



4. Il modello diffusionale utilizzato è di per sé in grado di garantire delle sovrastime cautelative sulla base degli algoritmi di calcolo utilizzati e sulla base delle ipotesi iniziali di assenza di rimozione chimica degli inquinanti e di stazionarietà delle componenti di trasporto dei medesimi.

5.5.2 Dati di input necessari per il codice ISC3

Il codice di calcolo diffusionale gaussiano ISC3 utilizza tre tipologie di dati di input per la valutazione delle ricadute a terra di inquinanti emessi da camini di tipo industriale:

- input di tipo impiantistico relativo alle caratteristiche fisiche e termodinamiche delle sorgenti di emissioni
- input di tipo orografico per la caratterizzazione dei profili tridimensionali dell'area da modellare sulla quale vengono distribuiti dei recettori di misura per il calcolo delle concentrazioni puntuali facenti parte della griglia utilizzata per il monitoraggio
- input di tipo meteorologico per la caratterizzazione delle condizioni meteorologiche che influenzano la diffusione in atmosfera degli inquinanti

Input di dati impiantistici relativo alle sorgenti di emissioni

Per gli input di carattere impiantistico dei sistemi di emissione considerati (camini) sono stati utilizzati i valori fisici e termodinamici calcolati relativamente agli impianti in configurazione attuale e futura.

I dati richiesti dal codice di calcolo sono sostanzialmente i valori relativi ai parametri di portate di emissioni di inquinanti (in g/s) per ogni singolo camino, ai parametri per la valutazione delle spinte di galleggiamento e di momento della quantità di moto del pennacchio all'uscita dal camino (velocità e temperatura di uscita dei fumi oltre alla sezione del camino al colmo) e al parametro di altezza di emissione del pennacchio rispetto alla quota di riferimento (altezza fisica del camino).



Input di dati orografici

Per la valutazione degli effetti diffusivi degli inquinanti emessi in atmosfera nelle configurazioni attuale e futura, si è dovuto ricostruire il profilo altimetrico dell'area sottoposta a indagine di impatto ambientale atmosferica.

Input di dati meteorologici elaborati

La modellistica gaussiana utilizzata dal codice diffusionale utilizzato ISC3, prevede il calcolo di alcune grandezze meteorologiche indirette, ovvero non misurate direttamente con strumenti di misura, ma dedotte da altre grandezze misurate direttamente da strumentazione.

Nel caso specifico il codice ISC3 prevede per il corretto uso, la disponibilità di dati sulle seguenti grandezze meteorologiche :

- velocità del vento ad una quota prefissata
- temperatura atmosferica ad una quota prefissata
- direzione del vento
- condizione di stabilità atmosferica
- altezza di miscelamento atmosferico in condizioni di area rurale o urbana

Mentre per le prime tre grandezze i sensori di misura dei parametri atmosferici danno delle misure dirette, per gli altri due parametri si deve ricorrere a routine di calcolo.



5.6 Procedura VI - input di dati impiantistici relativi alle emissioni

La verifica delle alterazioni che l'intervento viene ad introdurre rispetto alla situazione ambientale pregressa è stata effettuata utilizzando diversi indicatori di impatto ambientale quali :

- quantità complessive di inquinanti emessi in atmosfera dagli impianti nelle due fasi in studio ;
- portata massica di inquinanti emessi per unità di energia in ingresso .

Soprattutto quest' ultimo indicatore è significativo per qualificare il tipo di intervento realizzato, ovvero per verificare se l'utilizzazione dell'energia primaria avviene in maniera razionale.

Tali valori possono essere elaborati sulla base di medie annuali.

Per la valutazione degli impatti dovuti alle emissioni di inquinanti prodotti nella configurazione attuale sono stati utilizzati i valori di concentrazioni al camino misurati da Ambiente scrl nel periodo aprile-dicembre 1996 (misure di controllo eseguiti ai sensi del DPR 203/88, per un totale di 25 campagne di misura effettuate) ed i valori derivanti da elaborazioni eseguite sulla base dei consumi di combustibili forniti da Solvay SA nel periodo 1991-1996.

Per il calcolo delle condizioni fisiche e termodinamiche di funzionamento a regime degli impianti della configurazione attuale (fase 1) si sono elaborati i dati suddetti.

In tal modo è stato possibile ottenere i valori relativi ai dati di :

- portate di fumi secchi e umidi per ogni camino
- temperatura dei fumi allo sbocco del camino (con la condizione di camini perfettamente adiabatici)
- velocità di efflusso dei fumi

Per la stima delle portate di fumi prodotti nell'arco di tempo 1991-1996 è stato effettuato un calcolo di combustione globale degli impianti sulla base dei dati



mensili redatti da Solvay SA. Tali dati riguardano i combustibili utilizzati, il potere calorifico degli stessi, il tenore di zolfo contenuto nei combustibili liquidi utilizzati, oltre alla percentuale di ossigeno misurata nei fumi.

Per la stima dei quantitativi di inquinanti prodotti nella fase di combustione si è tenuto invece conto dei fattori di emissione, certificati da US EPA relativi alla combustione di gas naturale e di olio combustibile con tenore di zolfo variabile.

Per la stima dei valori di inquinanti emessi nella configurazione futura sono stati utilizzati i valori limiti di emissione con i quali è stato autorizzato il funzionamento dell'impianto Rosen S.p.A.

Sulla base di tali dati è possibile procedere all'analisi dei quantitativi di inquinanti emessi anche per i periodi non coperti da analisi specifiche. Nel complesso infatti è ragionevole, in prima approssimazione, utilizzare i fattori EPA : questo permette, conoscendo l'andamento dei consumi di combustibile a partire dal 1991 di evidenziare con un buon grado di approssimazione l'andamento dei quantitativi di inquinanti prodotti.

Per il modello diffusionale verranno invece utilizzati i dati rilevati sui punti specifici di emissione.



5.7 Procedura VII - input orografici

L'approssimazione che si compie nella ricostruzione del profilo altimetrico dell'area , e nella conseguente ricostruzione delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi, risulta tanto minore quanto più piccole sono le maglie sulla base del quale tale profilo viene ricostruito.

Nel caso specifico di modellistica utilizzata, le maglie del profilo altimetrico sono state scelte coincidenti con le maglie della rete di distribuzione dei recettori di calcolo.

I grafici riportati in Appendice D sono relativi ad uno sviluppo tridimensionale e ad una vista planimetrica dell'orografia ricostruita. Le rappresentazioni grafiche riportate sono relative ad una interpolazione effettuata sulla base dei valori relativi ai punti della griglia a maglie quadrate di passo 500 metri.



5.8 Procedura VIII - input meteorologici : calcolo della classe di stabilità e dell'altezza di miscelamento

5.8.1 Calcolo della Stabilità Atmosferica

La stabilità Atmosferica è un parametro che permette di stabilire, sulla base di una delle apposite classificazioni esistenti, il tipo di turbolenza atmosferica presente in un dato istante temporale.

I fenomeni atmosferici sono fondamentalmente caratterizzati da due tipi di rimescolamenti di masse d'aria presenti all'interno del PBL (Planetary Boundary Layer), lo strato troposferico all'interno del quale avvengono i fenomeni di diffusione :

- ▣ rimescolamenti e turbolenze di tipo meccanico dovuti allo spostamento orizzontale di masse d'aria per effetto dei venti e determinati dalla viscosità del mezzo
- ▣ rimescolamenti e turbolenze convettive, dovute alla movimentazione verticale di masse d'aria con temperature medie e quindi densità differenti

Le due componenti di rimescolamento, determinano il variare delle condizioni di turbolenza e quindi di rimescolamento variando quindi le caratteristiche diffusionali dell'atmosfera. La Stabilità tiene conto appunto del predominare o meno di una delle due tipologie di turbolenza.

La classificazione di Stabilità atmosferica che viene scelta nel modello ISC3 è la classificazione di Pasquill-Gifford che divide le diverse condizioni dell'atmosfera in sei diverse classi di stabilità.



Tabella - Caratterizzazione delle classi di stabilità secondo Pasquill-Gifford

Classe di stabilità	Condizioni atmosferiche corrispondenti
A	Condizioni di forte instabilità, regime diurno con forte irraggiamento e vento debole
B	Condizioni di media instabilità, regime diurno con irraggiamento e venti non forti
C	Condizioni di leggera instabilità, regime diurno con venti forti e irraggiamenti contenuti
D	Condizioni neutre dominate da rimescolamento meccanico con forte venti
E	Debole stabilità, regime notturno con debole stratificazione termica
F	Forte stabilità, regime notturno con stratificazione termica dominante

Per la determinazione della stabilità atmosferica vi sono diversi metodi :

- misurazione del gradiente di temperatura atmosferica
- determinazione della temperatura potenziale
- misurazione dello sbandieramento del vento
- determinazione sulla base delle misure di velocità del vento e irraggiamento globale e netta
- calcolo della lunghezza di Monin-Obukhov

Nel nostro caso si è scelto di determinare la stabilità atmosferica con la velocità del vento e l'irraggiamento diurno e notturno. Nella tabella che segue è riportata la griglia utilizzata, sulla base della quale è possibile caratterizzare la classe di stabilità oraria.



Tabella - Metodo utilizzato per la definizioni delle condizioni di stabilità Atmosferica

Radiazione [W/m^2]		Velocità del vento a 10 m [m/s]					
		< 2	2 - 3	3 - 4	4 - 5	5 - 6	> 6
Radiazione Solare Incidente	> 700	A	A	B	B	C	C
	700 ÷ 540	A	B	B	B	C	C
	540 ÷ 400	B	B	B	C	C	D
	400 ÷ 270	B	B	C	C	C	D
	270 ÷ 140	C	C	C	D	D	D
	< 140	D	D	D	D	D	D
Radiazione Netta	> -20	D	D	D	D	D	D
	-20 ÷ -40	F	E	D	D	D	D
	< -40	F	F	E	E	D	D

Per l'irraggiamento diurno si utilizza un radiometro globale facendo riferimento al sensore localizzato presso il Comune di Livorno in via De Sanctis, mentre per l'irraggiamento notturno si utilizza un radiometro netto, in particolare si utilizza il sensore installato presso la stazione di monitoraggio meteorologico localizzata all'interno dell'area industriale Solvay.

5.8.2 Calcolo dell'altezza di miscelamento

All'interno della troposfera i fenomeni diffusivi di inquinanti emessi per via antropogenica, subiscono dei processi di rimescolamento che interessano non tutta la sezione troposferica, ma solo una piccola parte: lo strato limite atmosferico (PBL). Tale strato ha uno spessore che può variare notevolmente nel corso dei giorni e anche nel corso delle ore dello stesso giorno.

E' chiaro che una variazione dello spessore di questo strato, che viene detto anche di rimescolamento, porta a profonde mutazioni nelle caratteristiche diffusionali dell'atmosfera, modificandosi le possibilità di diluizione degli inquinanti all'interno dello strato stesso.



Assume pertanto una grande importanza, la stima dell'altezza dello strato di rimescolamento al variare delle condizioni atmosferiche.

Nel caso specifico si è calcolata l'altezza dello strato di rimescolamento utilizzando un codice di calcolo di origine US-EPA (RAMNET) rivisitato sulla base delle più attuali metodologie modellistiche.

Il codice che si è utilizzato necessita come dati di input di :

- data e ora degli intervalli di analisi
- irraggiamento netto
- irraggiamento solare globale
- direzione del vento
- velocità del vento
- pressione atmosferica
- temperatura atmosferica
- copertura nuvolosa percentuale

Tabella - Parametri scelti per il calcolo dell'altezza di miscelamento

Parametri considerati	Valori
Latitudine Stazione Meteorologica	43°3'
Longitudine Stazione Meteorologica	10°3'
Zona Oraria rispetto a Greenwich	-1
Minima Lunghezza di Monin-Obukhov in cond. stabili [m]	150
Altezza dal suolo dell'Anemometro [m]	10
Rugosità del suolo [m]	0.6
Albedo a mezzogiorno	0.2
Rapporto di Bowen	1.5
Flusso calore sensibile Antropogenico [W/m ²]	30
Frazione di radiazione netta assorbita dal terreno	0.2



Il modello di calcolo è in grado di determinare automaticamente la dimensione dell'altezza del PBL sulla base del calcolo di altre due grandezze meteorologiche derivanti dalle grandezze di riferimento di input :

- ▣ la velocità d'attrito o "friction velocity"
- ▣ la lunghezza di Monin- Obukhov

I dati elaborati dal codice vengono direttamente utilizzati per la predisposizione del file meteorologico di input che viene utilizzato dal modello diffusionale gaussiano stazionario ISC3 per il calcolo della dispersione al suolo degli inquinanti emessi nelle diverse condizioni meteorologiche del periodo di analisi.

Nella tabella precedente sono riportati i valori che sono stati considerati nel caso specifico per il calcolo dell'altezza di miscelamento.

Nell'Appendice E sono riportati gli elaborati grafici relativi ai parametri meteorologici calcolati e presi in considerazione nelle seguenti simulazioni diffusionali.



5.9 Procedura IX - Determinazione delle portate di inquinanti emesse al camino (valori di emissione considerati per il calcolo diffusionale)

Un quadro riassuntivo degli impianti sottoposti a studio di valutazione di impatto ambientale è riportato in tabella seguente, catalogati secondo la sigla Solvay e la sigla usata nel modello. Nella tabella vengono evidenziate le tipologie di inquinante analizzate.

Tabella - Impianti considerati nello studio di impatto.

Sigla Solvay	Sigla ISC	Descrizione Impianto	fase 1	fase2.	Inquinanti Modellati
E2	E2	Caldaia GNHP3			PTS - NO _x - SO ₂ - CO
E3	E3	Caldaie GNSP1 e GNSP2			PTS - NO _x - SO ₂ - CO
E4	E4	Caldaia GNSP3			PTS - NO _x - SO ₂ - CO
-	E5-E6	Impianto di cogenerazione			NO _x - CO

I valori di portate di inquinanti considerati come di funzionamento rappresentativo delle reali condizioni di marcia degli impianti sono riportati nella tabella che segue.

Tabella - Portate emissive di inquinanti considerate per analisi diffusionale con ISC3-ST

Camini di emissione	Emissione di NO _x	Emissione di SO ₂	Emissione di CO	Emissione di PTS
	[g/s]	[g/s]	[g/s]	[g/s]
E2	13.50	16.57	0.607	1.079
E3	14.23	74.9	0.464	4.877
E4	5.30	10.64	14.739	0.693
E5	22.09	-	18.41	-
E6	22.09	-	18.41	-



I valori sono elaborati sulla base delle misure effettuate sui camini di emissione Solvay da Ambiente srl nel periodo aprile-dicembre 1996 e sulla base delle misure delle emissioni di SO₂ misurate sugli stessi camini da Solvay SA.

Per il calcolo delle portate sono stati utilizzati i valori di portate dei fumi medi rilevati durante le campagne di misura al camino svolte da Ambiente srl.

Ulteriori dati che caratterizzano i punti di emissione sono riportati nella tabella seguente

Camino	Velocità fumi allo sbocco	Portata fumi umidi in volume	Altezza camino	Temperatura fumi allo sbocco
	[m/s]	[m ³ /s]	[m]	[°C]
E2	3.0	57.0	100 + 9,30	136.2
E3	5.3	73.4	80 + 9,30	124.6
E4	2.4	37.0	80 + 9,30	133.5
E5	23,08	589,0	40 + 8,55	132
E6	23,08	589,0	40 + 8,55	132