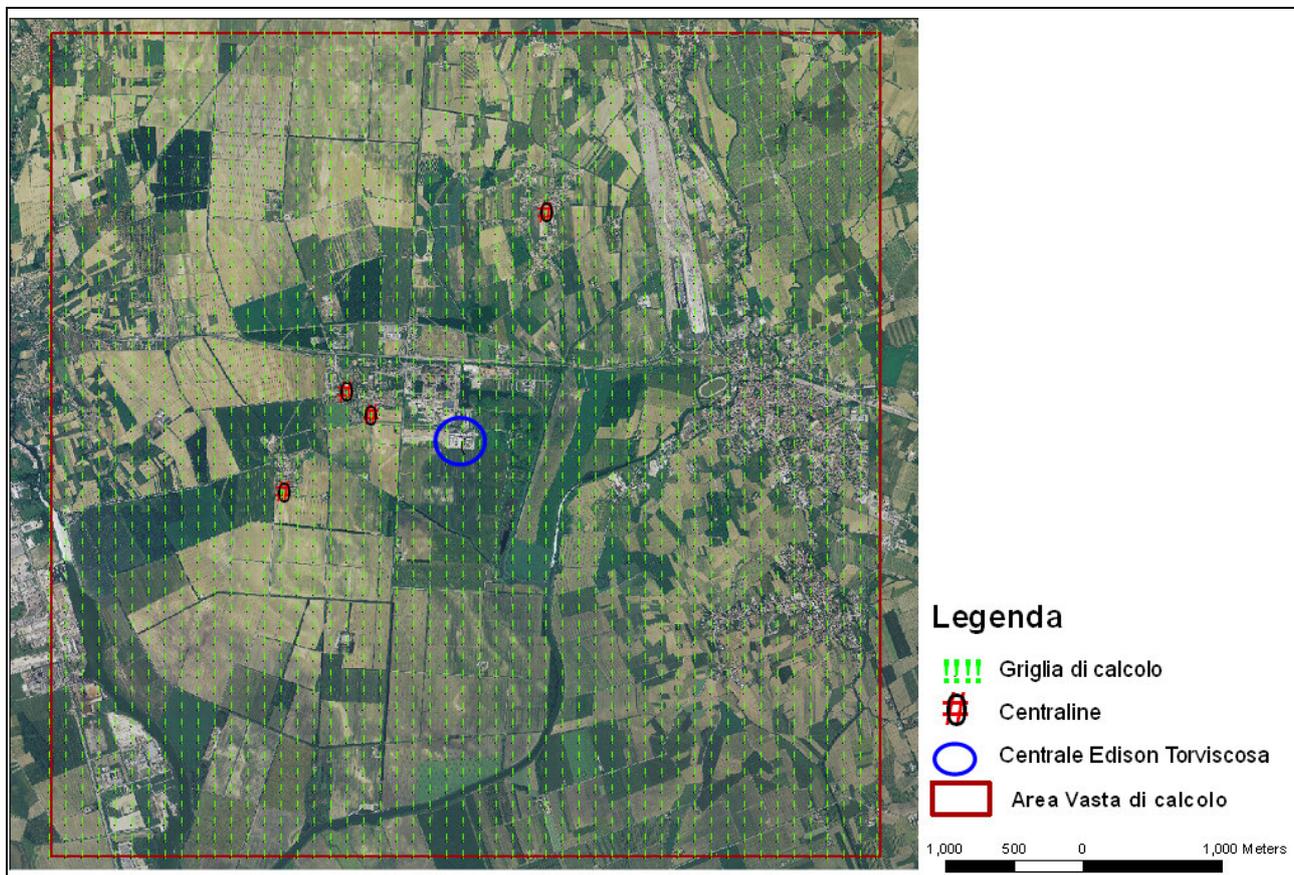


Figura 6 – Griglia di calcolo e centraline monitoraggio

Alla griglia regolare dei punti recettori sono stati inseriti anche diversi ricettori discreti in corrispondenza delle centraline di monitoraggio.

La Regione Friuli Venezia Giulia dispone di una rete di rilevamento della qualità dell'aria sul territorio. La rete insistente sull'area vasta è attualmente composta da 4 centraline appartenenti alla rete di rilevamento della Provincia di Udine.

L'elenco delle centraline di monitoraggio presenti nell'area vasta, con le relative coordinate, è riportato in **Tabella 3** e mappato in **Figura 7**.

Tabella 3 – Centraline di monitoraggio presenti nell'area vasta

Nome Stazione	Coord. X (UTM 33 N)	Coord. Y (UTM 33 N)	Parametri rilevati
Malisana	364969	5074484	PTS; PM10; O3, CO; NOx; NO, NO2; SO2; IPA
Torviscosa Edison	365722	5075711	PTS; PM10; O3, CO; NOx; NO, NO2; SO2; IPA; TOLUENE; E-BENZENE; M+PXILENE; O-XILENE
Bagnaria (Castions)	368142	5077894	PTS; PM10; O3, CO; NOx; NO, NO2; SO2; IPA; TOLUENE; E-BENZENE; M+PXILENE; O-XILENE
Torviscosa	366019	5075429	PM10; O3; NOx; NO, NO2; SO2; TOLUENE; BENZENE; XILENI

**Figura 7 –Ubicazione delle Centraline di monitoraggio**

All'interno dell'area di studio non ricadono aree di tutela naturalistica (SIC, ZPS). Si segnala, invece, all'esterno dell'area vasta in esame, in direzione Est, la presenza di alcune aree protette, di seguito riportate:

1. il Sito di Importanza Comunitario (SIC) "LAGUNA DI MARANO E GRADO", classificato ai sensi della direttiva Habitat con il numero IT3320037 (classificata anche Zona di Protezione Speciale (ZPS), ai sensi della direttiva 79/409/CEE col numero I T3320037);
2. il Sito di Importanza Comunitario (SIC) "PALUDI DI GONARS", classificato ai sensi della direttiva Habitat con il numero IT3320031;

- il Sito di Importanza Comunitario (SIC) "PALUDI DI PORPETTO", classificato ai sensi della direttiva Habitat con il numero IT3320032.

L'ubicazione di tali aree è riportata in Figura 8 e **Figura 9**.

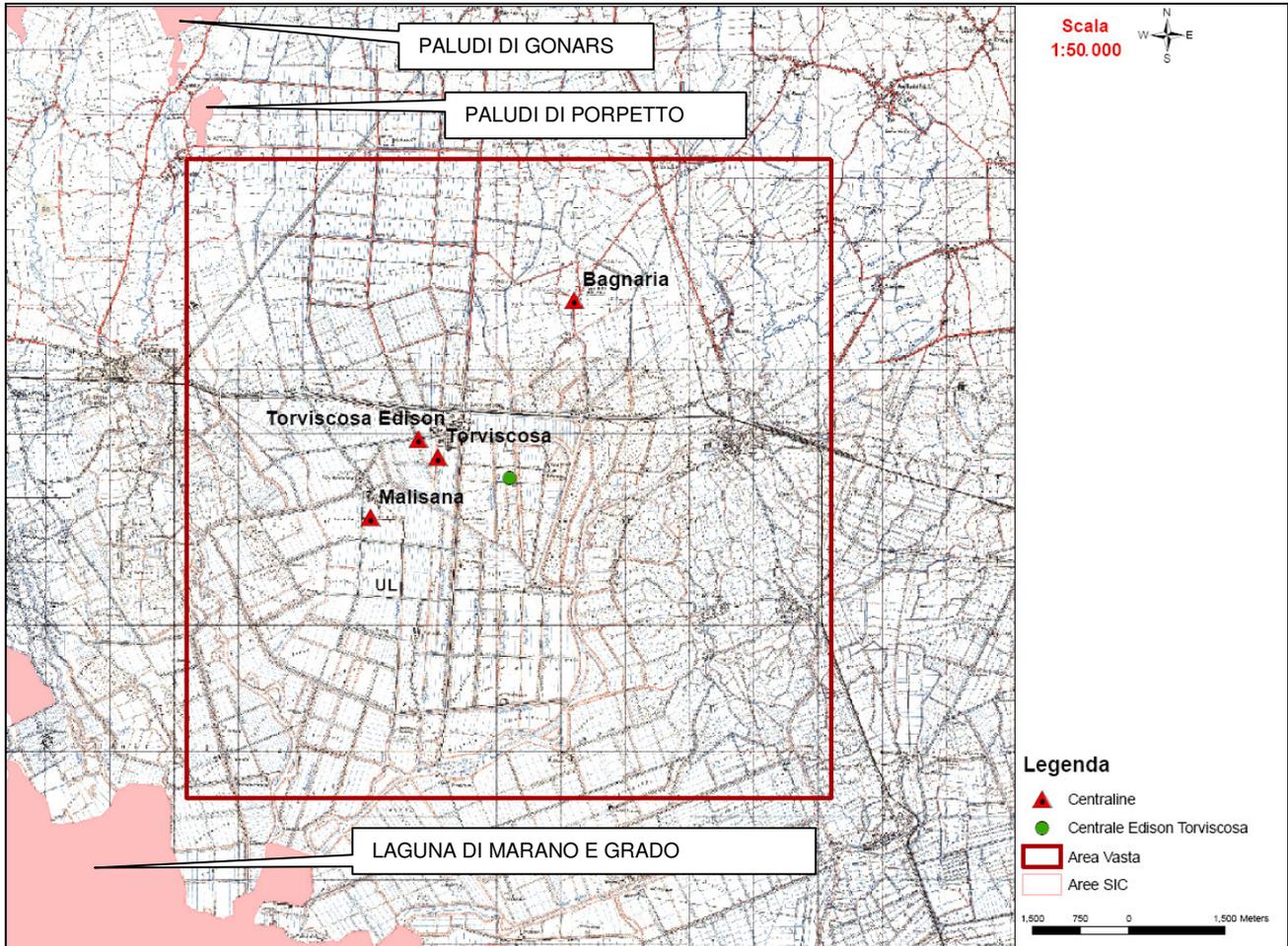


Figura 8 - Aree Naturali Protette Provincia di Udine – Aree SIC

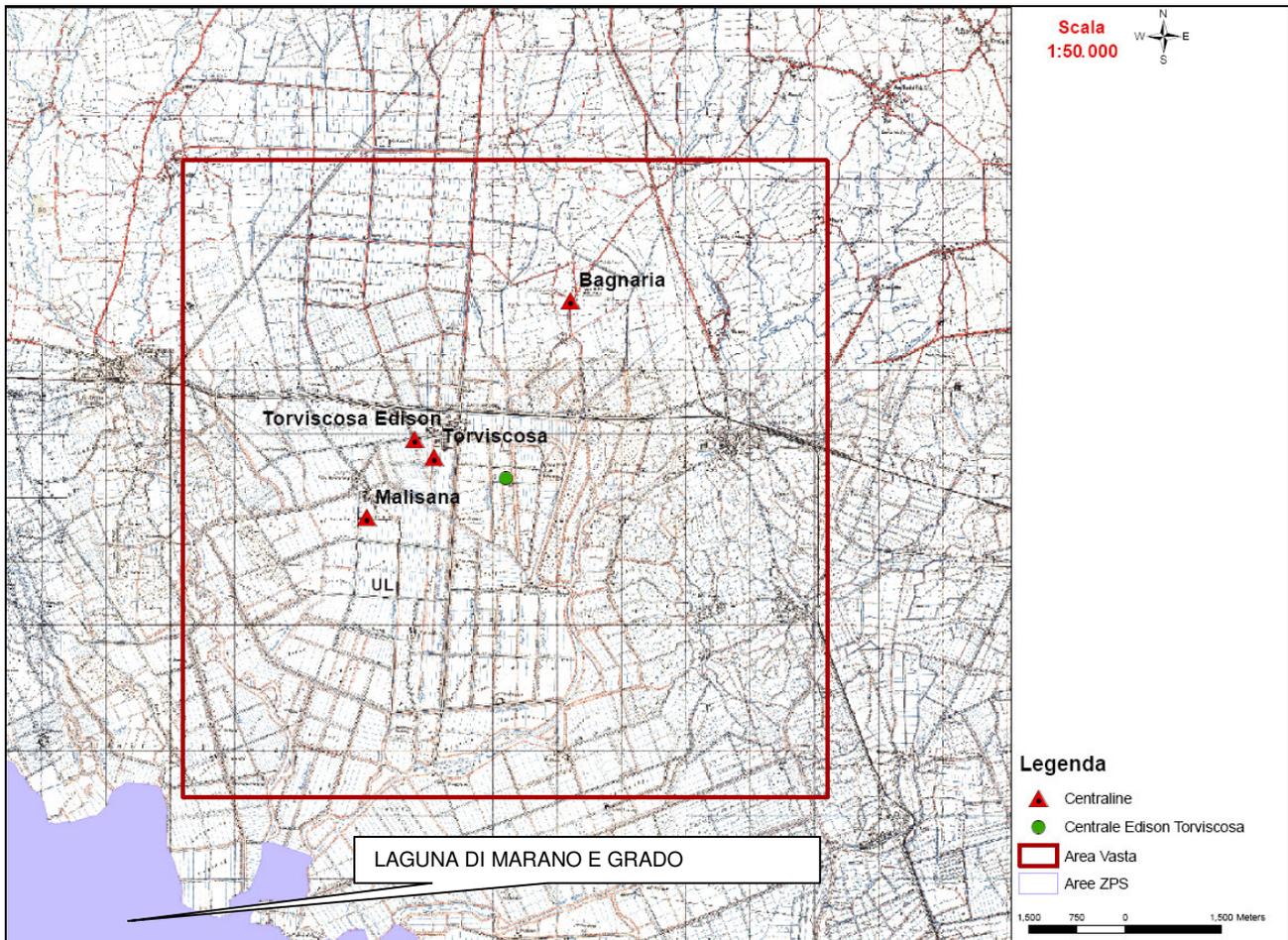


Figura 9 – Aree Naturali protette della provincia di Udine - Zone ZPS

Dati relativi alle emissioni delle sorgenti puntuali

I punti emissivi della Centrale Edison di Torviscosa, che sono stati considerati al fine della valutazione delle emissioni, sono rispettivamente:

- il camino TG1, denominato E1;
- il camino TG2, denominato E2;
- il camino GVA, denominato E3.

Per ciascun punto emissivo considerato è stato necessario analizzare le seguenti caratteristiche:

1. caratteristiche geometriche della sorgente quali posizione, altezza e diametro del camino di emissione;
2. caratteristiche emissive quali temperatura e velocità dei fumi, ore di funzionamento, portata e tipologia degli inquinanti rilasciati (flusso di massa in g/s).

In **Tabella 4** e in **Tabella 5**, di seguito riportate, si indicano le caratteristiche geometriche ed emissive delle sorgenti emmissive della centrale, per lo Scenario Storico relative all'Anno 2007.

Tabella 4 - Caratteristiche fisiche dei camini della centrale Edison – Scenario Storico

	ore di funzionamento	PORTATA fumi umidi tal quale (Nm ³ /h)	T fumi (°C)	T fumi (K)	Altezza (m)	Diametro (m)	V Norm (m/s)	V reale (m/s)
E1 TG1	6771	1,520,565	92.5	365.65	50	6.7	12.07	16.04
E2 TG2	6374	1,532,775	91.8	364.95	50	6.7	12.17	16.13
E3 GVA	658	25,380	117.4	390.55	50.1	1.8	2.86	3.96

Tabella 5 - Portata fumi e flussi di massa fattori di emissione – Scenario Storico

	ore di funz.	PORTATA fumi umidi tal quale (Nm ³ /h)	Tenore O ₂ tal quale	Tenore O ₂ di rif.	inquinanti	Conc. tal quale (mg/Nm ³)	Conc. O ₂ di rif (mg/Nm ³)	kg/ora	g/s	t/anno
E1 TG1	6771	1,520,565	13.57%	15.00%	NOx	27.48	22.15	38.51	10.70	260.73
					CO	1.18	0.95	1.66	0.46	11.21
E2 TG2	6374	1,532,775	13.69%	15.00%	NOx	28.74	23.55	40.64	11.29	259.02
					CO	1.21	1.00	1.72	0.48	10.95
E3 GVA	658	25,380	4.60%	3.00%	NOx	91.53	100.49	2.00	0.56	1.32
					CO	0.25	0.28	0.005	0.002	0.004

Occorre precisare che durante il normale funzionamento della Centrale Edison di Torviscosa, i camini emissivi non sono attivi tutti e tre contemporaneamente: il camino GVA, infatti, è in funzione per poche ore all'anno e precisamente è attivato allo spegnimento dei camini TG1 e TG2 (che invece funzionano di norma nel medesimo periodo). In **Tabella 6** si riportano le ore di funzionamento mensile dei vari camini, ricordando che il camino E3 (GVA) funziona alternativamente ai camini E1, E2.

Tabella 6 - Ore di funzionamento mensile dei camini – Scenario Storico

Storico 2007	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
E1 (TG1)	514	585	587	542	669	591	654	173	643	589	678	546	6771
E2 (TG2)	636	493	641	117	654	662	605	332	602	596	599	437	6374
E3 (GVA)	5	2	3	15	10	16	73	373	8	4	1	148	658

Anche per lo Scenario Cautelativo (dati alla capacità produttiva) si riportano di seguito le caratteristiche geometriche ed emissive delle sorgenti della Centrale Edison.

Tabella 7 - Caratteristiche fisiche dei camini della Centrale Edison – Scenario Cautelativo

	ore di funz.	PORTATA fumi umidi tal quale (Nm ³ /h)	T fumi (°C)	T fumi (K)	Altezza (m)	Diametro (m)	V Norm (m/s)	V reale (m/s)
E1 TG1	8160	1,858,589	95	368.15	50	6.7	14.64	19.74
E2 TG2	8160	1,858,589	95	368.15	50	6.7	14.64	19.74
E3 GVA	600	48,981	125	398.15	50.1	1.8	5.35	7.79

Tabella 8 - Portata fumi e flussi di massa fattori di emissione – Scenario Cautelativo

	ore di funz.	PORTATA fumi umidi tal quale (Nm ³ /h)	Tenore O ₂ tal quale	Tenore O ₂ di rif.	inquinanti	Conc. tal quale (mg/Nm ³)	Conc. O ₂ di rif (mg/Nm ³)	kg/ora	g/s	t/anno
E1 TG1	8160	1,858,589	13.68%	15.00%	NOX	48.87	40.00	83.30	23.14	596.46
					CO	36.66	30.00	62.48	17.35	447.34
E2 TG2	8160	1,858,589	13.68%	15.00%	NOX	48.87	40.00	83.30	23.14	596.46
					CO	36.66	30.00	62.48	17.35	447.34
E3 GVA	600	48,981	2.80%	3.00%	NOX	151.67	150.00	6.14	1.70	3.68
					CO	101.11	100.00	4.09	1.14	2.45

Anche in questo scenario i camini della Centrale Edison di Torviscosa non sono attivi tutti e tre contemporaneamente: il camino GVA, infatti, è in funzione per poche ore all'anno e precisamente è attivato allo spegnimento dei camini TG1 e TG2 (che invece funzionano nel medesimo periodo) durante le fermate programmate per necessità di manutenzione (pari a circa 25 giorni all'anno, corrispondenti alla somma della minima fermata annuale di 13 giorni e di fermate periodiche di 2 giorni ogni 2 mesi). In **Tabella 9** si riportano le ore di funzionamento mensile dei vari camini, ricordando che il camino E3 (GVA) funziona alternativamente ai camini E1, E2.

Tabella 9 - Ore di funzionamento mensile dei camini – Scenario Cautelativo

Capacità produttiva	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
E1 (TG1)	744	624	744	672	744	672	744	384	720	696	720	696	8160
E2 (TG2)	744	624	744	672	744	672	744	384	720	696	720	696	8160
E3 (GVA)	0	48	0	48	0	48	0	360	0	48	0	48	600

Come si evidenzia dalle precedenti tabelle, lo scenario alla massima capacità produttiva presenta valori nettamente maggiori dei flussi emissivi. Le concentrazioni di inquinanti nei fumi anidri, corrette in funzione del tenore stimato di O₂ nei fumi, sono state ipotizzate, alla capacità produttiva, pari ai rispettivi limiti di emissione autorizzati.

Risultati delle simulazioni e confronto con gli Standard di Qualità Ambientale (SQA)

Descrizione delle elaborazioni effettuate

Come già descritto nei precedenti paragrafi sono state svolte alcune simulazioni modellistiche con il fine di determinare la variazione indotta sulla qualità dell'aria preesistente a seguito dell'attività del sito produttivo in relazione agli Standard di Qualità Ambientale (SQA) dettati dalla normativa vigente in materia.

I risultati delle simulazioni sono riassunti mediante mappe di isoconcentrazione che rappresentano la distribuzione dei valori di concentrazione di inquinanti in atmosfera. Per ogni scenario considerato sono riportate le mappe relative alle concentrazioni atmosferiche mediate su differenti periodi temporali (secondo quanto indicato dal DM 2 Aprile 2002, n. 60), al fine di verificare il carico inquinante gravante mediamente sul territorio e per identificare eventuali episodi di criticità sulla qualità dell'aria.

I risultati mediati su periodi temporali diversi dall'anno (ovvero 1 ora, 8 ore, 24 ore) rappresentano, per il CO, la massima concentrazione che si può verificare nel corso dell'anno solare. Per i rimanenti inquinanti considerati, invece, (NO_x, NO₂) la normativa di riferimento fissa il numero di volte che la concentrazione limite può essere superata in un anno; i risultati prodotti rappresentano quindi il corrispondente percentile della concentrazione massima (nell'intervallo temporale fissato). I valori annuali sono invece mediati sull'intero anno.

Le emissioni dei camini della Centrale Edison di Torviscosa non sono continue, ma si alternano le emissioni dei camini TG1 e TG2, con quelle del camino GVA. Inoltre, come si evince dalla tabelle precedenti, in cui sono descritte le caratteristiche emissive dei 2 scenari considerati, sia nello Scenario Storico, sia in quello Cautelativo, le emissioni del camino E3 sono significativamente inferiori, sia in termini di emissione sia di durata temporale, rispetto a quelle dei camini E1 ed E2.

Al fine di effettuare una stima conservativa dei potenziali impatti della Centrale Edison sull'ambiente circostante per determinare le concentrazioni orarie (sia per CO e NO_x) si è simulato solo il funzionamento dei camini E1 ed E2, ma in maniera continua su tutto l'anno (senza considerare l'avviamento del camino E3 ed il contemporaneo spegnimento dei camini E1 ed E2).

Per determinare invece la concentrazione annuale dell'NO_x si è cercato di simulare il più possibile la situazione reale: in entrambi gli scenari è stata utilizzata una funzione del modello CALPUFF che permette di considerare le emissioni variabili durante l'anno. Il modello permette infatti di scegliere diverse opzioni, in funzione della variabilità stagionale, mensile e giornaliera dei processi. Nel caso in esame si è utilizzata l'opzione denominata "Monthly Cycle", in cui è possibile fissare, per ciascun camino, la percentuale di funzionamento mensile.

Sia per lo Scenario Storico sia lo Scenario Cautelativo, per ogni camino è stato quindi calcolato il rapporto tra le ore di funzionamento del camino e le ore totali in un mese, da inserire nel modello di calcolo. Di seguito sono riportati tali valori.

Tabella 10 – Fattore di funzionamento mensile dei camini – Scenario Storico

Storico 2007	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
E1 (TG1)	0.69	0.87	0.79	0.75	0.90	0.82	0.88	0.23	0.89	0.79	0.94	0.73	0.77
E2 (TG2)	0.85	0.73	0.86	0.16	0.88	0.92	0.81	0.45	0.84	0.80	0.83	0.59	0.73
E3 (GVA)	0.007	0.003	0.004	0.021	0.013	0.022	0.098	0.501	0.011	0.005	0.001	0.199	0.075

Tabella 11 - Fattore di funzionamento mensile dei camini – Scenario Cautelativo

Capacità produttiva	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
E1 (TG1)	1.00	0.93	1.00	0.93	1.00	0.93	1.00	0.52	1.00	0.94	1.00	0.94	0.93
E2 (TG2)	1.00	0.93	1.00	0.93	1.00	0.93	1.00	0.52	1.00	0.94	1.00	0.94	0.93
E3 (GVA)	0.000	0.071	0.000	0.067	0.000	0.067	0.000	0.484	0.000	0.065	0.000	0.065	0.068

Allo Scenario Cautelativo, al fine di determinare le concentrazioni massime orarie registrate nei giorni di attività del camino E3, è stata effettuata un'ulteriore simulazione in cui si considera il funzionamento del solo camino GVA in maniera continua per tutto l'anno.

Sono state condotte le seguenti simulazioni, al fine di determinare tutti i possibili impatti sull'ambiente circostante, necessari per il confronto con gli SQA ambientali:

1. Scenario Storico:
 - a) concentrazioni orarie di CO ed NOx stimate conservativamente ipotizzando un funzionamento continuo dei soli camini E1 ed E2;
 - b) concentrazioni medie annuali stimate utilizzando l'emissione mensile variabile delle sorgenti.
2. Scenario Cautelativo:
 - a) concentrazioni massime orarie di CO ed NOx stimate conservativamente ipotizzando un funzionamento continuo dei soli camini E1 ed E2;
 - b) concentrazioni massime orarie di CO ed NOx stimate conservativamente ipotizzando un funzionamento continuo del solo camino E3;
 - c) concentrazioni medie annuali stimate utilizzando l'emissione mensile variabile delle sorgenti.

L'insieme degli scenari affrontati è riassunto in **Tabella 12**, distinto per ciascun inquinante e periodo di mediazione.

Tabella 12 - Sintesi degli scenari considerati

Inquinante	Periodo di mediazione	Scenario	N. Tavola
CO	Massime medie su 8 ore	Scenario Storico	1
NO ₂	99.794 percentile delle Massime medie orarie	Scenario Storico	2
	Medie annuali	Scenario Storico	3
NO _x	Medie annuali	Scenario Storico	4
CO	Massime medie su 8 ore	Scenario Cautelativo	5
NO ₂	99.794 percentile delle Massime medie orarie	Scenario Cautelativo	6
	Medie annuali	Scenario Cautelativo	7
NO _x	Medie annuali	Scenario Cautelativo	8
CO	Massime medie su 8 ore - GVA	Scenario Cautelativo	9
NO ₂	99.794 percentile delle Massime medie orarie - GVA	Scenario Cautelativo	10

Nota: nel presente documento le concentrazioni di NO₂ sono state cautelativamente considerate pari a quelle di NO_x totali.

Massime concentrazioni stimate dal modello

I massimi valori di concentrazione stimati sono riassunti nelle **Tabelle 13 e 14** dove sono indicati anche i limiti di legge e le coordinate dei punti di massima concentrazione.

Tabella 13 – Massime concentrazioni stimate dal modello di calcolo CALPUFF per ciascuna simulazione effettuata (µg/m³) – Scenario Storico

Inquinante	Periodo di mediazione	Limite di legge	Scenario Storico		
			Conc.	Coordinate (m)	
NO ₂	99.794-esimo perc. Massimo orario	200	32.19	367137	5075694
	Media annuale	30	0.67	367137	5076094
NO _x	Media annuale	40	0.67	367137	5076094
CO	Media massima 8 ore	10000	1.13	367337	5074894

Tabella 14 – Massime concentrazioni stimate dal modello di calcolo CALPUFF per ciascuna simulazione effettuata ($\mu\text{g}/\text{m}^3$) – Scenario Cautelativo

Inquinante	Periodo di mediazione	Limite di legge	Scenario Cautelativo		
			Conc.	Coordinate (m)	
NO ₂	99.794-esimo perc. Massimo orario	200	54.66	366537	5074694
	Media annuale	30	1.45	367137	5076094
	99.794-esimo perc. Massimo orario - GVA	200	14.47	366937	5074894
NO _x	Media annuale	40	1.45	367137	5076094
CO	Media massima 8 ore	10000	36.25	367337	5074894
	Media massima 8 ore - GVA	10000	5.90	367137	5075294

Facendo un'analisi per ogni inquinante, nello scenario storico si può osservare che:

- ✓ Per il CO non si evidenzia una direzione prevalente di ricaduta; la massima ricaduta si verifica a circa 300 m dai camini emissivi in direzione S-E. Il valore massimo simulato è di $1,13 \mu\text{g}/\text{m}^3$ quindi notevolmente inferiore al limite di legge fissato a $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (mediato sulle 8 ore).
- ✓ Per l'NO_x il punto di massima concentrazione del 99.794-esimo percentile delle medie orarie è localizzato a circa 600 m di distanza dall'impianto in direzione Nord rispetto ai camini emissivi, il massimo rispetta largamente i limiti di legge, in quanto è caratterizzato da un valore di $32,19 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispetto ai $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del SQA. In questo caso, la distribuzione di concentrazione del 99.794-esimo percentile delle medie orarie, rappresenta la concentrazione oraria che è superata solamente 17 volte in un anno. Il picco massimo annuale cade sempre in direzione Nord ed è caratterizzati da un valore inferiore a $1 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SQA definito dal limite di legge pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

Per lo scenario cautelativo invece è possibile osservare che:

- ✓ Per il CO non si evidenzia una direzione prevalente di ricaduta; la massima ricaduta si verifica a circa 250 m dai camini emissivi in direzione S-E. Il valore massimo simulato è di $36,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$, quindi notevolmente inferiore al limite di legge fissato a $10 \text{ mg}/\text{m}^3$ (mediato sulle 8 ore). Le massime concentrazioni di CO imputabili, invece, al solo funzionamento del camino E3, (e che quindi caratterizzano i giorni in cui i camini E1 ed E2 sono spenti) ricadono in direzione Nord, a circa 200 m dalla centrale e presentano un massimo di $5,9 \mu\text{g}/\text{m}^3$.
- ✓ Per l'NO_x il punto di massima concentrazione del 99.794-esimo percentile delle medie orarie è localizzato a circa 750 m di distanza dall'impianto in direzione S-O rispetto ai camini emissivi. Il massimo rispetta largamente i limiti di legge, in quanto è caratterizzato da un valore di $54,66 \mu\text{g}/\text{m}^3$, rispetto ai $200 \mu\text{g}/\text{m}^3$ del SQA. In questo caso, la distribuzione di concentrazione del 99.794-esimo percentile delle medie orarie, rappresenta la concentrazione oraria che è superata solamente 17 volte in un anno. Il punto di massima concentrazione del 99.794-esimo percentile delle medie orarie imputabile al funzionamento del solo camino E3, invece, è localizzato a circa 300 m dai camini e presenta un valore inferiore, pari a 14.47. Il picco massimo annuale cade sempre in direzione Nord ed è caratterizzato da un valore inferiore ai $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ (SQA definito dal limite di legge pari a $40 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

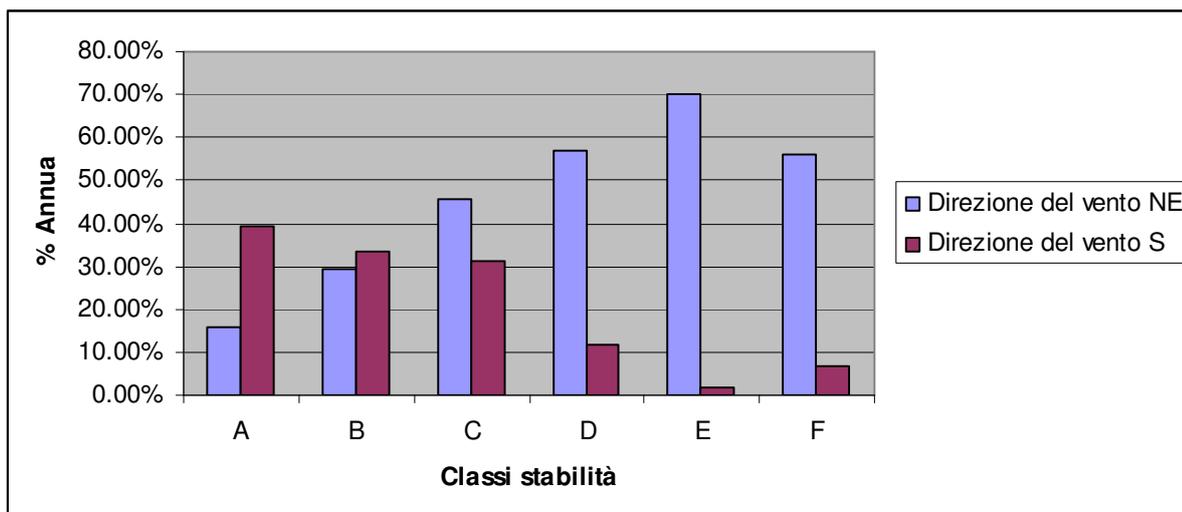
Si osserva che, per i diversi inquinanti, le concentrazioni di ricaduta sono significativamente maggiori nello scenario cautelativo, ma, le massime concentrazioni delle sostanze analizzate non superano mai i limiti normativi; anzi, i valori massimi sono significativamente inferiori ai valori soglia fissati.

In generale analizzando le distribuzioni spaziali delle concentrazioni al suolo ottenute con il modello CALPUFF si evidenzia come generalmente le ricadute a breve termine sono caratterizzate da picchi massimi di concentrazione quasi sempre localizzati a breve distanza dai camini emissivi della centrale Edison (soprattutto per le concentrazioni che rappresentano l'impatto determinato dalla sola sorgente GVA, a causa della sua minore velocità di uscita dei fumi), le distribuzioni annuali invece determinano un picco posizionato a Nord, ma a maggiore distanza dalla centrale (circa 1 km).. Occorre puntualizzare che il picco massimo su media annua non ricade lungo la direzione prevalente del vento. Infatti, analizzando in dettaglio la distribuzione delle classi di stabilità che si verificano nelle condizioni con direzione del vento da N-E e S (**Tabella 15**) si evidenzia che i venti da NE (per quanto molto frequenti) siano caratterizzate da condizioni di elevata stabilità atmosferica (Classi di Stabilità di Pasquill E, F). Al contrario i venti da Sud presentano frequenti condizioni di instabilità atmosferica, caratterizzate da elevata turbolenza, che determina quindi ricadute con picchi significativi. Nella tabella che segue è riportato il numero di casi in cui si verificano le diverse classi di stabilità, sia nella direzione di provenienza del vento da 0 a 90° (la più frequente) sia in quella da 135 a 235° (in cui si verifica il massimo della media annua).

Tabella 15 – Distribuzione Classi di stabilità di Pasquill nelle direzioni Nord-Est e Sud

	Direzione provenienza vento: 0-90°		Direzione provenienza vento: 135 – 235°	
	Freq assoluta	Freq %	Freq assoluta	Freq %
A	24	15.69%	60	39.22%
B	301	29.28%	346	33.66%
C	511	45.83%	349	31.30%
D	1721	56.76%	352	11.61%
E	944	70.13%	22	1.63%
F	1080	56.19%	133	6.92%

Figura 10 – Andamento della frequenza annua della distribuzione delle classi di stabilità nelle direzioni NE e S



Valori stimati dal modello in corrispondenza delle centraline

In corrispondenza dei recettori sensibili considerati (centraline gestite da ARPA Friuli Venezia Giulia) le simulazioni effettuate allo scenario storico (anno 2007) hanno dato i valori riportati nella Tabella 16. Nella medesima tabella vengono riportati, per confronto, i valori effettivamente misurati dalla rete di monitoraggio Arpa FVG nel corso dello stesso periodo di riferimento.

Tabella 16 – Valori stimati dal modello CALPUFF allo scenario storico (anno 2007) e valori misurati da Arpav in corrispondenza delle centraline di monitoraggio ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Centraline	Scenario Storico			Valori misurati 2007		
	CO	NO _x		CO	NO _x ⁽¹⁾	
	Media massima 8 ore	99.794-esimo perc. Massimo orario	Media annuale	Media massima 8 ore	99.794-esimo perc. Massimo orario	Media annuale
Malisana	0.30	15.35	0.23	1230	231.3 (77.0)	32.11 (20.86)
Torviscosa (Edison)	0.36	15.92	0.15	1810	230.6 (86.0)	36.48 (24.18)
Bagnaria (Castions)	0.28	16.68	0.25	1610	241.3 (67.9)	37.38 (16.55)
Torviscosa	0.38	16.66	0.18	n.d.	224.2 (76.3)	32.92 (21.03)

Nota:⁽¹⁾ tra parentesi vengono indicati i valori di NO₂ misurati nelle centraline durante l'anno 2007. Nel presente documento le concentrazioni stimate di NO₂ sono state considerate cautelativamente pari alla totalità di NO_x.

Il confronto tra i valori simulati per lo scenario storico (anno 2007) e i valori realmente misurati in corrispondenza delle Centraline di qualità dell'aria, mostra come, in questi punti, le emissioni della Centrale di Torviscosa contribuiscano in misura minima alla qualità complessiva dell'aria. Occorre infatti tenere presente che le centraline rilevano gli inquinanti emessi anche da altre fonti di inquinamento, come quella veicolare, da riscaldamento residenziale o da altre sorgenti di tipo industriale.

Per quanto riguarda il parametro CO, le concentrazioni simulate sono nettamente inferiori (circa 5 ordini di grandezza) a quelle misurate in sito.

Per quanto concerne il parametro NO_x, l'analisi statistica della distribuzione di frequenza delle concentrazioni di simulate ai recettori, riportata in Tabella 17, mostra come, nella maggior parte dei casi, l'apporto di NO_x imputabile al funzionamento della Centrale non risulti significativo ($<5 \mu\text{g}/\text{m}^3$). La frequenza di eventi in grado di contribuire in modo rilevante alla qualità complessiva dell'aria nei punti considerati appare al contrario alquanto limitata ($> 20 \mu\text{g}/\text{m}^3$ per 10÷14 ore/anno nelle centraline di Torviscosa) e caratterizzata da contributi in ogni caso inferiori a $75 \mu\text{g}/\text{m}^3$.

Tabella 17 – Distribuzione della frequenza delle concentrazioni di NO_x stimate dal modello CALPUFF allo scenario storico (funzionamento continuo dei 2 camini TG) in corrispondenza dei recettori considerati (Centraline Arpav)

Centraline	Scenario Storico						
	Frequenza delle concentrazioni simulate (NO _x)						
	< 5 (ug/m ³)	5 ÷ 20 (ug/m ³)	20 ÷ 50 (ug/m ³)	50 ÷ 75 (ug/m ³)	75 ÷ 100 (ug/m ³)	100 ÷ 150 (ug/m ³)	> 150 (ug/m ³)
Malisana	8568	184	8	0	0	0	0
Torviscosa (Edison)	8642	108	9	1	0	0	0
Bagnaria (castions)	8575	179	6	0	0	0	0
Torviscosa	8610	136	13	1	0	0	0

Per quanto riguarda lo scenario cautelativo, la seguente Tabella presenta i risultati ottenuti applicando il modello di calcolo in corrispondenza delle stesse centraline di misura della qualità dell'aria.

Tabella 18 – Valori stimati dal modello CALPUFF allo scenario cautelativo in corrispondenza delle centraline di monitoraggio (µg/m³)

Centraline	Scenario Cautelativo				
	CO		NO _x		
	Media massima 8 ore	Media massima 8 ore - GVA	99.794-esimo perc. Massimo orario	99.794-esimo perc. Massimo orario - GVA	Media annuale
Malisana	10.73	1.23	27.18	3.74	0.51
Torviscosa (Edison)	10.98	1.12	31.34	3.99	0.35
Bagnaria (castions)	9.23	1.32	31.12	2.43	0.63
Torviscosa	12.08	1.30	32.53	5.30	0.41

Anche in questo caso, considerando la Centrale funzionante alla capacità produttiva e ipotizzando concentrazioni di inquinanti ai camini pari ai rispettivi limiti di emissione autorizzati, le concentrazioni stimate al suolo risultano essere significativamente inferiori ai limiti normativi.

Dalla tabella emerge, inoltre, come il funzionamento continuo della Caldaia ausiliaria produca un impatto sulla qualità dell'aria, in corrispondenza delle centraline e in termini di concentrazioni massime al suolo di CO e NO_x inferiore di circa un ordine di grandezza rispetto a quanto stimato considerando il funzionamento dei due camini principali.

L'analisi più dettagliata delle concentrazioni di NO_x simulate ai recettori (Tabella 19) mostra come anche allo scenario cautelativo, l'apporto di NO_x imputabili al funzionamento della Centrale risulta generalmente non significativo (<5 µg/m³). La frequenza di eventi in grado di contribuire in modo rilevante alla qualità complessiva dell'aria nei punti considerati appare infatti alquanto limitata (> 50 µg/m³ per 5÷7 ore/anno nelle centraline di Torviscosa) e caratterizzata da contributi in ogni caso inferiori a 150 µg/m³.

Tabella 19 – Distribuzione della frequenza delle concentrazioni di NOx stimate dal modello CALPUFF allo scenario cautelativo (funzionamento continuo dei 2 camini TG) in corrispondenza dei recettori considerati (Centraline Arpav)

Centraline	Scenario Cautelativo						
	Frequenza delle concentrazioni simulate (Nox)						
	< 5 (ug/m ³)	5 ÷ 20 (ug/m ³)	20 ÷ 50 (ug/m ³)	50 ÷ 75 (ug/m ³)	75 ÷ 100 (ug/m ³)	100 ÷ 150 (ug/m ³)	> 150 (ug/m ³)
Malisana	8438	270	50	1	1	0	0
Torviscosa (Edison)	8567	159	29	4	0	1	0
Bagnaria (Castions)	8355	343	62	0	0	0	0
Torviscosa	8539	168	46	6	0	1	0

Conclusioni

Alla luce di quanto sopra esposto si ritiene di poter affermare che le emissioni in atmosfera della Centrale Edison di Torviscosa non siano rilevanti, sia per la qualità e tipologia di sostanze emmissive, sia perché sono tali da permettere il rispetto degli SQA fissati dalla normativa nazionale DM 60/2002.

Dall'analisi delle distribuzioni spaziali delle concentrazioni al suolo di inquinanti, modellizzate mediante CALPUFF, si evidenzia come generalmente le ricadute a breve termine sono caratterizzate da picchi massimi di concentrazione di CO ed NOx quasi sempre localizzati a breve distanza dai camini emissivi della centrale Edison (soprattutto per le concentrazioni che rappresentano l'impatto determinato dalla sola sorgente GVA, a causa della sua minore velocità di uscita dei fumi), mentre le distribuzioni annuali di NOx determinano un picco posizionato a Nord, ma a maggiore distanza dalla centrale (circa 1 km).

I valori stimati dal modello, in entrambi gli scenari, reale e cautelativo, non mostrano il superamento dei limiti di legge per nessuno degli inquinanti considerati e consentono il rispetto degli SQA.

Il confronto tra i valori stimati e le concentrazioni rilevate dalle centraline di monitoraggio mostra inoltre come le emissioni della Centrale di Torviscosa contribuiscano in misura minima alla qualità complessiva dell'aria in corrispondenza dei recettori sensibili considerati.