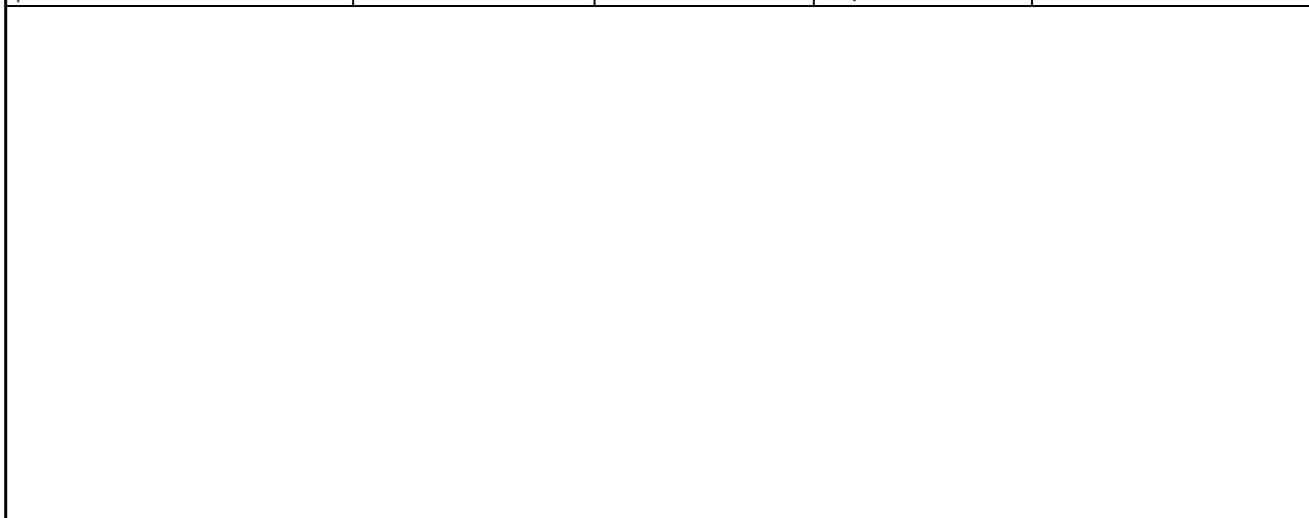


Società di consulenza:  ECO CHIMICA ROMANA S.r.l.	Proponente/Progetto: <div style="text-align: center;">LUCCHINI ENERGIA s.r.l</div> <div style="text-align: center;">CCGT 400 MWe nel Porto Industriale di Trieste</div>				Cliente:  MEDEA DEVELOPMENT S.A.
	Rev.:	00			
prot. n. 099e/09/FC	Foglio 1 di 26	Data 08/04/2009	Classificazione per istruttoria	Codice di progetto no.: 08110	



**Centrale a ciclo combinato,
 alimentata a gas naturale, nel porto
 industriale di Trieste**

**STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN
 ATMOSFERA**

RELAZIONE



00	08/04/09	Emesso per istruttoria	Fornari	Conti
REV	DATA	TITOLO DELLA REVISIONE	PREPARATO	VERIFICATO
			Pastorelli	APPROVATO

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 2 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	-------------------	-------------	----------------------------------

INDICE

1	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
2	LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA.....	4
3	DATI METEOROLOGICI	5
3.1	Dati anemologici locali	5
3.2	Classi di stabilità.....	7
4	STIMA DELLE CONCENTRAZIONI DI RICADUTA AL SUOLO	9
4.1	Elaborazioni	10
4.1.1	Dati relativi alle emissioni	10
4.1.2	Caratteristiche geometriche e fluidodinamiche del punto di emissione	10
4.1.3	Caratteristiche orografiche del sito in esame	11
4.1.4	Concentrazioni di fondo di qualità dell'aria preesistenti all'esercizio della centrale turbogas	11
4.2	Utilizzo del modulo "short term"	12
4.2.1	Massime concentrazioni stimate in base all'analisi "EPA Screening Model"	14
4.2.2	Massimi di dispersione stimati in base all'analisi "EPA Screening Model"	15
4.2.3	Casi di calma di vento	16
4.2.4	Individuazione delle situazioni "peggiori" con frequenza di accadimento diversa da zero) incluse le situazione di calma di vento	17
4.2.5	Analisi delle situazioni più frequenti	18
4.3	Analisi climatologica per le simulazioni long-term	20
4.3.1	Stima dei valori di concentrazione raggiunti dalle centraline della rete di monitoraggio come media annuale (confronto con risultati dell'analisi climatologica)	21
5	CONCLUSIONI.....	24

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE										
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA										
Documento Eco Chimica Romana	Foglio		Rev.:							Codice di progetto no :
prot. n. 099e/09/FC	3	di 26	00						08110	

1 SCOPO DEL DOCUMENTO

Il presente elaborato si inserisce nell'ambito della documentazione tecnica di supporto allo Studio di Impatto Ambientale della centrale a ciclo combinato di potenza pari a 400 MWe da ubicarsi nell'area del Porto industriale di Trieste; il progetto, proposto dalla Lucchini Energia, si colloca nel quadro delle iniziative promosse per la riconversione produttiva dello stabilimento siderurgico esistente ("Ferriera di Servola").

Scopo principale del lavoro è quello di individuare, mediante modello diffusionale, le concentrazioni e le distanze di ricaduta delle emissioni della futura centrale dei tre inquinanti ossidi di azoto (NOx), monossido di carbonio (CO), e polveri. Ciò al fine di valutare l'impatto generato dall'impianto sulla qualità dell'aria nella zona circostante.

L'indagine condotta comprende l'analisi delle ricadute sia sul breve periodo, attraverso l'utilizzo del modulo *short-term* del modello, per il calcolo delle ricadute nelle condizioni meteorologiche peggiori e in quelle più frequenti, sia sul lungo periodo, attraverso l'utilizzo del modulo *long-term* (o *climatologico*), per l'individuazione del campo di concentrazione al suolo dei valori medi annuali, generate dall'impianto.

Le elaborazioni sono state eseguite con il modello gaussiano di dispersione atmosferica degli inquinanti WinDimula3, prodotto da ENEA e sviluppato da Maind S.r.l.

I valori di emissione dal camino, utilizzati come dati di input al modello, sono stati determinati in maniera tale da permettere una valutazione di tipo conservativo. Allo scopo, sono stati utilizzati i valori di emissione dell'impianto garantiti in condizione a regime.

I risultati delle simulazioni ottenuti con il modulo *long-term* sono stati poi sommati alle "concentrazioni di fondo" annuali dell'area (rappresentative dello stato di qualità dell'aria *ante-operam*) al fine di stimare i livelli di concentrazione in aria che verranno ad instaurarsi dopo l'avvio dell'impianto (*post-operam*).

I valori di fondo sono stati determinati in corrispondenza delle diverse stazioni fisse della rete regionale di monitoraggio della qualità dell'aria, elaborando le serie storiche dei dati consultabili dal sito web dall'ARPA Friuli Venezia Giulia. Prendendo come anno di riferimento il 2008 sono stati considerati i valori medi annuali delle tre specie inquinanti per ogni centralina. In corrispondenza delle postazioni considerate è stato quindi possibile stimare le concentrazioni complessive, confrontabili con i limiti di qualità dell'aria indicati dalla vigente normativa nazionale (cfr. Capitolo 2).

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 4 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	-------------------	-------------	----------------------------------

2 LEGISLAZIONE DI RIFERIMENTO SULLA QUALITÀ DELL'ARIA

Viene di seguito fornita una breve descrizione del quadro legislativo nazionale in materia di qualità dell'aria. I provvedimenti legislativi cui si fa riferimento nell'ambito sono i seguenti:

Decreto Ministeriale 2 aprile 2002, n. 60 - Recepimento della direttiva 1999/30/CE del Consiglio del 22 aprile 1999 concernente i valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo e della direttiva 2000/69/CE relativa ai valori limite di qualità dell'aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio.

Decreto Legislativo 4 agosto 1999, n. 351 – Attuazione della Direttiva 96/62/CE in materia di valutazione e di gestione della qualità dell'aria.

Nella tabella seguente si riportano, per gli inquinanti di interesse, i limiti di qualità dell'aria di cui al Decreto Ministeriale 2 aprile 2002, n. 60, con i quali potranno essere confrontati i risultati delle simulazioni del modello al fine di valutare l'impatto sulla qualità dell'aria generato dall'attività dell'impianto.

Inquinante	Descrizione del limite	Valore limite	Margine di tolleranza	Data di entrata in vigore del limite
Biossido di azoto	Valore limite orario per la protezione della salute umana	200 µg/m³ NO ₂ da non superare più di 18 volte per anno civile	50% del valore limite, pari a 100 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 01.01.2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 01.01.2010	1 gennaio 2010
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	40 µg/m³ NO ₂	50% del valore limite, pari a 20 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 01.01.2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 01.01.2010	1 gennaio 2010
Ossidi di azoto	Valore limite annuale per la protezione della vegetazione	30 µg/m³ NO _x	Nessuno	19 luglio 2001
Materiale particolato (PM ₁₀)	Valore limite di 24 ore per la protezione della salute umana	50 µg/m³ PM ₁₀ da non superare più di 35 volte per anno civile	50% del valore limite, pari a 25 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 01.01.2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 01.01.2005	1 gennaio 2005
	Valore limite annuale per la protezione della salute umana	40 µg/m³ PM ₁₀	20% del valore limite, pari a 8 µg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 99/30/CE (19/7/99). Tale valore è ridotto il 01.01.2001 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 01.01.2005	1 gennaio 2005
Monossido di carbonio	Valore limite sulle 8 ore per la protezione della salute umana	10 mg/m³	6 mg/m ³ , all'entrata in vigore della direttiva 2000/69 (13/12/2000). Tale valore è ridotto il 01.01.2003 e successivamente ogni 12 mesi, secondo una percentuale annua costante, per raggiungere lo 0% al 01.01.2005	1 gennaio 2005
Per il monossido di carbonio la massima media giornaliera su 8 ore viene individuata esaminando le medie mobili su 8 ore, calcolate in base a dati orari e aggiornate ogni ora. Ogni media di 8 ore così calcolata è assegnata al giorno nel quale finisce.				

Tabella 2.1 – Limiti di qualità dell'aria di cui al Decreto Ministeriale 2 aprile 2002, n. 60

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 5 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	-------------------	-------------	----------------------------------

3 DATI METEOROLOGICI

I dati di base utilizzati per la descrizione meteorologica del sito, acquisiti dalla stessa società fornitrice del modello, provengono dalla stazione meteorologica di Trieste dell'Aeronautica militare (A.M. 110-TRIESTE-LAT. 45 39; LONG. 13 45; ALT. 20 m) posta ad una distanza in linea d'aria di circa 5 Km dal sito in esame.

I dati sono stati costituiti da misure su base oraria della velocità e della direzione di provenienza del vento e della stabilità atmosferica (cfr. § 3.2) e si riferiscono al periodo gennaio 1951 - dicembre 1991. Essi sono posti in forma disaggregata come Joint Frequency Functions (cfr. Allegato, capitolo 1) e permettono di dare una visione immediata delle diverse situazioni meteo: per ogni classe di stabilità, le frequenze di accadimento delle classi di velocità per direzione di provenienza dei venti sono presentate in forma normalizzata a 1000 casi. Il confronto dei valori caratteristici della velocità del vento, per la stessa area, elaborati in periodi più recenti, non ha evidenziato nessuna significativa modifica rispetto ai dati utilizzati (come dimostrano le registrazioni della stazione RMN - Rete Mareografica Nazionale nel periodo 1998-2001).

L'area presa in esame è costituita essenzialmente da un quadrato di 10 km di lato, al centro del quale si colloca il sito proposto per lo stabilimento. Le dimensioni dell'area di indagine sono state fissate in modo da consentire, anche attraverso le rappresentazioni grafiche restituite dal modello, la valutazione complessiva della dispersione e dei livelli di impatto ambientale nell'effettivo raggio d'influenza dell'impianto.

3.1 Dati anemologici locali

I dati si riferiscono alle 16 direzioni di provenienza dei venti, una ogni 22,5°, ad una classe per la variabilità e ad una per le calme di vento. La velocità del vento per le situazioni di calma è considerata <1,5 m/s. Nella tabella e nei grafici seguenti sono riportati i risultati dei rilievi anemologici presi in considerazione.

Settore	Descrizione	Frequenza (‰)	Velocità (m/s)
1	N	6,6	4,28
2	N-NE	39,8	6,41
3	NE	106,1	6,68
4	E-NE	138,5	6,78
5	E	63,6	2,87
6	E-SE	52,2	2,41
7	SE	21,6	2,37
8	S-SE	13,4	2,86
9	S	13,8	3,32
10	S-SW	17,1	3,00
11	SW	18,2	2,86
12	W-SW	24,3	2,40
13	W	27,0	2,18
14	W-NW	20,8	2,28
15	NW	15,7	2,34
16	N-NW	8,2	2,62
17	Variabilità	0,2	2,73
18	Calma	412,9	< 1,5

Tabella 3.1 – Carta dei venti su lungo periodo.

**CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA**

Documento Eco Chimica Romana
prot. n. 099e/09/FC

Foglio
6 di 26

Rev.:
00

Codice di progetto no :
08110

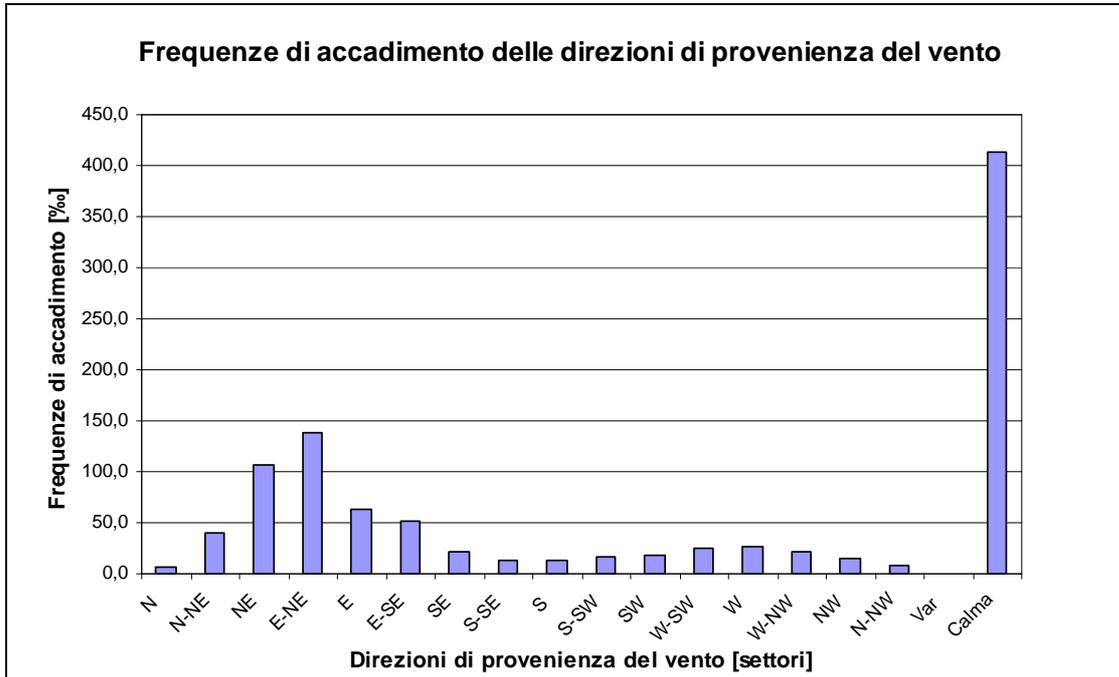


Figura 3.1 Frequenze di accadimento delle direzioni del vento rilevate dalla stazione meteorologica di Trieste.

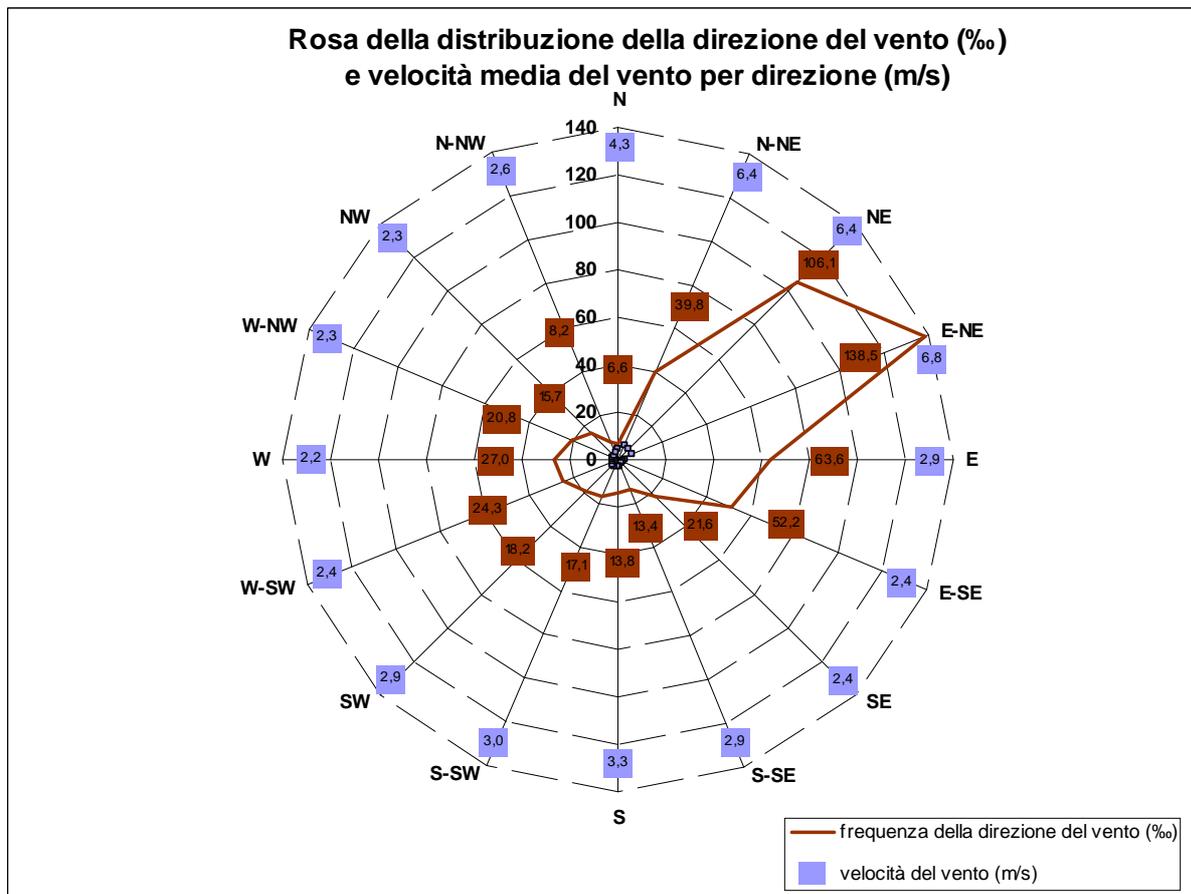


Figura 3.2. Rosa dei venti - Stazione di rilevazione dell'Aeronautica Militare di Trieste, periodo 1951-1991.

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 7 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	-------------------	-------------	----------------------------------

Si può osservare che le direzioni di provenienza del vento maggiormente significative sono quelle corrispondenti ai settori N-NE, NE, E-NE, E ed E-SE (400,2 ‰ dei casi osservati, sommando le frequenze dei 5 quadranti). In particolare, le frequenze massime si hanno per i settori E-NE (138,5‰) e NE (106,1‰). Si può osservare come a tali direzioni di provenienza del vento siano associate preminenti situazioni di venti medio-forti (velocità pari a 6-7 m/s): tali situazioni rappresentano gli eventi di "bora", in accordo con la definizione di tale fenomeno data dall'Istituto Sperimentale Talassografico di Trieste (direzione tra E-NE ed E; velocità del vento > 5-10 m/s).

Si osserva, inoltre, l'alta percentuale di casi di calma (circa il 412,9‰ dei casi osservati).

3.2 Classi di stabilità

Al fine di effettuare una corretta interpretazione dei dati meteorologici a nostra disposizione, è necessario definire le caratteristiche delle classi di stabilità atmosferica, considerato che le definizioni utilizzate sono di tipo statistico-qualitativo in funzione delle infinite possibili combinazioni dei valori assunti dai parametri meteorologici (velocità del vento, grado di insolazione, ora del giorno, presenza di nebbie).

Segue un prospetto riportante le caratteristiche delle classi di stabilità.

Classe di stabilità	Condizioni	Definizione
A	Velocità del vento inferiore a 3 m/s con insolazione forte	FORTE INSTABILITÀ - Tipico delle giornate estive limpide
B	Velocità del vento inferiore a 3 m/s con insolazione media	MODERATA INSTABILITÀ - Tipico delle giornate primaverili e autunnali limpide
C	Velocità del vento superiore a 2 m/s con insolazione media	DEBOLE INSTABILITÀ
D	Velocità del vento superiore a 5 m/s con insolazione moderata o notte con cielo offuscato	NEUTRALITÀ
E	Notte con velocità del vento di 2-5 m/s	DEBOLE STABILITÀ
F	Notte con velocità del vento di 2-3 m/s con cielo sereno	MODERATA STABILITÀ
G	Calme di vento con cielo sereno	FORTE STABILITÀ

Tabella 3.2 - Caratterizzazione delle classi di stabilità assunte per lo studio modellistico

Solitamente le due classi F e G sono considerate come una sola classe di stabilità, indicata con F+G. Il dettaglio delle frequenze di accadimento delle classi di stabilità è riportato in Allegato, capitolo 2.

Nella seguente tabella si riportano le frequenze di accadimento per le classi di stabilità normalizzate a 1000 casi osservati.

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 8 di 26	Rev.:	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	-------------------	-------	----------------------------------

Classe di stabilità	Frequenza (%)
A	53,1
B	98,5
C	41,1
D	482,9
E	57,9
F + G	266,6

Tabella 3.4 - Frequenze di accadimento per le classi di stabilità normalizzate a 1000. Fonte: Stazione meteorologica di Trieste dell'Aeronautica Militare

Inoltre, la percentuale dei casi di nebbia risultante dall'analisi dei dati meteorologici a disposizione è risultata molto bassa (4,57‰), come risulta dalla seguente tabella.

Classe di stabilità	Frequenza (%)
A	53,1
B	98,5
C	41,1
D	478,31
E	57,86
F + G	266,6
nebbie	4,57

Tabella 3.5 - Frequenze di accadimento per le classi di stabilità normalizzate a 1000, compresa la classe delle nebbie,. Fonte: Stazione meteorologica di Trieste dell'Aeronautica Militare

Per questo motivo la classe delle nebbie, caratterizzate da situazioni di inversione termica a basse quote (cfr. Allegato), non è stata considerata nelle elaborazioni.

Per ogni classe di stabilità sono state comunque impiegate le altezze delle quote di inversione termica proposte dal modello e riportate nella seguente tabella.

Classe di stabilità	Altezza (m)
A	1500
B	1500
C	1000
D	500
E	-
F + G	-

Tabella 3.6 – Altezze di inversione termica proposte dal modello per ogni classe di stabilità

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 9 di 26	Rev.:	Codice di progetto no : 08110
		00	

4 STIMA DELLE CONCENTRAZIONI DI RICADUTA AL SUOLO

Lo studio è stato effettuato utilizzando il modello previsionale gaussiano di dispersione atmosferica WinDimula3, prodotto da ENEA e sviluppato da Maind S.r.l., inserito nell'elenco dei modelli consigliati da ISPRA (Istituto Superiore per la Ricerca sull'Ambiente, ex APAT) per la valutazione e gestione della qualità dell'aria (www.sinanet.apat.it).

WinDimula rappresenta l'evoluzione sotto Windows del noto modello gaussiano DIMULA sviluppato da ENEA. Il modello DIMULA (Cirillo e Cagnetti, 1982) è inserito nei rapporti ISTISAN 90/32 ("Modelli per la progettazione e valutazione di una rete di rilevamento per il controllo della qualità dell'aria") e ISTISAN 93/36 ("Modelli ad integrazione delle reti per la gestione della qualità dell'aria"), in quanto corrispondente ai requisiti qualitativi per la valutazione delle dispersioni di inquinanti in atmosfera in regioni limitate (caratterizzate da scale spaziali dell'ordine di alcune decine di chilometri) e in condizioni atmosferiche sufficientemente omogenee e stazionarie.

DIMULA è un modello gaussiano multisorgente che consente di effettuare simulazioni di ricaduta al suolo degli inquinanti in determinate condizioni meteorologiche nel breve periodo (versione *short term*) e nel lungo periodo (versione *long term* o "climatologica") e permette, inoltre, di effettuare il calcolo "grezzo" del massimo di ricaduta.

Il software presenta in un unico applicativo i seguenti software:

DIMULA[®] - Modello di diffusione gaussiana multisorgente in versione per Windows[®].

DMS Suite[®] - Diffusion Models Support Suite per DIMULA, contenente una serie di programmi sviluppati per consentire un agevole utilizzo del modello DIMULA sotto il sistema operativo Windows[®].

Il software DIMULA[®] è di esclusiva proprietà di ENEA.

Il software DMS Suite[®] è di esclusiva proprietà di MAIND S.r.l. – Milano.

La versione *short-term* del modello permette di calcolare la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni al suolo degli inquinanti sul breve periodo. In questo caso, l'input meteorologico è rappresentato da un valore istantaneo di direzione e intensità del vento, con l'indicazione della relativa classe di stabilità.

Le ipotesi alla base di questo modulo sono la stazionarietà nel tempo delle condizioni meteorologiche e la continuità delle emissioni in esame.

La versione "climatologica" del modello permette di calcolare la distribuzione spaziale sul territorio delle concentrazioni al suolo degli inquinanti, mediate su lunghi periodi, in modo da poter considerare la variazione temporale delle grandezze meteorologiche. L'input meteorologico è rappresentato da funzioni chiamate "Joint Frequency Functions" che riportano, tramite frequenze di accadimento, l'aggregazione dei dati di velocità e direzione del vento per ogni classe di stabilità.

In Allegato I, al capitolo 1, è riportata una descrizione del modello (aspetti teorici, formule utilizzate ecc.) e delle ipotesi assunte per il caso specifico.

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 10 di 26	Rev.:	Codice di progetto no : 08110
		00	

4.1 Elaborazioni

La necessità di stimare le emissioni su una base che sia rappresentativa delle diverse condizioni meteorologiche e che dia un risultato confrontabile con i limiti di legge in relazione alla qualità dell'aria, ha portato in questo studio all'utilizzo del modello WinDimula3 sia nella versione climatologica (*long term*), impiegata per il confronto con i limiti annuali di qualità dell'aria, sia nella sua versione *short-term*, impiegata per il confronto con i limiti di qualità dell'aria orari o giornalieri.

L'utilizzo del modello è subordinato alla raccolta di una serie di informazioni necessarie alla definizione dei parametri di input del modello stesso. Queste informazioni sono di tre tipologie diverse ed in particolare:

- a) Dati relativi alle emissioni;
- b) Dati meteorologici;
- c) Informazioni necessarie a definire le caratteristiche orografiche del sito in esame.

4.1.1 Dati relativi alle emissioni

Nel caso in oggetto è stata considerata un'unica sorgente emissiva rappresentata dal camino degli effluenti di processo del ciclo produttivo principale (turbogas). L'impianto prevede anche una caldaia ausiliaria di potenzialità termica inferiore a 10 MW, le cui emissioni però non sono state considerate perché del tutto trascurabili rispetto a quelle del ciclo principale, anche in considerazione del basso fattore di utilizzo di tale caldaia.

Le caratteristiche del punto di emissione possono essere distinte secondo due tipologie, una riguardante le caratteristiche geometriche del camino, e una riguardante le caratteristiche emissive.

4.1.2 Caratteristiche geometriche e fluidodinamiche del punto di emissione

Il camino dell'impianto è alto 55 metri ed ha un diametro in corrispondenza dello sbocco dei fumi di 6,1 metri.

Nella tabella seguente si riportano le caratteristiche geometriche e valori di emissione impiegati come dati di input nelle simulazioni effettuate per l'intero studio.

Altezza del camino	55 m	
Diametro del camino	6,1 m	
Composizione fumi (% vol)	O ₂	12,7
	N ₂	74,5
	Ar	0,87
	CO ₂	3,67
	H ₂ O	8,25
Temperatura dei fumi	95°C	
Portata dei fumi "tal quale"	2.663.941 m ³ /h	
Velocità di efflusso	25,3 m/s	
Portata dei fumi secca e normalizzata**	2.170.000 Nm ³ /h	

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 11 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

Inquinanti emessi	Concentrazioni garantite in condizione a regime** (mg/Nm ³)	Flussi di massa (mg/s)
NO _x	30	18
CO	30	18
Polveri (PM ₁₀)	1	0,6

* Valore riferito alle reali condizioni di emissione dei fumi in termini di temperatura, umidità e composizione.
** Valori riferiti a fumi secchi, in condizioni normalizzate di temperatura (T = 273,15 K) e di pressione (P = 1 atm o 101325 Pa) e riferiti al 15% di O₂.

Tabella 4.1 - Dati relativi alla sorgente impiegati come parametri di input al modello di simulazione

4.1.3 Caratteristiche orografiche del sito in esame

Il calcolo delle ricadute degli inquinanti è stato effettuato considerando pianeggiante l'area del dominio di calcolo (quadrato di lato pari a 10 km intorno all'impianto), senza cioè tener conto dell'orografia, non essendo questa particolarmente complessa.

Tuttavia, per il calcolo dei coefficienti di dispersione laterale e verticale (cfr. Allegato I, Capitolo 1), è stata considerata la natura urbana dell'area in cui è posizionato l'impianto assumendo, in generale, i parametri relativi allo scenario urbano, e, nei casi in cui è stata individuata una direzione di ricaduta degli inquinanti nella direzione del mare, quelli relativi ad una situazione di campo aperto. È stata inoltre considerata, per tutto il dominio di calcolo, il parametro di rugosità superficiale suggerito dal modello per le zone urbanizzate.

L'assunzione di un'orografia piatta ha consentito di applicare la metodologia dell'EPA model screening per le elaborazioni con il modulo short-term (cfr. § 4.2).

Si consideri, inoltre, che, al di là dell'altezza geometrica del camino, è l'altezza efficace del pennacchio (cfr. Allegato) a giocare il ruolo più importante nei meccanismi di diffusione atmosferica delle emissioni, poiché questa determina la vera quota alla quale inizia la dispersione. Nel caso in esame, questo parametro risulta, in tutte le situazioni meteorologiche considerate (cfr. Allegato), tale da rendere trascurabili le differenze di concentrazione e di distanza di ricaduta che si avrebbero a quote diverse da quella considerata nelle elaborazioni (10 metri s.l.m., pari alla quota s.l.m. della base del camino). Tale circostanza è stata verificata con apposite simulazioni effettuate introducendo quote dei recettori pari a 20, 30, 50 m.

4.1.4 Concentrazioni di fondo di qualità dell'aria preesistenti all'esercizio della centrale turbogas

Al fine di valutare i futuri contributi dell'impianto sulle concentrazioni medie in aria ambiente dell'area, è stata effettuata un'analisi dei dati di qualità dell'aria registrati dall'ARPA attraverso le 10 centraline della rete di rilevamento regionale poste nella zona di Trieste, preposte alla misura dei tre inquinanti di interesse. L'analisi effettuata sulle serie storiche dei dati ha consentito di determinare i valori medi annuali per le diverse specie nell'anno di riferimento 2008, riportati nella seguente tabella:

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 12 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

Centralina	Distanza dalla sorgente (m)	Inquinante	Concentrazione media annuale	
			[$\mu\text{g}/\text{m}^3$ per NO_2 e PM_{10} mg/m^3 per CO]	
			2007	2008
P.zza Libertà	5,4	NO_2	52	58,6
		CO	0,7	0,6
		PM_{10}	28	25,0
Via Battisti	4,7	NO_2	n.p.	n.p.
		CO	1,2	1,1
		PM_{10}	-	-
Via Tor Bandena	4,6	NO_2	n.p.	n.p.
		CO	0,33	0,18 ¹
		PM_{10}	25	21,3
P.zza Vico	3,1	NO_2	40	32,7
		CO	1,2	1,1
		PM_{10}	n.p.	n.p.
Via Carpineto	1,4	NO_2	28	38
		CO	0,3	0,2
		PM_{10}	31	27,6
M. San Pantaleone	0,7	NO_2	37	48,2
		CO	1,0	1,0
		PM_{10}	n.p.	n.p.
Via San Sabba	0,9	NO_2	30	38,5
		CO	0,1	0,2
		PM_{10}	n.p.	n.p.
Via Pitacco	1,8	NO_2	35	29,9
		CO	1,1	1,3
		PM_{10}	28	25,8
Via Svevo	2,32	NO_2	43	37,4
		CO	0,6	0,5
		PM_{10}	33	29,3
Muggia	2,24	NO_2	n.d.	-
		CO	n.d.	n.d.
		PM_{10}	30	22

n.d. dato non disponibile
n.p. misura non prevista

Tabella 4.2 – Concentrazioni annuali in aria ambiente registrate dalle stazioni della rete di monitoraggio (fonti: sito web dell' ARPA Friuli Venezia Giulia e *Relazione qualità dell'aria della Città di Trieste - Anno 2007* redatta dall'ARPA FVG)

Ai valori medi annuali riferiti al 2008 sono stati sommati i valori ottenuti con il modello climatologico *long-term* al fine di confrontare le concentrazioni ottenute con i limiti legislativi annuali (cfr. § 4.3.1).

4.2 Utilizzo del modulo “short term”

L'elaborazione dei dati effettuata con il modulo *short-term*, ha permesso di individuare le situazioni in cui si verificano le concentrazioni di massima ricaduta, e di massima dispersione.

Il modulo *short term* restituisce risultati rappresentativi di valori medi sul breve periodo (orari). Questi possono essere quindi utilizzati per procedere ad un confronto con i limiti di qualità dell'aria orari o giornalieri indicati dalla vigente normativa nazionale.

¹ Dati disponibili dal 1 gennaio al 30 settembre

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio		Rev.:						Codice di progetto no : 08110
	13	di 26	00						

La rappresentazione dei risultati ottenuti è stata condotta nel seguente modo: in un primo tempo, sono state definite le situazioni potenzialmente più "estreme", stimate in termini di concentrazioni massime di ricaduta e in termini di maggiore dispersione degli inquinanti. Le situazioni così individuate sono state poi valutate tenendo conto dell'effettiva frequenza di accadimento.

In accordo con quanto proposto dall'Agenzia per la Protezione dell'Ambiente statunitense (US EPA), l'analisi *short term* è stata condotta utilizzando il cosiddetto "EPA screening model", ovvero effettuando le simulazioni con un set standard di dati meteo, che prevede per ogni classe di stabilità un certo numero di valori selezionati della velocità del vento sui quali effettuare la determinazione della ricaduta degli inquinanti.

Le situazioni analizzate sono riportate nel seguente prospetto.

Classe di stabilità	Velocità del vento (m/s)						
	1,5	2,5	4,5	7	9,5	12,5	15
A	x	x					
B	x	x	x				
C	x	x	x	x	x		
D	x	x	x	x	x	x	x
E	x	x	x				
F+G	x	x					

Inoltre, attraverso l'analisi dei dati meteorologici della zona, sono state individuate le situazioni meteorologiche più frequenti, e per ognuna di esse è stata effettuata un'elaborazione al fine di determinare i valori che le caratterizzano. Tale elaborazione è stata effettuata disaggregando i dati meteorologici a disposizione (cfr. Allegato, capitolo 2).

Oltre alle condizioni sopra riportate il modello richiede il valore della temperatura esterna, che è stato impostato pari alla temperatura media rilevata in tutto il periodo di acquisizione dei dati meteo (15°C), e il valore dell'altezza di inversione termica in quota.

Nei modelli gaussiani come Windimula3 l'inversione in quota viene modellata come strato impenetrabile all'inquinante che, una volta raggiunto dal pennacchio riflette quest'ultimo verso il suolo producendo elevati valori di concentrazione.

In realtà, se i fumi hanno sufficiente spinta all'uscita del camino, riescono a penetrare in parte o completamente lo strato di inversione con il risultato di restare intrappolati in quota producendo valori di concentrazione molto bassi. In assenza di un valore assegnato del parametro che tenga conto della capacità di penetrazione dello strato di inversione (parametro difficile da conoscere in quanto funzione del gradiente di temperatura lungo lo strato di inversione), la penetrazione stessa non viene considerata dal modello. Allo stesso modo, l'altezza efficace, se superiore alla quota di mescolamento, verrebbe posta uguale a quest'ultima. Imporre quindi valori limitati di quota di inversione, in presenza di sorgenti con elevato *plume rise* (che può superare di molto la stessa quota di inversione) potrebbe portare, come nel caso in esame, ad una eccessiva sovrastima dei valori di ricaduta.

Nel caso in esame, sono state impiegate le quote di inversione termiche proposte dal modello per ogni

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 14 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

classe di stabilità (cfr. § 3.2).

Il calcolo *short term* della ricaduta degli inquinanti è stato effettuato considerando in tutti i casi il vento proveniente da nord (0°). Questo perché in assenza di orografia, il risultato del calcolo è lo stesso per diverse direzioni di provenienza a parità di intensità.

Per le situazioni potenzialmente critiche (massimi di concentrazione e massime distanze di ricaduta), i risultati del modello sono stati interpretati in base ai corrispondenti dati meteo, permettendo così di definire gli scenari "reali" caso per caso.

Come input meteorologico è stata utilizzata, di volta in volta, una sola situazione meteorologica (ovvero un solo valore istantaneo di direzione e intensità del vento). Le ipotesi alla base di questo modulo sono la stazionarietà nel tempo delle condizioni meteorologiche e la continuità delle emissioni in esame.

In tali ipotesi, il modello permette di considerare i risultati di ricaduta al suolo come concentrazioni orarie. Pertanto, i valori individuati possono essere confrontati con i limiti, di cui alla normativa della qualità dell'aria, medi orari (per gli NOx) e, rimanendo in condizioni conservative, con i limiti sulle 24 ore per le polveri - PM₁₀ e sulle 8 ore per il CO.

Si riportano di seguito i risultati delle elaborazioni effettuate.

Per chiarezza di esposizione si è omesso di riportare i profili di concentrazione totali per tutte le elaborazioni, riservando la trattazione completa solo ai casi più significativi e cioè a quelli riguardanti i valori massimi di ricaduta, i valori massimi di dispersione (in termini di distanza del massimo di ricaduta dalla sorgente) e le situazioni meteo più frequenti.

Tutte le elaborazioni sono riportate nel dettaglio nell'Allegato I, Capitolo 3. Inoltre, nell'Allegato I, Capitolo 4 è riportata l'analisi grafica delle situazioni analizzate.

4.2.1 Massime concentrazioni stimate in base all'analisi "EPA Screening Model"

Rimanendo in condizioni conservative, senza fissare una direzione preferenziale del vento, è possibile affermare che le massime concentrazioni ottenute con l'approccio dell'*EPA Screening Model* si hanno ad una distanza dal punto di emissione di circa 4180 m, in una fascia circolare di circa 2600 m di larghezza (da 2800 a 5400 m di distanza).

Le massime concentrazioni rilevate in tale zona si ottengono in condizioni di bassa velocità del vento (1,5 m/s), per situazioni di forte stabilità (classe F+G).

Si riportano di seguito i valori massimi di ricaduta delle emissioni dell'impianto e i valori massimi di concentrazione nell'aria ambiente ottenuti sommando i contributi dell'impianto ai valori "di fondo" (cfr. § 4.1.5), relativi ai citati casi di stabilità atmosferica:

Inquinante	Massimi di ricaduta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Distanza di ricaduta dal camino della concentrazione massima [m]
NOx	15,7	4180 (fascia da 2800 a 5400)
CO	15,7	
Polveri (PM ₁₀)	$5,25 \times 10^{-1}$	

Tabella 4.3 – Concentrazioni di ricaduta relative al caso di massima ricaduta ottenuto con l'analisi "EPA screening model: Classe di stabilità F+G; velocità del vento =1,5 m/s

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 15 di 26	Rev.:	Codice di progetto no : 08110
		00	

Un secondo “caso peggiore” ottenuto con lo screening è risultato quello relativo alla classe di stabilità D, con velocità del vento sempre pari a 1,5 m/s:

Inquinante	Massimi di ricaduta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Distanza di ricaduta dal camino della concentrazione massima [m]
NOx	14,6	3380 (fascia da 2400 a 5100)
CO	14,6	
Polveri (PM ₁₀)	$4,87 \times 10^{-1}$	

Tabella 4.4 – Concentrazioni di ricaduta relative al 2° caso di massima ricaduta ottenuto con l’analisi “EPA screening model”: Classe di stabilità D; velocità del vento =1,5 m/s

In base all’elaborazione dei dati meteorologici dell’area, si osserva che entrambe queste situazioni sono caratterizzate da una frequenza di accadimento nulla (cfr. Allegato, capitolo 2).

Nelle due classi di stabilità considerate, infatti, le situazioni con velocità di 1,5 m/s hanno basse frequenze di accadimento in tutte i settori di provenienza del vento; le situazioni sopra individuate possono quindi considerarsi situazione puramente teoriche.

Al contrario, per le due citate classi di stabilità e per velocità di 1,56 m/s, la frequenza totale su tutti i settori, seppure bassa, è diversa da zero (87,86 ‰ e 79,26 ‰ rispettivamente per le classi D ed F+G).

4.2.2 Massimi di dispersione stimati in base all’analisi “EPA Screening Model”

La massima dispersione delle concentrazioni stimate al suolo è stata riscontrata ad una distanza dal punto di emissione di circa 5320 m, in un’ampia fascia circolare di circa 4700 m di larghezza (da 2800 a 7500 m di distanza). Tale situazione si ottiene ancora una volta a basse velocità del vento (1,5 m/s) e a condizioni di stabilità atmosferica (classe E). Si riportano di seguito i valori di ricaduta delle emissioni dell’impianto relativi al citato caso in cui si ha la massima dispersione (o massima distanza di ricaduta):

Inquinante	Massimi di ricaduta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Distanza di ricaduta dal camino della concentrazione massima [m]
NOx	11,7	5320 (ampia fascia da 2800 a 7500)
CO	11,7	
Polveri (PM ₁₀)	$3,9 \times 10^{-1}$	

Tabella 4.5 - Concentrazioni massime di ricaduta relative al caso di massima dispersione risultato dall’analisi “EPA screening model”: Classe di stabilità E; velocità del vento =1,5 m/s

Si evidenzia che, per questa simulazione, a causa dell’estensione teorica della dispersione, il dominio originariamente previsto e adottato per tutte le altre simulazioni, pari a un quadrato di 10x10 km, è stato ampliato ad un quadrato 20x20 km.

La situazione riportata è anch’essa caratterizzate da una frequenza di accadimento nulla (cfr. Allegato I, Capitolo 2). Anch’essa può quindi considerarsi una situazione puramente teorica.

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 16 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

4.2.3 Casi di calma di vento

Lo screening sopra descritto effettuato per l'individuazione dei massimi di concentrazione e di ricaduta non comprende le situazioni di calma di vento a causa della difficoltà dei modelli gaussiani nella gestione di tali situazioni (mancanza di dati per inizializzare i modelli e varietà delle situazioni meteorologiche che ricadono nella definizione di calme di vento).

Tuttavia, il modello consente di effettuare simulazioni con velocità del vento inferiori a 1,5 m/s. In tale contesto, sono state effettuate, per ogni classe di stabilità, le simulazioni con velocità del vento pari a 1 m/s e a 0,5 m/s, al fine di individuare le concentrazioni di ricaduta in situazioni assimilabili alle condizioni di calma.

Classe	Frequenza di accadimento [%]	Simulazione con velocità del vento v=1 m/s			Simulazione con velocità del vento v=0,5 m/s		
		Massimi di ricaduta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		Distanza del massimo di ricaduta [m]	Massimi di ricaduta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]		Distanza del massimo di ricaduta [m]
		NOx CO	Polveri		NOx CO	Polveri	
A	33,26	5,0	$1,7 \times 10^{-1}$	2660	1,9	$6,3 \times 10^{-2}$	2520
B	38,69	5,0	$1,7 \times 10^{-1}$	2660	1,9	$6,3 \times 10^{-2}$	2520
C	0	7,6	$2,5 \times 10^{-1}$	3720	3,5	$1,2 \times 10^{-1}$	2260
D	166,16	21,9	$7,3 \times 10^{-1}$	3380	9,9	$3,3 \times 10^{-1}$	1620
E	0	14	$4,6 \times 10^{-1}$	6400	10,7	$3,6 \times 10^{-1}$	3040
F+G	174,78	19	$6,3 \times 10^{-1}$	4960	15,6	$5,2 \times 10^{-1}$	2520

Tabella 4.6 - Concentrazioni e distanze di ricaduta nelle situazioni di calma di vento (velocità del vento pari a 1 m/s e 0,5 m/s).

Dall'analisi effettuata si evince che in condizioni di calma di vento le concentrazioni di ricaduta ottenute sono in alcuni casi maggiori delle concentrazioni risultanti dall'analisi condotta in base all' "EPA Screening Model", in particolare in corrispondenza delle classi di stabilità F+G e D, per le quali si erano individuate le massime concentrazioni di ricaduta. Ciò dimostra come le ricadute maggiori si possono raggiungere in situazioni assimilabili alle condizioni di calma del vento, a cui sono complessivamente associate frequenze di accadimento significative.

In particolare, le concentrazioni massime si hanno per velocità di 1 m/s, mentre queste diminuiscono per velocità pari a 0,5 m/s.

In conclusione, i casi in cui si hanno in assoluto le massime concentrazioni di ricaduta sono:

- Classe D, velocità del vento $v = 1 \text{ m/s}$
- Classe F+G, velocità del vento $v = 1 \text{ m/s}$;

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 17 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

questi possono essere considerati come casi di massima ricaduta ai quali si associano le frequenze relative alle situazioni di calma delle rispettive classi. Si sottolinea che tale assunzione è fortemente cautelativa, in quanto suppone che l'intera frequenza di accadimento della situazione di calma di vento si riferisca ad una velocità di 1 m/s su tutte i settori di provenienza.

Emerge, inoltre, che nel caso delle classe E la massima distanza di ricaduta aumenta, fino a 6400 m; tuttavia, tale particolare situazione risulta avere una frequenza di accadimento nulla, e può quindi considerarsi una situazione puramente teorica.

4.2.4 Individuazione delle situazioni "peggiori" con frequenza di accadimento diversa da zero) incluse le situazione di calma di vento

Dalle considerazioni espone nei precedenti paragrafi risulta evidente che le peggiori situazioni in termini sia di massime ricadute sia di massima dispersione si hanno per velocità molto basse o in casi di calma di vento. Tuttavia, le situazioni individuate con l'approccio dell'EPA model screening come "peggiori" in termini sia di massime concentrazioni (velocità del vento di 1,5 m/s in classi F+G e D) sia di massima distanza di ricaduta (calma di vento e velocità di 1,5 m/s in classe E), risultano essere situazioni teoriche avendo una frequenza di accadimento pari a zero.

Peraltro, dall'analisi dei dati meteorologici a disposizione, emerge che per velocità del vento di 1,56 m/s le frequenze di accadimento sono diversa da zero, seppure molto basse, per le stesse classi di stabilità risultanti dallo screening (F+G, D per le situazioni di massima ricaduta ed E per la situazione di massima dispersione). Effettuando le simulazioni per tali situazioni si ottengono valori leggermente minori rispetto ai casi di velocità del vento di 1,5 m/s, ma comunque i più elevati rispetto a tutti gli altri casi dello screening.

Inoltre, se si assume come rappresentativa una velocità del vento pari a 1 m/s e, restando in condizioni fortemente cautelative, si associa a tale velocità la frequenza di accadimento relativa alle situazioni di calma (riferita all'intera classe di stabilità) anche le situazioni assimilate ai casi di calma di vento possono essere considerate nella individuazione delle situazioni peggiori verificabili.

Le situazioni "peggiori" reali così individuate sono schematizzate nella seguente tabella:

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 18 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

Situazione		Inquinante	Massimi di ricaduta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Distanza di ricaduta dal camino della concentrazione massima [m]	Frequenza di accadimento su tutte le direzioni [%]
Casi di massime concentrazioni di ricaduta					
a	Classe D, calma di vento ($v_{\text{vento}}=1$ m/s)	NOx	21,9	3380 (fascia da 2400 a 5200)	166,16*
		CO	21,9		
		Polveri (PM ₁₀)	$7,3 \times 10^{-1}$		
b	Classe F+G, calma di vento ($v_{\text{vento}}=1$ m/s)	NOx	19,0	4960 (fascia da 3250 a 6670)	174,78*
		CO	19,0		
		Polveri (PM ₁₀)	$6,3 \times 10^{-1}$		
c	Classe F+G $v_{\text{vento}}=1,56$ m/s	NOx	15,5	4060 (fascia da 2700 a 5420)	79,26
		CO	15,5		
		Polveri (PM ₁₀)	$5,2 \times 10^{-1}$		
d	Classe D $v_{\text{vento}}=1,56$ m/s	NOx	14,1	3380 (fascia da 2400 a 5200)	87,86
		CO	14,1		
		Polveri (PM ₁₀)	$4,7 \times 10^{-1}$		
Caso di massima distanza di ricaduta					
Classe E $v_{\text{vento}}=1,56$ m/s	NOx	11,5	5200 (fascia da 2700 a 7900)	9,49	
	CO	11,5			
	Polveri (PM ₁₀)	$3,8 \times 10^{-1}$			
*la frequenza è relativa alla situazione di calma nella classe considerata; l'elaborazione è invece stata effettuata con una velocità del vento pari a 1 m/s per la quale non si conosce la frequenza associata su tutte le direzioni di provenienza del vento.					

Tabella 4.7 - Concentrazioni di ricaduta relative ai casi di massima ricaduta e di massima dispersione.

4.2.5 Analisi delle situazioni più frequenti

La stima delle situazioni meteorologiche più frequenti è stata effettuata elaborando i dati meteo a disposizione (cfr. Capitolo 3) posti in forma disaggregata come Joint Frequency Functions; questi contengono infatti le informazioni statistiche relative alle combinazioni di situazioni ottenute considerando i 16 settori di provenienza del vento (insieme anche a situazioni di calma e variabilità), le sei classi di stabilità e le seguenti velocità del vento:

Velocità del vento (m/s)					
1,5	1,56	3,12	5,2	9,36	32

Per ogni singola classe di stabilità, per la quale è fornita una rappresentazione normalizzata a 1000 casi (incidenza dei singoli contributi sul totale della relativa classe di stabilità), è stata elaborata una seconda rappresentazione normalizzata a 1000 casi sul totale delle rilevazioni effettuate (incidenza dei singoli contributi sul totale dei dati rilevati).

Tali elaborazioni sono riportate in Allegato I, Capitolo 2.

Grazie a questa seconda rappresentazione è stato possibile individuare gli eventi che corrispondono alle situazioni meteo più frequenti. In particolare, sono state prese in considerazione le situazioni caratterizzate

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 19 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

da una frequenza di accadimento maggiore del 10 ‰. Per esse sono state quindi effettuate le simulazioni per conoscere la distribuzione delle concentrazioni di ricaduta al suolo.

I risultati delle elaborazioni sono riportati in Allegato I, Capitolo 4.

Contestualmente, sono stati considerati i casi di calma caratterizzati da frequenze di accadimento significative. L'analisi ha portato a definire le seguenti situazioni più frequenti:

Caso	Classe	settore di provenienza del vento		velocità del vento [m/s]	Frequenza di accadimento [%]
I	F+G	calma		<1,5	174,78
II	D	calma		<1,5	166,16
III	B	calma		<1,5	38,69
1	D	4°	E	9,36	36,11
IV	A	calma		<1,5	33,26
2	D	3°	E-NE	9,36	28,47
3	D	4°	E	5,2	28,36
4	D	3°	E-NE	5,2	24,74

Tabella 4.8 – Valori di massima concentrazione e massima distanza di ricaduta nelle situazioni meteorologiche più frequenti.

Si osserva, a conferma di quanto riportato al Capitolo 3, che i casi meteorologici più frequenti, a parte i casi di calma, sono quelli caratterizzati da velocità del vento medio-forti, associate a condizioni di atmosfera neutra (classe D).

I risultati delle elaborazioni sono riportati nella tabella 4.9: i casi caratterizzati da stessa classe di stabilità, stessa velocità del vento e da settori di provenienza del vento adiacenti, sono considerati insieme in quanto producono le stesse ricadute, seppure spostate di una distanza angolare pari a 22,5°.

Relativamente ai casi di calma, per la stima delle concentrazioni è stato adottato lo stesso approccio illustrato nel precedente paragrafo, effettuando, cioè, le simulazioni con una velocità del vento pari a 1 m/s; ipotesi questa fortemente cautelativa in quanto con tale valore si ottengono le maggiori concentrazioni di ricaduta.

Inquinante	Massimi di ricaduta [µg/m³]					
	Caso 1*	Caso 2*	Caso 3*	Caso 5*	Casi 4 e 6	Casi 7 e 8
NO _x	19,0	21,9	5,0	5,0	8,2	6,12
CO	19,0	21,9	5,0	5,0	8,2	6,12
Polveri (PM ₁₀)	6,3 x 10 ⁻¹	7,3 x 10 ⁻¹	1,7 x 10 ⁻¹	1,7 x 10 ⁻¹	2,7 x 10 ⁻¹	2,0 x 10 ⁻¹
Distanza massimo ricaduta (m)	4960 (fascia da 2700 a 5420)	3380 (fascia da 2400 a 5200)	2660	2660	1040	1780

*la frequenza è relativa alla situazione di calma nella classe considerata; l'elaborazione è invece stata effettuata con una velocità del vento pari a 1 m/s per la quale non si conosce la frequenza associata su tutte le direzioni di provenienza del vento.

Tabella 4.9 - Valori massimi e distanze di ricaduta nei casi meteorologici più frequenti

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE											
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA											
Documento Eco Chimica Romana		Foglio		Rev.:						Codice di progetto no :	
prot. n. 099e/09/FC		20	di	26	00					08110	

Si osserva che i casi 1 e 2, e 3 e 4, sono caratterizzati da stessa classe di stabilità, stessa velocità del vento e settori di provenienza attigui; pertanto, è possibile considerarli complessivamente come un unico caso a cui è associata una frequenza di accadimento pari alla somma delle due frequenze separate (68,58‰); in questo modo tale caso avrebbe una frequenza superiore a quella relativa ai casi III e IV, lo stesso può dirsi per i casi 3 e 4 (frequenza complessiva pari al 53,1‰).

I risultati ottenuti dalle simulazioni per i casi 1, 2, 3 e 4 sono stati esaminati nel dettaglio; le elaborazioni effettuate sono riportate al paragrafo 4.3 dell'Allegato.

La rappresentazione dei casi di calma I, II, III e IV, per i quali non è possibile una rappresentazione su tutte le direzioni del vento (essendo stati stimati con una velocità pari a 1 m/s e una direzione del vento di 0°), sono invece riportate al paragrafo 4.1 dell'Allegato.

Infine, i casi I e II, risultando anche tra i casi di massima ricaduta, sono rappresentati anche al paragrafo 4.2 dell'Allegato.

4.3 Analisi climatologica per le simulazioni long-term

I valori di concentrazione ottenuti mediante il modulo climatologico sono confrontabili con i limiti annuali imposti dalla legislazione (laddove questi siano fissati). Essi costituiscono un parametro significativo, essendo rappresentativi di valori medi di ricaduta mediati su grandi lassi di tempo.

La base temporale di riferimento per questo tipo di studio è di 41 anni (i dati meteo utilizzati si riferiscono al periodo gennaio 1951 - dicembre 1991). I risultati dell'elaborazione climatologica vanno interpretati come la media delle concentrazioni di ricaduta stimate nell'arco di 1 anno, nell'ipotesi che l'emissione si sia mantenuta costante ai valori utilizzati come input.

Lo studio mostra come gli inquinanti ricadano prevalentemente in direzione O e O-NO; i massimi di ricaduta si hanno in ogni caso ad una distanza di circa 20 metri intorno alla sorgente, in accordo con le elevate frequenze di accadimento delle classi neutra (D) e di venti medio forti che favoriscono la dispersione (5,2-9,36 m/s): tali situazioni non consentono, infatti, un forte trasporto degli inquinanti prima della ricaduta al suolo, causando, al contrario, una ricaduta nelle vicinanze della sorgente.

L'analisi grafica riportata nell'Allegato I, Capitolo 4, § 4.1, mostra inoltre come a brevi distanze (< 1 km) le concentrazioni si riducano di 1 ordine di grandezza rispetto alle concentrazioni massime; solo in direzione O-SO tali riduzioni si hanno a distanze maggiori, comunque inferiori a 5 km dalla sorgente (perimetro del dominio).

Inoltre gli stessi valori massimi stimati con il modulo "climatologico", risultano essere inferiori di 1 ordine di grandezza rispetto a quelli calcolati con il modulo "short-term" (cfr. § 4.2.1 e 4.2.2).

Si riportano di seguito i valori massimi di ricaduta delle emissioni per i diversi inquinanti considerati.

Nella tabella 4.11 si riportano le concentrazioni massime di ricaduta ottenute con l'analisi climatologica e i relativi valori massimi di concentrazione in aria ambiente ottenuti sommando i contributi delle emissioni dell'impianto alle concentrazioni "di fondo" (cfr. § 4.1.5).

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 21 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

Inquinante	Massimi di ricaduta [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]	Distanza di ricaduta del massimo dallo stabilimento (m)
NO _x	3,92	20 (distanza circolare intorno al camino)
CO	3,92	
Polveri (PM ₁₀)	1,3 x 10 ⁻¹	

Tabella 4.10 - Concentrazioni ottenute con il modulo climatologico.

Tale situazione viene evidenziata dall'analisi del caso climatologico riportata in Allegato I, Capitolo 4, § 4.4.

4.3.1 *Stima dei valori di concentrazione raggiunti dalle centraline della rete di monitoraggio come media annuale (confronto con risultati dell'analisi climatologica)*

Nella seguente tabella sono riportati, per le diverse centraline della rete di monitoraggio (cfr. § 4.1.4), la stima dei valori delle concentrazioni medie annuali che si raggiungerebbero *post-operam*, ottenuta sommando alle concentrazioni "di fondo" (cfr. § 4.1.4) i valori restituiti dall'elaborazione climatologica (*long term*) effettuata con il modello in corrispondenza delle centraline.

Dalla rappresentazione grafica della ricaduta delle emissioni ottenuta con il modulo climatologico, riportata nell'Allegato, capitolo 4, si evince che le centraline ricadono quasi tutte fuori dal campo di influenza delle emissioni dell'impianto (area bianca, in cui le concentrazioni sono comprese tra zero e il valore minimo del campo di concentrazione stimato dal modello). Soltanto le postazioni di Monte San Pantaleone, Via San Sabba e Muggia ricadono nell'area di influenza, in punti in cui la concentrazione è comunque più bassa di un ordine di grandezza rispetto ai valori massimi.

In tabella 4.11 sono riportati tutti i valori considerati.

Si osserva che per gli ossidi di azoto è stato sommato ai valori di fondo di NO₂ di ogni centralina i valori di NO_x (composti principalmente da NO ed NO₂) stimati per la centrale, poiché non è noto il rapporto NO/NO₂ nei fumi di emissione. Ai fini del confronto con i valori limite di qualità dell'aria questa risulta un'ipotesi conservativa; è infatti noto che, al momento dell'emissione, gran parte degli ossidi di azoto è in forma di NO. Si può infatti stimare che il contenuto di NO₂ nelle emissioni sia solo del 5-10% del totale degli ossidi di azoto.

**CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA**

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 22 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

Centralina	Distanza dalla sorgente (m)	Inquinante*	Concentrazione media annuale [µg/m ³ per NO ₂ e PM ₁₀ mg/m ³ per CO]			Limite normativo annuale (D. M. n. 60/2002) [µg/m ³ per NO ₂ e PM ₁₀]
			Ante operam (concentrazioni medie anno 2008)	Contrib. centrale	Post operam (fondo+contributo centrale)	
P.zza Libertà	5,4	NO ₂	58,6	0,48	59,08	40
		CO	0,6	0,48 x 10 ⁻³	0,6	-
		PM ₁₀	25,0	1,6 x 10 ⁻²	25,0	40
Via Battisti	4,7	NO ₂	n.p.	0,48	-	40
		CO	1,1	0,48 x 10 ⁻³	1,1	-
		PM ₁₀	-	1,6 x 10 ⁻²	-	40
Via Tor Bandena	4,6	NO ₂	n.p.	0,48	-	40
		CO	0,18	0,48 x 10 ⁻³	0,18	-
		PM ₁₀	21,3	1,6 x 10 ⁻²	21,32	40
P.zza Vico	3,1	NO ₂	32,7	0,48	33,2	40
		CO	1,1	0,48 x 10 ⁻³	1,1	-
		PM ₁₀	n.p.	1,6 x 10 ⁻²	-	40
Via Carpineto	1,4	NO ₂	38	0,48	38,5	40
		CO	0,2	0,48 x 10 ⁻³	0,2	-
		PM ₁₀	27,6	1,6 x 10 ⁻²	27,62	40
M. San Pantaleone	0,7	NO ₂	48,2	0,91	49,11	40
		CO	1,0	0,91 x 10 ⁻³	1,0	-
		PM ₁₀	n.p.	3,03 x 10 ⁻²	-	40
Via San Sabba	0,9	NO ₂	38,5	0,91	39,4	40
		CO	0,2	0,91 x 10 ⁻³	0,2	-
		PM ₁₀	n.p.	3,03 x 10 ⁻²	-	40
Via Pitacco	1,8	NO ₂	29,9	0,48	30,4	40
		CO	1,3	0,48 x 10 ⁻³	1,3	-
		PM ₁₀	25,8	1,6 x 10 ⁻²	25,82	40
Via Svevo	2,32	NO ₂	37,4	0,48	37,9	40
		CO	0,5	0,48 x 10 ⁻³	0,5	-
		PM ₁₀	29,3	1,6 x 10 ⁻²	29,32	40
Muggia	2,24	NO ₂	-	0,91	-	40
		CO	n.d.	0,91 x 10 ⁻³	n.d.	-
		PM ₁₀	22	3,03 x 10 ⁻²	22	40

n.d. dato non disponibile

n.p. misura non prevista

*Per gli ossidi di azoto sono stati sommati ai valori di fondo di NO₂ i valori di ricaduta di NO_x stimati dal modello

Tabella 4.11 - Stima delle concentrazioni annuali in aria ambiente *post-operam* in corrispondenza delle stazioni di monitoraggio

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 23 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

Si osserva come i contributi del nuovo impianto siano molto ridotti rispetto alle concentrazioni di fondo, e non risultano apportare aumenti significativi. In particolare, per gli inquinanti PM₁₀ e CO i contributi della centrale sono del tutto trascurabili, mentre per gli ossidi di azoto possono generare al massimo un aumento inferiore all'1% rispetto alla concentrazione di fondo.

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE										
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA										
Documento Eco Chimica Romana	Foglio		Rev.:							Codice di progetto no :
prot. n. 099e/09/FC	24	di	26	00					08110	

5 CONCLUSIONI

Il presente studio ha lo scopo di valutare l'impatto sulla qualità dell'aria della zona circostante la nuova centrale turbogas a ciclo combinato che verrà realizzata nel porto industriale di Trieste.

A tal fine è stata effettuata, mediante modello diffusionale, una stima della ricaduta al suolo degli inquinanti emessi dal nuovo impianto in un dominio di studio rappresentato da un quadrato di lato pari a 10 km, al cui centro è posizionato l'impianto stesso.

Le elaborazioni sono state eseguite utilizzando il modello di dispersione atmosferica WinDimula3, prodotto da ENEA e sviluppato da Maind S.r.l., inserito nell'elenco dei modelli consigliati da ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale, ex APAT) per la valutazione e gestione della qualità dell'aria (www.sinanet.apat.it).

I suddetti risultati stimano il contributo dello stabilimento in esame in termini di immissione delle specie inquinanti considerate nell'intorno dell'impianto e quindi il contributo alla qualità dell'aria della zona; al fine di valutare il contributo che il nuovo impianto apporterà alle concentrazioni preesistenti di qualità dell'aria nel dominio di studio, i valori ottenuti dalle simulazioni del modello *long-term* sono stati sommati alle "concentrazioni di fondo" *ante operam*, al fine di stimare valori rappresentativi dello stato di qualità dell'aria che verrà ad instaurarsi dopo l'avvio dell'impianto (*post operam*). I valori trovati sono stati quindi confrontati con i limiti di qualità dell'aria indicati dalla vigente normativa nazionale (cfr. Capitolo 2)

Gli inquinanti presi in considerazione nello studio sono: ossidi di azoto (NOx), monossido di carbonio (CO) e polveri. Per tali specie sono stati valutati i profili di concentrazione al suolo, utilizzando il modello sia nella sua versione *long term* (che, attraverso l'inserimento di dati climatologici su lungo periodo, ha permesso di determinare dei valori di concentrazione rappresentativi di medie annuali), sia nella versione *short-term*, attraverso la quale è stata effettuata la ricerca delle situazioni meteorologiche in cui si verificano le massime concentrazioni di ricaduta e la massima dispersione e sono state ottenute le rappresentazioni della ricaduta al suolo nelle situazioni meteorologiche più frequenti.

Come per i due gas NOx e CO, anche per le polveri è stata considerata una velocità di deposizione pari a zero, ipotizzando che si tratti sostanzialmente di polveri sottili PM₁₀ al fine di rispettare le condizioni più conservative.

Lo studio ha portato alle seguenti considerazioni conclusive:

- Le massime concentrazioni di ricaduta al suolo (C_{max}) si verificano in condizioni di atmosfera neutra (classe D) e fortemente stabile (classe F+G), e in corrispondenza di calma di vento o di velocità del vento molto basse (pari a 1,56 m/s); in questi casi, le distanze di ricaduta dei massimi di concentrazione rispetto alla sorgente sono comprese in una fascia circolare (in cui ricadono concentrazioni comprese tra il 95% della C_{max} e la C_{max}) che va da circa 2400 a 5200 m e da 3250 a 6670 m di distanza dalla sorgente rispettivamente nel caso della classe D e nel caso della classe F+G. Nei casi di calma di vento, le simulazioni sono state effettuate con una velocità pari a 1m/s. Si sottolinea che tale assunzione è fortemente cautelativa, in quanto si assume come rappresentativa

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA

Documento Eco Chimica Romana prot. n. 099e/09/FC	Foglio 25 di 26	Rev.: 00	Codice di progetto no : 08110
-----------------------------------------------------	--------------------	-------------	----------------------------------

delle situazioni di calma la situazione peggiore; è stato riscontrato infatti che, tra le velocità inferiori a 1,5 m/s, rientranti nella definizione di "calma di vento", le maggiori concentrazioni di ricaduta si verificano proprio per la velocità di 1 m/s; inoltre, a tale velocità di 1 m/s (su tutti i settori di provenienza) si è associata la frequenza di accadimento relativa alla situazione di calma per la data classe di stabilità, che, invece, comprende tutte le velocità comprese tra zero e 1,5 m/s.

- i valori di massima dispersione si hanno pure per basse velocità (1,56 m/s) e in condizioni di atmosfera stabile (classe E); le distanze di ricaduta del massimo (C_{max}) sono comprese in una fascia che va da 2700 a 7900 m (in cui ricadono concentrazioni comprese tra il 95% della C_{max} e la C_{max});
- i casi meteorologici più frequenti sono risultati essere:
 - i casi di calma in classi di stabilità F+G (174,78‰) ed D (166,16 ‰);
 - i casi di calma in classi di stabilità B (38,69‰) ed A (33,26‰);
 - due casi caratterizzati da velocità del vento molto forti (9,36 m/s) in atmosfera neutra (classe D) e settori di provenienza del vento adiacenti (E, E-NE); si osserva che i due casi, essendo caratterizzati da stessa classe di stabilità, stessa velocità del vento e settori di provenienza attigui possono essere considerarli complessivamente come un unico caso a cui è associata una frequenza di accadimento pari alla somma delle due frequenze separate (68,58 ‰); in questo modo, tale caso avrebbe una frequenza superiore a quella relativa a ciascuno dei casi di calma in classi B ed A;
 - due casi caratterizzati da velocità del vento abbastanza forte (5,2 m/s) in atmosfera neutra (classe D) e settori di provenienza del vento adiacenti (E, E-NE); anche per questi due casi valgono le considerazioni fatte nel punto precedente (frequenza complessiva pari al 53,1‰).

Si osserva che i casi meteorologici più frequenti, a parte i casi di calma, sono risultati quelli caratterizzati da velocità del vento medio-forti e da direzioni E, E-NE rientranti nella definizione di *bora*, in accordo con la definizione di tale fenomeno data dall'Istituto Sperimentale Talassografico di Trieste (cfr. § 3.1);

- l'analisi climatologica mostra valori di massima ricaduta di un ordine di grandezza inferiori al caso di massima ricaduta;
- la stima dei valori di concentrazione *post-operam*, ottenuta sommando alle concentrazioni "di fondo" (cfr. § 4.1.4) i valori restituiti dall'elaborazione climatologica in corrispondenza delle ha portato alle seguenti conclusioni:
 - centraline ricadono quasi tutte fuori dal campo di influenza delle emissioni dell'impianto; soltanto le postazioni di Monte San Pantaleone, Via San Sabba e Muggia ricadono nell'area di influenza, in punti in cui la concentrazione è comunque più bassa di un ordine di grandezza rispetto ai valori massimi.

CCGT 400 MWE NEL PORTO INDUSTRIALE DI TRIESTE			
STUDIO DELLA RICADUTA AL SUOLO DELLE EMISSIONI IN ATMOSFERA			
Documento Eco Chimica Romana	Foglio	Rev.:	
prot. n. 099e/09/FC	26 di 26	00	
			Codice di progetto no : 08110

- i contributi del nuovo impianto sono molto ridotti rispetto alle concentrazioni di fondo in corrispondenza di tutte le centraline della rete di monitoraggio dell'area, e non risultano apportare aumenti significativi alle concentrazioni in aria ambiente;
- per gli inquinanti PM₁₀ e CO i contributi della centrale sono del tutto trascurabili;
- per gli ossidi di azoto possono generare al massimo un aumento inferiore all'1% rispetto alla concentrazione di fondo.

Si osserva che per gli ossidi di azoto è stato sommato ai valori di fondo di NO₂ di ogni centralina i valori di NO_x (composti principalmente da NO ed NO₂) stimati per la centrale, poiché non è noto il rapporto NO/NO₂ nei fumi di emissione. Ai fini del confronto con i valori limite di qualità dell'aria questa risulta un'ipotesi conservativa; è infatti noto che, al momento dell'emissione, gran parte degli ossidi di azoto è in forma di NO. Si può infatti stimare che il contenuto di NO₂ nelle emissioni sia solo del 5-10% del totale degli ossidi di azoto.

