



STA Engineering S.r.l. Sicurezza e Tecnologie per l'Ambiente

Via Carducci, 64/C - Ghezzano
 56017 S.Giuliano Terme – Pisa
 Tel. 0508754064 – 050877161
 Fax 050-8754964 e-mail staeng@staeng.it
 C. F./P. IVA 01558860506
 C.C.I.A.A. n. 136548



376_RSET-DIFF-TEC-SDNOx			
Rev.			
1			
pag. 1 di 21			

ROSELECTRA S.p.A

Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay

2.0	8 Febbraio 2007	Seconda stesura			
1.0	Febbraio 2007	Prima stesura	M. Giannetti	S. Zanelli	M. Lanzino
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
		pag. 2 di 21			

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DOCUMENTI APPLICABILI.....	4
3	SCOPO E CAMPO DI APPLICAZIONE.....	5
4	LA CENTRALE TERMOELETTRICA ROSELECTRA.....	6
4.1	MODALITÀ OPERATIVE	6
4.1.1	<i>Modalità generali di funzionamento.....</i>	6
4.1.2	<i>Minimo tecnico.....</i>	7
4.1.3	<i>Modalità di avviamento.....</i>	7
4.1.4	<i>Modalità di fermata.....</i>	9
4.1.5	<i>Modulazione del carico.....</i>	10
4.2	LE EMISSIONI GASSOSE	10
5	STUDIO DIFFUSIONALE	11
5.1	METODOLOGIA DI CALCOLO	11
5.2	CARATTERIZZAZIONE METEOCLIMATICA	11
5.2.6	<i>Analisi Anemologica e stabilità termodinamica dei bassi strati dell'atmosfera.....</i>	11
5.2.7	<i>Definizione delle condizioni meteorologiche.....</i>	16
5.3	DEFINIZIONE DEL COMPENSORIO.....	17
5.4	DEFINIZIONE DELLE EMISSIONI.....	17
5.5	RICADUTE AL SUOLO DEGLI INQUINANTI	20
6	CONCLUSIONI	21

TAVOLE

TAVOLA 5.1:	Curve di isoconcentrazione - Hot start up
TAVOLA 5.2:	Curve di isoconcentrazione - Cold start up
TAVOLA 5.3:	Curve di isoconcentrazione - Warm start up
TAVOLA 5.4:	Curve di isoconcentrazione - Fermata
TAVOLA 5.5:	Curve di isoconcentrazione - Base Load

ALLEGATI

ALLEGATO 1:	Il modello SAFE_AIR
--------------------	----------------------------

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNOx			
		Rev.			
		1			
		pag. 3 di. 21			

1 Premessa

Si premette che nel VIA, Valutazione di Impatto Ambientale, è presente uno studio diffusionale degli inquinanti (NO_x) a lungo termine (long-term) e a breve termine (short term). In tale studio sono stati utilizzati:

- i dati emissivi degli NO_x pari a 40 mg/Nm³ (entro i limiti di legge) durante il funzionamento stazionario (regime);
- le condizioni meteo più frequenti e sfavorevoli estratte dai dati meteo della centralina di Livorno (al tempo più aggiornati e completi dei dati meteo della centralina dello stabilimento Solvay).

L'approfondimento dello studio diffusionale degli inquinanti (NO_x) nasce a seguito della richiesta di approfondimento dell'ARPAT relativamente all'analisi diffusionale degli NO_x durante i transitori dell'impianto in funzione delle diverse modalità operative e grazie alla disposizione di dati emissivi reali della centrale termoelettrica a ciclo combinato di Rosignano Solvay, in funzione delle diverse modalità di funzionamento.

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
		pag. 4 di. 21			

2 Documenti applicabili

1. DPR 24 maggio 1988, n°203, aggiornato dal DM 2 aprile 2002, n°60
2. Valutazione Impatto Ambientale del progetto Rosaelectra/Electrabel in Rosignano Solvay
3. Decreto autorizzativi n°55/03/2004 rilasciato dal Ministero delle Attività Produttive
4. Note tecniche:
 - Controllo delle emissioni della Turbina a Gas in caso di valori superiori al limite autorizzato e segnalazione all'autorità competente
 - Procedure di avviamento e fermata della Centrale Roselectra
5. Dati meteo di Rosignano Solvay
6. Dati delle emissioni nelle diverse modalità di funzionamento

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
		pag. 5 di. 21			

3 Scopo e campo di applicazione

Lo scopo del presente lavoro è quello di fornire uno studio diffusionale di NO_x prodotti dalle emissioni della Centrale a ciclo combinato da 400 MWe di Roselectra in Rosignano Solvay, nelle diverse modalità di funzionamento previsti nelle fasi di avviamento, fermata e produzione.

La presente attività integra lo studio diffusionale già inserito nel VIA in quanto Roselectra si propone di conoscere l'andamento delle concentrazioni al suolo in condizioni di funzionamento non stazionario.

ROSELECTRA S.p.A	<i>Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay</i>	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
		pag. 6 di. 21			

4 La Centrale Termoelettrica Roselectra

Il ciclo di funzionamento della centrale termoelettrica Roselectra (400 MWe) è un ciclo combinato di Turbogas e Turbina a Vapore ad asse singolo, per la produzione di energia elettrica e vapore per una rete comunale di teleriscaldamento.

L'unità produttiva dell'impianto Roselectra è costituita principalmente da:

- una turbina a gas ANSALDO-SIEMENS V94.3A2 da 258 MW elettrici (condizioni ISO) alimentata a gas metano,
- un generatore sincrono trifase da 480 MVA
- un generatore di vapore a recupero di calore a tre differenti livelli di pressione,
- una turbina a vapore a condensazione da 133 MW
- un generatore di vapore non a recupero (caldaia ausiliaria) di potenzialità 10 t/h a 14 bar e 250° C
- un impianto per l'erogazione di acqua calda per teleriscaldamento di potenzialità 9.9 MW termici normalmente alimentato da vapore spillato dalla caldaia a recupero.

L'energia elettrica prodotta è immessa nella rete nazionale tramite una nuova connessione all'elettrodotto 380kV verso Acciaiole. Il Teleriscaldamento servirà edifici pubblici del comune di Rosignano Solvay.

4.1 Modalità operative

4.1.1 Modalità generali di funzionamento

L'impianto come ciclo combinato per la produzione di energia elettrica è formato dalla turbogas i cui gas allo scarico servono a produrre vapore surriscaldato nella caldaia a recupero a tre sezioni di pressione. Tale vapore surriscaldato viene espanso nella turbina a vapore. Sia la turbina a gas che la turbina a vapore sono collegate sullo stesso asse al generatore sincrono trifase raffreddato ad idrogeno. La turbina a gas è rigidamente collegata al generatore sincrono da un lato, mentre la turbina a vapore è collegata dal lato opposto allo stesso generatore sincrono tramite un meccanismo definito "clutch" che permette la trasmissione della coppia motrice quando la velocità dell'albero della Turbina a Gas e quello della Turbina a Vapore sono uguali. Ciò si rende necessario per permettere di agevolare le procedure di avviamento, svincolando parzialmente la procedura di avviamento della Turbina a Gas e della Turbina Vapore.

La caldaia a recupero è composta di tre sezioni e quindi tre livelli di pressione e include nella sezione di media pressione anche la sezione di risurriscaldamento del vapore scaricato dalla turbina a vapore sezione di alta pressione. Dal vapore surriscaldato di bassa pressione della caldaia a recupero si ricava il vapore utilizzato per il riscaldamento del circuito di teleriscaldamento.

ROSELECTRA S.p.A	<i>Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay</i>	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
		pag. 7 di. 21			

Il ciclo termico include un condensatore per il recupero del vapore scaricato dalla turbina raffreddato ad acqua di mare e raffreddata in ciclo chiuso a mezzo di torre a tiraggio forzato, da pompe, sistemi tubazioni per vapore, acqua e tutti i sistemi ausiliari necessari al buon funzionamento dell'impianto.

Nell'impianto è presente una caldaia di emergenza, non a recupero della potenzialità di 8,7 MWt che serve a produrre il vapore necessario all'avviamento della centrale, o in caso di indisponibilità del vapore prodotto dalla caldaia a recupero, a fornire il vapore necessario al sistema di teleriscaldamento quando quest'ultimo sarà operativo.

La turbina a vapore è composta da due sezioni, la seconda delle quali comprende la parte a surriscaldamento e la parte di bassa pressione.

4.1.2 Minimo tecnico

Le condizioni di minimo tecnico si identificano con quelle necessarie per garantire una marcia stabile dell'impianto, che possa garantire i valori di emissioni della Turbina a Gas entro i limiti prescritti.

Le modalità di funzionamento del sistema di 24 bruciatori della Turbina a Gas sono essenzialmente due: diffusione e premix. La marcia a diffusione ha luogo nelle prime fasi di avviamento della Turbina a Gas e prima del raggiungimento dei giri nominali pari a 3000 giri/min; tale modalità di funzionamento, sebbene comporti tenori di emissioni di NO_x maggiori di quella a premix, garantisce in questa fase dell'avviamento condizioni di maggiore stabilità della fiamma. Dopo una breve fase di sovrapposizione delle due modalità di combustione alle condizioni di velocità nominali della macchina, si passa alla marcia a premix che garantendo intimo mescolamento del combustibile e comburente e idonei profili di temperatura di fiamma permette di abbassare il tenore di NO_x.

Secondo quanto indicato all'art. 2 del Decreto n° 55/03/2004 rilasciato dal Ministero delle Attività Produttive, la Centrale a ciclo combinato di Roselectra deve almeno rispettare i seguenti limiti alle emissioni degli NO_x, riferiti ad una concentrazione del 15% di ossigeno nei fumi anidri :

- NO_x (espressi come NO₂): 40 mg/Nm³

Il minimo tecnico dell'impianto, riferito alla potenza lorda è pari a 276 MWe, a fronte di una potenza lorda massima pari a 393,7 MW, rispettivamente in condizioni ISO.

Al raggiungimento delle condizioni di minimo tecnico il regime di combustione consente di mantenere le emissioni di NO_x entro i limiti prescritti, come dimostrano le registrazioni effettuate al camino ed eseguite nei primi mesi di esercizio provvisorio.

4.1.3 Modalità di avviamento

Si identificano tre principali modalità di avviamento dell'impianto a seconda delle condizioni preliminari in cui esso si trova:

ROSELECTRA S.p.A	<i>Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay</i>	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
pag. 8 di. 21					

- ***cold start up, ovvero partenza da freddo***
- ***hot start up, ovvero partenza da caldo***
- ***warm start up, ovvero partenza da fermata temporanea***

Partenza da Freddo (cold star up)

Una partenza è identificata come partenza da freddo quando l'impianto è fermo da almeno 50 ore, la pressione in caldaia a recupero (sezione alta pressione) è atmosferica e la temperatura di metallo della Turbina a Vapore è inferiore a 150 °C.

Una condizione simile è assimilabile ad una fermata prolungata dovuta per esempio a manutenzione o fermata richiesta dal Gestore della Rete Nazionale per necessità di dispacciamento.

Per una partenza da freddo occorrono globalmente 330 minuti, ed in particolare occorrono 280 minuti per andare da fermo fino al minimo tecnico e 50 minuti per andare dal minimo tecnico fino a regime (base load).

Partenza da caldo (hot star up)

Una partenza è identificata come una partenza da caldo quando l'impianto è fermo da meno di 8 ore, la pressione residua nei corpi cilindrici rimane significativa (circa il 50% del valore nominale), la temperatura di metallo della Turbina a Vapore è maggiore a 370 °C e la temperatura del vapore di circa 460 °C.

Una condizione simile potrebbe essere la ripartenza da Trip impianto (blocco dell'impianto a seguito di un'anomalia).

La durata complessiva di tale tipo di avviamento è di circa 110 minuti (100 minuti per andare da fermo fino al minimo tecnico e 10 minuti per raggiungere il regime). Essendo la caldaia a recupero già in pressione e temperatura, i tempi necessari a raggiungere le condizioni di minimo tecnico e ulteriormente salire al set point di carico, si riducono sensibilmente.

Partenza da fermata temporanea (warm star up)

Si identifica una partenza da fermata temporanea quando l'impianto è fermo da un periodo variabile da 8 a 50 ore, le temperatura del metallo Turbina a Vapore sono comprese tra 150 e 370 °C, il vapore di alta pressione a circa 15 bar. In sostanza tale partenza rappresenta una via intermedia tra le due partenze precedentemente.

La durata complessiva di tale procedura di avviamento, circa 270 minuti per raggiungere il carico massimo, è così suddivisa: 230 minuti per raggiungere i valori di minimo tecnico dall'inizio della procedura e 40 minuti per andare da minimo tecnico fino a regime (base load).

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
		pag. 9 di. 21			

4.1.4 Modalità di fermata

Analogamente alle modalità di avviamento, sono possibili diverse modalità di fermata; generalmente possono essere ricondotte a fermate programmate e fermate non programmate.

Fermate programmate

Le fermate programmate sono quelle legate alle attività di manutenzione, per le quali è previsto un programma con la relativa tempistica:

- una fermata programmata all'anno, della durata di una settimana per necessità di manutenzione,
- ogni tre anni una fermata di manutenzione generale prolungata di circa un mese,
- una fermata ogni nove anni della durata di circa 45 giorni.

Possono esserci fermate dovute anche a necessità legate alla partecipazione al mercato elettrico e ai servizi di dispacciamento, in base ai quali viene emesso un programma di produzione che può prevedere anche la fermata, a causa della non redditività della produzione o della impossibilità da parte del gestore della Rete di Trasmissione Nazionale a ricevere l'energia prodotta. Roselectra prevede un numero di fermate annuali dell'impianto di circa 51 (in occasione dei fine settimana, ipotizzando una marcia di sei giorni su sette). Le suddette previsioni potranno essere riviste in funzione delle necessità legate al trading dell'energia e della necessità di garantire l'approvvigionamento del calore per il teleriscaldamento.

In linea di massima, il tempo di fermata dell'impianto, considerando il carico massimo raggiungibile dal treno di potenza in condizioni ISO, è di circa 30 minuti per scendere fino al di sotto del valore di minimo tecnico, e di ulteriori 60 minuti per lo spegnimento totale (90 minuti totali).

Fermate non programmate

L'impianto è dotato di un sistema di controllo e protezione il cui intervento al sorgere di eventuali situazioni operative fuori norma consente di garantire la sicurezza della conduzione e porre automaticamente fuori servizio la centrale attraverso sequenze di fermata predeterminate.

Il Ciclo Cogenerativo può essere inoltre fermato anche manualmente, nel caso si creino situazioni pericolose; procedendo alla fermata di emergenza dell'impianto, mediante l'apposito pulsante in sala controllo.

Le fermate non programmate sono quelle legate a possibili cause di trip dell'impianto (chiusura della valvola di ingresso metano e conseguente blocco dell'impianto). A seconda dei casi, possono provocare la sola fermata della Turbina a vapore con conseguente rapida riduzione di carico della Turbina a gas passando attraverso un rapido transitorio o la fermata della Turbina a gas e della caldaia a recupero e conseguentemente della Turbina a vapore, o la parziale riduzione del carico.

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
pag. 10 di. 21					

In tali eventualità i tempi di trip e shut down impianto sono commisurati all'entità dell'evento che ha generato l'intervento del sistema di protezione.

4.1.5 Modulazione del carico

Per rispondere a criteri di redditività e di esigenze di dispacciamento, la centrale opererà normalmente in regime di modulazione della potenza, ovvero sarà tenuto un assetto produttivo compreso tra il minimo tecnico e il valore della massima potenza. I transitori di carico potranno essere effettuati tramite apposito selettore di carico.

Il gradiente medio previsto in aumento della potenza è pari a 8 MW/min, mentre in discesa tale gradiente si riduce a 6 MW/min; il tempo di regimazione termica a seguito dei transitori che si creano è di circa 10 minuti.

Roselectra prevede la marcia a carico elevato nelle ore giornaliere feriali mentre si prevede la marcia a minimo tecnico nelle ore notturne e il Sabato, salvo diverse indicazioni produttive.

4.2 Le emissioni gassose

Le emissioni gassose dell'impianto sono costituite dagli effluenti gassosi generati dalla Centrale elettrica. Gli unici inquinanti gassosi generati dall'impianto e associati alla combustione di gas naturale nelle camere di combustione della turbina a gas, sono:

- Ossidi di azoto (NO_x)
- Ossido di carbonio (CO)

I bruciatori utilizzati sono a bassa produzione di NO_x a secco (DLN), del tipo ibrido. Tali bruciatori, in una campo di potenze della turbina a gas dal 60 al 100% utilizzano la tecnologia della premiscelazione del combustibile con aria primaria di combustione, con abbattimento dei picchi di temperatura responsabili della formazione di ossidi di Azoto, mantenendo tuttavia una omogeneità e completezza della combustione tale da contenere la concentrazione di ossido di carbonio nei fumi di combustione a valori molto bassi.

All'uscita della caldaia a recupero è posto un camino di scarico, munito di silenziatore.

Le principali caratteristiche del camino sono:

- Altezza:.....55 m
- Diametro:.....7 m
- Direzione flusso:.....verticale

ROSELECTRA S.p.A	<i>Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay</i>	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
		pag. 11 di. 21			

5 Studio diffusionale

5.1 Metodologia di calcolo

Per la stima della concentrazione in prossimità del suolo, note le caratteristiche geometriche dei camini e le condizioni di emissione è stato impiegato il modello SAFE_AIR, del quale viene riportata una breve descrizione nell'Allegato 1 al presente documento.

Tale codice calcola la concentrazione degli inquinanti e le ricadute al suolo in funzione della caratterizzazione della sorgente e della distanza dalla sorgente, tenendo conto delle condizioni meteorologiche e dell'orografia del terreno.

5.2 Caratterizzazione meteorologica

Per una caratterizzazione generale della climatologia locale del sito in esame e di tutti i fenomeni atmosferici che influiscono sulle proprietà diffusive e di trasporto in aria di inquinanti, si sono studiati gli andamenti annuali delle varie grandezze, quali ad esempio direzione del vento, intensità del vento, intensità della radiazione solare e copertura del cielo.

I dati meteo a disposizione per effettuare la caratterizzazione climatologia del territorio provengono dalla Stazione di misura localizzata all'interno dell'area industriale Solvay. I dati meteo si riferiscono agli anni 2004-2006 ed in particolare,

- 2004-2005 (velocità del vento-direzione di provenienza del vento)
- 2006 (irraggiamento - velocità del vento - direzione di provenienza del vento)

5.2.6 Analisi Anemologica e stabilità termodinamica dei bassi strati dell'atmosfera

Le caratteristiche meteorologiche che influenzano le emissioni e gli effetti della dispersione atmosferica riguardano:

- Frequenza relativa alla direzione di provenienza del vento
- Frequenza relativa alla distribuzione della velocità del vento
- Frequenza relativa alle classi di stabilità dei bassi strati dell'atmosfera

Per valutare la direzione di provenienza del vento prevalente sono stati presi in considerazione 16 settori di provenienza del vento (N, NNE, NE, ENE, E, ESE, SE, SSE, S, SSW, SW, WSW, W, WNW, NW, NNW) ognuno di 22,5°.

Mentre per la classificazione della velocità del vento prevalente si è provveduto a suddividere la velocità del vento in 6 gradini di velocità (<2, 2-3, 3-4, 4-5, 5-6, >=6).

Le classi di stabilità atmosferiche prese in esame sono quelle di Pasquill (A, B, C, D, E, F).

Nella figure seguenti si riportano le direzioni prevalenti del vento dell'anno 2006 e le direzioni prevalenti complessive relative al periodo 2004-2006.

Direzioni	Frequenza vento (2006)
N	52.56
NNE	135.47
NE	244.74
ENE	89.22
E	43.25
ESE	32.22
SE	38.67
SSE	34.66
S	38.95
SSW	30.93
SW	40.96
WSW	33.65
W	77.04
WNW	74.18
NW	15.47
NNW	18.04
Totale	1000

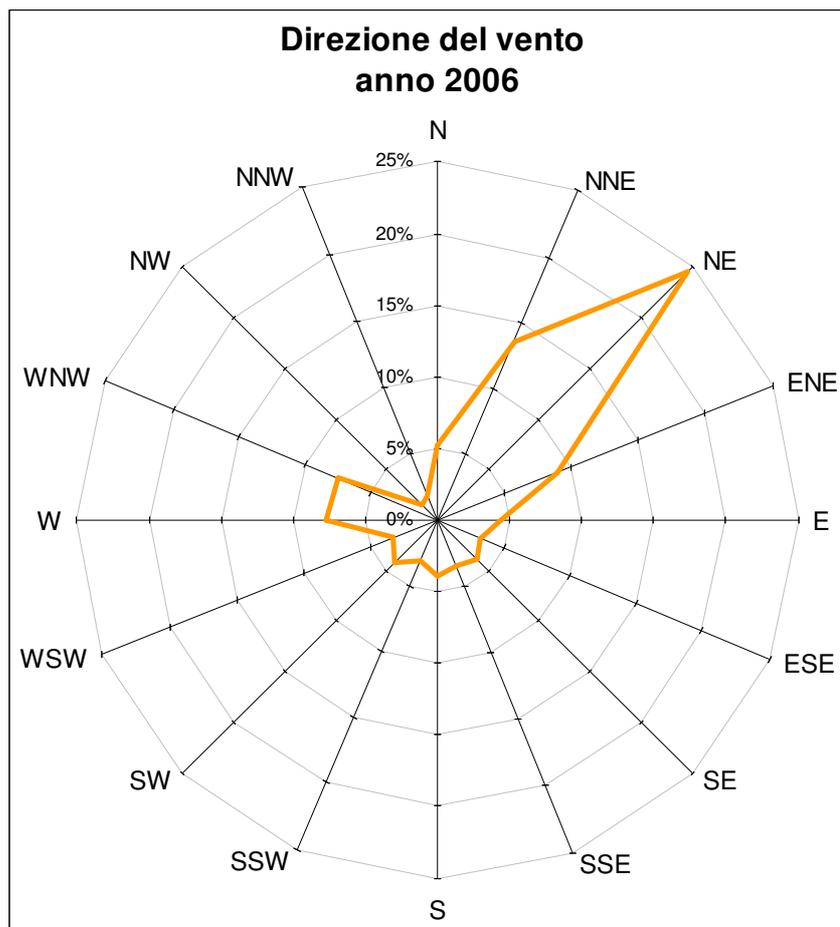


Figura 5.1: Direzioni del vento _ Anno 2006

Nell'anno 2006 la direzione del vento prevalente è NE, seguita rispettivamente dalle direzioni NNE, ENE, W, WNW.

Direzioni	Frequenza vento (2004-2006)
N	24.49
NNE	121.99
NE	235.79
ENE	122.16
E	52.74
ESE	38.20
SE	37.71
SSE	36.62
S	39.20
SSW	36.66
SW	46.43
WSW	43.41
W	72.67
WNW	71.27
NW	11.83
NNW	8.85
Totale	1000

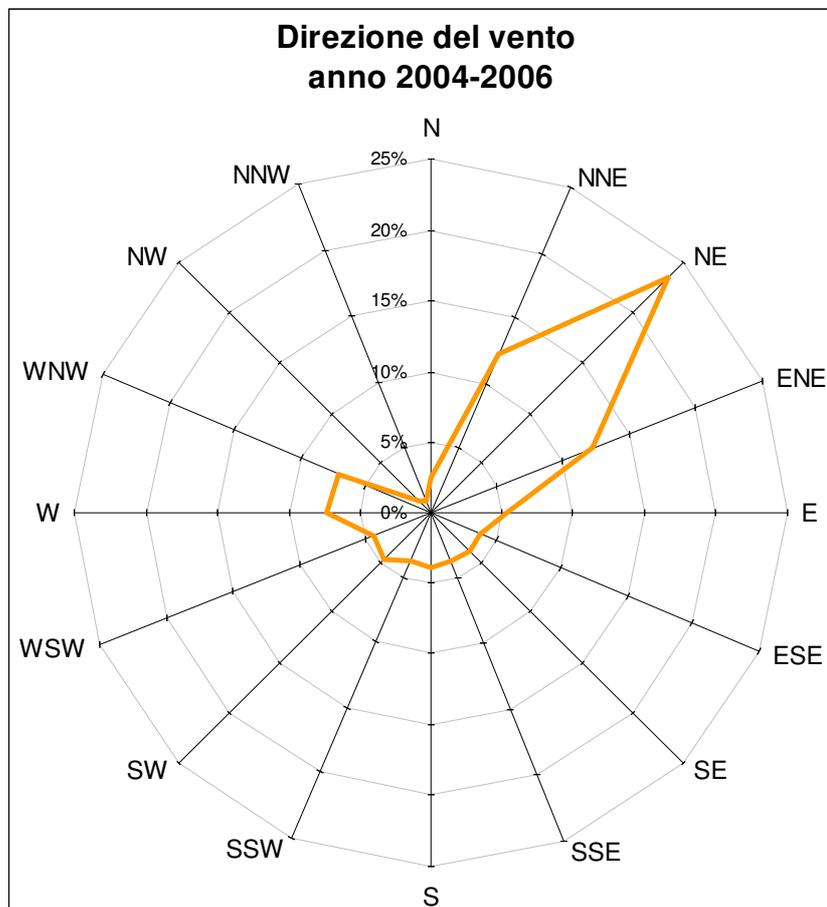


Figura 5.2: Direzioni del vento _ Anno 2004-2006

Nel periodo 2004-2006 la direzione del vento prevalente è NE seguita dalle direzioni ENE-NNE (praticamente coincidenti), W, WNW.

L'analisi meteorologica è stata completata utilizzando i dati meteo dell'ultimo anno (2006) della centralina, in quanto essi risultano maggiormente affidabili e completi.

Nel grafico e nella tabella seguente si riportano rispettivamente la frequenza dei gradini di velocità del vento e le frequenze della direzione del vento per gradino di velocità.

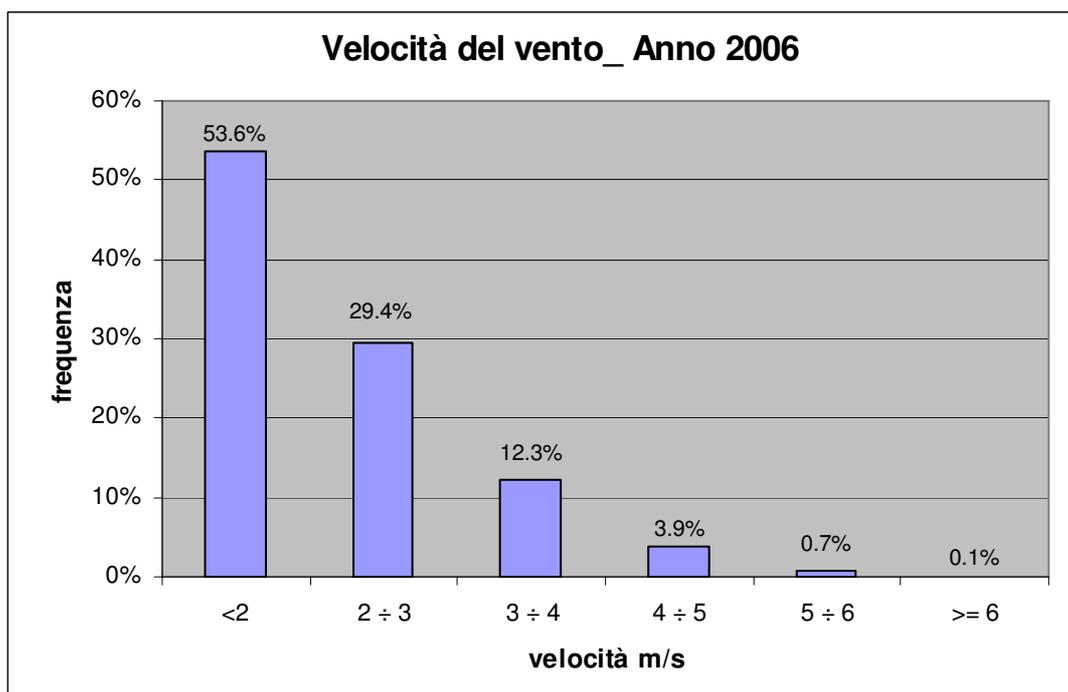


Figura 5.3: Frequenza di velocità del vento (anno 2006)

Direzioni	Velocità del vento in m/s						Totale
	<2	2 ÷ 3	3 ÷ 4	4 ÷ 5	5 ÷ 6	>= 6	
N	21.5	18.6	4.4	0.6	0.0	0.0	45.1
NNE	49.0	35.3	24.1	9.6	1.9	0.0	119.8
NE	222.4	15.5	2.6	0.7	0.1	0.1	241.5
ENE	81.6	6.2	0.4	0.1	0.6	0.0	88.9
E	29.2	11.9	0.9	0.3	0.4	0.4	43.1
ESE	14.6	16.9	0.6	0.1	0.0	0.0	32.2
SE	14.9	19.1	4.2	0.4	0.0	0.0	38.6
SSE	9.9	11.8	8.5	3.9	0.7	0.0	34.7
S	8.0	17.9	10.6	2.4	0.0	0.0	39.0
SSW	9.6	19.5	0.9	1.0	0.0	0.0	31.0
SW	5.2	18.9	7.3	7.3	2.1	0.1	41.0
WSW	4.2	14.9	8.2	6.0	0.4	0.0	33.7
W	3.0	41.3	27.2	4.9	0.7	0.0	77.1
WNW	12.0	37.8	22.6	1.7	0.0	0.0	74.2
NW	9.9	4.6	0.7	0.0	0.0	0.0	15.2
NNW	12.6	3.6	0.0	0.0	0.0	0.0	16.2
CALME	28.7	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	28.7
Totale	536.3	293.7	123.1	39.1	7.0	0.7	1000.0

Tabella 5.1: Frequenze delle direzione per gradino di velocità del vento ($^{\circ}/_{100}$) – Anno 2006

Dal grafico e dalla tabella precedenti si evince che il gradino di velocità del vento prevalente è quello < 2 m/s sia complessivamente che per quasi tutte le velocità del

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x				
		Rev.				
		1				
pag. 15 di 21						

vento. Fanno eccezione i venti provenienti da SSW, SE, WSW, W, WNW i quali il gradino di velocità prevalente pari a 2-3 m/s.

Attraverso i dati di irraggiamento e di velocità del vento sono state valutate le frequenze delle classi di stabilità (Pasquill) in funzione dei gradini di velocità del vento.

Nella figura e nelle tabelle seguenti si riportano rispettivamente le frequenze delle classi di stabilità, le frequenze delle classi di stabilità per gradino di velocità del vento e le frequenze delle direzione del vento per classe di stabilità.

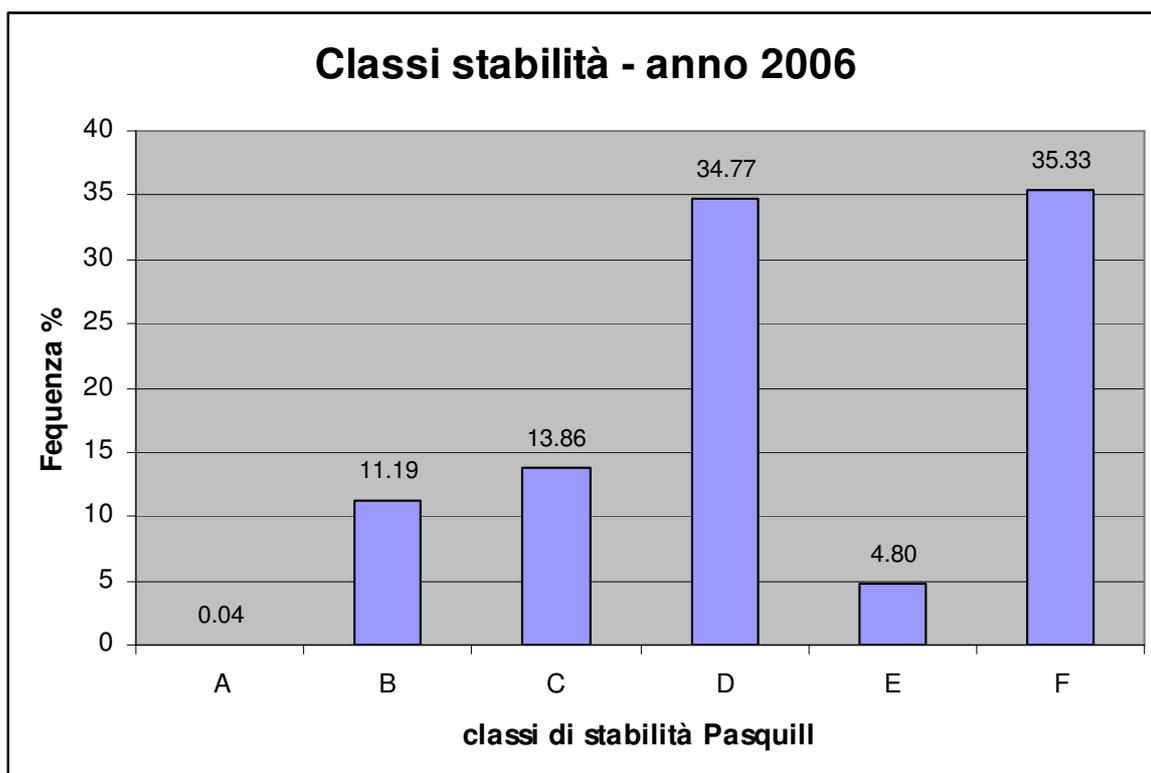


Figura 5.4: Frequenza delle Classi di Stabilità

Classi stab.	Velocità del vento in m/s						Totale
	<2	2 ÷ 3	3 ÷ 4	4 ÷ 5	5 ÷ 6	>= 6	
A	0.4	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.4
B	16.8	88.4	6.7	0.0	0.0	0.0	111.9
C	39.4	51.5	46.6	1.1	0.0	0.0	138.6
D	158.5	85.9	57.6	38.0	7.0	0.7	347.7
E	0.0	35.8	12.2	0.0	0.0	0.0	48.0
F	321.2	32.1	0.0	0.0	0.0	0.0	353.3
Totale	536.3	293.7	123.1	39.1	7.0	0.7	1000.0

Tabella 5.2: Frequenze delle classi di stabilità per gradino di velocità del vento (‰)

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
pag. 16 di 21					

Le classi di stabilità atmosferica prevalente sono F e D; per queste classi il gradino di velocità del vento più frequente risulta quello < 2 m/s

Direzioni	Classi di stabilità						Totale
	A	B	C	D	E	F	
N	0.0	5.0	3.7	13.3	4.4	18.6	45.1
NNE	0.0	5.2	12.0	43.7	15.0	43.9	119.8
NE	0.0	5.4	9.5	75.4	2.4	148.8	241.5
ENE	0.0	1.4	11.2	32.8	1.0	42.4	88.9
E	0.0	1.9	4.9	16.3	1.9	18.2	43.1
ESE	0.0	1.1	3.6	12.5	3.4	11.6	32.2
SE	0.0	2.0	4.2	21.9	4.2	6.3	38.6
SSE	0.0	1.4	5.7	20.6	2.1	4.7	34.7
S	0.0	5.2	13.0	16.9	1.0	2.9	39.0
SSW	0.3	14.8	6.0	7.5	0.6	1.9	31.0
SW	0.0	17.5	5.0	16.6	1.4	0.4	41.0
WSW	0.1	12.6	4.0	14.6	1.4	0.9	33.7
W	0.0	29.8	27.4	15.8	3.6	0.6	77.1
WNW	0.0	6.7	23.8	25.9	4.6	13.2	74.2
NW	0.0	1.0	2.1	4.7	0.6	6.7	15.2
NNW	0.0	0.9	1.3	2.6	0.3	11.2	16.2
CALME	0.0	0.0	1.1	6.4	0.0	21.1	28.7
Totale	0.4	111.9	138.6	347.7	48.0	353.3	1000.0

Tabella 5.3: Frequenze delle direzioni del vento per classi di velocità^(0/100) – Anno 2006

5.2.7 Definizione delle condizioni meteorologiche

A seguito dell'analisi meteorologica si evince che le condizioni meteo prevalenti sono:

- classe di stabilità F e D;
- direzione del vento NE; ENE, NNE (direzioni che portano la caduta degli inquinanti verso il mare)
- la velocità del vento = 2m/s

Valutando che le direzioni del vento prevalenti tendono a portare le ricadute degli inquinanti verso il mare (situazione favorevole) si è provveduto a scegliere per lo studio diffusionale delle direzioni del vento meno frequenti, ma che portano le ricadute degli inquinanti sulle zone abitative (situazione sfavorevole).

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
pag. 17 di 21					

Per cui le condizioni meteo utilizzate nelle simulazioni dello short term sono:

- direzioni del vento N, SE, WSW;

DIREZIONE DEL VENTO	ZONA ABITATIVA SOTTOVENTO
N	VADA
SE	CASTIGLIONCELLO
WSW	ROSIGNANO MARITTIMO

- Velocità del vento: 2 m/s (velocità del vento più probabile);
- Classe di stabilità: F – stabile (classe di stabilità prevalente e particolarmente sfavorevole per la dispersione degli inquinanti).

5.3 Definizione del comprensorio

Il comprensorio considerato, è una regione rettangolare di lato 10 km x 16 km suddivisa in 20 x 32 maglie di passo 500 metri. La sorgente è posizionata appena al di sotto del baricentro del rettangolo.

La simulazione è stata limitata ad una zona di 10 x 16 km, dato che in essa si trovano le concentrazioni significative di inquinanti.

Il comprensorio è caratterizzato dalla presenza del mare che occupa una parte grande della sua superficie e delle colline settentrionali che arrivano in parte fino al mare. Gli agglomerati cittadini presenti nell'area sono: Rosignano Solvay, Rosignano Marittimo, Castiglioncello e Vada.

L'orografia del comprensorio (richiamata nel modello SAFE_AIR) governa il regime anemologico della zona dove prevalgono venti di direzione NE-NNE-ENE-W-WNW, brezze di mare e di terra.

5.4 Definizione delle Emissioni

Nel presente studio, attuato per completare lo studio diffusionale già inserito nel VIA, si analizzano le dispersioni degli inquinanti (NO_x) nel breve periodo (short term) derivati da emissioni durante i transitori delle diverse tipologie di partenze ed arresti dell'impianto. Infatti le concentrazioni degli inquinanti, le quantità dei fumi, e le tempistiche dei rilasci hanno valori differenti in base alle condizioni di processo: hot start up (partenza da caldo), cold start up (partenza da freddo), warm start up (partenza in seguito ad una fermata temporanea), base load (condizioni di regime), fermata, ecc.

I parametri delle emissioni utilizzati per le diverse tipologie di processo stati dedotti dai dati reali delle emissioni misurate al camino della centrale termoelettrica e sono di seguito riportati.

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
pag. 18 di. 21					

Emissioni in caso di hot start up:

Tempo per andare da fermo fino a base load:110 minuti

Temperatura dei fumi: circa 113 °C

Durata degli step temporali: 30 minuti

Tempo	Concentrazione di NO _x (come NO ₂) mg/Nmc	Portata di NO _x (come NO ₂) g/s	% O ₂ nei fumi	Portata dei fumi anidri Nmc/s	Note
1 step temporale	20.38	10.35	17.7	520	Fermo-Minimo Tecnico
2 step temporale	41.27	19.25	16.1	467	Fermo-Minimo Tecnico
3 step temporale	41.49	18.8	15.5	453	Fermo-Minimo Tecnico
4 step temporale	30.5	15.63	14.4	515	Minimo Tecnico-Base Load
5 step temporale	29.4	18.12	13.9	616	Base Load
6 step temporale	30	18.7	13.9	620	Base Load
7 step temporale	30	18.77	13.9	613	Base Load

Emissioni in caso di cold start up:

Tempo per andare da fermo fino a base load:330 minuti

Temperatura dei fumi: da 37 °C fino 113 °C

Durata degli step temporali: 30 minuti

Tempo	Concentrazione di NO _x (come NO ₂) mg/Nmc	Portata di NO _x (come NO ₂) g/s	% O ₂ nei fumi	Portata dei fumi anidri Nmc/s	Note
1 step temporale	27.5	12.6	16.9	471	Fermo-Minimo Tecnico
2 step temporale	49.59	21.9	16	442	Fermo-Minimo Tecnico
3 step temporale	55	24.3	16	441	Fermo-Minimo Tecnico
4 step temporale	56	24.7	15.8	442	Fermo-Minimo Tecnico
5 step temporale	39.5	17.27	15.2	437	Fermo-Minimo Tecnico
6 step temporale	33.14	15.3	14.3	462	Fermo-Minimo Tecnico
7 step temporale	28.8	15.35	14.1	533	Fermo-Minimo Tecnico
8 step temporale	30.20	17.96	13.8	594	Fermo-Minimo Tecnico
9 step temporale	33.17	19.72	13.7	594	Fermo-Minimo Tecnico
10 step temporale	33.17	20.1	13.7	595	Minimo Tecnico-Base Load
11 step temporale	34	20.1	13.7	592	Minimo Tecnico-Base Load
12 step temporale	32	19.2	13.6	600	Base Load

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
pag. 19 di. 21					

Emissioni in caso di warm start up:

Tempo per andare da fermo fino a base load:270 minuti

Temperatura dei fumi: da 80 °C a 113 °C

Durata degli step temporali: 30 minuti

Tempo	Concentrazione di NO _x (come NO ₂) mg/Nmc	Portata di NO _x (come NO ₂) g/s	% O ₂ nei fumi	Portata dei fumi anidri Nmc/s	Note
1 step temporale	34	15.7	16.8	626	Fermo-Minimo Tecnico
2 step temporale	55.13	23.4	15.9	425	Fermo-Minimo Tecnico
3 step temporale	56.69	23.2	15.9	424	Fermo-Minimo Tecnico
4 step temporale	53	22.98	15.6	433	Fermo-Minimo Tecnico
5 step temporale	38.57	18	14.2	468	Fermo-Minimo Tecnico
6 step temporale	32.9	19	13.8	580	Fermo-Minimo Tecnico
7 step temporale	37.99	22.2	13.6	585	Fermo-Minimo Tecnico
8 step temporale	38.89	22.6	13.6	582	Fermo-Minimo Tecnico
9 step temporale	39.4	22.8	13.6	580	Minimo Tecnico-Base Load
10 step temporale	39.7	23.3	13.6	586	Base Load
11 step temporale	34	20.1	13.6	592	Base Load
12 step temporale	32	19.2	13.6	600	Base Load

Emissioni in caso di fermata:

Tempo per andare da base load a fermo:90 minuti

Temperatura dei fumi: da 113 °C a 70 °C

Durata degli step temporali: 30 minuti

Tempo	Concentrazione di NO _x (come NO ₂) mg/Nmc	Portata di NO _x (come NO ₂) g/s	% O ₂ nei fumi	Portata dei fumi anidri Nmc/s	Note
1 step temporale	39.37	23.08	13.6	586	Base Load
2 step temporale	39	22.9	13.6	585	Base Load
3 step temporale	38	22.8	13.7	585	Base Load
4 step temporale	37.1	18.8	13.9	508	Base Load-Minimo Tecnico
5 step temporale	41.87	17.49	14.8	417	Minimo Tecnico-Fermo
6 step temporale	26	5.9	9.3	119	Minimo Tecnico-Fermo
7 step temporale	0	0	0	0	Fermo

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNO _x			
		Rev.			
		1			
pag. 20 di 21					

Emissioni in caso di Base Load:

Temperatura dei fumi: 113 °C

Durata degli step temporali: 30 minuti

Tempo	Concentrazione di NO _x (come NO ₂) mg/Nmc	Portata di NO _x (come NO ₂) g/s	% O ₂ nei fumi	Portata dei fumi anidri Nmc/s	Note
1 step temporale	36	22	13.6	610	Base Load
2 step temporale	36	22	13.6	610	Base Load
3 step temporale	36	22	13.6	610	Base Load
4 step temporale	36	22	13.6	610	Base Load

N.B: sono stati presi i valori peggiori riscontrati durante il funzionamento Base Load

5.5 Ricadute al suolo degli inquinanti

Le curve di isoconcentrazione che rappresentano le ricadute al suolo degli inquinanti sono rappresentate nelle tavole allegate.

Nelle Tavole 5.1 - 5.2 - 5.3 – 5.4 - 5.5 sono rappresentate rispettivamente le curve di isoconcentrazione durante un Hot start up, Cold start up, Warm start up, Fermata e il funzionamento a regime dell'impianto (Base Load).

Tutte le curve di isoconcentrazione di NO_x determinate dalle diverse tipologie di funzionamento hanno valori esigui e limitati, il valore massimo raggiunto è pari a 8 µg/m³.

Dalle curve si evince che tra le tre tipologie di avvio dell'impianto quella che determina curve di isoconcentrazione leggermente più estese è la partenza a freddo (Cold Start up).

In tal caso si hanno i seguenti valori di concentrazione di NO_x al suolo:

- Con vento da SE Castiglioncello viene interessato da una concentrazione di NO_x pari a 6 µg/m³
- Con vento da SSW Rosignano Marittimo viene interessato in parte da una concentrazione di NO_x pari a 4 µg/m³; nella campagna circostante si raggiungono valori pari a 8 µg/m³;
- Con vento da N Vada viene interessata in parte da una concentrazione di NO_x pari a 2 µg/m³.

Nella Tavola 5.5 si evidenziano le curve di concentrazione di NO_x durante il funzionamento a regime (Base Load); i valori di concentrazione e le curve sono paragonabili, se non maggiori rispetto a quelle dell'avvio a freddo. Tale situazione è determinata dal fatto che a regime le concentrazioni degli NO_x al camino sono minori rispetto alle concentrazioni degli NO_x durante gli avvii, ma complessivamente la quantità di NO_x rilasciata è maggiore, in quanto maggiore è il volume dei fumi.

ROSELECTRA S.p.A	Studio diffusionale del NO_x in condizioni transitorie di funzionamento della Centrale a ciclo combinato di Rosignano Solvay	376_RSET-DIFF-TEC-SDNOx			
		Rev.			
		1			
		pag. 21 di. 21			

6 Conclusioni

Lo studio diffusionale degli NO_x, proposto nella presente relazione, integra quanto già inserito nel Via, in quanto propone l'analisi degli inquinanti nelle diverse modalità di funzionamento dell'impianto previste nelle fasi di avviamento, fermata e produzione.

I risultati di tale analisi, concordano ed ampliano i risultati dell'analisi di short-term già inserita nel VIA.

Le curve di isoconcentrazione durante le diverse modalità di funzionamento dell'impianto (avviamento, fermata e produzione) evidenziano che:

- Le maggiori ricadute nei diversi tipi di avviamento si hanno durante il Cold start up, in quanto durante l'avviamento a freddo si producono nelle fasi iniziali una concentrazione ed una quantità di NO_x maggiore nei fumi;
- Le emissioni degli NO_x durante il Base Load (produzione) sono in termini di concentrazione minori, ma in termini di quantità più elevati; per cui nelle condizioni meteo più sfavorevoli (condizioni esaminate nello studio) gli inquinanti non riescono a disperdersi e producono curve di isoconcentrazione paragonabili ai transitori (avviamenti);
- Complessivamente le ricadute a terra degli NO_x durante le diverse tipologie di funzionamento dell'impianto e nelle condizioni meteorologiche più sfavorevoli, evidenziano valori non elevati e soprattutto compatibili (valore limite orario per la protezione della salute umana 200 µg/m³)¹.

¹ Il DM n° 60 del 02/04/2002 definisce i valori limite della qualità dell'aria ambiente. I valori limite per il biossido di azoto sono:

- Valore limite orario per la protezione della salute umana: 230 µg/m³ NO₂ (nel 2007) e 200µg/m³ NO₂ (dal 2010 in poi)
- Valore limite annuale per la protezione della vita umana: 46 µg/m³ NO₂ (nel 2007) e 40µg/m³ NO₂ (dal 2010 in poi)
- Valore limite annuale per la protezione della vegetazione: 30 µg/m³ NO_x