

INDICE

	<u>Pagina</u>
1 INTRODUZIONE	1
2 STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA	2
3 ANALISI DELLE RICADUTE	4
3.1 DATI EMISSIVI	4
3.2 STIMA DELLE RICADUTE DI NO _x	7
3.3 STIMA DELLE RICADUTE DI CO	10
4 CONFRONTO CON LO STATO ATTUALE	12

RIFERIMENTI

1 INTRODUZIONE

Nella presente relazione è riportata l'analisi degli effetti ambientali in atmosfera associati all'esercizio dei generatori turbogas (GTG) installati sul Terminale GNL dell'Alto Adriatico. A partire dai quantitativi di inquinanti prodotti dalle sorgenti emissive d'impianto, sono state calcolate le immissioni nell'ambiente e queste ultime sono state confrontate con gli standard di qualità ambientale (SQA).

La presente relazione è così strutturata:

- Capitolo 2: stato attuale di qualità dell'aria;
- Capitolo 3: scenari emissivi e analisi delle ricadute;
- Capitolo 4: confronto con lo stato attuale.

2 STATO ATTUALE DELLA QUALITÀ DELL'ARIA

La caratterizzazione della situazione attuale della qualità dell'aria è stata condotta analizzando il dataset MINNI e successivamente procedendo ad un confronto dei dati estratti con le misure raccolte dalla rete di qualità dell'aria della Regione Veneto.

Le concentrazioni degli inquinanti estratte dal dataset MINNI, essendo il risultato di tutte le emissioni presenti in loco nonché di quelle lontane, possono rappresentare il “valore di fondo” in ogni punto del territorio nazionale.

I dati estratti con riferimento all'area costiera del delta del Po dal dataset MINNI sono stati impiegati per stimare i valori di fondo in ciascuno dei punti sensibili individuati (Venezia, Chioggia, Porto Tolle, Porto Levante ed Adria) e poter valutare in modo più realistico l'apporto delle nuove emissioni del terminale rispetto agli standards di qualità ambientale (SQA).

Nelle figure seguenti sono illustrati gli andamenti annuali (anno di riferimento 1999) delle concentrazioni orarie di NO_2 e CO , estratte dal dataset MINNI in corrispondenza di Venezia e Porto Tolle.

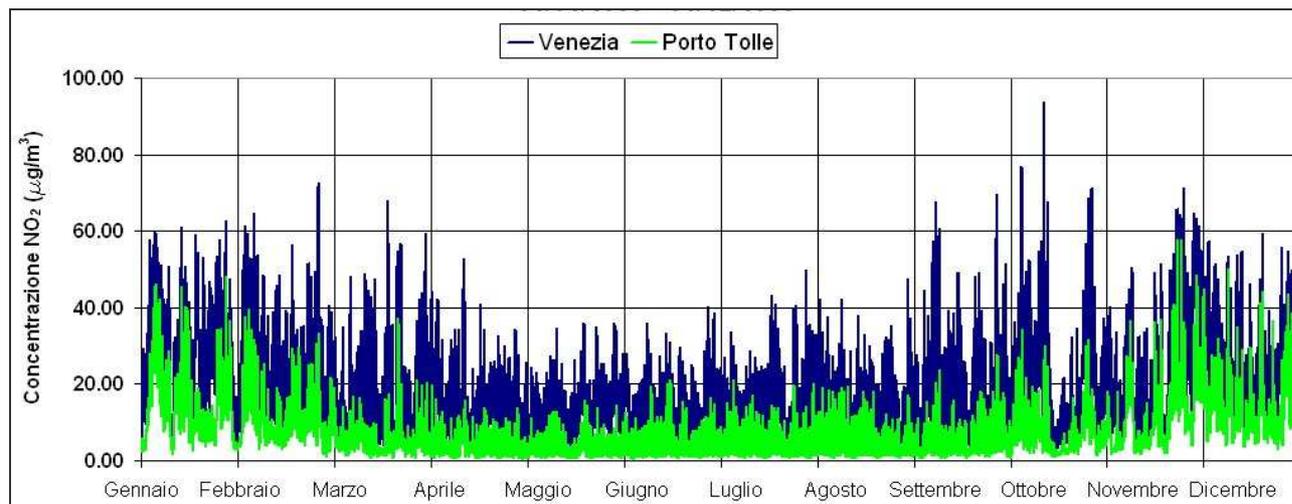


Figura 1: Andamento delle Concentrazioni Orarie di NO_2 – Dataset MINNI Anno 1999

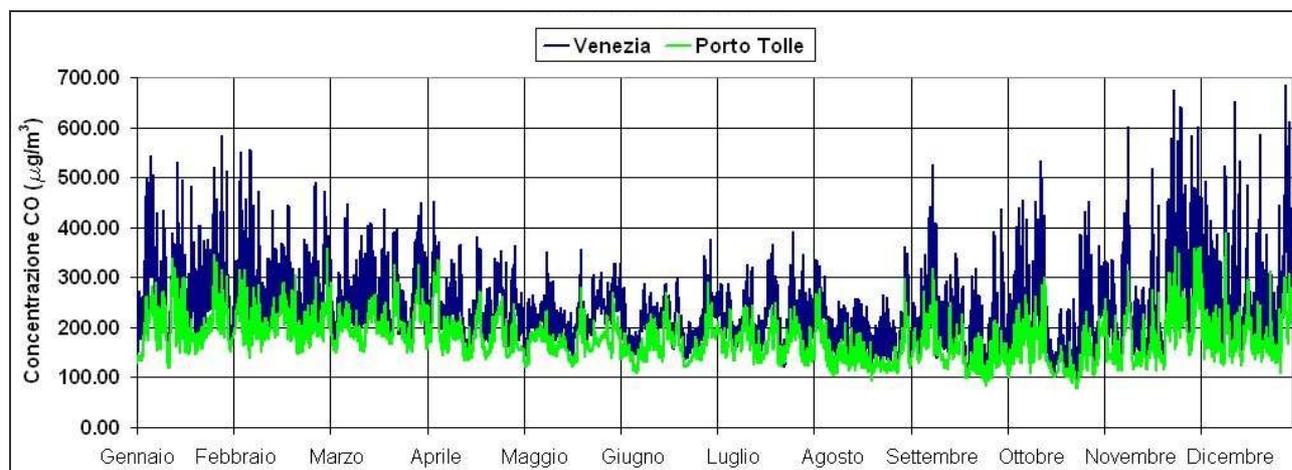


Figura 2: Andamento delle Concentrazioni Orarie di CO – Datate MINNI Anno 1999

I risultati dell'elaborazione dei dati estratti dal dataset MINNI in corrispondenza di ciascuno dei punti sensibili individuati nel dominio di studio sono presentati nella tabella seguente.

Stato Attuale della Qualità dell'Aria - Valori Medi Annuali e Massimi Orari di NO ₂ e CO								
Inquinante	Parametro	UdM	Limite DM 60/02	Punto di Estrazione Dato				
				Venezia	Chioggia	Porto Tolle	Porto Levante	Adria
NO _x	media annuale	µg/m ³	40	20,15	12,33	8,52	9,57	11,88
	media annua (protezione natura)		30					
	massimo orario	µg/m ³	--	93,84	61,58	57,78	60,34	55,43
	99,8 percentile	µg/m ³	200	69,68	54,06	45,58	49,01	50,81
CO	media annuale	mg/m ³	10	0,236	0,194	0,179	0,181	0,197
	massimo orario	mg/m ³	--	0,685	0,463	0,390	0,430	0,456

Il confronto tra i dati estratti in corrispondenza dei punti presi a riferimento nella valutazione dello stato attuale della qualità dell'aria risultano ampiamente al di sotto degli standards del DM 60/02.

Come si può notare, dal momento che la risoluzione spaziale del modello è pari a 20 x 20 km, i dati relativi a siti non a grande distanza l'uno dall'altro, come ad esempio Porto Tolle e Porto Levante (distanti circa 10 km), non differiscono molto tra loro. I dati estratti dal dataset MINNI possano essere considerati con un buon grado di attendibilità come valore di "background"; infatti, in considerazione del fatto che la risoluzione del grigliato del dataset è pari a 20 x 20 km, è ragionevole aspettarsi valori mediamente inferiori a quelli misurati anche da una stazione di misura che risulterebbe comunque influenzata dalla presenza delle sorgenti vicine.

3 ANALISI DELLE RICADUTE

L'analisi delle ricadute è stata condotta con riferimento alle simulazioni eseguite su un dominio di calcolo comprendente il terminale e la costa veneta nei pressi del delta del Po, con estensione di 70 x 80 km² ed un grigliato di 1 km di risoluzione orizzontale.

Per potere ricostruire statistiche annuali confrontabili con gli standard di legge, è stata eseguita una modellazione climatologica di tipo “*short term*” (cioè annuale con cadenza oraria) delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi in atmosfera durante l'esercizio contemporaneo di due GTG. Per le simulazioni è stata utilizzata la versione più aggiornata del modello OCD (“Offshore and Coastal Dispersion Model”), modello raccomandato da US-EPA per applicazioni come quella in oggetto.

3.1 DATI EMISSIVI

Le simulazioni sono state condotte con riferimento al normale esercizio del terminale durante il quale è previsto il funzionamento contemporaneo di due GTG. Si evidenzia ciascun GTG presenta due punti di emissione convogliata in atmosfera:

- il camino del sistema a recupero di calore (waste heat recovery –WHR) attivo nelle normali condizioni operative del terminale;
- il camino di by-pass per l'emissioni dei fumi esausti in uscita dalla turbine a gas, utilizzato in caso di malfunzionamenti o manutenzione del sistema WHR.

In Figura 3 è mostrato in maniera schematica il funzionamento del camino del sistema a recupero e del camino di by-pass (Aker Kværner, 2006).

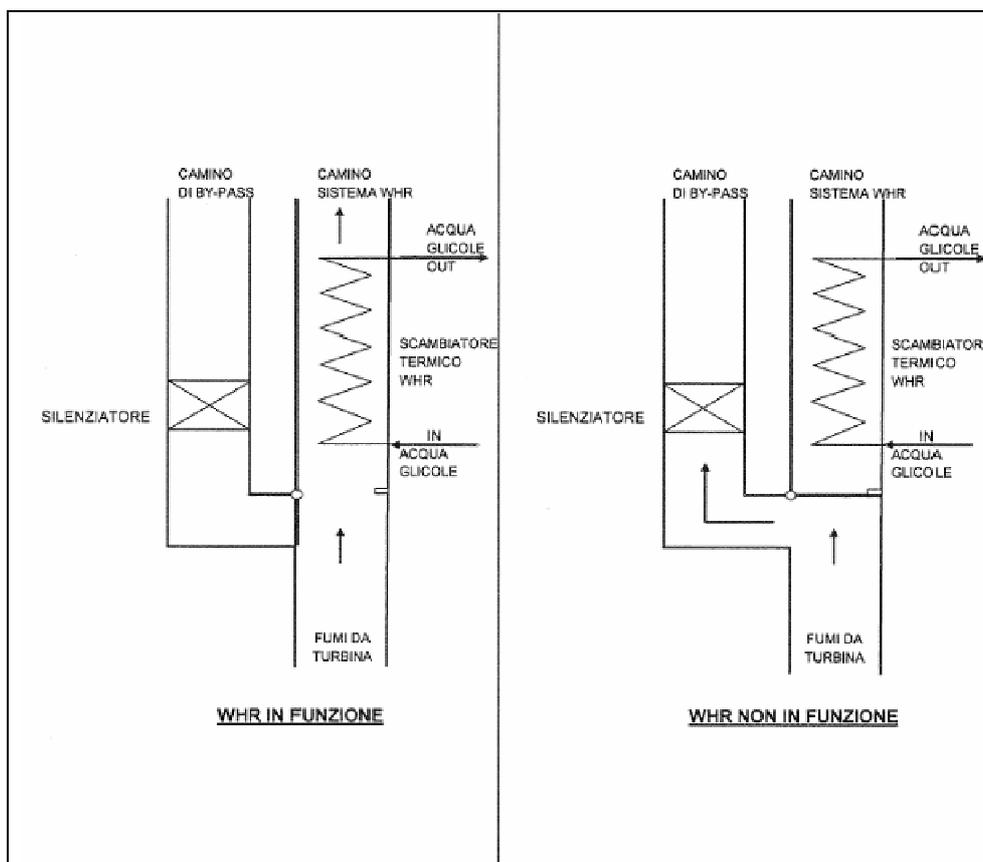


Figura 3: Sezione dei Camini di una GTG

I due camini presentano le stesse caratteristiche geometriche:

- altezza alla bocca del camino: 42,66 m slmm (corrispondenti a 71,78 m rispetto il fondo del GBS);
- diametro della bocca del camino: 2,3 m.

Si evidenzia inoltre che al fine di proteggere lo scambiatore di calore connesso al sistema di vaporizzazione WHR (waste heat recovery – sistema a recupero di calore) dalla pioggia e dalla neve (per evitare fenomeni di corrosione e stress termico) si è reso necessario installare un sistema di protezione esterno (rain shields) su ciascun camino delle turbine. È prevista l'installazione dello stesso sistema di protezione anche per i camini di by-pass per evitare il danneggiamento del silenziatore in essi presente (Terminale GNL Adriatico, 2007).

Nell'ambito delle simulazioni sono state prese in considerazione le possibili conseguenze sulla dispersione dei fumi emessi dai GTG dovute alla presenza dei deflettori sulla cima dei camini. I deflettori installati deviano il flusso dei fumi emessi variandone l'inclinazione rispetto alla verticale e diminuendo la velocità di uscita. In Figura 4 è presentata la sezione schematica di un deflettore.

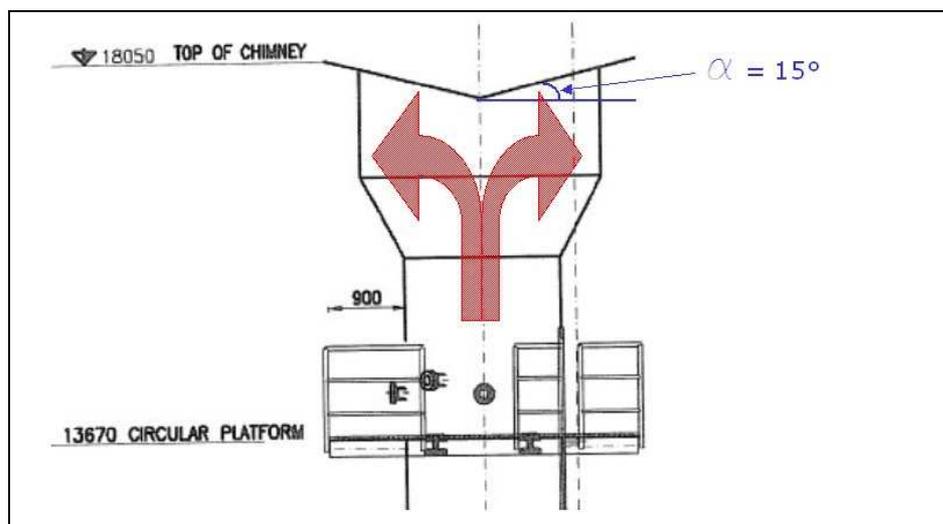


Figura 4: Sezione di un Rain Shield

Si noti che la presenza dei deflettori comporta una deviazione del flusso dei fumi in uscita dai camini ed una conseguente riduzione della componente verticale della velocità di uscita dei fumi stessi. Considerando una inclinazione dei deflettori pari a 15° rispetto al piano orizzontale, è possibile ipotizzare una riduzione della componente verticale della velocità di uscita pari al 74%, passando così da una velocità di progetto di 14,53 m/s ad una velocità pari a 3,78 m/s.

Le caratteristiche delle sorgenti impiegate come input del modello di calcolo sono presentate nella tabella seguente.

Caratteristiche Emissive (per ciascun camino)			
	UdM	Valore	Note
No. Sorgenti		2	No.2 gruppi continuamente in funzionamento contemporaneo
Altezza Punto di Rilascio	m slm	42,66	
Diametro Interno	m	2,33	
Temperatura Uscita Fumi	$^\circ\text{C}$	180	
Velocità Uscita Fumi (sezione cilindrica camino)	m/sec	14,53	
Componente Verticale Velocità Uscita Fumi (a valle dei deflettori)	m/sec	3,78	
Inclinazione Uscita Fumi	$^\circ$	15	inclinazione rispetto al piano orizzontale
Contenuto di Ossigeno	%	15	fumi secchi
CONCENTRAZIONE VOLUMETRICA DI INQUINANTI NEI FUMI			
NO_x	mg/Nm^3	50	Valori autorizzati con decreto MAP 17262 del 11 Novembre 2004
CO	mg/Nm^3	40	
CONCENTRAZIONE MASSICA DI INQUINANTI NEI FUMI			
NO_x	g/s	1,87	
CO	g/s	1,50	

Per potere ricostruire statistiche annuali confrontabili con gli standard di legge, è stata eseguita una modellazione climatologica di tipo “short term” (cioè annuale con cadenza oraria) delle ricadute al suolo degli inquinanti emessi in atmosfera dai GTG.

Le simulazioni annuali condotte hanno prodotto, per ciascun inquinante simulato (NO_x, CO), mappe di concentrazione al suolo della media e del massimo orario annuale; la prima è direttamente confrontabile con standard di legge, il secondo è usato come approssimazione per eccesso del 99,8° percentile orario sull'intero anno, standard di legge per NO₂.

3.2 STIMA DELLE RICADUTE DI NO_x

I risultati delle simulazioni condotte per valutare le ricadute di NO_x sono presentati nelle Figure 5 e 6. In tali figure sono riportate, rispettivamente, le concentrazioni medie annuali ed i valori massimi di concentrazione oraria al suolo di NO_x espressi in µg/m³ calcolati da OCD nello scenario emissivo considerato (ricadute al suolo dovute alle due sorgenti puntuali in corrispondenza del terminale) sull'intero periodo di simulazione, ovvero l'anno 1999.

L'analisi delle mappe evidenzia che i livelli calcolati risultano ben al di sotto dei valori guida indicati dalla normativa vigente già nei pressi del terminale, giungendo ad essere praticamente trascurabili sulla costa veneta, come confermano i valori di concentrazione ottenuti in alcuni punti considerati “sensibili”, ovvero le località di Venezia, Chioggia, Porto Tolle, Porto Levante ed Adria. Le maggiori ricadute si verificano, oltre che nelle vicinanze del terminale, nelle aree a Sud-Ovest dell'impianto, sulla costa nei pressi di Porto Tolle.

Nella tabella seguente è presentato il confronto tra i valori delle ricadute medie annuali e massime orarie di NO_x e gli SQA.

Risultati delle Simulazioni - Valori Medi Annuali e Massimi Orari di NO _x								
Inquinante	Parametro	UdM	Limite DM 60/02	Punto di Estrazione Dato				
				Venezia	Chioggia	Porto Tolle	Porto Levante	Adria
NO _x	media annua	µg/m ³	40 (protezione salute umana)	0.009	0.024	0.032	0.026	0.010
	media annua		30 (protezione vegetazione)					
	99,8 percentile ⁽¹⁾	µg/m ³	200	1.5	2.9	3.8	3.2	2.4

Nota:

⁽¹⁾ I valori di concentrazione presentati rappresentano le ricadute massime orarie annuali; tali valori sono assunti come approssimazione cautelativa del 99,8° percentile orario sull'intero anno, standard di legge per NO₂.

Il valore massimo delle concentrazioni medie annue simulato su tutto il dominio è stato rilevato ad una distanza di quasi 2 chilometri dal Terminale in direzione Nord-Est ed è risultato pari a 0,22 µg/m³.

Il valore massimo simulato su tutto il dominio delle ricadute massime orarie è pari a 15,52 µg/m³ ed è localizzato a circa 2,5 chilometri di distanza dalle sorgenti in direzione Sud-Ovest; si noti che presso la costa vicino a Porto Tolle i livelli massimi orari sono inferiori a 4 µg/m³.

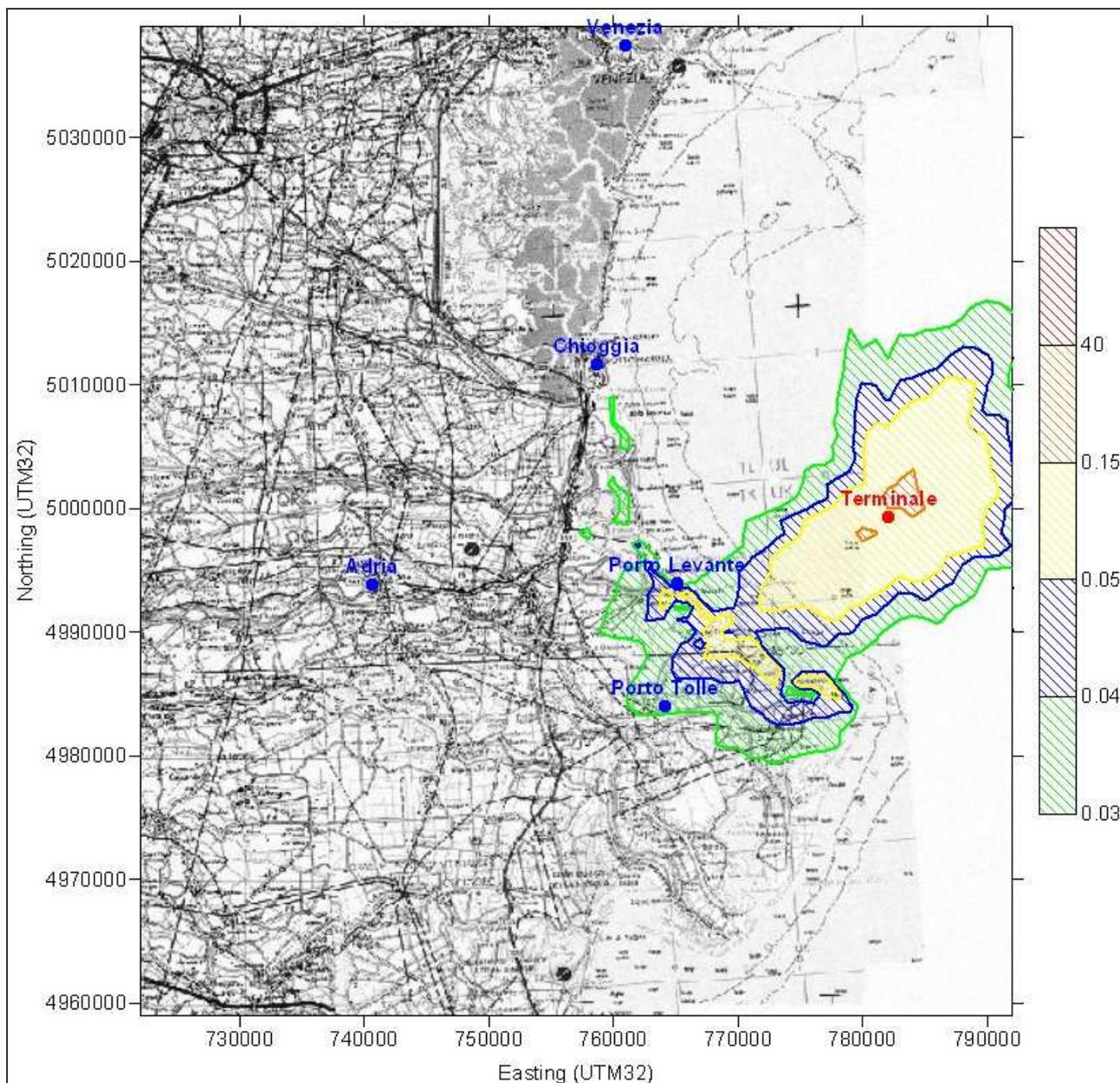


Figura 5: Mappa della concentrazione media annua al suolo di NO_x (µg/m³)

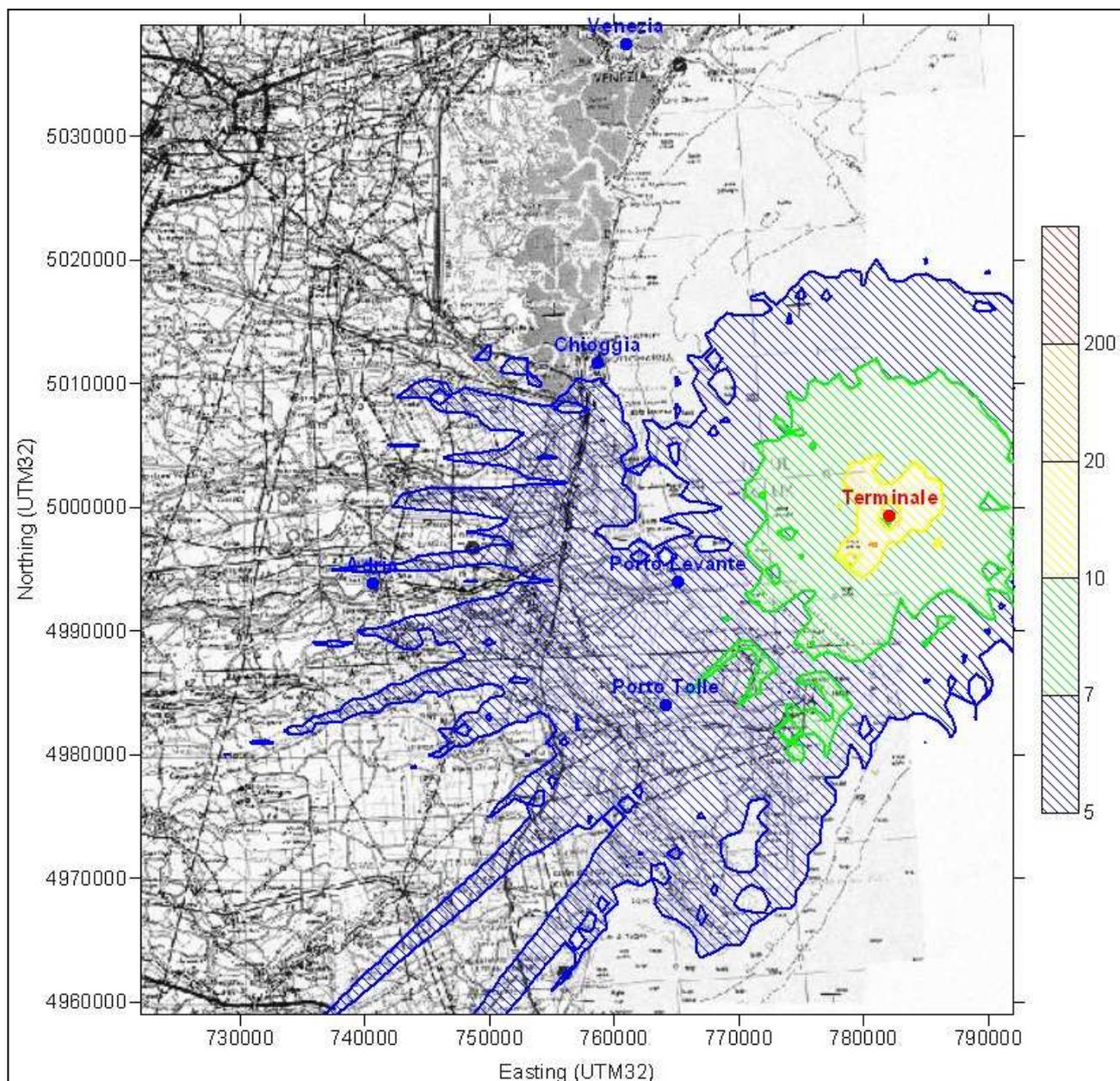


Figura 6: Mappa della concentrazione massima oraria al suolo di NO_x ($\mu\text{g}/\text{m}^3$)

Si evidenzia che Comitato di Sicurezza Marittima dell'IMO (International Maritime Organisation) ha predisposto ed adottato alcune modifiche allo schema di separazione dei traffici nel Mare Adriatico; tali modifiche sono state condivise ed approvate dal Comando Centrale della Guardia Costiera.

Tra le modifiche adottate, in previsione della localizzazione del Terminale GNL nel Nord Adriatico è stata fissata un'area di esclusione del traffico marittimo e di divieto assoluto di ancoraggio delimitata da un cerchio di raggio pari a 1,5 miglia marine (pari a 2.778 metri) centrato in un punto in prossimità del terminale. I valori massimi di concentrazione oraria di NO_x calcolati dal modello sull'intero anno ricadono all'interno di tale area.

Come evidenziato in tabella sia le concentrazioni medie che quelle massime calcolate nei punti di studio risultano trascurabili e ben al di sotto dei valori guida indicati dalla normativa; le ricadute maggiori si verificano presso Porto Tolle ($0,032 \mu\text{g}/\text{m}^3$ la media annuale, $3,8 \mu\text{g}/\text{m}^3$ il massimo orario sull'intero anno) le meno elevate a Venezia (rispettivamente $0,009 \mu\text{g}/\text{m}^3$ e $1,5 \mu\text{g}/\text{m}^3$).

I livelli calcolati risultano almeno due ordini di grandezza inferiori rispetto agli SQA fissati dal DM 60/02.

3.3 STIMA DELLE RICADUTE DI CO

I risultati delle simulazioni condotte per valutare le ricadute di CO sono presentati nella successiva Figura 7. In tale Figura è illustrata la mappa delle ricadute massime orarie al suolo di CO espresse in mg/m^3 calcolati da OCD nello scenario emissivo considerato (ricadute al suolo dovute al funzionamento contemporaneo di due GTG sul Terminale) sull'intero periodo di simulazione, ovvero l'anno 1999.

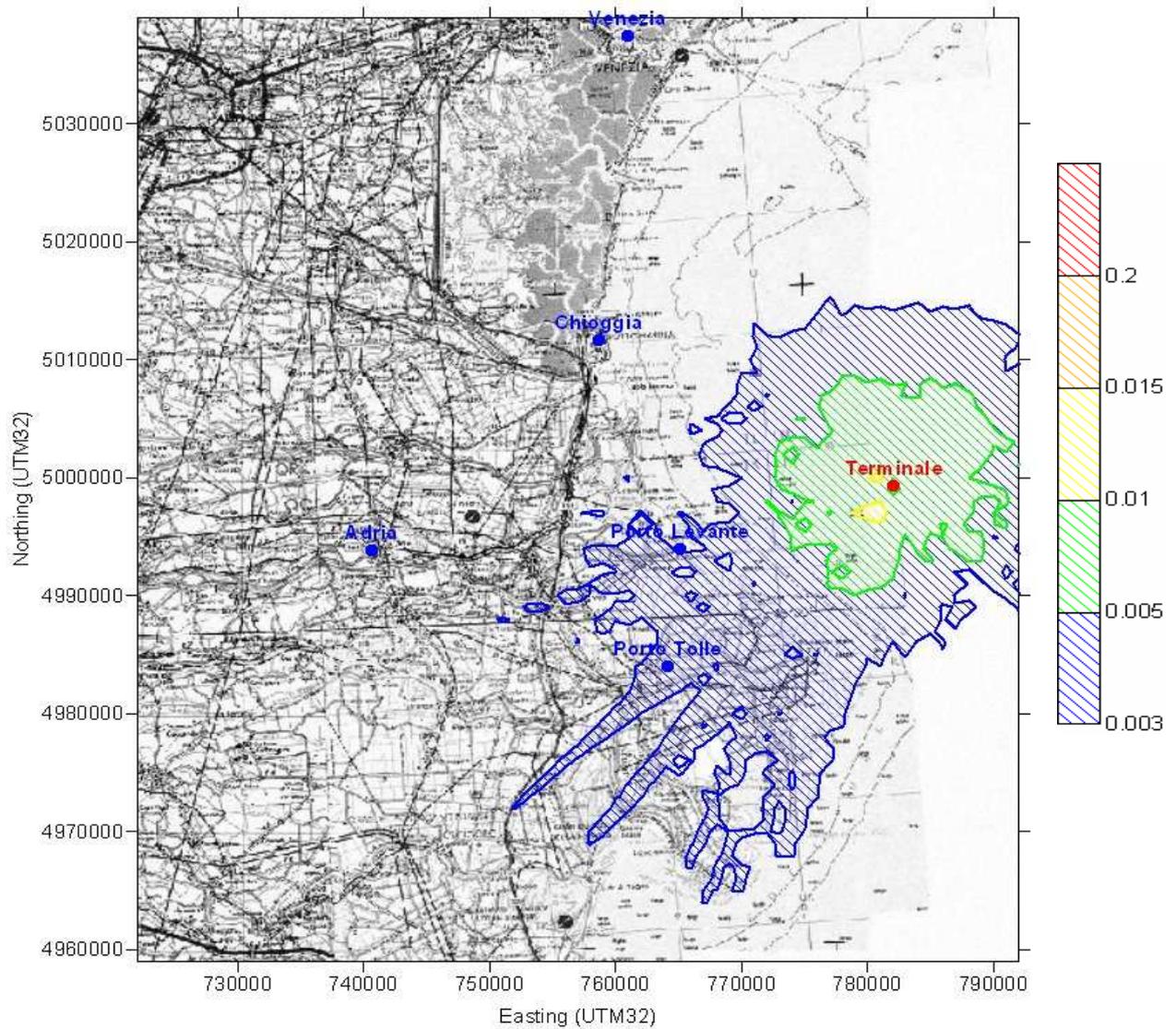
La mappa delle ricadute massime orarie di CO sull'intero anno evidenzia che le maggiori ricadute si verificano nell'intorno del terminale, lontano dunque dai luoghi abitati e dalla costa; i livelli calcolati risultano ben al di sotto dei valori guida indicati dalla normativa vigente già nei pressi del terminale, giungendo ad essere praticamente trascurabili sulla costa veneta, come confermano i valori di concentrazione ottenuti nei punti di misura (Venezia, Chioggia, Porto Tolle, Porto Levante ed Adria).

Il valore massimo simulato su tutto il dominio è pari a $0,01241 \text{ mg}/\text{m}^3$, tale valore è stato rilevato in direzione Sud-Ovest, a circa 2,5 chilometri di distanza dal terminale; si noti che presso la costa vicino a Porto Tolle i livelli massimi orari superano di poco i $0,003 \mu\text{g}/\text{m}^3$. Inoltre il valori massimi calcolati dal modello ricadono tutti all'interno dell'area istituita dall'IMO (International Maritime Organization) ed indicata come area da evitare ed all'interno della quale è assolutamente vietato l'ancoraggio di qualunque mezzo navale, avente centro in corrispondenza del terminale e raggio pari a 1,5 miglia nautiche (paria 2.778 metri). Nella tabella seguente è presentato il confronto tra i valori delle ricadute massime orarie di CO e gli SQA.

Risultati delle Simulazioni - Valori Massimi Orari di CO								
Inquinante	Parametro	UdM	Limite DM 60/02	Punto di Estrazione Dato				
				Venezia	Chioggia	Porto Tolle	Porto Levante	Adria
CO	massima oraria ⁽¹⁾	mg/m^3	10	0,0012	0,0023	0,0031	0,0026	0,0019
Nota ⁽¹⁾ Il limite fissato dal DM 60/02 è riferito alla media massima giornaliera su 8 ore (in vigore dal 2005). I valori di concentrazione presentati rappresentano le ricadute massime orarie annuali; tali valori sono assunti come approssimazione cautelativa dello standard di legge per CO								

Le ricadute di CO presentate in tabella risultano trascurabili. Come evidenziato in tabella le ricadute massime orarie calcolate nei punti di studio risultano trascurabili e ben al di sotto dei valori guida indicati dalla normativa; le ricadute maggiori si verificano presso Porto Tolle ($0,0031 \text{ mg}/\text{m}^3$) le meno elevate a Venezia ($0,0012 \text{ mg}/\text{m}^3$). I livelli calcolati risultano diversi ordini di grandezza inferiori rispetto agli SQA fissati dal DM 60/02.

Figura 7: Mappa dei valori massimi di concentrazione oraria al suolo di CO (mg/m³)



4 CONFRONTO CON LO STATO ATTUALE

Nella seguente tabella sono riportati i valori massimi di ricadute al suolo rilevati nelle diverse simulazioni effettuate e il loro confronto con lo stato attuale e gli SQA.

Risultati delle Simulazioni – Tabella di Sintesi							
RICADUTE DI NO _x							
Stazione	Simulazione	UdM	Limite DM 60/02		Stato Attuale	Esercizio Impianto	Stato Attuale + Esercizio Impianto
Venezia	media annua	µg/m ³	40	30	20,15	0,009	20,16
Chioggia					12,33	0,024	12,35
Porto Tolle			8,52	0,032	8,55		
Porto Levante			9,57	0,026	9,60		
Adria			11,88	0,010	11,89		
Venezia	Massima oraria	µg/m ³	200 ⁽¹⁾		93,84	1,5	95,34
Chioggia					61,58	2,9	64,48
Porto Tolle					57,78	3,8	61,58
Porto Levante					60,34	3,2	63,54
Adria					55,43	2,4	57,83
RICADUTE DI CO							
Venezia	Massima Oraria	mg/m ³	10 ⁽²⁾		0,685	0,001	0,686
Chioggia					0,463	0,002	0,465
Porto Tolle					0,390	0,003	0,393
Porto Levante					0,430	0,003	0,433
Adria					0,456	0,002	0,458
Note							
(1) I valori di concentrazione presentati rappresentano le ricadute massime orarie annuali; tali valori sono assunti come approssimazione cautelativa del 99,8° percentile orario sull'intero anno, standard di legge per NO ₂ .							
(2) Il limite fissato dal DM 60/02 è riferito alla media massima giornaliera su 8 ore (in vigore dal 2005). I valori di concentrazione presentati rappresentano le ricadute massime orarie annuali; tali valori sono assunti come approssimazione cautelativa dello standard di legge per CO							

I dati presentati in tabella mostrano come i valori medi calcolati per entrambi gli inquinanti siano praticamente trascurabili e ben al di sotto dei valori guida indicati dalla normativa.

Si noti infine che, sommando il contributo dovuto all'esercizio dei GTG ai valori medi e massimi estratti dal dataset MINNI per caratterizzazione la situazione attuale della qualità dell'aria in corrispondenza dei cinque punti sensibili individuati (Venezia, Chioggia, Porto Tolle, Porto Levante ed Adria), i valori ottenuti dalle simulazioni effettuate risultano, sia per i valori medi annuali che per i percentili orari (approssimati cautelativamente per l'NO_x con i massimi orari annuali), inferiori ai limiti normativi vigenti indicati nel DM 60/02 e il contributo dovuto all'esercizio contemporaneo di due GTG sul terminale risulta trascurabile.

Con riferimento alle valutazioni relative agli ossidi di azoto (NO_x) si evidenzia che i limiti di legge riguardano principalmente l'NO₂ mentre la simulazione modellistica descritta in questo studio considera gli NO_x, cioè la miscela complessiva degli ossidi di azoto; occorrerebbe

quindi riportare i risultati modellistici di NO_x in NO_2 in modo da verificare il rispetto dei limiti di legge.

La miscela inquinante NO_x in aria è composta in massima parte di due gas, monossido (NO) e biossido (NO_2) di azoto, in misura variabile che dipende tra l'altro dal sito, dalla meteorologia e dalla distanza dalle eventuali principali sorgenti. Più in dettaglio, le reazioni fotochimiche che avvengono in atmosfera, e che portano alla trasformazione di NO in NO_2 e viceversa, dipendono per esempio da:

- presenza ed intensità della luce solare;
- presenza di altri gas (ozono e composti organici) che interagiscono con tali trasformazioni;
- composizione della miscela NO_x presente all'emissione.

Tale composizione può dipendere a sua volta fortemente dalla distanza dalle eventuali sorgenti, in quanto negli ossidi di azoto, che sono un prodotto della combustione ad alta temperatura, l'NO è presente all'emissione in frazione preponderante (anche oltre il 90%), e tale frazione tende a diminuire velocemente mentre l'aria contenente il gas emesso è trasportata lontano, risultando all'osservazione generalmente compresa tra il 25% ed il 75%.

L'analisi condotta sulla base dei risultati delle simulazioni, in particolare nel loro confronto con i limiti di legge, risulta dunque conservativa poiché i valori simulati sono riferiti, conservativamente, alla totalità degli NO_x e non al solo NO_2 .

RIFERIMENTI

Aker Kværner, 2006c Waste Heat Recovery Unit, Mechanical Data Sheet, Doc. No. ITAT-AKE-41-MT-833-00-3042 Rev. 5, 24th May 2006.

Calori G., Finardi S., Nanni A., Radice P., Riccardo S., Bertello A., Pavone F. (2005) Long-term air quality modelling in Ivrea and Torino areas: sources contribution and scenario analysis. Proc. of 5th Int. Conf. on Urban Air Quality, Valencia (Spain), 29-31 March 2005.

Cotton, W.R., Pielke R. A., Walko R. L. , Liston G. E., Tremback C. J., Jiang H., McAnelly R. L., Harrington J. Y., Nicholls M. E., Carrio G. G. and McFadden J. P., (2003): RAMS 2001: Current status and future directions. Meteorol. Atmos. Phys., 82, 5-29.

DiCristofaro, D.C. and Hanna S.R. (1989). OCD: The Offshore and Coastal Dispersion Model. Two volumes. EARTH TECH Report No. A085-1, prepared for Minerals Management Service, U.S. Department of the Interior, 381 Elden Street, Herndon, VA 22070-4817, under contract no. 14-12-0001-30396.

Finardi S., D'Allura A., Calori G., Silibello C., De Maria R., Cascone C., Lollobrigida F. (2005) Deterministic air quality forecasting system for Torino urban area: verification on winter and summer episodes. Proc. of 5th Int. Conf. on Urban Air Quality, Valencia (Spain), 29-31 March 2005.

Finzi G. e Brusasca G. (1991). La qualità dell'aria. Modelli previsionali e gestionali - Masson, Milano, pp 346.

Hanna, S.R., Schulman L.L., Paine R.J., Pleim J.E. and Baer M. (1985). Development and Evaluation of the Offshore and Coastal Dispersion Model. JAPCA, 35, 1039-1047.

Nieuwstadt, F.T.M. (1977). The Dispersion of Pollutants over a Water Surface. Eighth International Technical Meeting on Air Pollution, Modeling and Its Applications, NATO/CCMS Doc. No. 80, pp. 337-359.

Silibello C., Calori G., Arduino G., Contardi C., Sordi F. (2005) Model based yearly air quality evaluation on Piemonte region. Accepted at 10th International Conference on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, Sissi (Malia), Crete, Greece 17-20 October, 2005. Sutton O.G., (1947), "The problem of diffusion in the lower atmosphere", Quart. J. R. Met. Soc. 73, pp. 257.

S.R. Hanna, G.A. Briggs, R.P. Hosker Jr (1982). Handbook on atmospheric diffusion, Technical Information Center, US Department of Energy.

Terminale GNL Adriatico, 2007, documentazione inviata via e-mail da Terminale GNL Adriatico in data 24 Luglio 2007, "Deflectors on the GTGs stacks (Rain Shields) – justification".

Zanini G., F. Monforti-Ferrario, P. Ornelli, T. Pignatelli, G. Vialetto, G., Brusasca, G. Calori, S. Finardi, P. Radice and C. Silibello (2004). The MINNI Project. Proc. of 9th Int. Conf. on Harmonisation within Atmospheric Dispersion Modelling for Regulatory Purposes, 1-4 June 2004, Garmisch-Partenkirchen (Germany), Vol. 1, 243-247.