

Progetto

C. 1080

Data Scadenza Inchiesta

09-01-2012

Data Pubblicazione

2011-...

Classificazione

31-35

Titolo

**Atmosfere esplosive per la presenza di gas - Classificazione dei luoghi
Guida all'applicazione della Norma CEI EN 60079-10-1
(CEI 31-87): 2010-01**

Title



Progetto in inchiesta pubblica

INDICE

Premessa	4
1 Generalità	6
1.1 Scopo.....	6
1.2 Campo di applicazione.....	6
1.3 Principi di sicurezza contro le esplosioni	7
2 Riferimenti legislativi e normativi.....	13
2.1 Disposizioni legislative.....	13
2.2 Norme e guide tecniche	13
2.3 Relazione tra la classificazione dei luoghi e la valutazione del rischio esplosione.....	14
3 Definizioni, descrizioni e simboli	16
3.1 Ambiente.....	16
3.2 Atmosfera esplosiva (EC 60079-0, definizione 3.22).....	16
3.3 Atmosfera esplosiva per la presenza di gas (IEC 60079-0, definizione 3.24)	16
3.4 Combustione	17
3.5 Condizioni atmosferiche.....	17
3.6 Esplosione (UNI CEI EN 13237).....	17
3.7 Funzionamento di un impianto o di un prodotto.....	17
3.8 Impianto e sue caratteristiche	18
3.9 Luogo pericoloso (in relazione alle atmosfere esplosive per la presenza di gas)	19
3.10 Luogo non pericoloso (in relazione alle atmosfere esplosive per la presenza di gas).....	19
3.11 Opera.....	19
3.12 Pericolo.....	19
3.13 Prodotto e Prodotto ATEX.....	19
3.14 Livello di protezione delle apparecchiature elettriche (EPL)	20
3.15 Rischio (Norma ISO 12100-1)	20
3.16 Sistema di contenimento.....	20
3.17 Sistema o provvedimento di bonifica	20
3.18 Sorgente di accensione	21
3.19 Sorgente di emissione (SE).....	21
3.20 Gradi di emissione.....	22
3.21 Sostanza e sue caratteristiche	22
3.22 Uso non corretto di un impianto o un prodotto	24
3.23 Valutazione dei rischi.....	24
3.24 Ventilazione	25
3.25 Zone	25
3.26 Simboli utilizzati nella presente guida.....	25
4 Pericoli da gas o vapori infiammabili	31
4.1 Generalità	31
4.2 Tipi di pericolo.....	32
5 Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione da gas o vapori infiammabili	34
5.1 Generalità	34
5.2 Procedimento di classificazione dei luoghi pericolosi	34
5.3 Dati generali di progetto.....	35
5.4 Verifica di applicabilità della Norma	36

5.5	Sostanze infiammabili	36
5.6	Ambienti e condizioni ambientali	45
5.7	Sorgenti di emissione e gradi di emissione	49
5.8	Portata Q_g di emissione di sostanze infiammabili di ciascun grado di emissione	56
5.9	Distanza pericolosa d_z e quota "a"	57
5.10	Definizione del tipo o tipi di zone pericolose originate dalle singole emissioni	58
5.11	Definizione delle estensioni delle zone pericolose originate dalle singole emissioni	75
5.12	Casi particolari di classificazione dei luoghi	89
5.13	Documenti di classificazione in edizione preliminare	90
5.14	Aperture	90
5.15	Verifica della possibilità di adottare misure tecniche e/o organizzative per ridurre il pericolo d'esplosione	93
5.16	Inviluppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione	93
5.17	Documentazione tecnica di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione	96
6	Opere esistenti e loro trasformazione, ampliamento o manutenzione	98
6.1	Trasformazione, ampliamento o manutenzione di impianti di contenimento (processo, lavorazione, manipolazione o deposito) di sostanze infiammabili in luoghi già classificati applicando la Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30)	98
6.2	Luoghi già classificati applicando la Norma CEI 64-2	99
6.3	Impianti elettrici in luoghi già classificati applicando la Norma CEI 64-2 e riclassificati applicando la Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), o CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)	100
7	Luoghi con controllo di esplosibilità dell'atmosfera	101
7.1	Oggetto e scopo	101
7.2	Controllo dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o punti particolari di un ambiente	101
7.3	Controllo dell'atmosfera di particolari tipi di zone pericolose	102
7.4	Sistemi fissi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera	103
7.5	Influenza sui tipi di zona dei sistemi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o in punti particolari di un ambiente	108
7.6	Influenza sui particolari tipi di zone di cui in 7.3 della disponibilità dei sistemi di controllo dell'atmosfera	108
8	Luoghi con controllo di temperatura	108
8.1	Generalità	108
8.2	Campo di applicazione	109
8.3	Sistemi fissi di controllo della temperatura	110
8.4	Zone pericolose termicamente controllate	113
9	Inertizzazione dell'atmosfera di un ambiente (locale o contenitore)	114
9.1	Generalità	114
9.2	Requisiti dell'inertizzazione	115
9.3	Influenza sui tipi di zona dei sistemi di inertizzazione	117
10	Nebbie infiammabili	119
10.1	Generalità	119
10.2	Nebbie infiammabili	119
10.3	Caratteristiche delle sorgenti di emissione	120
10.4	Liquidi spruzzati intenzionalmente	121

Appendice GA Elenco di sostanze infiammabili o combustibili e valori orientativi delle loro caratteristiche significative	122
Appendice GB Elementi per la definizione delle estensioni delle zone	144
Appendice GC Elementi per la definizione dei dati ambientali	169
Appendice GD Esempio di documentazione tecnica di classificazione dei luoghi	183
INDICE	184
1 Oggetto e scopo della classificazione.....	185
2 Dati del committente.....	185
3 Dati del datore di lavoro (eventuali).....	185
4 Presupposti della classificazione dei luoghi.....	185
5 Vincoli contrattuali	185
6 Descrizione schematica dello stabilimento (opera) e del reparto oggetto della classificazione dei luoghi e limiti di competenza	186
7 Procedimento di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione	186
8 Sostanze presenti in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito	187
8.1 Benzina.....	187
8.2 Gasolio.....	187
9 Definizione del tipo di pericolo	188
10 Sostanze infiammabili e loro caratteristiche.....	188
10.1 Benzina.....	188
11 Ambienti e dati ambientali.....	188
11.1 Ambiente AA - Dati ambientali	189
12 Sorgenti di emissione	189
12.1 Sorgenti di emissione dell'ambiente AA.....	189
13 Tipo di zona pericolosa determinato dalla SE02	193
14 Estensione della zona pericolosa determinato dalla SE02.....	194
15 Documentazione di classificazione dei luoghi	195
Appendice GZ Riferimenti bibliografici.....	198

PREMESSA

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di esplosivi, fluidi infiammabili e polveri combustibili è stata in passato oggetto delle Norme CEI 64-2 e 64-2/A.

Le suddette Norme avevano origine nazionale, non erano né armonizzate né unificate a livello europeo in quanto fino al 1996 non esistevano Documenti di armonizzazione (HD) o Norme (EN) CENELEC sull'argomento.

Nel gennaio 1996 il CENELEC ha pubblicato la Norma EN 60079-10 prima edizione "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per la presenza di gas - Parte 10: Classificazione dei luoghi pericolosi" che il CEI ha recepito nella Norma nazionale CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) fascicolo 2895, in vigore dal 1° novembre 1996.

Nel gennaio 1999 il CEI ha pubblicato la prima edizione della presente Guida CEI 31-35 "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per presenza di gas - Guida alla classificazione dei luoghi pericolosi".

Tra il dicembre 1997 ed il settembre 2001 il CEI ha pubblicato una serie di Fogli di Abrogazione con i quali è stabilito che la Norma CEI 64-2, quarta edizione, non è più applicabile ai luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili, denominati nella Norma luoghi di Classe 1 e 3, ed ai luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di polveri infiammabili (combustibili), denominati nella Norma luoghi di Classe 2. La Norma CEI 64-2, quarta edizione, rimane in vigore solo per luoghi di Classe 0; luoghi ove esistono pericoli di esplosione in dipendenza della presenza o sviluppo delle sostanze esplosive.

Nel settembre 2001 il CEI ha anche abrogato la Norma CEI 64-2/A, che conteneva Esempi di classificazione di luoghi particolari.

Nel gennaio 2001 il CEI ha pubblicato la seconda edizione della presente Guida CEI 31-35 "Costruzioni elettriche per atmosfere esplosive per presenza di gas - Guida alla classificazione dei luoghi pericolosi", la quale si riferiva sempre alla prima edizione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30).

La Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) per i gas, i vapori e le nebbie infiammabili, e la Norma CEI EN 50281-3 (CEI 31-52) per le polveri combustibili, sono poste come riferimento per la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione dall'Allegato XLIX, Nota 3, del D.Lgs. 81/08 che recepisce nell'ordinamento legislativo italiano la materia della sicurezza sul lavoro contro il rischio di esplosione contenuta nella Direttiva 1999/92/CE.

Nel gennaio 2004 il CEI ha pubblicato la seconda edizione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) a seguito di analogo aggiornamento della Norma CENELEC.

Nel febbraio 2007 il CEI ha pubblicato la terza edizione della presente Guida CEI 31-35 di applicazione della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), seconda edizione.

La Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) per i gas, i vapori e le nebbie infiammabili, e la Norma CEI EN 50281-3 (CEI 31-52) per le polveri combustibili, erano poste come riferimento per la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione dall'Allegato XV-bis, ultimo capoverso, del D.Lgs. 626/94, Titolo VIII-bis, che recepiva nell'ordinamento legislativo italiano la materia della sicurezza sul lavoro contro il rischio di esplosione contenuta nella Direttiva 1999/92/CE; tali norme sono oggi riportate come riferimento nell'Allegato XLIX del D.Lgs. 81/08; esse sono ora sostituite da altre norme CEI, come ad esempio la CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87), che devono essere intese come loro sostituite alla luce dell'evoluzione della Regola dell'arte.

Nel marzo 2009 il CENELEC ha pubblicato la Norma EN 60079-10-1, prima edizione "Atmosfere esplosive - Parte 10-1: Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la

presenza di gas" che il CEI ha recepito nella Norma nazionale CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) fascicolo 10155, in vigore dal 1° febbraio 2010.

La precedente norma CEI EN 60079-10:2004-01 (CEI 31-30); fasc. 7177 rimane applicabile fino al 01-03-2012.

Le modifiche contenute nella nuova Norma CEI EN 60079-10-1 hanno richiesto l'emissione della presente quarta edizione della Guida di applicazione CEI 31-35.

La nuova edizione della Guida CEI 31-35, oltre ad allinearsi alla Norma CEI EN 60079-10-1 si arricchisce di nuovi elementi di aiuto per i tecnici incaricati della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili.

La classificazione dei luoghi deve essere eseguita in linea con il dettato della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87), prima edizione e per questo è possibile utilizzare tutti gli strumenti informativi che il progettista ritiene utili, purché siano idonei, applicabili al caso specifico ed in sintonia con la Norma stessa; la presente quarta edizione della Guida CEI 31-35 deve quindi essere intesa come uno di detti strumenti informativi.

La materia trattata rimane comunque complessa, pertanto va ribadito che la classificazione dei luoghi pericolosi dovrebbe essere eseguita da persone esperte, a conoscenza delle proprietà delle sostanze infiammabili, del processo e delle relative apparecchiature, consultando, per quanto di competenza, i tecnici di processo, della sicurezza, dell'impianto elettrico ed altri specialisti.

A completamento del lavoro, la Guida comprende alcune Appendici (da GA a GF), più l'Appendice GZ "Riferimenti bibliografici". Si segnalano in particolare: l'Appendice GD, dove è fornito un "Esempio di documentazione tecnica di classificazione dei luoghi", l'Appendice GE dove sono riportati "Esempi di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione" relativi alle realtà impiantistiche più diffuse, già presenti nell'Appendice GD dell'edizione precedente, l'Appendice GF, dove sono riportati esempi di "luoghi particolari" che presentano pericolo di esplosione trascurabile quando siano rispettate le condizioni specificate.

Le Appendici GE e GF sono oggetto di un fascicolo separato CEI 31-35/A.

Atmosfere esplosive per la presenza di gas - Classificazione dei luoghi

Guida all'applicazione della norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87): 2010-01

1 Generalità

1.1 Scopo

La presente Guida ha lo scopo di approfondire il tema della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas e vapori infiammabili (v. 3.21.1), relativa ad opere di nuova realizzazione e alle trasformazioni o ampliamenti di quelle esistenti, nel rispetto della Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87), prima edizione.

NOTA La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione equivale alla ripartizione in zone delle aree a rischio di esplosione di cui all'Allegato XLIX.

Nella presente guida sono considerate anche le problematiche relative alle nebbie infiammabili, per le quali si rimanda al Cap. 10.

Nell'Appendice GE sono riportati degli esempi tipici di classificazione di luoghi relativi alle realtà impiantistiche più diffuse che, a differenza delle appendici della Norma CEI 64-2/A abrogate, sono basati su un'analisi qualitativa e quantitativa (es. caratteristiche dell'emissione, della ventilazione, ecc.).

Nell'Appendice GF sono riportati esempi di luoghi particolari che non presentano pericoli d'esplosione quando siano rispettate alcune condizioni specificate.

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas o vapori infiammabili deve essere eseguita in linea con il dettato normativo e per questo è possibile utilizzare tutti gli strumenti informativi che il soggetto incaricato ritiene utili, purché siano idonei, applicabili al caso specifico ed in sintonia con la Norma stessa; la presente Guida deve quindi essere intesa come uno di detti strumenti informativi.

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione non fa parte del progetto dell'impianto elettrico, ma dei dati necessari per lo sviluppo del progetto stesso (dati di progetto), nonché per lo sviluppo di altri tipi di impianti i cui componenti possono essere sorgenti di innesco di esplosioni, quindi deve essere redatta contestualmente al progetto dell'opera nel suo insieme, e comunque prima della scelta dei requisiti di sicurezza dei prodotti che compongono gli impianti (apparecchi, sistemi di protezione, componenti).

Nella presente Guida è trattato solo il pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili. Per gli effetti dell'esplosione, quali la presenza di fiamme, onde di pressione, tossicità del gas di combustione, ecc. si rimanda alla valutazione dei rischi di cui al D.Lgs 81/08 (v. 2.3.1).

In alcuni casi si possono presentare nell'atmosfera miscele esplosive per la presenza di gas, vapori, nebbie e polveri combustibili (miscele ibride), vedere le indicazioni riportate in 4.2.3.

Nel seguito della presente Guida, quando è indicato semplicemente "la Norma" si deve intendere la Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87), prima edizione.

Nella presente Guida, se non diversamente stabilito caso per caso, quando è indicato "gas" si deve intendere "gas o vapore", per le nebbie ved. il Cap.10.

1.2 Campo di applicazione

La Norma e la presente guida si applicano ai luoghi in cui vi può essere il pericolo di accensione dovuto alla presenza di gas infiammabili, in miscela con aria in condizioni atmosferiche normali, cioè condizioni nelle quali la concentrazione di ossigeno nell'atmosfera è approssimativamente del 21% e che includono variazioni di pressione e temperatura al di sopra ed al di sotto dei livelli di riferimento, purché tali variazioni abbiano un effetto trascurabile sulle proprietà esplosive della sostanza infiammabile (v. 3.4)

La Norma e la presente Guida sono destinate prevalentemente ai luoghi dove si svolgono attività industriali, nei quali vi possono essere dei pericoli di esplosione dovuti alla presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili in miscela con l'aria in condizioni atmosferiche (v. 3.5).

Per gli altri campi di attività (es. artigianali, del terziario, agricole, ecc.), i principi generali della Norma sono comunque validi e, in assenza di norme tecniche specifiche conformi a detti principi, la Norma stessa e la presente Guida possono essere comunque applicate.

La Norma e la presente guida non si applicano a:

- a) miniere con possibile presenza di grisou;
- b) luoghi di trattamento o produzione di esplosivi;
- c) luoghi dove il pericolo di esplosione può manifestarsi per la presenza di polveri o fibre combustibili;
- d) guasti catastrofici non compresi nel concetto di anomalità trattato nella Norma stessa;
- e) locali adibiti ad uso medico;
- f) ambienti domestici.

1.3 Principi di sicurezza contro le esplosioni

1.3.1 Progettazione, esercizio e manutenzione degli impianti

Come già indicato nella norma, 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 (v. 3.7.1), sia in quello anormale (v. 3.7.2), con riferimento alla frequenza, durata e quantità delle emissioni.

È importante esaminare le parti e i componenti delle apparecchiature di processo e degli impianti dai quali può esservi un'emissione di sostanze infiammabili e prendere in considerazione l'ipotesi di modificare il progetto per minimizzare la probabilità e la frequenza di tali emissioni, nonché la quantità e la portata di emissione di sostanza.

Queste considerazioni fondamentali devono essere valutate nella fase preliminare dello sviluppo del progetto di ogni impianto e devono avere un'attenzione prioritaria nell'esecuzione della classificazione dei luoghi.

In caso di attività diverse da quelle relative al funzionamento normale, per esempio la messa in esercizio per la prima volta (commissioning) o la manutenzione, la classificazione dei luoghi può non essere valida. È previsto che tali interventi vengano trattati per mezzo di specifiche procedure di sicurezza.

Nei casi in cui vi sia possibilità di un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas devono essere effettuati i seguenti interventi:

- a) escludere la possibilità che, in un determinato luogo, l'atmosfera esplosiva sia presente contemporaneamente con una sorgente di accensione, oppure
- b) eliminare la sorgente di accensione.

Quando ciò non sia possibile, misure di protezione, apparecchiature di processo, sistemi e procedure devono essere scelte e preparate così che la probabilità di contemporanea presenza di a) e b) sia così piccola da poter essere accettabile. Tali misure possono essere usate singolarmente, se sono altamente affidabili, o in combinazione, al fine di raggiungere il livello di sicurezza richiesto.

1.3.2 Obiettivi della classificazione dei luoghi

Come già indicato nella norma, la classificazione dei luoghi è un metodo per analizzare e classificare l'ambiente dove si possono formare delle atmosfere esplosive per la presenza di gas, al fine di facilitare la corretta scelta dei prodotti e l'esecuzione degli impianti da impiegarsi con sicurezza in tale ambiente. La classificazione tiene anche in considerazione le caratteristiche di accensione del gas quali l'energia di accensione (gruppo del gas) e la temperatura di accensione (classe di temperatura).

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 per la presenza di gas. È anche difficile garantire che un'apparecchiatura non sia in grado di dar luogo ad una sorgente di accensione. Perciò, in situazioni in cui vi sia un'alta probabilità di presenza di atmosfera esplosiva per la presenza di gas ci si affida all'uso di prodotti che hanno una bassa probabilità di creare una sorgente di accensione. Per contro, dove la probabilità che sia presente un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas è ridotta, si possono impiegare prodotti (apparecchiature) realizzate secondo criteri meno severi.

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

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 di emissione, la concentrazione, la velocità di emissione, la ventilazione e gli altri fattori che influenzano il tipo e/o l'estensione della zona, si dispone di una solida base per stabilire la possibile presenza di un'atmosfera esplosiva.

Questo approccio richiede pertanto considerazioni dettagliate per ciascun componente dell'impianto e delle apparecchiature contenente sostanze infiammabili e che potrebbe perciò essere una sorgente di emissione.

1.3.3 Vincoli probabilistici

Per gli impianti e per i relativi mezzi di protezione (apparecchiamenti di difesa o barriere di sicurezza), destinati ad essere utilizzati in atmosfere potenzialmente esplosive sono considerati i vincoli probabilistici qualitativi della legislazione europea.

NOTA Equivalenti principi di sicurezza per gli impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione sono stati stabiliti a suo tempo nella Norma CEI 64-2, IV edizione del novembre 1990.

I suddetti vincoli probabilistici posti dalla legislazione europea sono contenuti nella Direttiva 94/9/CE del 23 marzo 1994, recepita nella legislazione italiana con il DPR 126/98, ed i vincoli impiantistici sono contenuti nella Direttiva 1999/92/CE recepita attualmente nella legislazione italiana relativa alla Sicurezza sul Lavoro con il D.Lgs. 81/08.

1.3.4 Misure di sicurezza

Per prevenire le esplosioni sono possibili misure di sicurezza che si possono distinguere in due diverse categorie: misure di prevenzione e misure di protezione.

La prevenzione ha lo scopo di eliminare soprattutto le condizioni che permettono la formazione di una miscela esplosiva e tutte le possibili cause di accensione mentre la protezione si propone di ridurre gli effetti dell'esplosione.

Le misure di prevenzione possono essere adottate rispetto al comburente (inertizzazione dell'atmosfera), oppure alla dispersione di sostanze infiammabili nell'ambiente e alla formazione di atmosfere esplosive, ad esempio bonifica, oppure rispetto all'accensione da parte degli impianti e dei Prodotti che possono essere sede di sorgenti di accensione (cause d'innescio).

Le misure di protezione si adottano con i sistemi appositamente predisposti per bloccare sul nascere le esplosioni (es. barriere di soffocamento) e/o circoscrivere la zona da esse colpita (es. parafiamma, barriere di contenimento ad acqua, barriere in muratura, o altro) o limitare il danno (es. dischi di rottura, portelle di sfianto, ecc.).

Si fa presente che:

- durante tutto il tempo di presenza dell'atmosfera esplosiva sono equivalenti, ai fini dell'esplosione, inneschi che durino frazioni di secondo o tutto il tempo di permanenza dell'atmosfera esplosiva;
- criterio fondamentale, nell'incertezza di conoscenza o per ignoranza di realtà specifiche, è di adottare condizioni più cautelative ai fini della sicurezza.

Gli impianti e i prodotti che possono essere causa di accensione, possono conseguire un grado di sicurezza equivalente almeno 3 se vengono rispettati i requisiti essenziali di sicurezza del DPR 126/98 e del D.Lgs 233/03, nonché le norme tecniche armonizzate (es. UNI e CEI), v. anche 1.3.5.

Nei suddetti luoghi la valutazione della coincidenza (spaziale e temporale) di eventi che comportano pericolo di esplosione è probabilistica, basata sul criterio di considerare, ai fini della sicurezza, solo gli eventi di inefficacia (non idoneità) di più mezzi di protezione (ad es. per guasti) che coincidono casualmente e non deterministicamente, ossia non associati tra loro da una causa comune di inefficacia.

1.3.5 Grado di sicurezza equivalente

Il grado di sicurezza di un mezzo di protezione ammesso indica il suo livello di efficacia contro il manifestarsi di un evento pericoloso (per es. presenza di una sostanza infiammabile, sua accumulazione nell'ambiente, sua miscelazione con aria, oppure il suo contatto con fenomeni innescanti).

Il grado di sicurezza equivalente di più mezzi di protezione in serie, tra di loro indipendenti da cause comuni di inefficacia, ne indica il livello di efficacia contro il manifestarsi dell'evento pericoloso ed è la somma dei gradi di sicurezza dei singoli mezzi di protezione.

Con le condizioni di volta in volta specificate nelle norme, le soluzioni impiantistiche nel loro insieme, per il contenimento delle sostanze infiammabili, per la dispersione di loro emissioni e per l'applicazione di mezzi di protezione contro gli inneschi, hanno grado di sicurezza equivalente almeno 3, tenuto conto sia della probabilità di presenza di atmosfera esplosiva (zone) sia della probabilità di inefficacia dei mezzi di protezione ivi ammessi (qualità del livello di protezione richiesto), v. la Tabella 1.3-A.

Per gli apparecchi e per i sistemi di protezione, la qualità e le particolarità in esercizio del livello di protezione richiesto sono prescritte nel DPR 126/98 (Direttiva 94/9/CE), articolo 1, allegati I e II.

Per la classificazione dei luoghi, le zone sono definite nel D.Lgs 81/08 (Direttiva 1999/92/CE), Allegato XLIX.

La Tabella 1.3-B riepiloga quanto stabilito.

Un mezzo di protezione si considera normale, con grado di sicurezza 1, se è idoneo da solo a resistere alla sollecitazione normale derivante dalla presenza della causa (evento) posta a base del progetto (DPR 126/98, Allegato I, art. 2, punto c); ad esempio, una custodia a tenuta è idonea se è in grado, nelle condizioni normali, di impedire il contatto di una sostanza infiammabile con i componenti elettrici al suo interno.

Se si vuole conseguire un grado di sicurezza "n" si devono disporre in serie "n" mezzi di protezione normali, indipendenti da cause comuni di inefficacia, in modo che solo la loro casuale contemporanea inefficacia consenta il manifestarsi dell'evento pericoloso.

Nel caso di più mezzi di protezione in serie, ragionevolmente indipendenti da cause comuni di inefficacia, la probabilità di loro contemporanea casuale inefficacia è data dal prodotto delle singole probabilità di inefficacia; perciò se la possibilità di inefficacia di un singolo mezzo di protezione normale è bassa, quella di due mezzi di protezione normali è molto bassa e quella di $n (> 2)$ mezzi di protezione normali è il prodotto di "n" fattori molto minori di uno, ossia è una probabilità estremamente bassa (di ordine n), da potersi considerare praticamente trascurabile.

Talora i mezzi di protezione possono essere dimensionati per sollecitazioni anormali ragionevolmente prevedibili e quindi, in pratica risultare sovradimensionati (mezzi di protezione aumentati) per le sollecitazioni normali rispetto alle quali sono da considerare infallibili.

Data la rara comparsa delle sollecitazioni anormali ne deriva un aumento operativo del grado di sicurezza, come se si avessero 2 mezzi di protezione normali (cioè come se il mezzo di protezione sovradimensionato conferisse un grado di sicurezza 2).

Nella realtà questi due mezzi di protezione normali sono uno solo e diventano inefficaci contemporaneamente; esempio tipico è il modo di protezione "e", ammesso in zona 1, la cui protezione aumentata riguarda le parti attive, ma la cui inefficienza totale può essere conseguenza di un unico evento da prevenire, sia dal modo di costruzione e verifica da parte del fabbricante, sia dalle verifiche dopo l'installazione e manutenzione preventiva (es. verifica ed eventuale taratura o sostituzione dei dispositivi di protezione a seguito di verifiche che permettano l'individuazione dell'insorgere di possibili guasti e nel rispetto delle istruzioni del fabbricante).

Un mezzo di protezione si considera avere l'efficacia attesa:

- se è un mezzo di protezione normale utilizzato nell'ambito dei parametri normali di progetto;
- se è un mezzo di protezione aumentato utilizzato nell'ambito dei parametri normali di progetto e poco frequentemente soggetto a sollecitazioni anormali, purché queste siano ragionevolmente prevedibili in sede di progetto.
- Si deve stabilire il numero di mezzi di protezione indipendenti da cause comuni di inefficacia, ossia stabilire il grado di sicurezza (se del caso maggiore di 3) per convenzione ammessa per i luoghi con pericolo di esplosione, cioè:
- almeno 3 mezzi di protezione normali (ciascuno ha grado di sicurezza 1) in serie; oppure,
- almeno 2 mezzi di protezione in serie di cui 1 normale (grado di sicurezza 1) ed 1 aumentato (grado di sicurezza 2).

Uno o più mezzi di protezione con grado di sicurezza complessivo equivalente 3 devono essere disposti tra ogni sostanza infiammabile e l'accensione possibile.

La valutazione del grado di sicurezza equivalente 3 è da farsi:

generalmente colle convenzioni specifiche della Norma;

talora con analisi operativa;

raramente in pratica con analisi operativa e dati deterministici e/o statistici.

La sicurezza impone un'opportuna ridondanza di mezzi di protezione perché ognuno di essi può, in un certo momento, divenire inefficace; quindi, per tutto il tempo necessario al suo ripristino, deve esserci un altro mezzo di protezione che lo sostituisce.

Ai fini delle norme per prevenire l'evento pericoloso di esplosione occorre:

- escludere la possibilità di assenza di barriere per colpa o dolo o per manutenzione trascurata;
- conoscere le cause che debbono coesistere perché in un dato luogo si manifesti l'evento pericoloso;
- conoscere quali mezzi di protezione sono possibili ed efficaci contro i singoli eventi non voluti di cui sopra (la tipologia dei mezzi di protezione dipende dalla natura di detti eventi).

Tabella 1.3-A

SISTEMA DI CONTENIMENTO SOSTANZE INFIAMMABILI - ZONA PERICOLOSA Numero di mezzi di protezione contro la formazione di un'atmosfera esplosiva	IMPIANTO E PRODOTTI (elettrici e non elettrici) CONTENENTI LE CAUSE DI ACCENSIONE Mezzi di protezione (apparecchi di difesa o barriere di sicurezza)	SICUREZZA Numero di mezzi di protezione contro l'esplosione
Zona 0 0 mezzi di protezione	3 mezzi di protezione Prodotti del Gruppo II 1 G (EPL II Ga)	3 mezzi di protezione
Zona 1 1 mezzo di protezione	2 mezzi di protezione Prodotti del Gruppo II 2 G (EPL II Gb)	
Zona 2 2 mezzi di protezione	1 mezzo di protezione Prodotti del Gruppo II 3 G (EPL II Gc)	

Tabella 1.3-B – Riepilogo relativo al grado di sicurezza equivalente

Requisiti supplementari per i prodotti richiesti dal DPR 126/98 (Direttiva 94/9/CE)				D.Lgs. 81/08 (Direttiva 1999/92/CE)		
Gruppo	Categorìa	Mezzi di protezione (apparecchi di difesa o barriere di sicurezza)			Probabilità di presenza di atmosfera esplosiva	Zona d'uso
		Qualità	Adempimenti di protezione	Quantità		
II	1	Molto elevato	I prodotti (apparecchi, sistemi di protezione, componenti e relative combinazioni) devono restare operativi in presenza di atmosfere esplosive. In caso di guasto di un mezzo di protezione, il livello di sicurezza è garantito da almeno un secondo mezzo di protezione (Nota 1). Inoltre, il livello di sicurezza è garantito anche se si manifestano due anomalie indipendenti una dall'altra (Nota 2)	3	Certa	0 1 2
	2	Elevato	I prodotti (apparecchi, sistemi di protezione, componenti e relative combinazioni) devono restare operativi in presenza di atmosfere esplosive. Il livello di sicurezza è garantito anche in presenza di anomalie ricorrenti o di difetti di funzionamento degli apparecchi di cui occorre abitualmente tenere conto.	2	È probabile (talora) in funzionamento normale	1 2
	3	Aumentato	I prodotti (apparecchi, sistemi di protezione, componenti e relative combinazioni) devono restare operativi in presenza di atmosfere esplosive. Il livello di sicurezza è garantito nel funzionamento normale (nota 3).	1	Non è probabile in funzionamento normale e se si verifica è di breve durata (poco frequente e di breve durata)	2

NOTA 1 Si ricorda che nella Direttiva 94/9/CE è ammesso anche il livello di protezione assicurato da almeno un secondo mezzo indipendente in caso di guasto di uno dei mezzi di protezione, come se l'indipendenza dei mezzi ne aumentasse la qualità del primo.

NOTA 2 Le due anomalie possono avvenire anche nello stesso apparecchio.

NOTA 3 Il livello di protezione "Aumentato" nei confronti del pericolo di accensione deve essere inteso aumentato rispetto a quello che forniscono i prodotti per l'uso in ambienti ordinari.

1.3.6 Conservazione dell'indipendenza dei mezzi di protezione

Per ottenere una sicurezza probabilistica contro l'evento esplosione con grado di sicurezza equivalente almeno 3 si deve garantire la presenza di:

- a) mezzi di protezione in serie necessari contro l'evento esplosione, indipendenti da cause comuni di inefficacia;
- b) più mezzi di protezione, uno di riserva all'altro, con grado di sicurezza equivalente 3 contro il manifestarsi di cause comuni d'inefficacia dei mezzi di protezione di cui in a).

Cause comuni di inefficacia dei mezzi di protezione contro l'esplosione, escluso l'evento catastrofico, possono ad esempio essere: stillicidio di sostanze corrosive, corrosioni elettrochimiche, vibrazioni, urti meccanici, errata manutenzione.

Si deve ricordare che, se la ragionevole indipendenza da cause comuni di inefficacia dei mezzi di protezione si muta in ragionevole dipendenza, la probabilità di contemporanea casuale inefficacia dei mezzi di protezione è data dalla somma delle probabilità di inefficacia di almeno 3 mezzi di protezione normali, ossia molto più alta di quella ammessa per un mezzo di protezione normale e quindi si passa da mezzo di protezione idoneo a mezzo di protezione non idoneo.

1.3.7 Casi particolari non previsti dalle norme

Per particolari esigenze di impianto o di Prodotto (apparecchio, sistema di protezione, componente e relative combinazioni), i datori di lavoro e/o i fabbricanti possono, a ragion veduta, adottare soluzioni diverse da quelle generali previste dalle norme tecniche, purché ne rispettino i requisiti essenziali di sicurezza.

La necessità del rispetto costante nel tempo della sicurezza impone ai datori di lavoro e/o ai fabbricanti di precisare, con documenti da rendere disponibili anche a terzi (installatori, verificatori, esercenti d'impianto, manutentori, autorità ispettive), le ragioni e le conseguenze delle loro decisioni (es. procedure di lavoro, istruzioni per l'uso).

Nel caso di incertezza nella conoscenza (pratica o scientifica) di fattori che interessano la sicurezza si devono stabilire ridondanze ed eventualmente anche diversità di mezzi di protezione in serie, ossia margini nella sicurezza tali da compensare convenzionalmente l'incertezza.

Stabilire o constatare l'esistenza di regole di comportamento nelle verifiche, nell'esercizio e nella manutenzione, che assicurino comunque la costante efficacia del numero minimo di mezzi di protezione necessari per assicurare, colle suddette regole, il grado di sicurezza 3.

In alcuni casi potrebbe essere necessario ricorrere ad un'analisi operativa per indagare con sistema semi-qualitativo i fenomeni (specie in insiemi complessi) perché non si ha la disponibilità di sufficienti dati quantitativi probabilistici.

L'analisi operativa consente di precisare nel documento:

- l'esistenza di un numero sufficiente di mezzi di protezione per le sole parti considerate fallibili con specifici parametri operativi, ciascuna almeno normalmente efficace (ossia dimensionata almeno per i parametri normali di progetto) e tutte ragionevolmente indipendenti da cause comuni di inefficacia salvo l'eccezione operativa ammessa per i mezzi di protezione aumentati in cui 2 mezzi di protezione sono inefficaci contemporaneamente;
- l'esistenza dei necessari tempi di ripristino dell'efficacia dei mezzi di protezione in funzione della sorveglianza e degli interventi manuali o automatici conseguenti.

Si deve ricordare che se si vogliono attuare delle valutazioni probabilistiche quantitative di atmosfera esplosiva vi è l'ulteriore difficoltà di dovere stabilire la durata temporale dell'evento ammesso nella zona 2 specifico di ogni impianto.

2 Riferimenti legislativi e normativi

2.1 Disposizioni legislative

La principale disposizione legislativa riguardante la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione è il Decreto Legislativo n. 81 del 9 aprile 2008 (GU n. 1010 del 30-4-2008 – suppl.Ordinario n. 108) di attuazione delle direttive europee in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, integrato e corretto dal D. Lgs. n. 106 del 3 agosto 2009.

Tra le direttive si segnala in particolare la 1999/92/CE relativa alle prescrizioni minime per il miglioramento della tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori esposti al rischio di atmosfere esplosive, (compresa la relativa rettifica pubblicata sulla GUCE L 134 del 7 giugno 2000 riguardante il cartello di cui alla Fig. 1-A), che costituisce il Titolo XI (artt. 287-296) del D.Lgs 81/08.

Si segnalano inoltre:

- DM 12 aprile 1996 “Approvazione della regola tecnica di prevenzione incendi per la progettazione, la costruzione e l'esercizio degli impianti termici alimentati da combustibili gassosi”
- DPR 15 novembre 1996, n.661 “Regolamento per l'attuazione della direttiva 90/396/CEE, concernente gli apparecchi a gas”

2.2 Norme e guide tecniche

Le direttive stabiliscono i requisiti essenziali di sicurezza, ma affidano alle norme tecniche, in primo luogo le norme europee armonizzate (EN ...) CEN o CENELEC, recepite in Italia rispettivamente come norme UNI e CEI, il compito di tradurre in soluzioni tecniche detti requisiti. Le norme tecniche sono facoltative, ma esprimono la regola d'arte, si consiglia pertanto di non fare riferimento solo alle direttive ma anche alle norme tecniche, in particolare alle norme europee armonizzate.

2.2.1 Norma UNI EN 1127-1

Norma UNI EN 1127-1: “Atmosfere esplosive - Prevenzione dell'esplosione e protezione contro l'esplosione – Parte 1: Concetti fondamentali e metodologia” - Explosive atmospheres - Explosion prevention and protection - Part 1: Basic concepts and methodology.

La norma specifica i metodi per l'identificazione e la valutazione delle situazioni pericolose che conducono all'esplosione e le misure di progettazione e costruzione adeguate alla sicurezza richiesta.

È una norma generale di sicurezza (di Tipo A), applicabile alla quasi totalità delle opere.

2.2.2 CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)

Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87), prima edizione: “*Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la presenza di gas*”.

È la norma specifica di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione per presenza di gas (intendendo comprendere nel termine gas i gas veri e propri, i vapori e le nebbie), della cui applicazione si occupa la presente guida.

NOTA Si ricorda che nell'Allegato XLIX del D.Lgs81/08 è detto: “ Per la classificazione delle aree si può fare riferimento alle norme tecniche armonizzate relative ai settori specifici, tra le quali:

- EN 60079-10 (CEI 31-30);
- EN 50281-3 (CEI 31-52)“.

La Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) è ora sostituita dalla Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87), prima edizione che deve essere intesa come sua naturale evoluzione nell'ambito della Regola dell'arte.

2.3 Relazione tra la classificazione dei luoghi e la valutazione del rischio esplosione

2.3.1 Decreto Legislativo n. 81 del 9 aprile 2008

Nel D.Lgs. 81/08, artt. 17 e 28, è detto tra l'altro quanto segue.

Il datore di lavoro non può delegare la valutazione dei rischi con la conseguenza che spetta a lui il compito di elaborare il *documento sulla valutazione dei rischi*.

La valutazione dei rischi, anche nella scelta delle attrezzature di lavoro e delle sostanze e o preparati chimici impiegato, nonché nella sistemazione dei luoghi di lavoro, deve riguardare tutti i rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori, ivi compresi quelli riguardanti i gruppi di lavoratori esposti a rischi particolari.

Il documento sulla valutazione dei rischi, redatto a conclusione della valutazione, deve essere munito di data attestata dalla sottoscrizione del documento medesimo da parte del datore di lavoro, dall'RSPP, dal medico e RSL:

- a) una *relazione* sulla valutazione di tutti i rischi per la sicurezza e la salute durante l'attività lavorativa, nella quale siano specificati i criteri adottati per la valutazione stessa;
 - b) l'indicazione delle *misure di prevenzione e di protezione* attuate e dei *dispositivi di protezione individuali* adottati, a seguito della valutazione dei rischi;
 - c) il *programma delle misure* ritenute opportune per garantire il miglioramento nel tempo dei livelli di sicurezza;
-(omissis).

Il documento sulla valutazione dei rischi deve altresì rispettare le indicazioni previste dalle specifiche norme sulla valutazione dei rischi contenute nei successivi titoli del presente decreto.

Nel D.Lgs. 81/08, artt. Da 287 a 296 e allegati XLIX, L, LI: *Protezione da atmosfere esplosive*, integrato e corretto dal D. Lgs. n. 106 del 3 agosto 2009, è detto inoltre quanto segue.

Ai fini della prevenzione e della protezione contro le esplosioni, sulla base della valutazione dei rischi e dei principi generali di tutela della salute e della sicurezza dei lavoratori nei luoghi di lavoro, il datore di lavoro adotta le misure tecniche e organizzative adeguate alla natura dell'attività; in particolare il datore di lavoro deve prevenire la formazione di atmosfere esplosive.

Se la natura dell'attività non consente di prevenire la formazione di atmosfere esplosive, il datore di lavoro deve:

- a) evitare l'accensione di atmosfere esplosive;
- b) attenuare gli effetti pregiudizievoli di un'esplosione in modo da garantire la salute e la sicurezza dei lavoratori.

Nell'assolvere gli obblighi di prevenzione e protezione, il datore di lavoro valuta i rischi specifici derivanti da atmosfere esplosive, tenendo conto almeno dei seguenti elementi:

- a) probabilità e durata della presenza di atmosfere esplosive;
- b) probabilità che le fonti di accensione, comprese le scariche elettrostatiche, siano presenti e divengano efficaci;
- c) caratteristiche dell'impianto, sostanze utilizzate, processi e loro possibili interazioni;
- d) entità degli effetti prevedibili.

Nel D.Lgs. 81/08, art. 293, integrato dal D.Lgs.106/09, art. 138 è detto anche:

1. Il datore di lavoro ripartisce in zone, a norma dell'allegato XLIX, le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive, classificate in base alla frequenza e alla durata della presenza di atmosfera esplosiva:

Zone 0, 1, 2 per gas, vapori o nebbie infiammabili;

Zone 20, 21, 22 per le polveri combustibili;

inoltre, per ogni tipo di zona, deve indicare le informazioni necessarie per la definizione dei requisiti di sicurezza dei prodotti stessi, v. 3.13 e 5.16.2.

2. Il datore di lavoro assicura che per le aree di cui al comma 1 siano applicate le prescrizioni minime di cui all'allegato L (*prescrizioni minime per il miglioramento della protezione della sicurezza e della salute dei lavoratori che possono essere esposti al rischio di atmosfere esplosive*).
3. Se necessario, le aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive in quantità tali da mettere in pericolo la sicurezza e la salute dei lavoratori sono segnalate nei punti di accesso a norma dell'allegato LI (v. Fig. 2.3-A) e provviste di allarmi ottico/acustici che segnalino l'avvio e la fermata dell'impianto, sia durante il normale ciclo, sia nell'eventualità di un'emergenza in atto.

La necessità o meno e la disposizione dei segnali e gli allarmi rientra tra i compiti del tecnico incaricato della valutazione del rischio di esplosione (non di chi esegue la classificazione dei luoghi).

L'uso potrebbe essere dettato dalla necessità di avvertire di non introdurre in dette aree sorgenti d'innesco di qualunque tipo (es. attrezzi di lavoro) o di introdurle applicando specifiche procedure di lavoro; inoltre, potrebbe essere dettato dalla necessità di avvertire i lavoratori del pericolo, particolarmente nei luoghi dove non ci si aspetta la presenza di aree con pericolo di esplosione, es. un deposito di sostanze infiammabili, lo sfiato di una singola valvola di sicurezza del sistema di contenimento di una sostanza infiammabile, ecc.

Il segnale di pericolo deve essere realizzato con lettere in nero su sfondo giallo, bordo nero (il colore giallo deve costituire almeno il 50% della superficie del segnale)



Fig. 2.3-A Segnale per indicare le zone con pericolo di esplosione

La valutazione del rischio esplosione (v. 3.23) di un Prodotto (v. 3.13) è compito del fabbricante del Prodotto stesso quando è individuata l'utilizzazione con la sostanza i parametri di uso, ecc. Quando il Prodotto presenta un rischio di esplosione non trascurabile, al fine di consentirne un uso in sicurezza, il fabbricante dovrebbe fornire la classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per le sostanze e le sorgenti di emissione presenti nel Prodotto stesso, o almeno fornire le informazioni necessarie per la classificazione dei luoghi, tenendo conto delle condizioni di utilizzazione e ambientali del luogo d'installazione fornite dall'acquirente o convenzionali. La documentazione relativa alla classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione (istruzioni per l'uso) sarà fornita all'acquirente (datore di lavoro o chi per esso) perché ne tenga conto per gli impianti al contorno.

NOTA Vedere la nota 24, pag. 25 della seconda ed. della Guida alla Direttiva 94/9/CE.

L'acquirente del prodotto, nella documentazione di acquisto, tra le condizioni di utilizzazione e ambientali, deve segnalare al fabbricante quando sia prevista la sua installazione in zona con pericolo d'esplosione originata da altre parti dell'impianto.

NOTA Per il raggiungimento degli obiettivi sopra indicati è auspicabile la collaborazione tra fabbricante e acquirente (datore di lavoro o chi per esso).

2.3.2 Decreto Legislativo 17 agosto 1999, n° 334 “Attuazione della direttiva 96/82/CE relativa al controllo dei pericoli di incidenti rilevanti connessi con determinate sostanze pericolose” e successive modifiche.

L'incidente rilevante è un evento quale un'emissione, un incendio o un'esplosione di grande entità, dovuto a sviluppi incontrollati, che si verifica durante l'attività di uno stabilimento in cui sono presenti sostanze pericolose in quantità uguali o superiori a quelle indicate nell'allegato I del decreto 334/99 e che da luogo ad un pericolo grave, immediato o differito, per la salute umana o per l'ambiente, all'interno o all'esterno dello stabilimento, e in cui intervengono una o più sostanze pericolose.

Ciò che contraddistingue questo tipo di incidente da quelli convenzionali, è rappresentato dalla loro catastoficità e capacità diffusiva nei confronti dell'ambiente circostante il luogo di lavoro, per i quali gli strumenti di valutazione forniti dalla presente Guida non sono adeguati.

Anche per questi impianti, per la classificazione dei luoghi si applica la Norma CEI EN 60079-10-1, in quanto serve a definire i requisiti di sicurezza dei prodotti e degli impianti.

Le emissioni ipotizzate nella direttiva Severo hanno altri scopi.

Ai fini della Norma CEI EN 60079-10-1 *Incidente rilevante* è equivalente all'*Evento catastrofico*.

3 Definizioni, descrizioni e simboli

Per gli scopi della presente Guida si applicano le definizioni della Norma UNI CEI EN 13237 e le definizioni seguenti, alcune delle quali sono tratte dalla Norma UNI EN 1127-1 e dalla Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87), Capitolo 3.

3.1 Ambiente

Luogo o una sua parte nella quale esistono condizioni di ventilazione univocamente definibili (es. ambiente aperto, ambiente chiuso con lo stesso tipo e disponibilità della ventilazione).

In uno stesso luogo possono esistere più ambienti quando nelle diverse sue parti esistono condizioni di ambientali diverse, con sistemi o movimenti dell'aria indipendenti tra loro o che si influenzano poco significativamente (es. una fossa per i gas pesanti o un sottotetto per i gas leggeri, possono essere ambienti diversi dal volume libero del locale dove l'aria di ventilazione può circolare liberamente o solo con qualche impedimento).

3.2 Atmosfera esplosiva (EC 60079-0, definizione 3.22)

Miscela con aria, in condizioni atmosferiche, di sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapori, polveri, fibre o residui solidi volanti, la quale, dopo l'accensione, permette l'autosostentamento della propagazione delle fiamme.

[CEI EN 60079-0, definizione 3.22 e CEI EN 60079-10-1, definizione 3.1]

Un'atmosfera esplosiva si dice pericolosa quando ha un volume tale che, se accesa, può causare un danno non trascurabile.

3.3 Atmosfera esplosiva per la presenza di gas (IEC 60079-0, definizione 3.24)

Miscela con aria, in condizioni atmosferiche, di sostanze infiammabili sotto forma di gas o vapori, la quale, dopo l'accensione, permette l'auto-sostentamento della propagazione delle fiamme

[CEI EN 60079-0, definizione 3.24 e CEI EN 60079-10-1, definizione 3.2]

NOTA 1 Anche se una miscela avente una concentrazione maggiore del limite superiore di esplosibilità (UEL) non è un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas, essa può facilmente diventare tale; pertanto, generalmente, ai fini della classificazione dei luoghi, è consigliabile considerarla un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas.

NOTA 2 Ci sono alcuni gas che sono esplosivi con concentrazioni del 100%.

Si segnalano ad esempio alcune sostanze con l'UEL del 100% o valori molto vicini: Acetilene, Ossido di etilene, Ciclobutadiene, Etere di etilene, Idrazina, Isopropilnitrito.

NOTA 3 Miscele aventi una concentrazione maggiore del limite superiore di esplosibilità (UEL) possono essere considerate non esplosive solo se si ha la certezza che la concentrazione non possa mai scendere nel campo di esplosibilità.

3.4 Combustione

Reazione esotermica di ossidazione di una sostanza con un comburente (detto anche ossidante e comunemente costituito dall'ossigeno dell'aria), generalmente accompagnata da sviluppo di fiamme e/o di incandescenze e/o di fumo.

NOTA Definizione sintetizzata da una serie di definizioni contenute nella Guida ISO/IEC 52/89.

3.5 Condizioni atmosferiche

Condizioni nelle quali la concentrazione di ossigeno nell'atmosfera è approssimativamente del 21% e che includono variazioni di pressione e temperatura al di sopra ed al di sotto dei livelli di riferimento, denominati *Condizioni atmosferiche normali*, di 101325 Pa (1013 mbar) e 20°C (293 K), purché tali variazioni abbiano un effetto trascurabile sulle proprietà esplosive della sostanza infiammabile.

NOTA Per concentrazioni di ossigeno nell'atmosfera ambiente maggiori del 22-23% non è possibile fare riferimento alle caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze infiammabili riportate nelle norme e nella letteratura tecnica riguardante la classificazione dei luoghi; inoltre, si deve osservare che i prodotti per luoghi con pericolo di esplosione considerati nelle norme sono certificati solo per atmosfere normali (non arricchite di ossigeno).

Per contro, con concentrazioni di ossigeno molto minori di quelle che si hanno nell'aria degli ambienti ordinari si può prevenire l'accensione di atmosfere con sostanze infiammabili, ad esempio mediante inertizzazione dell'ambiente, v. il Cap. 9.

Le condizioni atmosferiche previste come base per le prove di conformità alle norme tecniche (CEI EN 60079-0, UNI EN 13463-1) indicano una gamma di variazioni di temperatura da -20°C a +40°C ed una gamma di variazioni di pressione da 0,8 bar a 1,1 bar.

Il termine *Condizioni atmosferiche* di cui sopra e il termine *Condizioni atmosferiche ordinarie* sono considerati equivalenti.

3.6 Esplosione (UNI CEI EN 13237)

Brusca reazione di ossidazione o decomposizione che produce un aumento della pressione e/o della temperatura (onda di pressione e gradiente di temperatura).

3.7 Funzionamento di un impianto o di un prodotto

3.7.1 Funzionamento normale

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

NOTA 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.

NOTA 2 Guasti (quali rottura di tenute di pompe, di guarnizioni, di flange, o spandimenti accidentali) che richiedono riparazioni urgenti o fermate, non sono considerate far parte del funzionamento normale e neppure sono considerati alla stregua di guasti catastrofici.

NOTA 3 Il funzionamento normale comprende le condizioni di avviamento e di fermata.

[CEI EN 6079-10-1, definizione 3.15].

Nota 4 Il funzionamento normale include anche tutte le possibili condizioni operative, ma non comprende la messa in esercizio per la prima volta (commissioning).

Ai fini della presente guida, il "funzionamento ordinario" rientra nell'ambito del "funzionamento normale".

3.7.2 Funzionamento anormale e guasto catastrofico

Funzionamento anormale di un impianto o di un prodotto suscettibile di verificarsi poco frequentemente; esso comprende le avarie, i guasti, gli stati difettosi e l'uso non corretto, ragionevolmente prevedibili.

Sono ragionevolmente prevedibili le avarie e i guasti quali la rottura di tenute di pompe, di guarnizioni, di flange o spandimenti accidentali che richiedono riparazioni urgenti o fermate.

Si devono considerare esclusi dal funzionamento anormale i guasti catastrofici, intesi come eventi non prevedibili, quali ad esempio la rottura di un recipiente di processo o di una tubazione in un impianto correttamente utilizzato e mantenuto, nonché le avarie, i guasti e gli stati difettosi che possono verificarsi per dolo.

Ai fini della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione si devono considerare generalmente esclusi anche le avarie, i guasti e gli stati difettosi che possono verificarsi per colpa e per manutenzione trascurata.

Prima di stabilire che un evento è catastrofico, occorre considerare sia le cause specifiche di guasto o comunque di emissione, sia le cause comuni di guasto; tipiche cause comuni di guasto sono le vibrazioni, le temperature elevate, l'irraggiamento solare, la corrosione da sostanze o atmosfere inquinate, ecc.

3.7.3 Manutenzione

Combinazione di tutte le azioni tecniche e di quelle corrispondenti amministrative, intese a conservare o ripristinare un Prodotto o un impianto in uno stato nel quale può adempiere alle funzioni richieste.

Gli interventi di manutenzione sono soggetti, sia a specifiche valutazioni dei rischi, sia a specifiche procedure operative, che prevedono il coinvolgimento di personale istruito ed equipaggiato, sia con dispositivi di protezione individuale, sia con idonee attrezzature di lavoro.

3.8 Impianto e sue caratteristiche

3.8.1 Impianto

Insieme di componenti (prodotti, ecc.) funzionalmente associati al fine di soddisfare a scopi specifici e aventi caratteristiche coordinate. In un impianto, i componenti (prodotti):

sono immessi sul mercato in modo indipendente, da uno o più fabbricanti;

non vengono commercializzati da un'unica persona giuridica sotto forma di singola unità funzionale.

NOTA L'impianto non è sottoposto alla 94/9/CE, v. Guida all'applicazione della direttiva stessa, art. 5.2.2.

3.8.2 Nuovo impianto

Realizzazione di un impianto non esistente in precedenza o il rifacimento completo di un impianto esistente.

3.8.3 Trasformazione di un impianto esistente

Realizzazione di modifiche di un impianto esistente dovute, per esempio, a:

- cambio di destinazione d'uso dell'opera, edificio o luogo;
- tubazioni, la sostituzione di apparecchi, dispositivi, componenti o sistemi di protezione per aumento delle prestazioni e/o della produzione;
- cambio dei dati di progetto della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione (es. caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze, condizioni operative quali la temperatura e la pressione, ecc.);
- rifacimento parziale di un impianto che non rientri nella manutenzione straordinaria, come ad esempio la sostituzione dell'impianto di uno o più locali/zone/reparti, con un nuovo impianto quando i locali/zone/reparti non coincidono con tutta l'unità (opera).

3.8.4 Ampliamento di un impianto esistente

Espansione di un impianto esistente con aggiunta di uno o più linee di produzione, apparecchi, dispositivi, componenti o sistemi di protezione per aumento delle prestazioni e/o della produzione.

3.8.5 Messa in esercizio dell'impianto (commissioning)

Insieme delle operazioni necessarie per la messa in esercizio per la prima volta di un impianto o di una sua unità funzionale (es. una installazione industriale con sistemi di contenimento di sostanze infiammabili in lavorazione o deposito); oppure per il riavviamento dopo un ampliamento, una trasformazione o anche una lunga disattivazione.

3.9 Luogo pericoloso (in relazione alle atmosfere esplosive per la presenza di gas)

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 dei prodotti.

[CEI EN 6079-10-1, definizione 3.3].

NOTA 1 Il luogo deve essere inteso come spazio tridimensionale.

NOTA 2 I provvedimenti particolari contro le esplosioni, per la realizzazione, l'installazione e l'impiego, oltre che per le apparecchiature, devono essere adottati anche per tutti gli altri componenti dell'impianto elettrico.

Il luogo pericoloso costituisce l'involuppo delle zone pericolose.

I termini *luogo pericoloso* e *area pericolosa* sono considerati equivalenti, da preferirsi *luogo pericoloso*.

3.10 Luogo non pericoloso (in relazione alle atmosfere esplosive per la presenza di gas)

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 dei prodotti (apparecchiature).

[CEI EN 6079-10-1, definizione 3.4].

NOTA Il luogo non è pericoloso quando la classificazione dei luoghi non ha evidenziato zone pericolose o ha evidenziato solo zone di estensione trascurabile (zone NE).

3.11 Opera

Ogni tipologia di opera eseguita mediante lavoro umano (es. edificio, immobile, impianto, applicazione, ecc.).

3.12 Pericolo

Proprietà o qualità intrinseca di una determinata entità (es. impianto, prodotto o attrezzatura di lavoro, metodo e pratica di lavoro) avente attitudine di causare danni.

Per gli scopi della presente Guida il termine pericolo è utilizzato per indicare l'attitudine di un impianto, prodotto o attrezzatura di lavoro, metodo e pratica di lavoro, a creare situazioni di pericolo d'esplosione.

3.13 Prodotto e Prodotto ATEX

Per *prodotto* si intende ogni apparecchio, sistema di protezione, dispositivo, componente e relative combinazioni.

Per *prodotto ATEX* si intende ogni prodotto che, per via delle potenziali sorgenti di accensione (innesco) che sono sue proprie, rischierebbe di provocare un'esplosione, per cui contro questa eventualità, è conforme alla Direttiva 94/9/CE (DPR 126/98).

[Cap. 3 della Guida all'applicazione della direttiva 94/9/CE, 3^a edizione – Giugno 2009].

NOTA Il termine "prodotto" è trattato Cap. 3 della Guida all'applicazione della direttiva 94/9/CE, 3^a edizione – Giugno 2009.

ATEX è un acronimo che individua tutte le direttive europee riguardanti il rischio di esplosione (AT = Atmosphère EX = Explosive).

A fini della presente Guida, le *Costruzioni elettriche Ex* sono comprese tra i *prodotti ATEX*.

a) Per *apparecchi* si intendono le macchine, i materiali, i dispositivi fissi o mobili, gli organi di comando, la strumentazione e i sistemi di rilevazione e di prevenzione che, da soli o combinati, sono destinati alla produzione, al trasporto, al deposito, alla misurazione, alla regolazione e alla conversione di energia e al trattamento di materiale e che, per via delle potenziali sorgenti di innesco che sono loro proprie, rischiano di provocare una esplosione (sono compresi gli apparecchi a sicurezza intrinseca).

[DPR 126/98, art.1, comma 5].

b) Per sistemi di protezione si intendono i dispositivi, incorporati negli apparecchi o separati da essi, diversi dai componenti degli apparecchi di cui in a), la cui funzione è arrestare le esplosioni o circoscrivere la zona da esse colpita, se immessi separatamente sul mercato come sistemi con funzioni autonome.

[DPR 126/98, art.1, comma 5].

c) Per componenti si intendono i pezzi essenziali per il funzionamento degli apparecchi e dei sistemi di protezione, privi di funzione autonoma.

[DPR 126/98, art.1, comma 5].

Un prodotto:

- è immesso sul mercato separatamente da un solo fabbricante;
- è commercializzato da un'unica persona giuridica sotto forma di singola unità funzionale.

3.14 Livello di protezione delle apparecchiature elettriche (EPL)

Per *EPL (Equipment Protection Level)* si intende il livello di protezione associato ai modi di protezione delle apparecchiature elettriche riconosciuti in accordo alle Norme di prodotto della serie CEI EN 60079 e alla norma CEI EN 60079-14.

Per i luoghi con pericolo di esplosione per la presenza di gas o vapori infiammabili i livelli di protezione riconosciuti sono i seguenti:

CEI		Protezione fornita	Zona pericolosa di installazione
Gruppo	EPL		
II	Ga	Molto alta	0, 1, 2
	Gb	Alta	1, 2
	Gc	Aumentata	2

NOTA La protezione "Aumentata" nei confronti del pericolo di accensione deve essere intesa aumentata rispetto a quella che forniscono i prodotti per l'uso in ambienti ordinari.

3.15 Rischio (Norma ISO 12100-1)

Combinazione della probabilità e del grado dell'eventuale lesione o danno alla salute di una persona in una situazione pericolosa.

3.16 Sistema di contenimento

Parti dell'apparecchiatura di processo all'interno delle quali vengono movimentate, trattate, trasportate o immagazzinate sostanze, per es. per impedire l'emissione di gas, vapori o nebbie nell'atmosfera circostante.

Il sistema di contenimento può quindi riferirsi sia ai gas, vapori o nebbie, sia a sostanze in qualunque stato fisico suscettibili di produrre gas, vapori o nebbie.

3.17 Sistema o provvedimento di bonifica

Sistema o provvedimento volto ad allontanare o inertizzare la sostanza infiammabile eventualmente presente nell'ambiente o impedirne l'ingresso, o inertizzare l'ambiente.

3.18 Sorgente di accensione

Sorgente di energia sufficiente ad accendere un'atmosfera esplosiva.

I termini "sorgente" e "fonte" sono considerati equivalenti, da preferirsi "sorgente".

I termini "accensione", "innesco" e "ignizione" sono considerati equivalenti, da preferirsi "accensione", es. "sorgente di accensione".

NOTA Le possibili sorgenti di accensione di esplosioni risiedono sia negli impianti elettrici, sia negli altri impianti (es. termici, di lavorazione, convogliamento, deposito, ecc.).

Con riferimento al DPR 126/98, Allegato II, art. 1.3 (Direttiva 94/9/CE), sorgenti di accensione possono essere ad esempio:

- superfici calde (es. surriscaldamento);
- fiamme o gas caldi, particelle incandescenti;
- scintille di origine meccanica (es. attrito, urto, abrasione, ecc.), comprese quelle provenienti dalle attrezzature di lavoro (es. cacciaviti, chiavi, martelli, seghe, mole, saldatrici, ecc.);
- impianti elettrici (archi, scintille o temperature elevate);
- correnti elettriche vaganti e di protezione catodica;
- cariche elettrostatiche (separazione fisica di sostanze con almeno una di resistenza propria $> 10^9 \Omega\text{m}$ o oggetti con resistenza superficiale $> 10^9 \Omega\text{m}$), comprese quelle che provengono dai lavoratori;
- fulmini;
- campi elettromagnetici con frequenza tra 9 kHz e 300 GHz;
- onde elettromagnetiche a radiofrequenza da 300 GHz a $3 \cdot 10^6$ GHz o con lunghezza d'onda da 1000 μm a 0,1 μm (campo spettrale ottico);
- radiazioni ionizzanti (es. raggi X);
- ultrasuoni;
- compressioni adiabatiche, onde d'urto, fuoriuscita di gas;
- reazioni chimiche (reazioni esotermiche), compresa l'autocombustione di polveri;
- ecc.

Una sorgente di accensione è disattivata quando non ha più energia sufficiente per innescare l'atmosfera esplosiva o è allontanata dall'atmosfera esplosiva (al di fuori della zona pericolosa).

3.19 Sorgente di emissione (SE)

Un punto o parte da cui può essere emesso nell'atmosfera un gas, un vapore, una nebbia o un liquido con modalità tale da originare un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.9 - IEV 426-03-06, modificata].

Nel testo della guida le sorgenti di emissione sono chiamate per brevità SE.

NOTA 1 Una sorgente di emissione è disattivata quando, considerando tutti i suoi gradi di emissione, il sistema di contenimento di cui fa parte non ne consente emissioni significative di sostanza infiammabile ed è isolata (sezionata) rispetto al flusso della sostanza stessa (es. con chiusura della valvola di intercettazione a monte).

Emissioni significative possono essere evitate:

a) depressurizzando il sistema di contenimento e in questa condizione la sorgente di emissione (flanga valvola, tenuta d'albero, ecc.) non è sollecitata, pertanto la probabilità di una sua emissione è considerata trascurabile;

oppure,

b) quando, pur se in pressione, la quantità di sostanza infiammabile che può essere emessa è trascurabile.

Si ricorda che la pressione nel sistema di contenimento può essere imposta da un'apparecchiatura o da un battente idrostatico.

La disattivazione di una sorgente di emissione non è equivalente alla bonifica del sistema.

3.20 Gradi di emissione

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

- a) grado continuo;
- b) grado primo;
- c) grado secondo.

3.20.1 Emissione di grado continuo

Emissione continua oppure che può avvenire frequentemente o per lunghi periodi.

[CEI EN 60079-10-1, definizioni 3.10]

3.20.2 Emissione di primo grado

Emissione che può essere prevista avvenire periodicamente oppure occasionalmente durante il funzionamento normale

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.11]

3.20.3 Emissione di secondo grado

Emissione che non è prevista avvenire nel funzionamento normale e, se essa avviene, è possibile solo poco frequentemente e per brevi periodi.

[CEI EN 60079-10-1, definizioni 3.12]

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

3.20.4 Portata di emissione

Quantità di gas, vapore o nebbia infiammabile emessa nell'unità di tempo dalla sorgente di emissione.

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.14]

3.21 Sostanza e sue caratteristiche

3.21.1 Materiale infiammabile (Sostanza infiammabile)

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

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.20]

Si tratta di una sostanza in qualunque stato fisico che, se miscelata con l'aria sotto forma di gas o vapore o nebbia, in determinate proporzioni, può formare un'atmosfera esplosiva ed è capace di sviluppare con l'ossigeno dell'aria una reazione esotermica di ossidazione.

Tra le sostanze infiammabili vi sono quelle che, secondo gli attuali Regolamenti Europei applicabili (REACH e CLP), sono classificate e contrassegnate dalle specifiche "Indicazioni di pericolo" (Frase H), nonché tutte le altre miscele di sostanze e preparati non ancora classificati secondo i nuovi criteri, che potrebbero presentarsi con vecchie classificazioni (Frase R), o privi di classificazione, ma che corrispondono ai criteri di infiammabilità o che sono, in genere, da considerare infiammabili (v. il Regolamento (CE) n. 1272/2008, la direttiva madre 67/548/CEE, la direttiva preparati 1999/45/CE e l'Appendice GA della presente guida).

Sono comprese le sostanze allo stato liquido o solido con temperatura d'infiammabilità T_i minore o uguale alla massima temperatura ambiente T_a , nonché le sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i maggiore della massima temperatura ambiente T_a ed emesse a temperatura T_u maggiore della loro temperatura d'infiammabilità, v. 5.5.3 e GB.5.4, o riscaldate dopo l'emissione (es. per contatto con superfici calde).

3.21.2 Liquido infiammabile

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

NOTA Un esempio di condizione operativa prevedibile è quella nella quale il liquido è utilizzato a temperature prossime o superiori al sua temperatura d'infiammabilità.

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.21]

3.21.3 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.

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.22]

NOTA 1 Si chiama gas una sostanza che si trova al di sopra della sua temperatura critica (es. gas naturale a temperatura ambiente) e che occupa omogeneamente tutto lo spazio a disposizione.

NOTA 2 Si chiama vapore una sostanza che si trova al di sotto della sua temperatura critica (es. GPL a temperatura ambiente).

3.21.4 Gas liquefatto infiammabile

Sostanza infiammabile depositata o manipolata sotto forma liquida e che, a temperatura ambiente e pressione atmosferica, diviene un gas infiammabile.

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.29]

3.21.5 Nebbia infiammabile

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

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.23]

Le nebbie possono formarsi ad esempio:

- quando un liquido viene forzato attraverso un piccolo foro (es. un ugello o anche un piccolo foro dovuto ad un guasto);
- quando un liquido su una superficie viene sottoposto a forti accelerazioni (es. vibrazioni);
- quando un liquido condensa per abbassamento della temperatura.

3.21.6 Solido che sublima

Sostanza che passa dallo stato solido direttamente allo stato gassoso senza passare attraverso lo stato liquido.

3.21.7 Sostanza combustibile

Sostanza che, a seguito dell'accensione, reagisce con un comburente (detto anche ossidante e comunemente costituito dall'ossigeno dell'aria) con reazione esotermica generalmente accompagnata da sviluppo di fiamme e/o incandescenze.

3.21.8 Limite inferiore di esplosibilità (LEL)

Concentrazione in aria di gas, vapore o nebbia infiammabile, al disotto della quale non si formerà un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas.

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.17]

3.21.9 Limite superiore di esplosibilità (UEL)

Concentrazione in aria di gas, vapore o nebbia infiammabile, al disopra della quale non si formerà un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas.

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.18]

3.21.10 Densità relativa di un gas o di un vapore

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

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.19]

3.21.11 Temperatura critica

Temperatura al di sopra della quale una sostanza allo stato gassoso non può essere liquefatta per sola compressione (es. il gas naturale o l'idrogeno in bombole).

3.21.12 Temperatura d'infiammabilità

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

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.24]

3.21.13 Temperatura di ebollizione

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

NOTA 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.

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.25]

3.21.14 Tensione di vapore (pressione 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 del tipo di sostanza e della temperatura.

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.26]

3.21.15 Temperatura di accensione

Minima temperatura di una superficie riscaldata alla quale, in condizioni specificate in accordo alla IEC 60070-4, avviene l'accensione di una sostanza infiammabile allo stato di gas o vapore in miscela con aria.

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.27]

NOTA La temperatura di accensione è denominata anche temperatura di auto-accensione (AIT).

3.22 Uso non corretto di un impianto o un prodotto

3.22.1 Uso non corretto per colpa (con riferimento al Codice Penale, Titolo II, Capo I, art. 43)

Azione od omissione non corretta (errata) nell'uso di un impianto o di un Prodotto attuata senza l'intenzione (involontaria), suscettibile di provocare un evento dannoso o pericoloso (es. emissione di sostanza infiammabile, esplosione), a causa di negligenza o imprudenza o imperizia, ovvero per inosservanza di leggi, regolamenti, ordini o discipline, comprese le norme tecniche, le istruzioni per l'uso del fabbricante, le istruzioni e procedure di lavoro del datore di lavoro.

3.22.2 Uso non corretto per dolo (con riferimento al Codice Penale, Titolo II, Capo I art. 43)

Azione od omissione non corretta (errata) nell'uso di un impianto o di un prodotto attuata secondo l'intenzione (volontaria) di provocare un evento dannoso o pericoloso (es. emissione di sostanza infiammabile, esplosione).

3.23 Valutazione dei rischi

Procedimento di valutazione dei rischi per la sicurezza e la salute dei lavoratori nell'espletamento delle loro mansioni, derivante dalle circostanze del verificarsi di un pericolo sul luogo di lavoro.

3.24 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).

[CEI EN 60079-10-1, definizione 3.16]

3.25 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:

[CEI EN 6079-10-1, definizione 3.5].

3.25.1 Zona 0

Luogo in cui un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas è presente continuamente o per lunghi periodi o frequentemente.

[CEI EN 6079-10-1, definizione 3.6].

3.25.2 Zona 1

Luogo in cui un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas è probabile sia presente occasionalmente durante il funzionamento normale.

[CEI EN 6079-10-1, definizione 3.7].

3.25.3 Zona 2

Luogo in cui un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas non è probabile sia presente durante il funzionamento normale ma, se ciò avviene, è possibile persista solo per brevi periodi.

[CEI EN 6079-10-1, definizione 3.8].

NOTA 1 Indicazioni sulla frequenza di formazione e sulla durata delle atmosfere esplosive possono essere ricavate da regolamenti relativi a specifiche industrie o applicazioni. [IEV 426-03-05]

NOTA 2 La zona è lo spazio di estensione determinata entro il quale devono essere adottati provvedimenti contro l'esplosione.

3.25.4 Estensione della zona

Distanza, in qualsiasi direzione, dalla sorgente di emissione verso il punto in cui la miscela di gas/aria è stata diluita dall'aria sino ad un valore al di sotto del limite inferiore di esplosibilità.

[CEI EN 6079-10-1, definizione 3.28].

3.26 Simboli utilizzati nella presente guida

Per l'interpretazione dei simboli vedere la legenda seguente (in ordine alfabetico, prima i simboli con lettere *minuscole*, poi quelli con lettere *maiuscole*).

quota "a" = estensione effettiva della zona pericolosa nella direzione di emissione e di più probabile dispersione dell'atmosfera esplosiva nell'ambiente, [m];

A_c = area (sezione) della bocca di aspirazione aria, [m²];

A_d = area (sezione) della zona delimitata da cordoli, dighe di contenimento o simili [m²];

A_1 e A_3 = reale sezione libera totale delle aperture di un ambiente poste in alto, [m²];

A_2 e A_4 = reale sezione libera totale delle aperture di un ambiente poste in basso, [m²];

A_w = area del piano di movimento dell'aria all'interno del cubo corrispondente al volume totale da ventilare V_0 (sezione trasversale), [m²];

B = area dell'apertura del contenitore verso l'ambiente, [m²];

CAS = numero di identificazione CAS della sostanza (Chemical Abstracts Service);

- C_d = coefficiente di scarico o efflusso:
- valore fornito dal costruttore; oppure:
 - per valvole di sfioro e di sicurezza = 1,0
 - in caso di fori regolari = 0,8
 - in caso di fori irregolari = 0,6
- NOTA Nella precedente edizione della Guida era contraddistinta dal simbolo "c".
- C_{gd} = coefficiente di diffusione dei gas, [m²/h];
- C_{lv} = calore latente di vaporizzazione, [J/kg];
- C_p = calore specifico a pressione costante, [J/(kg·K)];
- ΔC_{pa} = coefficiente di pressione dell'aria d'ingresso;
- C_s = coefficiente di scarico di un'apertura di ventilazione;
- C_v = calore specifico a volume costante, [J/(kg·K)];
- C_{sl} = calore specifico medio del liquido, [J/(kg·K)];
- C_a = numero di ricambi di aria nell'unità di tempo riferito al volume libero dell'ambiente V_a , [s⁻¹];
- C_0 = numero di ricambi di aria nell'unità di tempo, riferito al volume totale da ventilare V_0 , [s⁻¹];
- c_2 = costante = (-18 + 0,19 · T_b);
- d = diametro dell'albero (Es. della pompa), [mm].
- d_z = distanza pericolosa calcolata, distanza dalla SE a partire dalla quale, sulla base di calcoli, la concentrazione dei gas o vapori infiammabili nell'aria è inferiore al valore $k_{dz} \cdot LEL$, [m];
- D_a = diametro equivalente dell'area della superficie del liquido S (es. in un contenitore), [m];
- D_b = diametro equivalente dell'area dell'apertura verso l'ambiente B (es. in un contenitore), [m];
- D_{SE} = dimensione massima della SE, (es. pari a 2 r_{eq} per una superficie circolare; pari al lato maggiore per una superficie quadrangolare; pari al diametro equivalente D_b dell'apertura verso l'ambiente per un contenitore; trascurabile in tutti i casi in cui la SE può essere considerata puntiforme, [m];
- e = base dei logaritmi naturali = 2,71828;
- f_a = fattore di efficacia della ventilazione assunto per l'ambiente considerato, in termini di effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno di tutte le SE presenti nell'ambiente stesso, con f che varia da $f = 1$ (situazione ideale) ad $f = 5$ (caso di flusso d'aria impedito da ostacoli);
- f_{SE} = fattore di efficacia della ventilazione nell'intorno della SE in termini di effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva, con f che varia da $f = 1$ (situazione ideale) ad $f = 5$ (caso di flusso d'aria impedito da ostacoli);
- $f(l)$ = funzione della lunghezza del percorso di fuoriuscita, cioè dall'interno, dove la sostanza è allo stato liquido, all'esterno, dove la sostanza può essere allo stato di vapore + nebbia + liquido;
- g = accelerazione di gravità, [9,81 m/s²];
- h_d = altezza libera minima tra il livello del liquido ed il bordo del contenitore (lunghezza del cammino di diffusione), [m];
- h_{liq} = altezza del liquido dal pelo libero superiore al punto, più in basso, da dove può avvenire l'emissione, o altezza del liquido rispetto alla base del contenitore (battente di liquido) [m];
- h_f = altezza del foro di emissione rispetto alla base del contenitore, [m];

- h_m = profondità della pozza di liquido, [m];
- k = coefficiente (fattore) di sicurezza applicato al LEL per la definizione della portata minima di ventilazione Q_{amin} e del volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z ; i valori tipici indicati nella Norma sono: $k = 0,25$ per le emissioni di grado continuo e primo, $k = 0,5$ per le emissioni di grado secondo; tuttavia essi non sono intesi come valori vincolanti, per cui, in relazione al grado di certezza dei dati utilizzati nei calcoli, il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi può assumere anche valori diversi variabili da 0,25 a 0,5 per le emissioni di grado continuo e primo, da 0,5 a 0,75 per le emissioni di grado secondo.
- Un coefficiente (fattore) di sicurezza $k = 1,0$ previsto dalla Norma, può essere applicato solo quando tutti i parametri considerati sono "certi", cioè ottenuti da esperienze verificate, resi disponibili da fabbricanti per specifici dispositivi attraverso i quali la sostanza infiammabile può essere scaricata nell'atmosfera. Si raccomanda vivamente di non utilizzare $k=1,0$ quando non si sia effettivamente nelle condizioni sopra descritte.(v. 5.10.3.1).
- k_{dz} = coefficiente (fattore) di sicurezza applicato al LEL per la definizione della distanza d_z ; i valori tipici sono variabili da 0,25 a 0,5 per le emissioni di grado continuo e primo, da 0,5 a 0,75 per le emissioni di grado secondo; da definire in relazione al grado di certezza dei dati utilizzati nei calcoli;
- k_A = fattore di estensione della pozza;
- k_F = fattore di forma del contenitore;
- k_R = coefficiente di riduzione della distanza d_z per liquidi riscaldati che si raffreddano al di sotto della loro T_i dopo l'emissione per effetto delle temperatura ambiente;
- k_t = conduttività termica del substrato, [kW/(m·K)];
- k_z = coefficiente correttivo da applicare alla distanza d_z per tener conto della concentrazione di gas o vapore infiammabile nell'ambiente (campo lontano);
- per gli ambienti aperti: $k_z = 1$;
 - per gli ambienti chiusi: $k_z = 0,9 \cdot e^{\frac{76 \cdot X_m\%}{M \cdot LEL_v}}$; qualora dal calcolo risultasse $k_z < 1$, si dovrà assumere $k_z = 1$.
- Il coefficiente k_z , stabilito come sopra, valido per la generalità delle sostanze infiammabili, fornisce valori eccessivi per l'idrogeno ($M_{H_2} = 2,016$ kg/kmol) e le altre sostanze con massa molare M molto piccola; per dette sostanze si procede come indicato in GB.5.1.
- k_0 = coefficiente di sicurezza applicato alla quota a , generalmente uguale non superiore a 2 e comunque mai inferiore a 1.
- l = altezza dell'interstizio (spessore del foro anulare), [mm];
- \ln = logaritmo naturale;
- L = distanza verticale tra la mezzeria delle aperture di ventilazione di un ambiente poste in alto e quelle poste in basso, [m]; quando l'apertura è una sola L è l'altezza dell'apertura stessa, [m];
- L_0 = lunghezza del percorso dell'aria nel volume totale da ventilare V_0 , o lato del cubo considerato, [m];
- LEL_v = limite inferiore di esplosibilità in aria della sostanza, espresso in percento del volume $[\frac{m^3}{m^3} \cdot 100]$;
- LEL_m = limite inferiore di esplosibilità in aria della sostanza, espresso in massa [kg/m³];
- M = massa molare della sostanza infiammabile, [kg/kmol];

M_{aria}	=	massa molare dell'aria, [kg/kmol];
p_a	=	pressione atmosferica dell'ambiente considerato, [Pa]; NOTA Nella precedente edizione della Guida era contraddistinta dal simbolo " P_a ".
p	=	pressione assoluta all'interno del contenitore (sistema di contenimento) nel punto di emissione, [Pa];
p_c	=	pressione critica, [Pa];
p_o	=	pressione assoluta subito dopo l'uscita dal contenitore (sistema di contenimento), [Pa];
Δp	=	differenza di pressione attraverso l'apertura che rilascia il liquido (es. $p - p_o$);
p_{lh}	=	pressione del battente di liquido, [Pa];
p_i	=	pressione imposta sulla superficie del liquido, quale ad esempio la pressione atmosferica o la pressione di un cuscino di gas (es. gas inerte), [Pa];
NOTA per valvole di sfioro e di sicurezza P_i = valore di taratura + 10%.		
p_v	=	pressione (tensione) di vapore alla massima temperatura ambiente o alla temperatura di emissione se maggiore, [Pa];
Q_a	=	portata effettiva di aria di ventilazione che interessa il volume V_a considerato, nella Norma definito (dV_a/dt), [m^3/s];
Q_{amin}	=	portata minima volumetrica di ventilazione, nella Norma definito (dV/dt) _{min} , [m^3/s];
Q_{aw}	=	portata di aria dovuta alla spinta del vento, [m^3/s];
Q_{at}	=	portata di aria dovuta alla differenza di temperatura tra l'ambiente interno e quello esterno, [m^3/s];
Q_o	=	portata effettiva volumetrica di ventilazione che interessa il volume V_o considerato, nella Norma definito (dV_o/dt), [m^3/s];
Q_g	=	portata massica massima di emissione di gas o vapore dalla SE, [kg/s]; (da dividere per la densità ρ_{gas} per ottenere Q_{gv} , nella Norma CEI EN 60079-10-1 è denominata: (dG/dt);
Q_m	=	portata massica massima di emissione di nebbia dalla SE, [kg/s];
Q_{gs}	=	portata massica specifica di emissione di vapore dalla SE (es. da una pozza), [$kg/s \cdot m^2$];
Q_{gte}	=	portata massica di emissione di vapore dalla SE trascorso il tempo t_e , [kg/s];
Q_l	=	portata massica di emissione di liquido o della frazione liquida dalla SE, [kg/s], nella Norma CEI EN 60079-10-1 è denominata: (dG/dt);
Q_t	=	portata massica totale di emissione di liquido più vapore dalla SE, [kg/s];
Q_{gv}	=	portata volumetrica di emissione di gas o vapore dalla SE, [m^3/s];
Q_{vl}	=	portata volumetrica di emissione dalla SE, [m^3/s];
R	=	costante universale dei gas = 8314 J/(kmol·K);
r_{eq}	=	raggio equivalente della superficie di liquidi di forma circolare o quadrangolare, così definito: $r_{eq} = (2 \cdot \text{area}) / (\text{perimetro o circonferenza})$, [m];
S	=	sezione (area) della SE, [m^2]: <ul style="list-style-type: none">— del foro di emissione, di qualunque forma,— della pozza,— della superficie libera di un liquido in contenitore,— dell'apertura di ventilazione di un ambiente; NOTA Nella precedente edizione della Guida era contraddistinta dal simbolo "A".
SE	=	sorgente di emissione (SE), v. 3.21;

- t = tempo di persistenza al cessare dell'emissione, cioè 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, calcolato con la formula [f.5.10.3-13], [s];
- t_e = tempo di emissione o tempo trascorso dall'inizio dell'evaporazione, [s]; v. la nota sotto t_p .
- NOTA Quando l'emissione avviene da una pozza o da un contenitore di liquido infiammabile aperto, il tempo t_e deve essere stabilito considerando il tempo t_p e il tempo t_n .
- t_n = tempo di asportazione o neutralizzazione della pozza oppure tempo di chiusura del contenitore di liquido, [s];
- t_p = tempo di alimentazione della pozza o simili, [s];
- NOTA Se non sono disponibili risultati di valide determinazioni che consentano di assumere valori inferiori, sia per il tempo t_e , sia per il tempo t_p possono essere utilizzati i seguenti valori:
- 10 s per il caso di intercettazione automatica da dispositivi rivelatori;
 - 90 s per il caso di possibili perdite controllate visivamente da persona addestrata all'intercettazione delle stesse (es. carico/scarico presidiato di un'autocisterna).
 - 15 min per il caso di intercettazione manuale da un posto costantemente presidiato durante i periodi in cui le SE sono attive;
 - 90 min per il caso di attività solamente sottoposte a una generica sorveglianza;
 - 8 h per il caso di attività non presidiate.
- t_{patm} = tempo di presenza dell'atmosfera esplosiva, normalmente comprendente il tempo di emissione t_e , più il tempo di persistenza al cessare dell'emissione t , [s]; v. la Nota 1 dell'art. 2.5.3 della Norma;
- T = temperatura di riferimento, o temperatura assoluta all'interno del contenitore (sistema di contenimento) nel punto di emissione (sorgente di emissione), o temperatura del liquido, [K];
- T_o = temperatura assoluta subito dopo l'uscita dal contenitore (sistema di contenimento), [K];
- T_a = temperatura dell'ambiente (o località) considerato, [K];
- NOTA Quando necessario, al pedice è stata aggiunta una o più lettere per meglio esplicitare il significato del simbolo (es. T_{ae} per indicare la temperatura dell'aria nell'ambiente esterno, T_{ai} per indicare la temperatura dell'aria nell'ambiente interno T_{aie} per indicare la media tra le temperature dell'aria interna ed esterna all'ambiente considerato).
- T_{ar} = temperatura ambiente della località di riferimento di cui alla Tabella GC.2-1, [K];
- T_{acc} = temperatura di accensione (autoaccensione) della sostanza [°C];
- T_b = temperatura normale di ebollizione della sostanza, [K];
- T_g = temperatura del suolo, [K];
- T_i = temperatura d'infiammabilità della sostanza [°C];
- T_u = temperatura di riferimento, $T_u = T$, ved. sopra, [K];
- NOTA T_u è utilizzato solo in GB.5.2 per ricavare il coefficiente di riduzione R della distanza pericolosa d_z dal diagramma di Fig. GB.5.2-A, recuperato dalla Norma CEI 64-2.
- v_o = velocità subito dopo l'uscita dal contenitore (sistema di contenimento), [m/s];
- v_s = velocità del suono o sonica, [m/s];
- UEL_m = limite superiore di esplosibilità in aria, espresso in massa [kg/m³];
- V_{sp} = volume specifico subito dopo l'uscita, [m³/kg].
- V_a = volume libero dell'ambiente considerato, [m³];
- V_o = volume totale da ventilare, o volume del cubo di riferimento, [m³];
- V_z = volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva comprensiva del coefficiente di sicurezza k , [m³];
- V_{zNE} = volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z , di valore trascurabile ai fini della classificazione dei luoghi, [m³];

- V_k = volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva nella presunzione di una miscelazione istantanea ed omogenea con l'aria in prossimità della SE, in condizioni ideali di flusso d'aria fresca ($f = 1$), [m^3];
- V_{ex} = volume ipotetico di atmosfera esplosiva a meno del coefficiente di sicurezza k , [m^3];
- V_{0L} = volume compreso tra la SE e la bocca di aspirazione dell'aria nella VAL, [m^3];
- VN = ventilazione naturale;
- VAG = ventilazione artificiale generale (che interessa l'intero ambiente considerato);
- VAL = ventilazione artificiale locale (che interessa una sola SE o gruppo di SE);
- w_a = velocità di riferimento dell'aria nell'ambiente considerato, [m/s];
- NOTA Quando necessario, al pedice è stata aggiunta una lettera per meglio esplicitare il significato del simbolo (es. w_{ae} per indicare la velocità dell'aria nell'ambiente esterno e w_{ai} per indicare la velocità dell'aria nell'ambiente interno).
- Negli ambienti chiusi dove sono presi provvedimenti per il benessere delle persone, le velocità dell'aria sono generalmente comprese tra 0,05 [m/s]; e 0,15 [m/s]; (UNI 10339: giugno 95).
- w_{SE} = velocità di riferimento dell'aria nell'intorno della SE (nel volume totale da ventilare V_0);
- X_g = coefficiente di porosità del suolo;
- X_m = concentrazione percentuale media di sostanza infiammabile nell'atmosfera del volume totale V_a dell'ambiente considerato, [%];
- $X_{te}\%$ = concentrazione percentuale media di sostanza infiammabile nell'atmosfera del volume totale V_a dell'ambiente considerato, dopo il tempo t_e , [%];
- $X_r\%$ = concentrazione percentuale media di sostanza infiammabile nell'atmosfera del volume totale V_a dell'ambiente considerato, a regime, [%];
- X_0 = concentrazione iniziale di sostanza infiammabile all'interno del volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z , espressa nella stessa unità di misura del LEL, cioè in % vol. o kg/m^3 ;
- y_i = frazione molare o volumetrica della i -esima sostanza nella miscela;
- Z_b = fattore di comprimibilità alla temperatura di ebollizione = 0,97;
- α = diffusibilità termica del substrato, [m^2/s];
- β = esponente, pari a $\frac{y+1}{y-1}$
- γ = indice politropico dell'espansione adiabatica (rapporto tra i calori specifici) = c_p/c_v ;
- φ = rapporto critico del flusso;
- φ_f = frazione della massa di vapore nella miscela, [p.u.];
- φ_s = frazione della massa di nebbia (spray) nella miscela, [p.u.];
- ρ = densità (massa volumica) del gas o liquido, termine generico, [kg/m^3];
- ρ_{aria} = densità (massa volumica) dell'aria, [kg/m^3];
- NOTA Nella Norma è contraddistinta dal simbolo "p" senza pedice.
- ρ_{gas} = densità (massa volumica) del gas o vapore all'interno del contenitore (sistema di contenimento), [kg/m^3];
- NOTA Nella Norma è contraddistinta dal simbolo "p" senza pedice.
- ρ_{0gas} = densità (massa volumica) del gas o vapore espanso, [kg/m^3];
- NOTA Nella Norma è contraddistinta dal simbolo "p0" senza "gas".
- ρ_{liq} = densità (massa volumica) del liquido, [kg/m^3];
- NOTA Nella Norma è contraddistinta dal simbolo "p" senza pedice.

- Δz = differenza di altitudine s.l.m. tra la località di riferimento e la località considerata, [m];
- ϕ = flusso termico netto (potenza termica), kW;
- 293 = temperatura ambiente di riferimento pari a 20°C (273 + 20) = 293, [K];

4 Pericoli da gas o vapori infiammabili

4.1 Generalità

Per la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione si considerano i luoghi (aree) nei quali sia prevedibile la presenza di sostanze infiammabili come prodotti o sottoprodotti indesiderati (es. vapori di benzina), in qualunque stato fisico, *sia durante il funzionamento normale* dell'impianto, sia in caso di *funzionamento anormale*, sia in caso di *manutenzione*.

L'accertamento della necessità di eseguire la classificazione dei luoghi spetta al datore di lavoro, il quale dovrebbe avvalersi di specialisti in materia.

Nell'industria in genere, le esplosioni possono derivare dai prodotti utilizzati (gas naturale di rete, metano (in bombole), acetilene, idrogeno, ecc., dai prodotti di lavorazioni, es. bagni galvanici, processi elettrochimici, ecc.

In altre attività, le esplosioni possono derivare da carburanti, gas naturale di rete, GPL, vernici, ecc.

Devono essere considerati sia gli ambienti all'esterno dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili dai quali le sostanze stesse potrebbero fuoriuscire, sia quelli all'interno di detti sistemi che sono o possono essere in contatto con l'atmosfera dell'ambiente esterno al sistema di contenimento stesso, ad esempio il volume libero interno di un serbatoio a tetto fisso, il volume libero interno di un'apparecchiatura che viene aperta consentendo l'ingresso dell'aria presente nell'ambiente esterno ad essa, il volume libero interno di una vasca, ecc.

Il pericolo di atmosfere esplosive ha origine dai punti di discontinuità dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili dai quali le sostanze stesse possono essere emesse nell'ambiente (sorgenti di emissione). Per i liquidi infiammabili, oltre ai punti di discontinuità dei sistemi di contenimento devono essere considerate le pozze che si formano dove il liquido va a cadere e si raccoglie, in quanto evaporando possono formare atmosfere esplosive.

Le attività di messa in esercizio dell'impianto (commissioning) v. 3.8.5 e di manutenzione, in generale, sono soggette a specifiche valutazioni dei rischi e sottomesse all'attuazione di particolari procedure operative che prevedono il coinvolgimento di persone preposte alle attività stesse, v. 3.13, di persone esperte, v. 3.14, nonché di persone avvertite, v. 3.15, istruite sulle prescrizioni di sicurezza, sui regolamenti per la sicurezza e sulle procedure aziendali applicabili al loro lavoro, equipaggiate e munite dei mezzi e utensili idonei; pertanto, le metodologie di intervento dovrebbero essere tali da far sì che le emissioni che avvengono o possono avvenire durante dette attività non siano maggiori di quelle che si hanno nel funzionamento normale o anormale considerate nelle valutazioni che hanno condotto alla classificazione del luogo. Nei casi particolari in cui le emissioni siano maggiori, sarà necessario considerarle nella classificazione dei luoghi o in una valutazione specifica, tenendo conto del fatto che, maggiori estensioni o aggravio dei tipi di zone possono coinvolgere, oltre alle attrezzature di lavoro, anche aree circostanti dove non sono adottate adeguate misure di protezione contro le esplosioni (per le reti di distribuzione del gas naturale, allo studio).

Le emissioni di sostanze infiammabili che avvengono o possono avvenire per l'uso non corretto di un impianto o di un Prodotto per colpa, non vengono generalmente considerate nella classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in quanto dovrebbero essere evitate mediante misure tecniche e/o organizzative di protezione (es. ridondanza di barriere di sicurezza, controllo di esplosibilità dell'atmosfera, organizzazione del lavoro, regolamenti, istruzioni scritte, formazione dei lavoratori, ecc.).

Nei casi particolari in cui dette emissioni rientrino almeno nella definizione di emissione di secondo grado come stabilito nella Norma, esse dovranno essere considerate nella classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione.

Si devono considerare ovviamente escluse dalla classificazione dei luoghi le emissioni di sostanze infiammabili che possono avvenire per dolo (v. 3.22.2).

Si considerano solo i luoghi resi pericolosi da sostanze che reagiscono con l'ossigeno dell'aria; sono pertanto escluse le sostanze che, contenendo in sé anche il comburente, possono esplodere in assenza di ossigeno atmosferico (es. sostanze piroforiche, esplosive, ecc.).

4.2 Tipi di pericolo

4.2.1 Pericoli d'esplosione o di incendio

Le sostanze presenti nel luogo considerato possono avere diverse tipologie di pericolo per le quali si rimanda alle "schede di sicurezza e ambiente" (es. pericolo da agenti cancerogeni).

Le sostanze infiammabili e le sostanze combustibili (v. 3.22) possono creare pericoli d'esplosione (v. 3.7) o di incendio in relazione con le loro caratteristiche chimico-fisiche, le condizioni operative e di stoccaggio e le condizioni ambientali.

In particolare:

a) le sostanze infiammabili allo stato di gas o vapore, dopo l'emissione, se disperse in un comburente (es. l'aria ambiente); possono creare atmosfere esplosive pericolose;

oppure,

b) e sostanze infiammabili o combustibili allo stato liquido (o solido che sublima), dopo l'emissione, possono formare pozze che, per effetto della loro stessa tensione di vapore alta, evaporano abbastanza rapidamente per creare atmosfere esplosive pericolose, fungendo così da sorgenti di emissione (SE);

oppure,

c) le sostanze combustibili allo stato di liquido (o solido che sublima) dopo l'emissione, possono formare pozze che, per effetto della loro stessa tensione di vapore bassa, evaporano lentamente senza creare atmosfere esplosive pericolose.

Per la classificazione dei luoghi occorre valutare sia la probabilità di formazione delle atmosfere esplosive pericolose nel punto di emissione (SE), sia la probabilità di formazione di pozze.

Le pozze di liquidi infiammabili e/o combustibili all'esterno dei sistemi di contenimento dovrebbero essere sempre limitate, sia come probabilità di presenza, sia come estensione.

Si deve considerare che piccole emissioni diluite nel tempo o continue, che non determinano zone pericolose nelle immediate vicinanze della sorgente di emissione (SE), ad esempio le emissioni strutturali, possono, nel tempo, creare atmosfere esplosive pericolose quando avvengono in ambienti chiusi, particolarmente in quelli di piccole dimensioni.

4.2.2 Condizioni perché possa avvenire un'esplosione

Un'esplosione può avvenire se sono soddisfatte le seguenti condizioni.

1. È presente almeno una sostanza infiammabile (v. 3.22.1).
2. La sostanza è dispersa in aria sotto forma di gas, vapore o nebbia con modalità tali da formare un'atmosfera esplosiva pericolosa.

NOTA Nella Norma CEI 64-2 era assunto a parametro significativo della distinzione tra le Classi 1 e 3 il quantitativo di sostanza infiammabile presenti; ciò in base al DM 22.12.1958 *Luoghi di lavoro per i quali sono prescritte le particolari norme di cui agli articoli 329 e 331 del DPR 27 aprile 1955 n. 547*; invece le nuove norme che hanno seguito la CEI 64-2 non considerano le quantità di sostanze infiammabili presenti come parametro significativo per escludere la possibilità di formazione di atmosfera esplosiva; considera invece in tal senso la quantità di atmosfera esplosiva.

3. Se allo stato liquido o solido che sublima, la suddetta sostanza ha temperatura d'infiammabilità uguale o inferiore alla massima temperatura alla quale si trova o può venirsi a trovare considerando, sia il funzionamento normale (3.8.1), sia il funzionamento anormale (art. 3.8.2). Se la sostanza non è riscaldata all'interno del sistema di contenimento e non può venire in contatto con superfici calde, per definire la massima temperatura alla quale si trova o può venirsi a trovare ci si riferisce alla massima temperatura ambiente, v. 5.6.

Quando in un luogo sono presenti solo sostanze allo stato liquido, o solido che sublima, e nessuna di esse si trova o può venirsi a trovare a temperature maggiori della loro temperatura d'infiammabilità, il luogo, se non interessato da pericoli d'esplosione provenienti da altri luoghi circostanti, non presenta pericoli d'esplosione, può tuttavia presentare pericoli d'incendio. Le sostanze allo stato liquido o solido che sublima presenti nelle condizioni suddette sono denominate nella presente guida **sostanze combustibili** (3.22.7).

4. La concentrazione del gas, vapore o nebbia nell'atmosfera ambiente è compresa nell'intervallo di esplosibilità (tra il limite inferiore di esplosibilità LEL e il limite superiore di esplosibilità UEL).
5. L'atmosfera entro cui è miscelato il gas o il vapore contiene sufficiente ossigeno per sostenere la combustione (da considerare solo per atmosfere inertizzate).
6. È presente una sorgente di accensione di energia sufficiente per innescare l'atmosfera esplosiva.

Se manca una sola delle condizioni da 1) a 5) nel luogo considerato non possono formarsi atmosfere esplosive pericolose, purché ovviamente il luogo stesso non sia interessato da atmosfere esplosive provenienti da altri luoghi circostanti.

Se manca una sola delle condizioni da 1) a 6) l'esplosione non può avvenire. Tutte le misure di prevenzione si basano quindi sull'eliminazione di una o più di queste condizioni.

4.2.3 Pericoli da nubi di gas, vapori, nebbie e polveri (miscele ibride)

Le miscele ibride sono miscele in aria di **sostanze infiammabili** in stati fisici differenti (es. gas o vapori e polveri). Un esempio di miscela ibrida è quella tra metano (grisou), polvere di carbone ed aria nelle miniere.

In questi casi la definizione delle loro caratteristiche in relazione al pericolo d'esplosione è difficile, perché dipende dalle interazioni delle sostanze che compongono la miscela, per cui ad esempio il limite inferiore d'esplosibilità (*LEL*) può risultare inferiore a quello delle singole sostanze, l'energia minima di accensione (innesco) può essere minore e l'esplosione può essere più violenta (onda di pressione e gradiente di temperatura).

I limiti inferiori di esplosibilità (*LEL*) di miscele di più gas e/o vapori, in prima approssimazione, possono essere valutati applicando semplici relazioni di proporzionalità. Lo stesso dicasi per alcune miscele di gas (o vapori) e polveri, ad esempio per il sistema etilene-polietilene-aria, anche se esistono casi in cui si evidenziano effetti sinergici, nel senso che il limite inferiore di esplosibilità (*LEL*) risulta inferiore a quello deducibile dalla relazione di proporzionalità. Questo fenomeno si manifesta per miscele contenenti polveri di sostanze alogenate (ad esempio PVC), ma anche per miscele in aria di metano e carbone, propilene e polipropilene, metano e polietilene, polvere di ferro e propano, solventi infiammabili e polveri varie infiammabili, ecc. In questi casi anche la violenza dell'esplosione risulta aumentata.

Per concentrazioni superiori al *LEL* l'aggiunta di gas ad una miscela contenente una data concentrazione di polvere in aria aumenta la sovrappressione massima di esplosione P_{emax} ; il fenomeno contrario è verificato se si aggiunge polvere ad una miscela contenente una data percentuale di gas.

Il limite superiore di esplosibilità *UEL* delle miscele in aria, sia di soli componenti gassosi sia di gas e polveri, non è deducibile da una relazione di proporzionalità.

5 Classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione da gas o vapori infiammabili

5.1 Generalità

I principi di sicurezza e gli obiettivi della classificazione dei luoghi impongono di minimizzare i pericoli di atmosfera esplosiva.

Le particolarità prese in considerazione nella Norma sono valutate fondamentalmente in modo qualitativo e, anche se talora, come nella ventilazione, vi sono valutazioni quantitative, le incertezze ivi esistenti fanno mantenere loro, in sostanza, il carattere di valutazione qualitativa, per quanto più puntuale.

Nella presente guida sono forniti dati e relazioni di calcolo applicabili alla maggioranza delle situazioni reali; tuttavia, il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi deve effettuare prioritariamente una valutazione qualitativa che gli consenta di stabilire che detti dati e relazioni di calcolo sono applicabili al suo caso specifico nel rispetto della Norma e che i risultati sono nella logica della valutazione qualitativa da lui effettuata in precedenza.

Alle formule di calcolo è stato attribuito un codice, racchiuso tra parentesi quadra [...], costituito dalla lettera "f" per indicare che si tratta di una formula, seguita dal numero del paragrafo e, separato da un trattino "-", dal numero progressivo nell'ambito del paragrafo.

Per il rispetto dei principi di sicurezza della Norma, gli impianti dove vengono lavorate o depositate sostanze infiammabili dovrebbero essere progettati, eserciti e mantenuti in modo da ridurre al minimo il numero e l'estensione delle zone 0 e 1. In altre parole, gli impianti e le installazioni dovrebbero originare principalmente zone 2 o luoghi non pericolosi; questo è più facilmente raggiungibile se l'attività di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione si sviluppa fin dalle fasi iniziali della progettazione (progetto preliminare), parallelamente ed in modo interattivo con quella delle altre discipline tecniche coinvolte nel progetto dell'opera nel suo insieme, quando siano disponibili almeno gli schemi e le planimetrie preliminari delle linee di produzione, della strumentazione e degli edifici.

Per le definizioni e i simboli utilizzati nel presente capitolo vedere l'art. 3.26.

5.2 Procedimento di classificazione dei luoghi pericolosi

La classificazione dei luoghi è un metodo di analisi e di suddivisione convenzionale del luogo considerato in zone pericolose e zone non pericolose in relazione alla provenienza del pericolo d'esplosione e alla probabilità di presenza del pericolo.

In alcuni casi si possono presentare nell'atmosfera miscele esplosive ibride di gas e polvere (4.2.3).

Nei luoghi in cui la quantità totale di sostanze infiammabili disponibile per l'emissione è *piccola*, per esempio nei laboratori, la procedura di classificazione della Norma potrebbe non essere appropriata. In questi casi, sebbene possa sussistere un pericolo potenziale di esplosione, la procedura di classificazione dei luoghi stabilita dalla Norma potrebbe non essere appropriata. In tali casi, si deve tenere conto dei particolari rischi che possono insorgere, v. la Norma, art. 4.2.

NOTA Quanto indicato nella Norma, all'art. 4.2 della Norma, sopra riportato, ha consentito di predisporre l'Appendice GF "Ambienti particolari".

Nei luoghi in cui sono installate apparecchiature di processo dove le sostanze infiammabili vengono bruciate, per esempio nei riscaldatori, forni, caldaie, turbine a gas, ecc. per la classificazione dei luoghi si dovrebbe tener conto del ciclo di lavaggio e delle condizioni di avviamento e fermata, v. la Norma, art. 4.2.

Nella Fig. C.1 alla fine dell'Appendice C della Norma è riportato un utile approccio schematico alla classificazione dei luoghi pericolosi. Nella presente guida sono riportati schemi di flusso relativi al Procedimento di classificazione dei luoghi, v. 5.17.

In generale si può procedere come di seguito indicato.

Per tutto il luogo considerato:

- a) *si raccolgono i dati generali di progetto (5.3);*
- b) *si verifica l'applicabilità della Norma (5.4);*
- c) *si individuano le sostanze infiammabili e le relative caratteristiche (5.5);*
- d) *si individuano gli ambienti e le relative condizioni ambientali (5.6).*

Per ciascun ambiente:

- e) *si individuano le sorgenti di emissione (SE) e si stabilisce se esiste la possibilità di formazione di pozze al di fuori dei sistemi di contenimento e le loro dimensioni, (5.7.1);*
- f) *si verifica se esiste la possibilità di eliminare o limitare quanto più possibile la quantità di SE (5.7.2).*

Per ciascuna sorgente di emissione (SE):

- g) *si determina la possibilità di emissione di sostanze infiammabili (attribuzione del grado o gradi di emissione) e si verifica la possibilità di eliminare o limitare quanto più possibile le emissioni di grado continuo e primo grado o almeno di ridurre le portate, (5.7.3);*
- h) *si verifica l'eventuale presenza di sistemi di ventilazione artificiale locale, o l'opportunità di prevederli (5.7.4);*
- i) *si individuano le SE rappresentative di altre, (5.7.5);*
- l) *si prepara un elenco delle SE, (5.7.6).*

Per ciascun grado di emissione delle singole SE o di quelle rappresentative:

- m) *si definisce la portata di emissione (5.8);*
- n) *si calcola la distanza "dz" e si definisce la quota "a" (5.9);*
- o) *si definisce il tipo o i tipi di zone pericolose originate dalle singole emissioni considerando, ove necessario, l'influenza della contemporaneità delle emissioni sulla classificazione dei luoghi (5.10);*
- p) *si definiscono le estensioni delle zone pericolose originate dalle singole emissioni, (5.11 e 5.12);*

Dopo aver determinato i tipi e le estensioni di tutte le zone pericolose originate dalle singole emissioni e di quelle rappresentative:

- q) *si prepara una edizione preliminare dei documenti di classificazione dei luoghi, (5.13);*
- r) *si individuano le aperture interessate da zone pericolose, (5.14);*
- s) *si valuta la possibilità di adottare misure tecniche e/o organizzative per ridurre il pericolo d'esplosione, (5.15);*
- t) *si esegue l'involuppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione e si stabiliscono i dati per la definizione dei requisiti dei prodotti, (5.16);*
- u) *si prepara la documentazione tecnica di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione, considerando il livello di progettazione in cui si opera, (5.17).*

NOTA Per l'interpretazione della simbologia utilizzata vedere l'art. 3.26.

5.3 Dati generali di progetto

Le seguenti informazioni di carattere generale, necessarie per classificare i luoghi con pericolo di esplosione, devono essere reperite con il contributo del committente, delle figure professionali che agiscono nell'ambito della sicurezza sul lavoro e del datore di lavoro.

Si segnala l'opportunità di reperire i dati generali di progetto prima di dare inizio all'attività di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione, per evitare errori o omissioni.

- a) *Dati del committente*, quali ad esempio: nome, ragione sociale, numero di partita IVA e/o codice fiscale, sede legale: Via - Numero civico - Comune - CAP - Provincia - Telefono - Fax - Indirizzo di posta elettronica, ecc.);
- b) *Dati del cliente finale o datore di lavoro* (come per il committente), altri dati eventuali.
- c) *Denominazione dell'opera* oggetto della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione (stabilimento, impianto, unità d'impianto, ecc.), sua destinazione d'uso (raffineria di petrolio, deposito di idrocarburi, impianto di verniciatura, cabina di riduzione del gas, ecc.), indicazione della presenza di luoghi particolari con destinazione d'uso diversa.
- d) *Ubicazione*, indicare l'indirizzo relativo all'ubicazione dell'opera (Via, numero civico, Comune, CAP, Provincia).
- e) *Scopo del lavoro* (il tipo d'intervento richiesto deve essere chiaramente indicato e serve a definire correttamente i limiti di competenza del tecnico incaricato della classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione). L'intervento può consistere nella realizzazione di un nuovo impianto e nella trasformazione o ampliamento di un impianto esistente, può riferirsi ad un livello di classificazione *preliminare* o *definitivo*, art. 5.17.1.
- f) *Descrizione schematica delle parti o unità di impianto oggetto dell'incarico* che ne consenta l'identificazione ai fini della pericolosità, con la data di messa in servizio, una breve descrizione del tipo di produzione, della loro potenzialità, delle eventuali particolarità, facendo riferimento a disposizioni planimetriche (es. planimetria generale, altri disegni con piante e sezioni) ed eventualmente a schemi; le informazioni relative alla manipolazione, deposito, accumulo e utilizzo delle sostanze infiammabili, la descrizione dei sistemi di sicurezza e relative modalità d'intervento.
- g) *Schemi di processo* (linee di produzione) e *schemi della strumentazione di processo*, nonché *planimetrie*, anche in edizione *preliminare* confermate prima dell'emissione definitiva della documentazione di classificazione dei luoghi (Dati di Progetto), v. la Norma, art. 4.1, terzo capoverso.
- h) *Vincoli posti dal committente e/o da Enti che ne hanno la facoltà*.
- i) *Altre informazioni ritenute utili*.

5.4 Verifica di applicabilità della Norma

Occorre accertarsi che il luogo rientri nel campo di applicazione della Norma, v. al riguardo la Sez. 1.2.

Quando il luogo non rientra nel campo di applicazione della Norma non significa che non presenti pericoli di esplosione, ma che l'identificazione del pericolo, la determinazione della probabilità di presenza dell'atmosfera esplosiva, l'estensione delle zone pericolose, (ripartizione in zone), nonché la valutazione del rischio d'esplosione, devono essere eseguiti con procedimenti diversi.

Tuttavia, con le dovute cautele, i procedimenti della Norma e della presente guida potrebbero essere un utile riferimento.

5.5 Sostanze infiammabili

Le sostanze possono presentare diverse tipologie di pericolo per le quali si rimanda alle *schede di sicurezza e ambiente* (es. pericolo di esplosione, pericolo d'incendio, pericolo da agenti cancerogeni).

Ai fini della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione, devono essere esaminate tutte le sostanze, considerando *infiammabili* solo quelle che possono produrre gas, vapori o nebbie infiammabili, in quantità sufficienti a formare con l'aria ambiente atmosfere esplosive (v. 3.22).

Quando nel luogo non sono presenti quantità significative di sostanze infiammabili il luogo stesso non presenta pericolo di esplosione per la presenza di gas nell'atmosfera.

La Norma non fornisce indicazioni circa le quantità significative di sostanze infiammabili; tuttavia, si può considerare che il luogo sia pericoloso in generale solo se le quantità sono tali da consentire la formazione di atmosfere esplosive di volume non trascurabile in relazione agli effetti conseguenti alla loro accensione (v. l'art. 5.10.3.5).

I gas o vapori infiammabili possono essere prodotti nei processi di lavorazione, oppure nella manipolazione, trasporto e deposito, in modo volontario o involontario; devono pertanto essere verificate tutte le condizioni operative ed individuate quelle che possono produrre gas, vapori o nebbie infiammabili.

Si individuano quindi le sostanze infiammabili presenti con le loro caratteristiche significative e se ne prepara un elenco. I valori delle caratteristiche chimico-fisiche devono essere indicati alla pressione atmosferica di 101 325 Pa e alla temperatura di 20 °C.

Particolarmente quando le sostanze infiammabili sono tante, l'elenco dovrebbe essere preparato utilizzando appositi Fogli Dati analogo alla Tabella GA-2 della presente Guida.

Le caratteristiche più significative delle sostanze infiammabili sono:

- nome e composizione (formula), art. 5.5.1;
- numero di identificazione CAS, art. 5.5.2;
- temperatura d'infiammabilità T_i , art. 5.5.3;
- densità relativa all'aria dei gas o vapori, art. 5.5.4;
- massa volumica del liquido ρ_{liq} , art. 5.5.5;
- coefficiente di diffusione dei gas c_{gd} , art. 5.5.6;
- indice politropico dell'espansione adiabatica (rapporto tra i calori specifici) γ , art. 5.5.7;
- calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} , art. 5.5.8;
- calore latente di vaporizzazione alla temperatura di ebollizione c_{lv} , art. 5.5.9;
- massa molare M , art. 5.5.10;
- limiti di esplosibilità in aria LEL e UEL , art. 5.5.11;
- temperatura di ebollizione T_b , art. 5.5.12;
- tensione di vapore p_v , art. 5.5.13;
- temperatura di accensione T_{acc} , art. 5.5.14;
- gruppo e la classe di temperatura, art. 5.5.15;
- temperatura subito dopo l'uscita dal contenitore T_0 , art. 5.5.16;
- pressione all'interno del contenitore (sistema di contenimento) nel punto di emissione p , art. 5.5.17;
- altre caratteristiche, art. 5.5.18.

Le caratteristiche delle sostanze sono stabilite mediante prove, generalmente, fatte in laboratori specializzati.

Per le miscele, nei punti seguenti, sono forniti dei criteri per la definizione delle diverse caratteristiche; tali criteri sono approssimati ma generalmente validi per gli scopi della presente Guida.

Si ricorda che non sempre è necessario disporre di tutte le caratteristiche sopra elencate per eseguire la classificazione dei luoghi, in quanto la necessità è legata allo stato della sostanza e alle modalità di emissione per ogni caso specifico.

Le informazioni riguardanti le caratteristiche delle sostanze si possono ricavare:

- a) dalle schede di sicurezza e ambiente, ved. l'Appendice GA;
- b) dalla documentazione sulle misure di sicurezza sul lavoro attuate in base al D.Lgs. 626/94 o di altre disposizioni e/o dalla documentazione sulle misure di prevenzione incendi, ove esistenti;
- c) dal produttore della sostanza;
- d) dalla letteratura tecnica;
- e) dall'Appendice GA, dove è riportato un elenco di sostanze infiammabili o combustibili con le loro caratteristiche più significative ai fini della classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione (Tabella GA-2);

NOTA I contenuti dell'Appendice GA non devono essere applicati in modo acritico, ma devono essere correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso, considerando le caratteristiche delle sostanze effettivamente presenti nel luogo considerato e le modalità di produzione, lavorazione, manipolazione, trasporto e deposito delle stesse.

- f) per analogia con sostanze simili di cui si conoscono le caratteristiche;
- g) sperimentalmente.

NOTA La Stazione Sperimentale per i combustibili - Viale Alcide De Gasperi, 3 - San Donato Milanese (MI) ha competenze specifiche per le sostanze infiammabili.

5.5.1 Nome e composizione (formula)

La sostanza infiammabile deve essere individuabile tramite un nome, una formula o una indicazione di composizione, a discrezione, purché riconoscibile in modo univoco dagli utilizzatori della documentazione di classificazione.

5.5.2 Numero di identificazione CAS

Il numero di identificazione CAS (Chemical Abstracts Service) è il numero d'identificazione delle sostanze riportato su un registro internazionale; esso prescinde dal nome commerciale della sostanza, quindi sostanze con denominazioni diverse possono avere lo stesso numero CAS se hanno le stesse caratteristiche chimico-fisiche. Il numero CAS è riportato sovente nelle schede di sicurezza delle sostanze.

5.5.3 Temperatura d'infiammabilità T_i

La temperatura d'infiammabilità è 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 (in inglese Flash Point); questa temperatura è quindi il dato più significativo per stabilire l'infiammabilità della sostanza.

NOTA Le sostanze che, a temperatura ambiente sono allo stato di gas o vapore, hanno una temperatura di ebollizione inferiore ed una temperatura d'infiammabilità ancora minore.

Una sostanza allo stato liquido o solido, per essere infiammabile deve avere una temperatura d'infiammabilità T_i uguale o inferiore alla massima temperatura alla quale essa si trova o può trovarsi se emessa nell'ambiente (se la sostanza non è riscaldata o non può venire in contatto con superfici calde, ci si riferisce alla massima temperatura ambiente).

Se la sostanza ha una temperatura d'infiammabilità maggiore della massima temperatura alla quale si trova o può trovarsi essa non presenta pericoli d'esplosione per la presenza di gas.

NOTA Molte operazioni con liquidi infiammabili producono atmosfere esplosive dovute all'evaporazione del liquido trattato.

Se la temperatura di infiammabilità T_i del liquido è inferiore o uguale alla sua temperatura di utilizzazione T_u , si deve ipotizzare la presenza di un'atmosfera esplosiva.

In caso di serbatoi di stoccaggio la temperatura del liquido può raggiungere valori molto più elevati della temperatura ambiente.

La temperatura d'infiammabilità di una miscela di sostanze infiammabili deve essere ovviamente riferita alla miscela stessa; tuttavia, in assenza di dati specifici, in prima approssimazione, può essere assunta come temperatura d'infiammabilità della miscela, la più bassa di quelle delle sostanze componenti.

5.5.4 Densità relativa all'aria dei gas

La densità relativa all'aria di un gas (o vapore) è la densità espressa in rapporto a quella dell'aria alle medesime condizioni di pressione e temperatura (la densità relativa dell'aria è uguale a 1):

$$\rho_{0gas}/\rho_{aria} \quad [f.5.5.4-1]$$

Esempio:

Al livello del mare e 20°C la ρ_{aria} è 1,2047 kg/m³, la ρ_{0gas} dell'idrogeno è 0,0838551 kg/m³, per cui si ha: 0,0838551/1,2047 = 0,07

Un gas con densità relativa all'aria inferiore a 0,8 viene considerato leggero; un gas con densità relativa all'aria superiore a 1,2 viene considerato pesante.

Un gas con densità relativa all'aria compresa tra 0,8 e 1,2 viene considerato *intermedio* e si può comportare sia come gas pesante sia come gas leggero, a seconda delle condizioni di emissione e ambientali contingenti.

La massa volumica dei gas ρ_{0gas} (detta anche densità), espressa in kg/m³ può essere ricavata come segue:

$$\rho_{0gas} = \frac{p_a \cdot M}{R \cdot T_0} \quad [f. 5.5.4-2]$$

La massa volumica dell'aria varia in relazione all'altitudine sul livello del mare e può essere calcolata con la stessa formula, vedere al riguardo l'Appendice GC.

Quando è nota la densità relativa all'aria del gas o vapore, la sua massa volumica ρ_{gas} può essere ricavata anche moltiplicando la massa volumica dell'aria per la densità relativa all'aria del gas o vapore.

La densità relativa all'aria di una sostanza infiammabile è data da:

$$\text{Densità relativa della miscela} = \text{massa molare della sostanza} / \text{massa molare dell'aria}$$

Esempio: La massa molare dell'aria è 28,96 kg/kmol, la densità relativa all'aria del gas naturale, avente una massa molare di 16,04 kg/kmol, vale: 16,04 / 28,96 = 0,55.

La densità relativa all'aria dei gas può subire temporanee modificazioni, rispetto a quelle ambientali, in funzione della temperatura e/o pressione e/o dello stato di emissione.

Ad esempio:

- per gas più pesanti dell'aria, una emissione ad alta temperatura può ridurre la densità relativa. L'emissione può inizialmente comportarsi come un gas più leggero dell'aria fino a quando il gas raffreddandosi non torna ad avere una densità maggiore di quella dell'aria.
- per gas più leggeri dell'aria, una emissione ad alta pressione può raffreddare il gas aumentandone la densità relativa. L'emissione può inizialmente comportarsi come un gas più pesante dell'aria fino a quando non ritorna ad essere più leggero, art. 5.4.4 Nota 2 della norma
- per gas criogenici (es. GNL), i vapori emessi possono essere più pesanti dell'aria quando sono a bassa temperatura e diventano più leggeri dell'aria quando la loro temperatura si avvicina a quella dell'ambiente, v. la Norma, art. 5.4.4, nota 4.

La densità relativa all'aria è significativa per la definizione della forma e dell'estensione delle zone pericolose, ved. la Norma, art. 5.4.4.

In considerazione dell'uso che si fa di questo dato, può essere considerato valido anche un valore approssimato.

5.5.5 Massa volumica del liquido ρ_{liq}

La massa volumica ρ_{liq} (detta anche densità) è la massa dell'unità di volume, si esprime in kg/m^3 .

5.5.6 Coefficiente di diffusione dei gas c_{gd}

Il coefficiente di diffusione dei gas c_{gd} si esprime m^2/h . Per le sostanze organiche con massa molare $M \geq 32 \text{ kg/kmol}$, tale coefficiente può essere assunto pari a $0,06 \text{ m}^2/\text{h}$.

Il coefficiente di diffusione di una miscela c_{dmix} può essere calcolato considerando il coefficiente di diffusione delle singole sostanze e la loro quantità (in volume) nella miscela.

Ad esempio, considerando la miscela sotto riportata, si ha:

sostanza "a" : quantità 25% \Rightarrow (0,25 p.u.);

sostanza "b" : quantità 63% \Rightarrow (0,63 p.u.);

sostanza "c" : quantità 12% \Rightarrow (0,12 p.u.);

NOTA p.u. significa: per unità.

con coefficienti di diffusione (cd) delle singole sostanze:

sostanza "a" : $cd = 0,036 \text{ m}^2/\text{h}$;

sostanza "b" : $cd = 0,025 \text{ m}^2/\text{h}$;

sostanza "c" : $cd = 0,032 \text{ m}^2/\text{h}$;

il coefficiente di diffusione della miscela vale:

$$c_{dmix} = [(0,25 \times 0,036) + (0,63 \times 0,025) + (0,12 \times 0,032)] \text{ m}^2/\text{h} = 0,029 \text{ m}^2/\text{h}.$$

NOTA In mancanza di dati relativi a tutti i componenti, per una prima valutazione, alle sostanze prive di dati si attribuisce un coefficiente di diffusione pari al valore più alto tra quelli noti.

5.5.7 Indice politropico dell'espansione adiabatica (rapporto tra i calori specifici) γ

L'indice politropico dell'espansione adiabatica (rapporto tra i calori specifici) a pressione costante ed a volume costante $\gamma = c_p/c_v$ per molti gas è compreso tra 1,1 a 1,8. In mancanza di dati, il valore può essere stabilito per analogia con le sostanze riportate nella Tabella GA-2 o nella letteratura, considerando che γ diminuisce con l'aumentare della complessità della molecola, ved. nella Tabella GA-2 la composizione.

5.5.8 Calore specifico a temperatura ambiente c_{sl}

Il calore specifico è il calore necessario per innalzare di un grado l'unità di massa della sostanza ($\text{J}/(\text{kg}\cdot\text{K})$). Il calore specifico a temperatura ambiente c_{sl} è utilizzato per stabilire la frazione di liquido che evapora nell'emissione.

5.5.9 Calore latente di vaporizzazione c_{lv}

Il calore latente di vaporizzazione è la quantità di calore (energia) necessaria per far evaporare un'unità di massa della sostanza che si trova alla temperatura di ebollizione T_b , (J/kg).

5.5.10 Massa molare (M)

La massa molare M di una sostanza è la quantità di massa di una mole (o kilomole), numericamente pari alla somma delle masse atomiche degli atomi costituenti la molecola.

Per una qualunque miscela di gas, la massa molare si calcola considerando che ciascun componente contribuisce secondo le percentuali volumetriche o di massa di composizione, pesando attraverso la massa molare propria.

Ad esempio, considerando la miscela sotto riportata, si ha:

sostanza "a" : $M = 60,09 \text{ kg/kmol}$;

sostanza "b" : $M = 100,20 \text{ kg/kmol}$;

sostanza "c" : $M = 74,12 \text{ kg/kmol}$;

la massa molare della miscela vale:

$$M = [(0,25 \times 60,09) + (0,63 \times 100,20) + (0,12 \times 74,12)] \text{ kg/kmol} = 87,04 \text{ kg/kmol}.$$

5.5.11 Limiti di esplosibilità (infiammabilità) in aria

I limiti di esplosibilità sono due:

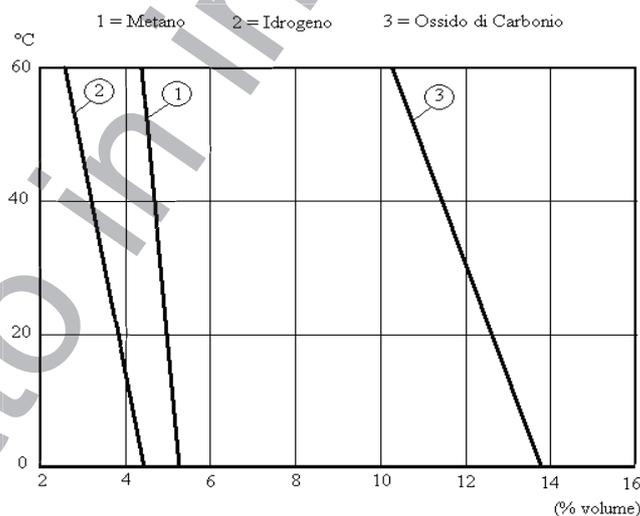
- limite inferiore (**LEL**), concentrazione in aria di gas o vapore infiammabile, al di sotto della quale l'atmosfera non è esplosiva;
- limite superiore (**UEL**), concentrazione in aria di gas o vapore infiammabile, al di sopra della quale l'atmosfera non è esplosiva.

A fini della Norma e della presente guida, il termine "limite di esplosibilità" e "limite d'infiammabilità" sono considerati equivalenti, da preferirsi "limite di esplosibilità".

Dei due limiti di esplosibilità **LEL** e **UEL**, il **LEL** è il più significativo ai fini della definizione delle zone con pericolo d'esplosione. L'**UEL** non è utilizzato in ambienti aperti e solo in casi particolari in ambienti chiusi (es. interno di apparecchiature o serbatoi).

Il **LEL** non è praticamente influenzato dalle variazioni di pressione atmosferica; invece, può essere influenzato dalle variazioni di temperatura di emissione e/o ambiente; ad esempio, tra 20°C e 45°C il **LEL** può abbassarsi, per alcune sostanze, fino al 75%; tuttavia, occorre ricordare che nella Norma sono adottati ampi margini di sicurezza, ad esempio con il coefficiente di sicurezza k applicato al **LEL** (i valori tipici indicati dalla Norma sono: $k = 0,25$ per le emissioni di grado continuo e primo, $k = 0,5$ per le emissioni di secondo grado), v. nota.

NOTA I valori tipici di k stabiliti dalla Norma possono essere modificati sulla base dell'esperienza, di dati certi riferiti all'emissione e alle condizioni ambientali. Nel diagramma seguente sono forniti alcuni dati tipici di variazione del **LEL** in funzione della temperatura.



Il **LEL** e l'**UEL** possono essere espressi in $\% \text{volume}$, indicati col simbolo LEL_v o UEL_v , o in kg/m^3 , indicati col simbolo LEL_m o UEL_m ; sono indicati solo **LEL** o **UEL** quando non è significativa l'unità di misura di riferimento.

Per convertire il LEL_v espresso in $\frac{m^3}{m^3} \cdot 100$ nel LEL_m (kg/m^3) si può usare la seguente formula valida per condizioni atmosferiche normali (101 325 Pa e 20 °C):

$$LEL_m (kg/m^3) = 0,416 \cdot 10^{-3} \cdot M \cdot LEL_v \frac{p_a}{101325} \quad [f. 5.5.11-1]$$

oppure si può usare la seguente formula:

$$LEL_m (kg/m^3) = \frac{LEL_v}{100} \cdot \rho_{0gas} \quad [f. 5.5.11-2]$$

dove:

ρ_{gas} si ricava con la formula [f.5.5.4-2].

oppure si può usare la seguente formula [f. 5.5.11-2a] [26]:

$$LEL_m = \frac{M \cdot p_a}{R \cdot T_a} \cdot \frac{LEL_v}{100 - LEL_v} \quad [f. 5.5.11-2a]$$

La stessa formula può essere utilizzata per convertire l' UEL_v nel UEL_m .

Limite inferiore di esplosibilità LEL delle miscele di sostanze

Per una generica miscela gassosa di n sostanze infiammabili, il LEL_v può essere definito tramite la legge di Le Chatelier modificata [26]:

$$LEL_v = 1 / \left[\sum_{i=1}^n (y_i / LEL_{vi}) \right] \quad [f. 5.5.11-3]$$

NOTA La miscela può essere costituita soltanto da sostanze infiammabili ($\sum_{i=1}^n y_i = 1$) o anche da sostanze

infiammabili e sostanze non infiammabili (es. aria o inerti, $\sum_{i=1}^n y_i < 1$).

Ad esempio, considerando la miscela sotto riportata:

CH₄ (metano) 3 % $LEL_v = 4,4$ %

C₂H₆ (etano) 2,3 % $LEL_v = 3$ %

C₆H₁₄ (esano) 0,6 % $LEL_v = 1,2$ %

aria 94,1 %

Il LEL_v della miscela è quindi:

$$LEL_v = 1 / [(0,03/4,4) + (0,023/3) + (0,006/1,2)] = 51,32 \%$$

5.5.12 Temperatura di ebollizione T_b

La temperatura di ebollizione di un liquido è la temperatura alla quale presenta una tensione di vapore esattamente uguale alla pressione atmosferica.

La temperatura di ebollizione normale è quella riferita alla pressione atmosferica normale di 101,3 kPa (1 013 mbar) (v. 3.4).

Alla temperatura di ebollizione, l'evaporazione si verifica contemporaneamente e tumultuosamente in tutta la massa.

Per miscele di liquidi, deve essere considerata la temperatura iniziale di ebollizione (senza frazionamenti).

5.5.13 Tensione di vapore p_v

La tensione (o pressione) di vapore p_v di una sostanza è la pressione esercitata quando un solido o un liquido è in equilibrio con i suoi stessi vapori. La tensione di vapore varia in funzione del tipo di sostanza e della temperatura.

Per sostanze che si trovano a temperatura inferiore alla loro temperatura di ebollizione T_b , la tensione di vapore può essere ricavata con la formula seguente:

$$p_v = p_a \cdot e^{\frac{c_v \cdot M \cdot (T_b - c_2)^2}{R \cdot Z_b \cdot T_b^2} \left[\frac{1}{(T_b - c_2)} - \frac{1}{(T - c_2)} \right]} \quad [\text{f. 5.5.13-1}]$$

La tensione di vapore di una miscela (p_{vmix}) ad una certa temperatura, può essere calcolata in base alla tensione di vapore delle singole sostanze e della loro quantità percentuale nella miscela.

Ad esempio, per una miscela di quattro sostanze la tensione di vapore p_{vmix} si calcola considerando che ciascun componente contribuisce secondo le percentuali volumetriche o di massa di composizione, pesando attraverso la tensione di vapore P_v propria.

Ad esempio, considerando la miscela sotto riportata, si ha:

sostanza "a" : $p_v = 12298$ Pa;

sostanza "b" : $p_v = 21497$ Pa;

sostanza "c" : $p_v = 3883$ Pa;

sostanza "d" : $p_v = 25474$ Pa;

$$p_{v \text{ mix}} = [(0,431 \cdot 12298) + (0,414 \cdot 21497) + (0,103 \cdot 3883) + (0,052 \cdot 25474)] = 15\ 925 \text{ Pa.}$$

NOTA L'eventuale presenza di sostanze non infiammabili nella miscela non è considerata ai fini del calcolo e per gli scopi della presente Guida.

5.5.14 Temperatura di accensione T_{acc}

La *temperatura di accensione* di una sostanza, detta anche temperatura di autoaccensione, è la minima temperatura di una superficie riscaldata alla quale, in condizioni specificate, avviene l'accensione di detta sostanza infiammabile allo stato di gas o vapore in miscela con l'aria.

La temperatura superficiale dei *prodotti ATEX* non deve pertanto superare la temperatura di accensione delle sostanze infiammabili presenti (*Ignition Temperature*).

La temperatura di accensione di una miscela di sostanze infiammabili deve essere riferita alla miscela stessa; tuttavia, in assenza di dati specifici, si può considerare l'80 % della temperatura di accensione più bassa tra quelle delle sostanze che la compongono, escludendo a priori le sostanze presenti in piccole quantità, complessivamente inferiori al 5% in volume.

Per i *prodotti ATEX* del gruppo II vedere il art. 5.5.15.

5.5.15 Gruppo e classe di temperatura dei prodotti ATEX

5.5.15.1 Gruppo

I *prodotti ATEX* destinati all'installazione in zone con pericolo d'esplosione sono suddivisi in due gruppi con il seguente significato:

gruppo I – prodotti per miniere con presenza di grisou;

gruppo II – prodotti per luoghi con pericolo di esplosione diversi dalle miniere con presenza di grisou.

NOTA Il grisou è costituito da una miscela di gas naturali di origine organica presenti in alcune formazioni rocciose, costituita prevalentemente di metano, 79-99,6 % e altri gas, quali l'etano, l'ossido di azoto, l'anidride carbonica e l'idrogeno. I lavori in sotterraneo con potenziale presenza di grisou, ad esempio scavo di gallerie, sono assimilabili alle miniere.

Le sostanze hanno comportamenti diversi nei confronti dell'esplosione, per questo motivo alcuni tipi di *prodotti ATEX* del gruppo II sono suddivise nei sottogruppi IIA, IIB, IIC in relazione al tipo di sostanza.

NOTA Il termine *sottogruppo* non è generalmente utilizzato; si preferisce indicare in breve gruppo IIA, gruppo IIB, gruppo IIC.

Per alcuni tipi di *prodotti ATEX*, la suddivisione nei sottogruppi IIA, IIB e IIC, è attuata in base all'interstizio sperimentale massimo di un giunto standard (*MESG* - Maximum Experimental Safe Gap) che non permette all'esplosione avvenuta all'interno della custodia, di innescare l'atmosfera esplosiva esterna.

Il *MESG* decresce nell'ordine per i *prodotti ATEX* IIA, IIB, IIC; vedasi la Norma EN 60079-0 (CEI 31-70), allegato A.

Per altri tipi di *prodotti ATEX*, la suddivisione è attuata in base alla corrente minima di accensione (*MIC* - Minimum Ignition Current), decrescente nell'ordine per *prodotti ATEX* IIA, IIB, IIC, vedasi la Norma EN 60079-0 (CEI 31-70).

L'energia di accensione di una miscela di gas o vapore con l'aria nel campo di esplosibilità (tra il *LEL* e l'*UEL*) varia in funzione della concentrazione di sostanza infiammabile nell'aria e raggiunge il valore minimo in corrispondenza del rapporto stechiometrico al quale si riferisce la corrente minima di accensione (*MIC*).

NOTA Le sostanze rappresentative per le prove sono: il metano per il IIA, l'etilene per il IIB e l'idrogeno o l'acetilene per il IIC.

Per le miscele di sostanze, il sottogruppo deve essere riferito alla miscela stessa; tuttavia, in assenza di dati specifici, si può considerare il sottogruppo più severo tra le sostanze che la compongono, escludendo a priori le sostanze presenti in piccole quantità, complessivamente inferiori al 5% in volume.

In presenza di idrogeno considerare IIC o IIB+ H₂ solo le miscele con concentrazione maggiore del 30 % in volume di H₂ (NFPA 497 M).

5.5.15.2 Classe di temperatura

Per i *prodotti ATEX* del gruppo II, le massime temperature superficiali sono suddivise in classi da T1 a T6 secondo i limiti indicati nella tabella 5.5-A.

NOTA Per i prodotti II 1G o 1D e, in alcuni casi anche per i prodotti II 2G o 2D, la massima temperatura superficiale deve essere inferiore all'80% della temperatura di accensione della sostanza infiammabile.

Tabella 5.5-A Limiti di temperatura superficiale dei prodotti ATEX

Classe di temperatura	Massima temperatura superficiale dei prodotti ATEX (v. 5.16.2)	Temperatura di accensione della sostanza infiammabile
T1	450 °C	> 450 °C
T2	300 °C	> 300 °C
T3	200 °C	> 200 °C
T4	135 °C	> 135 °C
T5	100 °C	> 100 °C
T6	85 °C	> 85 °C

NOTA Vedere l'art. 5.16.2.

Il gruppo e la classe di temperatura devono essere indicati nella documentazione di classificazione dei luoghi, perché dipendono dalle caratteristiche delle sostanze infiammabili presenti.

5.5.16 Temperatura di emissione T

La temperatura di emissione T è la temperatura all'interno del sistema di contenimento, nel punto di emissione (sorgente di emissione SE), oppure è la temperatura del liquido quando la SE è costituita da una superficie di liquido infiammabile; essa è espressa in K.

La temperatura di emissione in diversi punti dell'impianto potrebbe non essere la stessa; pertanto, per evitare errori, essa deve essere attribuita alle singole SE .

5.5.17 Pressione all'interno del contenitore, nel punto di emissione p

La pressione all'interno del contenitore (sistema di contenimento) nel punto di emissione p (sorgente di emissione SE) è espressa in Pa.

La pressione p in diversi punti dell'impianto potrebbe non essere la stessa; pertanto, per evitare errori, essa deve essere attribuita alle singole SE .

5.5.18 Altre caratteristiche

A volte può essere opportuno indicare le quantità di sostanze, distinte tra lavorazione (o anche manipolazione) e deposito.

I valori indicati possono essere approssimati, considerando che sono richiesti per consentire la valutazione del carico d'incendio ai fini della valutazione del rischio d'incendio .

Quando sia prevista l'inertizzazione dell'atmosfera dell'ambiente (locale o contenitore), è necessario conoscere la *concentrazione limite di ossigeno (LOC)* nell'atmosfera, che è la concentrazione massima di ossigeno in una miscela di aria, gas inerte e gas infiammabile, alla quale non può avvenire alcuna *esplosione* in determinate condizioni di prova; essa è espressa in % volume.

La *concentrazione limite di ossigeno* viene determinata in modo sperimentale.

5.5.19 Sostanze rappresentative di altre

Una sostanza può essere *rappresentativa* di altre sostanze nelle valutazioni, quando essa è quella che prevede le zone più estese, nonché il gruppo e la classe di temperatura dei *prodotti ATEX* più severi. La rappresentatività può essere applicata, sia per sostanze presenti in parti diverse di impianto, sia a sostanze presenti nella stessa parte di impianto in tempi diversi.

5.6 Ambienti e condizioni ambientali

La classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione è influenzata dalle condizioni ambientali, occorre quindi individuare, ove esistenti, i diversi ambienti con presenza di sostanze infiammabili e quelli comunicanti tramite aperture e, per ciascuno di essi, definire le condizioni ambientali (es. temperatura massima, pressione atmosferica, caratteristiche della ventilazione, ecc.), concentrazione di ossigeno nell'atmosfera (solo per ambienti inertizzati), (v. 3.1 e 3.4). Gli ambienti possono essere:

aperti;

chiusi, con o senza sistema/i di pressurizzazione o inertizzazione.

5.6.1 Generalità sulla ventilazione

La capacità di dispersione di gas nell'atmosfera aumenta con la velocità dell'aria, ma per iniziare la diffusione turbolenta è richiesta una velocità minima di 2-3 m/s; con velocità inferiori avviene la stratificazione del gas e, per avere la dispersione, occorre una distanza maggiore.

Nelle aree di impianti schermate da strutture, grosse apparecchiature o serbatoi, la velocità dell'aria può essere significativamente inferiore a quella del vento; tuttavia, gli ostacoli tendono a mantenere la turbolenza dell'aria anche a velocità minori di 2-3 m/s.

La ventilazione degli ambienti può essere naturale o artificiale.

Nell'Appendice GC, sono riportate alcune formule per il calcolo delle portate di ventilazione.

5.6.1.1 Ventilazione naturale

La ventilazione naturale è dovuta ai movimenti naturali dell'aria, per effetto del vento (spinta del vento) o di gradienti di temperatura (effetto camino).

Spinta del vento

Ai fini della presente Guida, il vento è definito da intensità e direzione.

L'intensità è rappresentata dalla velocità della massa d'aria, riferita ad un determinato intervallo di tempo ed è espressa in m/s, in km/h o in nodi (un nodo è equivalente a 1,852 km/h e 0,51 m/s). La direzione (e il verso) del vento è quella di provenienza; essa viene indicata a volte secondo la rosa dei venti (otto o sedici direzioni), ma per i dati statistici ambientali, essa è generalmente indicata secondo la divisione sessagesimale (di solito approssimata alla decina di gradi, trentasei direzioni), come nel caso della Tabella GC-1 dell'Appendice GC, espressa in gradi rispetto alla direzione Nord (es. 80° - 100° significa che la direzione e il verso di provenienza del vento è da Est, che si trova a 90° rispetto alla direzione Nord).

All'aperto, la velocità e la direzione del vento cambiano nel tempo; tuttavia, se si escludono fosse, sottotetti, e simili, essa è generalmente sufficiente ad assicurare la dispersione dell'atmosfera esplosiva, pertanto, ad una certa distanza dalla SE, la concentrazione scende al di sotto del limite inferiore di esplodibilità.

La spinta del vento può essere efficace anche in ambienti chiusi, quando esistono aperture fisse di ventilazione, particolarmente quando esse sono ubicate nella direzione prevalente di provenienza del vento. L'effetto della ventilazione esterna, in presenza di aperture prive di schermature o protezioni dalle intemperie, può essere rilevato fino a circa 10 m dall'apertura d'ingresso dell'aria.

Quando le aperture fisse di ventilazione sono provviste di schermature o protezioni dalle intemperie e simili, l'effetto della ventilazione esterna può essere rilevato fino a 3 m circa dall'apertura d'ingresso dell'aria, con velocità appena misurabili, ad esempio tra 0,05 m/s e 0,1 m/s.

Negli edifici dove le pareti sono completamente aperte fino ad una certa altezza, ad esempio fino a 3 m dal suolo e non sono presenti ostacoli significativi alla libera circolazione dell'aria, la velocità dell'aria nella parte bassa dell'edificio può essere considerata analoga a quella all'aperto.

Dove i pavimenti sono costituiti da grigliati, i diversi piani divisi da grigliati non possono essere considerati semplicisticamente un ambiente unico, ma devono essere effettuate delle valutazioni particolari; ad esempio, se le aperture sono tutte a livello di un singolo piano, l'influenza di dette aperture sulla ventilazione negli altri piani è modesta se non trascurabile.

Valori indicativi dei ricambi d'aria per infiltrazioni naturali in edifici di tipo industriale dovute alle caratteristiche costruttive, (senza apposite aperture fisse di ventilazione o sistemi di estrazione di fumi o polveri, o grandi emissioni di calore), sono riportati nell'Appendice GC.

Effetto camino

In ambienti chiusi dove esistono differenze di temperatura con il luogo all'aperto circostante, come avviene ad esempio per l'inerzia termica dell'edificio rispetto all'ambiente esterno in relazione alle escursioni termiche tra giorno e notte, oppure quando è deliberatamente eseguito un riscaldamento o dove il riscaldamento è dato da componenti degli impianti, quali ad esempio: contenitori caldi, macchinari, illuminazione elettrica, ecc., i moti convettivi dell'aria (o effetto camino) possono essere favoriti prevedendo aperture fisse in basso nelle pareti esterne e aperture o ventilatori di estrazione in alto.

Per avere un effetto camino significativo, occorre una differenza di temperatura tra interno ed esterno di almeno 2-3 K, oppure occorre la presenza di apparecchiature che disperdono calore nell'ambiente, capaci di produrre forti correnti ascensionali.

Quando gli edifici sono a più piani, se i solai sono chiusi, ad es. quando servono da compartimentazione orizzontale antincendio, e non sono presenti aperture tra un piano e l'altro, l'effetto camino è limitato praticamente a ciascun piano.

Dove i pavimenti sono costituiti da grigliati, si può prevedere un effetto camino; tuttavia, va ricordato che i grigliati offrono una notevole resistenza al passaggio dell'aria, per cui occorrono maggiori differenze di temperatura e maggiori portate degli eventuali ventilatori di estrazione.

5.6.1.2 Ventilazione artificiale

La ventilazione artificiale, ottenuta con mezzi artificiali, può essere:

- *generale (VAG)*, quando applicata all'intero ambiente chiuso (ad es. ottenuta con ventilatori a parete o a soffitto); oppure, a una determinata area all'aperto, per incrementare la ventilazione naturale;
- *locale (VAL)*, quando applicata a singole sorgenti di emissione, a gruppi di sorgenti di emissione o a piccoli locali, dove è prevista la formazione di atmosfere esplosive, particolarmente per le emissioni di grado continuo e di primo grado, realizzata prevalentemente mediante sistemi di estrazione dell'aria (5.7.4).

Con la ventilazione artificiale si può:

- ridurre l'estensione delle zone, fino a renderle, a volte, di volume trascurabile;
- diminuire il tempo di permanenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione;
- prevenire la formazione di atmosfera esplosiva, diluendo nell'aria la sostanza infiammabile al di sotto del limite inferiore di esplosibilità nelle immediate vicinanze della SE.

La ventilazione artificiale è adatta allo scopo se ha i seguenti requisiti:

- è presente un sistema di controllo della sua efficacia (es. flusso o portata d'aria);
- l'aria è aspirata da un luogo non pericoloso;
- il dimensionamento e la configurazione del sistema di ventilazione sono fatti tenendo conto della quantità ed ubicazione delle SE, nonché del grado e portata di emissione;
- le bocche di mandata o aspirazione sono ubicate tenendo conto della depressione creata dall'aspirazione, della densità relativa all'aria dei gas o vapori e della variazione di densità al variare della temperatura;
sono considerati gli ostacoli o impedimenti alla circolazione dell'aria;
- sono considerate le turbolenze e la distribuzione delle linee di flusso dell'aria;
- deve essere infine valutata la necessità o meno di classificare il luogo all'interno del sistema di estrazione e nell'intorno dello scarico dell'aria.

Nella ventilazione artificiale generale, la velocità dell'aria deve essere contenuta entro valori accettabili stabiliti dalle norme o dalle disposizioni legislative ai fini del benessere delle persone (entro 0,1 m/s a 15 °C e fino a 0,3 m/s a 25 °C).

Per evitare velocità più elevate possono essere previsti più sistemi di ventilazione artificiale locale (estrazione) mediante cappe, tettucci, bocche di aspirazione.

Quando si usano ventilatori di estrazione, si deve fare attenzione che non si verifichino cadute di portata per effetto del vento esterno (ad es. le bocche di scarico non vanno dislocate nella direzione prevalente di provenienza del vento e/o maggiorata la portata dei ventilatori).

Deve essere verificata la possibilità di applicare la ventilazione artificiale locale (VAL, art. 5.7.4).

Deve essere presa in considerazione la classificazione all'interno e immediatamente al di fuori del punto di scarico del sistema di estrazione e delle altre aperture del sistema di estrazione aria.

Per la ventilazione di un luogo pericoloso occorre tenere in considerazione gli effetti di aspirazione sull'area circostante (es. disponendo le bocche di aspirazione ad un'adeguata distanza dalla zona pericolosa considerando le caratteristiche di aspirazione), v. la Norma, Appendice B, art. B.2.2.

5.6.1.3 Altre forme di ventilazione

Possono essere considerate forme di ventilazione diverse di quelle di cui in 5.6.1.1 e 5.6.1.2 previste per altri scopi, ad esempio ottenute da ventilatori di raffreddamento in genere, ventilatori di bruciatori, ventole di raffreddamento motori elettrici, ventilatori di condizionamento e climatizzazione, ecc.

Le caratteristiche di queste ventilazioni devono essere analoghe a quelle della ventilazione artificiale di cui in 5.6.1.2, facendo particolare attenzione per la definizione della loro *Disponibilità*.

5.6.2 Condizioni ambientali degli ambienti aperti

Gli ambienti aperti sono quelli all'esterno di edifici di qualsiasi natura in cui non esistono ostacoli al naturale movimento dell'aria ai fini della diluizione di gas, vapori o nebbie che possono essere immessi nell'atmosfera.

Sono altresì considerati ambienti aperti quelli delimitati da pareti, coperture o schermi realizzati in modo da limitare in modo trascurabile i moti naturali dell'aria ai fini della diluizione di gas, vapori o nebbie che possono essere immessi nell'atmosfera.

Il termine *ambiente aperto* di cui al art. B.4.2.3 della Norma e il termine *luogo all'aperto* sono considerati equivalenti, da preferirsi *ambiente aperto*.

I valori di riferimento per le condizioni atmosferiche normali negli ambienti aperti sono:

- 101 325 Pa (1013 mbar);
- 20 °C (293 K);

con variazioni che abbiano un effetto trascurabile sulle proprietà esplosive delle sostanze infiammabili (v. 5.5).

NOTA La composizione dell'aria secca all'aperto: 20,94 % O₂, 0,03% CO₂, 79,03% N e gas inerti; la concentrazione di CO₂ può essere minore in aperta campagna e maggiore nelle aree urbane (es. 0,04%); l'aria contiene anche umidità che può variare indicativamente tra l'80% e il 95% in inverno e tra il 55% e il 75% in estate.

Nell'Appendice GC sono riportati dati statistici relativi alle temperature (massime e minime), alle pressioni atmosferiche ed ai venti (velocità e direzione prevalente) di 32 località italiane, che possono essere presi come riferimento anche per località vicine.

È anche fornito un criterio di definizione delle temperature in relazione all'altezza sul livello del mare e/o situazioni ambientali diverse, nonché la pressione e la massa volumica (densità) dell'aria a diverse altitudini.

Per quanto si riferisce alle velocità dell'aria (velocità di riferimento dell'aria ambiente w_a), la velocità minima di 0,5 m/s (1 nodo circa) è generalmente un valido riferimento per le installazioni sulla terra ferma nell'intero territorio nazionale; tuttavia, in particolari casi, specialmente in prossimità del suolo, può essere inferiore a 0,5 m/s. In questi casi, in assenza di dati, si deve considerare una velocità inferiore, ad esempio fino a 3 m dal suolo $w_a = 0,25$ m/s.

Per le installazioni in mare aperto, esempio piattaforme petrolifere, ove non disponibili altri dati specifici, un valore indicativo della velocità dell'aria (velocità di riferimento dell'aria ambiente w_a) può essere: da 1,5 m/s a 2,5 m/s.

5.6.3 Condizioni ambientali degli ambienti chiusi

Gli ambienti chiusi sono quelli all'interno di edifici di qualsiasi natura in cui esistono ostacoli al naturale movimento dell'aria ai fini della diluizione di gas, di vapori o di nebbie che possono essere immessi nell'atmosfera.

Il termine *ambiente chiuso* e il termine *ambiente al chiuso* sono considerati equivalenti, da preferirsi *ambiente chiuso*.

La definizione delle condizioni ambientali degli ambienti chiusi deve essere eseguita caso per caso, facendo riferimento ai dati ambientali dell'ambiente aperto circostante, alla configurazione e disposizione delle aperture, comprese quelle non volute (es. interstizi tra le diverse parti dei tamponamenti delle pareti, dei tetti e dei serramenti), alla differenza tra temperatura interna ed esterna, a rilievi statistici e strumentali, a norme specifiche, alla letteratura tecnica o a valutazioni di specialisti della materia.

Il problema è molto complesso; tuttavia, la portata della ventilazione naturale Q_a di un ambiente chiuso può essere generalmente calcolata considerando alcuni casi semplici riportati nell'Appendice GC. In casi particolari e/o complessi, come quelli di ambienti interrati o molto vasti è bene ricorrere ad uno specialista di ventilazione.

Nota la portata di ventilazione Q_a e il volume libero totale dell'ambiente V_a , il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo (C_a) è definito dalla formula:

$$C_a = \frac{Q_a}{V_a} \quad [\text{f.5.6.3-1}]$$

Per la pressurizzazione degli ambienti (locali o edifici) vedere la Norma CEI 31-25.

5.7 Sorgenti di emissione e gradi di emissione

5.7.1 Individuazione delle sorgenti di emissione

Devono essere esaminati tutti i sistemi di contenimento (3.18) delle sostanze infiammabili ed i relativi componenti al fine di individuare le sorgenti di emissione (3.21). Deve anche essere stabilito se esiste la possibilità di formazione di pozze al di fuori dei sistemi di contenimento e le loro dimensioni (Appendice GB, art. GB.4.5).

Quando nel luogo sono presenti le sostanze di cui in 5.5, ma non esistono sorgenti di emissione, il luogo stesso non presenta pericolo di esplosione per la presenza di gas nell'atmosfera.

5.7.1.1 Esempi di sorgenti di emissione (SE)

Qui di seguito sono forniti esempi di componenti dell'impianto che possono costituire SE ed il relativo grado o gradi di emissione. Nei casi specifici, per attribuire il grado di emissione, oltre agli esempi sottostanti, si deve verificare la rispondenza alle relative definizioni (v. 5.7.3).

1. *Apertura verso l'ambiente di un miscelatore aperto contenente un liquido infiammabile.*

Grado di emissione generalmente considerato: **continuo**

2. *Bocca di sfiato libero all'atmosfera di sostanza infiammabile in un'apparecchiatura di processo con funzionamento continuo.*

Grado di emissione generalmente considerato: **continuo**

3. *Bocca di sfiato libero all'atmosfera di sostanza infiammabile in un serbatoio di stoccaggio in cui si prevedono significative emissioni continue e maggiori emissioni durante il riempimento (funzionamento normale).*

Gradi di emissione generalmente considerati: **continuo e primo**

4. *Vasca di separazione per gravità in un impianto di trattamento acque di scarico fognarie oleose o chimiche, in cui si prevedono significative emissioni continue e maggiori emissioni occasionalmente durante il funzionamento normale.*

Gradi di emissione generalmente considerati: **continuo e primo**

5. *Vasca di neutralizzazione posta a valle dello stadio di separazione per gravità in un impianto di trattamento acque di scarico fognarie oleose o chimiche, in cui non si prevedono significative emissioni durante il funzionamento normale ma solo in occasione di guasti o anomalie.*

Grado di emissione generalmente considerato: **secondo**

6. *Punto di campionamento (presa campione) che si prevede possa emettere la sostanza infiammabile durante il prelievo e in occasione di guasti all'organo d'intercettazione, considerando anche l'ambiente in cui è installato (es. ambiente aperto o chiuso).*

Gradi di emissione generalmente considerati: **primo e secondo**

7. *Punto di campionamento (presa campione) che si prevede non possa emettere la sostanza infiammabile durante il prelievo ma solo in occasione di guasti all'organo di intercettazione.*

Grado di emissione generalmente considerato: **secondo**

8. *Dispositivo di tenuta applicato ad un albero rotante o traslante di un macchinario, o di una pompa, o di un compressore, o di una valvola e simili, per il quale non sono previste emissioni durante il funzionamento normale, ma sono prevedibili solo emissioni in occasione di guasti.*

Grado di emissione generalmente considerato: **secondo**

NOTA Per le tenute meccaniche, le emissioni possono essere trascurate quando l'aria di ventilazione del motore di azionamento soffia verso la tenuta stessa, modificando in modo significativo la velocità e la portata d'aria.

9. *Dispositivo di tenuta applicato ad un albero rotante o traslante di un macchinario, o di una pompa, o di un compressore, o di una valvola e simili, che prevede significative "emissioni strutturali", considerando anche l'ambiente in cui è installato (es. ambiente chiuso) ed emissioni in occasione di guasti.*

Gradi di emissione generalmente considerati: **continuo e secondo.**

10. *Dispositivo di connessione (flangia, giunto, raccordo, snodo o simili) per il quale sono escluse significative "emissioni strutturali", considerando anche l'ambiente in cui è installato (es. ambiente aperto o chiuso) e che può emettere solo in occasione di guasti o rotture ragionevolmente prevedibili.*

Grado di emissione generalmente considerato: **secondo.**

11. *Dispositivo di connessione (flangia, giunto, raccordo, snodo o simili) per il quale non sono escluse significative "emissioni strutturali", considerando anche l'ambiente in cui è installato (es. ambiente chiuso) e che può emettere anche in occasione di guasti o rotture ragionevolmente prevedibili.*

Gradi di emissione generalmente considerati: **continuo e secondo.**

12. *Sfiato di valvola di sicurezza e simili che può emettere la sostanza infiammabile quando si apre e non prevede significative emissioni dovute alla non perfetta tenuta (trafilamento).*

Grado di emissione generalmente considerato: **secondo.**

13. *Sfiato di valvola di sicurezza e simili che può emettere la sostanza infiammabile quando si apre e prevede significative emissioni dovute alla non perfetta tenuta (trafilamento).*

Gradi di emissione generalmente considerati: **primo e secondo.**

14. *Pozza di liquido infiammabile che non può formarsi durante il funzionamento normale e può formarsi solo poco frequentemente e per brevi periodi.*

Grado di emissione generalmente considerato: **secondo.**

Per altri esempi vedere l'Appendice A della Norma.

5.7.1.2 Punti e parti di impianto non considerati sorgenti di emissione

Non sono considerati SE i punti e le parti di impianto da cui possono essere emesse nell'atmosfera sostanze infiammabili con modalità tale da originare atmosfere esplosive solo a causa di guasti catastrofici, non compresi nel concetto di anomalità considerate (3.7.2).

Generalmente possono essere tali:

- a) Le tubazioni saldate e i contenitori saldati a regola d'arte.
- b) I collegamenti di tubazioni e contenitori mediante dispositivi di giunzione a tenuta (con emissioni trascurabili nelle condizioni di funzionamento anche anormale dell'impianto), costruiti secondo specifiche norme e qualificati, se richiesto, da Enti riconosciuti, dimensionati ed installati tenendo conto delle condizioni di funzionamento anormale, nonché eserciti e mantenuti con modalità tali da assicurare nel tempo il mantenimento dei requisiti di sicurezza.

Per accertare la non emissione da tali collegamenti, essi devono essere sottoposti a prove in tutte le situazioni di esercizio ragionevolmente prevedibili (sia in funzionamento normale, sia in funzionamento anormale) e nel tempo (durata). Inoltre, in dipendenza delle influenze esterne e delle condizioni di esercizio, i componenti usurabili devono essere sostituiti nel rispetto delle indicazioni del costruttore e comunque, con periodicità tale da assicurare nel tempo il mantenimento della tenuta.

Per valutare le possibili emissioni da una connessione di tubazioni e simili e stabilire se siano trascurabili o meno, può essere fatto riferimento, ove esistenti, a specifiche norme di costruzione, verifica, installazione ed utilizzazione, oppure può essere fatta un'analisi operativa delle possibili emissioni con il contributo delle informazioni del costruttore per quanto riguarda i requisiti di tenuta e dimensionamento, escludendo gli eventi catastrofici ma comprendendo tutte quelle che possono essere considerate le cause comuni di emissione (es. le vibrazioni). Per ciascuna emissione, si deve poi valutare se il volume di atmosfera esplosiva possa essere considerato trascurabile ai fini della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione.

Possono essere tali le giunzioni a compressione di elevata qualità installate ed utilizzate seguendo scrupolosamente le istruzioni del costruttore.

- c) I contenitori di sostanze infiammabili con coperchi chiusi a regola d'arte o comunque in modo efficace, con emissioni trascurabili, quando sono soddisfatte tutte le condizioni seguenti senza limiti dimensionali:
 - sono in materiale idoneo e costruiti a regola d'arte nel rispetto di eventuali norme di costruzione e prova;
 - sono depositati e movimentati con modalità tali da considerare ragionevolmente non prevedibili cadute che possano provocare l'apertura del coperchio o il danneggiamento con fuoriuscita significativa della sostanza infiammabile contenuta;
 - è attuata in sito ogni ordinaria cautela contro la presenza di pozze e vi è una costante presenza di mezzi per la loro neutralizzazione in tempi rapidi.
- d) Le doppie tenute applicate su alberi rotanti o traslanti, provviste di dispositivi tali da escludere perdite significative anche in funzionamento anormale, ad esempio con fluido esterno di flussaggio (tenuta o convogliamento delle perdite) e monitoraggio del fluido stesso, ad esempio mediante analizzatore.

Le singole tenute costituenti le doppie tenute devono essere indipendenti da cause comuni di inefficienza; inoltre, deve essere possibile individuarne singolarmente la perdita in tempi brevi.

- e) Generalmente, possono non essere considerate SE anche i punti di campionamento (presa campione) a dosaggio predeterminato. In queste prese, la quantità di sostanza prelevata non è stabilita dal grado di apertura della valvola di collegamento all'impianto, ma dalle caratteristiche costruttive della presa stessa, che consentono di dosare piccole quantità da prelevare. In questi casi, le quantità di sostanza in gioco sono piccole, il corpo della presa campione è completamente chiuso, per cui la quantità di sostanza infiammabile che può essere emessa in caso di anomalia è di pochi centimetri cubi.

- f) I contenitori di gas compressi, liquefatti e disciolti (es. bombole), correttamente depositati e movimentati, con:
- valvola chiusa;
 - tappo sul foro di connessione;
 - protezione della valvola (es. cappello, quando previsto).

NOTA Per le valvole di sicurezza con sfiato libero all'atmosfera, si considera EMISSIONE DI SECONDO GRADO la loro apertura parziale e per breve periodo e non la loro apertura completa quando quest'ultima è riconducibile ad un evento estraneo al concetto di anomalità ragionevolmente prevedibile proprio della norma CEI EN 60079-10-1 essendo presenti più barriere di sicurezza tra loro indipendenti da guasto comune contro l'evento (es. controllo del processo, sistemi di sicurezza). In questo caso, l'apertura completa delle valvole di sicurezza è riconducibile agli eventi considerati incidenti rilevanti secondo la Direttiva 96/82/CE, Seveso bis (D.Lgs. 334/99).

Per la definizione dell'estensione della Zona 2 originata dall'emissione dovuta all'apertura parziale della valvola si può considerare la *quantità totale* di sostanza infiammabile emessa nel breve periodo di apertura e non la *portata*.

5.7.2 Verifica della possibilità di eliminare o limitare le SE

Deve essere verificata la possibilità di eliminare una o più SE, oppure di spostarle in luoghi con migliori possibilità di dispersione nell'aria dei gas o vapori emessi e lontane da sorgenti di accensione.

5.7.3 Grado o gradi di emissione

5.7.3.1 Definizione del grado o gradi di emissione

Devono essere esaminate le SE e, per ciascuna di esse, verificate tutte le possibilità di emissione, sia nel funzionamento normale, sia nel funzionamento anormale (3.8) al fine di definire il grado o i gradi di emissione di ciascuna SE.

La Norma considera tre gradi di emissione: *continuo*, *primo* o *secondo*, in relazione alla probabilità che essa avvenga e quindi di presenza di atmosfera esplosiva di volume non trascurabile nell'intorno della SE.

Le emissioni sono così definite negli articoli 2.7.1, 2.7.2 e 2.7.3 della Norma:

- emissione di grado continuo – emissione continua o che può avvenire *frequentemente* o per lunghi periodi (v. nota);
- 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.

Le emissioni di grado continuo e di primo grado sono previste durante il funzionamento normale, quindi possono essere generalmente definite sia come durata sia come frequenza di emissione.

Un'emissione che avviene, sia pure poco frequentemente e per brevi periodi, durante il funzionamento normale non può generalmente essere considerata di secondo grado, ma di primo grado.

Le emissioni di secondo grado non sono previste durante il funzionamento normale, esse sono generalmente riconducibili solo ad eventi anomali, pertanto, per definire la loro durata e frequenza, è necessario fare riferimento alle modalità di sorveglianza (esercizio) e manutenzione dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili e dei relativi componenti.

Gli eventi anomali (es. guasti, aperture di valvole di sicurezza, errori, ecc.) devono essere presi in considerazione o meno in relazione ai criteri adottati di progettazione e manutenzione dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili e dei relativi componenti, nonché in relazione all'efficacia ed efficienza dei mezzi (barriere) attuati per prevenire tali eventi e per limitarne la durata.

Quando nell'ambiente sono adottate protezioni non individuali contro la tossicità e/o l'inquinamento che prevedono concentrazioni massime nell'atmosfera inferiori a quelle previste in applicazione delle procedure fornite nella Norma e nella presente Guida, è ragionevole considerarle nel definire il grado dell'emissione, ad esempio può essere esclusa la presenza di emissioni continue e di primo grado.

Per ogni grado di emissione, particolarmente per i gradi primo e secondo, si definisce la durata media presunta di emissione del singolo evento ed il numero totale presunto di eventi in 365 d, quindi si verifica che siano compatibili con la definizione di grado, vedere sopra.

Si deve verificare se esiste la possibilità di ridurre il grado o i gradi di emissione limitando le emissioni di grado continuo e primo grado e/o di ridurre le portate Q_g di emissione.

5.7.3.2 Emissioni strutturali

Per la definizione delle *emissioni di grado continuo* devono essere valutate anche le eventuali piccole emissioni non volute e non dovute a guasti o anomalie, da punti di discontinuità di componenti del sistema di contenimento delle sostanze infiammabili, quali ad esempio: flange su tubazioni, giunzioni tra parti di apparecchi e macchine, sfiati di valvole di sicurezza e di sfioro chiuse, ecc., denominate *emissioni strutturali* (in inglese *fugitive emissions*).

La stima delle emissioni strutturali è di difficile valutazione; esse possono essere trascurabili quando i componenti sono nuovi o hanno subito da poco un intervento di manutenzione o sono stati sostituiti, ma col tempo possono aumentare in dipendenza delle influenze esterne e delle condizioni di esercizio fino a diventare significative.

Quando gli impianti sono ben mantenuti, *le emissioni strutturali* non sono generalmente tali da formare al loro intorno un'atmosfera esplosiva di estensione significativa, quindi, possono essere trascurate. Fanno eccezione alcune situazioni particolari di emissioni in piccoli ambienti chiusi con pochi ricambi d'aria (es. armadi, custodie, piccoli locali), dove, anche in relazione al numero di componenti presenti, le emissioni strutturali possono aumentare la concentrazione media di gas o vapori infiammabili nell'aria ambiente rendendo a volte il luogo pericoloso, (v. 5.10.3.3).

Nelle situazioni particolari sopra indicate, le emissioni strutturali devono essere considerate come *emissioni continue* e valutata la loro influenza sul tipo ed estensione della zona pericolosa.

Il problema principale che riguarda le emissioni strutturali è la *corretta manutenzione*. Le parti usurabili devono essere sostituite quando le perdite diventano significative; ad esempio, la tenuta meccanica di una pompa, o la tenuta di una valvola di sicurezza, quando è nuova non perde o ha perdite continue (emissioni strutturali) assolutamente trascurabili; col tempo, queste perdite potrebbero aumentare fino a diventare significative per la formazione di atmosfere esplosive. Quindi, la periodicità di sostituzione delle parti usurabili dovrebbe essere definita sulla base delle istruzioni del costruttore ove esistenti e sulla base dell'esperienza, sia del gestore, sia del manutentore dell'impianto, non solo considerando la continuità dell'esercizio ma anche l'aspetto sicurezza contro le esplosioni evitando la presenza di atmosfere esplosive.

Se non si rispettano le indicazioni sopra riportate, sia all'aperto, sia al chiuso, le singole emissioni strutturali devono essere considerate *emissioni continue*, per le quali devono essere valutate le portate Q_g .

5.7.4 Sorgenti di emissioni con applicata la ventilazione artificiale locale (VAL)

Deve essere verificata la possibilità di applicare la ventilazione artificiale locale (VAL), art. 5.6.1.2.

La ventilazione artificiale locale è in genere appositamente predisposta; pertanto i suoi requisiti di portata Q_a , i criteri costruttivi e di disponibilità possono essere definiti considerando i risultati che si vogliono ottenere.

La portata di ventilazione e le altre caratteristiche costruttive al fine di catturare tutti i gas o vapori emessi dalla SE, devono essere tali da ridurre l'estensione della o delle zone pericolose a dimensioni trascurabili o comunque contenute entro un volume piccolo prestabilito (V_{OL}), inteso come il volume compreso tra la SE e la bocca di aspirazione dell'aria, definito considerando il grado o i gradi di emissione, la forma, le dimensioni e l'ubicazione rispetto alla SE della bocca di aspirazione, nonché, le dimensioni della SE stessa.

La disponibilità della VAL, deve essere Buona o Adeguata, (5.10.3.6).

Quando la disponibilità della ventilazione è *Buona* si ha solo una zona pericolosa di tipo dipendente dal grado dell'emissione e dimensioni definite in presenza della ventilazione artificiale locale VAL; in alcuni casi la ventilazione può essere tale da ridurre il volume della zona a valori trascurabili V_{ZNE} .

Quando la disponibilità della ventilazione è *Adeguata*, oltre alla zona pericolosa di cui sopra (1° tipo di zona), deve essere prevista una ulteriore zona (2° tipo di zona) di dimensioni definite in base alla ventilazione residua, che si ha cioè in assenza della ventilazione artificiale locale.

Il 2° tipo di zona è Zona 2 anche quando l'emissione è continua o di primo grado in quanto occorre tener conto del fatto che l'atmosfera esplosiva può essere presente solo al mancare della VAL che ha disponibilità Adeguata.

Per stabilire i requisiti della VAL si può fare riferimento alla letteratura tecnica relativa alle ventilazioni artificiali; nei casi dubbi e/o complessi, è opportuno rivolgersi ad uno specialista della ventilazione.

I dati principali per definire la ventilazione artificiale locale (per aspirazione) sono:

- portata di emissione di gas o vapore Q_g [kg/s], calcolata con la formula applicabile tra quelle di cui in GB.4, generalmente si applica la [f.GB.4.4-1] (pozza) in quanto la superficie del liquido è lambita dall'aria della VAL assumendo, ove applicabile, $w_a =$ velocità impressa dal sistema di aspirazione ed $f_{SE} = 1$, (v. nota);

NOTA Un valore indicativo della velocità impressa dal sistema di aspirazione è $0,20 \pm 0,25$ m/s.

- portata di aspirazione Q_a , [m^3/s];
- area della bocca di aspirazione A_c , [m^2];
- area della SE (es. superficie del liquido) A_{SE} , [m^2];
- forma e dimensioni bocca di aspirazione, [m] (per valutazioni particolari);
- volume compreso tra la SE (es. superficie di un liquido) e la bocca di aspirazione dell'aria, (V_{OL}),
- distanza massima di cattura dei vapori d_c , [m];
- disponibilità (buona o adeguata);
- fattore di efficacia f_{SE} (generalmente uguale a 1).

La portata di emissione di gas o vapore Q_g in presenza della VAL (1° tipo di zona) si calcola con la formula applicabile tra quelle di cui in GB.4, generalmente si usa la [f.GB.4.4-1] (pozza) in quanto la superficie del liquido è lambita dall'aria della VAL assumendo $f_{SE} = 1$.

Quando la disponibilità della VAL è *Buona*, attorno al 1° tipo di zona non ne esistono altri.

Quando la disponibilità della VAL è *Adeguata*, attorno al primo tipo di zona esiste un 2° tipo di zona, per il quale la portata di emissione di gas o vapore Q_g si calcola con la formula applicabile tra quelle di cui in GB.4 considerando la ventilazione naturale nell'intorno della SE e assumendo f_{SE} non minore di 2.

Per stabilire il grado della VAL si calcola la lunghezza del percorso dell'aria nel volume da ventilare $L_0 = k_0 \cdot a + D_{SE}$

(v. 5.10.3.2, formula [f.5.10.3-14]), dove si può trascurare il D_{SE} in quanto "a" viene assunto pari a d_c e k_0 può essere assunto = 1, per cui si ha: $L_0 = d_c$ [m].

Conosciuta la lunghezza L_0 , può essere calcolato il numero di ricambi d'aria C_0 con la formula [f.5.10.3-15], dove si può assumere $w_a = Q_a /$ l'area maggiore tra quella della bocca di aspirazione A_c e quella della SE S , [m²]; $f_{SE} = 1$.

Si calcola Q_{amin} con la formula [f.5.10.3-1].

Si calcola il volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z con la formula [f.5.10.3-6].

Si confronta quindi il volume V_z con il volume V_{OL} , dal confronto si possono presentare due casi:

- il volume V_z è maggiore del volume V_{OL} ;
- il volume V_z è minore o uguale al volume V_{OL} .

Nel caso a) occorre aumentare la portata d'aria Q_a , e quindi la w_a e C_0 che variano in modo direttamente proporzionale alla variazione di Q_a , fino al rispetto della condizione b).

Nel caso b), quando il V_z non è trascurabile la zona pericolosa deve essere considerata corrispondente al volume V_{OL} , sia nella forma, sia nelle dimensioni.

Sulla base del grado dell'emissione, del grado e della disponibilità della ventilazione si definisce infine il tipo e l'estensione della zona pericolosa.

Quando la disponibilità della ventilazione artificiale locale **VAL** è Adeguata, occorre definire l'estensione del 2° tipo di zona (Zona 2) procedendo secondo la regola generale e considerando la ventilazione residua al mancare della **VAL** che è generalmente quella naturale con disponibilità buona.

NOTA - Quando la **VAL** è prevista per ragioni di igiene ambientale, la portata minima di aspirazione (cattura) Q_c può essere definita applicando la formula [f.5.7.4-1], generalmente maggiore della portata Q_a richiesta per limitare l'estensione della zona pericolosa :

$$Q_c = w_c \cdot (10 \cdot d_c^2 + A_c) \quad [\text{m}^3/\text{s}] \quad [\text{f.5.7.4-1}]$$

dove:

- d_c deve essere maggiore o uguale alla distanza tra il punto più lontano della SE e la bocca di aspirazione;
- velocità di cattura dei vapori w_c [m/s], generalmente pari a 0,25 m/s per gas o vapori ai fini dell'igiene ambientale;
 - portata minima di aspirazione (per catturare i vapori alla distanza d_c), Q_c , [m³/s] ai fini dell'igiene ambientale.

5.7.5 Sorgenti di emissione (SE) rappresentative di altre

Una **SE** (o anche una emissione) può essere *rappresentativa* di altre **SE** quando rappresenta il caso peggiore in relazione a uno o più dei seguenti parametri:

- sostanza (stessa sostanza, o sostanza rappresentativa);
- modalità e portata di emissione (stessa modalità di emissione, uguale o maggiore portata di emissione Q_g), oppure, se non si conosce la portata di emissione, uguale o maggiore pressione nel punto di emissione, uguale o maggiore area S del foro di emissione, il più alto rapporto Q_{amin} / Q_a .
- caratteristiche della ventilazione dell'ambiente nell'intorno della **SE** (uguale o minore numero di ricambi d'aria C_0 , fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} uguale o più alto).

Le sorgenti di emissione o le singole emissioni con ventilazione artificiale locale (**VAL**) devono essere considerate singolarmente (5.7.4).

Individuate le **SE** rappresentative e quelle da considerare singolarmente, si procede a definire i tipi e le estensioni delle zone pericolose determinate da esse considerando la contemporaneità delle emissioni e la mutua influenza ove necessario; quindi si applicano a tutte le **SE** rappresentate.

La rappresentatività è utile in quanto riduce il lavoro di calcolo e valutazione a pochi casi; essa è indispensabile quando si devono gestire e valutare molte SE; in alcuni casi, ad esempio quando le SE sono centinaia, sarebbe un lavoro davvero immane valutare le emissioni e fare calcoli per tutte.

In generale, la rappresentatività è applicata per SE che si trovano nello stesso ambiente, pur non escludendo la possibilità che siano dislocate anche in ambienti diversi; questa indicazione è dettata dalla necessità di mantenere una rappresentatività effettiva per tutta la vita dell'impianto; ad esempio, le caratteristiche della ventilazione di un ambiente potrebbero cambiare; tuttavia, la SE rappresentativa può appartenere ad altro impianto precedentemente classificato o essere anche una SE convenzionale, come quelle degli esempi della guida CEI 31-35/A.

La rappresentatività è stabilita a discrezione del tecnico incaricato della classificazione dei luoghi il quale, al limite, potrebbe considerare un solo caso, quello peggiore, ed applicarlo a tutte le SE dell'impianto in esame, come ad esempio quando nell'impianto è presente una sola sostanza con una sola modalità di emissione (es. reti del gas, distributori di carburanti, ecc.).

La rappresentatività è molto utile anche per valutare le zone pericolose originate da nuove SE introdotte da ampliamenti, modifiche o trasformazioni dell'impianto, in quanto può essere sufficiente individuare nella classificazione dei luoghi dell'impianto preesistente una o più SE rappresentative di quelle nuove per conoscere i tipi e le estensioni delle zone originate da queste ultime.

Nei casi dubbi, non considerare la SE rappresentativa.

5.7.6 Elenco delle sorgenti di emissione

Per ciascun ambiente considerato, si codificano e si elencano le SE con le loro caratteristiche significative, il grado o i gradi di emissione e, per ogni grado di emissione, le condizioni di emissione della sostanza infiammabile (temperatura, pressione, modalità di emissione, portata di emissione Q_g).

Questo elenco sarà completato poi con le altre informazioni riguardanti la ventilazione e le singole zone pericolose.

Un esempio di Elenco di SE è riportato nell'Allegato C della Norma, un altro è riportato nella Tabella 1-A che fa parte dell'esempio di Relazione Tecnica dell'Appendice GD, dove, oltre alle caratteristiche delle SE e delle singole emissioni sono riportate: le caratteristiche della ventilazione (tipo, grado e disponibilità), il tipo o i tipi di zone pericolose, con il gruppo e la categoria secondo la direttiva 94/9/CE e la classe di temperatura, le dimensioni delle singole zone pericolose e i riferimenti per la forma e l'estensione a figure tipiche o appositamente preparate.

5.8 Portata Q_g di emissione di sostanze infiammabili di ciascun grado di emissione

Per ciascun grado di emissione delle singole SE rappresentative o considerate singolarmente si calcola la portata di emissione Q_g (portata di gas o vapore).

NOTA Ci sono casi in cui l'emissione è tanto breve da non consentire il raggiungimento della condizione di equilibrio in cui l'estensione della zona dipende dalla portata di emissione Q_g ; in questi casi può essere opportuno considerare la quantità totale di gas emesso e non la portata di emissione Q_g (v. 5.7.1.2).

La portata di emissione di gas o vapore dai sistemi di contenimento dipende da una serie di parametri quali:

- area del foro o della superficie di emissione;
- geometria della SE (es. la superficie di una pozza o del liquido contenuto in un recipiente aperto, una sorgente puntiforme);
- velocità di emissione;
- concentrazione della sostanza infiammabile nella miscela di gas o vapori emessa.

Per le emissioni di grado continuo e primo, la portata di emissione deve essere valutata sulla base delle caratteristiche del sistema di contenimento e delle dimensioni effettive delle aperture, che dovrebbero essere note, trattandosi di condizioni normali e non conseguenti a guasti o anomalie.

Una volta definite le dimensioni di un foro o di un'apertura, la portata di emissione cautelativa dipenderà dalle condizioni di esercizio nel caso specifico.

Per le emissioni strutturali si ricorre in genere a dati statistici, Appendice GB, art. GB.3.2.

Per le emissioni di secondo grado, nell'Appendice GB sono riportati criteri di valutazione e definizione delle dimensioni dei fori di emissione conseguenti a guasti o ad anomalie del sistema di contenimento, per alcuni componenti tipici degli impianti

Nell'Appendice GB sono fornite formule per calcolare le portate per diverse modalità di emissione (gas in singola fase, liquido che non evapora nell'emissione, liquido che evapora nell'emissione, liquido criogenico che evapora, pozza di liquido che evapora).

Per i liquidi, la portata di emissione di vapori dipende dalla volatilità (la portata di emissione di vapori aumenta con la volatilità del liquido stesso).

Nell'emissione di un liquido con evaporazione trascurabile durante l'emissione, deve essere definita la portata di evaporazione dalla pozza che si forma sul pavimento o superficie piana sottostante, considerando l'area della pozza stessa.

La volatilità di un liquido dipende principalmente dalla tensione di vapore e dal calore di vaporizzazione. Mentre il calore di vaporizzazione è costante per una stessa sostanza, la tensione di vapore aumenta con la temperatura. Per questo motivo la tensione di vapore deve essere riferita alla massima temperatura ambiente o alla temperatura di emissione se maggiore.

Anche la temperatura d'infiammabilità e la temperatura di ebollizione sono indici della volatilità della sostanza: a parità di temperatura (es. temperatura ambiente), la portata di emissione aumenta al diminuire della temperatura d'infiammabilità e/o della temperatura di ebollizione.

NOTA Quando la temperatura d'infiammabilità è superiore alla massima temperatura alla quale può trovarsi il liquido sia in funzionamento normale, sia in funzionamento anormale ragionevolmente prevedibile, la quantità di vapore è troppo bassa per dar luogo ad atmosfere esplosive.

L'estensione delle zone con pericolo d'esplosione dipende dalla portata di emissione: maggiore è la portata, più estesa è la zona.

Nell'Appendice GB, Sez. GB.4 sono riportate alcune formule per calcolare le portate di emissione Q_g riferite a diverse modalità di emissione.

5.9 Distanza pericolosa d_z e quota "a"

La distanza pericolosa d_z è la distanza dalla SE nella direzione di emissione e di più probabile dispersione dell'atmosfera esplosiva, a partire dalla quale la concentrazione dei gas o vapori infiammabili nell'aria è inferiore al $k_{dz} \cdot LEL$, calcolata con metodi matematici; essa può essere utilizzata per individuare l'ordine di grandezza delle dimensioni della zona pericolosa e non le dimensioni vere e proprie.

La quota "a" rappresenta l'effettiva estensione della zona pericolosa nella direzione di emissione e di più probabile dispersione dell'atmosfera esplosiva.

La quota "a" deve essere almeno uguale alla distanza pericolosa d_z , meglio se maggiore, per:

- attribuire all'estensione della zona un valore arrotondato; è buona norma arrotondare in eccesso a numeri interi o comunque, quando la dimensione è piccola, al primo decimale; ma soprattutto per,
- tener conto di situazioni specifiche valutate dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base dell'incertezza dei dati, dell'esperienza, di eventuali studi sperimentali di settore disponibili e/o guide e raccomandazioni relative alla specifica industria o applicazione considerata; da queste valutazioni, il tecnico può attribuire alla quota "a" valori anche doppi del valore calcolato d_z .

Nell'Appendice GB, Sez. GB.5 sono riportate alcune formule per calcolare la distanza pericolosa d_z riferite a diverse modalità di emissione, che forniscono dati cautelativi.

5.10 Definizione del tipo o tipi di zone pericolose originate dalle singole emissioni

5.10.1 Generalità

Nei luoghi con pericolo di esplosione, la definizione delle zone pericolose è distinta in due fasi: determinazione del tipo di zona o dei tipi di zone (zona 0, zona 1, zona 2) e determinazione della sua/loro estensione; dette fasi non sono necessariamente nell'ordine indicato.

Secondo la Norma devono essere definite le zone per ciascuna sorgente di emissione e ciascun grado di emissione.

Le zone pericolose sono così definite negli artt. 2.5.1, 2.5.2 e 2.5.3 della Norma:

zona 0 luogo in cui un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas è presente continuamente o per lunghi periodi o frequentemente (v. la nota 1);

zona 1 luogo in cui un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas è probabile sia presente occasionalmente durante il funzionamento normale (v. la nota 1);

zona 2 luogo in cui un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas non è probabile sia presente durante il funzionamento normale ma, se ciò avviene, è possibile persista solo per brevi periodi, (v. le note 1 e 2).

NOTE 1 Indicazioni sulla frequenza di formazione e sulla durata delle atmosfera esplosive possono essere ricavate da regolamenti relativi a specifiche industrie o applicazioni.

Il tipo di zona è strettamente correlato da un legame di causa-effetto al grado dell'emissione, per cui in generale una emissione di grado continuo determina una zona 0, una emissione di primo grado determina una zona 1, una emissione di secondo grado determina una zona 2. La ventilazione è l'elemento che può alterare questa corrispondenza biunivoca, (una cattiva ventilazione o la sua assenza, potrebbe condurre ad un aggravio di tipo di zona, es. una emissione di primo grado potrebbe generare una zona 0 invece di una zona 1), vedere l'art. 5.10.3.

Quando le zone formate da sorgenti di emissione adiacenti si sovrappongono e sono di differente classificazione, all'area di sovrapposizione deve essere applicata la classificazione più restrittiva considerando, oltre al tipo di zona, anche le altre caratteristiche utili per la selezione corretta dei prodotti da installare, es. il gruppo e la classe di temperatura. Quando le zone formate da sorgenti di emissione adiacenti si sovrappongono e sono di uguale classificazione, alla zona di sovrapposizione si applica la stessa classificazione.

Qualora si disponga di dati attendibili rilevati da luoghi con presenza delle stesse sostanze infiammabili o di altre con pari caratteristiche, ivi soggette a lavorazione o deposito con modalità e in condizioni di ventilazione che non siano diverse da quelle previste nel luogo considerato, tali dati possono essere utilizzati per rettificare la qualifica e l'estensione delle zone pericolose. I dati suddetti e i metodi di rilevamento degli stessi devono consentire una corretta valutazione in uno dei modi seguenti:

- mediante l'uso di un appropriato metodo di modellazione, ad esempio dall'applicazione di un modello CFD (Computational Fluid Dynamics);

- con analisi operativa del grado di sicurezza equivalente contro la presenza di atmosfera esplosiva determinata dalle SE e dalle condizioni ambientali, (1.3);
- con calcolo probabilistico, in base a dati statistici idonei, della probabilità di atmosfera esplosiva; il numero e la durata dei rilievi devono essere tali che la previsione formulata abbia un adeguato grado di attendibilità; stante la definizione di zone pericolose (v. 3.25.1, 3.25.2 e 3.25.3) i valori di cui alla Tabella 5.10.1-1 possono essere assunti indicativamente in mancanza di altri validi riferimenti; quando non sono disponibili valori attendibili dei ratei di guasto l'approccio probabilistico non è consigliabile.

Tabella 5.10.1-1

Zona	Probabilità di atmosfera esplosiva in 365 d (un anno)
zona 0	$P > 10^{-1}$
zona 1	$10^{-1} \geq P > 10^{-3}$
zona 2	$10^{-3} \geq P > 10^{-5}$

5.10.2 Influenza della contemporaneità delle emissioni sui tipi di zone

Deve essere analizzata l'influenza di tutte le emissioni sulla classificazione del luogo considerando il loro grado e tenendo in particolare considerazione le parti di impianto con elevata concentrazione di SE che potrebbero dar luogo ad emissioni contemporanee ed influenzarsi reciprocamente.

Negli ambienti aperti la contemporaneità delle emissioni può essere generalmente trascurata, ad eccezione dei casi in cui le SE sono raggruppate in un piccolo spazio, nel qual caso esse possono essere considerate come una sola SE (SE-R) per la quale il grado o i gradi di emissione sono definiti considerando i gradi di emissione delle singole SE raggruppate e le portate di emissione per ciascun grado sono definite considerando la contemporaneità delle emissioni.

Questo criterio può essere utile in presenza di un numero notevole di SE; tuttavia, si consiglia di adottarlo solo quando la sostanza infiammabile, o quella *rappresentativa* (v. 5.5.19), è la stessa per tutte le SE e la modalità di emissione per ciascun grado è la stessa.

Negli ambienti chiusi la contemporaneità delle emissioni deve essere sempre considerata, in quanto può influire sul grado della ventilazione.

I criteri da applicare sono di seguito indicati.

- a) Per definire il grado della ventilazione relativo alle *emissioni continue*, queste si considerano tutte contemporanee tra loro.
- b) Per definire il grado della ventilazione relativo alle emissioni di primo grado, si considerano tutte le emissioni continue di cui in a), più quelle di primo grado che possono essere contemporanee. La contemporaneità delle emissioni di primo grado deve essere valutata caso per caso sulla base di un'analisi operativa, considerando che, generalmente, si dovrebbe considerare l'emissione contemporanea solo di una parte di esse, tra le quali devono essere comprese certamente tutte quelle dipendenti da cause comuni di emissione e quelle più gravose. Nei casi in cui non sia possibile definire la contemporaneità delle emissioni di primo grado, ai fini delle caratteristiche della ventilazione si può fare riferimento, a discrezione del tecnico preposto alla classificazione dei luoghi, alla tabella seguente dove il numero di emissioni di primo grado contemporanee è stabilito considerando la probabilità del singolo evento $P = 10^{-1}$ e la probabilità minima di contemporaneità degli eventi $P = 10^{-3}$.

Tabella 5.10.2-1 – Emissioni di primo grado considerabili contemporanee

Numero totale di emissioni di primo grado	Numero di emissioni di primo grado considerabili contemporanee (scegliere quelle più sfavorevoli ai fini del pericolo di esplosione)
1	1
2	2
3 a 5	3
6 a 9	4
10 a 13	5
14 a 18	6
19 a 23	7
24 a 27	8
28 a 33	9
34 a 39	10
40 a 45	11
46 a 51	12
> 51	12 + 20% (n - 51) [*]

[*] "n" è il numero totale di emissioni di primo grado

- c) Per definire il grado della ventilazione relativo alle emissioni di secondo grado, si devono considerare tutte le emissioni continue di cui in a), più le emissioni di primo grado considerate contemporanee di cui in b), più ciascuna emissione di secondo grado considerata singolarmente. Ovviamente, l'emissione determinante sarà quella più gravosa (che da il maggior contributo nella definizione di $X_m\%$, ad esempio con il V_z maggiore) presente nell'ambiente considerato.

NOTA La metodologia adottata dalla presente Guida è, in questo caso, più conservativa rispetto a quella suggerita nella nota alla Tabella B.2 della Norma, dove, per stabilire la contemporaneità delle emissioni, è consentito non sommare tra loro il contributo dato da gradi di emissione diversi.

5.10.3 Influenza della ventilazione sui tipi di zone (Efficacia della ventilazione)

La valutazione dell'influenza della ventilazione sui tipi di zone è agevolata con l'introduzione nella Norma dei due parametri che ne caratterizzano l'efficacia: *grado di ventilazione e disponibilità del grado di ventilazione assunto*.

5.10.3.1 Grado di ventilazione

Il grado di ventilazione è indicativo della quantità di aria di ventilazione che investe la SE in rapporto alla quantità di sostanze infiammabili emesse nell'ambiente; questo rapporto può essere tale da limitare in varia misura la presenza di atmosfera esplosiva e ridurre o meno il tempo di persistenza della stessa al cessare dell'emissione.

Il metodo di valutazione di seguito indicato fornisce una base semplificata. Ovviamente esso non deve essere considerato come unico metodo di valutazione. In alcune situazioni possono essere utilizzate altre forme di valutazione, quali ad esempio modellazioni di calcolo tramite elaboratore.

Nell'Appendice B della Norma, sono stabiliti tre gradi di ventilazione: ALTO (VH), MEDIO (VM), BASSO (VL), definiti facendo riferimento a:

- portata effettiva di aria di ventilazione (dV_0/dt) che interessa il volume da ventilare V_0 , inteso come volume interessato dall'emissione e dalla diluizione della relativa atmosfera esplosiva;
- portata effettiva di aria di ventilazione (dV_a/dt); che interessa il volume V_a dell'ambiente chiuso considerato;

- portata massima di emissione di sostanza infiammabile sotto forma di gas, vapore o nebbia, $(d_G/d_t)_{max}$;
- portata minima teorica di aria di ventilazione $(dV/dt)_{min}$ necessaria a diluire l'emissione $(d_G/d_t)_{max}$ di sostanze infiammabili;
- volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva che presuppone condizioni ideali di flusso dell'aria fresca e una miscelazione istantanea e omogenea in prossimità della SE, V_k ;
- volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva che presuppone condizioni non ideali di flusso dell'aria fresca e di miscelazione in prossimità della SE, per cui è applicato un fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} che esprime l'effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva in considerazione dei possibili impedimenti al flusso dell'aria, V_z ($V_z = f_{SE} \cdot V_k$);
- tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione, t ;
- numero di ricambi d'aria fresca nell'unità di tempo C_0 nel volume totale da ventilare V_0 ;
- concentrazione di gas o vapori infiammabili nell'atmosfera pari al limite inferiore di esplosibilità moltiplicato per un fattore di sicurezza ($k \cdot LEL$).

I tre gradi di ventilazione sono stabiliti considerando quanto sopra e, ove applicabile, considerando anche la concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera del volume totale V_a dell'ambiente considerato.

Nella presente guida, i tre gradi di ventilazione sono stabiliti considerando quanto sopra e, quando all'interno del volume da ventilare V_0 sono possibili più emissioni contemporanee, considerando la somma delle portate minime teoriche di aria di ventilazione necessarie a diluire le singole emissioni $(dG/dt)_{max}$ di sostanze infiammabili, $\Sigma (dV/dt)_{min}$.

Nel seguito della presente guida, per motivi di semplicità interpretativa, le portate di aria e di gas, sono state indicate con simboli diversi di quelli dell'Appendice B della Norma e precisamente:

- per la portata effettiva di aria (dV_0/dt) nel volume da ventilare V_0 considerato è stato utilizzato il simbolo Q_0 ;
- per la portata effettiva di aria (dV_a/dt) è stato utilizzato il simbolo Q_a ;
- per la portata massima di emissione di sostanza infiammabile $(d_G/d_t)_{max}$ è stato utilizzato il simbolo Q_g ;
- per la portata minima teorica di aria di ventilazione $(dV/dt)_{min}$ è stato utilizzato il simbolo Q_{amin} o ΣQ_{amin} .

Il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo nel volume totale da ventilare V_0 è stato chiamato C_0 anziché C come nella Norma.

Il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo nell'ambiente di volume V_a è stato chiamato C_a .

Sia per gli ambienti aperti sia per quelli chiusi, con la formula (B.1) della Norma, qui di seguito riportata, si ricava la portata minima teorica volumetrica di aria di ventilazione necessaria a diluire l'emissione $(dG/dt)_{max}$ di sostanze infiammabili a regime:

$$(dV/dt)_{min} = Q_{amin} = \frac{(dG/dt)_{max}}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T_a}{293} = \frac{Q_g}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T_a}{293} \quad [f.5.10.3-1]$$

Da essa si può ricavare, per le singole emissioni, il rapporto di riferimento fra la minima portata di aria di ventilazione Q_{amin} e la massima portata di gas o vapori infiammabili nell'atmosfera Q_g che determina nell'ambiente una concentrazione pari al $(k \cdot LEL_m)$, come segue:

$$\frac{Q_{amin}}{Q_g} = \frac{1}{k \cdot LEL_m} \cdot \frac{T_a}{293} \quad [f.5.10.3-2]$$

L'efficacia della ventilazione a regime, per le singole emissioni, può essere verificata come segue, v. 5.10.3.3:

$$\frac{Q_a}{Q_{amin}} = \frac{k \cdot LEL_v}{X_{te} \text{ oppure } X_r} \quad [\text{f. 5.10.3-3}]$$

L'efficacia della ventilazione a regime, per tutte le emissioni da considerare contemporanee, può essere verificata come segue:

$$\frac{Q_a}{\Sigma Q_{amin}} = \frac{k \cdot LEL_v}{X_m \%} \quad [\text{f. 5.10.3-4}]$$

Tale relazione esprime il rapporto tra la portata di ventilazione effettiva dell'ambiente Q_a e la ventilazione minima Q_{amin} necessaria per mantenere la concentrazione media di gas o vapori infiammabili $X_m\%$ nell'ambiente di volume V_a ad un valore pari al $(k \cdot LEL_v)$.

Con riferimento al paragrafo B.4 della Norma, se si indica con C_0 il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo nel volume da ventilare V_0 , il volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_k , che presuppone condizioni ideali di flusso dell'aria fresca e una miscelazione istantanea e omogenea in prossimità della SE, è definito con la formula (B.2) della Norma, qui di seguito riportata:

$$V_k = \frac{(dV/dt)_{min}}{C_0} = \frac{Q_{amin}}{C_0} \quad [\text{f. 5.10.3-5}]$$

La relazione tra il valore calcolato di portata minima di ventilazione $(dV/dt)_{min}$ e la portata effettiva di ventilazione nel volume totale da ventilare V_0 in prossimità della SE può essere espresso dal volume V_k .

Quando nel volume V_0 sono presenti più SE e/o più gradi di emissione, le portate Q_{amin} dovrebbero essere sommate ΣQ_{amin} considerando la contemporaneità delle emissioni, come indicato nel para. 5.10.2.

Se si considera il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} (variabile da 1 a 5 in relazione alla effettiva capacità di diluizione o miscelazione dei gas o vapori infiammabili), il volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z intorno alla SE è definito con la formula (B.4) della Norma, qui di seguito riportata:

$$V_z = (f_{SE} \cdot V_k) = \frac{f_{SE} \cdot (dV/dt)_{min}}{C_0} = \frac{f_{SE} \cdot Q_{amin}}{C_0} \quad [\text{f.5.10.3-6}]$$

dove C_0 è ricavato con la formula (B.3) della Norma, qui di seguito riportata:

$$C_0 = \frac{dV_0/dt}{V_0} = \frac{Q_0}{V_0} \quad [\text{f.5.10.3-7}]$$

Il volume V_z deve essere utilizzato solo per definire il grado della ventilazione, anche se esso fornisce un'indicazione del volume di atmosfera esplosiva, pertanto esso non deve essere direttamente correlato alla dimensione della zona pericolosa (luogo pericoloso). Tale volume non sarà generalmente uguale al volume della zona pericolosa V in quanto la posizione del volume V_z rispetto alla SE può cambiare con il cambio di direzione dell'aria o della galleggibilità del gas o vapore e il volume della zona pericolosa V , dovendo contenere l'involuppo dei volumi V_z che si possono formare in momenti diversi nelle diverse direzioni, potrebbe essere molto più grande del volume V_z .

Quanto sopra è particolarmente valido con la ventilazione naturale per effetto dei cambi di direzione del vento, v. la Norma, Appendice B, art. B.4.2.2.

Nel volume da ventilare V_0 di ambienti chiusi la portata totale effettiva di aria Q_0 può corrispondere al volume dell'ambiente V_a ma può anche essere più piccolo (ved. nel seguito); in questo caso, il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo al suo interno può essere anche diverso da quello previsto per l'intero ambiente a causa dei movimenti dell'aria dovuti ad esempio a moti convettivi nell'intorno della SE.

Il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo nel volume dell'ambiente V_a , può essere ricavato con la formula seguente, analoga alla formula [f.5.10.3-7]:

$$C_a = \frac{dV_a/dt}{V_a} = \frac{Q_a}{V_a} \quad [\text{f.5.10.3-8}]$$

5.10.3.2 Relazione tra la ventilazione e i tipi di zone in ambienti aperti

L'ambiente aperto è caratterizzato dal fatto di avere un volume V_a illimitato e di essere infinitamente ricettivo di sostanze infiammabili immesse nell'atmosfera, per cui le zone con pericolo di esplosione per la presenza di gas possono essere presenti solo nell'intorno delle sorgenti di emissione (non sono presenti nel campo lontano).

Per gli ambienti aperti, l'Appendice B della Norma, con la formula (B.5) propone a titolo di esempio di assumere C (C_0 nella presente Guida) = 0,03 riferito ad una velocità del vento di 0,5 m/s, per cui:

$$V_z = \frac{(dV/dt)_{\min}}{0,03} = \frac{Q_{\text{amin}}}{0,03} \quad [\text{f. 5.10.3-9}]$$

Come si può notare, nella formula [f.5.10.3-9] non figura il fattore di efficacia f_{SE} in quanto esso è ipotizzato uguale a uno. Questo è vero quando l'emissione avviene in un ambiente aperto con libera circolazione dell'aria e pratica assenza di impedimenti che potrebbero ridurre l'efficacia di miscelazione nel volume interessato dalle emissioni di sostanze infiammabili. Quando invece le condizioni non sono quelle ipotizzate sopra, occorre considerare l'efficacia della ventilazione, per cui la formula diventa:

$$V_z = \frac{f_{SE} \cdot (dV/dt)_{\min}}{0,03} = \frac{f_{SE} \cdot Q_{\text{amin}}}{0,03} \quad [\text{f.5.10.3-10}]$$

Nella Norma, Appendice B Sez. B.4, al fine di definire il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo C_0 , è detto che velocità dell'aria anche molto basse determinano un numero elevato di ricambi d'aria. Ad esempio, considerando "un ipotetico cubo avente dimensioni di pochi metri", una velocità dell'aria $W_{SE} = 0,5$ m/s assicura più di 100 ricambi in un'ora $\cong 0,03$ s⁻¹), vedere la Fig. 5.10.3-A seguente.

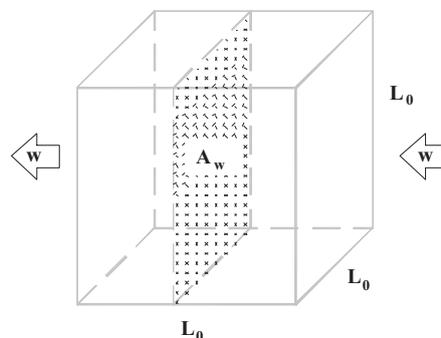


Fig. 5.10.3-A Ipotetico cubo corrispondente al volume totale da ventilare V_0 per la definizione dei ricambi d'aria nell'unità di tempo C_0

La Norma considera il cubo di cui sopra corrispondente al massimo volume interessato dalla zona pericolosa, quindi può essere considerato corrispondente al *volume totale da ventilare* V_0 .

Nella spiegazione del significato del valore $0,03 \text{ s}^{-1}$ nella Norma è detto: "*Tuttavia, a causa del diverso meccanismo di dispersione, questo metodo da, generalmente, un volume sovrastimato. La dispersione è normalmente più rapida in un luogo all'aperto,*" quindi il volume interessato dalla zona pericolosa e il corrispondente *volume totale da ventilare* V_0 sono generalmente più piccoli di quello assunto nella Norma per stabilire il numero di ricambi d'aria C_0 (C_0 nella presente Guida) = $0,03 \text{ s}^{-1}$.

Partendo dalla formula (B.4) della Norma ed assumendo omogenea la ventilazione in tutto il volume V_0 considerato, vengono qui calcolate le dimensioni *dell'ipotetico cubo avente dimensioni di pochi metri* per avere, con velocità dell'aria $w_a = 0,5 \text{ m/s}$, un numero di ricambi di aria $C_0 = (100 \text{ h}^{-1}) = 0,03 \text{ s}^{-1}$

$$C_0 = \frac{dV_0/dt}{V_0} = \frac{Q_0}{V_0} = \frac{w_a \cdot A_w}{V_0} = \frac{w_a \cdot L_0^2}{L_0^3} = \frac{w_a}{L_0} \quad [\text{f.5.10.3-11}]$$

Partendo dalla relazione [f.5.10.3-11], risulta:

$$L_0 = \frac{w_a}{C_0} = \frac{0,5}{0,03} \cong 15 \text{ m} \quad [\text{f.5.10.3-12}]$$

NOTA Nella [f.5.10.3-12], per avere come risultato 15 m il denominatore dovrebbe essere 0,03333, ma, per semplicità, sono stati indicate solo due cifre dopo la virgola.

cioè, il lato "*dell'ipotetico cubo avente dimensioni di pochi metri*" assunto nella Norma e corrispondente al volume interessato dalla zona pericolosa è $L_0 = 15 \text{ m}$.

Facendo riferimento all'Appendice B della Norma, il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo C_0 è un dato molto importante per definire il volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z ed il tempo di persistenza al cessare dell'emissione t , infatti entra nelle formule (B.2), (B.4) e (B.6) della Norma, riportate nella presente Guida, rispettivamente come [f.5.10.3-5] [f.5.10.3-6] e [f.5.10.3.13] e serve a definire il grado della ventilazione e il *tempo di presenza dell'atmosfera esplosiva* t_{patm} , v. 3.26 e la Nota 1 dell'art. 2.5.3 della Norma.

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

dove

f_{SE} e C_0 hanno lo stesso significato delle formule precedenti e X_0 rappresenta la concentrazione iniziale media di sostanza infiammabile all'interno del volume pericoloso al cessare dell'emissione, nella stessa unità di misura del LEL ($LEL_v = \% \text{ vol.}$ oppure $LEL_m = \text{kg/m}^3$), v. 5.10.3.5, formule [f.5.10.3-23] e [f.5.10.3-24].

Sulla base di quanto sopra esposto, quando, con velocità dell'aria di $0,5 \text{ m/s}$, il massimo volume interessato dalla zona pericolosa, o *volume totale da ventilare* V_0 è significativamente diverso dal cubo avente il lato $L_0 = 15 \text{ m}$, può essere considerato corretto assumere un valore di L_0 diverso; la stessa considerazione può essere fatta quando la velocità dell'aria è diversa da $0,5 \text{ m/s}$.

La distanza d_z , introdotta dalla presente Guida CEI 31-35 Appendice GB Sez. GB.5, è la distanza al di là della quale la concentrazione in atmosfera della sostanza infiammabile è inferiore al $k_{dz} \cdot LEL$; quindi, alla luce di quanto detto, essa può essere utilizzata per definire più accuratamente la lunghezza L_0 del percorso dell'aria all'interno del *volume totale da ventilare* V_0 , sia esso un cubo, un parallelepipedo, un cilindro, un cono, o altra forma, e per definire il numero di ricambi d'aria nell'unità di tempo C_0 nel volume stesso.

Come utilizzare d_z per definire il numero di ricambi d'aria C_0 negli ambienti aperti

La lunghezza L_0 della formula [f.5.10.3-12] può essere correlata alle dimensioni della zona pericolosa. A tal fine si può utilizzare la quota "a", definita come indicato nel Sez. 5.9.

La lunghezza L_0 può quindi essere calcolata applicando la formula [f.5.10.3-14] seguente:

$$L_0 = (k_0 \cdot a) + D_{SE} \quad [f.5.10.3-14]$$

Conosciuta la lunghezza L_0 , per definire il numero di ricambi C_0 , invece della formula (B.4) della Norma, può essere utilizzata quindi la formula [f.5.10.3-15] seguente:

$$C_0 = \frac{w_a}{L_0} \quad [f.5.10.3-15]$$

Ne consegue che, all'aperto, valori di L_0 minori o maggiori di 15 m, definiti come sopra indicato, portano a valori dei ricambi d'aria nell'unità di tempo maggiori o minori del valore $0,03 \text{ s}^{-1}$, con una conseguente stima più appropriata, sia del volume ipotetico di atmosfera potenzialmente esplosiva V_z , sia del tempo di persistenza al cessare dell'emissione t .

Definito C_0 , il volume V_z può essere calcolato con la formula [f.5.10.3-6].

5.10.3.3 Relazione tra la ventilazione e i tipi di zone in ambienti chiusi

Nella Norma la relazione tra la ventilazione e i tipi di zone in ambienti chiusi è solo accennata; le considerazioni qui fatte sono quindi originali della presente guida.

L'ambiente chiuso è caratterizzato dal fatto di avere un volume V_a limitato, quindi di non essere infinitamente ricettivo di sostanze infiammabili immesse nell'atmosfera, per cui le zone con pericolo di esplosione per la presenza di gas possono essere presenti sia nell'intorno delle sorgenti di emissione (campo vicino), sia lontano dalle sorgenti di emissione (campo lontano).

Negli ambienti chiusi il problema del numero di ricambi d'aria C_0 nel volume interessato dalla zona pericolosa (o volume totale da ventilare) V_0 è quindi diverso da quello degli ambienti aperti. In questi ambienti occorre considerare generalmente il numero di ricambi d'aria C_0 uguale al numero di ricambi d'aria dell'intero ambiente C_a e il volume interessato dalla zona pericolosa (o volume totale da ventilare) V_0 uguale al volume dell'intero ambiente V_a ; tuttavia, quando la concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera del volume totale dell'ambiente V_a rispetta la condizione [f.5.10.3-16] per definire in grado della ventilazione è ragionevole considerare $V_0 < V_a$ e $C_0 > C_a$:

In presenza di sostanze diverse, diversi gradi e portate di emissione contemporanee è difficoltoso; per cui, considerando che, generalmente, le emissioni continue o di primo grado sono di piccola portata e le emissioni di secondo grado sono di portata molto maggiore (anche 100 - 1000 volte maggiori) in questi casi, per il calcolo di $X_m\%$ nella formula [f.5.10.3-16], si può procedere come segue:

- in presenza di emissioni di secondo grado contemporanee ad emissioni continue e/o di primo grado è ragionevole assumere il LEL_v della sostanza emessa dall'emissione di secondo grado più gravosa (v. 5.10.2.c);
- in presenza di emissioni continue e/o di primo grado o nei casi particolari in cui la sommatoria delle portate delle emissioni contemporanee di grado continuo e/o primo risulti non inferiore a quella della portata dell'emissione di secondo grado più gravosa, è ragionevole assumere il LEL_v più basso tra quelli delle sostanze emesse.

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

Per definire la concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera del volume totale dell'ambiente V_a si procede come sotto indicato.

Negli ambienti chiusi, dal momento iniziale dell'emissione di gas o vapore infiammabile, si ha un andamento esponenziale della sua concentrazione media, in ragione del volume a disposizione della miscela aria-gas V_a .

La concentrazione media volumica $X_{te}\%$ dopo il tempo di emissione t_e nell'ambiente considerato avente un volume V_a , può essere ricavata con le formule [f.5.10.3-17] oppure [f.5.10.3-18] seguenti (per Q_a molto maggiore di Q_g):

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

Ovvero:

$$X_{te}\% = \frac{Q_{gv}}{Q_a} (1 - e^{-C_a \cdot t_e}) \cdot 100 \quad [f.5.10.3-18]$$

Dopo il periodo transitorio, la concentrazione percentuale media $X_r\%$ a regime, nell'ambiente considerato avente un volume V_a , può essere ricavata con la formula [f.5.10.3-19] seguente:

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

Quando l'emissione è di grado continuo, il periodo transitorio iniziale può essere trascurato, pertanto il valore della concentrazione media $X_m\%$, per la sola emissione continua, sarà assunto pari a $X_r\%$, ottenuto con la formula [f.5.10.3-19].

Quando l'emissione è di primo o secondo grado, deve essere considerato il periodo transitorio iniziale; pertanto, il valore della concentrazione media $X_m\%$, per la sola emissione di primo o secondo grado, sarà assunto pari a $X_{te}\%$, ottenuto con le formule [f.5.10.3-17] ovvero [f.5.10.3-18] dove il tempo t_e sarà stabilito considerando la durata media presunta di emissione nel singolo evento.

Quando debba essere considerata la contemporaneità delle emissioni (5.10.2), la concentrazione media $X_m\%$ sarà definita con le formule seguenti:

- quando si deve stabilire il grado della ventilazione relativo alle emissioni continue:

$$X_m\% = \sum X_r \quad [f.5.10.3-20]$$

sommando le X_r di tutte le emissioni continue;

- quando si deve stabilire il grado della ventilazione relativo alle emissioni di primo grado:

$$X_m\% = \sum X_r + \sum X_{te \text{ primograde}} \quad [f.5.10.3-21]$$

sommando le X_r di tutte le emissioni continue ($\sum X_r$), più le X_{te} di tutte le emissioni di primo grado da considerare contemporanee ($\sum X_{te}$);

- quando si deve stabilire il grado della ventilazione relativo alle emissioni di secondo grado:

$$X_m\% = \sum X_r + \sum X_{te \text{ primograde}} + X_{te \text{ secondo grado}} \quad [f.5.10.3-22]$$

sommando le X_r di tutte le emissioni continue ($\sum X_r$), più le X_{te} di tutte le emissioni di primo grado da considerare contemporanee ($\sum X_{te}$), più la X_{te} di ciascuna emissione di secondo grado presa singolarmente, considerando la rappresentatività ove prevista (v. 5.7.5). Quando si è in grado di individuare l'emissione di secondo grado più gravosa (v. 5.10.2.c), è sufficiente riferirsi ad essa.

Come utilizzare d_z per definire il numero di ricambi d'aria C_0 negli ambienti chiusi

Quando la concentrazione media $X_m\%$ rispetta la condizione [f.5.10.3-16], per stabilire il grado della ventilazione è ragionevole definire C_0 con lo stesso criterio utilizzato per gli ambienti aperti per cui può essere $C_0 > C_a$ (v. 5.10.3.2); in tutti gli altri casi si deve considerare $C_0 = C_a$.

Stabilito C_0 , anche in questi ambienti il volume V_z può essere calcolato con la formula [f.5.10.3-6].

5.10.3.4 Fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} oppure f_a

Il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} rappresenta l'effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva in considerazione degli impedimenti al flusso d'aria presenti nell'intorno delle singole SE. Esso è dato dal rapporto tra la ventilazione necessaria in presenza di impedimenti e la ventilazione che si avrebbe senza detti impedimenti, per realizzare gli stessi ricambi d'aria nell'intorno della SE e può variare da 1 = situazione ideale, a 5 = flusso impedito da ostacoli.

Il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} è generalmente uguale per tutti i gradi di emissione delle singole SE.

Quando la ventilazione è omogenea in tutte le parti dell'ambiente considerato, può essere pratico assumere un fattore di efficacia della ventilazione uguale per tutte le SE presenti nell'ambiente stesso, in questo caso esso sarà indicato con f_a .

Il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} può essere definito con i criteri qui di seguito indicati, ferma restando la responsabilità di valutazione caso per caso del tecnico incaricato della classificazione dei luoghi.

Il fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} può essere assunto uguale a 1 quando si ha la certezza che la velocità dell'aria w_{SE} (o i ricambi nel volume V_0) assunta nelle valutazioni è sempre inferiore o uguale alla velocità dell'aria effettivamente presente nell'intorno della SE.

Fattore di efficacia della ventilazione naturale o artificiale (f_{SE} oppure f_a)

a) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 1$

Ventilazione naturale o artificiale con libera circolazione dell'aria e pratica assenza di impedimenti che possono ridurre l'efficacia di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE. Per la ventilazione artificiale, è applicabile generalmente solo alla ventilazione artificiale locale VAL o alla ventilazione artificiale generale di piccoli locali (es. in cabine analizzatori, entro cappe di laboratorio o simili).

b) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 2$

Ventilazione naturale o artificiale generale VAG con presenza di qualche impedimento alla libera circolazione dell'aria che può ridurre in modo poco significativo la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE, ubicata a qualunque altezza dal suolo (es. in ambienti con strutture aperte, in ambienti senza avvallamenti significativi nel terreno, in ambienti con una perfetta conformazione del sistema di ventilazione e di distribuzione delle aperture di ventilazione, ecc.).

c) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 3$

Ventilazione naturale o artificiale generale con la presenza di un medio numero di impedimenti alla libera circolazione dell'aria che possono ridurre in modo significativo la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE (es. in ambienti con strutture solo parzialmente chiuse, all'interno di bacini di contenimento serbatoi di stoccaggio con diga o terrapieno non alto in relazione alla distanza dal serbatoio, in avvallamenti poco profondi del terreno in presenza di gas pesanti, in ambienti con una non perfetta conformazione del sistema di ventilazione e di distribuzione delle aperture di ventilazione, ecc.).

- d) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 4$

Ventilazione naturale o artificiale generale con presenza di un grande numero di impedimenti alla libera circolazione dell'aria che possono ridurre molto la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE, (es. in ambienti con strutture semi-chiuse, all'interno di bacini di contenimento serbatoi di stoccaggio con diga o terrapieno mediamente alto in relazione alla distanza dal serbatoio, in avvallamenti profondi nel terreno in presenza di gas pesanti, che, tuttavia, non possono essere assimilati a fosse, in ambienti con una inadeguata conformazione del sistema di ventilazione e di distribuzione delle aperture di ventilazione, ecc.).

- e) Fattore di efficacia della ventilazione: $f = 5$

Ventilazione naturale o artificiale generale con presenza di un grandissimo numero di impedimenti alla libera circolazione dell'aria che possono ridurre molto la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'intorno della SE, (es. SE poste immediatamente dietro a grandi ostacoli, oppure in sottotetti alti in presenza di gas leggeri, o in fosse profonde in presenza di gas pesanti, dove esistono vere e proprie restrizioni al ricambio dell'aria, quindi da considerare generalmente un ambiente chiuso con grado della ventilazione basso, in ambienti con una non corretta conformazione del sistema di ventilazione e di distribuzione delle aperture di ventilazione, ecc.).

5.10.3.5 Definizione del grado della ventilazione

Facendo riferimento alle definizioni (v. B.3 della Norma) e alle procedure riportate nell'Appendice B della Norma, il grado della ventilazione, sia negli ambienti aperti, sia negli ambienti chiusi, è definito come di seguito indicato, considerando il volume V_z , il tempo di persistenza t e la concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera del volume totale V_a dell'ambiente.

Quando il volume V_z è inferiore o uguale al volume V_a , per definire il tempo di persistenza t con la formula [f.5-10-3-13] la concentrazione percentuale iniziale di sostanza infiammabile X_0 all'interno del volume V_z se non diversamente definita, può essere calcolata con le formule [f.5.10.3-23] o [f.5.10.3-24] seguenti.

- a) Per emissioni di gas o liquidi che bollono (con $P_v > P_a$):

$$X_0 \% = \frac{100}{2} = 50\% \quad \text{[f.5.10.3-23]}$$

- b) Per l'evaporazione di liquidi a temperatura inferiore alla loro temperatura di ebollizione (relazione di Raoult):

$$X_0 \% = \frac{P_v}{P_a \cdot 2} \cdot 100 \quad \text{[f.5.10.3-24]}$$

dove: 2 è un coefficiente che tiene conto della concentrazione media nel volume pericoloso.

Come indicato in 5.9, il volume ipotetico V_z non rappresenta il volume reale dell'atmosfera esplosiva; esso può essere considerato trascurabile (V_{zNE}) se, l'entità del danno prevedibile con l'esplosione della corrispondente atmosfera esplosiva effettivamente presente di volume V_{ex} è ritenuta trascurabile, considerando la situazione al contorno e gli effetti indotti.

Per quanto si riferisce alla situazione al contorno, si segnala ad esempio che all'aperto l'entità del danno è generalmente minore che al chiuso; al chiuso, l'entità del danno è tanto maggiore quanto più piccolo è il volume dell'ambiente (effetto di demolizione maggiore).

Per quanto si riferisce agli effetti indotti si segnala ad esempio la possibilità di ulteriori emissioni di sostanze infiammabili.

La relazione tra il volume ipotetico V_z e il volume di miscela esplosiva effettivamente presente V_{ex} non è sempre di facile determinazione. Ad esempio: nel caso di emissioni di gas o vapori ad alta velocità sotto forma di getto libero, si può considerare V_{ex} come il volume del cono avente altezza pari alla quota "a" e angolo al vertice come indicato al paragrafo 5.11.2.3.

In mancanza di elementi validi per determinare il volume V_{ex} della miscela esplosiva effettivamente presente, esso può essere ottenuto, ai fini della trascurabilità, con la formula [f.5.10.3-25].

$$V_{ex} = V_z \cdot k \quad [f.5.10.3-25]$$

In generale, *in ambienti aperti*, il volume V_z , calcolato con la formula [f.5.10.3-6], può essere considerato trascurabile (V_{zNE}) se rispetta le condizioni seguenti.

La Norma all'art. B.5.3.2 prevede che il volume V_z sia trascurabile se è inferiore a $0,1 \text{ m}^3$ (100 dm^3); tuttavia, a favore della sicurezza e considerando che il rischio (v. art. 3.17) è dato dalla combinazione della probabilità di accadimento dell'evento e del grado del danno (magnitudo), si consiglia di adottare i valori sotto indicati:

- per la zona 0: $V_{ex} < 1 \text{ dm}^3$;
- per la zona 1: $V_{ex} < 10 \text{ dm}^3$;
- per la zona 2: $V_{ex} < 10 \text{ dm}^3$; ovviamente questa condizione rispetta sempre quella indicata dalla Norma: $V_z < 100 \text{ dm}^3$.

In *ambienti chiusi* la Norma all'art. B.5.3.2 prevede che il volume V_z sia trascurabile se è inferiore a $0,1 \text{ m}^3$ (100 dm^3), o inferiore del 1% di V_0 qualunque sia il più basso; in questa situazione, il volume della zona pericolosa può essere assunta uguale a V_z .

Nella Guida alla direttiva 1999/92/CE, art. 2.2.4, es. 1 e 2, per gli ambienti chiusi zone 1 e 2 si parla volumi superiori a 10 dm^3 (litri) di atmosfera esplosiva compatta, che non corrisponde a V_z , ma a V_{ex} ; inoltre il volume di atmosfera esplosiva compatta per essere trascurabile non deve essere maggiore indicativamente di $1/10000$ del volume dell'ambiente V_a .

Considerando che volume V_z , trascurabile (V_{zNE}) dovrebbe essere diverso da sostanza a sostanza, da ambiente ad ambiente, che il rischio (v. art. 3.17) è dato dalla combinazione della probabilità di accadimento dell'evento e del grado del danno (magnitudo), sulla base di una valutazione degli effetti dell'esplosione e della probabilità di presenza dell'atmosfera esplosiva (tipo di zona), nella presente Guida è stato adottato il principio di prudenza indicato nella Guida alla direttiva 1999/92/CE; pertanto, in generale, *in ambienti chiusi*, il volume V_z , calcolato con la formula [f.5.10.3-6], può essere considerato trascurabile (V_{zNE}) se 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 zona 0, sia per zona 1 e 2, il volume $V_{ex} < 1/10\ 000$ del volume dell'ambiente V_a .

I gradi della ventilazione sono:

a) Ambienti aperti

- Il grado della ventilazione è ALTO (VH) quando V_z è trascurabile (V_{zNE}).
- Il grado della ventilazione è MEDIO (VM) quando V_z non è trascurabile e il tempo di persistenza al cessare dell'emissione t è compatibile con la definizione del tipo di zona, v. 3.26.
- Il grado della ventilazione BASSO (VL) non è previsto negli ambienti aperti; per le fosse e i sottotetti vedere il punto b) Ambienti chiusi.

b) Ambienti chiusi

- Il grado della ventilazione è ALTO (VH) quando il volume V_z è trascurabile: V_{zNE} .
- Il grado della ventilazione è BASSO (VL) quando la concentrazione media $X_m\%$ non rispetta la condizione [f.5.10.3-16] e/o il tempo di persistenza al cessare dell'emissione t_{non} è compatibile con la definizione del tipo di zona, v. 3.26, ad esempio nelle fosse in presenza di gas pesanti e nei sottotetti in presenza di gas leggeri e simili.

NOTA Quando la condizione [f.5.10.3-16] non è rispettata ma la concentrazione media $X_m\%$ è molto vicina alla condizione stessa e il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione t è compatibile con la definizione del tipo di zona (relativamente basso), a discrezione del tecnico incaricato, il grado della ventilazione può essere considerato MEDIO oppure BASSO.

- Il grado della ventilazione è MEDIO (VM) quando non è né ALTO (VH), né BASSO (VL), è rispettata la condizione [f.5.10.3-16] e il tempo di persistenza al cessare dell'emissione t è compatibile con la definizione del tipo di zona, v. 3.26.

5.10.3.6 Definizione della disponibilità della ventilazione

Per definire l'efficacia della ventilazione è previsto un ulteriore elemento, la disponibilità, che esprime il livello di disponibilità del grado di ventilazione considerato, quando la SE è attiva (3.17).

I livelli di disponibilità della ventilazione sono tre:

- BUONA, quando la ventilazione considerata (portata e relativo fattore di efficacia) è presente in pratica con continuità quando la SE è attiva (3.17), possono essere ammesse, a volte, brevissime interruzioni.
- Con ventilazione naturale all'aperto, la disponibilità è generalmente buona se si assume una velocità dell'aria w_a pari a 0,5 m/s o, in particolari casi, specialmente in prossimità del suolo, un valore più basso, condizione convenzionalmente rappresentativa della «calma di vento», presente in pratica sempre (ved. la Norma, Appendice B, para. B.1 e la presente guida: art. 5.6.2 e Appendice GC).

Con ventilazione artificiale la disponibilità è buona quando la ventilazione è presente in pratica con continuità, sono ammesse brevissime interruzioni quale quella necessaria per l'avviamento automatico di 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 con disattivazione delle SE, v. 3.21), non è necessario modificare la classificazione determinata con la ventilazione in funzione, cioè la disponibilità può essere assunta come buona.

- ADEGUATA, quando la ventilazione considerata (portata e relativo fattore di efficacia) è presente in funzionamento normale quando la SE è attiva (3.17); sono ammesse delle interruzioni purché siano brevi e poco frequenti;
- SCARSA, quando la ventilazione considerata (portata e relativo fattore di efficacia) non risponde ai requisiti di buona o adeguata; tuttavia non sono previste interruzioni per lunghi periodi quando la SE è attiva (3.17), nel qual caso occorre assumere un altro grado di ventilazione (più basso) con una migliore disponibilità.

Si sconsiglia di assumere, nelle valutazioni, ventilazioni (portata e relativo fattore di efficacia) aventi disponibilità SCARSA.

NOTA L'involucro (cabinato) di un compressore con grande ventilatore e aperture opportunamente ubicate e sufficienti per permettere la libera circolazione dell'aria attraverso tutte le sue parti è considerato come *ben ventilato* e dovrebbe essere assimilato ad un luogo aperto (cioè di GRADO MEDIO (o alto) e DISPONIBILITA' BUONA).

Questo concetto può essere applicato anche ad altre situazioni simili (es. alcuni tipi di cabinati di prova motori, le cappe dei laboratori chimici, ecc.).

5.10.4 Determinazione del tipo di zona ed uso della Tabella B.1 della Norma

Per ogni SE e grado di emissione si determina il tipo di zona pericolosa (0, 1 o 2) in relazione al grado dell'emissione ed al grado e disponibilità della ventilazione, facendo riferimento al metodo indicato nell'Appendice B della Norma che conduce alle conclusioni di cui alla Tabella B.1. È possibile anche fare riferimento a Guide e Raccomandazioni relative a specifiche industrie o applicazioni, valutandone l'applicabilità al caso in esame ed il rispetto della Norma.

Si ricorda tuttavia che deve essere rispettata la definizione di zona di cui in 5.10.1. per cui, talora, potrebbe essere necessario considerare un tipo di zona più severo (es. zona 1 anziché zona 2).

Nella valutazione deve essere considerato, sia il tempo di emissione, sia il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione t , che deve essere compatibile con la definizione del tipo di zona.

NOTA Quando la sorgente di emissione è una "pozza" accidentale, nella durata di emissione deve essere considerato anche il tempo di neutralizzazione della stessa o di evaporazione totale del liquido.

Occorre prestare particolare attenzione per evitare che, ambienti chiusi contenenti solo SE con emissioni di secondo grado debbano essere classificati zone 0.

Questo vale anche per piccoli locali non bonificati e non pressurizzati, es. quadri per strumenti o custodie per strumenti di tipo protetto contro le intemperie, custodie termicamente isolate e riscaldate, oppure gli spazi tra il tubo e l'involucro che racchiude l'isolamento termico dello stesso.

Queste custodie dovrebbero essere preferibilmente provviste di qualche tipo di apertura adeguata che permetta il movimento dell'aria all'interno. Dove questo non sia possibile, praticabile o desiderabile, dovrebbe essere fatto uno sforzo per tenere le principali SE al di fuori della custodia o involucro, es. le connessioni (flangiate) dei tubi dovrebbero essere normalmente tenute fuori, così come ogni altra apparecchiatura con sorgenti di emissione.

SE con emissioni continue e di primo grado dovrebbero essere preferibilmente non ubicate in ambienti risultanti con grado della ventilazione "basso". In questi casi, o le SE vengono riposizionate, o la ventilazione viene aumentata, o il grado di emissione viene cambiato in secondo grado.

La sommatoria delle SE con regolare attività (es. ben prevedibile) dovrebbe essere basata su una analisi dettagliata delle procedure operative. Per esempio, "n" sorgenti di emissione con modo comune di emissione dovrebbero essere normalmente considerate come una singola SE con diversi punti di emissione (raggruppamento), oppure potrebbe essere individuata la emissione rappresentativa di tutte, v. 5.7.5.

Tabella B.1 – Influenza della ventilazione sui tipi di zone

Grado della Emissione (7)	Grado della ventilazione						
	Alto			Medio			Basso (6)
	Disponibilità della ventilazione						
	Buona (5)	Adeguata	Scarsa	Buona (5)	Adeguata	Scarsa	Buona, Adeguata o Scarsa
Continuo	Zona 0 NE (1)	Zona 0 NE (1) + Zona 2 (3)	Zona 0 NE (1) + Zona 1 (3)	Zona 0	Zona 0 + Zona 2 (3)	Zona 0 + Zona 1 (3)	Zona 0 (6)
Primo	Zona 1 NE (1)	Zona 1 NE (1) + Zona 2 (3)	Zona 1 NE (1) + Zona 2 (3)	Zona 1	Zona 1 + Zona 2 (3)	Zona 1 + Zona 2 (3)	Zona 1 o Zona 0 (2) e (6)
Secondo	Zona 2 NE (1)	Zona 2 NE (1) (4)	Zona 2 NE (1) + Zona 2 (4)	Zona 2	Zona 2 (4)	Zona 2 (4)	Zona 1 e anche Zona 0 (2) e (6)

Per facilitare la lettura della Tabella B.1 essa è qui di seguito scomposta.

Nella Tabella B.1-1 sono evidenziati i tipi di zona determinati con la ventilazione assunta avente disponibilità scelta tra BUONA, ADEGUATA, o SCARSA - **1° Tipo di zona**.

Quando la disponibilità della ventilazione scelta è BUONA esiste un solo tipo di zona, ved. la Fig. 5.10.4-B.

Quando la disponibilità della ventilazione è ADEGUATA o SCARSA, nella Tabella B.1-2 sono evidenziati i tipi di zona, aggiuntivi rispetto a quelli della Tabella B.1-1, la cui estensione è determinata con la ventilazione residua (più bassa) presente nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta con disponibilità ADEGUATA o SCARSA, cioè con la ventilazione avente disponibilità BUONA - **2° Tipo di zona**, ved. la Fig. 5.10.4-B.

Tabella B.1-1 – Influenza della ventilazione sui tipi di zone - 1° Tipo di zona

Grado della Emissione (7)	Grado della ventilazione						
	Alto			Medio			Basso (6)
	Disponibilità della ventilazione						
	Buona	Adeguata	Scarsa	Buona	Adeguata	Scarsa	Buona, Adeguata o Scarsa
Continuo	Zona 0 NE (1)	Zona 0 NE (1)	Zona 0 NE (1)	Zona 0	Zona 0	Zona 0	Zona 0
Primo	Zona 1 NE (1)	Zona 1 NE (1)	Zona 1 NE (1)	Zona 1	Zona 1	Zona 1	Zona 1 o Zona 0 (2)
Secondo	Zona 2 NE (1)	Zona 2 NE (1)	Zona 2 NE (1)	Zona 2	Zona 2	Zona 2	Zona 1 e anche Zona 0 (2)

Tabella B.1-2 – Influenza della ventilazione sui tipi di zone - 2° Tipo di zona

Grado della Emissione (7)	Grado della ventilazione						
	Alto			Medio			Basso
	Disponibilità della ventilazione						
	Buona	Adeguate	Scarsa	Buona	Adeguate	Scarsa	Buona, Adeguata o Scarsa
Continuo	(5)	Zona 2 (3)	Zona 1 (3)	(5)	Zona 2 (3)	Zona 1 (3)	(6)
Primo	(5)	Zona 2 (3)	Zona 2 (3)	(5)	Zona 2 (3)	Zona 2 (3)	(6)
Secondo	(5)	(4)	Zona 2 (4)	(5)	(4)	(4)	(6)

Note alle Tabelle B.1, B.1-1, B.1-2:

"+" significa "circondata da".

- (1) Zona 0 NE, 1 NE o 2 NE indicano una zona teorica dove, nelle condizioni stabilite, l'estensione è trascurabile (zona non pericolosa ai fini della classificazione dei luoghi).
- (2) È zona 0 se la ventilazione è così debole e l'emissione è tale che un'atmosfera esplosiva esiste praticamente in continuazione (cioè si è vicini ad una situazione di assenza di ventilazione).
- (3) L'estensione della zona è determinata con la ventilazione residua presente nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta; (quando il grado della ventilazione è "Alto" la zona potrebbe essere di estensione trascurabile).
- (4) Quando siano prevedibili emissioni di secondo grado nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta, oltre alla zona 2 determinata con la ventilazione assunta, deve esserne prevista un'altra determinata considerando la ventilazione residua.
- (5) Quando la disponibilità della ventilazione scelta è BUONA esiste un solo tipo di zona.
- (6) Quando il grado della ventilazione BASSO (VL) deriva solo dal non rispetto della condizione [f.5.10.3-16] (la condizione del tempo t è rispettata), il tipo di zona pericolosa può aggravarsi o meno e la zona si estende comunque a tutto l'ambiente.

Quando il grado della ventilazione BASSO (VL) deriva solo dal non rispetto del tempo t (la condizione [f.5.10.3-16] è rispettata), il tipo di zona pericolosa si aggrava e la zona si estende solo nell'intorno della SE (campo vicino).

Quando il grado della ventilazione BASSO (VL) deriva, sia dal non rispetto della condizione [f.5.10.3-16], sia dal non rispetto del tempo t, il tipo di zona pericolosa si aggrava e la zona si estende a tutto l'ambiente.

- (7) Nella nota alla Tabella B.2 della Norma, è detto che per definire il grado della ventilazione non è necessario sommare i differenti gradi di emissione, cioè non è necessario considerare la contemporaneità delle emissioni di cui in 5.10.2; tuttavia, mentre in alcuni casi la contemporaneità delle emissioni potrebbe non essere molto significativa, in altri potrebbe essere determinante al fine della definizione del grado della ventilazione (es. in presenza di molte emissioni continue e/o di primo grado contemporanee ad una emissione di secondo grado, oppure in presenza di emissioni di primo grado contemporanee ad una emissione di secondo grado le cui portate di emissione sono dello stesso ordine di grandezza), per cui si è ritenuto più opportuno considerare detta contemporaneità come stabilito nella presente Guida.

Considerazioni sulla Tabella B.1.

- a) quando la disponibilità della ventilazione è *buona*, qualunque sia il suo grado (alto, medio o basso), nell'intorno della SE è previsto un solo tipo di zona che, a volte può essere di estensione trascurabile (es.: con emissione di *primo grado*, grado della ventilazione *medio* e disponibilità della ventilazione *buona* è indicato: zona 1; con emissione di *primo grado*, grado della ventilazione *alto* e disponibilità della ventilazione *buona* è indicato: zona 1 NE; infatti, nella Tabella B.1-2 non è previsto un secondo tipo di zona;
- b) con *emissione di grado continuo e primo*, grado di ventilazione *alto* e disponibilità *adeguata o scarsa*, nella Tabella B.1 sono previsti due tipi di zone; l'estensione del primo tipo, definito assumendo la quantità di ventilazione presente con disponibilità rispettivamente *adeguata o scarsa*, risulta di *estensione trascurabile* (es. zona 1 NE), mentre l'estensione del secondo tipo di zona (zona 1 o zona 2) deve essere definita considerando la ventilazione residua (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, ved. la Tabella B.1-2;
- c) con *emissione di secondo grado*, grado di ventilazione *alto* e disponibilità *adeguata*, nella Tabella B.1 è previsto un solo tipo di zona di estensione trascurabile (zona 2 NE), mentre è considerata trascurabile la contemporaneità dell'emissione di secondo grado con la mancanza della ventilazione assunta con disponibilità *adeguata* per cui il luogo non è pericoloso; infatti, nella Tabella B.1-2 non è previsto un secondo tipo di zona; tuttavia, quando esiste la possibilità di emissioni di secondo grado nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta, oltre alla zona 2 determinata con la ventilazione assunta, deve esserne prevista un'altra determinata considerando la ventilazione residua;
- d) con *emissione di secondo grado*, grado di ventilazione *alto* e disponibilità *scarsa*, nella Tabella B.1 sono previste due zone 2; l'estensione della prima, definita assumendo la quantità di ventilazione presente con disponibilità *scarsa*, risulta di *estensione trascurabile* (zona 2 NE), mentre l'estensione della seconda zona 2 deve essere definita considerando la ventilazione residua (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, (ved. la Tabella B.1-2);
- e) con *emissione di grado continuo e primo*, grado di ventilazione *medio* e disponibilità *adeguata o scarsa*, nella Tabella B.1 sono previsti due tipi di zone, rispettivamente zona 0 e zona 1, la cui estensione è stabilita a partire dalla SE, ma il secondo tipo di zona, essendo meno severo del primo, in pratica si estende a partire dai limiti del primo tipo di zona; l'estensione del primo tipo deve essere definita assumendo una quantità di ventilazione presente con disponibilità rispettivamente *adeguata o scarsa*, mentre l'estensione del secondo tipo (zona 1 o zona 2) deve essere definita assumendo una quantità di ventilazione (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, (ved. la Tabella B.1-2); es.: con primo grado di emissione, grado di ventilazione *medio* e disponibilità della ventilazione *adeguata* è indicato: zona 1 + zona 2;
- f) con *emissione di secondo grado*, grado di ventilazione *medio* e disponibilità *adeguata* nella Tabella B.1 è previsto un solo tipo di zona: zona 2, la cui estensione è definita assumendo una quantità di ventilazione presente con disponibilità *adeguata*; mentre è considerata trascurabile la contemporaneità dell'emissione di secondo grado con la mancanza della ventilazione assunta con disponibilità *adeguata*; tuttavia, come riportato anche nella nota (4), quando esiste la possibilità di emissioni di secondo grado nei periodi di tempo in cui viene a mancare la ventilazione assunta, oltre alla zona 2 determinata con la ventilazione assunta, deve essere prevista un'altra zona 2, più estesa, determinata considerando la ventilazione residua (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, (ved. la Tabella B.1-2);
- g) con *emissione di secondo grado*, grado di ventilazione *medio* e disponibilità *scarsa* nella Tabella B.1 sono previste due zone 2; l'estensione della prima deve essere definita assumendo una quantità di ventilazione presente con disponibilità *scarsa*, mentre l'estensione della seconda zona 2, se presente in considerazione di quanto indicato nella Nota (4), deve essere definita considerando la ventilazione residua (più bassa) presente praticamente con continuità, cioè con disponibilità buona, (ved. la Tabella B.1-2);

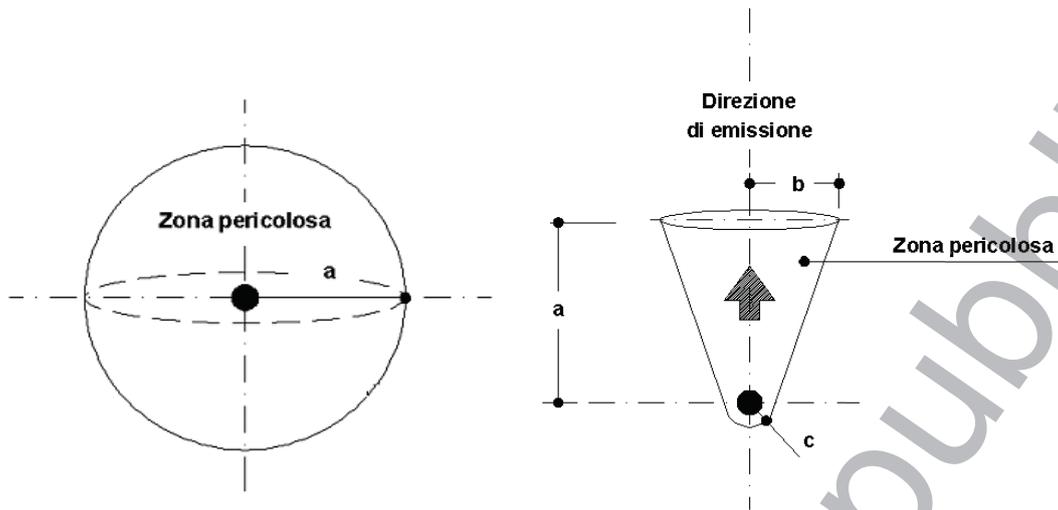


Fig. 5.10.4-A – Esempio di tipo di zona con disponibilità della ventilazione BUONA

Un solo tipo di zona – nella figura di forma sferica o conica

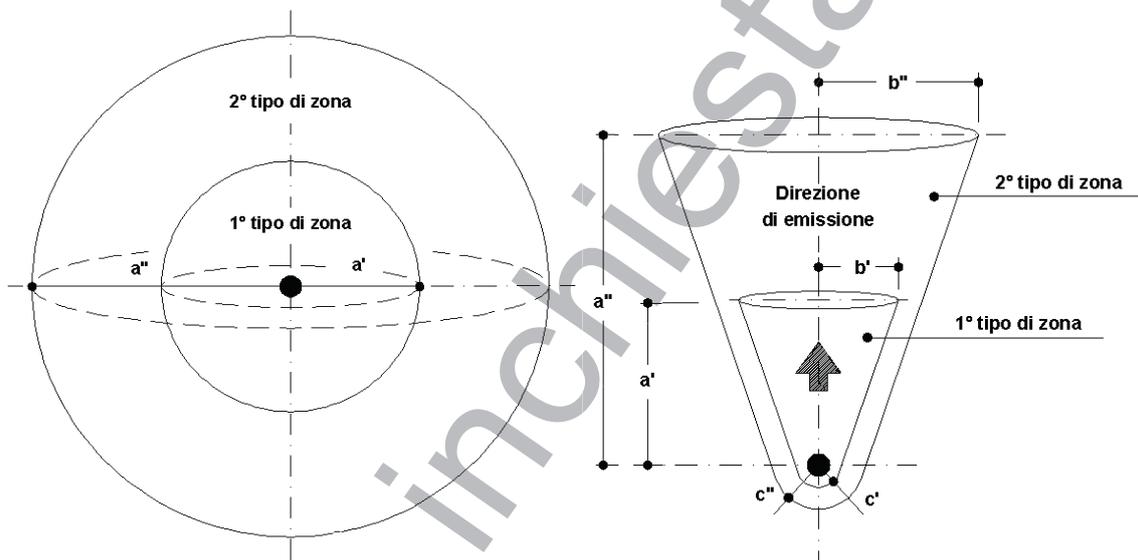


Fig. 5.10.4-B – Esempio di tipi di zone con disponibilità della ventilazione ADEGUATA O SCARSA

Due tipi di zona - nella figura di forma sferica o conica

5.11 Definizione delle estensioni delle zone pericolose originate dalle singole emissioni

5.11.1 Generalità

L'estensione di una zona pericolosa è definita nella Norma come la distanza in qualsiasi direzione, dalla sorgente di emissione verso il punto in cui la miscela di gas/aria è stata diluita dall'aria sino ad un valore al di sotto del limite inferiore di esplosibilità (*LEL*) considerando un appropriato fattore di sicurezza. Nella presente guida il valore al di sotto del *LEL* è stato stabilito corrispondente al $k_{dz} \cdot LEL$.

Nel definire l'estensione di una zona pericolosa deve essere sempre considerata la possibilità che un gas o un vapore infiammabile più pesante dell'aria possa fluire in punti al di sotto del livello del suolo (per esempio, le fosse o le depressioni) e che un gas o vapore infiammabile più leggero dell'aria possa stagnare nei livelli più alti (per esempio, sotto il soffitto).

Quando una SE è posta all'esterno di un luogo, o in luogo confinante, la penetrazione di una quantità significativa di gas o di vapori infiammabili in tale luogo può essere prevenuta utilizzando mezzi atti allo scopo, quali:

- a) barriere fisiche;
- b) mantenendo nel luogo considerato una sovrappressione sufficiente rispetto ai luoghi pericolosi adiacenti, in modo da prevenire l'ingresso dell'atmosfera esplosiva per la presenza di gas;
- c) lavando l'area con un flusso adeguato di aria fresca, in modo da assicurare che l'aria fuoriesca da tutte le aperture da cui possa penetrare il gas o vapore infiammabile.

L'estensione delle zone pericolose (zona 0, zona 1, zona 2) originate dalle singole emissioni dipende dalla distanza stimata o calcolata in cui è presente un'atmosfera esplosiva prima di disperdersi ad un livello di concentrazione in aria al di sotto del valore $k_{dz} \cdot LEL$; essa è principalmente influenzata dalle seguenti grandezze chimiche e fisiche; alcune grandezze sono proprietà intrinseche della sostanza infiammabile, altre sono invece specifiche del processo.

NOTA Per semplicità di esposizione, l'effetto di ciascuna grandezza presuppone che le altre rimangano costanti.

- a) Caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze infiammabili con particolare riferimento a:
 - temperatura d'infiammabilità;
 - tensione di vapore;
 - massa molare;
 - massa volumica;
 - rapporto tra i calori specifici a pressione e volume costanti;
 - coefficiente di diffusione dei gas;
 - temperatura di ebollizione;
 - densità relativa all'aria del gas, vapore o nebbia, v. 5.5.4;
 - limiti di esplodibilità.
- b) Caratteristiche del sistema di contenimento delle sostanze infiammabili con particolare riferimento a:
 - temperatura della sostanza;
 - pressione;
 - tipo di contenitore;
 - caratteristiche dei dispositivi di tenuta;
 - altezza da terra dell'emissione;
 - condizioni di manutenzione e verifica dei contenitori e degli organi di tenuta.
- c) Modalità di emissione ragionevolmente prevedibile con particolare riferimento alla portata di emissione di gas o vapore Q_g .

Maggiore è la portata di emissione, più estesa sarà la zona. La portata di emissione dipende a sua volta da altre grandezze, quali quelle di seguito riportate:

c1) *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, ecc.

c2) *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 dal flusso dell'aria. Se le sostanze vengono emesse a bassa velocità, o se la velocità viene rallentata per l'impatto contro oggetti solidi, l'emissione sarà trasportata dal flusso dell'aria e la sua diluizione ed estensione dipenderanno dalla velocità del flusso d'aria.

c3) *Concentrazione*

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

c4) *Volatilità di un liquido infiammabile*

Essa dipende principalmente dalla tensione di vapore e dall'entalpia ("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 spruzzatura) si può formare un'atmosfera esplosiva pur con temperatura della sostanza inferiore a quella d'infiammabilità.

NOTA 1 Le temperature d'infiammabilità dei liquidi infiammabili non sono grandezze fisiche esatte, specialmente quando si riferiscono a miscele.

NOTA 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.

c5) *Temperatura del liquido*

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

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

d) *Condizioni ambientali, con particolare riferimento a:*

- velocità dell'aria;
- ricambi d'aria;
- disponibilità della portata d'aria;
- possibilità di miscelazione aria-sostanza pericolosa.

Dall'analisi delle caratteristiche sopra elencate e di altre ancora che fossero utili, dalle conoscenze scientifiche disponibili nelle discipline generali della fisica tecnica e della chimica applicata, nonché dalla disponibilità di studi sperimentali di settori specifici, di guide e raccomandazioni relative a specifiche industrie od applicazioni nonché dall'esperienza, è possibile trarre, con le dovute cautele in relazione al grado di indeterminazione presunto, le conclusioni sull'estensione delle zone pericolose.

Le zone pericolose all'interno dei sistemi di contenimento di liquidi infiammabili in contatto con l'atmosfera esterna, generalmente zone 0 (5.10.1), si estendono a tutto il volume interno, ad esempio: recipienti, serbatoi a tetto fisso, ecc.

L'estensione delle zone pericolose all'esterno dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili allo stato di gas, vapore o nebbia, può essere definita in modo diverso a seconda che la loro emissione avvenga in ambiente aperto o ambiente chiuso.

In ambienti aperti la zona o le zone pericolose si limitano a un volume prossimo alla SE (campo vicino) e si estendono a partire dalla SE con dimensioni definite che dipende essenzialmente dalla modalità di emissione, dalle caratteristiche della sostanza e dalla ventilazione del luogo.

La velocità di dispersione aumenta con la velocità del vento; per iniziare la diffusione per turbolenza occorre una velocità del vento di almeno 2 m/s – 3 m/s; al di sotto di questa velocità si possono formare strati di gas o vapori con conseguente aumento della distanza pericolosa (d_z e quota "a").

Occorre considerare questo aspetto quando si definisce l'estensione della zona pericolosa, v. la Norma, art. 4.4.5.a)

In ambienti chiusi si hanno ancora uno o più tipi di zone pericolose nell'intorno della SE, ma queste possono interessare solo una parte dell'ambiente considerato (campo vicino) o tutto il suo volume V_a , compreso il campo lontano.

La limitazione dell'estensione delle zone pericolose ad una sola parte dell'ambiente chiuso dovrebbe essere considerata solo quando risulti utile ai fini della scelta, dell'installazione e dell'uso delle costruzioni (apparecchi) previste nell'ambiente, si abbia la certezza dell'ubicazione delle sorgenti di emissione, delle portate di emissione e delle condizioni di ventilazione.

In particolare:

- quando la concentrazione media $X_m\%$ rispetta la condizione [f.5.10.3-16], è ragionevole considerare che la zona o le zone pericolose originate da una emissione si estendano solo a parte dell'ambiente (campo vicino) e che nel restante volume (campo lontano) la concentrazione a regime, per quanto si riferisce all'emissione considerata, sia inferiore al LEL_v ;
- quando la concentrazione media $X_m\%$ non rispetta la condizione [f.5.10.3-16], è ragionevole considerare che la zona o le zone pericolose originate da una emissione si estendano a tutto il volume V_a (campo vicino e campo lontano);
- quando la concentrazione media $X_m\%$ rispetta la condizione [f.5.10.3-16] ma di poco, le zone pericolose si estendono, di fatto, a tutto l'ambiente; ad esempio, quando il rapporto: $\frac{X_m\% \cdot f_a}{k \cdot LEL_v}$ è compreso tra 0,5 e 1 il tecnico incaricato della classificazione dei luoghi può decidere, a favore della sicurezza, di estendere la zona a tutto l'ambiente. (v. 5.10.3.3).

La determinazione dell'estensione della zona può essere trattata in due fasi: definizione della forma e definizione delle dimensioni.

La forma delle zone può essere definita tenendo conto di quanto sopra indicato, facendo riferimento all'Appendice C della Norma o a guide e raccomandazioni relative a specifiche industrie o applicazioni, valutandone l'applicabilità al caso in esame ed il rispetto della Norma (Sez. 1.1. e C.3).

Le dimensioni delle zone possono essere definite facendo riferimento a guide e raccomandazioni relative a specifiche industrie o applicazioni, a dati attendibili che consentano una corretta valutazione (es. con analisi operativa o con calcolo probabilistico basato su dati statistici idonei), a studi sperimentali di settori specifici, od anche procedendo come di seguito indicato.

Alcuni liquidi (leggeri) possono non mescolarsi con l'acqua e galleggiare fino a punti lontani (es. in reti fognarie, vasche di decantazione, sul suolo, ecc.).

La planimetria dell'impianto dovrebbe essere tale da consentire la facile dispersione delle emissioni di sostanze infiammabili.

Occorre considerare le zone a ventilazione limitata (es. fosse e trincee) dove il tipo di zona potrebbe aggravarsi (es. da zona 2 a zona 1). D'altro canto, le ampie depressioni (es. trincee per tubi) possono non essere considerate a ventilazione limitata.

Occorre considerare questo aspetto quando si definisce l'estensione della zona pericolosa, v. la Norma, art. 4.4.5.b).

Nella letteratura tecnica sono disponibili formule (ved. Appendice GB) che permettono di calcolare la distanza d_z dalla SE a partire dalla quale la concentrazione dei gas o vapori infiammabili nell'aria è inferiore al $kdz \cdot LEL$ nei casi di:

- emissione di sostanze infiammabili con velocità così bassa da non consentire la diffusione per turbolenza, in condizioni atmosferiche note;
- emissione di sostanze infiammabili con velocità tale da consentire la diffusione per turbolenza, in condizioni atmosferiche note.

Nel primo caso la forma della zona pericolosa dipende dalla direzione di emissione, dalla densità relativa all'aria del gas emesso e soprattutto dalla direzione dell'aria di ventilazione.

Nel secondo caso la forma della zona pericolosa dipende dalla direzione dell'aria di ventilazione, ma soprattutto dalla direzione di emissione.

Le formule non consentono di stabilire a priori la forma e l'estensione della zona, in quanto la distanza d_z dalla SE deve servire a definire le dimensioni della zona nelle direzioni di più probabile diffusione o dispersione dei gas nell'aria (quota "a") e questa potrebbe non essere nota:

- quando la direzione di emissione e/o di probabile dispersione è nota e l'emissione avviene con velocità elevata (> 10 m/s), la distanza d_z può essere utilizzata per definire l'estensione nella direzione dell'emissione o dell'aria (quota "a"), mentre nelle altre direzioni si possono assumere dimensioni inferiori, stabilite considerando la densità relativa all'aria, la velocità di emissione ed eventuali altri parametri;
- quando la direzione di emissione e/o di probabile dispersione è nota, l'emissione avviene a bassa velocità ed essa è investita da un flusso d'aria ad alta velocità, la distanza d_z può essere utilizzata per definire l'estensione nella direzione dell'emissione o dell'aria (quota "a"), mentre nelle altre direzioni si possono assumere dimensioni inferiori, stabilite considerando la densità relativa all'aria, la velocità di emissione ed eventuali altri parametri;
- quando la direzione di emissione e/o di probabile dispersione non è nota si deve supporre che essa possa avvenire in tutte le direzioni, per cui la distanza d_z deve essere assunta per definire l'estensione in tutte le direzioni (forma sferica considerando la SE puntiforme);
- quando la direzione di emissione e/o di probabile dispersione è nota e l'emissione avviene con turbolenza velocità bassa (< 10 m/s), la dispersione avviene in relazione alla direzione dei moti dell'aria e alla densità relativa all'aria dei gas, vapori o nebbie, per cui la distanza d_z deve essere assunta per definire l'estensione in tutte le direzioni, ma è necessario ricorrere a guide specifiche o all'esperienza per definire la forma della zona e da questa giungere alle sue dimensioni.

Per la distanza pericolosa d_z e l'estensione nella direzione di emissione o di dispersione (quota "a"), vedere la Sez. 5.9.

5.11.2 Estensione delle singole zone pericolose

5.11.2.1 Zone pericolose originate dalle emissioni strutturali

Con riferimento a quanto indicato in 5.7.3.2, le emissioni strutturali generalmente non originano zone pericolose nel loro intorno.

Nei casi particolari in cui le emissioni strutturali devono essere considerate emissioni di grado continuo o primo da una SE, per le quali devono essere valutate le portate Q_g e definite le zone pericolose nel loro intorno, possono essere considerate emissioni di gas in singola fase, con direzione non nota e velocità < 10 m/s, Sez. 5.8 e art. 5.11.2.2.i, v. nota.

Le emissioni strutturali non sono generalmente puntiformi ma uniformemente distribuite sulle superfici di discontinuità dei componenti e questo può essere considerato nello stabilire la portata di emissione Q_g nonché la forma e le dimensioni della eventuale zona pericolosa, che sarà generalmente sferica (considerando puntiforme la SE), ved. la Fig. 5.10.4-A.

NOTA Una sostanza si può trovare allo stato (fase) solido, liquido o aeriforme. La dizione singola fase sta ad indicare che sono escluse le altre due. Gas in singola fase significa quindi che la sostanza considerata è presente soltanto allo stato aeriforme all'interno del sistema di contenimento e, quando è emessa nell'ambiente mantiene lo stato aeriforme (gas o vapore).

5.11.2.2 Zone pericolose originate dalle emissioni di gas in singola fase - Direzione di emissione non nota

Per le zone pericolose originate dalle emissioni di sostanze che sono allo stato di gas (o vapore) all'interno del sistema di contenimento e non cambiano stato nell'emissione (singolo stato), siano esse di grado continuo, primo o secondo, quando la direzione di emissione non è nota, le forme più adatte sono quella sferica, o quella cilindrica (sfera inscritta nel cilindro) se si considera puntiforme la SE.

La scelta è a discrezione del tecnico incaricato della classificazione in quanto stabilite solo da convenzioni diverse di specifiche industrie o applicazioni (es. sfera per l'industria del gas, cilindro per l'industria petrolifera). Quando la SE non è puntiforme, le forme più adatte sono quelle analoghe alle precedenti che avvolgono la SE.

La quota "a" è definita dal tecnico incaricato della classificazione sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, Fig. 5.11.2-A e Sez. 5.9.

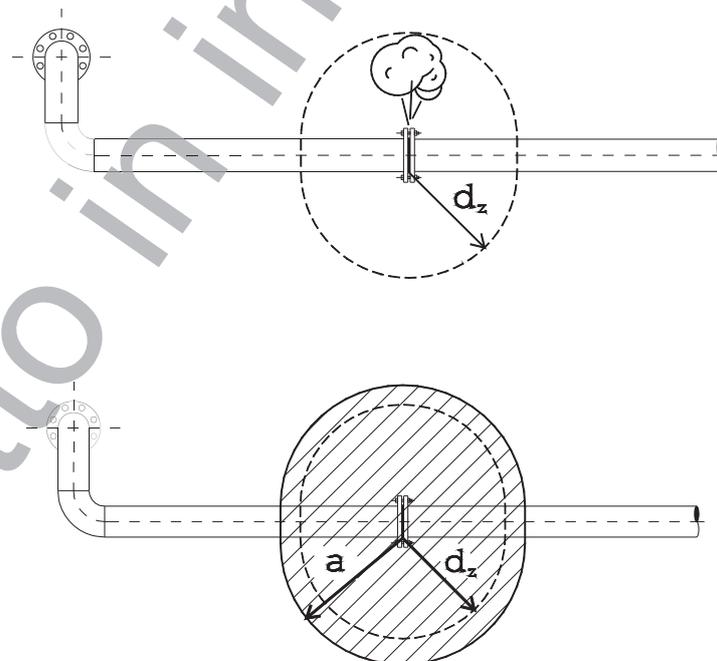


Fig. 5.11.2-A – Emissione di gas in singola fase – Direzione di emissione non nota
Nella figura zona pericolosa di forma sferica

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine dell'art. GB.6.1.

5.11.2.3 Zone pericolose originate dalle emissioni di gas in singola fase - Velocità di emissione ≥ 10 m/s - Direzione di emissione nota

Per le zone pericolose originate dalle emissioni di sostanze che sono allo stato di gas (o vapore) all'interno del sistema di contenimento e non cambiano stato nell'emissione (singolo stato), siano esse di grado continuo, primo o secondo, quando la direzione di emissione è nota e la velocità di emissione è ≥ 10 m/s, le forme più adatte per la zona pericolosa, considerando puntiforme la SE (sfiato), sono quella *cilindrica* o quella *conica* rivolta nella direzione di emissione, col vertice in prossimità della SE.

La quota "a" nella direzione di emissione è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, le quote "b" e "c" possono essere minori di "a" a discrezione del tecnico stesso, il quale terrà conto della velocità di emissione per definire l'angolo del cono e/o la quota "b", della densità relativa all'aria dei gas o vapori per definire la quota "c".

Per definire l'angolo del cono che costituisce la zona pericolosa, occorre considerare che esso dovrebbe essere tanto più piccolo quanto più alta è la pressione a monte: indicativamente, per pressioni relative fino a 300 kPa (3 bar) l'angolo potrebbe essere di 90° ($45^\circ + 45^\circ$), per pressioni maggiori di 300 kPa (3 bar) l'angolo potrebbe essere di 60° ($30^\circ + 30^\circ$), Fig. 5.11.2-B e Sez. 5.9.

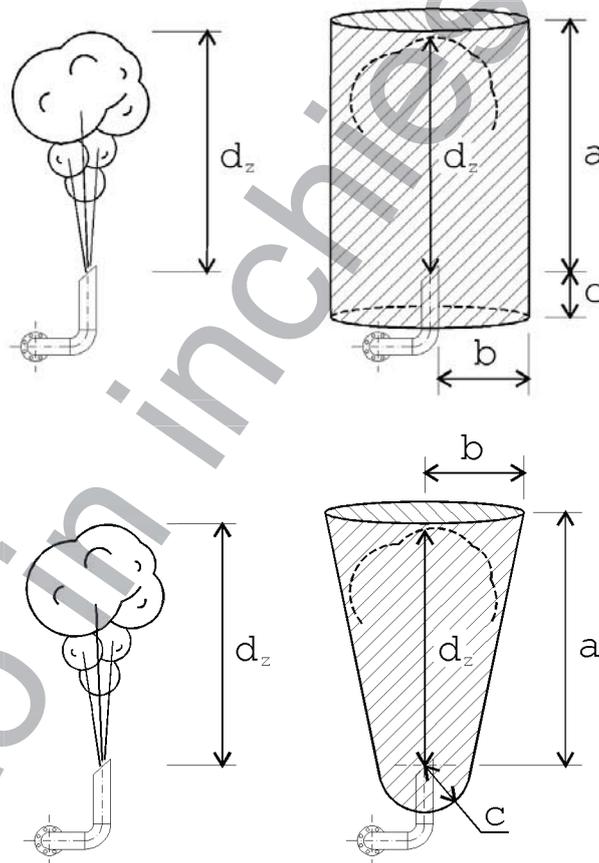


Fig. 5.11.2-B – Emissione di gas in singola fase - Velocità di emissione ≥ 10 m/s - Direzione di emissione nota

Nella figura zona pericolosa di forma cilindrica o conica

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine dell' art. GB.6.1.

5.11.2.4 Zone pericolose originate dalle emissioni di gas o vapori in singola fase - Velocità di emissione < 10 m/s - Direzione di emissione nota

Quando la velocità di emissione è < 10 m/s vale quanto detto in 5.11.2.3, inoltre, la forma più adatta per la zona pericolosa, considerando puntiforme la SE (sfiato), è quella *cilindrica* con il raggio e l'altezza corrispondenti alla quota "a". La quota "a" nella direzione di emissione (nella figura, verso l'alto) ed in quella ortogonale ad essa (nella figura, orizzontale), è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, la quota "b" può essere minori di "a" a discrezione del tecnico stesso, il quale nel definirla, terrà conto della densità relativa all'aria dei gas o vapori, Fig. 5.11.2-C e Sez. 5.9.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine dell'art. GB.6.1.

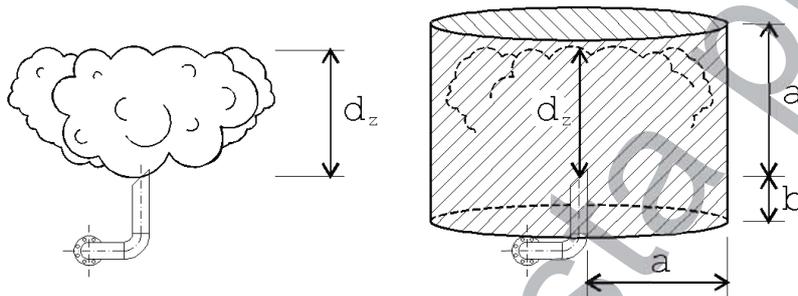


Fig. 5.11.2-C – Emissione di gas in singola fase - Velocità di emissione < 10 m/s - Direzione di emissione nota
Nella figura zona pericolosa di forma cilindrica

5.11.2.5 Zone pericolose originate dalle emissioni per evaporazione da una pozza di liquido refrigerato (criogenico)

Per le zone pericolose originate dalle emissioni per evaporazione da pozze di liquido refrigerato (criogenico), occorre considerare che i vapori emessi possono essere più pesanti dell'aria quando sono a bassa temperatura e diventano più leggeri dell'aria quando la loro temperatura si avvicina a quella dell'ambiente; per cui, la forma più adatta, considerando puntiforme la SE (pozza), è quella cilindrica rivolta verso l'alto, con il raggio (direzione orizzontale) e l'altezza (direzione verticale verso l'alto) corrispondenti alla quota "a". La quota "a" è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, Fig. 5.11.2-D e Sez. 5.9.

Nella Fig. 5.11.2-D non è considerata l'emissione del liquido criogenico dal sistema di contenimento, che può evaporare sia nell'emissione, sia nella caduta dando luogo ad una zona pericolosa analoga a quella di Fig. 5.11.2-F.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine dell'art. GB.6.1.

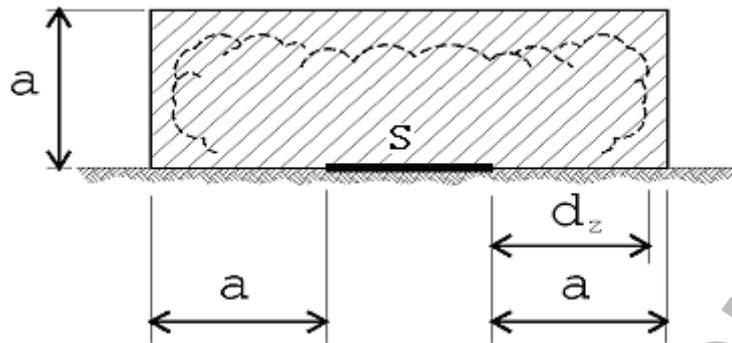


Fig. 5.11.2-D – Emissione per evaporazione da una pozza di liquido refrigerato (criogenico)

5.11.2.6 Zone pericolose originate dalle emissioni di liquido che non evapora nell'emissione (a temperatura inferiore a quella di ebollizione) e forma una pozza al suolo, lambita dall'aria di ventilazione, dalla quale avviene l'evaporazione

Per le zone pericolose originate dalle emissioni di liquido che non evapora nell'emissione (a temperatura inferiore a quella di ebollizione) e forma una pozza al suolo, lambita dall'aria di ventilazione, dalla quale avviene l'evaporazione, la forma più adatta, considerando puntiforme la SE (pozza), è quella *cilindrica* rivolta verso l'alto, con il raggio corrispondente alla quota "a". La quota "a" (in orizzontale in tutte le direzioni) è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, la quota "b" è in generale minore di "a" in quanto correlata alla concentrazione di sostanza infiammabile nell'atmosfera esplosiva e alla densità relativa all'aria della sostanza stessa. Indicativamente, la quota "b" può essere ottenuta dividendo la quota "a" per la densità relativa all'aria del gas o vapore, Fig. 5.11.2-E e Sez. 5.9.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine dell'art. GB.6.1.

Si ricorda che aumentando la velocità dell'aria aumenta la portata di evaporazione dalla pozza e di conseguenza aumenta l'estensione della zona pericolosa.

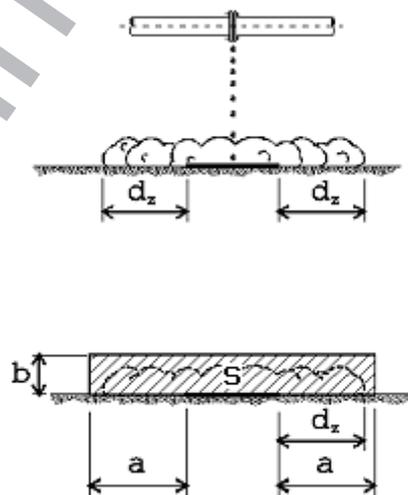


Fig. 5.11.2-E – Emissione di liquido che non evapora nell'emissione e forma una pozza al suolo

5.11.2.7 Zone pericolose originate dalle emissioni di liquido che evapora, anche solo parzialmente, nell'emissione (a temperatura superiore a quella di ebollizione, o liquefatto es. GPL) e può formare una pozza al suolo quando sia prevista una parte liquida residua.

Per le zone pericolose originate dalle emissioni di liquido che evapora, anche solo parzialmente, nell'emissione (a temperatura superiore a quella di ebollizione, o liquefatto es. GPL) e può formare una pozza al suolo quando sia prevista una parte liquida residua, la forma più adatta è costituita dalla *composizione di due cilindri (più una semisfera di raggio "a")*, di cui uno ha dimensioni dipendenti dall'altezza dal suolo della SE (flangia) e l'altro dalle dimensioni dell'eventuale pozza, Fig. 5.11.2-F e Sez. 5.9.

La quota "a" (in orizzontale in tutte le direzioni) è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z , calcolata considerando la frazione di liquido che evapora o nebulizza nell'emissione. Le quote "b" e "c" sono significative solo se una frazione significativa di liquido cade al suolo formando una pozza, per la quale vale quanto indicato in 5.11.2.6.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine dell'art. GB.6.1.

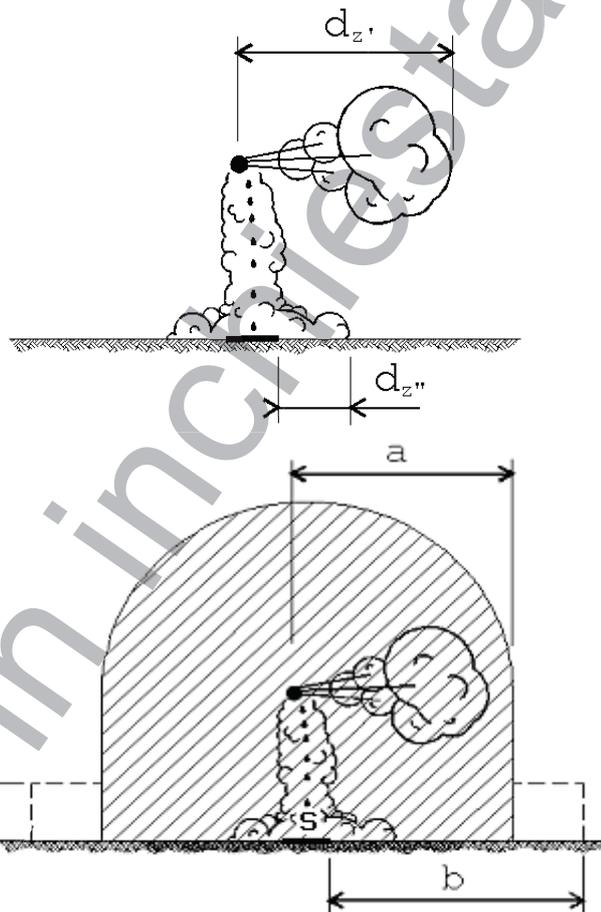


Fig. 5.11.2-F – Emissione di liquido che evapora solo parzialmente nell'emissione

5.11.2.8 Zone pericolose originate dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area (S) della superficie del liquido è uguale a quella dell'apertura (B) verso l'ambiente

Caso tipico è quello di contenitori aperti dove il pelo libero del liquido rimane ben al di sotto del bordo superiore del contenitore B e la sezione (forma) del contenitore nel tratto h_d dalla superficie del liquido al bordo del contenitore rimane costante.

Quando il liquido può raggiungere il bordo superiore o comunque può avvicinarsi ad esso, il caso deve essere trattato come una pozza lambita dall'aria di ventilazione, art. 5.11.2.6.

Per le zone pericolose originate dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area S della superficie del liquido è uguale a quella dell'apertura (B) verso l'ambiente, la forma più adatta è quella che avvolge il contenitore, rappresentata nella Fig. 5.11.2-G.

La quota "a" (in orizzontale in tutte le direzioni) è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, Sez. 5.9, la quota "b" può essere minore di "a" a discrezione del tecnico stesso e può essere ottenuta dividendo la quota "a" per la densità relativa all'aria del gas o vapore, v. Fig. 5.11.2-G e Sez. 5.9.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine dell'art. GB.6.1.

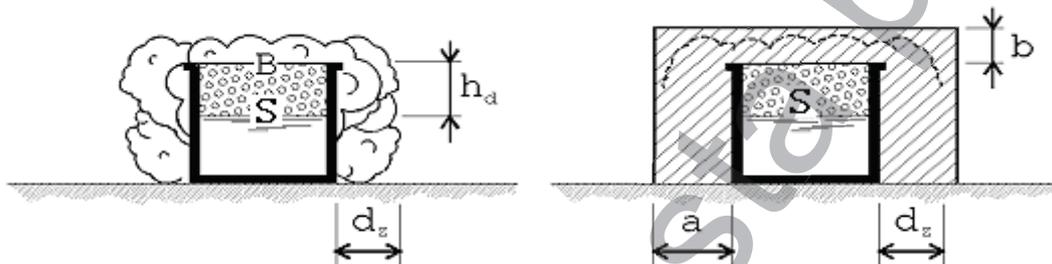


Fig. 5.11.2-G – Evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area (S) della superficie del liquido è uguale a quella dell'apertura (B) verso l'ambiente

5.11.2.9 Zone pericolose originate dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area (S) della superficie del liquido è maggiore di quella dell'apertura (B) verso l'ambiente

Caso tipico è quello di contenitori aperti dove l'area della superficie del liquido S è maggiore dell'area dell'apertura del contenitore verso l'ambiente B e la sezione (forma) del contenitore al di sopra del pelo libero del liquido diminuisce in modo costante (es. tronco di cono) ed il pelo libero del liquido rimane ben al di sotto del bordo superiore del contenitore.

Quando il liquido può raggiungere il bordo superiore o comunque può avvicinarsi ad esso, il caso deve essere trattato come una pozza lambita dall'aria di ventilazione, v. 5.11.2.6.

Per le zone pericolose originate dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area S della superficie del liquido è maggiore di quella dell'apertura B verso l'ambiente, la forma più adatta è quella che avvolge il contenitore, rappresentata nella Fig. 5.11.2-H.

La quota "a" (in orizzontale in tutte le direzioni) è definita dal tecnico incaricato della classificazione dei luoghi sulla base della distanza pericolosa d_z e da sue considerazioni, la quota "b" può essere minore di "a" a discrezione del tecnico stesso e può essere ottenuta dividendo la quota "a" per la densità relativa all'aria del gas o vapore, v. Fig. 5.11.2-H e Sez. 5.9.

Per il calcolo della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z vedere la Tabella riepilogativa per l'uso delle formule che si trova alla fine dell'art. GB.6.1.

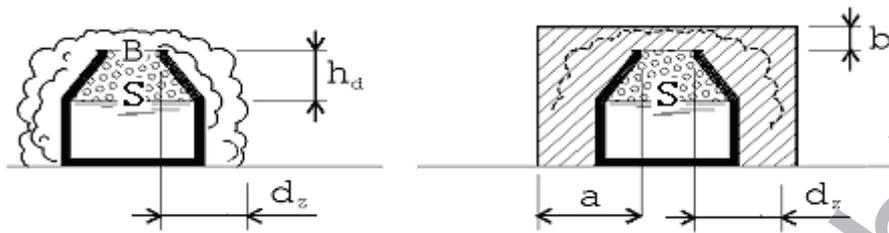


Fig. 5.11.2-H – Zona pericolosa originata dall'evaporazione di un liquido con vapori aventi densità relativa all'aria maggiore di 1,2 da un contenitore aperto in cui l'area (S) della superficie del liquido è maggiore di quella dell'apertura (B) verso l'ambiente e la sezione del contenitore al di sopra del pelo libero del liquido è a forma di tronco di cono

5.11.2.10 Zone pericolose di estensione ridotta

Per sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i maggiore della massima temperatura ambiente T_a ed emesse a temperatura T_u maggiore della loro temperatura d'infiammabilità, può essere considerato il raffreddamento che esse subiscono quando fuoriescono nell'ambiente, ved. GB.5.2.

5.11.2.11 Deformazione delle zone pericolose in presenza di ostacoli

Quando le zone pericolose sono limitate da ostacoli tendono ad allargarsi nelle altre direzioni anche in relazione alla densità relativa all'aria del gas, vapore o nebbia.

Nella deformazione delle zone pericolose, può essere applicata la "regola del filo teso" già in uso nella Norma CEI 64-2; si considera cioè che la zona pericolosa si estenda oltre l'ostacolo stesso fino ad avere dalla SE che l'ha originata distanze uguali a quelle stabilite in assenza dell'ostacolo, ricavate secondo la linea di minimo percorso che aggira l'ostacolo stesso.

- a) Quando le zone pericolose *originate da gas leggeri*, v. 5.5.4 lambiscono un ostacolo posto al di sopra di esse, ad esempio il soffitto, tendono ad allargarsi orizzontalmente nella direzione del moto dell'aria, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-L.

Analogamente, quando le zone pericolose originate da gas leggeri lambiscono un ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, tendono ad allargarsi orizzontalmente; tuttavia, trattandosi di gas leggeri, l'allargamento può essere considerato solo se effettivamente la SE è molto vicina all'ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, inoltre l'estensione è decisamente minore di quella precedentemente considerata.

Quando le zone pericolose originate da gas leggeri lambiscono un ostacolo posto di lato, ad esempio una parete, tendono ad allargarsi nelle altre direzioni, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-L.

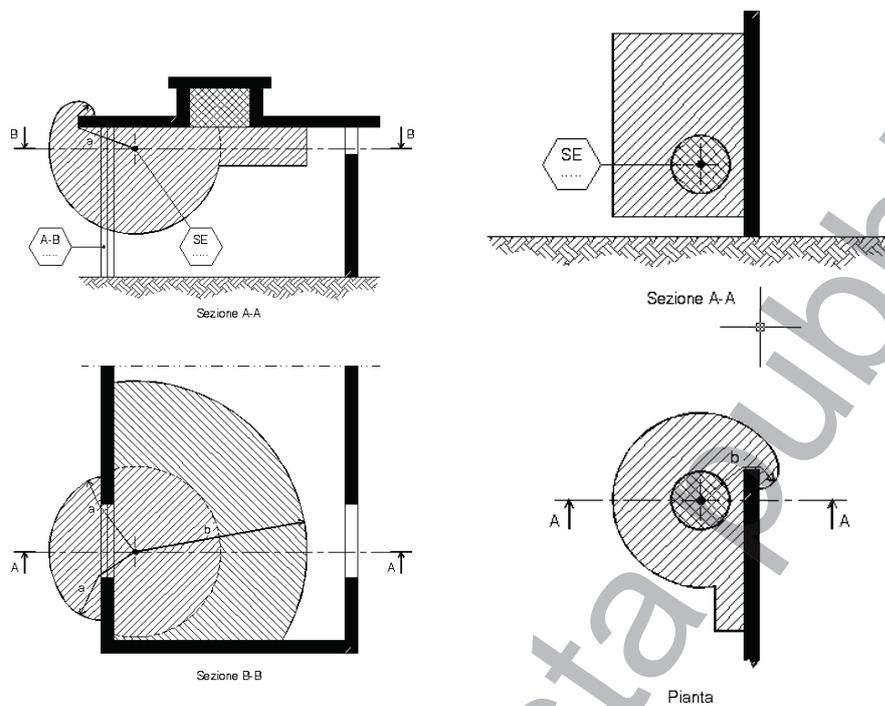


Fig. 5.11.2-L – Deformazione delle zone pericolose originate da gas leggeri ($\rho_{\text{gas}} < 0,8 \rho_{\text{aria}}$) e applicazione della “regola del filo teso”
 Nella figura zona pericolosa di forma sferica o cilindrica che tocca il soffitto o è ostacolata da una parete

- b) Quando le zone pericolose originate da gas pesanti, v. 5.5.4 lambiscono un ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, tendono ad allargarsi orizzontalmente nella direzione del moto dell'aria e, se emessi a bassa velocità, possono percorrere lunghe distanze, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-M.

Quando le zone pericolose *originate da gas pesanti*, v. 5.5.4 non lambiscono un ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, ma sono vicine ad esso, è opportuno considerare che la zona si estenda fino all'ostacolo stesso, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-N.

Particolare attenzione deve essere posta in presenza di ambienti a ventilazione limitata (es. fosse e trincee) dove la zona pericolosa potrebbe allargarsi o addirittura il tipo di zona potrebbe aggravarsi (es. da zona 2 a zona 1). D'altro canto, le ampie depressioni (es. trincee per tubi) possono non essere considerate a ventilazione limitata.

Analogamente, quando le zone pericolose *originate da gas pesanti* lambiscono un ostacolo posto al di sopra di esse, ad esempio il soffitto, tendono ad allargarsi orizzontalmente; tuttavia, trattandosi di gas pesanti, l'allargamento può essere considerato solo se effettivamente la SE è molto vicina all'ostacolo posto al di sopra di esse, ad esempio il soffitto, inoltre l'estensione è significativamente minore di quella precedentemente considerata.

Quando le zone pericolose originate da gas pesanti lambiscono un ostacolo posto di lato, ad esempio una parete, tendono ad allargarsi nelle altre direzioni, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati nella Fig. 5.11.2-M.

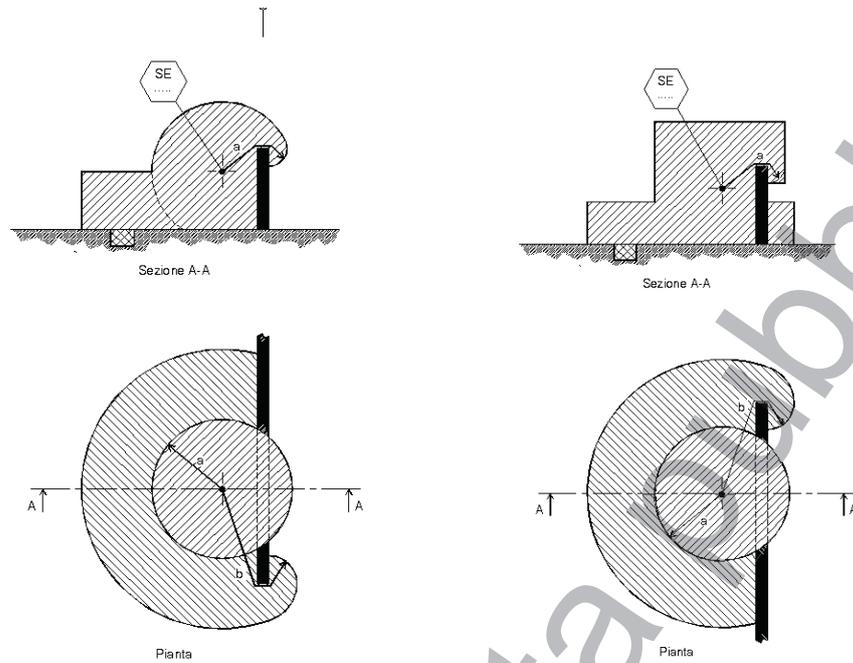


Fig. 5.11.2-M – Deformazione delle zone pericolose originate da gas
Nella figura zona pericolosa di forma sferica o cilindrica che lambisce il suolo ed è ostacolata da una parete

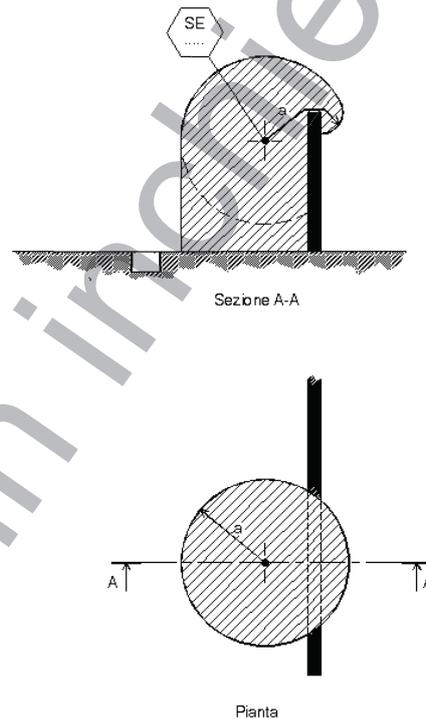


Fig. 5.11.2-N – Deformazione delle zone pericolose originate da gas pesanti
($\rho_{\text{gas}} > 1,2 \rho_{\text{aria}}$) e applicazione della “regola del filo teso”
Nella figura zona pericolosa di forma sferica o cilindrica che non lambisce il suolo ma ne è vicina ed è ostacolata da una parete

c) Quando le zone pericolose (sfera, cilindro, o cono) *originate da gas intermedi* ($\rho_{\text{gas}} \geq 0,8 \leq 1,2 \rho_{\text{aria}}$) lambiscono un ostacolo posto al di sotto di esse, ad esempio il suolo, o un ostacolo posto al di sopra di esse, ad esempio il soffitto, tendono ad allargarsi in tutte le direzioni orizzontali, pertanto nella definizione della forma e dell'estensione si applicano i criteri riportati sia nella Fig. 5.11.2-L, sia nella Fig. 5.11.2-M.

5.11.2.12 Relazione tra il volume ipotetico V_z e le dimensioni della zona pericolosa

Nella Norma, all'art. B.4.2.2 è indicata la relazione tra il volume ipotetico V_z e le dimensioni della zona pericolosa e dice: "Il volume ipotetico V_z fornisce un'indicazione per il volume infiammabile originato da una sorgente di emissione (leggere emissione), tale volume non sarà normalmente uguale al volume del luogo pericoloso (leggere zona pericolosa). Innanzitutto, la forma del volume ipotetico V_z non è definita e risentirà delle condizioni di ventilazione; il grado e la disponibilità della ventilazione e le possibili variazioni di questi parametri influenzeranno la forma del volume ipotetico V_z . Successivamente si dovrà definire la posizione di tale ipotetico volume rispetto alla sorgente di emissione. Questo dipenderà principalmente dalla direzione di ventilazione con l'ipotetico volume posto sottovento. In terzo luogo, in molte situazioni (per esempio le condizioni all'aperto) si deve prestare attenzione alla possibilità del cambiamento di direzione della ventilazione.

Così il volume del luogo pericoloso (leggere zona pericolosa) a causa di (leggere originata da) una data sorgente di emissione, generalmente, non corrisponde al volume ipotetico V_z , ma potrebbe essere molte volte più grande di questo".

Come si può rilevare dalla formula [f.5.10.3-6] il volume ipotetico V_z dipende dal numero di ricambi di aria nell'unità di tempo (C_0), riferito al volume totale da ventilare V_0 , quindi anche dalla velocità dell'aria w_a .

A differenza della Norma, nella Guida sono state introdotte delle formule per calcolare la distanza d_z e quindi la quota "a"; da queste formule (v. GB.5.1) si può rilevare che distanza d_z dipende dalla velocità dell'aria w_a solo per le emissioni di gas o vapori a bassa velocità ($u_0 < 10$ m/s), formula [f.GB.5.1-4] e per le emissioni da pozze di liquidi lambite dall'aria di ventilazione dell'ambiente, formula [f.GB.5.1-6]; non è così invece per le emissioni di gas o vapori ad alta velocità ($u_0 \geq 10$ m/s), formule [f.GB.5.1-5a] o [f.GB.5.1-5b].

Si ritiene pertanto che la relazione tra il volume ipotetico V_z e le dimensioni della zona pericolosa così come espresse nell'art. B.4.2.2 della Norma potrebbe non essere applicabile per le zone pericolose dovute ad emissioni di gas o vapori ad alta velocità, per le quali le zone pericolose non sono necessariamente correlate al volume V_z così come definito per le emissioni a bassa velocità.

5.12 Casi particolari di classificazione dei luoghi

5.12.1 Zone pericolose originate dalle emissioni di idrogeno [21] (ved. anche GB.5.5)

L'idrogeno, essendo assai più leggero dell'aria (circa 14 volte), tende a disperdersi verso l'alto miscelandosi con l'aria rapidamente.

La possibilità che l'idrogeno possa permanere in concentrazioni pericolose dipende dalla portata di emissione e dalle caratteristiche dell'ambiente (forma, dimensioni e ventilazione).

In ambienti chiusi dove sia rispettata la condizione di cui alla formula [f.5.10.3-16], il problema che concentrazioni pericolose possano permanere è correlato alle condizioni di ventilazione delle parti alte dell'ambiente che sono interessate dalla zona pericolosa sottostante. Quando in dette parti le condizioni di ventilazione sono peggiori di quelle considerate per la verifica della condizione di cui alla formula [f.5.10.3-16] e non garantiscono una conveniente diluizione (ad esempio, volumi al disopra di superfici aeranti permanenti totalmente o parzialmente interessati dalla quota "a"), la zona pericolosa si estende a dette parti con i criteri indicati per i gas leggeri in 5.11.2.11.

NOTA Le condizioni di ventilazione delle parti alte possono essere migliorate adottando sistemi di ventilazione artificiale o predisponendo, in dette parti, idonee aperture di ventilazione.

5.12.2 Zone pericolose all'interno dei sistemi di contenimento

Devono essere classificati i volumi liberi interni (ambienti) dei sistemi di contenimento delle sostanze infiammabili liquide, cioè sostanze con temperatura di infiammabilità T_i inferiore o uguale alla loro temperatura di utilizzazione T_u , che sono o possono venire in contatto con l'atmosfera esterna (es. serbatoio di liquido infiammabile collegato con l'atmosfera esterna tramite sfiatatoio), al fine di stabilire la necessità o meno di misure precauzionali.

In generale e in tutti i casi dubbi i volumi liberi interni di cui sopra sono considerati Zona 0; tuttavia, essendo l'atmosfera dei volumi liberi interni di cui sopra costituita da vapori della sostanza infiammabile e da aria nel rapporto tra loro dipendente dalla tensione di vapore, a sua volta variabile in funzione della temperatura del liquido, è possibile stabilirne la concentrazione e verificare se esiste o meno la possibilità che essa sia compresa entro i limiti di esplosibilità (*LEL – UEL*).

Quando si ha la certezza che in nessuna condizione di funzionamento (normale, anormale, manutenzione, v. 3.8) può essere presente una concentrazione compresa entro i limiti di esplosibilità (*LEL – UEL*), il volume libero interno può essere classificato senza pericoli d'esplosione.

In caso di serbatoi di stoccaggio di liquidi esposti al sole intenso per lungo tempo, in un clima temperato (es. Italia) si deve supporre la presenza di un'atmosfera esplosiva per liquidi con $T_i \leq 55 \text{ }^\circ\text{C}$; in caso un clima caldo tropicale (es. zone desertiche), anche con $55 \text{ }^\circ\text{C} \leq T_i \leq 80 \text{ }^\circ\text{C}$.

5.13 Documenti di classificazione in edizione preliminare

Definito il tipo e l'estensione delle zone originate dalle singole emissioni, in questa fase si deve preparare una *edizione preliminare* dei documenti di classificazione dei luoghi, per individuare le aperture interessate da zone pericolose, v. 5.14 e per consentire di valutare la possibilità di eseguire interventi atti a rendere poco probabile la formazione di atmosfere esplosive e limitare in numero e in estensione le zone più pericolose, v. 5.15 e 6.

5.14 Aperture

5.14.1 Caratteristiche delle aperture interessate da zone pericolose

Devono essere esaminati gli elaborati grafici di classificazione dei luoghi di cui in 5.13, per individuare le aperture interessate da zone pericolose.

Le caratteristiche delle aperture in relazione al pericolo d'esplosione sono trattate nell'Appendice A della Norma. Esse sono considerate SE in relazione alla probabilità che consentano il trasferimento di atmosfera esplosiva.

NOTA Ciò è l'opposto della Norma CEI 64-2 dove esse erano considerate in relazione alla loro efficacia contro il trasferimento di atmosfera esplosiva; il risultato però è lo stesso.

Le aperture sono classificate dei tipi A, B, C, D.

Il tipo di apertura, dipende dalla frequenza e durata dei periodi di apertura e dall'efficacia delle tenute o delle battute dei serramenti, tenuto anche conto della differenza di pressione tra i luoghi interessati.

Le caratteristiche dei diversi tipi di aperture sono le seguenti.

- Tipo A* – Aperture con caratteristiche che non rientrano tra quelle previste per le aperture dei tipi B, C, D.
- Tipo B* – Aperture normalmente chiuse (es. con dispositivo di auto-chiusura), aperte poco frequentemente e che hanno una buona tenuta su tutto il perimetro (senza dispositivi di tenuta, es. una guarnizione).
- 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, che siano una combinazione di due aperture di tipo B in serie, dotate di dispositivi indipendenti di auto-chiusura.
- Tipo D* – Aperture normalmente chiuse conformi a quelle di tipo C, apribili solamente con mezzi speciali od in caso di emergenza; 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.

Qui di seguito sono forniti esempi di aperture.

1. *Passaggio aperto* per persone, mezzi di trasporto e simili: **Tipo A**.
2. *Finestra o simili, priva di serramento*: **Tipo A**.
3. *Porta* per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, con serramento avente caratteristiche non conformi ai tipi di aperture B, C, D, oppure che viene aperta frequentemente o per lunghi periodi, oppure la cui apertura è lasciata alla decisione incondizionata del personale: **Tipo A**.
4. *Passaggio aperto per servizi* (tubazioni, condotti, condutture, ecc.) attraverso una parete, un soffitto, un pavimento e simili: **Tipo A**.
5. *Apertura fissa di ventilazione*, provvista di griglia fissa di aerazione: **Tipo A**.
6. *Apertura di sfiato libero* all'atmosfera di pozzetto di fogna (non sotto battente e/o senza sifone di tenuta), dove vengono scaricate sostanze infiammabili (fogna oleosa o chimica): **Tipo A**.
7. *Porta* per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, con serramento avente un efficiente dispositivo di auto-chiusura, una buona tenuta su tutto il perimetro e normalmente chiusa: **Tipo B**.
8. *Apertura di ventilazione auto-chiudente*, normalmente chiusa e avente una buona tenuta su tutto il perimetro: **Tipo B**.
9. *Apertura di ventilazione auto-chiudente*, attraversata normalmente da aria pulita, avente una buona tenuta su tutto il perimetro e soggetta poco frequentemente a mancanza del flusso di aria: **Tipo B**.
10. *Porta* per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, con serramento provvisto di un efficiente dispositivo di auto-chiusura, di dispositivo di tenuta (es. guarnizione) su tutto il perimetro, normalmente chiusa e aperta poco frequentemente: **Tipo C**.
11. *Apertura di ventilazione auto-chiudente*, attraversata normalmente da aria pulita, avente una buona tenuta su tutto il perimetro e soggetta raramente a mancanza del flusso di aria: **Tipo C**.
12. *Combinazione di due porte in serie tra loro (di tipo B + B)*, per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, ciascuna con serramento avente un efficiente dispositivo di autochiusura, una buona tenuta su tutto il perimetro e normalmente chiusa: **Tipo C**.
13. *Porta* per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, provvista di serramento con un efficiente dispositivo di auto-chiusura e di dispositivo di tenuta (es. guarnizione) su tutto il perimetro, normalmente chiusa e aperta solo in caso di emergenza: **Tipo D**.
14. *Passaggio per servizi* (tubazioni, condotti, condutture, ecc.) attraverso una parete, un soffitto, un pavimento e simili, provvisto di dispositivo di tenuta (es. guarnizione) su tutto il perimetro, apribile solamente con mezzi speciali: **Tipo D**.
15. *Combinazione di due porte in serie tra loro (di tipo C + B)*, per il passaggio di persone, mezzi di trasporto e simili, in cui almeno la porta adiacente al luogo dal quale proviene il pericolo è di tipo C, mentre la porta più lontana dal luogo dal quale proviene il pericolo è almeno di tipo B. Le porte sono normalmente chiuse ed aperte poco frequentemente: **Tipo D**.

5.14.2 Verifica della possibilità di eliminare o limitare le aperture

Deve essere verificata la possibilità di eliminare una o più aperture interessate da zone pericolose; ciò può essere attuato eliminando l'apertura o spostandola in modo che non sia interessata da zone pericolose.

5.14.3 Procedimento di definizione della zona pericolosa a valle di aperture interessate da zone pericolose

Per definire il trasferimento di zone pericolose attraverso le aperture possono essere utilizzati i metodi descritti in 5.14.3.1 e in 5.14.3.2.

5.14.3.1 Condizioni per l'applicazione della regola del filo teso

Alle aperture, in determinate condizioni, può essere applicata la *regola del filo teso*. Si considera cioè che la zona che interessa l'apertura si estenda oltre l'apertura stessa fino ad avere dalla SE che l'ha originata distanze uguali a quelle stabilite per l'ambiente in cui si trova la SE (a monte dell'apertura), ricavate secondo la linea di minimo percorso che aggira l'ostacolo; v. le figure in 5.11.2.11.

La *regola del filo teso* può essere applicata quando sono rispettate tutte le seguenti condizioni:

- la concentrazione media $X_m\%$ rispetta la condizione [f.5.10.3-16];
- le condizioni di ventilazione dell'ambiente a valle dell'apertura (grado e disponibilità) sono uguali o migliori di quelle dell'ambiente dal quale proviene il pericolo (a monte dell'apertura) e lo stesso ha una pressione atmosferica uguale o maggiore di quella dell'ambiente a monte;

sono rispettate le condizioni di applicabilità stabilite nella Tabella 5.14-1.

La Tabella 5.14-1 indica il tipo di zona a valle dell'apertura in relazione a:

- tipo di zona a monte dell'apertura (0, 1, 2);
- tipo di apertura (A, B, C, D);
- tipo di ambiente a valle (aperto o chiuso).

Tabella 5.14-1 – Condizioni di applicabilità della regola del filo teso

Tipo di zona a monte dell'apertura	Tipo di apertura	Applicabilità della regola del filo teso e tipo di zona a valle dell'apertura	
		Ambiente a valle APERTO	Ambiente a valle CHIUSO
zona 0	A	zona 0	Non applicabile
	B	zona 1	Non applicabile
	C	zona 2	zona 2
	D	zona non pericolosa	zona non pericolosa
zona 1	A	zona 1	Non applicabile
	B	zona 2	zona 2
	C	zona non pericolosa	zona non pericolosa
	D	zona non pericolosa	zona non pericolosa
zona 2	A	zona 2	zona 2
	B	zona non pericolosa	zona non pericolosa
	C	zona non pericolosa	zona non pericolosa
	D	zona non pericolosa	zona non pericolosa

La regola del filo teso può essere applicata anche in presenza di ostacoli.

5.14.3.2 Condizioni per considerare l'apertura una SE

Il seguente metodo può essere applicato quando è possibile valutare la portata di emissione della miscela aria-sostanza infiammabile (Q_g) attraverso l'apertura.

Il grado di emissione dell'apertura come SE dipende dal suo tipo, vedere la Tabella 5.14-2.

La Tabella 5.14-2 indica il grado di emissione delle aperture, considerate come SE, in relazione a:

- tipo di zona a monte (luogo dal quale proviene il pericolo);
- tipo di apertura.

Tabella 5.14-2 – Grado di emissione delle aperture considerate SE

Tipo di zona a monte dell'apertura	Tipo di apertura	Apertura considerata SE
		Grado di emissione dell'apertura (SE)
zona 0	A	Continuo
	B	Primo
	C	Secondo
	D	Nessuna emissione
zona 1	A	Primo
	B	Secondo
	C	Nessuna emissione
	D	Nessuna emissione
zona 2	A	Secondo
	B	Nessuna emissione
	C	Nessuna emissione
	D	Nessuna emissione

Il valore della portata di emissione risulta in tal caso generalmente di difficile definizione; esso può essere stabilito facendo riferimento alla portata presunta di aria attraverso l'apertura e alla concentrazione di sostanza infiammabile immediatamente a monte dell'apertura stessa (art. 5.10.2.1, formula [f.5.10.3-1], e/o considerando la concentrazione iniziale X_0 (art. 5.10.2.5 formule [f.5.10.3-23], e [f.5.10.3-24]); inoltre, per le aperture di tipo B e C si deve tener conto della frequenza e della durata dei periodi della loro apertura (emissione).

Quando sia stabilita la concentrazione e la portata di emissione, è possibile calcolare il *LEL* della miscela aria-sostanza infiammabile con la formula [f. 5.5.11-3].

A favore della sicurezza, può a volte essere opportuno considerare che l'apertura abbia una portata di emissione di sostanza infiammabile, uguale a quella dell'emissione che ha originato la zona pericolosa che la interessa.

5.14.4 Elenco delle aperture

Per ciascun ambiente considerato, si codificano e si elencano le Aperture con le loro caratteristiche significative; l'elenco può far parte dell'elenco delle SE (Appendice GD) o essere separato.

Le informazioni più significative da indicare sono: il Codice (o sigla), il tipo di apertura (5.14.1), le condizioni di ventilazione a valle, il tipo ed estensione della zona pericolosa a valle, criteri di definizione della zona pericolosa a valle: apertura come SE o regola del filo teso, nonché il gruppo e la categoria secondo la direttiva 94/9/CE ed il gruppo e la classe di temperatura secondo le norme tecniche, quale ad esempio la Norma CEI EN 50014 (CEI 31-8), ad esempio IIB T3.

5.15 Verifica della possibilità di adottare misure tecniche e/o organizzative per ridurre il pericolo d'esplosione

Deve essere verificata la possibilità di eseguire interventi atti a rendere poco probabile la formazione di atmosfere esplosive e limitare in numero ed in estensione le zone più pericolose (zone 0 e 1), quali ad esempio la limitazione in numero ed in portata delle emissioni continue e di primo grado, la ventilazione artificiale come indicato in 5.6.

5.16 Involuppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione

5.16.1 Generalità

La classificazione del luogo pericoloso si ottiene dall'involuppo delle singole zone pericolose determinate come indicato nei punti precedenti, facendo prevalere le zone 0 sulle zone 1 e 2, le zone 1 sulle zone 2.

Nell'eseguire gli involucri devono essere considerate le suddivisioni dettate dai requisiti di sicurezza dei prodotti da installare in dette zone, v. 5.16.2.

Dove dall'involucro risultano piccole zone non pericolose tra zone pericolose (circondate e/o incuneate), può essere opportuno considerare anch'esse pericolose, v. 5.16.3.

Parimenti se nelle immediate vicinanze dell'involucro così risultante ci sono altre zone classificate, specie di piccola dimensione, può essere opportuno raccordarsi con esse e inglobarle.

5.16.2 Dati per la definizione dei requisiti di sicurezza dei prodotti

Nei documenti di classificazione dei luoghi devono essere indicati i dati per consentire una corretta scelta dei prodotti ATEX (3.16); tali dati sono:

- gruppo e categoria secondo il DPR 126/98, ad esempio: II 2G;
- gruppo e classe di temperatura secondo le norme tecniche, quale ad esempio la Norma CEI EN 50014 (CEI 31-8), ad esempio IIB T3.

I gruppi e le classi di temperatura (o le temperature massime) secondo le norme tecniche devono essere stabiliti considerando il gruppo e la classe di temperatura di ciascuna sostanza pericolosa. Per ridurre l'assortimento di prodotti ATEX ed evitare diversificazioni insignificanti ai fini dei requisiti e dei costi, ma onerose come scorte di magazzino, si possono attuare raggruppamenti dei gruppi e classi di temperatura, unificando al gruppo o classe di temperatura superiore, eventualmente concordati con il committente.

A parità di gruppo e categoria, i raggruppamenti devono essere attuati facendo prevalere il gruppo IIC sui gruppi IIA e IIB, il gruppo IIB sul gruppo IIA, la classe di temperatura più alta su quelle più basse, ad esempio, la classe T3 prevale sulle classi T1 e T2, la classe T2 prevale sulla classe T1.

Il gruppo IIC (o IIB + H₂) è richiesto solo per poche sostanze infiammabili, quindi i costruttori non sempre dispongono a magazzino di prodotti ATEX di questo gruppo, non è quindi opportuno raggruppare tutte le zone pericolose nel gruppo IIC. In presenza di sostanze dei gruppi IIA, IIB e IIC, può quindi essere opportuno raggruppare in IIB le zone pericolose relative a sostanze dei gruppi IIA e IIB, ma tenere separate zone pericolose relative a sostanze del gruppo IIC (o IIB + H₂).

Analogamente, la classe di temperatura T2 è comune alla generalità dei prodotti ATEX di serie e la classe di temperatura T3 è proposta da molti fabbricanti, mentre le classi di temperatura maggiori (T4, T5, T6) sono richieste solo per poche sostanze infiammabili, quindi i costruttori non sempre dispongono a magazzino di prodotti ATEX di queste classi.

Tuttavia, quando le zone si riferiscono a sostanze che appartengono a Classi di temperatura e/o Gruppi per le costruzioni diverse, occorre prestare attenzione.

Es. Quando una Zona 1 IIA T3 si sovrappone a una Zona 2 IIC T1, può essere valutata l'opportunità di classificare la stessa zona nei due modi: Zona 1 IIA T3 e Zona 2 IIC T1.

Nella norma UNI EN 1127-1, all'art. 6.4.2 è detto che le temperature superficiali dei prodotti per zona 0 deve essere 80% della Temperatura di accensione della sostanza infiammabile. La stessa cosa per certi casi con prodotti destinati alla zona 1.

Nelle zone 2, invece, la massima temperatura superficiale dei prodotti ATEX non deve generalmente superare la temperatura di accensione della sostanza infiammabile. In alcuni casi particolari, però, tale temperatura di accensione può essere superata se si dimostra con idonee valutazioni e argomentazioni (es. forma geometrica ed estensione della superficie calda esposta, tempi di contatto, presenza di moti convettivi, ecc.) che il pericolo di accensione possa essere ragionevolmente escluso.

NOTA Quanto sopra è particolarmente applicabile a situazioni riconducibili alle zone 2 all'aperto.

5.16.3 Esempio di involuppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione

Nelle figure 5.16.3-1 e 5.16.3-2 è riportato un esempio di zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione ed il relativo involuppo.

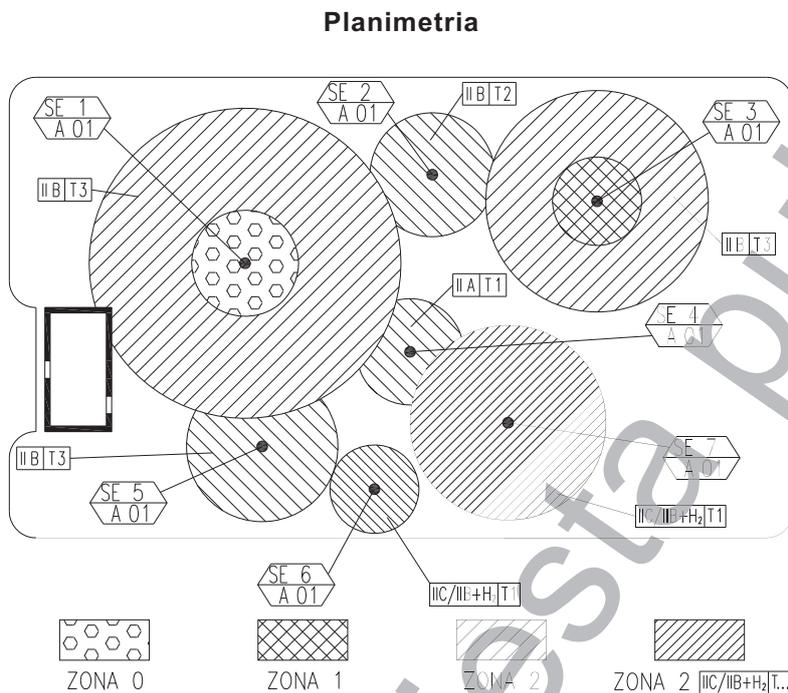


Fig. 5.16.3-A – Zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione

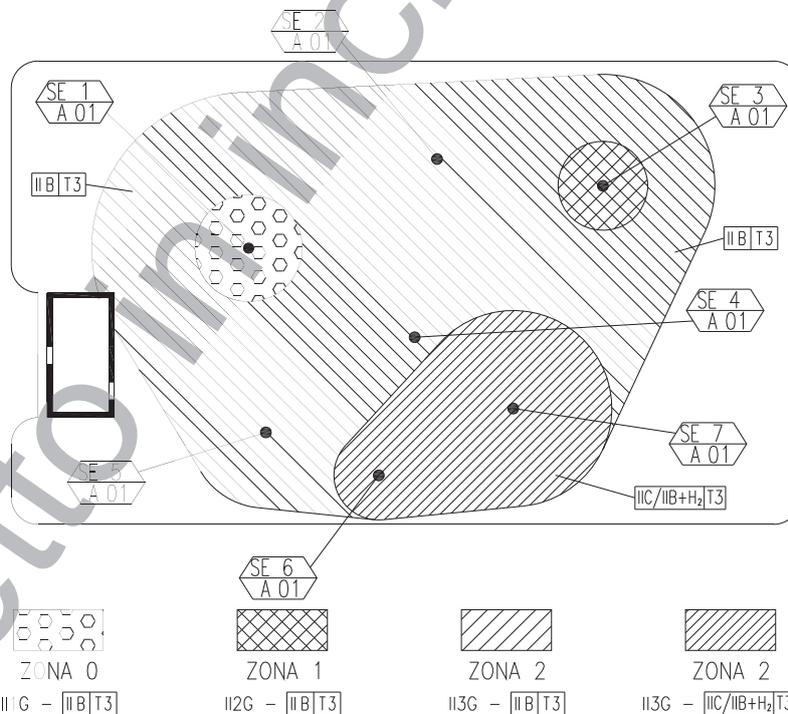


Fig. 5.16.3-B – Involuppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione – Planimetria

5.17 Documentazione tecnica di classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione

5.17.1 Livelli di progettazione della classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione

La classificazione dei luoghi dovrebbe essere eseguita in due fasi distinte (livelli di progettazione):

a) *una classificazione preliminare*, che dovrebbe contenere almeno:

- l'elenco dei dati generali e delle caratteristiche dell'impianto tecnologico;
- evidenza delle sorgenti di emissione più significative e già note;
- una *bozza* di planimetria della classificazione, oppure una descrizione delle scelte effettuate;

da prepararsi nella fase iniziale della progettazione (PROGETTO DEFINITIVO secondo la Guida CEI 0-2) in concomitanza con la definizione della planimetria dell'impianto, delle caratteristiche degli edifici (aperture di ventilazione, solai, tetto ecc.), della disposizione delle principali apparecchiature, ecc. , per consentire l'attuazione di tutti gli interventi utili a rendere poco probabile la formazione di atmosfere esplosive e limitare in numero e in estensione le zone più pericolose (zone 0 e 1); ved. 5.7.3 e 5.15.

b) *una classificazione definitiva* da preparare nella fase finale della progettazione (PROGETTO ESECUTIVO secondo la Guida CEI 0-2), comprendente tutte le informazioni per l'uso cui è destinata la documentazione.

5.17.2 Documentazione tecnica di classificazione dei luoghi

La documentazione tecnica di classificazione dei luoghi costituisce il risultato dell'attività svolta; essa è generalmente costituita da:

- relazione tecnica, (5.17.2.1);
- fogli dati; (eventuali), (5.17.2.2);
- relazione illustrativa dei calcoli eseguiti (eventuale), (5.17.2.3);
- disegni, (5.17.2.4).

5.17.2.1 Relazione tecnica

La Relazione tecnica è il documento che riassume il lavoro e che coordina tutta la documentazione relativa alla classificazione.

Quando il luogo (opera) considerato è grande e costituito da tante parti o unità, può essere utile preparare una *Relazione tecnica generale* e tante *Relazioni tecniche particolari* quante sono le parti o unità di cui si effettua la classificazione dei luoghi.

La Relazione tecnica deve contenere:

- *dati generali di progetto*, (5.3);
- *descrizione del procedimento di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione con, l'elenco delle principali disposizioni legislative, norme e guide tecniche di riferimento, dei documenti di riferimento utilizzati;*
- *elenco delle sostanze infiammabili*, (5.5);
- *descrizione degli ambienti considerati e delle condizioni ambientali*, (5.6);
- *per ciascun ambiente, elenco delle sorgenti di emissione (SE), con indicazione della loro ubicazione, dei relativi gradi e modalità di emissione, nonché l'individuazione delle sorgenti di emissione (SE) considerate rappresentative*, (5.7.1);
- *elenco dei punti o parti di impianto non considerati sorgenti di emissione*, (5.7.1.2);
- *tipo ed estensione delle singole zone pericolose (riferite a ciascuna emissione)*, (5.10 e 5.11);
- *zone pericolose risultanti* (5.15);
- *elenco dei documenti di classificazione dei luoghi ed allegati* (Cap. 6);

- eventuali disposizioni di esercizio e manutenzione degli impianti tecnologici (di processo delle sostanze);
- eventuali disposizioni di uso e aggiornamento (manutenzione) della documentazione di classificazione dei luoghi.

Vedere esempio nell'Appendice GD.

5.17.2.2 Fogli Dati (eventuali)

I Fogli dati sono documenti contenenti informazioni tabellate, quali ad esempio l'elenco delle sostanze presenti, elenco delle sorgenti di emissione; essi sono particolarmente utili per alleggerire la relazione tecnica quando l'opera oggetto dell'incarico è grande, le sostanze e/o le SE sono molte.

Nella Norme CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), Esempi 10 e 11 sono riportati esempi di Fogli dati rispettivamente per l'elenco delle sostanze infiammabili e l'elenco delle sorgenti di emissione. Per l'elenco delle sostanze infiammabili può essere più opportunamente fatto riferimento alla Tabella GA-2 della presente guida.

5.17.2.3 Relazione illustrativa dei calcoli eseguiti (eventuale)

La relazione illustrativa riporta i criteri ed i calcoli eseguiti per ricavare i dati necessari alla classificazione dei luoghi.

Essa può essere inserita nella Relazione tecnica, oppure far parte di un documento separato. Ciò può risultare conveniente per alleggerire la Relazione tecnica quando per i calcoli è utilizzato un applicativo software con proprio elaborato di stampa.

5.17.2.4 Disegni

Nei disegni saranno riportate:

- l'ubicazione e l'identificazione delle SE mediante codici o numeri per facilitare i riferimenti incrociati con gli altri documenti (es. può essere utilizzato il numero riportato nella prima colonna del modulo dove sono elencate le SE); il codice o numero può essere racchiuso in una ellisse per evidenziarlo nel disegno;
- il tipo e l'estensione delle zone con indicazione dei dati per la definizione dei requisiti di sicurezza dei prodotti; un metodo adatto è quello di utilizzare tratteggi con diverse densità delle righe, completato da una legenda dove saranno indicati i dati per la definizione dei requisiti di sicurezza dei prodotti per i diversi tratteggi, ved. 5.16.3.
- l'ubicazione e l'identificazione delle aperture degli edifici mediante codici o numeri, per facilitare i riferimenti incrociati con gli altri documenti in analogia con le SE (es. porte, finestre, aperture d'ingresso aria, ecc.).

Per gli ambienti all'aperto, i disegni saranno generalmente costituiti da piante, eventualmente integrate con prospetti e/o sezioni secondo necessità.

Per i disegni saranno utilizzati come base quelli dell'impianto tecnologico con riportati:

- i componenti contenenti le sostanze infiammabili (apparecchiature di processo, tubazioni, serbatoi, vasche, ecc.);
- gli edifici, le tettoie, i muri, le dighe di contenimento, i cunicoli, le fosse, le trincee ed ogni altra costruzione che possa condizionare la ventilazione dell'ambiente;
- le aperture degli edifici (porte, finestre, aperture di ventilazione, passaggi di servizi, ecc.);
- la rete fognaria con indicati i pozzetti, le vasche di decantazione e trattamento, ecc.

Quando la classificazione si estenda su più planimetrie, deve essere preparata una planimetria generale che le comprenda tutte. In detta planimetria potranno essere omesse le zone pericolose di piccola estensione e che sono circoscritte all'interno di un'unica unità di impianto senza influenzare altre unità.

La classificazione del luogo o dei luoghi pericolosi risulterà dall'inviluppo delle zone originate dalla singole SE, v. 5.16.

Per gli ambienti al chiuso può essere necessario preparare prospetti e/o sezioni nonché planimetrie piano per piano.

La simbologia da utilizzare nei disegni di classificazione è riportata nell'Appendice C, figura C.2 della Norma e riprodotta nella Fig. 5.17-A seguente dove, oltre alla simbologia per i diversi tipi di zone, è riportato un esempio di simbologia per le SE, le aperture e le relative codificazioni, che può essere un valido riferimento, senza essere vincolate.

Si tratta di una simbologia universalmente riconosciuta (non resa obbligatoria); quindi, per uniformità nazionale, si raccomanda vivamente di utilizzare la simbologia indicata; in ogni caso, non è ammesso invertire il significato dei simboli riportati nell'Appendice C, figura C.2 della Norma.

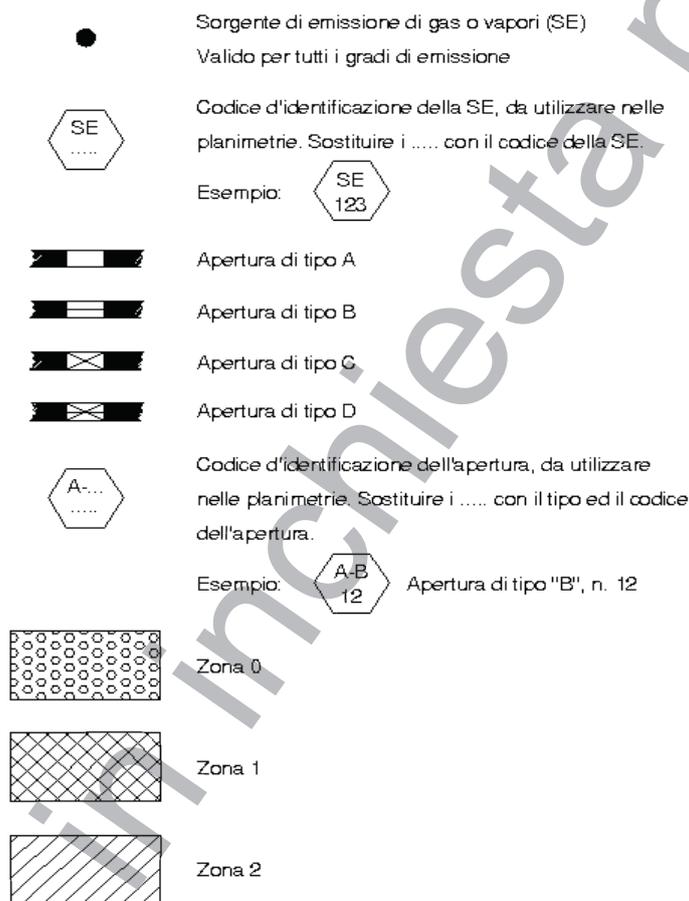


Fig. 5.17-A – Simbologia da utilizzare nei disegni di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili

6 Opere esistenti e loro trasformazione, ampliamento o manutenzione

6.1 Trasformazione, ampliamento o manutenzione di impianti di contenimento (processo, lavorazione, manipolazione o deposito) di sostanze infiammabili in luoghi già classificati applicando la Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30)

Quando il luogo con pericolo di esplosione è stato classificato e tutti i dati di riferimento sono riportati nella documentazione relativa, è importante che nessuna trasformazione o ampliamento dell'impianto di processo, lavorazione, manipolazione o deposito di sostanze infiammabili che ha determinato la classificazione stessa, sia eseguita senza che venga interessato e si ottenga l'accordo del responsabile di detta classificazione, in quanto, azioni non concordate possono invalidarla.

Quando un componente dell'impianto suddetto è sottoposto a manutenzione, prima di essere rimesso in servizio, è necessario accertarsi che esso abbia mantenuto i requisiti di sicurezza assunti originariamente (es. un componente considerato con emissione di secondo grado, dopo la manutenzione deve essere rimasto tale, inoltre le caratteristiche di emissione non devono essere peggiorate).

La Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) e la presente guida si applicano ai luoghi relativi ad impianti nuovi e trasformazioni o ampliamenti di quelli esistenti; non è quindi necessaria la loro applicazione ai luoghi relativi ad impianti pre-esistenti alla data della loro entrata in vigore e non oggetto di trasformazioni o ampliamenti, fermo restando quanto prescritto dal D. Lgs 81/08.

Quando le trasformazioni o ampliamenti degli impianti pre-esistenti, i cui luoghi sono stati classificati applicando la Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), non sono radicali, è possibile eseguire la classificazione dei luoghi secondo la Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) della sola parte modificata.

Quando le trasformazioni o ampliamenti degli impianti pre-esistenti, sono radicali, si deve eseguire la classificazione secondo la Norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) di tutto il luogo considerato.

6.2 Luoghi già classificati applicando la Norma CEI 64-2

Per quanto si riferisce ai luoghi pre-esistenti, già classificati applicando la Norma CEI 64-2 e oggetto di trasformazioni o ampliamenti, vale quanto detto in 6.1.

Per quanto si riferisce ai luoghi pre-esistenti, già classificati applicando la Norma CEI 64-2 e non oggetto di trasformazioni o ampliamenti, occorre fare alcune considerazioni.

a) il D.Lgs. 81/08 al Titolo XI, art. 295 " Termini di adeguamento", dice:

- 1. Le attrezzature da utilizzare nelle aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive, già utilizzate o a disposizione dell'impresa o dello stabilimento per la prima volta prima del 30 giugno 2003, devono soddisfare, a decorrere da tale data, i requisiti minimi di cui all'allegato L, parte A, fatte salve le altre disposizioni che le disciplinano.*
- 2. Le attrezzature da utilizzare nelle aree in cui possono formarsi atmosfere esplosive, che sono a disposizione dell'impresa o dello stabilimento per la prima volta dopo il 30 giugno 2003, devono soddisfare i requisiti minimi di cui all'allegato L, parti A e B.*

Lo stesso Decreto, nell'Allegato XV-bis, art. 2 stabilisce:

Le aree a rischio di esplosione sono ripartite in zone in base alla frequenza e alla durata della presenza di atmosfere esplosive.

Il livello di provvedimenti da adottare in conformità all'Allegato XV-ter, parte A, è determinato da tale classificazione.

Il decreto prosegue stabilendo che, per i luoghi in cui possono formarsi atmosfere esplosive consistenti in miscele di aria e sostanze infiammabili sotto forma di gas, vapore o nebbia, le zone sono: zona 0, 1 e 2.

- b) Secondo la Norma CEI 64-2, i luoghi con presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili erano suddivisi in base ai quantitativi minimi di sostanze infiammabili presenti in: Luoghi di Classe 1 (grandi quantitativi) e Luoghi di Classe 3 (piccolo quantitativi); suddivisione non contemplata, né nel D.Lgs. 81/08, né nella Norma CEI EN 60079-10-1.
- c) La Norma CEI 64-2 ripartiva i luoghi di Classe 1 in: zona 0 (C1Z0), zona 1 (C1Z1), zona 2 (C1Z2) e zona di rispetto (C1ZR) e ripartiva i luoghi di Classe 3 in: zona C3Z1 e zona C3Z2). La zona C1ZR e i luoghi di Classe 3 non sono contemplati né nel D.Lgs. 81/08, né nella Norma CEI EN 60079-10-1.

- d) La Norma CEI 64-2 stabiliva, sia per i luoghi di Classe 1, sia per quelli di Classe 3, estensioni convenzionali delle zone pericolose (sia la forma, sia le dimensioni); invece la Norma CEI EN 60079-10-1 stabilisce che l'estensione di una zona dipende da una serie di grandezze chimiche e fisiche, tra le quali: la portata di emissione, la geometria della SE, la velocità di emissione, ecc.

NOTA I capitoli III (Classe 1) e V (Classe 3) della norma CEI 64-2, quarta edizione, sono stati abrogati il 31 dicembre 1997 perché sostituita dalla CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) ed ora dalla norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87).

Sulla base di quanto sopra e del fatto che gli impianti pre-esistenti devono garantire un livello di sicurezza equivalente agli impianti nuovi, il datore di lavoro o il responsabile dell'opera, deve valutare se sia opportuno o meno ri-classificare tutto il luogo di installazione dell'opera di sua competenza o limitare la ri-classificazione a singole parti del luogo, ad esempio quelle considerate luoghi di Classe 3 e quelle con sorgenti di emissione (centro di pericolo secondo la Norma CEI 64-2), che hanno determinato le zone C1ZR.

6.3 Impianti elettrici in luoghi già classificati applicando la Norma CEI 64-2 e riclassificati applicando la Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), o CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87)

Quando sia eseguita una nuova classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in conformità alla Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), gli impianti elettrici eseguiti secondo la Norma CEI 64-2 e non modificati, devono essere verificati per accertare la loro rispondenza alle prescrizioni minime stabilite dal D. Lgs. 81/08, nell'ambito della valutazione dei rischi di esplosione.

Nella generalità dei casi, gli impianti elettrici eseguiti secondo la Norma CEI 64-2 e non modificati, sono ritenuti egualmente idonei agli effetti della sicurezza di cui al D.Lgs 81/08 di quelli realizzati secondo la Norma CEI EN 60079-14 (CEI 31-33), se rispettano il seguente criterio di selezione:

- per la Zona 0, quelli previsti per la zona C1Z0;
- per la Zona 1, quelli previsti per la zona C1Z1 e C3Z1;
- per la Zona 2, quelli previsti per la zona C1Z2;

considerando il gruppo e la classe di temperatura dei prodotti ATEX (es. IIB T2) e sono in buono stato di conservazione per quanto attiene ai requisiti di sicurezza.

Per quanto si riferisce agli impianti elettrici installati nelle zone di Rispetto (C1ZR) e nelle zone C3Z2, già eseguiti applicando la Norma CEI 64-2, occorre fare alcune considerazioni.

- a) Con riferimento a quanto stabilito dal D.Lgs. 81/08, il datore di lavoro doveva valutare, entro il 30 giugno 2006, la rispondenza alle prescrizioni minime stabilite dal decreto stesso degli impianti pre-esistenti alla data del 30 giugno 2003, v. 6.2.a).
- b) Nella generalità dei casi, gli impianti elettrici a sicurezza funzionale a tenuta (AD-FT) eseguiti secondo la Norma CEI 64-2 e le relative costruzioni elettriche non sono più ritenuti idonei per l'installazione in luoghi con pericolo di esplosione, né dal D.Lgs. 81/08, né dalla Norma CEI EN 60079-14 (CEI 31-33).

Sulla base di quanto sopra, il datore di lavoro o il responsabile dell'opera, deve valutare la rispondenza alle prescrizioni minime stabilite dal decreto D.Lgs. 81/08, v. il punto a) degli impianti elettrici pre-esistenti alla data del 30 giugno 2003, o se sia opportuno utilizzare nelle zone Rispetto (C1ZR) e nelle zone C3Z2, costruzioni elettriche per Zona 2, oppure effettuare la ri-classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in conformità alla Norma CEI EN 60079-10-1 (31-87) relativa alla sorgente di emissione (centro di pericolo secondo la Norma CEI 64-2), che hanno determinato detti tipi di zona, per stabilire se esse debbano essere considerate zone 2 o zone non pericolose.

7 Luoghi con controllo di esplosibilità dell'atmosfera

7.1 Oggetto e scopo

Nel presente capitolo si considerano i luoghi con controllo strumentale, ad installazione fissa, dell'atmosfera contro i pericoli di esplosione per la presenza di sostanze che possono essere emesse nell'atmosfera sotto forma di gas o vapori infiammabili e si forniscono i criteri per la realizzazione di sistemi di controllo attraverso:

- requisiti e modalità di installazione, verifica e criteri prestazionali;
- criteri d'intervento sulle sorgenti di emissione (SE), sulla ventilazione e/o sulle sorgenti di accensione.

Il controllo di esplosibilità dell'atmosfera rientra tra le misure tecniche per la prevenzione e/o protezione contro le esplosioni, v. nota 1. Nell'ambito della presente Guida, detto controllo è considerato tale quando è in grado di evitare:

- la formazione di "atmosfera esplosive pericolose", oppure,
- l'aumento incontrollato e/o incontrollabile della portata di emissione di sostanza infiammabile e/o del tempo di emissione, stabiliti nell'ambito della classificazione del luogo oggetto del controllo strumentale.

NOTA Vedere al riguardo la Guida per l'attuazione della direttiva 1999/92/CE, art. 3.1.5 per i luoghi di lavoro e la UNI EN 1127-1, seconda edizione, art. 6.2.2.2 per i prodotti.

Il controllo di esplosibilità dell'atmosfera, così come stabilito nel presente capitolo, può essere applicato solo nei casi particolari in cui risulti di difficile applicazione la regola generale della norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30), v. nota.

Il controllo di esplosibilità dell'atmosfera può essere previsto sia in ambienti aperti, sia in ambienti chiusi; tuttavia, considerando che all'aperto è più difficile la disposizione dei rilevatori per rilevare il più prontamente possibile la presenza di concentrazioni pericolose di gas o vapori infiammabili nell'atmosfera controllata, nella presente Guida è stato escluso che detto controllo all'aperto possa costituire una misura tecnica per la prevenzione e/o protezione contro le esplosioni sostitutiva dell'esecuzione di sicurezza adatta alla zona pericolosa prevista.

È possibile utilizzare il sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera per controllare:

- l'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o gruppi di SE (campo vicino) e in punti particolari di un ambiente;
- l'atmosfera di particolari tipi di zone pericolose.

Il sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera può consentire l'intervento, singolo o combinato, su:

- sorgenti di emissione (SE);
- ventilazione;
- sorgenti di accensione.

Non rientra tra gli scopi della presente Guida la definizione dei requisiti degli impianti e dei relativi componenti che possono essere sede di sorgenti di accensione e dei criteri d'intervento per la loro eventuale disattivazione.

Per le definizioni e i simboli utilizzati nel presente capitolo vedere l'art. 3.26.

7.2 Controllo dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o punti particolari di un ambiente

Il controllo di esplosibilità dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE (campo vicino) o in punti particolari di un ambiente può essere applicato anche nell'intorno di sorgenti di accensione o in corrispondenza dell'apertura tra un ambiente ed un altro.

Questo tipo di controllo è di difficile attuazione per quanto attiene:

- alla disposizione dei rilevatori per rilevare il più prontamente possibile la presenza di concentrazioni pericolose di gas o vapori infiammabili nell'atmosfera controllata;
- alla disattivazione delle SE in tempo utile per non formare atmosfere esplosive pericolose;
- all'attivazione della ventilazione supplementare;
- alla disattivazione delle sorgenti di accensione in tempo utile per non essere causa d'innescò dell'atmosfera esplosiva eventualmente presente.

Per i motivi suddetti e ricordando quanto indicato in 7.1 per quanto attiene alla limitazione dell'applicazione di questa misura tecnica di protezione contro le esplosioni, è stato previsto che essa possa essere attuata **solo per le zone 2 originate da emissioni di secondo grado**.

In ogni caso, per la sua applicazione, deve essere eseguita un'analisi del rischio che escluda il pericolo di accensione dell'atmosfera esplosiva formatasi al momento dell'intervento del sistema di controllo. A tal fine si raccomanda che il sistema sia conforme ai requisiti della serie di Norme CEI 61508 o Norme equivalenti.

7.3 Controllo dell'atmosfera di particolari tipi di zone pericolose

In un ambiente chiuso può essere attuato il controllo della concentrazione di sostanze infiammabili nell'atmosfera (campo lontano) ove, in assenza del controllo di esplosibilità, non sarebbe rispettata la condizione [f.5.10.3-16]. In presenza del controllo, se l'emissione è di primo grado nel campo vicino si ha una zona 1, se l'emissione è di secondo grado nel campo vicino si ha una zona 2. L'estensione di tale zona si calcola assumendo il coefficiente k_z corrispondente al 30% *LEL* (seconda soglia di intervento). Per il tipo di zona nel campo lontano ved. la Tabella 7.7-1, con estensione a tutto l'ambiente.

Questo tipo di controllo è di più facile attuazione rispetto a quello di 7.2 per quanto attiene:

- alla disposizione dei rilevatori per rilevare il più prontamente possibile la presenza di concentrazioni pericolose di gas o vapori infiammabili nell'atmosfera controllata;
- alla disattivazione delle SE in tempo utile per non formare atmosfere esplosive pericolose;
- all'attivazione della ventilazione supplementare;
- alla disattivazione delle sorgenti di accensione in tempo utile per non essere causa d'innescò dell'atmosfera esplosiva eventualmente presente.

Per i motivi suddetti, pur ricordando quanto indicato in 7.1 per quanto attiene alla limitazione dell'uso di questa misura tecnica di protezione contro le esplosioni, è stato previsto che questo tipo di controllo possa essere applicato, sia alle zone 1 originate da emissioni di primo o secondo grado, sia alle zone 2 originate da emissioni di secondo grado.

Modalità operative.

Ogni sistema di controllo deve:

- a) già a concentrazioni molto al di sotto del limite inferiore di esplosibilità, poter fornire un **segnale d'allarme (preallarme)**;
- b) al raggiungimento di concentrazioni di gas o vapori infiammabili maggiori di quelli di preallarme e comunque inferiori al limite inferiore di esplosibilità, fornire **un secondo segnale di allarme ed attuare automaticamente nell'ordine elencato una o più delle seguenti misure**:
 - b1) disattivazione immediata della o delle SE, v. 3.21;
 - b2) attivazione immediata di un sistema di ventilazione, artificiale e/o naturale, dell'intero ambiente o dell'atmosfera nell'intorno della SE o del punto particolare dell'ambiente in relazione con l'utilizzo del sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera, v. 7.1.
 - b3) disattivazione immediata delle eventuali sorgenti di accensione, v. 1.3.2 e 3.20.

NOTA Un'esplosione nell'atmosfera si può innescare solo quando in uno stesso ambiente coesistono (nello spazio e nel tempo) le seguenti condizioni:

- 1) nell'atmosfera è presente una sostanza capace di miscelarsi con l'aria per formare un'atmosfera esplosiva (gas, vapore, nebbia infiammabili);
- 2) nell'atmosfera è presente sufficiente ossigeno per sostenere la reazione di ossidazione (nell'aria in condizioni normali $O_2 = 21\%$);
- 3) si manifesta una sorgente di accensione di energia sufficiente ad avviare il processo di combustione (innescare l'atmosfera esplosiva).

Eventuali criteri d'intervento per la messa fuori tensione dei prodotti (apparecchiature) e/o impianti elettrici non idonei al tipo di zona, saranno oggetto di altro documento riguardante gli impianti elettrici.

Il segnale di *preallarme*, di cui in 7.4.a), deve essere riportato in luogo costantemente presidiato per permettere, un tempestivo intervento teso a ripristinare le condizioni originarie, ad esempio:

- limitando l'emissione di sostanze infiammabili, e/o
- agendo su parametri che influenzano la formazione di atmosfere esplosive.

Ove manchi il presidio come sopra indicato, il segnale di *preallarme* deve attuare automaticamente le misure di cui in 7.4.b).

Quando la disattivazione della o delle *SE* di cui in b1) è tale da impedire la formazione di atmosfere esplosive, possono essere omesse le misure di cui in b2) e b3).

Quando la disattivazione della o delle *SE* di cui in b1) non è possibile, può essere attivato il sistema di ventilazione di cui in b2), assicurando una concentrazione di sostanza infiammabile non superiore a quanto previsto per il rispetto della condizione [f.5.10.3-16]. In questo caso, quando la disponibilità della ventilazione è *buona* (es. sistema ridondante) nel campo lontano può essere omessa la disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione di cui in b3).

Quando la disattivazione della o delle *SE* di cui in b1) non è possibile o non è tale da impedire la formazione di atmosfere esplosive, può essere attivato il sistema di ventilazione di cui in b2). Quando così facendo le zone pericolose sono di estensione trascurabile (zone ... NE) può essere omessa la disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione di cui in b3).

Quando le azioni di cui in b1) e b2) non sono sufficienti per impedire la formazione di atmosfere esplosive, si deve attuare la disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione, v. b3).

La misura di cui in b1) è da preferirsi sulle misure b2) e b3) in quanto interviene sulla causa primaria del pericolo (emissione di sostanza infiammabile). La misura di cui in b2) è da preferirsi sulla soluzione b3) in quanto interviene ancora sul pericolo (formazione di atmosfere esplosive). La disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione di cui in b3) è da attuare solo quando con le misure b1) e b2) non si raggiunge lo scopo; peraltro, essa è di difficile attuazione per cui dovrebbe essere attuata solo quando si è certi che tutte le sorgenti di accensione vengano effettivamente disattivate tenendo conto di quelle che rimangono efficaci anche dopo la disattivazione, per esempio a causa di parti calde (masse termicamente autonome); in questo caso, la disattivazione deve intervenire con modalità tali da consentire a detti componenti di avere il tempo di portarsi in condizione non pericolosa (es. bassa temperatura) prima che la concentrazione di sostanza infiammabile nell'atmosfera superi il 30% LEL_v .

7.4 Sistemi fissi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera

7.4.1 Requisiti e modalità d'installazione

I sistemi di controllo dell'atmosfera devono rispondere ai seguenti requisiti.

- a) Tutte le parti del sistema di controllo, sia quelle installate all'interno della zona pericolosa (es. rilevatori), sia quelle installate all'esterno di questa (es. PLC), devono essere realizzati nella esecuzione di sicurezza idonea alla zona determinata non considerando l'azione svolta dal sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera; (tipicamente, per i sensori con modo di protezione "d" oppure "i" per zona 1 e con modo di protezione "n" per zona 2).

Dove il rilevatore preveda, anche remotamente, un elemento sensibile caldo, l'elemento stesso deve essere adatto per operare in presenza di atmosfera esplosiva.

- b) Il controllo dell'atmosfera deve essere automatico e continuo. Può essere ammesso il controllo automatico intermittente delle sole zone 2, previa valutazione caso per caso, con l'intervallo di campionamento scelto in funzione delle caratteristiche di emissione delle SE e comunque mai superiore a 3 min.
- c) Nei casi in cui nello stesso volume siano presenti più sostanze infiammabili, il sistema deve essere idoneo per le stesse e per le loro miscele. Si raccomanda di tarare il sensore sulla sostanza verso la quale esso risulta meno sensibile, tenendo anche conto del LEL delle singole sostanze.
- d) I componenti del sistema devono essere conformi alle relative norme di prodotto della serie CEI EN 60079-29 e certificati, come espressamente richiesto nel DPR 126/98 (Direttiva 94/9/CE, Allegato II) nell'ambito dei requisiti essenziali di sicurezza.
- e) L'installazione, la manutenzione e la verifica periodica del sistema di controllo devono essere eseguite in conformità alle istruzioni e modalità stabilite dal costruttore, nonché a quanto indicato in 7.5.3.3.
- f) La soglia d'intervento deve essere stabilita in base a:
 - caratteristiche delle emissioni;
 - caratteristiche delle sostanze infiammabili;
 - geometria del locale;
 - sistema di ventilazione;
 - quantità di gas o vapore che può essere immessa nell'ambiente dopo l'intervento del dispositivo d'intercettazione (capacità delle tubazioni in assenza di sistema di sfiato in aria libera).

Compatibilmente con quanto sopra indicato e nel campo di misura dei rilevatori (0-100% LEL_v), la soglia d'intervento degli stessi deve essere:

- per il controllo di cui in 7.2 e 7.3.b) la più bassa possibile; tipicamente viene consigliata una prima soglia d'intervento al 15% LEL_v ed una seconda soglia al 30% LEL_v ;
- per il controllo di cui in 7.3.a), definita caso per caso sulla base della concentrazione media di sostanza infiammabile $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente V_a (campo lontano) che non deve essere superata al fine di rispettare la condizione [f.5.10.3-16] (ex 2.2.n) e di ridurre il k_z , v. GB.5.

NOTA In merito alla funzionalità del sistema di controllo è ora disponibile la norma CEI EN 50402: "Apparati Elettrici per la rivelazione e misura dei gas combustibili, tossici o vapori e dell'ossigeno. Requisiti di un sistema fisso di rivelazione gas in merito alla Sicurezza funzionale", che definisce le caratteristiche dei moduli del sistema e illustra le combinazioni che possono essere utilizzate ai fini della sicurezza. Per ciascun modulo vengono specificati i requisiti dettagliati suddivisi per tipo di livello, da SIL-C1 a SIL-C4 (Safety Integrity Level Capability) sulla falsariga delle altre due norme CEI EN 954-1 e della CEI EN 61501, ma con specifico riferimento al sistema di controllo di esplosibilità dell'atmosfera.

- g) I sistemi di controllo relativi a emissioni di primo grado devono **essere in numero non inferiore a due ed indipendenti**; essi devono garantire il preallarme e l'allarme con l'attuazione delle misure di cui in 7.4.

Il preallarme, l'allarme, il guasto di uno dei sistemi e la mancanza di alimentazione devono determinare una segnalazione ottica memorizzata, con ripristino manuale, possibile una volta eliminata la causa, riportata in luogo presidiato. In caso di guasto di entrambi i sistemi di controllo o mancanza di alimentazione, deve essere attuato automaticamente ed istantaneamente quanto previsto in 7.4.

Se non esiste luogo presidiato, al verificarsi del fuori servizio o mancanza di alimentazione di uno dei due sistemi, anziché l'allarme deve essere attuato automaticamente quanto previsto in 7.4.b) entro 8 h; al verificarsi del fuori servizio o mancanza di alimentazione di entrambi i sistemi, anziché l'allarme deve essere attuato automaticamente e istantaneamente quanto previsto in 7.4.b).

- h) Per le emissioni di secondo grado può essere previsto un solo sistema di controllo, ma con almeno due rilevatori, esso deve garantire il preallarme e l'allarme con l'attuazione delle misure di cui in 7.4.
- i) Il ripristino della situazione precedente l'intervento del sistema di controllo deve essere fatto manualmente e dopo aver appurato che l'atmosfera non è più pericolosa.
- j) Si raccomanda fortemente che per l'indicazione di un'avaria nell'alimentazione e/o dell'apparecchiatura siano utilizzati dei contatti aperti quando non attivati.
- m) Nella realizzazione di un nuovo impianto, i rilevatori devono essere installati il più tardi possibile per prevenire il loro danneggiamento, dovuto alle attività tipiche di cantiere (in particolare saldatura, verniciatura, ecc.). Tuttavia l'installazione deve essere completata nell'ambiente da proteggere, prima dell'introduzione di qualsiasi gas o vapore infiammabile.
Nelle attività di manutenzione dell'impianto devono essere prese particolari precauzioni per proteggere i rilevatori da danneggiamenti, accumulo di sporcizia, vernice, ecc.
- n) I rilevatori montati in posizioni in cui possono essere esposti a danni meccanici devono essere adeguatamente protetti.
- o) I rilevatori non devono essere esposti a sostanze contaminanti che potrebbero influire negativamente sul loro funzionamento. Per esempio, i materiali che contengono siliconi non devono essere utilizzati dove vengono installati i rilevatori catalitici.
- p) La pratica di lavaggio dell'impianto con acqua in pressione può provocare una seria degradazione dei rilevatori di gas se di tipo non adeguato e deve essere evitata nelle zone dove questi sono collocati.

7.4.2 Disponibilità dei sistemi di controllo

L'efficacia dei sistemi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera è fondamentale per la sicurezza contro le esplosioni, essa dipende essenzialmente dalla sua disponibilità e dalle sue caratteristiche costruttive, in particolare quelle degli apparecchi di misura della concentrazione di sostanza infiammabile nell'atmosfera.

La disponibilità dei sistemi ha influenza sulla presenza o formazione di atmosfere esplosive e deve essere presa in considerazione per determinare il tipo o i tipi di zone pericolose.

Si considerano i seguenti tre LIVELLI di disponibilità:

Buona

Quando il controllo è attivo in pratica con continuità.

Adeguate

Quando il controllo è attivo durante il funzionamento normale. Sono ammesse delle interruzioni purché siano poco frequenti e per brevi periodi.

Scarsa

Quando il controllo non risponde ai requisiti di adeguata o buona, anche se non sono previste interruzioni per lunghi periodi.

NOTA In pratica un sistema di controllo con disponibilità scarsa non dovrebbe essere considerato ai fini della sicurezza contro le esplosioni.

Come si può vedere dalla Tabella 7.6-1, un sistema di controllo che risponde ai requisiti previsti dalla disponibilità scarsa non dovrebbe essere considerato in quanto non ha nessun effetto come misura tecnica per la prevenzione e/o protezione contro le esplosioni.

Nel valutare la disponibilità di tali sistemi, deve essere considerata l'affidabilità delle apparecchiature e del sistema nel suo insieme. La disponibilità buona richiede normalmente, in caso di interruzione del servizio, l'adozione di sistemi di protezione sostitutivi. Tuttavia se vengono presi dei provvedimenti per prevenire l'emissione nell'ambiente della sostanza infiammabile quando viene meno il controllo (ad esempio mediante disattivazione delle SE e/o attivazione della ventilazione integrativa), non è necessario modificare la classificazione determinata con il sistema in funzione, cioè la disponibilità può essere assunta come buona.

Qualora in esercizio il sistema di controllo determini il blocco con una frequenza superiore a $2 \div 4$ volte ogni 365 d, oppure segnali concentrazioni pericolose (allarme) per durate complessive superiori ad 10 h ogni 365 d, il luogo non può più essere considerato zona pericolosa controllata e deve essere classificato secondo le regole generali.

Nella casistica di cui sopra non devono però essere considerati i casi in cui:

- a) si accerti che l'intervento del sistema di controllo è risultato intempestivo e non attribuibile a concentrazioni pericolose;
- b) l'evento che ha determinato l'intervento del sistema di controllo abbia carattere eccezionale, inatteso e non ripetibile;
- c) si siano presi provvedimenti tecnici tali da rendere non probabile il ripetersi dell'evento.

7.4.3 Disposizione dei rilevatori

Per il controllo di esplosibilità dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o in punti particolari di un ambiente di cui in 7.2, la disposizione dei rilevatori è generalmente complessa; essi devono rilevare il più prontamente possibile le più alte concentrazioni pericolose di gas o vapori infiammabili nell'atmosfera controllata.

La quantità e l'ubicazione dei rilevatori è significativa, essi devono essere posizionati considerando la modalità, portata, direzione di emissione e direzione di dispersione nell'aria del gas o vapore infiammabile, l'effettiva diluizione dell'atmosfera esplosiva nell'ambiente e devono assicurare la continuità del servizio.

Per il controllo dell'atmosfera di particolari tipi di zone pericolose di cui in 7.3, i rilevatori devono essere posizionati in una parte del volume V_a interessata dai moti dell'aria che attraversa anche le zone pericolose, tenendo conto anche della densità relativa dei gas o vapori infiammabili, cioè in alto per i gas o vapori leggeri, in basso per i gas o vapori pesanti, sia in alto, sia in basso per i gas o vapori intermedi (v. 5.5.4).

Quando la ventilazione è omogenea, la quantità di rilevatori è poco significativa, purché essi assicurino la continuità del servizio.

7.4.4 Verifica dei sistemi di controllo

Il controllo di esplosibilità dell'atmosfera è una misura tecnica di tipo attivo, cioè la sicurezza contro le esplosioni è affidata, oltre che alle sue caratteristiche, anche alla sua affidabilità, per cui la verifica dei sistemi di controllo è importantissima.

Dopo la taratura iniziale con il gas, i sistemi devono automaticamente tornare allo stato di sorveglianza entro un intervallo predeterminato e senza ulteriori regolazioni.

Tuttavia per garantire il funzionamento corretto è essenziale effettuare periodicamente delle verifiche e tarature.

Le verifiche periodiche del sistema di rilevazione gas infiammabili costituiscono un fattore estremamente importante che influisce sulla sua affidabilità.

Una prestazione ottimale del sistema ed un funzionamento sicuro saranno raggiunti solo attraverso un adeguato programma di verifiche.

Quando il sistema di rilevazione del gas o una parte di esso non è operativo durante la verifica o la taratura, è fondamentale mantenere la sicurezza dell'ambiente, mediante misure appropriate, oppure devono essere disattivate le sorgenti di emissione che interessano l'ambiente o la sua parte controllata.

Misure appropriate possono essere:

- uso di un duplice sistema;
- aumento della ventilazione;
- eliminazione delle sorgenti di accensione.

7.4.4.1 Controllo di funzionamento iniziale e taratura con gas

L'intero sistema di rilevazione di gas, comprese le apparecchiature ausiliarie, deve essere verificato prima dell'uso per garantire che il progetto e l'impianto sono stati realizzati in modo soddisfacente.

Le istruzioni devono comprendere i dettagli relativi all'uso, alle prove, alla taratura e al funzionamento.

Dopo l'installazione, ciascun sensore deve essere verificato in base alle istruzioni del costruttore. La taratura deve essere effettuata solo da personale competente e adeguatamente istruito.

7.4.4.2 Verifiche

I sistemi di controllo devono essere frequentemente verificati e ritarati da persone competenti in accordo con le istruzioni del costruttore, considerando le reali condizioni di installazione.

Le verifiche comportano anche esami a vista di tutte le unità del sistema di rilevazione del gas ed il controllo delle funzioni di prova. Deve essere prestata particolare attenzione alla ricerca di sostanze contaminanti (polvere o sporco) ed alla condensa di acqua o di solventi nei sistemi di campionamento e nelle sedi dei rilevatori.

Le verifiche devono essere annotate su un apposito registro, indicando almeno la data di effettuazione.

La frequenza delle verifiche e ritaratura deve essere determinata dall'utilizzatore in funzione delle reali condizioni di esercizio e delle istruzioni del costruttore, in ogni caso deve essere almeno:

- trimestrale per i sistemi che controllano ambienti con emissioni di primo grado;
- semestrale per sistemi che controllano ambienti con sole emissioni di secondo grado.

A seconda dell'applicazione, può essere necessario scegliere intervalli di verifica e ritaratura più frequenti. In tutti i casi, gli intervalli di taratura devono essere tali per cui tutte le deviazioni di misura rientrino nella precisione dello strumento.

La verifica di precisione deve essere effettuata utilizzando il gas di taratura appropriato, generalmente con bombole di gas titolate.

Se una bombola di gas di taratura certificato non è disponibile, si può utilizzare un altro gas di riferimento approvato dal costruttore.

Solitamente l'aria pulita viene utilizzata come gas di riferimento zero ed un gas di taratura con una concentrazione leggermente superiore ai livelli di allarme viene utilizzato per la prova di sensibilità, tuttavia si devono seguire le istruzioni del costruttore.

NOTA Per un maggiore approfondimento si rimanda alla Norma CEI EN 60079-29-2.

7.4.4.3 Manutenzione

Le operazioni di manutenzione devono essere eseguite in accordo con le istruzioni e le modalità stabilite dal costruttore e dalle specifiche prescrizioni di applicazione; esse non devono compromettere la sicurezza della zona controllata. Le apparecchiature difettose devono essere rimosse per la riparazione in officina. Se non può essere fornita immediatamente un'apparecchiatura in sostituzione, come sostituzione temporanea deve essere utilizzata un'apparecchiatura mobile.

Il costruttore deve rilasciare istruzioni per la prova ed il controllo dei componenti sostituibili dell'apparecchiatura. Il manuale delle istruzioni deve comprendere gli elenchi delle parti adatte.

7.5 Influenza sui tipi di zona dei sistemi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera nell'intorno di specifiche SE o in punti particolari di un ambiente

Fermo restando quanto indicato in 7.1 e 7.2 sulla limitazione dell'uso di questa misura tecnica di protezione contro le esplosioni, l'influenza dei sistemi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera sui tipi di zona è riportata nella Tabella 7.5-1.

Tabella 7.5-1 – Influenza sui tipi di zone nell'intorno di specifiche SE o punti particolari di un ambiente di cui in 7.2 della disponibilità dei sistemi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera

Tipo di Zona in assenza del controllo	Disponibilità del sistema di controllo		
	Buona	Adeguate	Scarsa
Zona 2	Zona non pericolosa	Zona 2	Zona 2

7.6 Influenza sui particolari tipi di zone di cui in 7.3 della disponibilità dei sistemi di controllo dell'atmosfera

L'influenza sui particolari tipi di zona di cui in 7.3 della disponibilità dei sistemi di controllo dell'atmosfera è riportata nella Tabella 7.6-1.

Tabella 7.6-1 – Influenza sui particolari tipi di zone di cui in 7.3 della disponibilità dei sistemi di controllo dell'atmosfera

Tipo di Zona nel capo lontano in assenza del controllo	Tipo di zona nel campo lontano in funzione della disponibilità del sistema di controllo		
	Buona	Adeguate	Scarsa
Zona 1	Zona non pericolosa	Zona 2	Zona 1
Zona 2	Zona non pericolosa	Zona non pericolosa	Zona 2

8 Luoghi con controllo di temperatura

8.1 Generalità

8.1.1 Oggetto e scopo

Nel presente Capitolo si considerano i luoghi con controllo strumentale, ad installazione fissa, della temperatura delle sostanze e/o degli ambienti contro i pericoli di esplosione per presenza di gas o vapori infiammabili e si forniscono i criteri di realizzazione di tali sistemi di controllo attraverso l'indicazione di:

- requisiti e modalità di installazione, verifica e criteri prestazionali;
- criteri d'intervento sulla temperatura dell'ambiente, sulle sorgenti di emissione (SE) e/o sulle sorgenti di accensione.

Il controllo di temperatura rientra tra le misure tecniche per la prevenzione e/o protezione contro le esplosioni sostitutive di quelle previste per i prodotti e gli impianti (esecuzioni di sicurezza), ma non può essere utilizzato quale modo di protezione generalizzato, v. nota.

NOTA Per quanto attiene agli impianti elettrici si segnala che la norma CEI EN 60079-14 (CEI 31-33), art. 4.1. pone dei limiti all'uso del controllo di esplosibilità dell'atmosfera e alle altre tecniche sostitutive dell'esecuzione di sicurezza adatta alla zona pericolosa prevista.

È possibile utilizzare il sistema di controllo di temperatura per controllare:

- la temperatura delle sostanze;
- la temperatura dell'ambiente.

Il sistema di controllo della temperatura può consentire di intervenire:

- sulla temperatura delle sostanze e/o degli ambienti;
- sulle sorgenti di emissione (SE);
- sulle sorgenti di accensione.

Non rientra tra gli scopi della presente Guida la definizione dei requisiti degli impianti e dei relativi componenti che possono essere sede di sorgenti di accensione e dei criteri d'intervento per la loro eventuale disattivazione.

Per le definizioni e i simboli utilizzati nel presente capitolo vedere l'art. 3.26.

8.1.2 Definizioni

8.1.2.1 Zona pericolosa termicamente controllata

Tutta la zona pericolosa, o la parte di essa, in cui i sistemi di controllo della temperatura, indicati nel presente capitolo, verificano che la temperatura ambiente sia sempre inferiore alla temperatura d'infiammabilità della/e sostanza/e che determina o determinano la zona stessa.

8.1.2.2 Punto termicamente controllato

Punto in cui il sistema di controllo rileva la temperatura dell'atmosfera o della sostanza pericolosa.

8.1.2.3 Massa termicamente autonoma

Massa, allo stato liquido, della sostanza infiammabile in cui può ritenersi che, ai fini della sicurezza prefissi nel presente capitolo, le escursioni termiche siano indipendenti da quelle dell'ambiente in cui la sostanza è detenuta. (Le masse termicamente autonome generalmente contengono scambiatori di calore o sono sede di reazioni chimiche esotermiche).

8.1.2.4 Massa termicamente dipendente

Massa, allo stato liquido, della sostanza infiammabile in cui può ritenersi che, ai fini della sicurezza prefissi nel presente capitolo, le escursioni termiche dipendono da quelle dell'ambiente in cui la sostanza è detenuta o da sorgenti di calore poste in detto ambiente.

8.1.2.5 Massa termicamente ibrida

Massa, allo stato liquido, della sostanza infiammabile in cui può ritenersi che le escursioni termiche significative ai fini di sicurezza prefissi nel presente capitolo, possono essere sia dipendenti sia indipendenti da quelle dell'ambiente in cui la sostanza è detenuta o dalle sorgenti di calore poste in detto ambiente.

8.2 Campo di applicazione

Il controllo strumentale di controllo della temperatura è ammesso nei luoghi con zone pericolose originate da emissioni di primo e secondo grado; il controllo è ammesso anche in presenza di emissioni strutturali e piccole emissioni continue che non aumentano significativamente la concentrazione media di sostanze infiammabili $X_m\%$ nell'atmosfera dell'ambiente V_a .

Il sistema di controllo deve:

- a) a temperatura prefissata inferiore a quella d'infiammabilità fornire un segnale di allarme, con conseguente possibilità di interventi sui sistemi che regolano la temperatura;
- b) al raggiungimento di una temperatura maggiore di quella di allarme, ma comunque inferiore alla temperatura d'infiammabilità, determinare un abbassamento della temperatura, oppure la disattivazione delle SE, o la disattivazione delle sorgenti di accensione con i criteri di seguito indicati.
 - b1) attivazione di un sistema addizionale di abbassamento della temperatura;
 - b2) disattivazione della o delle SE, v. nota;
 - b3) disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione, v. nota e 1.3.2.

NOTA Una sostanza allo stato liquido o solido, per essere infiammabile deve avere una temperatura d'infiammabilità T_i uguale o inferiore alla massima temperatura alla quale essa si trova o può trovarsi se emessa nell'ambiente (se la sostanza non è riscaldata o non può venire in contatto con superfici calde, ci si riferisce alla massima temperatura ambiente), v. 5.5.3.

Se la sostanza ha una temperatura d'infiammabilità maggiore della massima temperatura alla quale si trova o può trovarsi essa non presenta pericoli d'esplosione per la presenza di gas.

Eventuali criteri d'intervento per la messa fuori tensione dei prodotti (apparecchiature) e/o impianti elettrici non idonei al tipo di zona, saranno oggetto di altro documento riguardante gli impianti elettrici.

Il segnale d'allarme preliminare al blocco automatico (preallarme), di cui in 8.2.a), deve essere riportato in luogo permanentemente presidiato per permettere, tenuto conto dell'inerzia termica del sistema, un tempestivo intervento tendente a ridurre il pericolo, ad esempio limitando l'emissione di sostanze infiammabili e/o agendo su parametri che influenzano la temperatura.

Ove manchi il presidio, il segnale d'allarme deve determinare il blocco automatico.

Quando l'attivazione di un sistema addizionale di abbassamento della temperatura di cui in b1) è tale da impedire la formazione di atmosfere esplosive, possono essere omesse le misure di cui in b2) e b3).

Quando l'attivazione di un sistema addizionale di abbassamento della temperatura di cui in b1) non è possibile o non è tale da impedire la formazione di atmosfere esplosive, possono essere disattivate le SE di cui in b2); se così facendo si impedisce la formazione di atmosfere esplosive può essere omessa la disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione di cui in b3).

Quando le azioni di cui in b1) e b2) non sono sufficienti per impedire la formazione di atmosfere esplosive, si può valutare l'opportunità e l'efficacia della disattivazione delle sorgenti di accensione di cui in b3).

La misura di cui in b1) è da preferirsi sulle misure b2) e b3) in quanto interviene sulla causa primaria del pericolo (emissione di sostanza a temperatura maggiore della T_i). La misura di cui in b2) è da preferirsi sulla soluzione b3) in quanto interviene ancora sul pericolo (formazione di atmosfere esplosive). La disattivazione delle eventuali sorgenti di accensione di cui in b3) è da attuare solo quando con le misure b1) e b2) non si raggiunge lo scopo; peraltro, essa è di difficile attuazione per cui dovrebbe essere attuata solo quando si è certi che tutte le sorgenti di accensione vengano effettivamente disattivate tenendo conto di eventuali cause di accensione che rimangono efficaci anche dopo la disattivazione, per esempio a causa di parti calde (masse termicamente autonome, v. 8.2.3); in questo caso, la disattivazione deve intervenire con modalità tali da consentire a detti componenti di avere il tempo di portarsi in condizione non pericolosa (es. bassa temperatura) prima che la concentrazione di sostanza infiammabile nell'atmosfera superi il 30% LEL_v .

Le zone 0 possono essere controllate solo se non sono originate da emissioni di grado continuo, cioè sono zone 0 in quanto il tempo di persistenza dell'atmosfera esplosiva al cessare dell'emissione è molto lungo (es. nelle fosse profonde). Il loro controllo deve attuare provvedimenti che consentano di declassarle a zone 1 o 2 disattivando la SE quando la concentrazione raggiunge il valore indicato in 8.4.1 e agendo sulla ventilazione per rimuovere l'atmosfera esplosiva, riducendone quindi il tempo di persistenza.

8.3 Sistemi fissi di controllo della temperatura

8.3.1 Requisiti e modalità di installazione

I sistemi di controllo della temperatura devono rispondere ai seguenti requisiti.

- a) Quando la disponibilità del sistema di controllo della temperatura non è "buona" (v. 8.3.2), tutte le parti costituenti il sistema di controllo, sia quelle installate all'interno della zona pericolosa (es. termometro), sia quelle installate all'esterno di questa (es. , alimentazione, PLC), devono essere realizzati in esecuzione idonea alla zona determinata non considerando l'azione svolta dal sistema di controllo della temperatura; (tipicamente, con modo di protezione "d" o "i" per zona 1 e con modo di protezione "n" per zona 2).

Dove lo strumento di misura preveda, anche remotamente, un elemento sensibile caldo, l'elemento stesso deve essere adatto per operare in presenza di atmosfera esplosiva.

- b) Il controllo della temperatura deve essere automatico e continuo. Può essere ammesso il controllo automatico intermittente previa valutazione caso per caso, con l'intervallo di misura scelto in funzione delle caratteristiche di emissione delle SE, è comunque consigliabile che non sia superiore a [3] [15] min.
- c) L'installazione degli strumenti di misura (termometri) deve essere conforme alle istruzioni e modalità stabilite dal costruttore.

- d) Ove si è indicato l'uso di almeno due strumento di misura (termometri) si intende che devono essere fra loro indipendenti, intendendo che ogni guasto o modifica all'uno non deve compromettere il funzionamento dell'altro.
- e) Al raggiungimento di un primo valore di temperatura predeterminato, ogni strumento deve poter dare un allarme in luogo presidiato. Tale valore predeterminato deve essere inferiore di 5 K per le sostanze pure e 15 K per le miscele di liquidi infiammabili, rispetto alla temperatura d'infiammabilità (v. Guida alla direttiva 1999/92/CE, art. 2.2.2).
- f) Al raggiungimento di un secondo valore di temperatura predeterminato, ogni strumento di misura deve operare analogamente a come è indicato in 7.4. Il valore di temperatura predeterminato deve essere inferiore di 2 K per le sostanze pure e 7 K per le miscele di liquidi infiammabili, rispetto alla temperatura d'infiammabilità.

Nel caso in cui esistano, nella zona pericolosa termicamente controllata, componenti che hanno, nell'istante di blocco, temperatura ordinaria pericolosa nei riguardi dell'accensione di eventuali vapori, è necessario considerare:

- il decremento nel tempo, dall'istante di blocco, della temperatura dei componenti stessi;
- l'incremento nel tempo, dall'istante di blocco, della temperatura delle masse liquide delle sostanze infiammabili per effetto di eventuali sorgenti di calore.

Il blocco deve intervenire in modo che i componenti abbiano il tempo di portarsi a temperatura non pericolosa prima che le masse liquide delle sostanze considerate si portino alla temperatura di infiammabilità.

- g) In caso di mancanza di alimentazione deve automaticamente intervenire il blocco entro il tempo che le sorgenti di calore esistenti e ancora in funzione impiegherebbero ad innalzare di 5 K la temperatura della massa della sostanza pericolosa con un limite comunque di 8 h. La riattivazione delle sorgenti di accensione nelle zone termicamente controllate, dopo un qualsiasi blocco automatico, deve essere effettuato dopo aver accertato l'inesistenza di atmosfere esplosive.

8.3.2 Disponibilità dei sistemi di controllo

L'affidabilità dei sistemi di controllo della temperatura è fondamentale per la sicurezza contro le esplosioni, essa dipende essenzialmente dalla sua disponibilità e dalle sue caratteristiche costruttive, in particolare quelle degli apparecchi di misura della temperatura.

La disponibilità dei sistemi ha influenza sulla presenza o formazione di atmosfere esplosive e deve essere presa in considerazione per determinare il tipo o i tipi di zone pericolose.

Si considerano i seguenti tre LIVELLI di disponibilità :

Buona

Quando il controllo è attivo in pratica con continuità.

Adeguate

Quando il controllo è attivo durante il funzionamento normale. Sono ammesse delle interruzioni purché siano poco frequenti e per brevi periodi.

Scarsa

Quando il controllo non risponde ai requisiti di adeguata o buona, anche se non sono previste interruzioni per lunghi periodi.

NOTA In pratica un sistema di controllo con disponibilità scarsa non dovrebbe essere considerato ai fini della sicurezza contro le esplosioni.

Un sistema di controllo che risponde ai requisiti previsti dalla disponibilità scarsa non dovrebbe essere considerato in quanto non ha nessun effetto come misura tecnica per la prevenzione e/o protezione contro le esplosioni.

Nel valutare la disponibilità di tali sistemi, deve essere considerata l'affidabilità delle apparecchiature e del sistema nel suo insieme. La disponibilità buona richiede normalmente, in caso di interruzione del servizio, l'adozione di sistemi di protezione sostitutivi. Tuttavia se vengono presi dei provvedimenti per prevenire l'emissione nell'ambiente della sostanza infiammabile a temperature superiori alla temperatura d'infiammabilità T_i quando viene meno il controllo (ad esempio agendo sulla temperatura e/o sulla disattivazione delle SE) non è necessario modificare la classificazione determinata con il sistema in funzione, cioè la disponibilità può essere assunta come buona.

Qualora in esercizio il sistema di controllo determini il blocco con una frequenza superiore a $2 \div 4$ volte ogni 365 d, oppure segnali concentrazioni pericolose (allarme) per durate complessive superiori ad 10 h ogni 365 d, il luogo non può più essere considerato zona pericolosa controllata e deve essere classificato secondo le regole generali.

Nella casistica di cui sopra non devono però essere considerati i casi in cui:

- a) si accerti che l'intervento del sistema di controllo è risultato impestivo e non attribuibile a concentrazioni pericolose;
- b) l'evento che ha determinato l'intervento del sistema di controllo abbia carattere eccezionale, inatteso e non ripetibile;
- c) si siano presi provvedimenti tecnici tali da rendere non probabile il ripetersi dell'evento.

8.3.3 Verifica dei sistemi di controllo

Per garantire il funzionamento corretto dei sistemi di controllo della temperatura è essenziale effettuare periodicamente delle verifiche e tarature.

Le verifiche periodiche costituiscono un fattore estremamente importante che influisce sulla loro affidabilità.

Una prestazione ottimale dei sistemi ed un loro funzionamento sicuro sono raggiunti solo attraverso adeguati programmi di verifica.

Quando, durante la verifica o la taratura, il sistema di controllo della temperatura o una parte di esso non è operativo, è fondamentale mantenere la sicurezza dell'ambiente, mediante misure appropriate, oppure devono essere disattivate le sorgenti di emissione che interessano l'ambiente o la sua parte controllata.

Misure appropriate possono essere:

- uso di un duplice sistema;
- abbassamento della temperatura;
- eliminazione delle sorgenti di accensione.

Dopo una verifica o taratura che li rende inoperativi, i sistemi devono automaticamente tornare allo stato di sorveglianza entro un intervallo predeterminato e senza ulteriori regolazioni.

8.3.3.1 Controllo di funzionamento iniziale e taratura

L'intero sistema di controllo della temperatura, comprese le apparecchiature ausiliarie, deve essere verificato prima dell'uso per garantire che il progetto e l'impianto sono stati realizzati in modo soddisfacente.

Le istruzioni devono comprendere i dettagli relativi all'uso, alle prove, alla taratura e al funzionamento.

Dopo l'installazione, ciascun sensore deve essere verificato in base alle istruzioni del costruttore. La taratura deve essere effettuata solo da personale competente e adeguatamente istruito.

8.3.3.2 Verifiche

I sistemi di controllo devono essere frequentemente verificati da persone competenti in accordo con le istruzioni del costruttore, considerando le reali condizioni di installazione.

Deve essere prestata particolare attenzione alla ricerca di sostanze contaminanti (polvere o sporco) ed alla condensa di acqua, ecc.

Le verifiche devono essere annotate su un apposito registro, indicando almeno la data di effettuazione.

La frequenza delle verifiche e ritaratura deve essere determinata dall'utilizzatore in funzione delle reali condizioni di esercizio e delle istruzioni del costruttore, in ogni caso deve essere almeno:

- trimestrale per i sistemi che controllano ambienti con emissioni di primo grado;
- semestrale per sistemi che controllano ambienti con sole emissioni di secondo grado.

A seconda dell'applicazione, può essere necessario scegliere intervalli di verifica e ritaratura più frequenti. In tutti i casi, gli intervalli di taratura devono essere tali per cui tutte le deviazioni di misura rientrino nella precisione dello strumento.

8.3.3.3 Manutenzione

Le operazioni di manutenzione devono essere eseguite in accordo con le istruzioni e le modalità stabilite dal costruttore e dalle specifiche prescrizioni di applicazione; esse non devono compromettere la sicurezza della zona controllata. Le apparecchiature difettose devono essere rimosse per la riparazione in officina. Se non può essere fornita immediatamente un'apparecchiatura in sostituzione, come sostituzione temporanea deve essere utilizzata un'apparecchiatura mobile.

Il costruttore deve rilasciare istruzioni per la prova ed il controllo dei componenti sostituibili dell'apparecchiatura. Il manuale delle istruzioni deve comprendere gli elenchi delle parti adatte.

8.4 Zone pericolose termicamente controllate

8.4.1 Zone pericolose termicamente controllate originate da emissioni di primo grado

8.4.1.1 Zone termicamente controllabili

Le zone termicamente controllate possono ottenersi, a seconda dei casi, sorvegliando la temperatura dell'atmosfera e/o la temperatura delle sostanze infiammabili. Per la scelta dei punti termicamente controllati vengono date alcune soluzioni caratteristiche intendendosi che la scelta deve essere rivolta verso punti che per numero e localizzazione siano significativi ai fini della sicurezza.

Qualora in esercizio il sistema di controllo determini il blocco con una frequenza superiore a $2 \div 4$ volte ogni 365 d, oppure segnali temperature pericolose (allarme) per durate complessive superiori ad 10 h ogni 365 d, il luogo non può più essere considerato zona pericolosa termicamente controllata e deve essere classificato secondo le regole generali.

Nella casistica di cui sopra non devono però essere considerati i casi in cui:

- a) si accerti che l'intervento del sistema di controllo è risultato intempestivo e non attribuibile a temperature pericolose;
- b) l'evento che ha determinato l'intervento del sistema di controllo abbia carattere eccezionale, inatteso e non ripetibile;
- c) si siano presi provvedimenti tecnici tali da rendere non probabile il ripetersi dell'evento.

8.4.1.2 Luoghi con massa termicamente autonoma

La zona pericolosa, originata da emissioni di primo grado, è termicamente controllata se dotata di almeno due punti termicamente controllati interni alla massa liquida della sostanza pericolosa.

8.4.1.3 Luoghi con massa termicamente dipendente

La zona pericolosa, originata da emissioni di primo grado, è termicamente controllata se dotata di almeno due punti termicamente controllati nell'ambiente che circonda la massa della sostanza infiammabile o all'interno della stessa oppure un punto termicamente controllato nell'ambiente ed uno nella massa.

8.4.1.4 Luoghi con massa termicamente ibrida

La zona pericolosa, originata da emissioni di primo grado, è termicamente controllata se dotata di almeno due punti termicamente controllati all'interno dalla massa liquida della sostanza infiammabile.

8.4.2 Zone pericolose termicamente controllate originate da emissioni di secondo grado

Vale quanto previsto per le emissioni di primo grado in 8.4.1; tuttavia la sorveglianza può essere eseguita in un solo punto termicamente controllato anziché due.

8.4.3 Influenza sui tipi di zona dei sistemi di controllo della temperatura

Per l'influenza sui tipi di zona dei sistemi di controllo della temperatura vedere, per analogia, quanto previsto in 7.4 per i sistemi di controllo di esplosibilità dell'atmosfera.

9 Inertizzazione dell'atmosfera di un ambiente (locale o contenitore)

9.1 Generalità

L'inertizzazione è la tecnica con la quale avviene la sostituzione parziale o totale del comburente (di solito l'ossigeno dell'aria) presente nell'atmosfera di un ambiente, sia esso un locale o un contenitore di sostanze infiammabili, con un gas inerti (es. azoto, biossido di carbonio, gas nobili).

L'atmosfera normale contiene il 21 % circa di ossigeno, ad essa è fatto riferimento per la definizione dei limiti di esplosibilità in aria di un gas o un vapore infiammabile o una polvere combustibile (*LEL* e *UEL*). Quando la percentuale di ossigeno nell'atmosfera scende progressivamente a valori inferiori, il limite inferiore di esplosibilità (*LEL*) si alza (solo un poco), ed il limite superiore (*UEL*) si abbassa progressivamente fino ad incontrare la curva del limite inferiore, ad un valore al di sotto del quale l'atmosfera non è più esplosiva, si dice allora che l'atmosfera è inerte, Fig. 9.1-A.

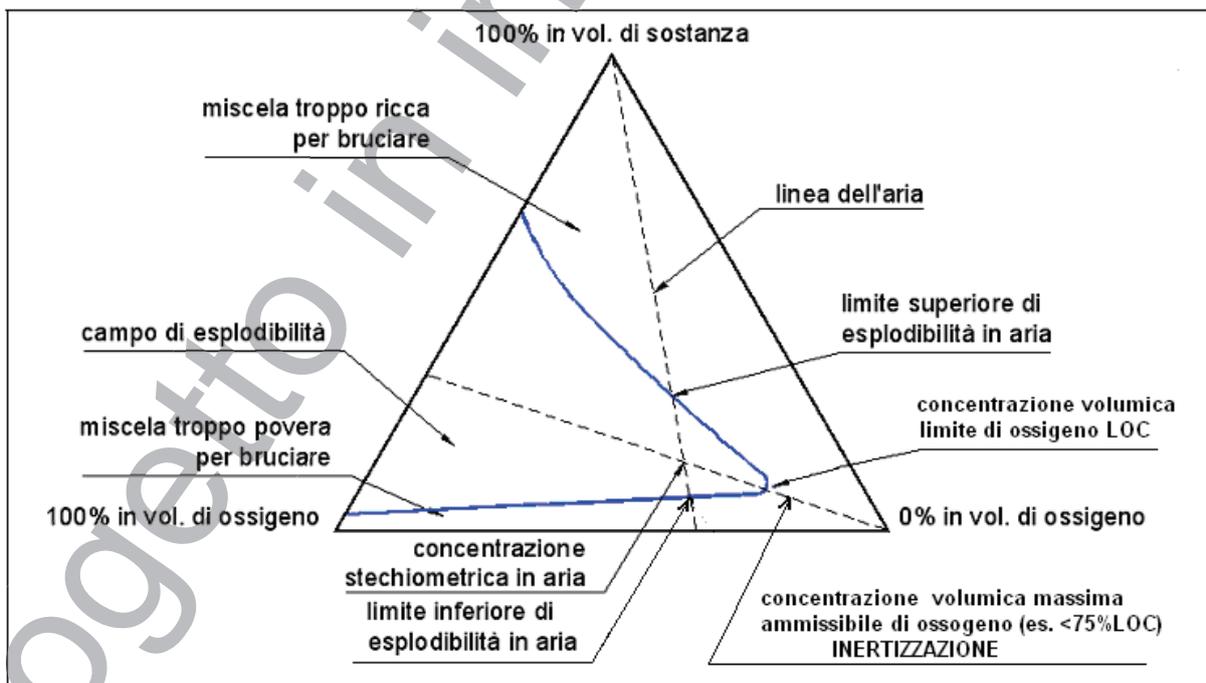


Fig. 9.1-A – Campo di esplosibilità di una sostanza in funzione della concentrazione di ossigeno nell'atmosfera a temperatura e pressione ordinarie

Per l'esatta determinazione di questa misura di protezione deve essere nota la *concentrazione volumica limite di ossigeno LOC* con la quale non può più avvenire alcuna esplosione, 5.5.18.

La *concentrazione volumica massima ammissibile di ossigeno* deriva dalla concentrazione limite di ossigeno dedotta di un margine di sicurezza (es. 75% LOC). In caso di rapida variazione della concentrazione o di una notevole diversità di concentrazione nelle diverse parti dell'impianto si impone un ampio margine di sicurezza. Vanno considerati inoltre eventuali errori di manipolazione e difetti nel funzionamento delle apparecchiature. Si deve inoltre considerare l'intervallo di tempo necessario perché diventino efficaci le misure di protezione scattate, ovvero le funzioni di emergenza.

I provvedimenti di inertizzazione dell'atmosfera di un ambiente sono sistemi di sicurezza contro le esplosioni, pertanto devono possedere i seguenti requisiti:

- la loro efficacia (la concentrazione massima ammissibile di ossigeno) deve essere controllata e sorvegliata;
- deve essere presa in considerazione la classificazione immediatamente al di fuori del punto di scarico del sistema di aspirazione;
- devono essere eseguite verifiche e interventi di manutenzione volti a mantenere i requisiti di inertizzazione;

NOTA Si ricorda che l'usura è nella natura delle cose, ma ad essa si sopperisce con una buona manutenzione. Un sistema di inertizzazione che non viene riparato non deve essere considerato un sistema di sicurezza contro le esplosioni.

- devono essere presi provvedimenti in caso di interruzione dell'inertizzazione.

L'ambiente circostante gli ambienti o i contenitori inertizzati deve essere classificato anche in assenza dell'inertizzazione se questa non è sufficientemente affidabile.

Per le definizioni e i simboli utilizzati nel presente capitolo vedere l'art. 3.26.

9.2 Requisiti dell'inertizzazione

L'inertizzazione dell'atmosfera, es. un reattore o un serbatoio, può essere attuata con un flusso continuo di gas inerte o con il ricambio dell'atmosfera interna. Generalmente, il volume di gas inerte necessario per l'inertizzazione è pari a 4 ÷ 5 volte il volume libero interno.

9.2.1 Disponibilità dei sistemi di inertizzazione

L'affidabilità dell'inertizzazione è fondamentale per la sicurezza contro le esplosioni, essa dipende essenzialmente dalla sua disponibilità e dalle sue caratteristiche costruttive, in particolare quelle del sistema di controllo della concentrazione di ossigeno nell'atmosfera.

La disponibilità dei sistemi di inertizzazione ha influenza sulla presenza o formazione di atmosfere esplosive e deve essere presa in considerazione per determinare il tipo o i tipi di zone pericolose.

Si considerano i seguenti tre LIVELLI di disponibilità :

Buona

Quando è attiva in pratica con continuità.

Adeguate

Quando è attiva durante il funzionamento normale. Sono ammesse delle interruzioni purché siano poco frequenti e di breve durata.

Scarsa

Quando non risponde ai requisiti di adeguata o buona, anche se non sono previste interruzioni per lunghi periodi.

NOTA In pratica un sistema di inertizzazione con disponibilità SCARSA non dovrebbe essere considerato ai fini della sicurezza contro le esplosioni.

Un sistema artificiale di inertizzazione che non risponde nemmeno ai requisiti previsti dalla scarsa disponibilità non deve essere considerato.

Nel valutare la disponibilità dei sistemi di inertizzazione, deve essere considerata l'affidabilità delle apparecchiature e del gas inertizzante. La disponibilità buona richiede normalmente, in caso di interruzione del servizio, l'adozione di sistemi di protezione sostitutivi. Tuttavia se vengono presi dei provvedimenti per prevenire l'emissione nell'ambiente della sostanza infiammabile quando viene meno l'inertizzazione (per esempio mediante arresto automatico del processo), non è necessario modificare la classificazione determinata con l'inertizzazione in funzione, cioè la disponibilità può essere assunta come buona.

Come gas inerti si impiegano normalmente azoto, biossido di carbonio, gas nobili (es. elio), gas di combustione e vapore acqueo. Quando si utilizza il vapore acqueo per l'inertizzazione deve essere considerato l'effetto della condensazione.

La scelta della sostanza inerte deve essere eseguita considerando che essa non deve reagire con la sostanza infiammabile.

L'inertizzazione con gas di solito può essere effettuata solo in ambienti chiusi (locali o contenitori) non accessibili all'uomo, in cui sia possibile solo uno scambio di volume gassoso relativamente ridotto per unità di tempo. Se il gas inerte fuoriesce accidentalmente dall'ambiente chiuso, vi possono essere dei rischi per i lavoratori, dovuti alla mancanza di ossigeno (pericolo di soffocamento). Se come gas inerti si usano gas di scarico di combustione, in caso di fuoriuscita dall'ambiente inertizzato si può verificare un avvelenamento dei lavoratori.

9.2.2 Verifiche

Prima di mettere in servizio un sistema di inertizzazione, si deve esaminare la documentazione tecnica e, se necessario, effettuare verifiche e prova.

9.2.3 Contrassegni

Tutti gli ambienti inertizzati devono essere segnalati con l'indicazione seguente o un'altra equivalente:

ATTENZIONE – CONTENITORE (o locale) PROTETTO CON INERTIZZAZIONE

9.2.4 Istruzioni

Devono essere predisposte apposite Istruzioni per l'uso e la manutenzione.

9.2.5 Concentrazione volumetrica limite di ossigeno LOC

La concentrazione volumetrica limite di ossigeno LOC per prevenire l'accensione di atmosfere con gas o vapori infiammabili di alcune sostanze, utilizzando azoto come inertizzante, è riportata nella Tabella 9.2-1. I valori indicati sono tratti dalla letteratura tecnica e non sono garantiti. Inoltre essi possono variare in considerazione della purezza dell'azoto, del gas o vapore infiammabile e della temperatura ambiente. In definitiva si ritiene opportuno assumere percentuali di ossigeno inferiori a quelle della Tabella 9.2-1 (consigliabile almeno il 75% del valore indicato).

Tabella 9.2-1 – Concentrazione volumetrica limite di ossigeno LOC per prevenire l'accensione di atmosfere con gas o vapori infiammabili, utilizzando azoto come inertizzante

Gas o vapore	LOC	Gas o vapore	LOC
Acetone	11,0%	Etilene	9,0%
Alcool etilico	8,0%	Esano	9,5%
Alcool metilico	8,0%	Gas naturale	9,5%
Benzene	9,0%	Idrogeno	4,0%
Benzine	9,5%	Idrogeno solforato	6,0%
Butadiene	8,0%	Isopentano	9,5%
Butano e Isobutano	9,5%	JP-1	8,5%
Butene	9,0%	JP-3	9,5%
Ciclopropano	9,0%	JP-4	9,0%
Dimetilbutano	9,5%	Kerosene	9,0%
Eptano	9,0%	Metano	9,5%
Esano	9,5%	Monossido di carbonio	4,5%
Etano	8,5%	Pentano	9,0%
Etanolo	9,5%	Propilene	9,0%
Etere etilico	8,5%	Solfuro di carbonio	4,0%

9.3 Influenza sui tipi di zona dei sistemi di inertizzazione

L'influenza dei sistemi di inertizzazione sui tipi di zone nell'ambiente circostante è riassunto nella Tabella 9.3-1, i provvedimenti da adottare nella messa in servizio e in caso di interruzione del servizio di inertizzazione sono riportati nella Tabella 9.3-2.

Tabella 9.3-1 – Influenza dei sistemi di inertizzazione sui tipi di zone

Gradodella emissione	Disponibilità dell'inertizzazione		
	Buona	Adeguate	Scarsa
Continuo	Zona non pericolosa	Zona 1	Zona 0
Primo	Zona non pericolosa	Zona 2	Zona 1
Secondo	Zona non pericolosa	Zona non pericolosa	Zona 2

Tabella 9.3-2 – Provvedimenti da adottare in caso di interruzione del servizio di inertizzazione

Tipo di Zona in assenza di inertizzazione	Classificazione dei prodotti secondo il DPR 126/98 (direttiva 94/9/CE)		
	Prodotti II 2G (adatti per Zona 1)	Prodotti II 3G (adatti per Zona 2)	Prodotti non adatti per Zone pericolose
Zona 1	Nessun provvedimento	Allarme ⁽¹⁾ , più Azione immediata per ripristinare l'inertizzazione, più Messa fuori servizio programmata dei prodotti ⁽²⁾	Allarme ⁽¹⁾ , più Azione immediata per ripristinare l'inertizzazione, più Messa fuori servizio automatica dei prodotti il più presto possibile ⁽³⁾
Zona 2	Nessun provvedimento	Nessun provvedimento	Allarme ⁽¹⁾ , più Azione immediata per ripristinare l'inertizzazione, più Messa fuori servizio programmata dei prodotti il più presto possibile ⁽²⁾

(1) Allarme ottico e acustico, quest'ultimo tacitabile e non disinseribile.
 (2) Il tempo deve essere stabilito considerando una fermata programmata e in sicurezza (generalmente non maggiore di 30 min); il tempo può anche essere prolungato purché si accerti l'assenza di atmosfera esplosiva pericolosa.
 (3) Il tempo deve essere generalmente non maggiore di 15 s); il tempo può anche essere prolungato purché si accerti l'assenza di atmosfera esplosiva pericolosa.

Nelle zone pericolose esterne all'ambiente inertizzato, stabilite in assenza della depressione, ved. la Tabella 9.3-1, prima di mettere in servizio per la prima volta i prodotti non rispondenti al DPR 126/98 (direttiva 94/9/CE) ed i relativi sistemi e prima di rimetterli in servizio dopo la messa fuori servizio automatica o programmata come indicato nella Tabella 9.3-2, si deve assicurare che l'atmosfera esterna all'ambiente inertizzato non sia pericolosa, ved. nota (1), oppure procedere a un lavaggio di durata sufficiente a rendere non pericolosa l'atmosfera stessa, ved. nota (2);

NOTA 1 Un'atmosfera è considerata non pericolosa quando la concentrazione di sostanza infiammabile non raggiunge il 30% LEL_v. L'ubicazione dei punti di misura deve essere scelta attentamente per rilevare la più alta concentrazione di sostanza infiammabile.

NOTA 2 L'immissione dell'aria deve essere effettuata in modo da favorire l'uniforme diluizione delle sostanze infiammabili eventualmente presenti. In generale, il volume di aria di protezione necessario per il lavaggio è calcolato in almeno 5 volte il volume libero interno del locale o contenitore e dei condotti annessi.

Tutti i prodotti installati nelle zone pericolose esterne all'ambiente inertizzato stabilite in assenza di inertizzazione, che devono rimanere o essere messi in tensione in assenza dell'inertizzazione, (particolarmente quelli che assicurano l'inertizzazione, l'illuminazione e le telecomunicazioni essenziali) devono essere rispondenti al DPR 126/98 (direttiva 94/9/CE); essi ed i relativi sistemi devono essere adatti all'utilizzo nella zona che corrisponde alla qualifica del locale in assenza di inertizzazione come indicati nella Tabella 9.3-1.

L'allarme ottico e/o acustico deve essere installato in luogo sempre presidiato, in posizione immediatamente percettibile dal personale addetto, che eseguirà le azioni necessarie.

Il buon funzionamento dell'inertizzazione deve essere controllato mediante uno o più dispositivi di controllo della concentrazione massima ammissibile di ossigeno.

Nei casi in cui si voglia mantenere la continuità del servizio dei prodotti installati nelle zone pericolose esterne all'ambiente inertizzato stabilite in assenza dell'inertizzazione, può essere consigliabile prevedere due sorgenti di gas inerte, una di riserva all'altra. In questo caso, ogni sorgente deve essere in grado di mantenere da sola la concentrazione di ossigeno al di sotto della concentrazione massima ammissibile di ossigeno.

10 Nebbie infiammabili

10.1 Generalità

L'applicazione della presente Guida alle nebbie è subordinata a quanto indicato nella Norma CEI EN 60079-10-1, art. 1, Nota 1: "Nebbie infiammabili possono formarsi o essere presenti contemporaneamente ai vapori infiammabili.

I liquidi non considerati pericolosi nell'ambito della presente Norma (a causa della loro temperatura d'infiammabilità), quando emessi sotto pressione possono anche generare nebbie infiammabili.

In questi casi la rigorosa applicazione della classificazione dei luoghi per gas e vapori può non essere appropriata quale base per la selezione delle apparecchiature "

e a quanto indicato nell'Allegato D della norma stessa.

Quando un liquido è manipolato ad una temperatura uguale o superiore alla sua temperatura d'infiammabilità T_i , ogni emissione sarà trattata con il procedimento normale di classificazione dei luoghi descritto nella Norma. Se il liquido è emesso al di sotto della temperatura d'infiammabilità T_i , in certe condizioni, esso può formare una nube di nebbia infiammabile che può determinare un pericolo d'esplosione.

Esempi di tali liquidi con elevate temperature d'infiammabilità sono: combustibili liquidi (es. gasoli), oli diatermici (per lo scambio di calore) e oli lubrificanti.

10.2 Nebbie infiammabili

Nella pratica, un'emissione di liquido comprende normalmente un ampio intervallo di gocce di varie dimensioni, con le gocce più grandi che tendono a cadere immediatamente, lasciando solo una piccola frazione dell'emissione sotto forma di aerosol.

L'infiammabilità della nebbia dipende sia dalla concentrazione in aria (gocce e vapori), sia dalla volatilità, sia dalle dimensioni delle gocce all'interno della nube.

La dimensione delle gocce dipende, sia dalla pressione alla quale il liquido viene rilasciato, sia dalle proprietà del liquido (in primo luogo dalla massa volumica, dalla tensione superficiale e dalla viscosità), sia dalle dimensioni, sia dalla forma dell'apertura da cui avviene l'emissione. Normalmente, elevate pressioni e piccole aperture contribuiscono alla formazione di un getto di liquido con un grado di atomizzazione tale da determinare un pericolo d'esplosione. D'altra parte, piccolissime aperture di emissione determinano piccolissime portate di emissione così da ridurre detto pericolo.

È stato dimostrato che la porzione della nube di nebbia più facile da accendere è quella contenente aerosol. Comunque, l'aerosol generalmente è solo una piccola frazione dell'emissione totale. Questa frazione può essere aumentata se il liquido emesso sotto forma di getto colpisce una superficie nelle immediate vicinanze.

NOTA 1 Gli aerosol sono piccole (da sub-micron a 50 μm) particelle in sospensione nell'atmosfera.

NOTA 2 Rilasci sotto forma di goccioline di dimensioni tali da rientrare nella definizione di aerosol possono essere inferiori o uguali all'1 % della massa totale rilasciata, soggetta alle condizioni di emissione.

NOTA 3 Generalmente, nubi di goccioline combustibili sono risultate difficili da accendere, a meno che non ci sia una sufficiente massa di vapore o presenza di goccioline veramente piccole.

La possibilità che un'emissione di liquido generi una nebbia infiammabile durante il funzionamento normale e/o provochi guasti ragionevolmente prevedibili deve essere valutata attentamente confrontandola con la possibilità di eventi che possono essere ricondotti ad una simile emissione. La valutazione può indicare che l'emissione di sostanze è di una probabilità molto bassa oppure che la nube di nebbia può essere generata solamente nel caso di guasti rari o catastrofici. La valutazione deve essere controllata tramite riferimenti bibliografici o esperienze operative di impianti similari. Comunque, data la complessità termodinamica delle nebbie e l'elevato numero di fattori che ne influenzano la formazione e l'infiammabilità, non possono essere disponibili riferimenti bibliografici per ogni situazione da valutare. In simili casi, deve essere formulato un giudizio basato su dati pertinenti.

Deve essere prestata particolare attenzione per evitare le potenziali emissioni di nebbie che, condensandosi, possono venire in contatto con superfici calde ed evaporare, con conseguente pericolo di incendio.

Le nebbie richiedono concentrazioni minime per essere infiammabili (così come per i vapori o le polveri combustibili). Tipicamente, per i liquidi non infiammabili, questo dovrebbe essere associato con una nube che riduce la visibilità.

Le considerazioni dovrebbero anche tenere conto che le nebbie sono tipicamente visibili e pertanto, le emissioni, di solito, possono essere attenuate nei tempi dovuti.

NOTA I limiti inferiori d'infiammabilità per gli aerosol di liquidi combustibili sono risultati essere simili o inferiori a quelli associati con i vapori di liquidi combustibili.

Nebbie infiammabili possono manifestarsi internamente alle apparecchiature a causa dei sistemi di lubrificazione, a sbattimento o agitazione come parte delle operazioni di processo. Le parti interne degli impianti di processo dovrebbero pertanto essere considerate come luoghi pericolosi. In determinate condizioni, dette nebbie potrebbero anche essere rilasciate in atmosfera, per esempio, nebbia di olio lubrificante attraverso lo sfiato del basamento, gli sfiiati del serbatoio o della trasmissione, così da originare pericolo d'incendio.

Preferibilmente, lo sfiato di dette nebbie dovrebbe essere eliminato tramite estrattori di nebbia.

10.3 Caratteristiche delle sorgenti di emissione

È importante evidenziare che non tutte le perdite di liquido causano una formazione di nebbia, per esempio, le perdite attraverso le guarnizioni rotte di flange oppure tenute del tipo a premi-stoppa/treccia che sono le più comuni emissioni di secondo grado nel caso di gas e vapori, nel caso di liquidi viscosi, saranno di solito trascurabili ed in molti casi causeranno sgocciolamenti invece di nebbie. Questo significa che la possibilità che nebbie possano essere generate attraverso perdite da connessioni di tubazioni, valvole, ecc., non dovrebbero essere sopravvalutate. Queste considerazioni dovrebbero tener conto delle proprietà fisiche del liquido, le condizioni alle quali viene manipolato, i dettagli meccanici dell'apparecchiatura attraverso la quale viene processato, la qualità dell'apparecchiatura e la presenza di ostruzioni in prossimità della sorgente di emissione.

NOTA 1 Per liquidi emessi ben al disotto delle loro temperature d'infiammabilità, casi di esplosioni dovute a nebbie, sono rari nell'industria di processo. Questo è probabilmente dovuto alla difficoltà di generare goccioline di dimensioni sufficientemente piccole attraverso una emissione accidentale, associata alla difficoltà di accensione.

NOTA 2 Le nebbie combustibili possono essere accese da scintille aventi energia simile a quella per l'accensione dei vapori; nel caso delle superfici calde, generalmente richiedono temperature molto elevate. L'accensione di nebbie attraverso il contatto con superfici calde generalmente richiede temperature più elevate rispetto a quelle per l'accensione dei vapori.

Se la formazione di una nebbia infiammabile è considerata possibile, allora la sorgente di emissione dovrebbe essere preferibilmente contenuta o gestita in modo da ridurre il pericolo, per esempio, per mezzo di protezioni porose per favorire la coalescenza della nebbia, rivelatori di nebbia o sistemi di soppressione. Dove il contenimento o simili controlli non possono essere assicurati, allora il potenziale luogo pericoloso dovrebbe essere considerato. Comunque, dato che il meccanismo di dispersione e i criteri relativi all'infiammabilità delle nebbie sono diversi rispetto a quelli per i gas e i vapori, la metodologia di classificazione presentata nell'Allegato B non può essere applicata.

NOTA 1 Le condizioni che sono necessarie per formare una nebbia infiammabile sono così complesse che solo un approccio qualitativo può essere appropriato. Può essere utile identificare i fattori relativi alla manipolazione del liquido in grado di contribuire alla formazione e all'infiammabilità della nebbia. Questi fattori insieme con la probabilità di eventi, che potrebbero determinare l'emissione di liquido, potrebbero essere sufficienti per valutare il grado del pericolo e aiutare a decidere se è richiesto un luogo pericoloso.

NOTA 2 In generale, il solo elemento rilevante per determinare il tipo di zona è il grado dell'emissione. In molti casi, esso sarà un grado di emissione secondo. Tipicamente, gradi di emissione continui o primi dovrebbero essere associati ad apparecchiature realizzate per la spruzzatura, per esempio, verniciatura a spruzzo.

NOTA 3 Se è stato stabilito un luogo pericoloso, sul disegno del luogo in esame, esso dovrebbe essere distinto dagli altri luoghi pericolosi associati con i gas ed i vapori, per esempio, per mezzo di un idoneo contrassegno.

10.4 Liquidi spruzzati intenzionalmente

Considerazioni addizionali dovrebbero essere applicate per le situazioni dove i liquidi sono spruzzati intenzionalmente, per esempio, verniciatura a spruzzo. In detti casi, solitamente, la classificazione dei luoghi è oggetto di norme specifiche o regolamenti industriali specifici (ved. la norma UNI EN 12215, le norme CEI EN della serie 50053- 1, 2, 3, CEI EN 50059, CEI EN 50348).

Progetto in inchiesta pubblica

APPENDICI

Appendice GA

Elenco di sostanze infiammabili o combustibili e valori orientativi delle loro caratteristiche significative

I contenuti della presenta Appendice non devono essere applicati in modo acritico, ma devono essere correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso, considerando le caratteristiche chimico-fisiche delle sostanze effettivamente presenti nel luogo considerato.

Sono da considerare infiammabili le sostanze classificate e contrassegnate dalle specifiche "Indicazioni di pericolo" (Frase H) secondo gli attuali Regolamenti Europei applicabili (REACH e CLP); sono inoltre da considerare infiammabili tutte le sostanze, miscele di sostanze e preparati non ancora classificati secondo i nuovi criteri, che potrebbero presentarsi con vecchie classificazioni (Frase R), o privi di classificazione, ma che corrispondono ai criteri di infiammabilità (v. il Regolamento (CE) n. 1272/2008, la direttiva madre 67/548/CEE e successive modifiche, la direttiva preparati 1999/45/CE).

Le informazioni riguardanti l'infiammabilità delle sostanze possono essere ricavate dall'etichetta presente sul contenitore e/o sulla scheda informativa di sicurezza, in lingua italiana, fornita dal fabbricante, dove devono comparire le "Indicazioni di pericolo" (Frase H) secondo il Regolamento (CE) n. 1272/2008, oppure le Frasi di rischio (Codice R) e l'apposito simbolo di cui al Decreto Ministeriale del 28-04-1997 "Attuazione dell'art. 37, commi 1 e 2, del decreto legislativo 3 febbraio 1997, n. 52, concernente classificazione, imballaggio ed etichettatura delle sostanze pericolose - Requisiti generali per la classificazione e l'etichettatura di sostanze e preparati pericolosi".

Un esempio di classificazione delle sostanze infiammabili secondo il Regolamento (CE) n. 1272/2008 è riportato nella Tabella GA-1A seguente, un esempio di classificazione delle sostanze infiammabili secondo la direttiva 67/548/CEE è riportato nella Tabella GA-1B seguente.

Nella Tabella GA-2 sono elencate sostanze infiammabili che, sotto forma di gas, vapori o nebbie, possono determinare con l'aria atmosfere pericolose. Per ciascuna sostanza sono riportati i valori delle caratteristiche significative ai fini della classificazione dei luoghi pericolosi (v. 5.5); le composizioni delle sostanze possono essere sensibilmente variabili in funzione della produzione specifica; il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi deve accertarne la effettiva corrispondenza con quelle della Tabella GA-2, avvalendosi della eventuale collaborazione di persone a conoscenza delle loro caratteristiche (ad es. un chimico).

Altro documento valido di consultazione per le caratteristiche delle sostanze è la norma CEI EN 60079-20-1 (CEI 31-90) Atmosfere esplosive - Classificazione dei gas e dei vapori - Metodi di prova e dati"

Nella tabella GA-2 le sostanze sono contraddistinte con il numero di identificazione CAS (Chemical Abstracts Service). Il numero CAS è un identificativo numerico che individua in maniera univoca un composto chimico. Il Chemical Abstract Service è una divisione della American Chemical Society; esso assegna questi identificativi ad ogni sostanza chimica descritta in letteratura. Attualmente oltre 30 milioni di composti hanno ricevuto un numero CAS e circa 7000 vengono aggiunti ogni giorno. La maggior parte dei database molecolari permettono di fare ricerche facendo riferimento al numero CAS.

Il numero CAS è costituito da tre sequenze di numeri separati da trattini. Il primo gruppo è costituito da un numero variabile di cifre, fino a sei, il secondo da due cifre, mentre il terzo ed ultimo gruppo è costituito da una singola cifra che serve da codice di controllo. I numeri sono assegnati in ordine progressivo e non hanno quindi nessun significato chimico.

Nelle applicazioni pratiche, le sostanze possono essere indicate con nomi diversi (es. nome chimico, sinonimo o un nome commerciale) per cui, tramite il numero CAS, è possibile risalire al loro nome chimico e alle loro caratteristiche.

NOTA Sul sito: www.cdc.gov/niosh/ipcs/italian.html sono elencate le stesse sostanze e i diversi nomi coi quali esse possono essere denominate in Italia.

Sul sito: <http://webbook.nist.gov/chemistry/cas-ser.html> sono elencate le sostanze e i diversi nomi coi quali esse possono essere denominate negli altri Paesi.

La Tabella GA-2 non è esaustiva; nella realtà possono esistere numerose sostanze infiammabili e loro miscele non ivi incluse; anche in questo caso, il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi deve individuarne le caratteristiche, con la eventuale collaborazione di persone esperte (ad es. un chimico).

Particolarmente quando le sostanze infiammabili sono molte, dovrebbe esserne preparato un elenco utilizzando un apposito foglio dati di cui un esempio è riportato nella Tabella riportata nell'Allegato C della Norma CEI EN 60079-10-1.

Si ricorda che la *Stazione Sperimentale per i combustibili - Viale De Gasperi, 3 - San Donato Milanese (MI)* ha competenze specifiche per le sostanze infiammabili.

Un esempio di classificazione delle sostanze infiammabili secondo la direttiva 67/548/CEE è riportato nella Tabella GA-1 seguente.

Per le definizioni e i simboli utilizzati nella presenta Appendice vedere l'art. 3.26.

Tabella GA-1A – Classificazione delle sostanze infiammabili secondo secondo il Regolamento (CE) n. 1272/2008

INDICAZIONI DI PERICOLO	
Pericoli fisici	
H200	Esplosivo instabile
H201	Esplosivo; pericolo di esplosione di massa
H202	Esplosivo; grave pericolo di proiezione
H203	Esplosivo; pericolo di incendio, di spostamento d'aria o di proiezione
H204	Pericolo di incendio o di proiezione
H205	Pericolo di esplosione di massa in caso d'incendio
H220	Gas altamente infiammabile
H221	Gas infiammabile
H222	Aerosol altamente infiammabile
H223	Aerosol infiammabile
H224	Liquido e vapori altamente infiammabili
H225	Liquido e vapori facilmente infiammabili
H226	Liquido e vapori infiammabili
H228	Solido infiammabile
H240	Rischio di esplosione per riscaldamento
H241	Rischio d'incendio o di esplosione per riscaldamento
H242	Rischio d'incendio per riscaldamento
H250	Spontaneamente infiammabile all'aria
H251	Autoriscaldante; può infiammarsi
H252	Autoriscaldante in grande quantità; può infiammarsi
H260	A contatto con l'acqua libera gas infiammabili che possono infiammarsi spontaneamente
H261	A contatto con l'acqua libera gas infiammabili
H270	Può provocare o aggravare un incendio; comburente
H271	Può provocare un incendio o un'esplosione; molto comburente
H272	Può aggravare un incendio; comburente
H280	Contiene gas sotto pressione; può esplodere se riscaldato
H281	Contiene gas refrigerato; può provocare ustioni o lesioni criogeniche
H290	Può essere corrosivo per i metalli

Tabella GA-1B – Classificazione delle sostanze infiammabili secondo la direttiva 67/548/CEE

Classificazione	Frase di rischio	Descrizione	Simbolo
Infiammabile	R10 infiammabile	Sostanze e preparati liquidi con temperatura d'infiammabilità $T_i \geq 21 \text{ °C}$ e $\leq 55 \text{ °C}$. NOTA queste sostanze possono essere infiammabili o non infiammabili, cioè essere o meno in grado di formare atmosfere esplosive, in relazione alla massima temperatura ambiente e ad eventuali riscaldamenti.	più apposita figura che simboleggia una fiamma, riportata nell'etichetta.
	R18 infiammabile	Preparati che durante l'uso possono formare con aria miscele esplosive/infiammabili. NOTA Questa frase di rischio comprende preparati che non sono classificati infiammabili in quanto tali ma che contengono componenti volatili infiammabili all'aria.	
Facilmente infiammabile	R11 facilmente infiammabile	sostanze e preparati liquidi con temperatura d'infiammabilità $t_i \geq 0 \text{ °C}$ e $\leq 21 \text{ °C}$. Nota questa frase di rischio comprende anche sostanze solide che possono facilmente incendiarsi a seguito di un breve contatto con una sorgente di accensione e continuano a bruciare dopo l'allontanamento di tale sorgente; tali sostanze non sono di interesse ai fini della formazione di atmosfere esplosive.	F più apposita figura che simboleggia una fiamma, riportata nell'etichetta.
	R15 a contatto con l'acqua o con l'aria umida, libera gas estremamente infiammabile	Sostanze e preparati che a contatto con l'acqua o con l'aria umida, libera gas estremamente infiammabili in quantità pericolose ($\geq 1 \text{ dm}^3/\text{kg}$ all'ora).	
Estremamente infiammabile	R12 estremamente infiammabile	Sostanze e preparati liquidi con temperatura d'infiammabilità $T_i < 0 \text{ °C}$ o una temperatura di ebollizione, o iniziale di ebollizione, $T_b \leq 35 \text{ °C}$. NOTA Questa frase di rischio comprende anche sostanze allo stato gassoso che si infiammano a contatto con l'aria a temperatura e pressione ordinarie; tali sostanze non sono di interesse ai fini della formazione di atmosfere esplosive.	F+ più apposita figura che simboleggia una fiamma, riportata nell'etichetta.

NOTA - Sono sostanze facilmente infiammabili anche quelle contraddistinte con la frase di rischio R17 spontaneamente infiammabili - Sostanze che a contatto con l'aria, a temperatura ambiente e senza apporto di energia, possono riscaldarsi ed infiammarsi, ma esse, non richiedendo una sorgente di accensione per infiammarsi, non interessano generalmente la classificazione dei luoghi oggetto della presente Guida.

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

Tabella GA-2
ELENCO DI SOSTANZE INFIAMMABILI O COMBUSTIBILI E VALORI ORIENTATIVI
DELLE LORO CARATTERISTICHE SIGNIFICATIVE
(vedere le Note riportate alla fine della Tabella e la Sez. 5.5)

N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		q	r		s	t	u
	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE										LEL % vol.	UEL % vol.		Temperatura di ebollizione T_b °C	Temperatura di vapore a 20°C P_v Pa				Temperatura di vapore a 40°C $P_v$ Pa
1	Acetale	<chem>CH3CH(OC2H5)2</chem>	105-57-7	-21	4,1	821	0,019	(29)	2010	$3,40 \cdot 10^5$	118,17	1,60	10,40	102	2 660	7 900	230	IIAT3	
2	Acetato di amile	<chem>CH3COOC3H11</chem>	628-63-7	16	4,49	922	0,023	(29)		$3,25 \cdot 10^5$	130,18	1,10	7,50	149	505	1 600	360	IIAT2	
3	Acetato di butilcellosolve	<chem>C4H9O(CH2)2OOCCH3</chem>	112-07-2	82	5,52	909	0,020	(29)			118,17-			171,2					
4	Acetato di butile-n	<chem>CH3COOC4H9</chem>	123-86-4	22	4	882	0,024	(29)	1960	$3,60 \cdot 10^5$	116,16	1,70	7,60	125	1 064	3 300	425	IIAT2	
5	Acetato di cellosolve	<chem>CH3COO(CH2)2OC2H5</chem>	111-15-9	46	4,72	975	0,025	(29)			132,16	1,71		156,3			380	(IIA)T2	
6	Acetato di cicloesile	<chem>CH3COOC6H11</chem>	622-45-7	58	4,90	985	0,022	(29)			142,22			177			335	(IIA)T2	
7	Acetato di esile	<chem>(CH3)2CH(CH2)3OOCCH3</chem>	108-84-9	45	4,97	890	0,022	(29)			144,21			141					
8	Acetato di etile	<chem>CH3COOC2H5</chem>	141-78-6	-4	3,04	901	0,031	1,14	2 010	$4,27 \cdot 10^5$	88,1	2,00	11,50	77,1	9 480	24 400	426	IIAT2	
9	Acetato di isoamile	<chem>CH3COOCH2CH2CH(CH3)2</chem>	123-92-2	23	4,49	922	0,023	(29)		$3,34 \cdot 10^5$	130,18	1	10,00	142	532	1 740	360	IIAT2	
10	Acetato di isobutile	<chem>CH3COOCH2CH(CH3)2</chem>	110-19-0	18	4	871	0,025	(29)	2010	$3,40 \cdot 10^5$	116,6	1,30	10,50	118	1 973	5 546	420	IIAT2	
11	Acetato di isopropile	<chem>CH3COOCH(CH3)2</chem>	108-21-4	4	3,52	874	0,028	(29)	1950	$3,50 \cdot 10^5$	103,13	1,80	8,00	88,4		16 200	467	IIAT1	
12	Acetato di metilcellosolve	<chem>CH3OCH2CH2CO2CH3</chem>	110-49-6	44	4,07	1 000	0,030	(29)				1,70	8,20					(IIAT2)	
13	Acetato di metile	<chem>CH3COOCH3</chem>	79-20-9	-10	2,56	924	0,035	1,14	1920	$4,10 \cdot 10^5$	74,08	2,80	25,00	57,1	22 173	53 320	502	IIAT1	
14	Acetato di propile	<chem>C3H7OOCCH3</chem>	109-60-4	10	3,5	886	0,028	(30)	1920	$3,35 \cdot 10^5$	102,13	1,70	8,00	101,6	3 333	9 266	430	IIAT2	
15	Acetato di vinile	<chem>CH2=CHOOCCH3</chem>	108-05-4	-8	3	932	0,031	1,1	1 900	$3,79 \cdot 10^5$	86,09	2,60	13,40	72,3	11 473	28 912	425	IIAT2	
16	Acetilacetone	<chem>CH2COCH2COCH3</chem>	123-54-6	33,5	3,4	1 000	0,030	(29)		$3,90 \cdot 10^5$	100,11	1,70		140	1 096	3 100	340	IIAT2	
17	Acetilene	<chem>C2H2</chem>	74-86-2	<0	0,9		0,059	1,26	2 690	$6,30 \cdot 10^5$	26,04	2,30	100,00	-85	4 165 000	6 045 000	305	IIC2T	
18	Acetofenone	<chem>CH3COC6H5</chem>	98-86-2	77	4,1	1 000	0,024	(29)		$3,60 \cdot 10^5$	120,15			202	130	420	535	IIAT1	

(continua)

(continuazione)

N.	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r	s		t	u
												LEL % vol.	UEL % vol.				Tempera- tura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa			Tensione di vapore a 40°C $P_v$ Pa	Tempera- tura di accensio- ne $T_{acc}$ (3) °C	Gruppo e Classe di tempera- tura (4)
SOSTANZE INFIAMMABILI		FORMULA O COMPOSIZIONE	Numero di identifica- zione CAS	Temperat d'infiam- mabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} g/m ³	Coeffi- ciente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici $\gamma (C_p/C_v)$	Calore specifico a temper. ambiente C_{si} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b C_v J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		Tempera- tura di accensio- ne T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di tempera- tura (4)					
19	Acetocianidrina											(CH ₃) ₂ C(OH)CN	75-86-5			74	2,9	900	(28)	(29)
20	Acetone	CH ₃ COCH ₃	67-64-1	-20	2	792	0,037	1,14	2 200	5,36 · 10 ⁵	58,08	2,5	13,00	56,5	23 117	54 942		465	IIAT1	
21	Acetonilacetone	(CH ₂ COCH ₃) ₂	110-13-4	79	3,94	1 000	(28)	(29)	2080					192	8 500	23 000		497	IIAT1	
22	Acetonitrile	CH ₃ CN	75-05-8	6	1,4	783	0,046	1,19	2 265	7,65 · 10 ⁵	41,05	3	16,00	81,6	9 223	22 653		523	IIAT1	
23	Acido acetico(giaciale)	CH ₃ COOH	64-19-7	39	2,07	1 049	0,048	1,15	2 031	4,05 · 10 ⁵	60,05	4,00	17,00	118,1	6 565	13 591		463	IIAT1	
24	Acido butirrico-n	CH ₃ (CH ₂) ₂ COOH	107-92-6	71	3,04	964	0,030	(29)	1640		88,10	2,00	10,00	163,5	130			443	IIAT2	
25	Acido cianidrico	HCN	74-90-8	-18	0,9	697	0,063	1,31	2 650	9,33 · 10 ⁵	27,02	5,60	40,00	25,9	82 017	161 857		538	IIBT1	
26	Acido cresilico	C ₆ H ₄ OHCH ₃	1319-77-3	81	3,7	1 092	0,026	(29)			138,16	1,40	11,00	220	130			555	IIAT1	
27	Acido formico (5)	HCOOH	64-18-6	42	1,6	1 220	0,051	1,23	2 180	5,03 · 10 ⁵	46,03	18,00	57,00	100,8	11 015	21 693		520	IIAT1	
28	Acrolonitrile	CH ₂ CHCN	107-13-1	0	1,83	811	0,039	1,15	2 010	6,16 · 10 ⁵	53,06	3,00	17,00	76	11 800	24 670		481	IIBT1	
29	Acroleina	CH ₂ :CHCHO	107-02-8	-26	1,94	841	0,038	1,15	1 500	5,02 · 10 ⁵	56,06	2,80	31,00	52,5	29 697	64 767		220	IIBT3	
30	Alcool alillico	CH ₂ :CHCH ₂ OH	107-18-6	21	2	854	0,037	(29)	2390	7,50 · 10 ⁵	58,08	2,50	18,00	96,6	2 460	8 000		378	IIBT2	
31	Alcool amilico primario	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	71-41-0	33	3,04	817	0,026	(29)	2 345	6,00 · 10 ⁵	88,15	1,20	10,50	137,9	380	1 410		300	IIAT3	
32	Alcool amilico secondario	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH(OH)CH ₃	584-02-1	34	3,04	819	0,028	(29)		5,90 · 10 ⁵	88,15	1,20	9,00	113	612	2 500		343	IIAT2	
33	Alcool amilico terziario	CH ₃ CH(CH ₃) ₂ COH	75-85-4	19	3,03	809	0,028	(29)		5,20 · 10 ⁵	88,15	1,20	9,00	102	1 682	5 700		435	IIAT2	
34	Alcool benzilico	C ₆ H ₅ CH ₂ OH	100-51-6	93	3,7	1 043	0,025	(29)			108,13			204,7	130			435	IIAT2	
35	Alcool butilico - n	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ OH	71-36-3	29	2,55	810	0,032	1,10	2 437	5,91 · 10 ⁵	74,12	1,40	11,20	117	584	2 734		340	IIAT2	
36	Alcool butilico secondario	CH ₃ CH ₂ CH(OH)CH ₃	78-92-2	24	2,55	808	0,032	(29)	2660	5,78 · 10 ⁵	74,12	1,70	9,80	99,5	1 160	4 388		390	IIAT2	
37	Alcool butilico terziario	(CH ₃) ₂ COHC ₃	75-65-0	11	2,55	779	0,028	(29)	5520	6,00 · 10 ⁵	74,12	2,30	8,00	82,9	4 160	13 500		478	IIAT2	
38	Alcool esilico - n	C ₆ H ₁₃ OH	11-27-3	64	3,53	820	0,026	(29)			102,17			157,2	130				IIA	
39	Alcool etilico	C ₂ H ₅ OH	64-17-5	12 (6)	1,59	789	0,043	1,13	2 700	8,41 · 10 ⁵	46,07	3,50	15,00	78,4	6 055	18 263		363	IIAT2	
40	Alcool furfuralico	C ₄ H ₃ OCH ₂ OH	98-00-0	75	3,37	1 129	0,029	(29)	2080		98,10	1,80	16,30	169,5	130			370	IIBT2	

(continua)

(continuazione)

N.	b	c		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r		s	t	u
		Nome	Formula o composizione										LEL % vol.	UEL % vol.			Temperatura di ebollizione T_b °C	Temperatura di vapore a 20°C P_v Pa			
41	Alcool isoamilico primario		(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₂ OH	123-51-3	43	3,04	813	0,028	(29)	5,60 · 10 ⁵	88,15	1,20	9,00	372	1 400			340	IIAT2		
42	Alcool isobutilico		(CH ₃) ₂ CHCH ₂ OH	78-83-1	27	2,55	805	0,031	1,12	1 795	74,12	1,68	10,90	1 232	3 883			408	IIAT2		
43	Alcool isopropilico		(CH ₃) ₂ CHOH	67-63-0	11	2,1	789	0,036	1,15	2 429	60,09	2,00	12,70	4 201	12 298			400	IIAT2		
44	Alcool metilamilo		CH ₃ (CH ₂) ₂ CHC ₃ H ₇ OH	108-11-2	41	3,5	-	0,024	(29)	4,90 · 10 ⁵	102,2	1,00	5,50	372	1 400				(IIAT3)		
45	Alcool metilico (Metanolo)		CH ₃ OH	67-56-1	11	1,11	792	0,057	1,20	2 500	32,04	6,00	36,00	13 371	35 986			464	IIAT1		
46	Alcool ottilico-n		CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₂ OH	111-87-5	81	4,48	827	0,022	(29)		130,22			19					(IIAT3)		
47	Alcool propilglicico		CH=CHCH ₂ OH	107-19-7	36	1,93	970	0,038	(29)		56,06			114,15					(IIAT3)		
48	Alcool propilico		CH ₃ CH ₂ CH ₂ OH	71-23-8	15	2,07	804	0,036	1,15	2 450	60,09	2,10	13,50	2 222	7 419			371	IIAT2		
49	Alcool tetraidrofurilico		C ₄ H ₇ OCH ₂ OH	97-99-4	70	3,52		0,028	(29)		102,13	1,50	9,70					280	IIBT3		
50	Aldeide acetica		CH ₃ CHO	75-07-0	- 38	1,52	783	0,045	1,14	2 038	44,05	4,00	60,00	100 670	179 900			140	IIAT3		
51	Aldeide butirrica		CH ₃ (CH ₂) ₂ CHO	123-72-8	- 16	2,48	817	0,032	(29)		72,10	1,40	12,50					191	IIAT4		
52	Aldeide crotonica		CH ₂ (CH) ₂ CHO	4170-30-3	13	2,41	853	0,033	(29)		70,09	2,10	15,50	4 256	11 000			280	IIBT3		
53	Aldeide dicloroacetica		CHCl ₂ CHO	79-02-7	60	3,9		0,031	(29)		112,94								(IIBT4)		
54	Aldeide formica		CH ₂ O	50-00-0	< 0	1,035	815	0,060	1,32	3 050	30,03	7,00	73,00	451 850	828 849			424	IIBT2		
55	Aldeide isobutirrica		(CH ₃) ₂ CHCHO	78-84-2	< 0	2,49	794	0,032	(29)		72,10	1,60	10,60					196	IIAT4		
56	Aldeide ottilica		C ₇ H ₁₅ CHO	124-13-0	52	4,42		0,023	(29)		128,2			163,4					(IIAT4)		
57	Aldeolo		CH ₃ CH(OH)CH ₂ CHO	107-81-9	66	3,04	1 103	0,030	(29)		88,10							245	IIAT3		
58	Amilene		CH ₃ (CH ₂) ₂ CH=CH ₂	109-76-1	< 0	2,42	644	0,030	(29)		70,13	1,40	8,70	73 290	> 101 300			273	(IIB)T3		
59	Amilmetilchetone		CH ₃ CO(CH ₂) ₄ CH ₃	110-43-0	49	3,94		0,028	(29)									533	IIAT1		
60	Ammoniaca anidra (7)		NH ₃	7664-41-7	< 0	0,6	682	0,092	1,31	4980	17,03	15,00	28,00	861 456	1 588 973			661	IIAT1		
61	Anidride acetica		(CH ₃ CO) ₂ O	108-24-7	49	3,52	1 082	0,031	1,15	2 638	102,09	2,00	10,00	532	1 644			334	IIAT2		

(continua)

(continuazione)

a	b	c		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r			s	t	u
		Nome	Formula o composizione										Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore			Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. C_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (C_p/C_v)				Calore specifico a temper. ambiente $C_{si}$ (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla $T_b$ $C_v$ J/kg	Massa molare $M$ kg/kmo l	LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione $T_b$ °C	Tensione di vapore a 20°C $P_v$ Pa	Tensione di vapore a 40°C $P_v$ Pa	Temperatura di accensione $T_{acc}$ (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
62	Anidride butirrica-n		(CH ₃ (CH ₂) ₂ CO) ₂ O	106-31-0	54	5,38	968	0,024	(29)		158,19	0,90	5,80		199,5	-				278	(IIA)T3	
63	Anidride propionica		(CH ₃ CH ₂ CO) ₂ O	123-62-6	63	4,49	1 012	0,025	(29)		130,14	1,30	9,50		168,8	130				285	(IIA)T3	
64	Anilina		C ₆ H ₅ NH ₂	62-53-3	70	3,22	1 022	0,030	(29)	2 064	93,12	1,30	11,00		184,4	133				615	IIAT1	
65	Benzaldeide		C ₆ H ₅ CHO	100-52-7	64	3,66	1 046	0,027	1,10	1 792	106,12	1,40			179	180				192	IIAT4	
66	Benzine e nafte leggere (8)		-	8032-32-4	< 0	≥ 2,5	650	(28)	(29)	2 100	110	≥ 0,70	5,90		30-210 (8)	(8)				280	IIAT3	
67	Benzoato di etile		C ₆ H ₅ CO ₂ C ₂ H ₅	93-89-0	88	5,17	1 052	0,023	(29)	1 612	150,17	1,00			211	2 394				490	IIAT1	
68	Benzoato di metile		C ₆ H ₅ CO ₂ CH ₃	93-58-3	83	4,69	1 087	0,025	(29)	1 549	136,14				198	4 921					(IIBT??)	
69	Benzoato di isopropile		C ₆ H ₅ CO ₂ CH(CH ₃) ₂	939-48-0	99	5,67	1 010	0,022	(29)		164,20				218,5	-					-	
70	Benzolo (Benzene)		C ₆ H ₆	71-43-2	- 11	2,67	879	0,027	1,10	1 750	78,114	1,30	7,90		80,1	9 935				498	IIAT1	
71	Borneolo (iso)		C ₁₀ H ₁₇ OH	507-70-0	66	5,31	1 011	0,020	(29)		154,24				212 sublima	-					(IIAT??)	
72	Bromobenzene		C ₆ H ₅ Br	180-86-1	51	5,41	1 495	0,027	(29)	967	157,02				156,2	500				565	IIAT1	
73	Bromuro di allile		CH ₂ :CHCH ₂ Br	106-95-6	< 0	4,17	1 400	0,035	(29)		120,99	4,40	7,30		70					295	T3	
74	Bromuro di butile (iso)		CH ₃ (CH ₂) ₂ CH ₂ Br	109-65-9	18	4,72	1 258	0,030	(29)		137,03	2,60	6,60		91,5					265	IIAT3	
75	Bromuro di etile		C ₂ H ₅ Br	74-96-4	< 0	3,76	1 431	0,040	(29)	885	108,98	6,70	11,30		38,4	53 800				511	IIAT1	
76	Butadiene 1,2		CH ₂ :CHCH:CH ₂	590-19-2	< 0	1,87	621	0,035	1,10	2 350	54,09	2,00	12,00		18,5					430	IIBT2	
77	Butadiene 1,3		CH ₂ :CHCH:CH ₂	106-99-0	< 0	1,87	621	0,035	1,10	2 350	54,09	2,00	12,00		-4,5	240 000				430	IIBT2	
78	Butano-n		C ₄ H ₁₀	106-97-8	- 60	2,05	600	0,033	1,11	2 300	58,12	1,50	8,50		-0,60	205 380				372	IIAT2	
79	Butene - 1		CH ₃ CH ₂ CH:CH ₂	106-98-9	< 0	1,93	-	0,034	1,10	2 343	56,11	1,60	10,00		-6,3	250 000				384	IIAT2	
80	Butene - 2 (trans)		CH ₃ CH:CHCH ₃	624-64-6	< 0	1,93	-	0,034	(29)		56,11	1,80	9,70		2,5	200 000				325	IIAT2	
81	Butilacrilato		CH ₂ CHCOOC ₄ H ₉	141-32-2	38	4,41		0,024	(29)		128,17	1,50	9,90		147,4					268	IIBT3	
82	Butilammina		C ₄ H ₉ NH ₂	109-73-9	- 12	2,52	724	0,031	(29)	2450	73,14	1,70	9,80		66					312	IIAT2	

(continua)

continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r			s	t	u
												LEL % vol.	UEL % vol.			Tempera- tura di ebollizione T_b °C	Tempera- tura di vapore a 20°C P_v Pa	Tempera- tura di vapore a 40°C P_v Pa				Tempera- tura di accensio- ne $T_{acc}$ (3) °C	Gruppo e Classe di tempera- tura (4)
N.	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE	Numero di identifica- zione CAS	Temperat d'infiam- mabilità T_i (3) °C	Densità relative all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquid ρ_{liq} kg/m ³	Coeffi- ciente di diffus. C_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p/c_v)	Calore specifico a temper. ambiente c_{si} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b C_v J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria	VOLATILITÀ (3)			Tempera- tura di accensio- ne T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di tempera- tura (4)				
83	Butilbenzene	<chem>C6H5CH2CH2CH2CH3</chem>	104-51-8	71	4,62		0,022	(29)		134,22	0,80	5,80	182,1				410	IIAT2			
84	Butilbenzene secondario	<chem>C6H5CH(CH3)C2H5</chem>	135-98-8	52	4,62		0,022	(29)		134,22	0,80	6,90	173,5				385	T2			
85	Butilcellosolve	<chem>CH2OHCH2OC4H9</chem>	111-76-2	61	4,07	903	0,025	(29)		118,18	1,10	10,60	171,2				239	T3			
86	Butirrato di etile	<chem>CH3CH2CH2COOC2H5</chem>	105-54-4	26	4	871	0,025	(29)		116,16			120				463	T1			
87	Butirrato di metile	<chem>CH3COOC3H7</chem>	623-42-7	14	3,52	898	0,028	(29)		102,13			102,3					-			
88	Canfora	<chem>C10H16CO</chem>	76-22-2	66	5,24	1 000	0,020	(29)		152,23	0,60	3,50	178				466	T1			
89	Catrame di pino			54			(28)	(29)									355	T2			
90	Cellosolve	<chem>C2H5O(CH2)2OH</chem>	110-80-5	40	3,1	931	0,030	(29)		90,12	1,70	15,70	135,1				240	IIAT3			
91	Celluloide	miscele nitrocellulosa- canfora	8050-88-2	80 - 100			(28)	(29)									130	T5			
92	Ciclobutano	<chem>CH2(CH2)2CH2</chem>	287-23-0	< 0	1,93		0,034	(30)		56,10	1,80	-	12,9	> 101 300	> 101 300			IIA			
93	Cicloesano	<chem>CH2(CH2)4CH2</chem>	110-82-7	< 0	2,9	800	0,027	1,08	1 742	3,92 · 10 ⁵	1,20	8,30	80,1	10 241	21 661		259	IIAT3			
94	Cicloesanololo	<chem>C6H11OH</chem>	108-93-0	68	3,45	1 000	0,026	1,10	1 742	4,53 · 10 ⁵	1,20	11,10	160	110	464		300	IIAT3			
95	Cicloesanone	<chem>CH2(CH2)4CO</chem>	108-94-1	43	3,38	900	0,027	(29)	1 860		98,14	1,00	155	520	1 500		419	IIAT2			
96	Cicloesene	<chem>CH(CH2)4</chem>	110-83-8	- 17	2,83	800	0,028	(29)		82,14	1,20	4,80	83,3	8 911	24 600		244	IIAT3			
97	Cicloesilammia	<chem>C6H11NH2</chem>	108-91-8	21	3,42	900	0,026	(29)		99,17	1,60	9,40	134,17				293	IIAT3			
98	Ciclopentano	<chem>CH2(CH2)3CH2</chem>	287-92-3	< 0	2,4	700	0,030	(29)	1 840	4,10 · 10 ⁵	1,40	-	49,3	34 600	73 000		320	IIAT2			
99	Ciclopropano	<chem>C3H6</chem>	75-19-4	< 0	1,45		0,041	(29)		42,08	2,40	10,40	< 0	> 101 300	> 101 300		498	IIAT1			
100	Cimene (p)	<chem>CH3C6H4CH(CH3)2</chem>	99-87-6	47	4,62	900	0,022	(29)		134,22	0,70	6,50	176	130	520		436	IIAT2			
101	Cloridrina etilenica anidra	<chem>HOCH2CH2Cl</chem>	107-07-3	56	2,78	1 213	0,035	(29)		80,515	4,90	15,90	128				416	IIAT2			
102	Cloro-benzene	<chem>C6H5Cl</chem>	108-90-7	28	3,88	1 107	0,028	(29)	1 298	3,17 · 10 ⁵	1,30	9,60	132	1 170	3 400		637	IIAT1			
103	Cloruro di acetile	<chem>CH3COCl</chem>	75-36-5	- 4	2,7	1 105	0,036	(29)		3,80 · 10 ⁵	5,00	-	51	31 920	69 300		390	IIAT2			

(continua)

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r	s	t	u
												LEL % vol.	UEL % vol.						
N.	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE	Numero di identifica- zione CAS	Temperat d'infram- mabilità T_i (3) °C	Densità relative all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquid ρ_{liq} kg/m ³	Coeffi- ciente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p/c_v)	Calore specifico a temper. ambiente c_{sa} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla T_b c_v J/kg	Massa molare M kg/kmol	VOLATILITÀ (3)			Tempera- tura di accensio- ne T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di tempera- tura (4)			
		Temperatura di ebollizione T_b °C										Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa						
104	Cloruro di allile	CH ₂ :CHCH ₂ Cl	107-05-1	-32	2,64	938	0,033	1,12	1 310	3,88 · 10 ⁵	76,53	2,90	11,10	39 235	83 258		390	IIAT2	
105	Cloruro di amile	CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₂ Cl	29656-63-1	9	3,7	878	0,026	(29)			106,60	1,60	8,60				255	IIAT3	
106	Cloruro di amile terziario	CH ₃ CH ₂ CC(CH ₃) ₂		< 0	3,7	871	0,026	(29)			106,60	1,50	7,40				343	IIAT2	
107	Cloruro di benzile	C ₆ H ₅ CH ₂ Cl	100-44-7	60	4,36	1 100	0,024	(29)			126,58	1,10	-	179,4			585	IIAT1	
108	Cloruro di butile	C ₄ H ₉ Cl	109-69-3	< 0	3,2	887	0,029	(29)			92,57	1,80	10,10	12 000	26 600		240	IIAT3	
109	Cloruro di etile	C ₂ H ₅ Cl	75-00-3	< 0	2,22	971	0,037	1,19	1 784	3,80 · 10 ⁵	64,52	3,80	15,40	132 938	255 207		495	IIAT1	
110	Cloruro di isopropile	(CH ₃) ₂ CHCl	75-29-6	< 0	2,71	859	0,032	(29)			78,54	2,80	10,70				593	IIAT1	
111	Cloruro di metilalile	CH ₂ :C(CH ₃)CH ₂ Cl	563-47-3	< 0	3,1		(28)	(29)				3,20	8,10						
112	Cloruro di metile	CH ₃ Cl	74-87-3	< 0	1,78	952	0,045	1,27	1 595	4,29 · 10 ⁵	50,49	7,10	18,50	505 000	853 263		625	IIAT1	
113	Cloruro di propile	C ₃ H ₇ Cl	540-54-5	< 0	2,71	890	0,032	(29)			78,54	2,60	11,10				520	IIAT1	
114	Cloruro di propilene (1,2 dicloropropano)	CH ₃ CHClCH ₂ Cl	78-87-5	15	3,9	1 159	0,029	(29)			112,99	3,40	14,50				557	IIAT1	
115	Cloruro di vinile	CH ₂ CHCl	75-01-4	< 0	2,25	908	0,039	1,18	1 280	3,70 · 10 ⁵	62,50	3,60	33,00	347 183	633 710		472	IIAT1	
116	Creosolo (o)	CH ₃ C ₆ H ₄ OH	95-48-7	81	3,72	1 048	0,027	(29)			108,14	1,40					555	IIAT1	
117	Creosolo (m,p)	CH ₃ C ₆ H ₄ OH	108-39-4 m 106-44-5 p	86	3,72	1 035	0,027	(29)			108,14	1,10					555	IIAT1	
118	Creosoto		8001-58-9	74		> 1 000	(28)	(29)									336	T2	
119	Crotonilene (dimetil- acetilene) (2-butinyne)	CH ₃ -C=C - CH ₃	503-17-3	< 0	1,91	690	(28)	(29)				1,40	-				-		
120	Cumene	C ₆ H ₅ CH(CH ₃) ₂	92-82-8	31	4,13	862	0,025	1,05	2 234	3,14 · 10 ⁵	120,19	0,88	6,50	459	1 494		424	IIAT2	
121	Decalina	C ₁₀ H ₁₈	91-17-8	57	4,76	895	0,021	(29)	1650		138,25	0,70	4,90				250	IIAT3	
122	Decano - n	CH ₃ (CH ₂) ₈ CH ₃	124-18-5	46	4,9	730	0,020	(29)			142,28	0,80	5,40	360	600		201	IIAT3	
123	1 - Decene	CH ₃ (CH ₂) ₇ CH=CH ₂	872-05-9	55	4,8	740	0,021	(29)			140,26						235	IIAT3	
124	Diacetone alcool	(CH ₃) ₂ C(OH)CH ₂ COCH ₃	123-42-2	55	4	931	0,025	(29)	1910		116,16	1,80	6,90				603	(IIA)T1	

(continua)

(continuazione)

a	b	c		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r			s	t	u
		SOSTANZE INFIAMMABILI											VOLATILITÀ (3)				Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITÀ (3)			
N.	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE	Numero di identificazione CAS	Temperat d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido	Coefficiente di diffus. C_d m^2/h	Rapporto tra i calori specifici γ (C_p/C_v)	Calore specifico a temper. ambiente C_{sa} (35) $J/(kg K)$	Calore latente di vaporiz. alla T_b C_{lv} J/kg	Massa molare M $kg/kmol$	LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa	Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)				
125	1,2-Diclorobutano	<chem>CH2ClCHClCH2CH3</chem>	26761-81-9	40	4,4		0,026	(30)			127,02			161-3			275	IIAT3				
126	Dibutilartrato	<chem>(CHOH - COOC4H9)2</chem>		91	9,03	1 098	0,017	(29)			262,30			200			280	IIAT3				
127	Diclorobenzene (orto)	<chem>C6H4 - Cl2</chem>	95-50-1	66	5,07	1 305	0,025	1,10	1 126	$3,14 \cdot 10^5$	147,01	2,20	9,20	179	133	220	648	IIAT1				
128	Diclorobenzene(para)	<chem>C6H4 - Cl2</chem>	106-46-7	66	5,07	1 458	0,025	1,10	1 126	$3,14 \cdot 10^5$	147,01			174	60	234		(IIAT1)				
129	Dicloroetano (Dicloruro di etilene)	<chem>CH2ClCH2Cl</chem>	107-06-2	13	3,42	1 256	0,028	1,19	1 252	$3,23 \cdot 10^5$	98,96	6,20		356,7	8 241	18 957	413	IIAT2				
130	Dicloroetilene 1,1	<chem>CH2ClCl2</chem>	75-35-4	- 10	3,55		0,033	(29)	1 150	$3,24 \cdot 10^5$	96,96	7,30	16,00		23 000	50 000	570	IIAT1				
131	Dicloroetilene 1,2 (trans)	<chem>ClCHCHCl</chem>	540-59-0	6	3,35		0,033	(29)	1 200	$3,22 \cdot 10^5$	96,94	9,70	12,80	61	21 000		441	IIAT2				
132	Dietilammina	<chem>(C2H5)2NH</chem>	109-89-7	- 23	2,53	712	0,031	(29)	2 310	$4,20 \cdot 10^5$	73,14	1,70	10,10	55,5	25 935	58 400	312	IIAT2				
133	Dietilcarbonato	<chem>(C2H5O)2CO</chem>	105-58-8	24	4,07	975	0,027	(29)	1 800		118,13			126			450	IIAT2				
134	Dietilcellosolve	<chem>C2H5OCH2CH2OC2H5</chem>	629-14-1	35	4,07		(28)	(29)									208	(IIB)T3				
135	Dietilchetone	<chem>(C2H5)2CO</chem>	96-22-0	12	2,96	816	0,029	(29)		$5,35 \cdot 10^5$	86,13	1,60		102,7	1 600	5 500	445	(IIB)T2				
136	Disobutillene	<chem>(CH3)3CCH:C(CH3)2</chem>	107-39-1	< 0	3,97	700	(28)	(29)			112,2	0,80		101			391	IIAT2				
137	Diisopropilbenzene	<chem>[(CH3)2CH]2C6H4</chem>	25321-09-9	77	5,6	900	(28)	(29)						205			449	(IIB)T2				
138	Dimetilammina	<chem>(CH3)2NH</chem>	124-40-3	- 18	1,55	680	0,043	1,14	3 170	$5,90 \cdot 10^5$	45,08	2,80	14,40	7,4	170 324	344 406	400	IIAT2				
139	Dimetilammina	<chem>C6H15N(CH3)2</chem>	121-69-7	63	4,17	956	0,025	(29)			121,18	1,20	7,00	193	-		371	IIAT2				
140	Dimetilbutano 2,2	<chem>(CH3)3CCH2CH3</chem>	75-83-2	< 0	3	600	0,027	(29)			86,17	1,20	7,00	50	35 000	73 500	425	(IIA)T2				
141	Dimetilbutano 2,3	<chem>(CH3)2CHCH(CH3)2</chem>	79-29-8	< 0	3	700	0,027	(29)			86,17	1,20	7,00	58	25 600	55 400	405	IIAT2				
142	Dimetilcicloesano p	<chem>(CH3)2C6H10</chem>	589-90-2	11	3,86	800	0,023	(29)			112,208			119,5	2 300	6 200	304	(IIA)T3				
143	Dimetilacetale	<chem>CICH2CH(OCH3)2</chem>		43	4,3	1 000	0,027	(29)			114,22			126	-		232	(IIA)T3				
144	Dimetilesano 2,3	<chem>CH3CHCH2CH3CHC2H4</chem>		7	3,9	700	0,024	(29)			114,22			115,6	2 400	6 500	438	(IIA)T2				
145	Dimetilformammide	<chem>HCON(CH3)2</chem>	68-12-2	58	2,52	947	0,034	1,10	1 675	$3,14 \cdot 10^5$	73,095	2,20	16,00	153	3 782	7 759	440	IIAT2				

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r			s	t	u
		SOSTANZE INFIAMMABILI	FORMULA O COMPOSIZIONE										Numero di identifica- zione CAS	Temperat d'infiam- mabilità T_i (3) °C			Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coeffi- ciente di diffus. C_d m ² /h				Rapporto tra i calori specifici $\gamma$ ($c_p/c_v$)	Calore specifico a temper. ambiente $c_{sa}$ (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz- zazione alla $T_b$ $C_{lv}$ J/kg	Massa molare $M$ kg/kmol	LEL % vol.	UEL % vol.	Tempera- tura di ebollizion e $T_b$ °C	Tensione di vapore a 20°C $P_v$ Pa	Tensione di vapore a 40°C $P_v$ Pa	Tempera- tura di accensio- ne $T_{acc}$ °C	Gruppo e Classe di tempera- tura (4)
146	Dimetilpentano 2,4			565-59-3	< 0	3,5	700	0,025	(29)		$3,20 \cdot 10^5$	100,21	-	-		80,5	10 500	25 000				IIAT3
147	Dimetilpentano 2,3				< 0	3,5	700	0,025	(29)		$3,26 \cdot 10^5$	100,21	1,10	6,70		89,8	7 400	18 000			330	IIAT3
148	Dimetilpropano 2,2			463-82-1	< 0	2,48		0,030	(29)			72,2	1,40	7,50		9,5	> 101 300	> 101 300			450	(IIA)T2
149	Dimetilsolfuro				< 0	2,1	846	0,038	(29)		$4,60 \cdot 10^5$	126,1	2,20	19,70		36	56 100	116 000			206	IIAT3
150	Diossano			123-91-1	11	3,03	1 033	0,030	(29)	1740		88,10	1,90	22,5		101,1					245	IIBT3
151	Diossolano			846-06-0	2	2,6	1 100	0,034	(29)		$4,90 \cdot 10^5$	74,08				75	9 310	24 800			245	IIBT3
152	Dipentene			138-86-3	42	4,66	865	0,033	(29)	1830		136,23	0,70	6,10		178					236	IIAT3
153	Dodecano			112-40-3	74	5,86	751	0,018	(29)			170,33	0,60	-		214,5					200	(IIA)T4
154	Epicloridrina			106-89-8	32	3,2	1 183	0,032	(29)	1420		92,53	3,80	21,00		116,5					411	IIAT2
155	Eptano-n			142-82-5	- 4	3,46	684	0,025	1,10	2 123		100,20	1,10	6,70		98,4	10 653	21 497			215	IIAT3
156	3 - Eptanolo			589-82-2	60	4,03	800	0,024	(29)			116,23				156,2	67				275	IIAT2
157	1 - Eptene			592-76-7	< 0	3,4	700	0,025	(29)			98,18				93,6					263	IIAT3
158	Esano-n			110-54-3	-21	2,97	659	0,022	1,08	2 638		86,178	1,20	7,50		68,7	14 225	34 548			233	IIAT3
159	1 - Esene			592-41-6	< 0	2,9		0,027	(29)		$3,70 \cdot 10^5$	84,16	1,30	8,40		66	18 100	41 100			253	IIAT3
160	Etano			74-84-0	< 0	1,04	546	0,049	1,19	2219		30,07	3,00	12,50		-88,6	> 101 300	> 101 300			515	IIAT1
161	Etanolammina			141-43-5	85	2,1	1 022	0,035	(29)			61,07	3,00			171	140	520			410	IIAT2
162	Etere amilico			693-65-2	57	5,46	800	(28)	(29)							173,4						IIAT4
163	Etere butilico			142-96-1	25	4,48	769	0,022	(29)			130,23	0,90	8,50		142					198	IIBT4
164	Etere dicloro-etilico			111-44-4	55	4,9	1 200	(28)	(29)				2,70			178					369	IIAT2
165	Etere etilico			60-29-7	- 45	2,6	708	0,031	1,08	2328		74,124	1,90	48,00		34,6	58 150	> 101 300			160	IIBT4
166	Etere etilvinilico			109-92-2	< 0	2,5	800	0,032	(29)			72,108	1,70	28,00		35,5					200	IIBT4

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r			s	t	u
		Nome	Formula o composizione										Numero di identificazione CAS	Temperatura d'inflammabilità T_1 (3) °C			Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. C_d m ² /h				Rapporto tra i calori specifici $\gamma$ ($c_p/c_v$)	Calore specifico a temper. ambiente $c_{sa}$ (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla $T_b$ $Q_v$ J/kg	Massa molare $M$ kg/kmol	LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione $T_b$ °C	Tensione di vapore a 20°C $P_v$ Pa	Tensione di vapore a 40°C $P_v$ Pa	Temperatura di accensione Tacc °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
167	Etere isopropilico	(CH ₃) ₂ CHOCH(CH ₃) ₂	108-20-3	< 0	3,53	700	0,026	(29)	3,10 · 10 ⁵	102,18	1,40	21,00	36 900	416	(IIB)T2							
168	Etere metilico	CH ₃ OCH ₃	115-10-6	- 42	1,59	700	0,044	1,11	40,07	40,07	3,40	27,00	350	IIBT2								
169	Etere metilietilico	CH ₃ OC ₂ H ₅	540-67-0	< 0	2,07	700	(28)	(29)	-	-	2,00	10,10	> 101 300	190	IIBT4							
170	Etere di petrolio		8030-30-6	< 0	2,5		(28)	(29)	-	-	1,40	5,90	288	(IIB)T3								
171	Etere vinilico	CH ₂ :CHOCH:CH ₂	109-93-3	< 0	2,41	800	0,033	(29)	70,09	70,09	1,70	26,50	360	(IIB)T2								
172	Etilacetato	C ₂ H ₅ CO ₂ CH ₂ COCH ₃	141-97-9	65	4,5	1 025	0,025	(29)	1940	130,14	1,40	9,50	350	IIAT2								
173	Etilacrilato	CH ₂ :CHCOOC ₂ H ₅	140-88-5	9	3,4	900	0,032	(29)	3,14 · 10 ⁵	45,08	1,40	14,00	10 600	IIBT2								
174	Etilammina	C ₂ H ₅ NH ₂	75-04-7	-18	1,56	689	0,043	(29)	2880	45,03	3,50	14,00	52 600	385	IIAT2							
175	Etilbenzolo (Etilbenzene)	C ₆ H ₅ C ₂ H ₅	100-41-4	23	3,66	867	0,024	1,07	1 800	106,17	1,00	6,70	2 813	431	IIAT2							
176	Etilbutilchetone	C ₂ H ₅ COC ₄ H ₉	106-35-4	47	3,93	800	(28)	(29)					148									
177	Etilcicloesano	C ₂ H ₅ C ₆ H ₁₁		< 24	3,8	800	(28)	(29)	2,55 · 10 ⁵	45,03	0,90	6,70	1 400	238	IIAT3							
178	Etilciclopentano	C ₂ H ₅ C ₅ H ₉	640-89-7	< 5	8,4	800	(28)	(29)	3,50 · 10 ⁵	108,53	1,10	6,70	4 200	262	IIAT3							
179	Etilcloroformiato	CICLOOC ₂ H ₅	541-41-3	16	3,7	1 138	0,031	(29)					91	500	IIAT1							
180	Etilendiammina	H ₂ NCH ₂ CH ₂ NH ₂	107-15-3	34	2	900	0,031	(29)	7,48 · 10 ⁵	60,10	4,20	14,40	1 200	403	IIAT2							
181	Etilene	C ₂ H ₄	74-85-1	< 0	0,975	570	0,052	1,25	2 339	28,05	2,70	36,00	4 800 000	425	IIBT2							
182	Etilmercaptopano	C ₂ H ₅ SH	75-08-1	< 0	2,11	839	0,038	1,10	1 940	62,13	2,80	18,00	53 891	295	IIAT3							
183	Etilmetacrilato	CH ₂ C(CH ₃)COOC ₂ H ₅	97-63-2	20	3,94	913	0,026	(29)	3,30 · 10 ⁵	114,14	1,80		2 000	5 500	IIA							
184	Fenolo	C ₆ H ₅ OH	108-95-2	75	3,24	1 071	0,030	(29)		94,11	1,80		181,4	595	IIAT1							
185	Fluoruro di vinile	CH ₂ :CHF	75-02-5	< 0			0,042	(29)		46,00	2,60	21,70			(IIBT...)							
186	Fluoruro di vinilidene	CH ₂ :CF ₂	75-38-7	< 0			0,040	(29)		64,40	5,50	21,30			(IIBT...)							
187	Formiato di butile	HCOOC ₄ H ₉	592-94-7	18	3,52	911	0,028	(29)		101,12	1,70	8,20	3 060	320	IIAT2							

(continua)

(continuazione)

a	b	c		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r	s	t	u
		Nome	Formula o composizione										LEL % vol.	UEL % vol.						
N.	SOSTANZE INFIAMMABILI		Numero di identificazione CAS	Temperatura d'infiammabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficiente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p/c_v)	Calore specifico a temper. ambiente c_{sa} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporizz. alla T_b c_v J/kg	Massa molare M kg/kmol	Limiti di esplosibilità in aria		VOLATILITÀ (3)			Temperatura di accensione T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)		
												LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa				
188	Formiato di etile	HCOOC ₂ H ₅	109-94-4	< 0	2,55	923	0,035	(29)	74,08	2,70	16,40	54	26 600	56 000	440	IIAT2				
189	Formiato di isopropile	HCOOCH(CH ₃) ₂	625-55-8	< 6	3,03	873	0,030	(29)	88,10	2,45		68			469	IIAT1				
190	Formiato di metile	CH ₃ OOCH	107-31-3	- 20	2,07	974	0,041	(29)	60,05	4,50	23,00	32	63 000	> 101 300	450	IIAT2				
191	Formiato di propile	HCOOC ₃ H ₇	110-74-7	< 0	3,01	901	0,030	(29)	88,10			81,3			450	IIAT2				
192	Furano	C ₄ H ₄ O	110-00-9	< 0	2,3	973	0,034	(29)	68,07	2,30	14,30	31		> 101 300	390	IIAT2				
193	Furfurolo	C ₄ H ₄ OCHO	98-01-1	60	3,3	1 159	0,029	1,10	96,08	2,10	19,30	161,7		535	316	IIAT2				
194	Gas d'acqua (9)			< 0			(28)	(29)		7,00	72,00	-			600	IICT1				
195	Gas d'altoforno (9)			< 0			(28)	(29)		30,00	75,00	-			600	IIAT1				
196	Gas d'aria (9)			< 0			(28)	(29)		20,00	75,00	< 0				(IIAT2)				
197	Gas di città (9)			< 0	0,46 - 0,51		(28)	(30)		4,50	32,00	< 0				IICT2				
198	Gas di cokeria (9)			< 0	0,39		(28)	(29)		5,00	33,00	< 0				IIIB				
199	Gas di cracking			< 0			(28)	(29)				< 0				(IICT...)				
200	Gas di petrolio liquefatto (GPL) (10)		68476-85-7	< 0	> 1,50	507	(28)	1,13	2 225	2,00	9,00	-42	800 370	1 269 928	365	IIAT2				
201	Gas di raffineria (11)			< 0	~ 1		(28)	(29)		1,40	15,00	< 0				IIAT3				
202	Gas naturale (12)		68410-63-9	< 0	0,5 - 0,65		0,090	1,31		3,93 - 6,60	13,20 - 17,50	- 185			482	IIAT1				
203	Gas povero (13)			< 0			(28)	(29)		20,00	75,00	- 159				(IICT2)				
204	Gasolio (14)		8006-61-9	55 - 65	≥ 3,5		(28)	(29)		1,00	6,00				330	T2				
205	Gasolio e olio diesel (15)			> 65	≥ 3,5		(28)	(29)		1,00	6,00				330	T2				
206	Idrazina (16)	NH ₂ NH ₂	302-01-2	38	1,1	1 000	0,066	1,19	2 500	2,90	98,00	113	1 312	4 327	270 (37)	(IIAT...)				
207	Idrogeno	H ₂	1333-74-0	< 0	0,07	90	0,148	1,41	9 800	4,00	75,00	- 252,7			500	IICT1				
208	Idrogeno solforato (acido solfidrico)	H ₂ S	7783-06-4	< 0	1,20	920	0,063	(29)	34,08	4,30	45,5	- 60			260	IIAT3				

(continua)

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r	s	t	u
												LEL % vol.	UEL % vol.						
N.	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE	Numero di identifica- zione CAS	Temperat d'infiam- mabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coeffi- ciente di diffus. c_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (c_p/c_v)	Calore specifico temper. ambiente c_{si} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz- zazione alla T_b C_v J/kg	Massa molare M kg/kmol	VOLATILITÀ (3)			Limiti di esplosibilità in aria	Tempera- tura di accensio- ne T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di tempera- tura (4)		
												Tempera- tura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa	Tensione di vapore a 40°C P_v Pa					
209	Isobutano	(CH ₃) ₃ CH	75-28-5	< 0	2,01	600	0,033	1,11	2 299	$3,68 \cdot 10^5$	58,12	1,80	8,40	298 255	521 092	460	IIAT1		
210	Isobutilammina	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ NH ₂	78-81-9	-20	2,52	732	0,031	(29)	2 500		73,14			68,5		374	IIAT2		
211	Isobutilene	CH ₂ :C(CH ₃) ₂	115-11-7	gas	1,94		0,034	(29)			56,1	1,80	9,60	270 000	460 000	465	IIAT1		
212	Isoeptano	miscela di isomeri	591-76-4	-18	3,5	679	(28)	(29)		$3,30 \cdot 10^5$	100,21	1,00	6,00	7 100	17 400	220	IIAT3		
213	Isoesano	miscela di isomeri	79-29-8	-29	3	654	(28)	(29)		$3,40 \cdot 10^5$	86,18	1,00	7,00	22 900	50 600	264	IIAT3		
214	Isoforone	COHC(CH ₃)CH ₂ C(CH ₃) ₂ CH ₂	78-59-1	84	4,77	900	0,022	(29)			138,2	0,80	3,80	27		460	(IIB)T1		
215	Isoottano	(CH ₃) ₂ CH(CH ₂) ₄ CH ₃	580-84-1	< 0	3,93	692	0,023	1,10	2 177	$3,63 \cdot 10^5$	114,23	1,10	6,00	2 007	6 753	410	IIAT2		
216	Isoptrene	CH ₂ :C(CH ₃)CH:CH ₂	78-79-5	< 0	2,35	618	0,031	(29)	1830	$4,00 \cdot 10^5$	68,11	1,50	8,90	32 600	63 800	220	IIAT3		
217	Isopropilammina	(CH ₃) ₂ CHNH ₂	75-31-0	< -24	2,03	694	0,036	(29)		$4,50 \cdot 10^5$	59,11	2,00		63 574	> 101 300	340	IIAT2		
218	JP1	(17)		38	≥ 3		(28)	(29)				1,00	6,00		830	350	IIAT2		
219	JP4	(17)		-24	≥ 5		(28)	(29)				0,90	8,00		35	240	(IIA)T3		
220	Kerosene		8008-20-6	38	≥ 3	1 000	(28)	(29)				1,16	6,00		151	210	IIAT3		
221	Lattato di butile	CH ₃ CHOHCOOC ₄ H ₉	138-22-7	71	5,04	968	0,023	(29)		$4,55 \cdot 10^5$	146,18	-	-	1 357	8 000	380	IIAT2		
222	Lattato di etile	CH ₃ CHOHCOOC ₂ H ₅	97-64-3	46	4,07	1030	0,027	(29)			118,13	1,50	30-35	1 360		400	IIAT2		
223	Lattato di metile	CH ₃ CHOHCOOCH ₃		49	3,59	1 090	0,029	(29)			104,10	2,20	-			385	IIAT2		
224	Liquido diatermico (dowtherm A), ved. anche Olio diatermico.	C ₁₂ H ₁₀ + C ₁₂ H ₁₀ O (18)		123	5,5	1060	0,015	(29)			166	0,5	6,2	10		621	IIAT1		
225	Metacrilato di butile	CH ₂ :C(CH ₃)COOC ₄ H ₉	97-88-1	54	4,9	889	0,022	(29)			142,19					289	IIAT3		
226	Metaldeide	(C ₂ H ₄ O) ₄	108-62-3	36	6,1		0,021	(29)			176,21						IIA		
227	Metano industriale	(19) CH ₄	74-82-8	< 0	0,554	415	0,074	1,31	3454	$5,10 \cdot 10^5$	16,04	4,40	17,00	-161,4	-	537	IIAT1		
228	Metilacetato - acetato	CH ₃ COCH ₂ COOCH ₃	105-45-3	7	4	1 100	0,027	(29)	1920		116,13			170		280	IIAT3		
229	Metilacrilato	CH ₂ CHCOOCH ₃	96-33-3	-3	3	1 000	0,031	(29)		$3,94 \cdot 10^5$	86,09	2,80	25,00	9 160	22 900	415	IIBT1		

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r		s	t	u
		Nome	Formula o composizione										LEL % vol.	UEL % vol.			Temperatura di ebollizione T_b °C	Temperatura di vaporazione a 20°C P_v Pa				Temperatura di vaporazione a 40°C $P_v$ Pa
230	Metilal		$\text{CH}_3\text{OCH}_2\text{OCH}_3$	109-87-5	< 0	2,04	866	0,034	1,06	2120	$4,87 \cdot 10^5$	76,1				42,3	43 890	93 500	237	IIAT3	
231	Metilammina		CH_3NH_2	74-89-5	< 0	1	699	0,055	(29)	3290		31,06	4,90	20,70		-6,5			430	IIAT2	
232	3 - Metil 1 - Butene		$(\text{CH}_3)_2\text{CHCH}_2\text{CH}_2$	563-45-1	- 53	2,4	600	0,030	(29)			70,13	1,50	9,10		31,11		> 101 300	365	IIAT2	
233	Metilbutilchetone		$\text{CH}_3\text{CO}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	591-78-6	23	3,5	800	0,026	(29)			100,16	1,20	8,00		127,2			423	IIAT2	
234	Metilcicloesano		$\text{CH}_2(\text{CH}_2)_3\text{CHCH}_3$	108-87-2	- 4	3,4	800	0,025	(29)	1880	$3,48 \cdot 10^5$	98,21	1,15	6,70		100,9	4 800	12 000	258	IIAT3	
235	Metilcicloesanol		$\text{CH}_3\text{C}_6\text{H}_{10}\text{OH}$	25639-42-3	68	3,93	900	0,024	(29)			114,1				165			295	IIAT3	
236	Metilcicloesanon		$\text{COCHCH}_3(\text{CH}_2)_4$	583-60-8	48	3,86	900	0,025	(29)		$2,90 \cdot 10^5$	112,19				165	1 330	3 200	598	(IIB)T1	
237	Metilietilchetone(butanone)		$\text{C}_2\text{H}_5\text{COCH}_3$	78-93-3	< 0	2,48	800	0,031	(29)	2200	$4,43 \cdot 10^5$	72,1	1,80	11,50		80	10 58	25 106	404	IIAT2	
238	Metilciclopentano		C_6H_{12}	96-37-7	< - 10	2,9	800	0,027	(29)			84,18	1,00	8,35		71,8	14 700	33 800	258	IIAT3	
239	Metilmetacrilato		$\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{COOCH}_3$	80-62-6	10	3,45	950	0,028	1,10	1 885	$3,70 \cdot 10^5$	100,13	1,70	12,50		101	3 260	10 600	430	IIAT2	
240	Metilsobutilchetone		$\text{CH}_3\text{COCH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)_2$	108-10-1	16	3,45	800	0,026	(29)		$3,43 \cdot 10^5$	100,16	1,40	7,50		118	666	2 546	459	(IIA)T1	
241	Metilpentadiene		$\text{CH}_2\text{C}(\text{CH}_3)\text{CH}:\text{CHCH}_3$	54363-49-4	< 0	2,83	720	0,028	(29)			82,16								(IIAT3)	
242	2Metilpentano		$(\text{CH}_3)_2\text{CH}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	107-83-5	< 0	3	700	0,027	(29)	2250	$3,47 \cdot 10^5$	84,18	1,20	7,00		60,3	22 600	50 300	300	IIAT3	
243	3Metilpentano		$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{CH}(\text{CH}_3)\text{CH}_2\text{CH}_3$	96-14-0	< 0	3	700	0,027	(29)		$3,40 \cdot 10^5$	86,18	1,20	7,00		63,3	21 000	46 200	278	IIAT3	
244	2 - Metilpiridina		$\text{C}_5\text{H}_7\text{CH}_3\text{N}$	109-06-8	39	3,2	1 000	0,027	(29)			93,14	1,40	8,60		128			535	IIAT1	
245	Metilpropilchetone (pentanone 2)		$\text{CH}_3\text{COC}_3\text{H}_7$	107-87-9	16	2,97	800	0,029	(29)	2140	$5,30 \cdot 10^5$	86,00	1,50	8,20		103,3	1 600	5 500	432	IIAT2	
246	Metilstirene Alfa		$\text{H}_2\text{CCHC}_6\text{H}_4\text{CH}_3$	98-83-9	40	4,08	900	0,023	(29)		$3,60 \cdot 10^5$	118,17	0,90	6,60		165,4	300	970	445	IIBT2	
247	Miscela di mercaptani (20)				- 18	3	807	(28)	(29)			86	1,4	12,5		62		48 000	245	IIAT3	
248	Miscela di mercaptani e solfuri (21)				- 24	2,9	822	(28)	(29)			83,2	1,7	9,6		65		40 000	233	IIAT3	
249	Naftalina		C_{10}H_8	91-20-3	80	4,42	1 145	0,023	(29)	1 700		128,16	0,90	5,90		217,9			528	IIAT1	
250	Nitrato di amile		$\text{C}_5\text{H}_{11}\text{NO}_3$	1002-16-0	48	0,99	1 000	0,026	(29)			133,15				145				(IIAT6)	

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r			s	t	u
		Nome	Formula o composizione										Numero di identificazione CAS	Temperatura d'inflammabilità T_i (3) °C			Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coefficienti di diffus. C_d m ² /h				Rapporto tra i calori specifici $\gamma$ ($c_p/c_v$)	Calore specifico a temper. ambiente $C_{si}$ (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz. alla $T_b$ $C_v$ J/kg	Massa molare $M$ kg/kmol	LEL % vol.	UEL % vol.	Temperatura di ebollizione $T_b$ °C	Tensione di vapore a 20°C $P_v$ Pa	Tensione di vapore a 40°C $P_v$ Pa	Temperatura di accensione $T_{acc}$ (3) °C	Gruppo e Classe di temperatura (4)
251	Nitrato di etile(etero nitrico)		CH ₃ CH ₂ ONO ₂	625-58-1	10	3,14	1 100	0,035	(29)			91,07	4,00		87					85	IIAT6	
252	Nitrito di etilene (22)		C ₂ H ₅ ONO	109-95-5	-35	2,6	900	0,037	(29)			75,07	3,00	50,00	17	> 101 300	> 101 300			95 (23)	IIAT6	
253	Nitrobenzolo		C ₂ H ₅ NO ₂	98-95-3	88	4,25	1 205	0,041	(29)	1 520		123,11	1,80		210,9					480	IIAT1	
254	Nitroetano		C ₂ H ₅ NO ₂	79-24-3	27	2,58	1 100	0,037	(29)	1790		75,07	3,40		115					410	IIBT2	
255	Nitrometano		CH ₃ NO ₂	75-52-5	36	2,11	1 100	(28)	(29)	1750			7,30		101					415	IIAT2	
256	1 Nitropropano		CH ₃ CH ₂ CH ₂ NO ₂	108-03-2	36	3,1	1 000	0,032	(29)	1970		89,09	2,20		131					420	IIBT2	
257	2 Nitropropano		CH ₃ CHNO ₂ CH ₃	79-46-9	39	3,06	1 000	0,032	(29)	1910		89,09	2,60	11,00	120					420	IIAT2	
258	Nonano		C ₉ H ₂₀	111-84-2	30	4,43	718	0,022	(29)	3,27 · 10 ⁵		128,25	0,70	5,60	150,5	500	1 580			205	IIAT3	
259	Oli combustibili (nafta pesanti) (23)				> 65	> 3,5		(28)	(29)				1,00							250	T3	
260	Olio di creosoto			61789-28-4	74		1 000	(28)	(29)						194					336	T2	
261	Olio diatermico, ved. anche Liquido diatermico (24)				210	> 5	870	(28)	(29)			400	1		500		5 000 a 250 °C			360	IIAT2	
262	Oli essenziali					-		(28)	(29)													
263	Ossido di carbonio (monossido)		CO	630-08-0	< 0	0,967	799	0,065	1,40	2 155	2,16 · 10 ⁵	28,01	10,90	74,00	-192	5 600 000	10381 924			605	IIBT1	
264	Ossido di etilene		CH ₂ OCH ₂	75-21-8	< -18	1,52	887	0,045	1,21	1 955	6,80 · 10 ⁵	44,05	3,00	100	13,5	144 200	264 241			435	IIBT2	
265	Ossido di mesitile		(CH ₃) ₂ C:CHCOCH ₃	141-79-7	31	3,4	856	0,027				98,14	1,40	7,20	130					340	(IIB)T2	
266	Ossido di propilene			75-56-9	< 0	2	831	(28)	1,13	2 430	4,65 · 10 ⁵	58,08	2,80	37,00	35	57 822	120 493			430	IIBT2	
267	Ottano		CH ₃ (CH ₂) ₆ CH ₃	111-65-9	13	3,93	703	0,024	1,05	2 210	3,06 · 10 ⁵	114,22	0,80	6,50	125,7	1 544	4 443			206	IIAT3	
268	Paraformaldeide		OH(CH ₂ O) _n H	30525-89-4	70	-		(28)	(29)				7,00	73,00		266				380	IIBT2	
269	Paraaldeide		(CH ₃ CHO) ₃	123-63-7	17	4,55	1 000	(28)	(29)				1,30		124					239	IIAT3	
270	Pentano		CH ₃ (CH ₂) ₃ CH ₃	109-66-0	-40	2,48	630	0,030	1,09	2 210	3,57 · 10 ⁵	72,151	1,40	7,80	36,3	56 917	114 856			258	IIAT3	

(continua)

Si attira l'attenzione sul fatto che il presente testo non è definitivo poiché attualmente sottoposto ad inchiesta pubblica e come tale può subire modifiche, anche sostanziali

(continuazione)

a	b	c	d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r	s	t	u
												LEL % vol.	UEL % vol.						
N.	NOME	FORMULA O COMPOSIZIONE	Numero di identifica- zione CAS	Temperat d'infiam- mabilità T_i (3) °C	Densità relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coeffi- ciente di diffus. C_d m ² /h	Rapporto tra i calori specifici γ (C_p/C_v)	Calore specifico a temper. ambiente C_{sa} (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz- zazione alla T_b C_v J/kg	Massa molare M kg/kmol	VOLATILITÀ (3)			Tempera- tura di accensio- ne T_{acc} (3) °C	Gruppo e Classe di tempera- tura (4)			
		LEL % vol.										UEL % vol.	Tempera- tura di ebollizione T_b °C	Tensione di vapore a 20°C P_v Pa			Tensione di vapore a 40°C P_v Pa		
271	Iso - Pentano	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃	78-78-4	< 0	2,5		(28)	(29)			1,40	7,60						420	IIAT2
272	Petrolio	(25)		< -20	2,8		(28)	(29)	2135		1,00	6,00						560	IIAT1
273	Petrolio grezzo	(26)	8002-05-9	< 0	≥ 2		(28)	(29)	879		0,70							250	IIAT3
274	Pinene	C ₁₀ H ₁₆	7785-70-8	33	4,7	878	0,021	(29)		3,05 · 10 ⁵	136,23	0,80	-	154	520	1 600		255	(IIA)T3
275	Piridina	CH<(CHCH) ₂ >N	110-86-1	17	2,73	982	0,030	(29)		4,70 · 10 ⁵	79,1	1,80	12,40	115	2 394	6 500		483	IIAT1
276	Propano	CH ₃ CH ₂ CH ₃	74-98-6	- 104	1,56	585	0,039	1,14	2470	4,26 · 10 ⁵	44,09	2,10	9,50	-42,2	814 290	1 313 783		470	IIAT1
277	Iso - Propilacetone	(CH ₃) ₂ CHCH ₂ CH ₃ CO	108-10-1	18	3,4		0,026	(29)		3,80 · 10 ⁵	100,2	1,80	8,10	118	2 128	5 870		448	IIAT2
278	Propilammina	CH ₃ (CH ₂) ₂ NH ₂	107-10-8	- 37	2,04	718	0,036	(29)	2750	5,30 · 10 ⁵	59,11	2,00	10,40	48	32 984	75 300		318	IIAT2
279	Propilbenzene	C ₃ H ₇ C ₆ H ₅	103-65-1	30	4,15		0,023	(29)	1790	3,53 · 10 ⁵	120,12	0,80	6,00	159,2	370	1 180		450	(IIA)T2
280	Propilendiammina	CH ₃ CHNH ₂ CHNH ₂	78-90-0	22	2,6	900	0,035	(29)			59,11			119				416	(IIA)T2
281	Propilene	C ₃ H ₆	115-07-1	< 0	1,5	609	0,041	1,52	2 385	4,39 · 10 ⁵	42,08	2,00	11,70	- 48	920 000	1 578 942		455	IIAT1
282	Propilenglicol	CH ₃ CHOHCH ₂ OH	57-55-6	99	2,62	1 040	0,034	(29)	2510		76,09	2,60	12,50	188				421	(IIB)T2
283	Propilietilene	CH ₃ (CH ₂) ₂ CH:CH ₂	109-76-1	< 0	2,42		(28)	(29)			-	1,50	8,70					273	(IIB)T3
284	Propionato di amile	C ₂ H ₅ COO(CH ₂) ₄ CH ₃		41	5	876	0,022	(29)			144,21			168,7				375	IIAT2
285	Propionato di butile	C ₂ H ₅ COOC ₄ H ₉	590-01-2	32	4,49	883	0,023	(29)			130,18			146	560			389	IIAT2
286	Propionato di etile	C ₂ H ₅ COOC ₂ H ₅	105-37-3	12	3,52	891	0,028	(29)		3,70 · 10 ⁵	102,13	1,85	11,00	99,1	3 670	10 200		477	(IIA)T1
287	Propionato di metile	CH ₃ COOC ₂ H ₅	554-12-1	< 0	3,03	915	0,030	(29)		4,04 · 10 ⁵	88,10	2,45	13,00	79,7	8 600	22 200		471	(IIA)T1
288	Silano (Silicon tetrahydride)	SiH ₄	7803-62-5																
289	Solfuro di carbonile	COS	463-58-1	< 0	2,07	1 240	0,045	(29)			60,07	12,00	29,00	-50,2				209	IIAT3
290	Solfuro di carbonio	CS ₂	75-15-0	- 30	2,64	1 263	0,040	1,21	1 071	3,55 · 10 ⁵	76,13	1,30	50,00	46,3	39 900	82 807		95	IICT6
291	Stirollo (Stirene)	C ₆ H ₅ CH:CH ₂	100-42-5	30	3,6	903	0,026	1,10	2 010	3,68 · 10 ⁵	104,16	1,10	6,10	145,2	534	1 761		490	IIAT1
292	Tetradecano	CH ₃ (CH ₂) ₁₂ CH ₃	629-59-4	100	6,83	765	0,017	(29)			198,38	0,50		252,5				201	IIAT3
293	Tetrafluoroetilene	C ₂ F ₄	116-14-3	< 0	3,4	1 580	0,040	1,12	1 122	1,69 · 10 ⁵	100,02	10,00	50,00	- 76,3	2 902 775	4 436 106		255	IIIBT3

(continua)

(continuazione)

a	b	c		d	e	f	g	h	i	l	m	n	o		p	q	r			s	t	u
		SOSTANZE INFIAMMABILI	FORMULA O COMPOSIZIONE										Numero di identifica- zione CAS	Temperat d'infiam- mabilità T_i (3) °C			Densità Relativa all'aria del gas o vapore	Massa volumica del liquido ρ_{liq} kg/m ³	Coeffi- ciente di diffus. c_d m ² /h				Rapporto tra i calori specifici $\gamma$ ($c_p/c_v$)	Calore specifico a temper. ambiente $c_{si}$ (35) J/(kg K)	Calore latente di vaporiz- zazione alla $T_b$ civ J/kg	Massa molare $M$ kg/kmol	LEL % vol.	UEL % vol.	Limiti di esplosibilità in aria	Tempera- tura di ebollizione $T_b$ °C	Tensione di vapore a 20°C $P_v$ Pa	Tensione di vapore a 40°C $P_v$ Pa	Tempera- tura di accensio- ne $T_{acc}$ (3) °C	Gruppo e Classe di tempera- tura (4)
294	Tetraidrotiofene (THT)		CH ₂ (CH ₂) ₂ CH ₂ S	110-01-0	12	3,04	999	0,030	(29)		88,17		1,1	12,1	118	1 860			202	IIAT3		
295	Tetraidrofurano		O(CH ₂) ₄	109-99-9	- 20	2,49	888	0,032	1,08	2 180	4,10 · 10 ⁵	72,10	1,50	12,00	65	18 335	42 089		224	IIBT3		
296	Tetraidronaftalina		C ₆ H ₄ (CH ₂) ₄	119-64-2	71	4,55		0,021	(29)		132,21		0,80	5,00	207,3				425	(IIA)T2		
297	Tetralina		C ₁₀ H ₁₂	119-64-2	71	4,5	973	0,027	(29)		132,20		0,80	5,00	206				384	IIAT2		
298	Toluidina - o		CH ₃ C ₆ H ₄ NH ₂	95-53-4	85	3,7	999	0,027	(29)	1960	107,16				199,7				480	IIAT1		
299	Toluidina - p		C ₆ H ₄ NH ₂ CH ₃	106-49-0	87	3,7	1 046	0,025	(29)		107,16				200,3				482	IIAT1		
300	Toluolo (Toluene)		C ₆ H ₅ CH ₃	108-88-3	4	3,18	866	0,028	1,10	1 842	4,12 · 10 ⁵	92,14	1,10	7,10	111,0	1830	6650		480	IIAT1		
301	Trementina		-	8006-64-2	35	-		(28)	(29)				1,10	6,00					250	IIAT3		
302	Tricloroetilene (trielina)	(27)	ClHCCl ₂	79-01-6	-	4,5	1 500	0,028	(29)	950	2,38 · 10 ⁵	131,40	8,00	10,50	87,2	7 933	19 373		410	IIAT2		
303	Triclorosilano		HSiCl ₃	10025-78-2	< 0	4,7	1 300	(28)	(29)				1,20	90,50	32		> 101 300		200	IIAT4		
304	Trietilammia		(C ₂ H ₅) ₃ N	121-44-8	- 7	3,5	700	0,022	(29)	2170	101,19		1,20	8,00	89,5				232	IIAT3		
305	1,2,4 - Trimetilbenzene		C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	95-63-6	51	4,15	870	0,023	(29)		120,21		0,90	6,40	165				470	IIAT1		
306	1,2,5 - Trimetilbenzene		C ₆ H ₃ (CH ₃) ₃	25551-13-7	46	3,4	900	0,023	(29)		120,21				164				412	IIAT2		
307	2,2,3 - Trimetilpentano		CH ₃ CH ₂ CCH ₂ C(CH ₃) ₃		21	3,9	720	0,023	(29)		3,12 · 10 ⁵	114,23			110	3 400	8 800		346	IIAT3		
308	2,3,3 - Trimetilpentano		CH ₃ CH ₂ C(CH ₃) ₂ CH ₃ CH(CH ₃) ₂		21	3,9	730	0,023	(29)		3,13 · 10 ⁵	114,23			115	2 900	7 500		425	IIAT2		
309	Trimetilpentene (2,4,4)		C ₈ H ₁₆	107-40-4	< 0	3,9	700	0,023	(29)		112,21		0,80	4,80	101				415	IIAT2		
400	Triossano		(CH ₃ O) ₃	110-88-3	45	3,11		(28)	(29)				3,60	29,00	115				410	IIBT2		
401	2,6 - Xilenolo		C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂ OH	1300-71-6	73	4,2		0,030	(29)											IIA		
402	Xilolo - o (Xilene)		C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	95-47-6	17	3,66	881	0,026	1,10	1 720	4,09 · 10 ⁵	106,16	1,10	6,40	144	277	439		464	IIAT1		
403	Xilolo - m (Xilene)		C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	108-38-3	25	3,66	861	0,026	1,10	1 720	4,09 · 10 ⁵	106,16	1,00	7,60	139	335	1 126		522	(IIA) T1		
404	Xilolo - p (Xilene)		C ₆ H ₄ (CH ₃) ₂	106-42-3	25	3,66	861	0,026	1,10	1 720	4,09 · 10 ⁵	106,16	1,10	7,00	137	362	1 371		528	(IIA) T1		

Note alla Tabella GA-2

- (1) Le fonti bibliografiche dei dati per la tabella sono quelle ai punti [1], [2], [3], [4], [17] dell'Appendice GZ.
Ove le suddette fonti forniscono valori diversi, si è data priorità al [2] (IEC 60079-20).
- (2) Per definire la temperatura d'infiammabilità delle sostanze si segnalano i metodi di misura: UNI EN 22592 (in vaso aperto), UNI EN 22719 (in vaso chiuso), ASTM D 56 (in vaso chiuso) e ASTM D 93 (in vaso chiuso).
A volte, per la temperatura d'infiammabilità T_i e la temperatura di ebollizione T_b è stato indicato «< 0» ritenendola una indicazione utile, anche se non precisa, ai fini della presente Guida.
Tutti i valori sono intesi alla pressione atmosferica di riferimento di 101 325 Pa.
- (3) Per le temperature di accensione T_{acc} i valori sono generalmente determinati facendo riferimento all'ASTM E 679-78
- (4) I dati indicati tra parentesi sono stati assunti per analogia con altre sostanze; nei casi dubbi si è optato per una scelta a favore della sicurezza. Data la complessità della materia, in ogni caso consultare la Norma CEI EN 50014 (CEI 31-8) allegato A.
- (5) L'acido formico considerato è in soluzione al 90 %.
La temperatura d'infiammabilità T_i dell'alcool etilico in soluzione acquosa varia in relazione con la concentrazione come segue:
- 80% alcool + 20% acqua: $T_i = 19 \text{ °C}$;
 - 60% alcool + 40% acqua: $T_i = 23 \text{ °C}$;
 - 40% alcool + 60% acqua: $T_i = 26 \text{ °C}$;
 - 30% alcool + 70% acqua: $T_i = 30 \text{ °C}$;
 - 20% alcool + 80% acqua: $T_i = 36 \text{ °C}$;
 - 15-18% alcool + 85-82% acqua: $T_i = 40 \text{ °C}$.
- (7) L'ammoniaca anidra è avvertita dall'uomo con effetti irritanti a concentrazioni inferiori allo 0,01% in volume, produce effetti pericolosi in un tempo compreso tra i 30 min e i 60 min a concentrazione dello 0,2%÷0,3%, produce lesioni mortali entro pochi minuti a concentrazioni dello 0,5%÷1,0%, mentre può creare atmosfere esplosive solo al di sopra del 15 % in aria. Ha un UEL relativamente basso (28 % in aria) per cui il campo di esplosibilità in aria è stretto; inoltre, ha una temperatura di accensione di 630 °C (D.M. 10 giugno 1980).
I suoi vapori sono più leggeri dell'aria e richiedono una notevole energia d'innesco. *L'esperienza ha dimostrato che un'emissione di ammoniaca si disperde facilmente nell'atmosfera ed è di difficile accensione per cui, all'aperto, una sua emissione allo stato gassoso si diffonde rapidamente cosicché eventuali atmosfere esplosive possono essere considerate di estensione trascurabile, (art. 4.4.2 della Norma CEI EN 60079-10).*
In considerazione della sua tossicità, per motivi sanitari sono scelte e mantenute soluzioni impiantistiche tali da ridurre al minimo la possibilità di sua fuoriuscita nell'ambiente.
L'ammoniaca in soluzione acquosa al 30 % e inferiore non è infiammabile.
- (8) Le *benzine e nafte leggere* sono miscele di idrocarburi del petrolio con temperatura finale di ebollizione inferiore a 210 °C (determinata col metodo ASTM D 86), per esempio, le benzine per motori a combustione interna (benzine avio e benzine per autotrazione), le benzine solventi, il benzinone.
La temperatura di ebollizione delle benzine per autotrazione varia in relazione ai componenti presenti nella miscela; generalmente le benzine estive hanno temperature di ebollizione più alte di quelle invernali.
Quando la temperatura ambiente è compresa tra 35 °C e 45 °C è ragionevole considerare una temperatura di ebollizione maggiore ed una tensione di vapore a 40 °C di 70 kPa; in inverno invece la tensione di vapore a 40 °C può essere di 85 kPa.

- (9) I gas considerati hanno i seguenti contenuti percentuali in volume:

Gas	H ₂ %	CO %	CH ₄ %	altri idrocarburi	gas inerti
Gas d'acqua	50 ÷ 55	38 ÷ 42	< 1	–	parte restante
Gas d'alto forno	0,5 ÷ 4	18 ÷ 30	0,5 ÷ 4	–	parte restante
Gas d'aria	≤ 12	25 ÷ 30	< 1	–	parte restante
Gas di città	44 ÷ 51	12 ÷ 18	19 ÷ 22	2	parte restante
Gas di cokeria (*)	55	6	25	2	parte restante

(*) Per il gas di cokeria: se la somma dei contenuti di idrogeno e di monossido di carbonio (H₂ % + CO %) è inferiore al 75 % del totale può essere considerato del gruppo IIB, se la somma risulta maggiore deve essere considerato del gruppo IIC.

- (10) Il *gas di petrolio liquefatto* (GPL) considerato comprende: propano commerciale, butano commerciale e loro miscele. Le caratteristiche possono variare in relazione alle percentuali di ciascuna sostanza.
- (11) Il *gas di raffineria* considerato è quello che più probabilmente costituisce lo scarico accidentale dall'impianto: esso è una miscela di idrocarburi da C1 a C5 e, per essere considerato del gruppo IIA deve contenere al massimo il 30 % in volume di H₂; con concentrazioni di idrogeno maggiori deve essere considerato del gruppo IIC o IIB + H₂.

Il valore della densità del gas considerato è stato assunto convenzionalmente a favore della sicurezza, nella realtà impiantistica il gas potrebbe avere densità relativa all'aria > 1,2 o anche < 0,8.

- (12) Il gas naturale considerato ha il seguente contenuto percentuale in volume di idrocarburi:

CH ₄ %	C ₂ H ₆ %	C ₃ H ₈ %	C ₄ H ₁₀ %	C ₅ H ₁₂ %	C ₆ H ₁₄ %
79 ÷ 99,6	0,01 ÷ 10	tracce ÷ 2,35	tracce ÷ 1,35	tracce ÷ 0,4	tracce ÷ 0,15

la parte restante è costituita da gas inerti.

Le caratteristiche del gas naturale considerate negli esempi di cui alle Appendici GE e GF sono quelle più probabili e conservative del gas presente nella rete italiana.

- (13) Il gas povero è una miscela di gas d'acqua e gas d'aria.
- (14) Il *gasolio* è merceologicamente definito come gasolio con temperatura d'*infiammabilità compresa* fra 55 °C e 65 °C.
Il gasolio è una miscela di idrocarburi distillati dal petrolio nell'intervallo di distillazione compreso fra 150 °C e 370 °C (determinato col metodo ASTM D 86).
- (15) Il *gasolio e olio diesel* sono merceologicamente definiti come gasolio e olio *diesel con temperatura d'infiammabilità superiore a 65 °C*, determinata col metodo ASTM D 93.
- (16) L'*idrazina* ha una temperatura di accensione T_{acc} variabile in relazione al materiale con cui è a contatto (Es. a contatto con l'acciaio inossidabile è 156 °C, a contatto con il vetro è 270 °C).
- (17) I *JP1* e *JP4* sono combustibili per aviogetti (Jet Propellers) costituiti da miscele di idrocarburi distillati da petrolio grezzo.
La temperatura d'infiammabilità dei prodotti considerati è misurata col metodo IP 170 (adottato dall'Istituto del Petrolio Britannico).
- (18) Il *liquido diatermico (dowtherm A)* considerato è una miscela eutettica di difenile al 73,5% e ossido di difenile al 26,5%, esso è dotato di elevato indice di viscosità ed è particolarmente adatto per la trasmissione del calore. La sua temperatura d'infiammabilità è elevata (definita dal produttore, es. 123 °C) ed è sovente utilizzato a temperature comprese tra 300 °C e 400 °C, inferiori alla sua temperatura di accensione (es. 621 °C), potrebbe incendiarsi quando emesso nell'ambiente, ad esempio per guasto.
- (19) Il *metano industriale*, per essere considerato del gruppo IIA, deve contenere al massimo il 30 in volume di H₂. Una miscela di metano con altri composti del gruppo IIA, quali che siano le proporzioni, è classificata del gruppo IIA.
- (20) La *miscela di mercaptani* considerata è composta da: 77% di terz-butilmercaptano (TBM), 14% isopropilmercaptano (IPM), 5,5% n-propilmercaptano (NPM), 3,5% impurità. Denominazioni commerciali: "SCENTINEL-E" oppure "SPOTLEAK 1009".

- (21) La *miscela di mercaptani e solfuri* considerata è composta da: 50% di terz-butilmercaptano (TBM), 50% solfuro di metiletile (MES). Denominazione commerciale: "SPOTLEAK 2323".
- (22) Il *nitrito di etilene* è un gas che al di sopra di 95 °C subisce spontaneamente una decomposizione esplosiva.
È opportuno non confondere il nitrito di etilene con il suo isomero, il nitroetano (N. 254).
- (23) Gli *oli combustibili (nafte pesanti)* considerati sono una miscela costituita da idrocarburi, ottenuta totalmente o in parte come residuo della distillazione del petrolio grezzo.
- (24) L'*olio diatermico* considerato è un olio minerale proveniente da basi paraffiniche, esso è dotato di elevato indice di viscosità ed è particolarmente adatto per la trasmissione del calore. La sua temperatura d'infiammabilità è elevata (definita dal produttore, es. 200 °C) ed è sovente utilizzato a temperature comprese tra 200 °C e 300 °C, inferiori alla sua temperatura di accensione (es. 360 °C), altrimenti potrebbe incendiarsi quando emesso nell'ambiente, ad esempio per guasto.
- (25) Il *petrolio* considerato è una miscela di idrocarburi distillati da petrolio grezzo.
- (26) Il *petrolio grezzo* è una miscela di idrocarburi naturali.
- (27) Il *tricloroetilene (trielina)* non è ordinariamente infiammabile.
I suoi vapori richiedono una notevole energia d'innesco; in ambiente ordinario ha difficoltà di accensione avendo il campo di esplodibilità molto ristretto (a 25°C LEL = 8 % UEL = 10,5 %, a 100°C LEL = 7,8 % UEL 52 %).
Anche se tali condizioni sono difficili da ottenere, non si devono usare fiamme o archi elettrici in apparecchi chiusi contenenti vapori o residui della sostanza.
- (28) Il *coefficiente di diffusione dei gas* c_d per le sostanze organiche con massa molare $M \geq 32$ può essere assunto pari a 0,06.
- (29) Il *rapporto tra i calori specifici* a pressione costante ed a volume costante (o indice di espansione) $\gamma = c_p/c_v$ per molti gas è compreso tra 1,1 a 1,8; il valore può essere stabilito per analogia con le sostanze in tabella considerando che γ diminuisce con l'aumentare della complessità della molecola (ved. la COMPOSIZIONE in tabella).
- (30) Si sono verificati degli infortuni sul lavoro mortali dovuti al Silano fuoriuscito nell'ambiente a contatto con l'aria.
La temperatura di accensione T_a è prossima a quella ambiente.

Appendice GB

Elementi per la definizione delle estensioni delle zone

GB.1 Premessa

I contenuti della presente Appendice si basano su indagini ed esperienze; le modalità di emissione sono state schematizzate per facilitarne la comprensione. La stima delle dimensioni dei fori di emissione dovuti a guasti tiene conto della frequenza di emissione per cui non sono stati considerati i casi che avvengono solo raramente e non significativi ai fini della classificazione dei luoghi.

I contenuti della presente Appendice non devono essere applicati in modo acritico, ma devono essere correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso; il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi deve valutarne l'applicabilità al caso specifico ed assicurare il rispetto della Norma CEI EN 60079-10 (CEI 31-30) in base ai fattori che ne condizionano l'applicabilità.

Nella presente Appendice è stata definita una serie di dimensioni di fori applicabili a specifici tipi di componenti. Per alcuni di essi è stata adottata una sola dimensione di foro, mentre ad altri sono stati assegnati più valori in considerazione della possibile evoluzione del guasto.

Per le flange sono considerate diverse dimensioni di fori, in relazione alle varie condizioni di guasto.

Per le valvole vi sono dimensioni diverse per servizio normale, per servizio gravoso, per grandi valvole.

Per le pompe centrifughe ed i compressori vi è una gamma di dimensioni in funzione del tipo di tenuta e del diametro dell'albero.

Sebbene le dimensioni dei fori siano convenzionali, i valori suggeriti sono certamente validi nel campo industriale ed il loro uso permette di eseguire stime quantitative per le perdite più comuni.

La presente Appendice contiene infine delle formule per il calcolo delle portate di emissione, per la definizione della distanza oltre la quale l'atmosfera non è più pericolosa (concentrazione inferiore al LEL). Queste formule sono di uso pratico e non forniscono dati rigorosamente esatti, esse consentono però di ottenere valori sufficientemente validi come aiuto per il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione, che deve tuttavia sempre valutarne l'applicabilità al caso specifico ed utilizzare i risultati dei calcoli con prudenza.

Alle formule è stato attribuito un codice, racchiuso tra parentesi quadra [...], costituito dalla lettera "f" per indicare che si tratta di una formula, seguita dal numero del paragrafo e, separato ad un trattino "-", dal numero progressivo nell'ambito del paragrafo. Ove applicabile, dopo il codice della formula è stato riportato tra parentesi tonda (...) il codice che la stessa formula aveva nella seconda edizione della presente guida, preceduto da "ex" e, se del caso, è stato aggiunto "modificata".

La letteratura tecnica offre altre formule e insiemi integrati di modelli di calcolo relativi alle emissioni di sostanze infiammabili che il tecnico può utilizzare a sua discrezione; va tuttavia ricordato che ogni modello parte da determinati presupposti, ipotizza cioè determinati scenari di accadimento, non tutti idonei a simulare la generalità di quelli che si presentano nella realtà.

I numeri tra parentesi quadra nei titoli ed in corrispondenza delle formule indicano la posizione nell'elenco dei riferimenti bibliografici riportati nell'Appendice GZ.

Per le definizioni e i simboli utilizzati nella presente Appendice vedere l'art. 3.26.

GB.2 Modalità di emissione

Le sostanze infiammabili possono essere emesse dai sistemi di contenimento in modi diversi in relazione allo stato ed alla velocità di emissione.

a) Stato:

- gas o vapore (in singola fase);
- liquido, che evapora in modo trascurabile nell'emissione (singola fase);
- liquido o gas liquefatto, che evapora nell'emissione.

b) Velocità di emissione e relativa quantità di moto iniziale:

- bassa;
- alta.

I gas e vapori emessi tendono a diffondersi nell'aria, le particelle si allontanano fino ad occupare tutto lo spazio a disposizione.

L'emissione di gas o vapore a bassa velocità forma un pennacchio; le particelle di gas o vapore hanno una bassa quantità di moto, per cui si allontanano dalla SE e si diluiscono nell'aria per diffusione o per diluizione turbolenta in relazione alla velocità relativa dell'aria nella zona di emissione.

Il pennacchio assume la direzione del vento oppure, in assenza di vento, sale o scende in relazione alla densità relativa all'aria dei gas o vapori.

L'emissione di gas o vapore ad alta velocità forma un getto che ingloba l'aria unicamente per trasferimento di quantità di moto (massa per velocità) e si autodiluisce; inizialmente il getto è dominante rispetto all'influenza dell'aria ed assume la forma conica nella direzione di emissione, man mano che le particelle di gas o vapore si allontanano dalla SE perdono velocità, vengono inglobate nell'aria e la direzione del getto subisce l'influenza della direzione dell'aria. L'estensione dell'atmosfera esplosiva in questo caso è generalmente indipendente dalla velocità dell'aria; inoltre, la densità relativa all'aria dei gas o vapori quando il getto ha perso velocità ha poca influenza in quanto a questo punto essi si trovano in miscela nell'aria in bassa concentrazione.

La diluizione dei gas emessi sotto forma di getto dipende dalla velocità di uscita e dalla loro densità relativa all'aria; ad esempio, a parità di portata, emissioni di gas più leggeri dell'aria comportano generalmente un percorso più lungo per scendere al di sotto del LEL delle emissioni di gas più pesanti dell'aria.

La diluizione dei gas emessi sotto forma di getto dipende anche dalla geometria della SE (es. foro circolare, foro lineare, foro radiale); a parità di portata, emissioni da un foro di forma piana (fessura) comportano generalmente un percorso più lungo per scendere al di sotto del LEL di quelle che avvengono da un foro di forma circolare.

L'emissione di un liquido infiammabile evapora in dipendenza delle sue caratteristiche e della differenza tra le condizioni di pressione e temperatura in cui si trovava all'interno del sistema di contenimento rispetto a quelle dell'ambiente.

Se il liquido esce ad una temperatura inferiore a quella di ebollizione riferita alla temperatura e pressione ordinarie dell'ambiente, la portata di evaporazione è piccola; il liquido precipita formando una pozza sul terreno da dove evapora.

Se la sostanza, all'interno del suo sistema di contenimento, è allo stato liquido perché in pressione, oppure esce ad una temperatura superiore a quella di ebollizione riferita alla temperatura e pressione ordinarie dell'ambiente, nel punto di emissione esso subisce in parte o totalmente una vaporizzazione tumultuosa ed istantanea (flashing), in parte una nebulizzazione.

La parte di liquido che non evapora o nebulizza nell'emissione, va a formare una pozza dalla quale avviene l'evaporazione.

Quando la velocità di uscita del liquido dal suo sistema di contenimento è piccola o la sorgente di emissione è schermata, la pozza si forma sul suolo sottostante il punto di emissione; quando la velocità di uscita è grande (pressione interna elevata) e la sorgente di emissione non è schermata, il liquido viene spruzzato e può percorrere una certa distanza prima di cadere a terra e formare una pozza. In questi casi occorre una particolare attenzione per definire l'estensione della zona pericolosa nell'intorno della pozza.

Se il liquido esce ad una temperatura superiore a quella di accensione (autoaccensione), a contatto con l'atmosfera si autoincendia originando pericoli d'incendio più che di esplosione (es. certi oli diatermici riscaldati a temperature molto elevate).

I liquidi emessi ad alta velocità, cioè ad una velocità superiore a quella critica (dipendente dalla temperatura, dalla pressione e da altri parametri), formano getti che si disintegrano (nebulizzano) per l'alta turbolenza generata, trascinano l'aria e si auto-diluiscono.

NOTA -L'elevata turbolenza può generare cariche elettrostatiche capaci di innescare la nebbia o i vapori, anche in funzione della conduttività elettrica e/o della presenza di impurità.

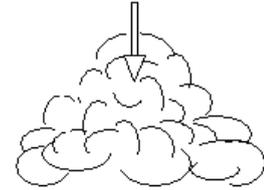
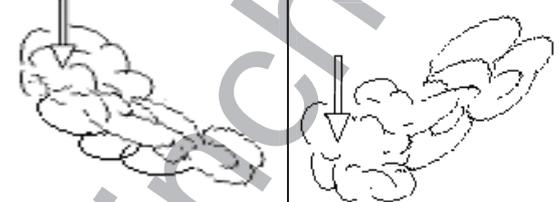
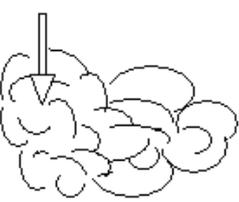
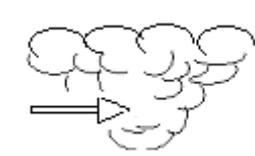
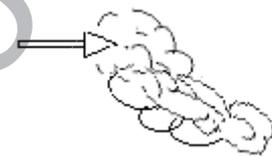
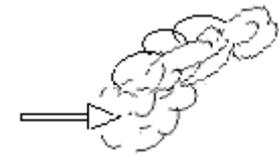
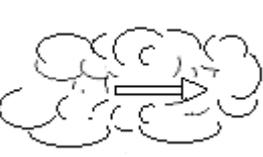
I gas che, all'interno del loro sistema di contenimento, si trovano allo stato liquido in quanto a bassa temperatura (gas refrigerati), quando emessi, evaporano assorbendo calore dall'ambiente; la massa si raffredda e questo può dare origine a nebbie e fenomeni molto complessi di cambio di stato, fino alla completa evaporazione.

Una schematizzazione delle modalità di emissione è riportata nella Tabella che segue.

Fluido emesso	Modalità di emissione	
	Velocità di emissione e relativa quantità di moto	Modalità di dispersione
Gas o vapore	alta	getto automiscelantesi con l'aria
	bassa	pennacchio di gas o vapore
Liquido che non evapora nell'emissione	alta	getto di liquido che viene lanciato lontano e cadendo forma una pozza, distante dal punto di emissione, da dove avviene una lenta evaporazione
	bassa	rivolo o gocce che cadono al suolo e formano una pozza dalla quale avviene l'evaporazione
Liquido che evapora nell'emissione	alta	getto di liquido che evapora tutto o solo in parte nel punto di emissione e può formare una nebbia che evapora durante la caduta al suolo
	bassa	scia di liquido in evaporazione durante la caduta e che può formare una pozza dalla quale avviene una rapida evaporazione

Esempi di dispersione di gas o vapori nell'aria

NOTA Le figure non rappresentano l'estensione delle zone pericolose

Casi considerati	Direzione dell'aria	Gas pesanti densità > 1,2	Gas leggeri densità < 0,8	Gas intermedi densità 0,8 + 1,2
Emissione verso l'alto 	Assente			
				
Emissione verso il basso 	Assente			
				
Emissione orizzontale (da sinistra verso destra) 	Assente			
				
				

GB.3 Fori di emissione dovuti a guasti, area delle superfici di emissione di liquidi e emissioni strutturali

GB.3.1 Stima delle dimensioni dei fori di emissione dovuti a guasti

La stima delle dimensioni dei fori che si determinano in caso di guasto di componenti dell'impianto contenente le sostanze infiammabili (es. di processo), da utilizzare per definire la portata di emissione per la definizione del grado della ventilazione e dell'estensione delle zone pericolose è di difficile valutazione.

In generale le dimensioni sono basate sull'esperienza pratica e su considerazioni ingegneristiche, soprattutto in relazione ai materiali utilizzati, alla periodicità ed accuratezza della manutenzione e alla rapidità di intervento in caso di guasto. Per esempio, per l'emissione da una flangia si potrebbe fare riferimento alla dimensione del foro ragionevolmente prevedibile in relazione alle sue caratteristiche specifiche e/o alla sua utilizzazione, che si manifesta più frequentemente, ovvero alla dimensione del foro, più grande, che si manifesta meno frequentemente, quale è quella corrispondente alla sezione di guarnizione compresa tra due fori di serraggio della flangia.

NOTA Si rammenta che, per foro si intende l'apertura di emissione: questa, in particolare nelle flange e negli alberi di macchine o valvole, può avere forma lineare, in tal caso ha senso parlare di spessore del foro.

Le dimensioni di seguito riportate sono stimate, ciò nonostante sono utili per fare valutazioni di emissione.

NOTA Le dimensioni da assumere caso per caso devono essere tuttavia valutate considerando le situazioni specifiche. Pertanto le dimensioni dei fori di emissione dovuti a guasti possono essere maggiori o minore di quelle suggerite

Le sorgenti di emissione considerate sono:

- flange;
- valvole;
- valvole di sicurezza, dischi di rottura e guardie idrauliche;
- pompe centrifughe;
- compressori alternativi;
- compressori centrifughi;
- connessioni di piccole dimensioni;
- punti di drenaggio e prelievo campioni.

Per le tenute sugli alberi, l'area può essere definita assumendo un foro anulare. Generalmente questo interstizio è considerato proporzionale al quadrato del diametro.

a) Flange

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera il guasto del dispositivo di tenuta (es. guarnizione).

Nella pratica industriale, il foro è definito considerando le dimensioni della flangia, il tipo e lo spessore della guarnizione.

I tipi di dispositivi di tenuta delle flange presi in considerazione sono:

- a1) guarnizione in fibra compressa;
- a2) guarnizione spirometalliche, guarnizione in grafoil con inserto anti-estrusione e con anello interno (a volte anche anello esterno) di contenimento, guarnizione in teflon, guarnizioni analoghe;
- a3) giunto ad anello metallo su metallo (ring joint), giunti filettati.

Con le guarnizioni di cui in a1), un guasto grave può originare un foro di spessore 1 mm lungo quanto la sezione di guarnizione compresa tra due fori di serraggio.

La tipologia di perdita delle flange è tale per cui normalmente il guasto inizia con un foro piccolo e, solo se non si interviene, raggiunge le dimensioni sopra riportate. Pertanto, quando dette dimensioni del foro sono ritenute improbabili perché è previsto un intervento tempestivo o per altri validi motivi, possono essere considerati fori più piccoli ed assumere il valore di $2,5 \text{ mm}^2$.

NOTA In presenza di diametri degli accoppiamenti flangiati molto grandi e/o in casi particolari, può essere opportuno assumere dimensioni del foro maggiori di $2,5 \text{ mm}^2$ anche se è previsto un intervento tempestivo.

Con le guarnizioni di cui in a2), un guasto grave può originare un foro di spessore $0,05 \text{ mm}$ lungo quanto la sezione di guarnizione compresa tra due fori di serraggio.

Anche in questo caso, considerando la tipologia delle perdite delle flange, quando i fori definiti come sopra sono ritenuti improbabili perché è previsto un intervento tempestivo o per altri validi motivi, possono essere considerati fori più piccoli ed assumere il valore di $0,25 \text{ mm}^2$.

NOTA Le superfici di contatto delle flange devono avere un grado di lavorazione adatto al tipo di guarnizione adottato. In generale, con le guarnizioni in grafoil con inserto anti-estrusione e anelli, interno ed esterno, di contenimento, non è necessario un particolare grado di lavorazione delle superfici.

Con i giunti di cui in a3), un guasto grave può originare un foro di spessore $0,05 \text{ mm}$ lungo 10 mm , quindi di area $0,5 \text{ mm}^2$.

Anche in questo caso, considerando la tipologia delle perdite delle flange, quando i fori definiti come sopra sono ritenuti improbabili perché è previsto un intervento tempestivo o per altri validi motivi, possono essere considerati fori più piccoli ed assumere il valore di $0,1 \text{ mm}^2$.

NOTA I giunti filettati maschio-femmina (es. tubo-manicotto), ove non diversamente definito da normative specifiche o non riconducibili alle esclusioni di cui al paragrafo 2.4, possono essere considerati equivalenti a giunti ad anello metallo su metallo.

b) Valvole manuali e valvole automatiche ON-OFF

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera l'emissione dallo stelo.

Nella pratica industriale, quale area del foro di emissione dallo stelo di valvole manuali e di valvole automatiche ON-OFF (apre-chiude), es. valvole di blocco, con tenuta a baderna, si può assumere:

- $0,25 \text{ mm}^2$ per valvole di uso generale su tubazione di diametro minore o uguale a 150 mm ;
- $2,5 \text{ mm}^2$ per valvole di uso generale su tubazione di diametro maggiore di 150 mm ;
- $2,5 \text{ mm}^2$ per valvole con servizio gravoso (più di una manovra al giorno) su tubazione di qualunque diametro.

NOTA Dimensioni del foro di emissione intermedi possono essere assunti a seguito di considerazioni specifiche.

c) Valvole di regolazione automatica

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera l'emissione dallo stelo.

I tipi di dispositivi di tenuta delle valvole presi in considerazione sono:

- c1) tenuta a baderna;
- c2) tenuta a soffiutto.

Nella pratica industriale, quale area del foro di emissione dallo stelo di valvole di regolazione automatica, si può assumere:

- $2,5 \text{ mm}^2$ per valvole con tenuta a baderna;
- $0,25 \text{ mm}^2$ per valvole con tenuta a soffiutto.

d) Valvole di sicurezza (SV), dischi di rottura (RD) e guardie idrauliche (GI)

Le valvole di sicurezza (SV), i dischi di rottura (RD) e le guardie idrauliche (GI) sono dispositivi di sicurezza atti ad evitare il superamento della pressione di progetto durante il funzionamento ordinario dell'impianto, per la protezione di recipienti e tubazioni.

Le SV, i RD e le GI che interessano la classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione sono quelli che scaricano direttamente all'atmosfera e non in torcia o blow down (sistemi di depressurizzazione e scarico).

Il tipo di dispositivo viene scelto in base alle sue caratteristiche funzionali e alle condizioni operative dell'impianto.

Le SV sono valvole che si aprono automaticamente per la spinta sull'otturatore del fluido in pressione che vince una forza antagonista applicata sull'otturatore stesso (es. di una molla, di una massa, di una massa con relativa leva, ecc.).

Le SV sono generalmente a molla diretta; le SV a massa o a massa con relativa leva possono essere utilizzate con forze di valore stabilito esercitate sull'otturatore (es. forze non superiori a 8000 N).

Quando, per esigenze di esercizio, le SV devono avere una perfetta tenuta, è ammessa la presenza di un'adatta guarnizione fra sede e otturatore.

I RD sono dispositivi a fratturazione prestabilita che si rompono ad una determinata pressione.

Le GI sono dispositivi a tenuta di liquido realizzati con battente di liquido; esse sono installate generalmente in sistemi dove la pressione relativa massima non è elevata (es. inferiore a 1 bar).

Le SV, i RD e le GI intervengono per aumento di pressione dovuto a:

- d.1) incendi esterni; ovvero,
- d.2) anomalie di esercizio (es. errori di manovra);
- d.3) funzionamento anomalo o fuori servizio di strumentazione di regolazione o controllo;
- d.4) pressioni di esercizio variabili in processi discontinui (a batch).

Quando possono essere ragionevolmente escluse le anomalie di cui in d.2), d.3), d.4), l'intervento delle SV, la rottura dei RD e il superamento del battente delle GI può essere trascurato ai fini della classificazione dei luoghi in oggetto.

Quando non possono essere escluse le anomalie di cui in d.2), d.3), d.4), l'intervento delle SV, la rottura dei RD e il superamento del battente delle GI devono essere considerate emissioni di secondo grado solo se dalle valutazioni risulta che la probabilità di atmosfera esplosiva dovuta all'apertura è superiore a 10^{-5} in un anno.

In considerazione della grande estensione della zona pericolosa in caso di apertura delle SV e dei RD, quando la probabilità di atmosfera esplosiva è superiore a 10^{-5} in un anno si consiglia di predisporre per essi ulteriori mezzi di protezione (apprestamenti di difesa o barriere di sicurezza) atti ad abbassare a valori inferiori la probabilità di un loro intervento (ved. 1.3.).

Le SV chiuse e le GI efficienti possono avere emissioni nell'atmosfera durante il funzionamento ordinario dell'impianto (trafilamenti), la cui portata Q_g deve essere quella massima prevista (es. dal fornitore) considerando l'intervallo di manutenzione.

In assenza di informazioni più precise, queste emissioni devono essere considerate generalmente di primo grado e si può valutare una sezione di apertura di:

- d.5) per le SV senza guarnizione tra sede e otturatore, la sezione di apertura può essere assunta di valore variabile da 1 mm² a 0,25 mm² in funzione della pressione del sistema di contenimento e della presenza sulla tubazione di scarico della SV di un sistema a sifone con spia visiva e liquido che permette di rilevare eventuali trafilamenti;
- d.6) per le GI l'area del foro deve essere valutata caso per caso essendo i sistemi molto diversi tra loro (liquido che evapora, ecc.).

Lo scarico delle SV, RD e GI dovrebbe essere generalmente convogliato verso l'alto al di sopra delle strutture circostanti, per ridurre la probabilità di innesco.

e) Pompe centrifughe con tenute meccaniche

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera l'emissione dalle tenute.

La rottura di una tenuta meccanica può essere dovuta a:

- errata installazione, da prevedere generalmente solo durante le prove in campo e nelle fasi iniziali di esercizio;
- scheggiatura o rigatura (per ingresso di corpi estranei, vibrazioni, ecc.), da prevedere generalmente durante il funzionamento ordinario.

Per errata installazione, l'area del foro di emissione è generalmente definita, in relazione al diametro dell'albero, come segue:

$$S = \pi \cdot l \cdot d$$

Quando sulla tenuta è installata una ghiera per il controllo del flusso in uscita, l'area del foro può essere ridotta con un fattore variabile da 3 a 5.

Per una pompa con albero di diametro $d = 25$ mm l'area del foro può essere assunta:

- 25 mm^2 con tenuta meccanica senza la ghiera di controllo del flusso in uscita,
- 5 mm^2 con tenuta meccanica provvista di ghiera di controllo del flusso in uscita.

Per pompe con albero di altre dimensioni l'area del foro può essere proporzionale al diametro.

Per la scheggiatura o rigatura dell'anello di tenuta, l'area del foro di emissione è generalmente definita, considerando che la perdita possa essere 10 volte quella massima prevista in funzionamento ordinario come emissione strutturale (ved. GB.3.2.1) oltre la quale è previsto un intervento di manutenzione, stabilita sulla base delle informazioni fornite dal costruttore della tenuta e/o dell'esperienza.

f) Compressori alternativi

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considerano sia le emissioni dalle tenute, sia le emissioni da altri punti quale la camera delle valvole.

Per i vari punti di possibile emissione, l'area del foro tende a rientrare nel campo tra 1 e 5 mm^2 , quindi generalmente si può assumere il valore di $2,5 \text{ mm}^2$.

g) Compressori centrifughi

Per definire le dimensioni del foro di emissione, si considera l'emissione dalle tenute.

Per le tenute, l'area del foro di emissione è generalmente definita come per le pompe centrifughe.

Le tenute possono essere del tipo a labirinto flussate o ad anello flottante; con queste ultime l'area del foro può essere ridotta con un fattore da 5 a 6.

La rottura di una tenuta può essere dovuta a:

- errata installazione, da prevedere generalmente solo durante le prove in campo e nelle fasi iniziali di esercizio;
- scheggiatura o rigatura (per ingresso di corpi estranei, vibrazioni, ecc.), da prevedere generalmente durante il funzionamento ordinario.

Per un compressore con albero di diametro $d = 150$ mm l'area del foro può essere assunta come sotto indicato.

Per errata installazione:

- 250 mm^2 con tenuta a labirinto flussata;
- 50 mm^2 con tenuta ad anello fluttuante;

per compressori con albero di altre dimensioni l'area del foro può essere proporzionale al diametro.

Per scheggiatura o rigatura:

- 5 mm² con tenuta a labirinto flussata;
- 1 mm² con tenuta ad anello fluttuante;

per compressori con albero di altre dimensioni l'area del foro può essere proporzionale al diametro.

h) Conessioni di piccole dimensioni

Tipiche connessioni di piccole dimensioni sono quelle per il collegamento della strumentazione di processo.

La tipologia di perdita è tale per cui normalmente il guasto inizia con un foro piccolo e, solo se non si interviene, raggiunge le dimensioni della rottura completa del tubo. Pertanto, quando la rottura completa è ritenuta improbabile perché è previsto un intervento tempestivo o per altri validi motivi, possono essere considerati fori più piccoli nel campo tra 0,1 e 1 mm² ed assumere mediamente il valore di 0,25 mm².

i) Punti di drenaggio e prelievo campioni

I punti di drenaggio sono costituiti generalmente da valvole (manuali o a richiusura automatica).

I punti di prelievo campioni, detti anche "prese campione", possono essere:

- a dosaggio predeterminato;
- a circuito chiuso;
- a circuito aperto.

Sia per i punti di drenaggio, sia per i punti di prelievo campioni si considera generalmente il trafilamento dalla valvola d'intercettazione. Il trafilamento può essere escluso quando sono previste doppie valvole d'intercettazione, una valvola più una flangia cieca o un tappo, oppure per prese campione a dosaggio predeterminato quando la quantità prelevata è di pochi cm³.

Per i punti di prelievo campioni a circuito chiuso, generalmente possono non essere considerate le emissioni durante il prelievo dei campioni; per i punti di prelievo campioni a circuito aperto invece, dette emissioni devono essere generalmente considerate (emissioni di primo grado).

Nei casi in cui non possa essere ragionevolmente esclusa la possibilità che la valvola di drenaggio o prelievo campioni sia lasciata o rimanga aperta, per definire le dimensioni del foro si considera la valvola completamente aperta.

NOTA - Il diametro tipico di efflusso dei punti di prelievo campioni è 20 mm.

Il diametro tipico di efflusso dei punti di drenaggio varia in genere tra 15, 25, 40 e 50 mm.

Per il trafilamento possono essere considerati fori più piccoli; indicativamente 1/10 del diametro sopra indicato.

GB.3.2 Area delle superfici di emissione di liquidi [9] [11] [16]

L'area della superficie di emissione di un liquido esposto all'atmosfera in contenitore aperto è quella del contenitore. Nella fuoriuscita di liquido che non evapora nell'emissione e cade al suolo, si forma una pozza la cui area è definita in modi diversi in relazione alla situazione locale.

- Quando il liquido emesso è confinato, cioè delimitato da adeguati cordoli, terrapieni, dighe, ecc., l'area della pozza non può essere maggiore di quella delimitata dagli stessi cordoli, terrapieni, dighe, ecc. A_d , salvo i casi particolari di cui in f).
- Quando il suolo è pavimentato con pendenza verso pozzetti o ghiotte di drenaggio in fogna, ragionevolmente il liquido fuoriuscito viene scaricato in fogna limitando sensibilmente l'area S fino a dimensioni che possono essere anche trascurabili. Occorre fare una valutazione della distanza tra punto più lontano di emissione dal pozzetto o ghiotta di drenaggio in fogna e, sulla base della portata.

- c) Quando il liquido non è confinato (vedi il punto a), la pozza si allarga fino a che la sua area determina una portata di evaporazione uguale alla portata di liquido che la alimenta (condizione di equilibrio); in tal caso, l'area della pozza può essere definita con la formula [f.GB.4.5-4]. Nel caso a), se il confinamento è più esteso dell'area nella condizione di equilibrio, anche in quel caso l'area della pozza può essere definita con la formula [f.GB.4.5-4].
- d) Quando l'emissione avviene in pressione, la pozza potrebbe formarsi lontano dal punto di emissione.
- e) Quando il liquido cade in acqua può galleggiare fino a punti lontani (es. in reti fognarie, vasche di decantazione, nel mare dai pontili, ecc.).
- f) Quando l'impianto è sorvegliato l'intervento del personale elimina la perdita e potrebbe limitare l'area a dimensioni più piccole di quelle che raggiungerebbe nelle condizioni di cui in a), b), c); l'area della pozza può essere allora definita con la formula [f.GB.4.5-1].

In questo caso occorre fare una valutazione sulla base della portata di emissione e del tempo di intercettazione della perdita.

GB.3.2.1 Portata di liquido emesso dal sistema di contenimento

La Norma riporta nell'Allegato A, par A.3.1 una formula per definire la portata di emissione di liquido, la quale fornisce gli stessi risultati della formula [f.GB.3.2.1-1] sottostante a meno del coefficiente di efflusso (scarico) "C_d", non utilizzato nella Norma. Il coefficiente "C_d" è stato utilizzato in questa Guida perché, come indicato nella Norma stessa, consente di ottenere risultati più precisi.

Per definire l'area della pozza occorre innanzi tutto calcolare la portata di liquido emesso dal sistema di contenimento.

La portata Q_l in massa (kg/s) si ricava con la formula [f.GB.3.2.1-1] seguente [25].

Per liquidi viscosi la formula potrebbe fornire portate eccessive.

$$(dG/dt) = Q_l = C_d \cdot S \sqrt{2 \cdot \rho_{liq} \cdot \Delta p} \quad [f.GB.3.2.1-1]$$

La formula [f.GB.3.2.1-2] seguente fornisce la pressione assoluta p all'interno del sistema di contenimento nel punto di emissione (SE):

$$p = p_{lh} + p_i \quad [f.GB.3.2.1-2]$$

dove, p_{lh} è la eventuale pressione dovuta al battente del liquido, che può essere ricavata con la formula [f.GB.3.2.1-3] e p_i è ogni altra pressione imposta sul liquido stesso, quale ad esempio la pressione atmosferica, la pressione di un cuscinio di gas (es. gas inerte), o la pressione di pompaggio.

$$p_{lh} = (h_{liq} - h_f) \cdot \rho_{liq} \cdot g \quad [f.GB.3.2.1-3]$$

A favore della sicurezza, l'altezza h_{liq} è considerata costante durante l'emissione.

La portata Q_l può essere utilizzata per definire la portata volumetrica di emissione Q_{vl} e quindi le dimensioni delle pozze di cui in GB.3.2.2 e GB.3.2.3, o per stabilire la portata di liquido che nebulizza nell'emissione, v. 3.22.5.

La formula [f.GB.3.2.1-4] seguente fornisce la portata volumetrica di emissione Q_{vl} :

$$Q_{vl} = Q_l / \rho_{liq} \quad [f.GB.3.2.1-4]$$

Per la massa volumica del liquido ρ_{liq} in kg/m³, ved. Tabella GA-2.

GB.3.2.2 Area S_1 della pozza definita considerando il tempo d'intervento per sopprimere la perdita

La formula seguente non considera l'evaporazione che avviene durante l'emissione del liquido in quanto è assunto che esso si trovi ad una temperatura vicina a quella ambiente e sufficientemente lontana dalla sua temperatura di ebollizione, si riferisce a tempi di emissione brevi (secondo grado), quindi l'area della pozza così calcolata deve essere intesa come massima. Per calcolare l'area della pozza, quando i tempi di emissione t_p sono lunghi e/o il liquido si trova ad una temperatura molto vicina alla sua temperatura di ebollizione, può essere opportuno considerare tale evaporazione ed assumere un'area più piccola di quella calcolata con la formula seguente:

$$S_1 = \frac{Q_v \cdot t_p}{h_m} \quad [\text{f.GB.3.2.2-1}]$$

I valori della profondità della pozza h_m da considerare dipendono soprattutto dalla porosità e rugosità del suolo e dalla viscosità della sostanza, valori indicativi possono essere:

- $5 \cdot 10^{-3}$ m, con pavimento non poroso (es. in calcestruzzo);
- $10 \cdot 10^{-3}$ m, con pavimento poroso (es. con ghiaia).

Per liquidi con viscosità molto bassa (es. solventi), la profondità della pozza h_m può essere minore di $5 \cdot 10^{-3}$ m; viceversa, per quelli con viscosità molto alta, la profondità della pozza può essere maggiore di $10 \cdot 10^{-3}$ m.

GB.3.2.3 Area S_2 della pozza non confinata definita in regime di equilibrio

$$S_2 = \frac{Q_l}{Q_{gs}} \cdot k_A \quad [\text{f.GB.3.2.3-1}]$$

dove:

- Q_l = portata di emissione del liquido ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1}$), da calcolare con la formula [f.GB.3.2.1-1]
- k_A = 0,7 quando $Q_l / Q_{gs} < 1,0$ m^2
- k_A = 1,0 quando $1,0 \leq Q_l / Q_{gs} < 4,0$ m^2
- k_A = 1,4 quando $Q_l / Q_{gs} \geq 4,0$ m^2
- Q_{gs} = portata specifica di evaporazione da una pozza ($\text{kg} \cdot \text{s}^{-1} \cdot \text{m}^2$) lambita dall'aria di ventilazione dell'ambiente di cui non sia nota l'area S , definita con la formula seguente:

$$Q_{gs} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{w_a}{f_{SE}} \cdot \frac{M \cdot p_a}{R \cdot T} \ln \left(\frac{p_a}{p_a - p_v} \right) \quad [\text{f.GB.3.2.3-2}]$$

B.3.3 Stima delle emissioni strutturali [9] [11] [16]

Emissioni strutturali sono quelle che possono avvenire durante l'attività dell'impianto dai punti di discontinuità dei componenti del sistema di contenimento delle sostanze infiammabili, quali ad esempio le flange sulle tubazioni, le giunzioni tra parti di apparecchi e macchine, gli sfianti di valvole di sicurezza, di sfioro e simili chiuse, ecc. (v. 5.7.3.2).

GB.3.3.1 Emissioni strutturali - Dati statistici

Le portate di emissione indicate nella tabella seguente sono basate su dati statistici [9] e possono essere utili nell'industria per fare valutazioni di emissione. Quando l'impianto sia ben mantenuto, oppure siano utilizzati componenti con basse perdite, i componenti usurabili siano sostituiti nel rispetto delle indicazioni del costruttore e comunque con periodicità tale da assicurare il mantenimento nel tempo delle condizioni previste, è ragionevole considerare che le emissioni strutturali possano essere anche inferiori di quelle indicate nella Tabella GB.3.3-1 seguente.

Tabella GB.3.3-1

Componenti	Tipi di sostanze	Emissioni strutturali kg·s ⁻¹
Conessioni (a flangia o filettate), accessori di tubazioni	gas	$1,9 \cdot 10^{-8}$
	prodotti petroliferi leggeri ⁽¹⁾	$2,1 \cdot 10^{-8}$
	prodotti petroliferi pesanti ⁽²⁾	$5,2 \cdot 10^{-10}$
	gas e/o prodotti petroliferi in piattaforme a mare (offshore)	$3,0 \cdot 10^{-9}$
Valvole manuali e automatiche (escluse le valvole di sicurezza e di rilascio all'atmosfera)	gas	$5,6 \cdot 10^{-7}$
	prodotti petroliferi leggeri ⁽¹⁾	$1,0 \cdot 10^{-7}$
	prodotti petroliferi pesanti ⁽²⁾	$1,0 \cdot 10^{-9}$
	gas e/o prodotti petroliferi in piattaforme a mare (offshore)	$1,1 \cdot 10^{-7}$
Sfiati, drenaggi, spurghi e prese- campione intercettati da valvole (escluse le valvole di sicurezza e di rilascio all'atmosfera)	gas	$5,6 \cdot 10^{-8}$
	prodotti petroliferi leggeri ⁽¹⁾	$1,8 \cdot 10^{-7}$
	prodotti petroliferi pesanti ⁽²⁾	$5,0 \cdot 10^{-9}$
	gas e/o prodotti petroliferi in piattaforme a mare (offshore)	$5,1 \cdot 10^{-8}$
Sfiati di valvole di sicurezza chiuse ⁽³⁾ , valvole di rilascio all'atmosfera chiuse, tenute di pompe e compressori, boccaporti, passi d'uomo, bracci di carico ed ogni altro componente	gas	$1,5 \cdot 10^{-6}$
	prodotti petroliferi leggeri ⁽¹⁾	$5,2 \cdot 10^{-7}$
	prodotti petroliferi pesanti ⁽²⁾	$3,0 \cdot 10^{-9}$
	gas e/o prodotti petroliferi in piattaforme a mare (offshore)	$5,4 \cdot 10^{-7}$
(1) Prodotti con densità inferiore a 934 kg/m ³ a 15 °C;		
(2) Prodotti con densità superiore a 934 kg/m ³ a 15 °C;		
(3) Per le valvole di sicurezza vedere anche la Tabella GB.3.2-2 seguente.		

GB.3.3.2 Perdite da valvole di sicurezza per gas - Dati di prova

Per le valvole di sicurezza di impianti relativi al gas con tenuta metallo su metallo, le perdite massime ammissibili nelle prove di collaudo relative alla tenuta della sede della valvola, sono riportate nella Tabella GB.3.3-2 seguente, tratta dalla API STANDARD 527: 07-1991 [11]. Tali perdite possono essere utilizzate per definire le emissioni strutturali tenendo in considerazione che col tempo possono aumentare in dipendenza delle influenze esterne e delle condizioni di esercizio.

Tabella GB.3.3-2

Valvola di sicurezza	Pressione di esercizio MPa	Tenuta esterna perdite massime ammissibili kg·s ⁻¹
Valvole con orifizio di scarico di diametro ≤ 7,8 mm	0,103 - 6,896	1,4 · 10 ⁻⁷
	10,3	2,2 · 10 ⁻⁷
	13,0	2,8 · 10 ⁻⁷
	17,2 - 41,4	3,6 · 10 ⁻⁷
Valvole con orifizio di scarico di diametro > 7,8 mm	0,103-6,896	7,1 · 10 ⁻⁸
	10,3	1,1 · 10 ⁻⁷
	13,0	1,4 · 10 ⁻⁷
	17,2	1,8 · 10 ⁻⁷
	20,7	2,2 · 10 ⁻⁷
	27,6	2,8 · 10 ⁻⁷
	38,5	3,6 · 10 ⁻⁷
	41,4	3,6 · 10 ⁻⁷

Per le valvole di sicurezza di impianti relativi al gas con tenuta soffice (es. in teflon), nelle prove di collaudo di tenuta della sede della valvola non sono ammesse perdite.

GB.3.3.3 Perdite da apparecchi a gas - Valori indicativi

Nei luoghi di installazione di impianti termici alimentati a gas le portate delle perdite indicative di tenuta esterna dei componenti e di perdite indicative dallo sfiato in caso di danneggiamento della membrana nei regolatori di pressione, sono riportate nelle Tabelle GB.3.3-3/1 e GB.3.3-3/2 seguenti. Tali perdite possono essere utilizzate per definire le emissioni strutturali tenendo in considerazione che col tempo possono aumentare in dipendenza delle influenze esterne e delle condizioni di esercizio.

Tabella GB.3.3-3/1

	Perdite da apparecchi a gas Dati di prova	Condizioni ambientali $p_a = 101\,325\text{ Pa}$ $T_a = 20\text{ °C}$	Tenuta esterna Perdita indicativa		
			–	Metano	GPL
	Titolo	Descrizione	cm ³ /h	kg·s ⁻¹	kg·s ⁻¹
1	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi di intercettazione, regolazione e sicurezza.	Per dispositivi multifunzionali: DN fino a 10 mm	60	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$3,06 \cdot 10^{-8}$
		DN da 10 mm a 80 mm	120	$2,2 \cdot 10^{-8}$	$6,11 \cdot 10^{-8}$
2	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi automatici di intercettazione e/o regolazione. Valvole automatiche.	DN fino a 10 mm	20	$3,7 \cdot 10^{-9}$	$1,02 \cdot 10^{-8}$
		DN da 10 mm a 25 mm	40	$7,4 \cdot 10^{-9}$	$2,04 \cdot 10^{-8}$
		DN da 25 mm a 80 mm	60	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$3,06 \cdot 10^{-8}$
		DN da 80 mm a 150 mm	100	$1,9 \cdot 10^{-8}$	$5,09 \cdot 10^{-8}$
		DN oltre 150 mm	150	$2,8 \cdot 10^{-8}$	$7,64 \cdot 10^{-8}$
3	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi termoelettrici.	DN fino a 10 mm	20	$3,7 \cdot 10^{-9}$	$1,02 \cdot 10^{-8}$
		DN da 10 mm a 25 mm	40	$7,4 \cdot 10^{-9}$	$2,04 \cdot 10^{-8}$
		DN da 25 mm a 80 mm	60	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$3,06 \cdot 10^{-8}$
4	Bruciatori di gas ad aria soffiata. ⁽¹⁾	Potenza termica $\leq 100\text{ kW}$	70	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$3,57 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 350\text{ kW}$	140	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$7,13 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 1\,000\text{ kW}$	210	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,07 \cdot 10^{-7}$
		Potenza termica $> 2\,000\text{ kW}$	280	$5,2 \cdot 10^{-8}$	$1,43 \cdot 10^{-7}$
5	Generatori di aria calda funzionanti a gas con bruciatore ad aria soffiata.	Potenza termica $\leq 100\text{ kW}$	70	$1,3 \cdot 10^{-8}$	$3,57 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 350\text{ kW}$	140	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$7,13 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 2\,000\text{ kW}$	210	$3,9 \cdot 10^{-8}$	$1,07 \cdot 10^{-7}$
6	Regolatori di pressione per apparecchi alimentati da gas canalizzati. ⁽²⁾	Regolatori singoli	30	$5,6 \cdot 10^{-9}$	$1,53 \cdot 10^{-8}$
		Regolatori multipli	60	$1,1 \cdot 10^{-8}$	$3,06 \cdot 10^{-8}$
		Perdita dallo sfiato in caso di danneggiamento della membrana (2)	50000	$9,3 \cdot 10^{-6}$	$2,55 \cdot 10^{-5}$
7	Caldaie ad acqua, di riscaldamento centralizzato, funzionanti a gas con bruciatore atmosferico e portata termica nominale $\leq 70\text{ kW}$.	Fuga totale massima del circuito gas	140	$2,6 \cdot 10^{-8}$	$7,13 \cdot 10^{-8}$

(1) Perdite indicative previste sulla linea del gas del bruciatore e delle apparecchiature di sicurezza e regolazione ivi inserite.

(2) Il DM 12 aprile 1996 prescrive che eventuali riduttori di pressione siano collocati all'esterno dell'edificio.

Tabella GB.3.3-3/2

	Perdite da apparecchi a gas Dati di prova	Condizioni ambientali $p_a = 101\,325\text{ Pa}$ $T_a = 40\text{ °C}$	Tenuta esterna Perdita indicativa		
			- cm ³ /h	Metano kg·s ⁻¹	GPL kg·s ⁻¹
	Titolo	Descrizione			
1	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi di intercettazione, regolazione e sicurezza.	Per dispositivi multifunzionali: DN fino a 10 mm	60	$1,04 \cdot 10^{-8}$	$2,86 \cdot 10^{-8}$
		DN da 10 mm a 80 mm	120	$2,08 \cdot 10^{-8}$	$5,72 \cdot 10^{-8}$
2	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi automatici di intercettazione e/o regolazione. Valvole automatiche.	DN fino a 10 mm	20	$3,47 \cdot 10^{-9}$	$9,54 \cdot 10^{-9}$
		DN da 10 mm a 25 mm	40	$6,94 \cdot 10^{-9}$	$1,91 \cdot 10^{-8}$
		DN da 25 mm a 80 mm	60	$1,04 \cdot 10^{-8}$	$2,86 \cdot 10^{-8}$
		DN da 80 mm a 150 mm	100	$1,73 \cdot 10^{-8}$	$4,77 \cdot 10^{-8}$
		DN oltre 150 mm	150	$2,60 \cdot 10^{-8}$	$7,15 \cdot 10^{-8}$
3	Apparecchi di utilizzazione dei combustibili gassosi. Dispositivi termoelettrici.	DN fino a 10 mm	20	$3,47 \cdot 10^{-9}$	$9,54 \cdot 10^{-9}$
		DN da 10 mm a 25 mm	40	$6,94 \cdot 10^{-9}$	$1,91 \cdot 10^{-8}$
		DN da 25 mm a 80 mm	60	$1,04 \cdot 10^{-8}$	$2,86 \cdot 10^{-8}$
4	Bruciatori di gas ad aria soffiata. ⁽¹⁾	Potenza termica $\leq 100\text{ kW}$	70	$1,21 \cdot 10^{-8}$	$3,34 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 350\text{ kW}$	140	$2,43 \cdot 10^{-8}$	$6,68 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 1\,000\text{ kW}$	210	$3,64 \cdot 10^{-8}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$
		Potenza termica $> 2\,000\text{ kW}$	280	$4,86 \cdot 10^{-8}$	$1,34 \cdot 10^{-7}$
5	Generatori di aria calda funzionanti a gas con bruciatore ad aria soffiata.	Potenza termica $\leq 100\text{ kW}$	70	$1,21 \cdot 10^{-8}$	$3,34 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 350\text{ kW}$	140	$2,43 \cdot 10^{-8}$	$6,68 \cdot 10^{-8}$
		Potenza termica $\leq 2\,000\text{ kW}$	210	$3,64 \cdot 10^{-8}$	$1,00 \cdot 10^{-7}$
6	Regolatori di pressione per apparecchi alimentati da gas canalizzati. ⁽²⁾	Regolatori singoli	30	$5,20 \cdot 10^{-9}$	$1,43 \cdot 10^{-8}$
		Regolatori multipli	60	$1,04 \cdot 10^{-8}$	$2,86 \cdot 10^{-8}$
		Perdita dallo sfiato in caso di danneggiamento della membrana ⁽²⁾	50000	$8,67 \cdot 10^{-6}$	$2,38 \cdot 10^{-5}$
7	Caldaie ad acqua, di riscaldamento centralizzato, funzionanti a gas con bruciatore atmosferico e portata termica nominale $\leq 70\text{ kW}$.	Fuga totale massima del circuito gas	140	$2,43 \cdot 10^{-8}$	$6,68 \cdot 10^{-8}$

(1) Perdite indicative previste sulla linea del gas del bruciatore e delle apparecchiature di sicurezza e regolazione ivi inserite.

(2) Il DM 12 aprile 1996 prescrive che eventuali riduttori di pressione siano collocati all'esterno dell'edificio.

GB.4 Calcolo della portata di emissione di gas, di liquidi che evaporano nell'emissione e da pozze

Per il calcolo della portata di emissione dalle SE si possono adottare formule reperibili nella letteratura tecnica.

Nei paragrafi seguenti si riportano alcune formule di calcolo che forniscono dati cautelativi adatti allo scopo della classificazione dei luoghi pericolosi.

Per l'interpretazione dei simboli vedere la legenda in GB.1.

GB.4.1 Portata di emissione di gas in singola fase

La Norma riporta nell'Allegato A, par A.3.2 una formula per definire la portata di emissione di gas, la quale fornisce gli stessi risultati della formula [f.GB.4.1-2] sottostante a meno del coefficiente di efflusso (scarico) "C_d", non utilizzato nella Norma.

Il coefficiente "C_d" è stato utilizzato in questa Guida perché, come indicato nella Norma stessa, consente di ottenere risultati più precisi.

La portata di emissione di gas da un contenitore può essere stimata tramite l'espansione adiabatica dei gas perfetti, se la massa volumica del gas in pressione è molto inferiore alla massa volumica del gas liquefatto.

Un gas può fuoriuscire dal sistema di contenimento all'interno del quale è allo stato gassoso, cioè non cambia stato nell'emissione (singola fase), ad una velocità subsonica o sonica (> 343 m/s).

Caso tipico di sua applicazione è la fuoriuscita di gas da un contenitore (sistema di contenimento) nel quale la pressione non cali sensibilmente per effetto dell'emissione considerata.

La portata di emissione essere utilizzata per definire il V_z, la concentrazione X_m% e la distanza pericolosa d_z nelle formule dell'art. GB.5.1.

La velocità di emissione del gas è sonica se la pressione all'interno del contenitore è più alta della p_c (pressione critica) che può essere ricavata con la formula [f.GB.4.1-1] seguente [25]:

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

Per definire l'indice politropico dell'espansione adiabatica γ nei gas ideali può essere usata la formula seguente [25]:

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

GB.4.1.1 Portata di emissione di gas con velocità di emissione sonica

Per definire la portata di emissione di gas con velocità di emissione sonica si applica la Formula [f.GB.4.1-3] seguente: [25]

$$(dG/dt) = Q_g = S \cdot p \cdot C_d \sqrt{\gamma \frac{M}{R \cdot T} \left(\frac{2}{\gamma + 1} \right)^{(\gamma + 1)/2(\gamma - 1)}} \quad \text{[f.GB.4.1-3]}$$

Nella formula è considerato che l'emissione avvenga alla velocità del suono e detta velocità può essere calcolata con la formula seguente:

$$v_s = \sqrt{\gamma \frac{R \cdot T}{M}} \quad \text{[f.GB.4.1-4]}$$

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: [25]

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

La velocità nel punto di emissione può essere calcolata con la formula [f.GB.4.1-6] seguente: [25]

$$v_0 = \frac{dG/dt}{\rho_{0gas} \cdot S} \quad [f.GB.4.1-6]$$

Dove ρ_{0gas} può essere calcolata con la formula [f.GB.4.1-7] seguente: [25]

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

e dove ρ_{gas} può essere calcolata con la formula [f.GB.4.1-8] seguente: [25]

$$\rho_{gas} = \frac{p \cdot M}{R \cdot T_0} \quad [f.GB.4.1-8]$$

GB.4.2 Portata di liquido che evapora nell'emissione

Esempi tipici sono: l'emissione di un liquido che, all'interno del sistema di contenimento, si trova ad una temperatura superiore alla sua temperatura di ebollizione (surriscaldato), l'emissione di un gas liquefatto perché compresso (es. GPL), l'emissione di un gas liquido perché refrigerato (GNL).

Quando si ha la certezza che il liquido evapori tutto nell'emissione (come può avvenire nelle emissioni dirette da un orificio o un foro), la portata Q_g può essere considerata uguale alla Q_t calcolata con la formula [f.GB.4.2-1]. [5]

Quando non si ha la certezza che il liquido evapori tutto nel punto di emissione (come può avvenire nelle emissioni tramite una tubazione), nell'emissione si ha la formazione di un flusso bifase la cui portata totale (liquido + vapore + nebbia) Q_t può essere calcolata con la formula [f.GB.4.2-1]; la frazione che evapora nell'emissione (φ_f) può essere calcolata con la formula [f.GB.4.2-2] [5] e la frazione di nebbia (φ_s), approssimativamente uguale alla frazione di vapore, può essere calcolata con la formula [f.GB.4.2-3] [5].

La Norma CEI EN 60079-10 al § 1.1 nota 5 indica che «*Sebbene sia difficile decidere sul tipo ed estensione delle zone dovute a nebbie, i criteri applicabili ai gas e vapori danno, nella maggior parte dei casi, risultati sicuri*»; pertanto, per definire l'estensione delle zone in questo caso, è possibile sommare la frazione di vapore con quella di nebbia, quindi la portata Q_g può essere definita con la formula [f.GB.4.2-4].

Quando Q_g non è uguale a Q_t si presume che rimanga una frazione liquida Q_l , che può cadere al suolo e formare una pozza; la portata Q_l può essere definita con la formula [f.GB.4.2-5] [5].

$$Q_t = C_d \cdot S \cdot [2 \rho_{liq} \cdot f(l) \cdot (p - p_0)]^{0,5} \quad [f.GB.4.2-1]$$

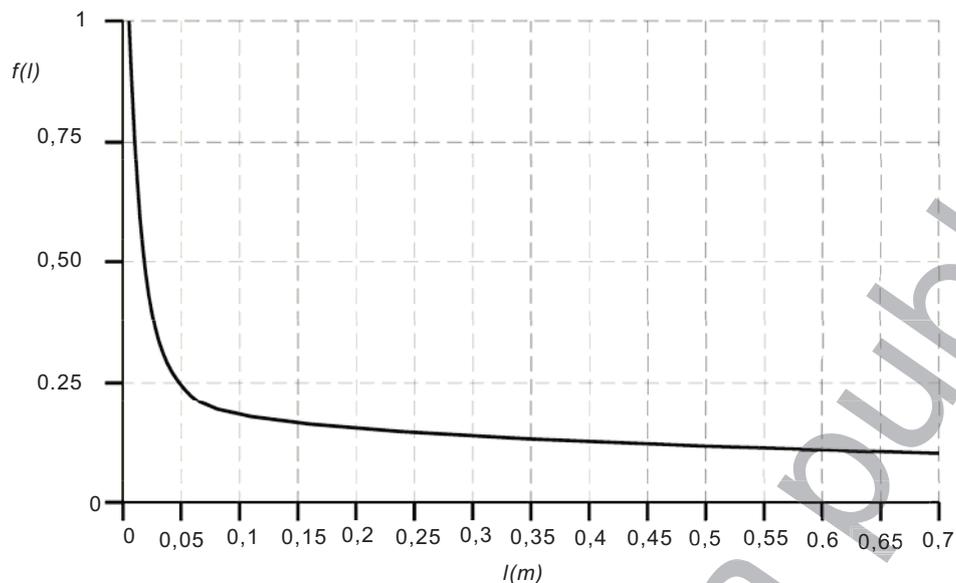
dove:

p si calcola con le Formule [f.GB.3.2.1-2] e [f.GB.3.2.1-3].

$f(l)$ è una funzione della lunghezza del percorso di fuoriuscita, cioè dall'interno, dove la sostanza è allo stato liquido, all'esterno, dove la sostanza può essere allo stato di vapore + nebbia + liquido, ricavato dal diagramma seguente.

Per una corretta applicazione della formula è importante definire attentamente $f(l)$ in quanto anche lunghezze del percorso di fuoriuscita di pochi centimetri incidono significativamente sul valore di Q_t .

Ad esempio, considerando un percorso di uscita dalla tenuta dello stelo di una valvola pari a 0,1 m $f(l)$ è uguale a circa 0,2.



$$\varphi_f = \frac{c_{sl}}{c_{lv}} (T - T_b) \quad [\text{f.GB.4.2-2}]$$

Può risultare maggiore di 1, in tal caso assumere $\varphi_f = 1$.

$$\varphi_s = \varphi_f \text{ quando } \varphi_f \leq 0,5 \quad [\text{f.GB.4.2-3}]$$

$$\varphi_s = 1 - \varphi_f \text{ quando } \varphi_f > 0,5$$

Il resto è liquido e può formare una pozza.

$$Q_g = Q_t (\varphi_f + \varphi_s) \quad [\text{f.GB.4.2-4}]$$

$$Q_l = Q_t - Q_g \quad [\text{f.GB.4.2-5}]$$

La portata Q_g può essere utilizzata per definire il V_z e per definire la distanza pericolosa d_z nella formula [f.GB.5.1-4].

La frazione liquida (portata Q_l) può evaporare tutta durante la caduta o in parte cadere al suolo e formare una pozza. Nel caso di gas liquefatti perché compressi (es. *GPL*) e di gas liquidi perché refrigerati (es. *GNL*), il liquido evapora molto rapidamente, per cui la pozza avrà una superficie di piccola estensione, tale da determinare una zona pericolosa che rientra nel volume indicato in 5.11.2.7.

Negli altri casi, la pozza può avere una superficie grande e creare zone più estese che devono essere considerate.

GB.4.3 Portata di evaporazione dalla superficie di un liquido refrigerato (criogenico)

La portata di evaporazione da una pozza di sostanza infiammabile che si trova allo stato liquido perché all'interno del sistema di contenimento era refrigerata (criogenico) e che, a temperatura ambiente e pressione atmosferica, diviene un gas o un vapore infiammabile, può essere calcolata con la formula [f.GB.4.3-1] seguente a condizione che la temperatura T_b (temperatura normale di ebollizione) sia inferiore alla temperatura T_g (temperatura del suolo o del pavimento).

La portata di evaporazione Q_g tende a diminuire nel tempo, con la formula [f.GB.4.3-1] [7] è possibile calcolare la portata a tempi diversi dall'inizio dell'evaporazione; per calcolare la portata iniziale di evaporazione assumere $t_e = 1$.

La formula considera l'evaporazione immediatamente successiva all'emissione.

$$Q_g = \left[S \frac{2 \cdot X_g \cdot k_t}{c_{IV}} \left(\frac{1}{\pi \cdot \alpha} \right)^{0,5} \cdot (T_g - T_b) \cdot 10^3 \right] / t_e^{0,5} \quad [\text{f.GB.4.3-1}]$$

dove:

$X_g = 1$ con pavimento non poroso (es. in calcestruzzo);

$X_g = 3$ con pavimento poroso (es. con ghiaia);

$k_t = 0,3 \cdot 10^{-3}$ per la sabbia asciutta;

$0,6 \cdot 10^{-3}$ per la sabbia umida;

$0,2 \cdot 10^{-3}$ per il legno;

$1,3 \cdot 10^{-3}$ per il calcestruzzo armato;

$0,4 \cdot 10^{-3}$ per il calcestruzzo non armato;

$2,5 \cdot 10^{-3}$ per la ghiaia;

$46 \cdot 10^{-3}$ per l'acciaio.

$\alpha = 2,0 \cdot 10^{-7}$ per la sabbia asciutta;

$3,3 \cdot 10^{-7}$ per la sabbia umida;

$1,6 \cdot 10^{-7}$ per il legno;

$2,5 \cdot 10^{-7}$ per il calcestruzzo;

$11,0 \cdot 10^{-7}$ per la ghiaia;

$128 \cdot 10^{-7}$ per l'acciaio.

La portata Q_g può essere utilizzata per definire il V_z , la concentrazione $X_m\%$ e la distanza pericolosa d_z nella formula [f.GB.5.1-4].

GB.4.4 Portata di evaporazione dalla superficie di un liquido non refrigerato e non in ebollizione, esposto all'atmosfera

I parametri che influiscono sull'evaporazione di un liquido infiammabile non refrigerato e non in ebollizione, esposto all'atmosfera, oltre alle caratteristiche della sostanza, sono numerosi, compreso il fatto che la superficie del liquido sia o meno lambita dall'aria di ventilazione dell'ambiente.

Caso tipico del liquido lambito dall'aria di ventilazione dell'ambiente è la pozza che può accidentalmente formarsi sul suolo a seguito di un guasto.

Caso tipico del liquido non lambito dall'aria di ventilazione dell'ambiente è quello di contenitori aperti dove il liquido non raggiunge il bordo superiore.

GB.4.4.1 Portata di evaporazione Q_g dalla superficie lambita dall'aria di ventilazione di un liquido non refrigerato e non in ebollizione,

Per definire la portata di vapore dalla superficie di un liquido non refrigerato e non in ebollizione, lambita dall'aria di ventilazione, si possono applicare le formule sotto riportate.

L'area S della superficie del liquido è definita in modi diversi in relazione alla situazione locale, vedere al riguardo l'art. GB.3.2.

La portata di evaporazione da una pozza lambita dall'aria di ventilazione, di cui sia nota l'area S , può essere calcolata con la formula [f.GB.4.4-1] [7].

La portata di evaporazione da una pozza lambita dall'aria di ventilazione può essere calcolata con le formule [f.GB.3.2.3-2] per la portata specifica, [f.GB.3.2.2-1] oppure [f.GB.3.2.3-1] per l'area della pozza e [f.GB.4.4-1] per la portata di evaporazione Q_g .

$$Q_g = 2 \cdot 10^{-3} \cdot S \cdot \frac{w_a}{f_{SE}} \cdot r_{eq}^{-0,11} \frac{M \cdot p_a}{R \cdot T} \ln \left(\frac{p_a}{p_a - p_v} \right) \quad [\text{f.GB.4.4-1}]$$

L'area S da utilizzare nella formula deve essere scelta tra l'area S_1 definita con la formula [f.GB.3.2.2-1] e l'area S_2 definita con la formula [f.GB.3.2.2-2] con il seguente criterio:

- quando $S_1 < S_2$, assumere $S = S_1$, calcolare Q_g con la formula [f.GB.4.4-1] e verificare che Q_g sia inferiore o uguale a Q_l , definita ad esempio con la formula [f.GB.3.2.1-1]; quando Q_g risulta maggiore di Q_l si deve assumere $Q_g = Q_l$ [f.GB.4.4-2] (ex GB.4.5.5);
- quando $S_1 \geq S_2$, assumere $S = S_2$ e la portata $Q_g = Q_l$ [f.GB.4.4-2] (ex GB.4.5.5)
- in ogni caso, quando il liquido emesso è confinato, cioè delimitato da adeguati cordoli, terrapieni, dighe, ecc., l'area S non può essere maggiore di quella delimitata S_d (v. GB.3.2.a).

La portata Q_g può essere utilizzata per definire il V_z e per definire la distanza pericolosa d_z nella formula [f.GB.5.1-4].

GB.4.4.2 Portata di evaporazione Q_g dalla superficie non lambita dall'aria di ventilazione di un liquido non refrigerato e non in ebollizione

Per il calcolo della portata di evaporazione Q_g di un liquido non refrigerato e non in ebollizione, in contenitore aperto dove il liquido non è lambito dall'aria di ventilazione dell'ambiente (rimane sempre al di sotto del bordo superiore del contenitore di una distanza h_d), può essere calcolata con la formula [f.GB.4.4-3] [12] quando l'area della superficie del liquido S è uguale all'area dell'apertura verso l'ambiente B e la sezione (forma) del contenitore nel tragitto h_d da S a B costante.

$$Q_g = 28 \cdot 10^{-5} \frac{S}{h_d} c_{gd} \frac{M \cdot p_a}{R \cdot T} \ln \left(\frac{p_a}{p_a - p_v} \right) \quad [\text{f.GB.4.4-3}]$$

Per il calcolo della portata di evaporazione Q_g di un liquido non refrigerato e non in ebollizione, in contenitore aperto dove il liquido non è lambito dall'aria di ventilazione dell'ambiente (rimane sempre al di sotto del bordo superiore del contenitore di una distanza h_d), può essere calcolata con la formula [f.GB.4.4-4] [12] quando l'area dell'apertura verso l'ambiente B è minore dell'area della superficie del liquido S e la sezione (forma) del contenitore nel tragitto h_d da S a B che diminuisce costantemente.

$$Q_g = 28 \cdot 10^{-5} c_{gd} \cdot k_F \cdot \frac{M \cdot p_a}{R \cdot T} \ln \left(\frac{p_a}{p_a - p_v} \right) \quad [\text{f.GB.4.4-4}]$$

dove, il fattore di forma del contenitore k_F si può ottenere come segue:

a) quando $h_d < (D_a - D_b) / 4$:

$$k_F = \frac{6,28}{(0,5 \cdot D_b)^{-1} - [(0,5 \cdot D_b) + (2 \cdot h_d)]^{-1}}$$

b) quando $h_d \geq (D_a - D_b) / 4$:

$$k_F = \frac{1}{0,16 \cdot [(0,5 \cdot D_b)^{-1} - (0,5 \cdot D_a)^{-1}] + \left[\frac{h_d - 0,25(D_a - D_b)}{S} \right]}$$

Le formule sono applicabili solo quando la superficie del liquido non sia effettivamente lambita dall'aria, in relazione al rapporto S/h_d .

La massima portata di emissione in questo caso non può essere superiore a quella relativa alla pozza lambita dall'aria di ventilazione: nel caso in cui risultasse maggiore, deve essere assunta la portata di cui in GB.4.4.1.

Quando il contenitore ha forme diverse da quelle indicate, l'utente può fare riferimento alla formula [f.GB 4.4-4], oppure valutare l'applicabilità delle due formule al caso specifico, rammentando che la [f.GB. 4.4-3] (con S uguale a B) è la più conservativa tra le due. Nei casi non riconducibili a quelli sopra descritti, volendo calcolare la portata di evaporazione occorre eseguire l'integrale sul tragitto di diffusione all'interno del contenitore.

La portata Q_g può essere utilizzata per definire il V_z e per definire la distanza pericolosa d_z nella formula [f.GB.5.1-2].

GB.4.5 Portata di evaporazione dalla superficie di un liquido in ebollizione perché riscaldato

Esempio tipico è l'emissione di vapore dalla superficie di un liquido in un contenitore aperto riscaldato.

$$Q_g = \left(\frac{\Phi}{c_{lv}} \right) \cdot 1000 \quad \text{[f.GB.4.5-1]}$$

Nella formula [f.GB.4.5-1] si suppone uno scambio termico perfetto tra la sorgente di calore e il liquido, per cui Φ è il flusso termico netto. In realtà è opportuno applicare dei coefficienti correttivi diversi da caso a caso, per tener conto del calore perso (es. per irraggiamento o perché il calore prodotto dalla sorgente non va a riscaldare direttamente il liquido).

GB.5 Distanza pericolosa d_z

Per distanza pericolosa d_z si intende la distanza dalla SE a partire dalla quale la concentrazione dei gas o vapori infiammabili nell'aria è inferiore al $k_{dz} \cdot LEL_v$.

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z si possono adottare formule reperibili nella letteratura tecnica.

Nei paragrafi 5.1, 5.2 e 5.3 seguenti sono riportate alcune formule di calcolo che forniscono valori cautelativi della distanza pericolosa d_z adatti allo scopo della classificazione dei luoghi pericolosi.

Alle formule tratte dalla letteratura tecnica, a favore della sicurezza, è stato applicato il fattore di sicurezza k_{dz} .

Per gli AMBIENTI CHIUSI, facendo riferimento a quanto indicato in 2.2.2, la distanza pericolosa d_z può essere utilizzata per definire l'estensione della zona pericolosa solo quando la concentrazione media $X_m\%$ nell'ambiente considerato avente volume V_a è significativamente inferiore al $k_{dz} \cdot LEL_v$.

In generale, quando, per la concentrazione media $X_m\%$, non è rispettata la condizione della formula [f.5.10.3-16] riportata in 5.10.3.3, non si usa la distanza d_z per definire l'estensione della zona pericolosa, ma si considera che essa si estenda a tutto l'ambiente.

Per l'interpretazione dei simboli vedere la legenda in GB.1.

GB.5.1 Calcolo della distanza pericolosa d_z

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z (v. 5.9) nelle diverse condizioni di emissione di gas o vapori nell'atmosfera possono essere applicate le formule seguenti, sia per gli ambienti chiusi, sia per gli ambienti aperti.

La distanza pericolosa d_z risente della concentrazione del gas o vapore infiammabile dell'ambiente (campo lontano), situazione tipica degli ambienti chiusi, pertanto è stato necessario introdurre un coefficiente correttivo k_z [ricavato da 20], che aumenta con l'aumentare della concentrazione media $X_m\%$.

Nelle formule il coefficiente k_z assume pertanto i valori indicati in 3.26.

Il coefficiente k_z , stabilito come indicato in 3.26, valido per la generalità delle sostanze infiammabili, fornisce valori eccessivi per l'idrogeno ($M_{H_2} = 2,016$ kg/kmol) e le altre sostanze con massa molare M molto piccola. Per dette sostanze è richiesta una valutazione caso per caso considerando che k_z aumenta, negli ambienti chiusi, con l'aumentare della concentrazione media $X_m\%$; k_z può pertanto essere assunto di un valore compreso tra 1 e 5 operando come segue.

Si applica la formula $\frac{X_m \% \cdot f_{SE}}{k \cdot LEL_v}$ e si individua k_z in funzione del valore ottenuto dalla tabella

GB.5.1-1 seguente.

Tabella GB.5.1-1 – Definizione del coefficiente k_z per emissioni di idrogeno in ambienti chiusi

$\frac{X_m \% \cdot f_{SE}}{k \cdot LEL_v}$	k_z
< 0,1	1
da 0,1 a 0,4	2
da 0,41 a 0,75	3
da 0,76 a 0,9	4
da 0,91 a 1,0	5

Per una corretta applicazione delle formule relative ai gas o vapori emessi in singola fase è necessario conoscere se l'emissione del gas o vapore avviene a *bassa velocità* o ad *alta velocità*, la discriminante è la velocità di 10 m/s: $u_0 < 10$ m/s = *bassa velocità*, $u_0 \geq 10$ m/s = *alta velocità*.

Quando il flusso di emissione è sonico (> 343 m/s), stabilito nel rispetto della condizione della formula [f.GB.4.1-1], l'emissione avviene ad *alta velocità* in quanto u_0 è ovviamente maggiore di 10 m/s; quando dalla formula [f.GB.4.1-1] risulta che il flusso è subsonico, la velocità di emissione u_0 si determina con le formule seguenti [ricavate da 7] ed in base ad essa si stabilisce se si tratta di *bassa velocità* o *alta velocità*.

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z dovuta all'emissione di un liquido che evapora nell'emissione, all'evaporazione dalla superficie non lambita dall'aria di ventilazione, di un liquido non refrigerato e non in ebollizione e all'evaporazione di un liquido in ebollizione perché riscaldato, l'emissione è considerata sempre a *bassa velocità*.

- Si calcola la temperatura assoluta subito dopo l'uscita T_0

$$T_0 = T \left(\frac{P_a}{P} \right)^{\frac{\gamma-1}{\gamma}} \quad \text{[f.GB.5.1-1]}$$

- Quindi si calcola il volume specifico subito dopo l'uscita:

$$V_{sp} = \frac{R \cdot T_0}{M \cdot P_a} \quad \text{[f.GB.5.1-2]}$$

- Infine si calcola la velocità di emissione (subito dopo l'uscita):

$$u_0 = \frac{Q_g \cdot v_0}{c \cdot A} \quad \text{[f.GB.5.1-3]}$$

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z in metri, di gas o vapori emessi a *bassa velocità* ($u_0 < 10$ m/s), si applica la formula [f.GB.5.1-4] (equazione di Fauske modificata) [ricavata da 13].

$$d_z = k_z \left(\frac{42300 \cdot Q_g \cdot f_{SE}}{M \cdot k_{dz} \cdot LEL_v \cdot w_a} \right)^{0,55} \quad \text{[f.GB.5.1-4]}$$

NOTA La formula [f.GB.5.1-4] (equazione di Fauske modificata) è particolarmente valida per gas o vapori con densità relativa all'aria compresa tra 0,5 e 2 ed emissioni con portata Q_g inferiore a 1 kg/s. Per gas con densità relativa all'aria maggiore di 2 le formule forniscono risultati a favore della sicurezza.

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z in metri di gas o vapori emessi ad *alta velocità* sotto forma di getto libero ($u_0 \geq 10$ m/s) può essere utilizzata la formula [f.GB.5.1-5a], o la formula [f.GB.5.1-5b].

Quando sia nota la portata di emissione Q_g può essere applicata la formula [f.GB.5.1-5a].

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

dove φ si calcola come indicato in GB.4.1.

In alternativa alla formula [f.GB.5.1-5a], può essere applicata la formula [f.GB.5.1-5b].

$$d_z = \frac{1650}{k_{dz} \cdot LEL_v} \cdot k_z (P \cdot 10^{-5})^{0,5} \cdot M^{-0,4} \cdot A^{0,5} \quad \text{[f.GB.5.1-5b] (ex modificata)}$$

Per il calcolo della distanza pericolosa d_z in metri dovuta all'evaporazione da una pozza di liquido lambita dall'aria di ventilazione dell'ambiente può essere utilizzata la formula [f.GB.5.1-6] [ricavata da 18].

La formula è valida per w_a assunte non maggiori di 2,5 m/s.

$$d_z = k_z (P_v \cdot 10^{-5})^a \cdot M^b \cdot (k_{dz} \cdot LEL_v)^c \cdot A^d (4 - w_a) \quad \text{[f.GB.5.1-6]}$$

Gli esponenti a , b , c , d della formula, per $w_a \leq 0,5$ m/s, sono riportati nella Tabella GB.5.1-2 seguente, suddivisi in due fasce a seconda che P_v sia maggiore o minore di 2×10^4 Pa (0,2 bar).

NOTA Al chiuso, la formula è applicabile solo a pozze piccole (pochi m^2) che possono formarsi in ambienti estesi, aventi l'area in pianta molto maggiore dell'area della pozza. La quota "a" stabilita sulla base della distanza d_z calcolata come sotto indicato deve essere applicata in orizzontale a partire dai bordi della pozza ed anche nella direzione di moto dell'aria se diversa da quella orizzontale (Es. con ventilazione ottenuta per effetto camino).

Tabella GB.5.1-2

Pressione di vapore [Pa]	Velocità dell'aria [m/s]	valori degli esponenti			
		a	b	c	d
$P_v < 2 \times 10^4$ ($< 0,2$ bar)	$w_a \leq 0,5$	0,26	- 0,20	- 0,25	0,67
$P_v \geq 2 \times 10^4$ ($\geq 0,2$ bar)	$w_a \leq 0,5$	0,10	- 0,10	- 0,26	0,70

GB.5.2 Riduzione della distanza pericolosa d_z

Per sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i maggiore della massima temperatura ambiente T_a ed emesse a temperatura T_u maggiore della loro temperatura d'infiammabilità ma minore delle loro temperatura di ebollizione (es. olio combustibile riscaldato), può essere considerato il raffreddamento che esse subiscono quando fuoriescono nell'ambiente e, considerando tutti i fattori condizionanti, è possibile caso per caso valutare l'opportunità di assumere zone pericolose di estensione inferiore di quelle determinate con i procedimenti utilizzati per le sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i inferiore alla massima temperatura ambiente T_a .

Per i casi sopra indicati, da distanza d_z calcolata può essere ridotta mediante il coefficiente k_R ricavabile dal grafico di Fig. GB.5.2-A, recuperato dalla Norma CEI 64-2.

NOTA -Nei casi oggetto del presente articolo, anche il volume V_z e la portata di emissione Q_g possono essere influenzati dal raffreddamento della sostanza emessa; la valutazione dell'entità della riduzione di queste grandezze deve essere valutata caso per caso con adeguati strumenti analitici.

Considerazioni analoghe, ma non uguali, possono essere fatte in presenza di sostanze refrigerate (ved. GB.4.4)

NOTA DI REDAZIONE : nel grafico sostituire R con k_R

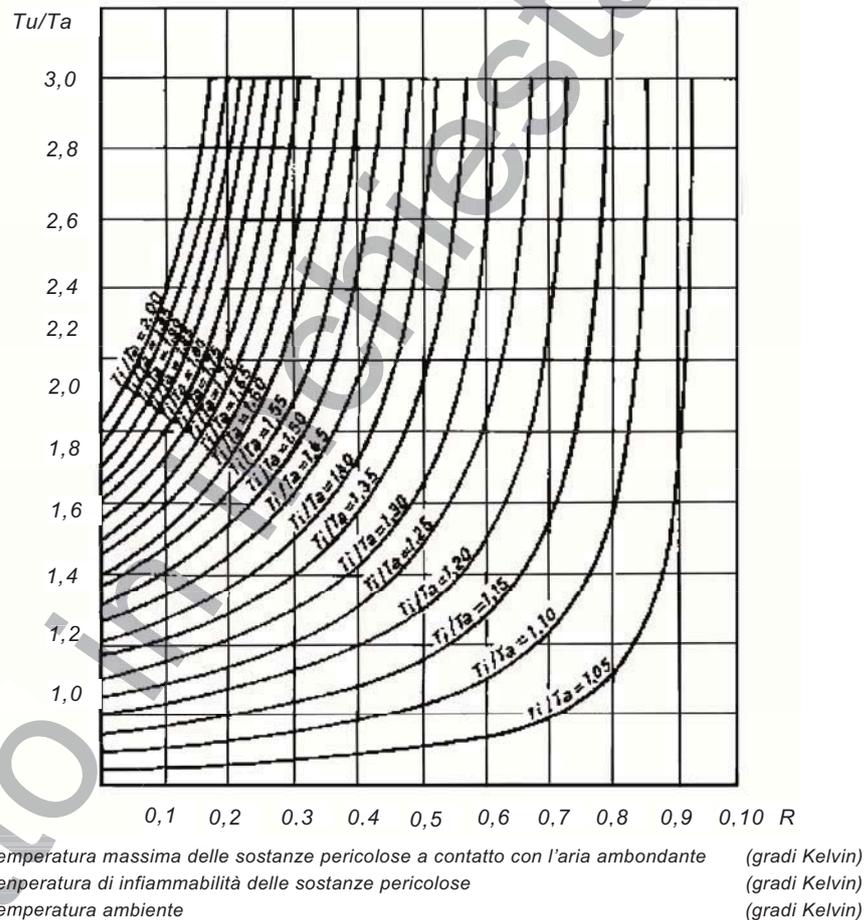


Fig. GB.5.2-A – Coefficiente di riduzione k_R della distanza pericolosa d_z calcolata, per sostanze con temperatura d'infiammabilità T_i maggiore della massima temperatura ambiente T_a ed emesse a temperatura T_u maggiore della loro temperatura d'infiammabilità

GB.6 Riepilogo per l'uso delle formule

Nella tabella GB.6-1 seguente è riportato il riepilogo per l'uso delle formule relative alle portate di emissione Q_g di cui in GB.4 e delle distanze pericolose d_z di cui in GB.5.

Tabella GB.6-1 – Tabella riepilogativa per l'uso delle formule della portata di emissione Q_g e della distanza pericolosa d_z

Emissione		Portata di emissione	Distanza pericolosa
Modalità di emissione	Sorgente di emissione (SE)	Q_g	d_z
Emissioni strutturali	Componente del sistema di contenimento	Vedere 4.2.1, 5.7.3.2, GB.3.3 e, se del caso, [f.GB.4.1-2].	Se del caso [f.GB.5.1-4]
Gas in singola fase emesso a bassa velocità ($u_0 < 10$ m/s)	Componente del sistema di contenimento	[f.GB.4.1-1], [f.GB.4.1-2], [f.GB.4.1-3].	[f.GB.5.1-1], [f.GB.5.1-2], [f.GB.5.1-3], [f.GB.5.1-4].
Gas in singola fase emesso ad alta velocità ($u_0 \geq 10$ m/s)	Componente del sistema di contenimento	[f.GB.4.1-1], [f.GB.4.1-2], [f.GB.4.1-3] o [f.GB.4.1-4]	[f.GB.5.1-1], [f.GB.5.1-2], [f.GB.5.1-3], [f.GB.5.1-5].
Liquido che non evapora nell'emissione.	Componente del sistema di contenimento	[f.GB.3.2.1-1], [f.GB.3.2.1-2], [f.GB.3.2.1-3], [f.GB.3.2.1-4]	-
Liquido che evapora nell'emissione (gas liquefatto o liquido surriscaldato).		[f.GB.4.2-1], [f.GB.4.2-2], [f.GB.4.2-3], [f.GB.4.2-4], [f.GB.4.2-5].	[f.GB.5.1-4]
Evaporazione dalla superficie di un liquido refrigerato	Superficie del liquido (es. pozza).	[f.GB.4.3-1]	[f.GB.5.1-4]
Evaporazione dalla superficie lambita dall'aria di ventilazione, di un liquido non refrigerato e non in ebollizione	Superficie del liquido (es. pozza).	[f.GB.4.4-1] o [f.GB.4.4-2]	[f.GB.5.1-6]
Evaporazione dalla superficie non lambita dall'aria di ventilazione, di un liquido non refrigerato e non in ebollizione.	Contenitore aperto avente l'area della superficie del liquido S uguale a quella dell'apertura B verso l'ambiente	[f.GB.4.4-3]	[f.GB.5.1-4]
	Contenitore aperto avente l'area della superficie del liquido S maggiore di quella dell'apertura B verso l'ambiente	[f.GB.4.4-4]	[f.GB.5.1-4]
Evaporazione dalla superficie di un liquido in ebollizione perché riscaldato	Contenitore aperto riscaldato	[f.GB.4.5-1]	[f.GB.5.1-4]
Liquido che nebulizza nell'emissione, v. 3.22.5.	Componente del sistema di contenimento	[f.GB.4.2-1], [f.GB.4.2-2], [f.GB.4.2-3].	[f.GB.5.1-5].
Aperture di ambienti verso altri ambienti aperti o chiusi	Apertura	[f.GB.4.1-1], [f.GB.4.1-2], [f.GB.4.1-3] (ved. la nota 1)	[f.GB.5.1-4] (ved. le note)
<p>NOTA1 Quando l'apertura è considerata una SE (v. 3.19) la portata di emissione (Q_g) deve essere definita caso per caso, considerando la concentrazione nel punto di emissione. La sua modalità di emissione è generalmente: <i>gas in singola fase con velocità di emissione < 10m/s</i>.</p> <p>NOTA 2 Quando, ai soli fini della definizione dell'estensione della zona pericolosa a valle dell'apertura, si considera una SE interna all'ambiente a monte come se fosse nell'apertura, l'apertura stessa deve essere considerata una SE ubicata nell'ambiente a valle, con tutte le caratteristiche della SE vera e propria, es. modalità di emissione e portata (Q_g) e, per i calcoli, devono essere utilizzate le formule relative alla modalità di emissione della SE vera e propria; per il tipo di zona a valle dell'apertura vedere le Tabelle 5.14-1 o 5.14-2.</p>			

Appendice GC

Elementi per la definizione dei dati ambientali

GC.1 Premessa

La presente Appendice fornisce elementi per la definizione dei dati ambientali per ambienti aperti e ambienti chiusi.

Per gli ambienti chiusi sono fornite formule per il calcolo delle portate di aria di ventilazione Q_a . Queste formule si riferiscono a configurazioni semplici degli ambienti (edifici), per cui, con la dovuta cautela, esse consentono di ottenere valori sufficientemente validi come aiuto per il tecnico preposto alla classificazione dei luoghi con pericolo di esplosione.

Alle formule è stato attribuito un codice, racchiuso tra parentesi quadra [...], costituito dalla lettera "f" per indicare che si tratta di una formula, seguita dal numero del paragrafo e, separato ad un trattino "-", dal numero progressivo nell'ambito del paragrafo.

I contenuti della presente Appendice non devono essere applicati in modo acritico, ma correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso.

Per le definizioni e i simboli utilizzati nella presente Appendice vedere l'art. 3.26.

GC.2 Ambienti aperti – Dati statistici e definizione dei dati ambientali

GC.2.1 Dati statistici ambientali nel territorio italiano

I dati riportati nella Tabella GC.2-2 sono ricavati dalle seguenti fonti:

- ANAV (Azienda Nazionale Assistenza al Volo) - file su elaboratore: CLINOiii e VentoSTA, dati statistici del trentennio 1961- 1990;
- ISTAT (Istituto Nazionale di Statistica) - Statistiche meteorologiche anni 1984 - 1996.

Dalle statistiche ISTAT sono ricavate le *temperature assolute* (massima e minima) e la *media delle temperature assolute* (massima e minima); tutti gli altri dati sono ricavati dai documenti ANAV.

Nella Tabella GC.2-1 seguente sono elencate le informazioni relative a 32 stazioni distribuite uniformemente sul territorio italiano.

Tutte le località sono contraddistinte da un numero di stazione (es. Bolzano, stazione n. 020).

La Tabella GC.2-1, pur essendo un valido riferimento nella generalità dei casi, non è esauriente; nella realtà impiantistica possono esistere condizioni locali particolari per le quali potrà risultare necessario e utile ricorrere a misure delle temperature e delle caratteristiche della ventilazione

37'	08°37'	211	36,4	34,8	28,9	-18,6	-10,4	-3,7	12,0	67,11%	4-6	13,99%	12,71%	230-2
34'	11°31'	53	36,6	34,9	29,1	-20,0	-9,1	-1,8	13,0	69,80%	4-6	11,06%	10,76%	80-1
30'	12°20'	6	34,6	33,2	27,8	-12,0	-6,9	-0,6	13,1	40,22%	4-6	20,51%	18,77%	50-3
25'	10°17'	97	36,1	34,2	29,2	-19,4	-10,0	-2,8	12,7	63,89%	4-6	14,29%	8,97%	80-1
13'	07°39'	287	34,6	31,8	27,1	-13,4	-8,1	-1,8	11,8	78,33%	1-3	9,18%	9,18%	Var
55'	09°44'	138	35,2	34,1	29,3	-22,0	-9,0	-2,7	12,0	63,89%	4-6	15,89%	7,79%	230-2
32'	11°18'	49	38,3	36,6	30,7	-16,4	-7,6	-0,8	13,8	52,5%	4-6	18,31%	14,31%	200-2
25'	08°51'	3	35,4	33,1	27,5	-6,8	-1,2	5,3	16,0	21,90%	7-10	19,32%	12,51%	50-3
02'	12°37'	13	38,4	35,4	28,6	-17,2	-7,6	-0,2	13,5	40,97%	4-6	18,90%	11,39%	290-3
48'	11°12'	38	40,0	37,1	31,4	-23,0	-7,8	1,1	14,9	66,72%	4-6	10,97%	6,80%	Var
37'	13°22'	10	37,6	35,3	28,4	-13,2	-5,7	1,2	13,9	46,71%	4-6	24,42%	3,51%	Var
05'	12°30'	213	37,5	35,4	30,0	-17,0	-8,1	0,1	13,3	50,90%	1-3	15,90%	15,90%	20-4
45'	11°04'	7	38,0	35,9	30,4	-13,0	-6,3	2,0	14,9	37,28%	4-6	18,15%	18,84%	20-4
26'	14°12'	11	40,0	36,9	29,5	-11,6	-4,8	1,6	14,4	54,02%	4-6	17,95%	9,21%	200-2
57'	12°30'	24	39,3	37,3	32,4	-9,8	-5,0	2,0	15,5	66,96%	4-6	10,61%	6,93%	Var
38'	13°18'	181	39,2	36,6	31,0	-9,0	-6,0	0,5	14,3	56,35%	1-3	14,13%	14,13%	Var
32'	15°43'	81	43,0	39,1	32,2	-10,4	-4,4	2,8	15,7	26,09%	4-6	23,65%	9,62%	290-3
08'	16°47'	49	44,8	38,6	29,5	-8,2	-2,9	4,2	15,9	22,16%	4-6	29,77%	7,30%	260-1
51'	14°18'	72	38,8	36,3	30,9	-6,8	-2,8	4,2	16,1	42,39%	4-6	18,43%	13,48%	200-2
39'	17°57'	10	43,8	38,0	29,1	-3,2	-0,4	6,1	16,8	18,08%	7-10	24,08%	4,11%	320-3
38'	15°38'	843	36,8	33,2	26,5	-10,0	-6,3	1,0	12,1	41,66%	4-6	15,61%	2,88%	230-2
38'	08°17'	40	40,1	37,2	30,3	-3,7	-2,0	4,9	15,9	30,31%	7-10	21,53%	7,25%	290-3
49'	18°21'	112	39,6	34,3	28,7	-2,2	0,8	7,3	16,8	12,82%	7-10	24,61%	8,76%	350-1
15'	09°03'	18	40,8	37,4	31,0	-4,0	-1,8	5,1	16,9	23,99%	7-10	21,44%	9,81%	320-3
00'	17°04'	161	42,2	37,2	31,2	-2,4	-0,1	5,5	16,6	27,24%	4-7	20,79%	6,25%	200-2
11'	13°06'	21	40,8	37,6	29,7	0,9	4,3	9,8	18,9	25,11%	7-10	20,13%	6,28%	50-3
04'	13°39'	21	42,4	37,7	31,2	0,0	2,7	8,0	18,7	19,98%	7-10	23,03%	6,67%	20-4
28'	15°03'	17	44,4	40,1	32,1	-3,0	-0,3	5,2	17,5	31,58%	4-6	26,81%	7,91%	260-2
05'	14°13'	33	36,0	33,9	27,2	0,8	3,6	8,9	17,7	33,49%	4-6	20,01%	11,53%	50-3

Progetto in inchiesta

Nota esplicativa

Temperatura massima assoluta, è il massimo valore registrato nel periodo considerato dalla statistica ISTAT.

Temperatura media delle massime assolute, è la media delle massime assolute annuali nel periodo considerato dalla statistica ISTAT.

Temperatura media delle massime del mese più caldo, è la media delle massime giornaliere del mese più caldo nel periodo considerato dalla statistica ANAV

Temperatura minima assoluta, è il minimo valore registrato nel periodo considerato dalla statistica ISTAT.

Temperatura media delle minime assolute, è la media delle minime assolute annuali nel periodo considerato dalla statistica ISTAT.

Temperatura media delle minime del mese più freddo, è la media delle minime giornaliere del mese più freddo nel periodo considerato dalla statistica ANAV

Per *Calma di vento* si intendono tutte le velocità inferiori ad un nodo; per la valutazione della ventilazione di ambienti all'aperto la calma di vento è convenzionalmente assunta nella generalità dei casi pari a 0,5 m/s.

Frequenza della calma di vento, è la frequenza con la quale essa si è presentata nel periodo considerato dalla statistica ANAV.

Velocità presente con la massima frequenza, è la velocità del vento che, ad esclusione della calma di vento, si è presentata con la massima frequenza nel periodo considerato dall'indagine statistica; essa è espressa in NODI (un nodo è equivalente a 1852 m/h e 0,51 m/s). La velocità è indicata come intervallo (es. 4-6 nodi significa velocità compresa tra 4 e 6 nodi).

Sotto l'indicazione della velocità dei venti (es. 4-6 nodi) è riportata la *frequenza relativa*, espressa nella percentuale di presenza rispetto al tempo totale di indagine statistica (es. STAZIONE DI BOLZANO - la velocità presente con la massima frequenza, esclusa la calma di vento, è quella compresa tra 4 e 6 nodi, presente per il 7,43 % del tempo).

La *direzione e il verso sono quelli di provenienza del vento*, espresse in gradi rispetto alla direzione Nord (es. 80° - 100° significa che la direzione e il verso di provenienza del vento è da Est, che si trova a 90° rispetto alla direzione Nord).

Sotto la direzione prevalente dei venti è riportata la percentuale di presenza di quella direzione rispetto al tempo totale di indagine statistica (es. STAZIONE DI BOLZANO - direzione prevalente dei venti 170°-190°, statisticamente presente per l'8,81 % del tempo).

GC.2.2 Definizione dei dati ambientali della località in cui è sito l'impianto (opera) oggetto della classificazione dei luoghi

Quando la località in cui è sito l'impianto (opera) oggetto della classificazione dei luoghi non è compresa nell'elenco della Tabella GC.2-1 è possibile fare riferimento alla località più vicina elencata nella tabella e procedere come sotto indicato.

GC.2.2.1 Temperature

Le temperature indicate nella Tabella GC.2-1 si riferiscono ad ambienti aperti senza edifici od ostacoli al movimento dell'aria; per condizioni ambientali diverse i valori possono essere modificati come di seguito indicato.

- a) Per tener conto della diversa altitudine sul livello del mare, la temperatura ambiente può essere calcolata con la formula [f.GC.2.2-1] seguente:

$$T_a = T_{ar} + (0,0065 \cdot \Delta z) \quad \text{[f.GC.2.2-1] (ex G.C.1.1)}$$

oppure, più semplicemente, ma con una certa approssimazione, come segue:

- temperatura invariata fino a 200 m di differenza di quota;
 - diminuzione o aumento di 1,3 °C ogni 200 m di quota maggiore o minore oltre i 200 m di cui sopra.
- b) Per tener conto della diversa situazione ambientale:
- aumento da 0,5 °C a 1 °C in presenza di piccoli agglomerati urbani o industriali;
 - aumento da 1°C a 2 °C in presenza di complessi urbani o industriali.

GC.2.2.2 Pressione atmosferica e Massa volumica dell'aria

La pressione atmosferica diminuisce col crescere dell'altitudine sul livello del mare; tale diminuzione non è proporzionale all'altitudine in quanto gli strati bassi dell'atmosfera sono più densi degli strati più elevati.

La massa volumica dell'aria varia in relazione all'altitudine sul livello del mare e può essere calcolata con la formula [f.GC.2.2-2] seguente:

$$\rho_{aria} = \frac{P_a \cdot M_{aria}}{8314 \cdot T_a} \quad \text{[f.GC.2.2-2] (ex GC.1.2)}$$

Nella Tabella GC.2-2 seguente sono riportati alcuni dati ambientali in relazione con l'altitudine s.l.m.

Tabella GC.2-2 – Dati ambientali in relazione con l'altitudine s.l.m.

Altitudine s.l.m	Pressione atmosferica media P_a		Massa volumica dell'aria ρ_{aria}		
	Pa	relativa	a 0 °C kg/ m ³	a 20 °C kg/ m ³	a 40 °C kg/m ³
m					
0	101 325	1	1,2929	1,2047	1,1277
100	100 127	0,9884	1,2776	1,1904	1,1143
200	98 954	0,9768	1,2626	1,1765	1,1013
300	97 781	0,9653	1,2477	1,1625	1,0882
400	96 608	0,9537	1,2327	1,1486	1,0752
500	95 435	0,9421	1,2177	1,1346	1,0621
600	94 318	0,9311	1,2035	1,1213	1,0497
700	93 201	0,9200	1,1892	1,1080	1,0373
800	92 084	0,9090	1,1750	1,0948	1,0248
900	90 967	0,8980	1,1607	1,0815	1,0124
1 000	89 850	0,8869	1,1465	1,0682	1,0000
1 500	84 532	0,8344	1,0786	1,0050	0,9408
2 000	79 467	0,7845	1,0140	0,9448	0,8844
2 500	74 655	0,7369	0,9526	0,8876	0,8308

La Massa molare dell'aria è stata considerata: $M_{aria} = 28,962$ kg/kmol

Per altre informazioni ved. la Norma ISO 6976:1995.

GC.3 Ambienti chiusi - Calcolo della portata d'aria di ventilazione

GC.3.1 Generalità

Nel presente paragrafo sono riportati metodi di calcolo della portata di ventilazione naturale di alcuni casi semplici di *ambienti chiusi*, dovuta alla spinta del vento Q_{aw} ed alla differenza di temperatura tra interno ed esterno Q_{at} , che forniscono dati cautelativi per la definizione dei tipi e delle estensioni delle zone.

I numeri tra parentesi quadra in corrispondenza delle formule indicano la posizione nell'elenco dei riferimenti bibliografici riportati nell'Appendice GZ.

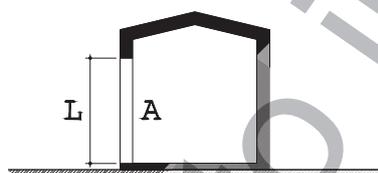


Fig. GC.3.1-A

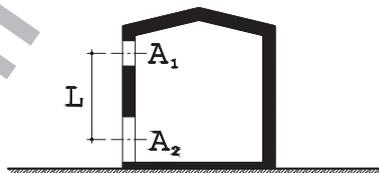


Fig. GC.3.1-B

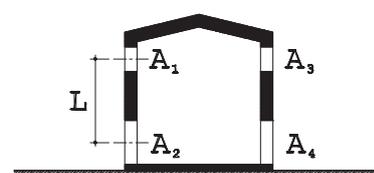


Fig. GC.3.1-C

NOTA Quando si avessero aperture di ventilazione nelle posizioni $A_1 + A_3$, oppure $A_2 + A_4$, oppure $A_1 + A_4$, oppure $A_2 + A_3$, con riferimento alla Fig. GC.3.1-C, si potrebbe attribuire alle due aperture non esistenti un valore molto piccolo (es. 0,0001 m²), considerando però che le formule seguenti si riferiscono ad ambienti ventilati omogeneamente in tutti i punti, senza sacche di ristagno dell'aria, quindi si dovrà fare molta attenzione all'attribuzione del fattore di efficacia della ventilazione f_{SE} .

La portata complessiva di ventilazione si ricava dalla maggiore delle due Q_{aw} e Q_{at} secondo le formule riportate rispettivamente in GC.3-2 e GC.3-3.

Le aree delle aperture (A, A_1, A_2, A_3, A_4) possono essere ottenute da una sola apertura o da un insieme di aperture, comprese quelle non volute (interstizi), ved. GC.4.

GC.3.2 Ventilazione naturale per effetto della spinta del vento

Quando nell'ambiente chiuso esistono aperture di ventilazione o interstizi anche non appositamente predisposti, l'aria entra per l'azione del vento.

Per il calcolo della ventilazione naturale per effetto della spinta del vento Q_{aw} , le aperture A_3 e A_4 devono trovarsi sul lato opposto a quello con le aperture A_1 e A_2 ; le eventuali aperture sugli altri lati devono essere trascurate; si consiglia di scegliere quelle del lato esposto alla direzione prevalente del vento che può essere ricavata dalle informazioni contenute in GC.2.

Quando esistono aperture su tre o quattro lati, è possibile effettuare il calcolo della portata d'aria nelle due direzioni, considerando sempre e solo i lati opposti, quindi scegliere la portata maggiore.

Come si può rilevare dalle formule di calcolo, per effetto della spinta del vento, le aperture poste su un solo lato sia in alto, sia in basso, (es. A_1 e A_2) possono essere considerate tutte assieme come se fossero un'unica apertura.

La spinta del vento può essere ostacolata o limitata da edifici o strutture vicine all'ambiente chiuso considerato: è pertanto necessario valutare l'entità di tale effetto schermante.

Un ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc) non è schermato quando risulta separato da un altro edificio da una distanza maggiore di 5 volte l'altezza maggiore tra quella dell'edificio considerato H_1 e quella dell'edificio schermante H_2 , Fig.GC.3.2-A.

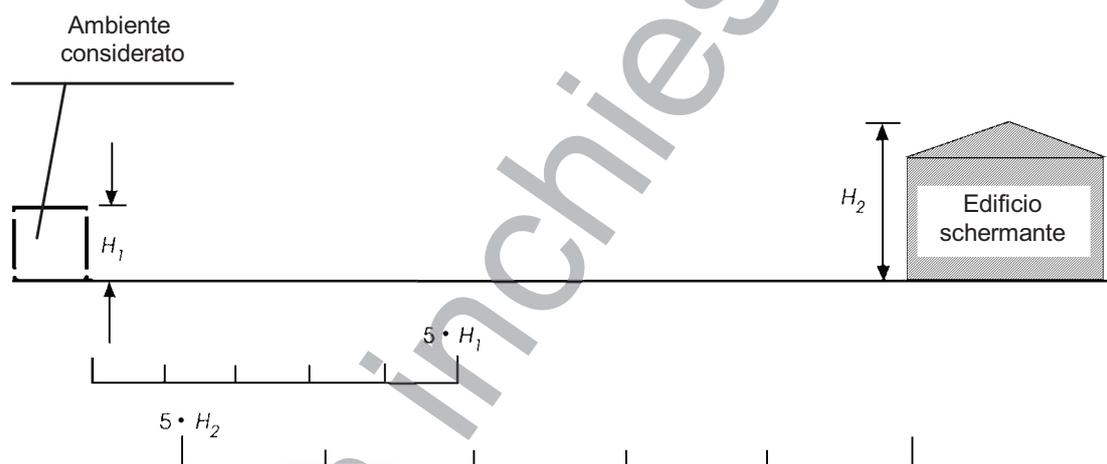


Fig.GC.3.2-A – Ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc.) non schermato da altro edificio o struttura

Un ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc) è parzialmente schermato quando risulta separato da un altro edificio da una distanza compresa tra 5 volte e 2 volte l'altezza maggiore tra quella dell'ambiente considerato H_1 e quella dell'edificio schermante H_2 , Fig.GC.3.2-B.

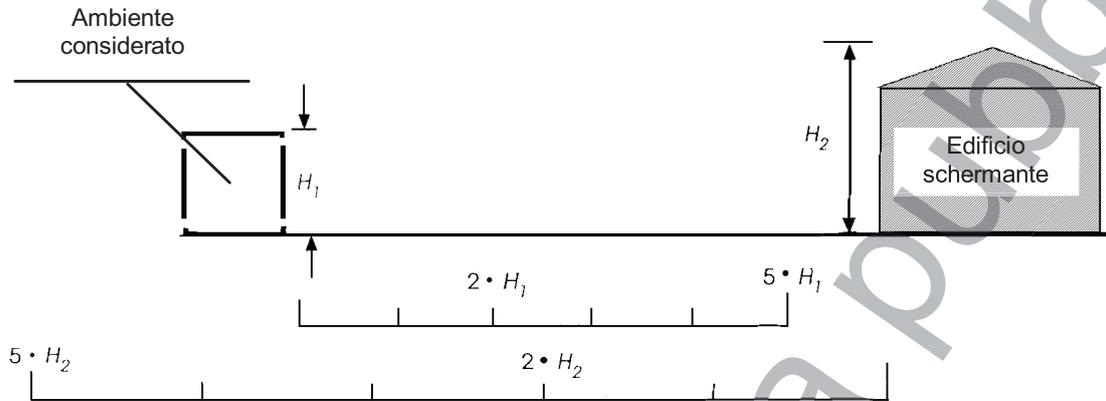


Fig.GC.3.2-B – Ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc.) parzialmente schermato da altro edificio o struttura

Un ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc) è schermato quando risulta separato da un altro edificio da una distanza inferiore a 2 volte l'altezza maggiore tra quella dell'ambiente considerato H_1 e quella dell'edificio schermante H_2 , Fig.GC.3.2-C.

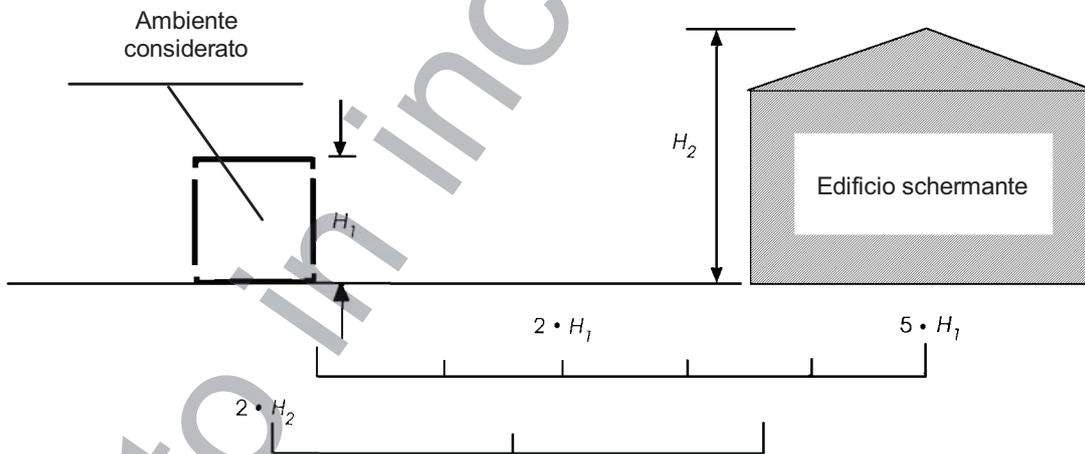


Fig.GC.3.2-C – Ambiente chiuso (edificio, locale, struttura, ecc.) schermato da altro edificio o struttura

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{aw} dovuta alla spinta del vento, di un ambiente con una sola apertura di ventilazione A (v. la Fig. GC.3.1-A), schermato, non schermato o solo parzialmente schermato (v. la Fig. GC.3.2-A), si può applicare la formula [f.GC.3.2-1] [14]

$$Q_{aw} = 0,025 \cdot A \cdot w_a \quad \text{[f.GC.3.2-1] (ex GB.6.2.1)}$$

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{aw} dovuta alla spinta del vento, di un ambiente con aperture di ventilazione in alto A_1 e in basso A_2 poste su un solo lato (v. la Fig. GC.3.1-B), schermato, non schermato o solo parzialmente schermato (v. la Fig. GC.3.2-B), si può applicare la formula [f.GC.3.2-2] [14]

$$Q_{aw} = 0,025 \cdot (A_1 + A_2) \cdot w_a \quad \text{[f.GC.3.2-2]}$$

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{aw} dovuta alla spinta del vento, di un ambiente con aperture di ventilazione in alto A_1 e A_3 e in basso A_2 e A_4 poste su due lati opposti dell'edificio, A_1 e A_2 su un lato, A_3 e A_4 sul lato opposto (v. la Fig. GC.3.1-C), schermato, non schermato o solo parzialmente schermato (v. la Fig. GC.3.2-C), si può applicare la formula [f.GC.3.2-3] [14]

$$Q_{aw} = c_s \cdot A_{aw} \cdot w_a (\Delta c_p)^{0,5} \quad \text{[f.GC.3.2-3]}$$

dove:

$$c_s = 0,65$$

$\Delta c_p = 0,9$ quando la direzione prevalente del vento è perpendicolare al piano delle aperture di entrata dell'aria e *l'ambiente non è schermato* da altri edifici o strutture;

0,4 quando la direzione prevalente del vento è a 45° rispetto al piano delle aperture di entrata dell'aria e *l'ambiente non è schermato* da altri edifici o strutture; oppure, quando la direzione prevalente del vento è perpendicolare al piano delle aperture di entrata dell'aria ma *l'ambiente è parzialmente schermato* da altri edifici o strutture;

0,2 quando la direzione prevalente del vento è minore di 45° rispetto al piano delle aperture di entrata dell'aria, e *l'ambiente non è schermato* o è solo *parzialmente schermato*.

0,1 quando *l'ambiente è schermato* da altri edifici o strutture.

$$\frac{1}{A_{aw}^2} = \frac{1}{(A_1 + A_2)^2} + \frac{1}{(A_3 + A_4)^2}$$

Per la velocità dell'aria w_a v. 5.6.2.

GC.3.3 Ventilazione naturale per effetto camino in un ambiente chiuso

Quando esistono differenze di temperatura tra ambiente chiuso e luogo all'aperto, si generano delle differenze di densità dell'aria che determinano moti dell'aria più pesante verso il basso e di quella più leggera verso l'alto; al centro esiste un *livello neutro*.

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 fare riferimento alla letteratura specialistica; tuttavia, indicativamente si può considerare che, in presenza di aperture poste in alto ed in basso di uguali dimensioni, il livello neutro si trova sulla mezz'aria dell'altezza dell'ambiente chiuso e che, in presenza di aperture poste in alto ed in basso di diverse dimensioni, il livello neutro si sposta, in proporzione al rapporto tra le aree delle aperture in alto e quelle in basso, verso l'area maggiore.

Per la valutazione della portata di ventilazione per effetto camino Q_{at} , le aperture possono trovarsi su uno qualunque dei lati dell'ambiente, anche sul pavimento o sul soffitto, possono essere verticali, orizzontali, o comunque inclinate; l'unica distinzione è tra aperture poste in alto A_1 e A_3 e aperture poste in basso A_2 e A_4 (v. le Figure GC.3.3-A, GC.3.3-B, GC.3.3-C e GC.3.3-D). Come si può rilevare dalle formule sotto riportate, le aperture poste in alto A_1 e A_3 possono essere considerate tutte assieme come se fossero un'unica apertura; lo stesso dicasi per le aperture poste in basso A_2 e A_4 .

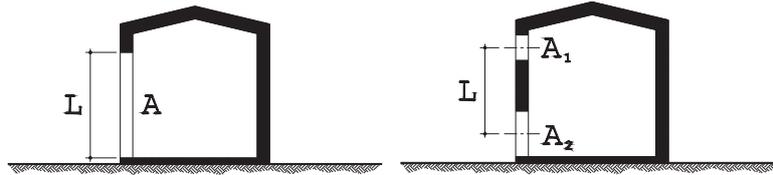


Fig. GC.3.3-A

Fig. GC.3.3-B

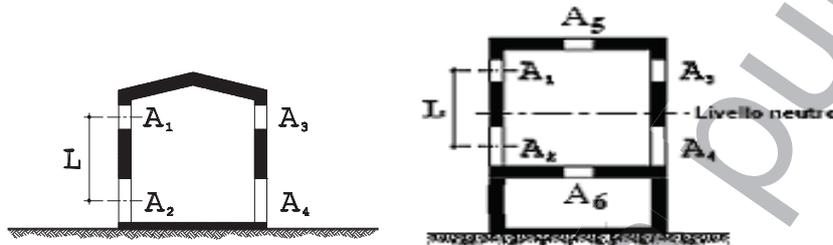


Fig. GC.3.3-C

Fig. GC.3.3-D

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{at} dovuta all'effetto camino, di un ambiente (edificio, locale, ecc.) con una sola apertura di ventilazione A (v. la Fig. GC.3.3-A), si può applicare la formula [f.GC.3.3-1] [14]

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

dove:

$$c_s = 0,65$$

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{at} dovuta all'effetto camino, di un ambiente con aperture di ventilazione in alto A_1 e in basso A_2 poste su un solo lato (v. la Fig. GC.3.3-B), si può applicare la formula [f.GC.3.3-2] [14]

$$Q_{at} = c_s (A_1 + A_2) \left\{ \frac{\frac{A_1 \cdot 2^{0,5}}{A_2}}{\left[1 + \frac{A_1}{A_2} \right] \left[1 + \left(\frac{A_1}{A_2} \right)^2 \right]^{0,5}} \right\} \left[\frac{(T_{ai} - T_{ae}) g \cdot L}{T_{aie}} \right]^{0,5} \quad [f.GC.3.3-2]$$

dove:

$$c_s = 0,65$$

Per il calcolo della portata di ventilazione naturale Q_{av} dovuta all'effetto camino, di un ambiente con aperture di ventilazione in alto A_1 e A_3 e in basso A_2 e A_4 si può applicare la formula [f.GC.3.3-3] [14]

Le aperture possono trovarsi anche su lati contigui per cui, con $A_1 + A_3$ si intende la sommatoria di tutte le aperture poste in alto, in qualunque lato si trovino e con $A_2 + A_4$ si intende la sommatoria di tutte le aperture poste in basso, in qualunque lato si trovino, ved. le Figg. GC.3.3-C e GC.3.3-D.

$$Q_{at} = c_s \cdot A_{at} \left[\frac{2(T_{ai} - T_{ae})g \cdot L}{T_{aie}} \right]^{0,5} \quad \text{[f.GC.3.3-3]}$$

dove:

$$c_s = 0,65$$

A_{at} si ricava risolvendo la seguente equazione:

$$\frac{1}{A_{at}^2} = \frac{1}{(A_1 + A_3)^2} + \frac{1}{(A_2 + A_4)^2}$$

$(A_1 + A_3)$ deve essere inteso come la sommatoria di tutte le aperture poste in *alto*;

$(A_2 + A_4)$ deve essere inteso come la sommatoria di tutte le aperture poste in *basso*.

La portata di aria di ventilazione Q_a è:

- $Q_a = Q_{aw}$ quando la ventilazione è dovuta all'effetto del vento;
- $Q_a = Q_{at}$ quando la ventilazione è dovuta alla differenza di temperatura (effetto camino);

Quando sono presenti entrambi gli effetti combinati, la portata di aria di ventilazione Q_a è data dal valore più alto tra Q_{aw} e Q_{at} .

Si ricorda che Q_{at} può essere utilizzata solo quando si è certi di avere continuamente la differenza di temperatura ($T_{ai} - T_{ae}$) assunta nel calcolo durante l'attività dell'impianto; sono ammesse brevi interruzioni poco frequenti, valutate considerando il grado delle emissioni nell'ambiente (es. nelle centrali termiche si può generalmente considerare Q_{at} in quanto le sorgenti di emissione sono attive solo con i generatori di calore in servizio).

In generale una ventilazione per effetto camino può essere significativa quando la differenza di temperatura ($T_{ai} - T_{ae}$) è almeno di 2 K.

Quando non si è certi di avere continuamente la differenza di temperatura ($T_{ai} - T_{ae}$), assumere $Q_a = Q_{aw}$.

Conosciuta la portata di aria Q_a , il numero di ricambi dell'intero ambiente C_a sarà ottenuto dalla formula [f.5.6.3-1] in 5.6.3 ed il numero di ricambi nel volume interessato dalla zona pericolosa C_0 sarà ottenuto dalla formula [f.5.10.3-7] in 5.10.3.1.

GC. 4 Ambienti chiusi - Calcolo della portata d'aria di ventilazione per infiltrazioni naturali

Nel presente paragrafo sono riportati metodi di calcolo della portata di ventilazione Q_{ai} per infiltrazioni naturali in *ambienti chiusi*, dovute alle caratteristiche costruttive (senza apposite aperture fisse di ventilazione o sistemi di estrazione di fumi o polveri, o grandi emissioni di calore) e causate dalla differenza di temperatura tra interno ed esterno e dalla spinta del vento.

Per il calcolo della portata di ventilazione Q_{ai} [m³/h] dovuta ad infiltrazioni naturali in ambienti chiusi, si può applicare la formula [f.G.C.4-1] [22]

$$Q_{ai} = A \cdot k \quad \text{[f.G.C.4-1]}$$

dove:

A = area totale effettiva di perdita;

k = coefficiente calcolato in base alla differenza di temperatura tra interno ed esterno e alla spinta del vento.

GC.4.1 Calcolo dell'area totale effettiva di perdita

Per calcolare A [cm^2] si può applicare la formula [f.G.C.4.1-1]

$$A = \sum_{j=1}^{ni} (c_j \cdot a_j) + (ck_1 + ck_2)l + \sum_{j=1}^{nc} c_j \quad \text{[f.G.C.4.1-1]}$$

dove:

c_j = coefficiente di perdita superficiale per gli ni infissi (porte e finestre) presenti [cm^2/m^2] e per gli nc tubi e analoghi presenti [$\text{cm}^2/\text{n. elementi}$];

ck_1 = coefficiente di perdita lineare fondamenta - mura [cm^2/m];

ck_2 = coefficiente di perdita lineare soffitto - mura [cm^2/m];

l = perimetro dell'edificio [m].

a_j = area del j-esimo infisso [m^2].

Valori indicativi dei coefficiente di perdita lineare ck_1 e ck_2 e di perdita superficiale c_j sono riportati in tabella G.C.4.1-1 [22].

Tabella G.C.4.1-1. Valori dei coefficienti di perdita per infiltrazioni naturali

Coefficienti di perdita lineare (ck)			consigliato	max	min	Classe di permeabilità UNI EN 12207
ck_1 interstizi fondamenta - mura [cm^2/m]	sigillato	cm^2/m	0,8	1,2	0,4	
	non sigillato	cm^2/m	4	4	1	
ck_2 interstizi soffitto - mura [cm^2/m]		cm^2/m	1,5	2,5	0,5	
Coefficienti di perdita superficiale (c_j)						
finestre	a tenuta	cm^2/m^2	1,9	2,7	1,1	3
	non a tenuta	cm^2/m^2	3,7	5,4	2,2	2
porte	a tenuta	cm^2/m^2	8	15	3	2
	non a tenuta	cm^2/m^2	11	17	6	1
interstizi finestre - mura	sigillato	cm^2/m^2	1,3	2,1	1,1	
	non sigillato	cm^2/m^2	6,5	10,3	5,7	
interstizi porte - mura	sigillato	cm^2/m^2	1	1	0,3	
	non sigillato	cm^2/m^2	5	5	1,7	
tubo	sigillato	$\text{cm}^2/\text{n. elementi}$	1	2	0	
	non sigillato	$\text{cm}^2/\text{n. elementi}$	6	10	2	
cavedio	sigillato	$\text{cm}^2/\text{n. elementi}$	1,6	1,6	0	
	non sigillato	$\text{cm}^2/\text{n. elementi}$	24	24	14	

NOTA 1 Le classi di permeabilità, relative a finestre e porte, riportate in Tabella G.C.4.1-1, sono state calcolate in base alla relazione [f.G.C.4.1-2] [23], considerando i valori di c_j consigliati.

NOTA 2 Le finestre e le porte sono considerate a tenuta quando sono sigillate o provviste di guarnizioni su tutto il perimetro.

La relazione [f.G.C.4.1-2] permette di risalire al coefficiente di perdita superficiale c_j , per ciascun infisso, qualora di questo infisso si conosca la massima permeabilità all'aria m_j [$\text{m}^3/\text{h m}^2$] relativa a 100 Pa derivata dalla classe di permeabilità di cui alla Norma UNI EN 12207.

$$c_j = 0,32 \cdot m_j$$

[f.G.C.4.1-2]

In tabella G.C.4.1-2 sono riportati i valori dei coefficienti di perdita superficiale c_j , relativi alla massima permeabilità all'aria m_j , caratteristica di ciascuna classe di permeabilità indicata nella Norma UNI EN 12207.

Tabella G.C.4.1-2 – Valori dei coefficienti di perdita superficiale, relativi a ciascuna classe di permeabilità

Classe	m_j [m ³ /h m ²] a 100Pa	c_j [cm ² /m ²]
1	50	15,93
2	27	8,60
3	9	2,87
4	3	0,96

GC.4.2 Calcolo del coefficiente k

Per calcolare k [m³/h cm²] si può applicare la formula [f.G.C.4.2-1]

$$k = \sqrt{q_{aiT}} \quad \text{[f.G.C.4.2-1]}$$

dove:

q_{aiT} = termine che riguarda le infiltrazioni dovute all'effetto camino e si può calcolare applicando la formula [f.G.C.4.2-2]

$$q_{aiT} = \Delta T \cdot a \quad \text{[f.G.C.4.2-2]}$$

dove:

$\Delta T = T_{in} - T_{out}$ [K];

$a = [m^6 h^{-2} cm^{-4} K^{-1}]$ è un coefficiente il cui valore dipende dall'altezza dell'ambiente considerato (dal pavimento al soffitto). I valori di a sono riportati in tabella G.C.4.2-1 [22].

NOTA Se si considera una velocità media del vento intorno all'edificio, w , pari a **0,5 m/s**, il contributo relativo all'effetto del vento risulta essere trascurabile rispetto al termine q_{aiT} .

Tabella G.C.4.2-1 – Valori di a

Coefficiente a	Altezza dell'ambiente (m)
0,00188	≤ 3
0,00376	> 3 fino a 6
0,00564	> 6

Se si considera una velocità media del vento intorno all'edificio, w , pari a **0,5 m/s**, il termine q_{aiw} risulta essere trascurabile rispetto al termine q_{aiT} , per cui la formula [f.G.C.4.2-1] può essere sostituita con la formula [f.G.C.4.2-3]

$$k = \sqrt{q_{aiT}} \quad \text{[f.G.C.4.2-3]}$$

GC.4.3 Esempio di calcolo della portata d'aria di ventilazione per infiltrazioni naturali

Caratteristiche edificio:

- superficie di area $S = 300 \text{ m}^2$;
- perimetro $p = 69,28 \text{ m}$;
- altezza $h = 6 \text{ m}$;
- area totale finestre $F = 83 \text{ m}^2$;
- area totale porte $P = 41 \text{ m}^2$.

Velocità media del vento intorno all'edificio: $w = 0,5 \text{ m/s}$

Differenza di temperatura tra interno ed esterno: $\Delta T = 2 \text{ K}$ e 5 K .

Per calcolare la portata d'aria per infiltrazioni si applica la [f.G.C.4-1].

Calcolo del coefficiente k

In questo esempio, il coefficiente k riguarda solo l'effetto camino, in quanto l'effetto del vento è trascurabile; quindi, per calcolare il coefficiente k si può applicare la [f.G.C.4.2-3].

Il termine q_{aiT} si può calcolare applicando la [f.G.C.4.2-2], in cui:

- il coefficiente $a = 0,00376$ (perché in questo esempio l'edificio è a 2 piani);
- $\Delta T = 2 \text{ K}$ oppure 5 K .

In tabella G.C.4.3-1 sono riportati i valori di k , in funzione della ΔT che si considera.

Tabella G.C.4.3-1 – Valori di k

ΔT [K]	k [$\text{m}^3/\text{h cm}^2$]
2	0,0867
5	0,1371

Calcolo dell'area totale effettiva di perdita A

Per calcolare l'area totale effettiva di perdita A , si può applicare la [f.G.C.4.1-1].

CASO a

In questo primo caso sono stati considerati i valori consigliati in tabella G.C.4.1-1 per gli infissi a tenuta e sigillati e riportati in tabella G.C.4.3-2

Tabella G.C.4.3-2 – Valori dei coefficienti di perdita utilizzati

Coefficients di perdita lineare			consigliato
ck_1 fondamenta - mura [cm^2/m]	sigillato	cm^2/m	0,80
ck_2 soffitto - mura [cm^2/m]		cm^2/m	1,50
c_j (Coefficienti di perdita superficiale)			
finestre	a tenuta	cm^2/m^2	1,90
porte	a tenuta	cm^2/m^2	8,00
finestre - mura	sigillato	cm^2/m^2	1,30
porte - mura	sigillato	cm^2/m^2	1,00

Applicando la [f.G.C.4.1-1], si ricava:

$$A = [(1,9 + 1,3) \cdot 83] + [(8 + 1) \cdot 41] + [(0,8 + 1,5) \cdot 69,28]$$

per cui $A = 793,95 \text{ cm}^2$

Calcolo della portata

Applicando la [f.G.C.4-1], la portata di ventilazione per infiltrazioni risulta:

$$Q_{ai} = 793,95 \cdot 0,0867 = 68,83 \text{ [m}^3\text{/h]}(0,04 \text{ [1/h]}) \text{ per una } \Delta T \text{ di } 2 \text{ K}$$

$$Q_{ai} = 793,95 \cdot 0,1371 = 108,85 \text{ [m}^3\text{/h]}(0,06 \text{ [1/h]}) \text{ per una } \Delta T \text{ di } 5 \text{ K}$$

CASO b

In questo secondo caso sono stati considerati i valori consigliati in tabella G.C.4.1-1 per gli infissi non a tenuta e non sigillati e riportati in tabella G.C.4.3-3.

Tabella G.C.4.3-3.Valori dei coefficienti di perdita utilizzati

Coefficients di perdita lineare			consigliato
ck_1 fondamenta - mura [cm ² /m]	non sigillato	cm ² /m	4,00
ck_2 soffitto - mura [cm ² /m]		cm ² /m	1,50
c_j (Coefficients di perdita superficiale)			
finestre	non a tenuta	cm ² /m ²	3,70
porte	non a tenuta	cm ² /m ²	11,00
finestre - mura	non sigillato	cm ² /m ²	6,50
porte - mura	non sigillato	cm ² /m ²	5,00

Applicando la [f.G.C.4.1-1], si ricava:

$$A = [(3,7 + 6,5) \cdot 83] + [(11 + 5) \cdot 41] + [(4 + 1,5) \cdot 69,28]$$

per cui $A = 1883,64 \text{ cm}^2$

Calcolo della portata

Applicando la [f.G.C.4-1], la portata di ventilazione per infiltrazioni risulta:

$$Q_{ai} = 1883,64 \cdot 0,0867 = 163,31 \text{ [m}^3\text{/h]}(0,09 \text{ [1/h]}) \text{ per una } \Delta T \text{ di } 2 \text{ K}$$

$$Q_{ai} = 1883,64 \cdot 0,1371 = 258,25 \text{ [m}^3\text{/h]}(0,14 \text{ [1/h]}) \text{ per una } \Delta T \text{ di } 5 \text{ K}$$

Appendice GD

Esempio di documentazione tecnica di classificazione dei luoghi

GD.1 Premessa

La presente Appendice fornisce un esempio di Relazione tecnica e di Planimetria di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili.

I contenuti della presente Appendice non devono essere applicati in modo acritico, ma correlati alla situazione reale che si presenta caso per caso.

GD.2 Esempio di relazione tecnica

[Dati del proprietario
o
esecutore del documento]

[Nome o ragione sociale del proprietario dell'opera]
[Denominazione dell'opera]
[Località]

RELAZIONE TECNICA
DI
CLASSIFICAZIONE DEI LUOGHI CON PERICOLO D'ESPLOSIONE PER LA PRESENZA
DI GAS, VAPORI O NEBBIE INFIAMMABILI

[documento N. - Rev. - Data]
[Livello di progetto: Preliminare, Definitivo, Esecutivo]

File:doc

INDICE

- 1 Oggetto e scopo della classificazione dei luoghi
- 2 Dati del committente
- 3 Dati del datore di lavoro (eventuali)
- 4 Presupposti della classificazione dei luoghi
- 5 Vincoli contrattuali
- 6 Descrizione schematica dello stabilimento (opera) e del reparto oggetto della classificazione dei luoghi e limiti di competenza
- 7 Procedimento di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione
- 8 Sostanze presenti in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito
- 9 Definizione del tipo di pericolo
- 10 Sostanze infiammabili e loro caratteristiche
- 11 Ambienti e dati ambientali
- 12 Sorgenti di emissione
- 13 Tipo di zona pericolosa determinato dalla SE02
- 14 Estensione della zona pericolosa determinato dalla SE02
- 15 Documentazione di classificazione dei luoghi

1 Oggetto e scopo della classificazione

La presente relazione tecnica e i documenti allegati (Cap. 15) hanno per oggetto la classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione per la presenza di gas o vapori infiammabili relativa al reparto AA dello stabilimento industriale denominato - Sito in località - Destinato alla produzione di

La classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione ha lo scopo di delimitare le zone entro le quali sono richiesti particolari misure di protezione contro le esplosioni e provvedimenti organizzativi per la tutela della sicurezza e della salute dei lavoratori ai sensi del Decreto Legislativo Decreto Legislativo n. 81 del 9 aprile 2008 di attuazione delle direttive europee in materia di tutela della salute e della sicurezza nei luoghi di lavoro, integrato e corretto dal D. Lgs. n. 106 del 3 agosto 2009.

La documentazione di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione fa parte del *documento sulla protezione contro le esplosioni* di cui D.Lgs. 81/08.

2 Dati del committente

L'incarico per la classificazione dei luoghi di cui al art. 1. è stato conferito da (nome o ragione sociale), con sede legale in ... (indirizzo).

3 Dati del datore di lavoro (eventuali)

Lo stabilimento di cui al Cap. 1. è di proprietà di..... (nome o ragione sociale), con sede legale in (indirizzo). Il proprietario è anche il datore di lavoro.

4 Presupposti della classificazione dei luoghi

La classificazione dei luoghi in oggetto è basata sul presupposto che:

- gli impianti siano eserciti entro le grandezze caratteristiche di progetto (funzionamento normale e/o esercizio ordinario); essa considera gli eventi anormali "ragionevolmente prevedibili", compresi quelli eventuali dovuti alle attività di manutenzione ordinaria;
- il reparto AA non sia interessato da zone pericolose provenienti da SE di altri reparti circostanti;
- il personale addetto all'esercizio e alla manutenzione sia informato dei pericoli presenti nel reparto, sia addestrato e fornito di mezzi adeguati per le attività di competenza.

La presente classificazione dei luoghi, non considera:

- i punti e le parti d'impianto (sorgenti di emissione) da cui possono essere emesse nell'atmosfera sostanze infiammabili con modalità tali da originare atmosfere esplosive solo a causa di "guasti catastrofici" non compresi nel concetto di anomalità considerato nella norma (anomalità ragionevolmente prevedibili in sede di progetto);
- le attività di manutenzione che possono influire sulle caratteristiche delle sorgenti di emissione e delle estensioni delle zone pericolose stabilite per l'esercizio ordinario.

Al fine di non invalidare la classificazione dei luoghi eseguita, si richiama l'attenzione sulla necessità di non effettuare modifiche ai dati ed alle informazioni utilizzati. Eventuali modifiche dovranno comportare la valutazione della necessità di aggiornamento della documentazione prodotta.

5 Vincoli contrattuali

Il committente dispone della Procedura Interna n.riguardante la classificazione dei luoghi, che deve essere rispettata compatibilmente con le esigenze di rispetto delle disposizioni legislative e delle norme di riferimento.

Il committente ha richiesto che, al completamento del lavoro, sia tenuto sull'argomento un breve corso di aggiornamento del personale operativo del reparto AA.

6 Descrizione schematica dello stabilimento (opera) e del reparto oggetto della classificazione dei luoghi e limiti di competenza

Nello stabilimento in oggetto sono presenti il lavorazione, convogliamento, manipolazione e deposito le sostanze elencate al Cap. 8.

Le sostanze utilizzate nelle lavorazioni entrano nello stabilimento trasportate dae depositate in

In particolare, la benzina ed il gasolio entrano nello stabilimento trasportate con autocisterne che le scaricano, tramite pensiline di carico, ed inviata a mezzo linee in tubo ai serbatoi di stoccaggio del reparto AA.

La capacità di stoccaggio per le singole sostanze è la seguente:

- benzina: serbatoio S-121 di capacità 100 m³ e serbatoio S-122 di capacità 300 m³;
- gasolio: serbatoio S-215 di capacità 15 m³ e serbatoio S-216 di capacità 25 m³;
-:

La benzina viene pompata dai serbatoi per essere inviata al reparto BB dove è utilizzata per

Il gasolio viene pompato dai serbatoi per essere inviato alla centrale termica per alimentare le caldaie di produzione acqua calda.

.....

Gli impianti ed i serbatoi del reparto AA sono all'aperto, dove la temperatura massima è $T_a = 310 \text{ K}$ (37 °C) [Altre informazioni utili].

Il reparto AA è presidiato in modo permanente e genericamente sorvegliato durante l'attività da personale sul posto.

Lo stabilimento in oggetto rientra nel campo di applicazione della norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87) e della relativa guida CEI 31-35 per la presenza della benzina, vedere al riguardo la Premessa nazionale e l'art. 1 della norma, nonché l'art. 1.2 della guida CEI 31-35.

7 Procedimento di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione

La classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione è stata eseguita in conformità alle disposizioni legislative vigenti (D.Lgs 81/08 e D.Lgs 106/09) e alle norme e guide tecniche seguenti:

- UNI EN 1127-1, del 28-2-2001;
- CEI EN 60079-10-1 (31-87) – prima edizione.
Atmosfere esplosive – Parte 10-1: Classificazione dei luoghi. Atmosfere esplosive per la presenza di gas.
- Guida CEI 31-35, quarta edizione.
Atmosfere esplosive per la presenza di gas Classificazione dei luoghi: Guida all'applicazione della norma CEI EN 60079-10-1 (CEI 31-87): 2010-01

La documentazione di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione è costituita dalla presente relazione tecnica e dai disegni richiamati in allegato.

La documentazione di riferimento, fornita dal committente, utilizzata per la classificazione dei luoghi in oggetto è la seguente:

- a) documento n....., rev., data
- b) documento n....., rev., data
- c) documento n....., rev., data

Per la classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione si è proceduto come di seguito indicato:

1. è stata fatta una descrizione schematica dello stabilimento (opera) e del reparto oggetto della classificazione dei luoghi e sono stati definiti i limiti di competenza;
2. sono state individuate ed elencate tutte le sostanze, in qualunque stato fisico, presenti in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito ed è stato definito il tipo di pericolo;
3. sono state individuate le sostanze infiammabili presenti e le loro caratteristiche significative;
4. sono stati individuati gli ambienti interessati dalle zone pericolose e sono state definite le loro caratteristiche (temperatura, pressione, dati della ventilazione);
5. per ciascun ambiente sono state individuate ed elencate le sorgente di emissione (SE) con i dati significativi (codice di individuazione, descrizione, ubicazione);
6. per ciascuna sorgente di emissione (SE) sono stati individuati il grado o i gradi di emissione e le condizioni di emissione della sostanza (temperatura, pressione, modalità di emissione); quindi è stata valutata la possibilità di modificare il grado o i gradi di emissione;
7. sono state individuate e selezionate le sorgenti di emissione (SE) rappresentative di altre e quelle da considerare individualmente;
8. per ciascun grado di emissione sono stati definiti:
 - la portata Q_g di emissione di sostanze infiammabili, la distanza pericolosa d_z e la quota "a";
 - il tipo o i tipi di zone pericolose;
 - le estensioni (forma e dimensioni) della zona o zone pericolose;
9. è stato eseguito l'inviluppo delle zone pericolose originate dalle singole sorgenti di emissione;
10. è stata preparata la documentazione tecnica di classificazione dei luoghi.

8 Sostanze presenti in lavorazione, convogliamento, manipolazione o deposito

8.1 Benzina

denominazione della sostanza:	benzina per autotrazione
stato:	liquido
temperatura d'infiammabilità:	< 0 °C
dalla scheda di sicurezza:	R11 sostanza facilmente infiammabile
quantità presente in deposito:	400 m ³ (312 000 kg)
quantità presente in lavorazione:	40 m ³ (31 200 kg)

8.2 Gasolio

denominazione della sostanza:	gasolio per autotrazione
stato:	liquido
temperatura d'infiammabilità:	> 55 °C
dalla scheda di sicurezza:	R7 sostanza combustibile
quantità presente in deposito:	40 m ³ (32 000 kg)
quantità presente in lavorazione:	4 m ³ (3 200 kg)

9 Definizione del tipo di pericolo

La benzina, il gasolio e[elencare eventuali altre sostanze] sono sostanze liquide per le quali si considera la temperatura d'infiammabilità e che, sotto forma di vapore possono formare con l'aria atmosfere esplosive.

La benzina è una sostanza liquida con temperatura d'infiammabilità minore della massima temperatura ambiente, quindi gli ambienti dov'è lavorata, convogliata, manipolata o depositata presentano pericoli d'esplosione per la presenza di gas, vapori o nebbie infiammabili.

Il gasolio è una sostanza liquida con temperatura d'infiammabilità maggiore della massima temperatura ambiente, non è riscaldato, non esistono nell'ambiente superfici calde che possano riscaldarlo al di sopra della sua temperatura d'infiammabilità, il compartimento antincendio relativo al reparto AA ha classe inferiore a 30, quindi, per quanto si riferisce al gasolio, il reparto AA è un ambiente ordinario; nel reparto sono presenti zone con pericolo d'esplosione per la presenza di benzina.

Le sostanze infiammabili possono presentare altre tipologie di pericolo, non considerate nella presente documentazione, per le quali si rimanda alle "schede di sicurezza e ambiente".

10 Sostanze infiammabili e loro caratteristiche

NOTA Da questo punto in poi si considera solo la benzina; quando nella realtà le sostanze sono tante è opportuno preparare una Tabella.

10.1 Benzina

denominazione della sostanza:	benzina per autotrazione
temperatura d'infiammabilità:	$T_i < 0 \text{ }^\circ\text{C}$
dalla scheda di sicurezza: infiammabile	R11 sostanza facilmente
densità relativa all'aria dei vapori:	3,8
massa molare massima:	$M = 110 \text{ kg/kmol}$
limite inferiore di esplodibilità:	$LEL \% = 1,4 \% = 0,064 \text{ kg/m}^3$
tensione di vapore a $37 \text{ }^\circ\text{C}$:	$P_v = 67 \text{ 815 Pa}$
densità (massa volumica) della massa liquida:	$\rho_{liq} = 780 \text{ kg/m}^3$
volume specifico:	$1,28 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{kg}$
densità (massa volumica) dei vapori a 37°C e 211 m:	$\rho_{gas} = 4,22 \text{ kg/m}^3$
temperatura di ebollizione:	$T_b = 318 \text{ K (45 }^\circ\text{C)}$
gruppo delle costruzioni elettriche:	IIA
temperatura di accensione:	$280 \text{ }^\circ\text{C}$
classe di temperatura:	T3

11 Ambienti e dati ambientali

Per ambiente si intende la parte di un luogo nella quale esistono condizioni di ventilazione e ambientali univoche (es. ambiente APERTO, ambiente CHIUSO). Tra le caratteristiche della ventilazione, il fattore di efficacia f esprime la sua effettiva capacità di diluizione dell'atmosfera esplosiva; esso è variabile da 1 a 5 ed è stato stabilito analizzando la situazione specifica dell'ambiente e/o delle singole SE. Per l'ambiente all'aperto comprendente il reparto AA è stato definito un fattore di efficacia della ventilazione f_a ed è stato attribuito a tutte le SE ubicate nelle parti dell'ambiente in cui la ventilazione è conforme al fattore di efficacia assunto; lo stesso è stato invece considerato diverso per singole SE che si trovano in parti dell'ambiente con diversa efficacia della ventilazione f_0 .

11.1 Ambiente AA - Dati ambientali

temperatura massima:	Ta = 308 K (35 °C)
pressione atmosferica:	98 954 Pa
altitudine:	215 m s.l.m.
densità (massa volumica) dell'aria a 35 °C	1,119 kg/m ³
situazione ambientale:	complesso industriale
velocità minima dell'aria:	w _a = 0,5 m/s
disponibilità della ventilazione:	buona

12 Sorgenti di emissione

Per sorgente di emissione si intende un punto o parte dell'impianto da cui può essere emesso nell'atmosfera un gas, un vapore o un liquido infiammabile con modalità tali da originare atmosfere esplosive.

I gradi delle emissioni dalle singole SE sono stati stabiliti sulla base delle definizioni della norma CEI EN 60079-10 e qui di seguito elencati in ordine decrescente di probabilità di emissione nell'ambiente di sostanza infiammabile (frequenza e durata):

Emissione di grado CONTINUO Emissione continua o che può avvenire per lunghi periodi.

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

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

12.1 Sorgenti di emissione dell'ambiente AA

Le sorgenti di emissione (SE), sono state tutte considerate e riportate nella Tabella 1-A.

Ove applicabile, alcune SE sono state considerate rappresentative di altre.

In questo esempio è stata considerata solo la SE02, rappresentativa di tutte le flange delle linee (tubazioni) della benzina.

Tabella 1-A

ELENCO E CARATTERISTICHE SIGNIFICATIVE DELLE sorgenti di emissione (esempio)																	
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	Ventilazione			15			
Cod.	Descrizione	Esempio	Ubicazione	Grado/i di emissione	Rif. Tabella sostanze	Temper. T a monte del punto di emissione (°C)	Pressione P a monte del punto di emissione	Modalità di emissione	Tipo	Grado	Disponibilità	Tipo	"a"	"b"	"c"	Figura	Note
[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[7]	[8]	[9]	[10]	[11]	[12]	[13]	[14]	[15]	[16]	[17]	[18]
SE01	Valvola di intercettazione manuale	n. 8	In prossimità della pompa P-101	S	-	37	105 248	G	N	VM	Buona	Zona 2 IIA T1	-	-	-	Fig. 1-A	[10]
SE02	Dispositivo di connessione - Flangia con guarnizione in fibra compressa	n. 11	Sulla linea di adduzione al miscelatore MIX-201	C	benzina	37	348 954	G	N	VH	Buona	Zona 0 NE	-	-	-		
SE03	Dispositivi di connessione di piccola dimensione (es. strumentazione di processo)	...	.....	S		37	348 954	G	N	VM	Buona	Zona 2 IIA T1	-	-	-	Fig. 1-B	[11]
SE04	Pompe centrifughe con tenute meccaniche Dispositivo di tensione sull'albero	...	.....												
SE05	Serbatoio a tetto fisso - Sfiato libero all'atmosfera	...	.....												
SE06	Valore per uso generale di diametro ≤ 150 mm (≤6°) Dispositivo di tenuta sullo stelo	...	.....												
SE..	.....	...	.....											

NOTE: [1] Numero progressive utilizzato nei disegni per contrassegnare la sorgente di emissione.

[3] Protezione nell'impianto (informazioni che consentono l'individuazione nei disegni)

[5] Numero di posizione nell'elenco delle sostanze infiammabili (quando previsto)

[7] N = Ventilazione naturale, AG = ventilaz. Artificiale generale, AL = ventilaz. Artificiale locale

[9] B = buna , A = adeguata, S = scarsa

[11] Le emissioni strutturali non sono trascurabili.

[2] Eventuale riferimento ad un elenco di sorgenti di emissione tipiche

[4] C = continuo, P = primo grado, S = secondo grado.

[6] G = gas in singola fase, GL = liquido che evapora nell'emissione, PL = evaporazione da una pozza di liquido lambita dall'aria di ventilazione, CL = evaporazione dalla superficie di un liquido non lambita dall'aria (in contenitore aperto)

[8] VH = alto, Vm = medio, VL = basso

[10] Le emissioni strutturali sono trascurabili

d) *Dati della sorgente di emissione SE02 (Casella 17)*

La sorgente di emissione SE02 è costituita da una flangia di connessione nel sistema di convogliamento, provvista di guarnizione in fibra compressa, per la quale non sono escluse significative «emissioni strutturali» di sostanza infiammabile e che può emettere anche in occasione di guasti ragionevolmente prevedibili alla guarnizione, formando al suolo una pozza.

Gradi di emissione considerati: continuo e secondo.

Il grado continuo è costituito dalle emissioni strutturali; essendo l'ambiente aperto senza particolarità, le emissioni strutturali sono state considerate trascurabili al fine della formazione e accumulo di atmosfere esplosive (zona 0NE).

Per l'emissione di secondo grado, trattandosi di guasti della guarnizione, la pozza che si viene a formare al suolo non può essere presente durante il funzionamento normale e può formarsi solo poco frequentemente e per brevi periodi.

Insieme ai progettisti del sistema di convogliamento della benzina è stata valutata, senza risultato, la possibilità di eliminare la SE.

e) *SE02 - Portata Qg di emissione di benzina*

La portata di benzina emessa dalla SE02 (flangia) in caso di guasto è stata definita applicando la formula [f.GB.3.2.1-1] della guida CEI 31-35 dove sono stati assunti i seguenti dati:

- temperatura di efflusso: $T = 310 \text{ K (37}^\circ\text{C)}$
- coefficiente di efflusso: $c = 0,8$
- area del foro di emissione: $S = 2,5 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2 \text{ (2,5 mm}^2\text{)}$
- pressione assoluta all'interno del sistema di contenimento nel punto di emissione: $P = 348 \text{ 954 Pa (2,5 bar relativi)}$
- portata di emissione (perdita) dalla flangia: $Q_t = 3,95 \cdot 10^{-2} \text{ kg/s}$
- portata volumetrica di emissione (perdita) dalla flangia: $Q_{vl} = 5,06 \cdot 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s (calcolata)}$

L'impianto è sottoposto ad una generica sorveglianza durante l'attività, per cui è previsto l'intervento per far cessare la perdita di benzina dalla flangia entro 7 200 s (2 h).

La pozza si forma in una zona senza delimitazioni, pavimentata con ghiaia e lambita dall'aria di ventilazione; essa si allarga fino ad avere un'area S determinata dall'equilibrio tra la portata di benzina che alimenta la pozza e la portata di evaporazione dalla pozza. Al cessare della perdita è previsto che la pozza venga neutralizzata entro il tempo $t_n = 900 \text{ s (15 min)}$.

Gli altri dati assunti sono i seguenti:

- fattore di efficacia della ventilazione: $f_{SE} = 3$
- modalità di emissione: evaporazione da pozza
- coefficiente di sicurezza: $k = 0,5$
- quantità di emissioni previste in 365 d (un anno): 1
- concentrazione iniziale di emissione: $X_0\% = \left[\frac{P_v}{(P_a \cdot 2)} \cdot 100 \right] = 34,27\%$
- tempo di emissione (perdita): $t_p = 7 \text{ 200 s (2 h)}$
- profondità della pozza: $h_m = 10 \cdot 10^{-3} \text{ m (10 mm)}$

Per definire l'area S della pozza si è proceduto come segue:

- con la formula [f.GB.3.2.3-2] è stata calcolata la portata specifica Q_{gs} di evaporazione dalla pozza:

$$Q_{gs} = 2 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{0,5}{3} \cdot \frac{110 \cdot 98945}{8314 \cdot 310} \ln \left(\frac{67815}{98945 - 67815} \right) = 1,63 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

- con la formula [f.GB.3.2.2-1] è stata calcolata l'area A_1 definita considerando il tempo d'intervento per sopprimere la perdita:

$$A_1 = \frac{Q_{vl} \cdot t_p}{h_m} = \frac{5,06 \cdot 10^{-5} \cdot 7200}{10 \cdot 10^{-3}} = 36,46 \text{ m}^2$$

- con la formula [f.GB.3.2.3-1] è stata calcolata l'area A_2 definita considerando la pozza non confinata in regime di equilibrio:

$$\frac{Q_l}{Q_{gs}} = \frac{3,95 \cdot 10^{-2}}{1,63 \cdot 10^{-3}} = 24,23 > 4 \text{ quindi } k_A = 1,4$$

$$A_2 = \frac{Q_l}{Q_{gs}} k_A = \frac{3,95 \cdot 10^{-2}}{1,63 \cdot 10^{-3}} \cdot 1,4 = 33,97 \text{ m}^2$$

L'area S da utilizzare nella formula [f.GB.4.4-1] è stata scelta uguale all'area A_2 in quanto minore dell'area A_1 .

La forma della pozza è stata considerata circolare; il suo raggio è risultato $r_{eq} = 3,29 \text{ m}$.

La portata di evaporazione dalla pozza Q_g è stata calcolata con la formula [f.GB.4.4-2]:

$$Q_g = Q_l = 395 \cdot 10^{-3} \text{ kg/s}$$

f) *SE02 - Distanza pericolosa "d_z" e quota "a" (Casella 22)*

La distanza d_z a partire dalla quale la concentrazione dei vapori di benzina nell'aria è inferiore al LEL è stata calcolata con la formula [f.GB.5.1-6] della guida CEI 31-35, dove k_z è stato considerato uguale a 1:

$$d_z = k_z (P_v \cdot 10^{-5})^a \cdot M^b \cdot (k_{dz} \cdot LEL_v)^c \cdot A^d (4 - w_a)$$

$$d_z = 1 (67815 \cdot 10^{-5})^{0,1} \cdot 110^{-0,1} \cdot (0,5 \cdot 1,4)^{-0,26} \cdot 33,97^{0,7} (4 - 0,25) = 29,18 \text{ m}$$

Sulla base di d_z è stata assunta la quota $a = 30 \text{ m}$

13 Tipo di zona pericolosa determinato dalla SE02

Il luogo pericoloso è un 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 (apparecchi).

Sulla base delle definizioni della norma CEI EN 60079-10 (31-30), i luoghi pericolosi sono stati suddivisi considerando i seguenti tipi di zone, stabilite in relazione alla frequenza di formazione ed alla permanenza di un'atmosfera esplosiva:

Zona 0 Luogo dove è presente continuamente o per lunghi periodi un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas.

Zona 1 Luogo dove è possibile sia presente durante il funzionamento normale un'atmosfera esplosiva per la presenza di gas.

Zona 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 brevi periodi.

Il tipo di zona è strettamente correlato al grado dell'emissione e all'efficacia della ventilazione espressa dal suo grado e dalla sua disponibilità.

a) Valutazione del grado della ventilazione

Per definire il grado della ventilazione è stata calcolata prima la minima portata di ventilazione con la formula [f.5.10.3-1] della guida CEI 31-35:

$$(dV/dt)_{min} = Q_{amin} = \frac{39,5 \cdot 10^{-3}}{0,5 \cdot 0,064} \cdot \frac{310}{293} = 1,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

poi è stata calcolata la lunghezza del percorso dell'aria nel volume da ventilare con la formula [f.5.10.3-14]:

$$L_0 = (k_0 \cdot a) + D_{SE} = (1+23) + (2 \cdot r_{eq}) = 23 + (2 \cdot 3,29) = 29,58 \text{ m}$$

Conosciuta la lunghezza L_0 , è stato calcolato il numero di ricambi d'aria C_0 con la formula [f.5.10.3-15]:

$$C_0 = \frac{w}{L_0} = \frac{0,5}{29,58} = 0,01 \text{ s}^{-1} \quad \text{assunto uguale a } 0,01 \text{ s}^{-1}$$

quindi sono stati calcolati il volume V_z ed il tempo t con le formule [f.5.10.3-6] e [f.5.10.3-13]:

$$V_z = \frac{f_{SE} \cdot (dV/dt)_{min}}{C_0} = \frac{3 \cdot 1,3}{0,01} = 411 \text{ m}^3$$

$$t = \frac{-f_{SE} \ln \frac{k \cdot LEL\%}{X_0\%}}{C_0} = \frac{-3}{0,01} \ln \frac{0,5 \cdot 1,4}{34,27} = 1227 \text{ s}$$

Il volume V_z è risultato di estensione non trascurabile.

L'emissione è di secondo grado, quindi, la zona dovrebbe essere zona 2; per una conferma, è stata verificata la durata complessiva ogni 365 d (un anno), la quale non dovrebbe essere maggiore di 10 h. La durata del singolo evento, calcolata considerando il tempo di emissione (perdita) t_p , più il tempo di neutralizzazione della pozza t_n , più il tempo t di persistenza al cessare dell'emissione, è risultata = $(7200 + 900 + 1227) = 9327 \text{ s}$. Considerando che l'emissione possa verificarsi una volta ogni 365 d (un anno), la durata complessiva risulta di 9327 s pari a 2,59 h ogni 365 d, per cui è rispettata la condizione di zona 2.

Sulla base di quanto sopra, il grado della ventilazione in relazione all'emissione è MEDIO.

b) *Definizione della disponibilità della ventilazione*

L'ambiente è aperto, nei calcoli è stata assunta una velocità $w_a = 0,5$ m/s, quindi, sulla base di quanto indicato nella guida CEI 31-35 è stata assunta una disponibilità BUONA.

c) *Definizione del tipo di zona*

Facendo riferimento alla Tabella B.1 della Norma CEI EN 60079-10, si ha:

- l'emissione è di secondo grado;
- il grado della ventilazione è medio;
- la disponibilità della ventilazione è buona;
- il luogo pericoloso è interamente zona 2.

14 Estensione della zona pericolosa determinato dalla SE02

Noti la distanza d_z e il volume V_z , per definire l'estensione della zona pericolosa è stato necessario considerare anche che il gas è decisamente più pesante dell'aria (densità relativa = 3,8), che l'emissione avviene dalla superficie della pozza in ambiente aperto dove esistono impedimenti alla libera circolazione dell'aria che sono stati considerati nel fattore di efficacia della ventilazione.

Per la forma e le proporzioni è stato fatto riferimento all'Esempio GD-5 della guida CEI 31-35. Ne è risultata una zona 2 di estensione in orizzontale, a partire dai bordi della pozza, $a = 23$ m ed una estensione in verticale $b = 6,2$ m, ottenuta considerando tra l'altro la densità relativa all'aria dei vapori di benzina.

Ne è risultata una zona 2 di volume = 13460 m³ maggiore del volume $V_z = 411$ m³, quindi è rispettata la condizione non vincolante secondo la quale il volume della zona V deve essere maggiore del volume V_z .

$a = 23$ m

$b = 6,2$ m

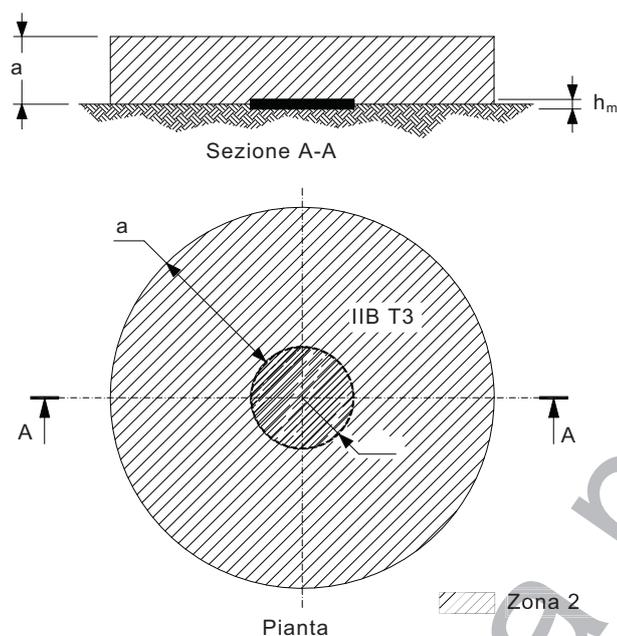


Figura 1-B – Zona pericolosa determinata dalla pozza originata dalla SE02

15 Documentazione di classificazione dei luoghi

La documentazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in oggetto è costituita dalla presente relazione e dai seguenti documenti:

- Dis. N., rev., data
- Classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione – Planimetria.

La documentazione di classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione in oggetto costituisce un insieme organico; l'uso separato dei singoli documenti potrebbero indurre in errori o non corrette interpretazioni.

GD.3 Esempio di Planimetria

Dis. N., rev., data

Classificazione dei luoghi con pericolo d'esplosione – Planimetria

.....

[Vedere l'esempio in 5.16.3]

Progetto in inchiesta pubblica

Per le Appendici GE e GF vedere la Guida CEI 31-35/A, terza edizione

CEI EN 60079-10-1:2010-01

Progetto in inchiesta pubblica

Appendice GZ

Riferimenti bibliografici

- [1] Norma CEI 64-2 quarta edizione.
- [2] Technical Report IEC 60079-20-1.
- [3] NFPA National Fire Code 1980 vol. 12 & NFPA 325, 1994
- [4] Nabert - Schoene «*Sicherheits technische brennbarer Gase und Dämpfe*» edizione 1968.
- [5] «*Classification of hazardous locations*» - Institution of Chemical Engineers - Davis Building 165-171 Railways Terrace - Rugby, Warwickshire, CV21 3HQ - England.
- [6] Guidance on the Seveso Directive and its application to polyurethane manufacturers - ISOPA.
- [7] TNO (Nederland Organization of Applied Scientific Research) yellow book «*Method for the calculation of the physical effects of the escapes*» Report of the Committee for the prevention of disasters, published by the Directorate general of Labour Ministry of Social Affairs - Vooburg, Nederland, november 1988.
- [8] «*Loss prevention in the process industries - Hazard identification, assessment and control*» Second edition - Butterworths Heinemann.
- [9] API (American Petroleum Institute) - Publication number 4589: 1993 - «*Fugitive Hydrocarbon Emissions from Oil and Gas Production Operations*»
- [10] API (American Petroleum Institute) - Publication number 4628.
- [11] API (American Petroleum Institute) - Standard 527 - third edition, July 1991 «*Seat Tightness of Pressure Relief Valves*»
- [12] «*Corso di ingegneria chimica*» del Prof. Tredici, e Volume «*Le operazioni fondamentali dell'industria chimica*» G.G. Brown - Ed. Hoepli.
- [13] ICI Safety Bulletin 74/8.
- [14] BS 5925:1980 «*Code of practice for design of buildings: Ventilation principles and designing for natural ventilation*».
- [15] British Gas Transco SHA1 «*Procedures for hazardous area classification of natural gas installations*»: May 1996.
- [16] Norme UNI 7129: 2008; UNI EN 676: 2008; UNI EN 13611: 2008.
- [17] «*CRC Handbook of Chemistry and Physics*» 78th edition: 1997-1998.
- [18] A. Abate, R. Pomè, R. Tommasini: «*Zone con pericolo di esplosione determinato da una pozza di sostanza infiammabile*». N.T. Tecnica e tecnologia n. 11/98 ISSN 0392-4521: novembre 1998.
- [19] A. Abate, R. Pomè, R. Tommasini: «*Impianti elettrici nei luoghi con pericolo di esplosione: comportamento dei gas nella formazione di atmosfere esplodibili*». Automazione Energia Informazione (AEI) Volume 85 - Numero 12: dicembre 1998.
- [20] R. Tommasini: «*Electrical apparatus for explosive gas atmosphere: a contribution to the evaluation of hazardous areas in indoor places*». Proceeding of ESREL 2000 SARS and SRA Europe Annual Conference - Foresight and Precaution - 15th -17th May 2000 – Edinburgh (Scotland/UK).
- [21] Rapporto di prova n. AMB 048/06 del 21/12/2006: Prove per la verifica delle modalità di dispersione dell'idrogeno in aria. Istituto Certificazione Europea Prodotti Industriali S.p.A. - Via Paolo Belizzi, 29/31/33 - 29100 Piacenza. Per informazioni: idrogeno@icepi.com

- [22] *ASHRAE Fundamental Handbook* (1985) Ch.22: Natural ventilation and infiltration, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
- [23] *ASHRAE Fundamental Handbook* (2005) Ch.27: Natural ventilation and infiltration, American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers, Atlanta, GA.
- [24] HSL (UK) report RR630/2008.
- [25] Norma CEI EN 60079-10-1
- [[26] A. Barberio: «Gas infiammabili e atmosfere pericolose». *Elettrificazione* n. 8-9/11: agosto-settembre 2011.
-

La presente Norma è stata compilata dal Comitato Elettrotecnico Italiano e beneficia del riconoscimento di cui alla legge 1° Marzo 1968, n. 186.

Editore CEI, Comitato Elettrotecnico Italiano, Milano – Stampa in proprio
Autorizzazione del Tribunale di Milano N. 4093 del 24 Luglio 1956

Responsabile: Ing. R. Bacci

Comitato Tecnico Elaboratore
CT 31 – Materiali antideflagranti

Altre norme di possibile interesse sull'argomento

PROGETTO

Progetto in inchiesta pubblica