

## ***Modalità di calcolo delle emissioni massiche di anidride solforosa, ossidi di azoto e polveri***

TESTATO  
VERIFICATO  
d. 16/06/2003  


### **INDICE:**

1. Introduzione
2. Calcolo delle emissioni
3. Determinazione della concentrazione media di inquinanti - Impianti dotati di SME
4. Determinazione della concentrazione media di inquinanti - Impianti non dotati di SME
5. Calcolo del volume dei fumi secchi prodotti dalla combustione di OCD
6. Calcolo del volume dei fumi secchi prodotti dalla combustione di gas naturale
7. Applicazione delle formule per il calcolo del volume dei fumi prodotto dalla combustione di olio e gas naturale

Rev.	Data	Compilazione	Verifica	Approvazione
2	15/02/02	Ferrara		

## 1 INTRODUZIONE

Il presente documento descrive le metodologie utilizzate per la determinazione delle emissioni massiche degli inquinanti comunicate annualmente alle Autorità competenti ai sensi e per gli effetti delle seguenti normative:

- a) **DM 10/03/87 n° 105**; ai sensi della lettera D.2 è fatto obbligo ai gestori delle sorgenti di emissione di comunicare, entro il **31 gennaio** di ogni anno, le tonnellate di SO<sub>2</sub>, NO<sub>x</sub> (come NO<sub>2</sub>) e polveri emesse, l'anno precedente, dall'insieme dei propri impianti al **Ministero dell'Ambiente** ed al **Ministero della Sanità**;
- b) **DM 08/05/89**; ai sensi della lettera B, allegato 10 è fatto obbligo ai gestori delle sorgenti di emissione di comunicare, entro il **28 febbraio** di ogni anno, le tonnellate di SO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub> (come NO<sub>2</sub>) emesse, l'anno precedente, per ogni loro singolo impianto termoelettrico al **Ministero dell'Ambiente**;
- c) **Legge n° 449 del 27/12/97**; ai sensi dell'art. 17 comma 29 è fatto obbligo ai gestori delle sorgenti di emissione di comunicare, entro il **28 febbraio** di ogni anno, le tonnellate di SO<sub>2</sub> ed NO<sub>x</sub> (come NO + NO<sub>2</sub>) emesse, l'anno precedente, per ogni loro singolo impianto termoelettrico all'**Ufficio Tecnico di Finanza** competente.
- d) **DPR 26/10/2001 n° 416** stabilisce il campo di applicazione, i soggetti obbligati, gli adempimenti e le modalità di calcolo delle emissioni, nei vari casi, ai fini del pagamento della tassa delle emissioni di cui alla L. 449/1997.

## 2 CALCOLO DELLE EMISSIONI

Con riferimento ai disposti dell'Allegato tecnico al regolamento recante le norme di applicazione della tassa sulle emissioni di anidride solforosa (SO<sub>2</sub>) e di ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>) pubblicato con il DPR 416/2001, sono stati sviluppati i metodi di calcolo per questi inquinanti nelle varie ipotesi impiantistiche possibili in ambito UB PG. I metodi selezionati sono stati anche applicati per il calcolo delle emissioni di Polveri così da soddisfare agli obblighi scaturenti dal DM 105/1987 e 8/5/1989.

### Metodo generale

Le emissioni espresse in termini di tonnellate/anno, sono determinabili secondo la seguente relazione:

(2)

$$\text{Emis. (t/anno)} = \text{Conc.}_{\text{media annua}} (\text{mg/Nm}^3) * \text{Vol.}_{\text{fumi}} (\text{Nm}^3/\text{anno}) * 10^{-9}$$

dove:

Conc. è la misura della concentrazione media annua dell'inquinante nei gas di combustione prodotti (vedi punti 3 e 4) normalizzata al 3% di ossigeno, 0 °C e 101,3 kPa;

Vol.fumi è il volume dei fumi secchi prodotti nel periodo, normalizzato al 3 % di ossigeno, a 0 °C, 101,3 kPa, calcolato in base all'analisi dei combustibili utilizzati (vedi punti 5, 6 e 7);

Si fa distinzione tra gli impianti dotati di sistemi di monitoraggio in continuo delle emissioni (S.M.E.) da quelli, con potenza termica < 300 MW, che ne sono sprovvisti.

## 3 DETERMINAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA DI INQUINANTI - IMPIANTI DOTATI DI SME

Il sistema di monitoraggio in continuo delle emissioni (SME), fornisce le concentrazioni medie orarie, mensili ed annuali di biossido di zolfo, ossidi di azoto

espressi come NO<sub>2</sub> equivalente, polveri e monossido di carbonio, normalizzate al 3% di ossigeno, 0 °C e 101,3 kPa.

### 3.1 Anidride solforosa (SO<sub>2</sub>)

Tramite il sistema di misura in continuo delle emissioni si determina il valore di concentrazione media annua normalizzato.

Utilizzando coefficienti (K) che esprimono il volume normalizzato di fumi per quantità e tipologia di combustibile si calcola la quantità totale di fumi emessa.

Il prodotto delle due grandezze sopra calcolate fornisce il valore di emissione (2). Da utilizzare per tutti gli adempimenti di cui all'introduzione.

### 3.2 Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Tramite il sistema di misura in continuo delle emissioni si determina il valore di concentrazione media annua normalizzato (espresso come NO<sub>2</sub>).

Utilizzando coefficienti (K) che esprimono il volume di fumi normalizzato per quantità e tipologia di combustibile si calcola la quantità totale di fumi emessa.

#### 3.2A Determinazione delle emissioni per gli adempimenti ex DM 105 del 10/03/87 e DM 08/05/89

Il prodotto delle due grandezze sopra calcolate fornisce il valore di emissione espresso come NO<sub>2</sub> equivalente (secondo la 2) da utilizzare per le dichiarazioni ai sensi dei DM 10/03/87 e 08/05/89.

#### 3.2B Determinazione delle emissioni per le dichiarazioni ex legge 449/97

Ai fini dell'imposizione fiscale, prevista dalla legge 449/97, bisogna calcolare l'effettiva concentrazione di (NO + NO<sub>2</sub>).

Utilizzando la ripartizione tra monossido e biossido di azoto, così come riportato al punto 2.2.0, formula 9, dell'Allegato tecnico al DPR 416/2001, si rileva che, negli ossidi emessi, gli NO equivalgono al 95% degli NO<sub>2</sub> equivalenti ed il rimanente 5% è costituito dagli NO<sub>2</sub>.

Gli NO in presenza di O<sub>3</sub> si trasformano in NO<sub>2</sub> in modo da essere rilevati dal misuratore:



in termini di grammolecole la 3.21 diventa:

3.22  $O_1$   
30 gr NO  $\rightarrow$  46 gr NO<sub>2</sub>

Con riferimento a un kg di biossido di azoto (dividendo per 46 e moltiplicando per 30) si ha:

3.23  $O_1$   
0.652 kg NO  $\rightarrow$  1 kg NO<sub>2</sub> ; NO = NO<sub>2</sub> equiv./1.53

Pertanto:

3.24

$$\text{NO} + \text{NO}_2 \text{ [mg/Nm}^3\text{]} = \text{NO}_2 \text{ equiv. [mg/Nm}^3\text{]} * 0,95/1,53 + \text{NO}_2 \text{ equiv. [mg/Nm}^3\text{]} * 0,05$$

La 3.24 permette di determinare, nota la concentrazione rilevata dal misuratore come NO<sub>2</sub>, la somma delle concentrazioni effettive normalizzate di NO + NO<sub>2</sub> da utilizzare per la determinazione dei valori di emissione da dichiarare per la legge 449/97.

Pertanto il prodotto del volume dei fumi emessi per la concentrazione NO + NO<sub>2</sub> definita con la 3.24 fornisce il valore di emissione da utilizzare per la dichiarazione.

### 3.3 Polveri

Tramite il sistema di misura in continuo delle emissioni si determina il valore di concentrazione media annua normalizzato.

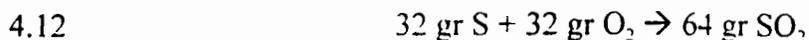
Utilizzando coefficienti (k) che esprimono il volume di fumi normalizzato per quantità e tipologia di combustibile si calcola la quantità totale di fumi emessa.

Il prodotto delle due grandezze sopra calcolate fornisce il valore di emissione (secondo la 2). Da utilizzare per le dichiarazioni ex DM 10/03/87 e 08/05/89.

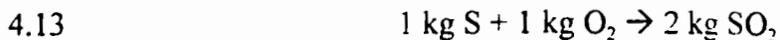
## 4 DETERMINAZIONE DELLA CONCENTRAZIONE MEDIA DI INQUINANTI - IMPIANTI NON DOTATI DI SME

### 4.1 Anidride solforosa (SO<sub>2</sub>)

Le determinazioni delle emissioni si eseguono mediante calcoli stechiometrici sulla base dei consumi dei singoli combustibili e dei relativi tenori di zolfo medi, ponderati, annui. Da questa quantità si detrae la percentuale del 3% onde tenere conto della quantità di SO<sub>2</sub> che si trasforma in SO<sub>3</sub> e/o che viene segregata nelle ceneri della combustione.



Con riferimento ad un kg di zolfo si ha:



Pertanto la concentrazione media annua di biossido di zolfo è:

4.14

$$\text{Conc. (SO}_2\text{) [mg/Nm}^3\text{]} = 2 * S \% * Q_{\text{ocd}} \text{ [kg/anno]} * 0,97 * 10^4 / V_{\text{fumi 3\%O}_2} \text{ [Nm}^3\text{/anno]}$$

Applicando la (2) si ha:

4.15

$$\text{Emis. (SO}_2\text{)[t/anno]} = 2 * S \% * Q_{\text{ocd}} \text{ [kg/anno]} * 0,97 * 10^{-5}$$

dove:

S è la percentuale di zolfo medio annuo nel combustibile, calcolato come media pesata delle percentuali di zolfo relative ai combustibili utilizzati

Q<sub>ocd</sub> è il quantitativo di combustibile bruciato [kg/anno]

0,97 coefficiente di riduzione per SO<sub>2</sub> che tiene conto della segregazione di questa, sotto varie forme, nelle ceneri della combustione e/o della formazione della SO<sub>3</sub>.

La 4.15 fornisce il valore di emissione da utilizzare per le dichiarazioni di cui in introduzione.

## 4.2 Ossidi di azoto (NO<sub>x</sub>)

Sulla base dei risultati di campagne di misura viene definito un valore di concentrazione media annua normalizzato, funzione del coefficiente di carico di ciascuna unità termoelettrica (espresso come NO<sub>2</sub> equivalente).

Utilizzando coefficienti (k) che esprimono il volume di fumi normalizzato per quantità e tipologia di combustibile si calcola la quantità totale di fumi emessa.

#### **4.2A Determinazione delle emissioni per gli adempimenti ex DM 105 del 10/03/87 e DM 08/05/89**

Il prodotto delle due grandezze sopra calcolate fornisce il valore di emissione espresso come NO<sub>2</sub> equivalente (secondo la 2) da utilizzare per le dichiarazioni ai sensi dei DM 10/03/87 e 08/05/89.

#### **4.2B Determinazione delle emissioni per gli adempimenti ex Legge 449/97**

Ai fini della imposizione fiscale, prevista dalla legge 449/97, come già detto, bisogna calcolare l'effettiva concentrazione di (NO + NO<sub>2</sub>). A tal fine si utilizza sempre la 3.24 che permette di determinare, nota la concentrazione media annua normalizzata (come NO<sub>2</sub>) sopra determinata, la somma normalizzata delle concentrazioni effettive di NO + NO<sub>2</sub> da utilizzare per la determinazione dei valori di emissione da dichiarare per la legge 449/97.

Pertanto il prodotto del volume normalizzato dei fumi emessi per la concentrazione NO + NO<sub>2</sub> definita con la 3.24 fornisce il valore di emissione da utilizzare per la dichiarazione.

#### **4.3 Polveri**

Analogamente, come per gli NO<sub>x</sub>, sulla base di campagne di misura, viene definito un valore di concentrazione media annua normalizzato funzione del coefficiente di carico di ciascuna unità termoelettrica.

Utilizzando coefficienti che esprimono il volume normalizzato di fumi per quantità e tipologia di combustibile si calcola la quantità totale di fumi emessa.

Il prodotto delle due grandezze sopra calcolate fornisce il valore di emissione (2). Da utilizzare per le dichiarazioni ex DM 10/03/87 e 08/05/89.

### **5 CALCOLO DEL VOLUME DEI FUMI SECCHI PRODOTTI DALLA COMBUSTIONE DI OCD**

Il volume a 0 °C e 101,3 kPa dei fumi secchi emessi per kg di olio viene determinato, convenzionalmente, così come descritto nel richiamato Allegato tecnico del DPR 416/2001, utilizzando la seguente formula basata sulla composizione percentuale in peso dei singoli elementi costituenti il combustibile utilizzato.

### 5.1

$$\text{Vol.}_{\text{fumi}} [\text{Nm}^3/\text{kg}] = (8,86 * C + 20,89 * H + 3,31 * S + (0,8 \div 7,6) * N - 2,63 * O) / 100$$

dove:

- C = % in peso di carbonio medio ponderale presente nei combustibili utilizzati
- H = % in peso di idrogeno medio ponderale presente nei combustibili utilizzati
- N = % in peso di azoto medio ponderale presente nei combustibili utilizzati
- O = % in peso di ossigeno medio ponderale presente nei combustibili utilizzati
- S = % in peso di zolfo medio ponderale presente nei combustibili utilizzati

In considerazione del fatto che gli ossidi di azoto che si formano sono costituiti dal 95 % di NO e dal 5 % di NO<sub>2</sub>, il fattore da adoperare per l'azoto è di 4,76.

Come prescritto dalle normative in tema di emissioni in atmosfera, il volume dei fumi deve essere calcolato con riferimento a una ben precisa percentuale di ossigeno in eccesso, che nel caso della combustione ad olio e a gas naturale è pari al 3 % .

Pertanto il valore ottenuto dalla formula precedente deve essere moltiplicato per il fattore di correzione di cui al punto 5, art. 3 del D.M. 12/7/90:

### 5.2

$$\frac{21}{21 - O_r}$$

dove O<sub>r</sub> è l'ossigeno di riferimento.

Indicando con K' il valore risultante dal prodotto di cui sopra, il volume dei gas normalizzati al 3 % di ossigeno, 0 °C e 101,3 kPa, prodotti da Q<sub>ocd</sub> Kg di olio potrà essere espresso in modo sintetico da:

### (5.3)

$$\text{Vol.}_{\text{fumi } 3\% \text{ O}_2} [\text{Nm}^3] = K' * Q_{\text{ocd}} [\text{kg}]$$

Valori di K', per alcune tipologie di OCD, sono determinati al punto 7.

## 6 CALCOLO DEL VOLUME DEI FUMI SECCHI PRODOTTI DALLA COMBUSTIONE DI GAS NATURALE

Per quel che riguarda la combustione del gas naturale valgono le stesse considerazioni fatte per la combustione ad olio.

Pertanto con riferimento al sopra richiamato Allegato tecnico il volume normalizzato dei gas di combustione per kg di gas naturale è:

### 6.1

$$\text{Vol.}_{\text{fumi}} [\text{Nm}^3/\text{kg}] = (8,86 * C + 20,89 * H + (0,8 \div 7,6) * N - 2,63 * O) / 100$$

dove:

C	=	% in peso di carbonio nel GN
H	=	% in peso di idrogeno nel GN
N	=	% in peso di azoto nel GN
O	=	% in peso di ossigeno nel GN

In considerazione del fatto che il gas naturale (metano algerino) contiene elevate percentuali di azoto molecolare che si comporta come quello dell'aria, può essere considerato idoneo per l'azoto il coefficiente 0,8 previsto nell'Allegato tecnico.

Il volume dei fumi normalizzato espresso in  $\text{Nm}^3/\text{Sm}^3$  si otterrà moltiplicando il valore dato dalla 6.1 per la massa volumica espressa in  $\text{kg}/\text{Sm}^3$  (mediamente 0,795).

Per le stesse considerazioni fatte per l'olio al punto 5, la precedente formula può esprimersi nella seguente forma:

(6.2)

$$\text{Vol.}_{\text{fumi } 3\% \text{ O}_2} [\text{Nm}^3] = K'' * Q_{\text{gas}} [\text{Sm}^3]$$

dove:

$Q_{\text{gas}}$  è il consumo di gas metano [ $\text{Sm}^3$ ],

$K''$  è il volume normalizzato dei fumi in  $\text{Nm}^3/\text{Sm}^3$  al 3% di ossigeno. (Ottenuto dal prodotto del volume dei fumi della formula 6.1 per la massa volumica e per il fattore di normalizzazione di cui al punto 5)

Valori di  $K''$ , per la composizione corrente di GN, sono determinati al punto 7.

## 7 APPLICAZIONE DELLE FORMULE PER IL CALCOLO DEL VOLUME DEI FUMI PRODOTTO DALLA COMBUSTIONE DI OLIO E GAS NATURALE

Nel seguito sono determinati i valori di K' utilizzando le formule di cui al punto 5 per tre tipologie di olio normalmente utilizzato:

	STZ	MTZ	BTZ	
C	88,00	86,50	87,60	
H	11,00	10,50	10,40	
S	0,50	2,00	1,00	
N	0,20	0,30	0,42	
O	0,20	0,20	0,30	
ceneri	0,05	0,45	0,04	
H <sub>2</sub> O	0,05	0,10	0,05	
<b>Vol.<sub>fumi 3% O<sub>2</sub></sub></b>	<b>11,80</b>	<b>11,59</b>	<b>11,64</b>	Nm <sup>3</sup> di fumi/kg di OCD

Nel seguito sono determinati i valori di K'' utilizzando le formule di cui al punto 6 con riferimento alla composizione media del gas naturale algerino utilizzato.

La composizione media degli elementi principali del gas naturale algerino è la seguente:

	% in peso
C	70,50
H	21,80
N	7,27
O	0,45

**Vol.<sub>fumi 3% O<sub>2</sub></sub>**                      **10,06** Nm<sup>3</sup> di fumi/Sm<sup>3</sup> di GN