

## ROSEN ROSIGNANO ENERGIA SpA

MODALITÀ DI COMBUSTIONE E SISTEMA DI  
ANALISI FUMI  
(RIF. ALLEGATO A20)

REV.	DATA	CAUSALE	APPROVAZIONE
0	28/09/06	Prima emissione	(DC)

## INDICE

1	Descrizione delle modalità di combustione.....	3
2	Descrizione del sistema di analisi fumi .....	6
2.1	Principio di funzionamento .....	6
2.2	Scelta degli analizzatori .....	7
2.3	Modalità di gestione del sistema di analisi fumi (B50).....	7
2.3.1	Sistema analisi fumi (B50): sistema di acquisizione, validazione ed elaborazione dati .....	8
2.3.1.1	Principi generali e normativa di riferimento .....	8
2.3.1.2	Presentazione delle misure .....	9
2.3.2	Calcolo delle emissioni finali in peso di CO, NOx, CO2 e del volume dei fumi anidri .....	10
2.3.3	Esiti verifica periodica di accuratezza (IAR) .....	10
2.3.4	Limiti di legge per le emissioni di NOx e CO.....	11
2.3.5	Caratteristiche delle emissioni in atmosfera.....	11
2.3.5.1	Trend emissioni inquinanti in atmosfera .....	11
2.3.5.2	Emissioni generate da fasi transitorie di funzionamento del TG .....	14

## RIFERIMENTI

- [R1] P&I Id. N° 95012A2P0005, 95012A2P0007, 95012A2P0009, 95012A2P0010, 95012A2P0011, 95012A2P0015 rev. 1 20/08/96
- [R2] Nota inviata a Rosen dalla Provincia di Livorno con prot. N° 07111 del 10.02.2001 ad oggetto "DM 21.12.95 – Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali"
- [R3] Misura della temperatura nelle emissioni – UNICHIM 422 1986 Man 122 1989 UNI 10169 1993 EC 1998
- [R4] Norma ISO 11042:96 "Gas Turbines – Exhaust gas emission – Part.1: Measurement and evaluation"
- [R5] Nota Rosen trasmessa alla Provincia di Livorno ad oggetto "richiesta di estensione della proroga alla deroga delle prescrizioni relative alla verifica di accuratezza IAR ex DM 12.12.95, per gli analizzatori CO" (PU 001338/04/CAP/VE).

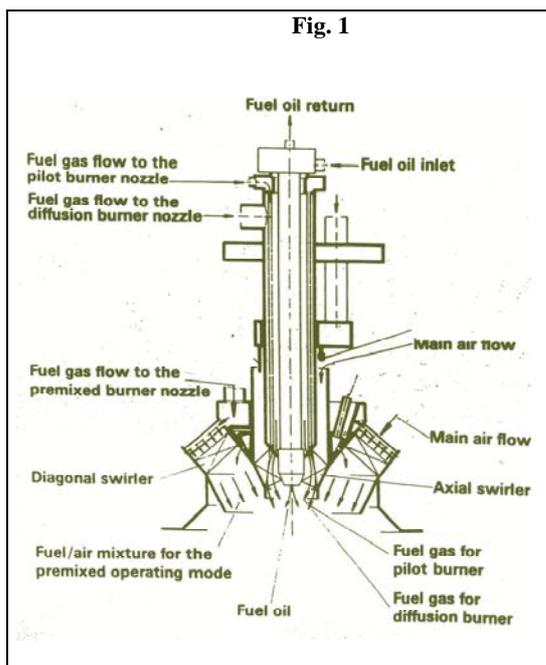
## ALLEGATI

- [A1] "Descrizione sistema di combustione turbogas Rosen"

## 1 Descrizione delle modalità di combustione

L'impianto Rosen di Rosignano è dotato di due turbine a gas Siemens V94.2, del tipo ad asse singolo, in grado di utilizzare sia gas naturale che gasolio.

La turbina ha due camere di combustione di tipo verticale, e ogni camera di combustione ha 8 bruciatori identici del tipo "a bassa emissione di NOx" (tecnologia dry low nox burners). Il quantitativo di gas utilizzato viene distribuito uniformemente a tutti i bruciatori per realizzare un'entrata ottimale nello spazio di combustione e per permettere la completa combustione nelle camere. I bruciatori sono del tipo "Ibrido" di ultima generazione (modello HR3), cioè ogni corpo bruciatore consiste in un bruciatore a Diffusione, uno a Premiscelazione (Premix) e un bruciatore Pilota (vedi Fig. 1).



Le modalità di funzionamento del bruciatore sono le seguenti:

- ⇒ DIFFUSIONE: in funzione la parte a Diffusione del bruciatore;
- ⇒ PREMIX: in funzione la parte a Premix del bruciatore con il supporto della fiamma pilota per stabilizzare la fiamma principale;
- ⇒ TRANSITORIO: durante il passaggio da una modalità di funzionamento all'altra sono accese tutte e tre le fiamme; il transitorio ha una durata di circa 30 secondi.

La combustione del tipo a "diffusione", più stabile, viene utilizzata ai bassi carichi (inf. al 60%), mentre quella a "premiscelazione" viene preferita per i carichi elevati, essendo del tipo a bassi NO<sub>x</sub>.

La riduzione degli NO<sub>x</sub> che si ottiene con la modalità di combustione premix è dovuta principalmente alla premiscelazione tra gas e aria. Le caratteristiche principali dei due tipi di combustione sono i seguenti:

- ⇒ DIFFUSIONE: i partecipanti alla reazione non sono premiscelati, miscelazione e combustione sono simultanee, il corso della combustione è determinato dal processo di miscelazione, la fiamma è approssimativamente localizzata al contorno della miscela stechiometrica, la temperatura di fiamma è localmente elevata a causa delle condizioni stechiometriche, di modo che si ha un ampio range dei possibili rapporti stechiometrici;
- ⇒ PREMIX: gas e aria sono premiscelati in modo omogeneo prima della combustione, il corso della combustione è determinato dalla reazione chimica, la fiamma è stabile in un ristretto range di rapporti stechiometrici. La stabilità della fiamma a Premix è garantita dalla fiamma pilota, che è una fiamma a diffusione e di conseguenza rappresenta la fonte maggiore di produzione di NO<sub>x</sub>.

La turbina a gas viene avviata con il convertitore statico e quando raggiunge la velocità di circa 700 giri/min., inizia la sequenza automatica per l'accensione a gas.

Come prima operazione, si chiude la valvola di sfiato del gas, e si aprono le valvole a sfera sulle camere di combustione, relative alle linee a "diffusione".

Successivamente viene aperta la valvola di arresto di emergenza<sup>1</sup> ed il gas inizia a fluire.

Dopo il parallelo elettrico, il controllore della turbina inizia ad aprire la valvola principale di regolazione della portata, per la successiva presa di carico.

Quando la temperatura corretta di uscita dei gas caldi supera i 530 °C (questo avviene quando il carico elettrico supera il 60% circa del nominale), si ha il passaggio automatico dalla combustione a "diffusione" a quella a "premiscelazione".

Partendo dal carico nominale e effettuando una riduzione del carico quando la temperatura di uscita dei gas caldi diviene inferiore a i 517 °C, avviene il cambio di combustione secondo l'ordine inverso.

Nella Fig. 2 si riporta un estratto dal P&I "Fuel gas system" (Id. n° 95012\*2P0010) [R1] nel quale sono evidenziate le valvole sopracitate, mentre nella Fig. 3 si riporta la corrispondente pagina software del DCS<sup>2</sup> Teleperm "GT11/12 FUEL GAS SYSTEM".

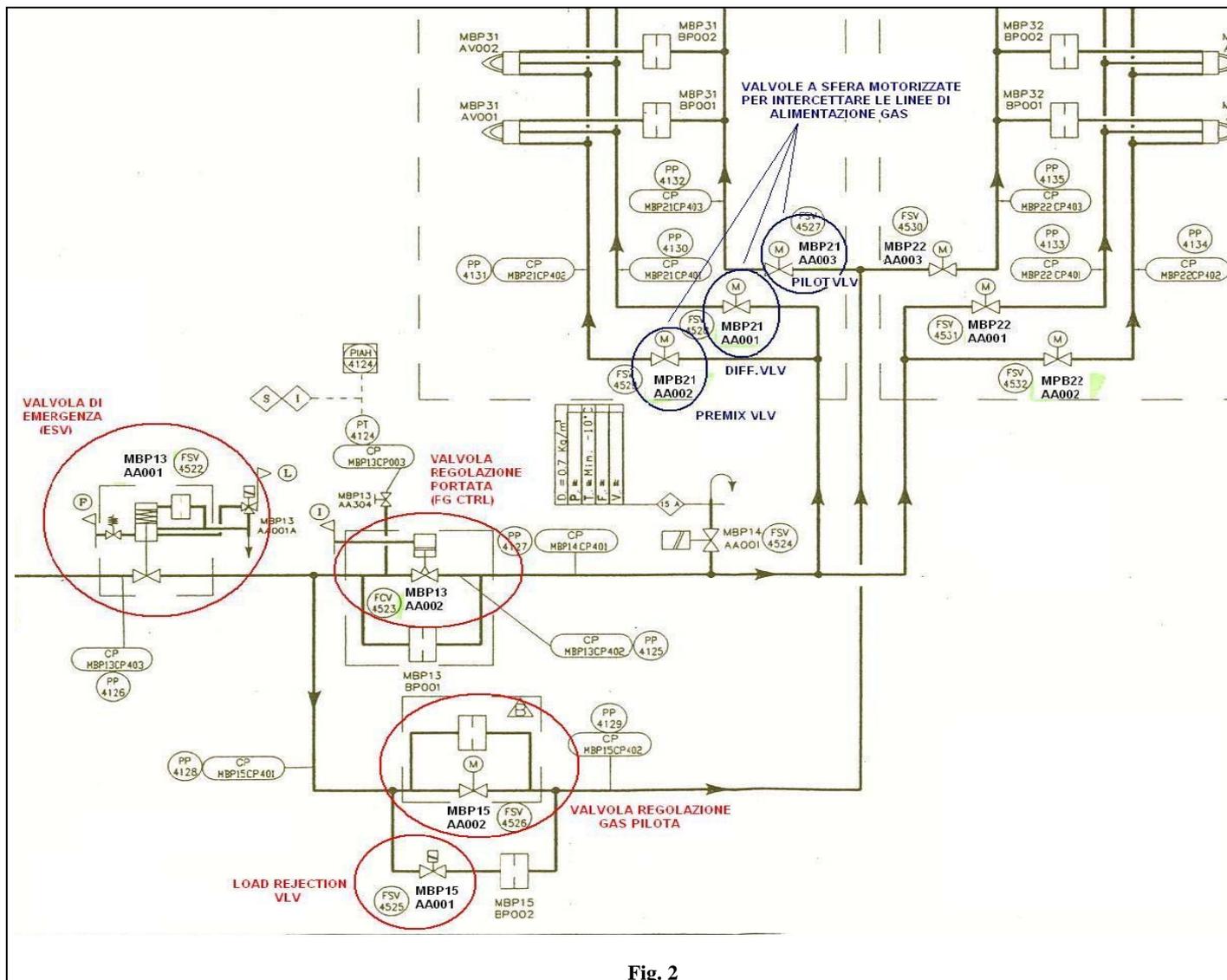


Fig. 2

<sup>1</sup> La valvola di blocco di emergenza - avente la funzione di realizzare la chiusura rapida e affidabile, oppure l'alimentazione del gas combustibile - è azionata idraulicamente, attraverso il sistema di scatto automatico (trip oil system).

<sup>2</sup> Sistema di Controllo Distribuito

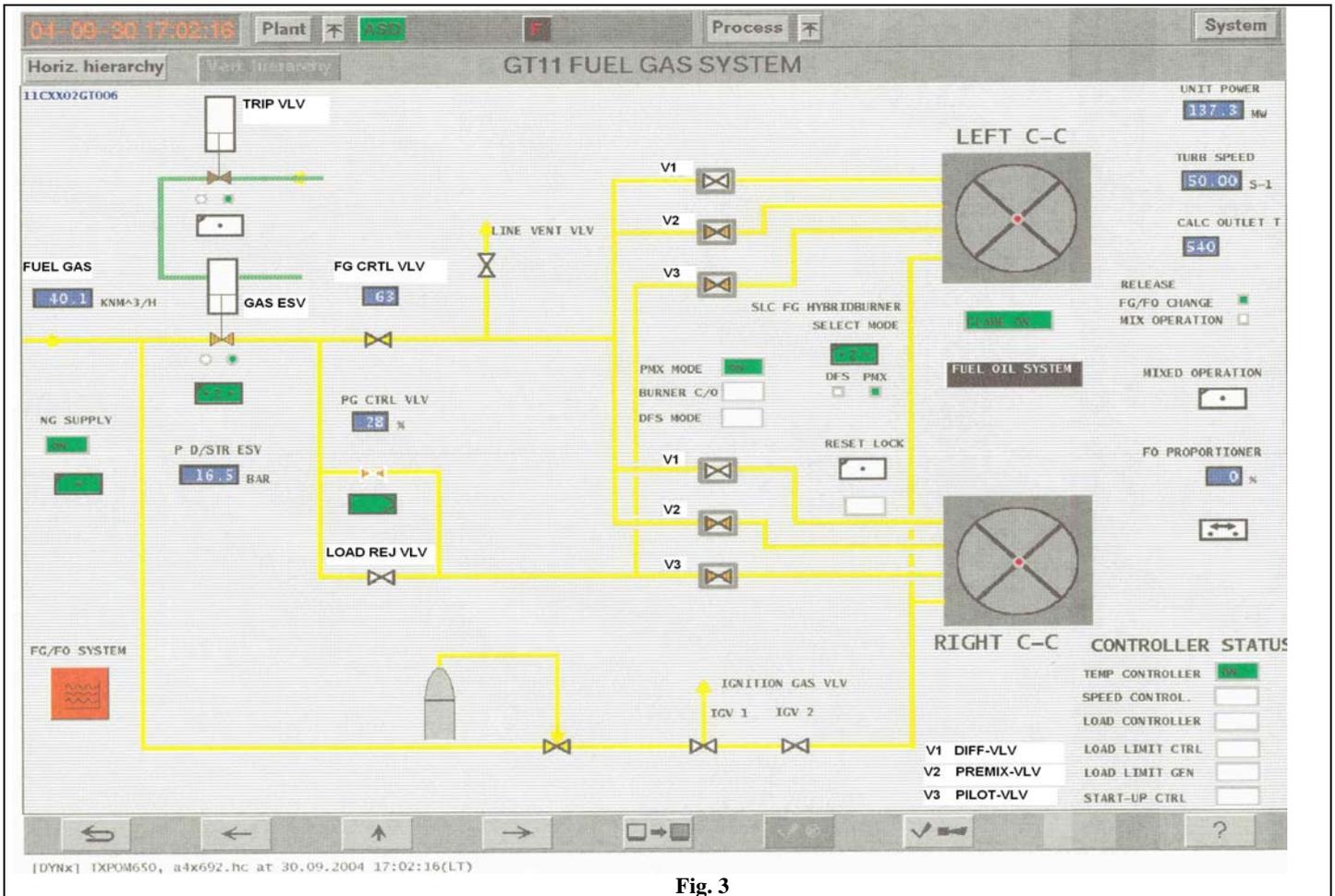


Fig. 3

Se, durante la modalità di combustione premix, interviene una delle seguenti cause:

- ⇒ bassa pressione gas metano
- ⇒ flusso aria secondaria squilibrato tra le due camere di combustione
- ⇒ avaria al sistema del bruciatore pilota
- ⇒ "Load Rejection" (riduzione improvvisa del carico elettrico)

il sistema automatico di controllo e protezione della turbina a gas effettua il cambiamento di modalità di combustione da Premix a Diffusione allo scopo di avere una maggior stabilità di fiamma ed evitare lo spegnimento della fiamma e il conseguente blocco della turbina.

Nel paragrafo 2.3.5.2 sono rappresentate graficamente le variazioni nelle emissioni dovute a fasi transitorie di funzionamento della TG.

Si rimanda al documento "Descrizione sistema di combustione turbogas Rosen" [A1] per la descrizione di dettaglio delle caratteristiche delle turbogas e le modalità di funzionamento dei bruciatori.

Si riportano di seguito le prestazioni funzionali di un turbogruppo Rosen nel funzionamento a gas naturale senza iniezione di vapore, pressione ambiente 1013 mbar e prelievo di aria compressa dal circuito interno aria compressa per servizi e strumenti pari a 350 Nm<sup>3</sup>/h. L'aria compressa che alimenta tale circuito viene alimentata, in condizioni di normale funzionamento, da uno spillamento sui compressori d'aria delle due TG. L'aria compressa è raffreddata, sia che provenga dai TG che dal compressore di emergenza, essiccata e filtrata; se proviene dal compressore d'emergenza, viene anche disoleata.

<b>Tab. 1</b>	<b>Prestazioni funzionali di un turbogruppo Rosen</b>			
Temperatura ambiente	(°C)	0	15	30
⇒ Potenza	(KW)	161.106	148.700	135.938
Velocità di rotazione	(rpm)	3.000	3.000	3.000
Consumo specifico	(Kj/KWh)	10.670	10.876	11.135
Δp aspirazione	(mm H <sub>2</sub> O)	102	102	102
Δp scarico	(mm H <sub>2</sub> O)	306	306	306
Rendimento termico	(%)	33,74	33,1	32,33
Portata aria comburente	(Kg/s)	517,34	495,04	469,91
⇒ <b>Portata gas di scarico</b>	<b>(Kg/s)</b>	<b>526,88</b>	<b>504</b>	<b>478,31</b>
⇒ <b>Temperatura gas di scarico al generatore di vapore (caldaia a recupero)</b>	<b>(°C)</b>	<b>544,6</b>	<b>551,3</b>	<b>560,3</b>
⇒ <b>Temperatura di fiamma</b>	<b>(°C)</b>	<b>1060</b>	<b>1060</b>	<b>1060</b>

## 2 Descrizione del sistema di analisi fumi

Il sistema di analisi in continuo delle emissioni di NO<sub>x</sub> e CO ai due camini installato ed attivo presso la centrale Rosen a partire dal 1997, nonché le modalità adottate per la determinazione delle emissioni di CO<sub>2</sub>, ottemperano alle prescrizioni del DM 21.12.95 "Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali", ovvero a quanto prescritto del D.Lgs.152/2006 alla parte V - allegato 6 "Criteri per la valutazione della conformità dei valori misurati ai valori limite di emissione".

I principi e le modalità di funzionamento del suddetto sistema, nonché le relative procedure di manutenzione e verifica periodica, sono state oggetto di attenta valutazione da parte dell'Amm.ne Prov.le di Livorno - Settore 7 Tutela Ambiente, la quale a tal fine richiese a Rosen l'invio di tutta la documentazione necessaria [R2]. A seguito di tale valutazione, effettuata con il supporto tecnico di ARPAT – Dip.to di Livorno, il sistema di analisi è stato giudicato dall'Amministrazione stessa adeguato alle prescrizioni del DM 21.12.95 ed è stato concordato il formato del report delle emissioni che viene inviato mensilmente da Rosen ad Arpat stesso.

### 2.1 Principio di funzionamento

Il sistema, di tipo estrattivo, analizza l'ossigeno, il monossido di carbonio e gli ossidi di azoto di un campione di gas prelevato, trasportato a distanza e, dopo opportuni condizionamenti, addotto all'analizzatore.

Il campionamento del gas campione consiste in:

- Filtrazione grossolana del particolato;
- Riscaldamento e coibentazione della sonda di prelievo e della linea di trasporto, al di sopra del punto di rugiada, al fine di evitare la formazione di condensa e conseguenti assorbimenti dei composti solubili;
- Essiccazione controllata per l'eliminazione del vapor d'acqua;
- Assorbimento delle nebbie ed aerosol acidi mediante fibre coalescenti di vetroborosilicato.

Il punto di campionamento e misura e la sonda di campionamento sono stati scelti in base ai criteri della norma UNICHIM 422 e UNI 10169 [R3].

Il sistema idealmente può essere suddiviso in quattro sottosistemi:

- 1) Prelievo del campione e filtrazione grossolana (fino a 50 μm);
- 2) Trasporto e condizionamento;
- 3) Analisi;
- 4) Servizi.

L'unità di analisi è costituita dai due analizzatori mod. URAS 10 E (CO e O<sub>2</sub>) e mod. LIMAS 11 (NO<sub>x</sub>), i cui segnali vengono comandati e ricevuti dalla stessa unità di controllo.

Sia l'analizzatore URAS 10E che l'analizzatore LIMAS 11 hanno ottenuto la certificazione TÜV.

#### ANALISI DI NO<sub>x</sub>

Il principio di misura si basa sulla proprietà dell'NO di assorbire le radiazioni ultraviolette nel campo di lunghezza d'onda da 200 a 290 μm (metodo NDUV: Non Dispersive Ultra Violet).

La radiazione emessa da una lampada UV tipo EDL (Electrodeless Discharge Lamp) viene splittata in un raggio di misura e in un raggio di riferimento, che vengono a sua volta splittati su due detector al Silicio, uno di riferimento e uno di misura, con un meccanismo cosiddetto a 4 canali. Mediante un meccanismo di calcolo a doppio quoziente, il sistema elimina interferenze dovute a invecchiamento della lampada e/o legate ad interferenze nella trasmissione e sporcizia delle finestre o della superficie della cella di misura, ottenendo così un segnale caratterizzato da una notevole stabilità nel tempo.

#### ANALISI DI CO

Il principio di misura si basa sulla proprietà dei gas eteroatomici di assorbire le radiazioni infrarosse nel campo di lunghezza d'onda da 2000 a 8000 μm (metodo NDIR: Non Dispersive Infra Red).

L'energia assorbita, ad una data lunghezza d'onda, è infatti proporzionale alla concentrazione di un dato composto secondo la Legge di Lambert-Beer.

Il sistema, mediante opportuni accorgimenti, compensa gli effetti causati dalle variazioni della temperatura ambiente, della pressione atmosferica e dei composti che interferiscono.

Nel banco ottico sono anche incorporati dei dispositivi di calibrazione automatica.

## ANALISI DI O<sub>2</sub>

La misura dell'ossigeno viene fatta tramite cella elettrochimica posta all'interno dell'analizzatore stesso.

## 2.2 Scelta degli analizzatori

Gli analizzatori sopra descritti rientrano tra quelli indicati come normalmente disponibili sul mercato, ed industrialmente utilizzati, dalla Norma ISO 11042:96 "Gas Turbines – Exhaust gas emission – Part.1: Measurement and evaluation" [R4]. In particolare la norma suddetta indica tra le varie tipologie di analizzatori disponibili, quelle "raccomandate", come riportato nella seguente tabella:

Gas di scarico	Tipo di analizzatore	Note
Ossidi di azoto	Chemiluminescenza	Tipo raccomandato
	Infrarosso non dispersivo (NDIR)	/
	Ultravioletto non dispersivo (NDUV) (del tipo installato c/o Rosen)	/
Monossido di carbonio	Infrarosso non dispersivo (NDIR) (del tipo installato c/o Rosen)	Tipo raccomandato
Ossigeno	Paramagnetico	Analizzatore raccomandato quando è richiesta una alta accuratezza
	Elettrochimico (del tipo installato c/o Rosen)	Analizzatore che ha i vantaggi del basso costo, dell'essere portatile e non sensibile alle vibrazioni, a scapito di una minore accuratezza e durata.
	Rilevatore allo zirconio	Analizzatore indicato quando è richiesta la misura senza estrazione del campione di gas.

Tab. 2

Per quanto riguarda gli analizzatori del sistema di analisi fumi Rosen, si può quindi affermare quanto segue:

- gli analizzatori di monossido di carbonio e di ossigeno risultano i migliori in relazione alle caratteristiche del sito (presenza vibrazioni).
- l'analizzatore degli ossidi di azoto, funzionante con la tecnica NDUV, dimostra un grado di accuratezza intorno al 90% nella verifica dello IAR svolta mediante strumento analizzatore campione funzionante con la tecnica della chemiluminescenza, e ciò può essere ritenuta una buona prestazione.

## 2.3 Modalità di gestione del sistema di analisi fumi (B50)

Per mantenere in corretto stato di funzionamento il sistema di analisi fumi sopradescritto, sono state definite e vengono correntemente attuate da personale esperto Rosen, con l'ausilio di ditte qualificate esperte ove previsto, le procedure di seguito elencate, i cui contenuti sono stati discussi in sede di confronto tra la Soc. Rosen, l'organo tecnico di controllo ambientale ARPAT – Dip.to Livorno e l'Amministrazione Provinciale di Livorno, al fine di valutare e concordare le modalità più adeguate per ottemperare alle prescrizioni di cui al DM 21.12.95 "Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera dagli impianti industriali".

In particolare, la Società Rosen ha stipulato un contratto di assistenza annuale con la Società ABB - fornitrice della strumentazione di analisi - nell'ambito del quale il Servizio di Assistenza Tecnica ABB effettua ogni 4 mesi la manutenzione completa degli analizzatori.

### SISTEMA ANALISI FUMI (B50): ELENCO PROCEDURE

- P-01: Calibrazione manuale dell'analizzatore di ossidi di azoto (LIMAS 11) con gas campione
- P-02: Calibrazione manuale dell'analizzatore di monossido di carbonio (URAS 10E) con gas campione
- P-03: Calibrazione manuale dell'analizzatore di ossigeno (URAS 10E) con gas campione
- P-04: Calibrazione automatica dell'analizzatore LIMAS 11 (ossidi di azoto)
- P-05: Calibrazione automatica dell'analizzatore URAS 10E (monossido di carbonio e ossigeno)
- P-06: Misura della cella di calibrazione dell'analizzatore di ossidi di azoto (LIMAS 11) con gas campione
- P-07: Misura della cella di calibrazione dell'analizzatore di monossido di carbonio (URAS 10E) con gas campione
- P-08: Verifica della linearità dell'analizzatore di ossidi di azoto (LIMAS 11)
- P-09: Verifica della linearità dell'analizzatore di monossido di carbonio e ossigeno (URAS 10E)
- P-10: Calibrazione manuale dell'analizzatore di ossidi di azoto (LIMAS 11) con cella di calibrazione
- P-11: Calibrazione manuale dell'analizzatore di monossido di carbonio (URAS 10E) con cella di calibrazione
- P-12: Calibrazione manuale dell'analizzatore di ossigeno (URAS 10E) con aria ambiente
- P-13: Verifica di accuratezza (IAR)
- P-14: Verifica puntuale dell'analizzatore di ossigeno (URAS 10E)

### 2.3.1 Sistema analisi fumi (B50): sistema di acquisizione, validazione ed elaborazione dati

#### 2.3.1.1 Principi generali e normativa di riferimento

L'insieme dei programmi di acquisizione, validazione ed elaborazione dati viene eseguito su un personal computer con sistema operativo Windows NT che colloquia mediante opportune interfacce con la strumentazione di prelievo, trattamento e misura.

Le elaborazioni delle misure effettuate dal sistema di monitoraggio sono conformi al DM Ambiente 21 dicembre 1995, "Disciplina dei metodi di controllo delle emissioni in atmosfera degli impianti industriali".

#### Calcolo delle Medie

##### Media Oraria

- Ogni misura prodotta dalla strumentazione viene campionata dal sistema di elaborazione ogni 10 sec. (misura elementare).
- Ogni minuto viene calcolata la media minuto tal quale come media aritmetica delle misure elementari valide rilevate nel minuto precedente.
- La media minuto tal quale viene dichiarata valida se il numero delle misure elementari valide è superiore al 70%.
- Tra le cause che possono invalidare la misura elementare (oltre alle cause impiantistiche, di natura elettrica, calibrazioni), viene applicata la regola dello scarto massimo tra misure elementari, come previsto dal DM 21/12/95.
- Dalle medie minuto tal quali vengono elaborate le medie minuto normalizzate (gas secco e ossigeno di riferimento).
- Al termine dell'ora sono calcolate le medie orarie tal quali come media aritmetica delle medie minuto tal quali valide. Alla media oraria tal quale è associato un indice di disponibilità pari alla percentuale di medie minuto tal quali valide. La media viene dichiarata valida se l'indice di disponibilità è superiore al 70% ovvero se almeno 42 medie minuto tal quali risultano valide. In caso contrario un messaggio di diagnostica viene registrato nel database storico degli eventi del sistema.
- In base al DM 21/12/95 viene calcolato il massimo scarto tra le medie minuto tal quali durante l'ora. Il valore del massimo scarto è compreso tra due parametri prefissati e determinati in base alle caratteristiche dell'impianto e del sistema di analisi. Se lo scarto massimo delle medie minuto non è compreso tra i parametri prefissati, la media oraria viene dichiarata non valida e un messaggio di diagnostica viene registrato nel database storico degli eventi del sistema di elaborazione.
- Il calcolo della media oraria normalizzata viene eseguito usando come base la media oraria tal quale delle misure degli inquinanti e delle misure di riferimento. Nel caso una misura di riferimento (ossigeno) risulti non valida, la media normalizzata dell'inquinante viene dichiarata non valida e posta uguale a zero.
- In base al DM 21/12/95 la media oraria normalizzata deve risultare compresa tra due parametri prefissati per risultare valida e utilizzabile per le elaborazioni successive. Nel caso che non lo sia, il sistema di elaborazione la dichiara non valida registrando un messaggio di diagnostica nel database storico degli eventi del sistema.
- Al termine delle elaborazioni viene prodotta una media oraria normalizzata associata ad un indice di disponibilità. Tale media può essere già utilizzata per valutare il rispetto dei limiti imposti.

##### Medie giornaliere, 48 ore normal funzionamento e mensili.

Per il calcolo delle medie di periodi di osservazione di durata superiore all'ora vengono utilizzate le medie orarie normalizzate correlate con lo stato di normal funzionamento (condizioni di esercizio di impianto superiori al minimo tecnico). In base al DM 21/12/95:

- La media giornaliera, riferita al giorno di calendario, non viene calcolata se il numero di ore di normal funzionamento è inferiore a 6.
- La media giornaliera è calcolata come la media aritmetica delle medie orarie valide in condizioni di normal funzionamento elaborate durante il giorno.
- La media giornaliera è valida se ha un indice di disponibilità superiore al 70%. L'indice di disponibilità è dato dal rapporto tra il numero di medie orarie valide in condizioni di normal funzionamento e il numero di ore di normal funzionamento rilevate durante il giorno.
- La media mensile viene riferita al mese di calendario in presenza di almeno 144 ore di normal funzionamento. La media mensile è valida se l'indice di disponibilità è superiore all'80%.
- La media delle 48 ore di normal funzionamento viene calcolata considerando un periodo di osservazione comprendente 48 ore di normal funzionamento. Tale media è caratterizzata dall'ora di inizio e termine del periodo di osservazione ed è valida se l'indice di disponibilità risulta superiore al 70%.

##### Ossidi di azoto

Gli ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) vengono espressi sempre come concentrazione di biossido di azoto.

L'analizzatore misura solamente l' NO per cui le misure elementari sono espresse come NO.

La misura di NO viene poi espressa come concentrazione normalizzata di NO<sub>2</sub>, incrementata del 5% per tenere conto della concentrazione residua di NO<sub>2</sub>. Viene quindi applicata la seguente formula:

$$C_{NOx} = C_{NO} / 0.95 * 1.53 \quad \text{dove } 1.53 \text{ è il rapporto tra i pesi molecolari di NO e NO}_2$$

### **Dichiarazione del minimo tecnico**

Per le due Turbine a gas installate nella Centrale Rosen (Modello Siemens V94.2) la definizione di "Minimo Tecnico" è correlabile alla modalità di combustione:

- la turbina è al disotto del Minimo Tecnico quando la modalità di combustione è a Diffusione: dall'inizio dell'avviamento sino a quando la temperatura dei gas di scarico diviene maggiore di 530°C; questa condizione si verifica quando il carico elettrico è inferiore al 60% circa della potenza nominale.
- la turbina è al disopra del Minimo Tecnico quando la modalità di combustione è a Premix: dall'inizio della fermata a quando la temperatura dei gas di scarico diviene minore di 517 °C; questa condizione si verifica quando il carico elettrico supera il 60% circa della potenza nominale.

Il valore in potenza per discriminare le due condizioni è funzione della temperatura ambiente; un valore medio da poter utilizzare con buona approssimazione è **80 MW**.

In sintesi:

- **Avviamento:** da 0 a 80 MW la turbina è al di sotto del minimo tecnico, le emissioni di NOx sono circa 220-230 mg/Nm<sup>3</sup>, la durata di questa fase può andare da un minimo di 2 h (partenza da caldo) ad un massimo di 6 h (partenza da freddo). Da 80 MW fino al carico nominale la turbina è al di sopra del Minimo Tecnico, le emissioni di NOx sono circa 20-30 mg/ Nm<sup>3</sup> .(Attualmente le emissioni di NOx in fase di avviamento, al di sopra del Minimo Tecnico, risultano inferiori a 20 mg/Nmc).
- **Arresto:** dal carico nominale fino a 80 MW la turbina è al di sopra del Minimo Tecnico, le emissioni di Nox sono circa 20-30 mg/ Nm<sup>3</sup>. Da 80 MW fino all'arresto la turbina è al di sotto del minimo tecnico, le emissioni di NOx sono circa 220-230 mg/Nm<sup>3</sup>, la durata di questa fase è può andare da un minimo di 1 h ad un massimo di 2 h.

Considerando una anno medio con 8000 ore di funzionamento, 1 partenza da freddo e 10 da caldo, si ha per ciascuna turbina che le ore in un anno al disotto del Minimo Tecnico sono 26 ore durante l'avviamento e 22 ore durante l'arresto, per un totale di 48 ore pari al 0.6 % del tempo totale di funzionamento.

### **2.3.1.2 Presentazione delle misure**

L'interfaccia utente del sistema di monitoraggio è basata su una serie di pagine grafiche che presentano le misure acquisite in tempo reale, le medie calcolate, i parametri di calcolo e i report prodotti ai fini delle verifiche di Legge. L'applicazione sfrutta le caratteristiche di interfaccia del sistema operativo Windows NT e del sistema SCADA Wizcon. L'immagine video è essenzialmente divisa in tre aree:

- o un'area messaggi ed eventi, nella parte superiore dello schermo
- o la barra di menu, nell'area sottostante l'area di messaggi, che permette l'accesso alle differenti pagine grafiche (pagina misure, pagina Stati, **pagina allarmi**, pagina sinottico, pagina parametri) e utilità di visualizzazione reports.

La pagina delle misure è la pagina principale del sistema monitoraggio. Essa visualizza lo stato delle misure e delle medie orarie, giornaliere e delle 48 ore di normal funzionamento.

La pagina è organizzata per righe e colonne. Per ogni misura acquisita (disposta su una riga) sono rappresentate, in colonna, le seguenti informazioni:

- o il valore tal quale, ovvero la misura come ricevuta dalla strumentazione e campionata ogni 10 sec.,
- o la media minuto normalizzata espressa come NO<sub>2</sub>,
- o la media oraria normalizzata dell'ora precedente,
- o la media del giorno precedente,
- o la media del giorno attuale, calcolata in progress ovvero dalla mezzanotte,
- o la media delle 48 ore di normal funzionamento.

Il simbolo "X" in rosso indica che la media in oggetto è invalida mentre il superamento della soglia limite viene rappresentato con il lampeggio rosso dello sfondo della media.

Nella parte inferiore della pagina viene indicato lo stato dell'impianto: in normal funzionamento o al di sotto del minimo tecnico.

Il simbolo "T" in verde indica che la misura fa parte di un trend che può essere richiamato con un click del pulsante sinistro del mouse sulla misura stessa.

### **Reports**

Ogni report prodotto viene registrato utilizzando un formato file di tipo "Excel".

Il sistema di monitoraggio produce giornalmente un report basato sulle misure acquisite nel giorno precedente.

L'elaborazione del report avviene automaticamente nelle prime ore del giorno e il file prodotto viene registrato su file in formato "Excel" per una successiva visualizzazione o stampa.

La funzione di visualizzazione reports, prevista dal menu del sistema monitoraggio, permette di richiamare, copiare e stampare i reports prodotti in modalità automatica dal sistema.

Ogni report viene denominato in base al periodo di pertinenza (G per giorno, M per mese, A per anno) seguito dalla data significativa del periodo.

La funzione di visualizzazione dei reports prevede una finestra di navigazione che consente di esplorare gli anni e i mesi e richiamare uno specifico report per mezzo del bottone "visualizza".

Attraverso il pulsante di "Stampa" è possibile stampare la pagina del report visualizzata mentre con il pulsante "Salva" è possibile registrare il file su floppy disk o creare una copia di salvataggio su qualsiasi directory del disco fisso.

Il formato del report giornaliero riporta per ogni inquinante:

- ⇒ l'indicazione del valore della media elaborata,
- ⇒ dell'indice di disponibilità,
- ⇒ la portata del combustibile,
- ⇒ la potenza generata,
- ⇒ lo stato dell'impianto (normal funzionamento ovvero marcia premix, marcia a diffusione, o impianto fermo),
- ⇒ gli eventi o allarmi registrati dal sistema durante il giorno,
- ⇒ la media delle 48 ore di normal funzionamento.

Nei reports relativi a periodi di durata superiore vengono indicate le ore di normal funzionamento registrate giornalmente.

A titolo di esempio si riporta di seguito un estratto da uno dei report che Rosen invia mensilmente ad ARPAT – Dip.to di Livorno.

Rosen Rosignano Solvay										Mese: Maggio 2003									
Report Mensile Camino 1																			
Giorno	Ossido Carbonio			Ossidi Azoto			Ossigeno			Potenza Generata			Portata Gasolio			Portata Metano			Ore NF
	Note	mg/Nm <sup>3</sup>	ID %	Note	mg/Nm <sup>3</sup>	ID %	Note	%V	ID %	Note	MW	ID %	Note	t/h	ID %	Note	Sm <sup>3</sup> /h	ID %	
01		2,2	100,0		20,1	100,0		14,8	100,0		145,1	100,0		0,0	100,0		43024,3	100,0	24
02		3,2	100,0		20,5	100,0		14,8	100,0		145,2	100,0		0,0	100,0		43006,2	100,0	24
03		4,3	100,0		20,7	100,0		14,9	100,0		143,8	100,0		0,0	100,0		42643,7	100,0	24
....		...	...		...	...		...	...		...	...		...	...		...	...	...
....		...	...		...	...		...	...		...	...		...	...		...	...	...
12		2,9	100,0		18,3	100,0		14,9	100,0		140,7	100,0		0,0	100,0		41783,0	100,0	19
13		2,6	100,0		19,2	100,0		14,8	100,0		142,6	100,0		0,0	100,0		42267,9	100,0	24
14		2,8	100,0		20,6	100,0		14,8	100,0		143,9	100,0		0,0	100,0		42328,3	100,0	24
15		3,4	100,0		21,4	100,0		14,9	100,0		142,0	100,0		0,0	100,0		41776,5	100,0	17
....		...	...		...	...		...	...		...	...		...	...		...	...	...
....		...	...		...	...		...	...		...	...		...	...		...	...	...
28		0,2	95,8		19,2	95,8		14,9	95,8		141,1	100,0		0,0	100,0		42088,8	100,0	24
29		3,1	87,5		18,6	87,5		14,9	87,5		139,0	100,0		0,0	100,0		41606,1	100,0	24
30		4,5	100,0		18,6	100,0		14,9	100,0		139,0	100,0		0,0	100,0		41781,7	100,0	24
31		4,8	100,0		18,1	100,0		14,8	100,0		140,4	100,0		0,0	100,0		42156,2	100,0	24
<b>Media Mese:</b>		2,6	99,4		19,8	99,1		14,9	99,4		142,5	100,0		0,0	100,0		42321,1	100,0	

**Note:**

- (1) Assenza Registrosioni Medie
- (2) Assenza Registrosioni I.D.
- (3) Assenza Registrosioni Attributi
- (4) Media Non Valida
- (5) Valore superiore alla soglia

Al paragrafo 2.3.5.2 è riportato invece il formato di un report giornaliero.

### 2.3.2 Calcolo delle emissioni finali in peso di CO, NOx, CO2 e del volume dei fumi anidri

Uno specifico programma di calcolo su Foglio Excel provvede a calcolare le emissioni finali in peso di CO, NOx, CO<sub>2</sub> ed il volume dei fumi anidri, a partire dal valore del coefficiente di eccesso d'aria utilizzato per la combustione e dai seguenti dati di input, inseriti nel programma dall'operatore:

- ⇒ informazioni inerenti il metano consumato nel mese (densità, p.c.i., composizione<sup>3</sup>) comunicate da Snam-Rete Gas;
- ⇒ concentrazioni medie mensili degli inquinanti rilevate dagli analizzatori in continuo;
- ⇒ consumo medio mensile gas metano per ciascuna TG, calcolato in base alle ore di normal funzionamento per la portata media metano ricavata dal report mensile.

### 2.3.3 Esiti verifica periodica di accuratezza (IAR)

Annualmente a cura della Ditta ANSALDO CALDAIE SpA – Divisione Centro Combustione ed Ambiente viene effettuata la determinazione dell'indice di accuratezza relativa (IAR) per gli analizzatori in continuo.

Lo strumento campione utilizzato per la verifica dello IAR degli impianti TG1 e TG2 è un analizzatore mod. HORIBA PG –250, certificato dall'EPA e dal TUV – IMMISSIONSSCHUTZ UND ENERGIESYSTEME.

Il gas in arrivo al sistema di riferimento HORIBA PG –250 viene prelevato attraverso una aliquota dalla uscita del rack di analisi in continuo dei fumi dei camini del TG1 e del TG2. Pertanto la concentrazione di ossigeno, monossido di carbonio e ossidi di azoto rilevata nel gas dallo strumento campione è quella che caratterizza i fumi in uscita dai camini stessi.

<sup>3</sup> Tali informazioni permettono al programma di calcolo di effettuare bilanci di massa sulle specie atomiche carbonio, idrogeno e – utilizzando il coefficiente di eccesso d'aria – ossigeno.

La determinazione dell'indice di accuratezza ha evidenziato che lo IAR degli analizzatori del CO non rientrava nei limiti di accettabilità del DM 21/12/95 (IAR>80%) fino al 2003.

Anno	Riferimento (data misure)	NOx - IAR (%)		O <sub>2</sub> - IAR (%)		CO - IAR (%)	
		TG1	TG2	TG1	TG2	TG1	TG2
2001	19/20.09.01	87,74	89,50	98,04	99,49	49,05	46,06
2002	12.09.02	90,08	90,79	99,43	98,14	27,49	65,49
2003	08/09.10.03	92,39	87,83	99,60	99,71	47,33	42,83

Tab. 3

Poichè l'indice IAR per il CO risultava inferiore all'80%, la centrale Rosen disponeva di specifica deroga alle prescrizioni del DM 21/12/95, concessa dalla Amministrazione Provinciale di Livorno, in considerazione dei seguenti elementi:

- ⇒ la strumentazione attualmente in dotazione Rosen non consente, anche con le modifiche possibili, di ottenere il grado di accuratezza richiesto dal citato decreto
- ⇒ eventuali sostituzioni della strumentazione in dotazione comporterebbero notevoli costi di investimento
- ⇒ la Rosen ha effettuato un'indagine per verificare la disponibilità sul mercato della strumentazione idonea, e tale indagine ha avuto esito negativo. (Risulta infatti difficile reperire strumenti analizzatori adeguati simultaneamente ad un monitoraggio in continuo ed alla rilevazione di basse concentrazioni di inquinante quali quelle Rosen).
- ⇒ i valori di CO misurati sono comunque ampiamente al di sotto del valore limite di legge.

La suddetta deroga, inizialmente concessa fino al 31.12.2004, è stata estesa a seguito di richiesta Rosen [R5] sino alla pubblicazione ufficiale da parte del CEN dei metodi standard per la misura delle emissioni in aria, attualmente in fase di preparazione e richiamati dal documento "IPPC – Reference document on the general principles of Monitoring (July, 2003)"; tali metodi vengono indicati nella Tab. 4:

Tab. 4	
Composti	CEN standard
Ossidi di azoto NOx	WI 264-043
Ossigeno O <sub>2</sub>	WI 264-040
Monossido di carbonio	WI 264-039

### 2.3.4 Limiti di legge per le emissioni di NOx e CO

Con il Decreto del Ministero Industria Commercio ed Artigianato prot. n° 731441 del 29/07/92 la centrale Rosen è stata autorizzata ai sensi dell'art.17 del DPR n°203/88 alle emissioni in atmosfera, nel rispetto per ciascuna turbogas dei seguenti limiti (riferiti ad un tenore di ossigeno libero nei fumi pari al 15%):

- ⇒ NOx (espressi come NO<sub>2</sub>) < 60 mg/Nm<sup>3</sup>
- ⇒ CO (ossido di carbonio) < 50 mg/Nm<sup>3</sup>

Con tale decreto viene prescritta l'alimentazione delle turbogas con gas naturale e solo in caso di emergenza, previa comunicazione all'autorità competente, l'utilizzo di gasolio.

### 2.3.5 Caratteristiche delle emissioni in atmosfera

Il processo di combustione comporta l'immissione in atmosfera dei prodotti della combustione del gas naturale (CO<sub>2</sub>, H<sub>2</sub>O, CO, NOx).

Prima di valutare l'andamento delle emissioni di inquinanti in atmosfera, si richiamano alcune migliorie apportate nel sistema di combustione e nel sistema di analisi fumi.

- Sostituzione nell'agosto 2000 dei bruciatori delle camere di combustione del TG1, impiegando la migliore tecnologia attualmente disponibile sul mercato (NOx-low-burners). Con tale intervento sono state ridotte ulteriormente le emissioni di NOx e CO ed i due turbogruppi hanno raggiunto la stessa configurazione e lo stesso assetto di marcia.
- Acquisto nel giugno 2000 ed installazione nell'ottobre 2000, per ciascun camino, di un analizzatore di ossidi di azoto più efficiente ed accurato.

#### 2.3.5.1 Trend emissioni inquinanti in atmosfera

Di seguito si riporta il trend relativo alle emissioni di inquinanti in atmosfera dai camini della centrale ROSEN per il periodo 2000-2004. E' evidente come il valor medio annuale e mensile della concentrazione di inquinanti si mantenga sempre inferiore ai limiti di legge.

Per le elaborazioni che seguono sono stati utilizzati i seguenti dati:

Anno	Fonte dati
2004	"Report mensile" estratto dal sistema informatico aziendale
2000, 2002, 2003	Dichiarazioni IRSE Dichiarazione IEN (produzione di energia elettrica lorda). Si nota che il dato relativo alla produzione di CO <sub>2</sub> comunicata nell'IRSE 2000 comprendeva le emissioni prodotte dalla caldaia di emergenza HP2, ed essendo stata calcolata in base al consumo totale di combustibile, teneva conto anche delle fasi di avviamento e fermata. <sup>4</sup>
2001	Per l'anno 2001 la Regione Toscana ha esonerato tutte le aziende dalla compilazione della dichiarazione IRSE. Pertanto le emissioni sono state calcolate tramite il file.xls "programma emissioni" (utilizzato correntemente da Rosen per il calcolo dei dati richiesti nella dichiarazione IRSE), inserendovi i dati riportati nel "Report annuale" per l'anno 2001 estratto dal sistema informatico aziendale. Per quanto riguarda la composizione del gas naturale è stata utilizzata quella relativa all'anno 2003, in quanto non disponibile la composizione relativa all'anno 2001 nel formato necessario per l'elaborazione tramite il suddetto file.xls. Tale approssimazione si ritiene valida, considerando che la composizione del gas negli anni 2002-2003 non varia in modo significativo.

PARAMETRO	u.m.	ANNO			
		2000	2001	2002	2003
<b>TG1+GVR1</b>					
POTENZA LORDA GENERATA TG1	kWh	1.081.218.000	1.004.274.000	1.026.330.000	1.138.197.000
NOx - concentr. media oraria	mg/Nm <sup>3</sup>	25	19,7	17,9	20
CO - concentr. media oraria	mg/Nm <sup>3</sup>	5	5,2	1,3	2,6
NOx	kg/anno	300.546	202.056	198.854	238.412
CO	kg/anno	60.109	53335	11.764	31.014
CO <sub>2</sub>	tonn/anno	773.606	635.905	676.952	729.940
NOx	g/kWh	0,278	0,201	0,194	0,209
CO	g/kWh	0,056	0,053	0,011	0,027
CO <sub>2</sub>	kg/kWh	0,715	0,633	0,660	0,641
<b>TG2+GVR2</b>					
POTENZA LORDA GENERATA TG2	kWh	984.960.000	1.164.537.000	1.177.338.000	996.309.000
NOx - concentr. media oraria	mg/Nm <sup>3</sup>	25	20,6	19,9	19,1
CO - concentr. media oraria	mg/Nm <sup>3</sup>	5	4,4	3,5	4,4
NOx	kg/anno	272.973	262.575	259.027	223.119
CO	kg/anno	54.595	56.084	44.936	49.731
CO <sub>2</sub>	tonn/anno	702.632	776.575	770.795	646.456
NOx	g/kWh	0,277	0,225	0,220	0,224
CO	g/kWh	0,055	0,048	0,038	0,050
CO <sub>2</sub>	kg/kWh	0,713	0,667	0,655	0,649
<b>CHP</b>					
POTENZA LORDA GENERATA TG1-TG2-TV	kWh	2.493.975.450	2.615.453.100	2.674.830.150	2.606.362.050
NOx	kg/anno	573.519	464.631	457.881	461.532
CO	kg/anno	114.704	109.419	56.700	80.745
CO <sub>2</sub>	tonn/anno	1.476.238	1.412.481	1.447.747	1.376.397
NOx	g/kWh	0,230	0,178	0,171	0,177
CO	g/kWh	0,046	0,042	0,021	0,031
CO <sub>2</sub>	kg/kWh	0,592	0,540	0,541	0,528

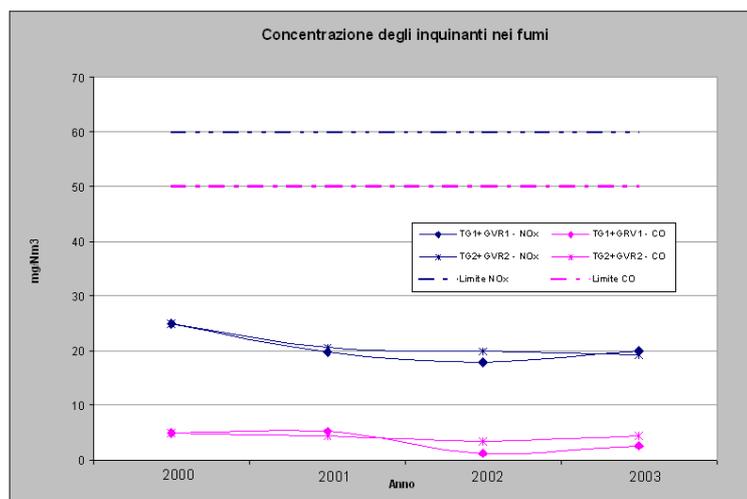
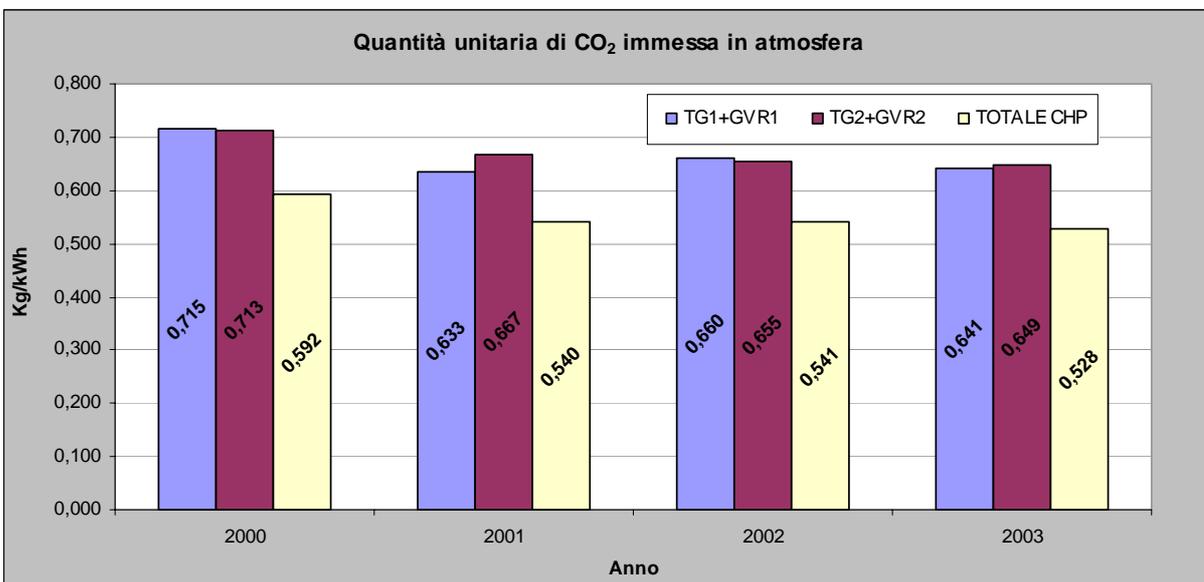
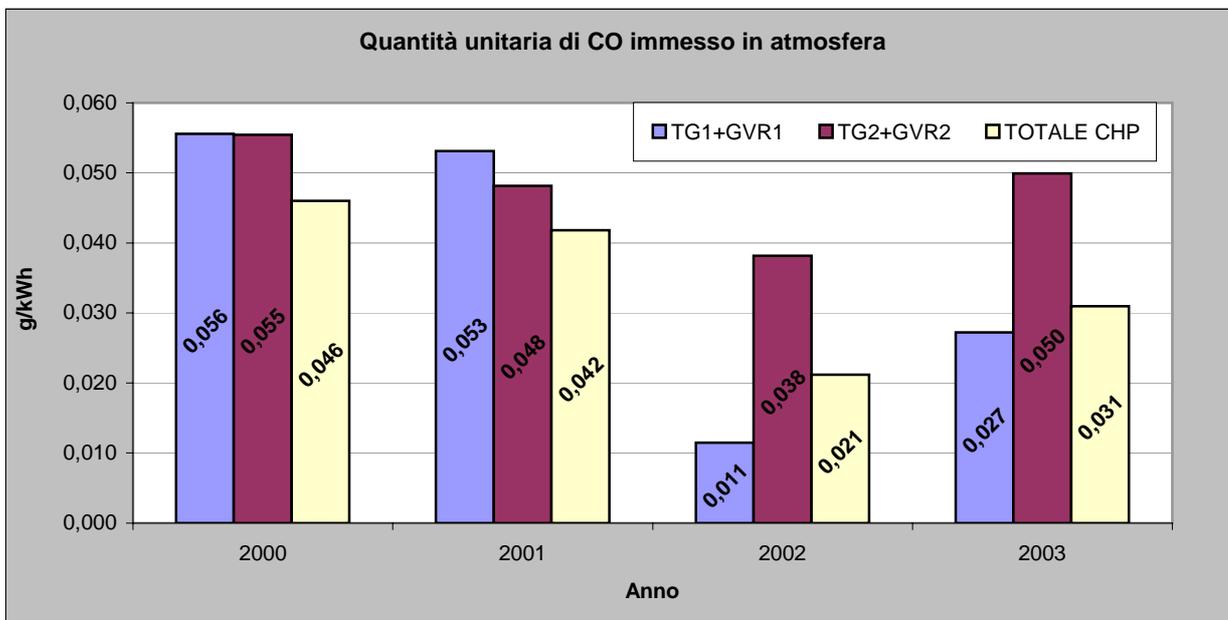
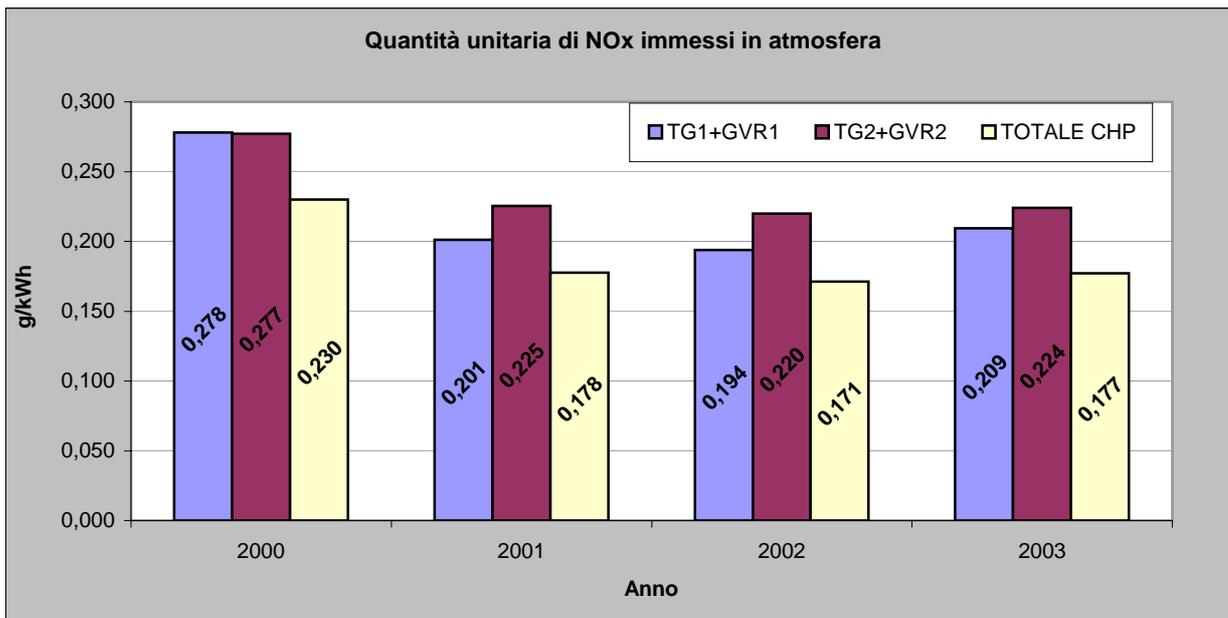
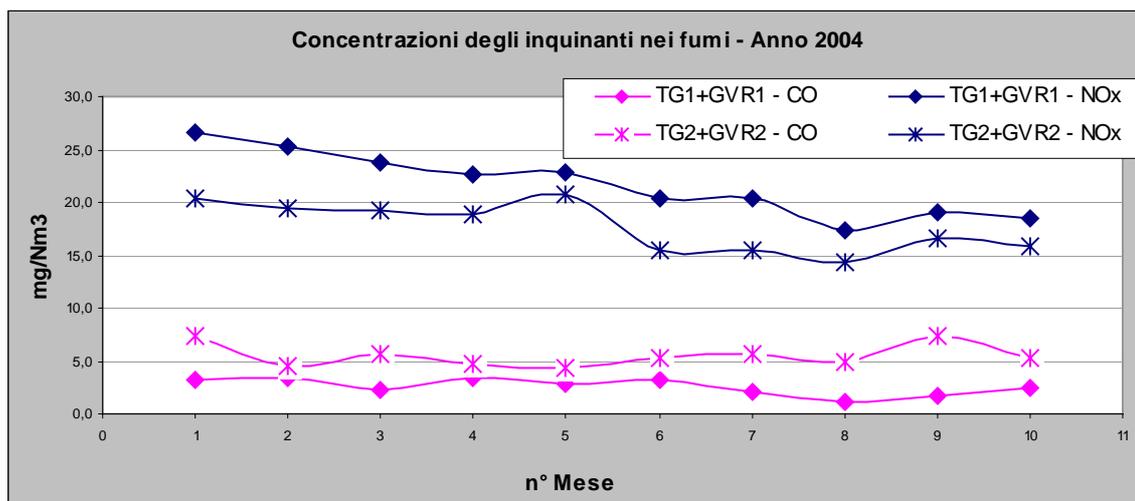


Fig. 4

<sup>4</sup> Si osserva che i dati comunicati IRSE-INES risultano diversi da quelli calcolati in occasione degli adempimenti previsti dalla Direttiva 2003/87/CE ("emission trading"), in base alla quale si impone l'utilizzo nel calcolo di valori per il potere calorifico del combustibile e per il fattore di emissione diversi da quelli reali.





### 2.3.5.2 Emissioni generate da fasi transitorie di funzionamento del TG

#### 2.3.5.2.1 Caso 1: fermata ed avviamento

Descrizione episodio: fermata week-end TG1 (giorni 10-13/09/04)

Come indicato nello specifico programma di fermata, alle ore 22.00 del 10.09.04 ha avuto inizio la diminuzione di carico della TG1, con il passaggio dalla modalità combustione premix alla modalità diffusione, sino alla fermata del gruppo (con interruzione dell'alimentazione del combustibile), a partire dalle ore 24.00. Di seguito si riporta il report giornaliero delle medie orarie riferito al giorno 10.09.04 ed un estratto del report riferito al giorno 13.09.04.

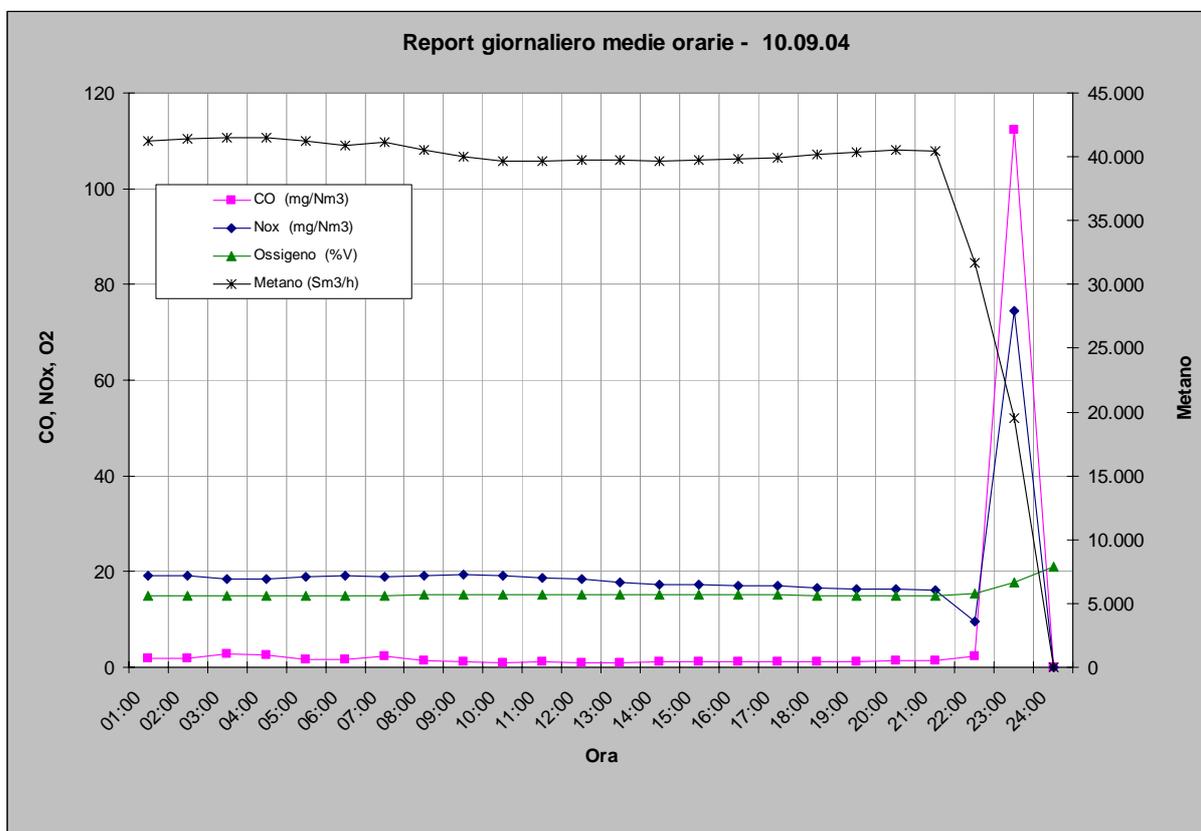
Rosen Rosignano Solvay													Data: 10/09/2004							
Report Giornaliero Medie Orarie Gruppo 1																				
Ore	Ossido Carbonio		Ossidi Azoto		Ossigeno		Potenza Generata		Portata Gasolio		Portata Metano		Impianto							
	Note	mg/Nm3	ID %	Note	mg/Nm3	ID %	%V	ID %	Note	MW	ID %	Note	t/h	ID %	Note	Sm3/h	ID %	Note	Stato	
01:00		1,88	100,0		19,08	100,0		14,98	100,0		140,4	100,0		0,00	100,0		41249	100,0		Premix
02:00		1,89	100,0		19,21	100,0		14,97	100,0		141,5	100,0		0,00	100,0		41415	100,0		Premix
03:00		2,77	100,0		18,47	100,0		14,98	100,0		141,4	100,0		0,00	100,0		41466	100,0		Premix
04:00		2,54	100,0		18,55	100,0		14,98	100,0		141,6	100,0		0,00	100,0		41502	100,0		Premix
05:00		1,74	100,0		18,90	100,0		15,00	100,0		140,2	100,0		0,00	100,0		41238	100,0		Premix
06:00		1,61	100,0		19,20	100,0		15,03	100,0		138,5	100,0		0,00	100,0		40914	100,0		Premix
07:00		2,23	100,0		18,97	100,0		15,02	100,0		139,8	100,0		0,00	100,0		41185	100,0		Premix
08:00		1,35	100,0		19,17	100,0		15,08	100,0		136,8	100,0		0,00	100,0		40557	100,0		Premix
09:00		1,20	100,0		19,33	100,0		15,16	100,0		134,5	100,0		0,00	100,0		40004	100,0		Premix
10:00		1,03	100,0		19,17	100,0		15,15	100,0		132,8	100,0		0,00	100,0		39651	100,0		Premix
11:00		1,12	100,0		18,69	100,0		15,14	100,0		132,4	100,0		0,00	100,0		39675	100,0		Premix
12:00		1,02	100,0		18,50	100,0		15,12	100,0		132,6	100,0		0,00	100,0		39777	100,0		Premix
13:00		1,04	100,0		17,80	100,0		15,09	100,0		132,5	100,0		0,00	100,0		39739	100,0		Premix
14:00		1,16	100,0		17,34	100,0		15,08	100,0		132,2	100,0		0,00	100,0		39698	100,0		Premix
15:00		1,06	100,0		17,18	100,0		15,09	100,0		132,5	100,0		0,00	100,0		39755	100,0		Premix
16:00		1,23	100,0		17,07	100,0		15,09	100,0		133,0	100,0		0,00	100,0		39870	100,0		Premix
17:00		1,18	100,0		17,05	100,0		15,08	100,0		133,1	100,0		0,00	100,0		39948	100,0		Premix
18:00		1,24	100,0		16,54	100,0		15,06	100,0		133,8	100,0		0,00	100,0		40161	100,0		Premix
19:00		1,11	100,0		16,41	100,0		15,02	100,0		134,4	100,0		0,00	100,0		40347	100,0		Premix
20:00		1,32	100,0		16,40	100,0		15,01	100,0		135,1	100,0		0,00	100,0		40514	100,0		Premix
21:00		1,34	100,0		16,21	100,0		15,02	100,0		135,2	100,0		0,00	100,0		40408	100,0		Premix
22:00		2,25	100,0		9,63	100,0		15,30	100,0		96,66	100,0		0,00	100,0		31735	100,0		Premix
23:00	(4)	112,2	96,0	(4)	74,50	95,0		17,81	100,0		43,75	78,0		0,00	100,0		19566	76,0		Fermo / Diffusione
24:00	(4)	0,00	100,0	(4)	0,00	70,0	(4)	20,95	100,0	(4)	0,00	0,0		0,00	100,0	(4)	0,00	0,0		Fermo / Diffusione
<b>Limiti</b>		50,0			60,0															
<b>MIN</b>		1,02			9,63			14,97			96,66						31735		(6)	22
<b>MAX</b>		2,77			19,33			15,30			141,6						41502			
<b>Media Giorno:</b>		1,51	100,0		17,68	100,0		15,07	100,0		134,1	100,0		0,00	100,0		40037	100,0		
<b>Limiti</b>		50,0			60,0															
<b>Media 48 Ore</b>		1,71	100,0		18,58	100,0		15,12	100,0		135,0	100,0		0,00	100,0		39977	100,0		
<b>Limiti</b>		50,0			60,0															
<b>Fine del precedente periodo di 48 Ore NF: 09:00 del 10/09/04</b>																				
<b>Note:</b>																				
(1) Assenza Registrosioni Medie																				
(2) Assenza Registrosioni I.D.																				
(3) Assenza Registrosioni Attributi																				
(4) Media Non Valida																				
(5) Valore superiore al Limite																				
(6) Ore di Normale Funzionamento																				
Elaborazioni conformi DM 21/12/95																				
Le Misure sono riferite al tenore di Ossigeno del 15 %.																				

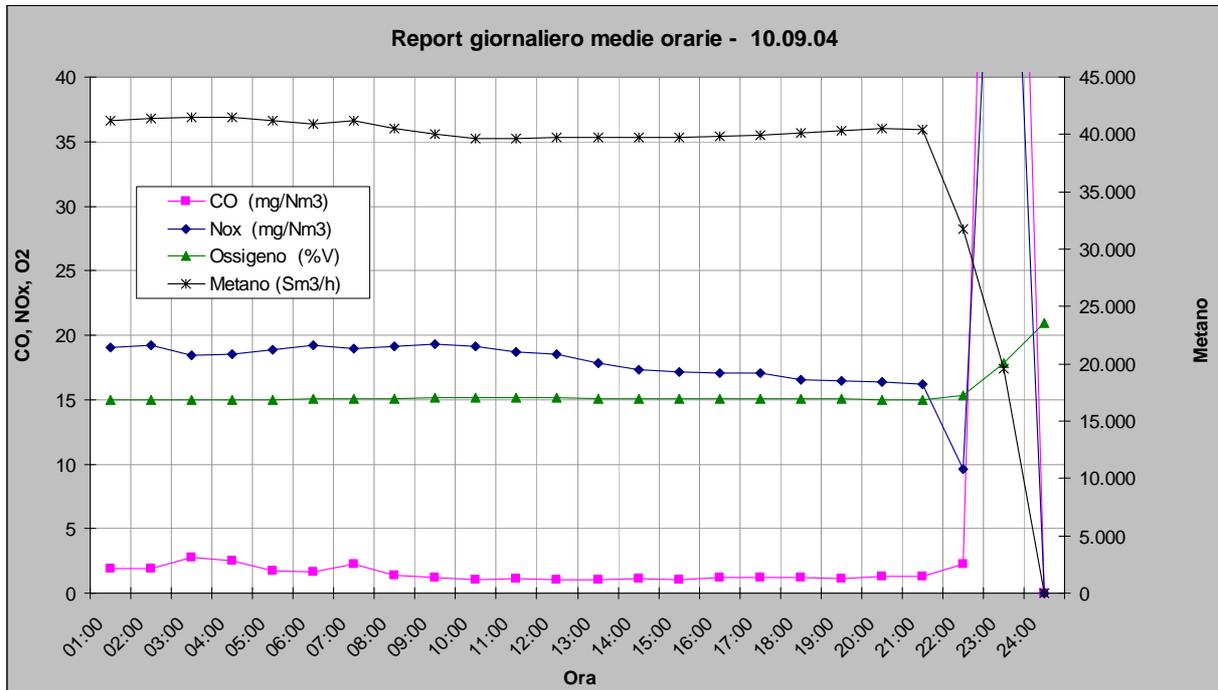
Nella media oraria riferita alle ore 23.00 si rileva un aumento nella produzione di NO<sub>x</sub> e CO dovuto alla combustione in modalità diffusione, mentre alle ore 24.00 la quantità di NO<sub>x</sub> e CO risulta pari a zero, in quanto calcolata dal programma in base alla portata di gas naturale in ingresso.

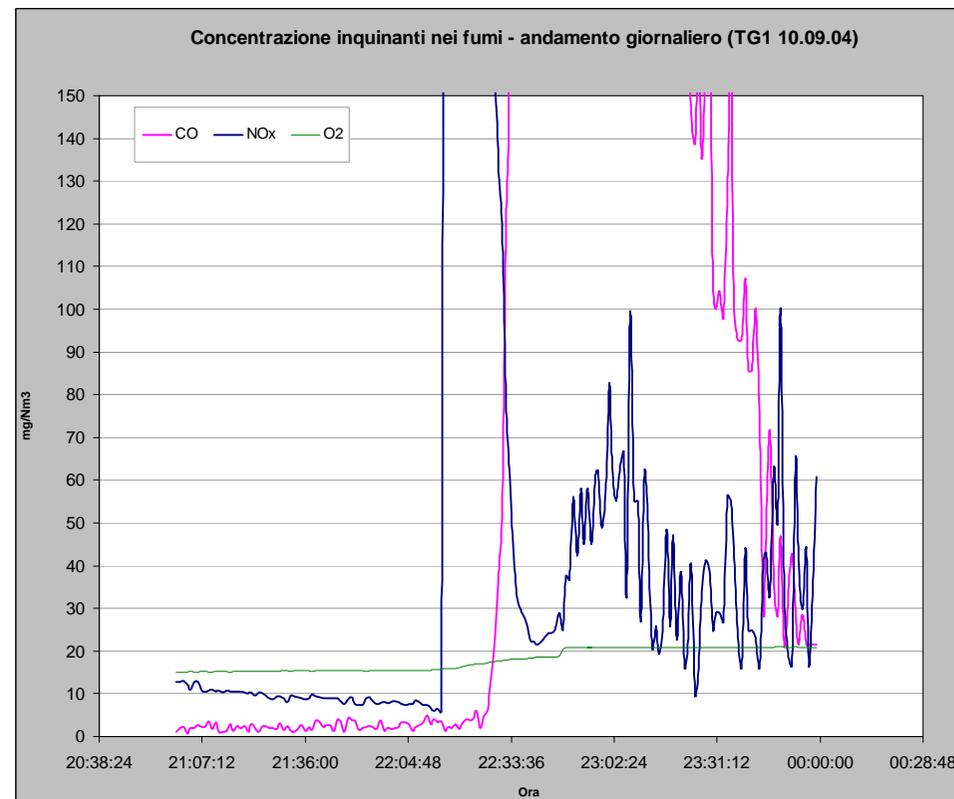
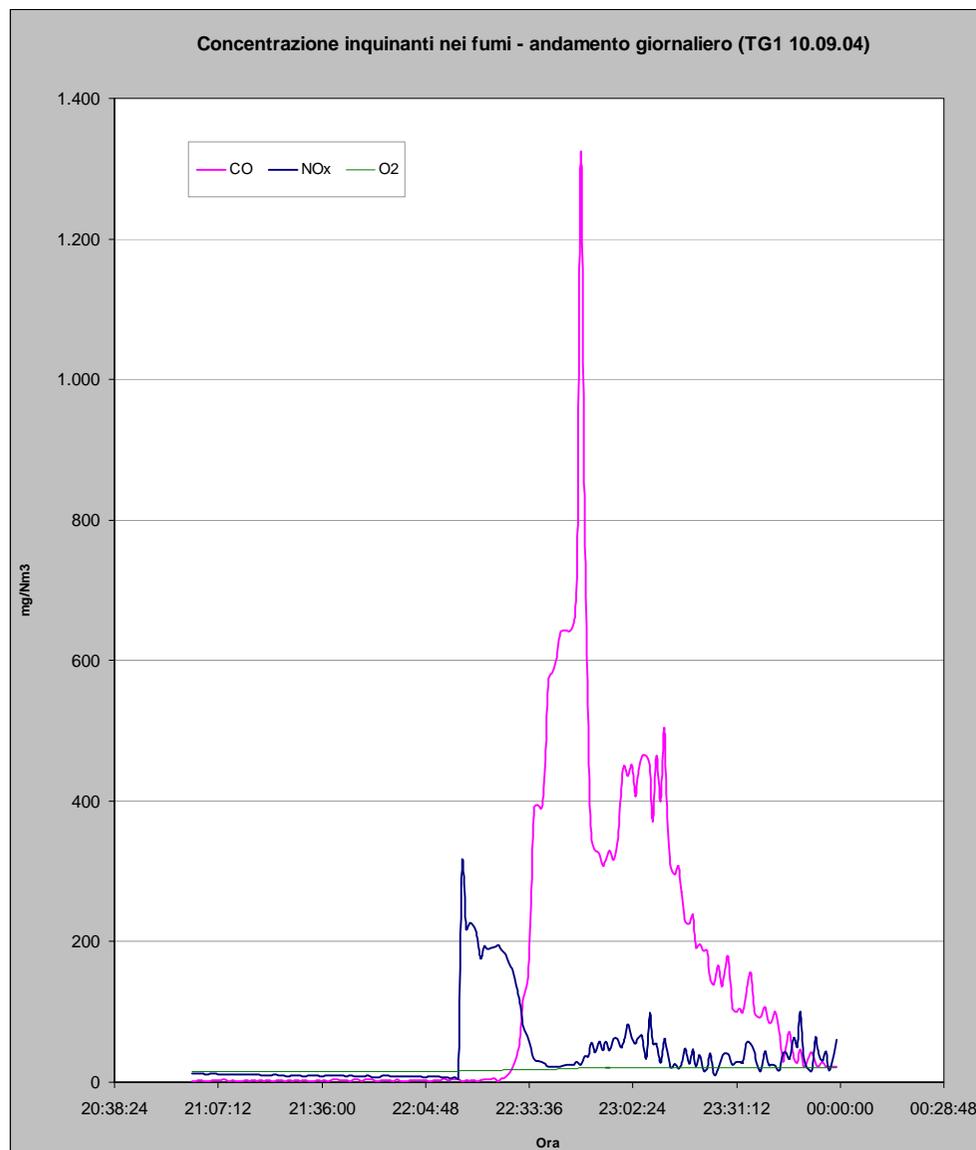
Rosen Rosignano Solvay										Data: 13/09/2004										
Report Giornaliero Medie Orarie Gruppo 1																				
Ore	Ossido Carbonio			Ossidi Azoto			Ossigeno			Potenza Generata			Portata Gasolio			Portata Metano			Impianto	
	Note	mg/Nm3	ID %	Note	mg/Nm3	ID %	Note	%V	ID %	Note	MW	ID %	Note	t/h	ID %	Note	Sm3/h	ID %	Note	Stato
01:00	(4)	0,00	100,0	(4)	0,00	45,0	(4)	21,39	100,0	(4)	0,00	0,0	0,00	100,0	(4)	0,00	0,0			Fermo / Diffusione
02:00	(4)	0,00	100,0	(4)	0,00	53,0	(4)	21,47	100,0	(4)	0,00	0,0	0,00	100,0	(4)	0,00	0,0			Fermo / Diffusione
03:00	(4)	0,00	98,0	(4)	0,00	73,0	(4)	20,40	100,0	(4)	0,00	0,0	0,00	100,0	(4)	9286	61,0			Fermo / Diffusione
04:00	(4)	779,0	98,0		112,8	100,0		19,32	100,0	(4)	19,23	41,0	0,00	100,0		10879	100,0			Fermo / Diffusione
05:00		10,64	100,0	(4)	126,6	98,0		16,56	100,0		66,12	100,0	0,00	100,0		24819	100,0			Fermo / Diffusione
06:00		3,06	100,0		16,60	100,0		15,20	100,0		127,9	100,0	0,00	100,0		38831	100,0			Premix
07:00		2,53	100,0		18,46	100,0		15,11	100,0		140,8	100,0	0,00	100,0		41694	100,0			Premix
08:00		2,09	100,0		18,09	100,0		15,18	100,0		138,7	100,0	0,00	100,0		41227	100,0			Premix
09:00		1,35	100,0		17,73	100,0		15,24	100,0		135,7	100,0	0,00	100,0		40546	100,0			Premix
10:00		1,38	100,0		17,48	100,0		15,31	100,0		133,3	100,0	0,00	100,0		40082	100,0			Premix
11:00		1,39	100,0		17,25	100,0		15,36	100,0		133,1	100,0	0,00	100,0		40073	100,0			Premix
12:00		1,24	100,0		16,77	100,0		15,30	100,0		132,8	100,0	0,00	100,0		40033	100,0			Premix

Nelle prime 5 ore di avviamento la combustione in modalità diffusione comporta una produzione maggiore di CO e NO<sub>x</sub>. L'impianto viene portato a carico base a partire dalle 6.30, ma già nella media oraria riferita alle ore 6.00 la TG si trova al di sopra del minimo tecnico e le misure sono considerate valide.

### FASE DI FERMATA WEEK-END

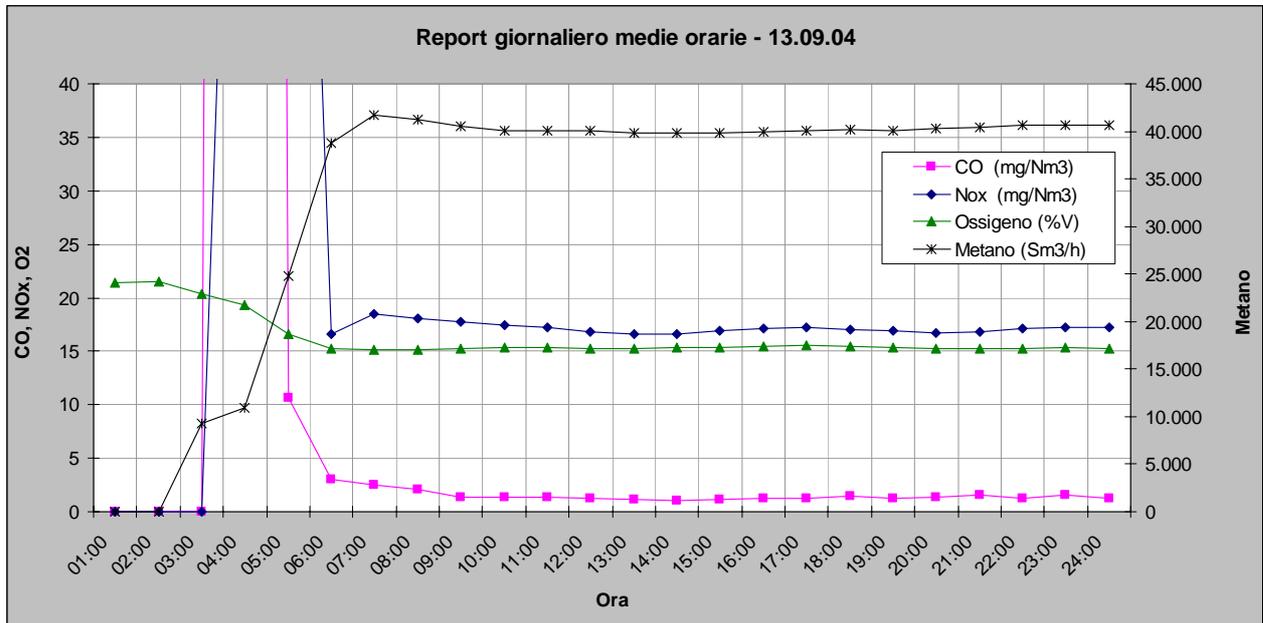
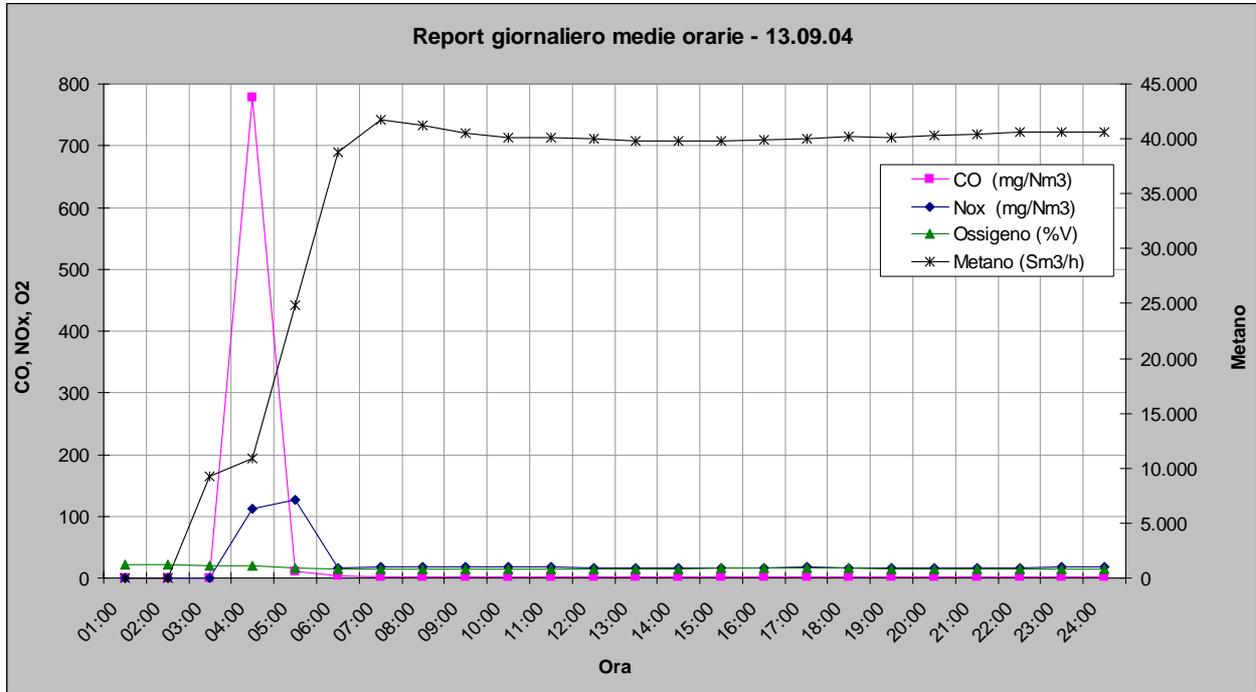






Poichè la rappresentazione grafica delle medie orarie della concentrazione degli inquinanti non evidenzia in modo adeguato ciò che avviene nel "periodo transitorio", per la fase di fermata sono stati elaborati anche i dati di concentrazione acquisiti con un intervallo di scansione pari ad 1 minuto.

**FASE DI AVVIAMENTO DOPO FERMATA WEEK-END**

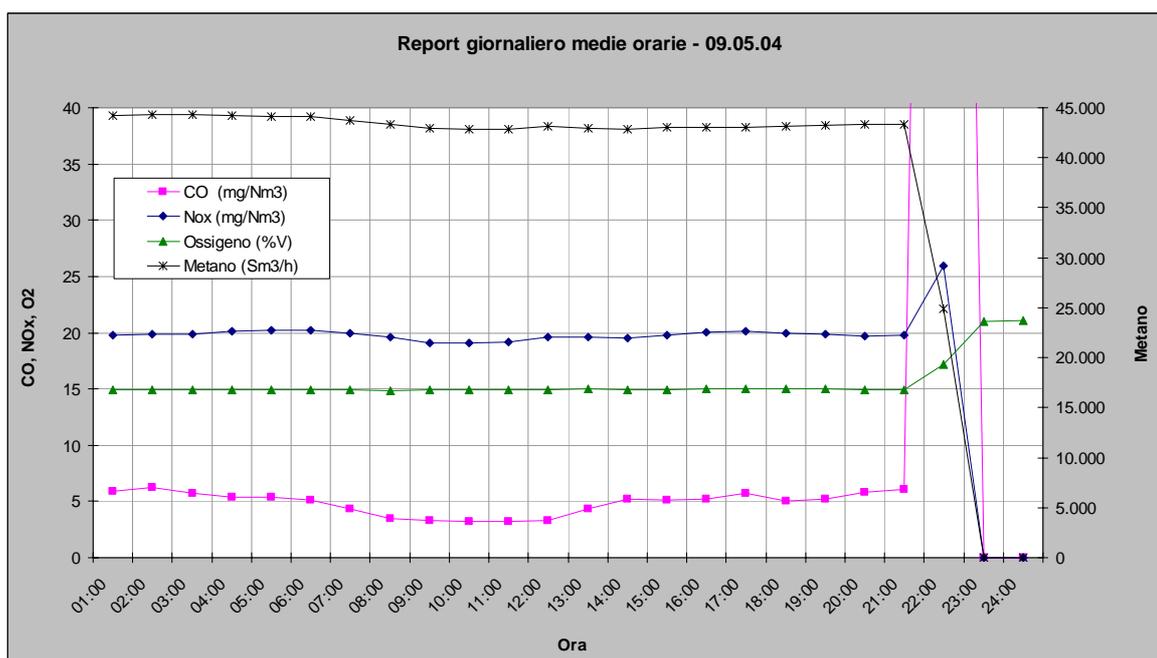
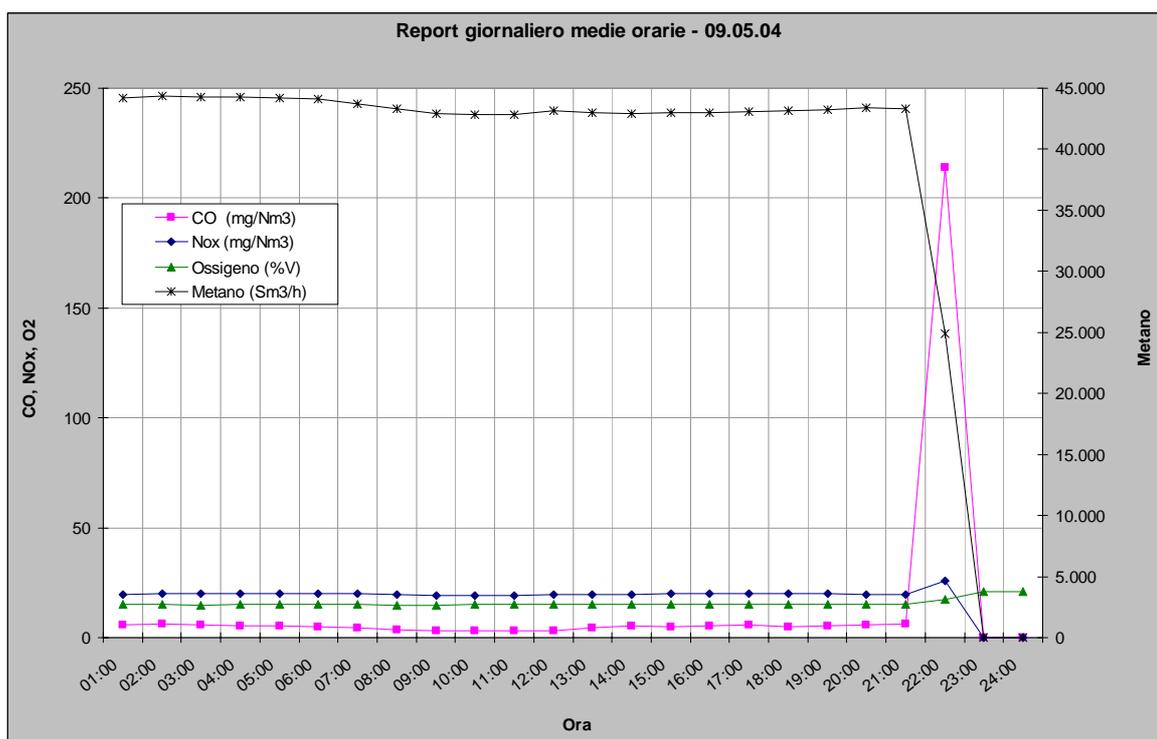


2.3.5.2.2 **Caso 2 load rejection**

Descrizione episodio: load rejection TG2 dovuto ad apertura interruttore in s/s elettrica causata da guasto a relè di apertura (giorno 09/05/04).

All'improvviso abbassamento di carico elettrico sulla TG provocato dall'apertura dell'interruttore, il sistema automatico di controllo e protezione della TG effettua il cambiamento di modalità di combustione da Premix a Diffusione allo scopo di avere una maggior stabilità di fiamma ed evitare lo spegnimento della fiamma e il conseguente blocco della turbina. Nel passaggio rapido da Premix a Diffusione viene mantenuta aperta la valvola di load rejection per evitare lo spegnimento della fiamma.

In una situazione di load rejection le medie orarie delle emissioni assumono un andamento quale quello riportato nel seguente grafico.



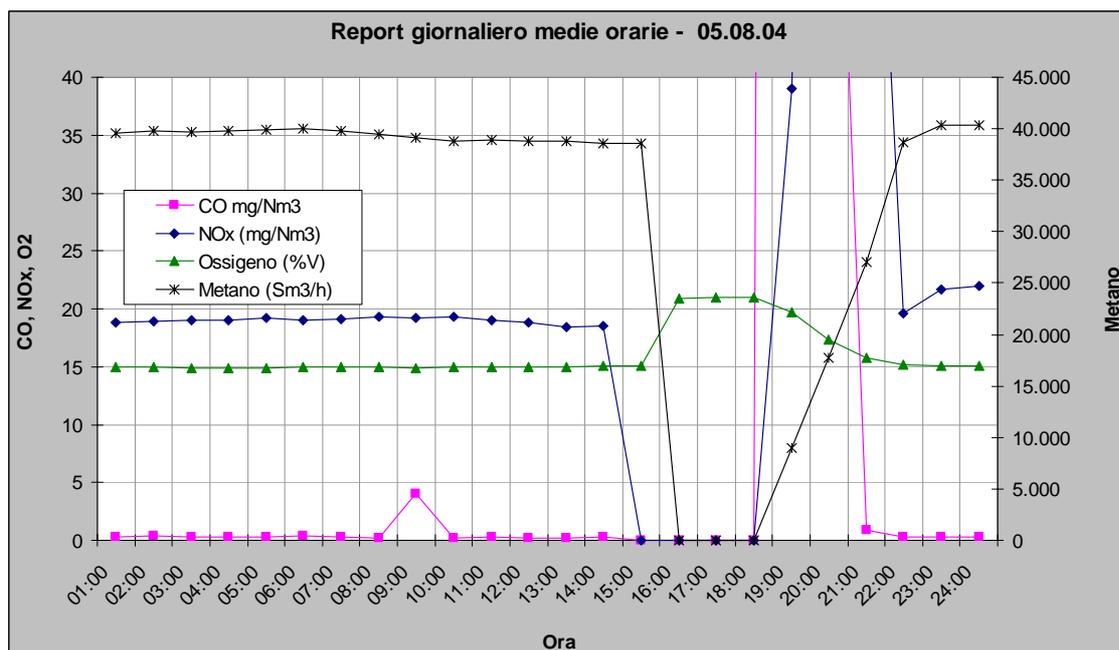
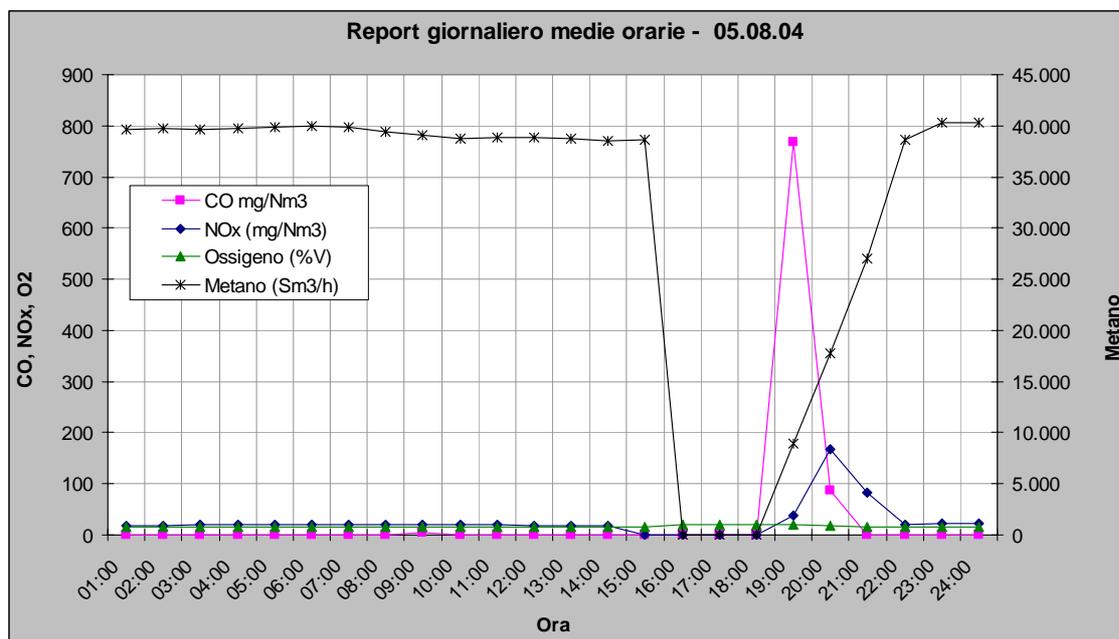
2.3.5.2.3 **Caso 3: trip**

Descrizione episodio: trip su TG1 (giorno 05/08/04)

Il trip rappresenta una fermata indesiderata della TG (con interruzione istantanea dell'alimentazione del combustibile), a seguito di problemi di funzionamento dell'impianto.

In una situazione di trip le medie orarie delle emissioni assumono un andamento quale quello riportato nel seguente grafico.

Riferimento media oraria	Modalità di combustione TG1 del 05.08.04
01.00-14.00	Premix
15.00-21.00	Fermo/diffusione
22.00-24.00	Premix



Poichè la rappresentazione grafica delle medie orarie della concentrazione degli inquinanti non evidenzia in modo adeguato ciò che avviene nel "periodo transitorio", per l'episodio di trip si riporta anche il grafico elaborato dal software dedicato per l'analisi fumi (sistema operativo Windows NT e sistema SCADA Wizcon).

Tale grafico evidenzia che l'episodio di trip ha coinciso con la fase di calibrazione automatica dell'analizzatore dell'ossigeno, il cui valore precipita istantaneamente a zero.

A titolo di confronto si aggiunge pertanto un altro grafico elaborato dal software dedicato, riferito all'episodio di trip del 29.10.04, durante il quale non avviene la calibrazione automatica dell'analizzatore dell'ossigeno.

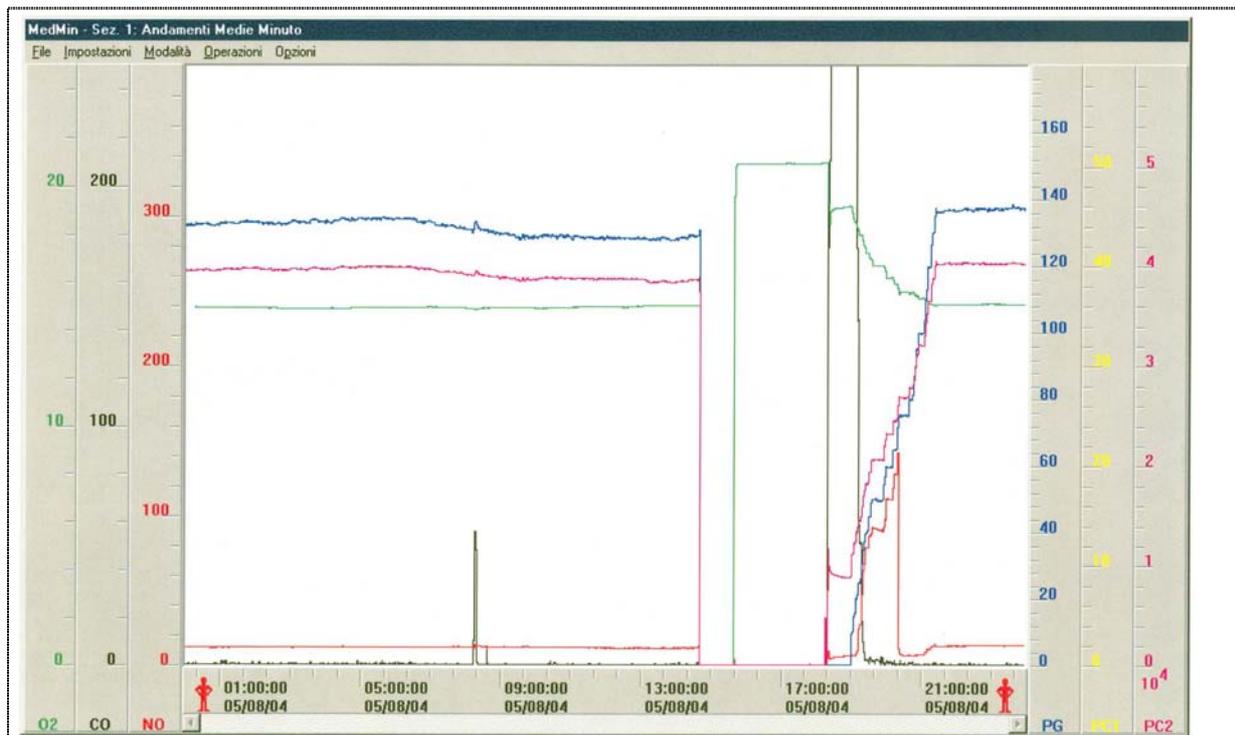


Fig. 5

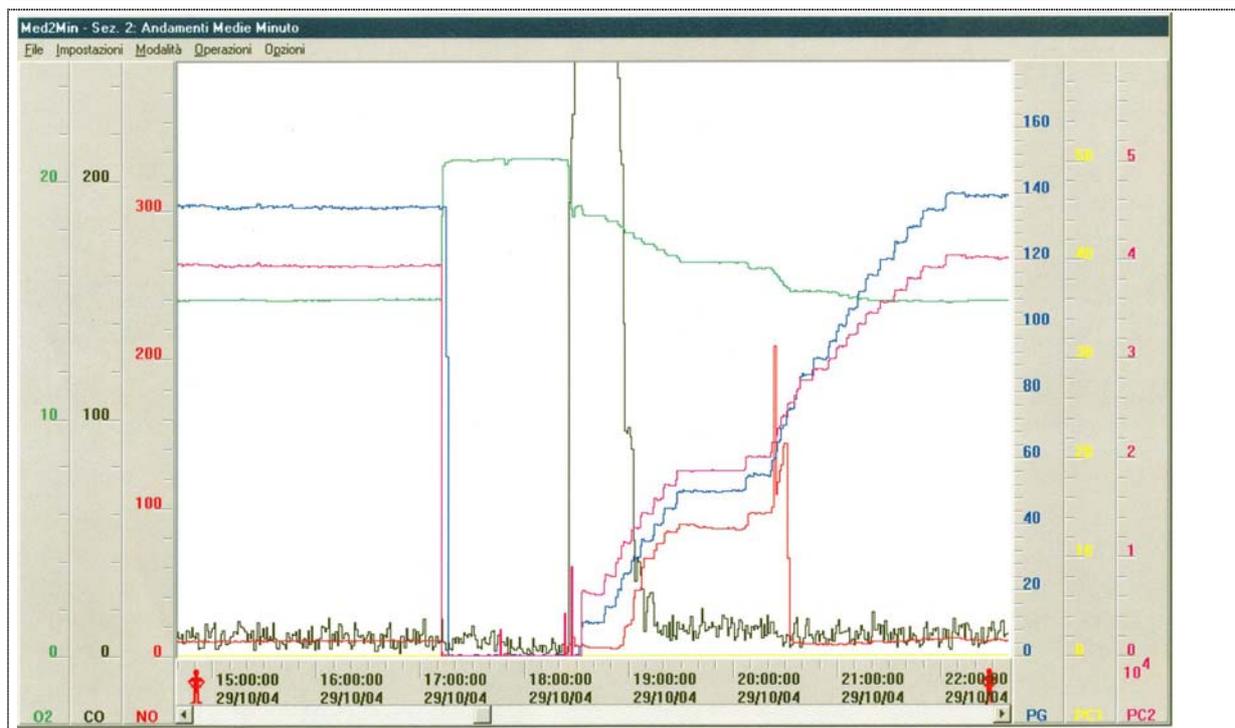


Fig. 6

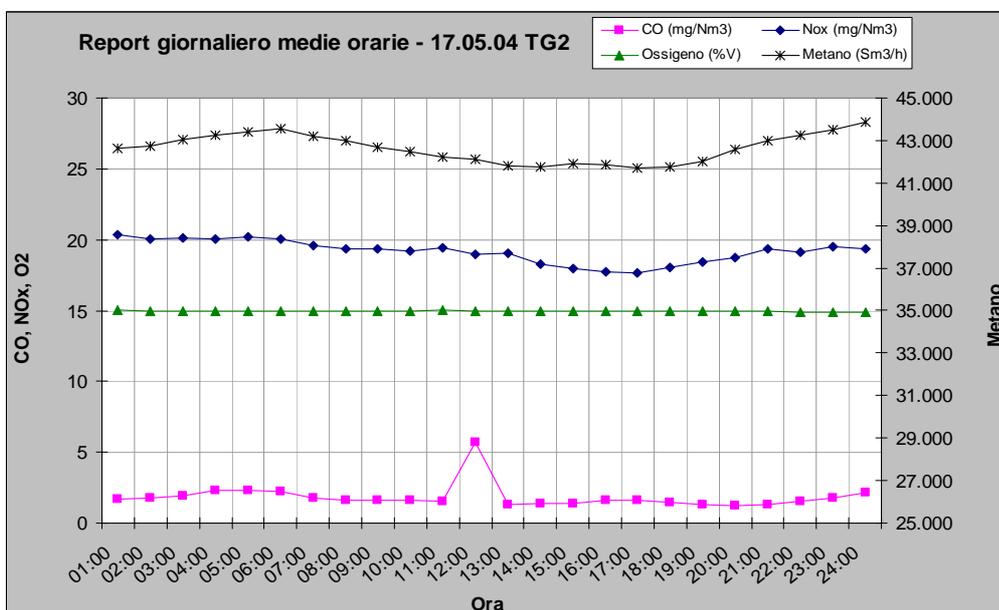
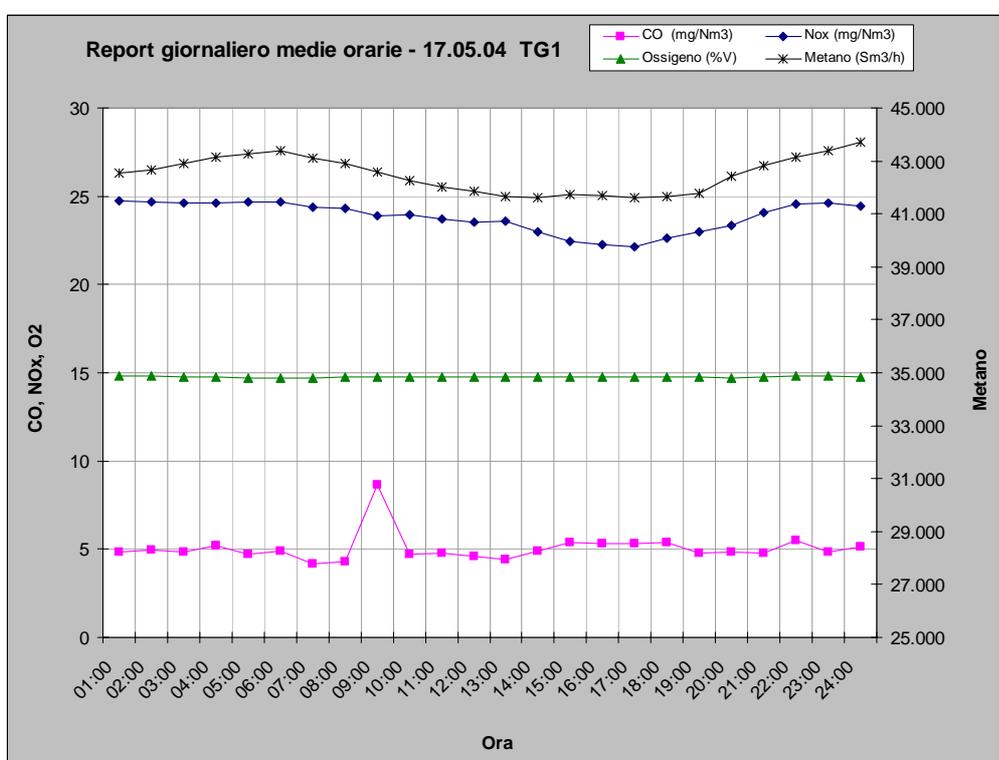
2.3.5.2.4 **Caso 4: lavaggio on-line**

Descrizione episodio: lavaggio on – line

Per l'ora in cui avviene il lavaggio on-line del compressore TG, i report giornalieri delle emissioni evidenziano un aumento (pari a ca. 4 mg/Nm<sup>3</sup>) nella media oraria del CO, come mostrato nel grafico seguente, riportato a titolo di esempio.

Tale aumento è riconducibile al cracking termico del prodotto detergente (temperatura nella camera di combustione: 530-560°C).

Data	Ora inizio lavaggio TG1	Ora inizio lavaggio TG2	Durata lavaggio ca. 30 minuti
17/05/04	9,00	11,10	



Poichè la rappresentazione grafica delle medie orarie della concentrazione degli inquinanti non evidenzia in modo adeguato ciò che avviene nel "periodo transitorio", per la fase di lavaggio sono stati elaborati anche i dati di concentrazione acquisiti con un intervallo di scansione pari ad 1 minuto.

Presumibilmente l'abbassamento nella concentrazione di NOx che si registra durante il lavaggio on-line potrebbe essere dovuto ad una sorta di effetto "steam injection".

