

A fronte di quanto esposto, si intende compiere un'analisi dell'impatto sull'atmosfera determinato dal nuovo impianto, considerato che la sua entrata in esercizio indurrà la fermata di impianti di pari potenza obsoleti.

L'impianto proposto è caratterizzato da questi dati:

Potenza elettrica Netta (MW)	757.9
Rendimento Netto	56.04

NO <sub>x</sub> mg/Nm <sup>3</sup> (15%O <sub>2</sub> )	50
CO mg/Nm <sup>3</sup> (15%O <sub>2</sub> )	30

FUNZIONAMENTO	ore/anno	7000
ENERGIA PRODOTTA	GWh/anno	5305

	OGNI UNITA'				INTERA CENTRALE	
Emissione NO <sub>x</sub>	101.8	kg/h	712.6	T/anno	1425.2	T/anno
Emissione CO	61.1	kg/h	427.7	T/anno	855.4	T/anno

Tab. 3.4.1.3.5: Caratteristiche principali dell'impianto proposto.

Emissione	Impianto proposto	Impianti esistenti che saranno dismessi
SO <sub>2</sub>	-	13.285
NO <sub>x</sub>	1452.2	4.783
Polveri	-	531
CO	855.4	(*)

Tab.3.4.1.3.6: Confronto emissioni inquinanti a parità di produzione [T/anno]. (\*): il dato non è stato comunicato nel Rapporto Ambientale dell'ENEL.

Emissione	Impianto proposto	Impianti esistenti che saranno dismessi
CO <sub>2</sub>	1.870	3.730

Tab.3.4.1.3.7: Confronto emissioni gas serra a parità di produzione [kT/anno].

### 3.4.1.4 Previsione degli effetti del trasporto degli effluenti mediante modelli di diffusione

Gli studi per la valutazione delle modificazioni indotte dalla messa in esercizio di un nuovo impianto industriale sulla qualità dell'aria del territorio circostante, rappresentano certamente un argomento vasto e complesso.

Anche nell'ipotesi di disporre di dati sufficientemente accurati sulle caratteristiche di emissione della sorgente in esame e sulla meteorologia del sito, le metodologie correnti, indipendentemente dal loro grado di sofisticazione, sono in grado di fornire risposte abbastanza accurate solo in termini di impatto a lungo termine in situazioni ideali quali: terreno pianeggiante, lontananza da agglomerati urbani e grandi corpi d'acqua, assenza di perturbazioni locali del movimento delle masse d'aria.

Pertanto quanto più ci si allontana da tale situazione ideale, tanto più alta risulta l'incertezza associata ai risultati dei calcoli. Nella realtà invece, è quasi sempre necessario procedere alla valutazione delle concentrazioni di inquinante prevedibili sul breve periodo (dell'ordine di un ora o di un giorno), in situazioni topografiche ben diverse da quelle ideali riportate sopra. Sulla base di quanto esposto si può pertanto comprendere che le valutazioni che generalmente vengono compiute, sul breve periodo devono essere considerate come un semplice elemento di giudizio sulle previsioni dell'impatto sulla componente atmosfera.

#### 3.4.1.4.1 Modello utilizzato per lo studio sulla diffusione atmosferica degli inquinanti

Le valutazioni sono state eseguite mediante un programma di simulazione della dispersione atmosferica degli inquinanti, che calcola le concentrazioni in aria sottovento al camino in funzione della distanza dallo stesso, anche considerando le coordinate laterali e verticali del recettore e che utilizza un modello gaussiano della dispersione del pennacchio, con parametri di dispersione laterale e verticale funzione delle condizioni di stabilità atmosferica e della distanza sottovento.

L'innalzamento del pennacchio sopra la bocca del camino è valutata con formule derivate da quelle originali di Briggs. Il modello utilizzato è quello imposto dalla normativa tedesca in relazione alle disposizioni della TA Luft che, essendo uno strumento di valutazione approvato a livello governativo in un Paese dell'Unione Europea come la Germania, ha la caratteristica di essere un riferimento oggettivo anche per il caso da noi considerato.

Il metodo tedesco, utilizzando il modello gaussiano della dispersione atmosferica del pennacchio, nelle sue linee generali, è molto simile ad altri comunemente adottati a livello internazionale. Il relativo programma di calcolo, implementato da Envisystem è stato testato attraverso l'esecuzione di simulazioni parallele, con altri modelli appartenenti alla stessa famiglia, quali il modello DIMULA messo a punto dall'ENEA (M.Cirillo) ed i modelli ISCST ed ISCLT sviluppati dall'Environmental Protection Agency degli Stati Uniti d'America ed è stato validato da Enti pubblici nazionali attraverso verifiche incrociate con altri modelli. Presenta analogie su tutte le assunzioni fatte nella trattazione dei diversi fenomeni, individualmente considerati ed introduce, come differenza di maggior rilievo, coefficienti di dispersione variabili in funzione, tra l'altro, dell'altezza effettiva della sorgente. Secondo il modello di calcolo delle concentrazioni al suolo basato sulla assunzione fisico-matematica che la distribuzione di una sostanza inquinante in un pennacchio sia gaussiana, la concentrazione al suolo è data dalla seguente espressione:

$$C_{(x,y,z)} = \frac{Q}{2 \pi \sigma_y \sigma_z u} \exp(-y^2/2\sigma_y^2) [\exp(-(z-H)^2/2\sigma_z^2) + \exp(-(z+H)^2/2\sigma_z^2)]$$

dove:

C	=	concentrazione del contaminante (g/m <sup>3</sup> )
Q	=	emissione del contaminante (g/s)
$\sigma_y, \sigma_z$	=	coefficienti di dispersione laterale e verticale (m)
u	=	velocità del vento (m/s)
H	=	altezza dell'asse del pennacchio (m)
x,y,z	=	coordinate del recettore (m).

Il significato dell'ultimo termine (somma dei due esponenziali) é quello di tenere conto della riflessione del pennacchio contro il suolo, che si ottiene assumendo l'esistenza di una sorgente speculare a quella reale rispetto al suolo. I valori delle concentrazioni calcolate con la formula sopra riportata, sono validi per intervalli di tempo di osservazione dell'ordine dei 10 minuti. Per intervalli di tempo superiori, le concentrazioni calcolate possono essere moltiplicate per i coefficienti di seguito riportati:

30 minuti	0.80
1 ora	0.61
24 ore	0.36

Il modello utilizza coefficienti empirici di dispersione laterale e verticale che dipendono dalla distanza dalla sorgente, dal livello di stabilità atmosferica, dalla quota, dal sito e dalla rugosità del suolo. L'altezza di livellamento del pennacchio ( $H$ ), viene determinata in relazione alle caratteristiche dell'emissione, delle condizioni meteorologiche, della distanza dalla sorgente ed all'altezza geometrica del camino ( $h$ ).

$$H = h + \Delta h \quad (1)$$

dove:

$\Delta h$	=	innalzamento del pennacchio
$h$	=	altezza geometrica del camino
$H$	=	altezza di livellamento del pennacchio

La figura 3.4.1.4.1.1 rappresenta il profilo di concentrazione tridimensionale dell'inquinante emesso da una sorgente puntiforme in un sistema di coordinate orientate con vento medio.

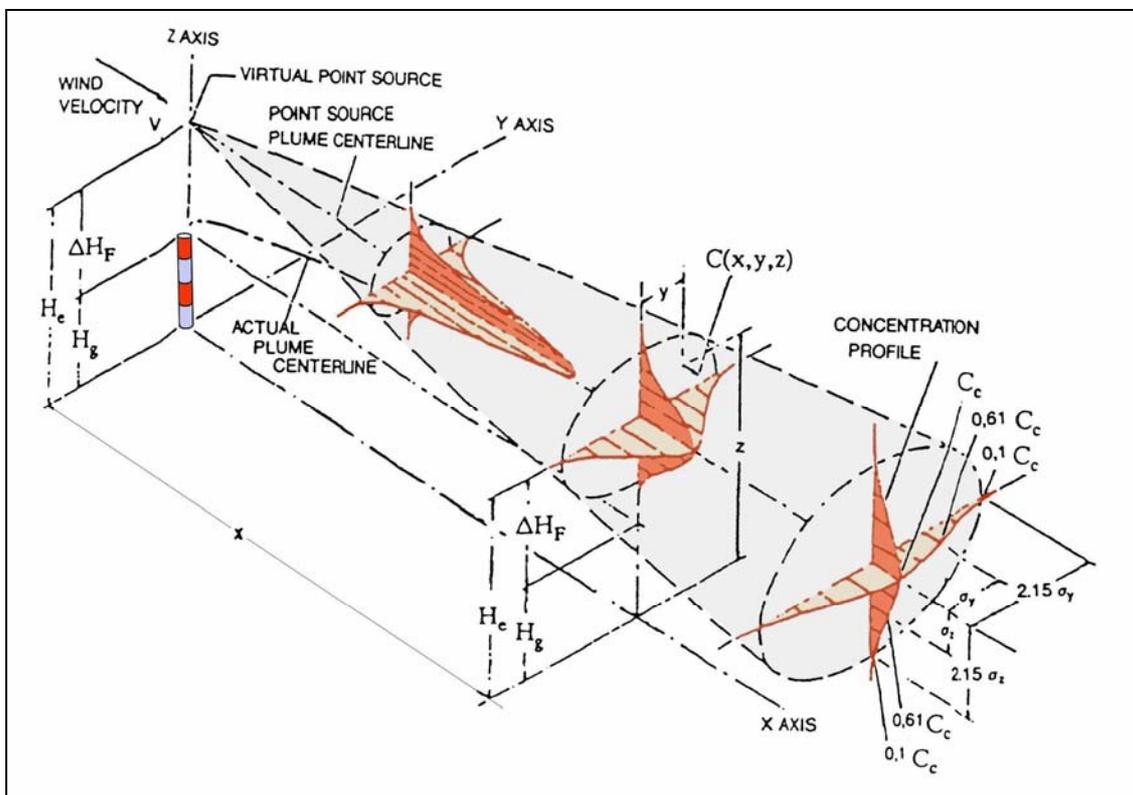


Fig.3.4.1.4.1.1: Distribuzione gaussiana degli inquinanti.

- Calcolo del sovrainnalzamento del pennacchio

Quando la velocità di scarico del fumo supera quella del vento e la sua temperatura è superiore a quella dell'aria, il pennacchio immesso in atmosfera si innalza ad una certa quota al di sopra della bocca del camino, prima che il suo asse assuma un andamento pressoché, orizzontale. Si identifica quindi una sorgente virtuale posta ad un'altezza pari alla somma tra l'altezza geometrica del camino ed il sovra innalzamento del pennacchio. Quando i gas combusti escono da un camino sono soggetti a due fasi: la prima detta aerodinamica, la seconda diffusiva. Nella fase aerodinamica hanno fondamentale importanza le modalità di emissione e le condizioni anemologiche; comunque tale fase è sempre di breve durata (pochi secondi) e si esaurisce entro poche decine di metri sulla verticale del camino, anche nel caso di sorgenti di grande potenza (questo effetto si ritiene trascurabile per sorgenti di potenza medio piccola - come nel caso dell'impianto in questione). La dispersione del pennacchio è qui legata alla turbolenza propria del getto stesso. La fase diffusiva è prevalente su quella aerodinamica, nel caso di pennacchi caldi, che a causa della più bassa densità rispetto a quella dell'aria circostante, sono soggetti ad una spinta di galleggiamento. I pennacchi si definiscono quindi "galleggianti", quando sono costituiti da una consistente massa di fumi ad una temperatura superiore a quella dell'aria, detta "massa termica". In relazione al sovra innalzamento del pennacchio, la massa risulta essere l'elemento di maggior peso; infatti, mentre la perdita di energia cinetica si determina molto rapidamente, l'effetto di galleggiamento permane molto a lungo, fintanto che la temperatura propria del pennacchio è superiore a quella dell'aria ambiente.

In considerazione di quest'ultima osservazione è inoltre evidente che gli scambi di calore e la conseguente perdita di temperatura, siano molto accelerati in un pennacchio di piccole dimensioni. Infatti, esso è facilmente rimescolato con l'aria ambiente, perdendo calore, poiché offre una "superficie" laterale molto grande in relazione al volume del pennacchio stesso. Al contrario, un pennacchio di grandi dimensioni presenta una superficie laterale inferiore rispetto al suo volume. In definitiva il rapporto superficie/volume è maggiore nei pennacchi di piccole dimensioni. Pertanto un fumo, anche molto caldo, ma emesso da un camino piccolo viene più facilmente raffreddato e rimescolato rispetto ad un fumo emesso da un camino grande, anche se a temperatura più bassa (ma sempre superiore a quella dell'aria).

Per descrivere questo fenomeno sono state proposte diverse espressioni matematiche, citiamo qui il parametro di "galleggibilità" (F) definito da Briggs nel 1975, che per fumi aventi densità circa uguale a quella dell'aria è:

$$F = \frac{g \times Q \times (T_f - T_a)}{p \times T_a} \quad (2)$$

dove:

g	=	accelerazione di gravità [m/sec <sup>2</sup> ]
Q	=	portata volumetrica dei fumi [Nm <sup>3</sup> /sec]
T <sub>f</sub>	=	temperatura dei fumi [°K]
T <sub>a</sub>	=	temperatura ambiente [°K]

Per il calcolo dell'innalzamento, in metri, del pennacchio (H<sub>i</sub>), rispetto al punto di emissione, sono state proposte molte formulazioni, di cui per semplicità si riporta quella definita da Briggs, per le diverse condizioni di stabilità atmosferica.

➤ Atmosfera neutra ed instabile

$$H_i = \frac{1.6 \times F^{1/3} \times x^{2/3}}{u} \quad (3)$$

dove:

$x$  = distanza sottovento al camino [m]

$u$  = velocità del vento [m/sec]

il pennacchio si livella ad una distanza data da:

$$x_l = 6.48 \times F^{2/5} \times H_g^{3/5} \quad (4)$$

dove  $H_g$  = Altezza geometrica del camino [m]

quindi l'innalzamento massimo ( $H_i$  max) sarà dato da:

$$H_i \text{ max} = \frac{1.6 \times F^{1/3} \times x_l^{2/3}}{u} \quad (5)$$

Va notato che le espressioni 3 e 5 perdono validità per velocità del vento molto basse.

➤ Atmosfera stabile

Per il calcolo dell'innalzamento  $H_i$  si riportano di seguito alcune correlazioni semplificate, ricavate dalla normativa tedesca TA LUFT:

*Per classe di stabilità E*

$$H_i = 85.2 \times F^{1/3} \times u^{-1/3} \quad (6)$$

il pennacchio si livella ad una distanza data da:

$$x_l = 127 \times u \quad (7)$$

quindi l'innalzamento massimo ( $H_i$  max) sarà dato da:

$$H_i \text{ max} = 3.34 \times F^{1/3} \times x_l^{2/3} \times u^{-1} \quad (8)$$

*Per classe di stabilità F*

$$H_i = 74.4 \times F^{1/3} \times u^{-1/3} \quad (9)$$

il pennacchio si livella ad una distanza data da:

$$x_l = 104 \times u \quad (10)$$

quindi l'innalzamento massimo ( $H_i \max$ ) sarà dato da:

$$H_i \max = 3.34 \times F^{1/3} \times x_i^{2/3} \times u^{-1} \quad (11)$$

Va notato che le espressioni 3, 5, 6, 8, 9, 11 perdono validità per velocità del vento molto basse.

➤ Altezza effettiva della sorgente

L'altezza effettiva della sorgente ( $H$ ), sarà quindi data dalla somma dell'altezza geometrica del camino ( $H_g$ ) e del sovrainnalzamento massimo del pennacchio:

$$H = H_g + H_i \max$$

La presente trattazione non considera inoltre le emissioni fredde e quelle in cui la componente dinamica è predominante su quella termica (emissioni a getto).

➤ Condizioni di stabilità

Ai fini della caratterizzazione delle proprietà diffusive dell'atmosfera sono state esaminate le condizioni di stabilità che rappresentano le condizioni meteorologiche dei bassi strati atmosferici.

Le categorie di stabilità sono state individuate da Pasquill e Gifford in base alla radiazione solare, alla nuvolosità e al vento (tabella 3.4.1.4.1.1):

Velocità vento	Giorno Radiazione solare			Notte	
	Forte	Moderata	Debole	Parzialmente coperta da 3/8 a 4/8	Coperta
<2	A	A - B	B	--	--
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

**Tab.3.4.1.4.1.1:** Classi di stabilità secondo Pasquill e Gifford.

L'analisi è stata effettuata utilizzando sia l'approccio puntuale, che calcola i valori di concentrazione degli inquinanti sottovento al camino, per brevi intervalli di tempo (60 min) sia l'approccio climatologico, di lungo periodo, che consente stime più significative, tenendo conto delle condizioni meteorologiche locali.

Le tabelle seguenti mostrano la frequenza delle varie classi di stabilità, nei diversi settori della rosa dei venti su base annuale, già mostrate precedentemente.

Classe		A	B	C	D	E	F	Nebbia
	%	4,922	10,660	3,758	35,088	3,596	29,655	12,321
Direzione								
N		0,51	0,63	0,78	1,98	3,59	0,87	
NE		0,23	1,08	4,87	4,92	12,21	1,68	
E		1,59	3,81	17,41	17,29	31,85	3,82	
SE		6,14	8,03	18,47	7,45	13,92	1,85	
S		8,24	5,79	7,63	1,79	2,94	0,84	
SW		6,59	6,91	7,27	1,44	4,36	1,24	
W		13,84	14,08	26,86	6,37	16,34	3,28	
NW		5,47	6,50	16,63	7,54	14,60	2,22	
Calma		57,40	53,19	0,09	51,22	0,18	84,22	
		100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	100,00	

Classe		A	B	C	D	E	F	
	%							
Direzione								
N	1,20	0,025	0,067	0,029	0,693	0,129	0,259	
NE	2,97	0,011	0,115	0,183	1,727	0,439	0,497	
E	9,48	0,078	0,406	0,654	6,066	1,145	1,134	
SE	5,51	0,302	0,856	0,694	2,615	0,501	0,547	
S	2,29	0,406	0,617	0,287	0,627	0,106	0,248	
SW	2,36	0,324	0,736	0,273	0,506	0,157	0,367	
W	6,99	0,681	1,501	1,009	2,236	0,588	0,971	
NW	5,42	0,269	0,693	0,625	2,646	0,525	0,657	
Calma	51,45	2,825	5,670	0,003	17,971	0,007	24,974	100,000

Tab.3.4.1.4.1.2: Frequenza delle classi di stabilità.