



L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

**Divisione Generazione ed Energy Management**  
**Area di Business Produzione Termoelettrica**  
Unità di Business Piombino  
Centrale Termoelettrica di Livorno

57123 Livorno, (LI) via Salvatore Orlando 15  
Tel. +39 0586393711 Fax +39 0586393769

prot. n° 478399/08

RACCOMANDATA A/R

Questo documento, allegati inclusi, contiene informazioni di proprietà di Enel Produzione S.p.A. e deve essere utilizzato esclusivamente dal destinatario in relazione alle finalità per le quali è stato ricevuto. E' vietata qualsiasi forma di riproduzione o di divulgazione senza l'esplicito consenso di Enel Produzione S.p.A. Qualora fosse stato ricevuto per errore si prega di informare tempestivamente il mittente e distruggere la copia in proprio possesso.

Livorno, 30/05/08



Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare - Direzione Salvaguardia Ambientale

prot. DSA-2008-0015641 del 09/06/2008

Spettabile  
Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio  
Direzione Generale per la Salvaguardia Ambientale  
Divisione VI - RIS

Via Cristoforo Colombo, 44  
00147 Roma

Al Dott. Giuseppe Lo Presti

**Oggetto: Integrazioni alla domanda di Autorizzazione Integrata Ambientale per la Centrale termoelettrica di LIVORNO. Pratica DSA-RIS-AIA-00 [2006.069]**

Con riferimento alla domanda di Autorizzazione Integrata Ambientale per la Centrale in oggetto, inviata con nostra prot.2338/06 del 28/09/2006, ed alla allegata richiesta di esenzione ai sensi dell'art.273 comma 5 del d.lgs.152/06, il sottoscritto Franco Nencini, in qualità di gestore del predetto impianto, revoca con la presente sia la suddetta richiesta di esenzione sia l'associato impegno di non far funzionare le 2 sezioni termoelettriche dell'impianto per più di 20.000 ore di normale funzionamento a partire dal 1/1/2008 e non oltre il 31/12/2015.

Tale revoca consegue, come da allegata relazione tecnica, alle misure di ottimizzazione della combustione e all'utilizzo di combustibile a più basso tenore di zolfo, la cui adozione consente il rispetto dei valori limite di emissione in vigore dal 1/1/2008 ai sensi dell'art.273 comma 4 del D.lgs.152/06.

In tal senso è pertanto da intendersi integrata e modificata la domanda di Autorizzazione Integrata Ambientale in oggetto.

E' stata adeguata nella colonna "valori limite" la scheda A.7 relativa alla domanda stessa, come da revisione allegata alla nostra prot. 478377 di pari data in riscontro alla Vostra richiesta di integrazioni prot. DSA-2008-0011041 del 21/4/2008.

Distinti saluti

Allegati c.s. n° 1

Enel Produzione SpA - Società con unico socio  
Sede Legale 00198 Roma, viale Regina Margherita 125  
Reg. Imprese di Roma P.I. e C.F. 05617841001  
R.E.A. 904803  
Capitale Sociale 2.400.000.000,00 Euro i.v.

**Enel Produzione S.p.A.**  
Unità di Business Termoelettrica Piombino  
Centrale Termoelettrica Livorno





L'ENERGIA CHE TI ASCOLTA.

Divisione Generazione ed  
Energy Management  
Area di Business Termoelettrica  
POG/U.B.T. Piombino - C.le Livorno

≠ He solo una lettera prot. 57 8399 del 30/5/08

RELAZIONE TECNICA  
ADEGUAMENTO alle PRESCRIZIONI relative ai LIMITI di  
EMISSIONE  
(art. 273 comma 6 del D.lgs.152/2006)

INDICE

1.	ADEGUAMENTO ai VALORI LIMITE di EMISSIONE di cui all'art. 273 comma 4 del D.lgs.152/2006	3
2.	APPARATO di ATOMIZZAZIONE	4
2.1	ATOMIZZATORE LOW-NOX A-Y-MIX SPACED	4
2.2	APPARATO SPERIMENTALE DI ATOMIZZAZIONE	5
	Apparato diagnostico	5
	Nomenclatura	6
2.3	MODALITÀ DI ESECUZIONE DELLE PROVE	6
	Caratterizzazione fluidodinamica	6
	Caratterizzazione granulometrica	6
3.	CARATTERIZZAZIONE FLUIDODINAMICA	9
4.	CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA	10
5.	CONCLUSIONI	11

Enel Produzione S.p.A.  
Unità di Business Termoelettrica Piombino  
Centrale Termoelettrica Livorno

pag. 1/10

Allegato n° 1 lettera prot. n° 478399 del 20/5/2008

**1. ADEGUAMENTO ai VALORI LIMITE di EMISSIONE di cui all'art. 273 comma 4 del D.lgs.152/2006**

Le unità 1 e 2 della centrale di Livorno sono costituite da due caldaie frontali, ciascuna da 155 MWe lordi (400 MWt), alimentate ad olio combustibile.

Ogni caldaia è dotata di 16 bruciatori e 4 NOx-port con registri dell'aria comburente radiali.

L'impianto è dotato di un sistema di filtrazione fumi di tipo elettrostatico.

La riduzione delle concentrazioni di SO<sub>2</sub> nei fumi, per adeguare il livello emissivo al limite di 1.050 mg/Nm<sup>3</sup> (come media su 48 h e sul mese), è realizzata tramite l'alimentazione delle caldaie con una miscela di olio combustibile STZ e BTZ (combustibili di cui all'allegato X alla parte quinta del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152).

Il tenore di zolfo massimo nel combustibile alimentato in tal modo è pari allo 0.61%, ottenuto con miscelazione della matrice BTZ con zolfo ≤ 1% e della matrice STZ con zolfo ≤ 0,3%.

La miscelazione avviene "in linea" per mezzo di miscelatori statici, posti sulle linee di riempimento delle casse giornaliere delle unità di produzione (2 serbatoi da 50 m<sup>3</sup>). La regolazione di miscelazione avviene utilizzando pompe volumetriche a portata variabile, attraverso il controllo elettronico della stessa.

Per il contenimento delle emissioni di NOx entro la concentrazione limite di 450 mg/Nm<sup>3</sup> (come media su 48 h e sul mese) l'impianto viene esercito in assetto BOOS (Burners Out Of Service - fuel staged combustion).

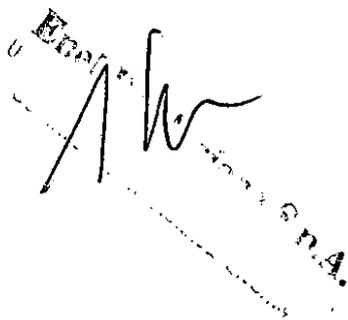
Ulteriore modalità di contenimento primario è l'atomizzazione dell'olio combustibile ottenuta con testine del tipo A-Y-mix T4 C4 ottimizzate dall'Unità RICERCA ENEL allo scopo.

L'attività svolta ha infatti comportato lo studio, la progettazione e la sperimentazione sull'impianto di nuovi atomizzatori ad alta miscelazione (denominati A-Y-mix Spaced) al fine di garantire un assetto stabile di combustione low-NOx dei bruciatori che minimizzi la quantità di NOx nei fumi.

Tutti i test per l'ottimizzazione dell'assetto BOOS sono stati condotti modificando l'apertura dei registri del 5 piano bruciatori (NOx-ports), intervenendo sui parametri d'impianto ed effettuando diverse prove negli assetti più significativi.

L'attività ha permesso di individuare assetti di combustione in cui le emissioni di NOx al camino si mantengono al disotto dei limiti di legge con una ottima trasparenza dei fumi in uscita dal camino in ogni condizione di funzionamento delle unità produttive.

Il presente documento riporta nel seguito i risultati dell'attività svolta.

 ENEL S.p.A.

log. 2/10





Allegato n° 1 lettera prot. n° 478399 del 20/5/2008

Questo strumento ha diversi campi di misura che dipendono dall'ottica ricevente. In questo caso è stato impiegato un campo molto esteso (11,6-1128  $\mu\text{m}$ ), in modo da monitorare la presenza di gocce di grande diametro, che sono le più dannose per la combustione.

### **Nomenclatura**

Di seguito è riportata la nomenclatura utilizzata per la caratterizzazione granulometria ed il suo significato.

<b>Dv0.5</b>	diametro mediano volumetrico locale in uno spray, in $\mu\text{m}$ , tale per cui il 50% in volume del campione è costituito da gocce più grandi, ed il 50% da gocce più piccole.
<b>X</b>	distanza del volume di misura dall'asse dello spray, in mm.
<b>Dv0.5 M</b>	diametro mediano volumetrico calcolato su tutta la sezione dello spray.
<b>%gocce&gt;300<math>\mu\text{m}</math></b>	percentuale locale in volume delle gocce aventi un diametro maggiore di 300 $\mu\text{m}$ .
<b>%gocce&gt;300<math>\mu\text{m}</math> M</b>	percentuale in volume, calcolata su tutto lo spray, delle gocce aventi un diametro maggiore di 300 $\mu\text{m}$ .
<b>C</b>	concentrazione di gocce nel volume di prova, calcolato come rapporto fra il volume occupato dalle gocce ed il volume di prova.
<b>A/F</b>	<i>air/fuel ratio</i> : rapporto percentuale in massa fra la portata di fluido atomizzante e la portata di combustibile.

### **2.3 Modalità di esecuzione delle prove**

#### **Caratterizzazione fluidodinamica**

Le prove sono state condotte sull'impianto sperimentale I.S.A.. La caratterizzazione è stata condotta facendo variare la portata dell'olio di simulazione alla testina da un valore minimo di 0 kg/h ad uno massimo di 2000 kg/h con intervalli di 200 kg/h. Per ogni portata è stata mantenuta fissa la pressione dell'aria di atomizzazione.

Per ciascun punto di misura sono state rilevate sia le portate che le pressioni del liquido e dell'aria di atomizzazione.

#### **Caratterizzazione granulometrica**

Le prove di caratterizzazione granulometrica hanno come scopo la misura del diametro medio volumetrico Dv0.5, della concentrazione volumetrica e della percentuale di gocce >300  $\mu\text{m}$ , parametri di fondamentale importanza ai fini della combustione.

L'asse del foro di uscita dello spray è stato mantenuto perpendicolare al raggio laser e la distanza tra l'atomizzatore e il raggio laser è stata mantenuta costante e pari a 300 mm.

Le prove tipicamente vengono condotte con l'assetto mostrato nella fig. 1.

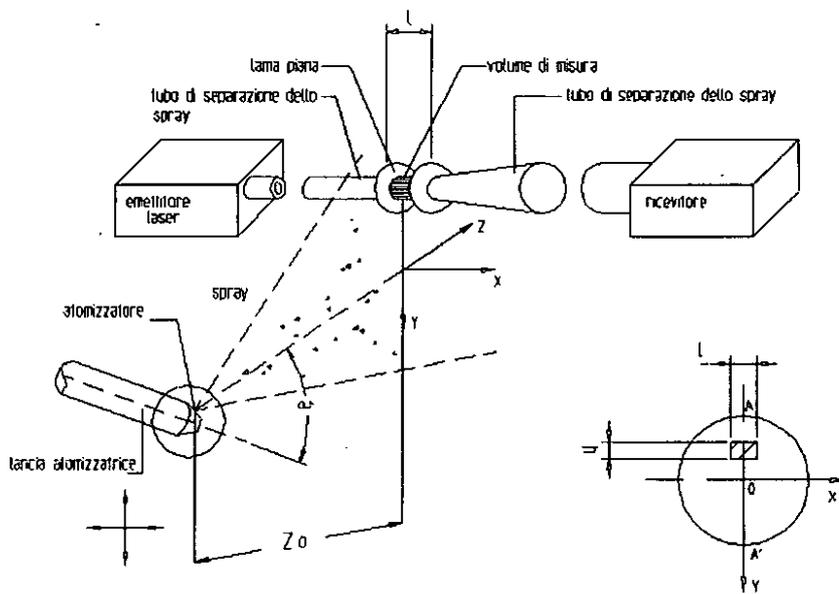


Figura 1

L'atomizzatore, opportunamente posizionato nella zona di prova, viene spostato in modo da studiare diverse zone di misura disposte lungo l'asse X, perpendicolare all'asse dello spray.

Per ogni zona viene misurata una distribuzione granulometrica, da cui si ottiene il  $Dv_{0.5}$ , la concentrazione volumetrica (Conc.) e la percentuale di gocce  $>300 \mu\text{m}$  che vengono poi disposte su un grafico in funzione della distanza X.

Spesso per semplificare il confronto granulometrico di un atomizzatore nelle diverse condizioni operative si ricorre alla determinazione del diametro medio volumetrico  $Dv_{0.5}$  M medio calcolato su tutta la sezione trasversale dello spray A e su un diametro L della sezione.

Quanto detto viene applicato pure alla percentuale di gocce più grandi di  $300 \mu\text{m}$ .

Di seguito riportiamo come si calcola il valor medio delle due grandezze su tutta la sezione dello spray :

Data una certa sezione trasversale dello spray, a distanza costante dall'atomizzatore, si può calcolare il diametro mediano volumetrico della sezione  $Dv_{0.5}$ , così definito:

Enel  
Unità di Bus  
Centrale Termoelettrica Livorno

leg. 6/10

Allegato n°1 lettera prot n° 478399 del 20/5/2008

$$Dv_{0.5} = \frac{\int_A D_{v0.5} * CdA}{\int_A CdA}$$

A è l'area della sezione trasversale dello spray mentre  $Dv_{0.5}$  e C sono il diametro e la concentrazione volumetrica puntuale, che debbono essere noti per tutti i punti della sezione.

Se i valori di  $Dv_{0.5}$  e C sono noti solo su un diametro del cono di spray, allora si può calcolare il diametro medio  $Dv_{0.5} M$  così definito:

$$Dv_{0.5} M = \frac{\int L D_{v0.5} * CdY}{\int L CdY}$$

L è la lunghezza del diametro del cono di spray, ed Y è la coordinata generica sul diametro.

La percentuale di gocce con diametro maggiore di  $300 \mu m$  M è stata ottenuta dalla elaborazione dei dati puntuali di %gocce >  $300 \mu m$ .

$$\%gocce > 300 \mu m M = \frac{\int \%gocce > 300 \mu m * CdY}{\int L CdY}$$

dove L è la lunghezza del diametro del cono di spray, ed Y è la coordinata generica sul diametro e %gocce >  $300 \mu m$  sono i valori puntuali misurati.

Enel Produzione S.p.A.  
Via di ... ..  
Genova

pag. 7/10

### 3. CARATTERIZZAZIONE FLUIDODINAMICA

La fig. 3 riporta le curve operative portata-pressione della testina per quattro pressioni dell'aria di atomizzazione (6, 8, 10, e 12 ate). Dalla figura si osserva che l'atomizzatore opera in un campo di pressioni dell'olio contenute per tutte le portate studiate.

In fig. 4 è invece riportato il consumo di aria atomizzante in funzione della portata di liquido. La portata del fluido atomizzante decresce con l'aumentare della portata di olio.

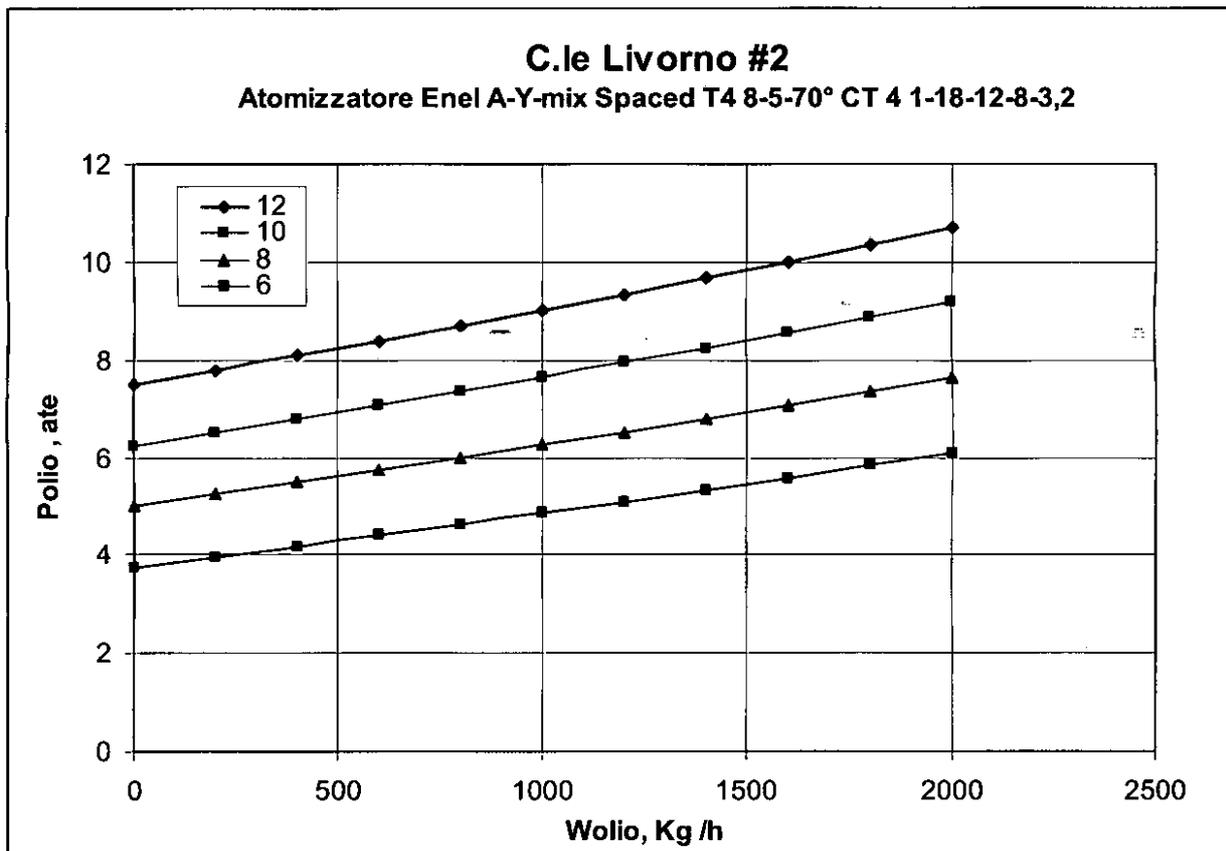


Figura 3

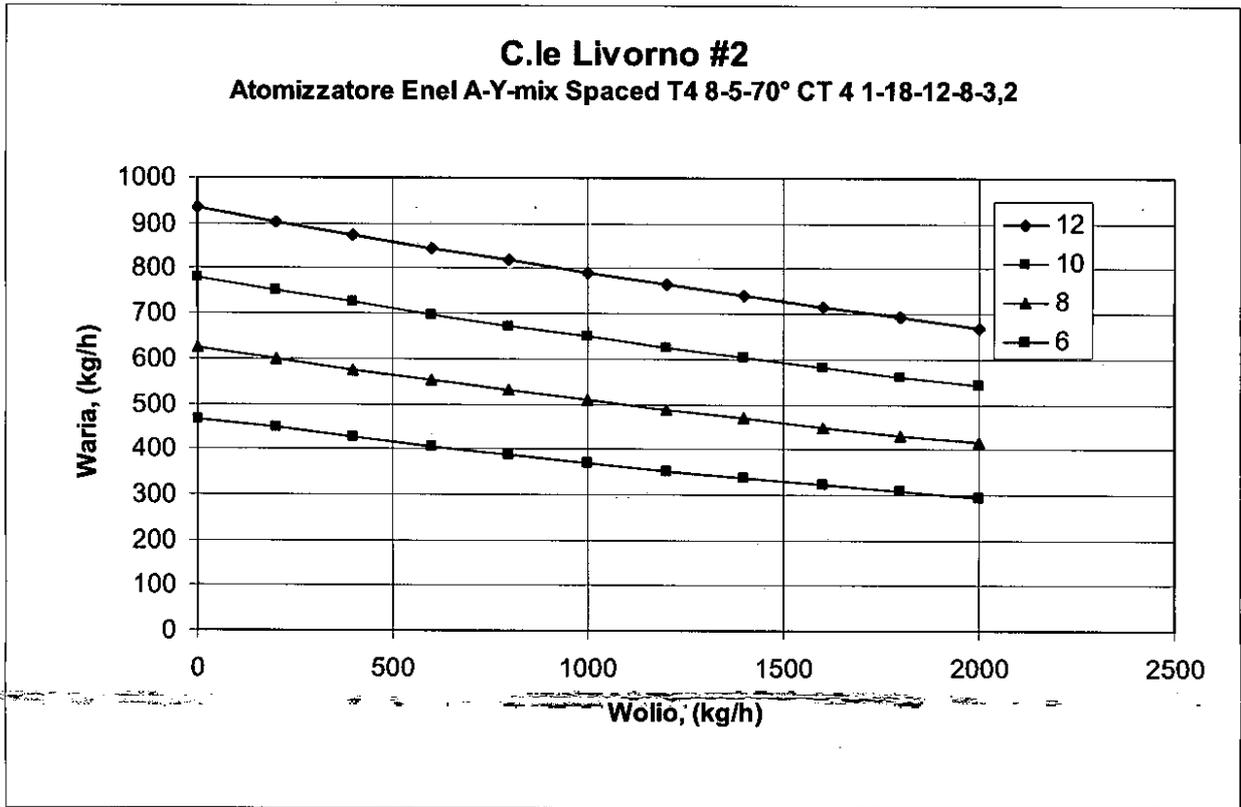


Figura 4

#### 4. CARATTERIZZAZIONE GRANULOMETRICA

Le prove sono state condotte alla portata di olio di 500 kg/h e quattro pressioni dell'aria di atomizzazione (6, 8, 10, e 12 at). L'olio è stato alimentato come da progetto nei condotti laterali, mentre l'aria è stata inviata nel condotto centrale.

In fig. 5 sono riportati i valori granulometrici radiali  $Dv_{0.5M}$  degli spray in funzione del rapporto massico tra l'aria atomizzante e il liquido (A/F) per i quattro assetti di prova.

Dalla figura si osserva che i valori risultano contenuti tra i 60 e i 30  $\mu\text{m}$ .

In generale le prove granulometriche mostrano un ottimo comportamento dell'atomizzatore per tutte le pressioni dell'aria studiate.

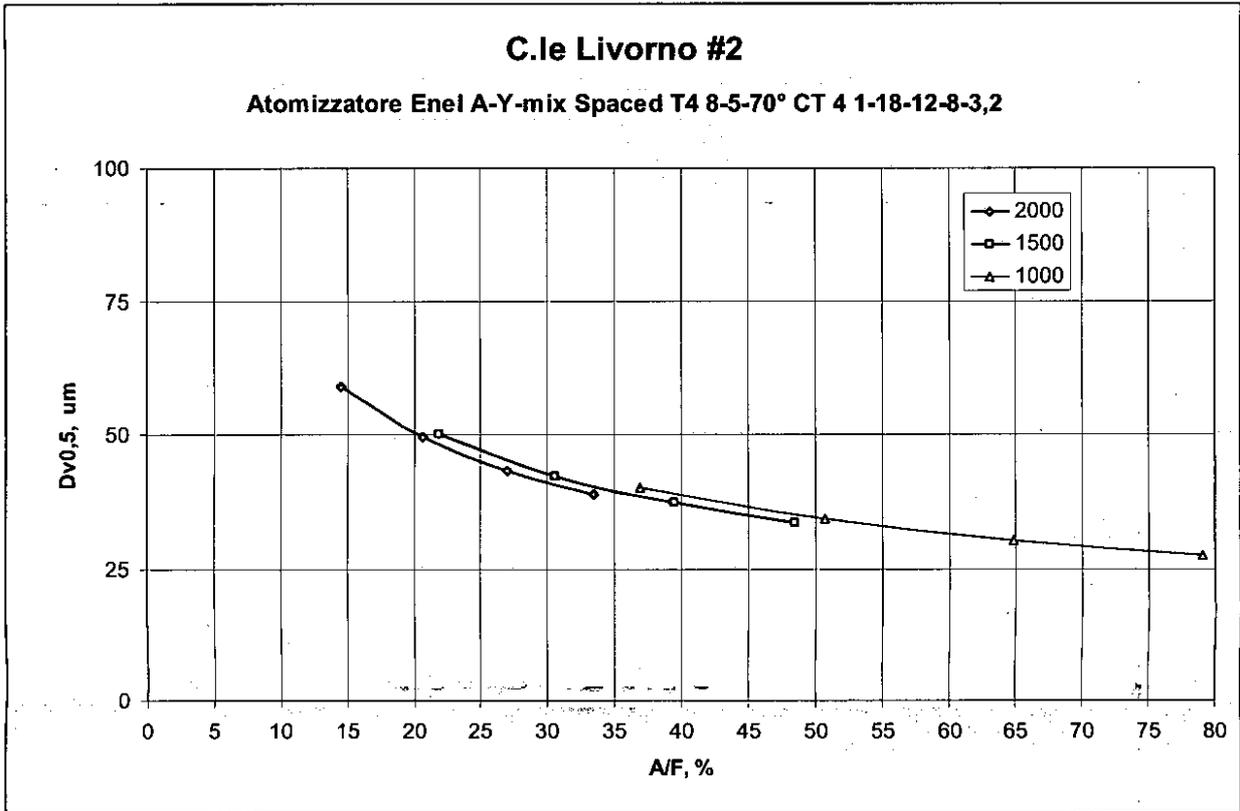


Figura. 5

### 5. CONCLUSIONI

L'atomizzatore A-Y-mix SPACED presenta degli spray con una ottima granulometrica delle gocce per tutte le pressioni dell'aria studiate e, ciò contribuisce ad una minore quantità di aria in camera di combustione con una significativa riduzione degli NOx al camino.

Le prove hanno accertato che l'impianto di Livorno, attrezzato per l'impiego delle nuove testine e in assetto BOOS, rispetta i limiti sulle emissioni di NOx imposti dal D.lgs.152/06 per impianti a potenza termica < 500 MW (450 mg/Nm3), con una bassa concentrazione di CO e polveri al camino.

Come già indicato, l'alimentazione delle caldaie avviene con una miscela di olio combustibile STZ e BTZ, con tenore di zolfo del combustibile e conseguente concentrazione di SO2 alle emissioni nel pieno rispetto dei limiti imposti dal D.lgs.152/06 per impianti a potenza termica pari a 400 MW (1.050 mg/Nm3).