



# SEC STUDIO ELETTROTECNICO DI CAZZAMALI LUCA

20090 SEGRATE (MI) • VIA CASCINA FRA DI SESTO, 9M • TEL/FAX +39 2 26928966 • info@secweb.it  
COD. FISC. CZZLCU77E24F205A • P. I.V.A. 03695810964

*Committente:*



*Comune di Vimodrone  
Provincia di Milano  
Via C. Battisti, 56 – 20090 Vimodrone (MI)*

*Progetto esecutivo:*

**ADEGUAMENTO E MESSA IN SICUREZZA  
IMPIANTO ELETTRICO UTILIZZATORE  
CENTRO SPORTIVO COMUNALE  
DI VIA PIO LA TORRE – 20090 VIMODRONE (MI)**

**All.2 - Doc.09/PE027-14**

## **CLASSIFICAZIONE DELLE AREE CON PERICOLO ESPLOSIONE**

### **Edificio Spogliatoi Corpo Bar**

Segrate li, 22 settembre 2014

Fulvio Ing. Cassani



---

**Dati della sostanza pericolosa n° 1:**

	<i>Denominazione sostanza pericolosa:</i>	<b><u>METANO</u></b>
	<i>Formula chimica:</i>	<b>CH<sub>4</sub></b>
<b>M</b>	<i>Massa molare</i>	<b>16,04</b> kg/kmol
<b><math>\rho_{liq}</math></b>	<i>Massa volumica</i>	<b>415</b> kg/m <sup>3</sup>
	<i>Densità di vapore relativa all'aria</i>	<b>0,554</b>
<b><math>\gamma</math></b>	<i>rapporto tra i calori specifici (indice di espansione)</i>	<b>1,31</b>
<b>L.E.L.</b>	<i>limite inferiore di esplodibilità (lower explosion limit)</i>	<b>0,0294</b> kg/m <sup>3</sup>
<b>L.E.L.%</b>	<i>limite inferiore di esplodibilità percent. (lower explosion limit)</i>	<b>4,4</b> %
<b>U.E.L.%</b>	<i>limite superiore di esplodibilità (upper explosion limit)</i>	<b>17,0</b> %
	<i>Temperatura di infiammabilità</i>	<b>&lt; 0</b> °C
	<i>Temperatura di accensione</i>	<b>537</b> °C
	<i>Gruppo e classe di temperatura</i>	<b>IIA - T1</b>
<b>P<sub>v</sub></b>	<i>pressione di vapore della sostanza infiammabile</i>	Pa
<b>R</b>	<i>Costante universale dei gas</i>	<b>8314</b> J/kmol.k

---

## **Elenco sorgenti di emissione**

5.3. - Sorgenti di emissione presenti nella zona adibita a centrale termica alimentata a METANO.

S.E. n° 6.3.1	perdita dalla tenuta della valvola di intercettazione su alimentazione metano
S.E. n° 6.3.2	perdita da raccordo sulla tubazione metano in ingresso alla caldaia

---

**S.E. 5.3.1 - Perdita da valvola di intercettazione su tubazione ingresso metano.****A - Dati e caratteristiche****Dati di processo**

*Tipologia impianto:* **Centrale termica**

*Processo:* **Riscaldamento acqua**

**P** *Pressione assoluta all'interno del sistema di contenimento in condizioni normali.* **104000 Pa**  
**1,04 bar**

**T<sub>i</sub>** *Temperatura assoluta all'interno del sistema di contenimento* **293 K**  
**20 °C**

**Dati ambientali:**

*Luogo:* **Aperto**

*Tipo di ventilazione:* **Naturale**

**P<sub>a</sub>** *Pressione atmosferica:* **101300 Pa**  
**1013 mbar**

**T** *Temperatura media assoluta ambiente esterno:* **293 K**  
**20 °C**

*Disponibilità della ventilazione:* **Buona**

**f** *Fatt. di efficacia della ventilazione:* **2**

**w** *Velocità dell'aria in corrispondenza della sorgente di emissione:* **0,5 m/s**

**C** *Ricambi d'aria dell'ambiente considerato:* **100 h<sup>-1</sup>**  
**0,03 s<sup>-1</sup>**

**g** *Accelerazione di gravità:* **9,81 m/s<sup>2</sup>**

---

**Caratteristiche della sorgente di emissione:**

<i>Tipologia:</i>	<b>Perdita dalla guarnizione di tenuta di una valvola di intercettazione situata all'esterno della centrale termica.</b>	
<i>Frequenza massima di guasto:</i>		<b>0,2</b> eventi/anno
<i>grado:</i>		<b>Secondo</b>
<b>k</b>		<b>0,5</b>
<b>t<sub>e</sub></b> <i>Tempo di intervento stimato per l'eliminazione del guasto</i>		<b>900</b> s 15 min
<b>A</b> <i>Sezione dell'ipotetico foro di guasto</i>		<b>0,0000025</b> m <sup>2</sup> 2,5 mm <sup>2</sup>
<i>Sostanza pericolosa:</i>		<b>METANO</b> (sostanza N° 1)
<i>Fase:</i>		<b>Gassosa</b>

---

## **B - Portata di emissione**

*Di seguito viene calcolata la portata di emissione della sostanza sotto forma di gas (vapore)*

### **B1 - Definizione del regime di flusso:**

*Utilizzando la formula GB.4.1.1 della guida C.E.I. 31-35, viene definito il regime di flusso*

*equazione verificata = flusso sonico*

*equazione non verificata = flusso subsonico*

$$\frac{P_a}{P} \leq \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$
$$\frac{101300}{104000} \leq \left( \frac{2}{1,31 + 1} \right)^{\frac{1,31}{1,31 - 1}}$$
$$0,974 \leq 0,544$$

## B2 - Calcolo della portata di emissione - $Q_t$ :

Nel calcolo seguente, utilizzando la formula GB.4.1.2 della guida C.E.I. 31-35, si quantifica la portata della sostanza che fuoriesce in fase gassosa dall'ipotetico foro di guasto.

$$Q_g = \varphi \cdot c \cdot A \left[ \gamma \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right) \right]^\beta \sqrt{\frac{P}{\left( R \frac{T_i}{M} \right)^{0,5}}}$$

dove

$$\beta = \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} = \frac{1,31 + 1}{1,31 - 1} = 7,45$$

$$\varphi = \left( \frac{P_a}{P} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{P_a}{P} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]^{0,5} \cdot \left[ \left( \frac{2}{\gamma - 1} \right) \cdot \left( \frac{\gamma + 1}{2} \right)^\beta \right]^{0,5}$$

$$\varphi = \left( \frac{101300}{104000} \right)^{\frac{1}{1,31}} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{101300}{104000} \right)^{\frac{1,31 - 1}{1,31}} \right]^{0,5} \cdot \left[ \left( \frac{2}{1,31 - 1} \right) \cdot \left( \frac{1,31 + 1}{2} \right)^{7,45} \right]^{0,5}$$

$$\varphi = 0,335$$

$$Q_g = 0,335 \cdot 0,8 \cdot 0,00000250 \left[ 1,31 \left( \frac{2}{1,31 + 1} \right)^{7,45} \right]^{0,5} \sqrt{\frac{104000}{\left( 8314 \frac{293}{16,04} \right)^{0,5}}}$$

$$Q_g = 0,000120 \text{ kg/s}$$

---

## **C - Calcolo del volume pericoloso**

### **C1 - Calcolo della quantità minima di aria fresca - (dV/dt)<sub>min</sub>:**

*Di seguito viene determinata la quantità minima di aria fresca **(dV/dt)<sub>min</sub>** necessaria per mantenere la concentrazione della sostanza pericolosa al di sotto del L.E.L.*

Portata dell'emissione **(dG/dt)<sub>max</sub> = Q<sub>g</sub>:**                      **0,00012    kg/s**

Portata minima volumetrica di aria fresca **(dV/dt)<sub>min</sub>:**

$$(dV/dt)_{min} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \cdot L.E.L.(kg/m^3)} \cdot \frac{T}{293}$$

$$(dV/dt)_{min} = \frac{0,00012}{0,5 \cdot 0,0294} \cdot \frac{293}{293}$$

$$(dV/dt)_{min} = \frac{0,0082 \text{ m}^3/s}{29,4 \text{ m}^3/h}$$

*Dove **k** è un fattore di sicurezza applicato al L.E.L., tipicamente:  
0,25 per emissioni di grado continuo o primo  
0,5 per emissioni di secondo grado*



### C2 - Calcolo del volume della zona pericolosa - Vz:

Applicando la formula B.4 della norma C.E.I. 60079-10, viene calcolato il volume pericoloso  $V_z$

$$V_z = \frac{f \times (dV/dt)_{\min}}{C}$$

$$V_z = \frac{2 \cdot 0,0082}{0,03}$$

$$V_z = 0,544 \text{ m}^3$$

### C3 - Calcolo del tempo di persistenza:

Dopo avere calcolato l'estensione del volume pericoloso in caso di emissione, si valuta il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva dal momento in cui l'emissione cessa. Per il calcolo del tempo di persistenza si applica la formula B.6 della norma C.E.I. E.N. 60079-10:

$$t = \frac{-f}{C \text{ (h}^{-1})} \ln \frac{L.E.L.\% \cdot k}{X_0\%}$$

considerando  $X_0\% = 100$ ;  $t$  risulta:

$$t = \frac{-2}{100} \ln \frac{4,4 \cdot 0,5}{100} = 0,076 \text{ h}$$

( 4 m 35 s )

Grado di ventilazione:

Alto

Tipo di zona:

Zona 2 NE

---

**S.E. 5.3.3 perdita da raccordo sulla tubazione metano in ingresso alla caldaia.****A - Dati e caratteristiche****Dati di processo**

*Tipologia impianto:* **Centrale termica**

*Processo:* **Riscaldamento acqua**

**P** *Pressione assoluta all'interno del sistema di contenimento  
in condizioni normali* **104000 Pa**  
**1,04 bar**

*Temperatura assoluta all'interno del sistema di contenimento* **303 K**  
**30 °C**

**Dati ambientali:**

*Luogo:* **Chiuso**

*Tipo di ventilazione:* **Naturale**

*Disponibilità della ventilazione* **Buona**

**V<sub>tot</sub>** *Volume totale del luogo chiuso considerato:* **21 m<sup>3</sup>**

**V** *Volume utile del luogo chiuso considerato (V<sub>tot</sub> - ingombro caldaia):* **17,85 m<sup>3</sup>**

**A<sub>i</sub>** *Area dell'ipotetica apertura di ventilazione* **2,78 m<sup>2</sup>**

**c<sub>s</sub>** *Coefficiente di scarico di un'apertura* **0,65**

**Δc<sub>p</sub>** *Coefficiente di incidenza del vento* **0,9**

*Temperatura media ambiente esterno:* **20 °C**

*Temperatura minima ambiente interno:* **5 °C**

---

<i>Temperatura massima ambiente interno:</i>	<b>35 °C</b>
<b>T</b> <i>Temperatura media assoluta ambiente interno:</i>	<b>293 K</b> <b>20 °C</b>
<i>Disponibilità della ventilazione:</i>	<b>Buona</b>
<b>f</b> <i>Fatt. di efficacia della ventilazione:</i>	<b>2</b>
<b>w</b> <i>Velocità dell'aria nell'ambiente esterno in condizioni di calma di vento:</i>	<b>0,5 m/s</b>
<b>Q</b> <i>Portata della ventilazione artificiale presente</i>	<b>0 m<sup>3</sup>/s</b> <b>0 m<sup>3</sup>/h</b>
<b>g</b> <i>Accelerazione di gravità</i>	<b>9,81</b>
<b>P<sub>a</sub></b> <i>Pressione atmosferica:</i>	<b>101300</b> <b>1013</b>

---

### Caratteristiche della sorgente di emissione:

<i>Tipologia:</i>	<b>Perdita da un raccordo sulla tubazione metano in ingresso alla caldaia.</b>	
<i>Frequenza massima di guasto:</i>		<b>0,2</b> eventi/anno
<i>grado:</i>		<b>secondo</b>
<b>k</b>		<b>0,5</b>
<b>t<sub>0</sub></b> <i>Tempo di intervento stimato per l'eliminazione del guasto</i>		<b>900</b> s <b>15</b> min
<b>A</b> <i>Sezione dell'ipotetico foro di guasto</i>		<b>0,00000025</b> m <sup>2</sup> <b>0,25</b> mm <sup>2</sup>
<i>Sostanza pericolosa:</i>		<b>METANO</b> (sostanza N°1)
<i>Fase:</i>		<b>Gassosa</b>

---

## **B - Portata di emissione**

*Di seguito viene calcolata la portata di emissione della sostanza sotto forma di gas (vapore)*

### **B1 - Definizione del regime di flusso:**

*Utilizzando la formula GB.4.1.1 della guida C.E.I. 31-35, viene definito il regime di flusso*

*equazione verificata = flusso sonico*

*equazione non verificata = flusso subsonico*

$$\frac{P_a}{P} \leq \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}}$$
$$\frac{101300}{104000} \leq \left( \frac{2}{1,31 + 1} \right)^{\frac{1,31}{1,31 - 1}}$$
$$0,974 \leq 0,544$$

## B2 - Calcolo della portata di emissione - $Q_t$ :

Nel calcolo seguente, utilizzando la formula GB.4.1.2 della guida C.E.I. 31-35, si quantifica la portata della sostanza che fuoriesce in fase gassosa dall'ipotetico foro di guasto.

$$Q_g = \varphi \cdot c \cdot A \left[ \gamma \left( \frac{2}{\gamma + 1} \right) \right]^\beta \sqrt{\frac{P}{\left( R \frac{T_i}{M} \right)^{0,5}}}$$

dove

$$\beta = \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1} = \frac{1,31 + 1}{1,31 - 1} = 7,45$$

$$\varphi = \left( \frac{P_a}{P} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{P_a}{P} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \right]^{0,5} \cdot \left[ \left( \frac{2}{\gamma - 1} \right) \cdot \left( \frac{\gamma + 1}{2} \right)^\beta \right]^{0,5}$$

$$\varphi = \left( \frac{101300}{104000} \right)^{\frac{1}{1,31}} \cdot \left[ 1 - \left( \frac{101300}{104000} \right)^{\frac{1,31 - 1}{1,31}} \right]^{0,5} \cdot \left[ \left( \frac{2}{1,31 - 1} \right) \cdot \left( \frac{1,31 + 1}{2} \right)^{7,45} \right]^{0,5}$$

$$\varphi = 0,335$$

$$Q_g = 0,335 \cdot 0,8 \cdot 0,00000025 \left[ 1,31 \left( \frac{2}{1,31 + 1} \right)^{7,45} \right]^{0,5} \sqrt{\frac{104000}{\left( 8314 \frac{303}{16,04} \right)^{0,5}}}$$

$$Q_g = 0,0000118 \text{ kg/s}$$

---

## **C - Portata della ventilazione**

### **C1 - Calcolo della portata di ventilazione per effetto del vento:**

Con la formula seguente (GB.6.2.1 CEI 31-35) viene calcolata la portata ventilazione naturale  $Q_{aw}$  per effetto della spinta del vento.

Questa formula si applica nei luoghi chiusi in cui è presente una sola apertura di ventilazione.

$$Q_{aw} = 0,025 \cdot A_1 \cdot w$$

$$Q_{aw} = 0,025 \cdot 2,78 \cdot 0,5$$

$$Q_{aw} = \frac{0,03 \text{ m}^3/\text{s}}{125 \text{ m}^3/\text{h}}$$

---

## C2 - Calcolo del numero di ricambi/sec. del volume utile dell'intero ambiente chiuso.

Con la formula seguente viene calcolato il numero di ricambi d'aria al secondo dell'intero ambiente, sommando le portate della ventilazione naturale e di quella artificiale.

$$C_a = \frac{Q_{aw} + Q}{V}$$

$$C_a = \frac{0,03 + 0}{17,85}$$

$$C_a = \frac{0,0019}{7,008} \frac{s^{-1}}{h^{-1}}$$

*Nota: nel calcolo dei ricambi dell'intero ambiente è stato considerato il volume utile ossia il volume totale del luogo chiuso meno quello occupato da impianti ed attrezzature.*



---

## **D - Calcolo del volume pericoloso**

### **D1 - Calcolo della quantità minima di aria fresca - (dV/dt)<sub>min</sub>:**

*Di seguito viene determinata la quantità minima di aria fresca (dV/dt)<sub>min</sub> necessaria per mantenere la concentrazione della sostanza pericolosa al di sotto del L.E.L.*

*Applicando la formula B.1 della norma C.E.I. E.N. 60079-10 si ottiene:*

Portata dell'emissione (dG/dt)<sub>max</sub> = Qg:      **0,000012 kg/s**

Portata minima volumetrica di aria fresca (dV/dt)<sub>min</sub>

$$(dV/dt)_{min} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \cdot L.E.L.(kg/m^3)} \cdot \frac{T}{293}$$
$$(dV/dt)_{min} = \frac{0,000012}{0,5 \cdot 0,0294} \cdot \frac{293}{293}$$
$$(dV/dt)_{min} = \frac{0,0008 \text{ m}^3/s}{2,89 \text{ m}^3/h}$$

*Dove **k** è un fattore di sicurezza applicato al L.E.L., tipicamente:*

*0,25 per emissioni di grado continuo o primo*

*0,5 per emissioni di secondo grado*

---

## D2 - Calcolo del volume dell'effettivo volume pericoloso - $V_k$ :

Applicando la formula B.2 della norma C.E.I. 60079-10, viene calcolato l'effettivo volume pericoloso  $V_k$

$$V_k = \frac{(dV/dt)_{\min}}{C_a} =$$

$$V_k = \frac{0,0008}{0,0019} =$$

$$V_k = 0,412 \text{ m}^3$$

## D3 - Calcolo del volume della zona pericolosa - $V_z$ :

Applicando la formula B.4 della norma C.E.I. 60079-10, viene calcolato il volume pericoloso  $V_z$

$$V_z = f \cdot V_k$$

$$V_z = 2 \cdot 0,412$$

$$V_z = 0,824 \text{ m}^3$$

Dove  $f$  varia in funzione dell'efficacia della ventilazione da 1 a 5 (ventilazione impedita da ostacoli) e  $C$  rappresenta il numero di ricambi d'aria al secondo dell'ambiente considerato.

---

#### D4 - Calcolo del tempo di persistenza:

Dopo avere calcolato l'estensione del volume pericoloso in caso di valutare il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva dal momento in cui l'emissione cessa Per il calcolo del tempo di persistenza si applica la formula B.6 della norma C.E.I. E.N. 60079-10:

$$t = \frac{-f}{C \text{ (h}^{-1}\text{)}} \ln \frac{L.E.L.\%}{X_0\%} \cdot k$$

considerando  $X_0\% = 100$ ;  $t$  risulta:

$$t = \frac{-2}{7,01} \ln \frac{4,4 \times 0,5}{100} = 1,089 \text{ h}$$

( 65 m 21 s )

Grado di ventilazione:

Alto

Tipo di zona:

Zona 2 NE

## Elenco delle zone pericolose

Sorgente di emissione		Tipo di zona	Volume pericoloso calcolato m <sup>3</sup>	Volume zona pericolosa considerata (m <sup>3</sup> )	Raggio sfera equivalente m	Direzione estensione volume pericoloso	Gruppo dei gas e classe di temperatura
S.E. n° 6.3.1	perdita dalla tenuta della valvola di intercettazione su alimentazione metano	2 NE	0,544	trascurabile	0,506	Alto	II A - T1
S.E. n° 6.3.2	perdita da raccordo sulla tubazione metano in ingresso alla caldaia	2 NE	0,824	trascurabile	0,582	Alto	II A - T1

