



COMUNE DI CAPACCIO PAESTUM (Provincia di Salerno)

INTERVENTO DI DELOCALIZZAZIONE PER RISCHIO IDROGEOLOGICO DELLA SCUOLA PER L'INFANZIA SITA ALLA LOCALITA' PRECUIALI E REALIZZAZIONE NUOVA SCUOLA PER L'INFANZIA ALLA LOCALITA' GROMOLA

PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA (PNRR)

Missione 4: Istruzione e Ricerca - Componente 1: Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 1.1: Piano per asili nido e scuole dell'infanzia e servizi di educazione e cura per la prima infanzia", finanziato dall'Unione europea - Next Generation EU

"PROGETTO DEFINITIVO"

IE - IMPIANTI ELETTRICI

- 44) RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTI ELETTRICI/SPECIALI
- 45) RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO FOTOVOLTAICO
- 46) RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA IMPIANTO RIVELAZIONE E SEGNALAZIONE FUMI
- 47) RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE CONTRO LE SCARICHE ATMOSFERICHE
- 48) RELAZIONE TECNICA VALUTAZIONE DETERMINAZIONE AREE CON PERICOLO DI ESPLOSIONE
- 49) RELAZIONE CALCOLI ILLUMINOTECNICI
- 50) RELAZIONE CALCOLI DIMENSIONAMENTO IMPIANTO ELETTRICO
- 51) PLANIMENTRIA IMPIANTI ELETTRICI/SPECIALI PIANO TERRA, P.+4,50 E COPERTURA
- 52) PLANIMENTRIA IMPIANTO FOTOVOLTAICO
- 53) PLANIMENTRIA IMPIANTO RIVELAZIONE FUMI
- 54) SCHEMA FUNZIONALE IMPIANTI MECC. CON COLLEGAMENTI ELETTRICI
- 55) SCHEMI ELETTRICI



IL R.U.P.

Ing. Giovanni Vito Bello



IL PROGETTISTA

Ing. Federica Turi



INDICE

1) NORME DI RIFERIMENTO	3
2) PRINCIPI DELLA CLASSIFICAZIONE PER GAS E LIQUIDI COMBUSTIBILI	5
3) VALUTAZIONE DELLE ZONE PERICOLOSE GAS/NEBBIE/VAPORI	
INFIAMMABILI	18
3.1) VALUTAZIONE DELLE ZONE PERICOLOSE VALVOLE DI ADDUZIONE DEL GAS-METANO ALL'APERTO	18
3.2) VALUTAZIONE DELLE ZONE PERICOLOSE CENTRALE TERMICA	
FUNZIONANTE A GAS METANO	24

1) NORME DI RIFERIMENTO

Nei luoghi dove possono essere presenti quantità e concentrazioni pericolose di gas o vapori infiammabili, devono essere adottate misure di prevenzione per ridurre il rischio di esplosioni.

L'obiettivo della presente Norma CEI è di stabilire criteri essenziali per la valutazione della possibilità di formazione di atmosfera esplosiva e di fornire una guida su grandezze caratteristiche di progetto ed esercizio utilizzabili per ridurre detta possibilità.

Le classificazioni delle aree di pericolo generate da gas o vapori combustibili, presenti all'interno dei locali in oggetto, vengono redatte in base alle seguenti normative CEI:

- Norma Italiana : CEI EN 60079-10 / Data Pubblicazione : 2004-01 / Edizione : Seconda / Classificazione : 31-30 / Fascicolo 7177 / Titolo : Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 10: Classificazione dei luoghi pericolosi.
- Norma Italiana : CEI EN 60079-14 / Data Pubblicazione : 2004-05 / Edizione : Seconda / Classificazione : 31-33 / Fascicolo : 7297 / Titolo : Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 14: Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas.
- Norma Italiana : CEI EN 60079-17 / Data Pubblicazione : 2004-05 / Edizione : Seconda / Classificazione : 31-34 / Fascicolo : 7296 / Titolo : Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Parte 17: Verifica e manutenzione degli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas.
- Norma Italiana CEI 31-35 / Data Pubblicazione : 2001-01 / Edizione : Seconda / Classificazione : 31-35 / Fascicolo : 5925 / Titolo : Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi pericolosi.
- Norma Italiana : CEI 31-35;V1 / Data Pubblicazione : 2002-08 / Classificazione : 31-35;V1 / Fascicolo : 6565 / Titolo : Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi pericolosi.
- Norma Italiana : CEI 31-35;V2 / Data pubblicazione : 2004-03 / Classificazione : 31-35;V1 / Fascicolo : 7264 / Titolo : Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi pericolosi.
- Norma Italiana : CEI 31-35;V3 / Data Pubblicazione : 2005-12 / Classificazione : 31-35;V3 / Fascicolo : 8038 / Titolo : Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi pericolosi.
- Norma Italiana : CEI 31-35/A / Data Pubblicazione : 2001-01 / Edizione : Seconda / Classificazione : 31-35/A / Fascicolo : 5926 / Titolo : Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi pericolosi. Esempi di applicazione.
- Norma Italiana : CEI 31-35/A;V1 / Data Pubblicazione : 2003-01 / Classificazione : 31-35/A;V1 / Fascicolo : 6778 / Titolo : Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30). Classificazione dei luoghi pericolosi. Esempi di applicazione.

Le classificazioni delle aree di pericolo generate dalle polveri combustibili, presenti all'interno dei locali in oggetto, vengono redatte in base alle seguenti normative CEI:

- Norma Italiana : CEI EN 50281-1-2 / Data Pubblicazione : 1999-09 / Edizione : Prima / Classificazione : 31-36 / Fascicolo : 5301 / Titolo : Costruzioni per atmosfere esplosive per la presenza di polvere combustibile. Parte 1-2: Costruzioni elettriche protette da custodie. Scelta, installazione e manutenzione.
- Norma Italiana : CEI EN 50281-1-2/A1 / Data Pubblicazione : 2004-06 / Classificazione : 31-36;V1 / Fascicolo : 7346 C / Titolo : Costruzioni per atmosfere esplosive per la presenza di

polvere combustibile. Parte 1-2: Costruzioni elettriche protette da custodie. Scelta, installazione e manutenzione.

- Norma Italiana : CEI EN 50281-3 / Data Pubblicazione : 2003-06 / Edizione : Prima / Classificazione : CEI 31-52 / Fascicolo : 6947 / Titolo : Costruzioni per atmosfere esplosive per la presenza di polvere combustibile. Parte 3: Classificazione dei luoghi dove sono o possono essere presenti polveri combustibili.
- Norma Italiana : CEI 31-56 / Data Pubblicazione : 2005-02 / Edizione : Prima / Classificazione : 31-56 / Fascicolo : 7527 / Titolo : Costruzioni per atmosfere esplosive per la presenza di polvere combustibile. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 50281-3 (CEI 31-52) "Classificazione dei luoghi dove sono o possono essere presenti polveri combustibili".
- Norma Italiana : CEI 31-56;V1 / Data Pubblicazione : 2006-01 / Classificazione : 31-56;V1 / Fascicolo : 8102 / Titolo : Costruzioni per atmosfere esplosive per la presenza di polvere combustibile. Guida all'applicazione della Norma CEI EN 50281-3 (CEI 31-52) "Classificazione dei luoghi dove sono o possono essere presenti polveri combustibili".

2) PRINCIPI DELLA CLASSIFICAZIONE PER GAS E LIQUIDI COMBUSTIBILI

Oggetto e scopo

La Norma CEI 31-30 tratta la classificazione dei luoghi pericolosi ove possono manifestarsi dei rischi associati alla presenza di gas o vapori infiammabili, allo scopo di permettere la corretta scelta ed installazione delle costruzioni (apparecchi) da impiegarsi in tali luoghi.

Essa si applica ai luoghi in cui vi può essere il rischio di accensione dovuto alla presenza di gas o vapori infiammabili in miscela con aria in condizioni atmosferiche normali, ma non si applica a:

1. miniere con possibile presenza di grisou;
2. luoghi di trattamento e produzione esplosivi;
3. luoghi dove un rischio di esplosione può manifestarsi per la presenza di polveri o fibre infiammabili;
4. guasti catastrofici non compresi nel concetto di anomalità trattato in questa norma;
5. locali adibiti ad uso medico;
6. luoghi dove la presenza di nebbie infiammabili può dare origine ad un rischio imprevedibile e che richiede considerazioni particolari (nota 5).

La Norma CEI 31-30 non considera gli effetti dei guasti consequenziali (indotti da un guasto primario). Essa contiene le definizioni e le spiegazioni dei termini, nonché i principi e le procedure fondamentali relativi alla classificazione dei luoghi.

Ai fini della Norma CEI 31-30, un luogo è parte tridimensionale dello spazio.

Le condizioni atmosferiche includono variazioni sopra e sotto i valori di riferimento di 101.3 kPa (1013 mbar) e 20° C (293K), purché le variazioni abbiano un effetto trascurabile sulle proprietà esplosive delle sostanze infiammabili.

Il termine “guasti catastrofici” si applica ad esempio, alla rottura di un recipiente a pressione o di una tubazione ed agli eventi non prevedibili.

In ogni impianto di processo, indipendentemente dalla sua dimensione, ci possono essere numerose sorgenti di accensione (innesci) oltre a quelle relative all'impianto elettrico. In tale caso si rendono necessarie altre idonee precauzioni per garantire la sicurezza.

Nebbie possono formarsi o essere presenti contemporaneamente a vapori infiammabili. Ciò può influire sul modo di dispersione delle sostanze infiammabili e sull'estensione dei luoghi pericolosi. La rigorosa applicazione della classificazione dei luoghi pericolosi per gas e vapori può non essere adatta poiché le caratteristiche di infiammabilità delle nebbie non sono sempre prevedibili. Sebbene sia difficile decidere sul tipo ed estensione delle zone, i criteri applicabili ai gas e vapori danno, nella maggior parte dei casi, risultati sicuri. Tuttavia, è opportuno tenere sempre in particolare considerazione il pericolo di accensione di nebbie infiammabili.

Atmosfera esplosiva per la presenza di gas

Miscela in aria di una sostanza infiammabile sotto forma di gas o vapore, in condizioni atmosferiche normali, in cui, dopo l'accensione, la combustione si propaga alla miscela incombusta.

Una miscela avente una concentrazione maggiore del limite superiore di esplodibilità (UEL), non è un'atmosfera esplosiva, ma può facilmente diventare tale; pertanto, in certi casi, ai fini della classificazione, è consigliabile considerarla atmosfera esplosiva.

Luogo pericoloso

Luogo in cui è o può essere presente un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas, in quantità tale da richiedere provvedimenti particolari per la realizzazione, l'installazione e l'impiego delle costruzioni.

Luogo non pericoloso

Luogo in cui non si prevede la presenza di un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas, in quantità tale da richiedere provvedimenti particolari per la realizzazione, l'installazione e l'impiego delle costruzioni.

Zone

In relazione alla frequenza di formazione ed alla permanenza di un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas, i luoghi pericolosi sono classificati nelle seguenti zone:

Zone 0

Luogo dove è presente continuamente o per lunghi periodi un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas. ***Zone 1***

Luogo dove è possibile sia presente durante il funzionamento normale un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas.

Zone 2

Luogo dove non è possibile sia presente un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas durante il funzionamento normale o, se ciò avviene, è possibile sia presente solo poco frequentemente e per breve periodo.

Sorgente di emissione

Un punto o parte da cui può essere emesso nell'atmosfera un gas, un vapore o un liquido infiammabili con modalità tale da originare un'atmosfera esplosiva.

Gradi di emissione

Sono stabiliti tre gradi fondamentali di emissione, qui di seguito elencati in ordine decrescente di probabilità di presenza di atmosfera esplosiva per la presenza di gas

- 1) grado continuo;
- 2) primo grado;
- 3) secondo grado.

Una sorgente di emissione può dar luogo ad uno di questi tre gradi di emissione o ad una loro combinazione.

Emissione di grado continuo

Emissione continua o che può avvenire per lunghi periodi.

Emissione di primo grado

Emissione che può avvenire periodicamente od occasionalmente durante il funzionamento normale.

Emissione di secondo grado

Emissione che non è prevista durante il funzionamento normale e che se avviene è possibile solo poco frequentemente e per brevi periodi.

Portata di emissione

Quantità di gas o vapore infiammabile emessa nell'unità di tempo della sorgente di emissione.

Funzionamento normale

Situazione in cui l'impianto funziona entro le grandezze caratteristiche di progetto.

- 1) Piccole emissioni di sostanze infiammabili possono essere comprese nel funzionamento normale. Per esempio, si considerano piccole emissioni le perdite da tenute che per costruzione sono umidificate dal fluido di processo.
- 2) Guasti quali rottura di tenute pompe, di guarnizioni, di flange, o spandimenti accidentali che richiedono riparazioni urgenti o fermate, non sono considerate far parte del funzionamento normale.

Ventilazione

Movimento dell'aria e suo ricambio con aria fresca causati dall'effetto del vento, da gradienti di temperatura, o da mezzi artificiali(esempio: ventilatori o estrattori).

Limiti di esplosibilità

Limite inferiore di esplosibilità (LEL)

Concentrazione in aria di gas o vapore infiammabile, al di sotto della quale l'atmosfera non è esplosiva. *Limite superiore di esplosibilità (UEL)*

Concentrazione in aria di gas o vapore infiammabile, al di sopra della quale l'atmosfera non è esplosiva. I termini "esplosivo" e "infiammabile" sono considerati sinonimi.

Densità relativa di un gas o vapore

Densità di un gas o vapore relativa a quella dell'aria alla stessa pressione ed alla stessa temperatura (la densità dell'aria è posta uguale a 1,0).

Sostanza infiammabile

Sostanza di per sé infiammabile, o in grado di produrre un gas, un vapore o una nebbia infiammabili.

Liquido infiammabile

Liquido in grado di produrre vapore infiammabile in una qualsiasi condizione operativa prevedibile.

Gas o vapore infiammabile

Gas o vapore che, se miscelato con l'aria in determinate proporzioni, origina un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas.

Nebbia infiammabile

Goccioline di liquido infiammabile disperse in aria in modo da formare un'atmosfera esplosiva.

Temperatura d'infiammabilità

La più bassa temperatura di un liquido alla quale, in condizioni specifiche normalizzate, esso emette vapori in quantità sufficiente a formare con l'aria una miscela infiammabile.

Temperatura di ebollizione

Temperatura alla quale un liquido bolle alla pressione ambiente di 101,3 kPa (1 013 mbar).

Per le miscele di liquidi, si fa riferimento alla temperatura di ebollizione iniziale. Tale temperatura è usata per indicare il più basso valore della temperatura di ebollizione per la gamma di liquidi presenti nella miscela e si determina con una distillazione normale di laboratorio senza frazionamento.

Tensione di vapore

Pressione esercitata quando un solido o un liquido è in equilibrio con i suoi stessi vapori. La tensione di vapore varia in funzione della temperatura e del tipo di sostanza.

Temperatura di accensione di un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas

Minima temperatura di una superficie riscaldata alla quale, in condizioni specificate, avviene l'accensione di una sostanza infiammabile allo stato di gas o vapore in miscela con aria.

Principi di sicurezza

Gli impianti dove vengono lavorate o depositate sostanze infiammabili devono essere progettati, eserciti e mantenuti in modo da ridurre al minimo le loro emissioni e le conseguenti estensioni dei luoghi pericolosi, sia nel funzionamento normale, sia in quello anormale, con riferimento alla frequenza, durata e quantità delle emissioni.

Gli interventi di manutenzione non ordinaria (diversi da quelli eseguiti in esercizio ordinario) possono produrre variazioni nelle estensioni dei luoghi pericolosi, ma è previsto che tali interventi vengano trattati con una procedura di permesso di lavoro.

In situazioni di emergenza deve essere prevista la possibilità di interrompere l'alimentazione dell'impianto elettrico non idoneo, arrestare l'impianto di processo, intercettare le apparecchiature di processo, contenere le fuoriuscite e, se possibile, azionare un sistema di ventilazione addizionale di emergenza.

Nei casi in cui vi è possibilità di un'atmosfera esplosiva devono essere effettuati i seguenti interventi:

- 1) ridurre la possibilità che l'atmosfera esplosiva si trovi in prossimità di una sorgente d'innesco, oppure
- 2) eliminare la sorgente d'innesco.

Quando ciò non sia possibile, devono essere scelte ed adottate misure protettive, apparecchiature di processo, sistemi e procedure tali che la probabilità di contemporanea presenza di atmosfera esplosiva e sorgente d'innesco sia così piccola da poter essere accettabile. Tali misure possono essere usate singolarmente, se sono altamente affidabili, o in combinazione, al fine di raggiungere un livello di sicurezza equivalente.

Obiettivi della classificazione dei luoghi

La classificazione dei luoghi è un metodo per analizzare e classificare l'ambiente dove si possono formare delle atmosfere esplosive, al fine di facilitare la corretta scelta ed installazione delle costruzioni (apparecchi) da impiegarsi con sicurezza in tali luoghi, tenendo conto dei gruppi e delle classi di temperatura dei gas.

Nella maggior parte delle situazioni pratiche in cui si usano sostanze infiammabili, è difficile garantire che non vi possa mai essere la presenza di atmosfera esplosiva. E' anche difficile garantire che una costruzione non sia mai una sorgente di accensione. Perciò, in situazioni in cui vi sia un'alta probabilità di presenza di atmosfera esplosiva ci si affida all'uso di costruzioni che hanno una bassa probabilità di essere sorgenti di accensione. Per conto, dove la probabilità che sia presente un'atmosfera esplosiva è ridotta, si possono impiegare costruzioni realizzate secondo criteri meno severi.

Dal semplice esame di un'opera od applicazione ovvero del suo progetto, è molto difficile individuare quali parti possano essere assimilate alle tre definizioni di zona (zona 0, 1 e 2). E' perciò necessario uno studio più dettagliato comprendente un'analisi della possibilità che si formi atmosfera esplosiva.

Innanzitutto, occorre valutare la probabilità che ciò avvenga, in accordo con le definizioni di zona 0, zona 1, zona 2. Dopo aver determinato: la possibile frequenza e durata dell'emissione (e quindi il grado delle emissioni), la portata, la concentrazione, la velocità di emissione, la ventilazione e gli altri fattori che influenzano il tipo e/o l'estensione delle zone, si dispone di una solida base per stabilire la possibile presenza di un'atmosfera esplosiva. Questo approccio richiede pertanto considerazioni dettagliate per ciascun componente di processo contenente sostanze infiammabili e che potrebbe perciò essere una sorgente di emissione.

In particolare in sede di progetto o con idonee procedure operative, dovrebbero essere ridotte al minimo numero ed estensione delle zone 0 e zona 1. In altre parole, gli impianti e le installazioni dovrebbero essere principalmente zone 2 o luoghi non pericolosi.

Quando l'emissione di sostanza infiammabile è inevitabile, i componenti di processo dovrebbero essere limitati a quelli con emissioni di secondo grado. Quando invece sia inevitabile la presenza di emissioni di grado continuo o primo grado, le stesse dovrebbero essere molto limitate in numero e portata.

Nell'eseguire la classificazione, questi principi devono essere considerati prioritari. Quando necessario, il progetto, le modalità di funzionamento e la dislocazione dei componenti dell'impianto di processo dovrebbero garantire che, in condizioni di funzionamento anormale, la quantità di sostanza infiammabile emessa nell'atmosfera, sia la minore possibile in modo da ridurre l'estensione del luogo pericoloso.

Quando un'opera od applicazione è stata classificata e tutti i dati di riferimento sono stati registrati, è importante che nessuna modifica all'opera od applicazione stessa ed alle procedure operative avvenga senza l'accordo con i responsabili della classificazione.

Azioni non concordate possono invalidare la classificazione dei luoghi pericolosi. E' necessario che tutti i componenti dell'impianto di processo che hanno influenzato la classificazione e che sono stati oggetto di manutenzione, siano attentamente controllati durante e dopo il loro riassettaggio e prima della loro

rimessa in servizio, per garantire la loro integrità, per quanto attiene alla sicurezza, sia stata mantenuta conforme al progetto originale.

Sorgenti di emissione

Gli elementi fondamentali per la determinazione del tipo di zona pericolosa, sono l'identificazione delle sorgenti di emissione e del grado di emissione.

Poiché un'atmosfera esplosiva esiste solamente se è presente un gas o un vapore infiammabili in miscela con l'aria, è necessario stabilire se nel luogo considerato possono essere presenti tali sostanze infiammabili. In generale, gas e vapori (de liquidi e solidi infiammabili che possono generarli) sono contenuti all'interno di apparecchiature di processo che possono risultare a tenuta totale o meno. E' necessario individuare dove l'atmosfera esplosiva può essere presente, all'interno dell'impianto, od all'esterno di esso.

Ogni parte dell'impianto (per esempio serbatoio, pompa, tubazione, recipiente, ecc.) deve essere considerata come una potenziale sorgente di emissione. Se la parte non contiene sostanze infiammabili, ovviamente non darà origine al suo esterno ad un luogo pericoloso. Lo stesso dicasi se la parte contiene sostanze infiammabili ma non può emetterle nell'atmosfera (ad esempio una tubazione completamente saldata non è considerata sorgente di emissione).

Quando è stabilito che una parte può emettere sostanza infiammabile nell'atmosfera, è necessario, prima di tutto, determinare il grado di emissione, in accordo con le definizioni, stabilendo la possibile frequenza e durata dell'emissione stessa. Nello sviluppo della classificazione dei luoghi devono essere considerate sorgenti di emissione anche le parti dei sistemi di processo chiusi che possano essere aperte(es. durante la sostituzione di filtri o riempimenti discontinui). Con questo procedimento ogni emissione viene definita di grado continuo, di primo grado o di secondo grado.

Stabilito il grado dell'emissione, è necessario determinare la portata e gli altri fattori che possono influenzare il tipo e l'estensione della zona.

Tipo di zona

La probabilità di presenza di un'atmosfera esplosiva e quindi il tipo di zona dipende principalmente dal grado dell'emissione e dalla ventilazione.

Una emissione di grado continuo determina, normalmente, una zona 0, una emissione di primo grado, una zona 1, e una emissione di secondo grado, una zona 2.

Estensione della zona

L'estensione della zona è principalmente influenzata dalle grandezze chimiche e fisiche seguenti.

Alcune grandezze sono proprietà intrinseche della sostanza infiammabile, altre sono invece specifiche del processo. Per semplicità, l'effetto di ciascuna grandezza presuppone che le altre rimangano costanti.

Portata di emissione di gas o vapore

Maggiore è la portata di emissione, più grande risulterà l'estensione della zona. La portata di emissione dipende a sua volta da altre grandezze di seguito indicate:

Geometria della sorgente di emissione

Essa è in relazione alle caratteristiche fisiche della sorgente di emissione, per esempio: una superficie libera, una flangia dalla quale avviene una perdita, o altro.

Velocità di emissione

Per una data sorgente di emissione la portata aumenta con la velocità di emissione. Nel caso di una sostanza contenuta entro un'apparecchiatura di processo, la velocità di emissione è correlata alla pressione di processo ed alla geometria della sorgente di emissione. La dimensione di una nube di gas o vapore infiammabile è determinata dalla sua portata di emissione e dalla portata di dispersione. I gas e vapori che vengono emessi ad alta velocità sviluppano un getto a forma di cono che trascina l'aria e si auto-diluisce. L'estensione dell'atmosfera esplosiva risulterà, in genere, indipendente dalla velocità del vento. Se l'emissione avviene a bassa velocità o se la velocità viene annullata per impatto contro un

oggetto solido, l'emissione sarà trasportata dal vento e la sua diluizione ed estensione dipenderà dalla velocità di quest'ultimo.

Concentrazione

La portata di emissione aumenta con l'aumentare della concentrazione del vapore o gas infiammabile nella miscela rilasciata.

Volatilità di un liquido infiammabile

Essa dipende principalmente dalla tensione di calore di vaporizzazione. Se la tensione di vapore non è conosciuta, possono essere prese come riferimento la temperatura di ebollizione e la temperatura di infiammabilità

Un'atmosfera esplosiva non può esistere se la temperatura d' infiammabilità è superiore alla massima temperatura alla quale si trova il liquido infiammabile. Più bassa è la temperatura d'infiammabilità, maggiore risulterà l'estensione della zona. Se la sostanza infiammabile viene emessa in modo da formare una nebbia (per esempio a seguito di spruzzo) si può formare un'atmosfera esplosiva pur con temperatura della sostanza inferiore a quella d'infiammabilità.

- 1) Le temperature d'infiammabilità dei liquidi infiammabili non sono grandezze fisiche esatte, specialmente quando si riferiscono a miscele.
- 2) Alcuni liquidi(per esempio certi idrocarburi alogenati) non hanno una temperatura d'infiammabilità, anche se sono capaci di produrre atmosfera esplosiva. In questi casi è opportuno comparare la temperatura di equilibrio del liquido, che corrisponde alla concentrazione di saturazione al limite inferiore di esplodibilità, con la massima temperatura alla quale può trovarsi il liquido stesso.

Temperatura del liquido

La tensione di vapore aumenta con la temperatura del liquido, aumentando così la portata di emissione dovuta all'evaporazione.

La temperatura del liquido dopo la sua emissione, può aumentare, per esempio, per effetto di una superficie calda o di un'alta temperatura ambiente.

Limite inferiore di esplodibilità (LEL)

Per un dato volume emesso, minore è il LEL, maggiore risulta l'estensione della zona.

Ventilazione

All'aumentare della ventilazione, l'estensione della zona si riduce. Gli ostacoli che impediscono la ventilazione possono incrementare l'estensione della zona. Al contrario, alcuni ostacoli, per esempio argini, dighe, pareti e soffitti, possono limitarne l'estensione.

Densità relativa del gas o vapore al momento del rilascio

Se il gas o vapore è significativamente più leggero dell'aria, tenderà a salire verso l'alto. Se è significativamente più pesante, tenderà ad accumularsi al livello del terreno. L'estensione orizzontale della zona al livello del terreno aumenterà all'aumentare della densità relativa e l'estensione verticale sopra la sorgente aumenterà con la diminuzione della densità relativa.

- 1) In pratica, un gas o vapore con densità relativa inferiore a 0,8 viene considerato più leggero dell'aria. Se la sua densità è invece superiore a 1,2 viene considerata più pesante dell'aria. Per valori compresi tra 0,8 e 1,2 verranno considerate entrambe le possibilità.
- 2) L'esperienza ha dimostrato che l'ammoniaca è di difficile accensione e che, all'aperto, una sua emissione allo stato gassoso si diffonde rapidamente, cosicchè eventuali atmosfere esplosive risulteranno di estensione trascurabile.

Altre grandezze da considerare

- a) Condizioni climatiche
- b) Topografia

Estensione della zona - Considerazioni generali

Si deve sempre considerare la possibilità che un gas più pesante dell'aria possa fluire in luoghi al di sotto del livello del terreno, per esempio pozzetti o depressioni e che un gas più leggero dell'aria possa accumularsi a livelli più alti, per esempio in uno spazio del soffitto.

Quando la sorgente di emissione trova al di fuori di un determinato luogo o in un luogo contiguo, la propagazione di una quantità significativa di gas o vapore infiammabile nel luogo considerato può essere pervenuta adottando opportuni mezzi, quali:

- a) barriere fisiche;
- b) mantenimento di una sovrappressione statica nel luogo considerato rispetto ai luoghi pericolosi contigui, evitando così l'ingresso dell'atmosfera esplosiva;
- c) bonifica del luogo considerato con un idoneo flusso d'aria, assicurando l'uscita dell'aria da tutte le aperture delle quali potrebbe entrare il gas o vapore infiammabile.

Generalità

I gas o vapori emessi nell'atmosfera possono diluirsi per dispersione o diffusione nell'aria finché la loro concentrazione scende al di sotto del limite inferiore di esplosibilità. La ventilazione, cioè il movimento dell'aria che provoca il ricambio dell'atmosfera con aria fresca in un (ipotetico) volume attorno alla sorgente di emissione, favorisce la dispersione. Idonee portate di ventilazione possono anche evitare la persistenza di atmosfera esplosiva influenzando in tal modo il tipo di zona.

Principali tipi di ventilazione

La ventilazione può avvenire tramite il movimento dell'aria dovuto al vento e/o ai gradienti di temperatura o tramite mezzi artificiali come ventilatori. Si possono pertanto distinguere due principali tipi di ventilazione:

- a) ventilazione naturale
- b) ventilazione artificiale, generale o locale.

Grado di ventilazione

E' importante notare che il grado o quantità di ventilazione è direttamente in rapporto con il tipo delle sorgenti di emissione e con la loro portata di emissione. Questo indipendentemente dal tipo di ventilazione, sia che essa sia dovuta alla velocità del vento o ad un determinato numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo. In tal modo si possono ottenere delle ventilazioni ottimali dei luoghi pericolosi e ,tanto maggiore è la quantità della ventilazione rispetto alla portata di emissione, tanto minore è l'estensione delle zone(luoghi pericolosi), riducendola, in alcuni casi, ad estensione trascurabile (luogo non pericoloso).

Disponibilità della ventilazione

La disponibilità della ventilazione ha influenza sulla presenza o formazione di un'atmosfera esplosiva e sui tipi di zone.

La combinazione dei concetti di grado ventilazione e di livello della sua disponibilità dà come risultato un metodo quantitativo per la valutazione del tipo di zona.

Sorgenti con emissione di grado continuo:

- a) la superficie di un liquido infiammabile in un serbatoio a tetto fisso con uno sfiato permanente all'atmosfera;
- b) la superficie di un liquido infiammabile esposta all'atmosfera continuamente o per lunghi periodi (es. un separatore idrocarburi - acqua)

Sorgenti con emissione di primo grado:

- a) le tenute di pompe, di compressori o di valvole, quando si prevede che possano emettere sostanze infiammabili durante il funzionamento normale dell'impianto;

- b) i punti di drenaggio dell'acqua da recipienti che contengono liquidi infiammabili, che possono emettere sostanze infiammabili nell'atmosfera drenando acqua durante il funzionamento normale dell'impianto;
- c) i punti di campionamento quando si prevede che possano emettere sostanze infiammabili nell'atmosfera durante il funzionamento normale dell'impianto;
- d) le valvole di sicurezza, gli sfiati e le altre aperture quando si prevede che possano emettere sostanze infiammabili nell'atmosfera durante il funzionamento normale dell'impianto.

Sorgenti con emissione di secondo grado:

- a) le tenute di pompe, compressori o valvole quando si prevede che non emettano sostanze infiammabili durante il funzionamento normale dell'impianto;
- b) le flange, le giunzioni ed i raccordi delle tubazioni, quando si prevede che non emettano sostanze infiammabili durante il funzionamento normale dell'impianto;
- c) i punti di campionamento quando si prevede che non emettano sostanze infiammabili nell'atmosfera durante il funzionamento normale dell'impianto;
- d) le valvole di sicurezza, gli sfiati e le altre aperture quando si prevede che non emettano sostanze infiammabili nell'atmosfera durante il funzionamento normale dell'impianto.

Aperture con possibili sorgenti di emissione

Le aperture tra i luoghi diversi dovrebbero essere considerate possibili sorgenti di emissione. Il loro grado di emissione dipende da:

- tipo di zona del luogo dal quale proviene il pericolo (a monte dell'apertura);
- frequenza e durata dei periodi di apertura;
- efficacia delle tenute e dei giunti;
- differenza di pressione tra i luoghi interessati;

Classificazione delle aperture

Le aperture sono classificate di tipo A,B,C,D, con le caratteristiche riportate nei seguenti punti.

Tipo A - Aperture non conformi alle caratteristiche specificate per i tipi B,C, o D.

Tipo B - Aperture che sono normalmente chiuse (es. con dispositivo di autochiusura), aperte poco frequentemente e che hanno una buona tenuta su tutto il perimetro.

Tipo C - Aperture normalmente chiuse o aperte poco frequentemente, conformi a quelle di tipo B, provviste inoltre di dispositivi di tenuta (es. una guarnizione) su tutto il perimetro; oppure, due aperture di tipo B in serie, dotate di dispositivi indipendenti di autochiusura.

Tipo D - Aperture normalmente chiuse conformi a quelle di tipo C, apribili solamente con mezzi speciali od in caso di emergenza.

Le aperture di tipo D sono sicuramente a tenuta, come nei passaggi di servizi(es. condutture, tubazioni); oppure, possono essere una combinazione di un'apertura di tipo C, adiacente al luogo dal quale proviene il pericolo, in serie ad un'altra apertura di tipo B.

Introduzione

I metodi sviluppati consentono di determinare il tipo della zona attraverso:

- la stima della portata di ventilazione minima richiesta per prevenire la formazione di un'atmosfera esplosiva significativa ed il suo uso per calcolare un volume ipotetico V_Z che, con un tempo stimato di dispersione t , permettere di determinare il grado di ventilazione. Questi calcoli non sono finalizzati alla determinazione dell'estensione dei luoghi pericolosi;
- il grado e la disponibilità della ventilazione, nonché il grado dell'emissione.

Ventilazione naturale

La ventilazione naturale è quella che viene attuata dal movimento dell'aria causato dal vento e/o da gradienti di temperatura. All'aperto, la ventilazione naturale spesso è sufficiente ad assicurare la

dispersione di ogni atmosfera esplosiva che si fermi nel luogo. La ventilazione naturale può anche essere efficace in determinati luoghi al chiuso(per esempio in un edificio con aperture nei muri e/o sul soffitto). Per la valutazione della ventilazione dei luoghi all'aperto conviene normalmente basarsi su una velocità del vento minima presunta di 0,5 m/s, che in pratica è presente continuamente. La velocità del vento frequentemente può essere superiore a 2 m/s.

Ventilazione artificiale

Ventilazione artificiale è quella in cui il movimento dell'aria necessario è attuato da mezzi artificiali, per esempio ventilatori o estrattori. Sebbene la ventilazione artificiale venga principalmente impiegata all'interno di un locale o spazio chiuso, essa può essere utilizzata anche all'aperto per compensare la riduzione della ventilazione naturale causata da ostacoli.

La ventilazione artificiale di un luogo può essere generale o locale e, in entrambi i casi, possono essere idonei differenti gradi di movimento e di ricambio d'aria.

Con l'impiego della ventilazione artificiale è possibile ottenere:

- riduzione dell'estensione delle zone;
- diminuzione del tempo di permanenza dell'atmosfera esplosiva;
- prevenzione della formazione di un'atmosfera esplosiva.

La ventilazione artificiale permette di avere un sistema di ventilazione efficace ed efficiente all'interno di un edificio. Un sistema di ventilazione artificiale progettato per la protezione contro l'esplosione dovrebbe possedere i seguenti requisiti:

- la sua efficacia (flusso d'aria) dovrebbe essere controllata e sorvegliata;
- dovrebbe essere presa in considerazione la classificazione immediatamente al di fuori del punto di scarico del sistema di estrazione;
- per la ventilazione di un luogo pericoloso, l'aria dovrebbe essere normalmente aspirata da un luogo non pericoloso;
- prima di definire le caratteristiche del sistema di ventilazione, dovrebbero essere definiti: l'ubicazione delle sorgenti di emissione, il grado e la portata delle emissioni.

Sulla qualità di un sistema di ventilazione artificiale influiscono inoltre i seguenti fattori:

- i gas e vapori infiammabili hanno, generalmente, densità diverse da quella dell'aria, quindi tenderanno ad accumularsi vicino al pavimento o al soffitto, di un luogo al chiuso, dove il movimento d'aria può essere ridotto;
- variazioni della densità del gas al variare della temperatura;
- impedimenti ed ostacoli possono causare riduzioni, e perfino annullamento del movimento dell'aria, cioè assenza di ventilazione in certe parti del luogo.

Grado di ventilazione

L'efficacia della ventilazione nel controllare la dispersione e la persistenza dell'atmosfera esplosiva dipende dal suo grado e disponibilità e dalle caratteristiche del sistema. Per esempio, la ventilazione può non essere sufficiente per prevenire la formazione di un'atmosfera esplosiva, ma può essere sufficiente per evitarne la persistenza.

Si considerano i seguenti tre gradi di efficacia della ventilazione.

Alto (VH)

Quando la ventilazione è in grado di ridurre la concentrazione in prossimità della sorgente di emissione in modo praticamente istantaneo, limitando la concentrazione al di sotto del LEL. Ne risulta una zona di piccola estensione (perfino trascurabile).

Medio (VM)

Quando la ventilazione è in grado di influire sulla concentrazione, determinato una situazione stabile in cui la concentrazione oltre il limite della zona è inferiore al LEL mentre avviene l'emissione e dove l'atmosfera esplosiva non persiste eccessivamente dopo l'arresto dell'emissione.

L'estensione ed il tipo della zona sono condizionati dalle grandezze caratteristiche di progetto. ***Basso (VL)***

Quando la ventilazione non è in grado di controllare la concentrazione mentre avviene l'emissione e/o non può prevenire la persistenza eccessiva di un'atmosfera esplosiva dopo l'arresto dell'emissione.

Valutazione del grado di ventilazione e della sua influenza sul luogo pericoloso

La dimensione di una nube di gas o vapore infiammabile ed il suo tempo di persistenza dopo l'arresto dell'emissione possono essere controllati per mezzo della ventilazione. Di seguito viene scritto un metodo per valutare il grado di ventilazione richiesto per controllare l'estensione e la persistenza di un'atmosfera esplosiva.

E' doveroso evidenziare che il metodo è soggetto alle limitazioni descritte e perciò fornisce solamente dei risultati approssimati. Tuttavia, l'uso di fattori di sicurezza, dovrebbe assicurare che i risultati ottenuti siano cautelativi dalla parte della sicurezza. L'applicazione del metodo è illustrata da alcuni esempi ipotetici.

La valutazione del grado di ventilazione richiede innanzi tutto la conoscenza della massima portata di emissione di gas o vapore dalla sorgente di emissione, ricavata da una esperienza accertata, o calcoli idonei, o ipotesi fondate.

Valutazione del volume ipotetico V_Z

La portata minima teorica di ventilazione per diluire una certa emissione di sostanza infiammabile alla concentrazione richiesta al di sotto del LEL, può essere calcolata con la formula:

$$(dV/dt)_{\min} = \frac{(dG/dt)_{\max}}{k \times \text{LEL}} \times \frac{T}{293}$$

dove:

$(dV/dt)_{\min}$ è la portata minima volumetrica di aria fresca (m^3/s);

$(dG/dt)_{\max}$ è la portata massima di emissione di sostanza infiammabile (kg/s); LEL è il limite inferiore di esplosibilità (kg/m^3);

K è un fattore di sicurezza applicato al LEL; tipicamente:

$k = 0,25$ (per emissioni di grado continuo e primo),

$k = 0,5$ (per emissioni di secondo grado).

T = è la temperatura ambiente in gradi kelvin (K).

Con un dato numero di ricambi d'aria per unità di tempo, C, riferito alla ventilazione generale del luogo, si può stimare un volume ipotetico V_Z di atmosfera potenzialmente esplosiva, intorno alla sorgente di emissione, usando la seguente formula:

$$V_Z = \frac{(dV/dt)_{\min}}{C}$$

dove:

C è il numero di ricambi d'aria fresca per unità di tempo (s^{-1}).

La formula presume una miscelazione istantanea ed omogenea in prossimità della sorgente di emissione, in condizioni ideali di flusso d'aria fresca. In pratica, tali condizioni ideali generalmente non si verificano, per esempio a causa di possibili impedimenti al flusso dell'aria con risultato che alcune parti del luogo sono mal ventilate.

Pertanto, l'effettivo ricambio d'aria in prossimità della sorgente di emissione risulta inferiore a quello indicato da C, portando ad un incremento del volume V_Z .

Introducendo un fattore di correzione (fattore di qualità f), si ottiene:

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

dove:

f esprime l'efficacia della ventilazione in termini di effettiva diluizione dell'atmosfera esplosiva, con f che varia, da $f = 1$ (situazione ideale) ad $f = 5$ (caso di flusso d'aria impedito da ostacoli).

Il volume V_Z rappresenta il volume al di là del quale la concentrazione media del gas o vapore infiammabile è 0,25 o 0,5 volte il LEL, secondo il valore del fattore di sicurezza k.

Ciò significa che, al limite dell'ipotetico volume stimato, la concentrazione di gas o vapore è significativamente inferiore al LEL, vale a dire che il volume ipotetico nel quale la concentrazione è superiore al LEL è più piccolo di V_Z .

Per un luogo al chiuso, C è dato da:

$$C = \frac{dV_{\text{tot}}/dt}{V_0}$$

dove:

dV_{tot}/dt è la portata totale di aria fresca,

V_0 è il volume totale da ventilare.

Luogo all'aperto

In un luogo all'aperto, velocità del vento anche molto basse determinano un numero elevato di ricambi d'aria. Si consideri, per esempio, un ipotetico cubo all'aperto avente dimensioni di pochi metri. In questo caso, una velocità del vento di 0,5 m/s garantisce una portata d'aria di ricambio maggiore di 100/h (0,03/s).

Con prudente approssimazione, usando $C = 0,03/s$ per un luogo all'aperto, si può ottenere un ipotetico volume di atmosfera potenzialmente esplosiva V_Z :

$$V_Z = \frac{f \times dV/dt)_{\text{min}}}{0,03}$$

dove:

dV/dt è in unità di volume al secondo, 0,03 è il numero di ricambi d'aria al secondo.

Tuttavia, a causa del diverso meccanismo di dispersione, questo metodo dà, generalmente, un volume sovrastimato. La dispersione è normalmente più rapida in un luogo all'aperto.

Valutazione del tempo di persistenza t

Il tempo t richiesto per far scendere la concentrazione media da un valore iniziale X_0 a k volte il LEL, dopo l'arresto dell'emissione, può essere stimato con la formula:

$$t = \frac{-f}{C} \ln \frac{\text{LEL} \times k}{X_0}$$

dove:

X_0 è la concentrazione iniziale della sostanza infiammabile espressa nella stessa unità di misura del LEL, cioè il vol % o kg/m^3 .

Talora nell'atmosfera esplosiva, la concentrazione di sostanza infiammabile può essere 100% in volume (generalmente solo nella immediata vicinanza della sorgente di emissione). Tuttavia, quando si calcola t , il valore idoneo da assumere per X_0 dipende dalle singole situazioni considerando, tra l'altro, il volume interessato, la frequenza e la durata dell'emissione, per cui per la maggior parte dei casi pratici sembra ragionevole assumere per X_0 una concentrazione superiore al LEL.

C è il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo;

t è nelle stesse unità di misura di C , cioè se C è il numero di ricambi d'aria al secondo, il tempo t è in secondi;

f è un fattore che tiene conto dell'imperfetta miscelazione (vedi formula (B.3)). Tale fattore può variare ad esempio: da 5 per una ventilazione con l'aria che entra attraverso fessure e una sola apertura di scarico, a circa 1, per una ventilazione con l'aria che entra da un soffitto perforato e scarichi multipli; \ln è il logaritmo naturale, cioè $2,303 \times \log_{10}$;

k è un fattore di sicurezza riferito al LEL, vedi formula (B.1).

Il valore numerico di t che risulta dalla formula (B.6), non costituisce di per sé un metodo quantitativo per definire il tipo della zona. Esso fornisce un'informazione addizionale che deve essere comparata con la scala dei tempi del processo e della situazione specifica

Valutazione del grado di ventilazione

Una emissione di grado continuo determina generalmente una zona 0, una di primo grado una zona 1 ed una di secondo grado una zona 2. Ciò può non sempre essere vero a causa degli effetti della ventilazione.

In alcuni casi, il grado e la disponibilità della ventilazione possono essere così alti che in pratica il luogo pericoloso non esiste. Al contrario, il grado di ventilazione può essere così basso da far risultare una zona con un numero più basso di zona (ad esempio, una zona 1 generata da una emissione di secondo grado). Questo accade ad esempio, quando la ventilazione è tale che l'atmosfera persiste e dopo l'arresto dell'emissione del gas o vapore, si disperde lentamente. Cosicché l'atmosfera esplosiva permane più a lungo di quanto ci si sarebbe atteso in relazione al grado di emissione.

Il volume V_Z può essere usato come mezzo per valutare il grado di ventilazione come alto, medio o basso. Il tempo di persistenza t può essere utilizzato per determinare il grado di ventilazione necessario perché un luogo soddisfi alle definizioni di zona 0,1 o 2.

Il grado della ventilazione può essere considerato alto (VH) quando il volume V_Z è molto piccolo o trascurabile. Con la ventilazione in funzione, si può considerare che la sorgente di emissione non generi un'atmosfera esplosiva, cioè il luogo ad essa circostante non è pericoloso. Esiste tuttavia, un'atmosfera esplosiva, per quanto di estensione trascurabile, adiacente alla sorgente di emissione. In pratica, il grado di ventilazione alto può generalmente essere ottenuto solamente con un sistema di ventilazione artificiale locale il cui flusso d'aria investe la sorgente di emissione, o in piccoli luoghi al chiuso, oppure con portate di emissione molto basse. Innanzi tutto, la maggior parte dei luoghi al chiuso contiene più sorgenti di emissione e non è buona norma avere tante piccole zone pericolose all'interno di un luogo classificato non pericoloso. In secondo luogo, con le tipiche portate di emissione considerate nella classificazione, per ottenere il grado di ventilazione alto anche la ventilazione naturale è sovente insufficiente. Inoltre, normalmente non è possibile ventilare artificialmente i luoghi al chiuso di notevoli estensioni con le portate di aria che sarebbero richieste per il grado di ventilazione alto. Il volume V_Z non dà alcuna indicazione sul tempo di persistenza della atmosfera pericolosa dopo l'arresto dell'emissione. Questo non è rilevante con grado di ventilazione alto (VH), ma è un fattore di valutazione se il grado è medio (VM) o basso (VL).

Il grado di ventilazione medio (VM) dovrebbe controllare la dispersione dell'emissione del gas o vapore infiammabile. Il tempo impiegato per disperdere un'atmosfera esplosiva dopo l'arresto dell'emissione dovrebbe essere tale da rispettare le condizioni sia di zona 1 sia di zona 2, a seconda che l'emissione sia di primo o secondo grado.

Il tempo di dispersione accettabile dipende dalla frequenza e durata previste per ogni emissione. Il volume V_Z risulta spesso più piccolo del volume del luogo al chiuso. In questo caso può essere ammesso classificare come pericolosa solamente una parte di detto luogo. In alcuni casi il volume V_Z può risultare simile al volume del luogo chiuso. In tal caso, tutto detto luogo dovrebbe essere classificato come pericoloso.

Quando non sono rispettati gli abbinamenti tra grado di emissione e tipo di zona secondo i quali una emissione di grado continuo determina una zona 0, una di primo grado una zona 1 ed una di secondo grado una zona 2, il grado della ventilazione deve essere considerato basso (VL). Con il grado basso, il volume V_Z spesso risulta simile o più grande del volume dei luoghi al chiuso. Il grado basso (VL) non dovrebbe generalmente riscontrarsi in situazioni all'aperto, eccetto dove ci siano restrizioni al flusso dell'aria, ad esempio nelle fosse.

Disponibilità della ventilazione

La disponibilità della ventilazione ha influenza sulla presenza o formazione di un'atmosfera esplosiva. Pertanto, la disponibilità (come pure il grado) della ventilazione deve essere presa in considerazione quando si determina il tipo della zona.

Si considerano i seguenti tre livelli di disponibilità della ventilazione:

- buona : quando la ventilazione è presente in pratica con continuità;
- adeguata : quando la ventilazione è considerata presente durante il funzionamento normale. Sono ammesse delle interruzioni purché siano poco frequenti e per brevi periodi.
- scarsa : quando la ventilazione non risponde ai requisiti di adeguata o buona, tuttavia non sono previste interruzioni per lunghi periodi.

Una ventilazione che non risponde neanche ai requisiti previsti dalla scarsa disponibilità non deve essere considerata come contributo alla ventilazione del luogo

Ventilazione naturale

Per i luoghi all'aperto la valutazione dell'estensione, dovrebbe normalmente basarsi su una velocità del vento minima stimata di 0,5 m/s, che di fatto è presente continuamente. In questo caso la disponibilità della ventilazione può essere considerata come "buona".

Ventilazione artificiale

Nel valutare la disponibilità della ventilazione artificiale, dovrebbe essere considerata l'affidabilità delle apparecchiature e, per esempio, la disponibilità di ventilatori di riserva. La disponibilità buona richiede normalmente, in caso di guasto, la partenza automatica dei ventilatori di riserva. Tuttavia se vengono presi dei provvedimenti per prevenire l'emissione della sostanza infiammabile quando viene meno la ventilazione(per esempio mediante arresto automatico del processo), non è necessario modificare la classificazione determinata con la ventilazione in funzione, cioè la disponibilità può essere assunta come buona.

3) VALUTAZIONE DELLE ZONE PERICOLOSE GAS/NEBBIE/VAPORI INFIAMMABILI

3.1) VALUTAZIONE DELLE ZONE PERICOLOSE VALVOLE DI ADDUZIONE DEL GAS-METANO ALL'APERTO

La presente classificazione è rappresentativa di tutte le valvole manuali ed eventuali elettrovalvole a servizio dell'impianto di adduzione del gas metano installate all'aperto.

Dati della sostanza

Nome:	Metano
Numero:	227
LEL % volume:	4,40
LEL (kg /m ³):	0,029359616
UEL % volume:	17,00
Densità relativa all'aria:	0,554
Massa molare (kg/kmol):	16,04
Coefficiente gamma (rapporto calori specifici):	1,31
Massa volumica del liquido (kg/m ³):	415
Calore specifico a temperatura ambiente csl (J/(kg/K)):	3454
Coefficiente di diffusione del gas cd (m ² /h):	0,074
Calore latente di vaporizzazione clv (J/kg):	5,10E5
Temperatura di ebollizione Tb (°C):	-161,4
Temperatura di accensione (°C):	537
Temperatura di infiammabilità (°C):	0
Gruppo delle costruzioni elettriche:	IIA
Classe di temperatura:	T1

Dati ambientali

Le caratteristiche dell'ambiente sono le seguenti:

Tipo di ambiente:	Aperto
Fattore di efficacia dell'ambiente f_a :	2
Temperatura ambiente [°C]:	20
Pressione atmosferica [Pa]:	101325
Altezza dal suolo della sorgente di emissione h [m]:	fino a 3 m

Le caratteristiche della ventilazione sono le seguenti:

Te [°K]:	293
Velocità dell'aria primaria [m/s]:	0,25

Portata di emissione Q_g [kg/s]

Calcolo della portata di emissione Q_g [kg/s] dovuta al getto in singola fase di gas/vapore ad alta velocità.



Occorre stabilire se il gas può uscire dal sistema di contenimento, all'interno del quale è allo stato gassoso, a bassa velocità in regime di flusso subsonico (non turbolento), o ad alta velocità in regime di flusso sonico (turbolento).

Per definire il tipo di flusso, si applica la seguente relazione:

$$p_c = p_a \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad [\text{f.GB.4.1-1}]$$

La velocità di emissione del gas è sonica se la pressione all'interno del contenitore è più alta della p_c (pressione critica).

Per definire l'indice politropico dell'espansione adiabatica γ nei gas ideali può essere usata la formula seguente:

$$\gamma = \frac{Mc_p}{Mc_p - R} \quad [\text{f.GB.4.1-2}]$$

Portata di emissione di gas con velocità di emissione sub-sonica

Per definire la portata di emissione di gas con velocità di emissione sub-sonica si applica la formula [f.GB.4.1-5] seguente:

$$Q_g = S \cdot p \cdot C_d \sqrt{\frac{M}{R \cdot T} \frac{2 \cdot \gamma}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right] \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}}} \quad [\text{f.GB.4.1-5}]$$

$$v_0 = \frac{Q_g}{\rho_{0 \text{ gas}} S} \quad [\text{f.GB.4.1-6}]$$

$$\rho_{0 \text{ gas}} = \rho \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad [\text{f.GB.4.1-7}]$$

Dove:

PORTATA DI EMISSIONE		
n	numero di getti	1
φ	rapporto critico [f.GB.4.1-3]	0,291
β		7,451614
γ	rapporto tra i calori specifici (indice di espansione) – c_p/c_v	1,310000
cd	coefficiente di scarico o efflusso	0,8
$S [mm^2]$	area del foro di emissione	0,25
<i>Tipo di flusso</i>	[f.GB.4.1-1]	Flusso subsonico
$p_0 [Pa]$	pressione assoluta subito dopo l'uscita dal contenitore (sistema di contenimento)	101325
$p [Pa]$	pressione assoluta all'interno del contenitore (sistema di contenimento) nel punto di emissione	101325
$p [bar]$	pressione relativa all'interno del contenitore (sistema di contenimento) nel punto di emissione	0,020
$R [J/kmol K]$	costante universale dei gas	8314
$v_0 [m/s]$	velocità di uscita del gas	77,035
$v_s [m/s]$	velocità del suono	446,1526
$T [K]$:	temperatura della sostanza pericolosa	293,15
$M [kg/mol]$	massa molare	16,04
$Q_g [kg/s]$	portata di emissione principale	0,000010322

Distanza pericolosa $dz [m]$

La distanza pericolosa dz è la distanza dalla sorgente di emissione dalla quale si può assumere che la sostanza infiammabile emessa sia miscelata con l'aria dell'ambiente in una concentrazione pari al $k_{dz} \cdot LEL_v$.

La distanza pericolosa dz in metri è calcolata con la seguente relazione:

$$dz = k_z \cdot \left(\frac{Q_g}{S \cdot \varphi \cdot c} \right)^{\frac{1}{\gamma+1}} \cdot \left(\frac{2}{\gamma+1} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma+1}} \cdot \beta^{-0,25} \cdot T^{0,25} \quad [f.GB.5.1-5a]$$

Se la emissione è sonica:

$$\varphi = 1$$

$$\beta = \frac{\gamma+1}{\gamma-1}$$

$$k_z = \frac{k_1 \cdot X_m \%}{e^{M \cdot LEL_v}}$$

$k_1 = 13$ per le sostanze con massa molare $M < 5$,

$k_1 = 82$ per gli altri gas o vapori.

Per gli ambienti aperti $k_z=1$

DISTANZA PERICOLOSA dz		
k_z	coefficiente correttivo da applicare alla distanza dz per tener conto della concentrazione di gas o vapore infiammabile nell'ambiente (campo lontano)	1
LEL_v	limite inferiore di esplodibilità della sostanza	4,4
$dz [m]$	distanza pericolosa	0,126
$a [m]$	dimensione zona pericolosa	0,151
R	coefficiente di riduzione "R" della distanza pericolosa dz	1

La Guida CEI 31-35 assume che la zona pericolosa si estenda fino ad una distanza "a" dalla sorgente di emissione. La distanza "a" deve essere uguale o maggiore alla distanza "dz".

Grado della ventilazione per ambienti Aperti

Il grado della ventilazione, per gli ambienti aperti, è definito **ALTO** quando il V_z è trascurabile, **MEDIO** quando il V_z non è trascurabile.

Sostituendo nelle relazioni i dati noti:

$T_a [^{\circ}C]$	Temperatura ambientale	20
$Q_{amin} [m^3/s]$	Minima portata di ventilazione	0,000704
$X_m\%$	Concentrazione media della sostanza pericolosa	
$V_a [m^3/s]$	Volume libero dell'ambiente	3375
$t [s]$	Tempo di persistenza	Vedi Tipo di Zona

Concentrazione media $X_m\%$ della sostanza pericolosa

La concentrazione media volumica $X_{te}\%$ dopo il tempo di emissione $t_e [s]$ può essere calcolato attraverso la seguente equazione:

$$X_{te} \% = \frac{Q_g}{Q_a \cdot \rho_{gas}} \cdot (1 - e^{C_a \cdot t_e}) \cdot 100 \quad [f.5.10.3-17]$$

A regime (dopo il periodo transitorio):

$$X_r \% = \frac{Q_g}{Q_a \cdot \rho_{gas}} \cdot 100 \quad [f.5.10.3-19]$$

La massa volumica del gas (densità) è calcolata attraverso la seguente relazione:

$$\rho_{0\,gas} = \frac{p_a \cdot M}{R \cdot T} \quad [f. 5.5.4-2]$$

CONCENTRAZIONE MEDIA $X_M\%$		
ρ_{relgas}	Densità relativa all'aria del gas	0,554
$\rho_{0gas} [kg/m^3]$	Massa volumica del gas (a T e Pa)	0,667
$Q_{es} [kg/s]$	Portata delle emissioni strutturali	0
$t_e [s]$	Tempo totale della emissione	0
$X_{te}\%$		-
$X_{r}\%$		-

Tipo di zona pericolosa

Descrizione	Valvole all'aperto
Tipo di zona	Zona 2 NE
Grado di emissione	Secondo Grado
Codice identificativo	SEGM01
Disponibilità della ventilazione	Buona
Grado di ventilazione	alto
Fattore di efficacia della ventilazione (f_{SE})	2
Velocità minima dell'aria in prossimità della SE $w_a [m/s]$	0,25
Volume da ventilare $V_0 [m^3]$	0,028
Numero ricambi d'aria $C_o [s^{-1}]$	0,302
Distanza $L_0 [m]$	0,302
$V_z [m^3]$	0,00170185
$V_{ex} [m^3]$	0,00085093
Il volume $V_z [m^3]$ di atmosfera esplosiva	è trascurabile
$X_M\%$	-
$k \cdot l_{el} v / f_a$	-
$dz [m]$	0,126
$a [m]$	0,15
$b [m]$	-
$c [m]$	-
Condizione f.5.10.3-16	-
Tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva [s]	7,55

In ambienti aperti, il volume V_z , calcolato con la formula [f.5.10.3-6], può essere considerato trascurabile (V_{2NE}) se il corrispondente volume V_{ex} , rispetta le condizioni seguenti:

- per la zona 2: $V_{ex} < 100 \text{ dm}^3$
 $V_{ex} < (100 \times k) \text{ dm}^3$

Volume V_{ex} calcolato (dm^3): 0,8

Prima Condizione

$$V_{ex} < 100 \text{ dm}^3$$

$$0,8 \text{ dm}^3 < 100 \text{ dm}^3$$

Condizione verificata

Seconda Condizione

$$V_{ex} < (100 \times k) \text{ dm}^3$$

$$0,8 \text{ dm}^3 < (100 \times 0,5) \text{ dm}^3$$

$$0,8 \text{ dm}^3 < 50 \text{ dm}^3$$

Condizione verificata

Considerato che il volume della miscela effettivamente presente (V_{ex}) generata dalla sorgente di emissione risulta minore di 100 dm^3 , il volume ipotetico di atmosfera esplosiva (V_z) di tale sorgente di emissione lo si può ragionevolmente considerare trascurabile, e dunque non sono presenti aree con pericolo di esplosione.

Coefficiente k , k_{dz} , k_o , k_a

Coefficiente di sicurezza k_a	1,2
Coefficiente di sicurezza k_o	2
Coefficiente k per emissioni di grado continuo o di primo grado	0,25
Coefficiente k per emissioni di grado secondo	0,5
Coefficiente k_{dz} per emissioni di grado continuo o di primo grado	0,25
Coefficiente k_{dz} per emissioni di grado secondo	0,5
Costante k_{mole}	10

Conclusioni

In virtù delle classificazioni eseguite, il volume della zona di pericolo, generata dalle apparecchiature a servizio dell'impianto di adduzione del gas metano poste all'aperto si possono ritenere trascurabili, pertanto le sorgenti di emissione non emettono gas o vapori infiammabili che potranno provocare un'esplosione pertanto gli impianti elettrici in prossimità delle valvole all'aperto dovranno avere grado di protezione IP55.

3.2) VALUTAZIONE DELLE ZONE PERICOLOSE CENTRALE TERMICA FUNZIONANTE A GAS METANO

A servizio dell'impianto di riscaldamento dell'attività è presente una centrale termica avente n.2 caldaie funzionanti a gas metano avente potenzialità termica pari a 45 kW cad..

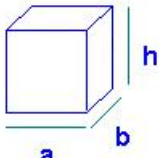
La caldaia dovrà essere conforme alla direttiva 90/396/CEE recepita con il Decreto del Presidente della Repubblica del 15 Novembre 1996 n.661 pertanto la presente classificazione è riferita a tutte le apparecchiature a servizio della caldaia (valvola manuale) presenti all'interno della centrale termica.

Dati della sostanza

Nome:	Metano
Numero:	227
LEL % volume:	4,40
LEL (kg /m ³):	0,029359616
UEL % volume:	17,00
Densità relativa all'aria:	0,554
Massa molare (kg/kmol):	16,04
Coefficiente gamma (rapporto calori specifici):	1,31
Massa volumica del liquido (kg/m ³):	415
Calore specifico a temperatura ambiente csl (J/(kg/K)):	3454
Coefficiente di diffusione del gas cd (m ² /h):	0,074
Calore latente di vaporizzazione clv (J/kg):	5,10E5
Temperatura di ebollizione Tb (°C):	-161,4
Temperatura di accensione (°C):	537
Temperatura di infiammabilità (°C):	0
Gruppo delle costruzioni elettriche:	IIA
Classe di temperatura:	T1

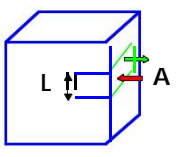
Dati ambientali

Le caratteristiche dell'ambiente sono le seguenti:

Tipo di ambiente: Chiuso	a: 3,5	b: 3	h: 3
Fattore di efficacia dell'ambiente f_a : 2			
Volume libero V_a [m ³]: 31,5			
Temperatura ambiente [°C]: 20			
Pressione atmosferica [Pa]: 101325			
Velocità dell'aria all'esterno, in prossimità delle aperture w_a [m/s]: 0,25			

Dati aperture

Le caratteristiche dell'apertura sono le seguenti:

Le caratteristiche dell'apertura sono le seguenti:	
APERTURE DI VENTILAZIONE	NUMERO DI APERTURE
Area A = A1 [m ²]: 0,3	Una apertura 
Area A2 [m ²]: 0	
Area A3 [m ²]: 0	
Area A4 [m ²]: 0	
Δcp: 0,1	
VELOCITÀ DELL'ARIA	
Velocità dell'aria primaria [m/s]: 0,05	
Velocità dell'aria residua [m/s]: 0	

Ventilazione naturale per effetto della spinta del vento

La portata di ventilazione naturale dovuta alla spinta del vento in ambienti chiusi con una sola apertura di ventilazione (A) posta su un solo lato, schermato, non schermato o solo parzialmente schermato è stata stimata attraverso la seguente formula della Guida CEI 31 -35

$$\underline{Q_{aw}} = 0,025 \cdot A \cdot v_a \quad [\text{f.GC.3.2-1}]$$

Ventilazione naturale per effetto camino

Se esistono differenze di temperature tra ambiente chiuso e luogo aperto, si generano differenze di densità dell'aria (che determinano moti dell'aria più pesante verso il basso e dell'aria più leggera verso l'alto), al centro esiste un livello neutro. In questi casi un'apertura si intende in alto quando si trova al di sopra del livello neutro, si intende in basso quando si trova al di sotto di detto livello. Per stabilire l'altezza del livello neutro in modo puntuale occorre rifarsi alla letteratura specialistica; tuttavia, la guida CEI 31-35 indicativamente considera che, in presenza di aperture poste in alto ed in basso di uguali dimensioni, il livello neutro si trova sulla mezzeria dell'altezza dell'ambiente chiuso e che, in presenza di aperture poste in alto e in basso di diverse dimensioni, il livello neutro si sposta, in proporzione al rapporto tra le aree delle aperture in alto e di quelle in basso, verso l'area maggiore.

Per la valutazione della portata di ventilazione per effetto camino Q_{at} , l'apertura può trovarsi su uno qualunque dei lati dell'ambiente, anche sul pavimento o sul soffitto.

La portata di ventilazione naturale dovuta all'effetto camino in ambienti chiusi con una sola apertura di ventilazione (A) posta su un lato dell'ambiente è calcolata con la seguente relazione:

$$Q_{at} = c_s \cdot \frac{A}{3} \cdot \left(\frac{(T_e - T_i) \cdot g \cdot L}{T_e} \right)^{0,5} \quad [\text{f.GC.3.3-1}]$$

<i>Ventilazione naturale</i>
Portata di aria per effetto camino Q_{at} [m^3/s]: 0,03086
Portata di aria dovuta alla spinta del vento Q_{aw} [m^3/s]: 0,00375
Portata di aria dovuta alle infiltrazioni Q_{ai} [m^3/s]: --
Portata di aria di ventilazione Q_a [m^3/s]: 0,03086
L^2 (m): 0,3
T_e^3 [K]: 303
T_i^4 [K]: 298
T_{ie} [K] media tra T_i e T_e : 300,5
Accelerazione di gravità g [m/s^2]: 9,81
Coefficiente di scarico di un'apertura c_s 0,65

Come indicato dalla Guida CEI 31-35 si assume come portata di ventilazione la maggiore tra Q_{at} , Q_{aw} e Q_{ai} .

² Distanza verticale tra la mezzeria delle aperture di ventilazione poste in alto e quelle poste in basso.

³ Temperatura media dell'aria all'esterno dell'ambiente considerato.

⁴ Temperatura media dell'aria all'interno dell'ambiente considerato al livello neutro

Portata di emissione Q_g [kg/s]

Calcolo della portata di emissione Q_g [kg/s] dovuta al getto in singola fase di gas/vapore ad alta velocità.



Occorre stabilire se il gas può uscire dal sistema di contenimento, all'interno del quale è allo stato gassoso, a bassa velocità in regime di flusso subsonico (non turbolento), o ad alta velocità in regime di flusso sonico (turbolento).

Per definire il tipo di flusso, si applica la seguente relazione:

$$p_c = p_a \left(\frac{\gamma + 1}{2} \right)^{\frac{\gamma}{\gamma - 1}} \quad [\text{f.GB.4.1-1}]$$

La velocità di emissione del gas è sonica se la pressione all'interno del contenitore è più alta della p_c (pressione critica).

Per definire l'indice politropico dell'espansione adiabatica γ nei gas ideali può essere usata la formula seguente:

$$\gamma = \frac{Mc_p}{Mc_p - R} \quad [\text{f.GB.4.1-2}]$$

Portata di emissione di gas con velocità di emissione sub-sonica

Per definire la portata di emissione di gas con velocità di emissione sub-sonica si applica la formula [f.GB.4.1-5] seguente:

$$Q_g = S \cdot p \cdot C_d \sqrt{\frac{M}{R \cdot T} \frac{2 \cdot \gamma}{\gamma - 1} \left[1 - \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{\gamma - 1}{\gamma}} \right] \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}}} \quad [\text{f.GB.4.1-5}]$$

$$v_0 = \frac{Q_g}{\rho_{0 \text{ gas}} S} \quad [\text{f.GB.4.1-6}]$$

$$\rho_{0 \text{ gas}} = \rho \left(\frac{p_0}{p} \right)^{\frac{1}{\gamma}} \quad [\text{f.GB.4.1-7}]$$

Dove:

PORTATA DI EMISSIONE		
n	numero di getti	1
φ	rapporto critico [f.GB.4.1-3]	0,291
β		7,451614
γ	rapporto tra i calori specifici (indice di espansione) – c_p/c_v	1,310000
cd	coefficiente di scarico o efflusso	0,8
$S [mm^2]$	area del foro di emissione	0,25
$Tipo\ di\ flusso$	[f.GB.4.1-1]	Flusso subsonico
$p_0 [Pa]$	pressione assoluta subito dopo l'uscita dal contenitore (sistema di contenimento)	101325
$p [Pa]$	pressione assoluta all'interno del contenitore (sistema di contenimento) nel punto di emissione	101325
$p [bar]$	pressione relativa all'interno del contenitore (sistema di contenimento) nel punto di emissione	0,020
$R [J/kmol\ K]$	costante universale dei gas	8314
$v_0 [m/s]$	velocità di uscita del gas	77,035
$v_s [m/s]$	velocità del suono	446,1526
$T [K]:$	temperatura della sostanza pericolosa	293,15
$M [kg/mol]$	massa molare	16,04
$Q_g [kg/s]$	portata di emissione principale	0,000010322

Distanza pericolosa dz [m]

La distanza pericolosa dz è la distanza dalla sorgente di emissione dalla quale si può assumere che la sostanza infiammabile emessa sia miscelata con l'aria dell'ambiente in una concentrazione pari al $k_{dz} \cdot LEL$.

La distanza pericolosa dz in metri è calcolata con la seguente relazione:

$$dz = k_z \cdot z_{50} \cdot \frac{M^{-0,65}}{k_1 \cdot LEL} \cdot \left[\frac{Q_g}{\varphi \cdot c} \right] \cdot \left[\left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^\beta \right]^{-0,25} \cdot T^{0,25} \quad [f.GB.5.1-5a]$$

Se la emissione è sonica:

$$\varphi = 1$$

$$\beta = \frac{\gamma + 1}{\gamma - 1}$$

$$k_z = \frac{k_1 \cdot X_m \%}{e^{M \cdot LEL}}$$

$k_1 = 13$ per le sostanze con massa molare $M < 5$,

$k_1 = 82$ per gli altri gas o vapori.

Per gli ambienti aperti $k_z = 1$

DISTANZA PERICOLOSA dz		
kz	coefficiente correttivo da applicare alla distanza dz ;	1,060
LEL_v	limite inferiore di esplosibilità della sostanza	4,4
$dz [m]$	distanza pericolosa	0,134
$a [m]$	dimensione zona pericolosa	0,16
R^s	coefficiente di riduzione "R" della distanza pericolosa dz	1

La Guida CEI 31-35 assume che la zona pericolosa si estenda fino ad una distanza "a" dalla sorgente di emissione. La distanza "a" deve essere uguale o maggiore alla distanza "dz".

Grado della ventilazione per ambienti Chiusi

Il grado della ventilazione, per gli ambienti chiusi, è definito **ALTO** quando la concentrazione media di sostanza infiammabile $Xm\%$ rispetta la condizione f.5.10.3-16 ed il volume V_z è trascurabile, **BASSO** quando la concentrazione media di sostanza infiammabile $Xm\%$ non rispetta la condizione f.5.10.3-16, **MEDIO** in tutti gli altri casi.

$$Xm\% \leq \frac{k \cdot LEL_v}{f_a} \quad [f.5.10.3-16]$$

Infine, il grado della ventilazione è definito ALTO quando è soddisfatta la condizione di cui sopra ed inoltre le dimensioni del volume pericoloso prodotto dalla SE sono trascurabili. Un indice delle dimensioni del volume pericoloso prodotto dalla SE è dato dal Volume ipotetico di atmosfera esplosiva V_z , definito come segue:

$$V_z = \frac{f_{SE} \cdot \left(\frac{dV}{dt} \right)_{\min}}{C_0} = f_{SE} \cdot \frac{Q_{a \min}}{C_0} \quad [f.5.10.3-6]$$

dove:

$$\left(\frac{dV}{dt} \right)_{\min} = Q_{a \min} = \frac{\left(\frac{dG}{dt} \right)_{\max}}{K \cdot LEL_v} \cdot \frac{T}{293} = \frac{Q_g}{K \cdot LEL_v} \cdot \frac{T}{293} \quad [f.5.10.3-1]$$

$$LEL_m = \frac{LEL_v}{100} \rho_{0 \text{ gas}} = 0,0293 \text{ [kg/m}^3\text{]} - [f.5.5.11-2]$$

Per le emissioni di primo e di secondo grado il tempo t (s) di persistenza al cessare dell'emissione, cioè il tempo per far scendere la concentrazione media di sostanza infiammabile nell'atmosfera ambiente da un valore iniziale X_0 a k volte il LEL, dopo l'arresto dell'emissione è calcolato con la formula [f.5.10.3-13] della guida CEI 31-35 quarta edizione

$$t = - \frac{f_{SE}}{C_0} \cdot \left(\frac{k \cdot LEL_v}{X_0} \right) \quad [f.5.10.3-13]$$

Sostituendo nelle relazioni i dati noti:

T_a [°C]	Temperatura ambientale	20
Q_{amin} [m ³ /s]	Minima portata di ventilazione	0,000703476
$X_m\%$	Concentrazione media della sostanza pericolosa	0,050157
V_a [m ³ /s]	Volume libero dell'ambiente	131,5
t [s]	Tempo di persistenza	Vedi Tipo di Zona

Concentrazione media $X_m\%$ della sostanza pericolosa

La concentrazione media volumica $X_{te}\%$ dopo il tempo di emissione t_e [s] può essere calcolato attraverso la seguente equazione:

$$X_{te} \% = \frac{Q_g}{Q_a \cdot \rho_{gas}} \cdot (1 - e^{-C_a \cdot t_e}) \quad [\text{f.5.10.3-17}]$$

A regime (dopo il periodo transitorio):

$$X_r \% = \frac{Q_g}{Q_a \cdot \rho_{gas}} \quad [\text{f.5.10.3-19}]$$

La massa volumica del gas (densità) è calcolata attraverso la seguente relazione:

$$\rho_{0\ gas} = \frac{p_a \cdot M}{R \cdot T} \quad [\text{f. 5.5.4-2}]$$

CONCENTRAZIONE MEDIA $X_m\%$		
ρ_{relgas}	Densità relativa all'aria del gas	0,554
ρ_{gas} [kg/m ³]	Massa volumica del gas (a T_a e P_a)	0,667
Q_{es} [kg/s]	Portata delle emissioni strutturali	0
t_e [s]	Tempo totale della emissione	28800 (luogo non sorvegliato)
$X_{te}\%$		-
$X_r\%$		0,050157

Tipo di zona pericolosa

Descrizione	Valvola manuale
Tipo di zona	Zona 2
Apparecchiatura	3G Ex n, ic, s per zona 2 IIC T2
Grado di emissione	Secondo Grado
Codice identificativo	SECT01
Disponibilità della ventilazione	Buona
Grado di ventilazione	alto
Fattore di efficacia della ventilazione (f_{SE})	2
Velocità minima dell'aria in prossimità della SE w_a [m/s]	0,05
Volume da ventilare V_0 [m ³]	0,033
Numero ricambi d'aria C_o [s ⁻¹]	0,155473
Distanza L_0 [m]	0,322
V_z [m ³]	0,00904953
V_{ex} [m ³]	0,00452477
Il volume V_z [m ³] di atmosfera esplosiva	è trascurabile
$X_{m\%}$	0,050156
$k \cdot l_{el} v / f_a$	1,1
dz [m]	0,134
a [m]	0,16
b [m]	0
c [m]	0
Condizione f.5.10.3-16	La condizione f.5.10.3-16 è verificata
Tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva [s]	40

In ambienti chiusi, il volume V_z , calcolato con la formula [f.5.10.3-6], può essere considerato trascurabile (V_{2NE}) se il corrispondente volume V_{ex} , rispetta le condizioni seguenti:

- per la zona 0: $V_{ex} < 1 \text{ dm}^3$
- per la zona 1: $V_{ex} < 10 \text{ dm}^3$
- per la zona 2: $V_{ex} < 10 \text{ dm}^3$

inoltre sia per la zona 0, che per le zone 1 e 2, il volume $V_{ex} < 1/10000$ del volume dell'ambiente V_a (essendo V_a il volume del locale).

Volume V_{ex} calcolato (dm³): 4.5

Volume ambiente V_a (dm³): 31500

Prima Condizione

$$V_{ex} < 10 \text{ dm}^3$$

$$4.5 \text{ dm}^3 < 10 \text{ dm}^3$$

Condizione verificata

Seconda condizione

$V_{ex} < 1/10000$ del volume dell'ambiente V_a

$V_{ex} < V_a/10000$

$4.5 \text{ dm}^3 < 31500 \text{ dm}^3 / 10000$

$4.5 \text{ dm}^3 < 3.15 \text{ dm}^3$

Condizione non verificata (comunque in virtù delle aperture di aerazione, in virtù del danno derivante dell'atmosfera esplosiva e dalle caratteristiche dell'ambiente in oggetto si può comunque considerare la condizione verificata)

Considerato che il volume della miscela effettivamente presente (V_{ex}) generata dalla sorgente di emissione risulta minore di 10 dm^3 , il volume ipotetico di atmosfera esplosiva (V_z) di tale sorgente di emissione lo si può ragionevolmente considerare trascurabile, e dunque non sono presenti aree con pericolo di esplosione.

Coefficiente k, kdz, ko, ka

Coefficiente di sicurezza ka	1,2
Coefficiente di sicurezza ko	2
Coefficiente k per emissioni di grado continuo o di primo grado	0,25
Coefficiente k per emissioni di grado secondo	0,5
Coefficiente kdz per emissioni di grado continuo o di primo grado	0,25
Coefficiente kdz per emissioni di grado secondo	0,5
Costante $kmole$	10

Conclusioni

In virtù delle classificazioni eseguite, il volume della zona di pericolo, generata dalle apparecchiature a servizio dell'impianto di adduzione del gas metano a servizio della caldaia si può ritenere trascurabile, pertanto le sorgenti di emissione non emettono gas o vapori infiammabili che potranno provocare un'esplosione pertanto gli impianti elettrici all'interno della centrale termica dovranno avere grado di protezione almeno IP55.

La caldaia dovrà essere conforme alla direttiva 90/396/CEE recepita con il Decreto del Presidente della Repubblica del 15 Novembre 1996 n.661.